

# D

DIGITĀLAIS  
MĀCĪBU  
LĪDZEKLIS

LAILA ZEMĪTE  
ANTONS KUTJUNS  
OSVALDS MAKRECKIS  
NIKOLAJS BRENNERS  
VALĒRIJS ČERNOGUZOVS  
KRISTĪNA BĒRZIŅA

ELEKTROTĪKLU UN  
ELEKTROIETAĪŠU  
UZBŪVE UN  
TEHNISKĀ  
EKSPLOATĀCIJA



Valsts izglītības  
satura centrs

NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



**EIROPAS SAVIENĪBA**  
Eiropas Sociālais  
fonds

I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

LAILA ZEMĪTE, ANTONS KUTJUNS, OSVALDS MAKRECKIS,  
NIKOLAJS BRENNERS, VALĒRIJS ČERNOGUZOVS,  
KRISTĪNA BĒRZIŅA

# ELEKTROTĪKLU UN ELEKTROIETAIŠU UZBŪVE UN TEHNISKĀ EKSPLUATĀCIJA

Digitālais mācību līdzeklis izstrādāts ar Eiropas Savienības finansiālu atbalstu projektā "Nozaru kvalifikācijas sistēmas pilnveide profesionālās izglītības attīstībai un kvalitātes nodrošināšanai" (vienošanās Nr. 8.5.2.0/16/I/001)

2021



Valsts izglītības  
satura centrs

NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



**EIROPAS SAVIENĪBA**  
Eiropas Sociālais  
fonds

Digitālais mācību līdzeklis (turpmāk DML) **“Elektrotīklu un elektroietaišu uzbūve un tehniskā ekspluatācija”** izstrādāts atbilstoši ESF projekta “Nozaru kvalifikācijas sistēmas pilnveide profesionālās izglītības attīstībai un kvalitātes nodrošināšanai” (vienošanās Nr. 8.5.2.0/16/I/001) 5. darbībai “Mācību līdzekļu (to skaitā digitālo mācību līdzekļu) un metodisko materiālu, kā arī novērtēšanas materiālu un darba vidē balstītas profesionālās izglītības ieviešanai nepieciešamo mācību līdzekļu izstrāde, iegāde un publiskošana, un atbilstības Latvijas kvalifikācijas ietvarstruktūrai izvērtēšana”.

DML veidots sadarbībā ar sociālajiem partneriem: Latvijas Darba devēju konfederāciju, Latvijas Brīvo arodbiedrību savienību un Izglītības kvalitātes valsts dienestu.

Mācību līdzeklī integrēti vienlīdzīgu iespēju jautājumi neatkarīgi no dzimuma, vecuma, invaliditātes, etniskās piederības un citiem iespējamiem diskriminācijas veidiem, kur tas nav pretrunā ar nozares normatīvo regulējumu par iegūstamajām profesionālajām kvalifikācijām.

DML ir mācību materiālu komplekts, kurā ietilpst:

- PDF mācību materiāls;
- e-kursa mācību materiāls.

DML ir publicēts Izglītības un zinātnes ministrijas un Valsts izglītības satura centra nodrošinātā tiešsaistes mācību vietnē, pieejams: [www.visc.gov.lv](http://www.visc.gov.lv).

**Autori:** Laila Zemīte, Antons Kutjuns, Osvalds Makreckis, Nikolajs Breners, Valērijs Černoguzovs, Kristīna Bērziņa

**Nozares eksperti:** Jānis Silarājs, Māris Valdis Kalniņš

**Literārā redaktore:** Jana Taperte

**Mācību satura digitalizētājs:** SIA “Baltijas Datoru Akadēmija”

**Valsts izglītības satura centra koordinatores:** Sarmīte Valaine, Irēna Kuliša, Brigita Pauniņa

Autortiesību atruna: © DML autortiesību īpašnieks ir Valsts izglītības satura centrs. Visas autortiesības uz šo līdzekli tiek aizsargātas atbilstoši autortiesību aizsardzību regulējošām starptautiskām tiesību normām un Latvijas Republikas Autortiesību likumam. DML saturu vai tā daļu drīkst kopēt un lejupielādēt tikai personiskām vai mācību vajadzībām. DML vai tā fragmenta pārpublicēšanas gadījumā atsauce uz autortiesību īpašnieku un ESF projektu “Nozaru kvalifikācijas sistēmas pilnveide profesionālās izglītības attīstībai un kvalitātes nodrošināšanai” ir obligāta. Autortiesības ir attiecināmas uz DML jebkurā atveidojuma formā. Materiālā ir iekļauti autordarbi saskaņā ar Autortiesību likuma noteikumiem par darba izmantošanu izglītības mērķiem.

© Valsts izglītības satura centrs, 2021

ISBN 978-9934-24-047-8

## ZIŅAS PAR AUTORIEM



### **LAILA ZEMĪTE**

*Dr. sc. ing.*, Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) Enerģētikas institūta direktora vietniece, vadošā pētniece, asociētā profesore. Enerģētikas nozarē strādā kopš 2004. gada, pasniedzēja kopš 2006. gada. Galvenie specializācijas virzieni ir elektroapgādes drošums, elektrodrošība, energoavotu sinerģija. Ir vairāku starptautisku un Latvijas zinātnisko projektu vadītāja, Latvijas Zinātnes padomes un Eiropas Komisijas enerģētikas nozares eksperte, daudzu publikāciju un metodisko darbu autore.



### **ANTONS KUTJUNS**

*Dr. sc. ing.*, RTU Energosistēmu automatizācijas un optimizācijas katedras docents. Enerģētikas nozarē strādā kopš 2000. gada, RTU Enerģētikas institūta pasniedzējs kopš 2007. gada. Pasniedz studiju kursus par elektrisko staciju un apakšstaciju, kā arī elektroapgādes drošuma jautājumiem.



### **OSVALDS MAKRECKIS**

*Dipl. ing.*, enerģētikas nozarē strādā kopš 1973. gada. Kopš 2003. gada ir RTU Energosistēmu automatizācijas un optimizācijas katedras lektors, galvenie darba pienākumi ir laboratorijas darbu vadīšana un lekciju lasīšana studentiem. Vairāk nekā 40 gadu pieredze mācību organizēšanā un vadībā, piedalās normatīvo regulējumu izstrādē un sniedz ekspertīzes.



## **NIKOLAJS BRENERS**

*Dr. sc. ing.*, RTU Energosistēmu vadības un optimizācijas katedras docents. Enerģētikas nozarē strādā kopš 1985. gada, RTU Energosistēmu vadības un optimizācijas katedras pasniedzējs kopš 2010. gada. Pasniedz studiju kursus par elektroenerģijas sistēmu vadību un elektriskajiem tīkliem. Darba pieredze ir saistīta ar elektrotīklu attīstību, darbību un ekspluatāciju, vada elektrotehniķu mācību programmu Rīgas Tehniskajā koledžā, ir vairāku metodisko darbu autors, darbu vadītājs un atbildīgais par daudziem mācību kursiem abās iepriekšminētajās mācību iestādēs.



## **VALĒRIJS ČERNOGUZOVS**

*Dipl. ing.*, absolvējis RTU. Enerģētikas nozarē strādā kopš 1999. gada. Darba pieredze saistīta ar elektrisko tīklu elektroapgādi, apkalpošanu un remontu. Valsts noslēgumu darbu aizstāvēšanas komisijas priekšsēdētājs, liela pieredze sistēmu vadībā, kontrolē, remontu veikšanā un operatīvā darba organizēšanā un vadībā.



## **KRISTĪNA BĒRZIŅA**

*Dr. sc. ing.*, RTU Energosistēmu automatizācijas un optimizācijas katedras asociētā profesore. Enerģētikas nozarē strādā kopš 2000. gada, RTU pasniedzēja kopš 2006. gada. Pasniedz studiju kursus par zemsprieguma un vidsprieguma elektriskajiem tīkliem, elektroapgādes projektēšanu un elektroietaišu izbūves jautājumiem. Pieredze projektēšanā, sertifikācijā.

## ANOTĀCIJA

Digitālais mācību līdzeklis (turpmāk DML) **“Elektrotīklu un elektroietaišu uzbūve un tehniskā ekspluatācija”** paredzēts profesionālās izglītības izglītojamajiem un pedagogiem izglītības satura apguvei, enerģētikas nozares kvalifikāciju struktūrā ietilpstošajām Latvijas kvalifikāciju ietvarstruktūras 3. un 4. līmeņa profesionālajām kvalifikācijām “Elektromontieris”, “Elektroiekārtu montētājs”, “Elektroatslēdznieks”, “Gaisvadu un kabeļlīniju elektromontieris”, “Elektrotehniķis”, “Rūpnīcu elektroiekārtu tehniķis”, “Elektrisko tīklu tehniķis”, “Elektromontāžas tehniķis”, “Atjaunojamās enerģētikas tehniķis”.

DML veidots, balstoties uz enerģētikas nozares mācību kursu/moduļu programmu saturu, saskaņā ar profesiju standartiem un profesionālās kvalifikācijas prasībām, kā arī visām izglītojamo mērķgrupām pieejamu izglītības satura apguves mehānismu mūžizglītības kontekstā.

Mācību līdzeklis sniedz iespēju apgūt elektroenerģijas sistēmas darbību, elektrisko tīklu struktūru un tajā uzstādītas iekārtas darba principus un īpatnības, elektrotīklu uzskaiti, kā arī elektrotīkla darba organizatorisko un tehnisko pasākumu ievērošanu.

DML ir iekļautas šādas galvenās tēmas: elektroenerģijas sistēmas un elektrotīklu struktūra un attīstības tendences, elektroiekārtu un elektroietaišu izbūve un darba organizēšana, transformatoru un autotransformatoru darbības principi, elektroenerģijas pārvades un sadales līniju ekspluatācija, komutācijas aparāti, aizsargaparāti un mērmaiņi, elektroenerģijas uzskaitē, vadības un kontroles iekārtas un elektrotīklu ekspluatācijas personāla pienākumi un atbildība.

# SATURS

IEVADS	9
1. LATVIJAS ELEKTROENERĢĒTIKAS ATTĪSTĪBA UN STRUKTŪRA	13
1.1. Latvijas elektroenerģētikas attīstības periodi	14
1.2. Elektroenerģētikas sektora struktūra	17
2. ELEKTROENERĢIJAS SISTĒMAS ELEMENTI UN KLASIFIKĀCIJA	22
2.1. Elektroenerģētikas galvenie virzieni un klasifikācija	23
2.2. Elektrostaciju tipi un to īpatnības	25
2.3. Elektrotīkla struktūra un darbības pamatprincipi	40
2.4. Elektrotīklu apakšstacijas un to nozīme tautsaimniecībā	43
2.5. Aplēses slodze un slodzes grafiki	49
2.6. Elektroenerģijas sistēmas kvalitātes, drošuma, ilgtspējas nodrošināšanai izvirzāmās prasības, to atbilstība normatīvajiem dokumentiem	53
2.7. Elektrotīklu neitrāļu darba režīmi	57
2.8. Elektroiekārtu un elektroietaišu izbūve un darba organizēšana	63
3. TRANSFORMATORI UN AUTOTRANSFORMATORI	79
3.1. Transformatoru teorijas attīstības posmi	80
3.2. Pamata definīcijas, darbības princips un transformatoru klasifikācija	84
3.3. Transformatoru klasifikācija un nominālie parametri	85
3.4. Transformatoru uzbūves pamatelementi	89
3.5. Transformatora tinumu slēguma shēmas	98
3.6. Transformatoru aizvietošanas shēmas	103
3.7. Transformatoru paralēlā darbība	111
3.8. Sprieguma regulēšana transformatoros	113
3.9. Iekārtu ekspluatācija	120
4. ELEKTROPĀRVADES UN SADALES LĪNIJAS	126
4.1. Sadales tīklu gaisvadu līnijas	127
4.2. Pārvades gaisvadu līnijas	132

4.3. Gaisvadu līniju ekspluatācija	136
4.4. Kabeļu līnijas	140
4.5. Kabeļu līniju ekspluatācija	145
5. KOMUTĀCIJAS APARĀTI, AIZSARGAPARĀTI UN MĒRMAIŅI	151
5.1. Jaudas slēdži (ekspluatācija, izvēle, darbības princips)	152
5.2. Slodzes slēdži (ekspluatācija, izvēle, darbības princips)	164
5.3. Atdalītāji (ekspluatācija, izvēle, darbības princips)	166
5.4. Drošinātāji	170
5.5. Aizsargslēdži	178
5.6. Kontaktori	187
5.7. Mērmaiņi	194
5.8. Aizsardzība pret atmosfēras pārspriegumiem	214
5.9. Elektrotīkla zemējumietais un zemējuma aizsardzība	219
6. ELEKTROENERĢIJAS UZSKAITE, VADĪBAS UN KONTROLES IEKĀRTAS	224
6.1. Elektroenerģijas skaitītāja uzbūve un darbības princips	225
6.2. Relejaizsardzība	234
6.3. Viedie tīkli	260
6.4. Iekārtu operatīvā vadība	266
7. EKSPLUATĀCIJAS PERSONĀLA PIENĀKUMI UN ATBILDĪBA ELEKTROTĪKLU UZTURĒŠANĀ	274
7.1. Prasības personālam un darba organizācijai	275
7.2. Operatīvais personāls	276
7.3. Elektroietaišu pieņemšana ekspluatācijā pēc izbūves vai rekonstrukcijas	279
7.4. Elektroietaišu darba kontrole	280
7.5. Tehniskā apkalpošana, remonts un rekonstrukcija	281
7.6. Pārslēgumi elektroietaisēs	282
7.7. Tehniskā un operatīvā dokumentācija	284
7.8. Metroloģiskā uzraudzība	286
7.9. Vides aizsardzības prasības	288
PAŠPĀRBAUDES JAUTĀJUMI – TESTI AR ATBILDĒM	292
IZMANTOTIE AVOTI	305
ATTĒLU SARAKSTS	308
IZMANTOTIE TERMINI	320
IZMANTOTIE SAĪSINĀJUMI	323



# IEVADS

Elektroenerģija ir viena no elektromagnētiskā lauka formām. Tas ir universālākais enerģijas veids, kas tiek plaši izmantots visās tautsaimniecības nozarēs. Elektroenerģētikas lielo nozīmi tautsaimniecībā nosaka elektroenerģijas galvenās priekšrocības salīdzinājumā ar citiem enerģijas veidiem: viegla dalāmība vajadzīgās daļās, ērta pārvadīšana noteiktos attālumos, iespēja pārveidot citos enerģijas veidos un augstāks lietošanas drošums. Elektroenerģētikas galvenie uzdevumi ir nodrošināt nepieciešamo elektroenerģijas daudzumu patērētājiem, nepārtraukti piegādāt elektroenerģiju, nodrošināt elektroenerģijas kvalitāti, kā arī piegādāt iespējami lētāku elektroenerģiju.

Eiropas atkarība no importētajiem energoresursiem aizvien pieaug. Saskaņā ar Starptautiskās enerģētikas aģentūras prognozēm 2035. gadā vairāk nekā 80 % no patērētās naftas un gāzes tiks importēti. Globālais enerģijas patēriņš 2035. gadā varētu pieaugt vairāk nekā par trešdaļu, un Ķīna, Indija un vidējo austrumu valstis patērēs vairāk nekā 60 % no prognozētā pieauguma [15].

Eiropas Savienībā un attiecīgi arī Latvijā ir izvirzīts mērķis sasniegt klimatneitralitāti 2050. gadā. Līdz 2030. gadam katrā dalībvalstī ir definēts Nacionālais enerģētikas un klimata plāns ([NEKP 2030 | Ekonomikas ministrija \(em.gov.lv\)](#)) virzībai uz šī mērķa sasniegšanu. Rīcības virzieni plānā ir ekonomiski pamatotas enerģijas pašražošanas un pašpatēriņa veicināšana, AER tehnoloģiju izmantošana dažādās tautsaimniecības nozarēs u.c. Ja līdz 2020. gadam AER īpatsvara mērķis Latvijā bija 40%, tad līdz 2030. gadam tas ir 50% no galapatēriņa. Lai virzītos uz rezultātu, katrā ES dalībvalstī nepieciešams ieviest virkni regulu un direktīvu, kā arī veikt dažādas aktivitātes, kas veicina šī mērķa sasniegšanu. Latvijā pašlaik pastāv vairāki politikas plānošanas dokumenti, kas skar enerģētikas sektora attīstību, bet tie nedod pietiekamu pamatu ilgtermiņa attīstības virzienam. Svarīgākajā ilgtermiņa attīstības plānošanas dokumentā "Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam" [20] kā galvenais mērķis enerģētikas sektorā ir noteikta valsts enerģētiskās neatkarības nodrošināšana, palielinot energoresursu pašnodrošinājumu un integrējoties ES enerģijas tīklos. Nākotnes tendences varētu iezīmēt energoapgādes drošuma palielināšanos, vietējo energoresursu aktīvāku izmantošanu, kā arī tehnoloģiju nozīmi atjaunīgo enerģijas resursu (AER) īpatsvara palielināšanā. Faktiskais AER īpatsvars kopējā primāro energoresursu apjomā turpina lēnām pieaugt. Tomēr, lai arī energoapgādes drošība, drošums un kvalitāte, neapšaubāmi, ir svarīgi priekšnosacījumi, analizējot enerģētikas sektora mijiedarbību ar citiem sektoriem, par vēl būtiskāku faktoru atzīstama enerģijas cena, kas tieši ietekmē valsts ekonomisko izaugsmi. Tādējādi var secināt, ka klimatneitralitātes sasniegšanai dažādu AER tehnoloģiju izmantošana palielināsies.

Patlaban reģionālajai sadarbībai starp Baltijas valstīm ir īpaša nozīme ne vien šo trīs valstu enerģētikas politikas un enerģijas tirgu attīstībā, bet arī plašāk – ietverot Somiju, Zviedriju, Poliju, Dāniju un Vāciju. ES līmenī ir izveidots Baltijas enerģijas tirgu starpsavienojumu plāns (ang. *Baltic energy market interconnection plan*, BEMIP), kas ietver gan infrastruktūras plānošanu, gan palīdz piesaistīt un efektīvi

izmantojot finanšu līdzekļus, tostarp Eiropas Infrastruktūras savienojumu instrumentu, kurā tiek atbalstīti pārrobežu enerģētikas projekti, padarot sadarbību Baltijas reģionā vēl ciešāku.

Lai nodrošinātu sabalansētu, ekonomiskajām un sociālajām interesēm atbilstošu enerģētikas politiku, elektroenerģētikas attīstības galvenie uzdevumi ir konkurētspējīga ekonomika, apstrādes rūpniecības daļas palielināšana kopējā ekonomikā, ilgtspējīga enerģētika, elektroapgādes drošuma paaugstināšana, AER īpatsvara palielināšana, importa samazināšana u. c. [1, 2, 3, 4]. Šo uzdevumu veikšana ir tiešā veidā saistīta ar mūsdienīgiem risinājumiem enerģētikas nozarē, kas ietver elektroenerģijas ražošanas, pārvades un sadales tīklu izbūves un tiem pieslēgto iekārtu ekspluatācijas, drošības un efektīvas vadības aspektus, un tā nav iedomājama bez mācībām un aktualizētiem mācību līdzekļiem. Kā viens no mācību sistēmas elementiem tiek piedāvāts šis mācību līdzeklis, kas būs noderīgs ne vien izglītojamajiem, uzsākot zināšanu iegūvi enerģētikā, bet arī nozarē strādājošajiem, jo ietver aktuālo informāciju par mūsdienīgiem elektroapgādes tehniskajiem jautājumiem, to tiesisko regulējumu, izaicinājumiem un tendencēm 21. gadsimtā. Vajadzību pēc zināšanām nosaka arī pieprasījums pēc izglītotiem speciālistiem enerģētikas darba tirgū, kur nepieciešama arvien jaunāko metožu un risinājumu pārzināšana, pielāgošanās patērētāju mainīgajām prasībām, spēja strādāt pieaugošas konkurences, drošības un citu izaicinājumu apstākļos. Bez šādu zināšanu ieguves nav iedomājama nedz efektīva valstiska un starptautiska elektroapgādes sistēma, nedz tās turpmākā attīstība un tautsaimniecības vajadzību apmierināšana.

DML izstrādāts atbilstoši Eiropas kvalifikāciju ietvarstruktūras prasībām un Latvijas darba tirgus prasībām, ievērojot izstrādāto profesionālās izglītības moduļu karti. Mācību līdzeklis ir paredzēts profesionālās izglītības iestāžu izglītojamajiem un pedagogiem, un tā saturu nosaka nozares un darba tirgus vajadzības, kas rada motivāciju profesionālajai attīstībai un tālākizglītībai, kā arī nodrošina izglītojamajiem iespēju sagatavoties profesionālajai darbībai.

DML materiāls ir strukturēts nodaļās, kas ievēro konkrēto uzdevumu izpildi atbilstoši konkrētas tēmas uzdevumiem, mērķiem, prasībām un iespējamajiem sasniedzamajiem rezultātiem. DML mērķu sasniegšanai, izglītojamo un speciālistu nepieciešamo zināšanu apgūšanai, kā arī papildu zināšanu apguvei un dažādu situāciju un darbā nepieciešamo prasmju paplašināšanai izglītojamajiem jāapgūst materiāls, kas var būt aprakstīts vienā sadaļā, bet atbilst vairāku moduļu prasībām. Līdz ar to var būt, ka vairāki moduļi atbilst vienas apakšnodaļas struktūrai un grāmatā minētās apakšnodaļas informācijas būtībai. Tabulā ir parādīta apakšnodaļu atbilstība moduļiem.

Modulis	Ietverts apakšnodalās
<b>A tipa moduļi</b>	
Elektroenerģētikas pamatprocesi un elektrotehnisko darbu veidi	1.1., 1.2., 2.1., 2.2., 2.3., 2.4., 7.1., 7.2.
Elektrotehnikas pamati un elektriskie mērījumi	6.1., 6.2.
Elektrodrošība elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas un elektromontāžas darbos	5.1., 5.2., 5.3., 5.4., 5.5., 5.6., 5.7., 5.8., 5.9.
Elektrotehniskās dokumentācijas aizpildīšana	7.7.
<b>B tipa moduļi</b>	
Ārējo elektrotīklu tehniskā ekspluatācija	5.1., 5.2., 5.3., 5.4., 5.5., 5.6., 5.7., 7.8., 7.9.
Elektrisko mašīnu un iekārtu iestatīšana un ekspluatācija	2.2., 3.2., 5.1., 5.2., 5.3., 5.4., 5.5., 5.6., 5.7.
Elektrotīklu izbūve un darba organizēšana	2.7., 2.8., 4.1., 4.2., 4.4.
Pārvades un sadales tīklu tehniskā ekspluatācija un darbu organizēšana	2.5., 2.6., 4.3., 4.5.
Spēka un apgaismes elektrotīklu ierīkošana	2.5., 2.6.
Elektroenerģijas pārvades līniju izbūve	4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5.
Elektromontāžas darbu organizēšana	2.8.
Elektropārvades līniju izbūves sagatavošana	4.1., 4.2., 4.4.
Elektropārvades līniju izbūve	4.1., 4.2., 4.4.
Elektropārvades līniju ekspluatācija	4.3., 4.5.
Elektrisko mašīnu un iekārtu pieslēgšana	3.1., 3.2., 3.3., 3.4., 3.5., 3.6., 3.7., 3.8., 3.9.
Elektroietaišu ekspluatācija	2.4., 2.5., 2.7., 6.2., 6.3., 7.4., 7.5., 7.6., 7.7.
Elektroiekārtu uzstādīšana un iestatīšana	7.3.

DML ir mācību materiālu komplekts, kurā ietilpst:

- PDF mācību materiāls, kurā ir iekļauts mācību teksts ar uzdevumiem, ko iespējams lejupielādēt un skatīt datorā vai izdrukāt;
- e-kursa mācību materiāls, kas papildina PDF materiālu. E-kursa mācību materiālā ir iekļauti konspektīvi kopsavilkumi, video, palielināmi attēli, interaktīvi uzdevumi, pārbaudes vingrinājumi, testi un cits digitālais saturs.

Grāmatas 1. un 5. nodaļas autori ir Laila Zemīte un Antons Kutjuns, 2. nodaļas autori ir Antons Kutjuns, Osvalds Makreckis, Laila Zemīte un Kristīna Bērziņa, 3. nodaļas autors ir Nikolajs Breners, 4. un 7. nodaļas autori ir Osvalds Makreckis un Valērijs Černoguzovs, 6. nodaļas autori ir Valērijs Černoguzovs un Laila Zemīte. Informācijas apkopojuma un noformējuma autore ir Laila Zemīte.

1.

## LATVIJAS ELEKTROENERĢĒTIKAS ATTĪSTĪBA UN STRUKTŪRA

### Nodaļas mērķis

Iepazīstināt ar Latvijas elektroenerģētikas vēsturi no pirmsākumiem līdz mūsdienām, aplūkot vēstures posmus un notikumus, kas ietekmēja tās attīstību, sniegt informāciju par to, kā veidojās pirmās elektrostacijas un sāka attīstīties elektriskie tīkli, veidot izpratni par energosistēmas struktūru un tās veidošanos.

### Sasniedzamie rezultāti

- Zina Latvijas elektroenerģētikas vēsturi.
- Izprot elektroenerģētiskās sistēmas darbību.
- Zina elektroenerģijas sistēmas attīstību un atbilstību normatīvajiem dokumentiem.

Elektriskās enerģijas izmantošanas pirmsākumi Latvijā ir meklējami vairāk nekā pirms gadsimta – 19. gadsimta 70. gados. Jau toreiz mūsu senči saprata elektrības nozīmīgumu un sāka to izmantot dažādās tautsaimniecības sfērās. Turpmāk, attīstoties tehnoloģijām, elektrostacijām un elektriskajiem tīkliem, elektroenerģētika kļuva par tautsaimniecības neatņemamu sastāvdaļu un savu nozīmi saglabā arī mūsdienās.

## 1.1. LATVIJAS ELEKTROENERĢĒTIKAS ATTĪSTĪBAS PERIODI

Šī apakšnodaļa atbilst moduļim "Elektroenerģētikas pamatprocesi un elektrotehnisko darbu veidi".

19. gadsimtā cilvēki saprata elektrības nozīmi un svarīgumu visā tautsaimniecībā, kā arī nepieciešamību attīstīt un modernizēt visu elektroenerģijas apgādes procesu. Arī Latvijā, galvenokārt sākot ar 20. gadsimtu, pakāpeniski sāka veidoties elektroenerģijas sistēma, lai patērētāji varētu izmantot elektrostacijas saražoto elektroenerģiju savām vajadzībām. Elektroenerģētikas attīstības pirmsākumi Latvijā ir meklējami 19. gadsima beigās, kad parādījās pirmie mēģinājumi izveidot apgaismi dažādās toreiz populārās rūpnīcās. Latvijas enerģētiskās sistēmas attīstība ir saistīta ar vairākiem krasi atšķirīgiem laika periodiem, kurus ietekmēja pasaules vēstures posmi, kas skāra arī Latviju:

- 1) līdz 1918. gadam – elektroenerģijas izmantošanas pirmsākumi Latvijā;
- 2) no 1918. līdz 1941. gadam – plānveida elektrifikācija Latvijā līdz Otrā pasaules kara sākumam;
- 3) no 1945. līdz 1991. gadam – Latvijas elektroenerģijas sistēmas attīstība pēc Otrā pasaules kara Padomju Savienības sastāvā;
- 4) no 1991. līdz 2006. gadam – Latvijas elektroenerģijas sistēmas attīstība neatkarības apstākļos Baltijas Elektroenerģijas sistēmu apvienībā;
- 5) kopš 2006. gada – Latvijas elektroenerģijas sistēmas attīstība Eiropas Savienības sastāvā un elektroenerģijas tirgus attīstības apstākļos.

Attīstības periodu galvenie notikumi ir parādīti tabulā.

<b>1. periods</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1876 – pirmais zināmais fakts par elektroenerģijas izmantošanu apgaismeim Rīgā</li> </ul>
Līdz 1918. gadam	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1901 – Smiltenes HES izbūve ar uzst. jaudu 110 kW</li> <li>▪ 1901 – elektrostaciju skaits Latvijā ap 20</li> </ul>
Elektroenerģijas izmantošanas pirmsākumi Latvijā	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1905 – Rīgā, Andrejostā, uzsāka darbu pilsētas termoelektrostacija</li> <li>▪ 1914 – Rīgas pilsētas elektrotīkla izbūves sākumi</li> <li>▪ 1914–1918 – Pirmais pasaules karš spēcīgi ietekmēja Latvijas enerģētikas attīstību</li> </ul>

<b>2. periods</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1921 – Rīgas pilsētas Andrejostas termocentrāles jauda palielināta līdz 4 MW</li> </ul>
1918–1941	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1926 – Latvijas teritorijā darbojās 63 elektrostacijas ar kopējo jaudu 24,450 MW</li> </ul>
Plānveida elektrifikācija Latvijā līdz Otrā pasaules kara sākumam	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1936 – Latvijā darbojās 73 elektrostacijas ar kopējo jaudu 62,560 MW</li> <li>■ 1939 – 15. oktobrī uzsāka darbu jaunizbūvēta Ķeguma HES</li> <li>■ 1939 – 22. decembrī nodibināts valsts elektrības uzņēmums “Ķegums” (šī diena tiek uzskatīta par Latvijas enerģētiku saimes dzimšanas dienu)</li> <li>■ 1940 – izbūvēta pirmā 88 kV elektropārvades līnija Ķegums–Rīga, ko pēc tam pārveda uz 110 kV spriegumu</li> <li>■ 1941 – izveidota enerģijas uzņēmuma “Latvenergo” pārvalde, tās pakļautībā nododot visus Latvijā esošos elektrības uzņēmumus – tobrīd energokombinātus un elektrostacijas</li> <li>■ 1944 – traģisks Latvijas enerģētikai izrādījās pēdējais kara gads, kad kauju rezultātā vācu armija izpostīja aptuveni 90 % elektrostaciju, apakšstaciju, gaisvadu līniju un citu elektroietaišu un energoobjektu</li> </ul>
<b>3. periods</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1944–1950 – aktīvi Latvijas elektrotīkla atjaunošanas darbi, jaunu apakšstaciju un līniju būvniecība</li> </ul>
1945–1991	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1947 – pēc kara atjaunota Ķeguma HES darbība</li> <li>■ 1950–1959 – aktīva Latvijas elektrotīkla veidošana un izbūve</li> </ul>
Latvijas elektroenerģijas sistēmas attīstība pēc Otrā pasaules kara Padomju Savienības sastāvā	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1950 – Centrālais energorajons tiek pārdēvēts par “Augstsprieguma tīklu”, un uzņēmuma pārziņā ir 88 kV elektrolīnijas 408 km garumā un 9 apakšstacijas</li> <li>■ 1960 – “Augstsprieguma tīkls” apkalpoja 765 km 110/88 kV līnijas un 16 apakšstacijas</li> <li>■ 1960 – izbūvēta pirmā starpsistēmu 330 kV gaisvadu elektropārvades līnija starp Igauniju un Latviju (Igaunija–Latvija)</li> <li>■ 1961 – Latvijas elektroenerģijas sistēma tika savienota ar Lietuvas energosistēmu</li> <li>■ 1961 – janvārī Rīgā saka darboties PSRS Ziemeļrietumu apvienotās sistēmas dispečeru centrs</li> <li>■ 1966 – izbūvēta Pļaviņu HES ar 825 MW uzstādītu jaudu</li> <li>■ 1975 – izbūvēta Rīgas HES ar 402 MW uzstādītu jaudu</li> <li>■ 1979 – izbūvēta Rīgas TEC-2 ar 390 MW uzstādītu jaudu</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1987 – uzsākta 750 kV līnijas Igalina–Latvija un apakšstacijas “Latvija” būvniecība pie Elejas ar ieceri izbūvēt atomelektrostaciju arī Latvijā. 1989. gadā, pieaugot sabiedrības pretestībai, AES un 750 kV apakšstacijas būvniecība tika atcelta, 750 kV līnijas būvdarbi tika pārtraukti un uzstādītie balsti tika demontēti</li> <li>■ Līdz 1991 – intensīva 330 kV, 110 kV un 20 kV elektrotīklu attīstība</li> </ul>
<b>4. periods</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1991 – Latvijā ļoti strauji samazinājās rūpniecības un lauksaimniecības ražošanas apjomi un līdz ar to arī elektroenerģijas patēriņš</li> </ul>
1991–2006	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1992 – Rīgā izveidots Baltijas energosistēmu dispečeru centrs SIA “DC Baltija”</li> </ul>
Latvijas elektroenerģijas sistēmas attīstība neatkarības apstākļos Baltijas elektroenerģijas sistēmu apvienībā	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1992 – Latvijā sākās veco 110 kV kabeļu rekonstrukcijas pasākumi, tos nomainot ar jaunajiem kabeļiem ar plastmasas un polimēra izolāciju</li> <li>■ 1994 – atjaunota Aiviekstes HES darbība</li> <li>■ 1995 – izbūvēti pirmie vēja ģeneratori Ainažos</li> <li>■ 1991–2006 – rekonstruētas 330 kV apakšstacijas Rīgas TEC-1, Aizkraukle, Salaspils, Līksna u. c.; izbūvētas jaunās 110 kV apakšstacijas Venta un Ventamonjaks</li> <li>■ 2001 – Rīgas centrā izbūvētas jaunās 110 kV apakšstacijas Hanza un Bastejkalns</li> <li>■ 2001 – parakstīts BRELL līgums</li> <li>■ 2005 – “Augstsprieguma tīkls” saņēma SPRK licenci elektropārvades pakalpojumiem</li> <li>■ 2006 – pabeigta Rīgas TEC-1 rekonstrukcija, un elektrostacijas uzstādītā jauda ir 144 MW</li> </ul>
<b>5. periods</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2006 – ievests ekspluatācijā pirmais starpsavienojums starp Baltiju un Ziemeļvalstīm, ieslēdzot darbā līdzstrāvas kabeli “Estlink 1” starp Igauniju un Somiju ar caurlaides spēju 350 MW</li> </ul>
No 2006. gada	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2008 – pabeigta Rīgas TEC-2 pirmā bloka rekonstrukcija</li> </ul>
Latvijas elektroenerģijas sistēmas attīstība Eiropas Savienības sastāvā un elektroenerģijas tirgus attīstības apstākļos	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2010 – sadales tīklos Latvijā uzsākti darbi, pārbūvējot gaisvadu līnijas kabeļu izpildījumā</li> <li>■ 2011 – Latvijā stājās spēkā ES Regulējums par pārvades nodalīšanu no ražošanas (tā saucamā Trešā enerģētikas pakete), līdz ar to Latvijā izveidots neatkarīgs pārvades sistēmas operators (“Augstsprieguma tīkls”) un pārvades sistēmas īpašnieks (“Latvijas Elektriskie tīkli”)</li> <li>■ 2013 – pabeigta Rīgas TEC-2 otrā bloka rekonstrukcija</li> </ul>



- 2013 – Latvijā atvērta elektroenerģijas vairumtirdzniecības tirgus “NordPoolSpot”
- 2013 – izbūvēts 330 kV elektropārvades kabelis Rīgas TEC-1–Imanta
- 2014 – izbūvēta 330 kV elektropārvades gaisvadu līnija Grobiņa–Ventspils
- 2014 – izbūvēts otrs līdzstrāvas starpsavienojums starp Igauniju un Somiju “Estlink 2” ar caurlaides spēju 650 MW
- 2015 – Latvijā ir atvērta elektroenerģijas mazumtirdzniecības tirgus
- 2015 – izbūvēts līdzstrāvas starpsavienojums starp Lietuvu un Zviedriju “NordBalt” ar caurlaides spēju 700 MW
- 2015 – izbūvēts līdzstrāvas starpsavienojums starp Lietuvu un Poliju “LitPol link” ar caurlaides spēju 500 MW
- 2018 – AST sadarbībā ar pārējiem Baltijas valstu PSO veica dinamiskās un frekvences stabilitātes izpēti, kas ir priekšnoteikums Baltijas valstu sinhronizācijai ar kontinentālo Eiropu
- 2019 – Baltijas valstu PSO parakstīja pievienošanas līgumu kontinentālajai Eiropai
- 2019 – izbūvēts Kurzemes loka pēdējais posms – 330 kV elektropārvades līnija Ventspils–Tume–Imanta

**1. uzdevums.** Pašpārbaudes jautājumi.

1. Ar kādiem laika posmiem ir saistīta Latvijas enerģētiskās sistēmas attīstība?
2. Kā saucās un ar ko saistīts pirmais Latvijas enerģētiskās sistēmas attīstības periods?
3. Kā saucās un ar ko saistīts otrais Latvijas enerģētiskās sistēmas attīstības periods?
4. Kā saucās un ar ko saistīts trešais Latvijas enerģētiskās sistēmas attīstības periods?
5. Kā saucās un ar ko saistīts ceturtais Latvijas enerģētiskās sistēmas attīstības periods?
6. Kā saucās un ar ko saistīts piektais Latvijas enerģētiskās sistēmas attīstības periods?

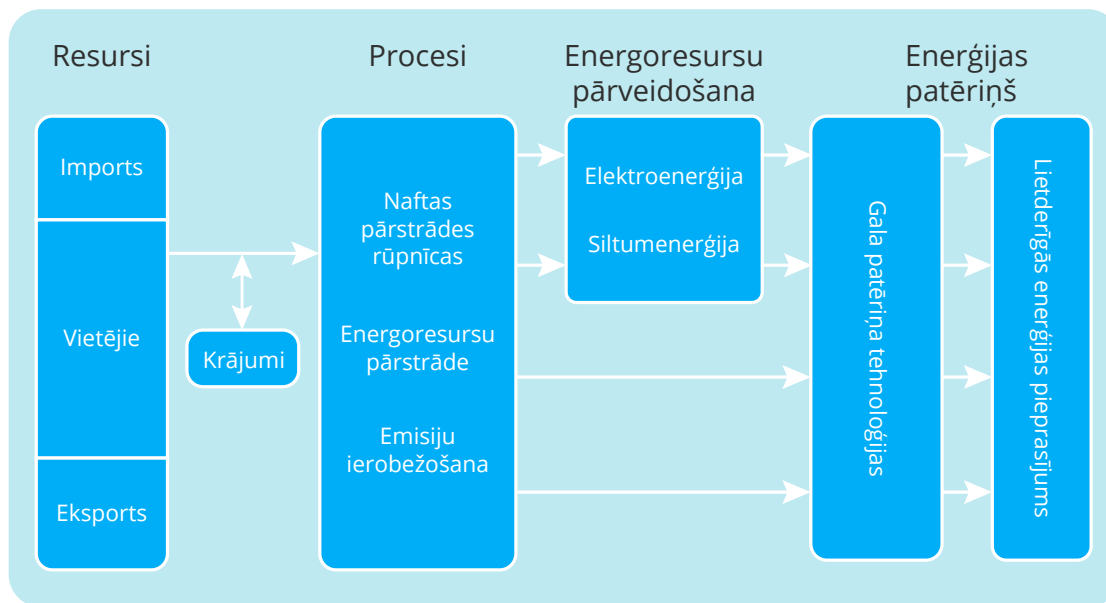
## 1.2. ELEKTROENERĢĒTIKAS SEKTORA STRUKTŪRA

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektroenerģētikas pamatprocesi un elektrotehnisko darbu veidi”.

Elektroenerģētikas sektora struktūrā var atzīmēt četrus apakšsektoros (1.1. attēls):

- 1) primāro energoresursu iegūšana un imports;
- 2) energoresursu pārveidošana, pārstrādāšana un bagātināšana;

- 3) enerģijas ražošana;
- 4) enerģijas gala patēriņš vai eksports.



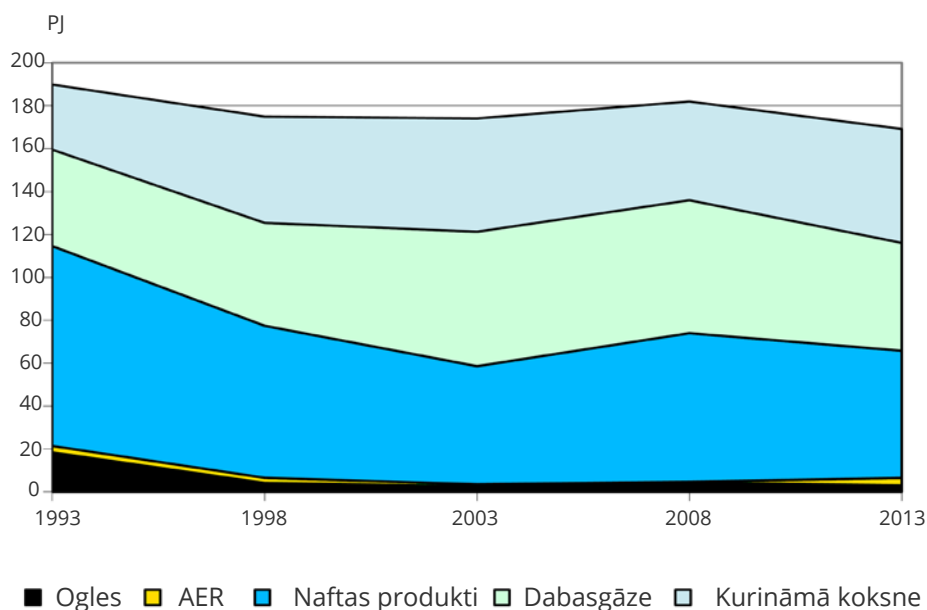
1.1. attēls. Enerģētikas sektora struktūra

Primāros energoresursus var nosacīti iedalīt vietējos un importētajos, kā arī atjaunojamajos un fosilajos (izrakteņu). Latvijā ap 35 % ir vietējie (galvenokārt atjaunojamie) energoresursi, piemēram, biomasā (kurināmā koksne), biogāze, kūdra, vēja enerģija un hidroenerģija. 65 % energoresursu ir importēti (naftas produkti, dabasgāze, ogles). Enerģijas pārveidošana ir saistīta ar kurināmā sastāvu un kvalitātes (siltumspējas) uzlabošanu. Piemēram, naftas pārstrāde tiek izmantota, lai iegūtu naftas produktus (benzīnu, dīzeļdegvielu, mazutu u. tml.). Koksnes kurināmais tiek pārstrādāts koksnes granulās un briketēs. Iegūto vai pārveidoto kurināmo izmanto enerģijas ražošanai centralizētās energoapgādes sistēmās vai piegādā gala patērētājiem. Elektroenerģija tiek centralizēti ražota hidroelektrostacijās (HES), termoelektrostacijās (TES) vai atjaunojamo enerģiju izmantojošās elektrostacijās (AER). Siltumenerģija – katlumājās vai siltumcentrālēs (SC). Termoelektrocentrālēs (TEC) tiek vienlaicīgi ražota elektroenerģija un siltumenerģija. Saražoto elektroenerģiju izmanto elektroierīcēs: elektrodzinējos, elektriskās krāsnīs, gaismas ierīcēs, sadzīves tehnikā, transportā un rūpniecības procesos. Saražoto siltumu izmanto apkurei, ūdens uzsilšanai un tehnoloģiskos procesos. Gala patērētāji energoresursus izmanto arī tiešā veidā, apkurei, transportam, ēdienu gatavošanai un tehnoloģiskiem procesiem.

Galvenie Latvijā izmantojamie energoresursi ir naftas produkti (dīzeļdegviela, benzīns un mazuts), dabasgāze, biomasā (galvenokārt kurināmā koksne), ogles un hidroenerģija. Gada energobilancēs Latvijas Centrālais statistikas birojs (CSB) uzrāda primāro energoresursu kopējo patēriņu, to pārveidošanu centralizētā siltumapgādē un elektrībā, kā arī energoresursu gala patēriņu [15]. Energoresursus gala patēriņā galvenokārt izmanto decentralizētā siltuma apgādei, transportēšanai un tehnoloģiskos procesos rūpniecībā. Lai objektīvi varētu veikt energoresursu patēriņa prognozes, jāieskatās energoresursu bilancē pēc Latvijas neatkarības atgūšanas. Pēc 1991. gada valstī notika straujas ekonomiskās izmaiņas un līdz ar to arī izmaiņas energoresursu patēriņā. 1.2. attēlā parādītas

vēsturiskās energoresursu patēriņa izmaiņas 20 gadu laikā – no 1993. līdz 2013. gadam [6, 21]. Energoresursu patēriņa prognoze veikta līdz 2030. gadam.

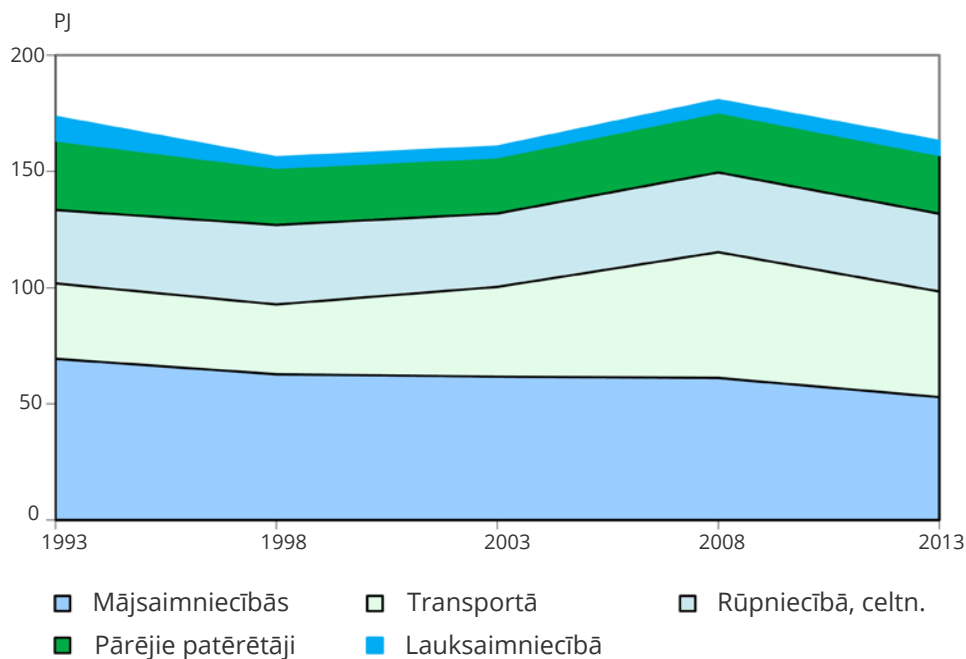
Pēc neatkarības atgūšanas, sākot ar 1993. gadu, novērojams nepārtraukts iekšzemes kopprodukta (IKP) pieaugums. Šajā periodā Latvijas IKP trīskāršojies un 2013. gadā sasniedza 22 miljardus eiro. Tajā pašā laikā kopējais primāro energoresursu patēriņš mainījies nedaudz, pat samazinājies par 12 % (1.2. attēls).



1.2. attēls. Latvijas primāro energoresursu patēriņa izmaiņas 1993.–2013. gadā

20 gadu laikā ievērojami samazinājies naftas produktu (par 36 %) un ogļu (par 80 %) patēriņš. Toties kurināmās koksnes patēriņš palielinājies par 37 % (1.2. attēls). Citu energoresursu izmantošana bijusi ļoti maza. 2013. gadā kopējā patēriņā bioenergoresursu daļa bija 1,9 %, vēja enerģijas – 0,1 %, kūdras – 0,05 %. Apgāde ar vietējiem energoresursiem ievērojami palielinājusies – tās īpatsvars pieauga no 16 % 1993. gadā līdz 31 % 2013. gadā.

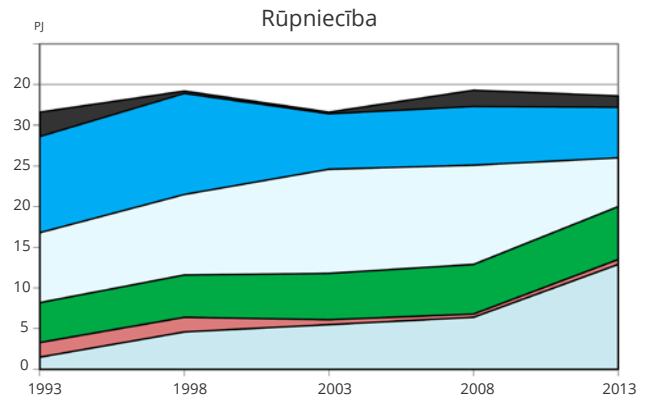
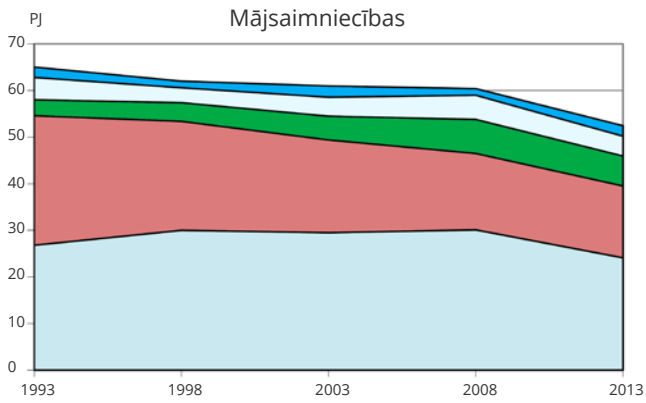
Energoresursu patēriņu Latvijas Centrālais statistikas birojs dala atbilstoši patērētāju nozarēm (1.3. attēls) – rūpniecība, lauksaimniecība, transports, mājsaimniecības un citi patērētāji (serviss). Tālāk izskatītas energoresursu gala patēriņa vēsturiskās izmaiņas patērētāju nozarēs. Energoresursu gala patēriņš mājsaimniecībās samazinājies par 25 %, savukārt transporta nozarē palielinājies par 40 %.



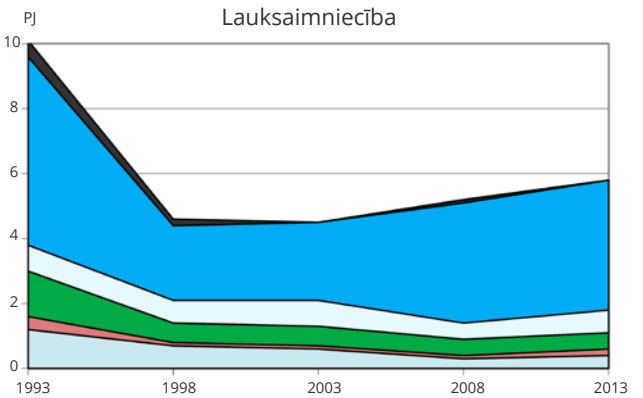
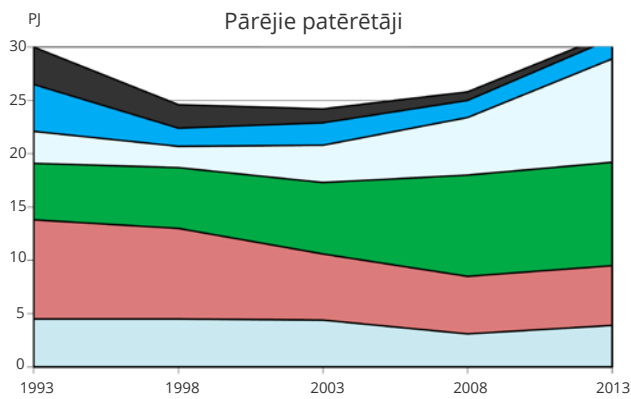
1.3. attēls. Energoresursu gala patēriņš nozarēs

Mājsaimniecībās centralizētās siltumapgādes patēriņš samazinājies par 46 % (1.3. attēls). Transportā tiek patērēti praktiski tikai naftas produkti. Elektrības patēriņš nepārsniedz 1 %. Naftas produktu patēriņa straujš pieaugums bija vērojams līdz 2008. gadam, kad tas gandrīz divkāršojās. Pēc tam transportā novērojama naftas produktu patēriņa samazināšanās. Rūpniecībā un celtniecībā samazinājies naftas produktu un dabas gāzes patēriņš, bet ievērojami palielinājies kurināmās koksnes patēriņš. Pārējie patērētāji, tostarp komunālie un sabiedriskie, ievērojami samazinājuši centralizētā siltuma patēriņu, bet palielinājuši elektrības un dabasgāzes patēriņu. Lauksaimniecības un zivsaimniecības energoresursu gala patēriņš ir vismazākais (4 %). Līdz 1998. gadam turpinājās šīs nozares pārkārtošanās, un energoresursu patēriņš saruka par 50 %. Naftas produktu patēriņš lauksaimniecības nozarē ir 70 %.

# 1. NODAĻA. LATVIJAS ELEKTROENERĢĒTIKAS ATTĪSTĪBA UN STRUKTŪRA



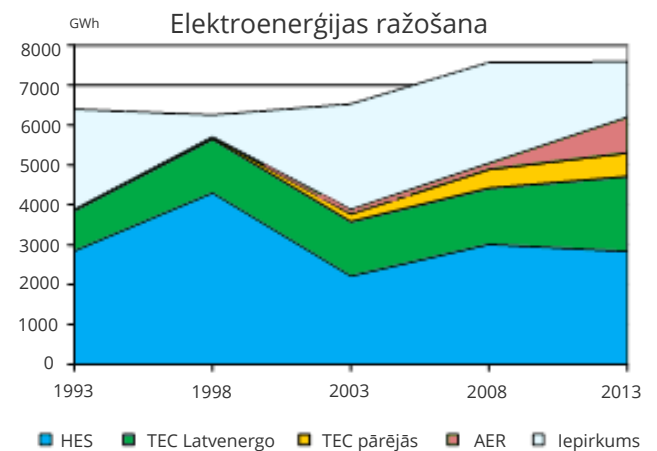
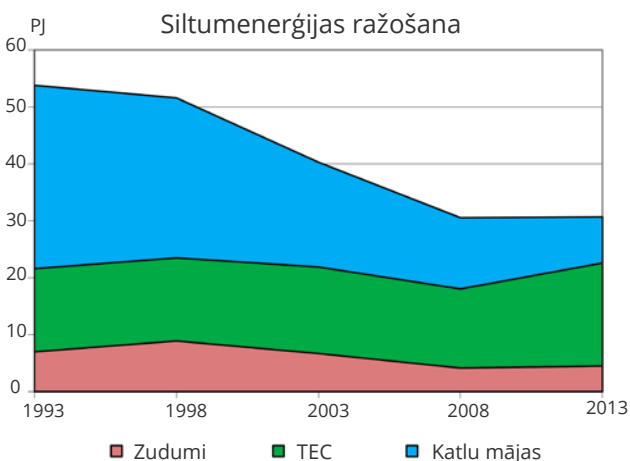
■ Kur. koksne 
 ■ Siltums 
 ■ Elektrība 
 ■ Dabaspāze 
 ■ Naftas prod. 
 ■ Kur. koksne 
 ■ Siltums 
 ■ Elektrība 
 ■ Dabaspāze 
 ■ Naftas prod. 
 ■ Ogles



■ Kur. koksne 
 ■ Siltums 
 ■ Elektrība 
 ■ Dabaspāze 
 ■ Naftas prod. 
 ■ Ogles 
 ■ Kur. koksne 
 ■ Siltums 
 ■ Elektrība 
 ■ Dabaspāze 
 ■ Naftas prod. 
 ■ Ogles

## 1.4. attēls. Energoresursu gala patēriņš mājsaimniecībās, rūpniecībā, servisā un lauksaimniecībā

Siltuma ražošanas pārveidošanas sektorā notika vispārējās un uzņēmumu koģenerācijas stacijās un katlumājās. Siltuma ražošanas katlumājās samazinājies par 75 %, bet koģenerācijas stacijās palielinājies par 24 % (1.4. attēls).



## 1.5. attēls. Enerģijas ražošana pārveidošanas sektoros

Elektrības ražošana notika hidroelektrostacijā, koģenerācijas stacijās un AER elektrostacijās, kā arī turpinājās tās iepirkšana. Elektrības daļa kopējā energoresursu patēriņā palielinājies no 9 % 1993. gadā līdz 15 % 2013. gadā.

2.

## ELEKTROENERĢIJAS SISTĒMAS ELEMENTI UN KLASIFIKĀCIJA

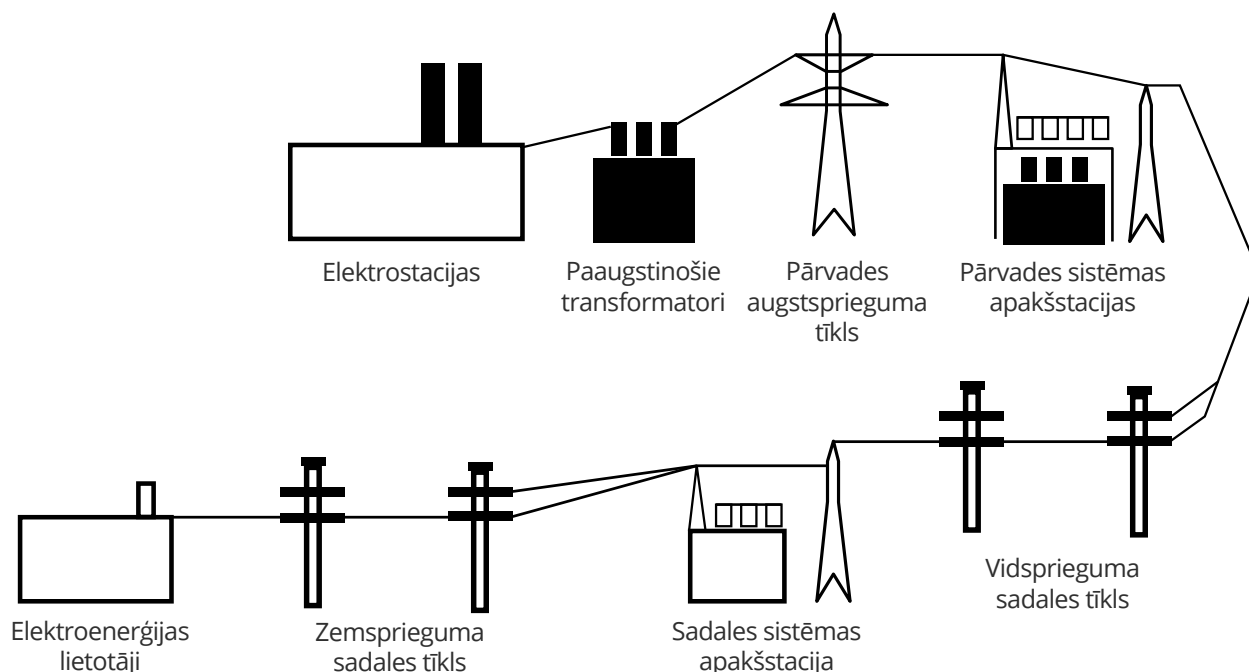
<p><b>Nodaļas mērķis</b></p>	<p>Veidot izpratni par elektroenerģijas sistēmas procesiem, sistēmas elementu darbības principiem un konstruktīvām īpatnībām, galvenajiem tīkla darbības raksturlielumiem, izvirzītajām prasībām, darba režīmiem.</p>
<p><b>Sasniedzamie rezultāti</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zina energosistēmu, tās struktūru, elementus.</li> <li>• Izprot sistēmas darbību, elementu nozīmi un nepieciešamību.</li> <li>• Novērtē ģenerācijas veidus un to īpatnības, tīkla darba režīmus.</li> <li>• Spēj noteikt galvenos elementu raksturlielumus.</li> </ul>

Elektroenerģētikas galvenie virzieni ir energoresursu ieguve, to pārstrāde enerģijā un pārvade, sadale, piegāde un tirdzniecība. Visu veidu elektroenerģijas ražošanas, pārvades, sadales un apgādes saistību vienā veselumā un darba režīmu kopību sauc par elektroenerģijas sistēmu. Elektroenerģijas sistēma ražo, pārvada, sadala, pārveido elektrisko enerģiju. Atsevišķas elektroenerģijas sistēmas apvienojas, izveidojot rajonu, valstu u. c. apvienotās elektroenerģētiskās sistēmas. Atsevišķu elektroenerģijas sistēmu apvienošana ir saistīta ar elektroenerģijas drošuma un elektroenerģijas kvalitātes paaugstināšanu. Elektroenerģijas ražošanai, strādājot apvienotā elektroenerģētiskā sistēmā, samazinās nepieciešamā rezerves jauda.

## 2.1. ELEKTROENERĢĒTIKAS GALVENIE VIRZIENI UN KLASIFIKĀCIJA

Šī apakšnodaļa atbilst moduļim “Elektroenerģētikas pamatprocesi un elektrotehnisko darbu veidi”.

Elektroenerģijas sistēma ir elementu kopa, kuras galvenais uzdevums ir nodrošināt nepārtrauktu un stabilu elektroapgādi lietotājiem. Elektroenerģijas sistēma, kas parādītā 2.1. attēlā, sastāv no vairākiem elementiem, kuri veic noteiktus uzdevumus galvenā mērķa sasniegšanai.



2.1. attēls. Elektroenerģijas sistēmas elementi



### IEVĒRĪBAI

*Elektroenerģijas sistēma ir elementu kopa, kuras galvenais uzdevums ir nodrošināt nepārtrauktu un stabilu elektroapgādi lietotājiem.*

Elektroenerģijas ražošana notiek elektrostacijās, kas parasti atrodas enerģijas krājumu tuvumā un ir izvietotas tālu no elektroenerģijas patēriņa reģioniem. Elektroenerģija var būt saražota dažādu tipu elektrostacijās: hidroelektrostacijās, siltuma elektrostacijās u. c. Pamazām lielāku popularitāti iegūst atjaunīgie elektroenerģijas avoti, piemēram, saules, vēja, zemes iekšējā siltuma, paisuma un bēguma enerģija. Pēc saražošanas elektroenerģija caur paaugstinošajiem transformatoriem tiek nodota elektropārvades tīklā transportēšanai līdz lielpilsētām vai elektroenerģijas patēriņu objektiem un reģioniem. Tālāk caur pazeminošajiem transformatoriem elektroenerģija no elektropārvades tīkla tiek nodota sadales tīklā, kur caur sadales tīkla pazeminošajiem transformatoriem tiek nogādāta līdz lietotājiem, t. i. mājāsaimniecībām. Latvijā elektroenerģija lielākoties tiek

saražota trijās hidroelektrostacijās (HES), kas ir izvietotas uz lielākās Latvijas upes Daugavas, – Pļaviņu HES, Ķeguma HES un Rīgas HES –, kā arī divās koģenerācijas termoelektrocentrālēs – Rīgas TEC-1 un Rīgas TEC-2. Šīs elektrostacijas parasti nosedz elektroenerģijas patēriņu gada laikā. Latvijā elektroenerģija tiek saražota arī biomasas un biogāzes elektrostacijās, kā arī vēja un saules elektrostacijās.

Elektropārvades tīkls Latvijā sastāv no 110 kV un 330 kV līnijām un spriegumu pazeminošiem transformatoriem vai autotransformatoriem, kas to pārveido un nodod sadales tīklā. Sadales tīkls savukārt sastāv no 6 kV, 10 kV un 20 kV līnijām, kā arī no spriegumu pazeminošiem transformatoriem, kas to pārveido lietotājiem piemērotajā 400 V spriegumā.



### IEVĒRĪBAI

*Elektroenerģijas patērētāji ir ietaises vai mehānismi, kuri pārveido elektrisko enerģiju citos enerģijas veidos – siltuma, gaismas, mehāniskajā, ķīmiskajā utt. Elektroenerģijas lietotājs ir juridiska vai fiziska persona, kam ir līgumattiecības ar elektroapgādes uzņēmumu par elektroenerģijas piegādi tās elektroenerģijas patērētājiem.*

Elektroenerģijas patērētāji ir ietaises vai mehānismi, kuri pārveido elektrisko enerģiju citos enerģijas veidos – siltuma, gaismas, mehāniskajā, ķīmiskajā utt. Elektroenerģijas lietotājs ir juridiska vai fiziska persona, kam ir līgumattiecības ar elektroapgādes uzņēmumu par elektroenerģijas piegādi tās elektroenerģijas patērētājiem.

Mūsdienās elektroenerģijas sistēma tiek sadalīta daudzās juridiski neatkarīgās, savstarpēji konkurējošās daļās. Tieši konkurence ir galvenais faktors, kas var nodrošināt racionālu elektroenerģijas sistēmu attīstību. Konkurences apstākļos vispirms izdzīvos uzņēmumi, kuri pieņem pareizus, tehniski un ekonomiski pamatotus lēmumus.

Sistēmas sadalīšana vairākās daļās samazina vadāmo objektu izmērus; šķiet, ka vienkāršojas vadības un lēmumu pieņemšanas modeļi un algoritmi, taču vienlaicīgi rodas jaunas problēmas, kas galvenokārt ir saistītas ar konkurentu darbības savstarpējo ietekmi.

Pēdējos gados strauji mainījies elektroenerģijas pieprasījums, cenas, standarti, kā arī pašas elektroenerģijas sistēmas organizatoriskās struktūras, pārejot no vertikāli integrētiem uzņēmumiem un elektroenerģijas sistēmas uz vairāku uzņēmumu nodalītiem modeļiem. Šīs izmaiņas skāra arī Latviju, kur elektroenerģijas sistēmas vadību līdz 2011. gadam īstenoja koncerns “Latvenergo” ar vertikāli veidoto organizatorisko struktūru ar elektroenerģijas ražošanu, tirdzniecību, pārvadi un sadali, bet pēc 2011. gada tika uzsākti “Latvenergo” restrukturizācijas darbi: izpildot Eiropas Parlamenta un Padomes Regulas prasības, elektroenerģijas pārvades sistēmas operators tika izdalīts no koncerna.

Lielās izmaiņas Latvijas elektroenerģijas sistēmā ir saistītas ar elektroenerģijas tirgus atvēršanu, kad jebkurš elektroenerģijas patērētājs var izvēlēties sev elektroenerģijas piegādātāju. Latvijā elektroenerģijas vairumtirdzniecības tirgus tika atvērta 2013. gadā, pievienojoties Ziemeļvalstu tirdzniecības tirgum “NordPoolSpot” un atverot tā Latvijas elektroenerģijas tirdzniecības apgabalu.



Savukārt elektroenerģijas mazumtirdzniecības tirgus majsaimniecībām Latvijā tika atvērts 2015. gada 1. janvārī, un patlaban katrs elektroenerģijas lietotājs brīvi var izvēlēties elektroenerģijas tirgotāju.

### 1. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi

1. Kas ir elektroenerģijas sistēma, un no kādiem posmiem tā sastāv?
2. Kas ir elektroenerģijas patērētājs?
3. Kas ir elektroenerģijas lietotājs?
4. Kas ir elektrostacija?
5. Ko nozīmē elektroenerģijas tirgus atvēršana?
6. Nosauciet lielākās hidroelektrostacijas Latvijā!
7. Nosauciet lielākās termoelektrostacijas Latvijā!
8. Kur notiek elektroenerģijas ražošana?
9. Kādu funkciju pilda elektropārvades tīkls, un ar kādu spriegumu Latvijā tas strādā?
10. Kādu funkciju pilda elektrosadales tīkls, un ar kādu spriegumu Latvijā tas strādā?

## 2.2. ELEKTROSTACIJU TIPI UN TO ĪPATNĪBAS

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Elektroenerģētikas pamatprocesi un elektrotehnisko darbu veidi” un “Elektrisko mašīnu un iekārtu iestatīšana un ekspluatācija”.



### DEFINĪCIJA

*Elektrostacija ir ēka vai ēku kopums, kur atrodas viss nepieciešamais aprīkojums un iekārtas elektroenerģijas ražošanai*

Elektroenerģijas ražošana notiek elektrostacijās. Elektrostacija ir ēka vai ēku kopums, kur atrodas viss nepieciešamais aprīkojums un iekārtas elektroenerģijas ražošanai [29]. Elektrostacijas galvenais komponents ir ģenerators, kuru griež siltuma, ūdens vai vēja dzinējs, līdz ar to elektrostacijas iedala pēc dzinēja veida. Lielākās elektrostacijas pasaulē ir divu veidu – hidroelektrostacijas, kur lieto ūdens dzinēju jeb hidroturbīnu, un siltuma elektrostacijas, kurās lieto siltuma dzinēju jeb tvaika turbīnu (TES, TEC un AES). Elektroenerģija var būt saražota fosilā kurināmā elektrostacijās (dabasgāzes vai ogles elektrostacijas, atomenerģijas elektrostacijas) vai elektrostacijās, kurās tiek izmantoti atjaunīgie energoresursi (ūdens, vējš, biomasa vai biogāze, vējš, saule).

Patlaban pasaulē lielākā daļa – gandrīz 75 % – no visas saražotās elektroenerģijas nāk no termoelektrostacijām. To darbības laikā atmosfērā tiek izmests liels daudzums gaisa piesārņotājvielu, galvenokārt ogļskābās gāzes (ja kā kurināmais tiek izmantotas akmeņogles – arī sēra dioksīda). Tas

izraisa siltumnīcas efektu, kas savukārt veicina globālo sasilšanu un ozona slāņa samazināšanos. Gaisa piesārņojums būtiski ietekmē arī apkārtējo vidi un cilvēka veselību. Gan būvējot jaunas termoelektrostacijas, gan uzlabojot pašreizējo staciju jaudas, katru gadu izmešu daudzums palielinās apmēram par 3 %, tādējādi nodarot arvien lielāku ļaunumu apkārtējai videi.

Ņemot vērā lielo vides piesārņojumu, kuru lielā mērā veicina tieši fosilie kurināmie, būvējot jaunas elektroenerģijas ieguves stacijas, uzsvars tiek likts uz atjaunīgās enerģijas ieguves veidiem. Atjaunīgā enerģija ir enerģijas resursu veids, kura izmantošana nerada kaitējumu videi vai arī rada to tikai nelielā apmērā salīdzinājumā ar fosilo kurināmo. Tieši atjaunīgās enerģijas avotu izmantošana ir viens no galvenajiem veidiem, kā palēnināt piesārņojuma līmeņa straujo pieaugumu un pasargāt mūsu planētu. Atjaunīgo energoresursu izmantošanai ir savas priekšrocības: samazinās izmešu daudzums atmosfērā, iespējams ietaupīt fosilos energoresursus, atjaunojamie energoresursi ļauj dažādot enerģijas ieguves veidus, izmantot vietējos resursus, tādējādi samazinot atkarību no enerģijas importa. Tomēr tai ir arī savi trūkumi. Kā vienu no tiem var minēt šo resursu ierobežoto izmantošanas iespēju, jo ne katrā reģionā ir labvēlīgi reljefa un klimata apstākļi noteiktiem elektrostaciju veidiem. Liels atjaunīgās enerģijas staciju trūkums ir arī to sākotnējās investīcijas. Tās ir ārkārtīgi augstas (izņemot biomasas – tām nepieciešamās investīcijas ir līdzvērtīgas termoelektrostaciju izmaksām), tomēr šo negatīvo aspektu atsver virkne ieguvumu.

Kā jau tika minēts, Latvijā elektroenerģijas ražošana galvenokārt notiek trijās AS "Latvenergo" īpašumā esošajās Daugavas hidroelektrostacijās (HES) – Pļaviņu HES, Ķeguma HES un Rīgas HES –, koģenerācijas termoelektrostacijās – divās AS "Latvenergo" Rīgas termocentrālēs (TEC) Rīgas TEC-1 un Rīgas TEC-2 –, kā arī AS "Rīgas siltums" īpašumā esošajā Imantas koģenerācijas stacijā un citās nelielas jaudas koģenerācijas elektrostacijās, biomasas un biogāzes elektrostacijās, hidroelektrostacijās, vēja parkos un saules stacijās. Turpmāk apskatīsim tieši šo elektrostaciju darbības principus un īpatnības.

### **Hidroelektrostacijas**

Hidroenerģija ir efektīvākais alternatīvās enerģijas veids. Lielajās un straujajās upēs ūdenim piemīt ļoti liela kinētiskā enerģija. Jau pirms vairākiem tūkstošiem gadu cilvēki lauksaimniecības darbiem izmantoja ūdensdzirnavas, kurās ūdens kinētiskā enerģija tika pārveidota mehāniskajā enerģijā, lai maltu miltus, zāģētu balķus u. c. Laika gaitā radās doma, kā šo mehānisko enerģiju var pārvērst elektroenerģijā, un jau 1879. gadā Niagāras hidroelektrostacija sāka ražot elektroenerģiju. Turpmāko 100 gadu laikā šī enerģijas avota izmantošana strauji uzplauka. Tieši hidroenerģija ir kļuvusi par galveno alternatīvās enerģijas ieguves veidu. Tā nodrošina apmēram 97 % no visas elektroenerģijas, kas tiek saražota no atjaunīgajiem enerģijas avotiem visā pasaulē, un 20 % no kopējā pasaulē saražotās elektroenerģijas daudzuma.

Hidroelektrostacijas ir izdevīgi celt uz upēm, kurām ir liels kritums un ūdens caurtece. Hidroelektrostacijas jaudu kilovatās (kW) var noteikt pēc formulas:

$$P = Q \cdot H \cdot \eta \cdot g, \quad (2.1.)$$

kur

$Q$  – caur turbīnu izplūstoša ūdens daudzums,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

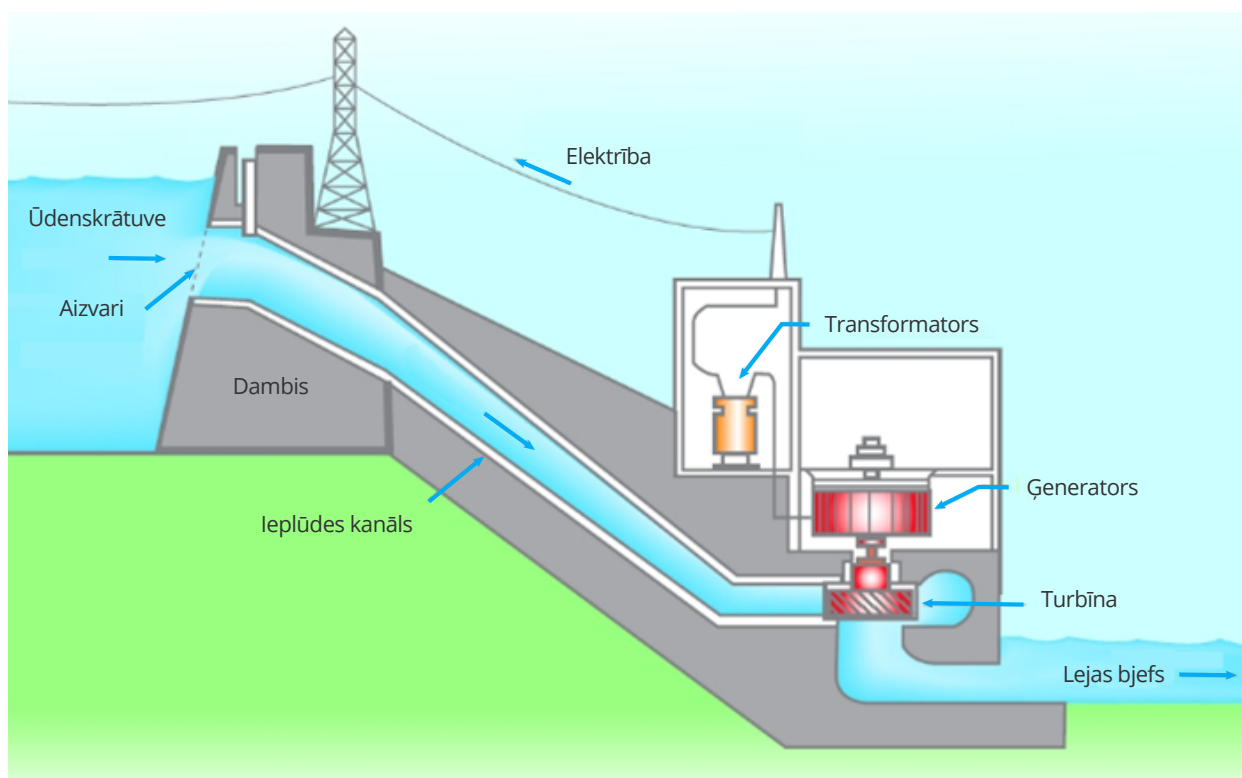
$H$  – kritums (augstumu starpība starp augšbjefu un lejasbjefu);

$\eta$  – elektrostacijas lietderības koeficients;

$g$  – brīvās krišanas paātrinājums,  $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Lai minimizētu hidroelektrostacijas nodarītos nelielos postījumus apkārtnē un, piemēram, aizsargātu teritoriju pret applūšanu un pārpurvošanu, kā arī lai hidroelektrostacijas ūdenskrātuvei pieguļošajās teritorijās nodrošinātu saimnieciskajai darbībai optimālu gruntsūdens līmeni, tiek izmantotas sūkņu stacijas. Lai nenosprostotu zivju ceļus, hidroelektrostacijās var tikt veidoti zivju kanāli, pa kuriem tās var brīvi pārvietoties.

Izmantojot aizsprostus, ūdens tiek uzkrāts atklātā ūdenskrātuvē, tādējādi radot lielu ūdenslīmeņa starpību pirms un pēc aizsprosta. Tālāk ūdens plūsmā caur ieplūdes kanālu vai slūžām tiek novirzīta uz turbīnu, kur ūdens ar lielu kinētisko enerģiju sāk griezt pašu turbīnu (2.2. attēls).



2.2. attēls. HES šķērsgriezums

Uz vienas ass ar turbīnu atrodas elektriskais ģenerators. Tajā mehāniskā enerģija pārvēršas elektriskajā enerģijā. Turbīnai griežot ģeneratoru, ģeneratorā rotējošais magnētiskais lauks, šķērsojot vadu, inducē tajā elektrodzinēj spēku. Tā iespaidā statora tinumā inducējas elektrodzinēj spēks. Magnētisko lauku rada rotora tinums. Tajā plūst līdzstrāva. Statora tinumā inducētā maiņsprieguma frekvence ir atkarīga no ģenerators griešanās ātruma  $f = p \times n/60$  (apgr./min), kur  $p$  ir polu pāru skaits,  $n$  ir apgriezību skaits minūtē. Tālāk tiek nodrošināta ūdens plūsmas izplūde atpakaļ upē (lejas bēfē daļā). Ja upe atļauj, tad HES nereti veido hidroelektrostaciju kaskādes veidā. Hidroelektrostaciju kaskādi veido vairākas HES, kas izmanto vienas upes ūdens caurplūdi. Augšējām stacijām sākot darboties, ūdens plūsma plūst līdz nākamajai HES, kuru tā sasniedz pēc 1–3 stundām, bet, tā kā HES tiek izmantots maksimumslodžu segšanai, tad zemākie HES nesagaida pienākošo ūdens daudzumu no augšējām stacijām pīķa stundu laikā, bet gan sāk darboties vienlaicīgi ar pārējām stacijām, tādējādi sākotnēji zemākajām stacijām samazinās ūdens līmenis augšbēfē un papildinās tikai tad, kad ūdens atnāk no augšējām stacijām.

### Vēja elektrostacijas

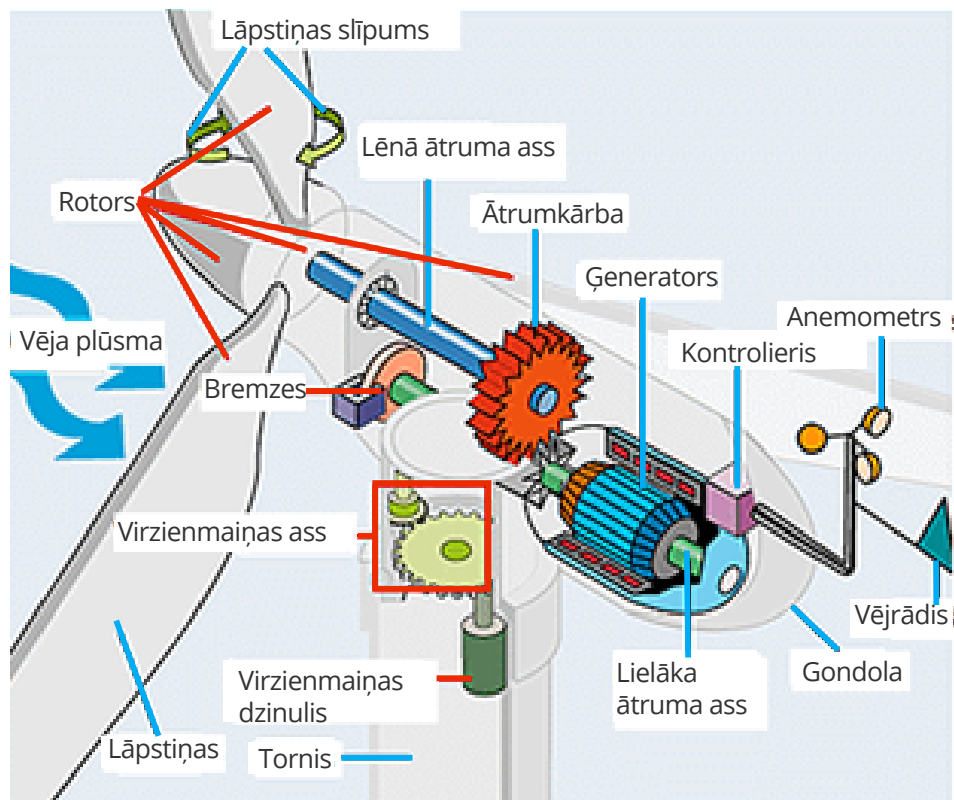
Vējš kā enerģijas avots tiek izmantots jau ļoti sen. Laikā, kad pasaule cīnās ar pārmērīgu piesārņojumu, tiek meklēti nekaitīgāki elektroenerģijas iegūšanas veidi. Viens no variantiem ir izmantot vēja potenciālu. Mūsdienās vēja resursus izmanto arī elektroenerģijas iegūšanai.

Sākotnēji vēja turbīnu (2.3. attēls) izmantošana bija ierobežota, jo, lai tās darbotos efektīvi, bija nepieciešami stipri vēji un samērā augsts ieslēgšanās vēja ātrums, to lietojums bija nevienmērīgs, jo vēja virziens mainās, kā arī problēmas sagādāja lielas vēja brāzmas. Mūsdienās joprojām notiek vēja ģeneratoru modernizēšana, izstrādājot arvien jaunus, efektīvākus modeļus. Tiek samazināts ieslēgšanās ātrums, tādējādi modernie ģeneratori ir spējīgi ražot enerģiju jau pie mazāka vēja ātruma. Neliela vēja laikā agregātu iegriež, ieslēdzot ģeneratoru tīklā kā dzinēju, jo, to palaižot, ir nepieciešams palielināts griezes moments, kādu neliels vējš neattīsta. Tiek veidotas kustīgās rotora lāpstiņas, kuras pielāgojas vēja pūšanas virzienam un izmanto vēja spēku lietderīgāk. Uzlabota tiek arī nominālās jaudas līkne atkarībā no vēja ātruma. Ražojot vēja ģeneratorus, kam nominālā jauda ir jau pie mazāka vēja ātruma, tiek palielināta VES iespējamā izmantošanas platība, jo ir iespējams efektīvi izmantot šīs stacijas arī vietās, kurās nav regulāru stipru vēju. Atrisināta ir arī problēma pārāk stipru vēju laikā. Vecākie modeļi tika veidoti tā, lai pārāk stipra vēja laikā tie vienkārši atslēgtos. Jaunākos modeļos tiek iestrādāta rotora bremzēšanas iespēja, kas neļauj rotoram griezties ātrāk par ātrumu, kas nepieciešams, lai nodrošinātu nominālo jaudu. To panāk, pagriežot rotora lāpstiņas tādā stāvoklī, lai uz tām vējš iedarbotos tikai ar tādu spēku, kas nepieciešams nominālajam režīmam. Tas noder gan ģeneratora efektivitātes palielināšanai (jo, vēja ātrumam pārsniedzot nepieciešamo nominālo jaudu, samazinās ģeneratora jauda), gan arī kā aizsardzība pret vibrācijām un triecienslodzēm vētras laikā. Vecākas paaudzes ģeneratori pie pārāk stipra vēja automātiski izslēdzās (rotora lāpstiņas tika pagrieztas perpendikulāri vējam), kas liedza izmantot tābrīža lielo vēja potenciālu, savukārt jaunākajiem ģeneratoriem rotora lāpstiņas tiek pagrieztas tikai daļēji, un ģenerators turpina strādāt nominālajā režīmā.

Rotori ir ar vertikālo un horizontālo vārpstu. Tiem var būt lāpstu (propelleru), spirāles (gliemeža jeb S veida), lāpstu un kausu (ķēdes) konstrukcija.

Visizplatītākie ir propellera tipa rotoru. To lietderības koeficients ir apmēram 60 %. Lāpstu izgatavošanas materiāliem jābūt viegliem un izturīgiem pret laika apstākļiem, tādēļ lieto koku, tēraudu, alumīniju, plastikātu, stiklplastu. To krāsa parasti ir balta, lai saulē tie pārāk nesakarstu un nedeformētos. Mūsdienu vēja dzinējiem ir divlāpstu vai trīslāpstu rotoru. Trīslāpstu rotoru darbība ir vienmērīgāka, un tos izmanto vietās, kur vējš nav pārāk stiprs, jo no tiem var iegūt lielāku elektroenerģijas daudzumu. Divlāpstu rotorus efektīvāk izmantot vējainākās vietās. Tie papildus ir jābalansē un jānodrošina pret vibrācijām.

Spirāles (gliemežveida) rotoru ir vertikāla ass. Visbiežāk lieto S veida rotoru, kas sastāv no diviem puscilindriem. To lietderības koeficients ir tuvu 40 %. Šo rotoru galvenā priekšrocība ir tā, ka tie nav atkarīgi no vēja virziena maiņas, tātad, mainoties vēja virzienam, tie nezaudē daudz enerģijas, jo gaiss, atsitoties pret vienu no virsmām, maina virzienu un atsitās pret citu, piespiežot rotoru griezties, tātad vējš var brīvi iekļūt izveidotajās spraugās no dažādiem pūšanas virzieniem.



2.3. attēls. Propellera tipa VES uzbūve šķērsgrīzumā

Pirms VES celtniecības ir jāveic rūpīgi izpētes darbi, lai noskaidrotu, vai ir efektīvi celt šādu staciju. Ir jāuzzina vēja ātrums un biežākais vēja pūšanas virziens. Vispiemērotākās vietas ir atklātas teritorijas, ja 5–6 km rādiusā ir klajš lauks. Lai izvēlētos piemērotāko vēja turbīnu, ir jāizpēta teritorijas vēja karte, lai uzzinātu aptuveno vēja ātrumu, un pēc tam jāveic praktiskā pārbaude precīzai vēja ātruma

noteikšanai. Tā kā vēja ātruma mērīšana norit tikai dažos augstumos, tad vēja ātrumu konkrētajā augstumā var aprēķināt pēc formulas:

$$V_h = V_o \cdot (h/h_o)^\alpha, \quad (2.2.)$$

kur

$V_h$  – vidējais vēja ātrums augstumā  $h$ ;

$V_o$  – vidējais vēja ātrums novērošanas augstumā  $h_o$ ;

$h_o$  – novērošanas augstums;

$\alpha$  – koeficients, kurš ir atkarīgs no apkārtējās vides īpatnībām.

Pēdējā laikā VES tiek celtas jūras ūdeņos (selgas vēja elektrostacijas). Lai arī tās izmaksā krietni dārgāk, tomēr ieguvums ir daudz lielāks, jo vēja vidējais ātrums tur ir lielāks, tātad VES spēs saražot lielāku elektroenerģijas daudzumu. Selgas VES ir vēl arī cita priekšrocība – tās neaizņem sauszemes lielo platību un neizbojā apkārtējo ainavu.

Mūsdienās lielu popularitāti ir guvusi mazo piemājas vēja ģeneratoru izmantošana. To izplatību ļoti veicināja jaunāko paaudžu ģeneratori, ar kuriem iespējams iegūt lielāku elektroenerģijas daudzumu. Tā kā ģeneratora izmantošana ir atkarīga no vēja stipruma, tad tā izmantošana ir nevienmērīga. Ne vienmēr saražotā elektroenerģija ir pietiekama, tāpēc mājsaimniecība tiek pieslēgta arī kopējam tīklam un brīžos, kad elektroenerģija ir nepietiekama, tā automātiski papildus pieslēdzas kopējam tīklam, kas dod trūkstošo elektroenerģiju. Pie stiprāka vēja vai minimumslodžu laikā iegūtā elektroenerģija ir lielāka par pašu patēriņam nepieciešamo.

Tieši vējš ir visātrāk augošais energoresurss pasaulē. Attīstoties tehnoloģijām, vēja enerģiju arvien efektīvāk būs iespējams izmantot elektroenerģijas ražošanai arī vietās, kur nepietiekama vēja ātruma dēļ līdz šim to izmantot nebija efektīvi. Ņemot vērā, ka vējš bez maksas ir pieejams pilnīgi visos reģionos, tam nākotnē būs arvien lielāka loma kopējā elektroenerģijas ieguvē.

## Biomases un biogāzes elektrostacijas

### Biomasa



#### DEFINĪCIJA

*Biomasa ir organisks resurss, kura enerģija ķīmiskas pārveides rezultātā tiek pārvērsta siltumā, mehāniskajā un elektriskajā enerģijā.*

Biomasa ir organisks resurss, kura enerģija ķīmiskas pārveides rezultātā tiek pārvērsta siltumā, mehāniskajā un elektriskajā enerģijā. No biomasas tālākai izmantošanai var iegūt triju veidu kurināmo – cieto, šķidro un gāzveida. Biomasas pēc to ieguves veida var iedalīt trijās grupās:

- 1) speciāli enerģijas ieguvei audzētie un pārstrādātie augi. Pie tiem pieder gan ataugošie koki, piemēram, papeles, vītoli, kārkli, alkšņi un apses, kā arī koksnes pārstrādes produkti (granulas, šķeldas), gan arī audzētie augi, kuri satur daudz cukuru, eļļas vai cietes. Visplašāk izmantotais biomasas resurss ir koksne, kā arī to pārstrādes produkti;
- 2) lauksaimniecības blakusprodukti un atkritumi – salmi, lopkopības mēsli, mežrūpniecības atkritumi u. c.;
- 3) pārtikas un rūpnieciskie atkritumi – pilsētu saimnieciskie atkritumi, atkritumi no lielajām rūpnīcām, piemēram, papīra ražotnes, kā arī notekūdeņu dūņas.

### Biogāze

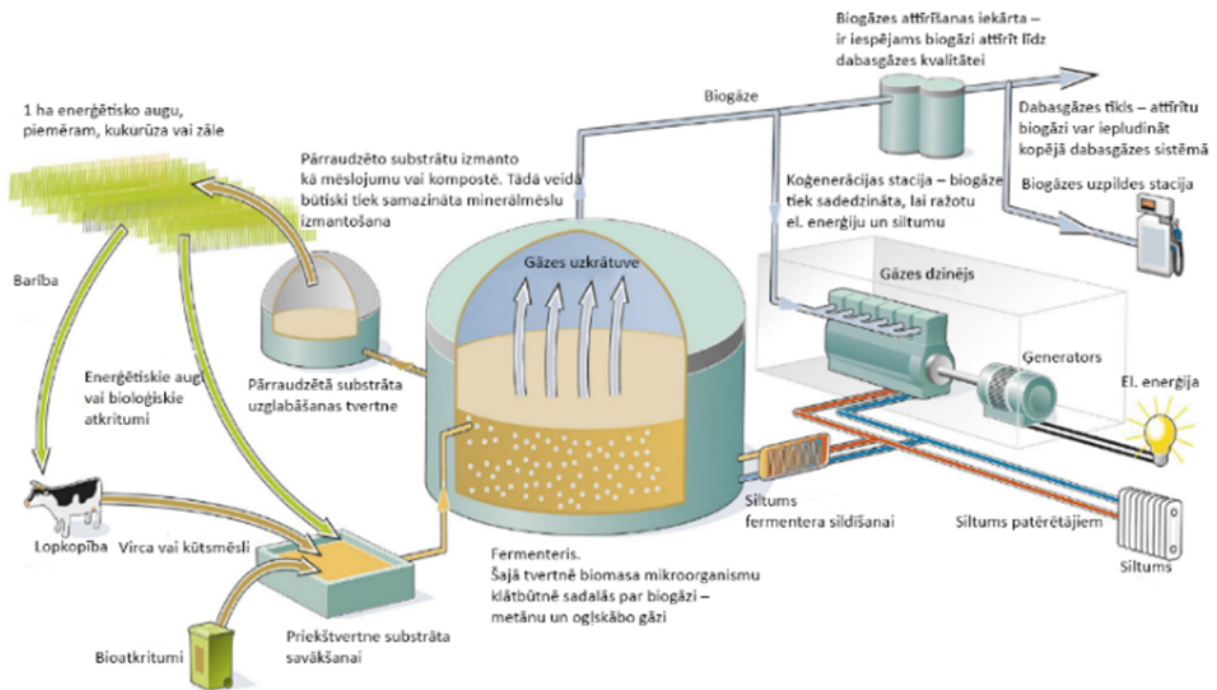


#### DEFINĪCIJA

*Biogāze ir anaerobas (bez skābekļa klātbūtnes) raudzēšanas rezultātā iegūts gāzveida kurināmais*

Biogāze ir anaerobas (bez skābekļa klātbūtnes) raudzēšanas rezultātā iegūts gāzveida kurināmais, kas sastāv no  $\text{CH}_4$  jeb metāna (50–70 %),  $\text{CO}_2$  jeb oglekļa dioksīda (30–40 %) un citām gāzēm un to gāzveida savienojumiem ( $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ). Iegūtās biogāzes kurināmā vērtība parasti sasniedz 5–7 kWh/m<sup>3</sup>, un tā ir atkarīga no metāna satura attiecīgajā biogāzē. Metāna saturs savukārt ir atkarīgs no izmantoto atkritumu veida, barības vielu satura izmantotajā materiālā un mitruma. Biogāzi var iegūt, pārstrādājot konkrētus biomasas resursus. Visvairāk biogāzes var iegūt no dzīvnieku mēsliem (Latvijā kūtsmēsliem potenciāls ir 53 % no visiem biogāzes ieguves resursiem), bet izmantot var arī ūdens augus, izgāztuvju atkritumus, mitrumā augušus augus un lapas.

Biogāzes stacijas uzbūve ir sarežģīta un sastāv no vairākiem svarīgiem elementiem. Tā kā ir pieejams daudz dažādu atšķirīgu izejvielu veidu, arī apstrādes tehnoloģijas ir dažādas. Latvijā biogāzes elektrostacijās visbiežāk izmanto lopkopību mēslus (2.4. attēls).



2.4. attēls. Biogāzes iekārta

Atkarībā no izejvielu sastāva var nākties atdalīt neizmantojamus materiālus, samīcīt izejvielas vai pievienot ūdeni, lai izveidotu normālam darbam paredzētu maisījumu. Ja izejviela var saturēt arī kādu piesārņojumu, tad papildus vēl vajadzīgs attīrīšanas posms.

Pēdējos gados straujo biogāzes koģenerācijas staciju attīstību veicinājis Eiropas Savienības piedāvātais līdzfinansējums jaunām biomasas un biogāzes koģenerācijas stacijām.

Biomasu un to pārstrādes produktu biogāzi visefektīvāk var izmantot koģenerācijas stacijās. Šajās stacijās vienlaicīgi tiek ražots gan siltums, gan arī elektroenerģija. 65 % iegūtās enerģijas ir siltumenerģija, bet 35 % – elektroenerģija.

### Koģenerācijas elektrostacijas

Efektīvākais energoresursu izmantošanas veids ir ražot gan siltumu, gan elektroenerģiju, un labākos rezultātus nodrošina koģenerācijas tehnoloģijas. Koģenerācija ir efektīva, izmantojot gan fosilos, gan atjaunīgos resursus. Augstākā koģenerācijas efektivitāte ir gāzes sadegšanas procesā, zemākā – izmantojot atjaunīgos energoresursus. Resursu optimālās izmantošanas ziņā koģenerācija ir izdevīgs resursu izmantošanas veids.

Koģenerācija ir enerģijas ražošanas tehnoloģiskais process, kurā vienlaikus tiek ražota gan siltumenerģija, gan elektroenerģija, tā nodrošinot maksimālu energoresursu izmantošanas efektivitāti.



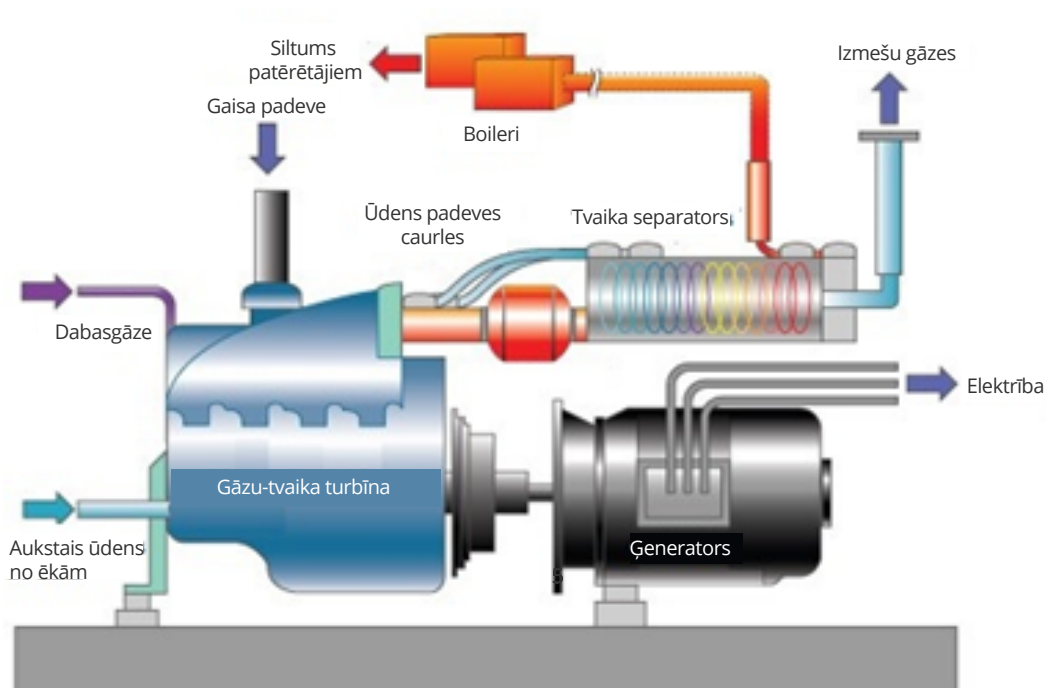
**DEFINĪCIJA**

*Koģenerācija ir enerģijas ražošanas tehnoloģiskais process, kurā vienlaikus tiek ražota gan siltumenerģija, gan elektroenerģija, tā nodrošinot maksimālu energoresursu izmantošanas efektivitāti.*

Koģenerācijas tehnoloģiju izmanto siltuma un elektrības ražošanai vietās, kur elektrostacijas tuvumā ir iespējams patērēt siltumenerģiju. Koģenerācijas stacijas nepieciešamo jaudu rēķina atbilstoši ar siltumu apgādājamās teritorijas vai patērētāja minimālās siltumslodzei vasaras periodā. Šī iemesla dēļ tiek uzskatīts, ka izkliedētajā ģenerācijā nav lietderīgi uzstādīt koģenerācijas jaudas, kuru siltuma ražošanas spēja pārsniedz 50 MW. Savukārt koģenerācijas stacijas elektrisko jaudu rēķina, tikai zinot, kāda ir prognozējamā elektrostacijas siltumjaua.

Eksistē vairāki koģenerācijas staciju veidi:

- 1) sistēma, kuras pamatā ir tvaika turbīnas – šādas stacijas ir vienkāršas, lētas, ar augstu lietderības koeficientu. Tā sastāv no augstas temperatūras katla, tvaika turbīnas un augstas temperatūras izvades. Elektroenerģijas izstrādes efektivitāte ir 12–30 %;
- 2) gāzes turbīnas – viegli izmantojama un lēta koģenerācijas iekārta. Koģenerācijas elektrostacija ar gāzes-tvaika turbīnu ir parādīta 2.5. attēlā. Lai izmantotu gāzes turbīnas, ir rūpīgi jāattīra gaiss, jo netīrumi, putekļi un ķīmiskas vielas samazina gāzes turbīnas iekārta lietderības koeficientu un darba mūžu. Tās nav ieteicamas arī vietās, kur nepieciešama bieža izslēgšana un ieslēgšana, jo tas ievērojami palielina ekspluatācijas izmaksas un samazina darba mūžu. Elektroenerģijas izstrādes efektivitāte ir 25 %;
- 3) iekšdedzes dzinēja koģenerācijas iekārta – izmanto dīzeļdzinējus un gāzes dzinējus. Īpaši bieži izmanto gāzes dzinējus, kuri darbojas pēc Oto cikla (sk., piemēram, [https://en.wikipedia.org/wiki/Otto\\_cycle](https://en.wikipedia.org/wiki/Otto_cycle)). Viens no efektīvākajiem mazas jaudas elektroenerģijas iekārta veidiem. Šādas stacijas īsā laikā sasniedz pilnas jaudas režīmu, tomēr tām ir arī trūkumi. Šāda tehnoloģija ir ļoti dārga, kā arī prasa augstas ekspluatācijas izdevumus. Šādas stacijas ir arī lielākās, kā arī rada vibrāciju un troksni. Latvijā šāda elektrostacija ar iekšdedzes gāzes/dīzeļdegvielas dzinējiem atrodas Rīgā un pieder elektroenerģijas un siltuma ražotājam SIA "Juglas jauda". Šāda elektrostacija ir arī Igaunijā un pieder Igaunijas PSO "Elering"; arī šai stacijai ir uzstādīti iekšdedzes gāzes/dīzeļdegvielas dzinēji.



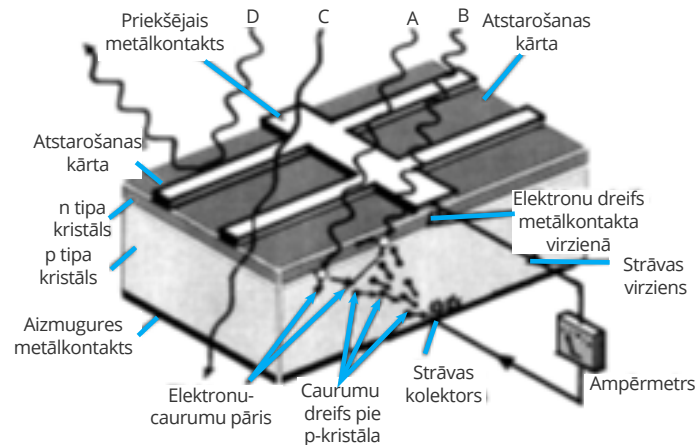
2.5. attēls. Kogenerācijas elektrostacijas struktūrschéma

### Saules elektrostacijas

Saulei piemīt milzīgs enerģijas potenciāls. Lai gan Saule atrodas 149,6 milj. kilometru attālumā no Zemes, Zeme saņem tikai nelielu daļu no šīs enerģijas, taču tā ir pietiekama, lai nodrošinātu dzīvībai nepieciešamos procesus. Laika gaitā attīstījusies arī enerģijas ieguve no Saules, tomēr cilvēki vēl nav iemācījušies pietiekami efektīvi izmantot Saules lielo potenciālu. Lielāks uzsvars enerģijas ražošanā tika likts uz vieglāk pieejamajiem fosilajiem kurināmajiem, tomēr pēdējos gados strauji pieaug enerģijas pieprasījums, tādējādi fosilo resursu apjoms sāk strauji sarukt, kā arī krasi palielinājies apkārtējās vides piesārņojums, kas mudina meklēt citus, alternatīvus enerģijas ieguves veidus un liek pievērst pastiprinātu uzmanību lielajam saules enerģijas potenciālam. Viens no galvenajiem šķēršļiem saules enerģijas pietiekamā izmantošanā ir saules starojuma zemā intensitāte. Ik gadu notiek jauni atklājumi un tiek izgudrotas efektīvākas ierīces, kas spēj iegūt lielāku enerģijas daudzumu, tāpēc ar laiku saules enerģija var dot ļoti nozīmīgu devumu elektroenerģijas jomā.

Saules enerģiju var izmatot, lai iegūtu siltumu, piemēram, ēku apkurei vai ūdens uzsildīšanai (saules kolektori nespēj nodrošināt visu ēku/ūdeni ar nepieciešamo siltumu, tāpēc tos var izmantot tikai kā papildu avotu citiem apkures veidiem). To var arī pārveidot elektroenerģijā, izmantojot saules baterijas.

Saules enerģētisko iekārtu (bateriju) pamatelements ir saules šūna (2.6. attēls), kas ir mazākā fotogalvaniskā vienība, kas tiek izmantota elektroenerģijas ražošanā. Šūnas lietderības koeficients parasti ir 15–20 % (tas ir, ja gada vidējā starojuma intensitāte ir apmēram  $500 \text{ W/m}^2$ , tad mēs spējam ģenerēt apmēram  $75\text{--}100 \text{ W}$  jaudu uz kvadrātmetru).



2.6. attēls. Fotogalvaniskais elements (šūna)

Fotogalvaniskais elements tiek izgatavots no pusvadītāja materiāla, kas spēj tieši pārveidot saules enerģiju elektriskajā. Par pusvadītāja materiālu var izmantot dažādus elementus, kā arī to sajaukumus. Pašlaik visplašāk lietotais ir silīcijs. Kad gaismas fotoni ar pietiekamu enerģiju saskaras ar saules moduļa šūnu, tiek izsisti brīvie elektroni silikona kristāla struktūrā, dzenot tos pa strāvas ķēdi un pēc tam tos atgriežot atpakaļ saules moduļa šūnai no otras puses, lai process varētu turpināties no sākuma. Viena šūna spēj ģenerēt apmēram 0,5 V spriegumu ar jaudu 3 W. Lai uzlabotu šos parametrus, vairākas šūnas saslēdz virknē, izveidojot saules bateriju paneli. Tālāk šos paneļus saslēdzot virknē vai paralēli, iegūst lielas saules fotogalvaniskās sistēmas. Lai saules baterijas pieslēgtu lietotājam, nepieciešamas saules baterijas, vadi, invertors, kas pārvērš līdzstrāvu maiņstrāvā, uzlādes kontrolieris (ja elektroenerģiju uzkrāj akumulatoros, nevis nodot kopējam tīklam), un attiecīgie stiprinājumi.

Lai iegūtu lielāku elektroenerģiju no saules, tiek izmantota jaunākās paaudzes SES, kurā saules enerģija tiek koncentrēta. Pastāv trīs galvenie koncentrētās saules enerģijas sistēmu veidi:

- 1) paraboliskā sile – parabolisko siļu sistēmas koncentrē saules enerģiju caur gariem taisnstūra, izliektiem (U formas) spoguļiem. Spoguļi tiek sagāzti pret sauli, fokusējot saules gaismu uz cauruli, kas stiepjas lejā līdz siles centram. Šādā veidā uzkaršē eļļu, kas plūst pa šo cauruli. Karstā eļļa tiek izmantota, lai uzkaršētu ūdeni konvencionālā tvaika ģeneratorā, un tālāk ražotu elektrību;
- 2) šķīvī/dzinējs (2.7. attēls) – šķīvja/dzinēja sistēmā tiek izmantota šķīvī ļoti līdzīga forma, kas ir noklāta ar spoguļiem (līdzīgs ļoti liels satelīta šķīvī). Šķīvja formas virsma saņem un koncentrē saules radīto siltumu uz savācēja, kas absorbē siltumu un pārnes to uz šķīdrumu dzinējā. Siltums liek šķīdrumam izplesties pret virzuli vai turbīnu un rodas mehāniskā enerģija. Mehāniskā enerģija tad tiek izmantota, lai darbinātu ģeneratoru, kas ģenerē elektrību;

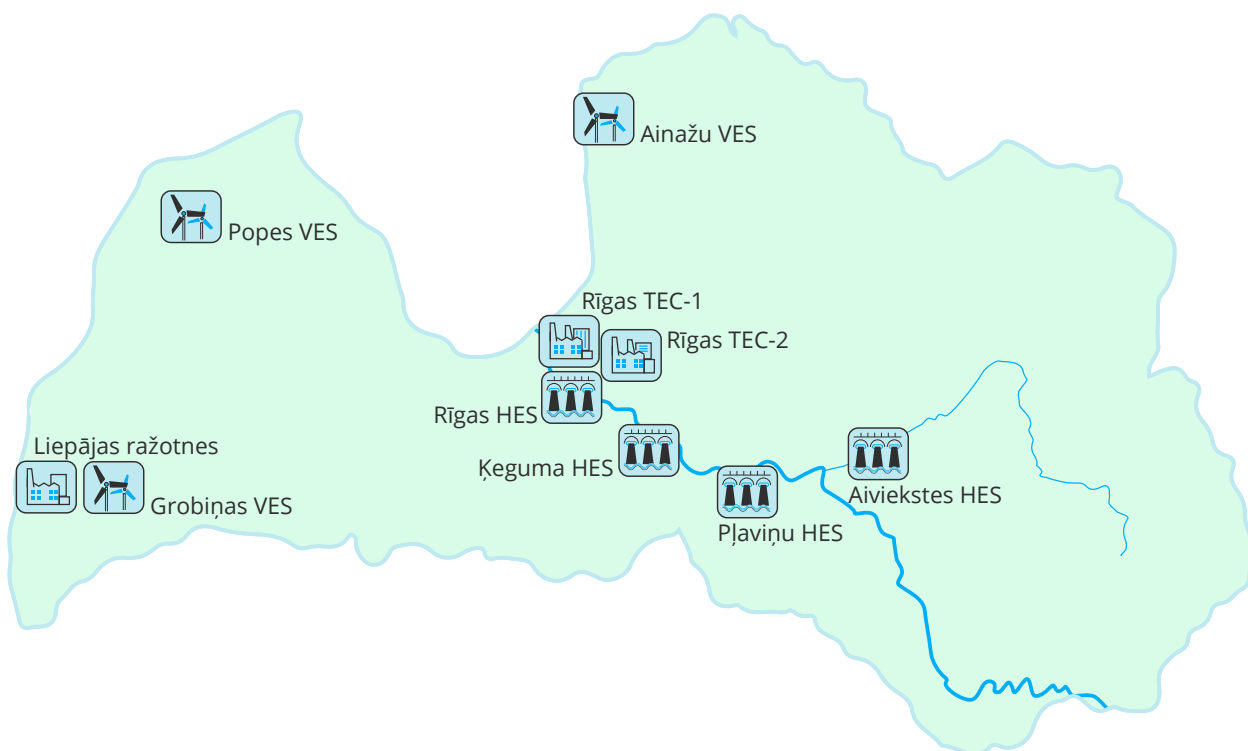


2.7. attēls. Šķīvja/dzinēja sistēmas koncentrēta SES

- 3) jaudas tornis – jaudas torņa sistēmā tiek izmantots plašs lauks, pilns ar spoguļiem, lai koncentrētu saules enerģiju uz torņa augšu, kur atrodas savācējs. Šādi tiek uzkaršēts izkausētais sāls, kas plūst caur savācēju. Tad sāls radītais siltums tiek izmantots, lai radītu elektrību caur konvencionālo tvaika ģeneratoru. Izkausēts sāls efektīvi spēj saglabāt siltumu, tāpēc tas var tikt uzglabāts vairākas dienas, pirms tiek radīta elektrība. Tas nozīmē, ka elektrība var tikt radīta arī mākoņainās dienās vai pat vairākas stundas pēc saulrieta, kas ievērojami palielina izmantošanas iespējas, jo tās kļūst mazāk atkarīgas no pašiem laikapstākļiem.

### **Lielākās elektrostacijas Latvijā**

Elektroenerģijas tirgus funkcionēšana ir saistīta elektroenerģijas pirkšanu un pārdošanu par neregulētu cenu, elektroenerģijas lietotājam brīvi izvēloties kādu no neatkarīgiem elektroenerģijas tirgotājiem. Tāpat kā jebkurā tirgū, lietotājs elektrību pērk no tā tirgotāja, kura piedāvātā cena un sniegtie pakalpojumi viņam šķiet visizdevīgākie, slēdzot līgumu uz noteiktu periodu. Elektroenerģijas fiziskā piegāde tiek nodrošināta esošās energoapgādes infrastruktūras ietvaros. Tas nozīmē, ka elektroenerģijas sistēma darbojas pēc konkurences un pieprasījuma/piedāvājuma principa. Pieprasījuma/piedāvājuma princips balstās uz pieejamo elektrostaciju skaitu konkrētā reģionā vai valstī, kā arī šo elektrostaciju spēju saražot konkrētu elektroenerģijas daudzumu. Turpmāk ir sniegta informācija par galvenajām Latvijas elektrostacijām.



2.8. attēls. Lielākās elektrostacijas Latvijā

### Rīgas TEC-1 un Rīgas TEC-2

Divas lielākās dabasgāzes koģenerācijas elektrostacijas Rīgas TEC-1 un Rīgas TEC-2 pieder Latvijas lielākajam elektroenerģijas ražotājam AS "Latvenergo".

Abas termoelektrostacijas ir modernizētas, tajās ir uzstādītas modernas un ātrdarbīgas gāzes tvaika turbīnas. Abas elektrostacijas pārsvarā tiek darbinātas siltuma slodzes segšanai, galvenokārt strādājot augsti efektīvā koģenerācijas režīmā. Tādējādi elektroenerģijas ražošana termoelektrostacijās lielā mērā pakārtota siltumenerģijas patēriņam, kas savukārt ir atkarīgs no klimatiskajiem apstākļiem un apkures sezonas ilguma, kā arī elektroenerģijas tirgus situācijas.

Abas Rīgas TEC garantē Latvijai būtiskas elektroenerģijas bāzes jaudas, kas spēj gandrīz pilnībā nodrošināt Latvijas elektroenerģijas patēriņu situācijās, kad kādu apstākļu dēļ ir ierobežots elektroenerģijas imports no kaimiņvalstīm. Tādās situācijās tās darbojas kā stabilas bāzes jaudas ražotnes, kas spēj operatīvi aizpildīt ārējo piegāžu iztrūkumu.

Kā jau minēts iepriekš, Rīgas TEC-1 elektrostacija ir uzcelta 1958. gadā, kad elektroenerģijas ražošanai kā kurināmo izmantoja kūdras. 2005. gadā stacija tika pilnībā rekonstruēta, uzstādot gāzes tvaika turbīnas. Elektrostacijā elektroenerģijas ražošanai tiek izmantotas divas gāzes turbīnas un viena tvaika turbīna, savukārt siltumenerģijas ražošanai tiek izmantoti trīs ūdenssildāmie katli centralizētai siltumapgādei. Rīgas TEC-1 uzstādītā elektriskā jauda ir 144 MW.

Rīgas TEC-2 ir lielākā koģenerācijas termoelektrostacija Latvijā, kas uzsāka savu darbību 1973. gadā.

Modernā gāzes-tvaika pirmā bloka izbūve Rīgas TEC-2 tika pabeigta 2008. gada beigās, savukārt otrā bloka izbūve tika pabeigta 2013. gada nogalē. Rekonstrukcija rada iespēju elektroenerģijas izstrādi veikt arī kondensācijas režīmā, kas ir būtiski no energoapgādes drošuma viedokļa.

Šobrīd Rīgas TEC-2 ir modernākā un efektīvākā kombinētā cikla termoelektrostacija Baltijā, kur elektroenerģijas ražošanai tiek izmantoti divi kombinētā cikla gāzes turbīnas bloki (CCGT). Pēc otrā energobloka nodošanas ekspluatācijā Rīgas TEC-2 elektriskā jauda koģenerācijas režīmā sasniedz 832 MW, bet elektriskā jauda kondensācijas režīmā sasniedz 881 MW.

### **Pļaviņu HES**

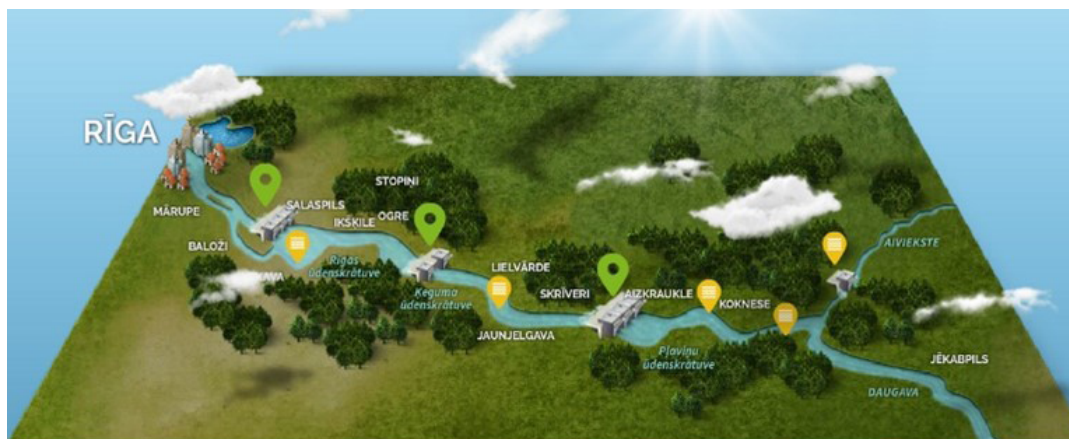
Pļaviņu HES ir viena no trim Daugavas kaskādes hidroelektrostacijām, kas ir uzbūvēta uz Daugavas blakus Aizkraukles pilsētai un nodota ekspluatācijā 1968. gadā. Tā uzstādītās jaudas ziņā ir lielākā hidroelektrostacija Baltijā un viena no lielākajām Eiropas Savienībā. Ūdens līmeņa starpība abās aizsprosta pusēs ir 40 m. Tai ir 10 hidroagregāti ar Frensis tipa turbīnām un sākotnējā uzstādītā elektriskā jauda bija 825 MW, bet pēc vairākiem rekonstrukcijas procesiem to jauda ir palielinājusies līdz 892 MW.

### **Rīgas HES**

Rīgas HES ir jaunākā no Daugavas kaskādes hidroelektrostacijām. Tā uzbūvēta uz Daugavas Rīgas reģiona Salaspils novadā un nodota ekspluatācijā 1974. gadā ar uzstādītiem sešiem agregātiem ar Kaplāna tipa turbīnām. To kopējā jauda ir 402 MW. Pļaviņu HES un Rīgas HES ir darbināmas arī sinhronā kompensatora režīmā (regulējot spriegumu augstsprieguma elektrotīklos), kas pārvades sistēmas operatoram palīdz nodrošināt noteiktu sprieguma kvalitāti.

### **Ķeguma HES**

Ķeguma HES ir vecākā no Daugavas kaskādes HES. Tā sastāv no divām stacijām, kas izvietotas abos Daugavas krastos un ir celtas atšķirīgos laika posmos. Pirmā stacija tika uzbūvēta Daugavas labajā krastā, bet otrā – kreisajā krastā. Ķeguma HES-1 ir celta laika posmā no 1936. līdz 1940. gadam, un tajā ir uzstādīti četri hidroagregāti ar Kaplāna tipa turbīnām. To uzstādītā elektriskā jauda ir 72,1 MW. Ķeguma HES-2 ekspluatācijā tika nodota 1979. gadā. Tajā uzstādīti trīs hidroagregāti ar kopējo uzstādīto elektrisko jaudu 192 MW.



2.9. attēls. Lielākās hidroelektrostacijas Latvijā

### Popes un Tārgales vēja elektroenerģijas parks

Popes un Tārgales pagastā 2012. gadā ir atklāts pēc jaudas Latvijā lielākais vēja elektrostacijas parks. Pašlaik vēja parka uzstādītā kopējā jauda ir 20,7 MW, tajā ir uzstādīti deviņi jaunākās paaudzes Siemens vēja ģeneratori ar 2,3 MW lielu jaudu katrs. Torņa augstums sasniedz 90 m, rotora diametrs ir 101 m, bet spārna garums ir 50 m. Pirms Popes un Tārgales pagastā izbūvētā vēja parka, jaudīgākais bija Grobiņas vēja parks ar 33 vēja ģeneratoriem, kurš tika atvērts 2002. gadā. Katra ģeneratora jauda ir 600 kW, un viena torņa augstums sasniedz 77 m, tādejādi kopējā Grobiņas vēja parka jauda ir 19,8 MW.

Senākais vēja parks Latvijā atrodas Ainažos. Tas tika izbūvēts 1996. gadā, un tā kopējā jauda ir 1,2 MW.

### Biomases un biogāzes koģenerācijas stacijas

Getliņu biogāzes koģenerācijas stacija tika nodota ekspluatācijā 2002. gadā. Katru gadu Getliņu atkritumu poligonā tiek izmesti 300 000–400 000 t atkritumu, no kuriem tad arī tiek iegūta nepieciešamā gāze. 2009. gadā Getliņu poligonā tika nodotas ekspluatācijā gāzes attīrīšanas iekārtas, kas uzlaboja stacijas ekspluatāciju, jo gāze tiek atbrīvota no mitruma un vairākiem piemaisījumiem, kas iepriekš negatīvi ietekmēja motoru darbību, kā arī trīskārt tika palielināts motoru eļļas maiņas intervāls. Stacijā ir uzstādīti seši gāzes motori ar kopējo elektrisko jaudu 6288 kW.

Biomases koģenerācijas stacija "Fortum Jelgava" tika nodota ekspluatācijā 2013. gadā. Biomases koģenerācijas elektrostacijas elektriskā uzstādītā jauda ir 23 MW, kā kurināmais elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošanai tiek izmantota šķelda, kas ražota tepat Latvijā.

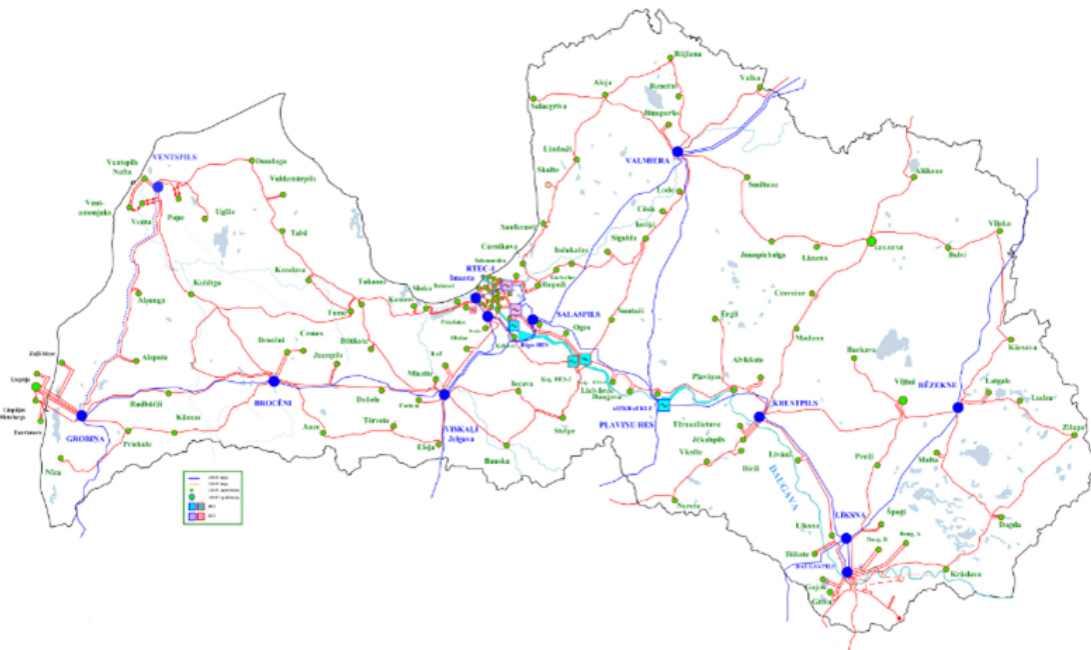
## 2. uzdevums. Pašpārbaudes jautājums

Izpētiet publiski pieejamā vidē Latvijas elektrostacijas! Nosakiet galvenos parametrus!

## 2.3. ELEKTROTĪKLA STRUKTŪRA UN DARBĪBAS PAMATPRINCIPI

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektroenerģētikas pamatprocesi un elektrotehnisko darbu veidi”.

Elektriskais tīkls Latvijā sastāv no vidēja sprieguma (6 kV, 10 kV un 20 kV) elektrotīkliem (sadales elektriskā tīkla) un augstāka sprieguma 110 kV un 330 kV elektrotīkliem (elektropārvades tīkla) (2.10. attēls).



2.10. attēls. Latvijas elektropārvades tīkla shēma

### Elektriskie pārvades tīkli

Pārvades elektrotīkls ir ļoti būtisks elements visā elektroapgādes procesā. Tas nodrošina Latvijas elektroenerģijas sistēmas savienojumus ar kaimiņu sistēmām, kā arī nodrošina elektrostaciju pieslēgumus pie elektropārvades tīkla un elektroapgādi lielpilsētās un lauku reģionos. Šodien Latvijas elektropārvades tīklu veido vairāk nekā 5 500 km 330 kV un 110 kV elektrotīkli, pie kuriem savukārt pieslēgti sadales tīkli, kas saņem elektroenerģiju tālākai patērētāju elektroapgādei. Tāpat elektropārvades tīkls saņem elektroenerģiju no lielajām elektrostacijām (hidroelektrostacijas un siltumstacijas), kas pieslēgtas pie 110 kV un 330 kV elektropārvades tīkla un saražoto elektroenerģiju tālāk nodod pārvades tīklā, piegādā līdz sadales tīkliem vai pārvada kaimiņu elektroenerģijas sistēmās. Galvenokārt šie elektrotīkli ir paredzēti elektroenerģijas jaudas plūsmas nodrošināšanai starp Latvijas reģioniem un kaimiņvalstīm. 330 kV un 110 kV pārvades elektrotīklam pieslēgtas un elektroenerģiju ražo trīs Daugavas kaskādes HES un divas Rīgas TEC. Latvijas elektropārvades tīkli ir savienoti arī ar kaimiņvalstu elektroenerģijas sistēmām, t. i., ar Lietuvas, Igaunijas un Krievijas pārvades elektrotīkliem. 330 kV tīkls nodrošina Latvijas elektroenerģijas sistēmas savienošanu ar kaimiņu elektroenerģijas



sistēmām, elektroenerģijas tirdzniecības darījumu iespējamību starp Latvijas tirgus dalībniekiem un kaimiņu sistēmu dalībniekiem, nodrošina efektīvu elektroenerģijas tirgus funkcionēšanu, kā arī elektroenerģijas tranzītu caur Latvijas elektriskajiem tīkliem. Savukārt 110 kV elektropārvades tīkls ir lokāla mēroga elektrotīkls, kas nodrošina elektroapgādi Latvijas lielajās pilsētās un reģionos. Latvijas 330 kV elektropārvades tīkls ir Baltijas 330 kV elektropārvades tīkla sastāvdaļa, kas savukārt kopā ar Krievijas un Baltkrievijas elektropārvades tīkliem ir savienots tā saucamajā BRELL (ang. *Belarus, Russia, Estonia, Latvia, Lithuania*), un Baltijas elektroenerģijas sistēmas strādā paralēli ar Krievijas un Baltkrievijas elektroenerģijas sistēmu pēc centralizētas energosistēmas vadības standartiem. Līdz 2025. gadam Baltijas valstu elektropārvades tīklus plāno savienot (sinhronizēt) ar kontinentālās Eiropas elektrotīkliem un atvienot (desinhronizēt) no Krievijas un Baltkrievijas elektroenerģijas sistēmas.

Latvijā pārvades elektrotīklus pārvalda un kontrolē Latvijas pārvades sistēmas operators AS "Augstsprieguma tīkls" (AST). AST ir atbildīgs par elektropārvades tīkla ekspluatāciju un vadību, elektroenerģijas tirgus darījumu izpildi, elektroenerģijas sistēmas bilances nodrošināšanu, kā arī elektropārvades tīkla attīstību.

### **Elektriskie sadales tīkli**

Vidēja sprieguma tīklos Latvijā tiek izmantota 6 kV, 10 kV un 20 kV skala, un šāda veida tīkli veido elektriskos sadales tīklus. Sadales tīkls ir Latvijas elektroenerģijas sistēmas būtiska sastāvdaļa, kas saņem elektroenerģiju no elektropārvades tīkliem vai nelieliem elektroenerģijas ražotājiem un nodod to tālāk elektroenerģijas lietotājiem. Elektriskie sadales tīkli nodrošina elektroapgādi tieši klientiem vai klientu grupu elektroietaisēm, elektroenerģijas patērētājiem un maziem elektroenerģijas ražotājiem. Lai elektroenerģiju piegādātu lietotājiem, Latvijā ir izbūvēti sadales tīkli aptuveni 94 000 km garumā, kas caur 110/20/10/6 kV transformatoriem saņem elektroenerģiju no elektropārvades tīkla. Elektrisko sadales tīklu galvenās funkcijas ir elektroenerģijas sadale saskaņā ar klienta pieprasīto elektroenerģijas apjomu. Būtiski, ka sadales sistēmai pieslēgtās elektroietaises jāekspluatē tā, lai neradītu traucējumus pārējām sadales sistēmas elektroietaisēm, darbotos ilgstoši un bez bojājumiem un nodrošinātu elektroenerģijas lietotājus ar elektroenerģiju 24 stundas diennaktī.

Latvijas teritorijā sadales tīklu operatora licence ir piešķirta 11 uzņēmumiem. Lielākais sadales tīklu operators Latvijā ir AS "Sadales tīkls" (ST), kas nodrošina elektroenerģijas sadales pakalpojumu aptuveni 99 % Latvijas teritorijas lietotāju. ST ir AS "Latvenergo" meitas uzņēmums.

ST īpašumā ir vidēja sprieguma (6 kV, 10 kV un 20 kV) barojošās apakšstacijas un tīkla izvietotie sadales punkti, kur sadaļņu galvenie elementi ir kopņu sekcijas, komutācijas un aizsardzības aparāti.

Vairākās sadales tīkla videsprieguma sadalnēs vēl joprojām ekspluatācijā atrodas pagājušā gadsimta otrajā pusē uzstādītās slēgiekārtas, tomēr iekārtas novecošanas dēļ notiek to mērķtiecīga nomaiņa.

Vecās slēgiekārtas apgādātas ar eļļas tipa jaudas slēdžiem, kas ir diezgan nedrošas, tādēļ ekspluatācijas laikā nepieciešama pastiprināta apkalpojošā personāla uzmanība.

Patlaban notiek aktīvi sadaļņu rekonstrukcijas darbi, kuru rezultātā novecojušās sadales iekārtas tiek nomainītas un aizstātas ar efektīvākām un kompaktākām slēgiekārtām. Jaunā tipa slēgiekārtas tiek iedalītas primārajās un sekundārajās slēgiekārtās. Primārās slēgiekārtas tiek uzstādītas 110/6–20 kV apakšstacijās videsprieguma kabeļu komutācijai, bet sekundārās slēgiekārtas tiek izmantotas tīklā esošajos sadales punktos. Primārajām slēgiekārtām noteikti augstāki tehniskie parametri attiecībā uz pieļaujamajām īsslēguma strāvām. Līdz šim sadales tīklos uzstādītas "ABB", "Siemens", "Areva" un "Schneider-Electric" kompaktās slēgiekārtas. Lai atvieglotu iekārtu ekspluatāciju, plānojot rekonstrukcijas darbus, sadales sistēmas operatori ievēro nosacījumu, ka sadales punktā tiek uzstādītas viena ražotāja slēgiekārtas.

Vienlaikus ar sadaļņu rekonstrukcijām notiek aktīvi rekonstrukcijas un modernizācijas darbi arī elektrosadales tīklos, vairākās vietās pārbūvējot gaisvadu līnijas kabeļu izpildījumā, nodrošinot augstākos drošuma standartus.

### **Raksturīgākie darba režīmi videsprieguma sadales tīklos**

Pilsētās ir lielāks slodzes blīvums un lielāks elektroenerģijas patēriņš nekā lauku reģionos, tādēļ pilsētās sadales tīklos izveido divpusēju barošanas shēmu starp vienas apakšstacijas dažādām kopņu sekcijām vai dažādām apakšstacijām ar optimālu loka dalījumu jaudas sateces vietā. Pilsētas tīklu sadales punktus nereti sauc par fīdera punktiem, kuros parasti ir veidotas vidēja sprieguma tīkla dalījuma vietas starp barojošām apakšstacijām. Gandrīz visas apakšstacijas ir ar divpusēju barošanu, un normālā režīmā lietotāji tiek baroti radiālā režīmā ar iespēju (avāriju vai remontu gadījumā) pārslēgt barošanu no citas puses.

Lauku teritorijās sadales tīklā elektroapgādi nodrošina pa 20 kV tīklu maģistrāles līnijām, kas ir slēgtas lokā starp vienas apakšstacijas dažādām kopņu sekcijām vai dažādām apakšstacijām ar dalījuma vietu.

### **3. uzdevums.** Pašpārbaudes jautājumi

1. Kas ir elektropārvades tīkls, un ar kādu sprieguma līmeni tas strādā Latvijā?
2. Kas ir elektrosadales tīkls, un ar kādu sprieguma līmeni tas strādā Latvijā?
3. Lūdzu, nosauciet pārvades sistēmas operatoru Latvijā!
4. Kurš ir lielākais sadales sistēmas operators Latvijā?
5. Kuras elektrostacijas Latvijā ir pieslēgtas pie elektropārvades tīkla?

## 2.4. ELEKTROTĪKLU APAKŠSTACIJAS UN TO NOZĪME TAUTSAIMNIECĪBĀ

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Elektroenerģētikas pamatprocesi un elektrotehnisko darbu veidi” un “Elektroietaišu ekspluatācija”.



### DEFINĪCIJA

*Apakšstacija ir svarīgs elektroenerģijas sistēmas objekts vai mezgls, kas kopējā elektroenerģijas procesā veic dažādas funkcijas, galvenokārt savienojot elektrostacijas, elektropārvades līnijas un elektrosadales līnijas.*

Apakšstacija ir svarīgs elektroenerģijas sistēmas objekts vai mezgls, kas kopējā elektroenerģijas procesā veic dažādas funkcijas, galvenokārt savienojot elektrostacijas, elektropārvades līnijas un elektrosadales līnijas. Atkarībā no elektroapgādes sistēmā izpildāmajām funkcijām izšķir paaugstinošās, pazeminošās, pārveidotāju un citu veidu apakšstacijas. Pamatā Latvijā ir pazeminošās apakšstacijas, kur spriegums tiek samazināts no augstākās pakāpes uz zemāko, lai pēc tam elektroenerģiju pa zemākā sprieguma elektrotīklu piegādātu līdz patērētājiem (lietotājiem), nodrošinot katra patērētāja tehniskās vajadzības.

Vairumam lietotāju vajadzības un prasības ir līdzīgas, jo tās nav saistītas ar speciālām iekārtām, kurām būtu jānodrošina augstāks spriegums un citi kvalitātes radītāji, bet dažiem lietotājiem prasības var būt paaugstinātas, piemēram, piensaimniecībai, kur sprieguma svārstības ir ļoti šaurās robežās, vai, piemēram, rūpnīcām un specifisku preču ražotnēm, kur sprieguma svārstību pieļaujamās robežas atšķiras no citiem lietotājiem. Tādiem lietotājiem ir specifiskas prasības, kas arī tiek atrunātas līgumā ar energoapgādes komersantu. Paaugstinošās apakšstacijas galvenokārt tiek izbūvētas elektrostacijās un ir nepieciešamas, lai saražoto elektroenerģiju nodotu elektriskajā tīklā, pārvadītu uz patēriņu reģioniem un turpmāk caur pazeminošām apakšstacijām piegādātu lietotājiem vai lietotāju grupām.

Apakšstacija ir elektriskā tīkla sastāvdaļa, kas sastāv no sadalnes, pārveidojošām iekārtām, transformatoriem, inženierbūvēm, vadības ēkas transformatoru un elektrisko līniju pievienojumiem, pienākošo un aizejošo līniju ievadkonstrukcijām, releju aizsardzības un vadības ierīcēm.

Apakšstacijās no elektroenerģijas sistēmas saņemtā elektroenerģija ar sprieguma pazemināšanu/palielināšanu tiek transformēta uz vērtību, kas piemērota konkrētām lietotāju grupām, piemēram, rūpniecības un lauksaimniecības rajonu, pilsētu, apdzīvoto vietu, atsevišķu rūpniecības uzņēmumu elektroapgādei vai elektroenerģijas tālākai pārvadei uz citiem objektiem vai apakšstacijām. Sprieguma transformēšanai apakšstacijā, turpmākai ērtākai izmantošanai izmanto transformatoru vai autotransformatoru. Sprieguma līmeņi apakšstacijās ir atkarīgi no rajonā vai reģionā izmantotā elektriskā tīkla un sprieguma. Apakšstacijās reģionā izmantotie elektrisko tīklu spriegumi ietekmē apakšstacijās uzstādīto transformatoru vai autotransformatoru tinumu skaitu. Atkarībā no tā apakšstacijā var būt uzstādīts divtinumu vai trīstinumu transformators.

Transformatoru apakšstacijas daļa divās daļās – paaugstinošās un pazeminošās. Apakšstacijas pārveido un sadala elektrisko enerģiju. Ja apakšstacijā maiņstrāva tiek pārveidota līdzstrāvā, tad šādas apakšstacijas sauc par taisngriežu apakšstacijām.

Elektroietaisi, ar kuru tiek sadalīta elektriskā enerģija pie viena un tā paša sprieguma bez tā transformācijas, sauc par sadales punktu.

Sadalnē elektroenerģija tiek sadalīta viena sprieguma līmenī. Tā parasti sastāv no kopnēm un pievienojumos pieslēgtiem komutācijas, aizsardzības mērmaiņiem un citām ierīcēm. Sadalnē tiek uzstādīti jaudas slēdži, atdalītāji, mērmaiņi, izlādņi, iekārtu vadības skapji.



2.11. attēls. Kompaktās apakšstacijas makets

Apakšstacijās sadalnēs ir uzstādīti vairāki komutācijas aparāti, mērmaiņi vai aizsargaparāti, kur katram jāpilda savā konkrētā funkcija apakšstacijā, lai nodrošinātu elektroapgādes drošuma galveno prasību – nepārtrauktu elektroenerģijas piegādi lietotājiem. Vairāk par apakšstacijā uzstādītajiem komutācijas aparātiem un aizsargierīcēm un to funkcijām ir paskaidrots šī mācību materiāla 5. nodaļā. Apakšstaciju shēmas tiek izstrādātas apakšstacijas projektēšanas gaitā, ievērojot energosistēmas perspektīvo attīstību.

Apakšstacijas shēmu izvēlas pēc šādiem apsvērumiem:

- 1) apakšstacijai jānodrošina paredzētā rajona elektroapgāde;
- 2) apakšstacijā uzstādītiem transformatoriem (autotransformatoriem) ekspluatācijā jānodrošina ilgstoša un stabila darbība;
- 3) apakšstacijas shēmai jānodrošina augstsprieguma elektrolīniju un transformatoru komutācijas iespējas;
- 4) apakšstacijas shēmai jānodrošina iespēja veikt nepieciešamos ekspluatācijas un remontdarbus;
- 5) apakšstacijas shēmai un uzstādītām iekārtām jānodrošina iespējamie darba režīmi, jāiztur īsslēguma, pārsprieguma un pārslodzes gadījumus;
- 6) apakšstacijai jābūt ekonomiski izdevīgai.

### **Apakšstaciju shēmām izvirzītās prasības un drošuma kritēriju nodrošināšana**

Attiecīgs jaudas slēdžu un pievienojumu skaits, kopņu izkārtojums un savstarpējais savienojums veido apakšstacijas galveno shēmu. Galvenā shēma pilda apakšstacijas svarīgākās funkcijas, t. i., veic jaudas transformēšanas funkciju no pārvades uz sadales pusi.

Augstsprieguma apakšstaciju shēmas var būt dažādas atkarībā no konkrētiem izmantošanas apstākļiem, uzdevumiem un to vietas elektroenerģijas sistēmā. Tās var iedalīt divās grupās.

Pirmajā ir apakšstaciju – sadales tīklu barošanas centri. Caur tām plūst nelielas jaudas, kas atbilst mērenām drošuma prasībām.

Otrajā ietilpst elektrostaciju sadalnes un augstāko spriegumu pārvades tīklu apakšstacijas, kurās ir liels pievienojumu, jaudas slēdžu un citu elementu skaits, kas atteikumu gadījumos rada elektroenerģijas sistēmu mēroga avārijas. Lielas jaudas plūsmas, kas plūst caur apakšstacijas elementiem, avāriju gadījumos rada lielus zaudējumus tautsaimniecībai elektroapgādes pārtraukuma dēļ, tieši ietekmējot elektroapgādes procesa drošumu. Tāpēc šāda tipa energoobjekti ir ļoti nozīmīgi sistēmā un drošuma prasības šiem objektiem ir daudz augstākas.

Elektroenerģijas sistēmu struktūra tiek veidota mezglos, kuros koncentrējas tīkla elementu savienojumi sadaļņu veidā. Tās savieno elektriskais tīkls, ko iespaido pērkona negaisi, vētras un cilvēku darbība, kā arī elementu nolietojšanās. Sakrājoties elementu defektiem, notiek iekārtu bojājumi, ko atslēdz aizsardzība. Līdz ar to tie zaudē darbaspēju, ko sauc par atteici.

Apakšstaciju elementu atteikumi parasti izraisa dažādus traucējumus. Traucējumi var būt lokāli vai plašāki. Piemēram, jaudas slēdža atteice var izraisīt ne tikai attiecīgās apakšstacijas blakus pievienojuma atslēgšanos, bet atkarībā no apakšstacijas shēmas un tajā brīdī izmantotā darba režīma arī visas apakšstacijas atslēgšanu vai vēl sliktākā gadījumā – pie nepareizas relejaizsardzības darbības – arī elektroenerģijas sistēmas daļas atslēgšanos vai lietotāju atslēgšanu. Šajā gadījumā sekas ir daudz smagākas.

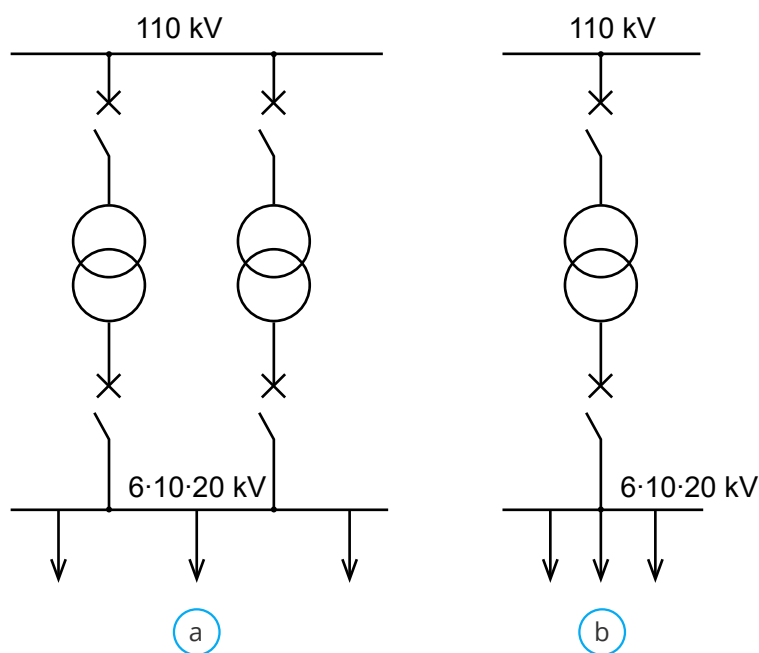
Ja elektroenerģijas sistēmas elementos notiek bojājums, noslogoto līniju atslēgšanās izraisa jaudas plūsmu pārdalīšanos, kas var izraisīt darbā palikušo līniju vai citu elementu pārslodzi. Sarežģījumu gadījumā tas var izraisīt stabilitātes sabrukumu, kas notiek dažu sekunžu vai sekundes desmitdaļu laikā. Šādā veidā situāciju novēršanai tiek izmantota releju aizsardzība vai pretavārijas automātika, kas tiek izmantotas elektropārvades tīklos.

Līdz ar to izšķirošs un noteicošais kritērijs elektriskajos tīklos ir prasība shēmas drošumam. Atbilstoši sadales un pārvades sistēmu operatoru izstrādātājai tehniskai politikai apakšstaciju shēmām tiek izvirzītas tehniskās prasības, ievērojot arī elektroapgādes drošuma kritēriju. Prasības ir atkarīgas no konkrēta reģiona elektroenerģijas patēriņa lieluma, izvietoto lietotāju specifikas, kā arī attīstības tendencēm. Saskaņā ar to lielā mērā drošumu nosaka iespējamās elementu atteikumu

sekas elektroenerģijas sistēmu mērogā. Tās ir atkarīgas no jaudas apjomiem, kas plūst caur apakšstaciju elementiem. Jaudas apjomam atbilst attiecīgais lietotāju un patērētāju skaits, zaudējumi elektroapgādes pārtraukuma dēļ atkarībā no lietotāju tipiem, to blīvumiem un apgādājamās teritorijas. Lielākas drošuma prasības ir augstsprieguma iekārtām un elektropārvades līnijām, jo elektropārvades tīkls ir ļoti nozīmīgs elements visā elektroapgādes procesā, kas savieno Latvijas elektroenerģijas sistēmu ar kaimiņvalstu elektroenerģijas sistēmām.

### Apakšstacijas principiālas shēmas izvēle

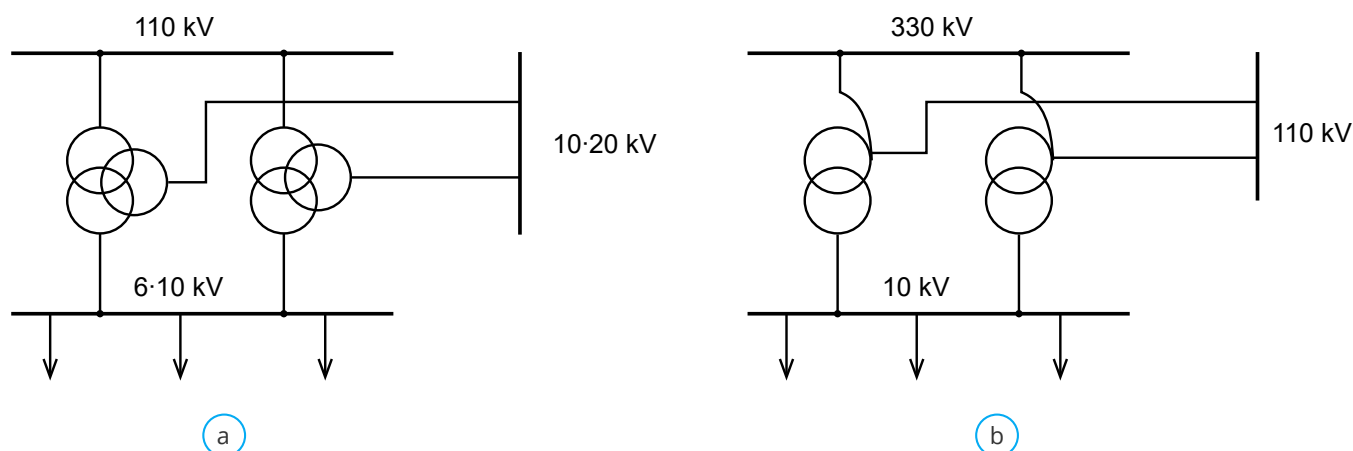
Kā jau bija minēts iepriekš, apakšstacijas pārveido elektroenerģiju, kas tiek saņemta no elektroenerģijas sistēmas, lai nodrošinātu ar elektroenerģiju rūpnieciskos un lauksaimnieciskos rajonus, pilsētas, apdzīvotās vietas un atsevišķos rūpnieciskos objektus. Latvijas elektropārvades sistēmā pārsvarā ir pazeminošās apakšstacijas ar augstāko spriegumu 110 kV vai 330 kV. Elektroenerģija, kas pienāk no augstsprieguma tīkla, var būt transformēta caur divtinumu pazeminošo transformatoru uz sprieguma pusi 6 kV, 10 kV vai 20 kV vai caur pazeminošo trīstinumu transformatoru no 110 kV puses uz 6 kV, 10 kV vai 20 kV un pazeminošo autotransformatoru no 330 kV uz 110 kV pusi un 10 kV pusi. Šobrīd Latvijas elektropārvades sistēmā 330 kV apakšstacijās tiek plaši izmantotas shēmas ar 330/110 kV autotransformatoriem, kur elektroenerģija tiek transformēta no 330 kV uz 110 kV pusi un zemākā sprieguma pusē 10 kV tiek uzstādīti šuntējošie reaktori (ŠR) sprieguma un reaktīvas jaudas regulēšanai. Pazeminošo apakšstaciju shēmu iespējamie varianti parādīti 2.13. attēlā.



2.12. attēls. Apakšstaciju shēmu iespējamie varianti: a – ar diviem transformatoriem; b – ar vienu transformatoru

Atbilstoši pārvades un sadales sistēmas operatoru pieņemtajiem elektroapgādes drošuma kritērijiem, kas atbilst Eiropā vispārpieņemtajiem un atzītajiem (N-1, SAIFI, SAIDI u. c.), gandrīz visās augstsprieguma apakšstacijās Latvijā ir uzstādīti divi transformatori (110 kV gadījumā) vai autotransformatori (330 kV

gadījumā). Izņēmuma gadījumos apakšstacijās var būt uzstādīts viens transformators, ja apakšstacija apgādā lietotājus maznozīmīgos lauku reģionos ar nelielu elektroenerģijas patēriņu. Šajā gadījumā apakšstacijai jānodrošina rezervēšana pa zemāko sprieguma pusi, ja vienīgais transformators atslēgsies.



2.13. attēls. Pazeminošo apakšstacijas shēmu iespējamie varianti: a – ar transformatoru un b – ar autotransformatoru

Transformatora vai autotransformatora nominālo jaudu izvēlas pēc apakšstacijas slodzes grafikiem, kā arī pēc reģiona elektroenerģijas patēriņa attīstības tendencēm. Ja apakšstacijās tiek uzstādīts tikai viens transformators, tā nominālo jaudu izvēlas, ievērojot transformatora spēju strādāt ar sistemātiskām pārslodzēm. Ja apakšstacijā ir paredzēti trīs spriegumi, uzstāda trīstinumu transformatorus (110 kV gadījumā) vai autotransformatorus (330 kV gadījumā), kas ir ekonomiski lietderīgāki salīdzinājumā ar trīstinumu transformatoriem. Pazeminošie autotransformatori ekonomiski vienmēr ir izdevīgāki nekā trīstinumu transformatori, bet to izmantošana ir iespējama tikai tad, ja augstāka un vidēja sprieguma tīkli strādā ar efektīvi saņemto neitrāli. Latvijā elektropārvades sistēma un elektropārvades tīkli tika būvēti iepriekšējā gadsimta 60.–70. gados, kad attīstījās rūpniecība, bija vērojamas tendences elektroenerģijas patēriņa pieaugumam, nodrošinot 330 kV tīkla noslodzi un plūsmas. Pēc PSRS sabrukšanas rūpniecības nozare pakāpeniski izjuka, elektroenerģijas patēriņš strauji samazinājās, samazinoties arī elektropārvades tīkla noslodzei, un nakts minimuma režīmos palielinājās elektropārvades gaisvadu līniju reaktīvās jaudas ģenerēšana tīklā, kas savukārt rada sprieguma palielināšanos apakšstacijās. Lai risinātu šo problēmu, Latvijā 330/110 kV apakšstacijās tiek uzstādīti 330/110/10 kV autotransformatori, kur 10 kV tinums tiek izmantots vienīgi šuntējošo reaktoru pieslēgšanai.



### IEVĒRĪBAI

*Šuntējošais reaktors ir induktivitāte, kas patērē reaktīvo jaudu, vienlaikus samazinot spriegumu mezgla apakšstacijās.*

Šuntējošais reaktors ir induktivitāte, kas patērē reaktīvo jaudu, vienlaikus samazinot spriegumu mezgla apakšstacijās. Savukārt no 330 kV tīkla transformētā enerģija uz 110 kV pusi, tālāk ar divtinumu vai trīstinumu transformatoru palīdzību tiek piegādāta sadales sistēmai no 110 kV uz sprieguma 6 kV, 10 kV vai 20 kV. Šis variants ir dārgāks, bet ir drošāks no elektroapgādes viedokļa un optimāls no sistēm vadības un režīmu vadības viedokļa.

Uzstādot apakšstacijās divus transformatorus un izvēloties tās nominālo jaudu, ņem vērā pēcavārijas pārslodzi, atslēdzoties vienam transformatoram. Apakšstacijas uzstādīto jaudu, ievērojot uzstādīto transformatoru vai autotransformatoru nominālo jaudu, izvēlas aptuveni 0,65–0,7 no summārās apakšstacijas maksimālās aplēses jaudas.

Izvēloties transformatoru, jāievēro, ka, lai ierobežotu īsslēguma strāvas sprieguma pusē 6...10 kV pie  $S_{nomTR} \geq 25$  MVA, var būt izmantoti transformatori ar šķeltiem tinumiem zemākā sprieguma pusē.



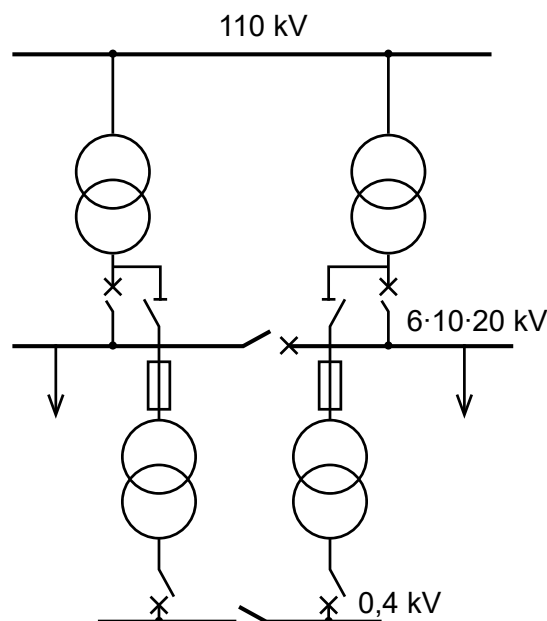
### IEVĒRĪBAI

*Jaudu (elektroenerģiju), ko patērē apakšstacija savas iekārtas vajadzībām (patēriņam), sauc par pašpatēriņu.*

Apakšstacijas pašpatēriņa shēma. Jaudu (elektroenerģiju), ko patērē apakšstacija savas iekārtas vajadzībām (patēriņam), sauc par pašpatēriņu. Apakšstacijas pašpatēriņš tiek nodrošināts no 0,4 kV sprieguma, un drošuma kritēriju nodrošināšanai katrā apakšstacijā tiek uzstādīti divi pašpatēriņa transformatori. Pašpatēriņa transformatorus izvēlas pēc pašpatēriņa pilnas slodzes, ievērojot iespējamo viena pašpatēriņa transformatora atslēgšanos. Pašpatēriņa transformatoru jauda svārstās robežās no dažu desmitu līdz dažu simtu kilovoltampēru.

Apakšstacijās pašpatēriņu nodrošina ar maiņstrāvu un līdzstrāvu. Operatīvo maiņstrāvu (400 V AC) nodrošina caur pašpatēriņa transformatoriem, un tā ir nepieciešama galvenokārt apakšstacijas transformatoru vai autotransformatoru dzesēšanai, kā arī apkurei vai ventilācijai. Operatīvo līdzspriegumu (110 V DC) nodrošina caur invertoriem vai akumulatoru baterijām un izmanto galvenokārt komutācijas aparātu piedziņu barošanai un releju aizsardzības barošanai.

Maiņsprieguma pašpatēriņa transformatorus pievieno galvenā transformatora zemākā sprieguma izvadiem ar atdalītājiem vai slodzes slēdžiem un drošinātājiem (2.14. attēls).



2.14. attēls. Apakšstacijas pašpatēriņa barošanas principiālā shēma



**4. uzdevums.** Pašpārbaudes jautājumi

1. Kas ir apakšstacija?
2. Ko nozīmē pazeminošā apakšstacija?
3. Kur augstsprieguma pazeminošās apakšstacijās Latvijā uzstāda autotransformatoru un kur – transformatoru?
4. Kādiem nolūkiem apakšstacijā uzstāda šuntējošo reaktoru?
5. Kādiem nolūkiem apakšstacijā izmanto pašpatēriņu?

**2.5. APLĒSES SLODZE UN SLODZES GRAFIKI**

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Pārvades un sadales tīklu tehniskā ekspluatācija un darbu organizēšana”, “Spēka un apgaismes elektrotīklu ierīkošana” un “Elektroietaišu ekspluatācija”.

Aplēses slodze un slodzes grafiki nepieciešami transformatoru (autotransformatoru) un agregātu jaudas un skaita izvēlei apakšstacijās un elektrostacijās, strāvu vadošo daļu šķērsriezuma noteikšanai un jaudas un elektroenerģijas zudumu aprēķinam.

Aplēses (maksimālā) slodze ir vislielākā vidējā slodze 30 minūšu laika intervālā, kas sagaidāma iekārtas attīstības aplēses termiņa beigās. Aplēses termiņu var noteikt 5–20 gadu robežās. Slodzes izmaiņas laika intervālā tiek raksturotas ar slodzes grafiku. Visbiežāk praksē izmanto stilizētos diennakts slodzes grafikus (ziemas un vasaras diennakts slodzes grafikus) un gada slodzes grafikus. Stilizētie slodzes grafiki ir balstīti uz iepriekšējo gadu statistiku dažādiem slodzes tiptiem, galvenokārt komunālai, rūpnieciskai un lauksaimnieciskai slodzei. Aplēses slodžu noteikšana un slodzes grafiku konstruēšana praksē notiek ar dažādām metodēm atkarībā no uzdevuma detalizēšanas pakāpes un apskatāmo energomezglu lielumiem.

Mācību materiālos un kursa projektu sagatavošanas procesos, kad nav informācijas par konkrēto patērētāju un tā darba režīmiem, slodzes grafikus nosaka vienkāršoti – pēc atsevišķo patērētāju grupu raksturojošiem stilizētiem slodzes grafikiem (piemēru sk. 2.1. tabulā).

2.1. tabula

**Stilizētie diennakts slodzes grafiki dažādiem slodzes tiptiem**

Stundas	Komunāla slodze		Rūpniecības slodze		Lauksaimniecības slodze	
	Ziema %	Vasara %	Ziema %	Vasara %	Ziema %	Vasara %
0–5	25	20	10	10	20	15
5–6	25	20	10	10	40	30

Stundas	Komunāla slodze		Rūpniecības slodze		Lauksaimniecības slodze	
	Ziema %	Vasara %	Ziema %	Vasara %	Ziema %	Vasara %
6–8	55	45	10	10	70	40
8–10	55	30	100	80	70	40
10–12	35	30	100	80	40	40
12–13	35	30	50	40	40	40
13–17	60	50	100	80	40	40
17–19	100	50	10	10	100	40
19–21	95	50	10	10	85	40
21–24	70	70	10	10	50	70

Atsevišķo patērētāju grupu ziemas un vasaras diennakts slodzes grafikus nosaka pēc maksimālās slodzes un šo grupu tipveida grafikiem. Slodzi katra diennakts intervālā ( $P_i$ ) nosaka:

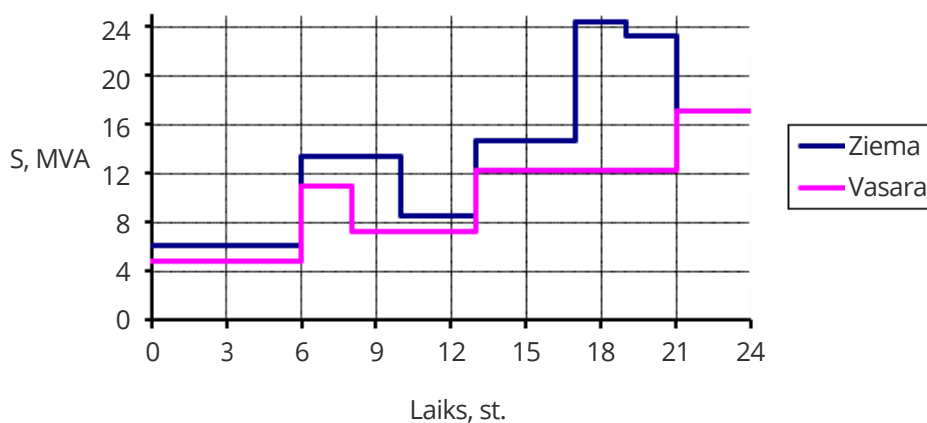
$$P_i = p_i \% \cdot P_{gr. max} , \quad (2.3.)$$

kur

$p_i$  – patērētāju grupas slodze no tipveida grafika (%);

$P_{gr. max}$  – grupas maksimāla slodze (kW vai MW).

Piemēram, komunālās slodzes ziemas un vasaras grafiks pie apakšstacijas maksimālās slodzes 22 MW parādīts 2.15. attēlā.



2.15. attēls. Komunālās slodzes ziemas un vasaras slodzes grafiks

Projektējama mezgla ziemas un vasaras diennakts slodzes grafikus nosaka, summējot atsevišķo patērētāju grupu slodzes grafikus. Slodzes grafiku raksturojošos parametrus visērtāk ir aprēķināt tabulā (2.2. tabula).

2.2. tabula

Slodzes grafika raksturojošie parametri

Laiks	Slodzes tips		Summārā slodze		Intervāls	Nodota elektroenerģija
	%	$P$ , MW	$P_{i\Sigma}$ , MW	$S_{i\Sigma}$ , MVA	$\Delta t$ , h	$A_i$ , MW*h
0-5						
5-6						
.....						
19-21						
21-24						
Kopā						

2.2. tabulā nosaka arī nodoto elektroenerģiju katra laika intervālā  $\Delta t$ :

$$A_i = P_{i\Sigma} \cdot \Delta t , \quad (2.4.)$$

kur

$A_i$  – nodotā elektroenerģija laika intervālā  $i$  (kWh);

$P_{i\Sigma}$  – summārā aktīva jauda laika intervālā  $i$  (kW);

$\Delta t$  – laika intervāls (h).

Un par diennakti:

$$A_{dien} = \sum A_i , \quad (2.5.)$$

kur

$A_{dien}$  – diennakts laikā nodotā elektroenerģija (kWh);

$\sum A_i$  – summārā diennakts nodotā elektroenerģija (kWh).

Pēc 2.2. tabulas tiek konstruēti ziemas un vasaras aktīvas un pilnas jaudas slodzes grafiki, pieņemot jaudas koeficienta  $\cos\varphi$  vidējās vērtības  $0,88 \div 0,89$  spriegumam 6–10 kV un vidējās vērtības  $0,85 \div 0,89$  spriegumam 20–110 kV.

No diennakts slodžu grafikiem tiek noteikts:

Katra diennakts grafika maksimālā slodze  $P_{max}$ . Vislielākā no tām (parasti ziemas diennakts grafiks) ir projektējamā energomezgla aplēses slodze ( $P_{apl}$ ).

Vidējās diennakts slodzes ziemā un vasarā tiek aprēķinātas pēc formulas:

$$P_{vid} = \frac{A_{dien}}{24}, \quad (2.6.)$$

kur  $P_{vid}$  – vidējā diennakts slodze ziemā un vasarā.

Slodzes koeficientus (diennakts grafika aizpildīšanas koeficienti) aprēķina pēc formulas:

$$K_{sl} = \frac{P_{vid}}{P_{max}}, \quad (2.7.)$$

kur  $P_{max}$  – maksimālā diennakts slodze.

Maksimālas slodzes izmantošanas ilgumu aprēķina pēc formulas:

$$T_{max} = \frac{A_{gada}}{P_{apl}}, \quad (2.8.)$$

kur  $A_{gada}$  – gada laikā nodotā elektroenerģija (pieņemts, ka ziemas perioda ilgums ir 210 diennaktis, bet vasaras – 155 diennaktis):

$$A_{gada} = A_{vid. ziema} \cdot 210 + A_{vid. vasara} \cdot 155 \quad (2.9.)$$

$P_{apl}$  – diennakts aplēses slodze konkrētām patērētāju tipam.

Balstoties uz aplēses diennakts slodzes vērtību  $S_{apl}$  un maksimālo diennakts slodzi  $S_{max}$ , tiek aprēķināta iespējamā transformatora nominālā jauda pēc formulas:

$$S_{TRnom} \approx 0,65 \div 0,7 \cdot S_{max} \quad (2.10.)$$

**5. uzdevums.** Pašpārbaudes jautājumi

1. Kādiem nolūkiem ir nepieciešama aplēses slodze un slodzes grafiki?
2. Kas ir aplēses slodze?
3. Kādus slodzes grafikus visbiežāk izmanto praksē?
4. Kādiem slodžu tiptiem visbiežāk izmanto slodzes grafikus?
5. Kādas vērtības tiek noteiktas no slodzes grafikiem?

## 2.6. ELEKTROENERĢIJAS SISTĒMAS KVALITĀTES, DROŠUMA, ILGTSPĒJAS NODROŠINĀŠANAI IZVIRZĀMĀS PRASĪBAS, TO ATBILSTĪBA NORMATĪVAJIEM DOKUMENTIEM

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem "Pārvades un sadales tīklu tehniskā ekspluatācija un darbu organizēšana" un "Spēka un apgaismes elektrotīklu ierīkošana".

**BŪTISKI**

*Elektroenerģijas sistēmas galvenais uzdevums ir nodrošināt nepārtrauktu elektroapgādi lietotājiem.*

Elektroenerģijas sistēmas galvenais uzdevums ir nodrošināt nepārtrauktu elektroapgādi lietotājiem. Elektroenerģijas sistēma sastāv no vairākiem elementiem (elektroenerģijas ražotāji, elektriskie pārvades tīkli, elektriskie sadales tīkli un elektroenerģijas lietotāji), un katram ir sava funkcija un loma kopējā elektroapgādes procesā. Elektriskais pārvades tīkls un sadales tīkls ir ļoti svarīgi posmi elektroapgādes procesā, līdz ar to, balstoties uz elektroenerģijas patērētāju vajadzībām, visās elektroenerģijas sistēmas elementiem tiek izvirzītas vairākas kopīgas prasības: ekonomiskais izdevīgums, darbības drošums, noteiktas kvalitātes elektroenerģijas nodrošināšana.

Savukārt elektroenerģijas sistēmas dalībnieku darbības, vadības, attīstības un ekspluatācijas pamatprincipi tiek regulēti saskaņā ar Eiropas un Latvijas likumdošanas prasībām un normatīviem dokumentiem.

**Elektroenerģijas sistēmai izvirzītās prasības**

Elektroenerģijas sistēmai un visiem elementiem jābūt ekonomiski izdevīgiem. Tas tiek iestrādāts jau elementu projektēšanas stadijā, ņemot vērā elektriskās sistēmas attīstības iespējas, ievērojot elektroenerģijas patēriņa attīstības scenārijus un vietas, optimizējot investīcijas un izvēloties labākos variantus. Tā kā būvniecības ieguldījumi ir lieli, paredzamajam ekspluatācijas laikam arī jābūt pietiekami ilgam atkarībā no iekārtas (dažām iekārtām – līdz pat 50 gadiem). Laika gaitā iekārta morāli un fiziski noveco, līdz ar to laicīgi jāparedz iekārtas atjaunošanas un modernizācijas pasākumi,

palielinot elektriskā tīkla caurlaides spēju un elektroapgādes drošumu. Šajā gadījumā tiek veikta izmaksu un ieguvumu analīze – tiek izanalizēta sistēmas pilnā aina, ņemti vērā kapitālieguldījumi, ekspluatācijas un remonta izmaksas, iespējamie zaudējumi un zudumi un citi faktori, kas elektroenerģijas sistēmā ietekmē elektroenerģijas gala cenu, ar mērķi maksimāli to samazināt.



### IEVĒRĪBAI

*Elektroenerģijas sistēmas drošums ir tās spēja pildīt savas funkcijas noteiktā laika periodā un darba apstākļos, galvenokārt patērētājiem nodrošināt nepārtrauktu elektroapgādi ar prasītas (normatīvas) kvalitātes elektroenerģiju, ko nosaka energoapgādes noteiktie standarti.*

Elektroenerģijas sistēmai jābūt pietiekami drošai. Elektroenerģijas sistēmas drošums ir tās spēja pildīt savas funkcijas noteiktā laika periodā un darba apstākļos, galvenokārt patērētājiem nodrošināt nepārtrauktu elektroapgādi ar prasītas (normatīvas) kvalitātes elektroenerģiju, ko nosaka energoapgādes noteiktie standarti.

Elektroenerģijas sistēmas drošumu raksturo ģenerācijas sistēmas, pārvades tīkla un sadales tīkla drošums. Ģenerācijas sistēmas drošums ir elektrostaciju spēja uzturēt nepieciešamo jaudas bilanci pie frekvences normatīvajām vērtībām. Elektroenerģiju uzkrāt lielos apmēros nav iespējams, tādēļ gan elektroenerģijas ražošana, gan patēriņš ir savstarpēji cieši saistīti.

Elektroenerģijas sistēmas galvenās funkcijas ir saistītas ar līdzsvara nodrošināšanu starp elektroenerģijas ražošanu un patēriņu turpmākai bilances nodrošināšanai un frekvences regulēšanai. Lai regulētu frekvenci, sistēmas operatori veic elektroenerģijas bilances prognozi, balstoties uz plānotiem elektroenerģijas ražošanas apjomiem un paredzamo elektroenerģijas patēriņu, kā arī elektriskā tīkla stāvokli konkrētā laika momentā.

Pārvades tīkla drošums ir tīkla spēja nepārtraukti un stabili pārvadīt jaudu no energosistēmas daļām ar pārpalikumu uz energosistēmas daļām ar deficītu. Savukārt sadales tīkla drošums ir sadales tīkla spēja uzturēt slodzes mezglu (atsevišķo patērētāju vai to grupu) nepārtraukto barošanu. Galvenais elektroenerģijas sistēmas drošuma uzdevums ir nepārtraukta elektroapgāde lietotājiem. Lai to izpildītu, ir svarīgi ne tikai veikt pasākumus drošai elektroapgādei konkrētajā laikā, bet arī prognozēt elektropārvades tīkla darbību uz priekšu, ņemot vērā iespējamus elektriskā tīkla atslēgumus un elektroenerģijas sistēmas spēju tos izturēt, nesamazinot drošuma līmeni elektroenerģijas sistēmā. Šo kritēriju sauc par N-1 drošuma kritēriju, un tas paredz elektroenerģijas sistēmas darbības plānošanu, ievērojot "vismagākā" elementa atslēgumu. Tāpēc elektroenerģijas sistēmā tiek veikta īstermiņa prognoze, kas paredzēta diennakts režīmu koordinēšanai un vadībai, un ilgtermiņa prognoze, kas paredzēta nepieciešamo ražošanas jaudu un elektroenerģijas patēriņa attīstībai, kā arī elektriskā tīkla attīstībai 10 gadu periodam. Visā elektroenerģijas sistēmas elektroapgādes drošuma procesā ļoti liela nozīme ir katra atsevišķa elementa (piemēram, ģenerators, transformators, jaudas slēdža, atdalītāja, slodzes slēdža, elektrolīnijai un cita) drošumam.

Pie elektroenerģijas sistēmas prasībām izvirza arī noteiktas kvalitātes elektroenerģijas prasības. Elektroenerģijas sistēmas kvalitātes rādītāji ir šādi [16]:

- 1) sprieguma novirzes (novirzes norma ir  $\pm 10\%$ );
- 2) sprieguma svārstības (mirgošana) – sprieguma novirzes izmaiņas ātrums laika vienībā, kas ir lielāks par  $1\%$  sekundē;
- 3) frekvences novirze (normētais lielums ir  $\pm 0,1$  Hz);
- 4) frekvences svārstības (nedrīkst pārsniegt robežu  $0,4\%$  sekundē jeb  $0,2$  Hz);
- 5) trīsfāžu sprieguma nesimetrija (ko rada patērētāju nevienmērīga vienfāzes slodze);
- 6) strāvas un sprieguma nesinusoidalitāte (ko rada energosistēmā esošie nelineārie elementi (transformatoru serdeņi) un pusvadītāju elementi pie patērētāja (datori, regulējamie tiristoru taisngrieži un pārveidotāji)).

Lai elektroenerģijas patērētāji varētu strādāt ar vislielāko ekonomisko efektu, visi elektriskie aparāti un iekārtas atbilst noteiktiem standartiem. Līdz ar to arī elektroenerģijas sistēmā pārvadītajai elektroenerģijai ir jāatbilst noteiktiem kvalitātes rādītājiem. Tomēr reālos elektriskajos tīklos rodas novirzes, kas pasliktina elektroenerģijas patērētāju iekārtu darbību. Tā kā tehniski tas rada ekonomiskus zaudējumus, novirzes no ideālajiem rādītājiem ir jāierobežo. Pieļaujamo noviržu normas tiek fiksētas elektroenerģijas kvalitātes valsts standartos, un tās tiek noteiktas visās valstīs. Latvijā noviržu normas ir definētas MK noteikumos “Par publisko elektroapgādes tīklu sprieguma prasībām”. Laika gaitā šie normatīvi var mainīties, jo attīstās gan elektriskie tīkli, gan elektroenerģijas patērētāju iekārtas, gan elektroenerģijas ražotāju iekārtas. Tas nozīmē, ka normatīvi tiek piemēroti reālajiem apstākļiem, ņemot vērā gan ekspluatācijas pieredzi, gan elektroenerģijas sistēmas attīstības pieredzi.

### **Atbilstība normatīvajiem dokumentiem**

Veicot elektroenerģijas ražotāju, pārvades vai sadales tīklu, vadību, attīstību un ekspluatāciju, uzņēmumi vadās pēc Eiropas Savienībā izdoto regulu un direktīvu, Latvijas Republikā spēkā esošo likumu un Ministru kabineta izdoto noteikumu prasībām, ievērojot šādu hierarhiju:

- 1) Eiropas Savienības izdotās regulas;
- 2) Eiropas Savienības izdotās direktīvas;
- 3) Latvijas Republikas pieņemtie likumi;
- 4) Latvijas Republikas Ministru kabineta (MK) noteikumi;
- 5) Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijas (SPRK) noteikumi;
- 6) iekšējie elektroenerģijas sistēmas komersantu apstiprinātie rīkojumi un kārtības.

Latvijā energoapgādes komersantu un citu energoapgādes objektu ekspluatācijas kontroli atbilstoši enerģētikas nozares normatīvajiem aktiem veic Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisija (SPRK), kas izdod energoapgādes uzņēmumu darbību regulējošus dokumentus konkrētās sfērās, piemēram,

tīkla kodeksu un noteikumus elektroenerģijas ražotāju un lietotāju pieslēgšanai sistēmai. Piemēram, pārvades un sadales sistēmu operatoriem, kas galvenokārt ir atbildīgie par drošu elektroapgādi, svarīgākie tiesību akti ir Enerģētikas likums, Elektroenerģijas tirgus likums, Aizsargjoslu likums un Būvniecības likums. Pārvades un sadales tīkla ikdienas darbā svarīgākie Ministru kabineta noteikumi ir Noteikumi par ārējo inženierkomunikāciju izvietojumu pilsētās, ciemos un lauku teritorijās, Elektroenerģijas tirdzniecības un lietošanas noteikumi, Elektroenerģijas pārvades un sadales būvju būvniecības kārtība. Pēdējo gadu laikā strauji attīstās izkliedētā ģenerācija sadales tīklos, ko pamatā veido elektrostacijas, kas ražo enerģiju no atjaunīgajiem energoresursiem, tāpēc arvien nozīmīgāku lomu sistēmas operatoru un citu energouzņēmumu darbībā ieņem MK noteikumi, kas regulē tarifu noteikšanas kārtību, ražojot elektroenerģiju šādās elektrostacijās.

Lai reāli uzbūvētu elektroietaisi, gan projektu izstrādē, gan iekārtu montāžā jāvadās no standartu un instrukciju precīzām tehniskām prasībām. Standartu lietošana ir brīvprātīga, tomēr, ja uz kādu konkrētu standartu tiek izdarīta tieša atsauce MK noteikumos vai uzņēmumā standarts apstiprināts ar rīkojumu, šī standarta lietošana kļūst par obligātu nosacījumu. Šodien pārvades sistēmas (AST) un sadales sistēmas (ST) operatori savā darbībā vadās pēc starptautiskajiem ISO, IEC, HD, LVS EN un LEK standartiem, kas palīdz uzturēt atbilstošu elektroietaišu kvalitāti. Koncernā "Latvenergo" par obligāti izmantojamiem jau vēsturiski ir noteikti Latvijas Elektrotehniskās komisijas (LEK) izdotie standarti. Latvijas nacionālos standartus (LVS) izdod un publicē SIA "Standartizācijas, akreditācijas un metroloģijas centrs" Standartizācijas birojs, pārstāv Latviju arī Eiropas un starptautiskajās standartizācijas organizācijās. Pēdējos gados LVS piemēro praksi nacionālā statusā bez pārveidojumiem ar pirmās lapas tulkojumu latviešu valodā pārņemt Eiropas standartus (EN, HD), kurus savā darbībā izmanto arī Latvijas energouzņēmumi. Eiropā darbojas trīs standartizācijas organizācijas: CEN, CENELEC un ETSI. Visvairāk nozaru pārstāv CEN un CENELEC, kas izstrādā elektrotehnikas nozares standartus, savukārt ETSI izstrādā telekomunikāciju nozares standartus. Standartu izstrādes gaitā jebkura standartizācijas organizācijas dalībvalsts (tostarp Latvija) var pievienot savus komentārus un ierosinājumus, kā arī piedalīties balsojumos par standartu apstiprināšanu. Pasaules līmenī elektrotehnikas nozares standartus izstrādā IEC. Produkcijas atbilstība starptautiskajiem standartiem ir kā kvalitātes zīme, kas arī Latvijas pārvades sadales tīklu uzņēmumiem dod pārliecību, ka iekārta būs droša personālam, savietojama ar citām tīkla elektroiekārtām un neradīs traucējumus elektrotīklos. Visi Eiropas standarti tiek pārskatīti ne vēlāk kā piecus gadus pēc to izdošanas, jo mainās tehniskās attīstības līmenis un standartam vienmēr jāietver aktuālākā informācija. Šī iemesla dēļ arī elektroapgādes uzņēmumiem regulāri jāseko līdzi izmaiņām, lai vienmēr vadītos pēc aktuālākās standartu redakcijas.

### 6. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi

1. Kādi ir elektroenerģijas sistēmas kvalitātes rādītāji?
2. Kā sauc vienu no galvenajiem drošuma kritērijiem?
3. Kāda ir galvenā atbildības sfēra pārvades un sadales operatoriem?



4. Kādi Latvijas un Eiropas normatīvie dokumenti reglamentē elektroenerģijas sistēmas dalībnieku darbību?
5. Kādas standartizācijas organizācijas darbojas Eiropā?
6. Pēc kādiem standartiem mūsdienās strādā pārvades un sistēmas operatori?

## 2.7. ELEKTROTĪKLU NEITRĀĻU DARBA REŽĪMI

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Elektrotīklu izbūve un darba organizēšana” un “Elektroietaišu ekspluatācija”.

Spriegumu vektoru diagrammā neitrāle ir fāžu spriegumu simetriskās zvaigznes nullpunkts, kura potenciāls pret zemi normālā tīkla režīmā ir tuvs nullei. Trīsfāžu elektroiekārtām (transformatoriem, ģeneratoriem) ar zvaigznes vai citiem slēgumiem neitrāle ir kopīgs punkts – neitrālpunkts. To dēvē par fizisko neitrāli.

Ar tīkla neitrāles darba režīmu saprot neitrālpunkta zemēšanas veidu.

Augstsprieguma tīklos (110 kV un 330 kV), lai novērstu bīstamību cilvēkiem (arī dzīvniekiem), zemesslēguma režīms ļoti lielu īsslēguma strāvu dēļ nav pieļaujams, tāpēc šādi tīkli strādā ar cieši zemētu neitrāli.

Ilgstoša zemesslēguma režīmi ir atļauti vīdsprieguma tīklos, lai atkarībā no neitrāles kompensēšanas veida nodrošinātu elektroapgādi arī zemesslēguma gadījumos.

Normālā darba režīmā tīkli ar dažādiem neitrāles darba režīmiem neatšķiras, atšķirība rodas vienfāzes zemesslēguma gadījumā.

Neitrāles darba režīms un pieņemtā zemesslēguma atslēgšanas koncepcija būtiski ietekmē zemesslēguma procesa norisi un šādus elektrotīkla tehniskos un ekonomiskos rādītājus:

- 1) elektrodrošība un ugunsdrošība;
- 2) lietotāju elektroapgādes drošums;
- 3) prasības personālam un elektroiekārtām zemesslēguma gadījumā;
- 4) zemējuma kontūra pieļaujamā pretestība;
- 5) veic metāloksīda izlādņa (bez dzirksteļspraugām) izvēli pārsprieguma aizsardzībai;
- 6) zemesslēguma procesa norise (bojājums pašlikvidējas, rodas intermitējošs vai stacionārs loks, rodas metālisks zemesslēgums u. c.);
- 7) zemesslēguma pārejas procesa pārspriegumu varbūtība un lielums;

- 8) iespējamo bojājumu attīstības gaita (zemesslēguma iespaidā rodas vai nerodas starpfāžu īsslēgums vai divkāršs zemesslēgums);
- 9) neitrāles darba zemējuma izveidojumu tīkla zemējuma kontūru pretestības normas un izmaksas;
- 10) zemesslēguma meklēšanas paņēmieni līnijas bojātajā posmā.

Neitrāles darba režīma izvēli iespaido šādi sadales tīkla parametri:

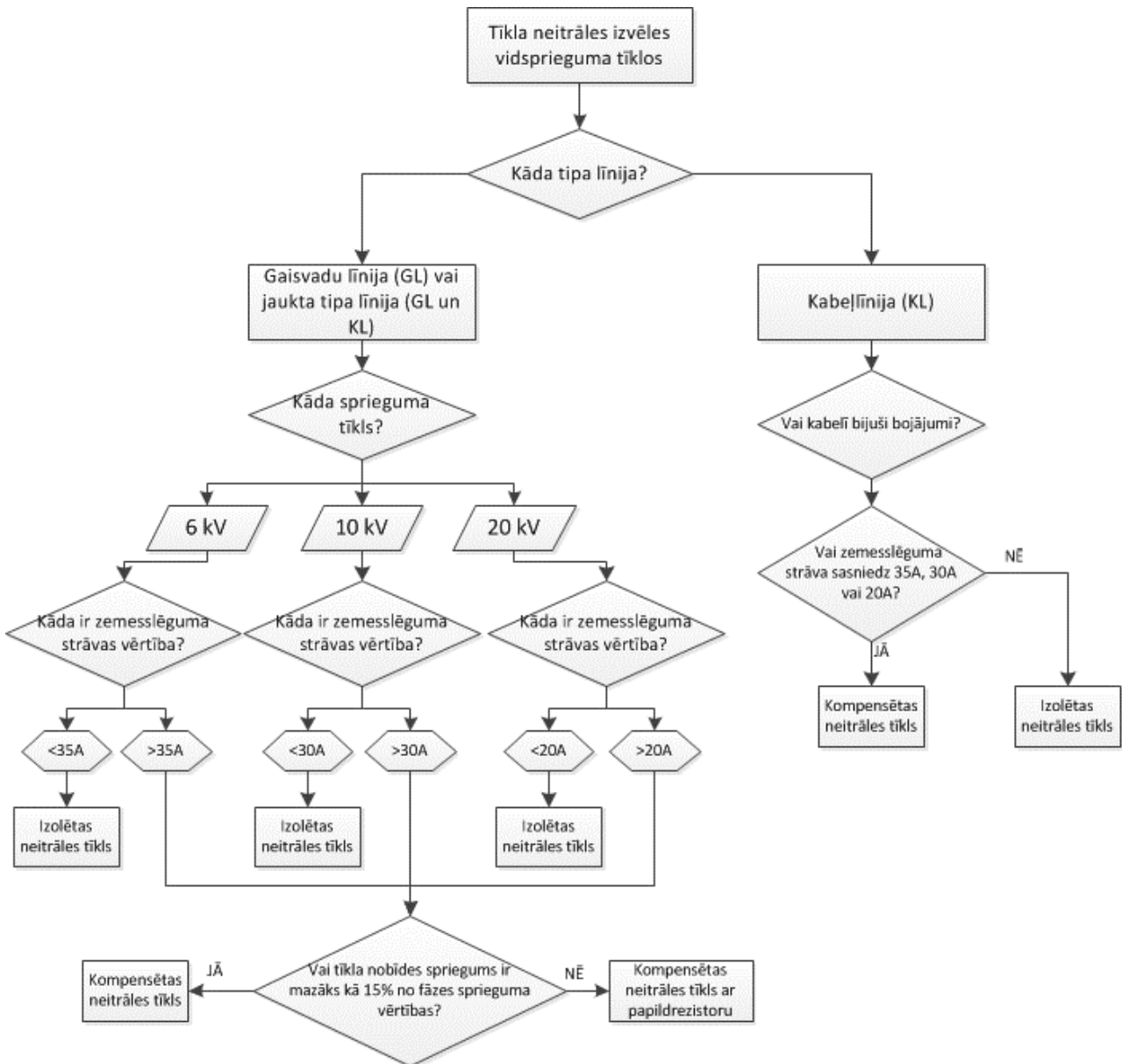
- 1) tīkla konfigurācija un līniju garums, t. i., kapacitatīvo zemesslēguma strāvu vērtība;
- 2) tīkla struktūra. Gaisvadu līnijās liela daļa zemesslēgumu ir pārejoši un izolācija bojājuma vietā atjaunojas pēc bojājuma atslēgšanas vai loka nodzišanas lokdzēses zemētājreaktora ietekmē. Kabeļu līnijās izolācija pēc bojājuma neatjaunojas;
- 3) tīkla izolācijas līmenis, tā izturība pret zemesslēguma pārejas procesa radītu pārspriegumu;
- 4) zemesslēguma releju aizsardzības shēmas izveide, kas ļauj automātiski atslēgt zemesslēgumu, AAI ierīču esamība gaisvadu līnijām, kas aizvieto lokdzēses zemētājreaktorus pārejošu zemesslēgumu likvidēšanā;
- 5) tīkla elementu īpatnības, piemēram, zemesslēgums kabeļa alumīnija dzīslai uz alumīnija apvalku notiek ar intermitējošu loku un pārspriegumu, bet kabelī ar vara dzīslām bojājuma vieta sametinās, t. i., rodas metālisks zemesslēgums;
- 6) normatīvie dokumenti par pieskarsprieguma normām un to atkarība no iedarbes ilguma.

Zemesslēguma aizsardzība nostrādā, pamatojoties uz nullsecības strāvas izmaiņām attiecībā pret nullsecības sprieguma izmaiņām līnijās zemesslēguma laikā.

Zemesslēguma strāvai jābūt kompensētai, ja tā pārsniedz šādus lielumus:

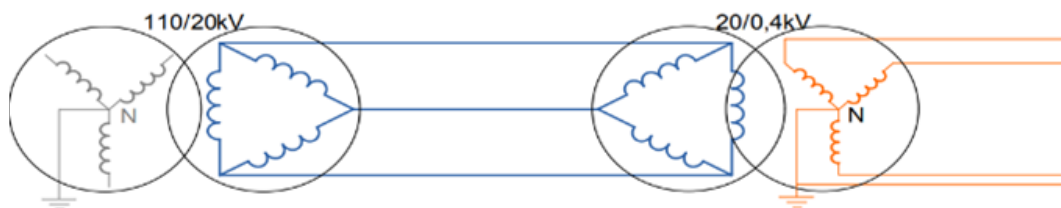
- 1) 30 A (6 kV tīklā);
- 2) 25 A (10 kV tīklā);
- 3) 20 A (20 kV tīklā).

Vidējā sprieguma tīklos tīklos ar gaisvadu līnijām dzelzsbetona balstos zemesslēguma strāvai jābūt kompensētai, ja tā pārsniedz 10 A.



2.16. attēls. Izolētas neitrāles tīkls

Izolētas neitrāles tīklam (2.16. attēls) nav fiziska vidējā sprieguma neitrāles savienojuma ar zemi, bet ir elektriskais nullpunkts. Sistēma šādā slēgumā ir savienota ar zemi caur fāze–zeme kapacitātēm un bojājuma gadījumā, ņemot vērā sprieguma līmeni, ir spējīga ilgstoši – līdz astoņām stundām – palikt darbā pie mazām zemesslēguma strāvām, ņemot vērā sprieguma līmeni. Zemesslēguma aizsardzība nostrādā, pamatojoties uz nullsecības strāvas izmaiņām attiecībā pret nullsecības sprieguma izmaiņām līnijās zemesslēguma laikā.



2.17. attēls. Izolētas neitrāles tīkls

Elektriskie tīkli ar 6 kV, 10 kV, 20 kV, (35) kV nominālo spriegumu parasti strādā ar izolētu vai kompensētu neitrāli. Vienfāzes īsslēguma (zemesslēguma) gadījumā vidējā sprieguma tīklos (6 kV, 10 kV, 20 kV) ar izolētu neitrāli strāvas lielumu nosaka kā fāžu daļējās kapacitātes  $C_0$  attiecībā pret zemi.

Katras fāzes kapacitāte sastāv no daļējām kapacitātēm attiecībā pret zemi ( $C_0$ ) un starpfāžu kapacitātēm ( $C_m$ ), ko aprēķina pēc formulas:

$$C_f = C_0 + 3 \cdot C_m, \quad (2.11.)$$

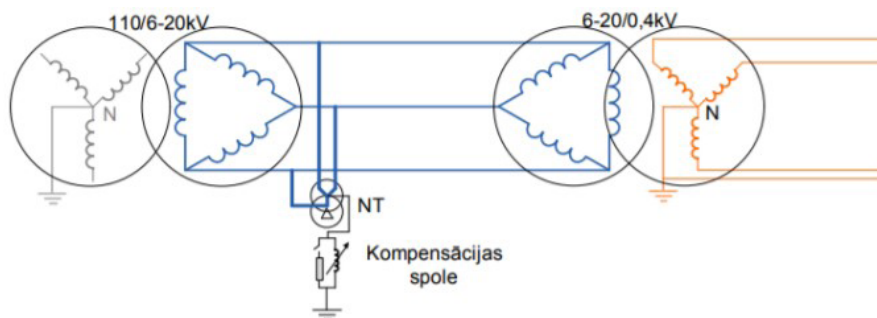
kur

$C_0$  – daļēja kapacitāte attiecībā pret zemi (F);

$C_m$  – starpfāžu kapacitāte (F).

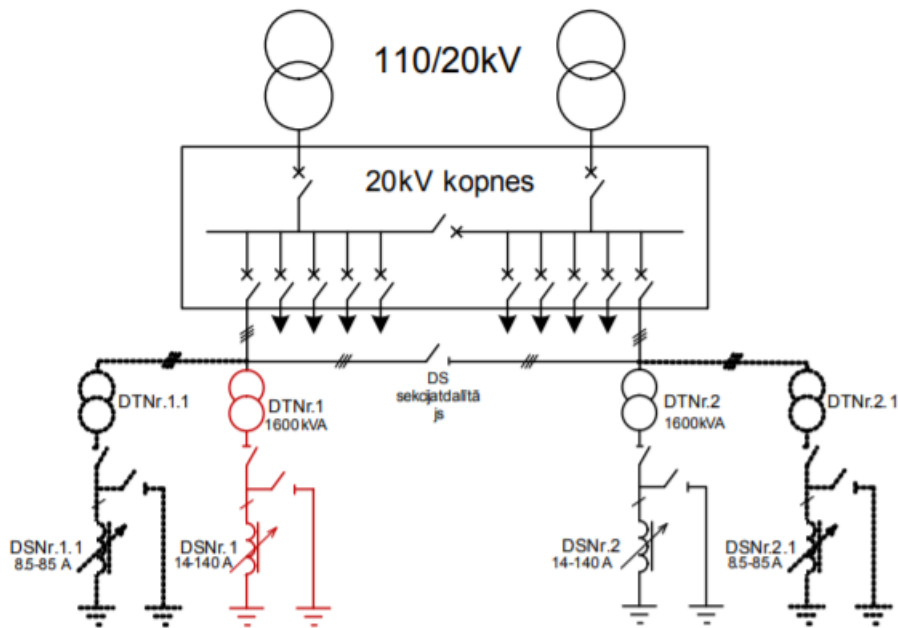
Zemesslēguma strāvas lielums ir atkarīgs no tīkla sprieguma, vidējā sprieguma tīkla konstruktīvā izveidojuma un pieslēgtā tīkla garuma. Notiekot zemesslēgumam C fāzē,  $U_C = 0$ , divās pārējās fāzēs spriegums palielinās  $\sqrt{3}$  reizes.

Kompensētas neitrāles tīklam, kurš redzams 2.18. attēlā, neitrāle zemēta caur transformatoru ar tinumu slēguma shēmu “zvaigzne-trīsstūris” ar tai pieslēgtu augstas induktivitātes lokdzēses zemētājreaktoru. Lai veidotu aktīvo komponenti zemesslēguma strāvā relejaizsardzības darbības nodrošināšanai, lokdzēses zemētājreaktoram parasti paralēli pieslēdz rezistoru.



2.18. attēls. Kompensētas neitrāles tīkls

Lokdzēses zemētājreaktorus uzstāda apakšstacijās, pieslēdzot tos pie neitrāles transformatora (NT) nullvada izvada, reaktora komutācijai paredzot atdalītāju. Zemēšanas transformatoru aizsardzība ar kūstošajiem drošinātājiem nav pieļaujama. 2.19. attēlā redzama lokdzēses zemētājreaktora pieslēguma tipveida shēma, kurā ar sarkanu krāsu iezīmētā shēmas daļa redzama dabā uzņemtajā 2.20. attēlā.



2.19. attēls. Zemesslēguma strāvu kompensējošā lokdzēses zemētājreaktora tipveida pieslēguma shēma 110/6–20 kV apakšstacijā



2.20. attēls. Zemesslēguma strāvu kompensējošā lokdzēses zemētājreaktora pieslēguma shēma 110/6–20 kV apakšstacijā dabā: 1 – neitrāles transformators; 2 – zemesslēguma strāvu kompensējošais lokdzēses zemētājreaktors; 3 – zemētājreaktora automātika

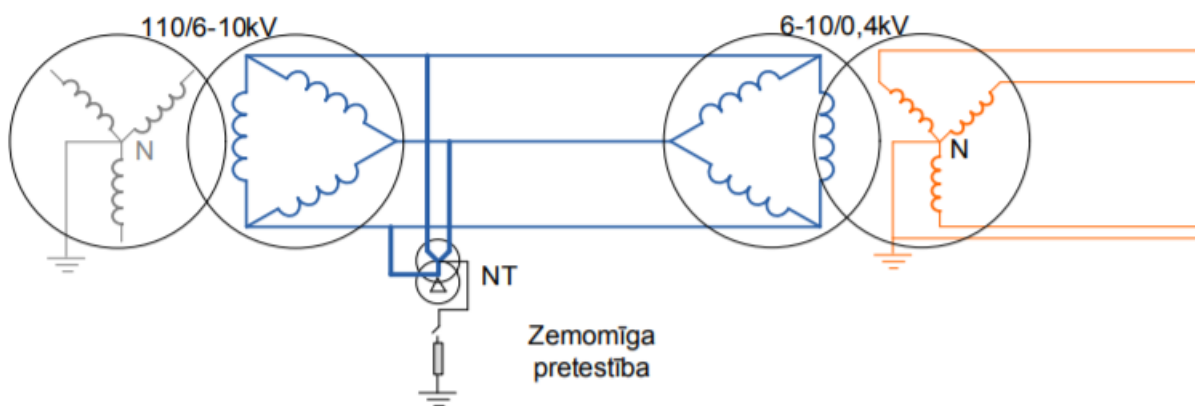
Pamatā apakšstacijās uzstāda divas dzēšspoles, bet nepieciešamības gadījumā ar tehniskā vadītāja atļauju var tikt pieslēgtas vēl divas neregulējamas dzēšspoles (attēlā iezīmētas ar pārtrauktu līniju), ja esošās kompensācijas sistēmas jaudas rezerves normālā darba režīmā ir mazākas par 10 %. Papildus uzstādāmo kompensācijas sistēmu atļauts ieregulēt manuāli, bet tās ieregulētajai strāvai jābūt lielākai par tīkla minimālo kapacitāti.

Izmainoties tīkla parametriem vai ieslēdzot lokdzēses zemētājreaktoru darbā, jānomēra tā strāva, zemesslēguma strāva tīklā un neitrāles novirzes spriegums. Šo mērījumu biežumu nosaka elektroietais tehniskais vadītājs, bet tas jāveic ne retāk kā reizi četros gados. Projektēšanas gaitā lokdzēses zemētājreaktora jaudu izvēlas ar 35 % jaudas rezervi, ņemot vērā tīkla attīstības perspektīvas, jo, pagarinoties tīkla garumam, palielinās arī kompensējamās strāvas vērtība.

Elektrolīnijai jāparedz virzītā zemesslēguma strāvas aizsardzība ar  $\cos(\varphi)$  veida raksturlīkni, kura reaģē uz nullsecības jaudas aktīvo komponenti vīdsprieguma tīklos (6–20 kV) ar gaisvadu līnijām.

Zemesslēguma strāvas reaktīvai komponentei pārsniedzot 5 A, lokdzēses zemētājreaktors jāieregulē ar pārkompensāciju līdz 5 %. Pieļaujama arī ieregulēšana ar nepilnīgu kompensāciju kabeļu un gaisvadu tīklos ar nosacījumu, ka zemesslēguma gadījumā fāžu kapacitāšu nesimetrija neizraisa neitrāles nobīdi, kas ir lielāka par 70 % no fāzes sprieguma. Kompensētos tīklos nesimetrijas spriegums zemesslēguma laikā nedrīkst pārsniegt 0,75 % no fāzes sprieguma [6]. Normālā tīkla darbības režīmā laikā nav pieļaujama neitrāles sprieguma ilgstoša nobīde vairāk par 15 % no fāzes sprieguma, bet īslaicīgos gadījumos līdz vienai stundai nedrīkst pārsniegt 30 % no fāzes sprieguma.

Mazresistīvi zemētas neitrāles tīklā (2.21. attēls) neitrāle ir zemēta caur rezistoru ar nelielu pretestību. Šāda neitrāles zemēšana parasti izveidota pilsētu 6–10 kV kabeļu tīklam.



2.21. attēls. Mazresistīvi (zemomīgi) zemētas neitrāles tīkls

Šādā tīklā nav pieļaujams ilgstošs avārijas darba režīms ar zemesslēgumu, jo veidojas vairākkārtīgi zemesslēgumi ar plašiem atslēgumiem, tāpēc nepieciešama ātra (1–2 sekundes) un pietiekami jutīga zemesslēguma aizsardzība, nepieļaujot plašus bojājumus kabeļtīklā. Zemējot transformatoru neitrāli caur mazomīgu aktīvo pretestību, panāk zemesslēguma strāvas pieaugumu un selektīvu aizsardzību pēc iespējas ātrākai bojātās kabeļu līnijas aizsardzībai. Pretestības vērtību izvēlas tā, lai nodrošinātu zemesslēguma strāvu ap 500–600 A, taču pēdējā laikā atkarībā no virknē slēgto aizsardzības komplektu skaita vērojama tendence šo lielumu pēc iespējas samazināt līdz 400 A, tā samazinot termiskās iedarbības negatīvo ietekmi uz kabeļu izolāciju. Jāpiebilst, ka šādu neitrāles zemēšanas sistēmu drīkst izveidot tikai kabeļu tīklos, kur zemējumu pretestība ir ļoti maza – zem 0,2  $\Omega$  – jo zemējuma ietaises veido vienotu sistēmu un tās ir savstarpēji savienotas ar vīdsprieguma

kabeļu metālisko aizsargapvalku un zemsprieguma kabeļu nullvadiem. Līdz ar to zemesslēguma laikā plūstošā lielā strāva nerada bīstamu pieskarspriegumu sazemētajās elektroiekārtu daļās.

**7. uzdevums.** Pašpārbaudes jautājumi

1. Kas ir tīkla neitrāles darba režīms?
2. Ar kādu tīkla neitrāles veidu strādā elektropārvades tīkli?
3. Ar kādiem tīkla neitrāles veidiem strādā elektrosadales tīkli?

## 2.8. ELEKTROIEKĀRTU UN ELEKTROIETAIŠU IZBŪVE UN DARBA ORGANIZĒŠANA

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Elektrotīklu izbūve un darba organizēšana”, “Elektromontāžas darbu organizēšana” un “Sagatavošanās elektromontāžas darbiem”.

Elektroobjektu, elektroiekārtu un elektroietaišu izbūve ir ļoti sarežģīts process. Procesa uzsākšana ir saistīta ar projekta virzītāja ieceres apspriešanu un projekta tehnisko noteikumu sagatavošanu. Tehniskos noteikumus sagatavo atbildīgās institūcijas, piemēram, PSO vai SSO, ievērojot visus nepieciešamos objekta tehniskos parametrus un saskaņojot ar iesaistītas pilsētas vai pašvaldības būvvaldi, kas izskata iesniegto plānotās izbūves projektu un apstiprina to. Turpmāk projekta virzītājs vai tā norīkotā persona (piemēram, līgumā norādītā kontaktpersona) kontaktē ar būvvaldi un saskaņo visas izmaiņas projektā. Būvniecības process ir digitalizēts un procesuālas darbības notiek Būvniecības informācijas sistēmā (BIS), [www.bis.gov.lv](http://www.bis.gov.lv).

### Būvniecības process

Lai uzsāktu būvniecības ieceres projektēšanu un realizāciju, jāvēršas būvvaldē un jāsniedz ziņas par vēlamo būvniecības ieceri, tās atrašanās vietu, plānoto darbu apjomu, izvietojumu zemes gabalā un veidu (rekonstrukcija, renovācija vai jaunbūve).

Būvvalde izvērtē būvniecības ieceres atbilstību teritorijas plānojumam, kā arī apbūves un izmantošanas noteikumiem atkarībā no teritorijas un būvniecības ieceres apjoma un izsniedz:

- 1) plānošanas un arhitektūras uzdevumu (PAU), norādot noteikumus, kas jāievēro, izstrādājot projektu;
- 2) vai uzdod organizēt publisko apspriešanu;
- 3) vai uzdod organizēt atklāto arhitektūras konkursu;
- 4) vai uzdod izstrādāt teritorijas detālplānojumu.

Būvprojektu izstrādā atbilstoši izsniegtajam plānošanas un arhitektūras uzdevumam. Atkarībā no projekta apjoma, izstrādājot būvprojektu,

- 1) jāsaņem tehniskie noteikumi objekta pieslēgšanai pie inženierkomunikācijām;
- 2) jāveic topogrāfiskā uzmērīšana;
- 3) jāveic ģeoloģiskā izpēte.

Būvniecības projektēšanas stadijā, ievērojot plānošanas un arhitektūras uzdevumā norādīto, izstrādā un iesniedz būvvaldē izvērtēšanai un saskaņošanai:

- 1) tehnisko projektu un tā ekspertīzi, kad tas noteikts Vispārīgajos būvnoteikumos [34];
- 2) skiču projektu, tehnisko projektu un tā ekspertīzi, kad tas noteikts Vispārīgajos būvnoteikumos [34];
- 3) izvērsto skiču projektu un tā ekspertīzi, kad tas noteikts Vispārīgajos būvnoteikumos [34].

### Projektēšanas uzdevums un tehniskie noteikumi



#### IEVĒRĪBAI

*Projektēšanas uzdevums ir dokuments, kuru pirms būvniecības ieceres izstrādāšanas sastāda būvniecības ieceres ierosinātājs.*

Viens no svarīgākajiem projektēšanas posmiem ir projektēšanas uzdevuma sastādīšana. Projektēšanas uzdevums ir dokuments, kuru pirms būvniecības ieceres izstrādāšanas sastāda būvniecības ieceres ierosinātājs un kurā norāda projektējamās ēkas galveno lietošanas veidu ar plānotajām telpu grupām un to lietošanas veidiem, kā arī parametrus, teritorijas plānojuma un inženiertīklu projektēšanas prasības, būvprojekta veidu, ietveramās sadaļas, būvprojekta izstrādei piemērojamus dokumentus un standartus, būvniecības izpildes secību un katrā kārtā ietveramo apjomu, ja būvobjekts nododams ekspluatācijā pa būves kārtām, kā arī autoruzraudzības nepieciešamību. Projektēšanas uzdevumu paraksta būvniecības ierosinātājs un būvprojekta izstrādātājs.

Pirms būvniecības ieceres iesnieguma iesniegšanas būvniecības ierosinātājam ir tiesības saņemt institūciju tehniskos noteikumus, ja attiecīgās jomas normatīvie akti nosaka šādu tehnisko noteikumu nepieciešamību, kā arī saņemt no inženiertīklu īpašniekiem pieslēgšanās (atslēgšanās) vai inženiertīklu šķērsošanas tehniskās prasības. Projektēšanas uzdevums pats par sevi ir ļoti komplicēts un apjomīgs dokuments, kas tiek izsniegts konkrētam uzdevumam ar konkrētiem objekta tehniskajiem parametriem. Visiem uzņēmumiem, kas izdod tehniskos noteikumus vai projektēšanas uzdevumu, – sistēmas operatoriem, enerģētikas nozares uzņēmumiem, kas kontrolē projektēšanu, – ir savas prasības, un tehniskie uzdevumi parasti ir konfidenciāli.



## Būvprojekta stadijas

Būvprojektēšanu veic vienā vai divās stadijās. Vienkāršai, tehniski nesarežģītai būvei būvprojektu var izstrādāt vienā – tehniskā projekta – stadijā. Būvprojekts izstrādājams divās stadijās – skiču projekta stadijā un tehniskā projekta stadijā –, ja paredzamā būve ir sabiedriski nozīmīga vai tehniski sarežģīta.



### IEVĒRĪBAI

*Būvprojektēšanu veic vienā vai divās stadijās.*

*Būvprojekts izstrādājams divās stadijās – skiču projekta stadijā un tehniskā projekta stadijā –, ja paredzamā būve ir sabiedriski nozīmīga vai tehniski sarežģīta.*

Skiču projektu izstrādā saskaņā ar projektēšanas uzdevumā noteiktajām prasībām. Būvvaldē saskaņots skiču projekts ir pamats tehniskā projekta izstrādāšanai. Ja izstrādā atsevišķu inženierkomunikāciju vai tehnoloģiskā aprīkojuma skiču projektu, tajā iekļauj projektētās jaudas un tehniskā risinājuma pamatojumu un aptuveno aprēķinu.

Tehnisko projektu izstrādā saskaņā ar būvnoteikumiem. Atšķirībā no skiču projekta tehniskajā projektā jābūt visiem tehniskajiem parametriem un risinājumiem, detalizētiem aprēķiniem, realizācijas metodēm, specifikācijai ar būvmateriāliem un darbu apjomiem.

Būvprojekts nav nepieciešams, ja ēkā vai telpu grupā tiek īstenots interjera projekts, kas neskar trešās personas, nesošās būvkonstrukcijas un koplietošanas inženiertīklus.

## Būvprojekta saskaņošana



### BŪTISKI

*Projektētājs saskaņo būvprojektu ar būvniecības ierosinātāju un ar institūcijām un organizācijām, kas izdevušas tehniskos noteikumus.*

Projektētājs saskaņo būvprojektu ar būvniecības ierosinātāju un ar institūcijām un organizācijām, kas izdevušas tehniskos noteikumus. Būvprojektu saskaņo ar personām, kuru īpašuma tiesības tiek skartas, vai normatīvajos aktos noteiktajos gadījumos informē attiecīgās personas. Saskaņojumus noformē uz būvprojekta ģenerālplāna vai saskaņā ar noteikumu 6. pielikumu [34], ja uz ģenerālplāna nav iespējams izvietot visus saskaņojumus. Ja saskaņotajā būvprojektā tiek veiktas izmaiņas, kuru dēļ mainās būvprojektā noteiktais objekta novietojums, ēkas būvapjoms vai ēkas fasādes risinājums, būvprojekta izstrādātājs atkārtoti saskaņo būvprojektu.

Izstrādāto inženiertīklu projektu inženiertīklu izbūves ierosinātājs iesniedz būvvaldē. Būvvalde to izskata un pieņem lēmumu par plānotās izbūves saskaņošanu vai sniedz pamatotu rakstisku atteikumu. Būvvalde ir tiesīga noteikt papildu nosacījumus plānotās izbūves veikšanai atbilstoši pašvaldības saistošajiem noteikumiem.

## Būvprojekta ekspertīze



### DEFINĪCIJA

*Būvprojekta ekspertīze ir profesionāla pārbaude, kuras mērķis ir sniegt izvērtējumu par būvprojekta tehniskā risinājuma atbilstību normatīvo aktu un tehnisko noteikumu prasībām.*

Būvprojekta ekspertīze ir profesionāla pārbaude, kuras mērķis ir sniegt izvērtējumu par būvprojekta tehniskā risinājuma atbilstību normatīvo aktu un tehnisko noteikumu prasībām.

Lai novērtētu būvprojekta atbilstību normatīvajos aktos un tehniskajos noteikumos noteiktajām prasībām, kā arī strīda gadījumā pasūtītājam, būvvaldei vai citai kompetentajai institūcijai ir tiesības organizēt būvprojekta ekspertīzi.

Būvprojektu ekspertīzes veikšanas tiesības ir fiziskajām personām, ja tās ir saņēmušas būvprakses sertifikātu attiecīgajiem projektēšanas darbu veidiem, kā arī būvniecību reglamentējošajos normatīvajos aktos noteiktajā kārtībā reģistrētām juridiskajām personām, kuras nodarbina sertificētu projektēšanas jomas speciālistu.

Ekspertīzi nedrīkst veikt persona, kura ir ieinteresēta ekspertējamā būvprojekta īstenošanā.

Atsevišķu projekta daļu un sadaļu ekspertīzes rezultātus eksperts apkopo būvprojekta daļas vai sadaļas ekspertīzes atzinumā.

Saskaņā ar jauno Būvniecības likumu [5] būves iedala trijās grupās atkarībā no būvniecības sarežģītības un iespējamās ietekmes uz vidi. Būvprojekta ekspertīze ir obligāta trešās grupas būvju būvprojektiem, izņemot būves nojaukšanas būvprojektam. Trešās grupas ēkas būvprojekta ekspertīzi veic, lai izvērtētu projektētās ēkas atbilstību ēkas mehāniskajai stiprībai un stabilitātei noteiktajām prasībām, kā arī ugunsdrošības, lietošanas drošības un vides pieejamības prasībām.

## Būvprojekta akceptēšana

Izskatot būvniecības ieceres iesniegumu, būvvalde atkarībā no būvniecības ieceres veida lemj par:

- būvatļaujas izdošanu, atteikumu izdot būvatļauju vai būvniecības ieceres publisku apspriešanu;
- būvniecības ieceres akceptu, izdarot atzīmi apliecinājuma kartē, vai atteikumu akceptēt ieceri par būvniecību;
- būvniecības ieceres akceptu, izdarot atzīmi būvniecības ieceres paskaidrojuma rakstā, vai atteikumu akceptēt būvniecības ieceri.

Pēc būvprojekta akcepta saņemšanas pasūtītājs var iesniegt būvvaldē pieprasījumu būvatļaujas saņemšanai.

## Būvprojekta autoruzraudzība



### DEFINĪCIJA

*Autoruzraudzība ir kontrole, ko būvprojekta izstrādātājs veic pēc projektēšanas darbu pabeigšanas līdz būves nodošanai ekspluatācijā.*

Autoruzraudzība ir kontrole, ko būvprojekta izstrādātājs veic pēc projektēšanas darbu pabeigšanas līdz būves nodošanai ekspluatācijā, lai nodrošinātu būves realizāciju atbilstoši būvprojektam. Autoruzraudzības mērķis ir nepieļaut būvniecības dalībnieku patvaļīgas atkāpes no akceptētās ieceres un izstrādātā būvprojekta, kā arī normatīvo aktu un standartu pārkāpumus būvdarbu gaitā.

Būvprojekta izstrādātājam ir tiesības veikt autoruzraudzību. Par tās nosacījumiem puses vienojas, noslēdzot rakstveida līgumu. Vispārīgie būvnoteikumi [34] paredz gadījumus, kad autoruzraudzība ir obligāta. Autoruzraudzību veic:

- 1) valsts aizsargājamiem kultūras pieminekļiem, otrās un trešās grupas ēkām pilsētībūvniecības pieminekļa teritorijā un tā aizsardzības zonā atbilstoši teritorijas plānojumam (izņemot viena vai divu dzīvokļu dzīvojamās ēkas un palīgēkas);
- 2) trešās grupas jaunbūvējamām, restaurējamām un pārbūvējamām būvēm;
- 3) publiskām jaunbūvējamām, restaurējamām un pārbūvējamām otrās grupas būvēm;
- 4) dzīvojamām ēkām (izņemot viena vai divu dzīvokļu dzīvojamās ēkas);
- 5) būvēm, kurām ir veikts ietekmes uz vidi novērtējums.

## Elektroapgādes projekta tipveida saturs

Elektroapgādes principshēmu grafiskajiem apzīmējumiem jāatbilst LVS EN 61082-1 un IEC 60617 standartu prasībām.

Ņemot vērā LR MK noteikumus Nr. 573 "Elektroenerģijas ražošanas, pārvades un sadales būvju būvnoteikumi" (<https://likumi.lv/doc.php?id=269199>), ārējo elektrotīklu projektiem projekta saturs ir noteikts atkarībā no projekta stadijām. Savukārt iekšējo elektrotīklu projektā, pēc LR MK noteikumiem Nr. 529 "Ēku būvnoteikumi" (<https://likumi.lv/doc.php?id=269164>), jābūt ēku elektrotīklu pieslēguma shēmām, griezumiem, specifikācijām, patēriņu aprēķiniem, kā arī tehniskajam risinājumam nepārtrauktas elektroapgādes nodrošināšanai uguns aizsardzības sistēmām, avārijapgādei un evakuācijas apgādei.



### BŪTISKI

*Ēkas iekšējo elektrotīklu projekta stadijas nosaka projekta pasūtītājs.*

Ēkas iekšējo elektrotīklu projekta stadijas nosaka projekta pasūtītājs.

Pēc LR MK noteikumiem Nr. 545 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 202-18 "Būvniecības ieceres dokumentācijas noformēšana"" (<https://likumi.lv/ta/id/301303>), aprēķinus neiekļauj būvprojektā. Šos materiālus

glabā projektētājs Arhīvu likuma noteiktajā kārtībā un uzrāda pasūtītājam vai būvniecību kontrolējošām valsts un pašvaldības institūcijām pēc to pieprasījuma. Tā kā aprēķini nav jāiekļauj projektā, projektētāji bieži vien vispār neko nerēķina vai rēķina tikai savām vajadzībām. Pēc tam aprēķini netiek saglabāti vispār vai glabāti tikai savām vajadzībām.



### BŪTISKI

*Elektroapgādes projekta aplēses metodēm un elektroiekārtu izvēles nosacījumiem jābūt balstītiem uz Latvijas un Eiropā akceptētiem normatīvajiem dokumentiem.*

Elektroapgādes projekta aplēses metodēm un elektroiekārtu izvēles nosacījumiem jābūt balstītiem uz Latvijas un Eiropā akceptētiem normatīvajiem dokumentiem.

### Vispārīgās prasības

Dzīvojamo ēku elektroapgādes vispārīgās prasības reglamentē LVS HD 60364-1 un LBN 261-15.

Ēku elektroapgādes projektēšanā galvenā prasība ir cilvēku, mājdzīvnieku un cilvēku īpašuma drošība. Elektroietais projektē tā, lai panāktu to drošu lietošanu un nepieļautu aizdegšanos, eksploziju, cilvēku un mājdzīvnieku veselībai un dzīvībai bīstamu strāvas triecienu, apdegumu vai citu risku.

Projektējot elektroietais, ir jāņem vērā šādi faktori:

- 1) elektrošoks – cilvēki un mājdzīvnieki ir jāaizsargā no briesmām, ko var radīt kontakts ar spriegumam pieslēgtām elektroietaišu daļām (aizsardzība pret tiešu kontaktu) un atklātām strāvvadošām daļām to bojājuma gadījumā (aizsardzība pret netiešu kontaktu);
- 2) termiskā iedarbība – elektroietais ir jāizveido tā, lai nepastāvētu degmateriālu aizdegšanās risks augstas temperatūras vai elektriskā loka dēļ;
- 3) pārstrāva – cilvēki un mājdzīvnieki ir jāaizsargā no ievainojumiem, un cilvēku īpašums ir jāaizsargā no bojājumiem, kas var rasties pārmērīgi augstas temperatūras vai elektromehāniskas slodzes dēļ, ko izraisa pārstrāva, kas varētu parādīties spriegumaktīvos vadītājos;
- 4) bojājuma strāvas – strāvas vadītājiem un jebkurām citām daļām, pa kurām paredzēta bojājuma strāvas plūšana, jābūt spējīgām vadīt šo strāvu, nesasniedzot nepieļaujami augstu temperatūru;
- 5) pārspriegums – cilvēkiem vai mājdzīvniekiem jābūt pasargātiem no ievainojumiem, un cilvēku īpašumam ir jābūt pasargātam no jebkādam kaitīgām ietekmēm, kas varētu rasties starp spriegumaktīvām dažāda sprieguma elektrisko ķēžu daļām. Cilvēkiem, mājdzīvniekiem un cilvēku īpašumam ir jābūt pasargātam no pārsprieguma izraisītām sekām, kad risks nav pieļaujams (piemēram, atmosfēras parādību vai komutācijas pārsprieguma dēļ).

Elektroapgādes projektēšanā ņem vērā šādu informāciju par pieejamo elektroapgādi:

- 1) strāvas veids – maiņstrāva un/vai līdzstrāva;
- 2) strāvas vadītāju veids un skaits, barojošā elektrotīkla sistēmas veids;
- 3) zemēšanas sistēma – elektroapgādē lietotajiem aizsardzības pasākumiem;
- 4) elektroapgādes uzņēmuma īpašās prasības;
- 5) spriegums un sprieguma novirzes;
- 6) frekvence un frekvences novirzes;
- 7) maksimālais pieļaujamais strāvas stiprums;
- 8) paredzamā īsslēguma strāva;
- 9) iespējamā elektroapgādes pārtraukuma ilgums.

Apgaismei, elektroapgādei, vadībai, signalizācijai, elektroniskajiem sakariem un citām vajadzībām nepieciešamo elektrisko ķēžu skaitu un veidu nosaka, ņemot vērā šādus faktoros:

- 1) elektrisko slodžu izvietojums;
- 2) dažādās ķēdēs sagaidāmās slodzes;
- 3) slodzes mainība diennaktī un gadā;
- 4) apkārtējās vides apstākļi;
- 5) prasības vadībai, signalizācijai, elektroniskajiem sakariem un informācijas tehnoloģijām;
- 6) dažādi īpaši nosacījumi.

Projektējot avārijas darba režīmu elektroapgādes pārtraukuma gadījumā, jāņem vērā no elektroapgādes neatkarīga barošanas avota barojamās ķēdes, kā arī elektroapgādes avota veids un raksturojums.

### Elektroapgādes drošuma prasības



#### **BŪTISKI**

*Drošums ir sistēmas spēja izpildīt tai paredzētās funkcijas noteiktā laika periodā un noteiktos apstākļos. Drošuma galvenie kvantitatīvie kritēriji ir elektroenerģijas pārtraukuma ilgums un pārtraukumu biežums.*

Drošums ir sistēmas spēja izpildīt tai paredzētās funkcijas noteiktā laika periodā un noteiktos apstākļos. Elektroapgādes drošums ir kvalitatīvas elektroenerģijas piegādes nepārtrauktība. Drošuma galvenie kvantitatīvie kritēriji ir elektroenerģijas pārtraukuma ilgums un pārtraukumu biežums. Drošumu palielina ar elektrobarošanas avota rezervēšanu, kas savukārt saistīta ar papildu līdzekļu ieguldīšanu.

Pēdējos 20 gados Latvijā mainījušies vairāki elektroapgādes drošumu reglamentējošie dokumenti, tāpēc šajā apakšnodaļā detalizēti apskatītas elektroapgādes drošuma prasības.

Šobrīd spēkā esošajos MK noteikumos Nr. 50 "Elektroenerģijas tirdzniecības un lietošanas noteikumi" [12] elektroapgādes drošumam veltīti trīs panti:

1. Lietotājs pats pieņem lēmumu par nepieciešamo elektroapgādes drošumu, tas ir, nepieciešamību novērst elektroenerģijas piegādes pārtraukumus atsevišķu elektroapgādes sistēmas elementu bojājumu vai remonta laikā.
2. Lietotājs, kura elektroietaisēm nav pieļaujami elektroenerģijas piegādes pārtraukumi, veic papildpasākumus nepieciešamā elektroapgādes drošuma sasniegšanai, uzstādot neatkarīgus enerģijas avotus vai iesniedzot sistēmas operatoram pieteikumu atbilstošu tehnisko noteikumu izstrādei. Rezerves pieslēgumu izbūvē un neatkarīgu barošanas avotu ierīko, kā arī pārslēgšanas automātiku uzstāda par lietotāja līdzekļiem.
3. Sistēmas operatora elektroietaišu avārijas vai bojājuma gadījumā sistēmas operators nodrošina iespējami ātru (ne ilgāk kā 24 stundu laikā) bojājumu novēršanu.

Jaunbūvējamās ēkās kā rezerves barošanas avotu izmanto UPS (ang. *Uninterruptible Power Supply*). Pie rezerves barošanas avota pieslēdz avārijapgaismi, drošības, trauksmes un komunikāciju sistēmas, ugunsdzēsības sistēmas elektroiekārtas, videonovērošanas sistēmu, pārspiedienu ventilatoru, dūmu nosūces sistēmas elektroiekārtas u. c.

### Energoapgādes objektu pieņemšana ekspluatācijā



#### **BŪTISKI**

*Energoapgādes objektu pieņem ekspluatācijā, ja tas ir uzbūvēts atbilstoši būvprojektam.*

Energoapgādes objektu pieņem ekspluatācijā, ja tas ir uzbūvēts atbilstoši būvprojektam. Būvprojekta izmaiņām jābūt saskaņotām normatīvajos aktos noteiktajā kārtībā. Būvniecības atbilstību tehniskajos noteikumos un projektēšanas uzdevumā minētajām speciālajām prasībām kontrolē būvniecības ierosinātājs un autoruzraugs, ja tāds ir piesaistīts.

Būvniecības ierosinātājs līdz energoapgādes objekta pieņemšanai ekspluatācijā var iesniegt rakstisku pieprasījumu institūcijā, kura ir izdevusi tehniskos noteikumus, veikt pārbaudi un atbilstoši kompetencei sniegt atzinumu par energoapgādes objekta tehnisko gatavību ekspluatācijai, atbilstību akceptētajam būvprojektam, Latvijas būvnormatīviem, piemērojamiem standartiem un līguma nosacījumiem. Attiecīgā institūcija 10 darbdienu laikā pēc iesnieguma saņemšanas sniedz minēto atzinumu.

Ja energoapgādes objekta būvniecībai ir saņemta būvatļauja, energoapgādes objekta pieņemšanu ekspluatācijā pēc būvniecības pabeigšanas ierosina būvniecības ierosinātājs, iesniedzot būvvaldē šādus dokumentus (oriģinālus):

- 1) apliecinājums par energoapgādes objekta gatavību ekspluatācijai saskaņā ar MK noteikumu Nr. 573 prasībām;
- 2) izmainītās daļas;
- 3) energoapgādes objekta vai tā daļas novietojuma izpildmērījumi digitālā formā LKS 92 koordinātu sistēmā. Veicot inženierkomunikāciju novietojuma uzmērījumus (digitālā formā LKS 92 koordinātu sistēmā), gruntī izbūvēto komunikāciju novietojumam pieļaujama novirze +/- 0,3 m no energoapgādes objekta projektā paredzētā;
- 4) būvniecības ierosinātājs līdz energoapgādes objekta pieņemšanai ekspluatācijā var iesniegt rakstisku pieprasījumu institūcijā, kura ir izdevusi tehniskos noteikumus, veikt pārbaudi un atbilstoši kompetencei sniegt atzinumu par energoapgādes objekta tehnisko gatavību ekspluatācijai, atbilstību akceptētajam būvprojektam, Latvijas būvnormatīviem, piemērojamiem standartiem un līguma nosacījumiem. Attiecīgā institūcija 10 darbdienu laikā pēc iesnieguma saņemšanas sniedz minēto atzinumu;
- 5) būvprojektā paredzēto mērījumu rezultāti, elektroiekārtu un citu speciālo iekārtu pārbaudes protokoli un pieņemšanas akti, kā arī atbilstības apliecinājumi, ja tie nepieciešami saskaņā ar normatīvajiem aktiem par iekārtu drošību;
- 6) būvdarbu žurnālu un nozīmīgo konstrukciju un segto darbu pieņemšanas akti ražošanas būvēm un 110 kilovoltu un 330 kilovoltu elektroietaisēm;
- 7) autoruzraudzības žurnāls, ja būvdarbu laikā ir veikta autoruzraudzība;
- 8) energoapgādes objektu ēkām un būvju klasifikācijā iekļautajām inženierbūvēm – Valsts zemes dienesta sagatavotas ēku un inženierbūvju kadastrālās uzmērīšanas lietas;
- 9) iebūvēto būvizstrādājumu atbilstības apliecinājumi, ja to nepieciešamību nosaka normatīvie akti par būvizstrādājumu atbilstības novērtēšanu;
- 10) būvuzraudzības pārskats par būvuzraudzības plāna izpildi.

Ja objekts ir pirmās grupas būve, pabeidzot energoapgādes objekta būvniecību, būvvaldē iesniedz:

- 1) paskaidrojuma rakstu;
- 2) Valsts zemes dienesta sagatavotas ēku un inženierbūvju kadastrālās uzmērīšanas lietas;
- 3) energoapgādes objekta vai tā daļas novietojuma izpildmērījumus digitālā formā LKS 92 koordinātu sistēmā. Veicot inženierkomunikāciju novietojuma uzmērījumus (digitālā formā LKS 92 koordinātu sistēmā), gruntī izbūvēto komunikāciju novietojumam pieļaujama pielaipe +/- 0,3 m no energoapgādes objekta projektā paredzētā.

Energoapgādes objektu ekspluatācijā pieņem būvvalde, izņemot minētos gadījumus:

- 1) energoapgādes objektu, kas ir pirmās grupas būve, uzskata par pieņemtu ekspluatācijā ar dienu, kad būvvalde paskaidrojuma rakstā par būvdarbu pabeigšanu izdarījusi atzīmi;
- 2) energoapgādes objektu, kas ir otrās un trešās grupas būve, uzskata par pieņemtu ekspluatācijā pēc pārbūves vai atjaunošanas ar dienu, kad būvvalde apliecinājuma kartē par būvdarbu pabeigšanu izdarījusi atzīmi. Ja ir ierīkotas inženierbūves, kārtību energoapgādes objekta pieņemšanai ekspluatācijā nosaka energoapgādes komersants.

Būvvalde pēc visu dokumentu saņemšanas, saskaņojot ar būvniecības ierosinātāju, nosaka termiņu energoapgādes objekta pieņemšanai ekspluatācijā, kas nav ilgāks par 10 darbdienu, skaitot no dokumentu iesniegšanas dienas būvvaldē.

Būvvalde būves pieņemšanas darbā pieaicina energoapgādes objekta būvuzraugu, energoapgādes objekta būvprojekta izstrādātāju (autoruzraugu), energoapgādes objekta būvdarbu veicēju, kā arī Valsts kultūras pieminekļu aizsardzības inspekciju (vai kompetentas pašvaldības iestādes vai amatpersonas), ja energoapgādes objekts atrodas valsts aizsargājamā kultūras pieminekļī vai tā aizsargjoslā (aizsardzības zonā). Ekspluatācijā nododamo energoapgādes objektu uzrāda energoapgādes objekta būvniecības ierosinātājs. Būvvalde novērtē energoapgādes objekta gatavību ekspluatācijai, pamatojoties uz būvvaldē iesniegtajiem dokumentiem, kā arī atbilstību būvprojektam un normatīvajiem aktiem būvniecības jomā.



### BŪTISKI

*Būvvalde sastāda aktu par energoapgādes objekta pieņemšanu ekspluatācijā atbilstoši Būvniecības likuma 12. panta trešās daļas 7. panta noteikumiem, kur pateikts, kā būvvalde pieņem ekspluatācijās objektu ([http://www.lad.gov.lv/files/7\\_buves\\_nodosana\\_ekspluatacija-1.pdf](http://www.lad.gov.lv/files/7_buves_nodosana_ekspluatacija-1.pdf)).*

Būvvalde sastāda aktu par energoapgādes objekta pieņemšanu ekspluatācijā atbilstoši Būvniecības likuma 12. panta trešās daļas 7. panta noteikumiem, kur pateikts, kā būvvalde pieņem ekspluatācijās objektu ([http://www.lad.gov.lv/files/7\\_buves\\_nodosana\\_ekspluatacija-1.pdf](http://www.lad.gov.lv/files/7_buves_nodosana_ekspluatacija-1.pdf)). Kārtību, kādā pieņem ekspluatācijā jaunuzbūvētas, rekonstruētas, renovētas vai restaurētas būves, būvkompleksus vai būves kārtas nosaka Ministru kabineta 2004. gada 13. aprīļa noteikumi Nr. 299 "Noteikumi par būvju pieņemšanu ekspluatācijā". Energoapgādes objekts uzskatāms par pieņemtu ekspluatācijā ar akta apstiprināšanas dienu. Akts tiek reģistrēts būvvaldē. Jebkuru aktā minēto atlikto būvdarbu pabeigšanu noteiktajos termiņos kontrolē būvvalde.



### IEVĒRĪBAI

*Energoapgādes objekts uzskatāms par pieņemtu ekspluatācijā ar akta apstiprināšanas dienu.*

Pirms objekta pieņemšanas ekspluatācijā būvuzraugs pārbauda faktiski izbūvēto būves apjoma atbilstību projektam, būvuzņēmēja iesniegtajam piedāvājumam un izbūves gaitā saskaņotajām projekta izmaiņām.



APSTIPRINU

\_\_\_\_\_  
(pašvaldības nosaukums)\_\_\_\_\_  
(atbildīgās amatpersonas amats)\_\_\_\_\_  
(atbildīgās amatpersonas vārds, uzvārds un\_\_\_\_\_  
paraksts)

\_\_\_\_\_.gada \_\_\_\_\_.

## AKTS

Kods □□□□□□□□□□□□□□□□

par \_\_\_\_\_

(būves nosaukums, atrašanās vieta un zemes kadastra numurs)

\_\_\_\_\_ **pieņemšanu ekspluatācijā**

20 \_\_\_\_ .gada \_\_\_\_ .\_\_\_\_\_

(akta sastādīšanas vieta)

**Būvniecības veids** (vajadzīgo atzīmēt ar x): jaunbūve  rekonstrukcija  renovācija  restaurācija**Pasūtītājs (būvētājs)** \_\_\_\_\_

(fiziskās personas vārds, uzvārds, personas kods

\_\_\_\_\_ vai juridiskās personas nosaukums un reģistrācijas numurs)

**1. Komisija izveidota ar**

20 \_\_\_\_ .gada \_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ lēmumu Nr. \_\_\_\_\_.

**Komisijas locekļi ir:**1.1. pašvaldības būvinspektors  
(komisijas priekšsēdētājs)\_\_\_\_\_  
(vārds, uzvārds, būvniecības kontroles tiesību  
apliecības numurs)

1.2. pašvaldības arhitekts

\_\_\_\_\_  
(vārds, uzvārds, sertifikāta numurs)

1.3. pasūtītājs (būvētājs)

\_\_\_\_\_  
(amats, vārds, uzvārds vai vārds, uzvārds un  
personas kods)1.4. būvprojekta autors (ja objektā nav veikta  
autoruzraudzība saskaņā ar Vispārīgo  
būvnoteikumu 161.punktu vai ja tas ir  
arhitektūras konkursa projekts)\_\_\_\_\_  
(vārds, uzvārds, sertifikāta numurs)

## 2.22. attēls. Darbu pieņemšanas-nodošanas akts

**IEVĒRĪBAI**

*Energoapgādes objektus, kuru būvniecībai nav nepieciešama būvatļauja, ekspluatācijā pieņem un aktu sastāda energoapgādes komersanta norīkota komisija.*

Energoapgādes objektus, kuru būvniecībai nav nepieciešama būvatļauja, ekspluatācijā pieņem un aktu sastāda energoapgādes komersanta norīkota komisija. Kārtību būvdarbu pieņemšanai ekspluatācijā nosaka energoapgādes komersants šādos gadījumos:

- 1) avāriju un bojājumu seku (arī bojājumu, kas radušies dabas stihijas, zādzības un citu neparedzētu apstākļu dēļ) novēršana;
- 2) atsevišķu bojāto vai nolietoto iekārtu vai konstrukciju nomaiņa;
- 3) energoapgādes objektu ekspluatācijas un uzturēšanas remonts;

- 4) elektroenerģijas uzskaites iekārtas pārbūve vai atjaunošana;
- 5) energoapgādes objektu atjaunošana, ja objekts ir pirmās grupas būve un netiek mainītas elektrolīniju trases, principiālais tehniskais risinājums vai ēku (būvju) fasādes;
- 6) atjaunošanas un pārbūves būvdarbi pastāvīgi norobežotās un nepiederošām personām slēgtās energoapgādes objektu teritorijās (piemēram, elektroenerģijas un siltumenerģijas ražotnēs, apakšstaciju, sadales punktu, komutācijas punktu un tamlīdzīgās norobežotās teritorijās);
- 7) pagaidu elektroietais pieslēgums uz laiku līdz trim mēnešiem un sezonas energoapgādes objektiem ārpus valsts aizsargājamiem kultūras pieminekļiem un to aizsargjoslām (aizsardzības zonām);
- 8) mazu funkcionālu palīgēku nojaukšana, kas atrodas pastāvīgi norobežotās un nepiederošām personām slēgtās energoapgādes objektu teritorijās.

Energoapgādes komersantu objektos veicamie elektroietaišu būvdarbi, par kuriem būvvalde jāinformē, bet kuriem šajos noteikumos paredzētās būvvaldes izsniegtās būvatļaujas, akcepts uz paskaidrojuma raksta vai apliecinājuma kartes, kā arī būvniecības ieceres iesniegums nav nepieciešams, ir šādi:

- 1) energoapgādes objektu inženiertīklu ierīkošana, atjaunošana vai pārbūve to aizsargjoslā vai sarkano līniju robežās;
- 2) inženiertīklu pievadu ierīkošana, atjaunošana vai pārbūve energoapgādes objektu vajadzībām;
- 3) elektrolīnijas pārbūve, kuru īstenojot gaisvadu elektrolīnijas aizsargjoslā tiek ieguldīta kabeļu elektrolīnija.

Būvvalde, sastādot aktu, tajā norāda būvdarbu vai būvniecības līgumā noteiktos būvdarbu garantijas termiņus pēc būvobjekta pieņemšanas ekspluatācijā.

Ekspluatācijā esošu energoapgādes objektu pārbūvi, atjaunošanu un remontu drīkst veikt pa daļām (sektoriem, posmiem) energoapgādes objekta valdītāja apstiprinātajā kārtībā, ievērojot Būvniecības likuma 21. panta trešajā daļā noteiktās prasības. Katru energoapgādes objekta daļu atsevišķi atvieno uz noteiktu laiku, kas nepieciešams izpildāmajiem darbiem, ievērojot darba aizsardzības prasības. Ja ekspluatācijā esošās elektroietais atjauno vai pārbūvē, tās neatvienojot no sprieguma (nepārtraucot sistēmas lietotāju elektroapgādi), būvdarbus izpilda kā spriegumaktīvos darbus atbilstoši noteikumiem par obligāti piemērojamo energostandartu, kas nosaka elektroapgādes objektu ekspluatācijas organizatoriskās un tehniskās drošības prasības.

Energoapgādes objekta atvienotās vai neatvienotās daļas gatavību darbam pēc attiecīgo darbu izpildes energoapgādes objekta būvdarbu veicējs apliecina rakstiski energoapgādes objekta valdītāja noteiktajā kārtībā, ievērojot darba aizsardzības prasības un noteikumus par obligāti piemērojamo energostandartu, kas nosaka elektroapgādes objektu ekspluatācijas organizatoriskās un tehniskās drošības prasības. Visu energoapgādes objektu ieņem ekspluatācijā šajā nodaļā noteiktajā kārtībā.

## Būvprojekta sastāvs

Būvprojekts sastāv no šādām daļām:

1) vispārīgā daļa:

- būvprojektēšanas uzsākšanai nepieciešamie dokumenti un materiāli;
- zemes gabala inženierģeoloģiskās izpētes materiāli;
- paskaidrojuma raksts ar būves tehniskajiem rādītājiem un norādi par būves galveno lietošanas funkciju atbilstoši būvju klasifikācijai, kā arī vides pieejamības risinājumiem;

2) arhitektūras daļa:

- vispārīgo rādītāju lapa;
- teritorijas sadaļa (TS);
- arhitektūras sadaļa (AR);

3) inženierrisinājumu daļa:

- būvkonstrukcijas (BK);
- ūdensapgāde un kanalizācija (iekšējie tīkli – UK; ārējie tīkli – UKT);
- apkure, vedināšana un gaisa kondicionēšana (AVK);
- elektroapgāde (iekšējie tīkli – EL; ārējie tīkli – ELT);
- siltumapgāde (iekšējie tīkli – SM; ārējie tīkli – SAT);
- gāzes apgāde (iekšējie tīkli – GA; ārējie tīkli – GAT);
- telekomunikācijas, signalizācijas sistēmas, iekārtu vadības un automatizācijas sistēmas (iekšējie tīkli – VS; ārējie tīkli – VST, UAS, VAS);
- vides aizsardzības pasākumi (VAR);
- citi inženierrisinājumi;
- būvizstrādājumu un būvmateriālu specififikācijas;

4) tehnoloģiskā daļa (ražošanas ēku un būvju projektiem) (TN);

5) ekonomikas daļa (valsts un pašvaldību finansētiem objektiem):

- iekārtu, konstrukciju un materiālu kopsavilkums;
- būvdarbu apjomi;
- izmaksu aprēķins (tāme);

6) būvdarbu organizācija;

7) ugunsdrošības pasākumu pārskats (sabiedriski nozīmīgām būvēm);

8) energoefektivitātes aprēķins, ja to nosaka Ēku energoefektivitātes likums.

Būvniecības procesa dalībniekiem un civiltiesisko apdrošināšanu, būvniecības ierosinātājs pilsētas būvvaldē iesniedz būvatļaujas pieprasījumu būvdarbu uzsākšanai.

Būvvalde izvērtē iesniegtos dokumentus un izsniedz būvatļauju būvdarbu uzsākšanai. Būvniecības laikā Būvinspekcija kontrolē veikto darbu atbilstību noteikumiem un saskaņotajam projektam.

Pēc būvprojektā paredzēto darbu pabeigšanas projekta attīstītājs iesniedz būvvaldē apliecinājumu par būves gatavību pieņemšanai ekspluatācijā. Tiek izveidota ekspluatācijā pieņemšanas komisija, kas veic darbu pārbaudi atbilstoši akceptētajam būvprojektam un pieņem lēmumu par būves gatavību pieņemšanai ekspluatācijā.

#### **8. uzdevums.** Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. Kādā gadījumā nav jāiesniedz ziņas par vēlamo būvniecības ieceri būvvaldē?
  - 1) Rekonstrukcija.
  - 2) Remonts.
  - 3) Jaunbūve.
  - 4) Renovācija.
2. Kas sastāda projektēšanas uzdevumu?
  - 1) Būvvalde.
  - 2) Būvprojekta izpildītājs.
  - 3) Būvniecības ieceres ierosinātājs.
  - 4) Būvprojekta projektētājs.
3. Kādā gadījumā būvprojekts nav nepieciešams?
  - 1) Ja ēkā tiek īstenots rekonstrukcijas projekts.
  - 2) Ja ēkā vai telpu grupā tiek īstenots interjera projekts.
  - 3) Ja ēkā tiek īstenots renovācijas projekts.
  - 4) Ja ēkā vai telpu grupā tiek īstenots interjera projekts, kas neskar trešās personas, nesošās būvkonstrukcijas un koplietošanas inženiertīklus.
4. Kas jāizpilda, lai novērtētu būvprojekta atbilstību normatīvajos aktos un tehniskajos noteikumos noteiktajām prasībām?
  - 1) Jāorganizē būvprojekta ekspertīze.
  - 2) Jāorganizē publiska apspriešana.
  - 3) Jāorganizē atklāts arhitektūras konkurss.
  - 4) Jāiesniedz būvprojekts būvvaldē izvērtēšanai un saskaņošanai.

5. Kādos gadījumos autoruzraudzība ir obligāta?
- 1) Valsts aizsargājamiem kultūras pieminekļiem, otrās un trešās grupas ēkām pilsēt būvniecības pieminekļa teritorijā un tā aizsardzības zonā atbilstoši teritorijas plānojumam (izņemot viena vai divu dzīvokļu dzīvojamās ēkas un palīgēkas).
  - 2) Valsts nacionālai drošībai svarīgie objekti.
  - 3) Trešās grupas jaunbūvējamām, restaurējamām un pārbūvējamām būvēm.
  - 4) Publiskām jaunbūvējamām, restaurējamām un pārbūvējamām otrās grupas būvēm.
  - 5) Dzīvojamām ēkām (izņemot viena vai divu dzīvokļu dzīvojamās ēkas).
  - 6) Būvēm, kurām ir veikts ietekmes uz vidi novērtējums.
6. Kāds ir drošuma galvenais kvantitatīvais kritērijs?
- 1) Elektroenerģijas kvalitāte.
  - 2) Elektroenerģijas pārtraukuma ilgums un pārtraukumu biežums.
  - 3) Elektroenerģijas spriegums un strāva.
  - 4) Elektroapgādes pieslēguma shēma.
7. Pabeidziet teikumu: "Energoapgādes objekta pieņemšanu ekspluatācijā pēc būvniecības pabeigšanas ierosina..."
- 1) būvvalde;
  - 2) būvniecības projektētājs;
  - 3) būvdarbu izpildītājs;
  - 4) būvniecības ierosinātājs.
8. Kas novērtē energoapgādes objekta gatavību ekspluatācijai?
- 1) Būvvalde.
  - 2) Autoruzraugs.
  - 3) Būvdarbu izpildītājs.
  - 4) Būvniecības ierosinātājs.
9. Kurā būvprojekta daļā iekļauti vides aizsardzības pasākumi?
- 1) Vispārīgā daļa.
  - 2) Inženierisīnājumu daļa.
  - 3) Būvdarbu organizācija.
  - 4) Tehniskā daļa.

10. Cik ilgā laikā pēc visu dokumentu saņemšanas būvvaldei jānosaka termiņš energoapgādes objekta pieņemšanai ekspluatācijā?
- 1) Ne vēlāk kā 10 dienu laikā.
  - 2) Ne vēlāk kā 30 dienu laikā.
  - 3) 5 darbdienu laikā.
  - 4) 10 darbdienu laikā.

# 3.

## TRANSFORMATORI UN AUTOTRANSFORMATORI

### Nodaļas mērķis

Iepazīstināt ar elektroietaisies svarīgākajām iekārtām – transformatoriem un autotransformatoriem –, saprast to izbūves un darbības principus, galvenos parametrus un aizvietošanas shēmas, kas nepieciešamas tīklu un iekārtu darba režīmu aprēķiniem, kā arī transformatoru un autotransformatoru ekspluatācijas īpatnības.

### Sasniedzamie rezultāti

- Zina un izprot transformatoru un autotransformatoru iekārtu darbības un parametru aprēķinu principus.
- Novērtē transformatoru tehniskos rādītājus, darba režīmus un nominālos parametrus.
- Analizē transformatora ekspluatāciju.

Elektroenerģijas ražošana notiek tuvu energoresursu lokācijas vietām, bet elektroenerģijas patēriņš ir lielāks pilsētās un lielos patēriņu reģionos, tāpēc elektroenerģija jāpārvada pa augstsprieguma elektrolīnijām no elektrostacijām līdz patērētājiem, transformējot to līdz patērētājiem (lietotājiem) nepieciešamajam spriegumam. Elektroenerģijas pārvadi lielos attālumos var nodrošināt tikai ar nosacīti nelielu strāvu un proporcionāli atbilstoši augstu spriegumu.

Elektrostacijas ģeneratori strādā ar spriegumu 10–20 kV. Šis spriegums ir augsts, bet nav pietiekams ekonomiski lietderīgai elektroenerģijas pārvadei lielos attālumos. Tāpēc spriegums līnijas sākumā tiek paaugstināts ar paaugstinošiem transformatoriem, lai elektroenerģija tiktu lietderīgi pārvadīta līdz patēriņu reģioniem.

Elektroenerģijas patērētāji izmanto galvenokārt standartos noteikto daudz zemāku spriegumu – 0,23–0,4 kV. Līdz ar to ar augstspriegumu, ko izmanto elektroenerģijas pārvadē, nevar nodrošināt patērētāju barošanu un pie patērētājiem pēc standarta noteiktais sprieguma līmeni var iegūt ar pazeminošo transformatoru.

Maiņstrāvas elektriskā enerģija ceļā no elektrostacijām, kur notiek tās ražošana, līdz patērētājiem jātransformē 3–4 reizes. No tā izriet, ka summārā spēka transformatoru jauda, kas nepieciešama elektroenerģijas pārvadei un sadalei, ir 3–4 reizes lielāka par uzstādītajām generatoru jaudām.

## 3.1. TRANSFORMATORU TEORIJAS ATTĪSTĪBAS POSMI

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektrisko mašīnu un iekārtu pieslēgšana”.



### IEVĒRĪBAI

19. gadsimta 80. gados tehnikā tika ieviests termins “transformatoru cīņas”.

19. gadsimta 80. gados tehnikā tika ieviests termins “transformatoru cīņas”. Šis neparastais nosaukums ir saistīts ar transformatora izgudrojumu, jo tas bija viens no spēcīgākajiem argumentiem par labu maiņstrāvas izmantošanai.



3.1. attēls. Maikls Faradejs



3.2. attēls. Džozefs Henrijs



### IEVĒRĪBAI

Starp līdzstrāvas un maiņstrāvas atbalstītājiem izvērās patiesa cīņa, meklējot risinājumus ar centralizētu elektroenerģijas ražošanu un transportēšanu saistītajām problēmām.

Starp līdzstrāvas un maiņstrāvas atbalstītājiem izvērās patiesa cīņa, meklējot risinājumus ar centralizētu elektroenerģijas ražošanu un transportēšanu saistītajām problēmām.

Transformatora shematiskais attēlojums pirmo reizi parādījās 1831. gadā Maikla Faradeja (*Michael Faraday*) (3.1. attēls) un Džozefa Henrija (*Joseph Henry*) (3.2. attēls) darbos. Tomēr neviens no viņiem nav atzīmējis tādas transformatora īpašības kā spriegumu un strāvas izmaiņas, t. i., maiņstrāvas transformāciju [35].

1836. gadā īru fiziķis Nikolass Kalavans (*Nicholas Kalavan*) izgudroja indukcijas spoli. 1838. gadā izgudrojumu atkārtoja amerikānis Čārlzs Peidžs (*Charles Page*), bet slavenākais bija vācu inženieris



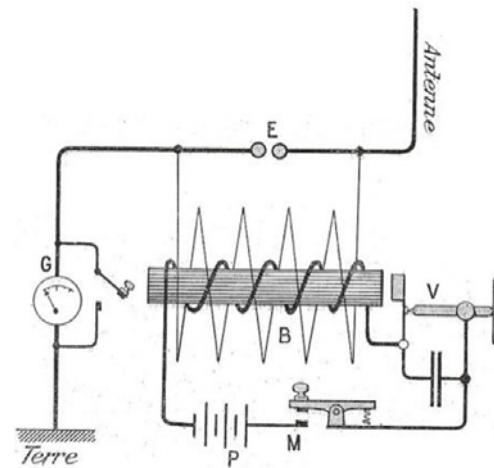
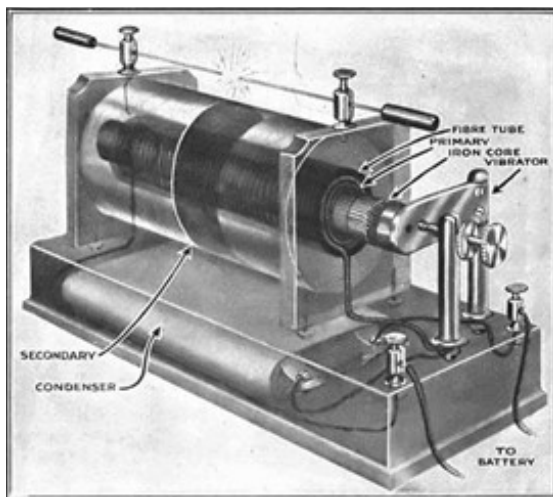
Heinrihs Rūmkorfs (*Heinrich Daniel Ruhmkorff*) (3.3. attēls), kura vārdā vēlāk tika nosaukta indukcijas spole (3.5. attēls). Pāvels Jabločkovs (*Павел Николаевич Яблочков*) (3.4. attēls) savukārt bija sapratis indukcijas spoles nozīmi maiņstrāvas ķēdes elektriskajā atdalīšanā.



3.3. attēls. Heinrihs Rūmkorfs

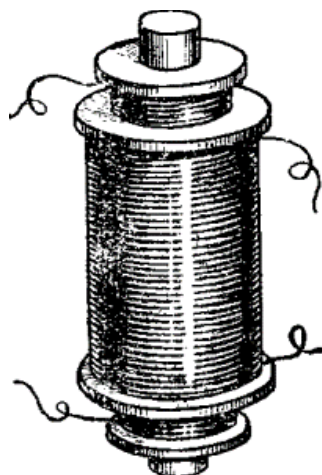


3.4. attēls. Pāvels Jabločkovs



3.5. attēls. Rūmkorfa spole un tās shēma

Par transformatora "dzimšanas dienu" var uzskatīt pirmā patenta izsniegšanu 1876. gada 30. novembrī. Transformatora primārajiem un sekundārajiem tinumiem bija vienāds vijumu skaits, spoli izvietoja uz atvērtās tērauda serdes (3.6. attēls) [36].



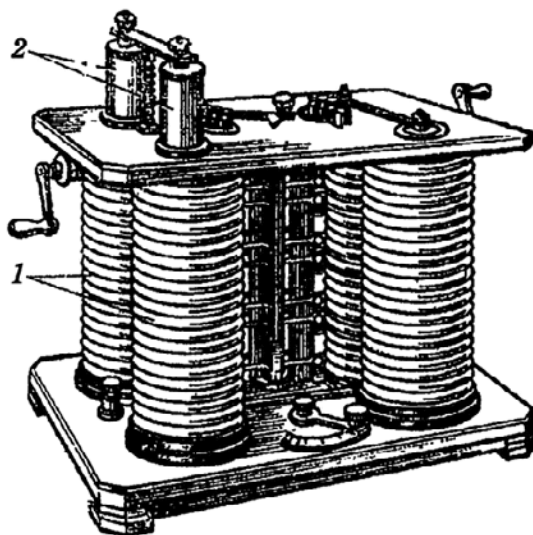
3.6. attēls. Jabločkova transformators

**IEVĒRĪBAI**

*Par galveno elektroenerģijas pārvades sistēmas attīstības virzienu tika pieņemta maiņstrāvas (ang. Alternative Current, AC) sistēma.*

Kļuva arvien skaidrāks, ka līdzstrāvas elektroenerģijas pārvades sistēmai nav perspektīvu. No loka gaismas avotu ekspluatācijas pieredzes tika noteikts optimālais spriegums. Barošanas rādiuss nepārsniedza dažus simtus metru. Tādēļ par galveno elektroenerģijas pārvades sistēmas attīstības virzienu tika pieņemta maiņstrāvas (ang. *Alternative Current*, AC) sistēma.

Jauns solis bija transformatoru ar atvērto serdi izmantošana jaudas sadalei elektroenerģijas pārvades sistēmās gaismas un dzinējspēka ražošanai, tā bija patentēta Francijā 1882. gadā. Golāra un Gibsa transformatori bija paredzēti sprieguma pārveidošanai ar transformācijas koeficientu, kas nebija vienāds ar 1. Transformatorus uzstādīja Turīnā (Itālijā) 1883. gadā un Londonas metro apakšstacijās 1884. gadā.

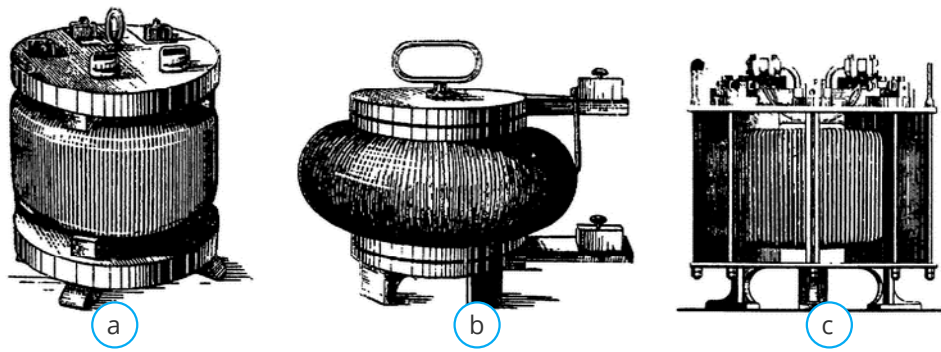


3.7. attēls. Golāra un Gibsa transformators

Brāļi Džons un Edvards Hopkinsoni 1884. gadā pirmie izveidoja transformatorus ar saslēgtām serdēm. Tās tika saliktas no tērauda loksniem vai stieplēm, kas bija atdalītas ar izolācijas materiālu, lai samazinātu virpuļstrāvas zudumus.

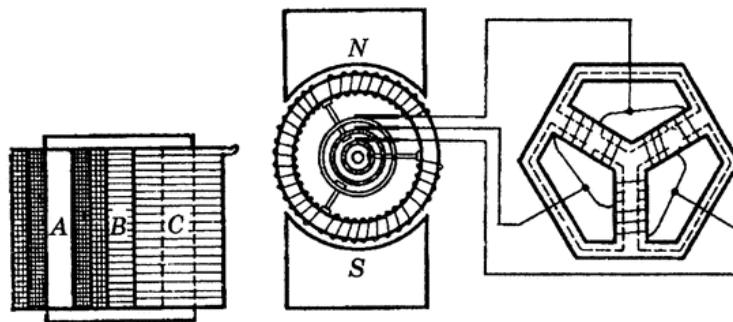
Pirmo priekšlikumu par paralēlu transformatoru savienojumu izteica Roberts Kenedijs 1883. gadā, bet daudz plašāk šo savienojuma metodi ir pamatojis Ungārijas elektroinženieris Makss Deri, kurš 1885. gadā saņēma patentu par primāro un sekundāro tinumu paralēlo pieslēgšanu un formulēja tās priekšrocības. Neatkarīgi līdzīgu patentu Anglijā saņēma arī S. T. Ferranti.

Elektroenerģijas pārvade, mainot augstsprieguma strāvu, kļuva iespējama līdz ar vienfāzes transformatora ar slēgtās magnētiskās sistēmas izveidošanu. Šādu konstrukciju vairākās versijās (3.8. attēls) – gredzenu, bruņu un stieņu – 1885. gadā izstrādāja ungāru elektroinženieri M. Deri, O. Blati un K. Cipernovskis un piedāvāja jaunu terminu – “transformators”. Šie inženieri atrada optimālo attiecību starp vara un tērauda patēriņu transformatoros [35].



3.8. attēls. Firmas "Ganz un K" transformatori: a – gredzenu;  
b – bruņu; c – stieņu

Krievijas inženieris Mihails Dolivo-Dobrovoļskis elektroenerģijas pārvadei un ekspluatācijai piedāvāja izmantot viņa izstrādāto trīsfāžu sistēmu. Viņš pierādīja, ka salīdzinājumā ar divfāžu sistēmu tā ir ekonomiskāka, bet trīsfāžu sistēmas galvenā priekšrocība bija tās izmantošana trīsfāžu asinhronajos motoros. Vienlaikus ar trīsfāžu sistēmu 1889. gadā M. Dolivo-Dobrovoļskis radīja arī trīsfāžu transformatora struktūru uz gredzena izvietoto serdi un gredzenveida jūgu (3.9. attēls).



3.9. attēls. Pirmais trīsfāžu transformators

Tā kā M. Dolivo-Dobrovoļskis daudz strādāja pie elektrisko mašīnu teorijas, aprēķiniem un projektēšanas, tiek uzskatīts, ka viņš ir izstrādājis visus trīsfāžu sistēmas elementus. Viņa piedāvātā trīsfāžu strāvas sistēma izraisīja lielu interesi un piesaistīja plašu enerģētiķu uzmanību. Neskatoties uz vairākiem iebildumiem, šīs sistēmas tehniskie ieguvumi bija tik milzīgi un acīmredzami, ka drīzumā tā kļuva par visplašāk izmantoto elektroenerģijas pārvades un ekspluatācijas sistēmu.

## 3.2. PAMATA DEFINĪCIJAS, DARBĪBAS PRINCIPS UN TRANSFORMATORU KLASIFIKĀCIJA

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Elektrisko mašīnu un iekārtu iestatīšana un ekspluatācija” un “Elektrisko mašīnu un iekārtu pieslēgšana”.



### DEFINĪCIJA

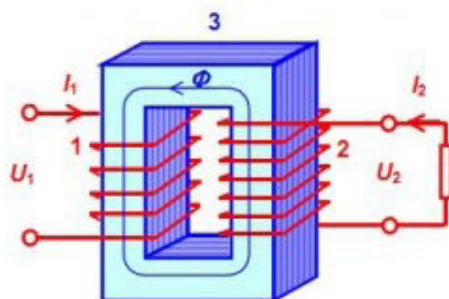
*Transformators ir statiska elektromagnētiskā ierīce, kurā ir divi vai vairāki induktīvi saistīti tinumi un kura paredzēta vienas (primārās) maiņstrāvas sistēmas pārveidošanai citā (sekundārajā) maiņstrāvas sistēmā ar elektromagnētisko indukciju.*

Transformators ir statiska elektromagnētiskā ierīce, kurā ir divi vai vairāki induktīvi saistīti tinumi un kura paredzēta vienas (primārās) maiņstrāvas sistēmas pārveidošanai citā (sekundārajā) maiņstrāvas sistēmā ar elektromagnētisko indukciju.

Parasti sekundārā maiņstrāvas sistēma var atšķirties no primārās pēc šādiem parametriem: sprieguma un strāvas vērtība, fāžu skaits, sprieguma (strāvas) līknes forma un frekvence.

Plašu pielietojumu elektroiekārtās, kā arī elektroenerģijas pārvades un sadales sistēmās ir ieguvuši spēka transformatori, kuri maina maiņstrāvas sprieguma un strāvas lielumu. Šajā gadījumā fāžu skaits, sprieguma (strāvas) līknes forma un frekvence nemainās.

Vienkāršākais spēka transformators sastāv no magnētvasda (parasti ražots no feromagnētiskā materiāla) un diviem tinumiem, kas ir izvietoti uz magnētvasda stieņiem (3.10. attēls). Viens tinums pievienots maiņstrāvas avotam ar spriegumu  $u_1$ , un šo tinumu sauc par primāro (apzīmē ar indeksu 1). Otro tinumu sauc par sekundāro (apzīmē ar indeksu 2), un tam ir pievienota slodze  $Z_{sl}$  [7, 8].



3.10. attēls. Vienfāzes transformators: 1 – primārais tinums; 2 – sekundārais tinums; 3 – magnētvasds

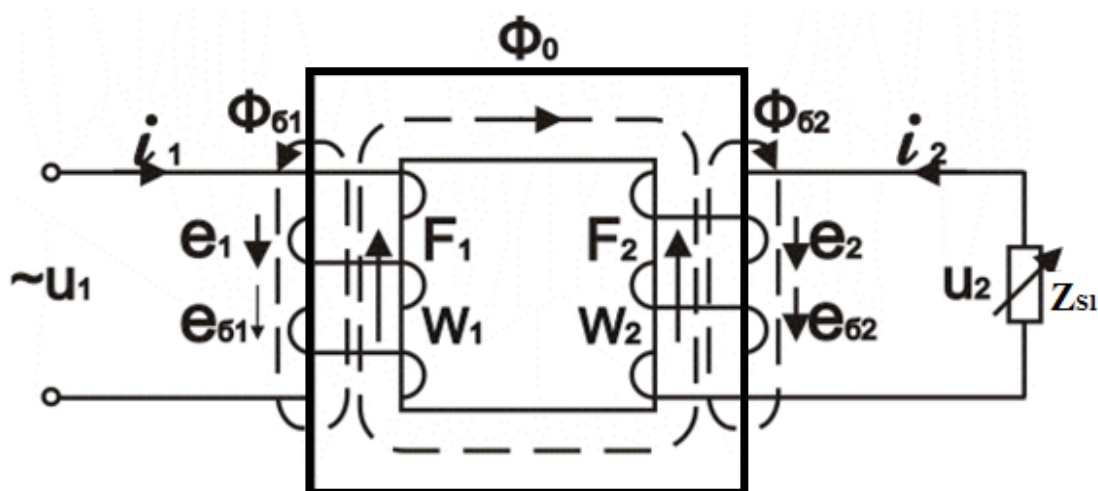
Transformatora darbības principa pamatā ir elektromagnētiskās indukcijas likums (3.11. attēls). Ja primārā tinuma spailēm pievada maiņspriegumu  $u_1$ , tad šajā tinumā plūst maiņstrāva  $i_1$ , kura rada magnetizējošo spēku  $F_1 = i_1 w_1$ . Šis magnetizējošais spēks serdē rada mainīgu magnētisko plūsmu  $\Phi$ . Neliela daļa šīs plūsmas noslēdzas gaisā, un to sauc par izkliedes plūsmu  $\Phi_{\delta 1}$  un  $\Phi_{\delta 2}$ . Plūsmas  $\Phi$  lielākā

daļa, kuru sauc par galveno plūsmu  $\Phi_{\delta 0}$ , noslēdzas serdē, ir saķēdēta ar abiem tinumiem un inducē tajos elektrodzinējspēkus (EDS), kuru momentānās vērtības rēķina pēc formulām:

$$e_1 = -w_1 \left( \frac{d\Phi}{dt} \right) \quad (3.1.)$$

$$e_2 = -w_2 \left( \frac{d\Phi}{dt} \right), \quad (3.2.)$$

kur  $w_1$  un  $w_2$  – transformatora primārā un sekundārā tinumu vijumu skaits.



3.11. attēls. Vienfāzes transformatora darbības princips

Abu tinumu EDS efektīvās vērtības ir tieši proporcionālas tinumu vijumu skaitam ( $E_1 \approx w_1$  un  $E_2 \approx w_2$ ). EDS  $e_1$  ir pretējs pievadītajam spriegumam  $u_1$ , un to līdzsvaro. Ar nelielu tuvinājumu var uzskatīt, ka  $e_1 \approx u_1$ . Ja sekundārajam tinumam ir pieslēgta slodzes pretestība  $Z_{sl}$ , sekundārais EDS  $e_2$  nodrošina sekundāro spriegumu  $u_2$  un ķēdē plūst strāva  $i_2$ .

### 3.3. TRANSFORMATORU KLASIFIKĀCIJA UN NOMINĀLIE PARAMETRI

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektrisko mašīnu un iekārtu pieslēgšana”.

Maiņstrāvas ģeneratori elektrostacijās ražo elektroenerģiju ar spriegumu 6–30 kV, bet tās pārvadē izmanto daudz augstāku spriegumu – 110 kV, 150 kV, 220 kV, 330 kV un augstāku. Tāpēc katrā elektrostacijā elektroenerģijas pārvadei uzstāda paaugstinošos transformatorus.

Elektroenerģijas sadale starp pilsētu, lauku un rūpniecības patērētājiem, kā arī lielu uzņēmumu teritorijā notiek pa gaisvadu vai kabeļu līnijām ar spriegumu 20 kV, 10 kV, 6 kV. Tādējādi visos sadales

tīklu mezglu punktos jāuzstāda pazeminošie transformatori. Pazeminošie transformatori tiek uzstādīti arī tiešā elektroenerģijas patērētāju tuvumā, jo lielākā daļa no tiem darbojas ar 220 V, 400 V un 660 V spriegumu.



#### DEFINĪCIJA

*Transformatorus, kurus izmanto maiņsprieguma pārveidošanai elektriskajās sistēmās – elektrostacijās un apakšstacijās, rūpniecības uzņēmumos, pilsētu un lauku sadales tīklos u. c. –, sauc par spēka transformatoriem.*

levērojot iepriekš minēto, ir skaidrs, ka elektriskā enerģija ceļā no elektrostacijas līdz patērētājam tiek daudzkārt transformēta. Transformatorus, kurus izmanto maiņsprieguma pārveidošanai elektriskajās sistēmās – elektrostacijās un apakšstacijās, rūpniecības uzņēmumos, pilsētu un lauku sadales tīklos u. c. –, sauc par spēka transformatoriem.

Elektroenerģijas sistēmās izmanto galvenokārt divtinumu un trīstinumu trīsfāžu transformatorus. Trīstinumu transformatorus uzstāda, ja elektroenerģija jātransportē dažādos attālumos ar diviem dažādiem spriegumiem. Tad trīstinumu transformators var aizstāt divus divtinumu transformatorus, samazinot apakšstacijas zemes platības, materiālu izmaksas, kapitālos ieguldījumus un elektroenerģijas zudumus ekspluatācijas laikā [7].

Atsevišķos gadījumos divtinumu transformatora tinumus izveido no vairākiem savstarpēji izolētiem zariem. Šādus transformatorus izmanto elektrostacijās, kad vienam transformatoram pieslēdz vairākus ģeneratorus.



#### IEVĒRĪBAI

*Lieljaudas elektrostacijās saražotās elektroenerģijas sprieguma paaugstināšanai parasti izmanto autotransformatorus, kuros divi tinumi savā starpā vēl savienoti elektriski.*

Mūsdienās lieljaudas elektrostacijās saražotās elektroenerģijas sprieguma paaugstināšanai parasti izmanto autotransformatorus, t. i., transformatorus, kuros divi tinumi savā starpā vēl savienoti elektriski. Autotransformatoriem piemīt vairākas priekšrocības salīdzinājumā ar parastajiem trīstinumu transformatoriem. To izmaksas, aktīvo materiālu patēriņš, zudumi ekspluatācijas laikā ir mazāki. Arī jaudas robežvērtības autotransformatoros var sasniegt lielākas vērtības, jo to masa un gabarīti ir mazāki nekā parastajiem transformatoriem.

Pie autotransformatoru trūkumiem jāpieskaita sarežģītāka releju aizsardzības ierīkošana, sprieguma regulēšana sakarā ar elektriski saistītiem tinumiem un nepieciešamība ierīkot ciešo zemējumu, kas palielina īsslēguma strāvas. Turklāt paaugstinātu bīstamību autotransformatoriem rada atmosfēras radītie pārspriegumi.

**DEFINĪCIJA**

*Transformatorus, kurus izmanto shēmās ar pusvadītājelementiem (diodēm, tranzistoriem, tiristoriem u. c.), sauc par pārveidotājtransformatoriem.*

Transformatorus, kurus izmanto shēmās ar pusvadītājelementiem (diodēm, tranzistoriem, tiristoriem u. c.), sauc par pārveidotājtransformatoriem.

Bez iepriekš minētajiem izgatavo vēl citus speciālos transformatorus – elektrokrāšņu, metināšanas, elektrovilces transformatorus, mērtransformatorus (sprieguma un strāvas) u. c.

Transformatorus klasificē pēc veicamā uzdevuma, fāžu skaita, dzesēšanas veida, tinumu skaita un citām pazīmēm, piemēram, magnētvasda tipa, tinumu uzbūves utt.

Ja sekundārā tinuma spriegums ir mazāks par primāro, transformatoru sauc par pazeminošo; ja tas ir lielāks, tad transformatoru par paaugstinošo. Tinumu, kurš ir pievienots tīklam ar augstāko spriegumu, sauc par augstākā sprieguma (AS) tinumu, bet to, kurš ir pievienots zemākā sprieguma tīklam, – par zemākā sprieguma (ZS) tinumu [7].

Pēc veicamā uzdevuma izšķir šādus transformatoru veidus:

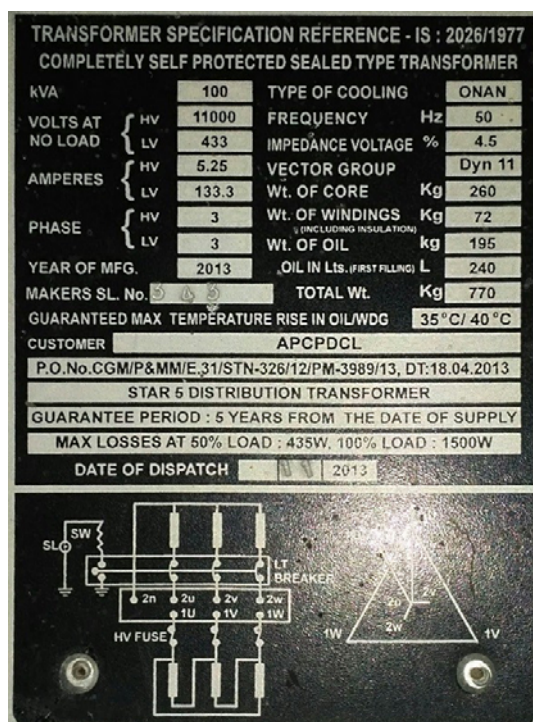
- 1) spēka transformatori – spēka un apgaismes iekārtu barošanai;
- 2) speciālie spēka transformatori, piemēram, metināšanas u. c.;
- 3) mērtransformatori – mēraparātu mērapjoma izmaiņai;
- 4) radiotransformatori;
- 5) transformatori citu uzdevumu veikšanai, piemēram, autotransformatori u. c.

Lai pasargātu transformatora izolāciju no gaisa iedarbības un uzlabotu tā dzesēšanas apstākļus, serdi kopā ar tinumiem ievieto tvertnē, kas piepildīta ar transformatora eļļu. Šādus transformatorus sauc par eļļas transformatoriem. Sausos transformatoru aizsargā no gaisa iedarbības, tinumus pārklājot ar dažādu veidu plastikātiem.

Pie transformatora tvertnes redzamā vietā vienmēr ir piestiprināta informācijas plāksnīte no materiāla, kas nav pakļauts atmosfēras iedarbībai (3.12. attēls). Tajā norādīti nominālie dati un tehniskie parametri:

- 1) izgatavotājs;
- 2) izlaiduma gads;
- 3) rūpnieciskais numurs;
- 4) tipa apzīmējums;
- 5) standarta numurs, kuram atbilst izgatavotais transformators;
- 6) nominālā jauda (kVA) (trīstinumu transformatoriem norādīta katra tinuma jauda);

- 7) nominālais spriegums un nozarojuma spriegums (kV);
- 8) katra tinuma nominālā strāva (A);
- 9) fāžu skaits;
- 10) strāvas frekvence (Hz);
- 11) shēma un transformatora tinumu savienojuma grupa;
- 12) uzstādīšanas veids (iekštelpās vai ārējais);
- 13) dzesēšanas veids;
- 14) pilnā masa (kg vai t);
- 15) eļļas masa (kg vai t);
- 16) aktīvās daļas masa (kg vai t);
- 17) pārslēdzēja stāvoklis, norādīts uz transformatora piedziņas.



3.12. attēls. Plāksne ar transformatora tehniskajiem datiem, kas ir piestiprināta pie transformatora korpusa

Spēka transformatora apzīmējumi sastāv no burtiem un cipariem. Pēc Padomju Savienībā izmantotā standarta GOST ražotie transformatori, kas šobrīd joprojām tiek plaši izmantoti Latvijas elektroenerģijas sistēmā, tika apzīmēti šādi: T – trīsfāžu transformators; O – vienfāzes transformators; M – dabiskā eļļas dzesēšana; Д – eļļas dzesēšana ar gaisa plūsmu (piespiedu gaisa un dabiskā eļļas cirkulāciju); Л – piespiedu eļļas dzesēšana; Г – zibens drošs transformators; H burts otrajā vietā – aizpildīts ar šķidro nedegošo dielektriķi; T burts trešajā vietā – trīstinumu transformators.



Pirmais skaitlis aiz transformatora burtu apzīmējuma norāda nominālo jaudu (kVA), otrais skaitlis – augstsprieguma tinuma nominālo spriegumu (kV). Piemēram, transformatora tips TM-6300/35 nozīmē: trīsfāžu divtinumu transformators ar dabisko eļļas dzesēšanu, uzstādītā jauda – 6300 kVA, augstākā tinuma spriegums – 35 kV. Tips ТЛТНГ-6300/220 nozīmē: trīsfāžu trīstinumu transformators ar piespiedu eļļas cirkulāciju, ar sprieguma regulatoru zem slodzes, zibens drošs, jauda – 6300 kVA, augstākā tinuma spriegums – 220 kV [36].

Saskaņā ar ES standartu IEC burti apzīmējumos lielākoties ir tie paši, izņemot dzesēšanas sistēmas apzīmējumus: tās apzīmē ar angļu valodas abreviatūrām. Piemēram, ar abreviatūru ONAN (ang. *Oil Natural Air Natural*) apzīmē eļļas dabisko cirkulāciju un gaisa dabisko cirkulāciju, savukārt saīsinājums ONAF (ang. *Oil Natural Air Force*) nozīmē eļļas dabisko cirkulāciju un gaisa piespiedu cirkulāciju. Burtu apzīmējumi ir šādi: O – eļļa, N – dabiskā, A – gaiss, F – piespiedu.

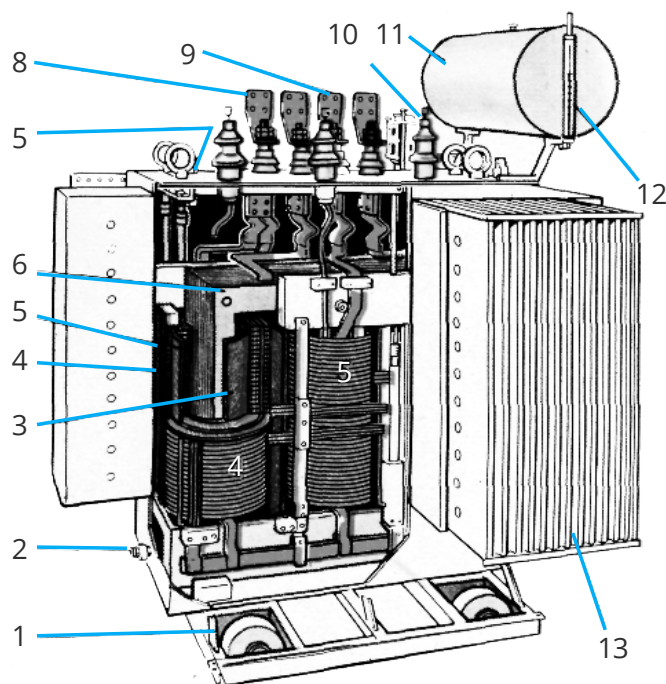
### 3.4. TRANSFORMATORU UZBŪVES PAMATELEMENTI

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektrisko mašīnu un iekārtu pieslēgšana”.

Transformators ir sarežģīta ierīce, kas apvieno šādas sistēmas:

- 1) magnētisko sistēmu;
- 2) elektrisko sistēmu;
- 3) dzesēšanas sistēmu;
- 4) mehānisko sistēmu.

Pēc uzbūves transformatori var atšķirties, tomēr elektromagnētiskie procesi, kas tajos notiek, ir vienādi. Visiem transformatoriem ir konstruktīvā shēma, kas ietver iepriekš minētās sistēmas.



3.13. attēls. Transformatora uzbūve: 1 – riteņi; 2 – eļļas noplūdes krāns; 3 – izolējošais cilindrs; 4 – augstākā sprieguma tinums; 5 – zemākā sprieguma tinums; 6 – jūga sija; 7 – termometrs; 8 – zemākā sprieguma izvadi; 9 – augstākā sprieguma izvadi; 10 – eļļas paplašinātājs; 11 – tvertne; 12 – eļļas rādītājs; 13 – radiators

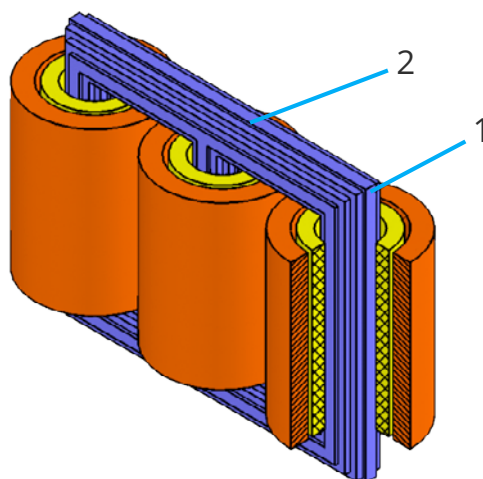
## Magnētiskā sistēma



### IEVĒRĪBAI

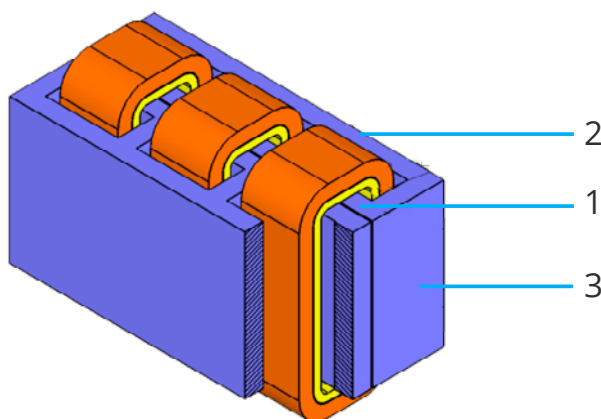
Magnētiskā sistēma sastāv no elektrotehniskā tērauda loksņēm, kas ir savienotas un veido karkasu, uz kura tiek uztītas spoles. Šo karkasu sauc par magnēt vadu. Magnēt vads veido mehānisko pamatu, un tā uzdevums ir lokalizēt magnētisko plūsmu.

Magnētiskā sistēma sastāv no elektrotehniskā tērauda loksņēm, kas ir savienotas un veido karkasu, uz kura tiek uztītas spoles. Šo karkasu sauc par magnēt vadu. Magnēt vads veido mehānisko pamatu, un tā uzdevums ir lokalizēt magnētisko plūsmu. Magnēt vadi var būt stieņa tipa vai apvalka tipa. Elektrotehniskās plāksnes, kas veido vertikālos stieņus, uz kuriem uztīti tinumi, sauc par stieņiem. Savienojošās plāksnes sauc par jūgiem.



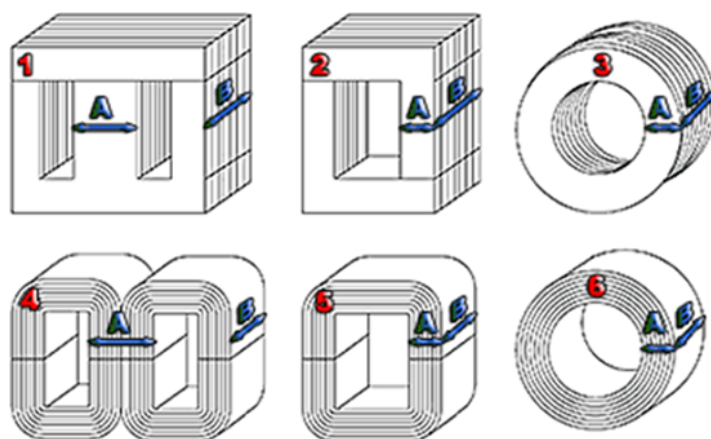
3.14. attēls. Stieņa tipa magnēt vads: 1 – stieņi; 2 – jūgi

Lieljaudas transformatoriem, ja jauda pārsniedz 100 MVA, izmanto apvalka tipa magnētvdus (3.15. attēls). Transformatorus ar tādiem magnētvdumiem sauc par bruņotiem transformatoriem.



3.15. attēls. Apvalka tipa magnētvdus: 1 – stienis; 2 – augšējie un apakšējie jūgi; 3 – sānu jūgi

Serdi var salikt šādi: no plāksnīšu atsevišķām paketēm (3.16. att., 1), liekot loksnes pamīšus (3.16. att., 2), no atsevišķām plāksnītēm (3.16. att., 3). Šāda tehnoloģija ļauj samazināt magnētvida magnētisko pretestību, un tas kļūst mehāniski izturīgāks. Vēl vairāk šīs pozitīvās īpašības izpaužas mazās jaudas transformatoros, tos izgatavojot no lentes (3.16. att., 4, 5, 6).



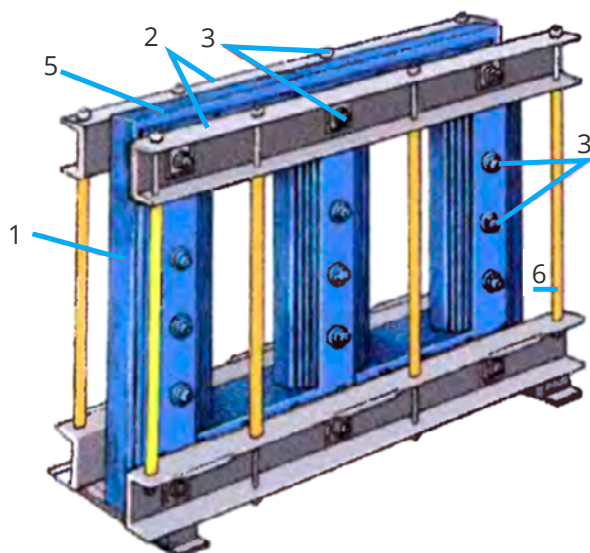
3.16. attēls. Magnētvdumu konstrukciju veidi



#### DEFINĪCIJA

Magnētvdumu kopā ar visiem mezgliem, kas veido vienotu konstrukciju, sauc par transformatora karkasu.

Magnētvdumu kopā ar visiem mezgliem, kas veido vienotu konstrukciju, sauc par transformatora karkasu (3.17. attēls).



3.17. attēls. Trīsfāžu transformatora karkass: 1 – stienis; 2 – jūga sijas; 3 – savelkošās bultskrūves; 4 – tinumu spoļu pamatne; 5 – jūgs

Transformatoram darbojoties, rodas elektromagnētiskais lauks un karkasa metāliskās daļas uzlādējas, bet, tā kā potenciāls nav vienāds, var rasties potenciālu starpība. Lai to novērstu, visas transformatora metāliskās daļas jāsavieno.

### Transformatora elektriskā daļa

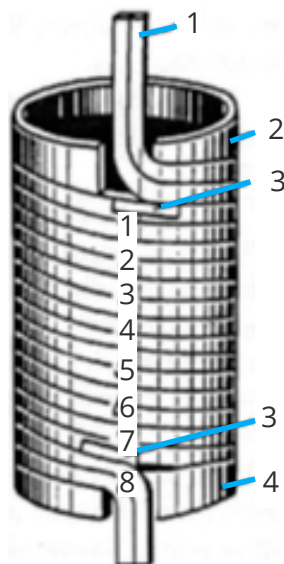


#### DEFINĪCIJA

*Tinuma vadu, kurš vienreiz aptver magnētvasda stieni un kurā magnētiskais lauks inducē elektrodzinējspēku, sauc par vijumu.*

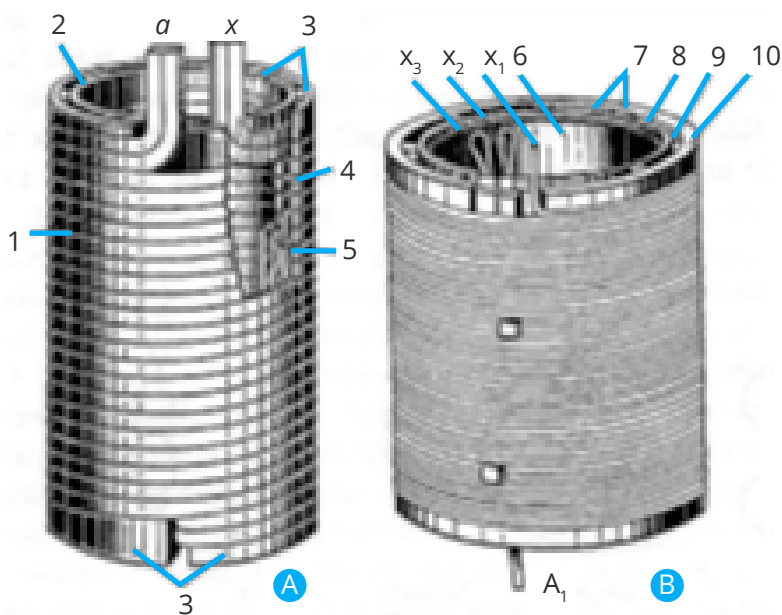
Elektriskā daļa sastāv no tinumiem un transformatora izvadiem. Tinumi uztīti uz magnētvasda stienī un izolēti no tā. Caur tinumiem ilgstoši plūst darba strāva, un tie ir pakļauti gan pārstrāvām, gan pārspriegumiem, līdz ar to šī transformatora daļa ir pakļauta vissmagākajiem darba apstākļiem. Tinumu maksā veido lielāko daļu no transformatora kopējās cenas, un to kalpošanas ilgums galvenokārt nosaka arī paša transformatora kalpošanas ilgumu. Šo iemeslu dēļ tinumiem tiek izvirzītas paaugstinātas prasības gan izbūves, gan ekspluatācijas laikā. Tinuma vadu, kurš vienreiz aptver magnētvasda stieni un kurā magnētiskais lauks inducē elektrodzinējspēku (EDS), sauc par vijumu.

Vijumi var būt gan vienā slānī, gan vairākos. Visu vijumu kopums veido transformatoru tinumu. Tinumiem var būt dažādu veidu konstrukcija, tā ir atkarīga no sprieguma un transformatora jaudas. Visvienkāršākais ir cilindriskais tinums (3.18. attēls), kur 1 – vijums; 2, 4 – izlīdzinošie gredzeni; 3 – izolācijas starplika. Šeit augstsprieguma un zemsprieguma tinumi novietoti blakus viens otram.



3.18. attēls. Vienkāršais cilindriskais tinums

Biežāk izmanto koncentriskos tinumus, kad zemākā sprieguma tinumu uz magnētvasda stieņa uztin pirmo un tam virsū uztin augstākā sprieguma tinumu. 3.19. attēlā (a) parādīts koncentrisks divslāņu tinums. Starp tinumiem ir atstāts kanāls, pa kuru, dzesējot tinumus, cirkulē eļļa. Ja ir vairāki slāņi, katrs nākamais, nepārtraucot ķēdi, tiek tīts virsū iepriekšējam, tikai pretējā virzienā. Lai nodrošinātu sprieguma regulēšanu, tiek izveidoti regulējošie atzari  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  (3.19. attēls, b).



3.19. attēls. Daudzslāņu cilindriskais tinums

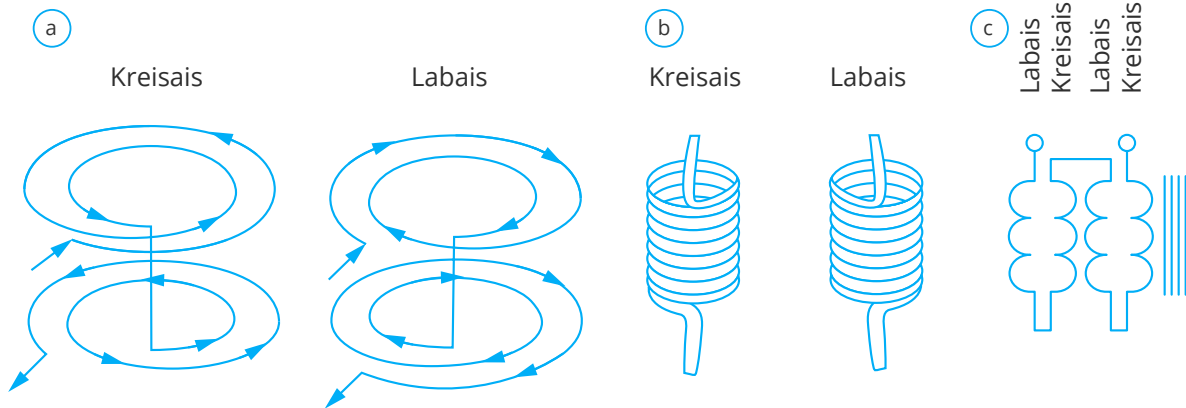
3.19. attēlā redzams daudzslāņu cilindriskais tinums, kur: 1, 4 – vijumi; 2, 5 – līstes; 3 – izlīdzinošais gredzens; 6 – bakelīta papīra cilindrs; 7 – starpslāņu izolācija; 8 – kanāls; 9 – līste; 10 – izolējošais gredzens;  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  – regulējošie atzari.

Vēl var būt jauktais tinuma veids, kad augstākā un zemākā sprieguma tinumi tiek tīti pamīšus. To parasti izmanto speciālajos transformatoros, piemēram, elektrokrāšņu barošanai. Vijums var būt gan

**BŪTISKI**

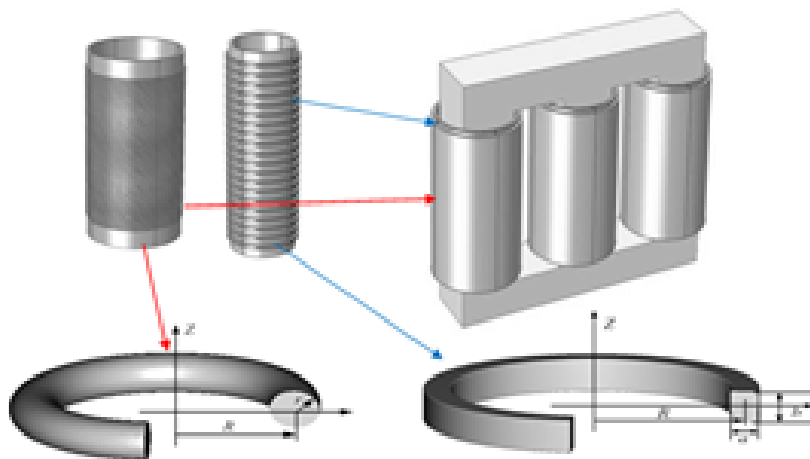
*Tinuma uztīšanas virziens nosaka inducētā EDS virzienu.*

spoles veidā, gan skrūves veidā. Skrūves tinumā var būt viens vai vairāki paralēli vadi – to sauc par viengājiena, divgājiena tinumu utt. Tinuma uztīšanas virziens nosaka inducētā EDS virzienu. Tinumu uztīšanas virzieni parādīti 3.20. attēlā: a) spoļu tinumam; b) vienslāņa cilindriskajam tinumam; c) daudzslāņu cilindriskajam tinumam.



3.20. attēls. Tinumu uztīšanas virzieni

Lielākiem spriegumiem izmanto savītos nepārtrauktos tinumus, jo, savijot blakus esošos vadus, izlīdzinās kapacitatīvā sprieguma sadalījums. To sauc par transpozīcijas principu. Transformatoru tinumus izgatavo no elektrotehniskā vara vai alumīnija. Tinumiem izmanto mīksti apdedzinātu varu, bet kopnēm un strāvu vadošiem stieņiem – cieto varu. Alumīnijam ir sliktākas elektrotehniskās īpašības, toties mazākas izmaksas un svars, tādēļ arī to plaši izmanto transformatoros. Vadi tinumos var būt apaļi vai taisnstūra šķērsgrīzumā, un tos izvieto citu virs cita (3.21. attēls).



3.21. attēls. Transformatoru tinumi un vadu šķērsgrīzumi

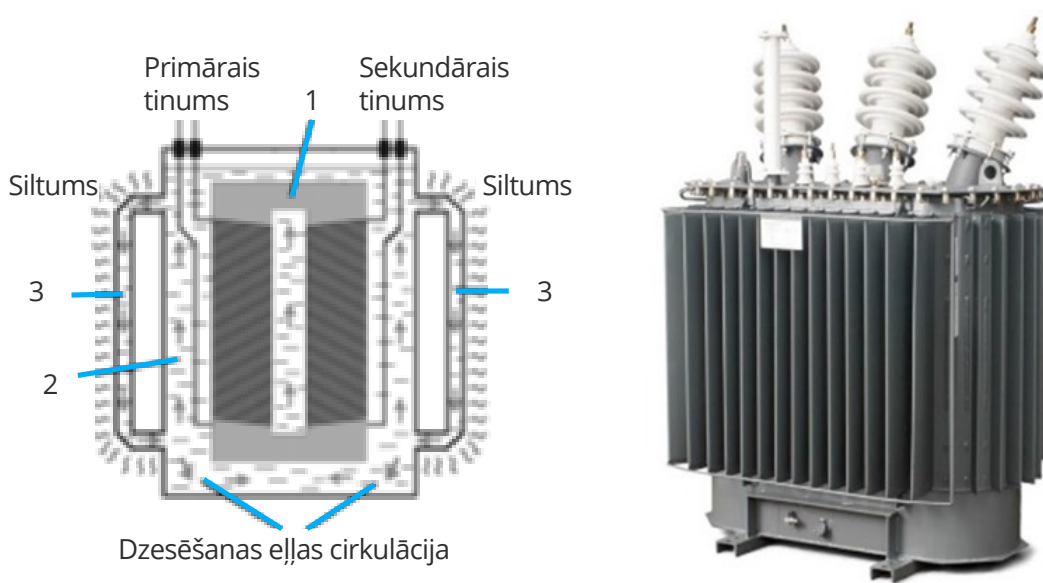
Mūsdienās, izgatavojot transformatoru tinumus ar lielu vadu skaitu vijumā, izmanto vara transponētos vadus. Tie sastāv no daudziem emaljētiem elementārajiem vadiem, kuri novietoti divās rindās. Šie vadi nepārtraukti visā garumā pāriet no vienas rindas uz otru. Tāpēc šādiem vadiem nav jāveic transpozīcija, kas ir darbietilpīga operācija.

Ļoti liela nozīme transformatoros ir izolācijas materiāliem. To uzdevums ir izolēt strāvu vadošās daļas ar dažādiem potenciāliem gan savstarpēji, gan no zemētām konstrukcijām. Izolācijai jāspēj kalpot pie temperatūras paaugstināšanās gan īsslēguma gadījumā, gan pārslodzes un pārsprieguma laikā. Turklāt tai ir droši jākalpo visu ražotāja garantēto transformatora darba mūžu. Parasti tie ir 25 gadi. Kā izolācijas materiālus izmanto elektroizolācijas papīru (kabeļpapīrs, transformatorpapīrs, augstsprieguma kabeļpapīrs), elektrokartonu, emalju, lakaudumus, ar laku piesūcinātu stiklaudumu, papīra bakelīta izolāciju. Eļļas transformatoros izmantotā izolācija pamatā atbilst A klasei ar pieļaujamo ilgstošo darba temperatūru 105 °C. Spēka transformatoros kopā ar cieto izolāciju izmanto arī šķidros dielektriskus, piemēram, eļļu, kas vienlaikus veic arī dzesēšanas funkciju.

### Dzesēšanas sistēma

Transformatoram darbojoties, rodas elektriskās enerģijas zudumi, tie pārvēršas siltumā. Nominālajā darba režīmā šie zudumi veido 75 % no kopējiem transformatora zudumiem. Galvenie siltumenerģijas avoti ir tinumi un magnētvars. Lai transformatoru daļas nepārsniegtu pieļaujamo darba temperatūru, izmanto dažādas dzesēšanas sistēmas.

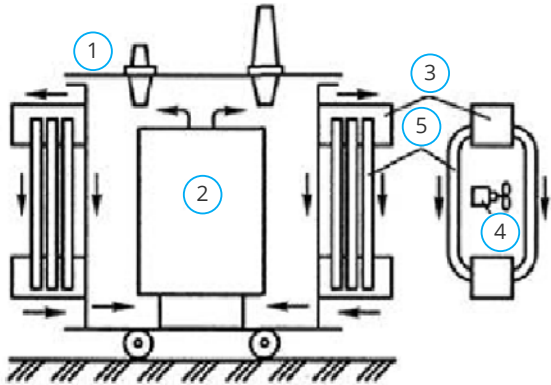
Sausajos transformatoros izmanto dabisko gaisa dzesēšanu. Hermētiskajos sausajos transformatoros tinumu un magnētvara dzesēšanai izmanto gāzes (piemēram, elegāzes) un gaisa cirkulāciju. Šādu transformatoru spriegums ir līdz 20 kV, un tos uzstāda vietās, kur gaisa mitrums nav augstāks par 80 %. Plašāk tiek izmantoti tā saucamie eļļas transformatori. Pirmā ir jāmin sistēma ar dabisko eļļas dzesēšanu (M vai ONAN), kas parādīta 3.22. attēlā. Transformatora tvertne, kurā atrodas aktīvā daļa, tiek piepildīta ar transformatora eļļu. Tinumiem un magnētvardiem uzsilstot, eļļa arī sasilst, un tās blīvums samazinās. Rezultātā eļļa ceļas uz augšu un radiatoros vai caurulēs atdziest. Notiek eļļas dabiskā cirkulācija un liekā siltuma novadīšana apkārtējā vidē. Jo lielāka ir jauda, jo lielāka ir dzesēšanas virsma. Caurules var būt izvietotas vairākās rindās, bet vairāk nekā četrās rindās tās izvietot nav izdevīgi, jo pasliktinās siltuma apmaiņa. Lai palielinātu dzesēšanas efektivitāti, lielākas jaudas transformatoriem lieto ventilatorus (Д vai ONAF).



3.22. attēls. Dabiskā eļļas dzesēšanas sistēma

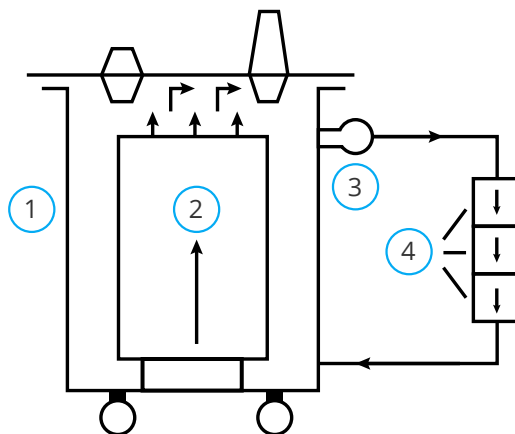
3.22. attēlā redzama dabiskās eļļas dzesēšanas sistēma, kur: 1 – magnētqvads ar tinumu; 2 – tvertne; 3 – dzesēšanas caurules.

10–80 MVA transformatoriem parasti lieto sistēmu ar piespiedu gaisa un dabisko eļļas cirkulāciju (Д vai ONAF), kas parādītā 3.23. attēlā. Ventilatori tiek uzstādīti ārpusē, un gaisa plūsma tiek virzīta uz dzesēšanas radiatoriem. Tādā veidā dzesēšanas efektivitāte palielinās divas reizes. Transformatori ar atslēgtiem ventilatoriem var ilgstoši darboties līdz 50 % no nominālās slodzes.



3.23. attēls. Piespiedu gaisa un dabiskā eļļas cirkulācijas sistēma: 1 – tvertne; 2 – magnētqvads ar tinumiem; 3 – kolektori; 4 – ventilatori; 5 – radiatori

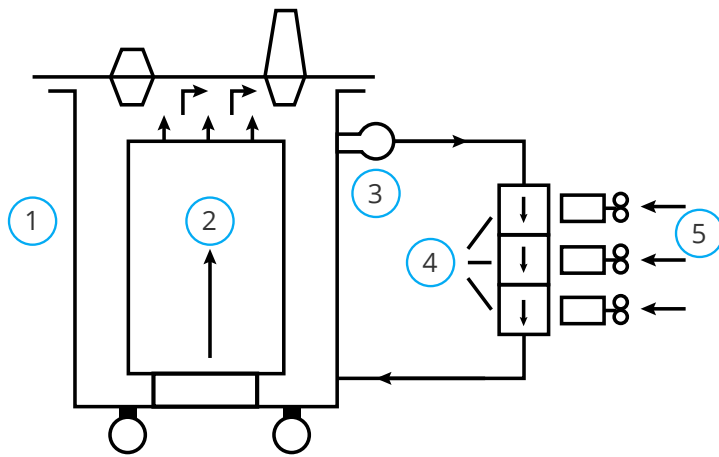
3.24. attēlā parādīta sistēma ar piespiedu eļļas un dabīgo gaisa cirkulāciju (MЦ vai OFAN). Šajā gadījumā sūkņi tiek iebūvēti katra radiatora cauruļvadā, kas nodrošina palielinātu eļļas cirkulāciju gar tinumiem un magnētqvadu. Šīs sistēmas ieguvums ir iespēja samazināt transformatora gabarītus. Ar atslēgtiem sūkņiem transformators var ilgstoši darboties režīmā pie 30–40 % no nominālās slodzes.



3.24. attēls. Piespiedu eļļas un dabīgā gaisa cirkulācijas sistēma: 1 – tvertne; 2 – magnētqvads ar tinumiem; 3 – elektrosūknis; 4 – radiatori

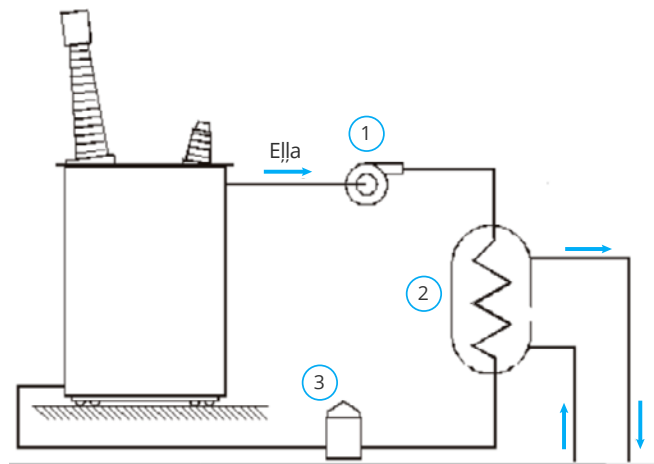
Nākamais variants ir sistēma ar piespiedu gaisa un piespiedu eļļas cirkulāciju (ДЦ vai OFAF) (3.25. attēls), to izmanto transformatoriem ar 80–400 MVA jaudu. Lai eļļu atdzesētu, tā ar sūkņi tiek virzīta caur speciāliem, atsevišķi novietotiem mazgabarīta dzesētājiem, uz kuriem savukārt tiek virzīta gaisa plūsma no ventilatoriem.





3.25. attēls. Piespiedu gaisa un piespiedu eļļas cirkulācijas sistēma: 1 – tvertne; 2 – magnētqvads ar tinumiem; 3 – elektrosūkknis; 4 – radiatori; 5 – ventilatori

Vēl jāpiemin ūdens un eļļas piespiedu dzesēšanas sistēma. Šajā sistēmā eļļa caurulēs plūst caur ūdens dzesētāju, kurā notiek piespiedu ūdens cirkulācija. Siltumenerģijas pāreja uz ūdeni ir daudz augstāka nekā pāreja uz gaisu. Tas dod iespēju veidot kompaktākas dzesēšanas sistēmas. Trūkums ir tas, ka šādā sistēmā transformatori nevar strādāt ar atslēgtiem sūkņiem.



3.26. attēls. Piespiedu eļļas un piespiedu ūdens cirkulācijas sistēma: 1 – elektrosūkknis; 2 – siltumapmaiņas tvertne; 3 – filtrs

Pašlaik šāda tipa dzesēšanas sistēmas praktiski neizmanto [35].

## 3.5. TRANSFORMATORA TINUMU SLĒGUMA SHĒMAS

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektrisko mašīnu un iekārtu pieslēgšana”.



### IEVĒRĪBAI

Trīsfāžu transformatoru tinumus var slēgt zvaigznē (Y), trīsstūrī ( $\Delta$ ) vai zigzaga slēgumā (Z).



### IEVĒRĪBAI

Augstākā sprieguma tinuma sākuma gala spaiļes apzīmē ar  $A, B, C$ , bet beigu galu spaiļes – attiecīgi ar  $X, Y, Z$ . Vidējā sprieguma sākuma gala spaiļes ir  $A_m, B_m, C_m$ , beigu galu spaiļes –  $X_m, Y_m, Z_m$ . Zemākā sprieguma sākuma galu spaiļes apzīmē ar  $a, b, c$ , beigu galus – ar  $x, y, z$ .

Trīsfāžu transformatoru tinumus var slēgt zvaigznē (Y), trīsstūrī ( $\Delta$ ) vai zigzaga slēgumā (Z) (3.1. tabula). Turklāt zvaigznes un zigzaga slēgums var būt ar nulles punkta izvadu  $Y_0, Z_0$  vai bez tā. Neatkarīgi no tinumu savienojumu shēmas katras fāzes tinumam ir sākums un beigas. Parasti izmanto  $Y/Y_0, \Delta/Y_0$  un  $Y/Z_0$  savienojumus.

Saslēdzot tinumus kādā no šīm shēmām, augstākā sprieguma tinuma sākuma gala spaiļes apzīmē ar  $A, B, C$ , bet beigu galu spaiļes – attiecīgi ar  $X, Y, Z$  (sk. 3.1. tabulu). Vidējā sprieguma sākuma gala spaiļes ir  $A_m, B_m, C_m$ , beigu galu spaiļes –  $X_m, Y_m, Z_m$ . Zemākā sprieguma sākuma galu spaiļes apzīmē ar  $a, b, c$ , beigu galus – ar  $x, y, z$ . Ja tinumiem ir atzari sprieguma regulēšanai, tad to beigu un sākumu galus apzīmē ar cipariem 1, 2, 3. [27]

3.1. tabula

Trīsfāžu transformatora tinuma slēguma veidi un grafiskie apzīmējumi

Slēgumu veidi	Grafiskie apzīmējumi
Zvaigznes slēgums	
Zvaigznes slēgums ar nulles punktu	
Trīsstūra slēgums	
Zigzaga slēgums	
Zigzaga slēgums ar nulles punktu	

## Zvaigznes slēgums



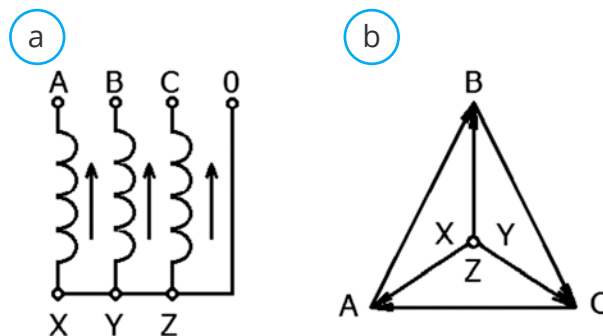
### BŪTISKI

Zvaigznes slēgumā fāzes spriegums ir  $\sqrt{3}$  reizes mazāks par līnijas spriegumu.

Slēdzot trīsfāžu tinumus zvaigznē, to beigas savieno vienā punktā, bet sākumus atstāj brīvus, vai otrādi – sākumus savieno un beigas atstāj brīvas (3.27. attēls). Zvaigznes slēgumā fāzes spriegums ir  $\sqrt{3}$  reizes mazāks par līnijas spriegumu, bet fāzes un līnijas strāvas ir vienādas.

Šajā slēgumā  $U_f = U_l/\sqrt{3}$ , bet  $I_f = I_l$ ,

kur  $U_f$  – fāzes spriegums;  $U_l$  – līnijas spriegums;  $I_f$  – fāzes strāva;  $I_l$  – līnijas strāva.

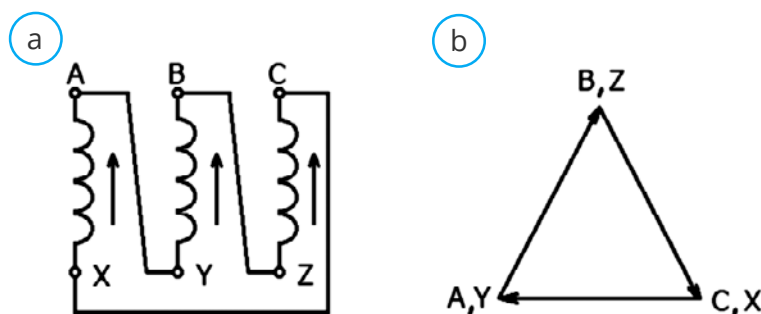


3.27. attēls. Zvaigznes slēgums ar nulles punktu: a – principiālā shēma; b – vektoru diagramma

## Trīsstūra slēgums

Savienojot tinumus trīsstūrī, katra tinuma sākumu pievieno iepriekšējā tinuma beigām (3.28. attēls). Šajā slēgumā  $U_f = U_l$ , bet  $I_f = I_l/\sqrt{3}$ .

No tā izriet, ka pie vienādiem nosacījumiem trīsstūra slēguma gadījumā vijumu skaits būs  $\sqrt{3}$  reizes lielāks nekā zvaigznes slēgumā, bet vadu šķērsriezums attiecīgi būs  $\sqrt{3}$  reizes mazāks.

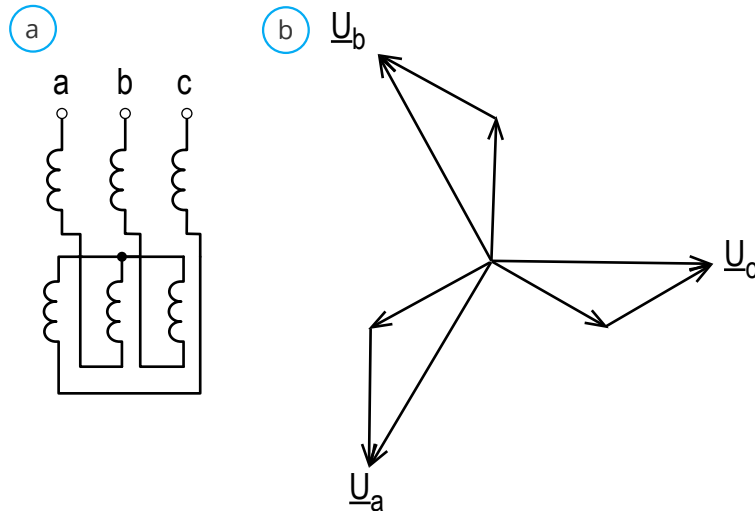


3.28. attēls. Trīsstūru slēgums: a – principiālā shēma; b – vektoru diagramma

## Zigzaga slēgums

Šajā slēgumā spriegumi un strāvas sadalās tāpat kā zvaigznes slēgumā, bet vijumu skaits ir par 16 % lielāks. Šādu tinumu priekšrocības izpaužas nesimetriskajos transformatora darba režīmos. Kā redzams 3.29. attēlā, fāzes tinums ir sadalīts divās daļās un uztīts uz diviem dažādu fāžu stieņiem. Abas tinuma daļas savienotas virknes pretslēgumā. Rezultātā pievadītā nullsecības strāva uz viena

stieņa uztītajiem divu fāžu tinumiem darbojas savstarpēji atmagnetizējoši. To izmanto 0,4 kV tīklos, kad ir garas zemsprieguma līnijas, jo atšķirīgas fāžu noslodzes gadījumā neitrālei nerodas potenciāls pret zemi, kas samazina fāžu nesimetriju. Otrā priekšrocība ir saistīta ar vienfāzes īsslēguma strāvas pieaugumu, kas nodrošina lielāku aizsardzības jutību. Kā trūkumu var minēt sekundārā vijumu skaita pieaugumu  $2/\sqrt{3}$  reizes un sarežģītāku transformatora izgatavošanu.



3.29. attēls. Zigzaga slēgums: a – principiālā shēma; b – vektoru diagramma

### Transformācijas koeficients



#### DEFINĪCIJA

Par transformācijas koeficientu  $K$  sauc AS tinumā inducētā EDS attiecību pret ZS tinuma EDS.

Par transformācijas koeficientu  $K$  sauc AS tinumā inducētā EDS attiecību pret ZS tinuma EDS. Primāro līnijas  $U_{l1}$  un sekundārā līnijas  $U_{l2}$  spriegumu attiecība (līnijas spriegumu transformācijas koeficients  $K_l$ ) ir atkarīgs ne tikai no vijumu skaita tinumos  $W_1$  un  $W_2$ , bet arī no tinumu savienojumu shēmas (3.2. tabula).

3.2. tabula

### Līnijas spriegumu transformācijas koeficientu atkarība no tinumu savienojumu shēmas

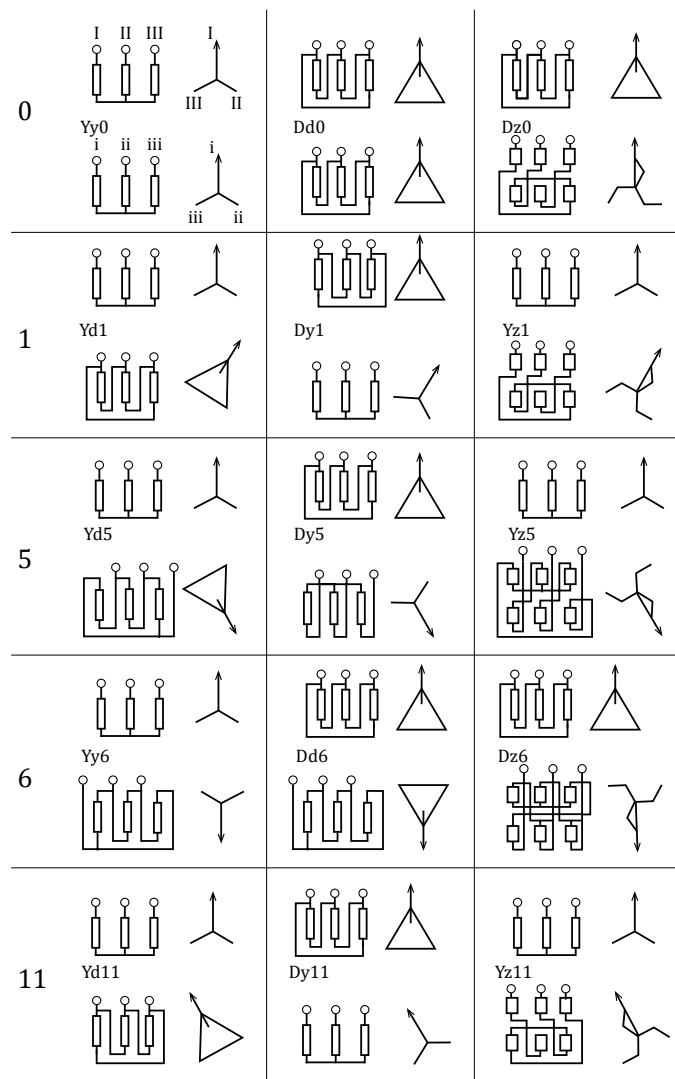
Tinumu slēgums	Transformācijas koeficients
Y/Y un $\Delta/\Delta$	$K_1 = \frac{U_{l1}}{U_{l2}} = \frac{W_1}{W_2}$
Y/ $\Delta$	$K_1 = \frac{U_{l1}}{U_{l2}} = \frac{\sqrt{3}W_1}{W_2}$

Tinumumu slēgums	Transformācijas koeficients
$\Delta/Y$	$K_1 = \frac{U_{l1}}{U_{l2}} = \frac{W_1}{\sqrt{3}W_2}$

Praksē parasti trīsfāžu spēka transformatoriem izmanto šādas slēgumu shēmas:

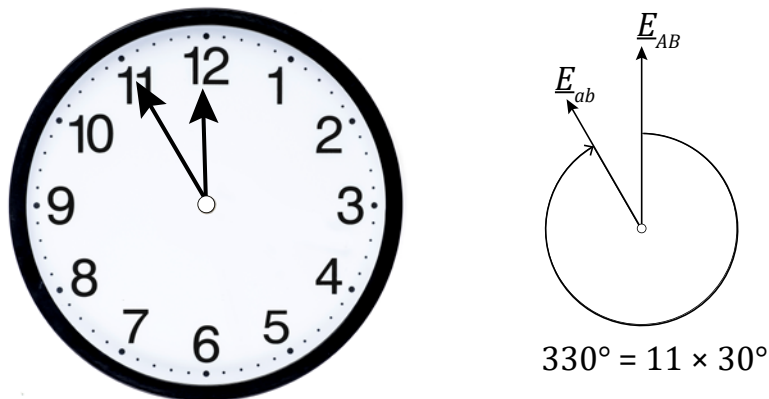
- 1) zvaigznes slēgums / zvaigznes slēgums ar nulles punktu –  $Y/Y_0$ ;
- 2) zvaigznes slēgums / trīsstūra slēgums –  $Y/\Delta$ ;
- 3) zvaigznes slēgums ar nulles punktu / trīsstūra slēgums –  $Y_0/\Delta$ ;
- 4) zvaigznes slēgums / zigzaga slēgums ar nulles punktu –  $Y/Z_0$ ;
- 5) trīsstūra slēgums / zvaigznes slēgums ar nulles punktu –  $\Delta/Y_0$ ;
- 6) trīsstūra slēgums / trīsstūra slēgums –  $\Delta/\Delta$ .

Transformatoru ekspluatācijā liela nozīme ir arī slēgumu grupām (3.30. attēls).



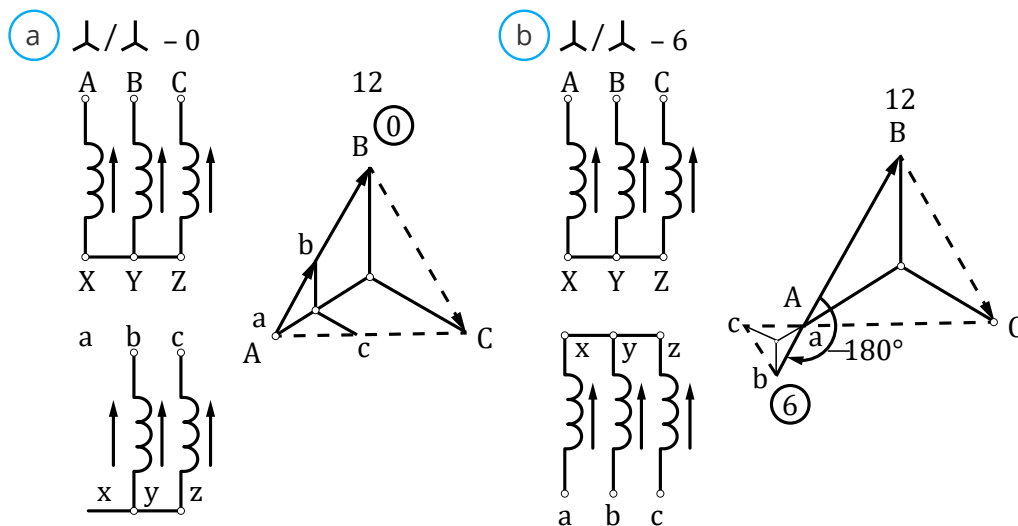
3.30. attēls. Transformatoru slēgumu grupas

Slēgumu grupas nosaka leņķi starp vienāda nosaukuma līnijas vai fāzes spriegumiem transformatora primārajā un sekundārajā pusē. Grupas numuru atrod, izmantojot pulksteņa ciparnīcu. Ja augstākā sprieguma (AS) vektoru orientē pulksteņa ciparnīcā uz stāvokli 12, ko apzīmē ar stāvokli 0, tad zemākā sprieguma (ZS) vektors pulksteņa rādītāja virzienā būs orientēts pret ciparnīcas stāvokli, kas arī norādīs slēgumu grupas numuru (3.31. attēls) [27].



3.31. attēls. Transformatoru slēgumu grupas noteikšana

Piemēram, 3.32. attēlā (a) gan AS tinums, gan ZS tinums ir uztīti vienā virzienā un arī vektori abos tinumos būs vērsti vienā virzienā. Pulksteņa ciparnīcā tas atbilst stāvoklim 12, un šo grupu mēs saucam par nulles grupas slēgumu  $Y/Y - 0$ . 3.31. attēlā (b) AS un ZS tinumi ir uztīti pretējos virzienos, un mēs iegūstam sestās grupas slēgumu  $Y/Y - 6$ .



3.32. attēls. Trīsfāžu transformatora slēguma grupa 0 (a) un 6 (b)

Tādējādi trīsfāžu transformatoros katram slēguma veidam var izveidot 12 grupas ar fāžu nobīdes leņķi  $30^\circ$  starp līnijas EDS AS un ZS tinumos, turklāt zigzaga slēgumā kopā ar zvaigznes vai trīsstūra slēgumu var vēl iegūt arī citu nobīdi. Praksē, lai optimizētu transformatoru darbību un ekspluatāciju, parasti izgatavo transformatorus ar nulles vai vienpadsmito slēguma grupu [37].

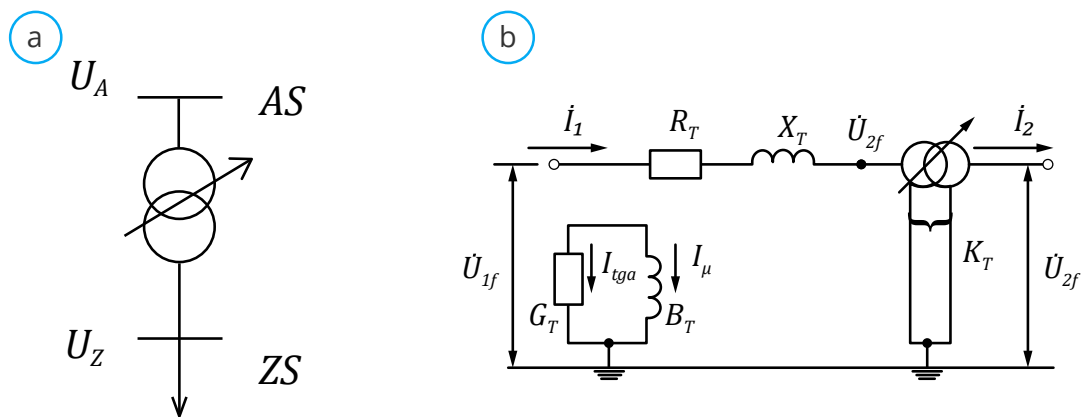
### 3.6. TRANSFORMATORU AIZVIETOŠANAS SHĒMAS

Šī apakšnodaļa atbilst modulim "Elektrisko mašīnu un iekārtu pieslēgšana".

Energētikā ir uzdevumi, kas prasa aprēķinus, piemēram, relejaizsardzības iestatījumiem, transformatoru darba režīmiem, tīkla jaudas un elektroenerģijas zudumiem utt. Lai veiktu šādus aprēķinus, izmanto aizvietošanas shēmas.

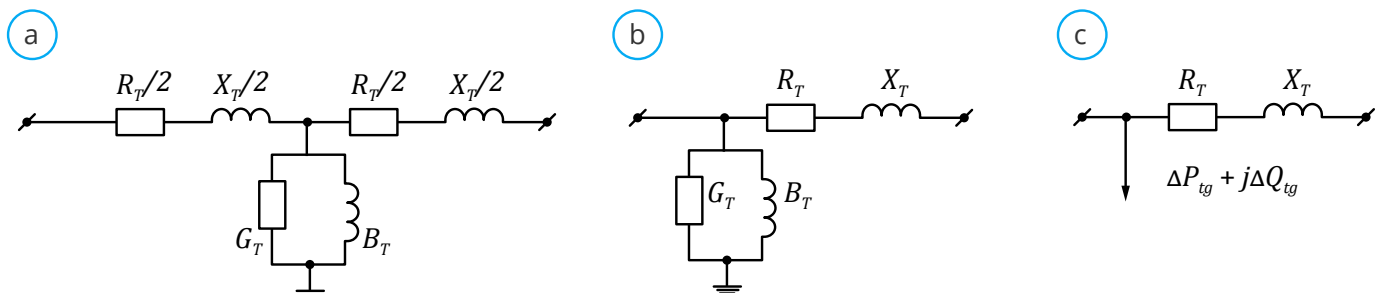
#### Divtinumu transformatoru aizvietošanas shēmas un to parametri

Visbiežāk izmantotās divtinumu transformatoru aizvietošanas shēmas redzamas 3.33. un 3.34. attēlā, kas atspoguļo sprieguma un strāvas transformācijas procesu. 3.33. attēlā (b) parādīta G veida aizvietošanas shēma ar ideālu transformatoru, kur  $R_T = R_1 + R_2$  – primārā un sekundārā tinuma aktīvo pretestību summa;  $X_T = X_1 + X_2$  – primārā un sekundārā tinuma izkliedes inductīvo pretestību summa;  $G_T$  un  $B_T$  – vadītspējas, kas nosaka transformatora tukšgaitas strāvas aktīvo un reaktīvo komponenti;  $K_T$  – ideāla transformatora (bez pretestībām) transformācijas koeficients;  $\dot{U}'_{2f}$  – sekundārās puses fāzes spriegums, kas reducēts uz primārās puses spriegumu  $U_{1f}$ .



3.33. attēls. Divtinuma transformatora grafiskais apzīmējums (a) un G veida aizvietošanas shēma ar ideālu transformatoru (b)

T veida shēma parādīta 3.34. attēlā (a). Tā ir precīza transformatora aizvietošanas shēma. G veida shēma attēlota 3.34. attēlā (b). Tā ir vienkāršota transformatora aizvietošanas shēma. 3.34. attēlā (c) aktīva un inductīvā vadītspēja izteikta ar transformatora tukšgaitas zudumiem.



3.34. attēls. T veida aizvietošanas shēma (a), vienkāršotā aizvietošanas shēma (b) un transformatora aizvietošanas shēma ar tukšgaitas zudumiem (c)

**IEVĒRĪBAI**

*Transformatoru galvenie tehniskie parametri ir aktīvā un reaktīvā pretestība un vadītspēja uz fāzi.*

Trīsfāžu divtinumu transformatorus uzstāda gan sadales, gan pārvades tīklos. Transformatoru galvenie tehniskie parametri ir aktīvā un reaktīvā pretestība un vadītspēja uz fāzi [7]. Parasti transformatoru ražotāji transformatoru pasē uzrāda ne tikai nominālo jaudu  $S_{nT}$  un nominālo spriegumu  $U_{nT}$ , bet arī šādus tehniskos parametrus: aktīvās jaudas zudumi transformatora tinumos (zudumi varā) pie nominālās slodzes  $\Delta P_v$ ; transformatora īsslēguma spriegums procentos  $U_k$  %; transformatora tukšgaitas aktīvie zudumi  $\Delta P_{tg}$  jeb aktīvās jaudas zudumi tēraudā; un uz serdes pārmagnetizēšana un virpuļstrāvas reaktīvie tukšgaitas zudumi jeb magnetizējošā jauda, kas ir saistīta ar tukšgaitas strāvu  $I_{tg}$  %. Ja šie dati ir zināmi, var aprēķināt transformatora parametrus [7].

Transformatora aktīvo pretestību izsaka formula:

$$R_T = \frac{\Delta P_v \cdot U_{nT}^2}{S_{nT}^2}, \Omega, \quad (3.3.)$$

kur

$\Delta P_v$  – aktīvās jaudas zudumi transformatora tinumos (W);

$U_{nT}$  – augstākā sprieguma tinuma nominālais spriegums (V);

$S_{nT}$  – transformatora pilnā jauda (VA).

Transformatora pilno pretestību aprēķina, izmantojot formulu:

$$Z_T = \frac{U_k \% \cdot U_{nT}^2}{S_{nT}}, \Omega, \quad (3.4.)$$

kur  $U_k$  % – transformatora īsslēguma spriegums procentos (%).

Transformatora induktīvo pretestību var noteikt pēc formulas:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}, \Omega \quad (3.5.)$$

Aprēķinos ir jāņem vērā, ka transformatora pilnā pretestība ir kompleksais skaitlis  $Z_T = R_T + jX_T$ .

Praktiskajos aprēķinos transformatoriem ar jaudu no 1000 kVA aktīvā pretestība ir relatīvi maza  $R_T \ll X_T$ , un var pieņemt, ka  $Z_T \approx X_T$ .



Transformatora aktīvo vadītspēju aprēķina pēc formulas:

$$G_T = \frac{\Delta P_{tg}}{U_{nT}^2}, S, \quad (3.6.)$$

kur  $\Delta P_{tg}$  – transformatora aktīvie tukšgaitas zudumi (W).

Transformatora reaktīvo induktīvo vadītspēju nosaka pēc formulas:

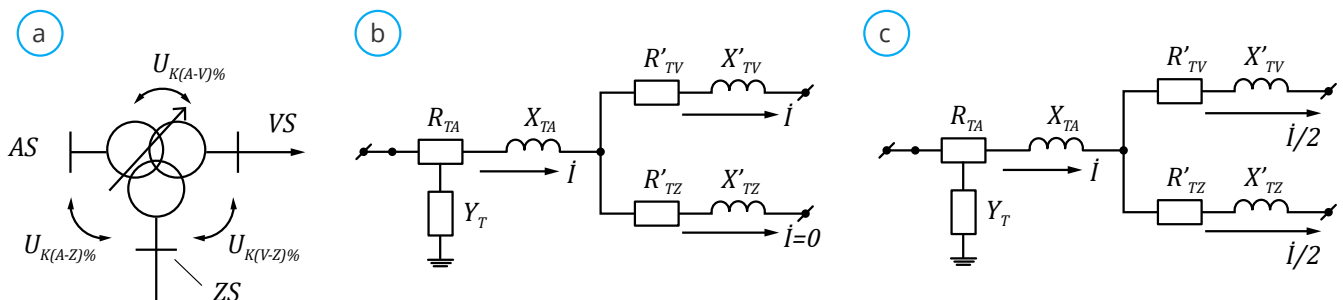
$$B_T = \frac{I_{tg}\% \cdot S_{nT}}{U_{nT}^2}, S, \quad (3.7.)$$

kur  $I_{tg}\%$  – transformatora tukšgaitas strāva procentos no nominālās strāvas (%).

Tāpat kā transformatoru pilnā pretestība, arī to pilnā vadītspēja ir kompleksais skaitlis  $Y_T = G_T - jB_T$ .

### Trīstinumu transformatoru aizvietošanas shēmas un to parametri

Trīsfāžu trīstinumu transformatorus parasti lieto, ja apakšstacijā nepieciešami divi dažādi zemākā sprieguma līmeņi. Lai aizstātu divus divtinumu transformatorus, uzstāda vienu trīstinumu. Trīstinuma transformatora grafiskais attēls redzams 3.35. attēlā (a).



3.35. attēls. Trīstinumu transformatora grafiskais apzīmējums (a); trīstinumu transformatora ekvivalentā shēma (b); strāva  $i$  plūst tikai pa diviem tinumiem (c)

Parasti par trīstinumu transformatoru nominālo jaudu pieņem augstākā sprieguma tinuma jaudu. Pārvades tīklā trīstinumu transformatori parasti saista tīklus ar nominālo spriegumu 110/20/10(6) kV un 220/35/10(6) kV. Pēc jaunākajiem standartiem, trīstinumu transformatoriem visus trīs tinums izgatavo ar 100 % noslodzi, proti, katrs transformatora tinums aprēķināts tā nominālajai strāvai, līdz ar to par jebkuriem diviem transformatoriem pie trešā (atslēgtā) iespējams pārvadīt pilno nominālo jaudu. Aktīvās vadītspējas  $G_T$  un reaktīvās vadītspējas  $B_T$  trīstinumu transformatoriem nosaka līdzīgi kā divtinumu transformatoriem. Savukārt aktīvās un induktīvās pretestības nosaka, pieņemot, ka visas ekvivalentās shēmas aktīvās pretestības ir reducētas uz augstākā tinuma spriegumu un ir aptuveni vienādas:

$$R_T = R_{TA} \approx R_{TV}' \approx R_{TZ}', \quad (3.8.)$$

kur

$R_{TA}$  – transformatora augstākā sprieguma tinums;

$R'_{TV}$  – transformatora vidējā sprieguma tinuma reducētā aktīvā pretestība;

$R'_{TZ}$  – transformatora zemākā sprieguma tinuma reducētā aktīva pretestība.

Īsslēguma zudumus transformatoriem rūpnīcās uzstāda sliktākajam gadījumam –  $\Delta P_{Vmaks}$ . Lai noskaidrotu, kādam strāvu (jaudu) sadalījumam starp tinumiem atbilst vislielākie jaudas zudumi, jāaplūko divi robežgadījumi. Pirmais robežgadījums: pieņemam, ka visa strāva plūst augstākā sprieguma tinumā un sadalās vienādās daļās – vidējā un zemākā sprieguma tinumā (3.35. attēls, *b*). Otrais robežgadījums: strāva  $I$ , kas plūst augstākā sprieguma tinumā, plūst arī vidējā sprieguma tinumā (3.35. attēls, *c*). Zemākā sprieguma tinumā strāva ir nulle. Šis gadījums atbilst maksimālajiem jaudas zudumiem transformatorā. Pirmajā robežgadījumā summāri jaudas zudumi varā:

$$\Delta P_{V1} = I^2 \cdot R_{TA} + \frac{I^2}{4} \cdot R'_{TV} + \frac{I^2}{4} \cdot R'_{TZ} = R_T \cdot I^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right) = 1.5 \cdot I^2 \cdot R_T, \quad (3.9.)$$

Otrajā robežgadījumā summārie jaudas zudumi varā:

$$\Delta P_{V2} = I^2 \cdot R_{TA} + I^2 \cdot R'_{TV} = 2 \cdot I^2 \cdot R_T \quad (3.10.)$$

Aktīvās pretestības saskaņā ar 3.11. un 3.12. formulu:

$$R_{TA} + R'_{TV} = 2 \cdot R_T = \frac{\Delta P_{Vmaks} \cdot U_{nT}^2 \cdot 10^3}{S_{nT}^2}, \Omega \quad (3.11.)$$

$$R_{TA} = R'_{TV} = R'_{TZ} = \frac{\Delta P_{Vmaks} \cdot U_{nT}^2}{2 \cdot S_{nT}^2} \cdot 10^3, \Omega \quad (3.12.)$$



### BŪTISKI

Lai aprēķinātu trīstinumu transformatoru induktīvās pretestības, jānosaka katra tinuma īsslēguma spriegums.

Lai aprēķinātu trīstinumu transformatoru induktīvās pretestības, jānosaka katra tinuma īsslēguma spriegums. Šos spriegumus var izteikt ar vienādojumiem:

$$U_{K(A-V)}\% = U_{KA}\% + U_{KV}\%$$

$$U_{K(A-Z)}\% = U_{KA}\% + U_{KZ}\%$$

$$U_{K(V-Z)}\% = U_{KV}\% + U_{KZ}\% \quad (3.13.)$$

Atrisinot šo vienādojumu sistēmu, attiecībā pret nezināmajiem aprēķina  $U_{KA} \%$ ,  $U_{KV} \%$ ,  $U_{KZ} \%$ :

$$\begin{aligned} U_{KA} \% &= \frac{1}{2} \cdot [U_{K(A-V)} \% + U_{K(A-Z)} \% - U_{K(V-Z)} \%] \\ U_{KV} \% &= U_{K(A-V)} \% - U_{KA} \% \\ U_{KZ} \% &= U_{K(A-Z)} \% - U_{KA} \% \end{aligned} \quad (3.14.)$$

Atsevišķu tinumu induktīvās pretestības transformatoriem ar pilno jaudu virs 1000 kVA ( $S_{nT} \geq 1000$  kVA) nosaka pēc formulām:

$$\begin{aligned} X_{TA} &= \frac{U_{KA} \% \cdot U_{nT}^2}{S_{nT}} \cdot 10, \quad \Omega \\ X'_{TV} &= \frac{U_{KV} \% \cdot U_{nT}^2}{S_{nT}} \cdot 10, \quad \Omega \\ X_{TA} &= \frac{U_{KZ} \% \cdot U_{nT}^2}{S_{nT}} \cdot 10, \quad \Omega \end{aligned} \quad (3.15.)$$

### Autotransformatoru aizvietošanas shēmas un to parametri

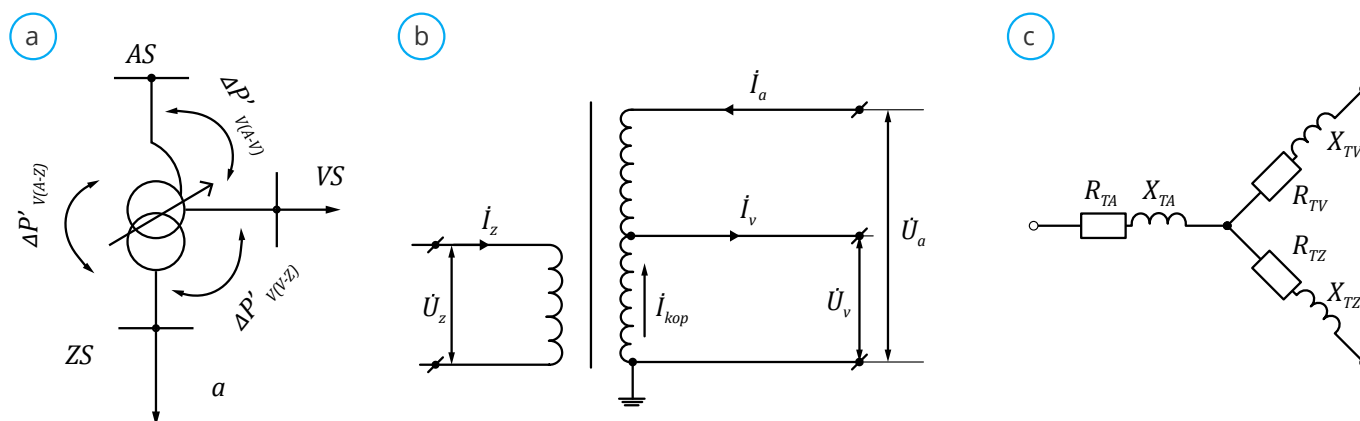


#### IEVĒRĪBAI

*Autotransformatorus lieto tikai efektīvi zemētas neitrāles tīklos ar 330 kV, 500 kV, 750 kV nominālo spriegumu.*

Autotransformatoros augstākā un vidējā sprieguma tinumi ir saistīti elektriski, bet šie paši tinumi ar zemākā sprieguma tinumu saistīti magnētiski. 3.36. attēlā redzama vienfāzes trīstinumu autotransformatora shēma, kur augstākā sprieguma tinuma daļa vienlaikus ir arī vidējā sprieguma tinums. Trīsfāžu izpildījumā augstākā un vidējā sprieguma tinumu parasti slēdz zvaigznē ar kopīgu nullpunktu. Zemākā sprieguma tinumu visbiežāk saslēdz trīsstūra slēgumā.

Autotransformatorus lieto tikai efektīvi zemētas neitrāles tīklos ar 330 kV, 500 kV, 750 kV nominālo spriegumu, turklāt arī autotransformatora neitrālei ir jābūt zemētai. Pretējā gadījumā, notiekot vienfāzes zemesslēgumam augstākā vai vidējā sprieguma tīklā, uz autotransformatoru tinumiem nonāk nepieļaujami liels spriegums. Autotransformatoriem salīdzinājumā ar tādas pašas nominālās jaudas transformatoru ir vairākas priekšrocības: tiem ir lētāka izgatavošana, mazāki izmēri un svars, mazāki jaudas un sprieguma zudumi, mazāka magnetizējošā strāva.



3.36. attēls. Autotransformatora shēmas: a – autotransformatora grafiskais apzīmējums; b – autotransformatora elektriskā shēma vienfāzes izpildījumā; c – autotransformatora aizvietošanas shēma

Autotransformatora nominālā jauda  $S_{nom}$  ir tā caurplūdes jauda nominālā režīmā, to nosaka pēc formulas:

$$S_{nom} = \sqrt{3} \cdot U_a \cdot I_a \approx \sqrt{3} \cdot U_V \cdot I_V \quad (3.16.)$$

Strāva, kura plūst kopējā tinumā, ir slodžu strāvu ģeometriskā summa, kuru varam aprēķināt ar formulu:

$$\dot{I}_{kop} = \dot{I}_a + \dot{I}_V \quad (3.17.)$$

Pazeminošiem autotransformatoriem strāvu algebriskā summa ir:

$$\dot{I}_{kop} = \dot{I}_V - \dot{I}_a \quad (3.18.)$$



### IEVĒRĪBAI

Autotransformatoru raksturošanai parasti lieto jēdzienu "tipveida jauda", uz šo jaudu tiek aprēķināti visi autotransformatora tinumi.

Autotransformatoru raksturošanai parasti lieto jēdzienu "tipveida jauda", uz šo jaudu tiek aprēķināti visi autotransformatora tinumi. Tinuma jauda ir transformētā jauda, ko pārvada no primārās puses uz sekundāro magnētisko lauku. Augstākā sprieguma tinuma jaudu nosaka pēc izteiksmes:

$$S_{ta} = \sqrt{3} \cdot (U_a \cdot U_V) \cdot I_a = \sqrt{3} \cdot U_a \cdot I_a \cdot \left(1 - \frac{U_V}{U_a}\right) = S_{nom} \cdot \left(1 - \frac{1}{K_T}\right) = S_{nom} \cdot \alpha_T, \quad (3.19.)$$

kur

$K_T$  – transformācijas koeficients;

$\alpha_T$  – izdevīguma koeficients jeb tipveida jaudas koeficients.

Šajā gadījumā, aprēķinot  $S_{ta}$ , varam secināt, ka tinuma jauda ir mazāka nekā nominālā jauda par izdevīguma koeficientu  $\alpha_T$ . Šis koeficients ir atkarīgs no transformācijas koeficienta, un, jo mazāks transformācijas koeficients, jo mazāks  $\alpha_T$ . Vidējā un zemākā sprieguma tinumi arī atbilst tipveida jaudai un var būt aprēķinātas līdzīgi 3.19. izteiksmei, līdz ar to varam uzrakstīt sakarību:

$$S_{ta} = S_{tv} = S_{tz} = S_{nom} \cdot \alpha_T \quad (3.20.)$$

Autotransformatora aktīvo un reaktīvo vadītspēju aprēķina kā divtinumu transformatoriem (aprēķinos bieži var neievērot). Aktīvo pretestību aprēķina kā divtinumu transformatoriem, 3.3. formulā izmantojot zudumus varā atsevišķiem tinumiem. Ņemot no kataloga datiem autotransformatoru zudumus varā starp atsevišķiem tinumiem, tie ir jāpārreķina pēc vienādojumu sistēmas pie nominālās jaudas  $S_{nom}$ , jo tie tiek uzdoti pie tinumu jaudas:

$$\begin{aligned} \Delta P_{V(A-V)} &= \Delta P_{V(A-V)}^t, \\ \Delta P_{V(A-Z)} &= \Delta P_{V(A-Z)}^t \cdot \left(\frac{S_{nom}}{S_t}\right)^2 = \Delta P_{V(A-Z)}^t \cdot \frac{1}{\alpha_T^2}, \\ \Delta P_{V(V-Z)} &= \Delta P_{V(V-Z)}^t \cdot \left(\frac{S_{nom}}{S_t}\right)^2 = \Delta P_{V(V-Z)}^t \cdot \frac{1}{\alpha_T^2}. \end{aligned} \quad (3.21.)$$

Tālāk no 3.21. vienādojumu sistēmas jāatrisina vienādojumu sistēma:

$$\begin{aligned} \Delta P_{V(A-V)} &= \Delta P_{V(A)} + \Delta P_{V(V)}, \\ \Delta P_{V(A-Z)} &= \Delta P_{V(A)} + \Delta P_{V(Z)}, \\ \Delta P_{V(V-Z)} &= \Delta P_{V(V)} + \Delta P_{V(Z)}. \end{aligned} \quad (3.22.)$$

No 3.20. vienādojuma izsaka atsevišķo autotransformatora tinumu zudumus varā:

$$\begin{aligned} \Delta P_{V(A)} &= \frac{1}{2} [\Delta P_{V(A-V)} + \Delta P_{V(A-Z)} - \Delta P_{V(V-Z)}], \\ \Delta P_{V(V)} &= \Delta P_{V(A-V)} - \Delta P_{V(A)}, \\ \Delta P_{V(Z)} &= \Delta P_{V(A-Z)} - \Delta P_{V(A)}. \end{aligned} \quad (3.23.)$$

Tāpat kā trīstinumu transformatoriem, nosaka arī katra tinuma īsslēguma spriegumu un aprēķina induktīvās pretestības.

Autotransformatoru īsslēguma spriegumi starp atsevišķiem tinumiem katalogu pasu datos arī ir uzdoti pie tinumu jaudas [31]. Lai aizvietošanas shēmas panāktu vienveidību, īsslēguma spriegumus pārreķina pie nominālās jaudas, ko izsaka pēc vienādojumiem:

$$\begin{aligned} U_{K(A-V)} \% &= U_{K(A-V)}^t \%, \\ U_{K(A-Z)} \% &= U_{K(A-Z)}^t \% \cdot \frac{S_{nom}}{S_t} = \frac{U_{K(A-Z)}^t \%}{\alpha_T}, \\ U_{K(V-Z)} \% &= U_{K(V-Z)}^t \% \cdot \frac{S_{nom}}{S_t} = \frac{U_{K(V-Z)}^t \%}{\alpha_T}. \end{aligned} \quad (3.24.)$$

## Transformatoru ar šķeltajiem tinumiem aizvietošanas shēmas un to parametri



### IEVĒRĪBAI

Trīsfāžu transformatoros šķeltā tinuma zarus izvieto citu uz cita uz katras fāzes magnētvasda stieņa.

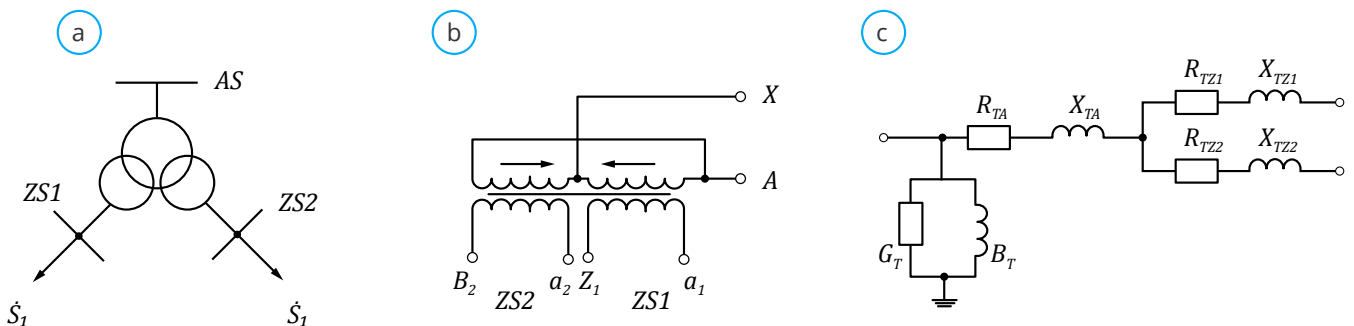
Lai būtu iespējams vienam transformatoram pieslēgt divus vai vairākus ģeneratorus vai pilnīgi neatkarīgas slodzes, kā arī lai samazinātu īsslēguma strāvas ZS pusē, augstsprieguma transformatorus izgatavo ar šķeltajiem tinumiem. Kā redzams 3.36. attēlā, vienfāzes transformatoros ZS šķeltā tinuma zarus izvieto uz magnētvasda dažādajiem stieņiem, bet trīsfāžu transformatoros šķeltā tinuma zarus izvieto citu uz cita uz katras fāzes magnētvasda stieņa.

Tādejādi katram tinuma zaram un jebkuram citam galvenajam tinumam ir vienādas induktīvās pretestības, kā arī tinuma šķelto zaru pretestības ir savstarpēji vienādas. 3.36. attēlā (b) ir parādīta divtinumu transformatora ar šķelto tinumu vienas fāzes tinumu savienojuma shēma, bet 3.37. attēlā (c) – šī transformatora aizvietošanas shēma. Katra ZS tinuma ZS1 un ZS2 jauda ir 50 % no transformatora nominālās jaudas, kuru nosaka AS tinums. Ja ZS1 un ZS2 šķeltā tinuma zari ir savienoti paralēli, tad šis transformators strādā kā divtinumu transformators un tā induktīvā pretestība  $X_T$  ir reducēta uz transformatora nominālo jaudu. Šo pretestību aprēķina tāpat kā divtinumu transformatoram. Katra šķeltā tinuma zara pretestību nosaka, pieņemot, ka AS tinuma pretestība  $X_{TA} = 0$ . Tad visa transformatora pretestība ir koncentrēta ZS1 un ZS2 tinumos, kuri ir slēgti paralēli. No tā izriet, ka:

$$X_T = \frac{X_{TZ1}}{2} = \frac{X_{TZ2}}{2},$$

$$X_{TZ1} = X_{TZ2} = 2 \cdot X_T. \quad (3.25.)$$

Šis izteiksmes attiecas un vienfāzes transformatoriem, kuru šķelto tinumu zarus var uzskatīt par atsevišķiem transformatora tinumiem. Tā kā trīsfāžu transformatoriem magnētiskās saites pakāpe starp šķelto tinumu zariem ir stipri atkarīga no tinuma konstrukcijas (t. i., novietojuma uz magnētstieņa), induktīvā pretestība trīsfāžu transformatora ar šķeltā tinuma zariem veido aptuveni 90 % no  $2 \cdot X_T$ , līdz ar to  $X_{TZ1} = X_{TZ2} = 1,8 \cdot X_T$ .



3.37. attēls. Divtinumu transformatora ar šķelto tinumu shēmas: a – grafiskais apzīmējums; b – tinumu savienojuma shēma vienai transformatora fāzei; c – aizvietošanas shēma

**BŪTISKI**

Divtinumu transformatoru ar šķelto tinumu izmatošana sadales iekārtu atsevišķo sekciju individuālai barošanai no ZS tinumiem ļauj gandrīz divreiz samazināt īsslēguma jaudu uz sekciju kopnēm, neuzstādot strāvu ierobežojošos reaktorus.

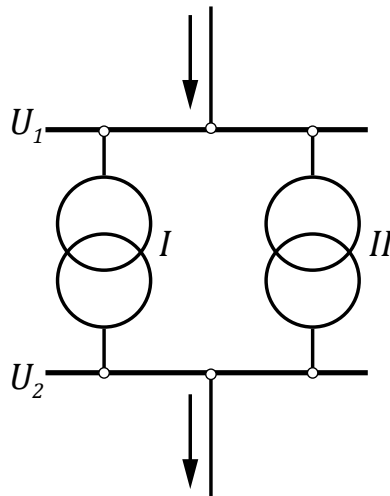
Divtinumu trīsfāžu transformatoru ar šķeltajiem tinumiem shēmas parādītas 3.37. attēlā. Šādus transformatorus plaši izmanto 110 kV un 220 kV elektrisko tīklu sprieguma pazeminošajās apakšstacijās.

### 3.7. TRANSFORMATORU PARALĒLĀ DARBĪBA

Šī apakšnodaļa atbilst moduļim "Elektrisko mašīnu un iekārtu pieslēgšana".

Divi vai vairāki transformatori darbojas paralēli, ja to primārie tinumi pieslēgti kopējam primārajam tīklam, bet sekundārie tinumi – kopējam sekundārajam tīklam (3.38. attēls).

Trīsfāžu transformatorus var saslēgt paralēlai darbībai, ja ievēroti šādi noteikumi:



3.38. attēls. Divi paralēli saslēgti transformatori (vienlīnijas shēma)

- 1) līniju spriegumu transformācijas koeficienti tukšgaitas režīmā ir vienādi (transformācijas koeficientu  $k$  pieļaujamā atšķirība  $\pm 0,5\%$ ):  $k_I = k_{II} = k_{III} = \dots = k_n$ ;
- 2) transformatoru īsslēguma spriegumi ir vienādi (pieļaujama novirze līdz  $\pm 10\%$  no īsslēguma spriegumu vidējās vērtības):  

$$U_{kI} = U_{kII} = U_{kIII} = \dots = U_{kn};$$
- 3) transformatoru tinumu savienojumu grupas ir vienādas (sekundārie spriegumi tad sakrīt fāzē).

Vēlams, lai transformatoru nominālo jaudu attiecība nepārsniegtu 3 : 1.

Ja nav izpildīts pirmais vai trešais noteikums, tukšgaitā transformatoru tinumos plūst izlīdzinošās strāvas, kuras var vairakkārt pārsniegt strāvu nominālās vērtības.

Ja paralēli darbojas transformatori ar dažādiem īsslēguma spriegumiem, transformators ar mazāko īsslēguma sprieguma vērtību tiek pārslogots.

Slodzes sadalījumu starp paralēli strādājošiem transformatoriem nosaka pēc formulas

$$S_X = \frac{S}{\sum \frac{S_N}{U_K}} \cdot \frac{S_{NX}}{U_{KX}}, \quad (3.26.)$$

kur

$S_X$  – dotā transformatora slodze (kVA);

$S$  – visas paralēlās grupas kopēja slodze (kVA);

$U_{KX}$  – dotā transformatora īsslēguma spriegums (%);

$S_{NX}$  – dotā transformatora nominālā jauda (kVA).

Ja transformatoru transformācijas koeficienti ir dažādi, tad transformatoru tinumos plūst izlīdzinošā strāva, kas pārslogo to transformatoru, kuram mazāks transformācijas koeficients. Izlīdzinošo strāvu var aprēķināt, lietojot formulu:

$$I_{izl} = \frac{\alpha \cdot I_{N1}}{U_{K1} + \frac{U_{K2}}{\beta}}, \quad (3.27.)$$

kur

$\alpha$  – sekundāro spriegumu starpība (%);

$\beta = \frac{I_{N1}}{I_{N2}}$  – otrā transformatora (ar lielāko jaudu) nominālās strāvas  $I_{N2}$  attiecība pret pirmā transformatora (ar mazāko jaudu) nominālo strāvu  $I_{N1}$ ;

$U_{K1}$  un  $U_{K2}$  – transformatoru īsslēguma spriegumi.

Pirms transformatoru saslēgšanas paralēlai darbībai tie jāfāzē, t. i., jāpārbauda, vai transformatoriem, kas primārajā pusē pieslēgti pie viena tīkla, sekundāro tinumu spriegumi sakrīt fāzē. Fāzēšanu vienmēr izdara pie zema sprieguma, lietojot voltmetru. Augsta sprieguma gadījumā voltmetru ieslēdz caur spriegummaini [27].



## 3.8. SPRIEGUMA REGULĒŠANA TRANSFORMATOROS

Šī apakšnodaļa atbilst modulim "Elektrisko mašīnu un iekārtu pieslēgšana".



### IEVĒRĪBAI

*Lai visiem patērētājiem nodrošinātu elektroenerģiju ar nominālo spriegumu, transformatoru augstākā sprieguma tinumos paredzēti atzarojumi, ar kuriem spriegumu regulē  $\pm 5\% U_N$  robežās.*

Elektriskās enerģijas pārvades līnijās rodas sprieguma kritums. Līdz ar to ir jāveic īpaši pasākumi, lai patērētāji saņemtu elektroenerģiju ar attiecīgu spriegumu. Lai visiem patērētājiem nodrošinātu elektroenerģiju ar nominālo spriegumu, transformatoru augstākā sprieguma tinumos paredzēti atzarojumi, ar kuriem spriegumu regulē  $\pm 5\% U_N$  robežās.

Pārslēdzot atzarojumus, var palielināt vai samazināt augstākā sprieguma tinuma vijumu skaitu, tādējādi mainot transformatora transformācijas koeficientu. Pazeminošo transformatoru transformācijas koeficientus var mainīt, nomainot vijumu skaitu transformatora primārajā tinumā, kur ir izveidoti regulēšanas nozarojumi.

Ja transformatora tinumi slēgti  $\diagup / \diagdown$  slēgumā, tad var uzrakstīt šādu attiecību:

$$K_T = \frac{U_A}{U_Z} \approx \frac{\omega_A}{\omega_Z}, \quad (3.28.)$$

kur

$K_T$  – transformācijas koeficients;

$U_A, U_Z$  – atbilstoši transformatora augstākais un zemākais spriegums;

$\omega_A, \omega_Z$  – vijumu skaits atbilstoši augstākā un zemākā sprieguma tinumos.

Izmainot vijumu skaitu augstākā sprieguma pusē ( $\omega_A = \text{var}$ ), var panākt vajadzīgo spriegumu transformatora zemākā sprieguma pusē:

$$U_Z = \frac{U_A \cdot \omega_Z}{\omega_A}, \quad (3.29.)$$

Ja spriegums ir jāpaaugstina transformatora ZS pusē, tad saskaņā ar 3.29. formulu ir jāsamazina vijumu skaits AS tinumā  $\omega_A$ . Ja spriegums ir jāpazemina, tad ir jāpalielina vijumu skaits  $\omega_A$  [33].

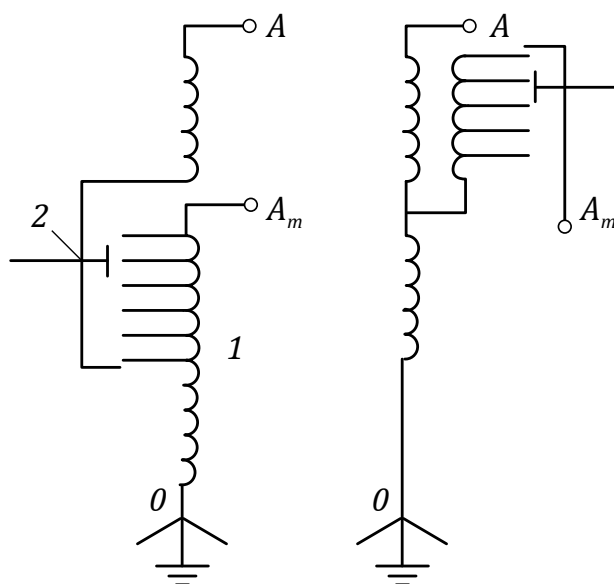
### Sprieguma regulēšana neierosinātā transformatora stāvoklī

Sadales tīklā izmanto transformatorus ar pakāpju pārslēgšanu neierosinātā stāvoklī (PBI). Ir divi sprieguma regulēšanas paņēmieni.

Pirmais paņēmieni – sprieguma regulēšana, mainot sekundārā tinuma vijumu skaitu (3.39. attēls, *a*). Šo paņēmieni lieto tikai paaugstinošos transformatoros. Zemākā sprieguma tinums (bez atzarojumiem) pieslēgts tīkla spriegumam. Ja tīkla spriegums un frekvence ir nemainīgi, arī magnētiskā plūsma transformatorā ir nemainīga, bet EDS  $E_2$  ir tieši proporcionāls sekundārā tinuma vijumu skaitam saskaņā ar formulu  $E_2 = 4,44/w_2\Phi_{max}$  (V). Tātad, lai paaugstinātu EDS, vijumu skaits jāpalielina, bet, lai pazeminātu EDS, – jāsamazina.

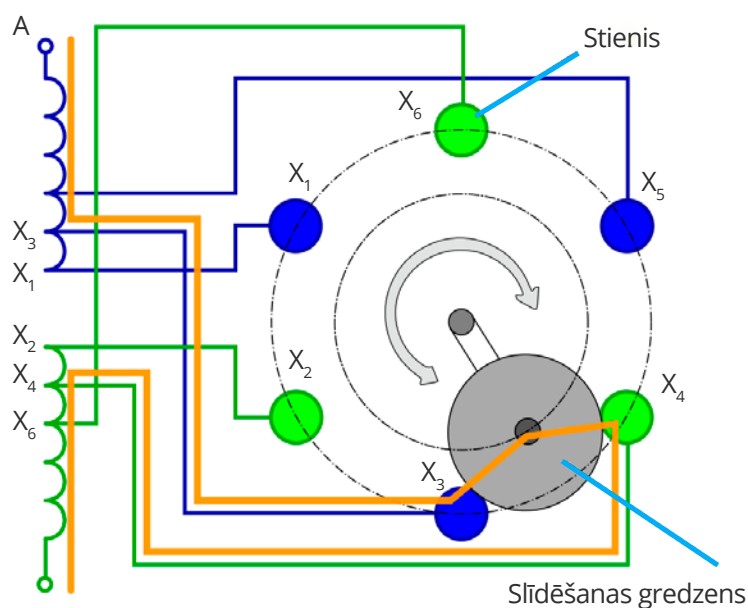
Otro paņēmieni – sprieguma regulēšanu, mainot primārā tinuma vijumu skaitu (3.39. attēls, *b*), – sauc par sprieguma regulēšanu ar magnētiskās plūsmas izmaiņām. Ja neņem vērā sprieguma kritumu transformatora tinumos ( $U_1 \sim E_1$ ) un pieņem, ka tīkla spriegums un frekvence ir nemainīgi, tad  $E_1 = 4,44fw_1\Phi_{max} = const$ . Tādā gadījumā reizinājums  $\Phi_{max}w_1 = const$ , t. i., ja samazina primārā tinuma vijumu skaitu, magnētiskā plūsma pieaug – un otrādi. Lai palielinātu sekundārā tinuma spaiļu spriegumu par 5 %, par 5 % jāsamazina primārā tinuma vijumu skaits, t. i., pārslēdzēja rokturis jāpārvieta uz leju no stāvokļa “NOM” līdz atzīmei “-5 %” [27].

Šo regulēšanas paņēmieni trūkums ir tas, ka atzarojumu pārslēgšanai transformators vispirms jāatslēdz no tīkla. Tas rada pārtraukumus patērētāju elektroapgādē. Jaunākās konstrukcijas transformatoriem spriegumu regulē, nepārtraucot enerģijas piegādi, t. i., slodzes režīmā.



3.39. attēls. Sprieguma regulēšana transformatorā: a – izmainot sekundārā tinuma vijumu skaitu; b – izmainot magnētisko plūsmu

Pašreiz transformatorus ar nozarojumu pakāpju pārslēgšanu neierosinātā stāvoklī (PBI) izgatavo ar vienu galveno un četrām papildu nozarojumu pakāpēm ( $\pm 2 \times 2,5 \%$ ). Transformatoru tinumu shēma ar piecām regulēšanas pakāpēm vienfāzes izpildījumā parādīta 3.39. attēlā.



3.40. attēls. Sprieguma regulēšana transformatorā ar PBI shēmu

Lai pārslēgtu transformatoru nozarojumu pakāpes, tos atslēdz no tīkla. Šādus transformatoru atslēgumus izdara reti, tikai gada sezonu slodžu izmaiņas gadījumā, t. i., vienu reizi sezonā. Tādēļ sezonas diennakts maksimālo un minimālo slodžu režīmos šie transformatori strādā ar vienu nozarojumu pakāpi, tātad ar nemainīgu transformācijas koeficientu. No šī izriet nosaukums – neregulējamie transformatori.

Pazeminošajiem transformatoriem augstākā sprieguma puses nominālais spriegums ( $U_{Anom}$ ) ir atbilstošā tīkla nominālais spriegums (6 kV, 10 kV, 20 kV). Ja transformators pieslēgts galvenajam izvadam, tad transformatoram ir nominālais transformācijas koeficients (3. poz. pak.). Ja izmanto četrus papildu transformatora nozarojumus, tad transformācijas koeficients izmainās par +5 %, +2,5 %, -2,5 %, -5 % no nominālā [27].

Transformatora sekundārā tinuma nominālais spriegums ir par +5 % augstāks nekā tīkla nominālais spriegums transformatoriem ar salīdzinoši nelielu jaudu un par +10 % augstāks – pārējiem transformatoriem.

Pieņemsim, ka transformatora primārajam tinumam, izmantojot galveno nozarojuma pakāpi, ir pievadīts spriegums, kurš vienāds ar tīkla nominālo spriegumu  $U_{nom}$ , bet transformatora ZS pusē tukšgaitā ir spriegums  $1,05 \cdot U_{znom}$ . Šajā gadījumā sprieguma pieaugums ir 5 % (sprieguma papildinājums  $\Delta E_p$ ).

Ja transformatora nozarojuma pakāpi izmainām (PBI), tad var iegūt sprieguma papildinājumus  $\Delta E_p$  (3.3. tabula).

**Sadales transformatoru ar PBI sprieguma papildinājums,  $\Delta E_p$** 

Nozarojumu pakāpes numurs	1	2	3	4	5
Primārā tinuma sprieguma novirze $\delta V_1$ , %	+5	+2,5	0	-2,5	-5
Sekundārā tinuma sprieguma novirze $\delta V_2$ , %	+5	+5	+5	+5	+5
Sprieguma papildinājums $\Delta E_p$ , %	0	+2,5	+5	+7,5	+10

Transformatoru sprieguma papildinājumu nosaka pēc šādas izteiksmes:

$$\Delta E_p = \delta V_2 - \delta V_1, \% \quad (3.30.)$$

Saskaņā ar Latvijā pieņemtajiem Elektroietaišu ierīkošanas noteikumiem (EIN) sprieguma novirze visattālākajiem patērētājiem nedrīkst būt zemāka par -5 %.

Sprieguma novirzi uz sadales transformatora zemsprieguma izvadiem nosaka pēc šādas formulas:

$$V_{ZS} = V_{BC} - \Delta U_2 + \Delta E_p, \% \quad (3.31.)$$

kur

$V_{BC}$  – sprieguma novirze uz BC kopnēm;

$\Delta U_2$  – summārie sprieguma zudumi sadales līnijās un transformatorā;

$\Delta E_p$  – sadales transformatora sprieguma papildinājums (3.3. tabula).

Sprieguma zudumus sadales transformatorā (%) nosaka pēc šādas izteiksmes:

$$\Delta U_T = \frac{Q}{S_{nT}} \cdot U_K, \quad (3.32.)$$

kur

$Q$  – reaktīvās jaudas plūsma caur sadales transformatoru;

$S_{nT}$  – transformatora nominālā jauda;

$U_k$  – transformatora īsslēguma spriegums (%).

Maksimālās slodzes režīmā sprieguma zudumi sadales transformatorā ir aptuveni  $\Delta U_{Tmaks} \sim 2,5$  %, bet minimālās slodzes režīmā ar vāju transformatoru noslodzi –  $\Delta U_{Tmin} \sim 0$  %.

## Sprieguma regulēšana transformatora slodzes režīmā

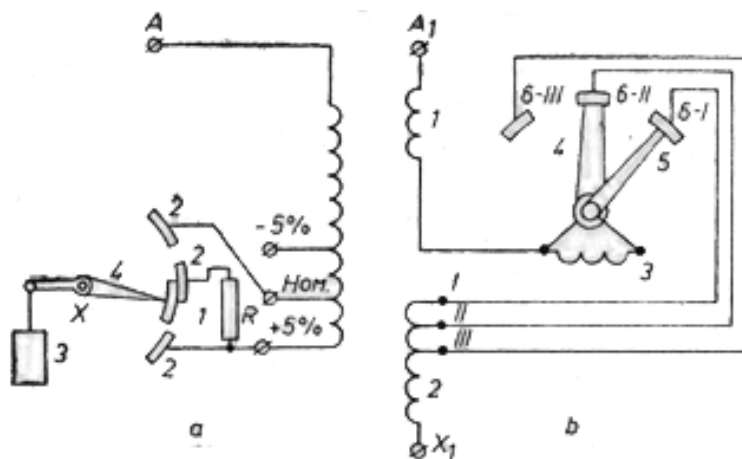


### IEVĒRĪBAI

Elektrisko sadales tīklu barošanas centros ir jāuzstāda transformatori, kuri ir nodrošināti ar pakāpju automātisku pārslēgšanu zem slodzes.

Transformatoros ir iebūvētas speciālas automātiskās pakāpju pārslēgšanas iekārtas.

Elektrisko sadales tīklu barošanas centros ir jāuzstāda transformatori, kuri ir nodrošināti ar pakāpju automātisku pārslēgšanu zem slodzes (RZS). Šī tipa transformatoros ir iebūvētas speciālas automātiskās pakāpju pārslēgšanas iekārtas, kā arī tiem ir vairāk regulēšanas pakāpju – tātad plašāks regulēšanas diapazons nekā transformatoriem ar PBI. Tādi, piemēram, ir agrāk ražotie transformatori TCMH ar jaudu 20 kVA, 35 kVA, 60 kVA un 100 kVA spriegumam 10/0,4 kV ar vienpakāpes ( $\pm 5\%$ ) sprieguma regulēšanu augstākā sprieguma tinuma. Pārslēdzošā ierīce ieslēgta starp atzarojumiem "Hom" un "+ 5 %" (3.41. attēls, a). Tā sastāv no pārslēgta ar kustīgu kontaktu (4) un elektromagnēta (3), kas pārslēdz šo kontaktu.



3.41. attēls. Sprieguma regulēšana slodzes režīmā: a – pārslēdzošās ierīces shēma transformatora TCMH sprieguma regulēšanai slodzes režīmā: 1 – strāvu ierobežojošais rezistors; 2 – pārslēgta nekustīgie kontakti; 3 – pārslēgta elektromagnēts; 4 – pārslēgta kustīgais kontakts; b – transformatora TMH sprieguma pakāpjuveida regulēšanas shēma: 1 – galvenais tinums; 2 – regulēšanas tinums; 3 – strāvu ierobežojošais reaktors; 4 un 5 – kustīgie kontakti; 6-I, 6-II, 6-III – nekustīgie kontakti

Ja transformators strādā kā pazeminošais un kustīgais kontakts 4 saslēgts ar kontaktu, kurš savienots ar atzarojumu "+5 %", tad, lai spriegumu palielinātu par 5 %, kustīgais kontakts 4 jāpārslēdz uz kontaktu, kas savienots ar atzarojumu "Hom.". Kustīgais kontakts vispirms pāriet uz vidējo kontaktu, un slodzes strāva plūst uz tinumu caur strāvu ierobežojošo rezistoru 1. Pēc tam kustīgais kontakts 4 saslēdz augšējo un vidējo nekustīgo kontaktu, bet, tā kā tinuma daļa starp šiem kontaktiem noslēdzas īsi caur rezistoru 1, tad īsslēguma strāva ir ierobežota. Kad kustīgais kontakts 4 pāriet uz augšējo nekustīgo kontaktu, pārslēgšanas process beidzas. Ja slodze samazinās, ar šo pašu ierīci kontaktu 4 var pārslēgt uz atzarojumu "+5 %" un pazemināt spriegumu par 5 %. Elektromagnēta konstrukcija paredz pārslēgta iedarbības aizturi līdz 30 s, lai izvairītos no nevajadzīgas pārslēgšanas īslaicīgu sprieguma svārstību gadījumā, kas saīsina pārslēgta darba mūžu.

Pārslēgšana no vienas pakāpes uz otru notiek automātiski. Pārslēdzošā ierīce novietota tvertnes iekšpusē virs transformatora magnētvida.



### IEVĒRĪBAI

*Transformatoriem ar spriegumu 20 kV un 35 kV spriegumu var regulēt  $\pm 6 \times 1,5 \%$  robežās, transformatoriem ar spriegumu 6 kV un 10 kV –  $\pm 8 \times 1,25 \%$  robežās.*

Ražo arī regulējamus transformatorus ar ievērojami lielākām jaudām 1000...6300 kVA. Transformatoriem ar spriegumu 20 kV un 35 kV spriegumu var regulēt  $\pm 6 \times 1,5 \%$  robežās, transformatoriem ar spriegumu 6 kV un 10 kV –  $\pm 8 \times 1,25 \%$  robežās. Slogota jaudas transformatora TMH pakāpjveida regulēšanas principiālā shēma parādīta 3.40. attēta (b). Piemēram, ja pārslēgs jāpārslēdz no nekustīgā kontakta 6-II uz 6-I, vispirms no kontakta 6-II uz 6-I pārslēdzas kustīgais kontakts 5. Tinuma daļa starp kontaktiem 6-II un 6-I noslēdzas caur reaktoru 3, kurš ierobežo strāvu šajā tinuma daļā. Pēc tam no kontakta 6-II uz kontaktu 6-I pārslēdzas kustīgais kontakts 4, un pārslēgšanas process beidzas. Kustīgie kontakti 4 un 5 ir savstarpēji izolēti.

Pārslēgs ievietots atsevišķā ar eļļu pildītā tvertne. To darbina elektriski. Pārslēgšana notiek automātiski atkarībā no tīkla sprieguma izmaiņām.

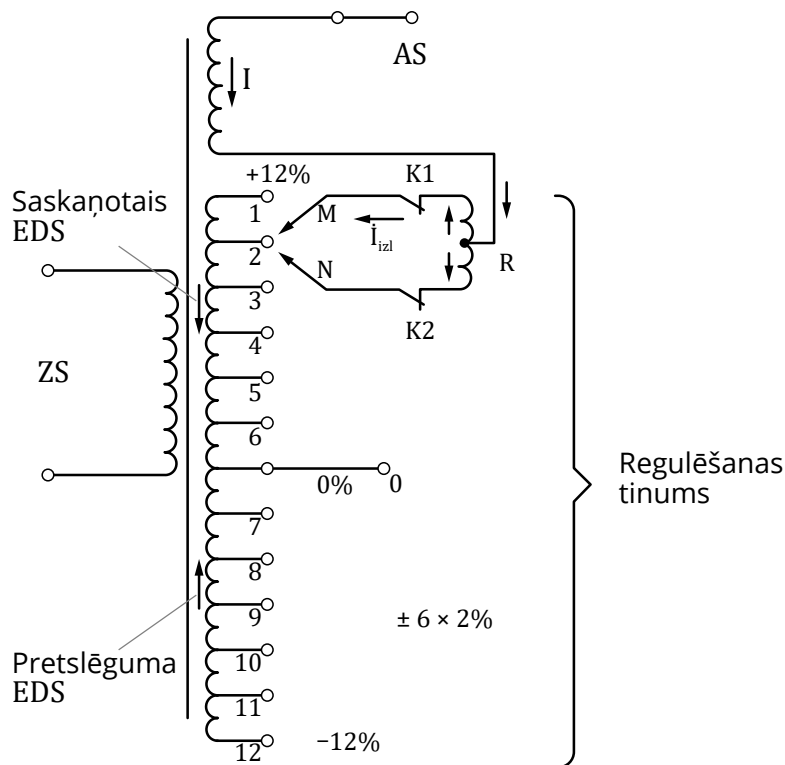


### IEVĒRĪBAI

*Augstākā sprieguma tinums transformatoriem ar RZS sastāv no divām daļām: neregulējamās un regulējamās daļas. Tinuma regulējamā daļa var būt no vairākām nozarojumu regulēšanas pakāpēm.*

Augstākā sprieguma tinums transformatoriem ar RZS sastāv no divām daļām: neregulējamās un regulējamās daļas. Tinuma regulējamā daļa var būt no vairākām nozarojumu regulēšanas pakāpēm. Atkarībā no transformatoru tipa regulēšanas tinumu izveido ar šādām regulēšanas pakāpēm:  $\pm 12 \times 1 \%$ ;  $\pm 10 \times 1,5 \%$ ;  $\pm 8 \times 1,78 \%$ ;  $\pm 8 \times 1,25 \%$ ;  $\pm 8 \times 1,5 \%$ ;  $\pm 8 \times 2 \%$ ;  $\pm 6 \times 2 \%$  [27].

Automātiskā pārslēgšanas iekārta 3.42. attēlā sastāv no diviem kustīgajiem kontaktiem M un N, no kontaktoriem K1 un K2 un no reaktora R. Reaktora tinuma viduspunkts savienots ar transformatora tinuma neregulējamo daļu. Normāli strādājot, slodzes strāva sadalās vienmērīgi starp reaktora abām daļām (pusēm), tādēļ magnētiskā plūsma reaktorā ir maza un reaktora pretestība niecīga, rezultātā arī sprieguma zudumi reaktorā ir nelieli.



3.42. attēls. Transformatora ar RZS shēma

Pārslēdzot transformatora pakāpes, piemēram, no 2 uz 1, atslēdz kontaktoru K1 un kustīgo kontaktu M pārvieto uz nozarojuma izvadu 1. Pēc tam ieslēdz kontaktoru K1 darbā. Šajā momentā tinuma sekcija 1-2 ir noslogota caur reaktora R pretestību un tajā plūst izlīdzinošā strāva  $I_{izl}$ .

Ievērojama reaktora induktīvā pretestība  $X_R$  ierobežo izlīdzinošo strāvu  $I_{izl}$ , kura rodas tinuma sekcijas 1-2 sprieguma klātbūtnē. Reaktora pretestība šajā gadījumā ir liela tādēļ, ka strāvas virziens abās reaktora daļās ir vienāds. Rezultātā kopējā magnētiskā plūsma reaktorā ir liela un reaktora pretestību palielina. Šādi tiek ierobežota izlīdzinošā strāva  $I_{izl}$  un netiek pārslogoti nozarojuma pakāpes tinumi. Pēc tam atslēdz kontaktora K2, pārvieto kustīgo kontaktu N uz nozarojuma izvadu 1 un ieslēdz atpakaļ kontaktoru K2.

RZS izmantošana dod iespēju pārslēgt automātiski nozarojumu pakāpes, izmainīt transformācijas koeficientu zem slodzes diennakts laikā un rezultātā nodrošināt saskaņoto sprieguma regulēšanu elektriskā sadales tīkla barošanas centrā [7].

## 3.9. IEKĀRTU EKSPLUATĀCIJA

Šī apakšnodaļa atbilst modulim "Elektrisko mašīnu un iekārtu pieslēgšana".

Elektrisko iekārtu ekspluatācijas mērķis ir nodrošināt tas efektīvu darbību, uzturot elektroiekārtu drošību nepieciešamajā līmenī, veicot elektroiekārtu darba parametru racionālu uzturēšanu un atjaunināšanu izmantošanas procesā [30].

Elektroapgādes elektroietaisēs un tās iekārtas ekspluatāciju Latvijā veic energouzņēmumi, bet patērētāju elektroiekārtas ekspluatē to pārvaldītājs, kas organizē to izmantošanu un apkopi. Uzņēmumu iekšienē elektroiekārtu ekspluatāciju veic gan ražošanā tieši iesaistītais personāls, gan arī personāls, kas specializējas tieši elektroiekārtu apkalpošanā. Izšķir divus ekspluatācijas veidus – ražošanas ekspluatāciju un tehnisku ekspluatāciju.

Ražošanas ekspluatācija ir elektroiekārtas izmantošana atbilstoši tās mērķim, kuras rezultātā elektriskā enerģija pārvēršas citos enerģija veidos. Šajā procesā piedalās gan produkcijas ražošanas procesā iesaistītais personāls, gan elektrotehniskās iekārtas apkalpojošais personāls.

Tehniskā ekspluatācija ir pasākumu komplekss, lai uzturētu un nodrošinātu elektroiekārtas nepieciešamo stāvokli un realizētu darba procesā zaudēto elektroiekārtu īpašību atjaunošanu. Elektroiekārtas tehnisko ekspluatāciju nodrošina apkalpojošais personāls, kas var būt (saskaņā ar LEK-025) operatīvais personāls, remontpersonāls un operatīvais remontpersonāls. Īpaši nozīmīga ir elektroapgādes iekārtu ekspluatācija, jo elektroapgādes uzņēmumu izejas produkts ir elektroenerģija, no kuras piegādes apjoma un kvalitātes atkarīga visas tautsaimniecības sekmīga funkcionēšana, tāpēc elektroapgādes uzņēmumu iekārtu ekspluatācijai ir noteiktas augstākas elektrodrošības un elektroiekārtu drošuma prasības salīdzinājumā ar citu produkciju vai pakalpojumus ražojošo uzņēmumu elektroiekārtām.

Par galvenajām tīkla elementu apkalpošanas darbībām uzskatāmas periodiskās apskates un to laikā veicamie sakārtošanas darbi un nepieciešamie mērījumi, profilaktiskās pārbaudes, kā arī pasākumi elektroapgādes objekta darbības nodrošināšanai starpremontu periodā un remontdarbu plānošanai.

Elektriskas iekārtas periodiskās apskates ir:

- plānotās apskates, ko veic atbilstošs personāls pēc plāna ar mērķi atklāt ekspluatācijas laikā radušos tīkla defektus;
- speciālistu veiktās pirmsremonta (defektēšanas) apskates, kuru laikā tiek novērtēti elektrotīkla elementi, lai sastādītu detalizētu nākamā gada remontu plānu;
- darbu pieņemšanas apskates, ko veic speciālisti pēc remontdarbu pabeigšanas.



Periodiskās apskates jāveic saskaņā ar apstiprināto ilgtermiņa apkalpošanas plānu, izstrādātiem un apstiprinātiem gada plāniem.

Bez periodiskās apskates ir jāveic ārpuskārtas apskates šādos gadījumos:

- speciālistu, vadošo darbinieku iepriekš neplānotas kontrolapskates, ko viņi var veikt remontdarbu laikā un pēc remontdarbu pabeigšanas, kā arī citā laikā pēc nepieciešamības;
- citas neparedzētas apskates (tehnoloģisko traucējumu, stihisku postījumu un citos gadījumos).

Ārpuskārtas apskašu nepieciešamību un skaitu nosaka tehniskais vadītājs. Apskatēs atklātie defekti jāatzīmē apskates lapās. Defekti, kuru novēršanu nevar atlikt līdz plānotajam remontam, jāieraksta defektu žurnālā vai datorā, norādot to novēršanas termiņus. Bīstamie defekti jānovērš iespējami īsā laikā.

Elektrisko iekārtu ekspluatācijas laika jāremontē. Pēc enerģētiskas nozares standarta LEK 002 izšķir šādus remonta veidus:

- uzturēšanas remonts – periodiskie darbi, kas nodrošina iekārtu uzturēšanu darba kārtībā un saglabāšanu laikā starp atjaunošanas remontiem;
- atjaunošanas remonts – remontdarbi, kuri būtiski palielina iekārtu kalpošanas laiku.

Elektroapgādes sistēmu apkopju un remontu periodiskums tiek noteikts nozares standartā LEK 002 un energoapgādes uzņēmumu vietējās instrukcijās. Vietējās instrukcijas energoapgādes uzņēmumā tiek izdotas, lai ievērotu lokālo energoapgādes sistēmu stāvokli, to nolietojšanās pakāpi un ekspluatācijas īpatnības un balstās uz ražotāja instrukcijām. Vietējās instrukcijās noteiktais apskašu un apkopju (remontu) periodiskums nedrīkst būt retāks par valsts likumdošanā un nozares standartā LEK noteikto periodiskumu. Sadales tīkla elektroiekārtu apkalpošana ietver periodiski veicamus tīkla elementu novērtēšanas un uzraudzības pasākumus, kā arī pasākumus tīkla darbības nodrošināšanai starpremontu periodā un remontdarbu plānošanai [30].

#### 1. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi

1. Ko sauc par spēka transformatoru?
2. Kāpēc transformators ir vajadzīgs, un kādas funkcijas tas veic?
3. Nosauciet galvenās transformatora sastāvdaļas, uzbūvi un darbības principus!
4. Kāda ir transformatoru klasifikācija?
5. Raksturojiet magnētiskas sistēmas uzbūves principus!
6. No kā sastāv transformatora elektriskā sistēma?
7. No kā sastāv transformatora karkass, un kāpēc tas jāsamazina?

8. Kāpēc ir vajadzīga transformatoru dzesēšana? Raksturojiet transformatoru dzesēšanas variantus!
9. Uzzīmējiet principiālo shēmu, vektoru diagrammu un grafisko apzīmējumu trim variantiem: trīsstūra slēgumam, zvaigznes slēgumam ar nullpunktu, zigzaga slēgumam ar nullpunktu!
10. Kas ir slēgumu grupas?
11. Uzzīmējiet transformatoru aizvietošanas shēmas!
12. Kas ir transformatora aktīvā un reaktīvā pretestība?
13. Kas ir transformatora aktīvā un reaktīvā vadītspēja?
14. Uzrakstiet vienfāzes un trīsfāžu transformatora nominālās jaudas formulu!
15. Kāpēc ir vajadzīga sprieguma regulēšana transformatorā, un kāds ir tās darbības princips?

### Uzdevuma rēķināšanas piemērs – transformatora aizvietošanas shēmas parametru noteikšana

Jānosaka transformatora aizvietošanas shēmas parametri, pieņemot par bāzes spriegumu sākumā AS, pēc tam ZS.

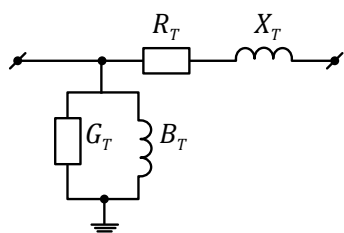
Transformatora tehniskie dati:

- nominālā jauda  $S_N = 1800$  kVA;
- augstākā sprieguma tinuma (AS) nominālais spriegums – 35 kV;
- zemspriegums tinuma (ZS) nominālais spriegums – 10,5 kV;
- tukšgaitas zudumi  $\Delta P_{tg} = 8,3$  kW;
- īsslēguma zudumi  $\Delta P_v = 24$  kW;
- īsslēguma spriegums procentos no nominālā sprieguma  $u_k \% = 6,5$  %;
- transformatora tukšgaitas strāva procentos no nominālās strāvas  $I_{tg} \% = 5$  %.

### Atrisinājums

Transformatoram ar augstāko spriegumu 35 kV pieņemam vienkāršoto aizvietošanas shēmu (3.30 attēls, b):

Par bāzes spriegumu jāpieņem: a) 35 kV; b) 10,5 kV.



Aktīvās pretestības noteiksim pēc 3.3. izteiksmes:

$$a) R_T = \frac{24 \cdot 10^3 \cdot 35^2 \cdot 10^6}{1800^2 \cdot 10^6} = \frac{24 \cdot 35^2 \cdot 10^3}{1800^2} = 9,1 \text{ Oms}$$

$$b) R_T = \frac{24 \cdot 10^3 \cdot 10,5^2 \cdot 10^6}{1800^2 \cdot 10^6} = \frac{24 \cdot 10,5^2 \cdot 10^3}{1800^2} = 0,81 \text{ Oms}$$

Induktīvās pretestības noteiksim pēc 3.5. formulas, ievērojot, ka transformatoriem, sākot ar jaudu 1000 kV·A, var pieņemt  $Z_T \approx X_T$ :

$$a) X_T = \frac{6,5 \cdot 35^2 \cdot 10^6}{1800 \cdot 10^3 \cdot 100} = \frac{6,5 \cdot 35^2 \cdot 10}{1800} = 44,2 \text{ Oms}$$

$$b) X_T = \frac{6,5 \cdot 10,5^2 \cdot 10^6}{1800 \cdot 10^3 \cdot 100} = \frac{6,5 \cdot 10,5^2 \cdot 10}{1800} = 3,9 \text{ Oms}$$

Transformatora aktīvo vadītspēju aprēķina pēc 3.6. formulas:

$$a) G_T = \frac{8,3 \cdot 10^3}{35^2 \cdot 10^6} = \frac{8,3 \cdot 10^{-3}}{35^2} = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ S}$$

$$b) G_T = \frac{8,3 \cdot 10^3}{10,5^2 \cdot 10^6} = \frac{8,3 \cdot 10^{-3}}{10,5^2} = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$$

Transformatora reaktīvo vadītspēju aprēķina pēc 3.7. formulas:

$$a) B_T = \frac{5 \cdot 1800 \cdot 10^3}{35^2 \cdot 10^6 \cdot 100} = \frac{5 \cdot 1800}{35^2 \cdot 10^3 \cdot 100} = 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ S}$$

$$b) B_T = \frac{5 \cdot 1800 \cdot 10^3}{10,5^2 \cdot 10^6 \cdot 100} = \frac{5 \cdot 1800}{10,5^2 \cdot 10^3 \cdot 100} = 8,2 \cdot 10^{-4} \text{ S}$$

## 2. uzdevums. Patstāvīgam darbam

1. Nosakiet transformatora pretestības un jaudas koeficients īsslēguma gadījumā:  $u_k = 11,5 \text{ kV}$ ,  $I_1 = 95,5 \text{ A}$ ,  $P_k = 81,5 \text{ kW}$ .
2. Nosakiet transformatora pretestības:  $S_N = 100 \text{ kVA}$ ,  $u_k = 5,5 \%$ ,  $I_1 = 9,65 \text{ A}$ ,  $\Delta P_{tg} = 0,75 \text{ kW}$ ,  $\Delta P_v = 2,4 \text{ kW}$ .
3. Sastādiet transformatora aizvietošanas shēmu un nosakiet transformatora pretestības:  $S_N = 63 \text{ kVA}$ ,  $u_k = 14 \%$ ,  $I_0 = 0,06 \%$ ,  $\Delta P_{tg} = 26,7 \text{ kW}$ ,  $\Delta P_v = 130,4 \text{ kW}$ .

## 3. uzdevums. Pašpārbaudes jautājums

1. Paskaidrojiet, kas var notikt, ja transformatora eļļas līmenis ir zemāks par minimālo. Kāda aizsardzība nostrādās, transformatora eļļas līmenim samazinoties zem minimālā? Kāpēc?
2. Nosauciet spēka transformatora konstrukcijas elementus!
3. Ar ko atšķiras transformators no autotransformatora?
4. Nosauciet transformatora un autotransformatora priekšrocības un trūkumus!

5. Kāpēc Latvijas 330/110 kV elektroenerģijas pārvades tīklos tiek izmantoti autotransformatori?
6. Kādiem nolūkiem apakšstacijās ar diviem transformatoriem viens transformators var atrasties automātiskajā rezervē?

**4. uzdevums.** Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. Kurš pirmais 1836. gadā izgudroja indukcijas spoli?
  - 1) Čārlzs Peidžs.
  - 2) Maikls Faradejs.
  - 3) Nikolass Kallans.
  - 4) Džozefs Henrijs.
2. Kas ir transformators?
  - 1) Ierīce ar diviem vai vairākiem induktīvi saistītiem tinumiem, kas pārveido vienu maiņstrāvas sistēmu citā.
  - 2) Komutācijas aparāts, kas savieno vairākas sistēmas.
  - 3) Ierīce, kas aizsargā elektroenerģijas sistēmu.
  - 4) Ierīce putnu biedēšanai.
3. Kas ir transformatora magnētqvads?
  - 1) Magnēts, kas atrodas eļļas bākā.
  - 2) Karkass, uz kura tiek uztītas spoles.
  - 3) Elektrolīnija, ar ko savieno transformatoru ar apakšstacijas kopnēm.
  - 4) Magnēts, ar kuru transformators tiek izvilīts ārā no apakšstacijas remontam.
4. Kā notiek divtinumu transformatora atslēgšana no slodzes?
  - 1) Vispirms atslēdz augstākā sprieguma jaudas slēdzi, pēc tam – zemākā.
  - 2) Atslēdz tikai zemākā sprieguma pusi.
  - 3) Atslēdz tikai augstākā sprieguma pusi.
  - 4) Vispirms atslēdz zemākā sprieguma jaudas slēdzi, pēc tam – augstākā.
5. Kā notiek divtinumu transformatora ieslēgšana zem slodzes?
  - 1) Vispirms ieslēdz augstākā sprieguma jaudas slēdzi, pēc tam – zemākā.
  - 2) Ieslēdz tikai zemākā sprieguma puses jaudas slēdzi.
  - 3) Ieslēdz abus jaudas slēdzus vienlaicīgi.
  - 4) Vispirms atslēdz zemākā sprieguma puses jaudas slēdzi, pēc tam – augstākā.

6. Kas ir pazeminošais transformators?

- 1) Transformators, kurš augstāku maiņspriegumu pārveido par zemāku.
- 2) Maza izmēra transformators.
- 3) Vairāku transformatoru slēgums.
- 4) Transformators, kurš zemāku maiņspriegumu pārveido par augstāku.

7. Kas ir paaugstinošais transformators?

- 1) Transformators, kurš augstāku maiņspriegumu pārveido par zemāku.
- 2) Liela izmēra transformators.
- 3) Vairāku transformatoru slēgums.
- 4) Transformators, kurš zemāku maiņspriegumu pārveido par augstāku.

# 4.

## ELEKTROPĀRVADES UN SADALES LĪNIJAS

### Nodaļas mērķis

Iepazīstināt ar elektropārvades un sadales līnijām, lai turpmāk būtu iespējams tās pielietot praksē un veikt elektropārvades un sadales līniju ekspluatāciju Latvijā. Iegūt zināšanas par gaisvadu un kabeļu līniju konstruktīvajiem izpildījumiem.

### Sasniedzamie rezultāti

- Novērtē līniju konstruktīvos un tehniskos izpildījumus, spēj tos analizēt.
- Zina elektroenerģijas pārvades un sadales gaisvadu un kabeļu līniju uzbūvi un ekspluatācijas principus.
- Zina un izprot elektropārvades līniju elementu funkcijas, nosaukumus un nozīmi.

Elektropārvades un sadales līnijas ir svarīgs posms visas elektroenerģijas sistēmas funkcionēšanā. Tās nogādā elektroenerģiju no elektrostacijām vai citām elektroenerģijas sistēmām līdz lietotājiem vai patēriņu reģioniem.



### IEVĒRĪBAI

*Pārvades līnijas nodrošina elektroenerģijas pārvadi no elektrostacijām līdz slodžu barošanas centriem un patēriņa reģioniem.*

*Sadales līnijas nodrošina elektroenerģijas piegādi sadales tīklu transformatoriem un elektroenerģijas lietotājiem.*

Pārvades līnijas nodrošina elektroenerģijas pārvadi no elektrostacijām līdz slodžu barošanas centriem un patēriņa reģioniem. Pārvades līniju nominālie spriegumi ir 110 kV, 150 kV, 220 kV, 330 kV, 400 kV. Elektropārvades tīkls Latvijas elektroenerģijas sistēmā sastāv no 110 kV un 330 kV sprieguma līnijām. 330 kV elektropārvades līnijas savieno galvenās Latvijas elektrostacijas, kā arī Latvijas elektroenerģijas sistēmu ar kaimiņvalstu energosistēmām.

Sadales līnijas nodrošina elektroenerģijas piegādi sadales tīklu transformatoriem un elektroenerģijas lietotājiem. Sadales līniju nominālie spriegumi Latvijā ir 0,4 kV, 0,6 kV, 6 kV, 10 kV, 20 kV.

Elektrolīniju iedalījums pēc sprieguma vērtības:

- superaugsta sprieguma līnijas (500 kV, 750 kV, 1150 kV);
- augstsprieguma līnijas (110 kV, 220 kV, 330 kV, 400 kV);
- vidsprieguma līnijas (6 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV);
- zemsprieguma līnijas (0,4–0,66 kV).

## 4.1. SADALES TĪKLU GAISVADU LĪNIJAS

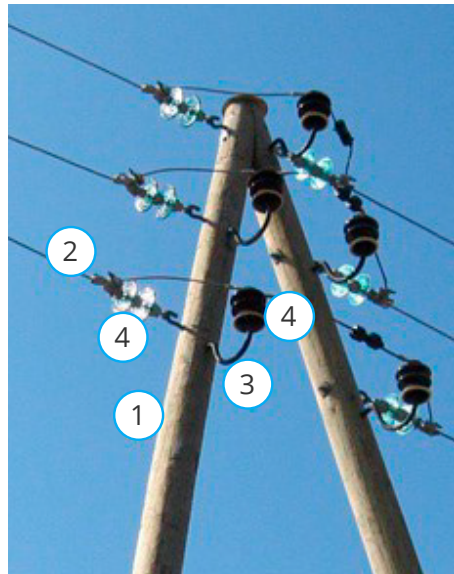
Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Elektrotīklu izbūve un darba organizēšana”, “Elektroenerģijas pārvades līniju izbūve”, “Elektropārvades līniju izbūves sagatavošana” un “Elektropārvades līniju izbūve”.



### IEVĒRĪBAI

*GVL izbūves pamatelementi ir balsti, izolatori, kāši un vadi.*

GVL ierīkošana veicama atbilstoši būvprojektam, kas izstrādāts saskaņā ar spēkā esošajiem tiesību aktiem, Latvijas būvnormatīviem un energostandartu prasībām. GVL izbūves pamatelementi ir balsti, izolatori, kāši un vadi (4.1. attēls).



4.1. attēls. 20 kV GVL ar kailvadu: 1 – A veida starpbalsts; 2 – kailvads; 3 – kāsis; 4 – izolators

### Balsti

Visus balstus iedala divās pamatgrupās:

- 1) enkurbalsts – ciešas konstrukcijas balsts, kas pilnīgi uzņem vadu stiepes slodzi balstam pieguļošos laidumos;
- 2) starpbalsts – elastīgas vai ciešas konstrukcijas balsts, kas neuzņem vadu stiepes slodzi vai uzņem to daļēji.

Uz enkurbalstu un starpbalstu bāzes izveido:

- 1) stūra balsts – uzstāda GVL virzienmaiņas punktos, var būt gan enkurbalsts, gan starpbalsts;
- 2) gala balsts – uzstāda GVL galos vienusējā vadu spriegojuma uzņemšanai;
- 3) nozarojuma balsts – uzstāda GVL nozarojuma izveidei. Var būt gan enkurbalsts, gan starpbalsts. Attiecībā pret nozarojuma līniju balsti abos nozarojuma galos ir gala balsti;
- 4) krustojuma balsts – uzstāda divu dažāda virziena GVL krustošanās vietās.

Balstu konstrukcijas neatkarīgi no balstu veida var būt ar atgāžņiem vai atsaitēm. Atsaites var nostiprināt pie zemē ieraktiem enkuriem.

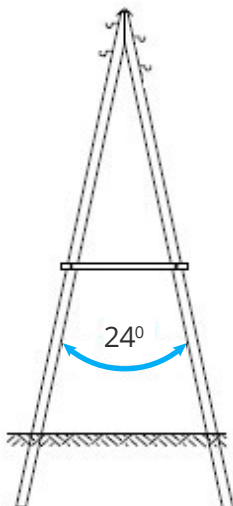


### BŪTISKI

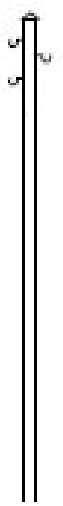
*Konstruktīvi balsts var būt veidots kā vienstatņa balsts, atsaišbalsts, atgāžņbalsts, balsts ar diviem atgāžņiem, šauras bāzes balsts ar diviem atgāžņiem (saspiestiem apstākļiem), A balsts, šauras bāzes A balsts (saspiestiem apstākļiem) un trīsstatņu balsts.*

Konstruktīvi balsts var būt veidots kā vienstatņa balsts, atsaišbalsts, atgāžņbalsts, balsts ar diviem atgāžņiem, šauras bāzes balsts ar diviem atgāžņiem (saspiestiem apstākļiem), A balsts, šauras bāzes A balsts (saspiestiem apstākļiem) un trīsstatņu balsts (4.2. attēls). Koka balstus izgatavo no rūpnieciski antiseptizētiem priedes koka stabiem.

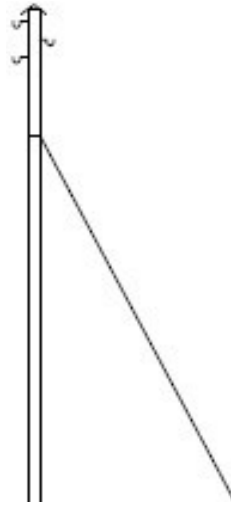
Stūra A enkurbalsts



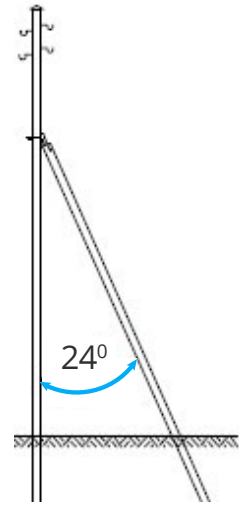
Starpbalsts



Stūra enkurbalsts ar atsaiti



Gala atgāžņbalsts



4.2. attēls. Balstu veidi



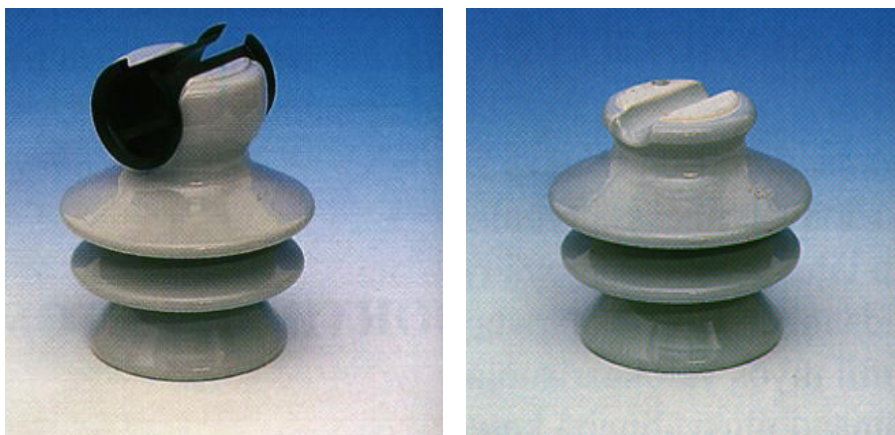
## Izolatori



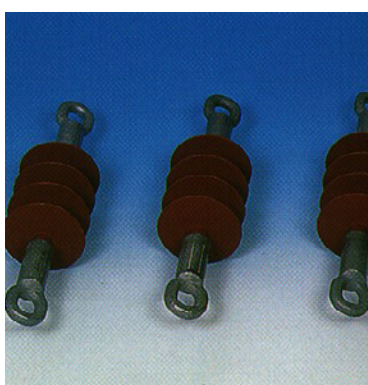
### BŪTISKI

*Vadu nostiprināšanai balstos lieto izolatorus. Tie nodrošina nepieciešamo elektrisko pretestību starp vadu un balstu.*

Vadu nostiprināšanai balstos lieto izolatorus. Tie nodrošina nepieciešamo elektrisko pretestību starp vadu un balstu. Atkarībā no izolatora nozīmes un nostiprināšanas veida izšķir kāšu un piekarizolatorus (4.3. attēls). Sadales tīklos ar spriegumu līdz 20 kV lieto kāšu izolatorus. Piekarizolatorus lieto tikai speciālos gadījumos: lielās pārejās, kur kāši neiztur noslodzi; vietās, kur nepieciešama paaugstināta izolācija; ja tie ir konstruktīvi ērtāki (4.4. attēls). Izolatorus izgatavo no materiāla ar lielu elektrisko, mehānisko un termisko izturību un noturību pret dažādu ķīmisko vielu iedarbību. Šīm prasībām vislabāk atbilst elektrotehniskais porcelāns. Lai uzlabotu ekspluatācijas īpašības, porcelāna izolatorus pārklāj ar glazūru. Izmanto arī rūdīta stikla izolatorus.



4.3. attēls. Porcelāna tapu izolators



4.4. attēls. Kompozīta piekarizolators

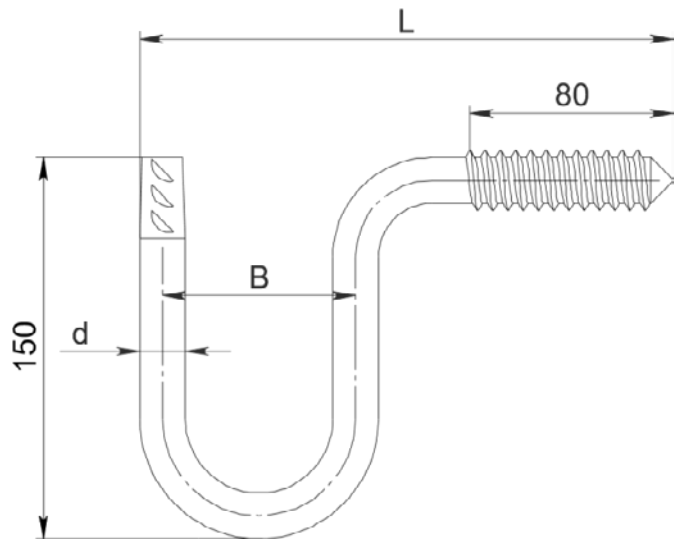
## Kāši

Gaisvadu līniju izolatorus nostiprina uz kāšiem un tapām, kas izgatavoti no tērauda. Uz izolatoriem, kas ir piestiprināti pie kāšiem, stiprina vadus ar dažādiem uzsējuma veidiem (4.5. attēls).



**IEVĒRĪBAI**

*Gaisvadu līniju izolatorus nostiprina uz kāšiem un tapām.*



4.5. attēls. Kāšis

Izbūvējot EPL ar spriegumu līdz 1 kV, piekarkabeli iekar ar speciāliem stiprinājumiem (4.6. attēls).



4.6. attēls. Materiāli AMKA stiprināšanai koka balstos

**Gaisvadu līniju vadi**



**IEVĒRĪBAI**

*GVL līdz 20 kV spriegumam izbūvē ar kailvadiem vai ar izolāciju pārklātiem vadiem.*

GVL līdz 20 kV spriegumam izbūvē ar kailvadiem vai ar izolāciju pārklātiem vadiem. GVL vadu tipi parādīti 4.7. un 4.8. attēlā. Kailvadus izgatavo no vara, alumīnija vai tērauda, un tiem nav izolācijas.

Izolēto vadu sistēmas (sauc arī par SAX, PAS) tika izstrādātas, lai samazinātu bojājumu skaitu salīdzinājumā ar kailvadu sistēmām.



4.7. attēls. Pārklāts vidsprieguma GVL vads



4.8. attēls. GVL kailvads

Ar izolāciju pārklātos zemsprieguma vadus sauc par piekarkabeli AMKA (4.9. attēls).

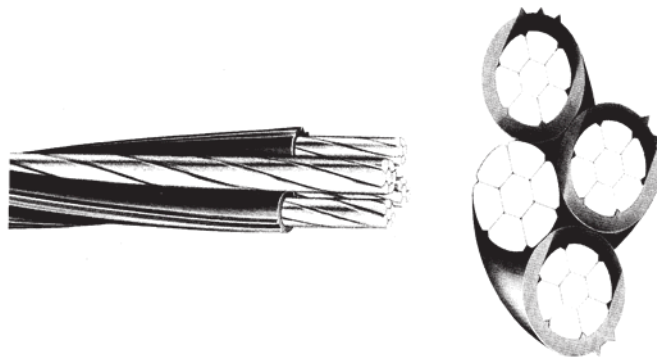
**IEVĒRĪBAI**

*Ar izolāciju pārklātos zemsprieguma vadus sauc par piekarkabeli AMKA.*

Piekarkabelis AMKA sastāv no 1–5 izolētiem fāzes vadiem, kuri apvīti ap nesošo nullvadu. Nesošais vads tiek izmantots kā PEN dzīsla. Fāzes vadi ir izolēti ar atmosfēras izturīgu blīvu, melnu polietilēnu, nesošais nullvads izgatavots no alumīnija sakausējuma (izturība pret stiepes deformāciju 300 N/mm<sup>2</sup>) un uzņem visas mehāniskās slodzes. Fāzes vadu šķērsriezums var būt no 16 mm<sup>2</sup> līdz 120 mm<sup>2</sup> atkarībā no slodzes strāvas, maksimāli pieļaujamā sprieguma krituma un īsslēguma strāvas. Nesošā nullvada šķērsriezums var būt no 16 mm<sup>2</sup> līdz 95 mm<sup>2</sup> (atkarībā no mehāniskajiem un elektriskajiem parametriem). Piekarkabelim papildus var būt viens vai divi izolēti vadi ielu apgaismojumam.

Augstākā pieļaujamā dzīslas temperatūra pie nepārtrauktas darbības ir 70 °C, īsslēgums (ilgums līdz 5 s) – 135 °C. Zemākā ieteicamā uzstādīšanas temperatūra ir –20 °C.

**Uzbūve.** 16 mm<sup>2</sup> vads – apaļa un monolīta alumīnija dzīsla, 25–120 mm<sup>2</sup> vads – apaļa, kompakta alumīnija dzīsla. Izolācija – klimata noturīgs melns polietilēns. Nesošais vads – septiņstieņu, blīvēts, apaļš, alumīnija sakausējuma vads. Izvietojums – izolētie vadi tiek savīti apkārt nesošajam vadam (4.9. attēls).



4.9. attēls. Zemsprieguma piekarkabelis

## 4.2. PĀRVADES GAISVADU LĪNIJAS

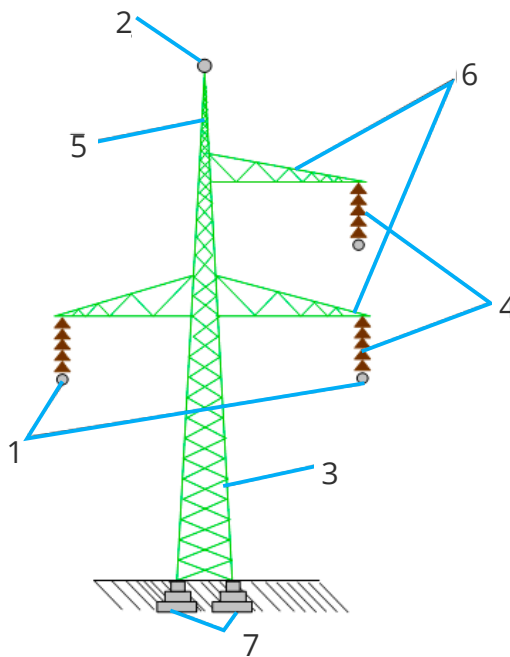
Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Elektrotīklu izbūve un darba organizēšana”, “Elektroenerģijas pārvades līniju izbūve”, “Elektropārvades līniju izbūves sagatavošana” un “Elektropārvades līniju izbūve”.



### DEFINĪCIJA

Par gaisvadu elektropārvades līniju sauc vadu, izolatoru un nesošo konstrukciju kopumu elektroenerģijas pārvadei no viena tīkla punkta uz otru.

Par gaisvadu elektropārvades līniju sauc vadu, izolatoru un nesošo konstrukciju kopumu elektroenerģijas pārvadei no viena tīkla punkta uz otru. Gaisvadu elektrolīnijai vadi nostiprināti balstos uz izolatoriem noteiktā augstumā virs zemes (4.10., 4.11. attēls).



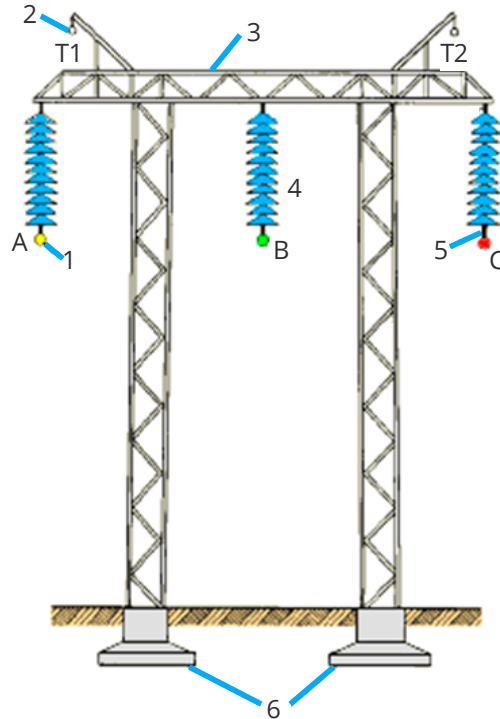
4.10. attēls. Gaisvadu līnijas konstrukciju elementi: 1 – vadi; 2 – aizsargtrose; 3 – balsts; 4 – izolatori; 5 – aizsargtrošes turētāji; 6 – traversa; 7 – balstu pamati

Pārvades gaisvadu elektrolīnijas galvenie konstruktīvie elementi ir balsti, vadi, ekrāntrose, izolatori un līnijas armatūra, pie kā tiek stiprināti izolatori (4.11. attēls).

Gaisvadu līnijas galvenie konstrukciju elementi ir šādi:

- vadi (1), kas kalpo elektroenerģijas pārvadei;
- aizsargtrošes (2), kas aizsargā līnijas pret zibens iedarbību;
- balsti (3), kuru uzdevums ir noturēt līniju vadus un aizsargtrošes;
- izolatori (4), kas izolē vadus no balstiem;

- līniju armatūra, ar kuru izolatorus nostiprina pie balstiem un vadus pie izolatoriem;
- aizsargtrošu turētāji (5);
- traversas (6);
- balstu pamati (7).



4.11. attēls. Gaisvadu līnijas konstrukciju elementi: 1 – līnijas fāzes vadi (A, B, C); 2 – aizsargtrose (T1, T2); 3 – balsts; 4 – izolatoru virtene (girlande); 5 – armatūra; 6 – pamati balstam

## Balsti



### DEFINĪCIJA

Balsti ir konstrukcijas, kurām piekārti vadi un zibens aizsardzības troses.



### IEVĒRĪBAI

Balsti paredzēti drošai vadu un ekrāntroses noturēšanai noteiktā attālumā no zemes un citām konstrukcijām gan normālā darba režīmā, gan avārijas situācijās.

Balsti ir konstrukcijas, kurām piekārti vadi un zibens aizsardzības troses. Pēc ķēžu (uz vieniem balstiem samontēto līniju skaits) skaita balsti var būt vienkēdes, divķēžu, daudzķēžu (vairāk par divām ķēdēm). Pēc nostiprināšanas veida grūti izšķir brīvi stāvošus balstus un balstus ar atsaitēm. Balsti paredzēti drošai vadu un ekrāntroses noturēšanai noteiktā attālumā no zemes un citām konstrukcijām gan normālā darba režīmā, gan avārijas situācijās. Balstu materiāls: tērauds, metālu sakausējumi, dzelzsbetons, koks.

**Starpbalsti** ir GVL trases taisnajā posmā izvietoti elastīgas vai ciešas konstrukcijas balsti, kuros vadi piekārti izolatoru piekarvirtenēs, bet zibens aizsardzības troses – piekarstiprinājumos. Starpbalsti uzņem vadu, zibens

aizsardzības trošu svara slodzes, apledošanas slodzes, vēja slodzes. Starpbalsti neuzņem vadu un zibens aizsardzības trošu stiepes slodzes vai arī uzņem daļēji.

**Enkurbalsti** ir ciešas konstrukcijas balsti, kuri normālā darba režīmā pilnībā uzņem vadu un zibens aizsardzības trošu stiepes slodzes, kā arī balstiem pieguļošo laidumu vadu, trošu un armatūras svara slodzes. Stūra balsti ir uz starpbalstu vai enkurbalstu bāzes izveidoti GVL virziena maiņas punktu balsti; stūra balsti var būt stūra starpbalsti vai stūra enkurbalsti. **Gala balsti** ir enkurbalsti, kurus uzstāda GVL galos vadu un zibens aizsardzības trošu vienpusējas stiepes slodzes uzņemšanai. **Nozarojuma balsti** ir ciešas konstrukcijas balsti (parasti enkurbalsti), kuri paredzēti gaisvadu līniju nozarojumu vadu un zibens aizsardzības trošu pievienošanai. **Transpozīcijas balsti** ir balsti, kuros tiek mainīta GVL fāžu vadu secība (vadu transpozīcija).

## Vadi

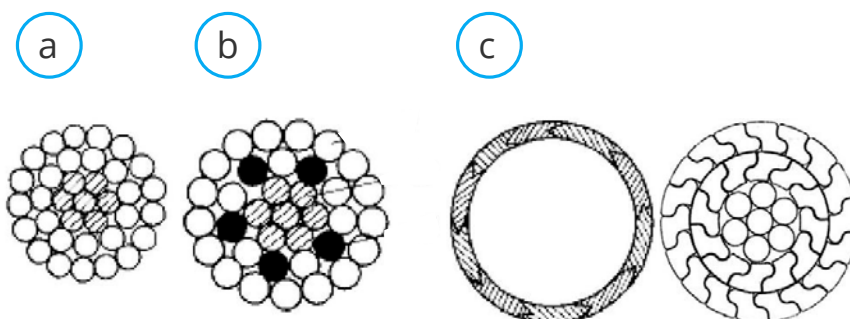


### IEVĒRĪBAI

*Pārvades līnijās izmanto dažādu marku kailvadus. Vadi tiek izmantoti smagos darba apstākļos, un tiem jābūt ar augstu mehānisko izturību un aizsargātiem pret koroziju.*

Pārvades līnijās izmanto dažādu marku kailvadus. Vadi tiek izmantoti smagos darba apstākļos, un tiem jābūt ar augstu mehānisko izturību un aizsargātiem pret koroziju (4.12. attēls). Vienkāršākie ir daudzstieplu tēraudalumīnija vadi (4.12. attēls, a). Ārējā daļā ir alumīnija dzīslas, bet iekšpusē – tērauda dzīsla mehāniskai stiprībai. Spriegumiem no 330 kV izmanto tēraudalumīnija vadus ar dielektriķa pildījumu (4.12. attēls, b). Pie augstiem spriegumiem uz vada virsmas var rasties augsta elektriskā lauka intensitāte, kas savukārt var

izraisīt elektrisko izlādi no vada gaisā (koronas izlāde). To novērš, mākslīgi palielinot vada diametru, nepalielinot tā svaru. Dobtos vadus (4.12. attēls, c) izmanto 330 kV apakšstacijās kā kopņu vadus. Tas saistīts ar virsmas efektu pie lielām strāvām. Spriegumiem no 110 kV izmanto šķeltos vadus. Tie ir daudzstieplu tēraudalumīnija vadi (4.12. attēls, a), kuri sastāv no diviem vadiem vienā fāzē pie 110–330 kV sprieguma un no trim vadiem fāzē pie 330–500 kV sprieguma. Vadi savā starpā ir sastiprināti ar metāla starpliku 40 cm attālumā viens no otra.



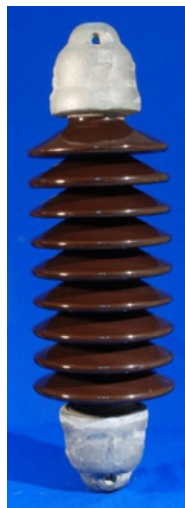
4.12. attēls. Pārvades tīklos izmantotie kailvadi: a – tēraudalumīnija vads; b – tēraudalumīnija vads ar dielektriķa pildījumu; c – dobtie vadi

## Izolatori

Izolatori ir dielektriskā materiāla (porcelāna, stikla u. tml.) izstrādājumi. Gaisvadu līniju izolatoru uzdevums ir izolēt vadus no balstiem un no balstu konstrukciju elementiem. Izolatoriem ir jāiztur mehāniskā slodze – vadu svars, vadu nostiepums –, tāpēc tiem ir jābūt ne tikai ar labām izolācijas īpašībām, bet arī mehāniski izturīgiem. **Piekarizolators** ir šķīvjaizolators vai stieņaizolators, kura armatūra nodrošina kustīgu savienojumu ar citiem virtenes elementiem vai līnijas armatūru; 110–330 kV GVL izmanto tikai piekarizolatorus. **Šķīvja piekarizolators** ir armēts piekarizolators, kura izolējošajai daļai ir diska, šķīvja vai zvana veida forma (4.13. attēls). **Stieņa piekarizolators** ir armēts piekarizolators, kura izolējošajai daļai ir stieņa vai nošķelta konusa forma ar vai bez ribām (4.14. attēls). **Izolatoru virtene** ir divi vai vairāki galvenokārt stiepē slogoti piekarizolatori, kas paredzēti gaisvadu līnijas vadu lokanai stiprināšanai. **Izolatoru ķēde** ir viena vai vairākas izolatoru virtenes, kas atbilstoši savienotas savā starpā ar stiprinājumiem un aizsargierīcēm. Ja izmanto stieņa izolatorus, izolatoru ķēdē var būt viens izolators; **izolatoru virtene** (stieņa izolators) ar armatūru vada vai kūļvada stiprināšanai. **Izolatoru piekarķēde** ir izolatoru virtene (stieņa izolators) ar armatūru vada vai kūļvada stiprināšanai. **Izolatoru spriegotājķēde** ir izolatoru virtene (stieņa izolators) ar armatūru vada vai kūļvada spriegošanai.



4.13. attēls. Šķīvja piekarizolatori



4.14. attēls. Porcelāna stieņa piekarizolators

## Aizsargtrose

Aizsargtrose ir GVL elements, kas paredzēts GVL aizsardzībai no tiešiem zibens spērieniem GVL fāžu vados. Zibens aizsardzības trosi piekar augstāk par fāžu vadu līmeni, to balstā sazemē vai izolē no balsta.

Aizsargtrošes turētājs ir ietaise zibens aizsardzības troses piestiprināšanai pie balsta. Ja troses stiprinājumā iekļauti viens vai vairāki izolatori, tad tādu stiprinājumu sauc par izolētu. Troses piekāršanai balstā izmanto piekarstiprinājumu, troses nospriegošanai – spriegotājstiprinājumu. Zibens aizsardzības trose 330 kV balstiem jāpiestiprina ar izolētu stiprinājumu, 110 kV balstiem izolētam jābūt spriegotājstiprinājumam.

## 4.3. GAISVADU LĪNIJU EKSPLUATĀCIJA

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Pārvades un sadales tīklu tehniskā ekspluatācija un darbu organizēšana”, “Elektroenerģijas pārvades līniju izbūve” un “Elektropārvades līniju ekspluatācija”.

Apakšnodaļā izklāstītas prasības GVL drošai ekspluatācijai un parādīti aizsargjoslu platumi dažāda sprieguma līnijām.

Visām no jauna izbūvētām un rekonstruētām energoietaisēm jāatbilst normatīvo dokumentu prasībām. Ja šīs prasības nav ievērotas, energoietaisi pieņemt ekspluatācijā nedrīkst. Katras gaisvadu līnijas ekspluatācijas pamatdokuments ir līnijas pase. Pasē tiek reģistrēta visa saņemtā dokumentācija un pieņemšanas ekspluatācijā pārbaudes rezultāti, līnijas trases izpildmērījumi, GVL šķērsojuma vietu akti ar citu EPL vai citām inženierkomunikācijām, GVL vadu nokares un gabarītu mērījumu protokoli, zemējuma ietaišu pretestību mērījumu protokoli, cilpas “fāze–nulle” pretestības mērījumu protokoli, balstu, pastabu pases vai sertifikāti, vienlīnijas shēmas, kurās uzrādīti līniju garumi, vadu markas, operatīvie apzīmējumi, komutācijas un aizsardzības aparāti un to operatīvie apzīmējumi, tips un parametri, aizsardzība pret pārspriegumu un zemējumu pretestības lielumi.



### IEVĒRĪBAI

*Pēc gaisvadu līnijas izbūves jānodrošina arī tās droša un ērta ekspluatācija, tāpēc ap GVL veido aizsargjoslas. Aizsargjoslu veido no zemes gabala un gaisa telpas, ko norobežo nosacītās vertikālas virsmas abpus līnijai.*

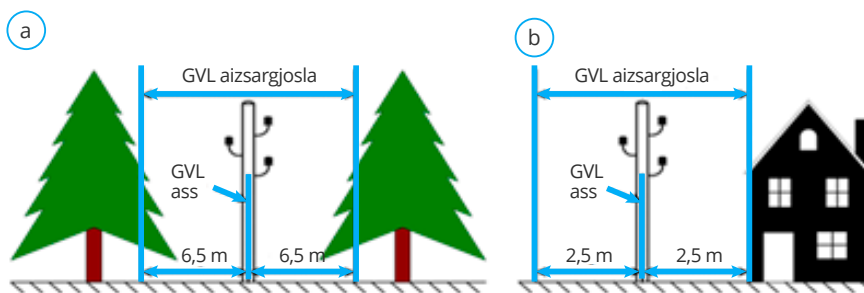
Pēc gaisvadu līnijas izbūves jānodrošina arī tās droša un ērta ekspluatācija, tāpēc ap GVL veido aizsargjoslas. Aizsargjoslu veido no zemes gabala un gaisa telpas, ko norobežo nosacītās vertikālas virsmas abpus līnijai. Aizsargjoslu platums ir atkarīgs no teritorijas veida, kurā tā atrodas.



Gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām, ja tās šķērso meža teritoriju, – zemes gabals un gaisa telpa, ko norobežo nosacītas vertikālas virsmas abpus līnijai:

- 1) gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu līdz 1 kV 6,5 metru attālumā no līnijas ass, kurā elektrolīniju trasi veido 2,5 metru platumā no līnijas ass uz katru pusi;
- 2) gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu 10–20 kV 30 metru attālumā no līnijas ass, kurā elektrolīniju trasi veido 6,5 metru platumā no līnijas ass uz katru pusi.

Gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām pilsētās un ciemos aizsargjoslas platumš gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu līdz 20 kV – 2,5 metru attālumā no līnijas ass (4.15. attēls, b). Gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām ārpus pilsētām un ciemiem aizsargjoslas platumš gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu līdz 20 kV – 6,5 metru attālumā no līnijas ass (4.15. attēls, a).



4.15. attēls. Aizsargjoslu platumš GVL līdz 20 kV ārpus pilsētām un ciemiem (a) un aizsargjoslas platumš GVL līdz 20 kV pilsētās un ciemos (b)

GVL aizsargjoslu apzīmējuma zīme norādīta 4.16. attēlā.



Piemērs:

- 1) GVL, kuras spriegums ir 0,4 – 20 kV;
- 2) neapdzīvotā vietā zīme jāliek vietās, kur GVL trase iet pa lauku, neapbūvētu vietu;
- 3) līnijas vadu vertikālais gabarīts no zemes ( $h = 6\text{ m}$ );
- 4) aizsargjoslas platumš ir 6,5 m katrā pusē no līnijas vertikālās ass.

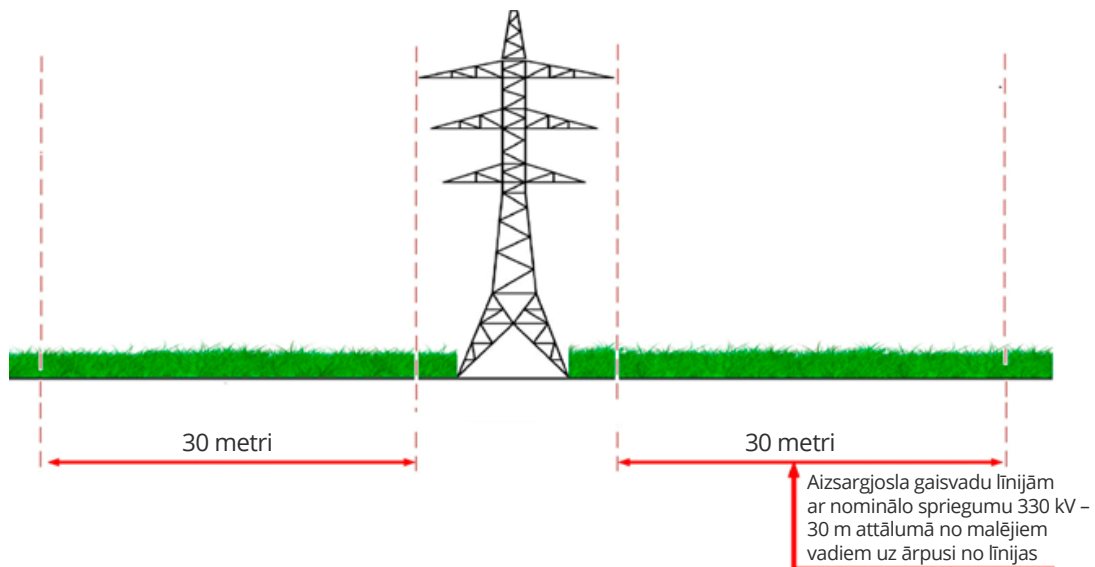
4.16. attēls. Aizsargjoslas apzīmējuma zīme

Laikam ejot, GVL aizsargjoslā sāk augt koki, kuri apdraud GVL drošību, tāpēc, ievērojot Aizsargjoslu likuma un tam pakārtoto normatīvo aktu prasības, veicami GVL trases tīrīšanas darbi. Veicot GVL aizsargjoslas uzturēšanas darbus, apzāgē arī augošu koku zarus vai vainagus, lai nepieļautu šo zaru uzkrišanu uz GVL vadiem. Periodiski jāveic arī zaru vertikālā apzāgēšana ar speciālo meža tehniku (4.17. attēls).



4.17. attēls. 20 kV GVL trases vertikālā zaru apzāgēšana

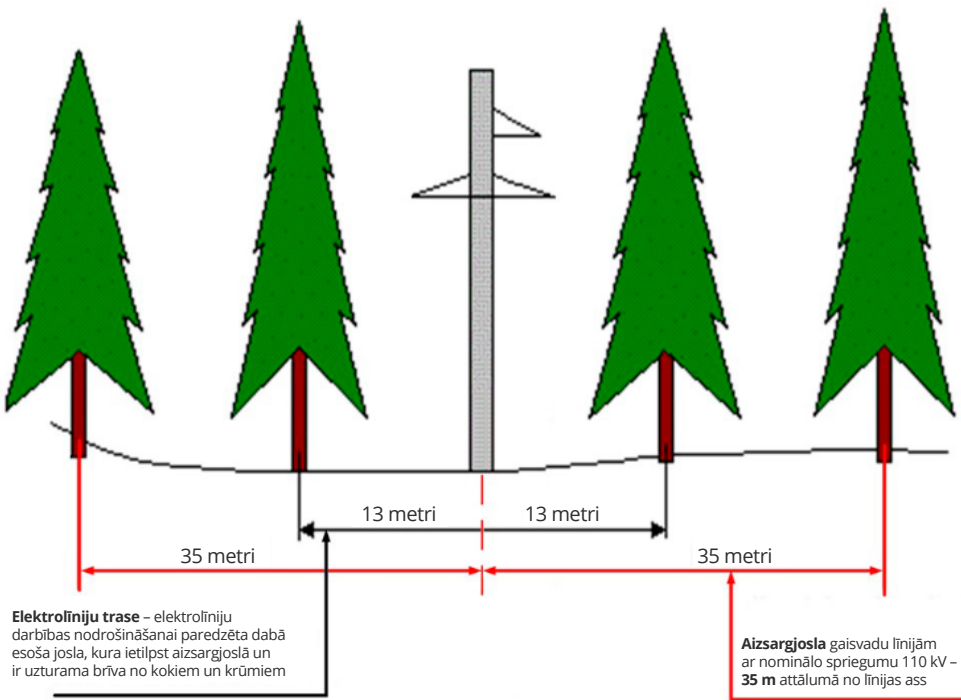
Aizsargjoslas platums gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām pilsētās un ciemos: gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu 110 kV – 7 metru attālumā no malējiem vadiem uz ārpusi no līnijas; gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu 330 kV – 12 metru attālumā no malējiem vadiem uz ārpusi no līnijas. Aizsargjoslas platums gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām ārpus pilsētām un ciemiem: gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu 110 kV – 30 metru attālumā no malējiem vadiem uz ārpusi no līnijas; gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu 330 kV – 30 metru attālumā no malējiem vadiem uz ārpusi no līnijas (4.18. attēls).



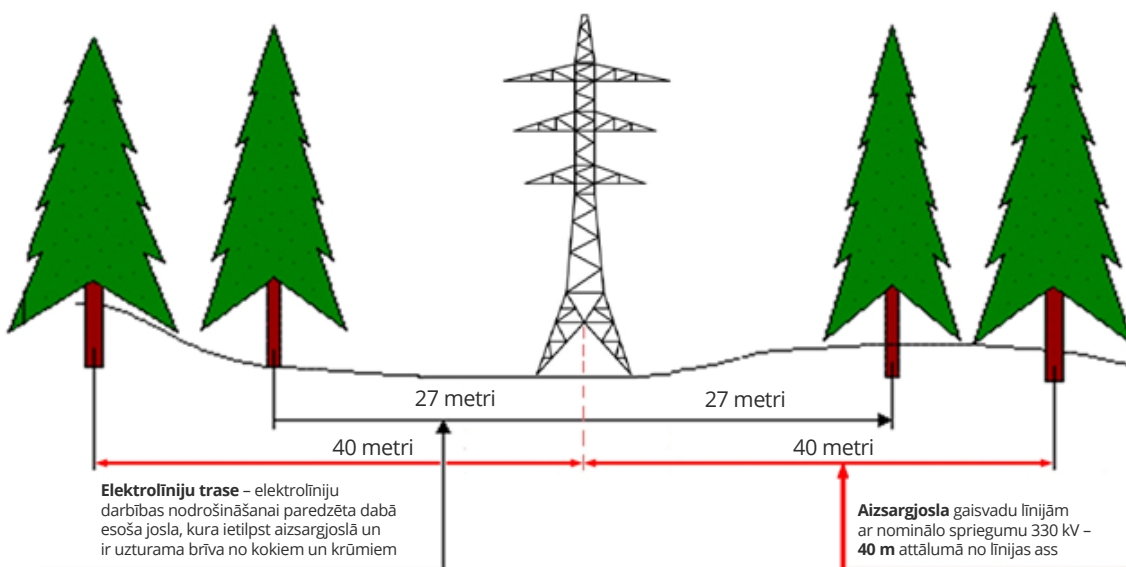
4.18. attēls. Aizsargjoslu platums GVL 330 kV ārpus pilsētām un ciemiem

Gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām, ja tās šķērso meža teritoriju, – zemes gabals un gaisa telpa, ko norobežo nosacītas vertikālas virsmas abpus līnijai:

- 1) gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu 110 kV – 35 metru attālumā no līnijas ass, kurā elektrolīniju trasi veido 13 metru platumā no līnijas ass uz katru pusi (4.19. attēls);
- 2) gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu 330 kV – 40 metru attālumā no līnijas ass, kurā elektrolīniju trasi veido 27 metru platumā no līnijas ass uz katru pusi (4.20. attēls).



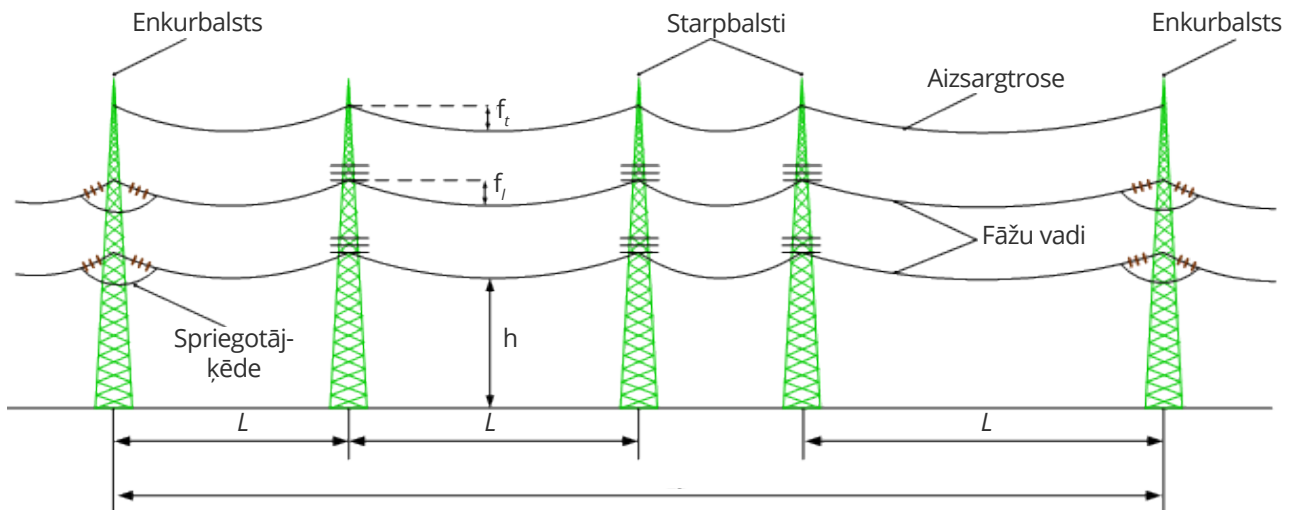
4.19. attēls. Aizsargjoslas platums GVL 110 kV meža teritorijās



4.20. attēls. Aizsargjoslas platums GVL 330 kV meža teritorijās

Līniju montāžā un ekspluatācijā nākas sastapties ar tādiem jēdzieniem kā līnijas trase, laidums, nokare, gabarīts, enkurposms, vadu nostiepe un mehāniskais spriegums vadā.

Gaisvadu līnijas asi apvidū sauc par **līnijas trasi**. Attālumu pa horizontāli starp balstiem, uz kuriem nostiprināti vadi (4.21. attēls), sauc par **laidumu**  $L$ . Līnijas posmu starp diviem enkurbalstiem sauc par **enkurposmu**  $L_e$ , savukārt nokare  $f$  ir maksimālais vertikālais attālums gaisvadu līnijas laidumā starp vadu un taisnu līniju, kas savieno vadu stiprināšanas vietas:  $f_L$  ir **līnijas vada nokare**, bet  $f_t$  – **aizsargtrošes nokare**. Minimālo attālumu starp jebkurām spriegumaktīvām daļām un zemi sauc par **gabarīta attālumu līdz zemei**  $h$ .



4.21. attēls. Līnijas laiduma galvenie raksturlielumi

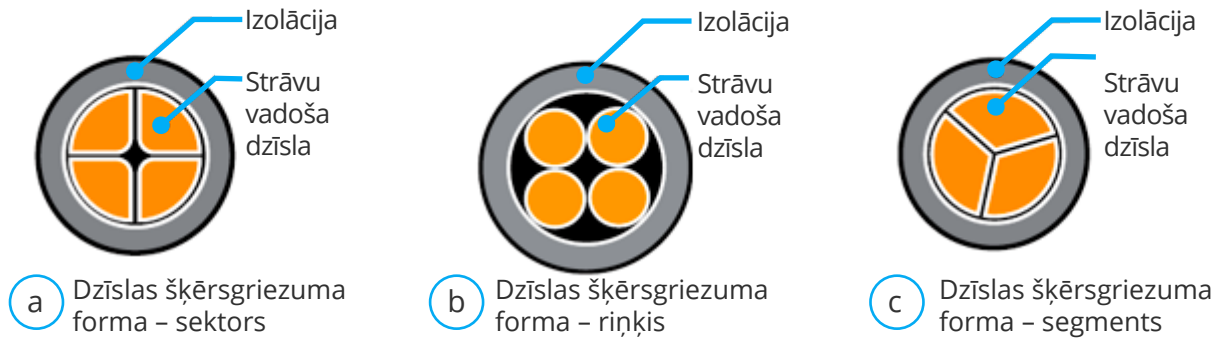
Uz balstiem 2,5–3 m augstumā tiek izvietoti šādi apzīmējumi: balsta numurs uz katra balsta; gaisvadu līnijas numurs uz gala balstiem, pirmajiem nozarbalstiem, balstiem abpus šķērsojumiem ar citām gaisvadu līnijām, ceļiem, dzelzceļiem; uz visiem balstiem divķēžu līnijās un paralēlās līnijās, ja attālums starp tām ir mazāks par 200 m.

## 4.4. KABEĻU LĪNIJAS

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Elektrotīklu izbūve un darba organizēšana”, “Elektroenerģijas pārvades līniju izbūve”, “Elektropārvades līniju izbūves sagatavošana” un “Elektropārvades līniju izbūve”.

Kabelis atšķiras no vada ar to, ka strāvu vadošās daļas izolētas un ieslēgtas hermētiskā aizsargapvalkā. Kabelis sastāv no trīs galvenajiem elementiem – strāvu vadošās daļas, izolējošā apvalka un aizsargapvalka. Izgatavo viendzīslas, divdzīslu, trīsdzīslu un četrudzīslu spēka kabelus. Spēka kabeļa strāvu vadošās dzīslas izgatavo no viena vai vairākiem alumīnija vai vara vadiem.

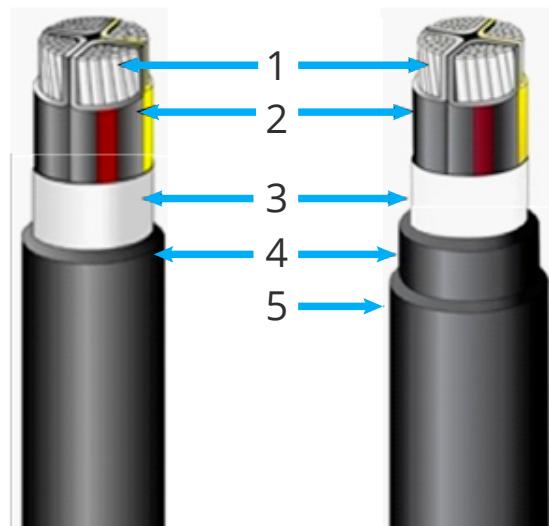
Dzīslas šķērsgriezuma forma var būt riņķis, sektors vai segments (4.22. attēls).



4.22. attēls. Kabeļu dzīslās šķērs griezumā forma

Četrdzīslu zemsprieguma kabeļa konstruktīvā uzbūve un tā galvenās sastāvdaļas parādītas 4.23. attēlā:

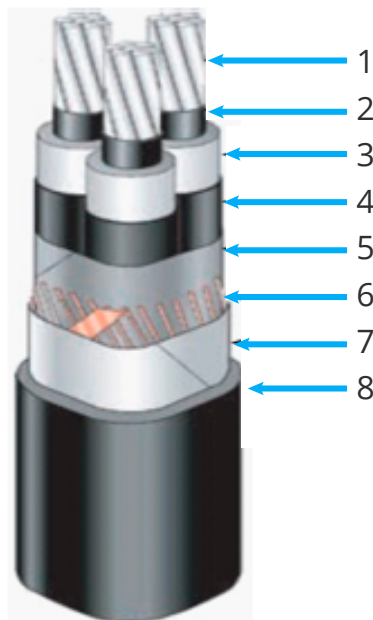
- 1) alumīnija (Al) vadītājs, kurš parasti sastāv no vairākiem atsevišķiem mazāka šķērs griezumā vadītājiem. Vairāku vadītāju uzbūve nodrošina lielāku kabeļa elastību un lielāku strāvas caurlaides spēju samazināta "skina" vai virsmas efekta dēļ;
- 2) ap vadītāju esošais izolācijas slānis ar pusvadošu pārklājumu, kas tā iekšpusē izlīdzina un ierobežo elektromagnētisko lauku;
- 3) alumīnija folijas ekrāns, kas veic bojājumu strāvas, parasti vienfāzes īsslēguma, uz zemi (zemesslēgums) novadīšanu uz zemējuma ietaisi apakšstacijā un nodrošina kabeļa radiālo (šķērsvirziena) ūdens aizsardzību;
- 4) polivinilhlorīda vai polietilēna ārējais apvalks, kas aizsargā kabeli no mehāniskiem bojājumiem tā montāžas laikā, kā arī veic izolācijas funkciju. Papildu polietilēna ārēja apvalka slānis drošai kabeļa iearšanai.



4.23. attēls. Zemsprieguma spēka kabeļa uzbūve

Vidsprieguma kabeļu līnijas (KL) izbūvē lieto trīsdzīslu, viendzīslu un vītus kabeļus ar centrālo zemējuma vadu. Trīsdzīslu vidējā sprieguma kabeļa konstruktīvā uzbūve un tā galvenās sastāvdaļas parādītas 4.24. attēlā:

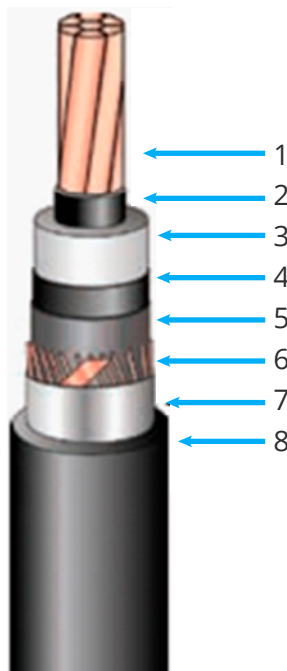
- 1) trīs alumīnija (Al) vai vara (Cu) dzīslas, kas parasti sastāv no vairākiem atsevišķiem mazāka šķērsriezuma vadītājiem. Vairāku vadītāju uzbūve nodrošina lielāku kabeļa elastību un lielāku strāvas caurlaides spēju samazināta "skina" (virsmas) efekta dēļ. Starp vadītāja dzīslām ir iepildīts speciāls ūdeni absorbējošs un piebriestošs materiāls – ja, piemēram, kabeli pārrokot, starp vadītāja dzīslām avārijas laikā iekļūst ūdens, tad tā garenvirziena izplatība vadītājā tiek apturēta;
- 2) ap vadītāju esošais ekrāns, kas izlīdzina un ierobežo elektromagnētisko lauku;
- 3) XLPE izolācijas slānis, kas izolē vadītāju no citiem vadītājiem;
- 4) ap XLPE izolācijas slāni esošais ekrāns, kas izlīdzina un ierobežo elektromagnētisko lauku;
- 5) ūdeni absorbējoša un piebriestoša dzija un lente starp fāzes dzīslām, kas aiztur ūdens garenvirziena izplatību mehānisku bojājumu gadījumā;
- 6) vara ekrāns, kas veic bojājumu strāvas, parasti vienfāzes īsslēguma, uz zemi (zemesslēgums) novadīšanu uz zemējuma ietaisi apakšstacijā;
- 7) pie ārējā apvalka cieši piestiprināta alumīnija folija, kas nodrošina kabeļa radiālo (šķērsvirziena) ūdens aizsardzību;
- 8) polietilēna ārējais apvalks, kas aizsargā kabeli no mehāniskiem bojājumiem tā montāžas laikā un veic izolācijas funkciju.



4.24. attēls. Trīsdzīslu vidsprieguma kabeļa kopējā apvalkā uzbūve

Viendzīslas vīdsprieguma kabeļa konstruktīvā uzbūve un tā galvenās sastāvdaļas parādītas 4.25. attēlā:

- 1) alumīnija (Al) vai vara (Cu) vadītājs, kurš parasti sastāv no vairākiem atsevišķiem mazāka šķērsriezuma vadītājiem. Vairāku vadītāju uzbūve nodrošina lielāku kabeļa elastību un lielāku strāvas caurlaides spēju samazināta "skina" (virsmas) efekta dēļ. Starp vadītāja dzīslām ir iepildīts speciāls ūdeni absorbējošs un piebriestošs materiāls – ja, piemēram, kabeli pārrokot, starp vadītāja dzīslām avārijas laikā iekļūst ūdens, tad tā garenvirziena izplatība vadītājā tiek apturēta;
- 2) ap vadītāju esošais ekrāns, kas izlīdzina un ierobežo elektromagnētisko lauku;
- 3) XLPE izolācijas slānis, kas izolē vadītāju no citiem vadītājiem;
- 4) ap XLPE izolācijas slāni esošais ekrāns, kas izlīdzina un ierobežo elektromagnētisko lauku;
- 5) ūdeni absorbējoša un piebriestoša dzija un lente starp fāzes dzīslām, kas aiztur ūdens garenvirziena izplatību mehānisku bojājumu gadījumā;
- 6) vara ekrāns, kas veic bojājumu strāvas, parasti vienfāzes īsslēguma, uz zemi (zemesslēgums) novadīšanu uz zemējuma ietaisi apakšstacijā;
- 7) pie ārējā apvalka cieši piestiprinātā alumīnija folija, kas nodrošina kabeļa radiālo (šķērsvirziena) ūdens aizsardzību;
- 8) polietilēna ārējais apvalks, kas aizsargā kabeli no mehāniskiem bojājumiem tā montāžas laikā, kā arī veic izolācijas funkciju.



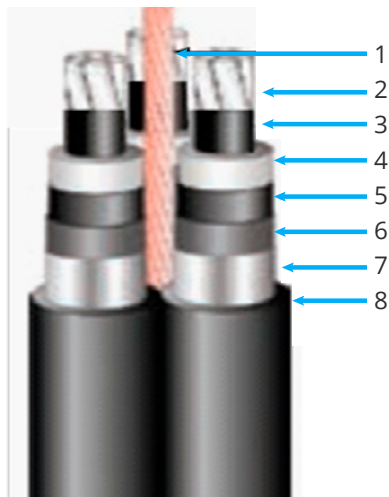
4.25. attēls. Viendzīslas vīdsprieguma kabeļa uzbūve

Vīta trīsdzīslu ar vara zemēšanas vadu vīdsprieguma kabeļa konstruktīvā uzbūve un tā galvenās sastāvdaļas parādītas 4.26. attēlā:

- 1) centrālais vara zemēšanas vads;
- 2) alumīnija (Al) vai vara (Cu) vadītājs, kurš parasti sastāv no vairākiem atsevišķiem mazāka šķērsriezuma vadītājiem. Vairāku vadītāju uzbūve nodrošina lielāku kabeļa elastību un lielāku strāvas caurlaides spēju samazināta "skina" (virsmas) efekta dēļ. Starp vadītāja dzīslām ir

iepildīts speciāls ūdeni absorbējošs un piebriestošs materiāls – ja, piemēram, kabeli pārrokot, starp vadītāja dzīslām avārijas laikā iekļūst ūdens, tad tā garenvirziena izplatība vadītājā tiek apturēta;

- 3) ap vadītāju esošais ekrāns, kas izlīdzina un ierobežo elektromagnētisko lauku;
- 4) XLPE izolācijas slānis, kas izolē vadītāju no citiem vadītājiem;
- 5) ap XLPE izolācijas slāni esošais ekrāns, kas izlīdzina un ierobežo elektromagnētisko lauku;
- 6) ūdeni absorbējoša un piebriestoša lente, kas aiztur ūdens garenvirziena izplatību mehānisku bojājumu gadījumā;
- 7) alumīnija folijas ekrāns, kas veic bojājumu strāvas, parasti vienfāzes īsslēguma, uz zemi (zemesslēgums) novadīšanu uz zemējuma ietaisi apakšstacijā un nodrošina kabeļa radiālo (šķērsvirziena) ūdens aizsardzību;
- 8) polietilēna ārējais apvalks, kas aizsargā kabeli no mehāniskiem bojājumiem tā montāžas laikā, kā arī veic izolācijas funkciju.



4.26. attēls. Vīta trīsdzīslu ar vara zemēšanas vadu vīdsprieguma kabeļa uzbūve

Viendzīslas vīdsprieguma kabelis ar ugunsizturīgu un degšanas procesu neuzturošu apvalku pēc konstrukcijas neatšķiras no parasta viendzīslas vīdsprieguma kabeļa. Visbiežāk sastopamie viendzīslas vīdsprieguma kabeli ar ugunsizturīgu un degšanas procesu neuzturošu apvalku konstruktīvi veidoti bez alumīnija folijas pie ārējā apvalka, jo tiek izmantoti galvenokārt telpās.

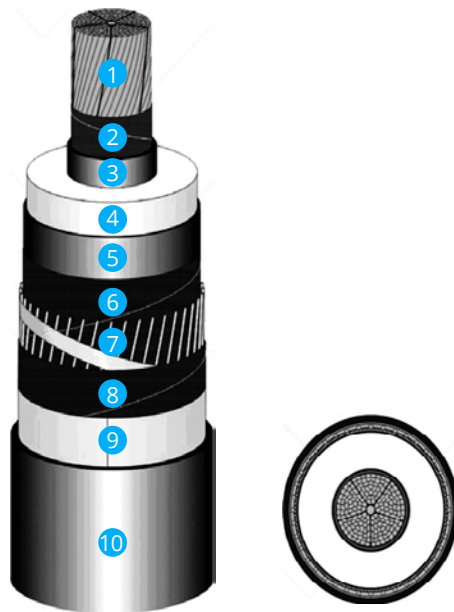


#### IEVĒRĪBAI

*110 kV elektropārvades līniju būvēs šobrīd praksē izmanto kabelus ar plastmasas izolāciju. 110 kV kabeli ar plastmasas izolāciju tiek plaši izmantoti visos no jauna būvētos un rekonstruētos objektos.*

110 kV elektropārvades līniju būvēs šobrīd praksē izmanto kabelus ar plastmasas izolāciju. Agrāk 110 kV tīklos plaši izmantoja ar eļļu pildītus augstsprieguma augstspiediena kabelus un ar eļļu pildītus vidēja spiediena augstsprieguma kabelus. Mūsdienās šādi kabeli ir morāli un fiziski novecojuši. 110 kV kabeli ar plastmasas izolāciju tiek plaši izmantoti visos no jauna būvētos un rekonstruētos objektos. Kā plastmasas izolāciju izmanto polietilēnu (XLPE), termoplastisko polietilēnu (PE), polivinilhlorīda plastikātu (PVC) un citus materiālus. 4.27. attēlā ir parādīts XLPE plastmasas izolācijas kabelis.





4.27. attēls. 110 kV kabelis ar XLPE izolāciju: 1 – vadītājs; 2 – sasaistošās lentes; 3 – vadītāja ekrāns; 4 – XLPE izolācija; 5 – izolācijas ekrāns; 6 – blīvējošā lente; 7 – metāla ekrāns; 8 – atdalošā lente; 9 – aptverošā alumīnija lente; 10 – PVC ārējā čaula

## 4.5. KABEĻU LĪNIJU EKSPLOATĀCIJA

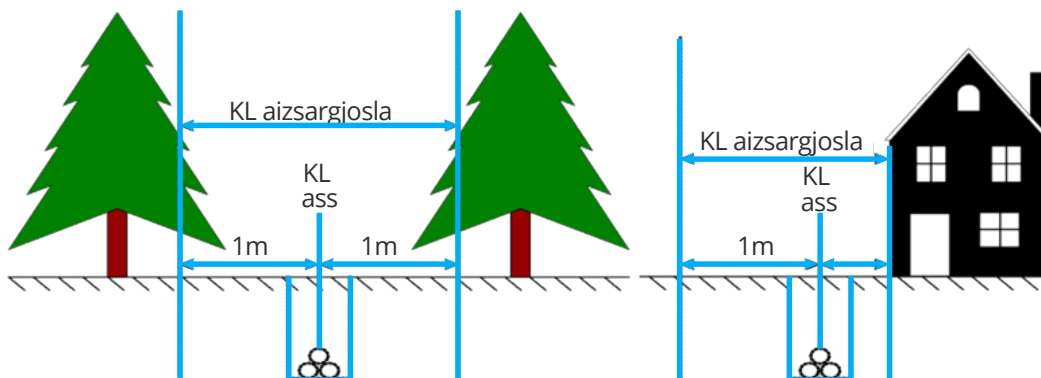
Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Pārvades un sadales tīklu tehniskā ekspluatācija un darbu organizēšana”, “Elektroenerģijas pārvades līniju izbūve” un “Elektropārvades līniju ekspluatācija”.



### BŪTISKI

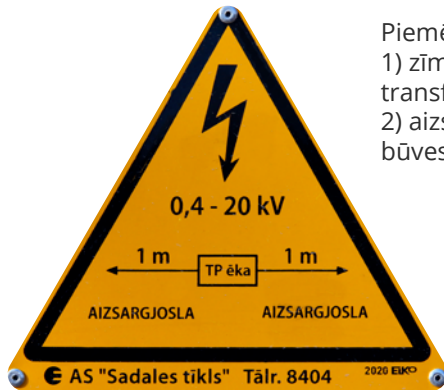
*Aizsargjoslu veido kā zemes gabalu un gaisa telpu, ko norobežo nosacītas vertikālas virsmas kabeļu līnijas katrā pusē 1 m attālumā no kabeļu līnijas ass.*

Aizsargjoslu likums nosaka prasības, veidojot aizsargjoslas kabeļu līnijām. Aizsargjoslu veido kā zemes gabalu un gaisa telpu, ko norobežo nosacītas vertikālas virsmas kabeļu līnijas katrā pusē 1 m attālumā no kabeļu līnijas ass (4.28. attēls).



4.28. attēls. KL aizsargjoslas izveidošana

KL trases platums sakrīt ar aizsargjoslas platumu. Ja kabelis atrodas tuvāk par 1 m no ēkas vai būves, tad šajā kabeļa pusē aizsargjoslu nosaka tikai līdz ēkas vai būves pamatiem. Aizsargjoslas ap ēkām un būvēm norāda ar zīmēm, kurus izvieto noteiktās vietās (4.29. attēls).



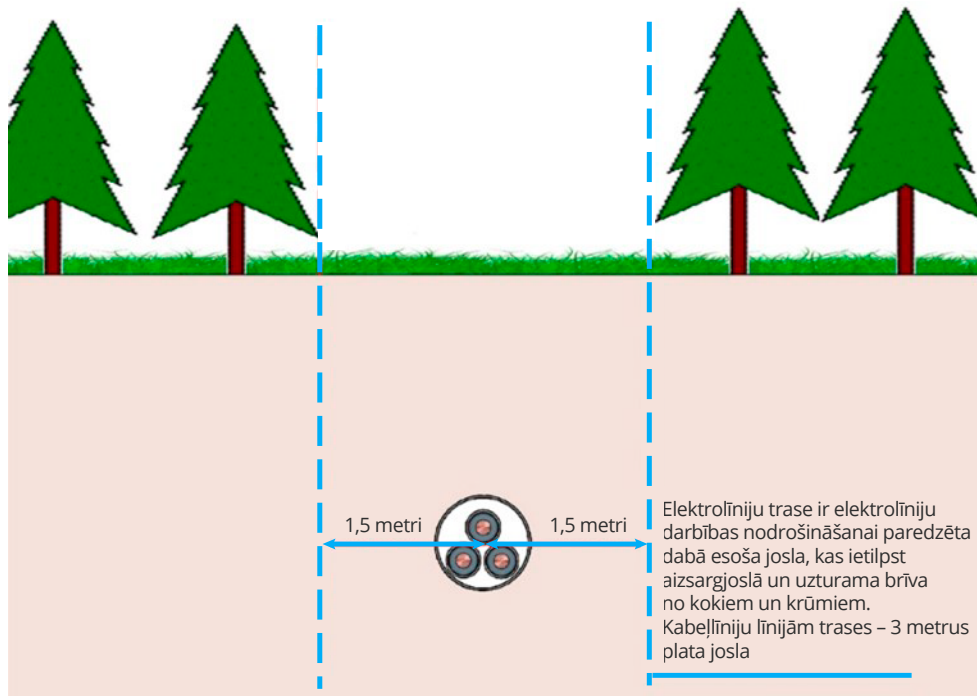
Piemērs:

- 1) zīme jāliek uz 20/0,4 kV slēgtas vai kompaktā transformatora apakšstacijas durvīm;
- 2) aizsargjoslas platums – 1 m uz katru pusi no būves.

4.29. attēls. KL aizsargjoslas apzīmējuma zīme

KL, kuras šķērso ūdens objektus zem ūdens līmeņa, aizsargjoslu veido kā ūdens platību, ko visā dziļumā no ūdens virsmas līdz gultnei ietver paralēlas plaknes 100 m attālumā katrā pusē no kabeļu līnijas ass.

Gar kabeļu līnijām, ja tās šķērso meža teritoriju, – 1,5 metru attālumā no kabeļu līnijas ass katrā pusē (4.30. attēls).



4.30. attēls. KL aizsargjosla meža teritorijā

Kabeļu līniju guldīšanu, montāžu un remontu veic personāls, kurš noteiktā kārtībā apguvis guldīšanas un montāžas paņēmienus un saņēmis montāžas tiesības. Montēt VS kabeļu pievienojumus drīkst personāls, kurš ieguvis attiecīgā kabeļu pievienojuma tipa montāžas tiesības un iepriekš ieguvis ZS kabeļu pievienojumu montāžas tiesības. Visus darbus, kurus veic ārpakalpojumu sniedzējs (guldīšana,

montāža, remonts utt.), uzrauga ekspluatējošā organizācija. Veicot tehnisko uzraudzību, vizuāli jānovērtē montāžas materiālu kvalitāte un darbu veicošā personāla tiesības veikt paredzētos darbus. Pabeidzot KL gala pievienojumu (gala apdaru vai adapteru) montāžas darbus, jāpārbauda kabeļu fāžu secība (fāzēšana), reizē pārbaudot fāžu nepārtrauktību. Pēc montāžas vai remonta darbiem VS kabeļu līnijai jāiztur pārbaude ar paaugstinātu spriegumu, un saskaņā ar normatīvo dokumentu prasībām to veic ar ļoti zemas frekvences (0,1 Hz)  $3U_0$  spriegumu.

Kabeļu līnijas valdītājs saskaņo darbus aizsargjoslā ar triecienmehānismiem un vibromehānismiem. Pirms visiem zemes darbiem veicama kabeļu trases kontroltrakšana elektroietaisies valdītāja personāla uzraudzībā.

### 1. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi

1. Kādi ir sadales tīklu GVL galvenie elementi?
2. Kādi ir pārvades tīklu GVL galvenie elementi?
3. Kādi ir GVL aizsargjoslas platumi pilsētās un ciemos?
4. Kādi ir GVL aizsargjoslas platumi ārpus pilsētām un ciemiem?
5. Ko sauc par līnijas trasi?
6. Kas ir vadu nokare?
7. Kas ir līnijas gabarīts no zemes?
8. Kāda tipa kabeļi tiek izmantoti pārvades līnijās?
9. Kādam nolūkam izveido kabeļlīniju aizsargjoslas?
10. Kādas ir ekspluatācijas prasības kabeļu līnijām ar spriegumu līdz 20 kV?
11. Kādas prasības izvirza personālam VS kabeļu pievienojumu montāžai?
12. Kas notiek, ja uz līnijas uzgāžas koks? Kāda aizsardzība nostrādās, kokam uzgāžoties uz līnijas? Kāpēc?
13. Kādā veidā tīklus izmantoja 19. gadsimta 30. gados?
14. Kas ir AAI? Kāds ir galvenais iemesls AAI uzstādīšanai elektropārvades un sadales līnijās?
15. Kādiem nolūkiem ir paredzēts elektropārvades tīkls Latvijā, un no kāda sprieguma tas sastāv?
16. Uz sadales līniju uzkrītot kokam, notika nepārejošs īsslēgums, AAI bija nesekmīgs, bet relejaizsardzība nenostādāja pareizi. Ar ko ir bīstams režīms ar neatslēgtu īsslēgumu?
17. Kas no elektroapgādes drošuma viedokļa ir labāks risinājums – gaisvadu līnija vai kabeļu līnija? Kāpēc?

**2. uzdevums.** Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. Ar kādu spriegumu Latvijā strādā elektropārvades līnijas?
  - 1) 110, 220 un 330
  - 2) 6, 10, 20, 35 un 110
  - 3) 110 un 330
  - 4) 6, 10 un 20
  
2. Ar kādu spriegumu Latvijā strādā vidēja sprieguma sadales līnijas?
  - 1) 110, 220 un 330
  - 2) 6, 10, 20, 35 un 110
  - 3) 110 un 330
  - 4) 6, 10 un 20
  
3. Kura kompānija ir elektroenerģijas pārvades sistēmas operators Latvijā?
  - 1) AS "Sadales tīkls"
  - 2) AS "Augstsprieguma tīkls"
  - 3) AS "Latvenergo"
  - 4) AS "Rīgas siltums"
  
4. Kura kompānija ir elektroenerģijas sadales sistēmas operators Latvijā?
  - 1) AS "Sadales tīkls"
  - 2) AS "Augstsprieguma tīkls"
  - 3) AS "Latvenergo"
  - 4) Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisija
  
5. Kas ir elektrolīnija?
  - 1) Caurules, kurās tiek uzturēts gaiss zem spiediena.
  - 2) Balsti ar izolatoriem.
  - 3) Vadu, kabeļu, izolatoru un nesošo konstrukciju kopums elektroenerģijas pārvadei no viena tīkla punkta uz otru.
  - 4) Līnija, kuras vadi nostiprināti betona balstos.
  
6. Kas ir gaisvadu elektrolīnija?
  - 1) Caurules, kurās tiek uzturēts gaiss zem spiediena.
  - 2) Elektrolīnija, kuras vadi vai piekarkabeļi nostiprināti balstos.

- 3) Elektrolīnija, kuras vadi nostiprināti metāla balstos.
- 4) Elektrolīnija, kuras vadi nostiprināti betona balstos.

7. Kā tiek apzīmēta gaisvadu elektrolīnija?

- 1) L
- 2) EL
- 3) GLV
- 4) MW

8. Kas ir kabeļu elektrolīnija?

- 1) Līnija ar izolatoriem.
- 2) Elektrolīnija, kas paredzēta datu pārraidei.
- 3) Elektrolīnija, kas izveidota no viena vai vairākiem kabeļiem un ieguldīta zemē.
- 4) Elektrolīnija, kuras vadi nostiprināti metāla balstos.

9. Uz slēgto TP ārdurvīm jābūt:

- LEK 002
- 1) noteiktas formas brīdinājuma zīmei "Bīstami! Elektrība", operatīvajiem apzīmējumiem, elektroietaisies valdītāja juridiskajam nosaukumam, izsaukuma telefona numuram;
  - 2) noteiktas formas brīdinājuma zīmei "Bīstami! Elektrība", operatīvajiem apzīmējumiem, elektroietaisies valdītāja juridiskajam nosaukumam;
  - 3) tehniskā vadītāja noteiktajiem apzīmējumiem;
  - 4) noteiktas formas brīdinājuma zīmei "Bīstami! Elektrība", operatīvajiem apzīmējumiem, elektroietaisies darba sprieguma pakāpei, izsaukuma telefona numuram.

10. Kādā augstumā ir jābūt novietotām informatīvām zīmēm aizsargjoslas apzīmēšanai uz GL balstiem?

- LEK 002
- 1) No 2–3 m augstumā.
  - 2) Augstāk par 2,5 m.
  - 3) 2,5–3 m augstumā.
  - 4) 2–2,5 m augstumā.

12. Kas ir kabeļlīnija?

- LEK 002
- 1) Elektrolīnija, kas ir ierakta zemē, pielikta pie ēkas sienām, ievietota kabeļkanālos, caurulēs vai tamlīdzīgi.
  - 2) Elektrolīnija, kas izveidota ar īpašu izolētu vadu – kabeli – un instalēta zemē, gar ēkas sienām, kabeļkanālos, caurulēs vai tamlīdzīgi.
  - 3) Elektroietaise, kas paredzēta elektroenerģijas pārvadei pa vadiem un instalēta zemē, gar ēkas sienām, kabeļkanālos, caurulēs vai tamlīdzīgi.
  - 4) Izolēta elektrolīnija, kuras vadi nostiprināti balstos uz izolatoriem noteiktā augstumā virs zemes.

14. Kurš ir tiesīgs veikt kabeļu guldīšanu, montēt un remontēt kabeļu uznavas?

- LEK 002
- 1) Personāls, kurš apguvis guldīšanas un montāžas paņēmienus un ieguvis montāžas tiesības.
  - 2) Darbinieks ar A elektrodrošības grupu.
  - 3) Darbinieks ar C elektrodrošības grupu.
  - 4) Darbinieks ar B elektrodrošības grupu.

16. Pret ko jābūt aizsargātiem GL koka balstiem?

- LEK 002
- 1) Pret bīstamiem kokiem un krūmiem.
  - 2) Pret ultravioleto starojumu.
  - 3) Pret konstrukciju izmaiņām.
  - 4) Pret trupēšanu.

18. Kur uz kabeļiem līdz 20 kV nedrīkst novietot datu plāksnīti ar informāciju?

- LEK 002
- 1) Vietās, kur kabeļi guldīti cauri ēku un būvju sienām un pārsedzēm.
  - 2) Kabeļu pagriezienos.
  - 3) Tieši uz uznavas.
  - 4) Kanālu un tuneļu sākumā un beigās, kā arī taisnajos posmos ik pēc 50 m.

20. Kāds ir GVL līdz 20 kV aizsargjoslas platums pilsētās?

- Aizsarg-  
joslu  
likums
- 1) 30 m attālumā no malējiem vadiem uz ārpusi no līnijas.
  - 2) 6,5 m attālumā no līnijas ass uz katru pusi.
  - 3) 2,5 m platumā no līnijas ass uz katru pusi.
  - 4) 27 m platumā no līnijas ass uz katru pusi.

5.

## KOMUTĀCIJAS APARĀTI, AIZSARGAPARĀTI UN MĒRMAIŅI

<p><b>Nodaļas mērķis</b></p>	<p>legūt zināšanas par komutācijas aparātu – jaudas slēdžu, atdalītāju, mērmaiņu, aizsargaparātu un citu elementu uzbūves, darbības un ekspluatācijas principiem, kā arī izvēles nosacījumiem.</p>
<p><b>Sasniedzamie rezultāti</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zina komutācijas aparātu, aizsargaparātu un mērmaiņu darbības un ekspluatācijas principus.</li> <li>• Spēj izvēlēties piemērotākās iekārtas izvirzītajai problēmai, iekļaujoties tīkla struktūrā.</li> <li>• Spēj novērtēt iekārtu izvēli un pieņemt lēmumus par iekārtas piemērotību.</li> </ul>

Elektriskā sistēma ir sarežģīts mehānisms, un tā droša un stabila funkcionēšana, kā arī turpmākā lietotāju elektroapgāde ir atkarīga no vairāku elementu bezatteikumu darbības principiem. Katrs no šiem elementiem ir atbildīgs par konkrēta uzdevuma īstenošanu, piemēram, jaudas slēdzis – par savlaicīgu īsslēguma strāvu atslēgšanu, mērmaiņi – par dažādu mērījumu nodrošināšanu un turpmāko izmantošanu, aizsargaparāti pilda aizsardzības funkciju un aizsargā ne tikai pašu iekārtu, bet arī citus elektrotīkla elementus. Lai elektrosistēma funkcionētu droši, katrai iekārtai tajā ir savi mērķi un uzdevumi, kuru īstenošanai iekārtu nepieciešams izvēlēties, pārbaudīt, uzstādīt un apkopt. Lai spētu to darīt, izglītojamajiem nepieciešamas zināšanas par apakšstaciju un elektrotīklu iekārtas funkcijām, darbības principiem un ekspluatāciju, ko pēc tam varētu pielietot praksē.

## 5.1. JAUDAS SLĒDŽI (EKSPLUATĀCIJA, IZVĒLE, DARBĪBAS PRINCIPS)

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Ārējo elektrotīklu tehniskā ekspluatācija”, “Elektrisko mašīnu un iekārtu iestatīšana un ekspluatācija” un “Elektrodrošība elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas un elektromontāžas darbos”.



### DEFINĪCIJA

*Jaudas slēdži ir elektriskie komutācijas aparāti, kas paredzēti gan darba strāvu tukšgaitas un slodzes režīmos, gan avārijas režīmos īsslēguma strāvu komutēšanai.*

Jaudas slēdži ir elektriskie komutācijas aparāti, kas paredzēti gan darba strāvu tukšgaitas un slodzes režīmos, gan avārijas režīmos īsslēguma strāvu komutēšanai. Jaudas slēdzis ir aprīkots ar loka dzēšanas kameru, kas nodrošina īsslēguma strāvas komutēšanu un pārejas procesa rādītā loka dzēšanu. Jaudas slēdža automātisku vadību nodrošina tālvadības ķēdes, kā arī jaudas slēdzis avārijas režīmos tiek darbināts no releju aizsardzības ķēdēm. Komutācijas operācijas var veikt arī rokas režīmā. Jaudas slēdžus uzstāda apakšstacijā elektrisko līniju pievienojumos sākumā un beigās.

Jaudas slēdzis ir vienīgais komutācijas aparāts, kurš spēj atslēgt īsslēguma strāvu. Jaudas slēdzim atslēdzot īsslēguma strāvu, starp kontaktiem izveidojas elektriskais loks. Loka dzēšana notiek speciāli izveidotajās jaudas slēdža loka dzēšanas kamerās, strāvas sinusoīdai ejot caur nulles punktu. Notiekot īsslēgumam un jaudas slēdža darbībai, spriegums elektroietaisē atjaunojas pārejas procesa laikā, kas ir atkarīgs no elektriskā tīkla parametriem – kapacitātes un induktivitātes.



5.1. attēls. Augstsprieguma elegāzes jaudas slēdzis



Jaudas slēdžus klasificē pēc šādām prasībām:

- 1) uzstādīšanas vieta (brīvgaisa vai iekštelpu sadalne);
- 2) elektriskā loka dzēšanas veids (eļļas, spiesta gaisa, elegāzes, vakuuma, elektromagnētiskie);
- 3) konstruktīvā polu uzbūve (trīspolu kopīgā korpusā vai trīs atsevišķi vienpola jaudas slēdži);
- 4) piedziņas veids (atsevišķais, iebūvētais, elektromagnētiskais, atsperu, pneimatiskais u. c.).

Atkarībā no elektriskā loka dzēšanas veida jaudas slēdži tiek klasificēti pēc tā saucamā tipa. Atbilstoši šim kritērijam tie ir ieguvuši savu nosaukumu (eļļas, spiesta gaisa, elegāzes, vakuuma vai elektromagnētiskie slēdži).

Turpmāk tiek apskatītas vairāku jaudas slēdžu tipu darbības īpatnības, kā arī priekšrocības un trūkumi.

### **Eļļas jaudas slēdži**

Eļļas jaudas slēdžus iedala lieltilpuma un maztilpuma slēdžos. Lieltilpuma eļļas slēdžu konstrukcija un masa ir liela, jo eļļa kalpo gan loka dzēšanai, gan izolācijai fāžu starpā un starp fāzēm un zemi. Vidējā sprieguma eļļas jaudas slēdžiem (līdz 20 kV) visas fāzes ir vienā tvertnē. [32] Slēdžu galvenie trūkumi ir sprādzienbīstamība un zema ugunsdrošība, kā arī tos nevar uzstādīt telpās, tāpēc lieltilpuma eļļas slēdžus praksē vairs neizmanto, vīdsprieguma tīklos uzstāda elegāzes un vakuuma jaudas slēdžus.

Lieltilpuma eļļas slēdžu vietā ieviesa maztilpuma jaudas slēdžus. Šādos slēdžos eļļa pilda tikai lokdzēšanas funkciju, bet izolāciju starp fāzēm, kā arī starp fāzēm un zemi veido cietie dielektriķi. Līdz ar to salīdzinājumā ar lieltilpuma jaudas slēdžiem maztilpuma jaudas slēdžiem ir nepieciešams daudz mazāk eļļas – nevis vairākas tonnas, bet daži kilogrami uz vienu fāzi. Eļļas kvalitātei ir zemākas prasības, jo tās tīrībai dzēšanas procesā nav izšķirošas nozīmes. Arī kopējā masa un gabarīti ir ievērojami mazāki. Šāda tipa jaudas slēdžus izmantoja spriegumam līdz 110 kV. Eļļas slēdžu galvenais trūkums ir tas, ka tie ir sprādziennedroši un ugunsnedroši. Arī atslēgšanas spēja maztilpuma jaudas slēdžiem ir neliela, un atvieglotas konstrukcijas dēļ šiem slēdžiem ir apgrūtināta stacionāru strāvmaiņu iebūve. Latvijā 110 kV tīklos dažās apakšstacijās vēl palikuši uzstādītie Zviedrijas firmas "ASEA" HLD sērijas maztilpuma jaudas slēdži. Tie ir brīvgaisa slēdži ar elektrodzinēju atsperu uzvilkšanai. Automātiskā avārijas atslēgšana var būt atšķirīga vai kopīga visiem trim poliem. 330 kV līnijām automātiskā avārijas atslēgšana darbojas katram polam atsevišķi. Eksploatācijā šie slēdži ir darbojušies droši, atslēgšanas spēja  $I_{atsl. nom} = 25$  kA. Revīzija ir jāveic pēc 500 nominālās strāvas atslēgumiem vai trīs īsslēguma strāvas atslēgšanas reizēm. Ražotāja garantētais darba mūžs ir 25 gadi. 20. gadsimta 80. gados Latvijā 110 kV elektriskajos tīklos sāka uzstādīt Bulgārijā ražotus maztilpuma jaudas slēdžus. Tie arī ir brīvgaisa slēdži ar elektrodzinēju atsperu uzvilkšanai. Lielākā atšķirība ir tāda, ka atslēgšanas procesā katrā polā tiek radīti divi pārtraukumi un katram polam ir divas dzēškameras, kuras savstarpēji izvietotas 60° leņķī. Atslēgšanas spēja  $I_{atsl. nom} = 31,5$  kA. Eksploatācijas laiks ir 25 gadi.

Šobrīd Latvijā 110 kV tīklos maztūluma eļļas slēdži tiek izmantoti vairs tikai nerekonstruētās apakšstacijās; savu trūkumu dēļ tie vairs netiek uzstādīti un lietoti. Mūsdienās pasaules elektriskajās sistēmās virsroku ir guvuši elegāzes un vakuuma slēdži. Elektropārvades tīklos saskaņā ar pašreizējo Latvijas pārvades sistēmas operatora tehnisko politiku ir paredzēta eļļas jaudas slēdžu nomaiņa pret daudz drošākiem, ātrdarbīgiem un ekspluatācijā ērtāk izmantojamiem elegāzes jaudas slēdžiem. Maztūluma eļļas slēdžus joprojām izmanto vīdsprieguma elektroietaisēs. Vakuuma slēdži sava lielā atslēgumu resursa dēļ galvenokārt tiek izmantoti elektriskajos sadales tīklos.

### Elegāzes jaudas slēdži

Elegāzes jaudas slēdžiem elektriskā loka dzēšanai tiek izmantota elegāze (sēra heksafluorīds  $SF_6$ ), (5.2. attēls).



5.2. attēls. 330 kV elegāzes jaudas slēdzis

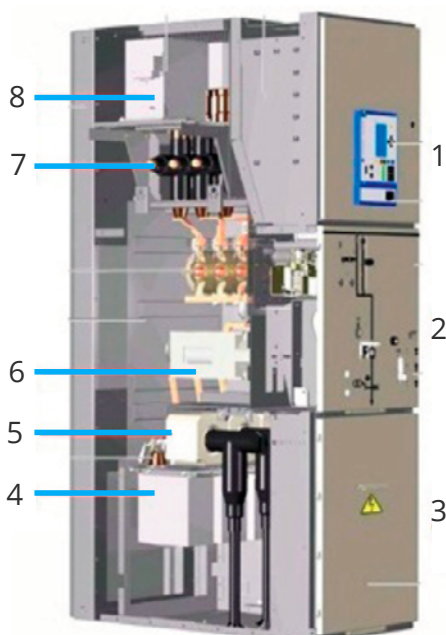
Elegāzes jaudas slēdži tiek plaši izmantoti visā pasaulē, tostarp Latvijā, jo salīdzinājumā ar citiem jaudas slēdžu tipiem tiem ir vislabākās loka dzēšanas īpašības, līdz ar to īsslēguma strāvas tiek atslēgtas ātri un nerada nekādu kaitējumu nedz pašiem jaudas slēdžiem, nedz arī citām apakšstacijā uzstādītām iekārtām. Elegāzes jaudas slēdžus izmanto galvenokārt elektropārvades tīklos. Slēdžu darbības principi ir dažādi. Visbiežāk izmanto autokompresiju, kad loka dzēšanas momentā elegāze tiek saspiesta un izpūsta loka dzēšanas kamerā. [32] Elegāzes jaudas slēdžiem izmanto hermētiskās loka dzēšanas kameras. Otrs darbības princips ir autoģenerācija, kad vajadzīgais elegāzes spiediens tiek panākts ar temperatūras paaugstinājumu, izmantojot loka izdalīto enerģiju. Trešais darbības princips ir magnētiskais lauks, kad ar magnētiskā lauka palīdzību panāk loka rotēšanu, kas sekmē loka dzēšanu.

Slēdžus būvē, izmantojot moduļu principu. Galvenās sastāvdaļas ir loka dzēšanas kamera, izolatori, darbinātāji un kondensatori vienmērīgai sprieguma sadalīšanai starp dzēškamerām un rezistori pārsprieguma samazināšanai. 110 kV spriegumam slēdžu fāzes novieto uz kopējas pamatkonstrukcijas.

Darbinātāja veidi var būt atšķirīgi – kopēji, kā arī atsevišķi pa fāzēm. Augstākiem spriegumiem katra fāze ir uz atsevišķas pamatnes un ar atsevišķu darbinātāju. Elegāze ir ķīmiski stabila, neuzliesmojoša, netoksiska, bezkrāsaina gāze bez smaržas. Tas ir labs dielektriķis. Salīdzinot ar gaisu, vienādos apstākļos elegāzes dielektriskā stiprība ir divreiz lielāka, bet salīdzinājumā ar eļļu trīs atmosfēru spiedienā tām ir vienāda dielektiskā stiprība. Elegāzi var lietot plašā temperatūras diapazonā, tā labi dzēš elektrisko loku. Pie augstām temperatūrām (3000 °C) elegāze sāk sadalīties sēra un flora jonus, bet, temperatūrai samazinoties (1000 °C), tā gandrīz pilnībā rekombinējas. Atlikusī daļa, reaģējot ar slāpekli un metāliem, veido strāvu nevadošu pulveri, kas nosēžas elegāzes slēdža daļās. Elegāzes jaudas slēdži ir sprādziendroši un ugunsdroši, tie ir mazāki un vieglāki salīdzinājumā ar citiem gaisa slēdžu tipiem, tiem nav nepieciešama ne spiesta gaisa, ne eļļas saimniecība, slēgšanas operācijas notiek praktiski bez trokšņa. Elegāzes jaudas slēdži tiek plaši izmantoti elektropārvades tīklos Latvijā, un savu priekšrocību dēļ tie šobrīd tiek uzstādīti visos jaunbūvējamos un rekonstruējamos 110 kV un 330 kV objektos un apakšstacijās, kā arī ir vienīgie jaudas slēdži, ko izmanto 110 kV un 330 kV elektrotīklos (5.1. attēls). Elegāze ir kaitīga veselībai, tāpēc to uzpilda īpaši apmācīti speciālisti, izmantojot speciālas tehnoloģijas. Līdzās salīdzinoši lielām elegāzes jaudas slēdžu cenām to var uzskatīt par trūkumu.

### Vakuuma jaudas slēdži

Vakuumslēdžiem kontaktu sistēma ir ievietota vakuuma telpā (5.3. attēls). Vakuums nodrošina to, ka gāzu molekulām nav ierobežots brīvā ceļa garums un kontaktspraugā nenotiek triecienjonizācija un neveidojas patstāvīga izlāde [32].



5.3. attēls. Slēgkārta uzbūve ar vakuuma jaudas slēdži: 1 – vadības bloka nodaļums; 2 – jaudas slēdža nodaļums; 3 – kabeļu pievienojumu nodaļums; 4 – spriegummainis; 5 – gredzenveida strāvmainis; 6 – vakuuma jaudas slēdzis; 7 – kopnes; 8 – kopņu spriegummainis

Problemātiskākā vieta ir paši kontakti, kas pastiprināti noārdās, palielinoties strāvas blīvumam. Kontaktspraugai ir liela elektriskā izturība, un tāpēc attālums starp kontaktiem ir neliels. Sakarā ar iepriekš minēto un lielo resursu skaitu vakuuma jaudas slēdžus izmanto galvenokārt sadales tīklos. Vakuuma slēdžu galvenā priekšrocība ir ļoti liels komutāciju skaits un līdz ar to arī liels komutāciju resurss. Vēl kā priekšrocību var minēt vakuuma jaudas slēdžu lēto cenu salīdzinājumā ar elegāzes jaudas slēdžiem. Vakuuma jaudas slēdžiem ir arī citas priekšrocības:

- nelieli gabarīti un masa;
- liels atslēgumu resurss un ilgs ekspluatācijas laiks bez remontiem;
- ir sprādziendroši un ugunsdroši;
- ir salizturīgi, mitrumizturīgi;
- var strādāt jebkurā stāvoklī – vertikāli, horizontāli vai zem leņķa.

Vakuuma jaudas slēdžu trūkumi:

- pārsprieguma iespēja;
- salīdzinoši nelielas darba un atslēgšanas strāvas, piemēram, 20 kV jaudas slēdzim atslēdzamā īsslēguma strāva ir līdz 125 kA, bet darba strāva – līdz 16 kA.

Ņemot vērā minētās priekšrocības, šādā tipa jaudas slēdži tiek plaši izmantoti Latvijas sadales tīklos.

### **Elektromagnētiskie jaudas slēdži**

Elektromagnētiskie jaudas slēdži arī tiek izmantoti sadales tīklos. Loka dzēšana pamatojas uz loka pretestības pieaugumu tā pagarināšanas rezultātā. Šādi jaudas slēdži elektriskajos tīklos Latvijā tiek izmantoti ļoti reti [32].

Elektromagnētiskos jaudas slēdžus izgatavo vidējā sprieguma iekārtām līdz 20 kV un darba strāvai līdz 4 kA. Loka dzēšanas procesā tas paceļas uz augšu, nokļūst pastāvīgo elektromagnētu spēka līniju zonā, tiek ievilkts keramiskās dzēškamerās ar nelielām gaisa spraugām. Elektriskais loks pagarinās, tam zūd enerģija un palielinās pretestība. Rezultātā loks dziest. Izmantojot kustīgus kontaktus ar gaisa virzuli, kas rāda papildu gaisa plūsmu, rezultāts ir drošs. Elektromagnētisko jaudas slēdžu priekšrocības:

- 1) sprādziendrošība un ugunsdrošība;
- 2) nav nepieciešama ne eļļa, ne speciālā gāze;
- 3) darbības ātrums – tā atslēgšanas pilnais laiks ir 70 ms.

Elektromagnētisko jaudas slēdžu trūkums ir samērā zems spriegums un sarežģīta loka dzēškameras izbūve.

## Gaisa jaudas slēdži

Gaisa jaudas slēdžus sauc arī par spiesta gaisa jaudas slēdžiem. Šajos slēdžos loka dzēšanai un mehānismu darbināšanai izmanto saspiestu gaisu. Latvijā šādus jaudas slēdžus vairs neizmanto, tāpēc tos šajā mācību materiālā neaprunāsim.

## Jaudas slēdžu izvēle

Jaudas slēdžus izvēlas pēc šādiem nosacījumiem [32]:

### 1. Pēc uzstādīšanas vietas:

- brīvgaisa;
- iekštelpu;
- kompaktā izpildījumā;
- gāzizolētā izpildījumā.

### 2. Pēc sprieguma: $U_{nom} \geq U_t$

Jaudas slēdža nominālajam spriegumam ( $U_{nom}$ ) jābūt vienādam vai lielākam par tīkla spriegumu ( $U_t$ ). Visiem sprieguma parametriem ir noteikti maksimāli pieļaujamie spriegumi, pēc kuriem izvēlas jaudas slēdžus. Piemēram, 110 kV tīklā parasti izmanto 123 kV sprieguma jaudas slēdžus, 330 kV tīklā – 362 kV sprieguma jaudas slēdžus utt. (6 kV (7,2 kV), 10 (12), 20 (24), 35 (36), 110 (123), 220 (245), 330 (362)).

### 3. Pēc nominālās strāvas: $I_{nom} \geq I_{apl}$

Darba strāvai ( $I_{nom}$ ) jābūt vienādei ar iespējamo lielāko slodzes strāvu ( $I_{apl}$ ) vai lielākai par to. Jaudas slēdža noteiktā nominālā strāva tiek normēta pēc ražotāja datiem (200 A, 250, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300).

### 4. Pēc atslēgšanas spējas: $I_{atsl.nom} \geq I_{atsl.max}$

Jaudas slēdzim jāspēj atslēgt lielāko iespējamo īsslēguma strāvu ( $I_{atsl.max}$ ). Jaudas slēdža atslēgšanas nominālā strāva ( $I_{atsl.nom}$ ) tiek normēta pēc ražotāja datiem (6,3 kA, 8, 10, 12.5, 16, 20, 25, 31,5, 40, 50, 63, 80, 100 kA). Parasti vislielākā ir trīsfāžu īsslēguma strāva.

### 5. Pēc elektrodinamiskās izturības: $i_{dyn} \geq i_{tr}$

kur  $i_{dyn}$  – nominālās dinamiskās izturības strāvas momentānā vērtība pēc ražotāja datiem;

$i_{tr}$  – caur jaudas slēdzi plūstošās lielākās triecienstrāvas faktiskā vērtība.

Maiņstrāvas sistēmas īsslēgums sākas ar pārejas procesu, kuru izraisa tīkla induktivitātes un kapacitātes. Pārejas procesā parādās periodiskā un aperiodiskā komponente. Aperiodiskās komponentes rašanos rada tīkla induktivitāte. Jo īsslēguma strāva ir tuvāka jaudas avotam (ģeneratoram), jo tā ir lielāka.

6. Pēc termiskās izturības:  $I_{th}^2 t_{th} \geq B_k$ ,

kur  $I_{th}^2 t_{th}$  – ražotāja garantētais lielākais Džoula impulss, kas bez bojājumiem jāiztur jaudas slēdzim;

$B_k$  s – īsslēguma strāvas periodisko komponentu izraisītais Džoula impulss.

Jāpārbauda, vai jaudas slēdzis izturēs īsslēguma režīmu, kamēr nostrādās relejaizsardzība un atslēgs īsslēgumu. Īsslēguma vērtība ir vislielākā sākumā momentā un tiek raksturota ar Džoula impulsa vērtību. Parasti relejaizsardzība atslēdz īsslēgumu pēc iespējas ātrāk, bet jaudas slēdžu ražotājs parasti garantē jaudas slēdža termisko izturību laikā no 1 s līdz 4 s, 330 kV tīklā var sasniegt arī 6 s.

### Jaudas slēdžu darbinātāji

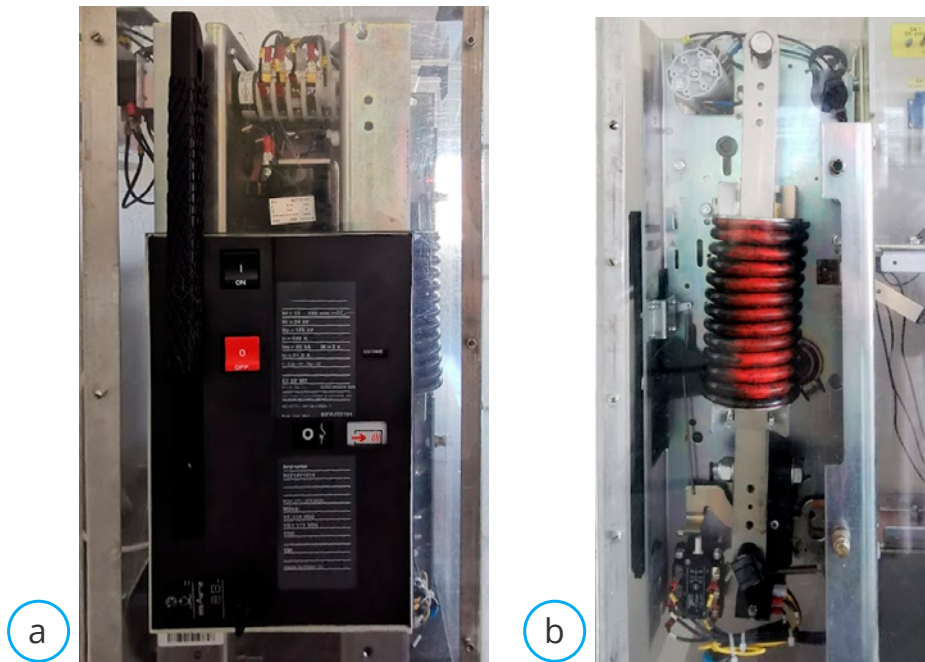
**Elektromagnētiskais darbinātājs.** Jaudas slēdža elektromagnētisko darbinātāju pieslēdz jaudīgam barošanas avotam (pašpatēriņam), no kura tas saņem jaudas slēdža ieslēgšanai nepieciešamo enerģiju. Parasti to pieslēdz līdzstrāvai ar akumulatoru baterijām caur 110 V vai 220 V. Ieslēgšanas strāva ir pietiekami liela – virs 100 A, atslēgšanas strāva ir 2÷3 A.

**Atsperes darbinātājs.** Atsperes darbinātājos enerģiju jaudas slēdža ieslēgšanai dod jaudīgas atsperes. Mehāniskās atsperes uzvelk vai saspiež mazas jaudas elektrodzinējs. Saspringtā stāvoklī atsperes notur vadāma bulta. Piedziņu vada no rokas, attālināti (no distances) vai automātiski. Automātisko piedziņu nodrošina komandas no relejaizsardzības vai automātikas. Atsperu darbinātājus izmanto jaudas slēdžu vadībai, kā arī tie nodrošina atkārtotu automātisko ieslēgšanu (AAI), automātisko rezerves ieslēgšanu (ARI) un citas relejaizsardzības un automātikas komandas.

Atsperes darbinātāju darbības laiks ir atkarīgs no jaudas slēdžu tipa un darbinātāja realizācijas: ieslēgšanas laiks ir 0,2÷0,45 s robežās, un atslēgšanas laiks – 0,1÷0,15 s robežās.

**Hidrauliskais darbinātājs.** Hidrauliskā darbinātāja hidrauliskais šķidrums ar virzuli vada jaudas slēdža kontaktu pārslēgšanos. Savukārt hidrauliskajam šķidrumam spiedienu dod kompresors. Izmanto arī kombinētos hidrauliskos atsperes darbinātājus, kuros atsperes tiek saspīestas ar hidraulisko spēku.

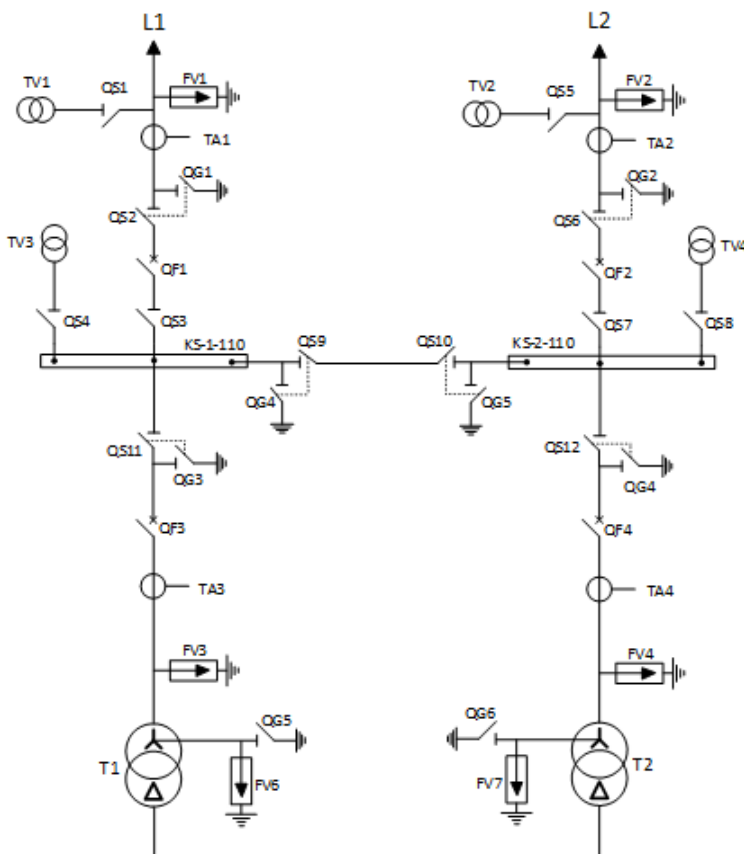
**Motorpiedziņas darbinātājs.** Augstsprieguma 110 kV un 330 kV jaudas slēdžos izmanto motorpiedziņas darbinātājus un vadības jaudas slēdža kontaktus. Darbinātāju veido elektromotors, speciāli veidots reduktors un digitālā vadības sistēma (5.4. attēls).



5.4. attēls. Jaudas slēdža piedziņas elementi: a – vadības sistēma; b – piedziņas atsperu mehānisms

#### Uzdevuma rēķināšanas piemērs – jaudas slēdža izvēle un pārbaude

5.5. attēlā dotajai shēmai izvēlieties un pārbaudiet jaudas slēdzi QF1 pēc visiem jaudas slēdža izvēles paredzētajiem nosacījumiem.



Dots:

- 1) 110/20 kV apakšstacijas principshēma;
- 2) apakšstacijas 20 kV slodze caur abiem transformatoriem ir 20 MW;
- 3) apakšstacijas jaudas koeficients ir 0,9;
- 4) tranzīta slodze caur apakšstaciju ir 10 MVA;
- 5) summārā induktīva pretestība līdz apakšstacijas 110 kV kopnēm ir  $X_{\Sigma} = 8 \Omega$
- 6) trīsfāžu īsslēguma strāvas laika rimšanas konstante no sistēmas ir  $T_{os} = 0,05$  s.

5.5. attēls. Apakšstacijas barošanas principiālā shēma

## 1. Jaudas slēdža izvēles nepieciešamo parametru aprēķins

Tranzīta jaudas radītā strāva:

$$S_{tranz.} = 25 \text{ MVA}$$

$$I_{tranz.} = \frac{S_{tranz.}}{\sqrt{3} \cdot U_{AS}} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,126 \text{ kA} = 126 \text{ A}$$

Apakšstacijas summārā slodze:

$$S_{\Sigma 110} = \frac{P_M}{\cos\varphi_{110}} = \frac{20}{0,9} = 22,22 \text{ MVA}$$

Apakšstacijas aplēses strāva neforsētā režīmā:

$$I_{apl.nefors.} = \frac{S_{\Sigma 110}}{\sqrt{3} \cdot U_{AS}} = \frac{22,22}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 0,0558 \text{ kA} = 55,8 \text{ A}$$

Apakšstacijas aplēses strāva forsētā režīmā:

$$I_{apl.fors.} = \frac{S_{\Sigma 110}}{\sqrt{3} \cdot U_{AS}} = \frac{22,22}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,112 \text{ kA} = 112 \text{ A}$$

Summārā strāvā forsētā režīmā:

$$I_{apl.fors.\Sigma} = I_{tranz.} + I_{apl.fors.} = 126 + 112 = 238 \text{ A}$$

Īsslēguma strāvas aprēķins uz 110kV kopnēm K-1-110:

$$I_k = \frac{U_{110}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 8} = 8,3 \text{ kA}$$

Triecienstrāvas aprēķins:

$$i_{tr} = \sqrt{2} \cdot I_{K1} \cdot K_{tr} = \sqrt{2} \cdot 8,3 \cdot 1,5 = 17,61 \text{ kA}$$

## 2. Jaudas slēdžu izvēles un pārbaudes nosacījumi

## 2.1. Jaudas slēdža iepriekšēja izvēle pēc sistēmas aprēķinu parametriem

Vadoties no:

- 1) jaudas slēdža uzstādīšanas apstākļiem (110 kV sadalne parasti tiek ierīkota ārgaisa izpildījumā);
- 2) uzdevumā dotajiem un aprēķinātiem nosacījumiem ( $U_{nom} = 110 \text{ kV}$ ,  $I_{apl} = 238 \text{ A}$  un  $I_k = 8,3 \text{ kA}$ )

no firmas "Siemens" kataloga (<https://new.siemens.com/global/en/products/energy/topics/power-engineering-guide.html>) izvēlieties 110 kV elegāzes jaudas slēdzi 3 AP1 ar šādiem raksturlielumiem:

- nominālais spriegums  $U_{nom} = 110 \text{ kV}$ ;
- nominālā strāva  $I_{nom} = 4000 \text{ A}$ ;



- nominālā atslēgšana strāva  $I_{atsl.nom} = 40 \text{ kA}$ ;
- elektrodinamiskās izturības strāva  $I_{dyn} = 40 \text{ kA}$ ,  $i_{dyn} = 108 \text{ kA}$

Elegāzes jaudas slēdzis tiek izvēlēts, jo salīdzinājumā ar cita tipa jaudas slēdžiem tam ir augsti drošuma parametri un vislabākās loka dzēšanas īpašības.

## 2.2. Jaudas slēdža pārbaudes kritēriji un nosacījumi

### 1) Pārbaude pēc sprieguma:

$$U_{nom} \geq U_{tīkla}$$

$$110 \text{ kV} = 110 \text{ kV},$$

kur  $U_{nom}$  – izvēlētajā jaudas slēdža nominālais spriegums;

$U_{tīkla}$  – elektriskā tīkla spriegums.

### 2) Pārbaude pēc silšanas ilgstošā darba režīmā:

$$I_{nom} \geq I_{apl}$$

$$4000 \text{ A} > 238 \text{ A},$$

kur  $I_{nom}$  – izvēlētajā jaudas slēdža nominālā strāva;

$I_{apl}$  – aplēses strāva forsētā režīmā.

### 3) Izvēlētajā jaudas slēdža atslēgšanas spējas pārbaude

- Pārbaude pēc īsslēguma strāvas periodiskās komponentes (pēc jaudas slēdža nominālās atslēgšanas strāvas):

$$I_{atsl.nom} \geq I_{p,\tau}$$

kur  $I_{atsl.nom} = 40 \text{ kA}$  – normatīvā pieļaujama atslēgšanas strāvas vērtība pēc ražotāja datiem;

$$I_{p,\tau} \text{ – īsslēguma strāvas periodiskā komponente } I_{p,\tau} = I_{K1} = 8,3 \text{ kA}$$

$$40 \text{ kA} > 8,3 \text{ kA}$$

- Pārbaude pēc īsslēguma strāvas aperiodiskās komponentes (pēc nominālās atslēgšanas strāvas pieļaujamās asimetrijas):

$$i_{a.nom} \geq i_{a,\tau}$$

kur  $i_{a,\tau}$  – faktiskā īsslēguma strāvas aperiodiskās komponentes vērtība laika momentā  $\tau$ .

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{K1} \cdot e^{\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 8,3 \cdot e^{\frac{0,07}{0,05}} = 2,89 \text{ kA} ,$$

$$\tau = t_{RA \text{ min.}} + t_{j \text{ paš.}} = 0,01 + 0,06 = 0,07 \text{ s}$$

kur  $t_{RA \text{ min.}} = 0,01 \text{ s}$  – standartā noteikts relejaizsardzības minimālais darbības laiks;

$t_{j \text{ paš.}} = 0,06 \text{ s}$  – jaudas slēdža pašatslēgšanas laiks;

$i_{a \text{ nom}}$  – īsslēguma strāvas aperiodiskās komponentes nominālā vērtība laika momentā  $\tau$ .

$$i_{a \text{ nom}} = \frac{\sqrt{2} \cdot I_{at \text{ sl. nom}} \cdot \beta_{\text{nom}}}{100} = \frac{\sqrt{2} \cdot 40 \cdot 0}{100} = \frac{0}{100} ,$$

kur  $\beta_{\text{nom}}$  – īsslēguma strāvas aperiodiskās komponentes relatīvā pieļaujama vērtība atkarībā no jaudas slēdža kontaktu pārtraukšanas brīža  $\tau$ . Ar standartu noteikts, ka gadījumos, kad  $\tau \geq 70 \text{ ms}$ , jāpieņem  $\beta_{\text{nom}} = 0$ .

Līdz ar to nosacījums  $i_{a \text{ nom}} \geq i_{a,\tau}$  netiek izpildīts, tāpēc atslēgšanas spēju pārbauda, pilno nominālās atslēgšanas strāvas amplitūdas vērtību laika momentā  $\tau$  salīdzinot ar īsslēguma aplēses strāvas amplitūdas vērtību laika momentā  $\tau$ .

$$\sqrt{2} \cdot I_{at \text{ sl. nom}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{nom}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{p,\tau} + i_{a,\tau}$$

$$\sqrt{2} \cdot 40 \cdot \left(1 + \frac{0}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot 8,3 + 2,89$$

$$56,57 \text{ kA} > 14,62 \text{ kA}$$

Nosacījums tiek izpildīts.

4) Izvēlētā jaudas slēdža elektrodinamiskās izturības pārbaude:

- Pēc īsslēguma strāvas periodiskās komponentes efektīvās vērtības:

$$I_{\text{dyn}} \geq I_{at \text{ sl. nom}}$$

$$I_{p0} = I_k = I_{at \text{ sl. nom}}$$

$$I_{\text{dyn}} \geq I_{p0}$$

$$40 \text{ kA} > 8,3 \text{ kA}$$

- Pēc triecienstrāvas:

$$i_{dyn} \geq i_{tr}$$

$$i_{din} = 108 \text{ kA}$$

$$108 \text{ kA} > 17,61 \text{ kA}$$

- 5) Izvēlētā jaudas slēdža termiskās izturības pārbaude:

$I_{th}^2 \cdot t_{th} = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ kA}^2 \cdot \text{s}$  – ražotāja garantētais lielākais siltuma (Džoula) impulss, kas bez bojājumiem jāiztur jaudas slēdzim;

$B_k = I_{p0}^2 \cdot (t_{RA,min} + t_{j\text{ paš.}} + T_a) = 8,3^2 \cdot (0,01 + 0,06 + 0,05) = 8,27 \text{ kA}^2 \cdot \text{s}$  – Džoula impulss aparāta uzstādīšanas vietā

$$(I_{th}^2 \cdot t_{th}) \geq B_k$$

$$4800 \text{ kA}^2 \cdot \text{s} > 8,27 \text{ kA}^2 \cdot \text{s}$$

5.1. tabula

#### 110 kV “Siemens” jaudas slēdža 3AP1 izvēles un pārbaudes nosacījumi

Izvēles nosacījums	Aplēses lielums	Kataloga dati
$U_{tīkla} \leq U_{nom}$	110 kV	110 kV
$I_{apl.} \leq I_{nom}$	238 A	4000 A
$I_{p,\tau} \leq I_{atsl.nom}$	8,3 kA	40 kA
$\sqrt{2} \cdot I_{p,\tau} + i_{a,\tau} \leq \sqrt{2} \cdot I_{atsl.nom} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{nom}}{100}\right)$	14,62 kA	56,57 kA
$I_{p0} \leq I_{dyn}$	8,3 kA	40 kA
$i_{tr} \leq i_{dyn}$	17,61 kA	108 kA
$B_k \leq (I_{th}^2 \cdot t_{th})$	8,27 kA <sup>2</sup> · s	48002 kA <sup>2</sup> · s

## 5.2. SLODZES SLĒDŽI (EKSPLUATĀCIJA, IZVĒLE, DARBĪBAS PRINCIPS)

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Ārējo elektrotīklu tehniskā ekspluatācija”, “Elektrisko mašīnu un iekārtu iestatīšana un ekspluatācija” un “Elektrodrošība elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas un elektromontāžas darbos”.



### DEFINĪCIJA

*Slodzes slēdzis ir trīspolu augstsprieguma komutācijas aparāts, kas apgādāts ar vieglu un nelielu loka dzēšanas kameru un salīdzinājumā ar jaudas slēdzi ir paredzēts tikai darba strāvu komutēšanai, bet nav paredzēts īsslēguma strāvu pārtraukšanai.*

Slodzes slēdzis ir trīspolu augstsprieguma komutācijas aparāts, kas apgādāts ar vieglu un nelielu loka dzēšanas kameru un salīdzinājumā ar jaudas slēdzi ir paredzēts tikai darba strāvu komutēšanai, bet nav paredzēts īsslēguma strāvu pārtraukšanai (5.6. attēls).



5.6. attēls. 10 kV slodzes slēdzis

Slodzes slēdžiem arī ir loka dzēšanas kamera, bet tā ir krietni mazāka par jaudas slēdža loka dzēšanas kameru, jo nav domāta īsslēguma strāvu komutēšanai [32]. Atslēgtā stāvoklī lielākā daļa slodzes slēdžu veido ķēdē redzamu pārtraukumu, pildot arī atdalītāja funkcijas.

Slodzes slēdžus var klasificēt pēc šādiem parametriem:

- 1) pēc loka dzēšanas veida:
  - ar gāzes plūsmu pašģenerējošām organiskā stikla dzēškamerām;
  - ar šaurspraugu dzēškamerām, kurās loku dzēš elektromagnētiskā plūsma;
  - ar pneimatiskām dzēškamerām;
- 2) pēc drošinātāju esamības. Drošinātāji ir paredzēti īsslēguma strāvas atslēgšanai un, lai tos būtu vieglāk nomainīt, tos parasti novieto zem slodzes slēdža;

- 3) pēc zemēšanas nažu esamības;
- 4) pēc piedziņas veida. Slodzes slēdžu darbināšanai visbiežāk izmanto manuālo vai elektromagnētisko piedziņu.

### Slodzes slēdžu izvēles un pārbaudes nosacījumi

Visus slodzes slēdžus neatkarīgi no drošinātāju esamības izvēlas pēc šādiem nosacījumiem:

- 1) pēc sprieguma:  $U_{nom} \geq U_t$ ;
- 2) pēc aplēses strāvas:  $I_{nom} \geq I_{apl}$ ;
- 3) pēc ieslēgšanas strāvas:  $i_{iesl, nom} \geq i_{tr}$ .

Ja slodzes slēdzis ir bez drošinātājiem, tad tas ir jāpārbauda pēc šādiem nosacījumiem:

- 1) pēc termiskās izturības:  $I_{th}^2 t_{th} \geq B_{kr}$ ;
- 2) pēc atslēgšanas spējas:  $I_{atsl, nom} \geq I_{atsl, max}$ ;
- 3) pēc dinamiskās izturības:  $i_{dyn} \geq i_{tr}$ ;
- 4) ja slodzes slēdzim ir drošinātāji, tad tā termiskā izturība nav jāpārbauda, bet papildus jāpārbauda drošinātāja atslēgšanas spēja:  $I_{atsl, nom, dr} \geq I_{p0}$ .

Slodzes slēdžu lietošanas pirmsākumi ir meklējami vairāk nekā pirms 50 gadiem, kad līdz ar elektrisko tīklu izbūves sākumu tos uzstādīja vietās, kur tie varēja aizstāt tolaik ievērojami dārgākos un gabarītos lielākos jaudas slēdžus. Patlaban Latvijā slodzes slēdžus uzstāda galvenokārt 6 kV, 10 kV un 20 kV sadalnēs vietās, kur nav nepieciešama lielo īsslēguma strāvu komutēšana, vai, piemēram, pašpatēriņā sadalnēs, kur darba strāvas ir salīdzinoši nelielas. Augstsprieguma tīkla sadalnēs slodzes slēdžus vairs neizmanto.

## 5.3. ATDALĪTĀJI (EKSPLUATĀCIJA, IZVĒLE, DARBĪBAS PRINCIPS)

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Ārējo elektrotīklu tehniskā ekspluatācija”, “Elektrisko mašīnu un iekārtu iestatīšana un ekspluatācija” un “Elektrodrošība elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas un elektromontāžas darbos”.



### DEFINĪCIJA

*Atdalītājs ir komutācijas aparāts, kas paredzēts elektriskās ķēdes atslēgšanai un ieslēgšanai bez slodzes, radot redzamu elektriskās ķēdes pārtraukumu.*

Atdalītājs ir komutācijas aparāts, kas paredzēts elektriskās ķēdes atslēgšanai un ieslēgšanai bez slodzes, radot redzamu elektriskās ķēdes pārtraukumu [32]. Atdalītājiem salīdzinājumā ar jaudas slēdžiem nav elektriskā loka dzēšanas kameras, tāpēc tos izmanto redzama pārtraukuma izveidošanai elektriskā ķēdēs pēc slodzes atslēgšanas ar jaudas slēdzi. Slodzes strāvas atslēgšana ar atdalītāju var radīt elektrisko loku vai pat īsslēgumu starp fāzēm. Ja ar atdalītāju kļūdaini atslēdz slodzes strāvas, starp kontaktiem rodas elektriskais loks, kas, pārklājoties ar blakus fāzi, rada īsslēgumu, tāpēc atdalītājs nodrošina citas funkcijas nekā jaudas slēdzis.

Atdalītājs veido redzamo pārtraukumu elektriskajā ķēdē, lai pēc tam atslēgto posmu var saņemēt un veikt remontdarbus. Līdz ar to atdalītājiem papildus pamata kontaktiem parasti abās pusēs vēl ir zemēšanas naži. Tie tiek ieslēgti atslēgtās līnijas pusē, lai saņemtu konkrēto posmu, kas ir jāremontē, un drošības pasākumu nodrošināšanai, lai spriegums kļūdaini netiktu padots uz atslēgto posmu, kur notiek remontdarbi. Lai novērstu kļūdainas operācijas, atdalītāju piedziņas bloķē ar jaudas slēdžu blokkontaktiem tā, lai atdalītājus nevarētu atslēgt pirms jaudas slēdžu atslēgšanas.

Atdalītājus parasti lieto, lai pārslēgtu pievienojumus no vienas kopnes uz otru. Ar atdalītājiem atļauts atslēgt nelielas slodzes strāvas: transformatoru tukšgaitas strāvas, mazas zemesslēguma strāvas un kapacitatīvās uzlādes strāvas. Zemesslēguma strāvu lielums, ko var atslēgt un ieslēgt ar atdalītājiem, ir ierobežots dažādiem spriegumiem, piemēram, 20 kV līnijai ar atdalītājiem var atslēgt un ieslēgt zemesslēguma strāvu līdz 5 A, 6–10 kV līnijām – strāvu līdz 30 A, bet 6–10 kV gaisvadu un kabeļu līnijām – izlīdzinošās strāvas līdz 70 A.

Zemesslēguma un īsslēguma strāvu komutēšana ar 110 kV un 330 kV atdalītājiem nav pieļaujama īsslēguma strāvu lielo vērtību dēļ, kā arī loka rašanas bīstamības dēļ augstsprieguma apakšstacijās.

Atdalītājus izgatavo vienpola un trīspolu uzstādīšanas slēgtās vai brīvgausa sadalnēs, ar un bez zemēšanas nažiem. Trīsfāžu sadalnēs uzstāda trīspolu atdalītājus vai trīs vienpola atdalītājus.

Atdalītājus klasificē pēc šādiem parametriem:

- 1) nominālais spriegums un strāva;
- 2) polu skaits;
- 3) uzstādīšanas vieta;
- 4) ir vai nav zemēšanas naži.

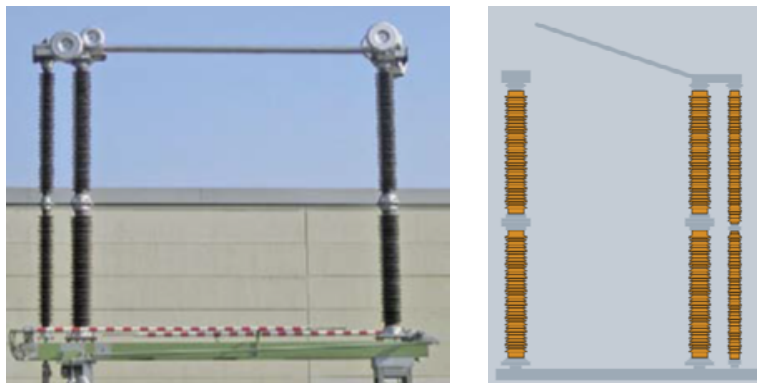
Vairumu atdalītāju, kas plaši tiek izmantoti arī Latvijā, pēc konstrukcijas var iedalīt šādās grupās:

- 1) horizontālie – atdalītājs tiek izbūvēts ar horizontāli pagriežamiem kontaktiem (5.7. attēls);



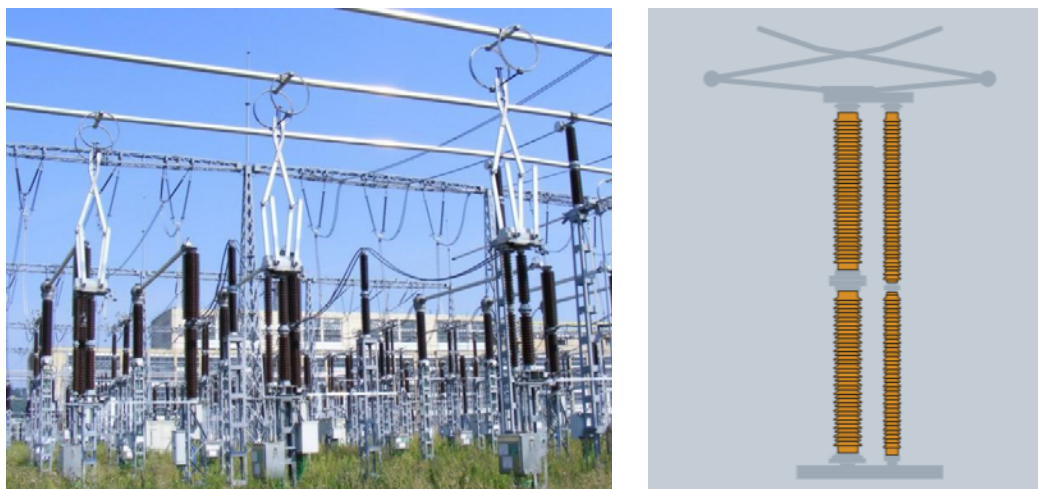
5.7. attēls. Horizontālā tipa 110 kV atdalītājs

- 2) vertikālie – atdalītājs tiek izbūvēts ar vertikāli pagriežamiem kontaktiem (5.8. attēls);



5.8. attēls. Vertikālā tipa atdalītājs

- 3) pantogrāfa tipa atdalītāji – atdalītājs tiek izbūvēts ar augšup vēršiem kontaktiem, kas savieno atdalītāju ar kopni, vertikāli paceļoties ar motora palīdzību (5.9. attēls);



5.9. attēls. Pantogrāfa tipa atdalītājs

- 4) ar vai bez zemēšanas nažiem.

Atdalītāju izvietojums tīklā ir atkarīgs no to funkcionālās nozīmes. Kā jau minēts iepriekš, atdalītāja galvenā funkcija ir redzama pārtraukuma izveidošana, līdz ar to parasti atdalītājus uzstāda sadalnes katrā pievienojumā jaudas slēdža abās pusēs. Atsevišķos gadījumos, kad ir novērsta iespēja padot spriegumu no patērētāja puses, pieļauj atdalītāju likt jaudas slēdzim tikai barošanas pusē.

### Atdalītāju izvēles nosacījumi

Atdalītājus izvēlas pēc šādiem parametriem un nosacījumiem:

- 1) pēc sprieguma:  $U_{nom} \geq U_i$ ;
- 2) pēc aplēses strāvas:  $I_{nom} \geq I_{apl}$ ;
- 3) pēc elektrodinamiskās izturības:  $i_{dyn} \geq i_{tri}$ ;
- 4) pēc termiskās izturības:  $I_{th}^2 t_{th} \geq B_k$ ;
- 5) pēc uzstādīšanas vietas (iekštelpu vai brīvgaisa sadalnē).

### 3. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. Kas ir jaudas slēdzis?
  - 1) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai darba strāvu komutēšanai.
  - 2) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai ķēdes atslēgšanai.
  - 3) Komutācijas aparāts, kas paredzēts īsslēguma un darba strāvu komutēšanai.



2. Kas ir atdalītājs?
  - 1) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai darba strāvu komutēšanai.
  - 2) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai ķēdes atslēgšanai un redzama ķēdes pārtraukuma izveidošanai.
  - 3) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai ķēdes atslēgšanai.
  
3. Kas ir slodzes slēdzis?
  - 1) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai darba strāvu komutēšanai.
  - 2) Komutācijas aparāts, kas paredzēts īsslēguma un darba strāvu komutēšanai.
  - 3) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai ķēdes atslēgšanai.
  
4. Kādu spriegumu elektrotīklos ir uzstādīti maztīpuma eļļas slēdži?
  - 1) Zemspriegumā elektrotīklos (līdz 1 kV).
  - 2) Vidējā vai augstākā sprieguma elektrotīklos (6–20 kV, 110 kV).
  - 3) Augstā sprieguma elektrotīklos (330 kV un vairāk).
  
5. Ar ko konstruktīvi atšķiras jaudas slēdzis no atdalītāja?
  - 1) Ar ierīkoto loka dzēšanas kameru.
  - 2) Ne ar ko neatšķiras.
  - 3) Ar piedziņu.
  
6. Kāda tipa jaudas slēdzim ir vislabākās loka dzēšanas īpašības?
  - 1) Eļļas jaudas slēdzim.
  - 2) Spiesta gaisa jaudas slēdzim.
  - 3) Elegāzes jaudas slēdzim.
  - 4) Vakuuma jaudas slēdzim.

## 5.4. DROŠINĀTĀJI

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Ārējo elektrotīklu tehniskā ekspluatācija”, “Elektrisko mašīnu un iekārtu iestatīšana un ekspluatācija” un “Elektrodrošība elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas un elektromontāžas darbos”.



### DEFINĪCIJA

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

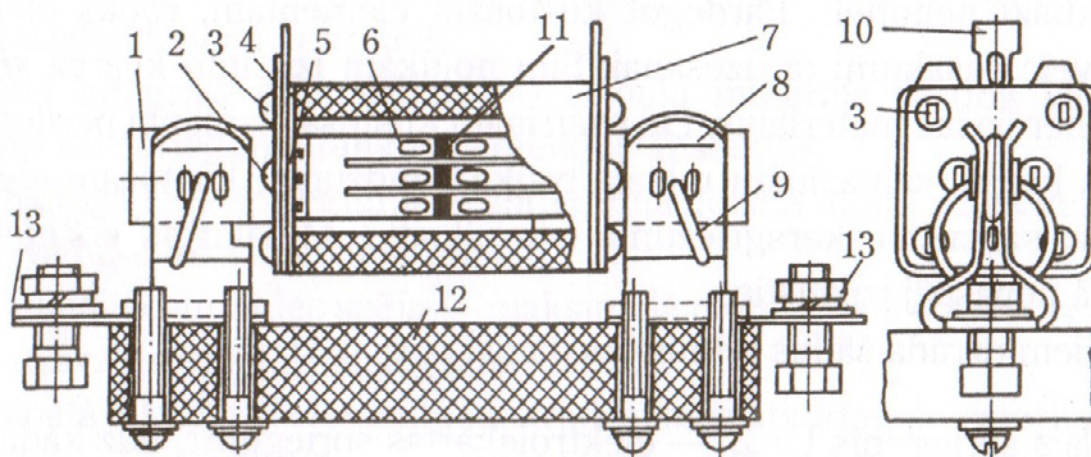
Drošinātājs ir aizsargierīce, kas, izkūstot vienam vai vairākiem speciāli paredzētiem elementiem, pārtrauc elektrisko ķēdi, ja strāva tajā pietiekami ilgi ir pārsniegusi noteikto vērtību. Jēdziens “drošinātājs” ietver visas detaļas, kas veido šo ierīci.

Drošinātājs var aizsargāt elektrisko ķēdi pret īsslēgumu un pārslodzi [4].

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

### Drošinātāju uzbūve un darbība

Praksē sastopami dažādas konstrukcijas drošinātāji, bet tie visi sastāv no divām daļām – drošinātāja izņemamās daļas un drošinātāja pamatnes (5.10. attēls).



5.10. attēls. PN-2 tipa drošinātājs: 1 – drošinātāja ieliktņa kontaktdetaļa (kontaktnazis); 2 – skrūves diska piestiprināšanai; 3 – skrūves gala paplāksnes piestiprināšanai; 4 – gala plāksnes; 5 – disks; 6 – drošinātāja ieliktņi; 7 – drošinātāja ieliktņa turētājs (porcelāna caurule); 8 – drošinātāja pamatnes kontaktdetaļa; 9 – tērauda gredzens; 10 – aizkabe nomaiņas roktura uzlikšanai; 11 – alvas lodīte; 12 – drošinātāja pamatne; 13 – pieslēgspaiļes

Drošinātāja izņemamā daļa sastāv no drošinātāja ieliktna (6) un drošinātāja ieliktna turētāja (7). Drošinātāja ieliktnis ir drošinātāja daļa, kam ir viens vai vairāki kūstošie elementi un kas pēc drošinātāja nostrādes ir jānomaina. Drošinātāja ieliktna turētājs ir drošinātāja noņemamā daļa, kas paredzēta drošinātāja ieliktna saturēšanai. Parasti to izveido kā izolācijas materiāla cauruli vai citas formas detaļu. Tai pievieno drošinātāja ieliktna kontaktdetaļas (1). Drošinātāja pamatne (12) ir drošinātāja balsta daļa, kurā nostiprināti kontakti (8) un pieslēgspailes (13). Drošinātāja izņemamo daļu ar drošinātāja pamatni savieno kontaktdetaļas (1 un 8), kas nodrošina kontaktu starp drošinātāja pamatnes kontaktdetaļu un drošinātāja ieliktni. Drošinātāja kūstošais elements ir drošinātāja ieliktna daļa, kas izkūst, ja strāva aizsargājamā ķēdē noteiktu laiku pārsniedz noteiktu vērtību.

Drošinātāja kūstošajam elementam jābūt no lēta metāla ar zemu kušanas temperatūru, labu siltumvadāmību un izturību pret pie augstām temperatūrām. 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 tīra vai apsudrabota vara. Sudraba kušanas temperatūra ir 960 °C, varam – 1083 °C. Varam mainīgas augstas temperatūras ietekmē mainās struktūra un kūstošā ieliktna pārdegšanas laiks, tātad samazinās drošinātāja darbības efektivitāte. Drošinātāja kūstošajam elementam ir stieples vai metāla sloksnes forma. Pārslodzes gadījumā, kad strāva ķēdē sasniedz  $(1,6-5)I_{Nr}$ , drošinātāja nostrādes laiks ir relatīvi liels (no 1 s līdz 120 min). Šajā laikā līdz kušanas temperatūrai var sakarst ne tikai kūstošais elements, bet siltumvadāmības ceļā arī kontaktdetaļas, kas nav pieļaujams. Lai samazinātu vara kūstošā elementa kušanas temperatūru, elementa sloksnes vidū uzlodē alvas lodītes (5.10. attēls, 11). Ja kūstošais elements strāvas iedarbībā sakarst līdz 230 °C, alvas lode izkūst. Tā izšķīdina plāno vara sloksni un pārtrauc elektrisko ķēdi jau 280 °C temperatūrā. Šo parādību metālu tehnoloģijā sauc par metalurģisko efektu.

Īsslēguma gadījumā kūstošā elementa sakaršana notiek tik strauji, ka siltumvadāmība praktiski nenotiek. Pārdegot kūstošam elementam, rodas elektriskais loks. Tāpēc jāveic pasākumi tā dzēšanai. Šim nolūkam izmanto kvarca smiltis un dažādus gāzģenerējošus materiālus. Lai paātrinātu kūstošā elementa pārdegšanu un elektriskā loka kanālā samazinātu metāla tvaiku daudzumu, kūstošam elementam atsevišķās vietās samazina šķērsriezumu.

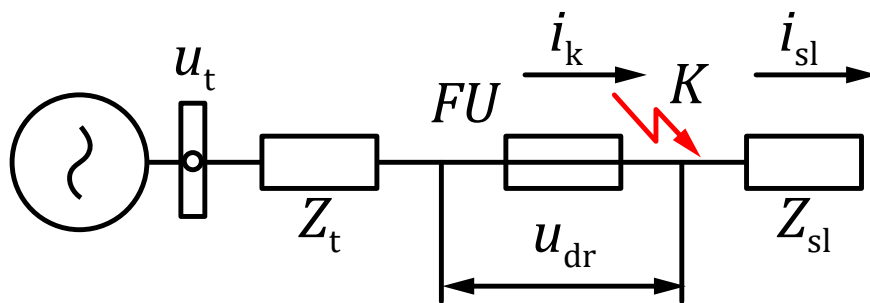
Drošinātājiem uzrāda šādus tehniskos datus:

- 1) nominālais spriegums  $U_{Ndr}$  – elektroiekārtas spriegums, līdz kādam drošinātāju var uzstādīt;
- 2) drošinātāja nominālā strāva  $I_{Ndr}$  – ilgstoši pieļaujamā strāva drošinātāju kontaktu sistēmai;
- 3) drošinātāja kūstošā elementa nominālā strāva  $I_{Nel}$  – strāva, kuru drošinātāja kūstošais ieliktnis iztur neierobežoti ilgu laiku;
- 4) drošinātāja atslēgšanas spēja – atslēgšanas strāvas vērtība, kādu drošinātājs spēj atslēgt noteiktos apstākļos un dotā sprieguma tīklā;
- 5) drošinātāja laikstrāvas raksturlīkne – drošinātāja kūstošā elementa kušanas laika atkarība no caurplūstošās strāvas noteiktos apstākļos.

Sērijā ražotiem drošinātājiem katalogos uzrāda nostrādes laika  $t$  atkarību no caurplūstošās strāvas attiecības pret kustošā ieliktņa nominālo strāvu  $I_c/I_{Niel}$ , tad viena laikstrāvas raksturlīkne der visiem šīs sērijas drošinātājiem. Precīzākas ir laikstrāvas raksturlīknes  $t = f(I_p)_{IN}$ , kur  $I_p$  – caurplūstošā pārbaudes strāva, kas atbilst iespējamai īsslēguma strāvai  $I_k$ .

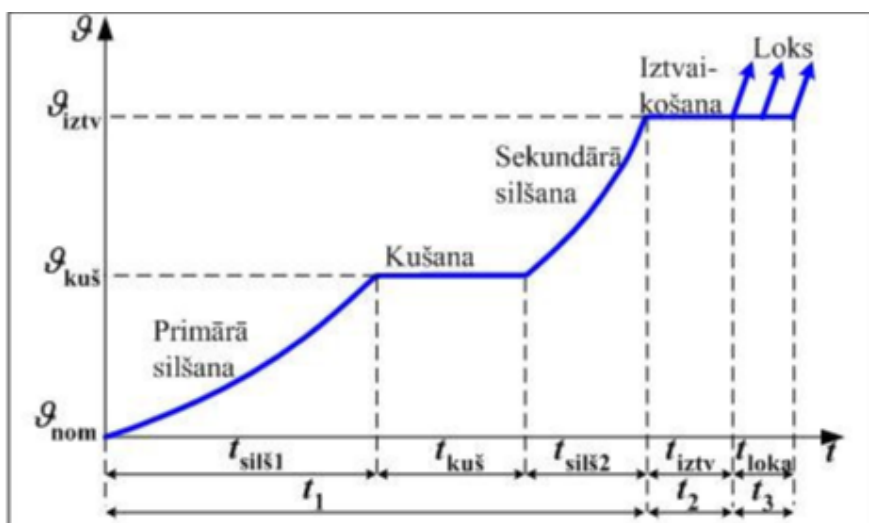
### Drošinātāju darbības principi

Drošinātāja kustošā elementa pārdegšanas process līnijas fragmentam ar drošinātāju (5.11. attēls) sastāv no vairākiem posmiem.

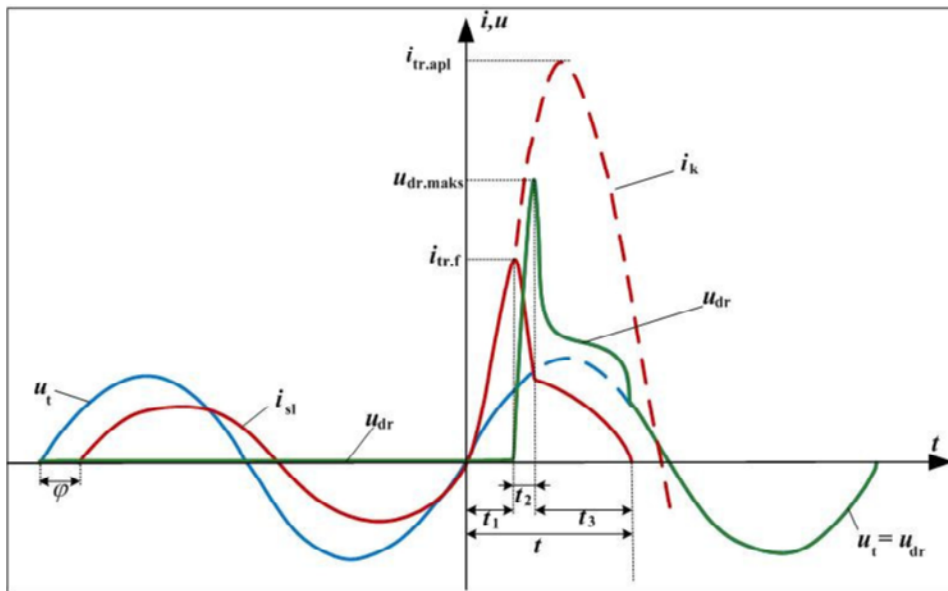


5.11. attēls. Līnijas fragments ar drošinātāju:  $u_t$  – spriegums tīklā;  $Z_t$  – tīkla pilnā pretestība līdz drošinātājam;  $i_k$  – sagaidāmā īsslēguma strāva;  $u_{dr}$  – spriegums uz drošinātāja;  $i_{sl}$  – slodzes strāva;  $Z_{sl}$  – slodzes pilnā pretestība;  $FU$  – drošinātājs;  $K$  – īsslēguma vieta

Ņemot vērā kustošā elementa īso pārdegšanas laiku, ja uz to iedarbojas pietiekami liela īsslēguma strāva, silšanas procesu (5.12. attēls), kura gaitā notiek kustošā elementa sakaršana, kušana un iztvaikošana, var uzskatīt par adiabatisku.



5.12. attēls. Drošinātāja kustošā elementa pārdegšanas process laika periodā:  $t_{sil1}$  – kustošā elementa primārās silšanas laiks;  $t_{kus}$  – kustošā elementa kušanas laiks;  $t_{sil2}$  – kustošā elementa sekundārās silšanas laiks;  $t_{iztv}$  – kustošā elementa iztvaikošanas laiks;  $t_{loka}$  – loka degšanas laiks;  $t$  – drošinātāja nostrādes laiks



5.13. attēls. Strāvas un sprieguma izmaiņas kustošā elementa pārdegšanas laikā:  $i_k$  – sagaidāmā īsslēguma strāva;  $i_{tr.f}$  – īsslēguma faktiskā triecienstrāva;  $i_{tr.apl}$  – īsslēguma aplēses triecienstrāva;  $i_{sl}$  – slodzes strāva;  $u_{dr}$  – spriegums uz drošinātāja;  $u_{dr.maks}$  – maksimālais pārspriegums uz drošinātāja;  $u_t$  – spriegums tīklā;  $t$  – strāvas un sprieguma nobīdes leņķis

Strāvu ierobežojošie drošinātāji, pateicoties intensīvai loka dzēšanai, pārtrauc īsslēguma strāvu, kamēr tā vēl nav sasniegusi triecienstrāvas aplēses vērtību ( $i_{tr.apl}$ , 5.13. attēls). Laikā  $t_1$  pārslodzes vai īsslēguma strāva izkausē kustošo elementu, kam seko metāla iztvaikošana. Tā kā metāla tvaiki sākumā ir vāji jonizēti, loka spraugas pretestība ir ievērojama, un strāva drošinātāja ķēdē strauji samazinās (laiks  $t_2$ , 5.13. attēls). Tieši šajā laikā veidojas pārspriegums, kura maksimālā vērtība  $u_{dr.maks}$  var vairakkārt pārsniegt tīkla sprieguma amplitūdas vērtību. Taču šāds stāvoklis neturpinās ilgi – sākas termiskā jonizācija un strāvas samazināšanās (laiks  $t_3$ , 5.13. attēls), kas savukārt samazina pārspriegumu. Pēc laika  $t$  kopš īsslēguma sākuma loks ir pilnīgi nodzisis, un strāva īsslēguma ķēdē ir pārtraukta. Starp drošinātāja kontaktiem iestājas nomināls tīkla spriegums ( $u_{dr} = u_t$ , 5.13. attēls).

### Drošinātāja laikstrāvas raksturlīkne

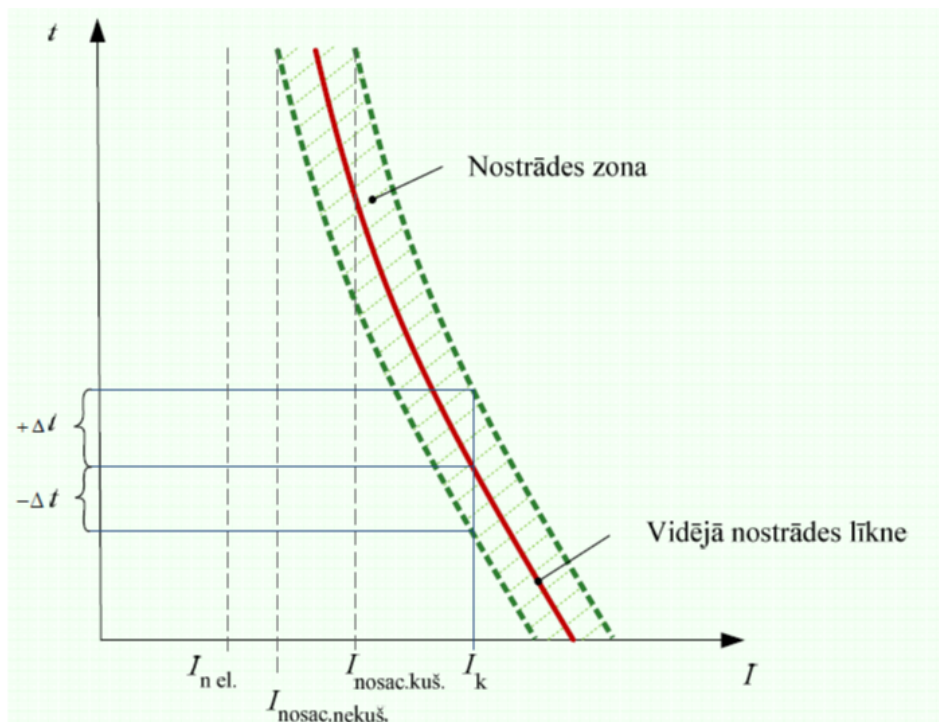
Drošinātāja kustošā elementa nostrādes laiks ir atkarīgs no caurplūstošās strāvas lieluma un apkārtējās vides temperatūras. Tāpēc drošinātājiem nevar precīzi noteikt nostrādes laiku atkarībā no caurplūstošās strāvas lieluma, bet nostrādes laiku uzrāda ar divām līknēm, kas ierobežo zonu, kurā iespējama kustošā elementa pārdegšana. Sazarotā elektriskā tīklā vienā un tajā pašā līnijas posmā var būt vairāki virknē slēgti drošinātāji. To kustošie elementi jāizvēlas tā, lai vispirms pārdegtu kustošais elements drošinātājam, kurš atrodas tuvāk bojājuma vietai.

Drošinātājiem, tāpat kā pārējiem aizsardzības aparātiem, jādarbojas selektīvi. Drošinātāja darbību sauc par selektīvu, ja drošinātāja kustošais elements pārdeg tikai tad, kad bojājums ir tās elektriskās ķēdes posmā vai elektroiekārtā, kura drošinātājam jāaizsargā, un nepārdeg, ja bojājums ir tajā elektriskās ķēdes posmā vai elektroiekārtā, kura drošinātājam nav jāaizsargā.

Laikstrāvas raksturlīkne grafiski attēlo drošinātāja kūstošā elementa pārdegšanas laika atkarību no cauri plūstošās strāvas. Faktiski kūstošā elementa pārdegšana notiek ar zināmu laika izkliedi  $\pm\Delta t$ , kas veido drošinātāja nostrādes zonu (5.14. attēls). Zonas kreiso pusi ierobežo nosacītā nekušanas strāva  $I_{nosac.nekuš.}$ . Tā ir lielākā strāva, kas neizraisa elementa pārdegšanu noteiktā laikā. Šis laiks tiek reglamentēts atkarībā no  $I_{nel.}$  un ir robežās no 1 līdz 4 stundām.

Zonas labo pusi ierobežo nosacītā kušanas strāva  $I_{nosac.kuš.}$ . Tā ir strāva, kas izraisa kūstošā elementa drošu pārdegšanu iepriekš minētajā reglamentētajā laikā.

**Piemērs:** ja kūstošā elementa  $I_{nel.}$  ir 10–25 A, tad  $I_{nosac.nekuš.} = 1,4 \cdot I_{nel.}$  un  $I_{nosac.kuš.} = 1,75 \cdot I_{nel.}$



5.14. attēls. Drošinātāja laikstrāvas raksturlīkne zonas formā:  $I_{nosac.nekuš.}$  – nosacītā nekušanas strāva;  $I_{nel.}$  – kūstošā elementa nominālā strāva;  $I_{nosac.kuš.}$  – nosacītā kušanas strāva;  $I_k$  – īsslēguma strāva;  $\pm\Delta t$  – nostrādes laika izklide

### Drošinātāju lietojumkategorijas

Lietojumkategorija tiek norādīta uz drošinātāja ieliktna korpusa, un tās apzīmējums sastāv no divām daļām. Apzīmējuma atšifrējums sniegts 5.2. tabulā.

## Lietojumkategorijas atšifrējums

Pirmā daļa raksturo atslēgšanas diapazonu:	Otrā daļa raksturo lietojumkategoriju (aizsargājamo objektu):
<p><math>a</math> – daļdiapazona drošinātājs, t. i., strāvierobežojošais drošinātājs, kas avārijas gadījumā var atslēgt tikai tādu strāvu, kas noteiktu skaitu reižu pārsniedz kūstošā elementa nominālo strāvu.</p> <p><math>g</math> – pilndiapazona drošinātājs, t. i., strāvierobežojošais drošinātājs, kas var atslēgt strāvu diapazonā no mazākās kušanas strāvas līdz pat lielākajai atslēgšanas strāvai.</p>	<p><math>L</math> (agrākais apzīmējums) vai <math>G</math> (jaunais apzīmējums) – kabeļi un vadi;</p> <p><math>M</math> – iekārtas ar elektromotoriem;</p> <p><math>R</math> – pusvadītāji;</p> <p><math>B</math> – kalnrūpniecības iekārtas;</p> <p><math>Tr</math> – transformatori.</p>
<p>Piemēri: <math>gL</math> vai <math>gG</math> – pilndiapazona drošinātājs vadu un kabeļu aizsardzībai;</p> <p><math>aM</math> – daļdiapazona drošinātājs iekārtu ar elektromotoriem aizsardzībai;</p> <p><math>gTr</math> – pilndiapazona drošinātājs transformatoru aizsardzībai;</p> <p><math>gR</math> – pilndiapazona drošinātājs pusvadītāju aizsardzībai;</p> <p><math>aR</math> – daļdiapazona drošinātājs pusvadītāju aizsardzībai.</p>	

## Drošinātāja kūstošie elementi un lokdzēses procesa īpatnības ieliktnī

- Darbība pārslodzes režīmā.** Kūstošā elementa vidē izveidots alvas uzlodējums, kas realizē t. s. metalurģisko efektu, samazinot maināmā ieliktna un ar to saistīto vadītājdaļu pārkaršanu no nelielām pārslodzēm. Stieplei sasilstot līdz alvas kušanas temperatūrai (232 °C), uzlodējums kūst un šķidrā alva izšķīdina vara stiepli, kuras kušanas temperatūra bez alvas uzlodējuma ir 1083 °C. Sākumā kūstošais elements izkūst nelielā garumā un izveidojies loks to kausē tālāk, līdz sasniedz loka dzēšanai nepieciešamo attālumu.
- Darbība īsslēguma režīmā.** Kūstošajam elementam atsevišķās vietās ir samazināts šķērsriezums, kas elektriskā loka kanālā samazina metāla tvaika daudzumu un nodrošina elementa ātrāku pārdegšanu.
- Loka dzēšana drošinātāja ieliktnos ar kvarca smilšu pildījumu.** Drošinātāja darbība pamatojas uz ļoti ātru elektriskā loka dejonizāciju 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.

4. **Loka dzēšana drošinātāja ieliktņos ar fibras (gāzģenerējoša materiāla) korpusu.** Tā kā drošinātāja kūstošais elements atrodas slēgtā fibras korpusā, no fibras izdalījušās gāzes ātri rada augstu spiedienu drošinātāja ieliktņī, kas var sasniegt 100 atmosfēras un vairāk. Pieaugot spiedienam, pastiprinās loka dejonizācija (rodas apstākļi ātrai un pilnīgai loka nodzišanai). Tamdēļ šiem drošinātājiem ir spilgti izteikta strāvas ierobežošanas īpašība.

### Drošinātāja izvēles un pārbaudes nosacījumi



#### IEVĒRĪBAI

*Drošinātāju uzdevums ir pasargāt elektroenerģijas patērētājus, vadus un kabeļus no īsslēguma strāvu un pārslodzes strāvu iedarbības.*

Drošinātāju uzdevums ir pasargāt elektroenerģijas patērētājus, vadus un kabeļus no īsslēguma strāvu un pārslodzes strāvu iedarbības. Drošinātāja kūstoša ieliktņa pārdegšanas laiks var atšķirties pat par 50 % no pārdegšanas laika, kas minēts rokasgrāmatās vai katalogos, jo drošinātāja kvalitāte un apkārtējās vides temperatūra ekspluatācijas laikā mainās. [32]

Drošinātājus izvēlas, ievērojot šādus nosacījumus:

- 1) **izvēle pēc uzstādīšanas vietas un nozīmes:**
  - brīvgaisa un iekštelpu sadalnēm;
  - lielu strāvu ķēdēm vai spriegummaiņu ķēdēm u. tml.;
- 2) **izvēle pēc sprieguma.** Drošinātāja nominālām spriegumam  $U_{dr.nom}$  jābūt lielākam vai vienādam ar tīkla nominālo spriegumu  $U_t$ :

$$U_{dr.nom} \geq U_t \quad (5.1)$$

- 3) **izvēle pēc kūstošā ieliktņa nominālās strāvas.** Kūstošā ieliktņa nominālai strāvai  $I_{iel.nom}$  jābūt lielākai vai vienādai ar aplēses vai nominālo strāvu ilgstošā darba režīmā, ievērojot drošuma koeficientu:

$$I_{iel.nom} \geq k_{dr} \cdot I_{apl,r} \quad (5.2)$$

kur

$I_{iel.nom}$  – ieliktņa mazākā nominālā strāva;

$k_{dr}$  – drošuma koeficients, kura vērtību atkarībā no slodzes rakstura pieņem robežās 1÷1,25, ja drošinātājs aizsargā elektriskā tīkla posmu, kas baro gaismekļus, un robežās 1,5÷3 augstsprieguma tīklos, ja nepieciešams novērst drošinātāju neselektīvo nostrādi tehnoloģisko pārslodžu ietekmē;

- 4) **izvēle pēc īslaicīgām tehnoloģiskām pārslodzēm.** Ja drošinātājs aizsarga elektrodzinēju, jāievēro arī elektrodzinēja palaišanas strāvu vērtības; šajā gadījumā drošinātāja kūstošā ieliktņa nominālai strāvai  $I_{iel.nom}$  jābūt lielākai vai vienādai ar tā palaišanas maksimālo strāvu  $I_{pal,r}$  dalītai ar pārslodzes koeficientu  $K_{pārsi}$ :



$$I_{iel.nom} \geq \frac{I_{pal}}{K_{pārsl}}, \quad (5.3.)$$

kur

$K_{pārsl}$  – pārslodzes koeficients smagiem dzinēja palaišanas apstākļiem (bieža palaišana). Pārslodzes koeficienta vērtība  $K_{pārsl} = 1,6 \div 2,5$  (ja elektrodzinējs iegriežas ātrāk par 4 s, tad  $K_{pārsl} = 2,5$ ; ja iegriežas 5–10 s, tad  $K_{pārsl} = 1,6 - 2$ );

- 5) **līnijas aizsargātības pārbaude.** Ja drošinātājs aizsargā elektrisko tīklu, elektriskā tīkla gaisvadu vai kabeļu pieļaujamai strāvai  $I_{piel}$  jābūt lielākai vai vienāgai ar  $I_{iel.nom}$ , dalītai ar koeficientu  $K_{aizs}$ :

$$I_{piel} \geq \frac{I_{iel.nom}}{K_{aizs}}, \quad (5.4.)$$

- 6) **pārbaude pēc selektivitātes.** Lai apmierināto šo prasību, jāaskaņo izvēlēta drošinātāja laikstrāvas raksturlīkne ar citām blakus posmos uzstādīto aizsardzību laikstrāvas raksturlīkņu izkliedes zonām;
- 7) **pārbaude pēc jutības.** Īsslēguma un citu aparātu atteices gadījumā līnija ir jāaizsargā arī tālākajos punktos. Jāievēro šāds nosacījums:

$$I_{k.min} \geq K_j \cdot I_{iel.nom}, \quad (5.5.)$$

kur

$I_{k.min}$  – minimālā īsslēguma strāva aizsargājamās zonas tālākajā punktā;

$K_j$  – jutības koeficients izvēlētam drošinātājam (parasti pieņem 3);

- 8) **pārbaude pēc atslēgšanas spējas.** Šajā gadījumā jāievēro šāds nosacījums:

$$I_{atsl.nom} \geq I_{p0}, \quad (5.6.)$$

kur

$I_{atsl.nom}$  – drošinātāja atslēgšanas strāva pēc kataloga datiem;

$I_{p0}$  – drošinātāja aizsargājamā posma īsslēguma strāvas efektīva vērtība.

#### 4. uzdevums. Pašpārbaudes 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 kustošo elementu?

5. Kādus metālus izmanto drošinātāja kūstošā elementa izgatavošanai?
6. Ko sauc par drošinātāja laikstrāvas raksturlīkni?
7. Kādu drošinātāju darbību sauc par selektīvu?

## 5.5. AIZSARGSLĒDŽI

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Ārējo elektrotīklu tehniskā ekspluatācija”, “Elektrisko mašīnu un iekārtu iestatīšana un ekspluatācija” un “Elektrodrošība elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas un elektromontāžas darbos”.

### Definīcija, galvenās prasības, darbības princips



#### DEFINĪCIJA

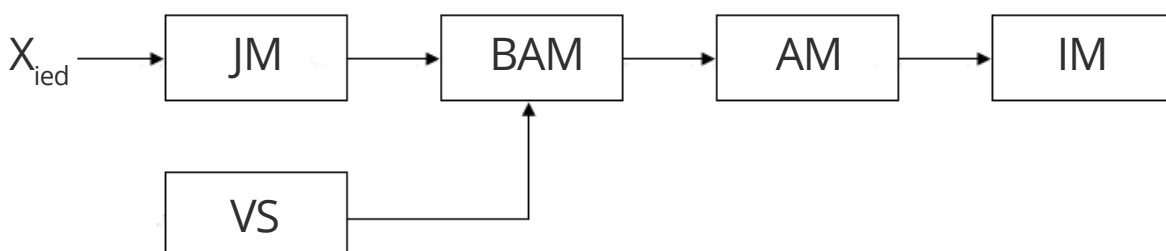
*Aizsargslēdži ir elektriskie aparāti, kas paredzēti līdzstrāvas vai maiņstrāvas ķēžu aizsardzībai nenormālos darba režīmos, reti elektrisko ķēžu atslēgšanai un ieslēgšanai normālos darba režīmos.*

Aizsargslēdži (literatūrā bieži izmanto arī terminu “automātslēdži”) ir elektriskie aparāti, kas paredzēti līdzstrāvas vai maiņstrāvas ķēžu aizsardzībai nenormālos darba režīmos (nepieļaujami liela pārslodze, īsslēgums, sprieguma pazemināšanās), reti (līdz 30 reizēm diennaktī) elektrisko ķēžu atslēgšanai un ieslēgšanai normālos darba režīmos. Aizsargslēdžos elektriskā loka dzēšanas vide ir gaiss, tāpēc literatūrā ir sastopams arī nosaukums gaisa slēdži.

Aizsargslēdžiem izvirza šādas prasības.

1. Aizsargslēdža strāvu vadošai ķēdei jānodrošina nominālās strāvas caurlaide darba laikā, jāiztur īsslēguma strāvas iedarbība noteiktu laiku gan ieslēgtā stāvoklī, gan elektriskās ķēdes pārtraukuma brīdī, nepārsniedzot pieļaujamo temperatūru.
2. Aizsargslēdžim jāatslēdz īsslēguma strāvas un nepieļaujami lielas pārslodzes strāvas, saglabājot darbības spējas pēc īsslēguma strāvas vai pārslodzes strāvas izžušanas.
3. Aizsargslēdžim jābūt elektrodinamiski un termiski izturīgam, īsslēguma strāva jāatslēdz īsā laikā.
4. Aizsargslēdžiem jāstrādā selektīvi.

Aizsargslēdža darbības princips parādīts blokshēmā (5.15. attēls).



5.15. attēls. Aizsargslēdža blokshēma

Iedarbes signāls 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., tiek pārtraukti darba kontakti. Brīvatkabes mehānismu var iedarbināt arī vadības signāls VS (ar roku nospiesta spiedpoga, tālvadības signāls caur elektromagnētu).

Rūpniecībā izgatavo dažādu konstrukciju aizsargslēdžus, bet visiem ir šādi galvenie mezgli: kontakti, lokdzēses ierīce, piedziņa, brīvatkabes mehānisms, atkabnis.

Aizsargslēdžiem bez darba jeb galvenajiem kontaktiem var būt lokdzēses kontakti, kas ieslēdzas pirms un atslēdzas pēc darba kontaktiem, kā arī palīgkontakti vadības un signalizācijas ķēžu komutēšanai. Ja nominālā strāva pārsniedz 200 A, aizsargslēdžiem ir divpakāpju tiltiņveida kontakti vai arī viens pāris darba kontaktu un viens pāris lokdzēses kontaktu. Darba kontaktu virsma ir pārklāta ar metālkeramikas plāksnīti (sudrabs, niķelis, grafiīts); lokdzēses kontaktu virsmu arī veido no metālkeramikas plāksnītēm (sudrabs, niķelis, volframs). Lielu strāvu aizsargslēdžiem izveido vairākus paralēlus kontaktu pārus.

Aizsargslēdžos izmanto lokdzēses kameras ar dejonu režģi vai ar lokdzēsi magnētiskajā laukā kamerā ar šauru vai platu garenspraugu.

Visiem aizsargslēdžiem ir rokas piedziņa, lai operators varētu aizsargslēdzi ieslēgt un izslēgt manuāli. Lielas strāvas aizsargslēdžiem var izveidot elektromagnētisko vai elektrodzinēju piedziņu, aizsargslēdzi ir iespējams arī ieslēgt attālināti, izmantojot elektromagnētu.

Elektromagnētiskās piedziņas trūkums ir liels enkura kustības ātrums, kura dēļ rodas trieciens, kas izraisa kontaktu vibrāciju. Ja elektromagnētu baro no tā paša aizsargājamā tīkla, īsslēguma režīmā spriegums tīklā var samazināties līdz nullei un elektromagnēts nenostādās.

Aizsargslēdžus atslēdz atslēdzējatsperes, kuras tiek saspriestas ieslēgšanas laikā.

Ja izveido neatkarīgas darbības piedziņu, saspriegtā atsperē uzkrājas pietiekami liela enerģija. Pēc atslēgšanas signāla saņemšanas atbrīvojas atsperes aizture, un aizsargslēdzis droši atslēdzas.

Ja aizsargslēdžu nominālā strāva ir lielāka par 1500 A, aizsargslēdžiem izveido elektrodzinēju piedziņu. Elektrodzinējs darbina aizsargslēdzi, izmantojot zobratu pār vadu. Ja atslēgšanas momentā tīklā izzūd spriegums, elektrodzinēja rotoram ir pietiekami liela inerces enerģija, lai atslēgtu aizsargslēdzi. Ieslēgšanas laikā nerodas triecieni, jo ātrums ir vienmērīgs.

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

**DEFINĪCIJA**

*Atkabnis ir komutācijas aparāta elektromehāniskās sistēmas sastāvdaļa (mezgls), kas avārijas režīmā atbrīvo noturētājsprūdu un padara iespējamu komutācijas aparāta atslēgšanos vai ieslēgšanos.*

Aizsargslēdžus 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.

Atkabnis kontrolē kādu aizsargājamās elektriskās ķēdes parametru, dod atslēgšanas signālu ar laika aizturi vai bez tās, ja tiek pārsniegta šī parametra iestatītā vērtība.

Pastāv dažādu veidu atkabņi, bet izplatītākie ir termoatkabnis, kas aizsargā tīklu no pārslodzēm, un elektromagnētiskais, kas aizsargā tīklu no īsslēguma strāvām. Kombinētais atkabnis ietver gan termoatkabni, gan elektromagnētisko atkabni un aizsargā tīklu gan no pārslodzēm, gan īsslēguma strāvām. Lielas strāvas aizsargslēdžiem uzstāda arī minimālā sprieguma atkabni, kas atslēdz aizsargslēdži, ja spriegums ir zemāks par pieļaujamo minimumu. Ja operatoram ir jāatslēdz aizsargslēdzis attālināti, izmanto distances vai manuālo vadību.

**Aizsargslēdžu raksturojošie parametri**

Aizsargslēdžiem uzrāda šādus tehniskos datus:

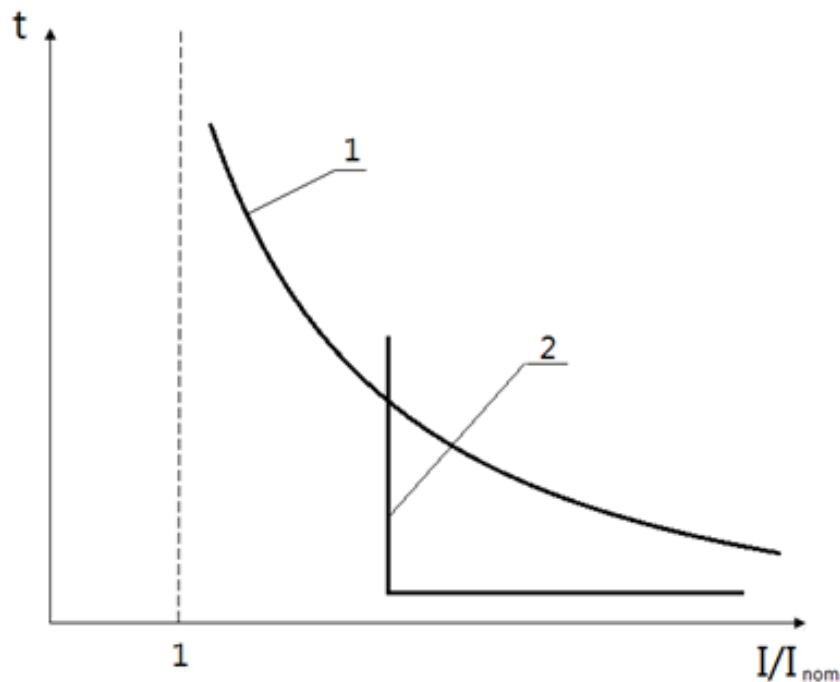
- nominālais spriegums  $U_{nom}$  – elektroiekārtas spriegums, līdz kādam aizsargslēdži var uzstādīt;
- aizsargslēdža nominālā strāva  $I_{nom}$  – ilgstoši pieļaujamā strāva aizsargslēdžu kontaktu sistēmai;
- aizsargslēdža atslēgtspēja  $I_a$  – maksimālā īsslēguma strāva, kuras elektrisko loku var nodzēst lokdzēses kamerā (līdz 100 kA);
- elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva  $I_{nomEM}$  – lielākā ilgstošā strāva, kas garantē šim atkabnim ražotāja garantēto darbmūžu;
- atkabņa iestatījuma strāva  $I_{iest}$ , elektromagnētiskā atkabņa iestatījuma strāva  $I_{iest,EM}$ , termoatkabņa iestatījuma strāva  $I_{iest,T}$ ;
- atkabņa nostrādes strāva  $I_{no}$  – strāva, pie kuras aizsargslēdzis atslēdzas. Te jābūt spēkā šādām sakarībām:

$$I_{no,EM} \geq I_{iest,EM}$$

$$I_{iest,EM} > I_{no} > I_{iest,T}$$

Laikstrāvas raksturlīkne  $t_{no} = f(I/I_{nom})$  parādīta 5.16. attēlā.

Termoatkabnis nodrošina laikkarīgo raksturlīkni 1 (jo lielāka strāva, jo ātrāk tas sakarst un atslēdzas), tādējādi aizsargājot elektrolietotāju no pārslodzes. Savukārt elektromagnētiskais atkabnis (laikstrāvas raksturlīkne 2) atslēdzas momentāni (pēc 0,01–0,03 s), kas nodrošina aizsardzību pret īsslēgumu.



5.16. attēls. Trīsfāžu aizsargslēdža laikstrāvas raksturlīknes: 1 – termoatkabņa laikstrāvas raksturlīkne; 2 – elektromagnētiskā atkabņa laikstrāvas raksturlīkne

### Aizsargslēdžu klasifikācija

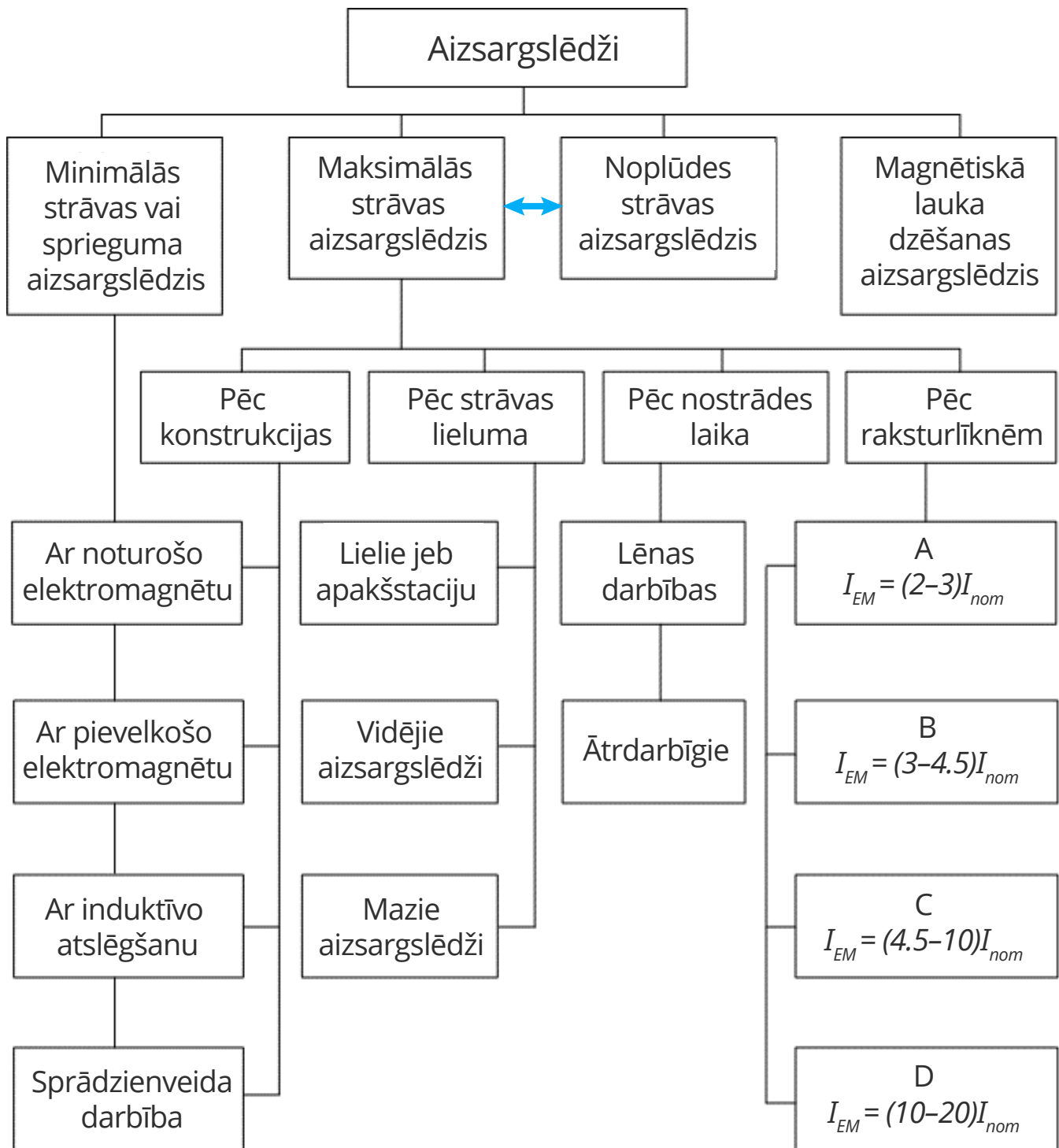
Aizsargslēdžus izgatavo maiņsprieguma iekārtām ar spriegumu līdz 1000 V un līdzsprieguma iekārtām ar spriegumu līdz 440 V. Aizsargslēdžus klasificē pēc dažādām pazīmēm: pēc iedarbes signāla veida (strāvas, spriegums, jauda), pēc konstrukcijas, pēc nostrādes laika, pēc raksturlīknēm (5.16. attēls).

Minimālās un maksimālās strāvas aizsargslēdžu konstrukcijas veidotas pēc vieniem un tiem pašiem principiem. Maksimālās strāvas un noplūdes strāvas aizsargslēdži bieži vien ir apvienoti vienā aparātā.

Atkarībā no atslēgšanas laika aizsargslēdžus iedala normālos (atslēgšanas laiks 0,02–1 s), ātrdarbības (atslēgšanas laiks mazāks par 0,005 s), ar selektīvu atkabni (atslēgšanas laiks lielāks par 1 s). Ja aizsargslēdzim ir selektīvs atkabnis, var izveidot selektīvu aizsardzību: pie patērētāja uzstāda aizsargslēdzi ar mazāko nostrādes laiku, bet tuvāk barošanas avotam uzstāda aizsargslēdžus ar lielāku nostrādes laiku.

Vairākums aizsargslēdžu atslēdz ķēdi, kad tajā īssleguma strāva sasnies savu nostabilizējušos vērtību  $I_{fss}$ . Ātrdarbīgie aizsargslēdži atslēdz ķēdi pirms īsslēguma strāvas nostabilizēšanās, t. i., ierobežo īsslēguma strāvu.

Atslēgšanas procesu var sadalīt noteiktos laika intervālos:  $t_0$  – laiks, kurā strāva ķēdē sasniedz atslēdzes nostrādes strāvu;  $t_1$  – laiks no  $t_0$  līdz kontaktu atslēgšanas brīdim (aizsargslēdža nostrādes pašlaiks);  $t_2$  – elektriskā loka dzēšanas laiks;  $t$  – pilnais aizsargslēdža nostrādes laiks ( $t_0 + t_1 + t_2$ ).



5.17. attēls. Aizsargslēdžu iedalījums

Aizsargslēdžu iedalījums pēc to laikstrāvas raksturliķņu  $t_{no} = f(I/I_{nom})$  nosaka to lietošanas iespējas. Aizsargslēdži ar laikstrāvas raksturliķņēm B, C un D atbilstoši EN 60 898 ir paredzēti līniju aizsardzībai. Tiem visiem ir vieni un tie paši termoatkabņa iestatījumi, atšķiras tikai to magnētiskā atkabņa nostrādes parametru vērtības  $I_{EM}$ . Augstāks  $I_{EM}$  iestatījums paredzēts aizsargslēdžiem ar G un D raksturliķņēm, lai tos varētu lietot ķēdēs ar palaidies strāvām vai ar lēcienveida strāvu izmaiņām.

Aizsargslēdži ar K tipa raksturlīknēm paredzēti kabeļu un elektroiekārtu aizsardzībai. Elektrodzinēju aizsardzību iespējams nodrošināt, izvēloties aizsargslēdži ar atbilstošu nominālo strāvu.  $I_{EM}$  ieregulēts tā, lai tas būtu lielāks pār dzinēja palaides strāvu  $I_{pal}$ .

Aizsargslēdži ar Z tipa raksturlīkni paredzēti pusvadītājierrīču vājstrāvas ķēžu aizsardzībai.

Aizsargslēdžiem elektroapgādes shēmās jādarbojas selektīvi, t. i., pēc atlasēšanas principa: avārijas gadījumā vispirms jānostrādā aizsargslēdzim tuvāk pie īsslēguma vietas, un tikai tā atteices gadījumā nostrādā ievada vai barošanas līnijas aizsargslēdzis.

Lai to nodrošinātu, jānosaka aizsargslēdžu laikstrāvas raksturlīknes gan pēc nostrādes laika, gan strāvas. Abu aizsargslēdžu raksturlīknes nedrīkst krustoties savā starpā. Tas nozīmē, ka otrā aizsargslēdža nominālajai strāvai jābūt vismaz 1,25 reizes lielākai nekā pirmā. Īsslēguma gadījumā pirmajam aizsargslēdzim jāatslēdzas 50–80 ms ātrāk nekā otrajam. Izpildot šos noteikumus, selektivitāte tiks nodrošināta.

Praksē bieži aizsargslēdžus lieto kopā ar kūstošajiem drošinātājiem. Tie var būt ieslēgti gan lietotāja, gan līnijas pusē. Ja aizsargslēdzis ir ieslēgts līnijas pusē, bet pie lietotāja ir drošinātājs, pēdējam īsslēguma gadījumā jānostrādā par 50–100 ms ātrāk. Pārslodzes gadījumā nostrādes laika starpībai jābūt lielākai par 1 s.

Ja līnijas pusē ir drošinātājs, bet pie lietotāja – aizsargslēdzis, jāievēro iepriekšējie nosacījumi un jāņem vērā, ka pie lielām īsslēguma strāvām, kur raksturlīknes krustojas, selektivitāte netiks nodrošināta.

### Aizsargslēdžu izvēles un pārbaudes nosacījumi [4]

Aizsargslēdžus izvēlas atbilstoši uzstādīšanas vietai shēmā, saskaņojot to ar lietotāja parametriem vai tīkla aizsardzības vajadzībām. Aizsargslēdžus izvēlas pēc šādiem nosacījumiem:

- 1) **izsargslēdža tipa izvēle.** Izvēli nosaka tas, no kā ir jāsargā slodzes ķēde, – no nepieļaujamas pārslodzes strāvas vai īsslēguma strāvas, vai abām strāvām. Atkarībā no tā ir jāizvēlas konkrētas sērijas aizsargslēdzis ar slodzes ķēdes aizsardzībai nepieciešamajiem atkabņiem;
- 2) **izvēle pēc sprieguma.** Aizsargslēdža nominālajam spriegumam  $U_{nom}$  jābūt lielākam vai vienādam ar elektroiekārtas nominālo spriegumu  $U_{nom,iek}$ , kuras komutācijai un aizsardzībai aizsargslēdzis uzstādīts, vai ar elektrotīkla nominālo spriegumu  $U_t$ . Jābūt spēkā šādam nosacījumam:

$$U_{nom} \geq U_t \quad (5.7.)$$

- 3) **izvēle pēc aplēses strāvas ilgstošā darba režīmā.** Aizsargslēdžu nominālajai strāvai  $I_{nom}$  jābūt vienānai vai lielākai par elektroiekārtas nominālo strāvu  $I_{nom.iek}$ , kuras komutācijai un aizsardzībai aizsargslēdzis ir uzstādīts:

$$I_{nom} \geq I_{nom.iek} \quad (5.8.)$$

- 4) **izvēle pēc īslaicīgām tehnoloģiskām pārslodzēm.** Ja aizsargslēdzis aizsargā elektrodzinēju, jāievēro arī elektrodzinēja palaišanas strāvas vērtība, šajā gadījumā jābūt spēkā šādam nosacījumam:

$$I_{nom.th} = I_{nom.th} \geq \frac{I_{max}}{K_{pārsł}} , \quad (5.9.)$$

kur

$I_{max}$  – elektrodzinēja palaišanas strāvas maksimālā vērtība;

$K_{pārsł}$  – pārslodzes koeficients smagiem dzinēja palaišanas apstākļiem (bieža palaišana). Pārslodzes koeficienta vērtība  $K_{pārsł} = 1,6 \div 2,5$  (ja elektrodzinējs iegriežas ātrāk par 4 s, tad  $K_{pārsł} = 2,5$ , ja iegriežas 5–10 s, tad  $K_{pārsł} = 1,6 - 2$ );

- 5) **aizsargslēdža izvēle pēc termoatkabņa kritērija.** Aizsargslēdža termoatkabņa nominālajai strāvai  $I_{nom.th}$  jābūt vienānai vai lielākai par elektroiekārtas darba strāvu vai aplēses strāvu  $I_{apl}$ , ievērojot drošības koeficientu  $k_{dr}$ , kuru nosaka katram aizsargslēdzim pēc tā termoatslēdzes laikstrāvas raksturliķnes  $I_{iest.th}$ . Šādā gadījumā jābūt spēkā nosacījumam attiecībā uz atkabni ar mazāko nostrādes strāvu:

$$I_{nom.th} \geq k_{dr} \cdot I_{apl} \quad (5.10.)$$

kur

$I_{nom.th}$  – aizsargslēdža termoatkabņa iestatījuma vērtība;

$I_{apl}$  – aplēses strāva, ko nosaka konkrētā tīkla nosacījumi;

$k_{dr}$  – drošuma koeficients, kura vērtību atkarībā no slodzes rakstura pieņem  $1 \div 1,25$  robežās;

- 6) **aizsargslēdža pārbaude pēc elektromagnētiskā atkabņa atbilstības.** Aizsargslēdža elektromagnētiskā atkabņa nominālajai strāvai  $I_{nom.EM}$  jābūt lielākai vai vienānai ar maksimāli īslaicīgi pieļaujamo strāvu  $I_{max}$ , ievērojot drošuma koeficientu  $k'_{dr.max}$ . Šādā gadījumā jābūt spēkā šādam nosacījumam:

$$I_{iest.el.m} \geq k'_{dr.max} \cdot I_{max} , \quad (5.10.)$$

kur

$I_{nom.el.m}$  – elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva pēc rokasgrāmatas;

$I_{max}$  – elektrodzinēja palaišanas strāvas maksimālā vērtība;



$k'_{dr.max}$  – drošuma koeficients aizsargslēdžu elektromagnētiskai atslēdzei, kuru atkarībā no aizsargslēdža tipa pieņem 1,25÷1,5 robežās. Piemēram,  $k'_{dr.max} = 1,25$  – drošuma koeficients A3700 tipa aizsargslēdžu elektromagnētiskai atslēdzei,  $k'_{dr.max} = 1,5$  – A3100 tipa aizsargslēdzim. Pārējiem aizsargslēdžiem drošuma koeficientu nosaka no raksturlīknēm.

Aizsargslēdža elektromagnētiskais atkabnis nedrīkst atslēgties elektrodzinēja palaides brīdī, tātad jāizvēlas, lai  $I_{nom.el.m} > I_{pal}$ . Jāpārbauda, vai vienfāzes īsslēguma strāva ir pietiekami liela un elektromagnētiskais atkabnis atslēgsies vienfāzes īsslēgumā  $I_k^{(1)} > I_{nom.el.m}$ ;

- 7) **līnijas aizsargātības pārbaude.** Ja aizsargslēdzis aizsargā elektrisko tīklu, aizsargslēdzim jābūt izvēlētam tā, lai tiktu nodrošināta elektrolīnijas aizsardzība. Pārbaudi veic pēc šāda nosacījuma:

$$I_{piel} \geq \frac{I_{piel.nom}}{K_{aizs}}, \quad (5.12.)$$

kur

$I_{piel}$  – faktiskā elektrolīnijas ilgstoši pieļaujamā strāva;

$I_{piel.nom}$  – elektrolīnijas ilgstoši pieļaujamā strāva normālos apstākļos pēc ražotāja datiem;

$K_{aizs}$  – aizsardzības koeficients.

- 8) **pārbaude pēc selektivitātes.** Lai apmierinātu šo prasību, jāaskaņo izvēlētajā aizsargslēdža laikstrāvas raksturlīkne ar citām blakus posmos uzstādīto aizsardzību laikstrāvas raksturlīkņu izkliedes zonām;
- 9) **pārbaude pēc jutības.** Īsslēguma gadījumā un citu aparātu atteices gadījumā, līnija jāaizsargā arī tālākajos punktos. Jābūt spēkā šādam nosacījumam:

$$I_{k.min} \geq K_j \cdot I_{iest}, \quad (5.13.)$$

kur

$I_{k.min}$  – minimālā īsslēguma strāva aizsargājamās zonas tālākajā punktā;

$I_{iest}$  – aizsargslēdža minimālā iestatījuma strāva pēc kataloga datiem (termoatkabņa strāva);

$K_j$  – jutības koeficients izvēlētam drošinātājam, parasti pieņem 3.

- 10) **pārbaude pēc atslēgšanas spējas.** Šajā gadījumā jābūt spēkā šādam nosacījumam:

$$I_{atsl.nom} \geq I_{p0}, \quad (5.14.)$$

kur

$I_{atsl.nom}$  – aizsargslēdža atslēgšanas strāva pēc kataloga datiem;

$I_{p0}$  – aizsargslēdža aizsargājamā posma īsslēguma strāvas efektīva vērtība.

### Aizsargslēdža izvēles piemērs

Izvēlēties aizsargslēdzi asinhronā elektrodzinēja ar īsslēgtu rotoru komutācijai un aizsardzībai. Elektrodzinēja nominālā jauda  $P_{nom} = 6$  kW, nominālais spriegums  $U_{nom} = 380$  V, nominālā strāva  $I_{nom} = 15$  A, palaides strāva sešas reizes lielāka par elektrodzinēja nominālo strāvu  $I_{pal} = 6I_{nom} = 51,7$  A. Elektrodzinēja uzstādīšanas vietā maksimālā īsslēguma strāva  $I_{īssl.max} = 400$  A. Aizsargslēdža pārbaude pēc selektivitātes, jūtības un atslēgšanas spējas nav jāveic.

Aizsargslēdzi izvēlamies pēc šādiem nosacījumiem:

- 1) **aizsargslēdža tipa izvēle.** Izvēlamies aizsargslēdzi A3110 ar kombinēto atkabni. Tehniskie dati:
  - termoatkabņa regulēšanas strāva  $I_{nom.th} = 15-80$  A;
  - elektromagnētiskā atkabņa nostrādes strāva  $I_{nom.el.m} = 100$  A;
  - atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība  $I_{atsl.nom} = 12$  kA;
- 2) **izvēle pēc sprieguma.** Tīkla spriegums ir 380 V. Aizsargslēdža nominālais spriegums  $U_{nom} = 400$  V, tātad lielāks par tīkla spriegumu aizsargslēdža uzstādīšanas vietā:

$$U_{nom} = 400 \text{ V} > U_t = 380 \text{ V}, \quad (5.15.)$$

- 3) aizsargslēdža termoatkabņa nominālo strāvu izvēlas, ievērojot nosacījumu, ka termoatkabņa nominālā strāva  $I_{nom.th}$  ir 1,1 reizi lielāka par elektrodzinēja nominālo strāvu, lai īslaicīgas pārslodzes gadījumā aizsargslēdzis neatslēgtos:

$$I_{nom.th} = 1,1I_{nom.dz} = 16,5 \text{ A}, \quad (5.16.)$$

Izvēlamies  $I_{nom.th} = 20$  A.

- 4) aizsargslēdža elektromagnētiskā atkabņa nominālā strāva:

$$I_{nom.el.m} = 110 \text{ A} > I_{pal} = 51,7 \text{ A}, \quad (5.17.)$$

- 5) atslēdzamās īsslēguma strāvas robežvērtība aizsargslēdzim  $I_{atsl.nom} = 12$  kA ievērojami lielāka par maksimālo īsslēguma strāvu  $I_{īssl.max} = 400$  A, kas atbilst izvēles nosacījumam:

$$I_{atsl.nom} = 12 \text{ kA} > I_{īssl.max} = 400 \text{ A}, \quad (5.18.)$$

### 5. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi

1. No kādiem nenormāliem darba režīmiem aizsargslēdži aizsargā elektriskās ķēdēs?
2. Kādas galvenās prasības izvirza aizsargslēdžiem?
3. Kas ir aizsargslēdža atkabnis?
4. Kādus atkabņus uzstāda aizsargslēdžos?
5. Kā darbojas termoatkabnis?

6. Kā darbojas elektromagnētiskais atkabnis?
7. Kā izskatās termoatkabņa laikstrāvas raksturlīkne?
8. Kā izskatās elektromagnētiskā atkabņa laikstrāvas raksturlīkne?
9. Kā iedala aizsargslēdžus?
10. Pēc kādiem kritērijiem izvēlas un pārbauda aizsargslēdžus?
11. Pret kādiem nenormāliem darba režīmiem aizsargslēdži aizsargā elektriskās ķēdēs?
12. Vai aizsargslēdzis jāizvēlas pēc sprieguma?

## 5.6. KONTAKTORI

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Ārējo elektrotīklu tehniskā ekspluatācija”, “Elektrisko mašīnu un iekārtu iestatīšana un ekspluatācija” un “Elektrodrošība elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas un elektromontāžas darbos”.

### Definīcija, lietošana



#### DEFINĪCIJA

*Kontaktors ir distancvadāma divpozīciju komutējoša iekārta, kuras kontaktu stāvokļa maiņu realizē iebūvēts darbinātājs.*

Kontaktors ir distancvadāma divpozīciju komutējoša iekārta, kuras kontaktu stāvokļa maiņu realizē iebūvēts darbinātājs. Kustīgos kontaktus nevar iedarbināt ar roku vai citu ārēju inerces 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 (apgaisojuma, 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 [4].

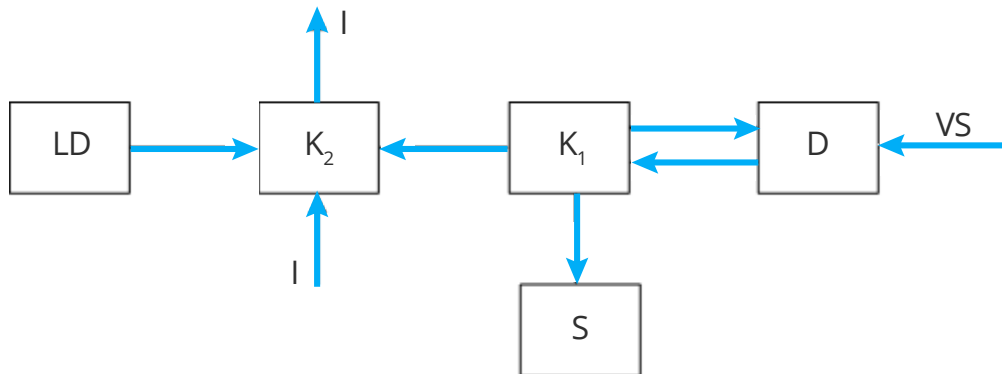
### Iedalījums

1. Pēc komutējamās strāvas veida – līdzstrāvas, maiņstrāvas un paaugstinātas frekvences maiņstrāvas kontaktori.
2. Pēc darbinātāja sistēmas – elektromagnētiski, hidrauliski, pneimatiski, elektropneimatiski, ar sprūdsistēmu darbināmi kontaktori.
3. Pēc strāvas pārtraukšanas metodes – kontaktori ar lokdzēsi gaisā, vakuumā, eļļā, izmantojot tiristoru bloku (hibridkontaktoros) vai spēka herkonus.

4. Pēc komutējamo galveno ķēžu skaita – vienpolīgie, divpolīgie, trīspolīgie, četrpolīgie kontaktori (daudzpolīgie kontaktori).
5. Pēc funkcijas – ieslēdzošie, pārslēdzošie, atslēdzošie, līnijas, virziena, laikaiztures, reversīvie, spēka, bremzēšanas, vadības, paātrinājuma kontaktori, palīgkontaktori.

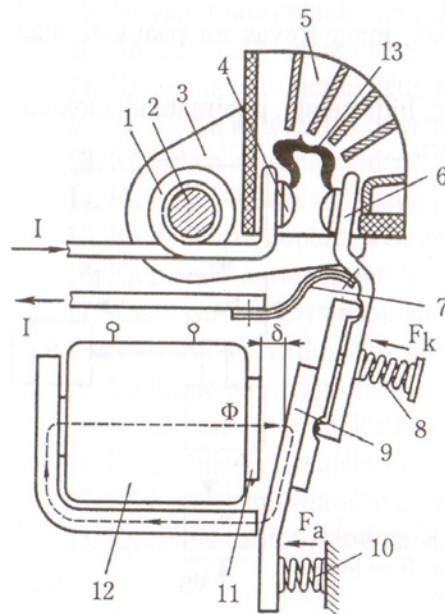
### Kontaktoru uzbūve

5.18. attēlā parādīta kontaktoru elementu blokhēma, kur  $I$  – komutējamā strāva,  $VS$  – vadības signāls,  $K_1$  – kinemātiskā sistēma,  $K_2$  – kontaktu sistēma,  $S$  – kontaktu stāvokļa indikators,  $D$  – darbinātājs.



5.18. attēls. Kontaktoru elementu blokhēma

Darbinātāja, kinemātiskās sistēmas un kontaktu savstarpēji saskaņota darbība nodrošina stabili slodzes strāvas ķēdes ieslēgšanu, strāvas ilgstošu caurplūdi, ķēdes atslēgšanu, kontaktiem minimāli nolietojoties, ko nodrošina lokdzēses sistēma, ātri novirzot loka atbalsta punktus no kontaktu darba virsmas. Līdzstrāvas kontaktoru uzbūve parādīta 5.19. attēlā, bet raksturlīknes – 5.20. attēlā. Darbinātāju veido elementi 9, 11, 12, kinemātisko sistēmu – 6, 7, 8, 9, 10, kontaktu sistēmu – 4, 6, lokdzēses sistēmu – 1, 2, 3, 5. Kontaktoru sastāv no lokdzēses virknes spoles (1), serdes (2), poliem (3), nekustīga kontakta (4), lokdzēses kameras (5), kustīgā kontakta (6), lokanā strāvas pievada (7), kontakta atsperes (8), darbinātāja elektromagnēta enkura (9), atgriezējatsperes (10), elektromagnēta pola uzgaļa (11) un spoles (12). Caur spoli plūst magnētiskā plūsma  $\Phi$ , kas veido darba gaisa spraugu  $\delta$ , un uz kontaktoru iedarbojas kontakta atsperes spēks  $F_k$  un atgriezējatsperes spēks  $F_a$ . Elektriskais loks atslēgšanas procesā (13) parādās starp kontaktiem 4 un 6.



5.19. attēls. Līdzstrāvas kontaktora konstruktīvā shēma

### Kontaktora darbība

Atslēgtā stāvoklī elektromagnētiskā darbinātāja spoles pieslēgspriegums  $U_{sp} = 0$  vai  $U_{sp} < U_{sp.atr}$  t. i., mazāks par atgriezes spriegumu; magnētiskā plūsma darba gaisa spraugā  $\Phi = 0$  vai  $\Phi < \Phi_{at}$ ; elektromagnētiskais vilces spēks  $F_{em} < F_{em2}$  (5.20. attēls);  $\delta = \delta_{max}$  (5.19. attēls); strāva kontaktu ķēdē  $I = 0$ . Ja ķēdei, kurā ieslēgti kontakti, pieslēgts barošanas spriegums  $U_b$ , spriegums starp atvērtiem kontaktiem  $U_k = U_b$ . Atvērto kontaktu spraugu nedrīkst caursist arī iespējamie pārsprieguma impulsi. Kontaktus atvērtā stāvoklī droši notur atgriezējatsperes spēks  $F_a$ .

Elektrotransporta iekārtu kontaktoru kinemātiskai sistēmai jāiztur triecieni ar paātrinājumu līdz 10g (g – brīvā kritiena paātrinājums) bez kontaktu patvarīgas ieslēgšanās vai atslēgšanās.

Elektromagnētisko pārejas procesu spoles ķēdē nosaka spoles parametri un spoles ķēdes vadības aparātu īpatnības (spiedpogas, releji, pastiprinātāji). Šis pārejas process savukārt iespaido magnētiskās plūsmas un vilces spēka samazināšanās gaitu un kontaktu atvēršanās ātrumu. Gaisa spraugai 8 pieaugot, kontaktu spiediena spēks  $F_k$  samazinās un pēdējā kontaktu saskares punktā veidojas izkusuša kontaktu materiāla lodīte, t. s. "šķidrais tiltiņš". Tam pārtrūkstot, veidojas elektriskais loks, kuru ievirza kamerā un nodzēš lokdzēses sistēma. Lokam nodziestot, uz atvērtiem kontaktiem īslaicīgi veidojas komutācijas pārspriegums, kas var vairākkārt pārsniegt barošanas spriegumu un apdraudēt iekārtas izolāciju, kā arī pusvadītāju elementus (5.21. attēls).

### Līdzstrāvas kontaktori

Līdzstrāvas elektropiedziņas sistēmās kontaktorus galvenokārt izmanto sistēmas ieslēgšanai darbā, bet vadību un regulēšanu realizē ērti vadāmie statistiskie pusvadītāju pārveidotāji. Tādēļ jaunu

līdzstrāvas kontaktoru konstrukciju izstrāde sašaurinās un daudzos gadījumos līdzstrāvas ķēžu komutācijai lieto plašāk izplatīto maiņstrāvas kontaktoru atbilstošas modifikācijas.

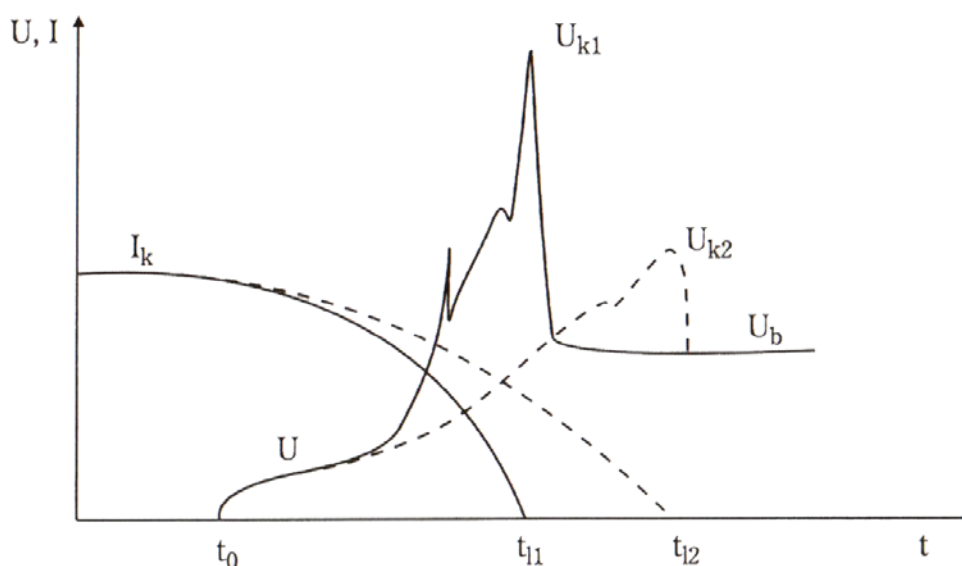
Kontaktora kinemātiskā sistēma saskaņota ar darbinātāja elektromagnēta tipu.

5.19. attēlā parādīta samērā populārā vārstveida elektromagnēta un sviras kontaktu konstrukcija, kurā kustīgās detaļas balstās uz prizmām un, kontaktiem saslēdzoties, var panākt to savstarpēju slīdes-velšanās kustību. Tā savukārt nodrošina kontaktu darba virsmu pašnotīrīšanos.

Transporta iekārtās (aviācijā, elektromobiļos, elektrokāros u. tml.) gabarītu samazināšanas nolūkos izmanto taisnvirzes solenoīda,  $E$  vai  $U$  veida elektromagnētiskos darbinātājus un tiltiņkontaktus. Šajā gadījumā jāizmanto sudrabu saturoši kontaktmateriāli, jo nav iespējama kontaktu pašnotīrīšanās. Līdzstrāvas elektriskā loka dzēšanai atslēgšanas procesā izmanto:

- 1) virknes slēguma lokdzēses spoli, kas ar savu magnētisko sistēmu rada loka zonā magnētisko šķērsplūsmu, ievirzot loku kameras šaurajās garenspaugās. Šī sistēma labi kalpo slodzes, pārslodzes un īsslēgumu strāvu atslēgšanai;
- 2) pastāvīgo magnētu spoles vietā. Darbība līdzīga, tikai šī sistēma piemērota tukšgaitas strāvu atslēgšanai;
- 3) abu iepriekšējo variantu kombināciju;
- 4) dejonizējošus un liesmu slāpējošus režģus.

Iespējams realizēt bezloka komutāciju ar tiristoru bloka palīdzību (hibrīdkontaktori).



5.20. attēls. Līdzstrāvās loka dzēšanas process, kontaktoram atslēdzot barošanas ķēdi

5.20. attēlā parādīts barošanas spriegums  $U_b$ , komutācijas pārspriegums  $U_k$ , komutējamā strāva  $I_k$ , loka sākuma laiks  $t_0$ , loka dzišanas laiks  $t_1$ .

Vismazāko kontakta materiāla zudumu atslēgšanas procesā var panākt ar lielu kontaktu atvirzes sākuma ātrumu, pēc tam ļaujot lokam nodzist kameras spraugās. Pārāk straujš strāvas samazinājums var radīt nepieļaujami lielu komutācijas pārspriegumu.

Raksturīga strāvas un sprieguma maiņa loka dzēšanas procesā parādīta 5.20. attēlā. Ja  $t_{12} > t_{11}$ , tad  $U_{k2} < U_{k1}$ . Moderno kontaktoru konstrukcijās cenšas panākt atslēgšanas procesa dinamisko parametru un kontaktu nolietojuma optimālo attiecību.

### Līdzstrāvas kontaktoru tehniskie dati un izvēle

Kontakts jāizvēlas, konkrēta objekta vadībai nepieciešamos parametrus un ekspluatācijas apstākļus salīdzinot ar katalogos sniegtajiem kontaktoru datiem.

Līdzstrāvas kontaktori jāizvēlas pēc šādiem datiem un parametriem:

- 1) aparāta šifrs/kods;
- 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 un ķēdes spriegumiem, termiski pieļaujamā strāva, īslaicīgi (1 s, 5 s, 10 s, 30 s, 1 s, 3 s, > 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 pievilšanas moments, pievienojamo kabeļu dzīslu šķērs griezumam;
- 4) darbinātāja elektromagnēta ķēdes parametri: spoļu nominālā sprieguma robežas, nostrādes un atgriezes spriegumu vērtības %, 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;
- 7) maksimālais komutāciju skaits stundā (ciklu biežums);
- 8) gabarīti, svars;
- 9) aizsardzība pret apkārtējās vides iedarbību.

Izvēlētā kontaktora datiem jāatbilst objekta prasībām vai arī neatbilstības gadījumā tie nedaudz jāpārsniedz. Jāņem vērā, ka pārāk liela parametru rezerve gan nodrošina garāku kalpošanas laiku un lielāku resursu, bet palielinās aparāta gabarīti un cena.

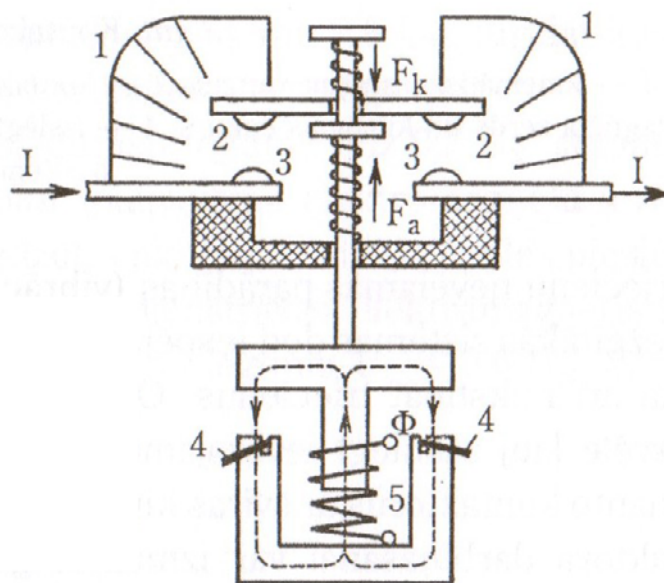
### Maiņstrāvas kontaktori

Maiņstrāvas kontaktorus galvenokārt izmanto magnētiskajos palaidējos maiņstrāvas elektropiedziņas sistēmās asinhrono dzinēju palāides, reversēšanas, bremzēšanas, atslēgšanas operācijām [4]. Palaižot

un reversējot īsslēgtā rotora asinhrono dzinēju, kontaktoram jāieslēdz ķēde pie  $U_N$  un  $\cos\varphi = 0,3 - 0,4$ , un strāvas  $(5-7) \cdot I_N$ , savukārt jāatslēdz darbošos dzinēja ( $n_2 = n$  vai  $n_2 = n_N$ ) nominālā strāva pie  $U = 0,2 \cdot U_N$  vai arī  $(6-10) \cdot I_N$  pie  $U = (1-1,1) \cdot U_N$ , ja dzinēja rotors neiegriežas, vai  $n_2 < 0,2 n_N$ . Šajos režīmos kontaktu nolietojums pie ieslēgšanas pārsniegs nolietojumu pie atslēgšanas. Šos kontaktorus var izmantot arī citādu slodžu ķēžu komutēšanai.

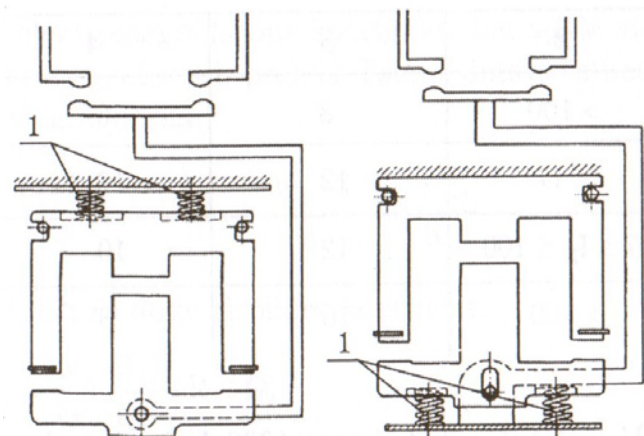
### Maiņstrāvas kontaktoru uzbūves īpatnības un izvēle

Maiņstrāvas kontaktoru konstruktīvā shēma parādīta 5.21. attēlā. Attēlā parādītajā shēmā  $I$  ir komutējamā strāva, 1 – lokdzēses kameras, 2 – kustīgie kontakti, 3 – nekustīgie kontakti, 4 – darbinātāja elektromagnēta īsslēgtie gredzeni, 5 – darbinātāja elektromagnēta spole,  $F_k$  – kontaktu atsperes spēks,  $F_a$  – atgriezes atsperes spēks,  $\Phi$  – magnētiskā plūsma.



5.21. attēls. Maiņstrāvas kontaktora konstruktīvā shēma

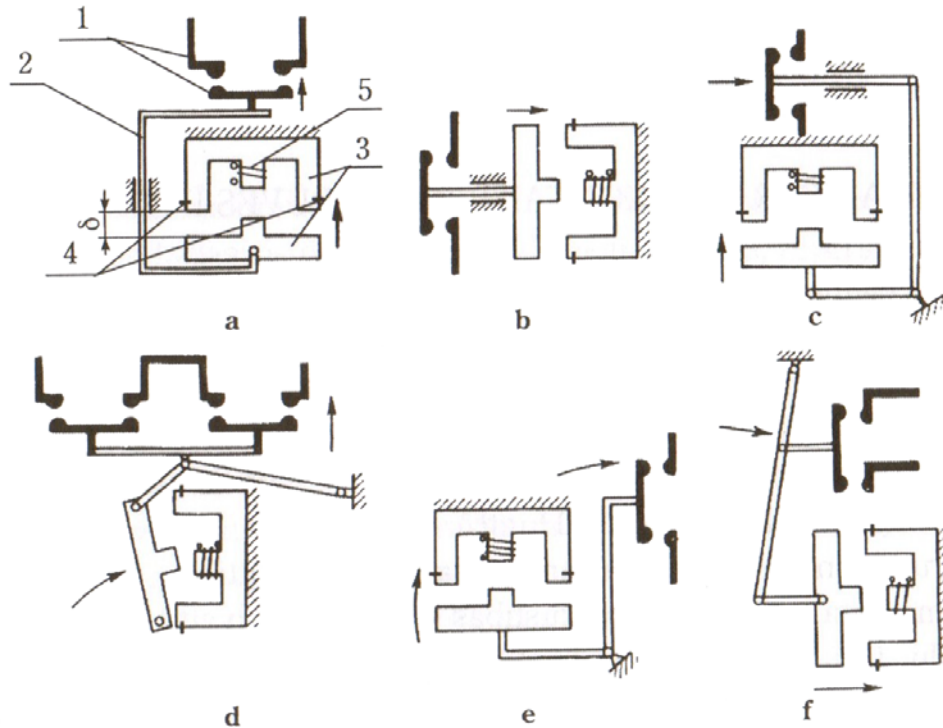
Izmantojot maiņstrāvas kontaktorus asinhrono dzinēju palaišanai, kontaktiem jāieslēdz strāva  $I = (5-7) \cdot I_N$ , tādēļ nevēlamas ir kontaktu vibrācijas ieslēgšanas procesā, kā arī triecieni darbinātāja mehānismā. Tos cenšas novērst ar papildatsperēm (5.22. attēls).



5.22. attēls. Darbinātāju radīto triecienu un vibrāciju slāpēšanas paņēmieni ar papildatsperēm



Kontaktozu kinemātisko shēmu varianti parādīti 5.23. attēlā: 1 – kontaktu sistēmu, 2 – sviru sistēma, 3 – darbinātāju elektromagnēta serde un kustīgais enkurs, 4 – īsslēgtie gredzeni, 5 – spole,  $\delta$  – darba gaisa sprauga.



5.23. attēls. Kontaktozu kinemātiskās shēmas

Biežāk izmantotā ir taisnvirziena kustības shēma (5.23. attēls, *b*), kurā nav šarnīru un starplocekļu, taču ir palielinātas kustīgo kontaktu un elektromagnēta enkura triecienu nevēlamās parādības (vibrācijas, triecienvirsmu placināšana). Savukārt sarežģītākas sistēmas dod iespēju labāk salāgot darbinātāja un kontaktu raksturlīknes, kā arī mīkstināt triecienus. Optimāla šarnīru un berzes pāru (metāls-plastmasa) izvēle ļauj sasniegt ievērojamu mehānisko nodilumizturību. Maiņstrāvas kontaktozu darbināšanai var izmantot gan maiņstrāvas, gan līdzstrāvas elektromagnētus. Maiņstrāvas elektromagnēta nekustīgais un kustīgais magnētveds veidots kā sakniedētas elektrotehniskā tērauda plāksnīšu paketes. Uz nekustīgā magnētveda šķeltā pola vienas daļas novietots īsslēgts gredzens (vijums, ekrāns) elektromagnētiskā vilces spēka pulsāciju un trokšņu samazināšanai ieslēgtā stāvoklī.

Maiņstrāvas elektromagnētu spoļu barošanas spriegums  $U_{Nsp} = (24-220-600) V$ , frekvence  $f_N = 50$  Hz, 60 Hz vai 50/60 Hz. Ņemot vērā spoles induktīvās pretestības atkarību no magnētveda darba gaisa spraugas  $\delta$  (5.23. attēls, *a*), spoles ieslēgšanas sākumstrāva var sasniegt  $10 \cdot I_{Nsp}$  ( $I_{Nsp}$  – strāva spolē enkura pievilkta stāvoklī, kad  $\delta = \delta_{min}$ ). Tas jāievēro, izvēloties spoles ķēdes vadības aparātus. Ja darbinātājs ir līdzstrāvas elektromagnēts (var izmantot iepriekš minēto plāksņoto vai masīvu magnētvedu), strāva spolē nav atkarīga no darba gaisa spraugas, bet no sprieguma un spoles aktīvās pretestības. Līdzstrāvas elektromagnēti turklāt strādā bez trokšņa. Spoles ķēdē var būt ieslēgta ekonomējoša pretestība vai tinumi sadalīti ieslēgšanas un enkura noturēšanas sekcijās.  $U_{Nsp} = (24-220-600) V$ .

Samērā lielais maiņstrāvas elektromagnēta atgriezes koeficients:

$$k_{at} = \frac{U_{sp.at}}{U_{sp.no}}, \quad (5.19.)$$

kur

$U_{sp.at}$  – spoļu spriegums, pie kura enkurs un kontakti atgriežas izejas stāvoklī;

$U_{sp.no}$  – nostrādes sprieguma vērtība nodrošina asinhronzinēja aizsardzību pret sprieguma pazemināšanos zem  $0,7 \cdot U_N$ .

Spēkā esošie standarti nosaka, ka kontaktora spolei, strādājot pie  $1,05 \cdot U_N$  un maksimāli pieļaujamās apkārtējās vides temperatūras, jāatbilst šādām prasībām:

- 1) droši jāieslēdz kontaktors, pieslēdzot spolei spriegumu  $0,8 \cdot U_N$ , turklāt kustīgā sistēma nedrīkst ilgstoši vai īslaicīgi apstāties starpstāvokļos;
- 2) ieslēgtā stāvoklī, samazinot spoļu pieslēgumsprriegumu līdz  $0,7 \cdot U_N$ , jānotur elektromagnēta enkurs pievilktā stāvoklī (pieļaujama elektromagnēta ievērojama dūkšana), bet, spriegumu atslēdzot, enkurs jāatlaiž. Ja spoles pieslēgumsprriegums  $U_{sp} \geq 0,85 \cdot U_N$ , pieļaujama maiņstrāvas elektromagnētiem raksturīgā nelielā dūkšana. Ja spolei pieslēdz spriegumu  $U_{sp} \leq 0,6 \cdot U_N$ , kontaktors nedrīkst ieslēgties.

Maiņstrāvas kontaktoru izvēles dati un principi ir līdzīgi līdzstrāvu kontaktoriem.

## 5.7. MĒRMAIŅI

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Ārējo elektrotīklu tehniskā ekspluatācija”, “Elektrisko mašīnu un iekārtu iestatīšana un ekspluatācija” un “Elektrodrošība elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas un elektromontāžas darbos”.



### IEVĒRĪBAI

*Elektroenerģijas sistēmas kontrolē un relejaizsardzībā svarīgu vietu ieņem mērmaiņi.*

Elektroenerģijas sistēma nevar stabili un droši funkcionēt bez nepārtrauktas vadības un kontroles, tāpēc elektroenerģijas sistēmas kontrolē un relejaizsardzībā svarīgu vietu ieņem mērmaiņi, kuri veic šādas funkcijas [32]:

- 1) plašā diapazonā mainīgu primāro lielumu pārveidošana standartizētās ērti mērāmās sekundārās vērtībās, kas ļauj unificēt sekundārajās ķēdēs izmantojamos aparātus;
- 2) mērinstrumentu, relejaizsardzības un automātikas aparātu elektriskā izolēšana no augstsprieguma ķēdēm, kas atvieglo sekundāro ķēžu izolāciju un palielina apkalpojošā personālā drošību, neļaujot tam darboties ar augstiem spriegumiem;

- 3) lielās primārās strāvas radītā magnētiskā lauka iedarbības novēršanas uz mērīšanas un relejaizsardzības aparātiem, ko realizē, attālinot šos aparātus no primārajām ķēdēm;
- 4) dažādu palīgaparātu (vadības elektromagnētu, jaudas slēdžu piedziņu, signalizācijas un apgaismes) barošana;
- 5) elektroenerģijas uzskaitē.

Ar mērmaiņiem saprot gan strāvmaiņus, gan spriegummaiņus. Pēdējā laikā elektroenerģijas sistēmās funkciju un izmaksu optimizācijai plašu pielietojumu ir guvuši kombinētie mērmaiņi, kas pilda abu iepriekš minēto aparātu funkcijas.

## Strāvmaiņi



### DEFINĪCIJA

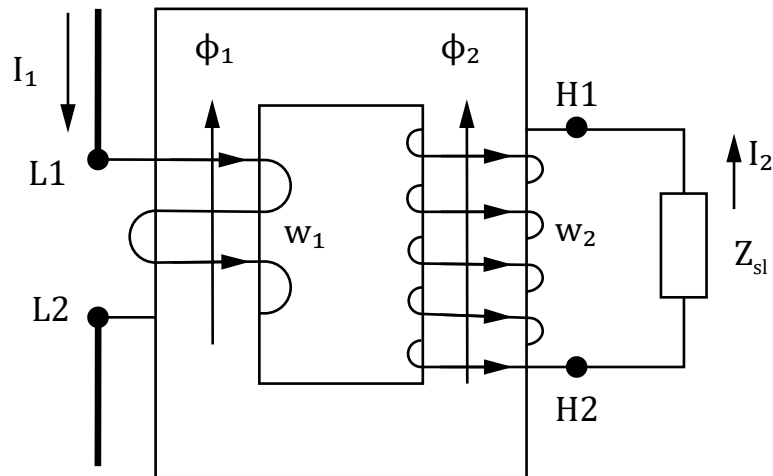
*Strāvmainis ir mazjaudīgs transformators, kas normāli darbojas īsslēguma režīmā un kuram normālos darba apstākļos sekundārā strāva ir praktiski proporcionāla primārajai strāvai.*

Strāvmainis ir mazjaudīgs transformators, kas normāli darbojas īsslēguma režīmā un kuram normālos darba apstākļos sekundārā strāva ir praktiski proporcionāla primārajai strāvai. Strāvmainis paredzēts primāras strāvas reducēšanai līdz konkrētai vērtībai sekundārajā pusē (parasti 1 A vai 5 A). Elektroenerģijas sistēmā strāvmainis nodrošina relejaizsardzības un uzskaites funkcijas. Strāvmaiņus uzstāda visās ķēdēs mēraparātu (norādošo un reģistrējošo) barošana, relejaizsardzībai, bet ģeneratora ķēdēs – komandēšanai (automātiskās rezerves ieslēgšanai). Strāvmaiņiem atšķirībā no jaudas transformatoriem un spriegummaiņiem ir šādas raksturīpašības [32]:

- 1) to primārā strāva nav atkarīga no sekundāras slodzes;
- 2) strāvmainis normāli darbojas ar īsslēgtu sekundāro tinumu, vai arī tam pieslēgta neliela nemainīga slodze;
- 3) spriegums uz strāvmaiņa sekundārajām spailēm ir proporcionāls sekundārajai strāvai, un tas nedrīkst pārsniegt noteikto sprieguma līmeni;
- 4) strāvmaiņa atrašanās stāvoklī ar pārtrauktu sekundārā tinuma ķēdi ir aizliegta.

## Fizikālie procesi strāvmaiņos [32]

Strāvmanim ir primārais un sekundārais tinums, kas novietoti uz tērauda serdes. Primāro tinumu slēdz primārā ķēdē virknē, un caur to plūst visa slodzes vai īsslēguma strāva. Strāvmaiņiem primārajā tinumā ir lielāki šķērsgriezuma vijumi nekā sekundārajā, savukārt sekundārajam tinumam ir liels vijumu skaits, kam virknē ir pieslēgti mērinstrumenti (ampērmetrs, voltmetrs, vatmetrs u. c.) un relejaizsardzības iekārta, kas veido strāvmaiņa sekundārā tinuma slodzi. Strāvmaiņa sekundārās ķēdes pretestība ir niecīga, tāpēc tie darbojas režīmā, kas tuvs īsslēguma režīmam. Šī ir strāvmaiņu būtiskākā atšķirība no lieljaudas transformatoriem.



5.24. attēls. Strāvmaiņa principiālā shēma

Strāva  $I_1$ , plūstot pa primārā tinuma vijumiem  $w_1$ , serdē rada magnētisko plūsmu  $\Phi_1$ , kas aptver gan primāro tinumu  $w_1$ , gan sekundāro tinumu  $w_2$ . Mainīgā magnētiskā plūsma serdē rada noslēgtā sekundārā tinuma strāvu  $I_2$ , kas savukārt saskaņā ar Lenca likumu izraisa pretdarbojošos magnētisko plūsmu  $\Phi_2$ . Rezultātā serdē nostabilizējas magnētiskā plūsma  $\Phi_0$ , kas ir vienāda ar plūsmu  $\Phi_1$  un  $\Phi_2$  starpību.

$$\dot{\Phi}_0 = \dot{\Phi}_1 - \dot{\Phi}_2 \quad (5.20.)$$

Magnētiskās plūsmas lielums atkarīgs no strāvas lieluma un vijumu skaita. Magnetizējošais spēks ir vienāds ar strāvas un vijumu skaita reizinājumu. Magnetizējošie spēki savstarpēji līdzsvarojas – tāpat kā magnētiskās plūsmas. Magnetizējošais spēks, ko rada plūsma  $\Phi_0$ , ir plūsmu  $\Phi_1$  un  $\Phi_2$  magnetizējošo spēku ģeometriskā starpība:

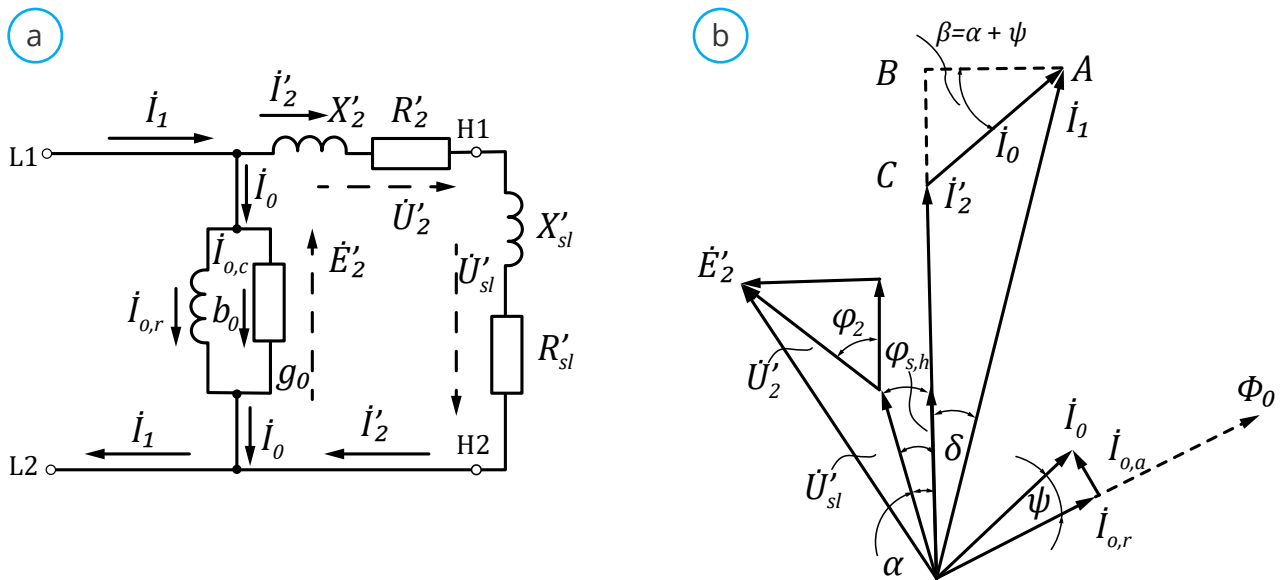
$$\dot{I}_0 w_1 = \dot{I}_1 w_1 - \dot{I}_2 w_2, \quad (5.21.)$$

kur

$I_0$  – magnetizēšanas strāva, ko rada plūsma  $\Phi_0$ ;

$w_1$  – primārā tinuma vijumu skaits;

$w_2$  – sekundārā tinuma vijumu skaits.



5.25. attēls. Strāvmaiņa aizvietošanas shēma (a) un vektoru diagramma (b)

Dalot 5.21. vienādojuma abas puses ar  $w_2$ , iegūsim strāvmaiņa primāro strāvu:

$$I_1 \cdot \frac{w_1}{w_2} = I_0 \cdot \frac{w_1}{w_2} + I_2 \tag{5.22.}$$

Strāvmaiņa vijumu attiecību  $\frac{w_1}{w_2}$  apzīmē ar  $k_1$  un sauc par strāvmaiņa **transformācijas koeficientu**.

Tad:

$$\frac{I_1}{k_1} = \frac{I_0}{k_1} + I_2 \tag{5.23.}$$

Rokasgrāmatās parasti ir dots strāvmaiņa **nominālais transformācijas koeficients**:

$$k_{1nom} = \frac{I_{1nom}}{I_{2nom}} \tag{5.24.}$$

Tas ir nedaudz lielāks par vijumu attiecību ( $k_{1nom} > k_1$ ) saistībā ar vijumu korekciju, ko veic, lai samazinātu strāvas kļūdu.

Ja strāva primārā ķēdē nepārsniedz strāvmaiņa nominālo strāvu, tad magnetizēšanas strāva ir maza un veido ne vairāk par 1÷3 % no  $I_1$ , tāpēc to var neievērot. Līdz ar to šajā gadījumā strāvmainim nav enerģijas zudumu magnētserdē ( $I_0 = 0$ ) un 5.22. izteiksme izskatīsies šādi:

$$I_2 = \frac{I_1}{k_1} = \frac{I_0}{k_{1nom}} \tag{5.25.}$$

Strāvmaiņu darbību raksturo tā aizvietošanas shēma (5.25. attēls, *a*) un vektoru diagramma (5.25. attēls, *b*).  $\frac{I_1}{k_1}$  un  $\frac{I_0}{k_1}$  ir sekundāram tinumam reducētās strāvas  $I'_1$  un  $I'_0$ . Ievietojot tās

5.22. izteiksmē, kā arī ievērojot vektoru diagrammu, iegūstam:

$$\dot{I}'_1 = \dot{I}'_0 - \dot{I}'_2 \quad (5.26.)$$

Daļu primārās strāvas patērē strāvmaiņa serdes magnetizēšanai, pārējā transformējas sekundārā ķēdē.

Spriegums starp sekundārā tinuma spailēm ir:

$$\dot{U}_2 = (R_{sl} + jX_{sl}) \cdot \dot{I}'_2, \quad (5.27.)$$

kur

$R_{sl}$  – slodzes aktīvā pretestība;

$X_{sl}$  – slodzes induktīvā pretestība.

Sekundārā tinuma inducētais EDS:

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_1'' = \dot{U}_2 + (R_2 + jX_2) \cdot \dot{I}'_2, \quad (5.28.)$$

kur

$R_2$  – sekundārā tinuma aktīvā pretestība;

$X_2$  – sekundārā tinuma induktīvā pretestība.

Strāva sekundārā ķēdē atpaliek no EDS  $E_2$  par leņķi  $\alpha$ :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_2 + R_{sl}}{X_2 + R_{sl}} \quad (5.29.)$$

Magnētiskā plūsma  $\Phi_0$  atpaliek no EDS  $E_2$  par  $90^\circ$ .

Magnetizēšanas strāva:

$$\dot{I}'_0 = I_{0\alpha} \dot{I}'_0 = I_{0r} \dot{I}'_0, \quad (5.30.)$$

kur

$I_{0\alpha}$  – magnetizēšanas strāvas aktīvā komponente;

$I_{0r}$  – magnetizēšanas strāvas reaktīvā komponente.

Magnetizēšanas strāvas aktīvā komponente saistīta ar aktīviem zudumiem serdē virpuļstrāvu un histerēzes dēļ.

### Strāvmaiņu kļūdas un to ierobežošana



#### IEVĒRĪBAI

Galvenā prasība, ko izvirza strāvmaiņiem, ir šāda: reducētai sekundārai strāvai jāatbilst primārajai strāvai.

Galvenā prasība, ko izvirza strāvmaiņiem, ir šāda: reducētai sekundārai strāvai jāatbilst primārajai strāvai. Bet magnetizējošā strāvas sastāvdaļa  $I'_0$  izraisa strāvmaiņa kļūdu. Šīs strāvas sastāvdaļas dēļ sekundārā strāva  $I_2$  pēc lieluma un fāzes nedaudz atšķiras no reducētās primārās strāvas  $I'_1$ . Jo lielāka magnetizējošā strāva, jo lielāka šī atšķirība un attiecīgi strāvmaiņa kļūda. [32] Strāvmaiņiem izšķir divu veidu kļūdas: strāvas kļūdu un leņķa kļūdu.

1. **Strāvas kļūdu**  $\Delta I$  definē procentos un izsaka kā izmērītas strāvas  $I_2 k_{Inom}$  un faktiskās primārās strāvas  $I_1$  aritmētisku starpību pēc formulas:

$$\Delta I = \frac{k_{Inom} I_2 - I_1}{I_1} \cdot 100(\%) \quad (5.31.)$$

2. **Leņķa kļūda**  $\Delta \delta$  ir sekundārās strāvas nobīde fāzē attiecībā pret primāro strāvu. Atkarībā no strāvmaiņa un tā slodzes parametriem, šis leņķis mainās robežās no dažām minūtēm līdz dažiem grādiem, tāpēc aprēķinos leņķi  $\delta$  pieļaujams aizstāt ar tā sinusu:

$$\Delta \delta \approx \sin \delta = 3440 \frac{I'_0}{I_1} \cos(\alpha + \gamma) \quad (5.32.)$$

Kļūdu ierobežošanas paņēmieni ir vairāki:

1. **Vijumu korekcija** samazina strāvas kļūdu  $\Delta I$ . Praksē tas īpaši attiecas uz strāvmaiņiem, kas baro dažādus mērinstrumentus; strāvmaiņiem jādarbojas precīzi nominālo strāvu diapazonā (aptuveni līdz  $1,2 \cdot I_{Inom}$ ). To panāk, samazinot strāvmaiņim sekundāra tinuma vijumu skaitu  $w_2$ . Neņemot vērā magnetizēšanas strāvu, jāpastāv primārā un sekundārā MDS līdzsvaram:

$$I_1 \cdot w_1 = \uparrow I_2 \cdot \downarrow w_2$$

Samazinoties  $w_2$ , jāpalielinās  $I_2$ , rezultātā tiek kompensēta negatīvā strāvas kļūda. Leņķa kļūdu vijumu korekcija neietekmē.

2. **Magnētiski spēka līniju garuma  $l$  samazināšana.** Saskaņā ar otro Kirhofa likumu magnētiskajām ķēdēm:

$$\downarrow I_0 \cdot w_1 = H \cdot \downarrow l,$$

kur  $H$  – magnētiskā lauka intensitāte serdē.

No vienādojuma izriet, ka tad, ja  $H = const$  un  $w_1 = const$ , mazākam  $l$  atbilst mazāks  $I_0$ , bet, samazinoties  $I_0$ , samazinās gan strāvas, gan leņķa kļūda.

3. **Magnētserdes šķērsriezuma  $s$  un/vai vijumu skaita  $w_2$  palielināšana.** No teorētiskās elektrotehnikas zināms, ka inducētais EDS ir vienāds:

$$E_2 = 4,44 \cdot B_m \cdot f \cdot s \cdot w_2, \quad (5.33.)$$

kur

$B_m$  – magnētiskās indukcijas amplitūda serdē;

$f$  – tīkla frekvence.

No feromagnētisko materiālu raksturlīknēm savukārt izriet, ka mazākai indukcijai atbilst mazāka magnetizēšanas strāva  $I_0$ . Vienlaicīgu primārā un sekundārā tinuma vijumu skaita palielināšanu kā kļūdu samazināšanas paņēmieni izmanto visos daudzvijumu strāvmaiņos.

4. **Izvēloties strāvmaiņu serdes materiālu.** Vienas un tās pašas magnētiskās indukcijas  $B_m$  iegūšanai dažādu marķu skārdiem vajadzīgas dažādas magnetizēšanas strāvas, kuru vērtība, kā iepriekš bija norādīts, ietekmē strāvas un leņķa kļūdu.
5. **Ierīkojot īpašu kompensācijas tinumu,** ko baro no tā paša strāvmaiņa vai arī no neatkarīga maiņstrāvas avota. Šādus strāvmaiņus sauc par kompensētiem strāvmaiņiem. Precizitātes paaugstināšana notiek, strāvmaiņa serdi papildus uzmagnezējot, lai darba punktu pārbīdītu uz magnetizēšanas raksturlīknes piesātinājuma robežas, kur kļūdas ir vismazākās.
6. **Saslēdzot virknē strāvmaiņa sekundāros tinumus.** Šādu strāvmaiņu slēgumu izmanto gadījumos, kad ir pārslogots viens strāvmainis (vai daudzseržu strāvmaiņa viena serde) un līdzās nepilnīgi noslogots cits strāvmainis vai tā paša daudzseržu strāvmaiņa cits tinums. Saslēdzot virknē strāvmaiņa sekundāros tinumus (virknē slēdzamajiem tinumiem jābūt ar vienādu vijumu skaitu, ar vienādu transformācijas koeficientu), tā transformācijas koeficients nemainās, bet katrā sekundārajā tinumā krīt puse no slodzes sprieguma, līdz ar to tā pati sekundārā slodze izraisa mazākas  $B_m$ ,  $H$  un  $I_0$  vērtības. No tā savukārt izriet secinājums, ka virknē slēgtiem strāvmaiņiem paaugstinās transformācijas precizitāte, kas ļauj dotās precizitātes klases robežas palielināt pieslēgto slodzi līdz vērtībai, kas vienāda ar abu strāvmaiņu slodžu summu.

### Strāvmaiņa precizitātes klase

Strāvmaiņa precizitātes klase norāda pieļaujamās kļūdas dažādām primārās strāvas un sekundārās slodzes vērtībām, atbilstoši katras valsts standartiem. Precizitātes klasi un sekundārās slodzes nominālo pretestību uzrāda strāvmaiņa pasē. Strāvmaiņus izgatavo precizitātes klasēm 0,2, 0,5, 1, 3 un 10. Atkarībā no precizitātes klases strāvmaiņus izmanto dažādām vajadzībām, piemēram, strāvmaiņus [32]:

- 1) ar precizitātes klasi 0,2 – kontroles un laboratorijas mērījumiem;
- 2) ar precizitātes klasi 0,5 – elektroenerģijas komercuzskaitēi;



**IEVĒRĪBAI**

*Strāvmaiņa precizitātes klase norāda pieļaujamās kļūdas dažādām primārās strāvas un sekundārās slodzes vērtībām, atbilstoši katras valsts standartiem. Precizitātes klasi un sekundārās slodzes nominālo pretestību uzrāda strāvmaiņa pasē.*

- 3) ar precizitātes klasi 1 – elektroenerģijas tehniskās uzskaites skaitītāju pieslēgšanai;
- 4) ar precizitātes klasi 3 – sadales mēraparātiem un releju aizsardzībai;
- 5) ar precizitātes klasi 10 – tikai releju aizsardzībai.

**Strāvmaiņu klasifikācijas principi**

Strāvmaiņus klasificē pēc vairākiem principiem.

**Pēc nozīmes ekspluatācijā** strāvmaiņus nosacīti iedala mērstrāvmaiņos, kas paredzēti dažādu mērinstrumentu barošanai, un releju aizsardzības strāvmaiņos. Taču praksē visbiežāk no viena strāvmaiņa jābaro gan mērinstrumenti, gan releju aizsardzība. Tādēļ plaši lieto strāvmaiņus ar vairākām serdēm, kuras aptver viens primārais tinums. Mērinstrumentu barošanai paredzētās serdes ir plānākas, kas ātri (ja  $I = (4...6) \cdot I_{1nom}$ ) piesātinās. Šādi mērmaiņi darbojas nevainojami nominālo strāvu diapazonā un pie nelielām pārslodzēm, bet īsslēguma režīmā piesātinās, tādā veidā ierobežojot avārijas strāvu elektrodinamisko un termisko iedarbību uz mērinstrumentiem. Releju aizsardzības barošanai paredzētās strāvmaiņu serdes ir biežākas, lai tās mazāk piesātinātos īsslēguma režīmā un nodrošinātu lineārāku avārijas strāvas transformāciju līdz  $(10...30) \cdot I_{1nom}$ . Īpašu mērstrāvmaiņu grupu veido laboratorijas strāvmaiņi, ko raksturo augsta precizitātes klase (parasti 0,2) un iespēja plašās robežās mainīt transformācijas koeficientu.

**Strāvmaiņu klasifikācija pēc uzstādīšanas vietas un veida**

Pēc uzstādīšanas vietas un veida izšķir [32]:

- 1) **strāvmaiņus, kas paredzēti uzstādīšanai brīvgaisa sadalnēs;**
- 2) **strāvmaiņus, kas paredzēti uzstādīšanai iekštelpu sadalnēs;**
- 3) **iebūvētos strāvmaiņus.** Tie iebūvēti elektrisko aparātu izvados (jaudas slēdžos, transformatoros, automātos) vai ģeneratoros. Šiem strāvmaiņiem ir viens primārais vijums un sekcionēts sekundārais tinums, lai varētu variēt transformācijas koeficientu atbilstoši reālajai primārajai strāvai;
- 4) **uzliekamos (kopņu) strāvmaiņus,** kuriem nav pastāvīga primārā tinuma un kurus uzliek atsevišķām strāv vadu vai kopņu fāzēm. Nullsecības strāvmaiņus liek uz kabeļa vai kopņu visām fāzēm;
- 5) **pārnesamos strāvmaiņus.** Pie tiem pieder gan minētie laboratorijas strāvmaiņi, gan vairāku citu sēriju strāvmaiņi.

**Strāvmaiņu izvēle**

To veic pēc šādiem nosacījumiem:

- 1) **pēc nominālā sprieguma:**  $U_{nom} \geq U_i$ ;
- 2) **pēc nominālās primārās strāvas:**  $I_{1nom} \geq I_{apl}$ . Strāvmaiņa noteiktā nominālā strāva tiek normēta pēc izgatavotājrūpnīcas datiem (10 A, 12,5 A, 15 A, 20 A, 25 A, 30 A, 40 A, 50 A, 60 A un 75 A). Pasvītrotie nomināli tiek izmantoti ar kārtu augstākām strāvām, līdz pat 3000 A.
- 3) **pēc nominālās sekundārās strāvas:** 1 A vai 5 A.
- 4) **pēc nominālās slodzes:**  $S_{2nom} \geq S_2$ ,

kur

$S_{2nom}$  – nominālā slodze strāvmainim ar izraudzīto precizitātes klasi, kas ir normēta pēc izgatavotājrūpnīcas datiem (2,5 VA, 5 VA, 15 VA, 20 VA, 30 VA, 40 VA, 50 VA, 100 VA un 200 VA);

$S_2$  – aplēses slodze sekundārajā ķēdē (summāri visiem strāvmainim pieslēgtajiem aparātiem);

- 5) **pēc termiskās izturības:**  $I_{th}^2 t_{th} \geq B_k$ ,

kur

$I_{th}$  – strāvmaiņa termiskās izturības strāva;

$t_{th}$  – strāvmaiņa termiskās izturības laiks;

$B_k$  – Džoula impulss caur strāvmaini īsslēguma strāvas maksimālās vērtības brīdī (parasti trīsfāžu). [11]

Strāvmaiņu katalogos dažreiz ir sastopams termiskās izturības koeficients, kas ir rokasgrāmatas lielums:  $K_{th} = \frac{I_{th}}{I_{1nom}}$ . Izmantojot šo koeficientu, termiskās izturības izvēles nosacījums izskatīsies

šādi:  $(K_{th} I_{1nom})^2 t_{th} \geq B_k$ ;

- 6) **pēc dinamiskās izturības** (pēc UNE un IEC standartiem izgatavotiem):

$$I_{dyn} \geq 2,5I_{th}$$

kur

$I_{dyn}$  – strāvmaiņa dinamiskās izturības strāva;

$I_{th}$  – strāvmaiņa termiskās izturības strāva;

vai pēc  $i_{dyn} \geq i_{tr}$

kur

$i_{dyn}$  – maksimālā īslaicīgi pieļaujamā strāva strāvmaiņa primārajā tinumā;

$i_{tr}$  – strāvmaiņa triecienstrāva;

- 7) **pēc sekundāro tinumu skaita:** parasti līdz pieciem tinumiem;
- 8) **pēc transformācijas koeficienta sadalījuma.** Ja plānots paplašināt objektu, var izmantot vairākus primārus pārneseumus (piemēram, 750–500/1).

110 kV strāvmainis ir parādīts 5.26. attēlā.



5.26. attēls. 110 kV strāvmainis

### Uzdevuma rēķināšanas piemērs – strāvmaiņa izvēle

Izvēlieties 20 kV strāvmaini ar elektroenerģijas uzskaiti un relejaizsardzībai atbilstošu precizitātes klasi, ja ir zināma darba strāva  $I_N = 2000$  A, īsslēguma strāva  $I_k^{(3)} = 34000$  A, strāvmaiņa sekundārā slodze  $Z_2 = 8,5 \Omega$  un piesātināšanās spriegums  $U_{pies} = 300$  V.

### Atrisinājums

**Strāvmaiņa izvēle.** Izvēlieties strāvmaini ar transformācijas koeficientu 3000/1 A. Izvēlētā strāvmaiņa pases dati:

$$I_{1nom} = 3000 \text{ A}$$

$$I_{2nom} = 1 \text{ A}$$

Strāvmainim ir trīs tinumi.

Uzskaites tinuma precizitātes klase ir 0,5 un slodze ir 10 VA.

Relejaizsardzības tinuma precizitātes klase ir 5P20 ar slodzi 10 VA.

#### Izvēlēta strāvmaiņa pārbaude:

1. Pēc sprieguma:  $U_{nom} \geq U_t \Rightarrow 24 \text{ kV} > 20 \text{ kV}$
2. Pēc nominālā tinuma primārās strāvas:  $I_{1nom} \geq I_{apl} \Rightarrow 3000 \text{ A} > 2000 \text{ A}$
3. Pēc sekundārā tinuma slodzes:  $S_{2nom} \geq S_2 \Rightarrow 10 \text{ VA} > 8,5 \text{ VA}$

$$S_2 = (I_{2nom})^2 \cdot Z_2 = 1^2 \cdot 8,5 = 8,5 \text{ VA}$$

4. Papildu pārbaude pēc piesātināšanās sprieguma:  $U_{pies.TA} \geq U_{pies.apl.} \Rightarrow 300 \text{ V} > 96,1 \text{ V}$ ,

$$\text{kur } U_{pies.apl.} = I_k^{(3)} \cdot (I_{2nom}/I_{1nom}) \cdot Z_2 = 34000 \cdot (1/3000) \cdot 8,5 = 11,3 \cdot 8,5 = 96,1 \text{ V}$$

**Secinājums.** Strāvmaisnis 3000/1 A ir piemērots slodzes strāvas komercuzskaitei un relejaizsardzībai.

## Spriegummaiņi

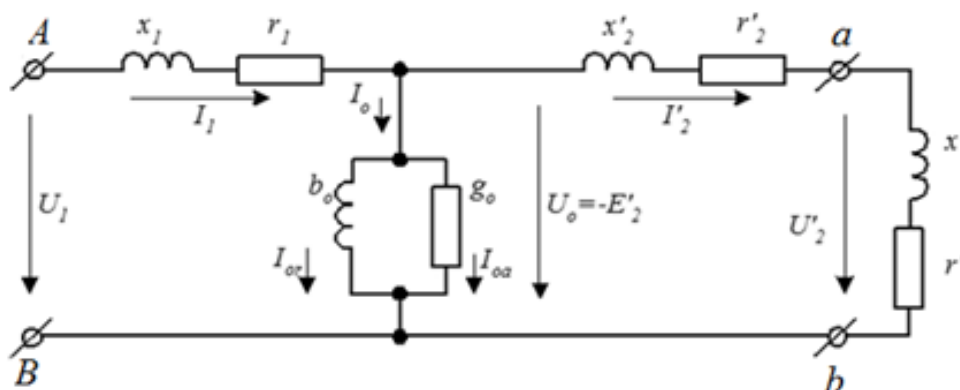
### Fizikālie procesi spriegummaiņos



#### DEFINĪCIJA

Spriegummaisnis ir mazjaudīgs transformators, kas paredzēts augstsprieguma samazināšanai līdz noteiktai vērtībai un sekundāro ķēžu atdalīšanai no primārā sprieguma.

Spriegummaisnis ir mazjaudīgs (daži desmiti vai simti VA) transformators, kas paredzēts augstsprieguma samazināšanai līdz noteiktai vērtībai (parasti 100 V) un sekundāro ķēžu atdalīšanai no primārā sprieguma. Spriegummaiņa galvenā funkcija elektroenerģijas sistēmā ir nodrošināt telemērījumus no objektiem; spriegummaisnis veic arī uzskaites funkciju. [32] Tas sastāv no lokšņu tērauda serdes, kā arī savstarpēji un no serdes izolētā primārā  $w_1$  un sekundārā  $w_2$  tinuma. Primārajam tinumam sākumu apzīmē ar  $A$  un beigas – ar  $B$ , galvenajam sekundārajam – attiecīgi ar  $a$  un  $b$  (5.27. attēls).



5.27. attēls. Spriegummaiņa aizvietošanas shēma

Atšķirībā no strāvmaiņa, kas darbojas īsslēguma režīmā, spriegummaiņa normālais darba režīms ir tuvs tukšgaitai. Primārā tinuma nominālā sprieguma  $U_{1nom}$  attiecību pret sekundārā tinuma spriegumu  $U_{2nom}$  sauc par spriegummaiņa nominālo **transformācijas koeficientu**.

$$K_{U_{nom}} = \frac{U_{1nom}}{U_{2nom}} \quad (5.34.)$$

Spriegummaiņa vijumu attiecība:

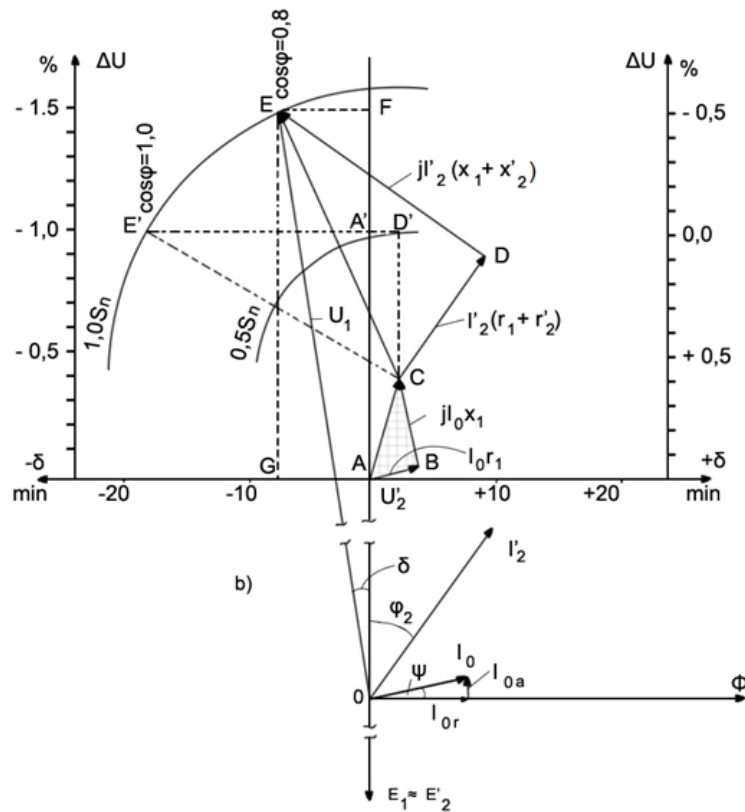
$$K_{U_w} = \frac{w_1}{w_2} \quad (5.35.)$$

Vijumu korekcijas dēļ vijuma attiecība ir mazāka par nominālo transformācijas koeficientu ( $K_{U_w} < K_{U_{nom}}$ ). Ņemot vērā abu koeficientu nelielo atšķirību, turpmāk pieņemts, ka tie ir aptuveni vienādi.

Spriegummaiņa darbību raksturo tā **aizvietošanas shēma** (5.27. attēls), un atbilstoši tai konstruēta **vektoru diagramma** (5.28. attēls). Sekundārās puses lielumi reducēti uz primāro:

$$X'_2 = X_2 K_U^2, \quad R'_2 = R_2 K_U^2, \quad I'_2 = \frac{I_2}{K_U}, \quad U'_2 = U_2 K_U, \quad E'_2 = E_2 K_U \quad (5.36.)$$

Magnetizēšanas strāvas reaktīvā komponente  $I_{or}$  rada serdē galveno magnētisko plūsmu  $\Phi_0$ , kas primārajā un sekundārajā tinumā inducē EDS  $E_1 = E'_2$ . EDS  $E'_2$  līdzsvaro sprieguma kritums spriegummaiņa sekundārajā tinumā un slodzei pieliktais spriegums  $U'_2$ . Primārā tinuma spriegumu  $U_1$  līdzsvaro primārā tinuma strāvas  $I_1$  radītais sprieguma kritums primārā tinuma reaktīvajā izkliedes pretestībā  $X_1$  un aktīvajā pretestībā  $R_1$  (5.28. attēls), kā arī primārā tinuma EDS  $E_1$ . Kā redzams vektoru diagrammā, aktīvi induktīvas slodzes gadījumā sekundārā tinuma sprieguma  $U'_2$  absolūtā vērtība ir mazāka par  $U_1$ .



5.28. attēls. Spriegummaiņa vektoru diagramma

Spriegummaiņa vektoru diagramma kopumā neatšķiras no jaudas transformatora vektoru diagrammas. Vienīgi, lai labāk izsektu kļūdu atkarību no sekundārās slodzes, 5.28. attēlā īpaši izcelti sprieguma krituma trīsstūri no magnetizēšanas un slodzes strāvas. Magnetizēšanas strāvas reaktīvā komponente rada magnētisko plūsmu  $\Phi$ , ko savietojam ar kompleksās plaknes reālo asi. Plūsma savukārt abos tinumos rada par  $90^\circ$  atpaliekošus EDS  $E_1 \approx E_2'$ . Reducētais sekundārais spriegums  $U_2' = -E_2'$  (tukšgaitā), un tamdēļ to atliekam imaginārās ass pozitīvajā virzienā.

Trīsstūra  $ABC$  malas nosaka spriegumu kritumu primārajā tinumā no magnetizēšanas strāvas  $I_0$ .

Trīsstūris  $CDE$  nosaka sprieguma kritumu primārajā un sekundārajā tinumā no slodzes strāvas  $I_2'$ . Turklāt attēlā parādīts gadījums, kad slodzes jaudas koeficients  $\cos \varphi = 0,8$ . Vektors  $OE$  izsaka slogota spriegummaiņa primāro spriegumu  $U_1$ . Ar raustīto līniju ieskicētais trīsstūris  $CD'E'$  raksturo sprieguma kritumu gadījumā, kad  $\cos \varphi = 1$ .

Ja spriegummaiņa slodze ir mazāka par nominālo, tad trīsstūra malas proporcionāli samazinās (loks  $0,5 S_n$ ).

Pēc 5.28. attēlā dotās vektoru diagrammas var noteikt spriegummaiņa kļūdas.

**Spriegummaiņa kļūdas un to ierobežošana**

Spriegummaiņiem izšķir divu veidu kļūdas: sprieguma kļūdu un leņķa kļūdu. [32]

Spriegummaiņa kļūdu noteikšanas izmantosim vektoru diagrammu (5.28. attēls).

Sprieguma kļūda (%):

$$\Delta U = \frac{U_2 K_w - U_1}{U_1} \cdot 100 = \frac{OA - OE}{OE} \cdot 100 \quad (5.37.)$$

Ņemot vērā, kā normālos darba apstākļos leņķis  $\delta$  nav lielāks par  $1^\circ$ , sprieguma kļūdu procentu varam tuvināti izteikt ar attiecību:

$$\Delta U = \frac{AF}{OF} \cdot 100 \quad (5.38.)$$

Nogriežņa  $OE$  aizvietošana iepriekšējā izteiksmē ar tā projekciju nerada kaut cik ievērojamu kļūdu, jo leņķis  $\delta$  starp šiem nogriežņiem ir mazāks par 1 elektrisko grādu. 5.37. izteiksmē iegūtā sprieguma kļūda ir negatīva, tāpēc ka  $U_2 \cdot k_w < U_1$  un slodze ir induktīva.

Nosakot spriegummaiņa leņķa kļūdu  $\delta$ , leņķis  $AOE$  aizstājams ar tā sinusu. Tad

$$\delta = \frac{EF}{OE} \text{ rad.} \quad (\delta [\text{min}] = 3440 \cdot \delta [\text{rad}]) \quad (5.39.)$$

Vektoru diagrammā parādītā leņķa kļūda ir negatīva, jo vektors  $U'_2$  atpaliek no vektora  $U'_1$ .

Kļūdas galvenokārt atkarīgas no slodzes lieluma un jaudas koeficienta  $\cos\varphi$ , piemēram, aktīvas slodzes gadījumā samazinās sprieguma kļūda, bet pieaug leņķa kļūda.

**Kļūdu samazināšanai** izmanto vairākus paņēmienus:

1) vijumu korekcija ir galvenais paņēmienis sprieguma kļūdas samazināšanai. Ir spēkā sakarība:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} \text{ jeb } \underline{U_1} \cdot \underline{w_2} = \uparrow U_2 \downarrow w_1 \quad (5.40.)$$

Lai pēdējā vienādojumā palielinātu  $U_2$  (sprieguma kļūda bez vijumu korekcijas ir negatīva), saglabājot nemainīgu vienādojuma kreiso pusi, jāsamazina vijumu skaits tinumam  $w_1$ . Ražotāji  $w_1$  samazina par tik, lai kļūdas tukšgaitā un pie nominālās slodzes būtu aptuveni vienādas pēc lieluma, bet pretējas pēc zīmes. Leņķa kļūdu vijumu korekcija neietekmē;

- 2) slodzes strāvas  $I_2$  samazināšana ir visai efektīvs paņēmieni, un to plaši lieto praksē, lai nodrošinātu spriegummainim nepieciešamo precizitātes klasi. Retāk lieto citus kļūdas samazināšanas paņēmienus, piemēram, leņķa kļūdas samazināšanai ierīko īpašu kompensācijas tinumu.

Spriegummaiņa precizitātes klase norāda lielāko pieļaujamo sprieguma kļūdu procentos, ja slodze un primārā tinuma spriegums atrodas noteiktās robežās. Atkarībā no precizitātes klases spriegummaiņus izmanto šādi:

- 1) kā etalonus citu spriegummaiņu pārbaudei un mērījumiem laboratorijās – spriegummaiņus ar precizitātes klasi 0,2;
- 2) komercnorēķina elektroenerģijas skaitītājiem – spriegummaiņus ar precizitātes klasi 0,5;
- 3) relejaizsardzības, automātikas ierīču, signālpuldžu un citu slodžu, kam nav nepieciešama augsta precizitātes klase, barošanai – spriegummaiņus ar precizitātes klasi 1 un 3.

Parasti katram spriegummainim norādītas divas vai trīs precizitātes klases atkarībā no sekundārās slodzes vērtības, padarot spriegummaiņu izvēli ērtāku.

Izgatavo 0,2, 0,5, 1 un 3 precizitātes klases spriegummaiņus. Pieļaujamās spriegummaiņu kļūdu robežas sniegtas 5.3. tabulā.

5.3. tabula

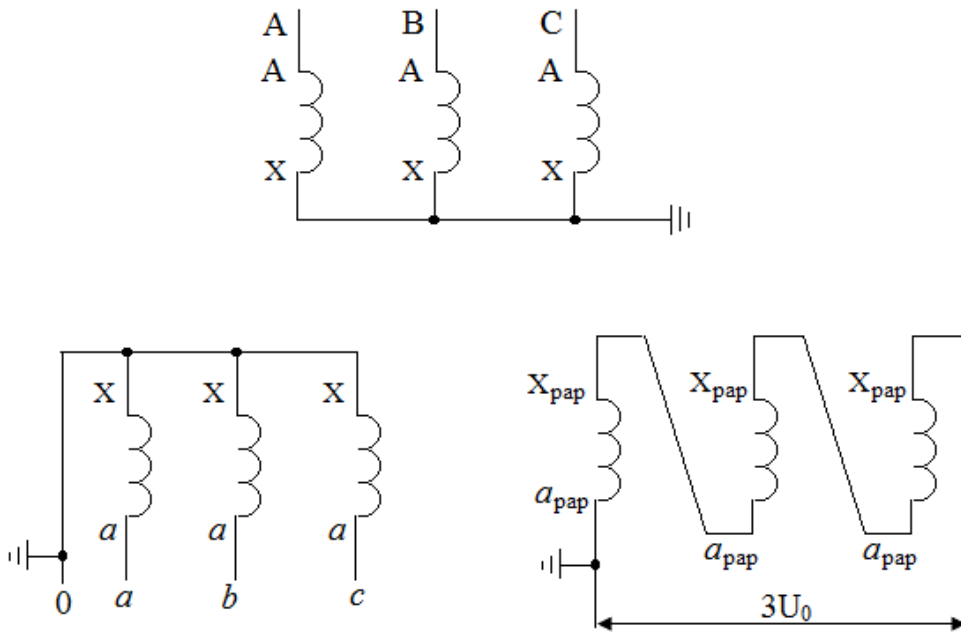
#### Spriegummaiņu pieļaujamās kļūdas

Precizitātes klase	Sprieguma kļūda, $\Delta U$ , %	Leņķa kļūda $\delta U$ , min
0,2	0,2	10
0,5	0,5	20
1	1	40
3	3	Nenormēta

Ražotājs norāda spriegummaiņa nominālo jaudu, pie kādas spriegummainim garantē attiecīgo precizitātes klasi.

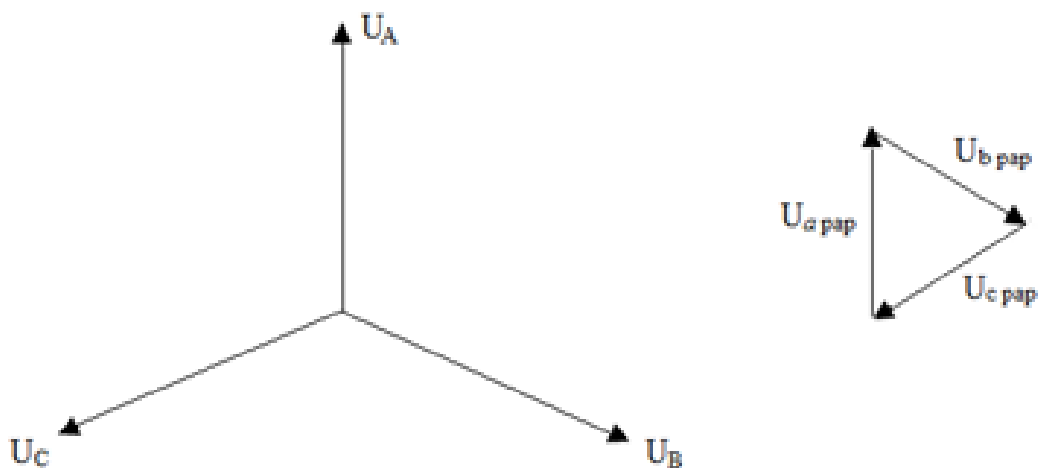
Spriegummaiņus bez mērinstrumentu un relejiekārtu barošanas izmanto arī iekārtas zemesslēgumu signalizēšanai tīklos ar izolētu neitrāli un relejaizsardzībai no zemesslēgumiem tīklos ar zemētu neitrāli. Šādos gadījumos lieto spriegummaiņus ar vairākiem sekundāriem tinumiem. Trīsfāžu ķēdēs šādu transformatoru primāros (katras fāzes spriegummaiņa primārais tinums ir zemēts) un sekundāros pamattinumus slēdz zvaigznes slēgumā ar zemētu nullpunktu, bet sekundāros papildu tinumus – vaļējā trīsstūrī (5.29. attēls). No pēdējiem visu fāžu spriegumu summu piedāvā signalizācijas un relejaizsardzības iekārtām.





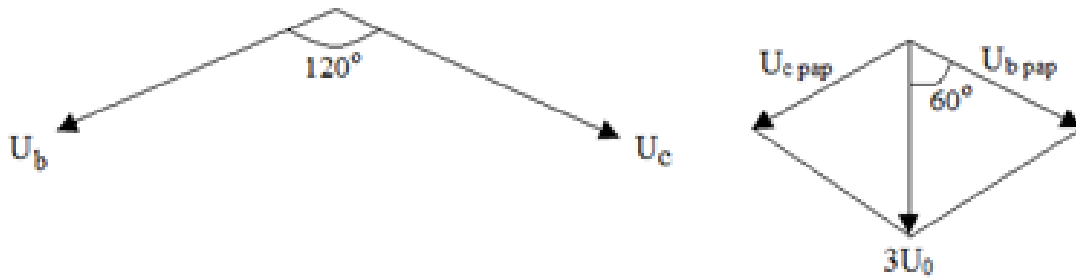
5.29. attēls. Spriegummaiņa slēguma shēma ar diviem sekundāriem tinumiem

Normālā tīkla darbā šī vektoru summa ir vienāda ar nulli (5.30. attēls). Reālos apstākļos parasti uz vaļējā trīsstūra spailēm ir neliels nebalansa spriegums (2÷3 % no nominālā). Nebalansa spriegums rodas, ja veidojas neliela primārā vai sekundārā sprieguma nesimetrija vai sprieguma līknes forma neatbilst sinusoīdai. Spriegums, kas varētu iedarbināt vaļējā trīsstūra tinumam pieslēgto relejaizsardzību, rodas tikai zemesslēguma gadījumā spriegummaiņa primārajā pusē. Šo spriegumu pēc simetrisko komponentu metodes sauc par nullsecības spriegumu  $3U_0$ . Cipars 3 norāda, ka spriegums šajā ķēdē ir triju fāžu summa. Vislielākā  $3U_0$  vērtība ir vienas fāzes zemesslēguma gadījumā. Tīklā ar izolētu neitrāli  $3U_0$  maksimālā vērtība ievērojami lielāka nekā tīklā ar zemētu neitrāli.



5.30. attēls. Primārā un sekundārā papildu tinuma spriegumu vektoru diagrammas spriegummainim ar diviem sekundāriem tinumiem

Ja zemesslēgums tīklā ar zemētu neitrāli ir tuvu spriegummainim fāzē A (5.31. attēls), šīs fāzes spriegums vienāds ar nulli.  $3U_0$  vektors daļa  $120^\circ$  leņķi uz pusēm un veido divus vienādmalu trīsstūrus. No tā izriet, ka  $3U_0$  vienāds ar fāžu spriegumiem  $U_{bpap}$  un  $U_{cpap}$ .



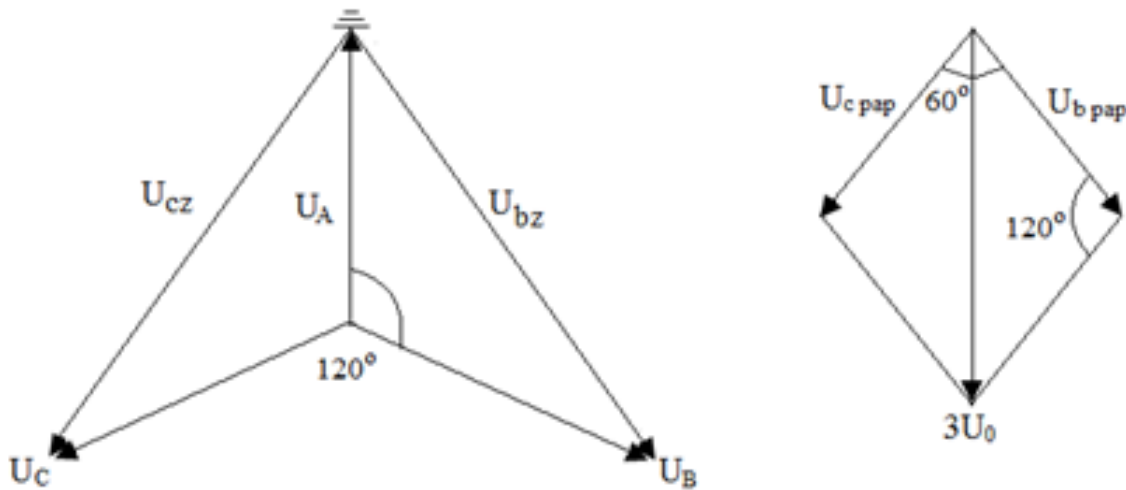
5.31. attēls. Vektoru diagrammas zemesslēguma gadījumā tīklā ar zemētu neitrāli spriegummainim ar diviem sekundāriem tinumiem

Ja zemesslēgums tīklā ar izolētu neitrāli ir fāzē A (5.32. attēls), īsslēgums ir ar mazu kapacitātīvo strāvu. Tā kā fāze A ir sazemēta, tad fāžu B un C spriegumi attiecībā pret zemi ir vienādi ar līnijas spriegumiem. Fāzē A spriegums ir vienāds ar nulli.  $3U_0$  vektors ir  $U_{b\ pap}$  un  $U_{c\ pap}$  spriegumu summa. Tas daļa  $60^\circ$  leņķi vienādās daļās, veidojot vienādsānu trīsstūrus ar  $30^\circ$  leņķiem pie pamatnes. Līdz ar to:

$$3U_0 = \sqrt{3} \cdot U_{b\ pap} = \sqrt{3} \cdot U_{c\ pap} \quad (5.41.)$$

Tā kā  $U_{b\ pap}$  un  $U_{c\ pap}$  palielinās līdz līnijas spriegumam, tad:

$$3U_0 = 3U_l \quad (5.42.)$$



5.32. attēls. Vektoru diagrammas zemesslēguma gadījumā tīklā ar izolētu neitrāli spriegummainim ar diviem sekundāriem tinumiem

Sekundārajiem spriegummaiņa papildtinumiem nominālais spriegums, kas atbilst tīkla līnijas spriegumam, ir 100 V. Spriegummaiņiem ar nominālo fāžu spriegumu sekundārajiem pamattinumiem nominālais spriegums ir  $100/\sqrt{3}$  V. Papildus sekundārajiem tinumiem nominālo spriegumu nosaka tā, lai  $3U_0$  sprieguma maksimālā vērtība vienfāzes zemesslēguma gadījumā tīklā, kad līnijas spriegums atbilst spriegummaiņa nominālajam spriegumam, būtu 100 V. Spriegummaiņiem, kas paredzēti tīklam ar zemētu neitrāli,  $U_{pap\ N} = 100$  (V), bet ar izolētu neitrāli –  $U_{pap\ N} = 100/3$  (V).

Pēc **izolācijas veida** izšķir spriegummaiņus ar sauso, eļļas, epoksīda vai gāzes pildījuma izolāciju. Zemsprieguma ietaisēs ar spriegumu 0,4 kV izmanto spriegummaiņus ar sauso izolāciju.

Spriegummaiņiem, kas paredzēti izmantošanai vidējā sprieguma ietaisēs ar spriegumu līdz 20 kV parasti ir eļļas vai epoksīda izolācija. Sekundārais tinums novietots tuvāk serdei, virs tā ir primārais tinums. Primārā sprieguma tinumiem aizsardzībai no pārspriegumiem ir izveidoti elektrostatiski ekrāni.

110 kV un 330 kV elektrisko tīklu sadalnēs spriegummaiņi var būt ar eļļas vai gāzes pildījuma izolāciju.

Spriegummaiņu **pieslēguma veidi** pie elektrotīklu ietaisēm var būt dažādi: pieslēgums caur drošinātājiem, komutācijas aparātiem vai "pa taisno" bez aizsargaparātiem un komutācijas aparātiem. Lai pasargātu kopnes un citus pieslēgumus no īsslēgumiem spriegummaiņu pievienojumos un uz primārā tinuma izvadiem, spriegummaiņus (līdz 20 kV spriegumam) pieslēdz caur drošinātājiem. Pie īsslēgumiem sekundārā ķēdē strāvas lielums primārā tinumā nav pietiekams, lai nostrādātu šie drošinātāji, tāpēc tie pašu spriegummaiņi neaizsargā. Ja primārā tinuma ķēdē īsslēgums maz iespējams vai ja šāds īsslēgums nav bīstams, patērētāju elektroapgādes drošinātājus neuzstāda un spriegummaiņi pie sadalnes ir pieslēgti "pa taisno", bez aizsargaparātiem un drošinātājiem.

Spriegummaiņus no īsslēgumiem sekundārajās ķēdēs aizsargā ar drošinātājiem vai aizsargslēdžiem (automātiem). Drošinātājus lieto tikai spriegummaiņiem, kuri nebaro ātrdarbīgas relejaizsardzības iekārtas, kas, ķēdei pārtraucoties, var kļūdaini nostrādāt. Pārējos gadījumos lieto tikai aizsargslēdžus. Lai aizsargātu apkalpojošo personālu no primārā sprieguma nokļūšanas sekundārajās ķēdēs, spriegummaiņu bojājuma gadījumā sekundāro tinumu nullpunktu vai vienu no tinumu izvadiem parasti sazemē.

Augstsprieguma spriegummaiņi parādīts 5.33. attēlā.



5.33. attēls. 110 kV spriegummaiņi

## Spriegummaiņu izvēles nosacījumi

Spriegummaiņu izvēli veic pēc šādiem kritērijiem:

- 1) **pēc spriegummaiņu skaita un slēguma shēmas.** Izvēli veic, vadoties no spriegummaiņa sekundārā tinuma pieslēdzamās aparatūras (mērinstrumenti, aizsardzības releji, automātikas un sinhronizācijas ierīces), kura jābaro. Ja sadalnē ir vairākas kopņu sekcijas vai sistēmas, tad katrai no tām ar atdalītāju (reti ar slodzes slēdzi) vai bez pieslēdz savu spriegummaini (atkarībā no pieslēguma veida). Ja viens spriegummainis neapmierina pēc jaudas vai precizitātes klases, uzstāda papildu spriegummaiņus.
- 2) **pēc nominālā sprieguma:**

$$U_{nom} = U_t \quad (5.43.)$$

3. **pēc nominālās sekundārā tinuma jaudas atbilstoši precizitātes klasei:**

$$S_{2nom} \geq S_{2apl}, \quad (5.44.)$$

kur

$S_{2nom}$  – lielākā slodze VA, kas pieļaujama spriegummainim, darbojoties ar doto precizitātes klasi;

$S_{2apl}$  – spriegummaiņa sekundārajam tinumam pieslēgto patērētāju aplēses slodze. Praksē  $S_{2apl}$  bieži vien aprēķina aptuveni kā visu spriegummainim pieslēgto slodžu summu.

Ja patērētājiem, kurus paredzēts barot no spriegummaiņa, nav svarīga precizitātes klase, tad spriegummaiņa sekundāro slodzi var izteikt šādi:

$$S_{2max} \geq S_{2apl}, \quad (5.45.)$$

kur  $S_{2max}$  – maksimālā slodze, ko spriegummainis spēj izturēt ilgstoši no silšanas viedokļa. Šī slodze ir aptuveni 8–9 reizes lielāka par pieļaujamo slodzi, spriegummainim darbojoties ar augstāko precizitātes klasi, un tiek dota rokasgrāmatās. [32]

## Kombinētie mērmaiņi



### IEVĒRĪBAI

*Kombinētie mērmaiņi apvieno strāvmaiņu un spriegummaiņu īpašības, un to izmantošana dod iespēju samazināt uzstādīto iekārtu skaitu, līdz ar to samazinot arī ieguldītos līdzekļus.*

110 kV un 330 kV sadalnēs tiek plaši izmantoti kombinētie mērmaiņi [32]. Kombinētie mērmaiņi apvieno strāvmaiņu un spriegummaiņu īpašības, un to izmantošana dod iespēju samazināt uzstādīto iekārtu skaitu, līdz ar to samazinot arī ieguldītos līdzekļus. Kombinētie mērmaiņi arī samazina aizņemto platību sadalnē.

Ražotāji kombinētajiem mērmaiņiem norāda šādus datus:

- 1) mērmaiņa tips;
- 2) līnijas un fāzes spriegums;
- 3) maksimālā strāva;
- 4) trīs sekunžu termiskā noturība;
- 5) frekvence (50 Hz);
- 6) kopīgā masa;
- 7) eļļas masa.

Strāvmaiņa daļas dati:

- 1) primārā un sekundārā strāva (piemēram, 600/1 A);
- 2) tinumu jauda (10 VA vai 30 VA);
- 3) tinumu precizitātes klase (0,5, 5P).

Spriegummaiņa daļas dati:

- 1) tinumu skaits (parasti divi, var būt vairāk);
- 2) tinumu spriegums;
- 3) tinumu slodze (parasti 15 VA);
- 4) tinumu precizitātes klase (0,5, 3P).

Papildus elektriskajiem datiem ražotājs uzrāda pieļaujamo fizisko sānisko slodzi (N), mērmaiņa izmērus (mm) un mērmaiņa montāžai nepieciešamos parametrus.

110 kV kombinētais mērmainis ir parādīts 5.34. attēlā.



5.34. attēls. 110 kV kombinētais mērmainis

**6. uzdevums.** Pašpārbaudes jautājumi

1. Kas ir strāvmainis?
2. Kāds ir normāls strāvmaiņu darbības režīms?
3. Ko ietekmē strāvmaiņu magnetizēšanas strāva?
4. Kādi fizikālie lielumi ietekmē strāvmaiņa precizitāti?
5. Kas ir nullsecības strāvmainis, un kam to izmanto?
6. Kas ir spriegummainis?
7. Kāda ir spriegummaiņu konstruktīvā uzbūve?
8. Kāpēc spriegummaiņa jauda ir atkarīga no svāra?
9. Vai spriegummaiņa tinumam var būt dažādas precizitātes klases? Kāpēc?
10. Kā nosaka nullsecības spriegumu trīsfāžu sistēmā?
11. Kas ir kombinētais mērmainis?

## 5.8. AIZSARDZĪBA PRET ATMOSFĒRAS PĀRSPRIEGUMIEM

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektrodrošība elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas un elektromontāžas darbos”.

**BŪTISKI**

*Elektroiekārtu ekspluatācijas laikā dažādu iemeslu dēļ var rasties spriegumi, kas pārsniedz elektroietaišu ražotāja noteikto darbības spriegumu. Šādu spriegumu sauc par pārspriegumu, un tas var būt ārējais vai iekšējais pārspriegums.*

Latvijas elektriskajos tīklos lietojamās pārsprieguma aizsardzības elementus izvēlas un testē atbilstoši starptautiskajiem, Eiropas un Latvijas standartiem. Pārsprieguma aizsardzība vienmēr realizējama kopā ar zemējuma sistēmas izveidi, un to prasības savstarpēji koordinējamas. Elektroiekārtu ekspluatācijas laikā dažādu iemeslu dēļ var rasties spriegumi, kas pārsniedz elektroietaišu ražotāja noteikto darbības spriegumu. Šādu spriegumu sauc par pārspriegumu, un tas var būt ārējais vai iekšējais pārspriegums. Uz elektroietaisies izolāciju pārsprieguma laikā iedarbojas vairāki nevēlami fizikālie procesi – paaugstināta temperatūra, palielināts mitrums, lielas elektromagnētiskas un mehāniskas slodzes –, kas savukārt samazina izolācijas izturību vai rada bojājumu.

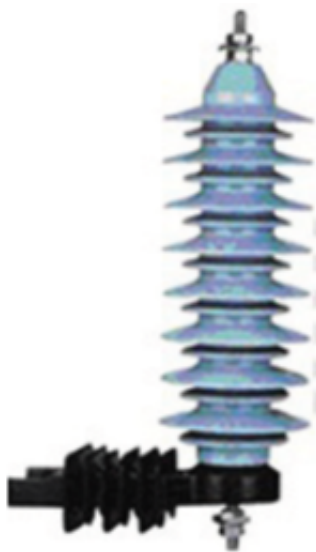
Pārsprieguma nevēlamā iedarbība jāierobežo ar tehniskiem līdzekļiem. Latvijas klimatiskajā joslā vislielākos bojājumus elektrotīkliem rada atmosfēras – zibens izlādes – radītie pārspriegumi. Lieli pārspriegumi rodas arī tīklu bojājumu gadījumā (īsslēgumi, zemesslēgumi), kā arī tīkla komutācijas laikā. Retāk pārspriegumi tīklos rodas no ferorezonanses, kā arī tīkla neitrāles nenormāla režīma

gadījumā sadales tīklos. Lai samazinātu pārspriegumu radīto negatīvo iespaidu uz tīkliem, lieto pārsprieguma aizsardzības iekārtas, kas strādā vienotā sistēmā ar tīkla zemējuma elementiem. Ņemot vērā tīkla vajadzību, pārsprieguma aizsardzību var realizēt vairākos veidos:

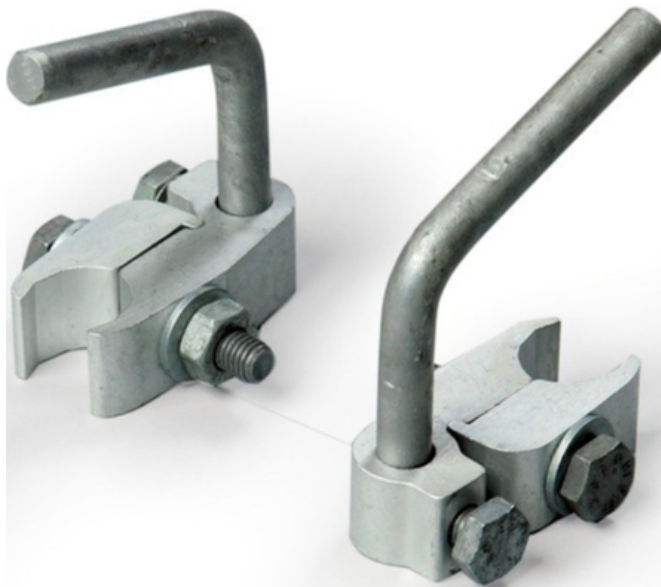
- 1) dzirksteļsprauga – pārsprieguma aizsardzības ierīce, kas sastāv no viena vai vairākiem ar gaisa spraugu atdalītiem virknē slēgtiem elektrodiem, no kuriem viens malējais elektrods pievienots spriegumam, bet otrs – zemei;
- 2) izlādnis – ierīce elektroiekārtu aizsardzībai pret lieliem pārspriegumiem, kā arī pavadstrāvas plūšanas ilguma un bieži arī amplitūdas ierobežošanai;
- 3) metāloksīda izlādnis bez dzirksteļspraugām – izlādnis, kura konstrukcijā ir virknē un/vai paralēli savienoti metāloksīda nelineārie rezistori, kuriem virknē vai paralēli nav dzirksteļspraugas;
- 4) ventiļizlādnis – izlādnis, kas sastāv no nelineāriem rezistoriem un dažkārt ar tiem virknē slēgtām dzirksteļspraugām;
- 5) cauruļizlādnis – izlādnis ar lokdzēses kameru, kurā strāvu pārtrauc no kameras loka iedarbībā izdalītās gāzes (šobrīd sadales tīklos neuzstāda).

Ventiļizlādņu ekspluatācijas laikā jāņem vērā, ka pēc 15–20 gadiem to voltampēru raksturliķnes pasliktinās aptuveni par 20 % un voltsekunžu raksturliķnes pasliktinās aptuveni par 15 %, kas savukārt noved pie apmēram divreiz lielākas iekārtu pārsprieguma aizsardzības pasliktināšanās. Arī cauruļizlādņu pārsprieguma aizsardzības īpašības ekspluatācijas laikā izmainās, jo tiem nodilst gāzģenerējošā caurule un tie nespēj nodzēst zibens izlādes pavadošo strāvu. Šo iemeslu dēļ pārsprieguma aizsardzību ar ventiļizlādņiem vai cauruļizlādņiem jaunizbūvētās vai rekonstruējamās iekārtās un ietaisēs vairs nelieto. Rekonstrukcijas vai ekspluatācijas laikā izlādņi, kuriem laika gaitā mainījušās darbības raksturīpašības, jānomaina ar atbilstošiem metāloksīda izlādņiem.

Jāpiebilst, ka visbiežāk pārsprieguma aizsardzībai izmanto metāloksīda izlādņus (5.35. attēls) vai dzirksteļspraugas (5.36. attēls). Metāloksīda izlādņus pirms uzstādīšanas un ekspluatācijas laikā nepārbauda.



5.35. attēls. Metāloksīda izlādnis pārsprieguma aizsardzībai vidēja sprieguma tīklos



5.36. attēls. Dzirksteļspraugas rāgi 20 kV izolētu vadu līnijām

Kārtējo apskāšu laikā pārbauda, vai izolācija nav bojāta un vai nav novērojamas paliekošas (melnas) pēdas no elektriskā loka iedarbības. Izlādņiem jābūt pastāvīgi pieslēgtiem; to atslēgšana pieļaujama tikai remonta un profilaktisko pārbaudžu vajadzībām, un to veic vienlaicīgi ar aizsargājamās ietaises remontu vai pārbaudi. Dzirksteļspraugām pārbauda izdegumu un izregulējumu un, ņemot vērā konstatētās izmaiņas, pieņem lēmumu par to nomaiņu. Dubultragu dzirksteļspraugas nomaina, ja ragu augšējo galu nodegums pārsniedz 50 % no sākotnējā garuma vai ragveida dzirksteļspraugas nodegums pārsniedz 10 % no sākotnējā garuma.

Ragu formas dzirksteļspraugas uzstādāmas pie transformatoru caurvadiem, bet dubultragu formas dzirksteļspraugas uzstāda līnijas balstos pie atdalītājiem, slodzes slēdžiem vai līniju šķērsojumos. Tehniski ekonomiskos gadījumos atdalītājus un slodzes slēdžus var neaizsargāt no pārspriegumiem. Transformatoru pārsprieguma aizsardzībai var izmantot dzirksteļspraugas un metāloksīda izlādņus. Lai sasniegtu iespējami labāku pārsprieguma aizsardzības līmeni, vispirms jāpievieno izlādņi augstsprieguma galiem un tikai pēc tam elektroiekārtai, kā arī galvaniskajam savienojumam starp izlādņa zemējamo spaili un elektroiekārtas zemējuma spaili jābūt tik īsam, cik vien iespējams.

Pārsprieguma aizsardzība obligāti nepieciešama gaisvadu līniju izvados no 110/20 kV apakšstacijas, kā arī 110 kV un 330 kV gaisvadu līniju šķērsojuma vietās, tīkla daļās, kur gaisvadu līnija savienota ar kabeļu līniju, transformatoru apakšstaciju un jaudas slēdžu aizsardzībai vietās, kuras visbiežāk bojā zibens, kur līnija izbūvēta gruntī ar sliktu vadītspēju, novērojams izolācijas piesārņojums, šķērsojumos ar sakaru un dzelzceļu gaisvadu līnijām un citās vietās pēc projektējošās vai ekspluatācijas organizācijas uzskatiem.

Ekspluatācijas gaitā periodiski jāpārbauda sadalietaišu un līniju pārspriegumu aizsardzības stāvoklis saskaņā ar izgatavotāja norādījumiem. Tai jābūt gatavai nostrādāt atmosfēras un komutācijas



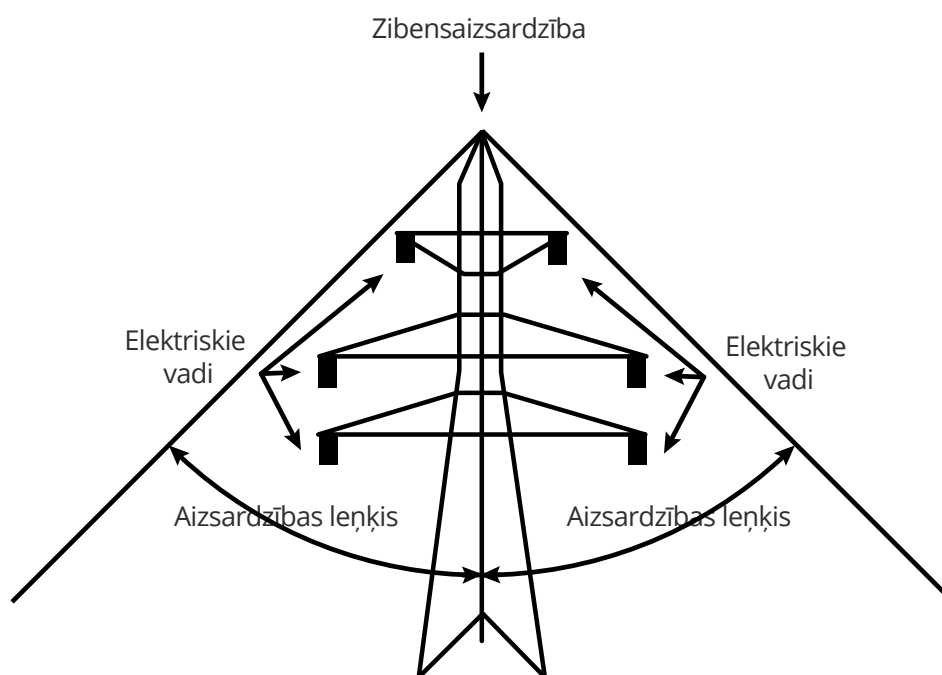
pārspriegumu gadījumā. Nav pieļaujama pārsprieguma novadītāju (izlādņu) atslēgšana, tiem jābūt patstāvīgi pieslēgtiem, ja nenotiek remontdarbi vai pārbaude (5.37. attēls).



5.37. attēls. GVL pārsprieguma aizsardzība ar izlādņiem

Pārbaudes veicamas vienlaikus ar aizsargājamās elektroietaisies remontu vai pārbaudi. Pārbaudītu veidu un periodiskumu (arī ārpus kārtas) nosaka elektroietaisies tehniskais vadītājs. Vizuālās apskates ieteicams veikt pirms zibens sezonas sākšanās. Ja pārsprieguma aizsardzībai (izlādņiem) uzstādīti to darbības skaitītāji vai dzirksteļspraugas, to pārbaudi veic reizē ar pārsprieguma aizsardzības pamata pārbaudi. Pārbaudāmie izlādņi jāatslēdz pirms pārbaudes veikšanas. Izlādņiem, kas aprīkoti ar izlādņa stāvokļa (bojājuma) indikatoru, pilnās pārbaudes neveic.

Aizsardzība pret atmosfēras pārspriegumiem augstsprieguma elektropārvades līnijās tiek nodrošināta ar zibens aizsardzības trosi, kas ir izvietots katra balsta augšgalā (5.38. attēls) un vietās, kur ir iebūvēts optiskais kabelis, kas nodrošina vadības signālu, relejaizsardzību un citu komandu darbību. Zibens aizsardzības trosi pasargā elektropārvades balsta un vadu aizsardzības rādus no iespējamiem zibens spērieniem. Šāda tehnoloģija Latvijā tiek izmantota 110 kV un 330 kV elektropārvades līnijās.



5.38. attēls. Zibens aizsardzības rādus elektropārvades līnijām

Brīvgaisa elektroietais ir jāaizsargā no atmosfēras pārspriegumiem. Brīvgaisa elektroietais parasti tiek aizsargātas ar dažiem stieņveida strāvas noņēmējiem (vēl tos sauc par zibens novedējiem), kuri nodrošina konkrētu aizsardzības rādus. Strāvas noņēmēju skaits tiek izvēlēts atbilstoši apakšstacijas iekārtas izmēriem, lai nodrošinātu visas apakšstacijas iekārtas aizsardzību (5.39. attēls). Strāvas noņēmēji varētu būt izvietoti gar perimetru vai pa vienam katrā apakšstacijas galā. To skaits ir atkarīgs no katra strāvas noņēmēja aizsargājamā rādus. Lai izvēlētos pietiekamu aizsardzību pret atmosfēras pārspriegumiem, jāaprēķina strāvas noņēmēja augstums pēc formulas:

$$H = h_0 + r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2}, \quad (5.46.)$$

kur

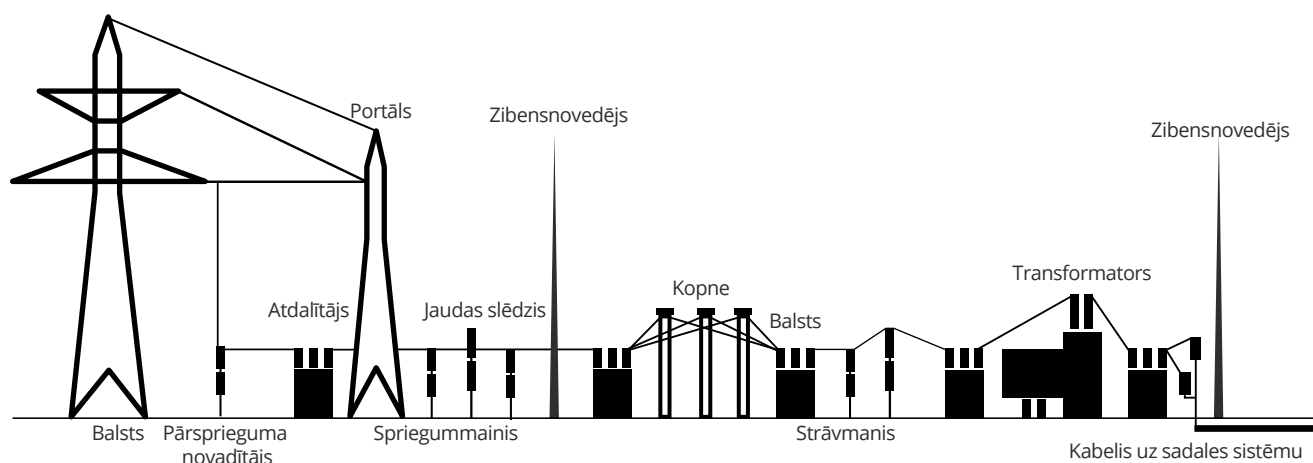
$H$  – strāvas noņēmēja augstums;

$r$  – zibens aizsardzības lodes rādus (nosaka pēc aizsardzības kategorijām);

$a$  – attālums starp strāvas noņēmējiem;

$h_0$  – aizsargājamā objekta augstums.

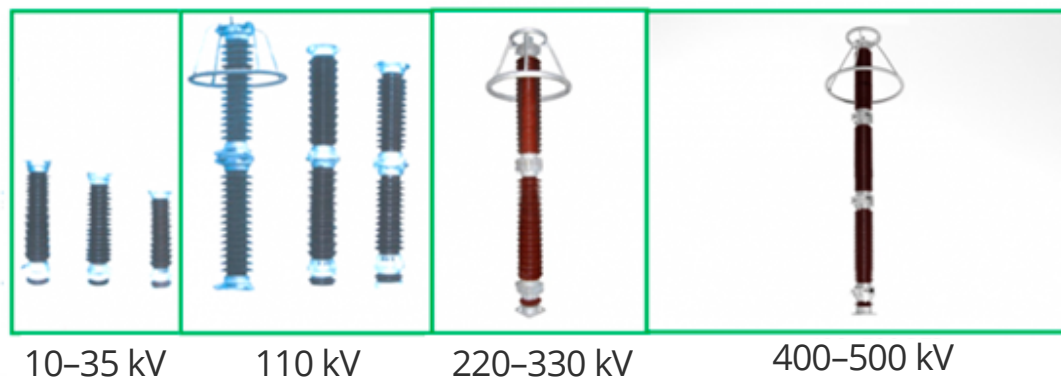
Augstsprieguma apakšstacijās tiek uzstādīti arī izlādņi (pārsprieguma novadītāji), parasti pie pirmā līnijas portāla, kas nodrošina apakšstacijas aizsardzību pret atmosfēras pārspriegumiem un nodrošina šo pārspriegumu novadīšanu uz zemēšanas kontūru.



5.39. attēls. Apakšstacijas iekārtas aizsardzība pret atmosfēras pārspriegumiem

## Izlādņi

Izlādņi aizsargā pret pārspriegumiem sadalnes iekārtas (5.40. attēls). Izlādņi radušos atmosfēras vai komutācijas pārspriegumus novada zemē, tādējādi pārsprieguma amplitūdu samazinot līdz līmenim, kas neapdraud aizsargājamās iekārtas izolāciju [32].



5.40. attēls. Dažādu spriegumu izlādņi

Izlādņi ne tikai aizsargā iekārtas izolāciju, bet arī nodzēš elektrisko loku pirms relejaizsardzības iedarbes.

Izlādņus raksturo šādi parametri:

- 1) nominālais spriegums  $U_{nom}$ ;
- 2) nominālā strāva  $I_{nom}$ ;
- 3) caursites (nostrādes) spriegums  $U_c$ ;
- 4) paliekošais spriegums pēc izlādņa nostrādes  $U_{p_{apl}}$ .

## 5.9. ELEKTROTĪKLA ZEMĒJUMIETAISES UN ZEMĒJUMA AIZSARDZĪBA

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektrodrošība elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas un elektromontāžas darbos”.

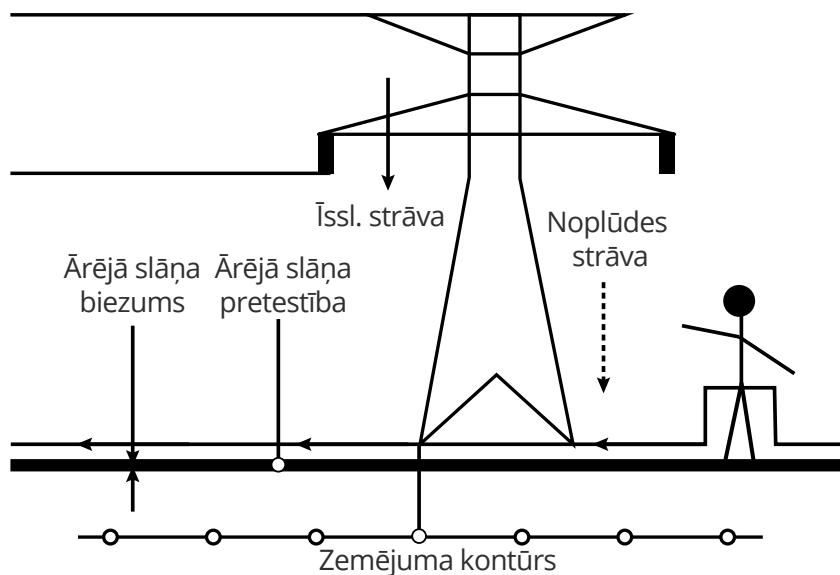


### IEVĒRĪBAI

Ar zemējumietaisi saprot elektroiekārtas zemēšanai nepieciešamo zemētāju un zemētājvadu kopumu.

Zemējuma sistēmu elektriskajos tīklos izveido, lai nodrošinātu normālu darba režīmu tīklos, cilvēku un mājdzīvnieku elektrodrošību un elektroietaišu aizsardzību izolācijas bojājuma gadījumos. Ar zemējumietaisi saprot elektroiekārtas zemēšanai nepieciešamo zemētāju un zemētājvadu kopumu. Zemējumietaisies izbūvē 330/110/6-20 kV apakšstacijās, pie elektrolīniju komutācijas aparātiem (atdalītājiem, slodzes slēdžiem un jaudas slēdžiem), SP/FP, ZS līnijās (atkārtotie zemējumi) un pie mājas ievada sadales. Elektroietaisies jāzemē vai jānullē, lai izolācijas bojājuma gadījumā nepieļautu bīstama pieskarsprieguma parādīšanos uz elektroietaišu atklātajām korpusa daļām, kas var apdraudēt cilvēku un mājdzīvnieku

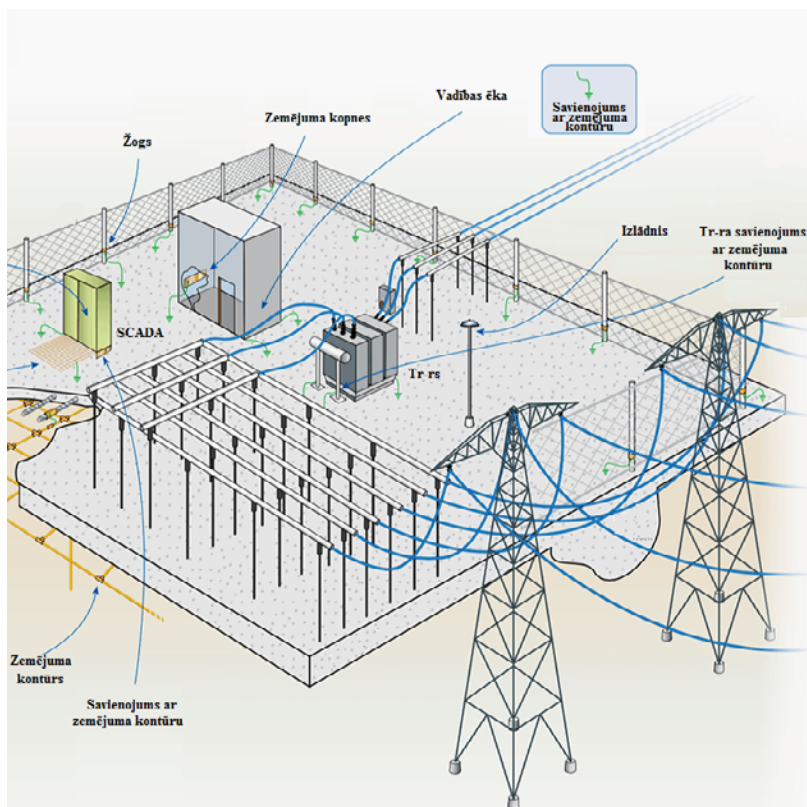
elektrodrošību un dzīvību. Bojājuma gadījumā strāva plūst pa mazākās pretestības ceļu uz zemējuma kontūru (5.41. attēls), kura pretestība ir daži omi, savukārt cilvēka pretestība ir vairāki tūkstoši omi.



5.41. attēls. Īsslēguma strāvas noplūde

Pie zemējuma ietaises bojājuma vai zemējuma vadītāja pārtraukuma bojājuma strāvas vienīgais noplūdes ceļš uz zemi ir caur cilvēka ķermeni, kas nav pieļaujams. Izbūvējot zemējuma ietaisi, jāraugās, lai tās pretestība atbilstu noteiktām vērtībām. Latvijas elektriskajos tīklos zemējuma ietaises izbūvē un testē atbilstoši Latvijas standartiem (LEK).

Visās elektriskās sistēmas apakšstacijās aizsardzībai un īsslēguma strāvu novadīšanai jāierīko zemējuma kontūrs (5.42. attēls).



5.42. attēls. Apakšstacijas zemējuma aizsardzības shēma

Izveidojot zemējuma ietaises, jāņem vērā vairāki nosacījumi:

- 1) visi zemējamie elementi jāpievieno pie zemētāja vai zemētājmaģistrāles ar atsevišķu zemētājvadu. Nav pieļaujams savienot virknē vairākus zemējamus elementus un tad veikt to pievienošanu pie zemētāja;
- 2) zemējamās vai zemētājietais elektrisko kontaktu veido, tās sametinot, saskrūvējot vai savienojot ar speciālām spailēm;
- 3) zemētājvadi jāaizsargā pret koroziju;
- 4) jāparedz atbilstošs zemētājvadu apzīmējums pie zemētājvadu ievada vietām būvēs.

Saskaņā ar Latvijas energostandartu LEK 048 tīklos ar efektīvi zemētu neitrāli spriegumam virs 1 kV elektroiekārtu zemējumietais tiek izveidotas, ievērojot zemējuma normēto pretestību vai normēto pieskarspriegumu. Zemējumietais izvēle tiek veikta, ierīkojot horizontālos un vertikālos elektrodus, ievērojot kopējo zemējuma pieļaujamo normētās pretestības vērtību pēc atbilstošā standarta. Izvēloties zemējuma kontūra pretestību, jābūt spēkā šādam nosacījumam:

$$R_{zem} \leq R_{Z,piel} \quad (5.47.)$$

kur

$R_{zem}$  – zemējuma kontūra pretestība;

$R_{Z,piel}$  – zemējuma pieļaujamā normētā pretestība.

Zemējuma kontūra aprēķinam jāņem vērā šādi parametri:

- 1) teritorijas laukums;
- 2) grunts sastāvs – virsējā slāņa īpatnējā pretestība un zemākā slāņa īpatnējā pretestība;
- 3) dabisko zemētāju esamība vai neesamība;
- 4) virsēja slāņa biezums;
- 5) vertikālo zemētāju iedzišanas dziļums;
- 6) horizontālā un vertikālā zemētāja elektroda kopgarums atbilstoši zemējuma plānam.

Zemējuma kontūra pretestība jāaprēķina pēc formulas:

$$R_{zem} = A \cdot \frac{\rho_{ekv}}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_{ekv}}{L_{vert} + L_{horiz}}, \quad (5.48.)$$

kur

$A$  – rokasgrāmatas koeficients, kas ievēro vertikālā elektroda dziļumu un attālumu starp vertikāliem elektrodiem;

$S$  – apakšstacijas teritorijas laukums;

$\rho_{ekv}$  – ekvivalentā īpatnējā pretestība, kas ievēro grunts slāņu pretestības;

$L_{vert}$  – zemējuma kontūra vertikālo elektrodu kopējais garums;

$L_{horiz}$  – zemējuma kontūra horizontālo elektrodu kopējais garums.

### 7. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi

- 1) Kāpēc ar atdalītāju nedrīkst atslēgt līniju zem slodzes? Ar ko tas ir bīstami un kāpēc?
- 2) Kādas ir jaudas loka dzēšanas kameras funkcijas?
- 3) Uzskaityt, kāda ir secība apakšstacijas elektrolīnijas sagatavošanai remontam: atdalītāji, zemetājslēdži, jaudas slēdži. Kas tiek atslēgts pirmais, kas pēc tam utt.? Ar ko bīstama šīs secības sajaukšana?
- 4) Ar ko strāvmainis un spriegummainis atšķiras no spēka transformatoriem?
- 5) Kas notiks ar elegāzes jaudas slēdži, ja elegāzes līmenis būs zemāks par minimumu?
- 6) Kādiem nolūkiem Latvijā vīdsprieguma tīklos izmanto kompleksās sadalnēs?
- 7) Kādiem nolūkiem vīdsprieguma tīklos kompleksās sadalnēs jaudas slēdži izbīda ārā?

### 8. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. Kāds ir burtu apzīmējums jaudas slēdzim?

- 1) QS
- 2) QW
- 3) QF
- 4) TA

2. Kas ir parādīts attēlā?



- 1) Jaudas slēdzis.
- 2) Atdalītājs.
- 3) Slodzes slēdzis.
- 4) Strāvmainis.

4. Kas ir parādīts attēlā?



- 1) Pārsprieguma novadītājs.
- 2) Spriegummainis.
- 3) Jaudas slēdzis.
- 4) Slodzes slēdzis.

6. Kāda sprieguma tīklos Latvijā izmanto šāda tipa jaudas slēdžus?



- 1) 6 kV
- 2) 20 kV
- 3) 110 kV
- 4) 330 kV

8. Kā elektriskās shēmās tiek apzīmēts strāvmainis?

- 1) QS
- 2) TA
- 3) TV
- 4) FU

9. Kā elektriskās shēmās tiek apzīmēts drošinātājs?

- 1) QS
- 2) TA
- 3) TV
- 4) FU

10. Kas ir parādīts attēlā?



- 1) Drošinātājs.
- 2) Aizsargslēdzis (automātslēdzis).
- 3) Kontaktors.
- 4) Slodzes slēdzis.

6.

## ELEKTROENERĢIJAS UZSKAITE, VADĪBAS UN KONTROLES IEKĀRTAS

### Nodaļas mērķis

Iepazīstināt ar elektroenerģijas uzskaites pamatprincipiem un šim nolūkam izmantotajām iekārtām, to operatīvās apkalpošanas organizēšanu, skaitītāju uzbūvi un ekspluatācijas prasībām, kā arī par viedā tīkla elementiem, to nozīmi un iekļaušanu kopējā enerģosistēmā.

### Sasniedzamie rezultāti

- Zina uzskaites, vadības un kontroles iekārtas un to ekspluatāciju.
- Zina operatīvās vadības darbu veikšanas nozīmi, spēj pielietot zināšanas.
- Identificē galvenos relejaizsardzības veidus un to nozīmi.
- Analizē viedo tīklu un tā elementu nozīmi, integrējot jaunus elementus.

Pasaules energoresursu uzskaites un mērīšanas nozare attīstās līdz ar elektroenerģijas sistēmas veidošanu. Saražotā un izlietotā elektroenerģija ātri kļūva par pieprasītu produktu, kas ir jāizmēra, jāuzskaita un jāapmaksā. Ražotāji grib saņemt samaksu par saražoto elektroenerģiju, pārvades un sadales operatori – par pārvadīto un sadalīto elektroenerģijas apjomu, bet lietotāji norēķinās par saņemto elektroenerģiju. Mūsdienās, kad notiek enerģijas tirgus liberalizācija, enerģētisko kompāniju struktūras maiņa, atsevišķu elektroenerģijas pārvades un sadales uzņēmumu veidošana, pieaug nepieciešamība pēc enerģijas uzskaites visos elektroenerģijas sistēmas līmeņos.

Uzskaites iekārtu attīstības tendences ir atkarīgas no tā, cik ātri izdosies atrast tehniskos risinājumus, kuri garantēs nozares drošu un efektīvu darbību jaunajos apstākļos, un kādas tehnoloģijas tiks izmantotas elektroenerģijas komerciālajai uzskaitē. Lai atrisinātu šo problēmu, nepieciešama uzskaites iekārtu un sistēmu ražotāju un izstrādātāju sadarbība ar mērķi izveidot vienotu sistēmu elektroenerģijas uzskaitē. Tādai sistēmai jābalstās uz mūsdienu tehnoloģijām un jābūt spējīgai apmierināt patērētāju un piegādātāju prasības, kuras pastāvīgi pieaug.



## 6.1. ELEKTROENERĢIJAS SKAITĪTĀJA UZBŪVE UN DARBĪBAS PRINCIPS

Šī apakšnodaļa atbilst moduļim "Elektrotehnikas pamati un elektriskie mērījumi".

### Elektroenerģijas skaitītāju iedalījums



#### IEVĒRĪBAI

*Elektroenerģijas skaitītāji tiek iedalīti divās lielās grupās – elektromehāniskie jeb indukcijas tipa un elektroniskie.*

Elektroenerģijas skaitītāji tiek iedalīti divās lielās grupās – elektromehāniskie jeb indukcijas tipa un elektroniskie.

Elektromehāniskie skaitītāji joprojām Latvijā ir sastopami visbiežāk, tomēr pēdējās desmitgades laikā to izplatība strauji samazinās, un ir paredzams, ka Eiropas valstīs līdz 2022. gadam tos pilnībā varētu aizstāt t. s. viedie skaitītāji – attālināti nolasāmi elektroniskie skaitītāji ar papildu funkcijām.

Nelielas elektriskās slodzes uzskaitē tiek izmantoti tiešā slēguma skaitītāji. Šādi skaitītāji tiek tieši ieslēgti starp enerģijas avotu un patērētāju, un caur tiem plūst pilna elektroietaisies darba strāva. Lai uzskaitītu lielākas slodzes (vairāk nekā 100–120 A), starp enerģijas avotu un patērētāju slēdz strāvas transformatorus jeb strāvmaiņus. Skaitītāju slēdz strāvmaiņa sekundārā tinuma ķēdē un, lai iegūtu faktiski patērētās elektroenerģijas apjomu, tā uzskaitītās enerģijas daudzumu reizina ar strāvmaiņa koeficientu.

Ja jāveic patērētās elektroenerģijas uzskaitē elektrotīklā ar darba spriegumu, kas lielāks par 1000 V, izmanto mērmaiņus – atbilstošam spriegumam paredzētus strāvmaiņus – un speciālus sprieguma transformatorus jeb spriegummaiņus. Spriegummaiņa uzdevums ir samazināt līnijas spriegumu līdz sprieguma līmenim, kādam paredzēts skaitītājs. Atšķirībā no tiešā slēguma skaitītājiem, skaitītāji, ko izmanto darbam ar spriegummaiņiem, parasti paredzēti 100/57,7 V spriegumam. Attiecību starp spriegummaiņa primāro un sekundāro spriegumu sauc par spriegummaiņa koeficientu. Lai iegūtu faktiski patērētās elektroenerģijas apjomu, skaitītāja, kurš ieslēgts caur strāvmaiņiem un spriegummaiņiem, uzskaitītās enerģijas daudzumu reizina ar strāvmaiņu un spriegummaiņa koeficientu reizinājumu:

$$K = K_I \cdot K_U, \quad (6.1.)$$

kur

$K_I$  – strāvmaiņa transformācijas koeficients;

$K_U$  – spriegummaiņa transformācijas koeficients.

Piemēram, skaitītāja, kurš ieslēgts caur 20/5 A strāvmaiņiem un 10000/100 V spriegummaiņiem, rādījumi jāreizina ar koeficientu 400 (strāvmaiņu koeficients 4 un spriegummaiņu koeficients 100) [11].

### Elektromehāniskais (indukcijas tipa) skaitītājs



#### IEVĒRĪBAI

*Elektromehāniskais skaitītājs darbojas, mērot momentānās sprieguma un strāvas vērtības un pārveidojot tās elektriskajā jaudā, kura savukārt tiek integrēta laikā, tādējādi iegūstot patērēto elektroenerģiju.*

Elektromehāniskais skaitītājs darbojas, mērot momentānās sprieguma un strāvas vērtības un pārveidojot tās elektriskajā jaudā, kura savukārt tiek integrēta laikā, tādējādi iegūstot patērēto elektroenerģiju. Jāpiebilst, ka arī pats skaitītājs patērē nelielu daudzumu enerģijas, parasti ap 1–2 W katrā fāzē. Mūsdienīgs vienfāzes indukcijas tipa skaitītājs redzams 6.1. attēlā.



6.1. attēls. "Schlumberger" P-10 tipa vienfāzes skaitītājs



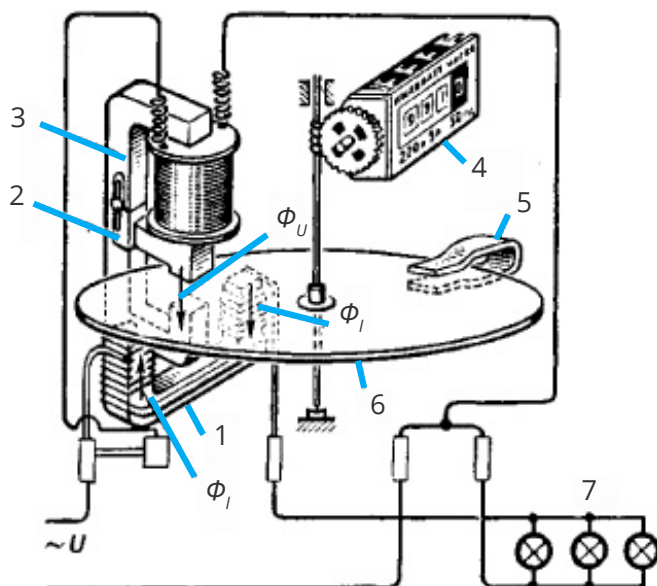
#### IEVĒRĪBAI

*Trīsfāžu skaitītāja darbības princips būtiski neatšķiras no vienfāzes, bet tam katrā fāzē ir sava sprieguma un strāvas spole.*

Trīsfāžu skaitītāja darbības princips būtiski neatšķiras no vienfāzes, bet tam katrā fāzē ir sava sprieguma un strāvas spole. Skaitītāja lodziņā ir redzams horizontāli rotējošs alumīnija disks. Alumīnija diska rotāciju nodrošina divu spoļu (sprieguma un strāvas spoles) radītais elektromagnētiskais lauks. Sprieguma spoles radītā magnētiskā plūsma ir proporcionāla tai pieliktajai sprieguma vērtībai, savukārt strāvas spoles radītā magnētiskā plūsma ir proporcionāla cauri plūstošās strāvas vērtībai. Sprieguma spoles radītais lauks tiek aizkavēts par 90 grādiem, izmantojot papildu (nobīdes)

spoli. Tas rada strāvas diskā, līdz ar to diskam pieliktais spēks ir proporcionāls momentānām strāvas un sprieguma vērtībām. Pastāvīgais magnēts rada pretēji vērstu spēku, kas ir proporcionāls diska griešanās ātrumam. Līdzsvars starp šiem pretēji vērstajiem spēkiem rada diska rotācijas kustību, kas ir proporcionāla patērētajai jaudai. Disks savukārt darbina skaitītāja reģistra mehānismu, kas, diska griešanās ātrumu integrējot laikā, ataino patērētās enerģijas apjomu laika vienībā, līdzīgi kā automašīnas odometrs attēlo kopējo automašīnas nobraukumu.

Indukcijas skaitītāja konstrukcija un darbības princips shematiski parādīts 6.2. attēlā.



6.2. attēls. Indukcijas tipa skaitītāja konstrukcija

$\Phi_U$  – sprieguma ķēdes strāvas (paralēli slodzei) inducētā magnētiskā plūsma;  $\Phi_I$  – slodzes strāvas inducētā magnētiskā plūsma; 1 – strāvas ķēdes elektromagnēts jeb strāvas spole; 2 – metāla sloksne fāzes nobīdes leņķa regulēšanai starp plūsmām  $\Phi_U$  un  $\Phi_I$ ; 3 – sprieguma ķēdes elektromagnēts jeb sprieguma spole; 4 – skaitļu mehānisms; 5 – diska bremzējošais magnēts; 6 – alumīnija disks; 7 – pieslēgtā slodze.



### IEVĒRĪBAI

Skaitītājs darbojas, skaitot rotējošā diska apgriezienus, un tā griešanās ātrums ir proporcionāls patērējamai jaudai. Uzskaitītais apgriezienu skaits savukārt ir proporcionāls elektroenerģijas patēriņam. Sakarību starp diska apgriezienu skaitu un patērētās enerģijas apjomu sauc par skaitītāja konstanti un izsaka apgriezienos uz 1 kWh.

Rezumējot var teikt, ka skaitītājs darbojas, skaitot rotējošā diska apgriezienus, un tā griešanās ātrums ir proporcionāls patērējamai jaudai. Uzskaitītais apgriezienu skaits savukārt ir proporcionāls elektroenerģijas patēriņam. Sakarību starp diska apgriezienu skaitu un patērētās enerģijas apjomu (kWh) sauc par skaitītāja konstanti un izsaka apgriezienos uz 1 kWh. Skaitītāja konstante dažādu tipu skaitītājiem ir atšķirīga, tā parasti ir 40–1200 apgr./kWh robežās.

Zinot skaitītāja konstanti un izmērot, cik ilgā laikā skaitītāja disks veic noteiktu skaitu apgriezienu, iespējams aprēķināt tam pieslēgtās slodzes lielumu  $P$  [kW], izmantojot šādu formulu:

$$P = \frac{3600}{T_{1apg} \cdot K}, \quad (6.2.)$$

kur

$T_{1apg}$  – skaitītāja diska viena apgrieziena laiks (s);

$K$  – skaitītāja konstante (apgr./1 kWh).

Lai iegūtu precīzāku rezultātu pie maza diska apgrieziena laika, uzņem laiku vairākiem (5 vai 10) diska apgriezieniem un, rezultātu izdalot ar apgriezienu skaitu, iegūst viena apgrieziena laiku. Ja skaitītājs slēgts caur mērmaiņiem, iegūtais rezultāts jāreizina ar mērmaiņu transformācijas koeficientu. Elektroenerģijas daudzumu vatos (kilovatos), ko skaitītājs uzskaitīs laika sprīdī, zinot pieslēgtās slodzes lielumu, var aprēķināt pēc šādas formulas:

$$W = P \cdot t, \quad (6.3.)$$

kur

$P$  – skaitītājam pieslēgtās slodzes lielums (kWh);

$t$  – laiks (h).

Elektromehāniskajiem skaitītājiem piemīt vairāki būtiski trūkumi: ierobežots funkciju klāsts, slodžu grafika reģistrācijas un uzkrāšanas iespēju, notikumu reģistrēšanas iespēju un datu apmaiņas interfeisu trūkums u. c. Šo trūkumu dēļ tie pamazām tiek aizstāti ar elektroniskajiem skaitītājiem [11].

Ar elektroenerģijas skaitītāja darbības principiem var iepazīties, noskatoties video, kas ir dots literatūras avotos [9, 10, 11, 17].

### **Elektroniskais skaitītājs**

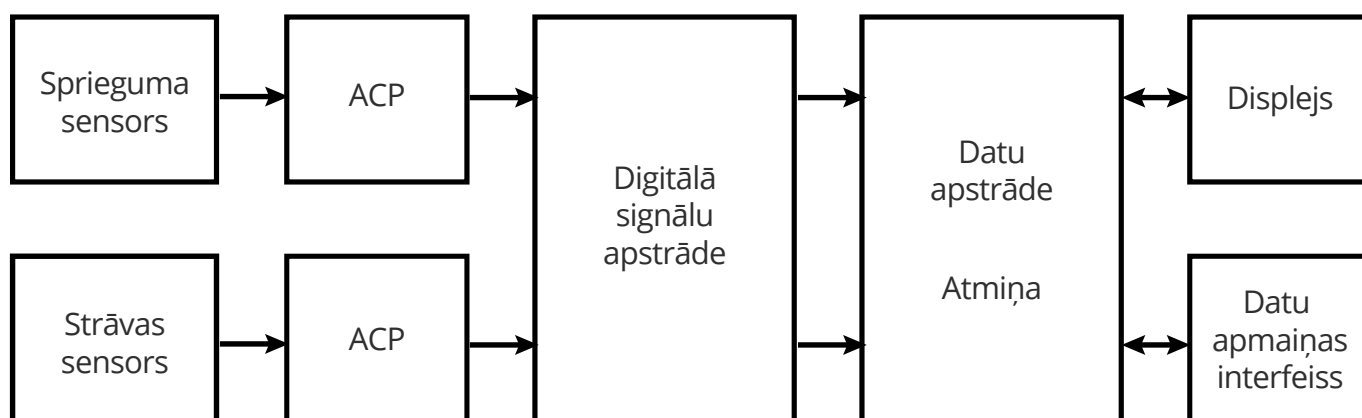
Elektroniskais skaitītājs no indukcijas tipa skaitītāja atšķiras ar to, ka tajā nav kustīgu detaļu. Šādā skaitītājā izmanto elektroniskus strāvas un sprieguma reģistratorus jeb sensorus, kas elektroniskai shēmai pievada strāvas un sprieguma vērtībām proporcionālus signālus, kurus tālāk apstrādājot tiek iegūti dati par elektroenerģijas daudzumu. Mūsdienīgs vienfāzes elektroniskais skaitītājs redzams 6.3. attēlā.



6.3. attēls. Vienfāzes skaitītājs

Būtiskākās elektronisko skaitītāju priekšrocības:

- 1) tie nesatur kustīgas detaļas, to darbības precizitāte nav atkarīga no pareiza novietojuma un detaļu mehāniska nolietojuma ekspluatācijas gaitā;
- 2) tie ir mazāki un vieglāki, plašāks darba strāvu diapazons;
- 3) tiem ir precīzāka aktīvās jaudas un enerģijas mērīšana, ieskaitot augstāko harmoniku elektroenerģiju;
- 4) iespējams klientam piedāvāt papildu pakalpojumus – automātisko nolasišanu, uzskaiti vairākās tarifu zonās, slodžu profila un elektroenerģijas kvalitātes parametru monitoringu, notikumu reģistrēšanu.



6.4. attēls. Elektroniskā elektroenerģijas skaitītāja blokshēma

Elektroniskā elektroenerģijas skaitītāja blokshēma parādīta 6.4. attēlā. Tajā redzams, ka skaitītāja mērīšanas ķēdes ietver sprieguma un strāvas sensorus. No sensoriem signāls tiek padots uz analogciparu pārveidotāju jeb ACP (ang. *Analog-to-Digital Converter, ADC*), kas ir ierīce, kas pārveido ieejas analogo signālu diskrētajā kodā (ciparu signālā). Tālāk ciparu signāli tiek apstrādāti, veicot enerģijas daudzuma aprēķinu no momentānajām vērtībām. Sistēmas vadību, datu tālāku apstrādi,

saglabāšanu, izvadi uz displeja, kā arī datu apmaiņu ar ārējām ierīcēm caur datu apmaiņas interfeisu nodrošina datu apstrādes bloks, kas ietver mikroprocesoru un atmiņu.



### BŪTISKI

*Viena no būtiskākajām lietām, kas ietekmē gan skaitītāja precizitāti, gan pārējos parametrus, ir sprieguma un strāvas sensori.*

Viena no būtiskākajām lietām, kas ietekmē gan skaitītāja precizitāti, gan pārējos parametrus, ir sprieguma un strāvas sensori. Sprieguma sensoru parasti veido, samazinot līnijas spriegumu ar rezistoru dalītāju, vai arī izmanto transformatoru, ja mērīšanas ķēdes jāizolē no elektrotīkla.

Daudz sarežģītāks uzdevums ir strāvas sensora izveide, jo, no vienas puses, jāreķinās ar plašu mērāmo strāvu diapazonu, bet no otras – jānodrošina tā darbība plašā frekvenču spektrā, jo strāvas komponente satur lielu daudzumu augstāko harmoniku. Moderna skaitītāja strāvas sensoram jābūt paredzētam darba strāvai līdz pat 120 A, vienlaicīgi nodrošinot precīzu elektroenerģijas uzskaiti pie zemām strāvas vērtībām.

Patlaban ir zināmi četri populārākie strāvas sensoru veidi [11].



### IEVĒRĪBAI

*Patlaban ir zināmi četri populārākie strāvas sensoru veidi:*

1. *Zemas pretestības strāvas šunts.*
2. *Strāvas transformators.*
3. *Holla efekta sensors.*
4. *Rogovska spole (di/dt sensors).*

1. Zemas pretestības strāvas šunts. Zemas pretestības strāvas šunts ir lētākais no šodien pieejamajiem risinājumiem, kurš nodrošina vienkāršu un izcili precīzu strāvas mērīšanu. Šis ierīces prototips ir rezistors. Tomēr, veicot precīzus mērījumus, jāņem vērā šim elementam piemītošā parazitiskā induktivitāte, kas, lai gan ietekmē elementa vadītspēju tikai pie relatīvi augstām frekvencēm, tomēr ietekme uz fāzes nobīdi pie elektrotīkla frekvences ir pietiekama, lai pie zema jaudas koeficienta radītu ievērojamu mērījumu kļūdu. Fāzes nobīde vien par  $0,1^\circ$  rada aptuveni 0,3 % lielu mērījumu kļūdu pie jaudas koeficienta 0,5. Zemo ražošanas izmaksu un augstā darbības drošuma dēļ zemas pretestības strāvas šunta tehnoloģija šobrīd tiek plaši izmantota elektroenerģijas skaitītājos. Tomēr, tā kā šunta pamatā ir rezistīvs elements, elektroenerģijas zudumi tajā ir proporcionāli caurplūstošās strāvas lieluma kvadrātam. Līdz ar to minētais risinājums nav piemērotākais skaitītājiem ar lielu darba strāvu.

2. Strāvas transformators. Strāvas transformatorā izmanto transformatora principu, lai salīdzinoši lielu caurplūstošo strāvu pārveidotu mazākā. Šis sensora veids tiek plaši izmantots skaitītājos ar lielu darba strāvu. Tā ir pasīva ierīce, kuras darbības nodrošināšanai nav nepieciešamas papildu ierīces. Šāds sensors var tikt izmantots ļoti lielu strāvu mērīšanai, vienlaicīgi pati ierīce patērē nelielu elektroenerģijas daudzumu. Tomēr pie lielas primārās strāvas vērtības, kā arī saistībā ar pastāvošo līdzstrāvas komponenti, var tikt piesātināta transformatora serde, kas izgatavota no ferīta. Magnetizētai serdei piemīt histerēzes efekts, kas negatīvi ietekmē mērījumu precizitāti, kamēr serde netiek atmagnetizēta.

3. Holla efekta sensors. Sastopami divu veidu Holla efekta sensori – atvērtā un slēgtā tipa. Slēgtā tipa sensors nodrošina labāku precizitāti un plašāku dinamisko diapazonu, bet ir dārgāks ražošanā. Ražošanas izmaksu dēļ lielākajā daļā skaitītāju izmanto atvērta tipa Holla efekta sensoru. Šādi sensori var strādāt plašā frekvenču diapazonā, kā arī ar tiem iespējams mērīt lielas strāvas. To trūkumi ir ievērojams izejas signāla dreifs temperatūras izmaiņu dēļ un nepieciešamība izmantot papildu elementus sensora darbības nodrošināšanai. Minēto trūkumu un relatīvi augsto ražošanas izmaksu dēļ Holla efekta sensorus pēdējā laikā skaitītājos izmanto ļoti reti.
4. Rogovska spole (*di/dt* sensors). Rogovska spole, kas nosaukta par godu vācu fiziķim Valteram Rogovskim (*Walter Rogowski*), ir elektriskā ierīce maiņstrāvas vai strāvas impulsu mērīšanai. Tā sastāv no īpaši veidotas spirālveida spoles, kas uztīta uz taisna vadītāja, kurā plūstošo strāvu nepieciešams mērīt. Tā kā spolē inducētais signāls ir proporcionāls strāvas izmaiņu ātrumam (atvasinājumam *di/dt*), lai iegūtu mērāmās strāvas lielumam proporcionālu izejas signālu, spoles izejā tiek pieslēgts elektronisks integrators. Šī tehnoloģija plašāku attīstību piedzīvojuši tikai pēdējā laikā, kad tika atrisināta problēma ar ilglaicīgi stabila un precīza ciparu integratora izstrādi. Tomēr, pateicoties augstai mērījumu precizitātei, plašajam dinamiskajam diapazonam un zemām ražošanas izmaksām, tieši Rogovska spole ir viena no progresīvākajām strāvas sensoru tehnoloģijām, kas tiek izmantota elektroniskajos elektroenerģijas skaitītājos.

6.1. tabula

**Elektronisko skaitītāju sensoru īpašību salīdzinājums [26]**

Strāvas sensora tips	Zemas pretestības strāvas šunts	Strāvas transformators	Holla efekta sensors	Rogovska spole
Ražošanas izmaksas	Ļoti zemas	Vidējas	Augstas	Zemas
Linearitāte mērīšanas diapazonā	Ļoti laba	Vidēja	Zema	Ļoti laba
Lielu strāvu mērīšanas iespēja	Ļoti zema	Laba	Laba	Ļoti laba
Pašpatēriņš	Augsts	Zems	Vidējs	Zems
Piesātinājuma rašanās problēma pie lielām strāvām un līdzstrāvas	Nepastāv	Pastāv	Pastāv	Nepastāv
Temperatūras atšķirība	Vidēja	Zema	Augsta	Ļoti zema
Līdzstrāvas kompensācijas problēma	Pastāv	Nepastāv	Pastāv	Nepastāv
Piesātinājuma un histerēzes problēma	Nepastāv	Pastāv	Pastāv	Nepastāv

## Daudzfunkcionālais skaitītājs



### DEFINĪCIJA

*Daudzfunkciju skaitītāji ir elektroniskie skaitītāji ar paplašinātām funkcijām, iekšējo pulksteni un atmiņu, kā arī datu apmaiņas interfeisiem (parasti vairākiem), kas nodrošina daudz plašāku papildu funkciju klāstu nekā vienkāršie elektroniskie skaitītāji.*

Daudzfunkciju skaitītāji ir elektroniskie skaitītāji ar paplašinātām funkcijām, iekšējo pulksteni un atmiņu, kā arī datu apmaiņas interfeisiem (parasti vairākiem), kas nodrošina daudz plašāku papildu funkciju klāstu nekā vienkāršie elektroniskie skaitītāji. Daudzfunkciju skaitītāju būtiskākās papildu funkcijas:

- 1) vienlaicīga divu virzienu aktīvās un reaktīvās enerģijas uzskaitē (+A –A +R – R);
- 2) elektroenerģijas uzskaitē vairākās tarifu zonās (dienas, nakts un maksimumstundu tarifa zona), ņemot vērā mērmaiņu koeficientu;
- 3) diennakts, mēneša un kopējā uzskaitītās elektroenerģijas daudzuma aprēķins;
- 4) slodžu grafika reģistrēšana un saglabāšana atmiņā ar iepriekš noteiktu periodu (biežāk sastopamais integrācijas periods ir 15, 30 vai 60 minūtes);
- 5) notikumu reģistrēšana – sprieguma pārtraukumi, elektroenerģijas kvalitātes rādītāji, iejaukšanās skaitītājā, parametrizēšanas dati, magnētiskā lauka iedarbība u. c.;
- 6) iespēja veikt datu apmaiņu ar attālinātu IT sistēmu, izmantojot standarta datu apmaiņas interfeisu (RS232, RS485 vai 20 mA strāvas cilpu) un attiecīgu standarta modemu (GPRS, PSTN, PLC u. c.).



6.5. attēls. Daudzfunkcionālais elektroenerģijas skaitītājs

Daudzfunkcionālo skaitītāju ieviešanā ieguvēji ir kā klienti, tā arī elektroenerģijas piegādātāji.



Klienta priekšrocības, lietojot daudzfunkcionālo skaitītāju [11]:

- 1) nav jānolasa rādījumi, automātiska rēķinu saņemšana un apmaksas iespējas;
- 2) pieejama detalizēta patēriņa informācija (slodžu profils), iespēja analizēt un optimizēt savu elektroenerģijas patēriņu;
- 3) iespēja izmantot dažādus tirgotāja piedāvātos tarifa plānus;
- 4) operatīvs paziņojums par elektrotīkla bojājumu.

Elektroenerģijas piegādātāja priekšrocības, lietojot daudzfunkcionālo skaitītāju:

- 1) precīza uzskaitē (rādījums tiek nodots vienā un tajā pašā laikā);
- 2) iespēja nolasīt patērētās elektroenerģijas summāros datus;
- 3) iespēja saņemt informāciju par elektroenerģijas atslēgumiem;
- 4) iespēja mainīt tarifa zonas;
- 5) iespēja saņemt informāciju par bojājumu;
- 6) iespēja pieslēgt un atslēgt spriegumu klientiem, kuri neveic apmaksu;
- 7) iespēja nolasīt momentānos tīkla parametrus.

### **Pārbaudes prasības un noteikumi elektroenerģijas skaitītājiem**

Latvijas Republikā 1997. gada 27. februārī tika pieņemts likums “Par mērījumu vienotību”. Likuma mērķis ir nodrošināt mērījumu vienotību valstī, lai aizsargātu cilvēka dzīvību un veselību, vidi un patērētāju no neprecīzu un nepareizu mērījumu negatīvajām sekām un veicinātu valsts ekonomikas un starptautiskās sadarbības attīstību.

Saskaņā ar likumu “Par mērījumu vienotību” (<https://likumi.lv/doc.php?id=42562>) mērīšanas līdzekļiem ir noteikti šādi valsts metroloģiskās kontroles veidi [23]:

- 1) mērīšanas līdzekļu tipa apstiprināšana;
- 2) pirmreizējā verificēšana;
- 3) atkārtotā verificēšana;
- 4) valsts metroloģiskā uzraudzība.

Lai izvairītos no sarežģītās mērīšanas līdzekļa tipa apstiprināšanas un pirmreizējās verificēšanas procedūras, katrā Eiropas Savienības dalībvalstī virknei mērīšanas līdzekļu, tostarp elektroenerģijas skaitītājiem, 2004. gadā tika izdota Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva Nr. 2004/22/EK “Par mērinstrumentiem” (turpmāk tekstā – MID direktīva). Direktīva nosaka, ka dalībvalstis nedrīkst kavēt tādu mērinstrumentu laišanu tirgū un/vai nodošanu ekspluatācijā, kas nodrošināti ar CE atbilstības marķējumu un metroloģisko papildmarķējumu, kas apliecina, ka mērinstruments ražots saskaņā ar šīs direktīvas prasībām.

**IEVĒRĪBAI**

*Atbilstoši direktīvas prasībām skaitītāji tiek iedalīti A, B un C precizitātes klasēs.*

Atbilstoši direktīvas prasībām skaitītāji tiek iedalīti A, B un C precizitātes klasēs, nosakot, ka elektroenerģijas patēriņa mērījumi iedzīvotājiem veicami ar A vai B klases skaitītājiem, bet pārējiem lietotājiem (tirdzniecības, rūpniecības uzņēmumiem u. c.) – ar B vai C klases skaitītājiem.

MID direktīvas ieviešana būtiski vienkāršoja skaitītāja kā mērīšanas līdzekļa tipa apstiprināšanas un verificēšanas procedūras, ko pirms tam regulēja katras valsts nacionālā likumdošana. Minētās procedūras bija obligāts nosacījums skaitītājiem, ko lietoja komercnorēķinos.

Tomēr MID direktīvā nav noteiktas metroloģiskās prasības reaktīvās enerģijas skaitītājiem un mērmaiņiem (strāvmaiņiem un spriegummaiņiem). Šo mērīšanas līdzekļu pārbaudes procedūras noteiktas Latvijas likumdošanā – likumos “Par atbilstības novērtēšanu” un “Par mērījumu vienotību”, kā arī saistītajos MK noteikumos.

Latvijas Republikā Ministru kabinets apstiprina Valsts metroloģiskajai kontrolei pakļauto mērīšanas līdzekļu sarakstu. Saskaņā ar šo sarakstu elektroniskajiem skaitītājiem verificēšanas periodiskums ir 12 gadi, bet indukcijas tipa skaitītājiem – 16 gadi.

## 6.2. RELEJAIZSARDZĪBA

[Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektroietaišu ekspluatācija”.](#)

### Vispārējās ziņas

Jebkuras elektroapgādes sistēmas projektēšanā un ekspluatācijā vienmēr jārēķinās ar iespējamiem bojājumiem un nenormāliem darba režīmiem. Visbiežākie un reizē arī visbīstamākie šo sistēmu bojājumi ir dažādu veidu **īsslēgumi** [32].

Viens no nenormālo režīmu pamatveidiem ir **pārslodze**. Pārslogotājā elementā rodas strāvas, kas pārsniedz pieļaujamās vērtības. Atsevišķo ierīces daļu temperatūra var nepieļaujami paaugstināties, sākas detaļu deformēšana un paātrināta izolācijas bojāšanās.

Elementu bojājumi un nenormālie režīmi var izraisīt sistēmas avārijas, ar ko parasti saprot traucējumus visas sistēmas vai tās daļas darbībā. Lai novērstu sistēmas avāriju, bojātais elements ātri jāatslēdz no sistēmas nebojātās (veselās) daļas. Atkarībā no bojājuma apjoma, iekārtas svarīguma, jaudas, sprieguma un darbības rakstura sistēmā atslēgšana jāveic dažās sekundēs, sekundes desmitdaļās vai pat simtdaļās. Protams, cilvēks nespēj tik ātri pieņemt lēmumu un veikt nepieciešamās atslēgšanas operācijas. Bojāto iekārtu atslēdz automātiski ar speciālu aparātu – **releju** – starpniecību. No šejienes nosaukums – **relejaizsardzība**.

Ar terminu "relejs" saprot automātiski darbojošos elektrisko aparātu, kuram pie noteiktas ierīces ieejas parametra vērtības, kas raksturo ārējo parādību, izejas elektriskajā ķēdē notiek lēcienveida izmaiņas (6.6. attēls).

Katram sistēmas elementam jāuzstāda relejaizsardzība, lai:

- 1) ātri un selektīvi atslēgtu elementu, ja notiek bojājums vai nepieļaujams normālas darbības traucējums (īsslēgums, nepieļaujama sprieguma pazemināšanās vai paaugstināšanās u. c.);
- 2) signalizētu par normāla darba režīma traucējumiem (pārslodze, zemesslēgums sistēmā ar mazām zemesslēguma strāvām).

Sistēmas elementu relejaizsardzībai jābūt iespējami vienkāršai. Ja iespējams, relejaizsardzībai jāizmanto drošinātāji.

Pārvades tīklos un energosistēmās ar daudziem ģenerējošiem avotiem relejaizsardzība ir ļoti sarežģīta, līdz ar to jāizvairās no relejaizsardzības neselektīvas nostrādes, kā arī nepieciešams uzziņāt relejaizsardzības nostrādes iemeslu.

Relejaizsardzībai, ja tas ir iespējams, jārezervē ar laika kavējumu sekojošā sistēmas elementa aizsardzība (aizsardzības rezerves funkcija). Īpaša rezerves relejaizsardzība jāuzstāda tad, ja pamata relejaizsardzība nevar rezervēt sekojošo elementu aizsardzību (garendiferenciālā un šķērsdiferenciālā aizsardzība u. c.). Ja relejaizsardzības rezervēšana sagādā lielas grūtības vai arī ja pilnīgu rezervēšanu nav tehniski iespējams realizēt, var:

- 1) saīsināt rezerves relejaizsardzības darbības zonu pie īsslēgumiem:
  - aiz transformatoriem un līnijām ar reaktoriem;
  - blakus posmos, ja īsslēguma strāva plūst arī caur citiem elementiem un relejaizsardzības uzstādīšanas vietā īsslēgumu strāva ievērojami mazāka nekā īsslēguma vietā (īsslēguma piebarošana);
  - garu blakus posmu galos.
- 2) rezervēt tikai visbiežāk sastopamus īsslēguma veidus, neievērojot reti iespējamus režīmus;
- 3) izveidot neselektīvu strādājošu rezerves relejaizsardzību, turklāt neselektīva atslēgšanās jācenšas izlabot ar automātikas darbību;
- 4) paredzēt relejaizsardzības kaskādes darbību.

Ja relejaizsardzības elementi pieslēgti spriegummainim, nepieciešama ierīce, kas sprieguma ķēžu pārtraukuma vai bojājuma gadījumos (atslēdzies automāts, izdeguši drošinātāji u. c.) signalizētu par bojājumu.

Gaisvadu līniju relejaizsardzība nedrīkst atslēgt līnijas, ja darbojas pārspriegumu novadītāji. Relejaizsardzības darbība praktiski tiek kavēta par  $0,06 \pm 0,08$  s.

Bojājumi gaisvadu elektrolīnijās atkarīgi no negaisu skaita gadā, tos var izraisīt izolatoru piesārņojums vai mehāniskais bojājums.

Bojājumu statistikas dati rāda, ka uz 100 km elektrolīniju bojājumu biežums ir šāds:

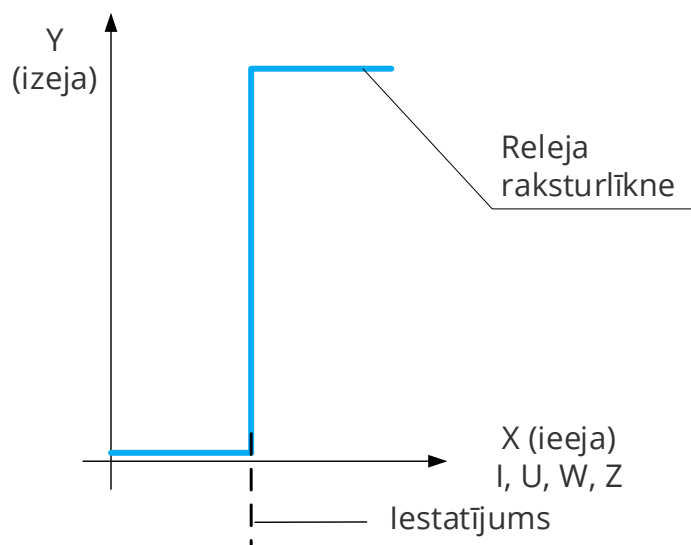
- 330 kV                    0,8÷1,5 gadā;
- 110 kV                    3÷15 gadā;
- 20 kV                     20÷90 gadā.

Bojājuma veids:

- 330 kV līnijās:            vienfāzes        85 %;
- divfāžu         10 %;
- trīsfāžu        5 %.
  
- 110 kV līnijās:            vienfāzes        60 %;
- divfāžu         30 %;
- trīsfāžu        10 %.

Kopņu bojājumi uz 100 gb. 20÷330 kV jaudas slēdžiem – 3 gadā.

Transformatoru bojājumi uz 100 gb. 20÷330 kV transformatoriem – 2 gadā.



6.6. attēls. Relejaizsardzības nostrādi paskaidrojošs attēls

## Relejaizsardzības uzdevums

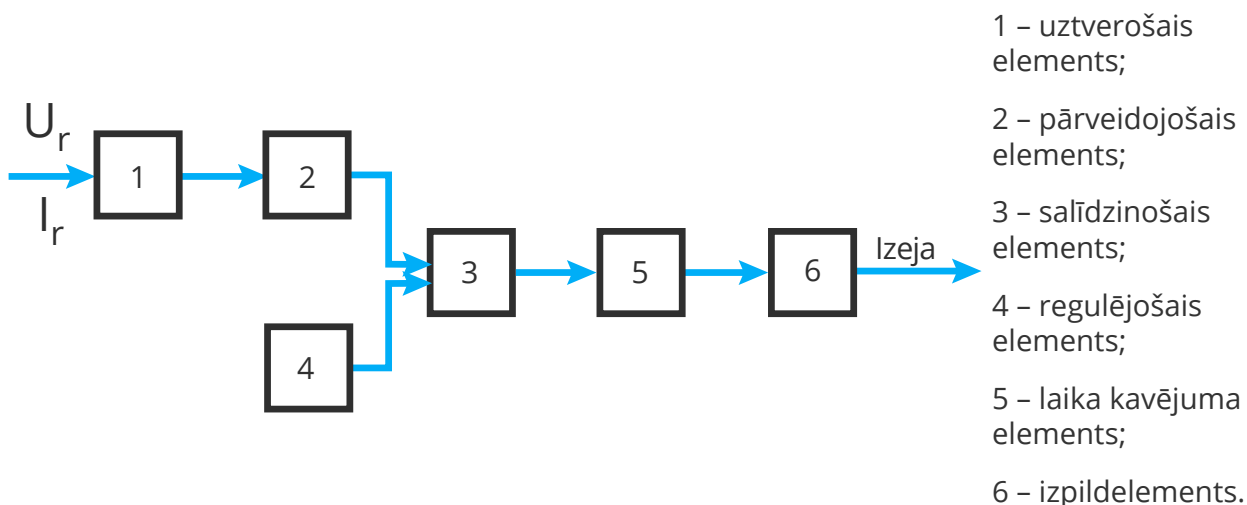
**Relejaizsardzības galvenais uzdevums** ir bojātā elementa automātiska atslēgšana no nebojātās daļas ar jaudas slēdža starpniecību. Līdz ar to relejaizsardzība kļūst par elektroapgādes sistēmas pretavārijas automātikas pamatveidu, bez kuras nav iedomājama sistēmas droša un nepārtraukta darbība un patērētāju nepārtraukta elektroapgāde.

**Palīguzdevums** ir brīdināt apkalpojošo personālu par elektroiekārtu (transformators, ģenerators, dzinējs), kurā radušās novirzes no normālā darba režīma, ar attiecīgu signālu, vai arī ar laika kavējumu atslēgt elektroiekārtu.

Tātad relejaizsardzības uzdevums ir atklāt elektriskos bojājumus un iekārtu darbības novirzes no normālā darba un bojāto iekārtu atslēgt no nebojātās energosistēmas daļas [32].

## Relejaizsardzības struktūrshēma

Parasti relejaizsardzības ierīce sastāv no vairākiem relejiem, kuri cits ar citu savienoti pēc projektā noteiktas shēmas (6.7. attēls). Vispārīgā gadījumā relejaizsardzībai ir seši funkcionāli atšķirīgi elementi, kas redzami 6.7. attēlā.



6.7. attēls. Relejaizsardzības funkcionālā struktūrshēma

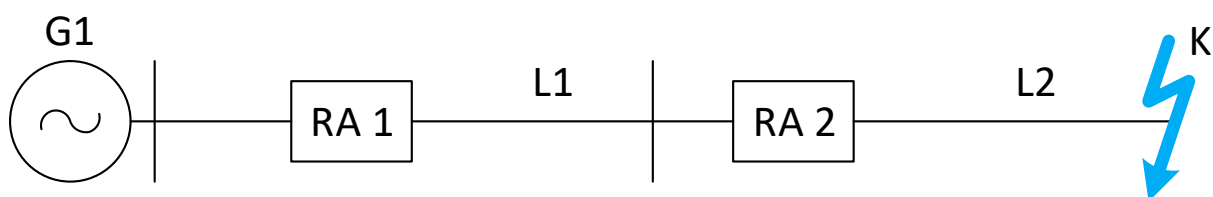
Uztverošais elements (1) izvērtē attiecīgo elektrisko lielumu ( $U_r$  vai  $I_r$ , vai arī vienlaikus  $U_r$  un  $I_r$ ) un pārveido to relejveida (2) iedarbē (6.7. attēls), kuras vērtība salīdzinošajā elementā (3) tiek salīdzināta ar kādu iestatītu vērtību. Tikai tad, kad izvērtētā elektriskā lieluma vērtība sasniedz vai pārsniedz iepriekš iestatīto lieluma vērtību, tiek iedarbināts laika kavējuma elements (5), nostrādā izpildelements (6) un saslēdz jaudas slēdža atslēgšanas ķēdi. Ja ķēde jāsaslēdz bez laika ieturējuma, izmanto laika kavējuma elementu (5). Lai mainītu nostrādes parametru vērtības  $U_{nor}$ ,  $I_{nor}$ ,  $Z_{nor}$ , relejos iebūvē speciālus regulēšanas (iestatīšanas) elementus (4).

### Relejaizsardzībai izvirzītās pamatprasības

Relejaizsardzība izveidota **autonomo ierīču** veidā, kas pieslēgtas pie elektrosistēmas mērmaiņiem un iedarbojas uz jaudas slēdžiem. Katram elektriskā tīkla elementam ir sava relejaizsardzība.

Relejaizsardzības zonu kopums aptver visu aizsargājamo sistēmu tā, lai neviena iekārta nepaliktu neaizsargāta.

Par piemēru var paņemt radiālo elektroapgādes shēmu (6.8. attēls).



6.8. attēls. Radiāli barotas līnijas shēma: RA1 un RA2 – relejaizsardzības ierīces ar mērmaiņiem un jaudas slēdžiem

Ja līnijai  $L2$  vietā  $K$  radies īsslēgums, tad jānostrādā tikai līnijas  $L2$  aizsardzības ierīcei  $RA2$  un šī līnija jāatslēdz ar jaudas slēdzi.

Īsslēguma strāva  $I_k$  plūst arī līnijā  $L1$  un iedarbina aizsardzību  $RA1$ . Aizsardzība  $RA1$  nedrīkst nostrādāt un atslēgt jaudas slēdzi, pirms nav atslēdzies līnijas jaudas slēdzis no aizsardzības  $RA2$ . Ja  $RA1$  nostrādās un atslēgs jaudas slēdzi, tad tāda atslēgšana būs neselektīva, t. i., nepareiza.

Relejaizsardzībai pamatprasība, pirmkārt, ir **selektīva nostrāde**.

Par selektīvu sauc tādu relejaizsardzības darbību, kad tā pareizi nosaka bojāto sistēmas elementu un atslēdz to ar tuvākā jaudas slēdža starpniecību.

Šim nolūkam relejaizsardzībai jānodrošina trīs noteikumi:

- 1) tā drīkst darboties tikai tad, ja bojājums ir aizsargājamā elementā (to sauc par iekšējo bojājumu);
- 2) tā nedrīkst darboties, ja bojājums atrodas ārpus aizsargājamā elementa (to sauc par ārējo bojājumu);
- 3) tā drīkst darboties kā rezerves relejaizsardzība, ja bojājums ir blakus elementā (ārējais), bet bojātā elementa relejaizsardzība nenostādāja vai tās jaudas slēdzis neatslēdzās.

Piemēram (6.8. attēls), īsslēguma  $K$  gadījumā, ja līnijas  $L2$  jaudas slēdzis nav atslēdzies, jānostrādā aizsardzībai  $RA1$  un jāatslēdz līnijas  $L1$  jaudas slēdzis. Pēc tam var shēmu "savest kartībā". Šajā gadījumā aizsardzība  $RA1$  nostrādāja kā rezerves relejaizsardzība.

Relejaizsardzībai jābūt **ātrdarbīgai**.

Ātri atslēdzot īsslēgumu:

- paaugstinās sistēmas ģeneratoru paralēlās darbības stabilitāte;
- saīsinās patērētāju nenormālā darba režīms ar pazeminātu barošanas spriegumu;
- samazinās bojātā elementa bojājuma apmēri.

Bojājuma atslēgšanas laiks  $t$  sastāv no aizsardzības darbības laika  $t_{RA}$  un slēdža atslēgšanas laika  $t_Q$ :

$$t = t_{RA} + t_Q \quad (6.4.)$$

Latvijas energosistēmas augstsprieguma tīklos ar spriegumu 110 kV un 330 kV plaši lietotiem slēdžiem  $t_Q = 0,06 \div 0,15$  s. Atkarībā no sistēmas sprieguma ātrdarbīgām aizsardzībām  $t_{RA} = 0,02 \div 0,1$  s.

Elektroapgādes 6 kV, 10 kV un 20 kV sprieguma tīklos, kuri atrodas tālāk no sistēmas ģenerācijas avotiem, atļauts izmantot īsslēguma atslēgšanas laiku  $t = 1,5 \div 3,5$  s.

Relejaizsardzībai jābūt ar atbilstošu **jutību**. Jutība raksturo relejaizsardzības nostrādes garantiju arī sistēmas minimālajos režīmos. Aizsardzības jutību pieņemts raksturot ar jutības koeficientu:

$$k_j = \frac{I_{k \min}}{I_{RA \text{ no}}} , \quad (6.5.)$$

kur

$I_{k \min}$  – minimālā īsslēguma strāva;

$I_{RA \text{ no}}$  – relejaizsardzības nostrādes strāva.

Relejaizsardzības pamatzonas beigās šim koeficientam jābūt  $k_j \geq 1,5$ , bet rezerves zonas beigās –  $k_j \geq 1,2$ .

Relejaizsardzībai jābūt **traucējumnoturīgai**. Notiekot jebkura veida īsslēgumiem vai elektriskiem bojājumiem relejaizsardzības aizsargājamajā zonā vai elementā, tai jāstrādā bez traucējumiem, un tā nedrīkst nostrādāt ārēja īsslēguma gadījumā (izņemot gadījumus, kad relejaizsardzībai ir rezerves darbības funkcija), kā arī normālā darba režīmā. Relejaizsardzībai jānostrādā tad, kad tas vajadzīgs, un tā nedrīkst strādāt, kad tas nav vajadzīgs.

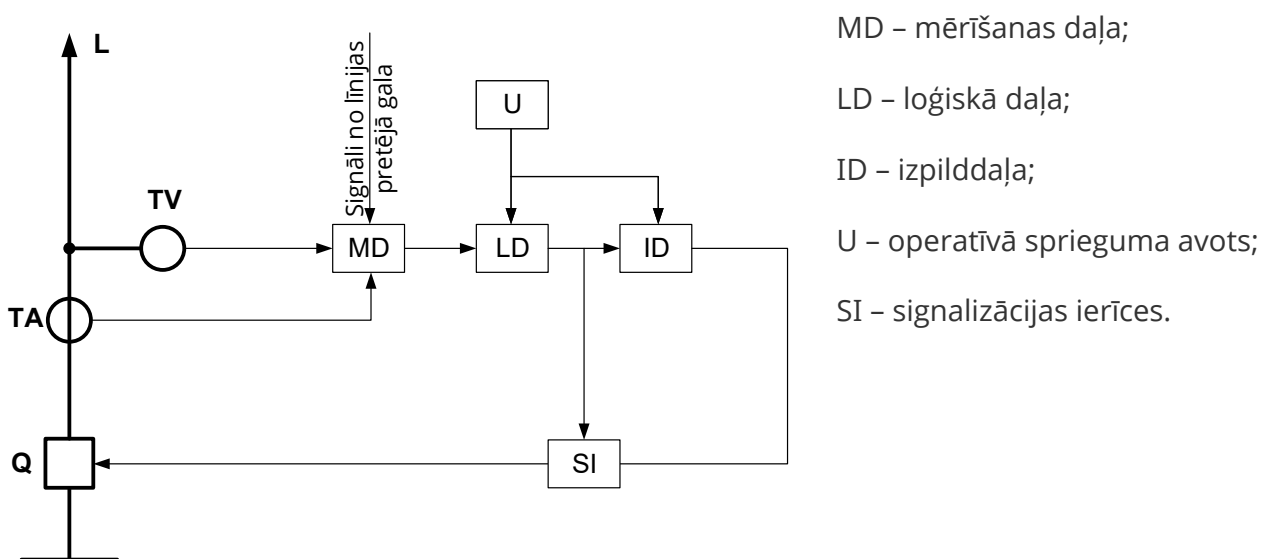
## Relejaizsardzības uzbūves pamatprincipi

Relejaizsardzību veido autonomas ierīces, un šīs ierīces uzstāda katrai elektrotīklu līnijai vai citai iekārtai.

Relejaizsardzības ierīcei ir trīs galvenās sastāvdaļas:

- 1) mērīšanas daļa;
- 2) loģiskā (salīdzināšanas) daļa;
- 3) izpilddaļa.

6.9. attēlā parādīta relejaizsardzības blokshēma līnijai  $L$ .



6.9. attēls. Līnijas  $L$  relejaizsardzības blokshēma

Mērīšanas daļa pieslēgta elektrolīnijas  $L$  mērmaiņiem.

Mērīšanas daļā atrodas mērelementi (mērīšanas releji), kuri nepārtraukti kontrolē līnijas darba režīmu pēc strāvas, sprieguma, vai arī abu lielumu vērtības.

MD informāciju par strāvas un sprieguma izmaiņām līnija saņem no mērpārveidotājiem – strāvmaiņiem ( $TA$ ) un spriegummaiņiem ( $TV$ ).

Atsevišķi relejaizsardzības veidi salīdzina informāciju par strāvām un spriegumiem no abiem līnijas galiem. Relejaizsardzība satur arī signālierīces  $SI$ , kuras signalizē par relejaizsardzības nostrādi, par jaudas slēdža stāvokli (ieslēgts, atslēgts) vai arī par atsevišķu releju nostrādi.

Loģiskā daļa  $LD$  salīdzina  $MD$  izejas signālus ar personāla aprēķināto iestatījumu un līnijas bojājuma vai nenormālas darbības gadījumā nostrādā.



Loģiskā daļa atkarībā no *MD* izejas signāliem iedarbojās caur *ID* uz jaudas slēdža *Q* atslēgšanu.

Relejaizsardzības komplektā operatīvo ķēžu barošanai izmanto speciālu līdzstrāvas vai maiņstrāvas operatīvā sprieguma avotu *U*.

## Maksimālstrāvas aizsardzība

### Vispārējās ziņas

Vispārīga prasība: relejaizsardzībai jānostrādā un jāatslēdz bojātā līnija pie visiem iespējamajiem šajā tīkla īsslēguma veidiem. Tīkli ar darba spriegumu 110 kV un 330 kV ir tīkli ar lielām zemesslēguma strāvām (ar zemēto neitrāli), un tajos ir iespējami visu veidu īsslēgumi – gan trīsfāžu, gan difūzu, gan vienfāzes [32].

110 kV un 330 kV tīklos strāvas aizsardzība ir **rezerves**, bet ne pamataizsardzība.

Tīkli ar spriegumu 20 kV, 10 kV un 6 kV ir tīkli ar mazām zemesslēguma strāvām (izolēta vai kompensēta neitrāle), un tajos vienfāzes īsslēgumi neizraisa lielas strāvas. Strāvas aizsardzība uzskatāma par vienu no vienkāršākajām, lētākajām un darbā drošākajām aizsardzībām, tāpēc to izmanto visplašāk. Viena no spilgtākajām īsslēguma pazīmēm ir strāvas straujš palielinājums, tāpēc ir loģiski veidot relejaizsardzību, kas reaģē uz strāvas lielumu. Relejaizsardzība nostrādā, ja strāva aizsargājamā elementa ķēdē, piemēram, līnijā, transformatorā, elektrodzinējā, kļūst lielāka par maksimāli iespējamo darba strāvu:  $I_{d\ max}$ .

$$I \geq I_{d\ max} \quad (6.6.)$$

Strāvas aizsardzību lieto galvenokārt radiālajos tīklos ar vienusēju barošanu. Tādi ir praktiski visi elektroapgādes 6÷20 kV sprieguma tīkli (sadales tīkli).

Sadales tīklus iedala gaisvadu un kabeļu tīklos. 20 kV sprieguma tīkli raksturīgi Latvijas lauku rajoniem. Lielās pilsētās galvenokārt izmanto 6 kV un 10 kV sprieguma kabeļa tīklus.

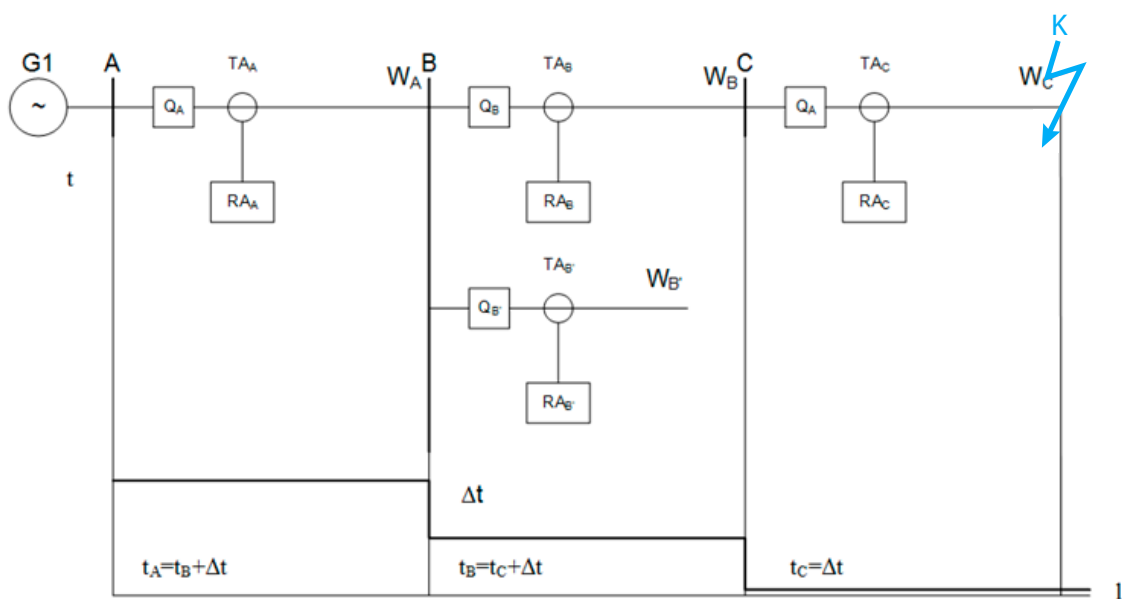
Agrāk ierīkotos 6 kV sprieguma kabeļu tīklus pakāpeniski pārbūvē par ekonomiskākiem 10 kV kabeļu tīkliem. Visi minētie sadales tīkli (6 kV, 10 kV un 20 kV) pieder pie tīkliem ar mazām zemesslēguma strāvām (strādā ar izolētu neitrāli vai caur elektroniskā loka dzēšanas spoli zemētu neitrāli, vai caur pretestību zemēto, t. i., kompensēto, neitrāli). 6 kV, 10 kV un 20 kV sprieguma sadales tīklos jāuzstāda aizsardzība no daudzfāžu īsslēgumiem, kas vienlaikus efektīvi darbojas arī pie divkāršā zemesslēguma. Relejaizsardzību veido divfāžu izpildījumā, izņemot nozarojošos transformatorus, kuros relejaizsardzībai jābūt trīsfāžu izpildījumā, bet jaunajās sadalietaisēs tas notiek trīsfāžu izpildījumā ar papildu nullsecības strāvmaini zemesslēguma aizsardzībai.

Vienfāzes zemesslēgumus konstatē ar izolācijas pretestības kontroles iekārtu. Radiālajos tīklos ar vienusēju barošanu strāvas aizsardzības uzstāda tikai barošanas avotam tuvākajā līnijas galā. Šādos tīklos uzstāda:

- maksimālas strāvas aizsardzību ar laika kavējumu;
- momentāno maksimālstrāvas aizsardzību;
- aizsardzību vai signalizāciju pie vienfāzes zemesslēgumiem.

### Aizsardzības ar laika kavējuma neatkarīgu raksturlīkni

6.10. attēlā parādītas radiālu, vienusēju barotu līniju  $LA$ ,  $LB$  un  $LC$  maksimālstrāvas aizsardzību laika kavējuma raksturlīknes. Releju aizsardzību komplekti ( $RA$ ) izveidoti ar strāvas un laika relejiem.



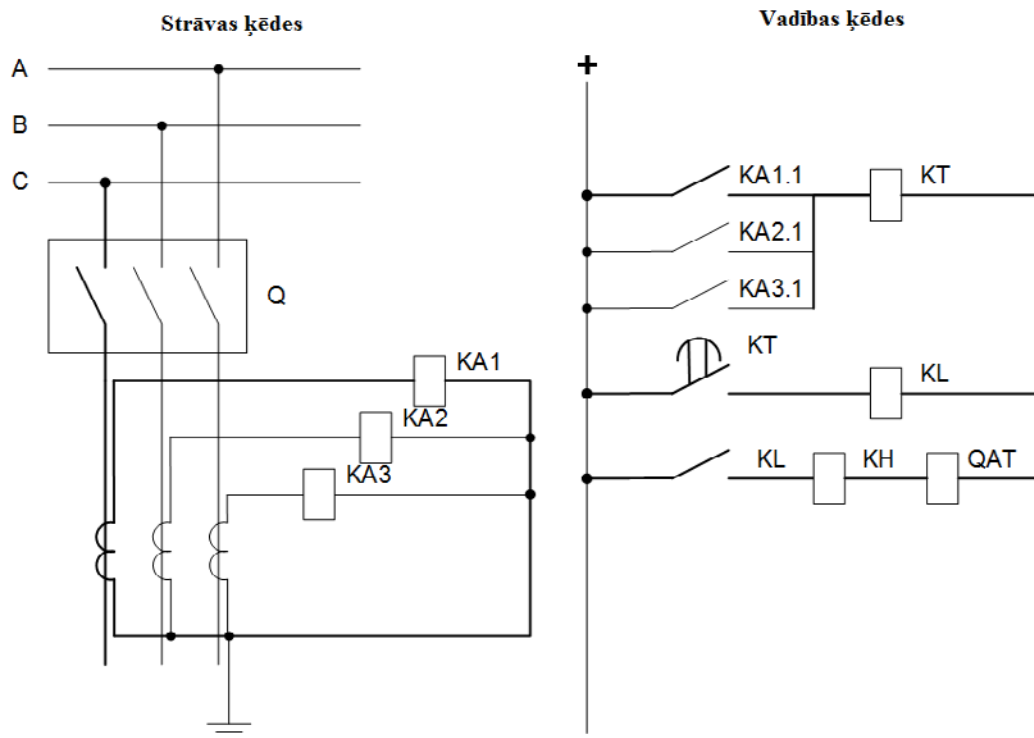
6.10. attēls. Relejaizsardzības selektīvas darbības skaidrojoša shēma

Lai aizsardzības  $RA_A$ ,  $RA_B$ ,  $RA_C$  funkcionētu selektīvi, t. i., lai izslēgtu tikai tam tuvākā aizsardzība, laika releja iestatījumus izvēlas, ievērojot pakāpenības principu.

Apakšstacijas  $C$  laika relejam izraugās minimālo laika iestatījumu  $t_c = t_{min}$ . Tālāk virzienā uz barošanas avota pusi katrai nākamajai aizsardzībai laika iestatījumu izvēlas par  $\Delta t$  lielāku. Apakšstacijas  $n$  laika iestatījumu izvēlas pēc formulas:

$$t_n \geq t_{n-1} + \Delta t \quad (6.7.)$$

Notiekot īsslēgumam līnijā  $L_c$  vietā  $K_c$ , tas tiek atslēgts ar laika kavējumu  $t_c$ . Ja kaut kāda iemesla dēļ aizsardzība  $RA_C$  nenostrādā, tad iedarbojas aizsardzība  $RA_B$  ar laiku  $t_B$  vai arī aizsardzība  $RA_A$  ar laiku  $t_A$ . Tā kā  $t_A > t_B > t_C$ , aizsardzības darbojas selektīvi. Rekomendētais  $t$  lielums ir 0,5 s, ja izmanto elektromehāniskos relejus, un 0,3 s, ja izmanto mikroprocesoru relejus.



6.11. attēls. Trīsfāžu strāvas aizsardzības shēma: KA1, KA2, KA3 – strāvas releji; KT – laika relejs; KL – relejs ar jaudīgiem kontaktiem; KH – citu funkciju vadības relejs (signālrelejs); QAT – jaudas slēdža atslēgšanas elektromagnēts

### Strāvas releju iestatījumu izvēle

Izvēloties relejaizsardzības strāvu  $I_{a\,nor}$ , jāievēro šādi noteikumi:

- 1) aizsardzība nedrīkst nostrādāt, ja aizsargājamā objektā, piemēram, līnijā, plūst maksimāla darba strāva  $I_{d\,max}$ ;
- 2) ārējā īsslēguma gadījumā, ja strāva aizsargājamā objekta ķēdē pēc bojājuma atslēgšanas samazinās līdz  $I_{d\,max}$ , aizsardzībai jāatgriežas izejas stāvoklī, t. i., jābūt:

$$I_{atgr} > I_{d\,max} \quad (6.8.)$$

kur:

$I_{atgr}$  – relejaizsardzības atgriešanās strāva;

$I_{d\,max}$  – maksimālā darba strāva.

Strāvas relejiem atgriešanās strāva ir mazāka par nostrādes strāvu:

$$I_{atgr} < I_{nostr} \quad (6.9.)$$

Pieņemot drošības koeficientu  $K_{dr} > 1$  (parasti,  $K_{dr} = 1, 2$ ), jānodrošina:

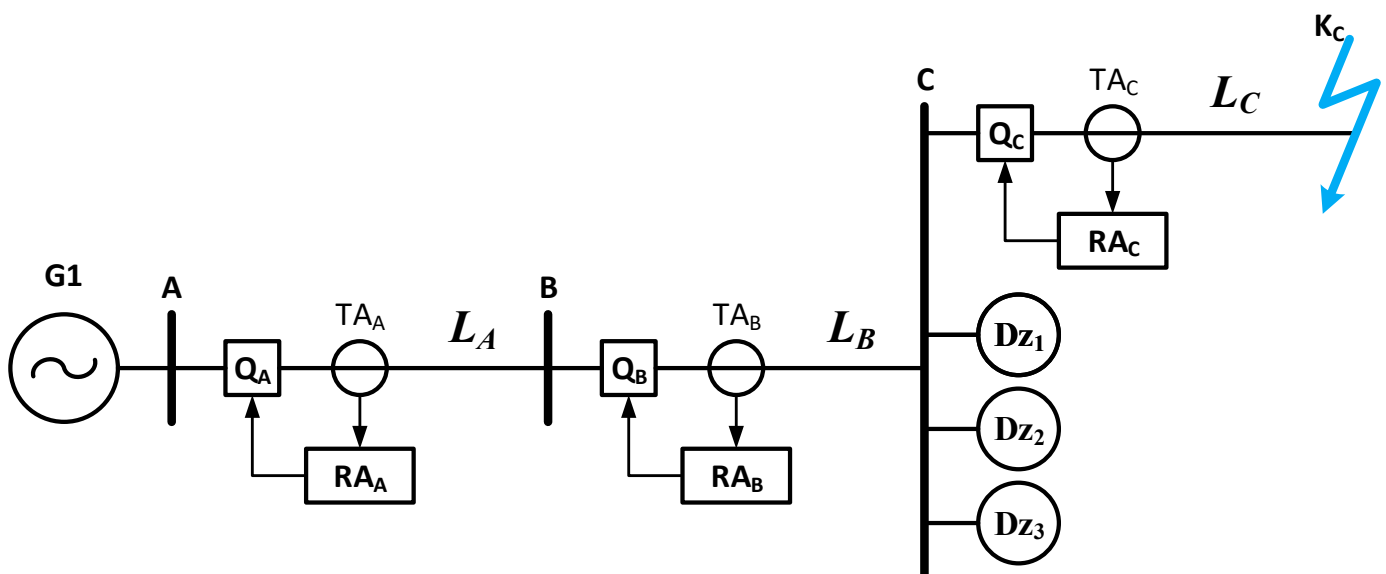
$$I_{atgr} < K_{dr} I_{d\,max} \quad (6.10.)$$

Rūpniecības uzņēmumu elektrotīklu aizsardzībā jāņem vērā arī elektrodzinēju pašpalaišanās strāva. To var ilustrēt, ja īsslēgums notiek punktā  $K_C$  (6.12. attēls). Īsslēguma strāva plūst caur līnijām  $L_A$  un  $L_B$ . Ņemot vērā rezervēšanas nosacījumus, pie īsslēguma punktā  $K_C$  tiek iedarbinātas aizsardzības  $RA_B$  un  $RA_A$ . Īsslēgums tiek atslēgts selektīvi no aizsardzības  $RA_C$  ar slēdzi  $Q_C$ . Bet īsslēguma laikā ( kaut arī tas nav liels) spriegums  $U_C$  ir stipri pazeminājies un elektrodzinēji, kas atrodas pie patērētājiem, samazina savu rotācijas ātrumu (bremzējas).

Pēc īsslēguma atslēgšanas ar slēdzi  $Q_C$  spriegums  $C$  apakšstacijā praktiski ir atjaunojies un elektrodzinējiem ar visiem tiem pieslēgtajiem darba mehānismiem pieaug apgriezieni (tie pašpalaižas). Pašpalaišanās strāva, ja ir daudz elektrodzinēju, ir liela, un tā plūst caur līnijām  $L_A$  un  $L_B$  un var traucēt  $RA_A$  un  $RA_B$  aizsardzību strāvas releju atgriešanos izejas stāvoklī. Tas nozīmē, ka laika releji  $RA_A$  un  $RA_B$  turpina uzņemt laiku un var atslēgties slēdzis  $Q_B$ . Pie palielinātas pašpalaišanās strāvas aizsardzībai  $RA_A$  un  $RA_B$  pēc īsslēguma atslēgšanas jāatgriežas izejas stāvoklī. To var panākt, tikai vēl vairāk palielinot relejaizsardzības nostrādes strāvu, tāpēc formulā ievieš pašpalaišanās koeficientu  $K_p$ .

$$I_{atgr} < K_{dr} K_p I_{dmax} \quad (6.11.)$$

Pašpalaišanās koeficients atkarībā no elektrodzinēju skaita un jaudas var ievērojami mainīties. Reālais lielums:  $K_p = 1,5 \div 2,0$



6.12. attēls. Maksimālstrāvas aizsardzība, ievērojot elektrodzinēju pašpalaišanās strāvas

**Releju nostrādes strāva**

Nostrādes strāva jāregulē. Nostrādes strāvu aprēķina, ņemot vērā strāvas releja atgriešanās strāvu un formulā ieviešot atgriešanās koeficientu  $K_{atgr}$ .

$$I_{nostr} = \frac{I_{atgr}}{K_{atgr}}, \quad (6.12.)$$

kur:

$$K_{atgr} = \frac{I_{atgr}}{I_{no}}, \quad (6.13.)$$

$K_{atgr}$  – normālais lielums elektromehāniskajiem relejiem ir 0,85. Jo tas ir augstāks, jo labāk (paaugstinās aizsardzības jutība).

$$I_{nostr} = \frac{K_{dr} K_p}{K_{atgr}} I_{d max}, \quad (6.14.)$$

kur  $I_{nostr}$  – relejaizsardzības nostrādes primārā strāva.

Iestatījumu regulē strāvas relejam, t. i., strāvmaiņa sekundārajā pusē. Tātad maksimālas strāvas aizsardzības strāvas relejiem nostrādes strāva jeb strāvas releja iestatījums ir šāds:

$$I_{r no} = \frac{K_{dr} K_p}{K_{atgr}} \times \frac{I_{d max}}{n_{TA}} \times K_{sh}, \quad (6.15.)$$

kur

$I_{dmax}$  – maksimālā darba strāva (AS);

$K_{dr}$  – drošības koeficients;

$K_p$  – elektrodzinēju pašpalaišanās koeficients;

$K_{atgr}$  – atgriešanās koeficients;

$K_{sh}$  – shēmas koeficients.

Shēmas koeficients  $K_{sh}$  ir ņemams vērā, tikai pārrēķinot strāvu releja pusē. Koeficients parāda, kā savienoti strāvas releju tinumi un strāvmaiņu sekundārie tinumi.

Strāvmaiņi ir standartizēti pēc skalas:

$I_{prim.} = 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 700; 1000; 1500; 2000; 3000; 4000$  un 6000 (A).

$$I_{sek} = 5 \text{ (A) vai } 1 \text{ (A)}$$

Strāvmaiņa transformācijas koeficients:

$$n_{TA} = \frac{I_{prim}}{I_{sek}} \quad (6.16.)$$

Piemēram:

$$n_{TA} = \frac{150}{5} = 30$$

### Momentānā strāvas aizsardzība

Momentānā strāvas aizsardzība jeb strāvas aizsardzība, neizmantojot laika kavējumu, atšķiras no maksimālstrāvas aizsardzības ar to, ka nostrādes strāvu  $I_{nostr}$  izvēlas nevis pēc darba strāvas, bet gan pēc maksimālas īsslēguma strāvas  $I_{kmax}$  vērtības aizsargājamās līnijas galā.

Aizsardzības nostrādes strāva:

$$I_{nostr} = K_{dr} I_{kmax}^{(3)}, \quad (6.17.)$$

kur

$K_{dr} = 1,2 \div 1,5$  – drošības koeficients;

$I_{kmax}^{(3)}$  – trīsfāžu īsslēguma strāvas periodiskā komponente;

$t = 0$  – īsslēgumam aizsargājamas līnijas galā  $K_B$ .

Ar aizsardzību MA1 aizsargājamo līnijas  $W_{AB}$  posmu  $I_A$  var noteikt grafiski kā līkņu krustpunktu. Posma  $I_A$  garums ir atkarīgs no īsslēguma veida.

Ja  $I_k^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_k^{(3)}$ , tad divfāžu īsslēgumā aizsargājamais līnijas posms ir īsāks. Vēl īsāks tas ir sistēmas normālā režīmā līnijas pilnas slodzes gadījumā.

Tā kā momentānā strāvas aizsardzība neaizsargā visu līniju, to nevar uzskatīt par līnijas pamataizsardzību. Tāpēc radiālajos sadales tīklos ar vienpusēju barošanu, lai ātri atslēgtu apakšstacijas kopnēm tuvus īsslēgumus un novērstu sistēmas stabilitātes traucējumus, momentāno strāvas aizsardzību parasti saista kopā ar maksimālstrāvas aizsardzību, un tā ir uzskatāma par papild aizsardzību [32].

## Distantaizsardzība

### Vispārējās ziņas

Maksimālstrāvas aizsardzības lielā laika kavējuma dēļ radās nepieciešamība radīt relejaizsardzību, kuras nostrādes laiks nepieaug, palielinoties attālumam (distancei) no relejaizsardzības uzstādīšanas vietas līdz īsslēguma vietai.

Relejaizsardzību, kas mēra distanci (pretestību  $Z$ ) līdz bojājuma vietai, sauc par **distantaizsardzību**. Distantaizsardzības princips nodrošina ātru, aizsardzības uzstādīšanas vietai tuvu īsslēgumu atslēgšanu un ar lielākiem laika kavējumiem sekojošo (tālāko) posmu bojājumu atslēgšanu. It sevišķi šis princips attaisnojas gadījumos ar lielu līnijas posmu skaitu un vairākiem barošanas avotiem.

Attālums līdz īsslēguma vietai tiek mērīts pretestības vienībās (omos):

$$Z_r = \frac{U_r}{I_r}, \quad (6.18.)$$

kur

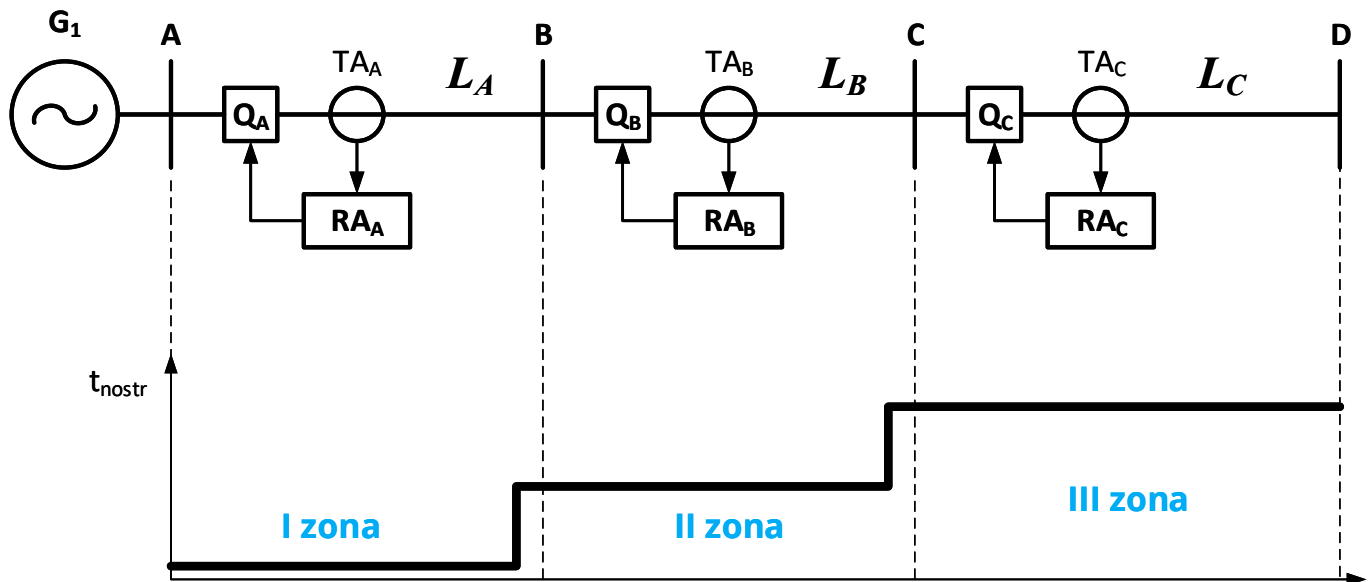
$Z_r$  – ar distantaizsardzības (pretestības) releju izmērīta pretestība;

$U_r$  – distantaizsardzības (pretestības) relejam pievienotais spriegums;

$I_r$  – distantaizsardzības (pretestības) relejam pievienotā strāva.

Distantaizsardzību izmanto kā pamataizsardzību tīklos ar nenosakāmu jaudas virzienu. Maģistrālām 110 kV un 330 kV līnijām par pamataizsardzību pieņem garendiferenciālās un paātrinātas distantaizsardzības ar tālvadības komandām, kas ļauj distantaizsardzību izmantot visā aizsargājamās līnijas garumā.

Var izveidot distantaizsardzību ar pakāpjveida laika kavējuma raksturlīknēm (6.13. attēls).



6.13. attēls. Distantaizsardzības zonas

Mūsdienās visbiežāk izmanto distantaizsardzības ar pakāpveida laika raksturlīknēm, visbiežāk ar trim vai piecām pakāpēm.

Lai pareizi nomērītu pretestību līdz īsslēguma vietai, mērierīcēm (pretestības relejiem) jāpadod noteikta strāvas un sprieguma kombinācija. Starpfāžu īsslēguma gadījumā pareizs mērījums būs nodrošināts, ja mērierīcei padod starpfāžu spriegumu un fāžu strāvu starpību.

Metāliska īsslēguma gadījumā starp A un C fāzēm spriegums  $U_{AC}$  īsslēguma vietā līdzinās nullei, bet aizsardzības uzstādīšanas vietā spriegums ir:

$$U_{AC} = (I_A - I_C) \times Z_{\text{īpatn}} \times l, \quad (6.19.)$$

kur

$Z_{\text{īpatn}}$  – līnijas fāzes vada īpatnējā pretestība;

$l$  – attālums līdz īsslēguma vietai.

Tādā veidā pretestība uz releja spailēm:

$$Z_r = \frac{U_{AC}}{I_A - I_C} = Z_{\text{īpatn}} \times l \quad (6.20.)$$

Līdz ar to redzams, ka pretestība ir atkarīga no līnijas garuma, t. i., attāluma.



Distantaizsardzības priekšrocības, salīdzinot ar maksimālstrāvas aizsardzību, ir šādas:

- nav jāsaskaņo iestatījums ar līnijas darba strāvu, tā kā distantaizsardzība nereaģē uz strāvas absolūto vērtību, jo distantaizsardzība ir virzīta un slodzes strāvu no īsslēguma strāvas var atšķirt ar rakstulīknes palīdzību;
- distantaizsardzības jutība nav atkarīga no energosistēmas darba režīma (*max* vai *min*).

Vēl viena pievilcīga priekšrocība ir tā, ka tuvie īsslēgumi atslēdzas bez laika kavējuma neatkarīgi no sistēmas ģenerējošo avotu režīma.

6 kV un 10 kV sadales tīkliem parasti ir vienkārša konfigurācija, un ātrdarbības prasība tur nav izšķiroša. Tāpēc distantaizsardzības izmanto galvenokārt tīklos ar darba spriegumu 110 kV un 330 kV, kur maksimālstrāvas aizsardzības laikā kavējumu līmenis ir nepieļaujami liels, bet jutība – zema. Atsevišķos gadījumos distantaizsardzības izmanto arī 20 kV tīklos, jo pietiekami garām līnijām nevar nodrošināt selektivitātes kritērijus.

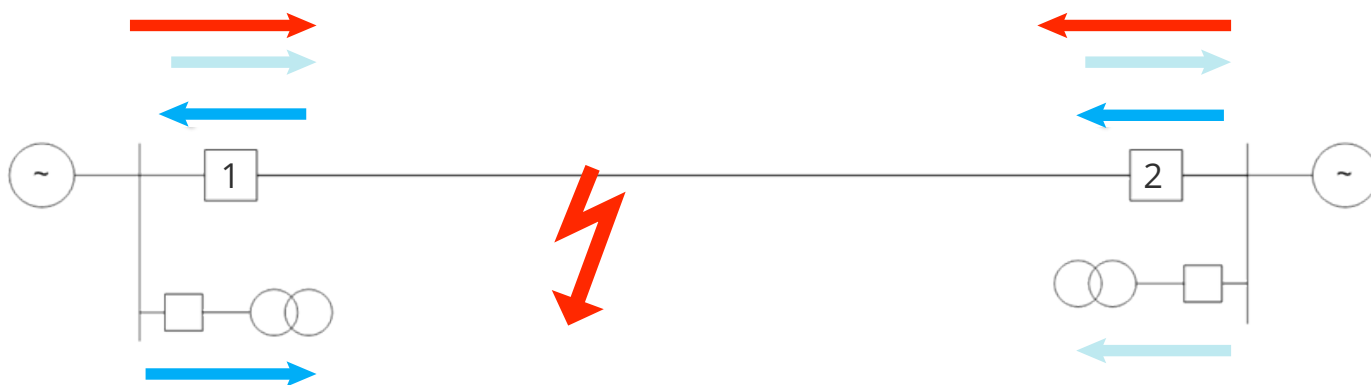
### Diferenciālā aizsardzība

Izšķir vairākus diferenciālās aizsardzības pielietojumus. Īsu līniju, transformatoru tinumu un izvadu, kopņu un ģeneratoru statora tinumu aizsardzībai plaši izmanto garendiferenciālo strāvas aizsardzību. Divu paralēli strādājošu līniju un ģeneratoru statoru tinumu (ja katras fāzes tinums izveidots ar diviem paralēliem zariem) aizsardzībai lieto šķērsdiferenciālo strāvas aizsardzību.

### Garendiferenciālā strāvas aizsardzība

Diferenciālās aizsardzības princips tika ieviests 19. gadsimtā un bija viens no pirmajiem aizsardzības principiem pasaulē.

Bojājumu nosaka, salīdzinot ieplūstošās un izplūstošās strāvas aizsardzības zonā. Tā kā diferenciālā aizsardzība ir absolūti selektīva un nostrādes laiks ir īss (nav nepieciešamības pēc laika kavējuma), tad visos gadījumos to uzskata par pamataizsardzību.



6.14. attēls. Diferenciālās aizsardzības darbības princips

Diferenciālā aizsardzība nosaka visu ieplūstošo un izplūstošo strāvu summu aizsargājamā objektā. Nebojāta objekta strāvu summa ir nulle (atbilstoši pirmajam Kirchofa likumam). Šajā gadījumā netiek ņemtas vērā magnetizēšanās un kondensatoru izlādes (kapacitatīvās) strāvas. Lai novērstu aizsardzības kļūdainas nostrādes strāvmaiņu mērīšanas kļūdu dēļ, nosakot aizsardzības palaišanās strāvu, jāņem vērā caurplūstošās strāvas lielums, kuru sauc par stabilizācijas jeb bremsēšanas strāvu.

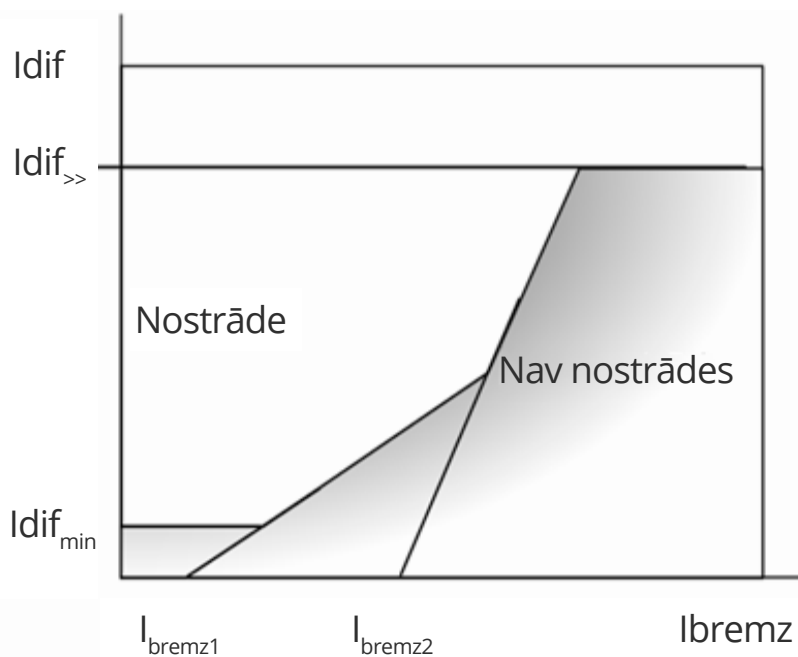
Diferenciālo aizsardzību var samērā vienkārši izvest, ja aizsargājamais objekts ir ģeogrāfiski neizkliedēts (ģenerators, kopnes, transformators). Tādā gadījumā strāvmaiņus un aizsardzību var savienot ar sekundārajiem kabeļiem.

Ja diferenciālo aizsardzību izmanto elektroenerģijas pārvades līnijām, tad strāvas jāpārraida lielos attālumos (vairāki desmiti kilometru). Lai aizsardzība būtu efektīva, jāizmanto datu pārraides tīkli un telekomunikācijas aparatūra, kas varētu pārraidīt informāciju tālāk par 100 km.

Veidojot transformatora diferenciālo aizsardzību, jāņem vērā:

- strāvas tiek salīdzinātas dažādu spriegumu līmeņos;
- salīdzinot strāvu vektoru virzienus, jāņem vērā strāvmaiņu polaritāti.

Izstrādājot transformatorus, to tinumus veido tā, lai ieplūstošā un izplūstošā strāva tiktu nobīdīta par transformatora slēguma grupu. Iestatījumu izvēles piemērs sniegts 6.15. attēlā.



6.15. attēls. Aizsardzības iestatījumu izvēles piemērs

Minimālā diferenciālās aizsardzības nostrāde notiek pie  $Idif_{min} \geq 0,2 \times I_N$ , jo tiek ņemta vērā strāvmaiņu mērīšanas kļūda. Tas nozīmē, ka diferenciālā aizsardzība spēj nostrādāt pie bojājuma visagrīnākās stadijas. Piemēram, iekārtai ar  $I_N = 200$  A problēma tiks atklāta jau no 40 A nebalansa stāvas.

$I_{bremz1}$  nodrošina aizsardzības stabilu darbību (nenostrādi) pie ārēja īsslēguma **un** lielām slodzes strāvām.

$I_{bremz2}$  nodrošina aizsardzības stabilu darbību (nenostrādi) pie tuviem ārējiem īsslēgumiem.

$I_{dif>}$  izvēlas pēc lielākās iespējamās ārējās īsslēguma strāvas  $I_{diff>} \approx 100/U_k \%$

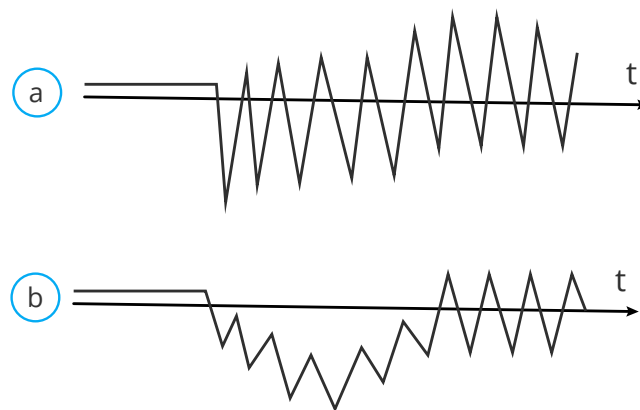
### Nebalansa strāva

Normālā darbā un ārējā īsslēguma gadījumā pieņemam, ka shēmai ar cirkulējošām strāvām  $I_r \approx 0$ . Faktiski tas ir tikai ideālajā gadījumā, kad magnetizēšanas strāva  $I_{mag} = 0$  vai arī strāvmaiņiem ir absolūti identiskas raksturlīknes  $I_s = f(I_{pr})$ . Reāli tomēr vienāda tipa strāvmaiņiem ar vienādiem pārnesuma koeficientiem  $n_1$  raksturlīknes būs vairāk vai mazāk atšķirīgas (6.16. attēls). Tāpēc praktiski vienmēr būs kāda neliela strāva, kuru sauc par nebalansa strāvu  $I_{nb}$  un kura caur releja spoli tomēr noslēgsies:

$$I_r = I_{nb} = \left( \frac{I_{pr1}}{n_1} - I_{mag1} \right) - \left( \frac{I_{pr2}}{n_2} - I_{mag2} \right) = I_{sl1} + I_{sl2} \quad (6.21.)$$

Jāatzīmē, ka  $I_{nb}$  vērtība strauji pieaug, ja pieaug strāvmaiņa serdes magnētiskais piesātinājums. Tāpēc, lai nodrošinātu pēc iespējas vienādas magnetizēšanas raksturlīknes un līdz ar to nelielas nebalansa strāvas, cenšas panākt strāvmaiņu serdes piesātināšanos tikai pie ārējo īsslēgumu maksimālajām strāvām. Tāpēc garendiferenciālajai aizsardzībai:

- 1) lieto speciālus strāvmaiņus vai arī strāvmaiņus ar tādām serdēm, kas piesātinās ar lielām īsslēguma strāvām, un strāvmaiņus, kurus var noslogot ar relatīvi lielām slodzes pretestībām  $Z_{sl}$ ;
- 2) cenšas ierobežot tinumā inducēto EDS  $E_s$ . No  $E_s$  vērtības atkarīga strāvmaiņa magnētiskā indukcija  $\Phi$ , un no tās atkarīga  $I_{mag}$ .  $E_s$  var samazināt, samazinot  $Z_{sl}$  un palielinot pārnesuma koeficientu  $n_1$ . Lai strāvmainis strādātu magnetizēšanas raksturlīknes nepiesātinātājā daļā, slodzes pretestības jāizraugās pēc strāvu kļūdu līknēm.



6.16. attēls. Ārējā īsslēguma oscilogrammas: a – primārā īsslēguma strāva  $I_{k\ \grave{a}r} = f(t)$ ;  
b – nebalansa strāva, kura noslēdzas caur releja spoli  $I_{nb} = f(t)$

Sevišķi strauji pieaug  $I_{nb}$  ārējā (caurejošā) īsslēguma gadījumā un sasniedz maksimālo vērtību  $I_{nb \max}$  tikai pēc dažiem periodiem atkarībā no īsslēguma smaguma (6.16. attēls). vērtību nosaka īsslēguma strāvas aperiodiskā komponente. Jāpiebilst, ka  $I_{nb}$  ietekmē arī strāvmaiņu seržu paliekošais magnētisms. Paliekošā magnētiskā indukcija summējas ar īsslēguma strāvu veidoto indukciju un var radīt serdes piesātināšanos, tādejādi palielinot  $I_{nb}$ .

$I_{nb \max}$  ātri (dažās sekunžu desmitdaļās) norimst (6.16. attēls). Nebalansa strāvas pārejas procesa ilgumu nosaka strāvmaiņu  $TA_1$  un  $TA_2$  (6.16.b attēls) sekundāro tinumu laika konstantes  $T_1$  un  $T_2$ . Jo lielākas  $T_1$  un  $T_2$  vērtības, jo vērtība pieaug, un pārejas process ieilgst.

Lai aizsardzība strādātu selektīvi, jāizvēlas, lai  $I_{no} > I_{nb \max}$ . Releja iedarbes strāvu arī nosaka pēc  $I_{nb \max}$ :

$$I_{no} = K_{dr} \cdot I_{nb \max} \quad (6.22.)$$

kur

$I_{nb \max}$  – maksimālā nebalansa strāva ārēja īsslēguma gadījumā;

$K_{dr} > 1$  – drošības koeficients.

### Garendiferenciālās aizsardzības novērtējums

Priekšrocības:

- 1) "absolūta" selektivitāte;
- 2) ātra (bez laika kavējuma) un stabila darbība starpfāžu īsslēgumos aizsargājamā zonā (aizsardzības reagē arī pie vienfāzes zemesslēgumiem tīklā ar zemētu neitrāli);
- 3) nereaģē uz sistēmas svārstībām un pārslodzi;
- 4) vienkārša konstrukcija;
- 5) pietiekami augsta darbības jutība.

Jutības koeficients:

$$K_j = \frac{I_{k \min}}{I_{no a}} \geq 2, \quad (6.23.)$$

kur  $I_{k \min}$  – minimālā īsslēguma strāva, notiekot metāliskajam īsslēgumam aizsargājamā zonā.

Trūkumi:

- 1) nepieciešami speciāli savienotāji vadi (kabeļi), kuri ievērojami sadārdzina aizsardzību (sevišķi lielākiem attālumiem). Jāpiebilst, ka kabeļus parasti iegulda zemē gar līnijas trasi. To izmaksas pieaug proporcionāli kabeļa garumam;
- 2) līniju aizsardzībai nepieciešama speciāla kontroles iekārta par savienotāju vadu stāvokli;
- 3) nereaģē uz bojājumiem ārpus aizsargājamās zonas, t. i., nevar to izmantot kā rezerves aizsardzību kaimiņu aizsardzības rajoniem.

### Izmantošana

Garendiferenciālo aizsardzību uzstāda 1÷2 km garām 6–10 kV sistēmas saites līnijām, ja vienkāršas relejaizsardzības (maksimālstrāvas virzītās vai nevirzītās aizsardzības) neapmierina jutības prasības.

Īsās (3÷4 km) 20 kV līnijās ar divpusīgu barošanu var uzstādīt garendiferenciālo kā pamataizsardzību pie daudzfāžu un divkāršiem zemesslēgumiem, ja vienkāršākas aizsardzības neapmierina jutības, selektivitātes un darbības ātruma prasības. Ja nav vajadzīgs ieguldīt zemē speciālu kabeli savienotājiem vadiem, aizsargājamās līnijas garumu drīkst arī palielināt. Savienotāju vadu kontrolei jāparedz speciāla signalizācija. Kā rezerves aizsardzība pret bojājumiem ārpus aizsargājamās zonas jāuzstāda attiecīga strāvas aizsardzība.

110 kV un augstāka sprieguma līnijām kā pamataizsardzību pie vienfāzes un starpfāžu īsslēgumiem izmanto garendiferenciālo aizsardzību.

Savienotāju vadu kontrolei jāuzstāda speciāla signalizācijas ietaise.

Jāpiebilst, ka garendiferenciālo aizsardzību 6÷20 kV līnijām izveido divfāžu izpildījumā, turpretim 110 kV un augstākā sprieguma līnijām – trīsfāžu izpildījumā [32].

### Kopņu aizsardzība

Kopņu iespējamie bojājumi un to aizsardzība ir atkarīga no sprieguma un tīkla neitrāles zemēšanas veida.

6–20 kV sprieguma elektriskie tīkli strādā ar nezemētu neitrāli vai kompensētām zemes slēguma strāvām. Speciālu aizsardzību 6–20 kV kopnēm neuzstāda. Bojājumi uz 6–20 kV sprieguma kopnēm ir ļoti reti. 6–20 kV sprieguma kopnes aizsargā barojošo līniju pretējos galos uzstādītās aizsardzības otrā pakāpe.

110–330 kV tīkli strādā ar cieši zemētu neitrāli, un kopnes jāaizsargā pret visa veida bojājumiem. 110–330 kV sprieguma apakšstacijas ar vienkāršu kopņu izveidojumu aizsargā barojošo līniju pretējo galu relejaizsardzības 2. pakāpe (strāvas vai distantaizsardzība). 110–330 kV sprieguma apakšstacijas divkopņu un sarežģītākas konfigurācijas kopņu aizsardzībai uzstāda relejaizsardzību, parasti

garendiferenciālo aizsardzību. Kopņu aizsardzībai izmanto arī strāvas aizsardzību, kas uzstādīta kopņu barojošam transformatoram.

### Kopņu diferenciālā aizsardzība

Relejaizsardzības iekārtām, kuras izmanto energosistēmā, jāparedz to nostrāde pie visu veidu bojājumiem, un tās jāuzstāda visiem energosistēmas elementiem.

Relejaizsardzības, kuras izmanto mērījumus no viena vai vairākiem mērmaiņiem (piemēram, maksimālstrāvas aizsardzība (MSA) un garendiferenciālā aizsardzība (GDA)), labi atbilst iepriekš minētajām prasībām, tās aizsargā stacijas kopnes bez laika kavējuma, bet apakšstaciju kopnes – ar laika kavējumu. Transformatoru un ģeneratoru relejaizsardzības vispār nereaģē uz kopņu bojājumiem, jo tās atrodas ārpus aizsargājamās zonas (mērmaiņu vietās).

Iespēja, ka bojājums notiks tieši uz kopnēm, ir necīga. Tomēr pilnībā to ignorēt nevar. Bojājumiem uz kopnēm raksturīga liela strāva un jauda. Bojājuma dēļ var izcelties ugunsgrēks, kā arī no tīkla var tikt atslēgta visa stacija vai apakšstacija. Tas var novest pie ilgstoša nelabvēlīga energosistēmas darba režīma un/vai patērētāju atslēgšanas.

Ārtipa sadalnes gadījumā kopņu bojājuma iespēja ir lielāka, toties mazāka varbūtība, ka tas izraisīs nopietnus traucējumus stacijas darbībā.

Sadalot apakšstacijas kopnes vairākās sekcijās un svarīgākos patērētājus pieslēdzot pie dažādām sekcijām, kopņu bojājuma gadījumā iespējams neatslēgt patērētājus.

Jāpiebilst, ka, pat izmantojot diferenciālo aizsardzību visām pārvades elektrolīnijām, nav iespējams nodrošināt bojājuma atslēgšanu bez laika kavējuma. Jārēķinās, ka ilgstoša īsslēguma ( $0,3 \div 0,5$  s) radītais sprieguma pazeminājums var izraisīt asinhrono gaitu sistēmā un izraisīt totālu avārijas.

Esošās kopņu diferenciālās aizsardzības ir stabilas pret ārējiem bojājumiem, kā arī ir radīti līdzekļi, lai nodrošinātu to nenostādīti ārēju apstākļu ietekmē.

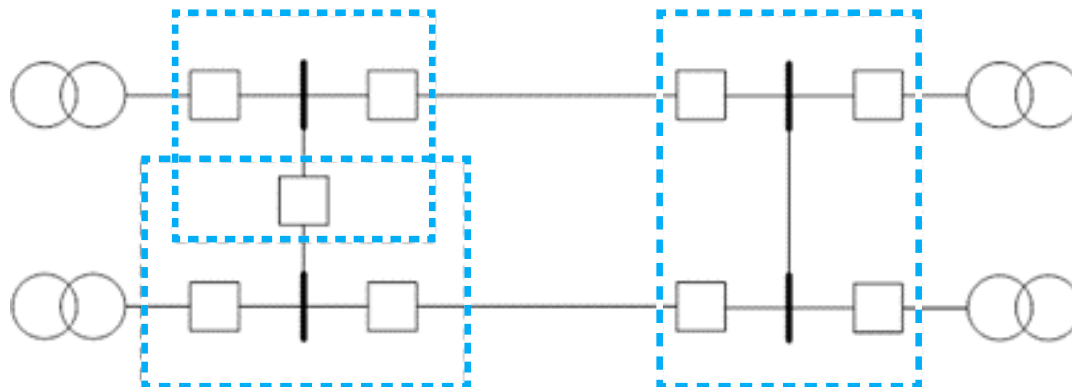
Kopnes dažreiz neaizsargā, jo:

- 1) kopnes ir drošs elements, un tām ir maza bojājuma iespēja;
- 2) relejaizsardzību tālās rezervēšanas pakāpes nodrošinās kopņu aizsardzību.

No kompleksās diferenciālās aizsardzības (KDA) var atteikties pie mazām apakšstacijām.

Kompleksās diferenciālās aizsardzības nepieciešamas, ja:

- 1) tālās rezervēšanas relejaizsardzības neaizsargā kopnes;
- 2) nav iespējams nodrošināt ātru atslēgšanas laiku ( $\leq 0,3$  s);
- 3) ja tiek izmantota sekcionēta vai divkopņu sistēma.



6.17. attēls. Kopņu diferenciālā aizsardzība (aizsardzības zonas parādītas ar pārrauktu līniju)

## Elektrolīniju automātika

### Automātiskā atkārtotā ieslēgšana

No ilggadējas elektrotīklu ekspluatācijas pieredzes zināms, ka vairākiem īsslēgumiem ir pārejošs raksturs (piemēram, atmosfēras pārspriegumi, līnijas vadu saskare stipra vēja dēļ, salauztu koku zaru izraisītie īsslēgumi utt.). Šajos gadījumos, relejaizsardzībai atslēdzot līniju, īsslēguma vietā izveidojies elektriskais loks ātri nodziest un līniju var ieslēgt no jauna. Šim nolūkam uzstāda speciālas līniju automātiskas atkārtotas ieslēgšanas ierīces AAI.

Visas gaisvadu līnijas, sākot no sprieguma 6 kV, ir apgādātas ar AAI ierīcēm. Prakse pierādīja, ka AAI ierīces ir lietderīgi izmantot arī kopnēm, transformatoriem un atsevišķos gadījumos arī kabeļlīnijām. AAI darbības ekonomiskais efekts ir ļoti liels. Sekmīgas AAI darbības rezultātā patērētāji praktiski nepārtraukti saņem elektroenerģiju, jo pārtraukums nav lielāks par dažu sekunžu desmitdaļām vai simtdaļām.

AAI ierīces iedala vienkārtējas, divkārtējas un trīskārtējas darbības ierīcēs.

Vienkārtējas AAI ierīces darbība noris šādi: īsslēguma gadījumā relejaizsardzība jaudas slēdzi atslēdz, līdz ar to tiek palaista un nostrādā AAI ierīce, kas ieslēdz slēdzi atkārtoti. Ja īsslēgumam bijis pārejošs raksturs un tas līnijas atslēguma laikā pašlikvidējas (koks noslīd no līnijas vada, un elektriskais loks nodziest), līnija paliek darbā. Šādā gadījumā AAI ierīces darbību uzskata par sekmīgu. Stabila īsslēguma gadījumā (koks paliek uz līnijas vada) relejaizsardzība nostrādā vēlreiz un līniju atslēdz otro reizi. Tad uzskata, ka AAI ierīces darbība bijusi nesekmīga, un tās tālākā darbība tiek bloķēta.

Divkārtēja AAI ierīce divas reizes ieslēdz bojāto līniju. Ja īsslēgums ir stabils, tad, relejaizsardzībai atslēdzot līniju trešo reizi, AAI ierīce vairs nenostādā (tiek bloķēta).

Trīskārtēja AAI ierīce bojāto līniju ieslēdz trīs reizes. Ceturto reizi stabila bojājuma gadījumā AAI vairs nenostādā.

Statistika liecina, ka AAI ierīču sekmīga darbība pirmajā ciklā vidēji ir 75 % robežās, otrajā – 10÷15 % un trešajā – 1,5÷3 %. Tāpēc par efektīvākajām uzskatāmas vienkārtēja AAI ierīces, un tās arī tiek izmantotas visbiežāk. Jāpiebilst, ka vairākkārtējas AAI ierīču uzstādīšana prasa biežāku jaudas slēdžu apkopi.

Latvijas energosistēmā divkārtējas AAI ierīces uzstāda automatizētajās apakšstacijās (bez dežurējoša personāla) un apakšstacijās ar īsslēdzējiem un nodalītājiem.

AAI ierīces darbība ir atkarīga no vairākiem faktoriem, kuri ietekmē un nosaka tās shēmas un konstruktīvo izveidojumu [32].

### **Nostrādes laiks $t_{AAI}$**

Ar  $t_{AAI}$  saprot laiku no ierīces palaišanas momenta līdz momentam, kad tiek padots impulss uz jaudas slēdža ieslēgšanas spoli. Vēlams, lai slēdzi ieslēgtu iespējami ātrāk un līdz ar to saīsinātu laiku. Tomēr ir vairāki faktori, kuri ierobežo  $t_{AAI}$  samazināšanu.

Vispirms jāmin vides dejonizācijas laiks  $t_{vd}$ , t. i., laiks, kurā īsslēguma vietā izveidojies elektriskais loks nodziest un atjaunojas iepriekšējais vides pretestības līmenis.  $t_{vd}$  ir atkarīgs no līnijas nominālā sprieguma, īsslēguma strāvas vērtības un ilguma, meteoroloģiskajiem apstākļiem utt.

Eksperimentāli noteikts, ka minimālais bezstrāvas pauzes laiks, kurā notiek vides dejonizācija, 20 kV sprieguma līnijām ir aptuveni 0,1 s, 110 kV līnijām – 0,15÷0,2 s, 330 kV un 500 kV līnijām – 0,3÷0,8 s.

Jāievēro jaudas slēdža un tā darbinātāja atslēgšanas spējas atjaunošanās. Atslēdzot īsslēgumu, jāpaiet nelielam laika sprīdim  $t_{gQ}$ , lai slēdzis spētu otro reizi nostrādāt un atslēgt bojājumu.

Laiku  $t_{gQ}$  sauc par slēdža gatavības laiku atkārtotai nostrādei, un to raksturo laiks  $t_{gd}$ , kas ir atkarīgs no darbinātāja tipa un ir 0,1÷0,2 s.

Ja darbinātājs ir sliktā tehniskā stāvoklī, šis laiks var pieaugt līdz 0,4 s. Laiks  $t_{gd}$  jāievēro, lietojot eļļas slēdžus. Turpretī saspiesta gaisa slēdžiem un elegāzes slēdžiem šo laiku var neievērot.



Ilggadīgā tīklu ekspluatācijas pieredze rāda, ka  $t_{gQ}$  vienkārtējas AAI gadījumā var neievērot, kas izskaidrojams ar to, ka:

$$t_{gQ} < (t_{gd} + t_{Qie}), \quad (6.24.)$$

kur  $t_{Qie}$  – slēdža ieslēgšanas laiks.

Tātad:

$$t_{AAI} = t_{vd} + t_{rez}, \quad (6.25.)$$

kur  $t_{rez} = 0,15$  (s)

### AAI ierīces palaišana

AAI ierīcei jāpalaižas katras slēdža neoperatīvas atslēgšanas gadījumā. Neoperatīva atslēgšanās ir tāda, kas notiek bez operatīva personāla piedalīšanās. Neoperatīvas atslēgšanas lielākoties ir saistītas ar relejaizsardzības nostrādi. Tātad AAI var palaist no releju aizsardzības izejas kontaktiem, bet tāds palaišanas variants nebūs universāls.

Universālais AAI ierīces palaišanas variants ir palaišana pēc neatbilstības starp jaudas slēdža un tā vadības slēdža stāvokļiem.

Ja apakšstacijas dežurants operatīvi atslēdz jaudas slēdzi, tad AAI ierīce tiek bloķēta un netiek palaista.

AAI ierīce nedrīkst nostrādāt vairāk reižu, nekā ir paredzēts shēmā, piemēram, vienkārtēja AAI ierīce drīkst nostrādāt tikai vienu reizi, lai paliekoša bojājuma gadījumā nevajadzīgi nebojātu slēdzi.

### Relejaizsardzības darbības saskaņošana ar AAI ierīču darbību

Relejaizsardzības darbības saskaņošanas pamatprasība ir īsslēguma ātrā atslēgšana. Šī prasība augstsprieguma tīklos liek izmantot sarežģītās ātrdarbīgas aizsardzības, piemēram, garendiferenciālās aizsardzības, diferenciālās fāžu aizsardzības (kas Latvijā vairs netiek izmantotas) vai distantaizsardzības ar telepaātrinājumu. Tai pašā laikā tīklos ir ļoti daudz radiālo līniju ar vienpusējo barošanu, kurām sarežģīto aizsardzību pielietošana ir tehniski un ekonomiski neattaisnojama.

AAI esamība atver iespēju daudzos gadījumos iztikt ar vienkāršo aizsardzību, piemēram, maksimālstrāvas ar laika kavējumu, papildinātu ar neselektīvo īsslēguma aizsardzību. Pie pārejoša īsslēguma atslēgšana ar neselektīvo īsslēguma aizsardzību būs izlabota ar AAI ierīces darbību.

Pieļaujot aizsardzības neselektīvu darbību, lai panāktu paātrinātu paliekoša bojājuma atslēgšanu, jāizveido relejaizsardzības paātrināta nostrāde pirms vai pēc AAI ierīces darbības. To panāk ar to, ka pamataizsardzībai (piemēram, maksimālstrāvas aizsardzībai) samazina jutīgākās pakāpes nostrādes

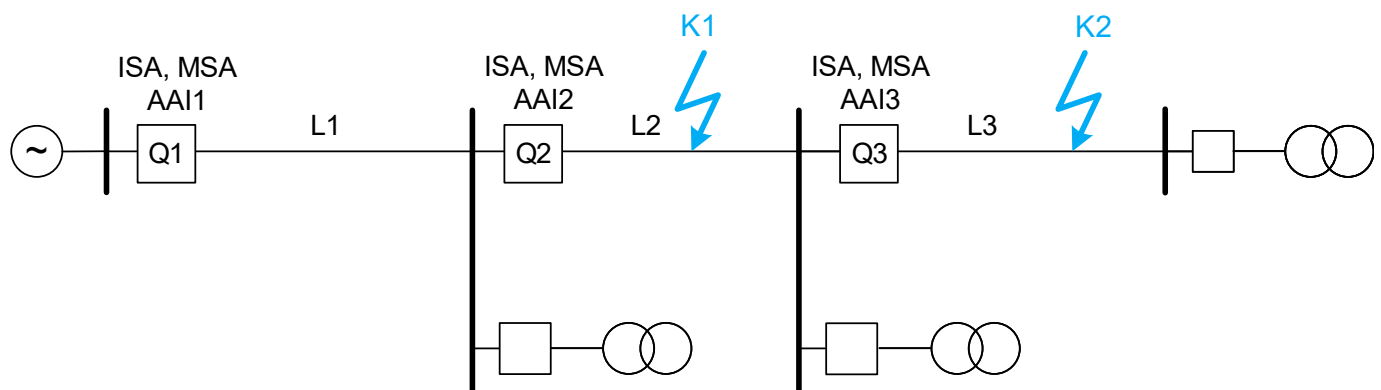
laiku, vai arī šim nolūkam izmanto speciālu īsslēguma strāvas aizsardzību bez laika kavējuma, ko automātiski ievieš darbā pēc tam, kad ir nostrādājusi AAI ierīce.

### Relejaizsardzības paātrinājums pirms AAI

Relejaizsardzību ar paātrinājumu pirms AAI izmanto radiālās vienusējī barotās līnijās sastāvošās no vairākiem posmiem.

Katrā līnijas posmā uzstādīta selektīvā aizsardzība, piemēram, maksimālstrāvas aizsardzība. Līnijas sākumā pie slēdža  $Q1$  papildus selektīvai pamataizsardzībai uzstāda neselektīvo aizsardzību  $NA$  – īsslēguma strāvas aizsardzību. Neselektīvas aizsardzības nostrādes strāva (iestatījums) tiek izvēlēta tikai pēc nosacījuma, lai tā nenostādātu, ja notiek īsslēgums aiz transformatoriem pretējā līnijas galā, jo transformatoriem ir savas relejaizsardzības un savi slēdži:

$$I_{NA\ no} = 1,2 I_{k\ max}^{(3)} \quad (6.26.)$$



6.18. attēls. Elektroenerģijas tīkla shēma

Līnijas pirmajā posmā maksimālstrāvas aizsardzības jutīgai pakāpei ir atļauta paātrināta darbība jaudas slēdža ieslēgšanas brīdī.

Normālā režīmā šis laiks ir pagājis un atbilstoši maksimālstrāvas aizsardzības pakāpei ir paredzētais nostrādes laiks. Īsslēguma gadījumā jebkurā līnijas posmā slēdzis  $Q1$  atslēdzas ar neselektīvo aizsardzību un AAI nostrādes brīdī MSA jutīgai pakāpei ir atļauts nostrādāt paātrināti. Palielēta īsslēguma gadījumā jaudas slēdzi, pēc AAI nostrādes, atslēgs vienlaicīgi gan īsslēguma aizsardzība, gan jutīgā MSA pakāpe.

Paātrināta īsslēguma atslēgšana saīsina lielās strāvas iedarbības laiku uz enerģētisko iekārtu un samazina tās bojājuma apjomu. Samazinās pārejošā īsslēguma varbūtība pāriet palielētajā, līdz ar to palielinās AAI darbības sekmīgums. Samazinās arī patērētāju atrašanās laiks ar pazeminātu spriegumu.

Jāņem vērā arī tas, ka  $Q1$  slēdzis atslēdz lielāko īsslēgumu skaitu un to biežāk nāksies remontēt [32].

### Automātiskā rezerves ieslēgšana (ARI)

Lai nepārtraukti apgādātu patērētājus ar elektroenerģiju, ļoti liela nozīme ir arī automātiskai rezerves ieslēgšanai. Automātiskās atkārtotās ieslēgšanas ierīce paredzēta elektriskās ķēdes atkārtotai ieslēgšanai pēc tam, kad šo ķēdes posmu bojājuma dēļ atslēgusi aizsardzība.

ARI tiek uzstādīta rezerves elektroietaišu automātiskai ieslēgšanai vai arī tad, ja relejaizsardzība atslēgusi normālo elektroapgādes avotu, piemēram, relejaizsardzība bojājuma dēļ apakšstacijā ir atslēgusi vienu 110/20 kV transformatoru. Šādā gadījumā automātiskā rezerves ieslēgšana dod iespēju vidējā sprieguma (20 kV) kopnes sekciju pieslēgt otram 110/20 kV transformatoram un 20 kV patērētājiem tiek atjaunota energoapgāde. ARI rezerves līnijai, transformatoram, vidējā sprieguma vai zemsprieguma kopnēm un rezerves elektrodzinējam parādīta 6.19. attēlā. To var izveidot arī citu veidu elektroietaisēm (piemēram, maiņsprieguma vai līdzsprieguma sekcionētām kopnēm).

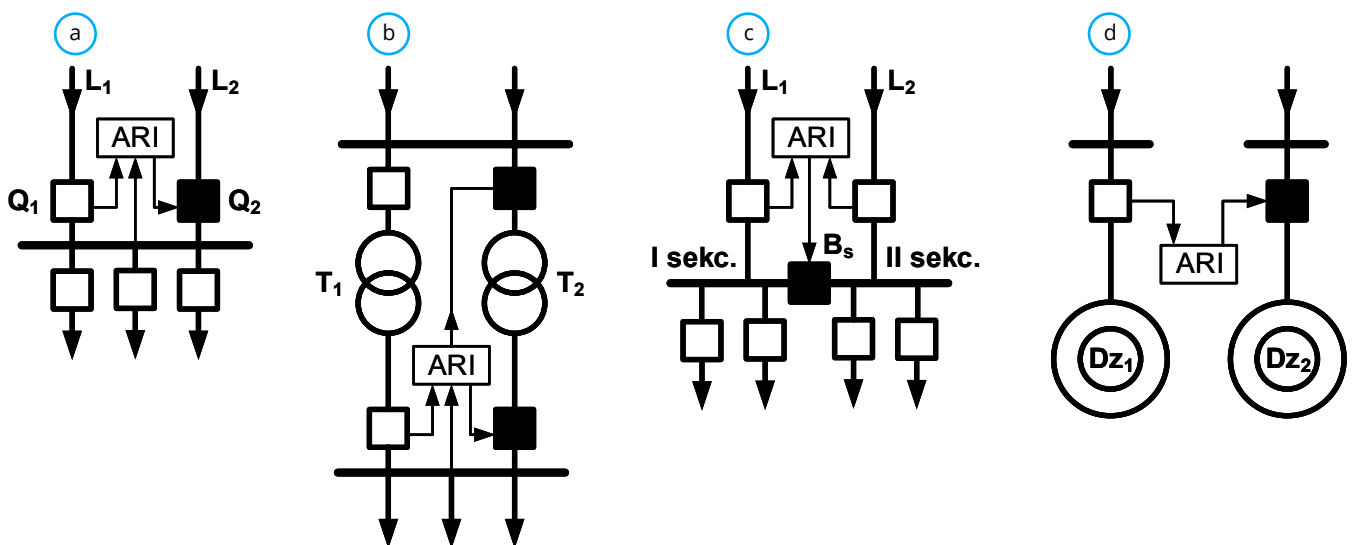
ARI iekārtai pieļauj nostrādi tikai **vienu reizi**, lai novērstu otrreizēju rezerves elementa ieslēgšanu pēc tam, kad to atslēgusi releju aizsardzība pie paliekoša kopņu bojājuma.

Lai nesagādātu traucējumus ražošanas tehnoloģiskajā procesā, ARI darbībai jānoris iespējami ātri un stabili.

ARI iekārtu parasti palaiž minimālā sprieguma aizsardzība, ja pazūd spriegums.

Shēmās ar melnu iekrāsots ir rezerves slēdzis, kuru ieslēdz ARI.

Elektrolīnijas (6.19. attēls, a) normāla darba režīmā atrodas līnija  $L_1$ , bet  $L_2$  atrodas rezervē (slēdzis  $Q_2$  atslēgts). Pazūdot spriegumam uz kopnēm (atslēdzoties jaudas slēdzim  $Q_1$ ), iedarbojas ARI, ieslēdzas jaudas slēdzis  $Q_2$  un kopnēm spriegums tiek atjaunots.



6.19. attēls. ARI blokshēmas: a – līniju ARI ( $L_1$  – darba līnija;  $L_2$  – rezerves līnija); b – transformatoru ARI ( $T_1$  – darba transformators;  $T_2$  – rezerves transformators); c – kopņu sekcijslēdža ARI ( $L_1$  un  $L_2$  – abas darba līnijas;  $B_s$  – sekcijas slēdzis); d – elektrodzinēju ARI ( $Dz_1$  – darba elektrodzinējs un  $Dz_2$  – rezerves elektrodzinējs)

Apakšstacijā var būt režīms, kad darbā atrodas tikai viens transformators  $T_1$  (6.19. attēls, *b*), bet otrs  $T_2$  atrodas rezervē. Aizsardzībai atslēdzot  $T_1$ , transformatoru ARI iekārta ieslēdz otru transformatoru  $T_2$ , un elektroenerģijas lietotāji nepaliek bez elektroenerģijas. 6.19. attēlā (*c*) parādīts sekcijslēdzis ar ARI. Normālā režīmā abas līnijas ir darbā. Ja kādā no sekcijām pazūd spriegums, automātiski tiek ieslēgts sekcijslēdzis  $B_s$  un spriegums uz sekcijām atjaunojas.

Atbildīgajiem ražošanas mehānismiem, piemēram, sūkņu stacijām, uzstāda divus elektrodzinējus (6.19. attēls, *d*). Atslēdzoties normāla režīma elektrodzinējam  $D_{z1}$ , automātiski ieslēdzas rezerves dzinējs  $D_{z2}$ .

## 6.3. VIEDIE TĪKLI

Šī apakšnodaļa atbilst modulim "Elektroietaišu ekspluatācija".

Eiropas Savienība ir pieņēmusi vairākas direktīvas, kas netiešā veidā ietekmē elektrisko tīklu darbību un attīstību. Direktīvās teikts, kādas iespējas un īpašības tiek sagaidītas no elektriskajiem tīkliem nākotnē tehniskā un administratīvā līmenī. Uzliktie pienākumi ir katras dalībvalsts atbildība, taču jebkurā gadījumā jāizpilda trīs pamatnosacījumi: liberalizēts elektroenerģijas tirgus; elektroapgādes drošums un 20–20–20 mērķu izpilde. Šie un citi pienākumi noteikti sadales tīklu darbību ietekmējošās ES direktīvās:

- Eiropas Parlamenta un Eiropas Padomes direktīva 2009/28/EK par atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanu, ar ko groza un atceļ direktīvas 2001/77/EK un 2003/30/EK;
- Eiropas Parlamenta un Eiropas Padomes direktīva 2006/32/EK par enerģijas galapatēriņa efektivitāti un energoefektivitātes pakalpojumiem;
- Eiropas Parlamenta un Eiropas Padomes direktīva 2009/72/EK par kopīgiem noteikumiem attiecībā uz elektroenerģijas iekšējo tirgu;
- Eiropas Parlamenta un Eiropas Padomes direktīva 2001/77/EK par tādas elektroenerģijas pielietojuma veicināšanu iekšējā elektrības tirgū, kas ražota, izmantojot neizsīkstošos enerģijas avotus;
- Eiropas Parlamenta un Eiropas Padomes direktīva 2005/89/EK par pasākumiem, lai nodrošinātu elektroapgādes drošumu un ieguldījumus infrastruktūrā;
- Eiropas Padomes direktīva 90/547/EEK par elektroenerģijas tranzītu pa pārvades un sadales tīkliem.

Pastāvīgi pieaugošās klimata izmaiņas, ietekme uz vidi un ilgtspējīgas enerģijas risinājumi kopā ar atbildību par nākamajām paaudzēm ir galvenie iemesli, kas rosina meklēt tīrākus un daudz efektīvākus enerģijas ražošanas, pārvades un sadales veidus. Eiropas Savienība definējusi virkni ambiciozu mērķu līdz 2020. gadam un turpmākam periodam, kas saistās ar Enerģijas un klimata paketi:

- par 20 % samazināt siltumnīcas efektu izraisošo gāzu emisiju (salīdzinājumā ar 1990. gada līmeni);
- palielināt kopējo 27 ES dalībvalstu atjaunojamo enerģijas avotu īpatsvaru kopējā elektroenerģijas bilanci līdz 20 % (šobrīd tikai 6,5 %);
- par 20 % samazināt fosilo enerģijas avotu izmantošanu (saglabājot 13 % salīdzinājumā ar 2006. gada līmeni).

### Kā veidojas vajadzība pēc viedā tīkla

Pārvades un sadales elektriskie tīkli tika būvēti laikā, kad elektroenerģijas ražošana bija relatīvi lēta. Elektrotīkla drošuma faktors bija jaudu pārpalikums sistēmā ar vienvirziena jaudu plūsmu virzienā no centrālajām elektrostacijām uz patērētāju. Klimata izmaiņas, pieaugošās naftas cenas, novecojusi infrastruktūra un jaunu elektroenerģijas ģenerējošo tehnoloģiju ienākšana ir mainījusi iepriekšējos priekšstatus par elektrosistēmu. Mūsdienas tīklu operatorus nodarbina doma, kā piemērot tīklus 21. gadsimtam, kas ir digitālās ēras sākums. Elektroenerģijas ģenerācija "saražo" aptuveni 25 % no pasaules siltumnīcas efektu izraisošajām gāzēm. Ir pamats cerībām, ka, ieviešot vai palielinot atjaunojamo energoresursu īpatsvaru kopējā energobilancē, kā arī izmantojot izklaidēto ģenerāciju (pieslēgumi sadales tīklam), iespējams samazināt siltumnīcas efektu izraisošo gāzu emisiju. Patēriņa pieprasījuma vadība (ang. *demand side management*) dod cerības uzlabot energoefektivitāti. Elektrotīkla darbības monitorings reālā laikā uzlabos tīkla drošumu un tā izmantošanu elektroenerģijas pārvadei un sadalei, kā arī samazinās masveida atslēgumus un palielinās finanšu atdevi no investīcijām tīklā. Šīs izmaiņas patēriņa un ģenerācijas pusē pieprasa daudz inteligētākas viedā tīkla sistēmas, kas spēj efektīvi vadīt komplicētu elektrotīklu ar mainīgām prasībām [24].

Pamatojoties uz iepriekš minēto, notiek informācijas un komunikācijas tehnoloģiju integrācija elektriskajā infrastruktūrā. Modernās informācijas un komunikācijas tehnoloģijas nodrošinās tīkla viedumu. Reālā laikā saņemtā informācija sadales sistēmas operatoriem ļauj pieņemt lēmumus un vadīt visu elektrisko sistēmu kā integrētu struktūru, aktīvi reaģējot uz pieprasītās slodzes, ģenerācijas, izmaksu, kvalitātes un izmešu izmaiņām pieslēgtajās elektroietaisēs neatkarīgi no to atrašanās vietas. Līdzīgā veidā arī patērētāji būs ieguvēji no šādas informācijas saņemšanas, jo varēs plānot savu elektroenerģijas patēriņu, efektivitāti un izmaksas par saņemto elektroenerģiju.

Sistemātiska elektrisko tīklu attīstība, iekļaujot labāku komunikāciju un modernas datortehnoloģijas, nodrošinās inteligētākas automatizācijas iekārtas un labāk optimizētu elektrisko sistēmu nekā jebkad agrāk. Tas palīdzēs sasniegt sabiedrisko pakalpojumu regulatora uzticētos pienākumus un patērētāja pieaugošās prasības drošai elektroapgādei gan no ierastajiem, gan atjaunīgajiem enerģijas avotiem. Akadēmiskā vide un industrija cieši sadarbojas, lai kopīgiem spēkiem, veidojot pilotprojektus, gūtu

atziņas, izstrādātu, ieviestu un pārvaldītu šādus viedos tīklus nākotnē. Viedais tīkls varēs samazināt zaudējumus no atslēgumu izraisītajām sekām, ietaupīt elektroenerģiju un palīdzēt citām “zaļajām” idejām, piemēram, elektriskajiem automobiļiem.

Izkliedēta ģenerācija jeb ģeneratoru pieslēgšana pie sadales tīkliem ir viens no galvenajiem stimuliem viedā tīkla izveidošanai. Izejot no ģeneratoru jaudas tos iedala:

- mikroģeneratori, ko pieslēdz zemsprieguma tīklam;
- ģeneratori, ko pieslēdz vidējā sprieguma tīklam.

Viedā tīkla izveidē lieto jaunākos tehnoloģiju sasniegumus, saglabājot elastību adaptēt nākotnes tehnoloģijas. Viedās tehnoloģijas uzlabos elektroapgādes efektivitāti, palielinot jaudas plūsmas un samazinot enerģijas zudumus, kamēr spēka elektronika uzlabos elektroapgādes kvalitāti.

Elektriskā tīkla simulāciju un aprēķinu datorprogrammu izmantošana ievērojami atvieglos inovatīvo tehnoloģiju pārnesi no teorētiskā uz praktisko, sniedzot labumu gan operatoram, gan patērētājam. Elektriskās sistēmas komunikāciju, uzskaites un biznesa attīstība sniegs jaunas iespējas elektroenerģijas tirgus dalībniekiem, attīstot tehnisko un komerciālo efektivitāti.

### Viedā tīkla vīzija



#### DEFINĪCIJA

*Viedais tīkls ir elektriskais tīkls, kas spēj inteligēnti integrēt visu tam pieslēgto dalībnieku uzvedību un rīcību, lai efektīvi nodrošinātu ilgtspējīgu, tehniski ekonomisku un drošu elektroapgādi.*

Eiropas tehnoloģiskā platforma ir sniegusi viedā tīkla definējumu: viedais tīkls ir elektriskais tīkls, kas spēj inteligēnti integrēt visu tam pieslēgto dalībnieku uzvedību un rīcību, lai efektīvi nodrošinātu ilgtspējīgu, tehniski ekonomisku un drošu elektroapgādi (6.20. attēls). Lai gan atsevišķi tā elementi var ievērojami mainīties, viedā tīkla īpašības nemainās: tas ir gudrs, pašbalansējošs un paškontrolējošs elektriskais tīkls ar minimālu cilvēka iejaukšanos tā darbībā.

Tas spēj novērtēt, kuras tā daļas ir pārslogotas un izmaina jaudu plūsmas virzienus, samazinot pārslodzi un novēršot potenciālo atslēguma situāciju.



6.20. attēls. Viedā tīkla shēma

Viedā tīkla koncepcijas galvenie elementi ir šādi:

- 1) izveidot dažādu instrumentu kopu no pārbaudītiem tehniskiem risinājumiem, ar kuriem var ātri un rentabli apgādāt esošos tīklus, lai tie varētu saņemt enerģiju no visiem iespējamajiem avotiem;
- 2) harmonizēt regulatoru un komerciālos noteikumus, veicinot jaudas un tīkla pakalpojumu pārrobežu tirdzniecību, garantējot, ka tie regulēs plaša spektra tīkla darbības režīmus un situācijas;
- 3) kopēji tehniskie standarti un protokoli, kas nodrošina brīvu piekļuvi un dažādu ražotāju elektroietaišu izmantošanu;
- 4) informācijas, aprēķinu un telekomunikāciju sistēmas, kas ļauj salāgoti un saskaņoti darboties elektrosistēmas daļībniekiem, uzlabojot to efektivitāti un pakalpojumus klientiem;
- 5) nodrošināt efektīvu novecojušo un moderno tehnoloģiju integrāciju un saskaņotu automātikas un kontroles darbību.

Nākotnes tīkls ir vieds vairākos veidos: pirmkārt, tas ļauj arī patērētājam aktīvi piedalīties elektroapgādē, izvēloties enerģiju pēc individuāliem apsvērumiem – “zaļāka” enerģija, cena u. tml. Patēriņa pieprasījuma vadība kļūs par informācijas avotu, plānojot elektroenerģijas ģenerāciju. Bez minētā tiks risināti arī vides jautājumi, arvien vairāk izmantojot izkliedēto ģenerāciju no atjaunojamajiem energoavotiem. Potenciālie ieguvumi no viedā tīkla ir iespaidīgi, taču reizē pastāv arī lieli izaicinājumi, kā tie tiks sasniegti.

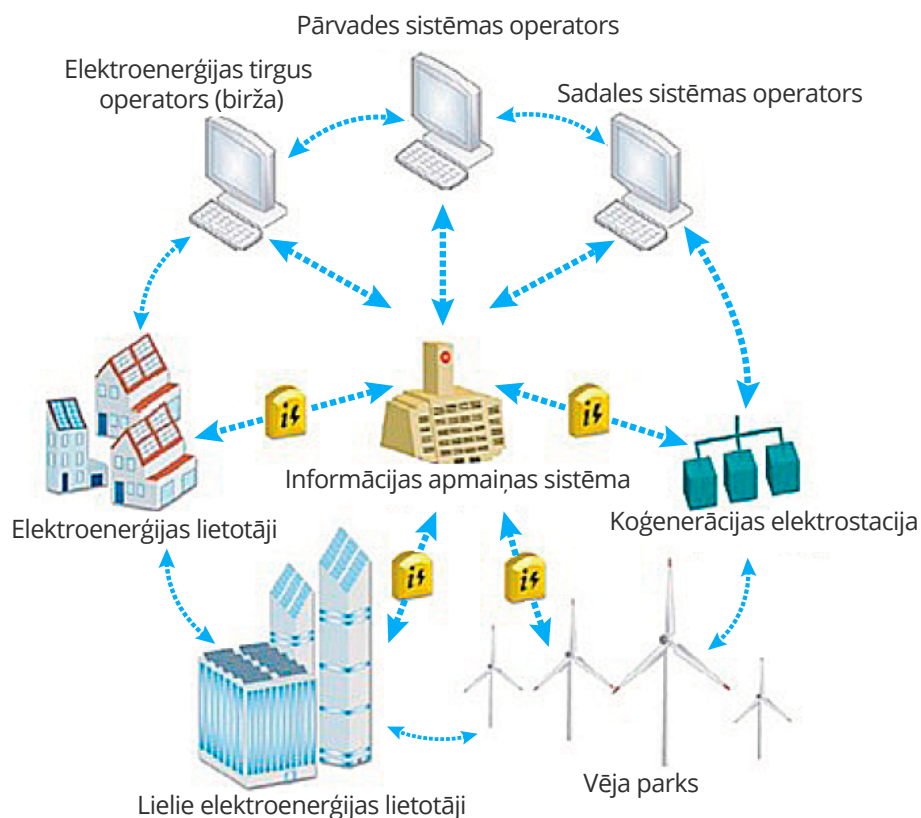
Kopumā viedais tīkls raksturojams ar šādām iespējām un īpašībām bez uzsvāra uz kādām speciālām tehnoloģijām:

- 1) ātri adaptējas operatīvā stāvokļa izmaiņām, mazāk paļaujoties uz tīkla dispečeru;
- 2) elektroietaišu ekspluatāciju prognozējošs, ņemot vērā tīkla operatīvos datus un pat prognozējot potenciālās bojājuma/atslēguma vietas pirms tās reāli notiek;
- 3) visā tīklā integrēta reālā laika divvirzienu komunikācija un notikumu kontrole;
- 4) integrēta novērtēšanas un lēmumu pieņemšanas sistēma, kas apkopo visu ienākošo informāciju un veic atbilstošas darbības (6.21. attēls);
- 5) interaktīvs starp klientu un elektroenerģijas tirgu, ļaujot optimizēt klienta izmaksas;
- 6) optimizēts ar maksimālu drošumu, pieejamību, efektivitāti un tehniski ekonomiskajiem radītājiem;
- 7) elastīgs, apmierinot klientu vēlmes, vienlaicīgi reaģējot uz izmaiņām un grūtībām nākotnē;
- 8) pieejams visiem tīkla dalībniekiem, it īpaši atjaunojamajiem enerģijas avotiem un augstas efektivitātes izkliedētājam ģenerācijai ar nulles vai zemām ogļskābās gāzes emisijām;
- 9) drošs, uzlabojot elektroapgādes drošību un kvalitāti saskaņā ar digitālās ēras mainību un drošības prasībām kibernetizācijai;
- 10) ekonomisks, nodrošinot augstāko vērtību caur inovāciju, efektīvu enerģijas pārvaldību, konkurenci un regulāciju;
- 11) drošs pret terorismu un dabas stihijām.

Viedā tīkla darbība ir iespēja izmantot komunikāciju tehnoloģijas, spēka elektroniku un enerģijas uzglabāšanas tehnoloģijas, lai balansētu ražošanu un patēriņu visos sprieguma līmeņos, sākot no patērētāja elektroietaisēm līdz pat augstākajam elektropārvades sprieguma līmenim. Viedo tehnoloģiju ieviešana esošajā tīklā notiks pakāpeniski ilgā laika periodā, veidojot funkcionālos slāņus. Paredzamie ieguvumi no viedā tīkla realizācijas:

- 1) ievērojami samazināt iedzīvotāju sektora slodzes maksimumu ar reālā laika elektroenerģijas cenām un modernām un energoefektīvām patērētāja elektroietaisēm;
- 2) papildus samazināt slodzes maksimumu, pilnībā integrējot izkliedētās slodzes tehnoloģijas;
- 3) līdz 30 % (atkarībā no tīkla tehniskās attīstības līmeņa) samazināt sadales zudumus, uzlabojot jaudas koeficientu un balansējot sistēmu;
- 4) samazināt siltumnīcas efektu izraisošo gāzu emisiju, uzlabot elektroapgādes drošumu, samazināt patērētāju elektroapgādes laiku un biežumu, jo tīkls spēj prognozēt potenciālos bojājumus, kā arī atjaunot jaudu plūsmas no citām vietām pēc atslēgumiem;
- 5) relatīvi samazināt kapitāla investīcijas sadales un pārvades sistēmās, pateicoties precīzai slodzes pieauguma prognozēšanai un samazinātam slodzes maksimumam;
- 6) ietaupīt operatoru finanšu līdzekļus, apziņojot patērētājus par iespējamajiem atslēgumiem remontu un bojājumu laikā, kā arī samazināt kompensācijas patērētājiem par elektroapgādes pārtraukumiem.





6.21. attēls. Informācijas apmaiņa starp elektroenerģijas sistēmas dalībniekiem

Viens no viedā tīkla pirmajiem soļiem ir viedo skaitītāju ieviešana. SSO operatori jau ievieš dažādas viedas tehnoloģijas, kuras bieži vien vēl nav apvienotas vienā funkcionālā sistēmā. Viedie skaitītāji nodrošina patērētāja dalību dažādās tarifu programmās, kontrolējot elektroenerģijas lietošanu un izmaksas. Viedās tehnoloģijas ietekmē kopējo tīkla vadību un tā stāvokli. Situācijas apzināšana un analīze reālā laikā uzlabo tīkla drošumu, kā arī bojājumu vietu noteikšanu un to izolēšanu, paātrinot elektroapgādes atjaunošanu un palīdzot tīkla ekspluatācijā iesaistītajam personālam atrast bojājuma vietas. Apakšstaciju automatizācija ļauj plānot, novērot un kontrolēt elektroietaisies decentralizēti. Sprieguma kvalitātes kontrole ar reaktīvās jaudas kompensācijas iekārtām, kā arī spēka elektronikas izmantošana palielina reaktīvās jaudas plūsmas esošajās līnijās.

Latvijā viedā tīkla ieviešanas tempi ir saistīti ar klientu vēlmi saņemt papildus pakalpojumu, sabalansējot investīcijas ar vēlmēm.

Elektroapgādes pamats, protams, ir elektriskais tīkls un tikai pakāpeniski, līdz ar tā atjaunošanu un modernizāciju, AS "Sadales tīkls" ievieš viedā tīkla elementus, piemēram, uzstāda viedos skaitītājus vīdsprieguma līnijās un transformatoru apakšstacijās [24].

## Nākotnes viedā tīkla ekspluatācija

Viedo tīklu elektroietaišu ekspluatācijas darbi un prasības ekspluatācijas personālam būtiski neatšķiras no esošās kārtības un metodēm. Mainās esošo darbu veikšanas filozofija, aizstājot periodiskos darbus ar elektroietaišu stāvokļa monitoringu un preventīvajiem sadales tīkla pārbaudes un uzturēšanas darbiem. Ekspluatācijas darbi tiek veikti tajās vietās, kur tas būs nepieciešams tīklam, saņemot informāciju par elektroietaišu stāvokli no iebūvētajiem stāvokļa sensoriem, kuri, kontrolējot režīmu parametrus, noteiks optimālos uzturēšanas intervālus un veicamos darbus.

### 1. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi

1. Kas nosaka viedā tīkla vajadzību?
2. Kādi ir galvenie viedā tīkla koncepcijas elementi?
3. Kādu labumu no viedā tīkla iegūs energouzņēmumi?
4. Kādu labumu no viedā tīkla iegūs patērētāji?
5. Kādā veidā viedais tīkls uzlabos kopējo tīkla drošumu?
6. Kādu elementu ekspluatācija kļūs par uzturēšanas darbu sastāvdaļu?

## 6.4. IEKĀRTU OPERATĪVĀ VADĪBA

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektrotehnikas pamati un elektriskie mērījumi”.



### IEVĒRĪBAI

Noteikumu darbības joma ir no 50 V maiņspriegumā un 75 V līdzspriegumā.

Darbus elektroietaisē var veikt:

- 1) instruēts darbinieks;
- 2) apmācīts darbinieks;
- 3) kvalificēts darbinieks.

Personālam, kas strādā darbojošās elektroietaisēs, ir saistoši Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi Nr. 1041 “Noteikumi par obligāti piemērojamo energostandartu, kas nosaka elektroapgādes objektu ekspluatācijas organizatoriskās un tehniskās drošības prasības”.

Noteikumu darbības joma ir no 50 V maiņspriegumā un 75 V līdzspriegumā.

Darbus elektroietaisē var veikt [28]:

- 1) instruēts darbinieks;
- 2) apmācīts darbinieks;
- 3) kvalificēts darbinieks.

**Instruēts darbinieks** – darbinieks, kurš saņēmis instruktāžu par elektrobīstamības jautājumiem.

Instruēts darbinieks strādā kāda apmācīta vai kvalificēta darbinieka uzraudzībā vai, ja darbinieks ieguvis A elektrodrošības grupu, var patstāvīgi veikt noteikta apjoma darbus.

**Apmācīts darbinieks** – darbinieks, kurš apguvis augstsprieguma vai zemsprieguma elektrodrošības apmācības kursu, pēc nepieciešamā praktiskā darba perioda kvalificētās personas uzraudzībā izturējis zināšanu pārbaudi un ieguvis B elektrodrošības grupu zemspriegumā ( $B_z$ ) vai augstspriegumā (B).

**Kvalificēts darbinieks** – darbinieks, kuram ir vismaz 2. profesionālās kvalifikācijas līmenim atbilstoša kvalifikācija, kas saistīta ar elektrozinību apgūšanu, un kurš pēc nepieciešamā praktiskā darba perioda, strādājot elektroietaisē ar B elektrodrošības grupu, izturējis zināšanu pārbaudi un ieguvis C elektrodrošības grupu zemspriegumā ( $C_z$ ) vai augstspriegumā (C).

Patstāvīgi strādāt elektroietaisē var personas, kuras sasniegušas 18 gadu vecumu un kurām veikta veselības pārbaude saskaņā ar normatīvajiem aktiem par kārtību, kādā veicama obligātā veselības pārbaude, un piešķirta elektrodrošības grupa.



### IEVĒRĪBAI

*B un C elektrodrošības grupa dod tiesības strādāt arī visās zemāka sprieguma līmeņa elektroietaisēs.*

Minimālās apmācības un izglītības prasības, kas attiecas uz elektrodrošības grupas piešķiršanu, ir šādas:

- A elektrodrošības grupa – saņemta apmācība par elektrodrošību, ieskaitot MK noteikumu Nr. 1041 prasības. Pirms darbu uzsākšanas konkrētā elektroietaisē saņem apmācību par darba aizsardzības un elektrodrošības jautājumiem darbavietā, kā arī apgūst nepieciešamos ekspluatācijas jautājumus par konkrēto elektroietaisi saskaņā ar ekspluatācijas instrukcijām.
- $B_z$  elektrodrošības grupa – apgūts zemsprieguma elektrodrošības apmācības kurss, un ir vismaz vienu mēnesi ilgs darba stāžs ar A elektrodrošības grupu vai iegūts vismaz otrais profesionālās kvalifikācijas līmenis elektrozinībās.
- B elektrodrošības grupa – apgūts augstsprieguma elektrodrošības apmācības kurss, un ir vismaz trīs mēnešu ilgs darba stāžs ar A elektrodrošības grupu vai iegūts vismaz otrais profesionālās kvalifikācijas līmenis elektrozinībās.
- $C_z$  elektrodrošības grupa – iegūts vismaz otrais profesionālās kvalifikācijas līmenis elektrozinībās, pārzinātas drošības prasības zemsprieguma elektroietaisēs, un ir vismaz vienu mēnesi ilgs darba stāžs ar  $B_z$  vai B elektrodrošības grupu.
- C elektrodrošības grupa – iegūts vismaz otrais profesionālās kvalifikācijas līmenis elektrozinībās, pārzinātas drošības prasības augstsprieguma un zemsprieguma elektroietaisēs, un ir vismaz trīs mēnešu ilgs darba stāžs ar B elektrodrošības grupu.

B un C elektrodrošības grupas dod tiesības strādāt arī visās zemāka sprieguma līmeņa elektroietaisēs.

Elektrodrošības grupu piešķir uz laiku līdz trim gadiem. Pēc atkārtotās zināšanu pārbaudes elektrodrošības grupu apstiprina vai maina.

**Elektrodrošības tehniskie pasākumi, veicot darbus elektroietaisēs****BŪTISKI**

*Veicot darbus pie atslēgtām elektroietaisēm, ir jāievēro minimālie sprieguma attālumi no darbā esošam elektroietaisēm.*

*Jābūt atslēgtām visām elektroietaisēm, uz kurām tiks veikti darbi, kā arī tām elektroietaisēm ar spriegumu, kurām darba procesā var tuvoties tuvāk par atļauto attālumu.*

Veicot darbus pie atslēgtām elektroietaisēm, ir jāievēro minimālie sprieguma attālumi no darbā esošam elektroietaisēm. Minimālie attālumi ir atrodami MK noteikumos Nr. 1041 "Noteikumi par obligāti piemērojamo energostandartu, kas nosaka elektroapgādes objektu ekspluatācijas organizatoriskās un tehniskās drošības prasības" [28].

Jābūt atslēgtām visām elektroietaisēm, uz kurām tiks veikti darbi, kā arī tām elektroietaisēm ar spriegumu, kurām darba procesā var tuvoties tuvāk par atļauto attālumu.

Pirms remontdarbu sākuma ir jāveic šādas darbības:

- 1) redzamu sprieguma avotu atslēgšana (atvienošana);
- 2) nodrošināšanās pret sprieguma kļūdainu vai patvaļīgu atkārtotu ieslēgšanu;
- 3) sprieguma neesamības pārbaude;
- 4) zemēšana un īsi slēgtu savienojumu izveidošana;
- 5) drošības zīmju un nožogojumu uzstādīšana darba zonā.

**Redzamu sprieguma avotu atslēgšana (atvienošana).** Redzamu sprieguma avotu atslēgšana ir jāveic ar komutācijas aparātiem, ar kuriem var atslēgt nepieciešamo elektroietaisi. Obligāti jāņem vērā ražotāja noteiktie atslēgšanas dati. Jāpārlicinās, ka spriegums nevar iekļūt atslēgtajā elektroietaisē caur paralēlajiem transformatoriem, rezerves apakšstaciju, garantētās barošanas sistēmas iekārtām, garantētās barošanas generatoriem, mērīšanas un automātikas ķēdēm.

**Nodrošināšanās pret sprieguma kļūdainu vai patvaļīgu atkal ieslēgšanu.** Bloķēšana ir operāciju kopums, kuru mērķis ir nepieļaut atslēgšanas ierīces iedarbināšanu, turot to noteiktā stāvoklī. Šis pasākums var novērst tehniskas kļūmes, personāla kļūdas un citus neparedzētus faktorus. Veicot fizisko bloķēšanu, starp izslēgšanas ierīces daļām, kuras ir jābloķē, ievieto izolējošo elementu, lai kontaktiem fiziski nebūtu iespējams savienoties.

**Sprieguma neesamības pārbaude.** Izmantojot piemērotus rīkus un aparatūru, jāpārbauda elektriskās ietaises strāvas vadītāji un jāpārlicinās, ka visi sprieguma avoti ir atslēgti. Pārbaudes laikā ir jārikojas tā, it kā ietaise atrastos zem sprieguma. Sadalietaisē sprieguma neesamību drīkst pārbaudīt viens operatīvā personāla darbinieks vai darbinieks ar operatīvajām tiesībām šajā elektroietaisē. Zemsprieguma elektroietaisēs izmanto divpolu sprieguma uzrādītāju, un sprieguma neesamību pārbauda gan starp fāzēm, gan starp katru fāzi un neitrālvadu 400/230 V sistēmā vai

iekārtas zemēto korpusu vai zemētājvadu. Atļauts lietot arī voltmetru, iepriekš pārbaudot tā darbību. Gaisvadu elektrolīnijā sprieguma neesamības pārbaude jāveic diviem kvalificētiem vai apmācītiem darbiniekiem ar elektroietaisies darba spriegumam atbilstošu elektrodrošības grupu.

Pārnesamā sprieguma uzrādītāja darbību var noteikt:

- 1) izmantojot sprieguma uzrādītāja iekšējo pārbaudes sistēmu;
- 2) ar atsevišķu ārējo pārbaudes iekārtu;
- 3) īsi pirms sprieguma neesamības pārbaudes veicot uzrādītāja pārbaudi vietā, kurā ir zināms noteikts darba spriegums.



6.22. attēls. Divpolu sprieguma uzrādītājs līdz 1000 V



6.23. attēls. Sprieguma uzrādītājs līdz 20 kV

**Zemēšana un īsi slēgtu savienojumu izveidošana.** Zemējums ir jāizveido abās pusēs, kur tiek veikti darbi vai notiek kustība. Pilnīga aizsardzība tiek panākta ar zemējumu un īsslēgumu, savstarpēji savienojot visus elektriskās instalācijas elementus. Izveidojot zemējumu un īsi slēgtu savienojumu, ievēro šādas prasības:

- 1) visu sprieguma līmeņu elektrolīnijās un augstsprieguma sadalietaisēs, pārbaudot sprieguma neesamību un uzliekot zemējumus, lieto attiecīgajam spriegumam paredzētus izolējošos stienus un dielektriskos cimdus kā papildu elektrodrošības līdzekli;
- 2) visas strāvu vadošās augstsprieguma un zemsprieguma elektroietaišu daļas, pie kurām strādā, tiek zemētas un īsi slēgtas;
- 3) elektroietaisēs, kurās konstruktīvā izveidojuma dēļ zemējumu uzlikšana ir bīstama vai neiespējama (piemēram, atsevišķu tipu kompaktās sadalietaisēs, sadales skapjos ar vertikālu fāžu izvietojumu), sagatavojot darbavietu, atļauts zemējumus neuzlikt. Šādā gadījumā uz atdalītāju nažiem uzliek dielektriskus izolētājuzvāžņus vai ievieto izolētājstarplikas starp komutācijas aparātu kontaktiem;
- 4) zemēšanas un īsā slēguma ierīces uzstāda tā, lai tās būtu redzamas no darbavietas, vai arī tik tuvu, cik tas praktiski ir iespējams. Atļauts uzlikt zemējumus no elektrolīnijas darba vietas iecirkņa divām pusēm, ja attālums starp zemējumiem nepārsniedz divus kilometrus;
- 5) ja darbavietā nevar precīzi identificēt pie elektroietaisies pieslēgtos bez sprieguma esošos kabeļus, kabeļus atvieno vai veic kabeļu īso saslēgšanu;

- 6) darbavietā uz elektroietaisies daļām uzliek papildu zemējumus, ja attiecīgajās elektroietaisies daļās var inducēties spriegums vai darbavietā var tikt padots spriegums no cita avota iekārtas bojājuma dēļ;
- 7) atbildīgais par darba izpildi var īslaicīgi noņemt darbavietā uzliktos zemējumus, ja tas ir paredzēts norīkojumā un nepieciešams izolācijas pretestības mērīšanai.

Pārnēsamos zemētājus elektroietaisies daļām pievieno speciāli paredzētās vai nekrāsotās vietās, kas nodrošina elektrisku kontaktu ar zemējuma ietaisi. Pārnēsamo zemētāju vispirms pievieno pie zemējuma ietaises, pēc tam tūlīt pēc sprieguma neesamības pārbaudes uzliek uz elektroietaisies zemējamām daļām, sākot no darbiniekam tuvākās fāzes. Zemējumu noņem pretējā secībā – vispirms noņem no elektroietaisies daļām, pēc tam atvieno no zemējumietaisies.

**Drošības zīmju un nožogojumu uzstādīšana darba zonā.** Darba zonas iezīmēšanu veic ar nodalošiem paneļiem, norobežojumiem u. c., lai novērstu ar elektrību saistītu nelaimes gadījumu risku. Veicot jebkuru darbu un sagatavojot darbavietu, izvieto šādas drošības zīmes:

- 1) brīdinājuma zīme “Bīstami, elektrība”;



- 2) aizlieguma zīmes:

- ar simbolu “Neslēgt” (nemainīt slēdža stāvokli);



- ar skaidrojošu uzrakstu vai simboliem “Aizliegts atvērt” un “Aizliegts aizvērt”



**AIZLIEGTS  
ATVĒRT**



**AIZLIEGTS  
AIZVĒRT**

**2. uzdevums.** Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. No cik gadu vecuma persona var patstāvīgi strādāt elektroietaisē?
  - 1) 16 gadi.
  - 2) 18 gadi.
  - 3) 21 gads.
  
2. Kādas ir elektrodrošības grupas Latvijas Republikā?
  - 1) A, B, C
  - 2) I, II, III, IV, V
  - 3) A, B<sub>2</sub>, B, C<sub>2</sub>, C
  
3. Kāda ir pareizā secība zemējuma noņemšanā pēc darba beigām?
  - 1) Atvieno zemējumu no zemējamām daļām (no tālākā uz tuvāko) un tad atvieno no zemējuma ietaises.
  - 2) Atvieno zemējumu no zemējuma ietaises un tad atvieno no zemējamām daļām (no tuvākās uz tālāko).
  - 3) Secībai nozīmes nav.
  
4. Uz cik ilgu laiku var piešķirt elektrodrošības grupu?
  - 1) Līdz diviem gadiem.
  - 2) Ko tehniskais vadītājs ar rakstisku rīkojumu piešķir konkrētajam darbiniekam pēc viņa izglītības un stāža.
  - 3) Līdz trim gadiem.
  
5. Kādus aparātus lieto, lai uzskaitītu patērēto elektroenerģiju tīklā ar spriegumu virs 1000 V?
  - 1) Tiešā slēguma skaitītājus.
  - 2) Spriegummaiņus un strāvmaiņus.
  - 3) Skaitītājus ar attālinātās nolasīšanas funkciju.
  
6. Kādas precizitātes klases skaitītājiem jābūt, ja tas veic elektroenerģijas uzskaiti iedzīvotājiem?
  - 1) A, B, C
  - 2) C, A
  - 3) A, B

7. Cik ilgs ir indukcijas tipa skaitītāju verificēšanas periods?
- 1) 9 gadi.
  - 2) 16 gadi.
  - 3) 12 gadi.
8. Kurš dokuments Latvijas Republikā nosaka elektroapgādes objektu ekspluatācijas organizatoriskās un tehniskās drošības prasības?
- 1) MK noteikumi Nr. 817
  - 2) MK noteikumi Nr. 1041
  - 3) LEK 025
9. Vai persona bez profesionālās kvalifikācijas līmeņa elektrozinībās var iegūt C elektrodrošības grupu?
- 1) Var iegūt, ja personas darba stāžs konkrētajā elektroietaisē ir vismaz pieci gadi un ir iegūtas operatīvās tiesības.
  - 2) Var iegūt, ja tehniskais vadītājs ar rakstisku rīkojumu ir pilnvarojis par atbildīgo par elektroietaisi un uzņēmumā ir elektroietaisē virs 1000 V.
  - 3) Nevar.
10. Ar ko ir atļauts veikt sprieguma neesamības pārbaudi zemsprieguma elektroietaisēs (līdz 1000 V)?
- 1) Ar divpolu indikatoru vai voltmetru, kas iepriekš ir pārbaudīts.
  - 2) Ar vienpolu indikatoru vai voltmetru, kas iepriekš ir pārbaudīts.
  - 3) Ar multimetru vai vienpolu indikatoru.

### 3. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi

1. Nosakiet attēlā redzamā skaitītāja slēguma veidu (tiešais vai caur strāvmaiņiem)!





2. Kā pareizi pieslēgt šo skaitītāju?



## 7. EKSPLUATĀCIJAS PERSONĀLA PIENĀKUMI UN ATBILDĪBA ELEKTROTĪKLU UZTURĒŠANĀ

<p><b>Nodaļas mērķis</b></p>	<p>Iepazīstināt ar elektroietaišu ekspluatāciju, prasības personālam darba kontrolē, darbu veikšanā, izprast pārslēgumu veikšanas pamatprincipus, ievērojot vides un darba drošības prasības.</p>
<p><b>Sasniedzamie rezultāti</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spēj izpildīt darba aizsardzības organizatoriskās prasības darbam elektroietaisēs.</li> <li>• Zina elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas organizatoriskus jautājumus, vides un elektrodrošības pasākumus un prasības.</li> <li>• Zina ekspluatācijas darbu un pārslēgumu veikšanas pamatprincipus elektroietaisēs.</li> <li>• Zina ekspluatācijas personāla pienākumus un atbildību.</li> </ul>

Elektrotīklu un iekārtu ekspluatācija ir ļoti atbildīgs un svarīgs pasākums, kas jāveic speciāli apmācītam un instruētam personālam. Katrs elektroapgādes uzņēmums vai nu izmanto šo pakalpojumu no ārpuses, vai nodrošina to pats ar sava uzņēmuma speciāli apmācītu personālu. Latvijā elektroapgādes uzņēmumi galvenokārt ir pārvades un sadales sistēmas operatori un savu elektrotīklu ekspluatē paši, līdz ar to arī paši pieņem darbā un pēc tam sagatavo un apmāca darbiniekus, kuri operatīvo izbaukumu brigāžu vai iekārtu remontu brigāžu sastāvā veic darbības, kas saistītas ar objektu ekspluatāciju: veic pārslēgumus apakšstacijās, apakšstaciju un elektrisko līniju apsekošanu, iekārtu remontu un apkopi utt. Elektroiekārtu ekspluatācija ir pietiekami sarežģīts darbs ar sprieguma aktīvām daļām, līdz ar to darbiniekiem jāpārzina organizatoriskie un tehniskie pasākumi un elektrodrošības prasības, kas jāievēro, veicot elektroietaišu ekspluatāciju. Darba specifikas dēļ ekspluatācijas personāla pienākumi ir atrunāti gan valsts likumdošanā, gan katra uzņēmuma prasībās, vadlīnijās un noteikumos, kas tieši saistīti ar uzņēmuma specifiku un īstenotajiem mērķiem.

## 7.1. PRASĪBAS PERSONĀLAM UN DARBA ORGANIZĀCIJAI

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektroenerģētikas pamatprocesi un elektrotehnisko darbu veidi”.



### BŪTISKI

*Katra uzņēmuma vadītāja (elektroietaisies valdītāja) pienākums ir nodrošināt, lai elektroietaisie tiktu ekspluatēti saskaņā ar ekspluatācijas instrukcijām, kas izstrādātas, pamatojoties uz ražotāja instrukcijām un citu normatīvo dokumentu prasībām, kā arī ekspluatācijas pieredzi.*

Katra uzņēmuma vadītāja (elektroietaisies valdītāja) pienākums ir nodrošināt, lai elektroietaisie tiktu ekspluatēti saskaņā ar ekspluatācijas instrukcijām, kas izstrādātas, pamatojoties uz ražotāja instrukcijām un citu normatīvo dokumentu prasībām, kā arī ekspluatācijas pieredzi. Elektroietaisiu ekspluatācijas organizēšanas funkciju tiešai veikšanai elektroietaisies valdītājam jānorīko tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju [18].

Ja elektroietaisies atbilstošu ekspluatāciju nodrošina vairākas struktūrvienības, tad elektroietaisies valdītājam vai tehniskajam vadītājam (atbildīgajam par elektroietaisies ekspluatāciju) jāapstiprina struktūrvienību nolikumi, kuros noteikti to uzdevumi un atbildība.

Piemēram, ja elektroietaisies ekspluatāciju nodrošina operatīvais dienests un remontu dienests, tad nolikumā jānorāda to darbības apjoms: operatīvais dienests veic elektroietaisies operatīvo apkalpošanu – operatīvos pārslēgumus un nelielus elektroiekārtas remontdarbus –, savukārt remontu dienests veic darbus, kas prasa samērā lielus laika, materiālu un cilvēku resursus. Citiem vārdiem sakot, operatīvais dienests tiešā veidā nodrošina iekārtas darbu, dažreiz veicot arī tādus pagaidu darbus, kas precīzi neatbilst ekspluatācijas instrukciju prasībām (piemēram, bojātā pamatdzinēja vietā pieslēdz dzinēju, kam pēc operatīvās shēmas jāatrodas rezervē). Remontu dienests veic nepieciešamos darbus, lai varētu atjaunot normālu elektroietaisies darba shēmu, t. i., remontē vai nomaina bojāto pamatdzinēju. Darbinieku pienākumus un atbildību nosaka struktūrvienības nolikumi, darba līgumi un amata apraksti [19].

Ja elektroietaisies valdītājam nav sava elektrotehniskā personāla (piemēram, nelielam šūšanas ceļam), viņam ir jāpiesaista cits kvalificēts pakalpojuma sniedzējs, kas varētu pildīt atbildīgā par elektroietaisies ekspluatāciju pienākumus. Atbildīgajam par elektroietaisies ekspluatāciju ir jāatbilst šādām prasībām un jāveic šādi pienākumi:

- 1) jābūt zināšanām par elektroietaisi, tās konstrukciju un drošības prasībām, kas attiecas uz tās lietošanu, kā arī pietiekamai darba pieredzei, lai nodrošinātu elektroietaisies pareizu un drošu ekspluatāciju. Elektroietaisies valdītāja pienākums un atbildība ir izvērtēt pretendenta atbilstību minētajām prasībām;
- 2) jābūt kvalificētam darbiniekam ar elektroietaisies darba spriegumam atbilstošu elektrodrošības grupu (C elektrodrošības grupa zemspriegumā līdz 1000 V vai augstspriegumā virs 1000 V). Lai darbinieks varētu iegūt C elektrodrošības grupu, kas ir augstākā elektrodrošības grupa,

viņam jābūt vismaz otrajam profesionālās kvalifikācijas līmenim atbilstoši profesionālajai kvalifikācijai: elektromontieris, elektriķis, tehniķis-elektriķis vai inženieris-elektriķis;

- 3) jānodrošina, ka elektroietaise visā tās ekspluatācijas laikā tiek darbināta saskaņā ar atbilstošām ekspluatācijas instrukcijām;
- 4) jānodrošina, ka elektroietasei ir un tiek ievērots tehniskās apkalpošanas un remonta grafiks, ja to prasa tehniskās ekspluatācijas nosacījumi. Grafikā jāiekļauj regulāras apskašu, mērījumu, tehnisko parametru pārbaudes un tīrīšanas darbi;
- 5) jāpārtrauc elektroiekārtas lietošana, ja tā neatbilst ekspluatācijas instrukcijās noteiktajām prasībām vai rodas bīstamība apkalpojošam personālam, apkārtējai videi vai iekārtām.

## 7.2. OPERATĪVAIS PERSONĀLS

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektroenerģētikas pamatprocesi un elektrotehnisko darbu veidi”.



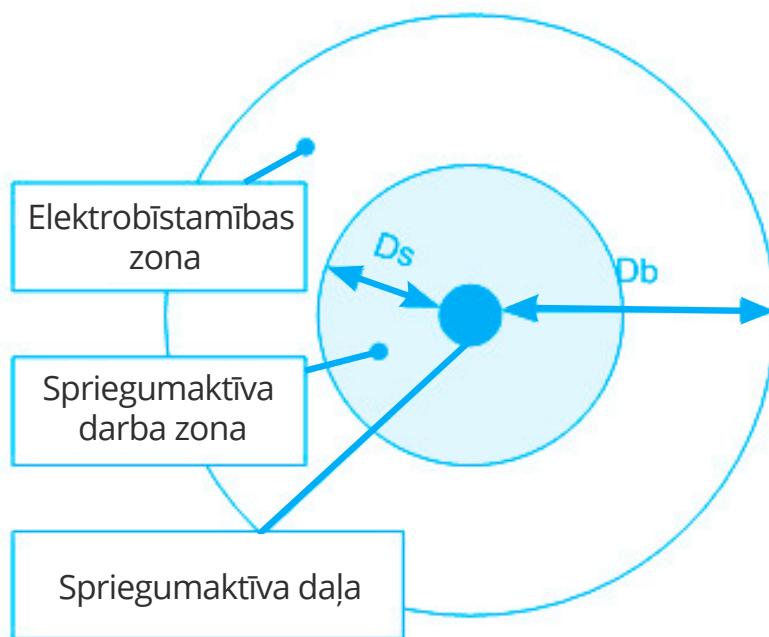
### BŪTISKI

*Operatīvajam personālam ir piešķirtas tiesības, atrodoties maiņā, realizēt elektroietaises operatīvo vadību, kontroli, režīma parametru maiņu, veikt pārslēgumus, sagatavot vai dot atļauju sagatavot darba vietu, pielaist brigādes pie darba vai dot atļauju tās pielaist pie darba.*

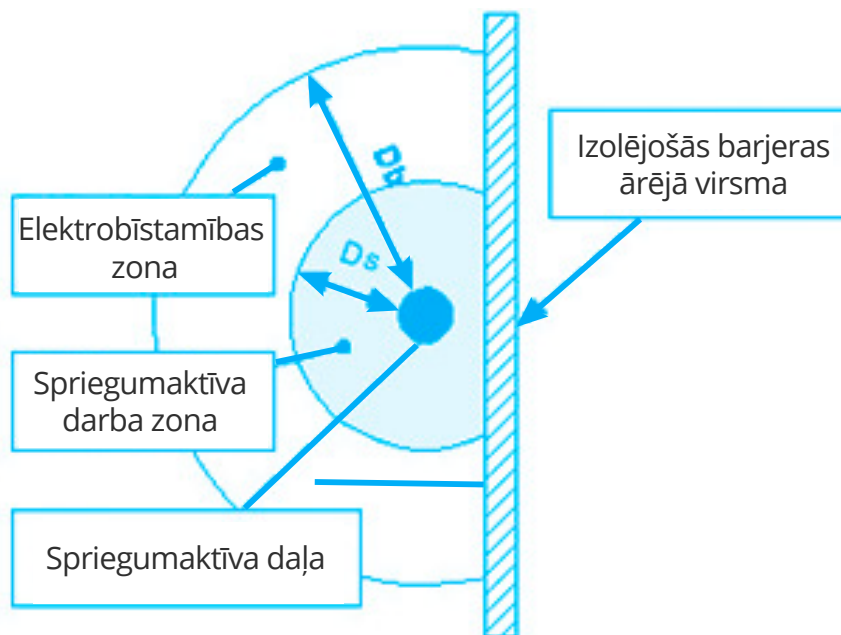
Operatīvajam personālam ir piešķirtas tiesības, atrodoties maiņā, realizēt elektroietaises operatīvo vadību, kontroli, režīma parametru maiņu, veikt pārslēgumus, sagatavot vai dot atļauju sagatavot darba vietu, pielaist brigādes pie darba vai dot atļauju tās pielaist pie darba. Operatīvais personāls elektroietaises darba režīmu maiņu vai elektroietaises darbības traucējumu lokalizāciju veic saskaņā ar operatīvo rīkojumu, kurā nosaka drošu darbu veikšanai izvirzāmās prasības. Operatīvo rīkojumu reģistrē operatīvajā žurnālā, kurā pieraksta visus notikumus un darbības elektroietaisē [19].

Ja traucējumu apjomi ir tik lieli, ka maiņā esošais operatīvais personāls nespēj tos novērst, jāpiesaista papildu personāls. Papildu personāla piesaistīšanas kārtību dežūrā vai maiņā ārkārtas gadījumos un darbu organizāciju traucējumu novēršanai nosaka uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroiekārtas ekspluatāciju.

Pēc darbu veikšanai nepieciešamo dokumentu sagatavošanas un atļauju saņemšanas personāls sagatavo darbavietu, kurā veic nepieciešamos tehniskos un organizatoriskos pasākumus dzīvībai un veselībai nekaitīgu darba apstākļu nodrošināšanai, pasargājot no mehāniskiem, fizikāliem, bioloģiskiem un citiem draudiem. Īpaša uzmanība darbavietas sagatavošanā saskaņā ar norīkojumu jāpievērš, plānojot darbus elektrobīstamības vai spriegumaktīvā darba zonā, kurā, veicot darbus, pastāv elektrobīstamība vai iespēja pieskarties spriegumaktīvām daļām, strādāt tuvu tām (7.1. un 7.2. attēls).



7.1. attēls. Attālumi gaisā un darba veikšanas zonas



7.2. attēls. Sprieguma ietekmes zonu ierobežošana, izmantojot izolējošu aizsargbarjeru

Veicot darbu spriegumaktīvu daļu tuvumā, darbinieks ar savu ķermeni, lietotajiem darbarīkiem, aprīkojumu vai iekārtām atrodas elektrobīstamības zonā, neiesniedzoties spriegumaktīva darba zonā. Vislielākā elektrobīstamība pastāv spriegumaktīva darba laikā, kad darbinieks apzināti pieskaras spriegumaktīvām daļām vai iesniedzas spriegumaktīva darba zonā ar savu ķermeni, lietotajiem darbarīkiem, aprīkojumu vai iekārtām. Ja iespējams, darbi jāveic pie atslēgta sprieguma, kad elektroietaisē noteiktās spriegumaktīvās daļas atslēgtas no sprieguma un veikti tehniskie pasākumi nejaušai sprieguma pieslēgšanai. Darbavietas sagatavošanas laikā elektroietaisē veicamos darbus skaidri jānosaka un nepārprotami jāiezīmē vieta, kurā plānots veikt darbus, paredzot atbilstošu darba telpu, pieeju un apgaismojumu uz visām elektroietaišu daļām vai to tuvumā.

7.1. un 7.2. attēlā ar  $D_s$  apzīmēts attālums, kas nosaka spriegumaktīvas darba zonas ārējo robežu, bet ar  $D_b$  apzīmēts attālums, kas nosaka elektrobīstamības zonas ārējo robežu. 7.1. tabulā doti attālumi drošiem darbiem spriegumaktīvu daļu tuvumā atkarībā no sprieguma.

7.1. tabula

**Attālumi drošiem darbiem spriegumaktīvu daļu tuvumā [14]**

Sistēmas nominālā sprieguma efektīvās vērtības, $U_n$ (kV)	Spriegumaktīva darba zonas ārējā robeža, $D_s$ (m)	Elektrobīstamības zonas ārējā robeža, $D_b$ (m)
<1	bez pieskaršanās, 0,6 (GVL ar kailvadiem)	1,0
6	0,6	1,0
10	0,6	1,0
20	0,6	1,0

Uzsākot darbu, operatīvajam personālam jāpieņem dežūra no iepriekšējā operatīvā darbinieka, bet pēc darba beigām tā jānodod saskaņā ar dežūru grafiku. Aizliegts aiziet no dežūras, to nenododot vai nenoformējot. Ja darbinieks, kuram jāpieņem dežūra, kādu iemeslu dēļ kavējas, iepriekšējam darbiniekam ir jāturpina dežūra līdz brīdim, kad ieradīsies darbinieks, kurš pieņems maiņu. Nereti uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju vai arī operatīvās struktūrvienības vadītājs nosaka, ka operatīvajam darbiniekam darba vietā ir jāierodas 10–15 minūtes pirms maiņas sākuma, lai kopā ar iepriekšējās maiņas dežurantu pārrunātu visu, kas noticis elektroietaisē iepriekšējās maiņas laikā.

Darbinieks, kurš nodod maiņu, obligāti informē maiņas pieņēmēju par izmaiņām operatīvajā shēmā, ja tādas ir notikušas. Pieņemot dežūru, operatīvā darbinieka pienākums ir:

- 1) iepazīties ar savā operatīvā pārziņā un vadībā esošās iekārtas stāvokli, shēmu un darba režīmu tajā apjomā, kāds noteikts operatīvā personāla instrukcijā;
- 2) no iepriekšējā operatīvā darbinieka saņemt ziņas par iekārtu, kuras darbībai sevišķi rūpīgi jāseko, lai novērstu normāla darba traucējumus, un ziņas par iekārtu, kas atrodas remontā vai rezervē;
- 3) iepazīties, kādi darbi pēc rīkojumiem vai norīkojumiem notiek apkalpojamā objektā vai teritorijā;
- 4) pārbaudīt un pieņemt instrumentus un materiālus, telpu atslēgas, operatīvo un darba vietas dokumentāciju un instrukcijas;
- 5) iepazīties ar visiem ierakstiem un rīkojumiem operatīvajā dokumentācijā, kas izdarīti viņa dežūru starplaiķā;

- 6) pieņemt ziņojumus no operatīvi pakļautā personāla un ziņot līgumos noteiktajam operatīvajam personālam (piemēram, sistēmas dispečeram) par dežūras uzsākšanu un visiem trūkumiem, kas ievēroti, pieņemot maiņu;
- 7) noformēt dežūras pieņemšanu un nodošanu ar ierakstu operatīvajā žurnālā.

Operatīvajam personālam periodiski jāpārbauda tehnoloģiskās, ugunsdzēsības, brīdinošās un traucējumu signalizācijas un sakaru līdzekļu darbība atbilstoši instrukciju prasībām [19].

## 7.3. ELEKTROIETAĪŠU PIENĒMŠANA EKSPLOATĀCIJĀ PĒC IZBŪVES VAI REKONSTRUKCIJAS

Šī apakšnodaļa atbilst moduļim "Elektroiekārtu uzstādīšana un iestatīšana".



### IEVĒRĪBAI

*Visām no jauna izbūvētām vai rekonstruētām elektroietaisēm jāatbilst normatīvo dokumentu prasībām. Ja kāda no šīm prasībām nav ievērota, elektroietaisi pieņemt ekspluatācijā nav atļauts.*

Visām no jauna izbūvētām vai rekonstruētām elektroietaisēm jāatbilst normatīvo dokumentu prasībām. Ja kāda no šīm prasībām nav ievērota, elektroietaisi pieņemt ekspluatācijā nav atļauts. Pēc pabeigtiem celtniecības, rekonstrukcijas, montāžas un ieregulēšanas darbiem un sekmīgi veiktām visu veidu pārbaudēm ekspluatācijā pieņem visu elektroietaisi kopumā vai atsevišķas iekārtas [14, 24].

Pirms elektroietaisies pieņemšanas ekspluatācijā:

- 1) jāveic nepieciešamie ieregulēšanas darbi un atsevišķu iekārtu, mezglu un agregātu RAA (releju aizsardzības un automātikas) ierīču pārbaudes;
- 2) no darbu veicēja jāsaņem būvizstrādājumu atbilstības sertifikāti, iekārtu ražotāja pārbaudžu protokoli, akti par veikto iekārtu un konstrukciju montāžu, protokoli par iekārtu pārbaudēm, mērījumiem un ieregulēšanu;
- 3) jāveic RAA ierīču pieņemšanas pārbaude;
- 4) elektroietaisies valdītāja norīkotai komisijai jā sastāda akts par elektroietaisies, tās daļas vai atsevišķas elektroiekārtas gatavību darbam pirms kopējās pārbaudes sākšanas;
- 5) jāveic elektroietaisies kopējā pārbaude.

Pārbaudes normas un apjomus nosaka atbilstoši ražotāja instrukcijām, elektroietaisies projektam un elektroenerģijas sistēmas operatora prasībām. Par montāžu, veiktajām pārbaudēm, mērījumiem un ieregulēšanas darbiem darbu veicējs sastāda atbilstošus aktus vai protokolus, kurus iesniedz tehniskā vadītāja vai atbildīgā par elektroietaisies ekspluatāciju norīkotam darbiniekam. Iesniedzamo

dokumentu saturam un apjomam jābūt noteiktam līgumā. Pārbaudes un to apjomus elektroiekārtai, ko papildus veic elektroiekārtas apkalpojošais personāls pēc aktu un protokolu saņemšanas no darbu veicēja, nosaka elektroietaisies valdītājs vai viņa pilnvarota persona (parasti tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju). Atļauju pieslēgt elektroietaisi pie elektroenerģijas sistēmas operatora tīkliem ir tiesīgs dot operators, kura tīkliem pievieno elektroietaisi. Atļauja jānoformē ar aktu. Atļauja pieslēgt elektroietaisi pie elektroenerģijas sistēmas operatora tīkliem dod tiesības pieslēgšanu veikt uz elektroiekārtas pārbaudes laiku, un to nevar uzskatīt par atļauju sākt elektroietaisies ekspluatāciju. Pirms elektroietaisies kopējās pārbaudes sākšanas jābūt:

- 1) sagatavotam un apmācītam personālam;
- 2) izstrādātām elektroiekārtu ekspluatācijas instrukcijām, operatīvai un tehniskai dokumentācijai;
- 3) izveidotiem redzamiem attiecīgiem elektroietaišu un to iekārtu operatīvajiem apzīmējumiem;
- 4) iedarbinātām visām projektā paredzētajām signalizācijas un automātikas sistēmām;
- 5) iedarbinātām visām releju aizsardzības un automātikas (RAA) ierīcēm.

Par kopējās pārbaudes sākumu uzskatāms brīdis, kad elektroietaisi pieslēdz elektroenerģijas sistēmas operatora tīklam un sloģo ar nominālo slodzi un projektā paredzētajiem elektroietaisies parametriem. Kopējās pārbaudes laikā pārbauda visu elektroietaisies iekārtu darbību ar slodzi.

Kopējā pārbaude ir izturēta:

- 1) ja transformatoru apakšstacijas, sadalietaisies un transformatori darbojas ar slodzi bez traucējumiem nepārtraukti 72 stundas;
- 2) ja elektropārvades līnijas un pārējās elektroietaisies darbojas ar slodzi nepārtraukti 24 stundas.

Ja objektīvu iemeslu dēļ pārbaudes laikā nevar nodrošināt nepieciešamo slodzi un pārbaudes nepārtrauktību, tad pieņemšanas komisija var noteikt citu pārbaudes režīmu.

## 7.4. ELEKTROIETAIŠU DARBA KONTROLE



### IEVĒRĪBAI

*Apkalpojošā personāla rīcībā esošo elektroietaisies darbības reglamentējošos dokumentus nosaka uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju.*

Šī apakšnodaļa atbilst modulim "Elektroietaišu ekspluatācija".

Apkalpojošā personāla rīcībā esošo elektroietaisies darbības reglamentējošos dokumentus – kartes, instrukcijas, tabulas, shēmas, grafikus u. c. – nosaka uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju. Šos materiālus atkārtoti apstiprina ne retāk kā reizi trijos gados.



Operatīvajam personālam jābūt praktiski apmācītam patstāvīgi gan regulēt, gan mainīt iekārtas darba režīmus. Apmācības apjomu un periodiskumu nosaka tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju. Tehniskā vadītāja vai atbildīgā par elektroietaisies ekspluatāciju pienākums ir organizēt visu tehnoloģisko traucējumu un bojājumu uzskaiti un izmeklēšanu, kas radušies viņa funkcionālā vadībā esošajā elektroietaisē.

## 7.5. TEHNISKĀ APKALPOŠANA, REMONTS UN REKONSTRUKCIJA

Šī apakšnodaļa atbilst modulim "Elektroietaišu ekspluatācija".

Lai pastāvīgi uzturētu elektroietaisi tehniskā kārtībā, jāveic tās:

- 1) tehniskā apkalpošana;
- 2) uzturēšanas remonts;
- 3) atjaunošanas remonts;
- 4) rekonstrukcijas darbi;
- 5) ārpuskārtas remonts.

Katrā uzņēmumā jābūt izstrādātiem elektroietaisies tehniskās apkalpošanas un remonta darbu grafikiem. Šo darbu periodiskumam jābūt tādām, lai starpremontu periodā elektroiekārta darbotos droši un bez tehnoloģiskām atteicēm. Uzturēšanas remonta laikā tiek remontētas vai nomainītas atsevišķas detaļas vai mezgli, novērsti defekti, veikti mērījumi un regulēšana, nodrošināta sistemātiska un savlaicīga aizsardzība pret atmosfēras un korozijas iedarbību. Atjaunošanas remonta laikā tiek nomainītas nolietotās konstrukcijas, iekārtas vai atsevišķi mezgli, novērsti defekti, veikti mērījumi un regulēšana, kas būtiski palielina elektroietaisies kalpošanas laiku. Rekonstrukcijas darbu laikā nolietotās konstrukcijas un iekārtas tiek nomainītas ar tādām, kas paaugstina vienu vai vairākus no šādiem parametriem: elektroapgādes drošums, sistēmas darbības efektivitāte, zudumu un ekspluatācijas izdevumu samazināšana, darbība ar augstāku lietderības koeficientu.

Ārpuskārtas remonts ir neplānots remonts, kura laikā novērsē elektroiekārtas ekspluatācijas laikā (starpremontu periodā) konstatētos defektus, bez kuru novēršanas elektroiekārtas turpmākā ekspluatācija nav pieļaujama. Lai nodrošinātu elektroiekārtas kvalitatīvu remontu, jābūt sagatavotām remontdarbu tehnoloģiskām kartēm un remontdarbu apjomam. Šīs kartes un remontdarbu apjomu apstiprina tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju. Tehnoloģiskai kartei ir jāsaturs informācija par darbu izpildīšanas nosacījumiem, drošības prasībām, individuālajiem aizsardzības līdzekļiem, kuri jāpielieto darbu veikšanas laikā, pielietojamiem mērinstrumentiem, materiāliem, rezerves daļām, darbarīkiem, instrumentiem un palīgierīcēm remonta veikšanai, kā arī jāapraksta darba izpildes secība.

Remontdarbu apjoma noteikšanai elektroietaisē pirms tās remonta sākšanas no tehniskās dokumentācijas jāapkopo ekspluatācijas laikā nenovērstie defekti, pievienojot tiem defektus, kuri konstatēti remonta laikā. Elektroietaise, kurai veikts remonts, pirms ieslēgšanas darbā jāpārbauda atbilstoši ražotāja instrukcijām. Ja tādu nav, – atbilstoši elektroiekārtas pārbaudes normām, kuras nosaka uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaises ekspluatāciju. Pārbaudes rezultātiem jābūt dokumentētiem.

Elektroiekārtai, kurai veikts remonts, pirms ieslēgšanas darbā pārbauda visu paredzēto darbu izpildi, iekārtas ārējo stāvokli, remonta tehnisko dokumentāciju un remonta kvalitāti. Visu veidu remontdarbu pabeigšanu noformē ar aktu. Aktā jānorāda remonta veids, iekārtas tips, darbu veikšanas laiks, remonta laikā veiktie darbi, pārbaudes, mērījumi un šo darbu veicēji. Tāpat aktā jābūt atzīmei par darbu pabeigšanu un pieņēmēja slēdzienam pēc pārbaudes [24].

Atjaunošanas remonta darbi uzskatāmi par pabeigtiem tikai tad:

- 1) ja apakšstaciju pamat iekārta darbojusies ar darba slodzi bez defektiem 72 stundas;
- 2) ja elektrotīkli un pārējās iekārtas darbojušās bez defektiem 24 stundas.

Elektroietaises pārbaudes kārtību un apjomu pēc veiktajiem uzturēšanas remonta darbiem nosaka tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaises ekspluatāciju. Ja elektroietaises pārbaudes laikā konstatēti defekti, remonts uzskatāms par nepabeigtu, defekti novēršami un veicama atkārtota elektroietaises pārbaude. Akti par remonta izpildi kopā ar pārējo remonta darbu tehnisko dokumentāciju jāglabā elektroiekārtas pasē vismaz līdz nākamajam atjaunošanas remontam. Visos gadījumos, kad nav noformēta remonta dokumentācija, remonts uzskatāms par nepabeigtu. Lai samazinātu elektroietaišu atslēguma laiku, tehniskās apkalpošanas un remonta darbi pēc iespējas jāorganizē kompleksi, veicot tos vienlaicīgi dažādās iekārtās.

## 7.6. PĀRSLĒGUMI ELEKTROIETAISĒS

Šī apakšnodaļa atbilst modulim “Elektroietaišu ekspluatācija”.



### IEVĒRĪBAI

*Visas izmaiņas elektroietaises shēmā, tostarp pārnesamo zemējumu uzlikšana vai stacionāro zemējumu nažu ieslēgšana, ir jāatspoguļo operatīvajā shēmā.*

Visas izmaiņas elektroietaises shēmā, tostarp pārnesamo zemējumu uzlikšana vai stacionāro zemējumu nažu ieslēgšana, ir jāatspoguļo operatīvajā shēmā. Katrai sadalietasei jābūt uzņēmuma tehniskā vadītāja vai atbildīgā par elektroietaises ekspluatāciju noteiktai pārslēgumu izdarīšanas kārtībai atsevišķos pieslēgumos un minimālajam to izpildītāju skaitam.

Nosakot pēc pārslēgumu kartēm vai lapām veicamo pārslēgumu apjomu objektā un to izpildītāju skaitu, jāņem vērā:

- 1) atsevišķo operāciju daudzums un sarežģītība;
- 2) bloķēšanas ierīču stāvoklis;
- 3) elektriskā shēma un tās konstruktīvais izveidojums;
- 4) relejaizsardzības un automātikas ierīču komplicētība;
- 5) iekārtas tehniskais stāvoklis;
- 6) operatīvās apkalpošanas veids un personāla kvalifikācija;
- 7) konkrēto pārslēgumu atkārtotāšanās biežums.



### IEVĒRĪBAI

*Katrā struktūrvienībā, kas saistīta ar operatīvā darba izpildi, jābūt apstiprinātam to pārslēgumu sarakstam, kurus jāveic vismaz divām personām.*

Katrā struktūrvienībā, kas saistīta ar operatīvā darba izpildi, jābūt apstiprinātam to pārslēgumu sarakstam, kurus jāveic vismaz divām personām. Sarakstu apstiprina uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju. Lai veiktu operācijas releju aizsardzības un automātikas ierīču ķēdēs, izdarot sarežģītus pārslēgumus, atļauts iesaistīt trešo personu no releju aizsardzības struktūrvienības.

Vienkāršus pārslēgumus (atsevišķi pārslēgumi, pārslēgumi viena sprieguma iekārtā ar vienu kopņu sistēmu vai sekciju) var izdarīt bez pārslēguma kartēm vai lapām. Pārslēguma kartē (lapā) tehnoloģiskā secībā jāieraksta visas operācijas ar komutācijas aparātiem, operatīvā sprieguma ķēdēm, releju aizsardzības un automātikas ierīcēm, zemētājslēdzīem, pārnēsājamiem zemējumiem, kā arī svarīgākās pārbaudes operācijas – sprieguma neesamības pārbaude un, ja notiks darbības ar atdalītājiem, izolatora stāvokļa pārbaude atdalītājam. Izdarot izmaiņas elektroietaisies shēmā saistībā ar jaunas iekārtas pieslēgšanu, vecās nomaiņu vai daļēju demontāžu, ietaises rekonstrukciju vai releju aizsardzības un automātikas pilnveidošanu, attiecīgās korekcijas savlaicīgi jāizdara arī pārslēgumu kartēs (lapās). Rīkojumā par pārslēgumu izpildi jānorāda galveno operāciju secība elektroietaisies shēmā un releju aizsardzības un automātikas ierīču ķēdēs. Rīkojuma detalizācijas pakāpi nosaka rīkojuma devējs. Ja pārslēgumu veikšanai ir iepriekš sagatavotas pārslēgumu kartes vai lapas, tad rīkojuma devējam, dodot rīkojumu, tajā jānorāda, kura pārslēgumu karte vai lapa lietojama. Saņemot atļauju pārslēgumu izdarīšanai, atbilstošo pārslēguma karti vai pārslēguma lapu izvēlas un par to ir atbildīgs darbinieks, kurš tieši izpilda pārslēgumu. Ja pārslēgumu izdara divas personas, tad vienai no tām jāuzņemas kontroles funkcija. Kontroles funkcija jāveic personai, kurai ir augstāka elektrodrošības grupa. Ja abām personām ir vienādas elektrodrošības grupas, tad kontroles funkcija jāveic personai ar augstāku amata kvalifikāciju vai pieredzi. Atbildīgas par pārslēgumu pareizu izpildi ir abas personas.

Piemēri:

- 1) ja pārslēgums jāveic diviem darbiniekiem, no kuriem vienam ir *B* un otram *C* elektrodrošības grupa, tad kontroles funkcija jāveic darbiniekam ar *C* elektrodrošības grupu;
- 2) ja pārslēgums jāveic diviem darbiniekiem, no kuriem vienam ir *B* un otram *Bz* elektrodrošības grupa, tad kontroles funkcija jāveic darbiniekam ar *B* elektrodrošības grupu;
- 3) ja pārslēgums jāveic diviem darbiniekiem ar *B* elektrodrošības grupām – elektromontierim un brigadierim –, tad kontroles funkcija jāveic darbiniekam, kurš ieņem augstāku amatu, šajā gadījumā brigadierim;
- 4) ja pārslēgums jāveic diviem elektromontieriem ar *C* elektrodrošības grupām un viena elektromontiera darba stāžs šajā elektroietaisē ir trīs gadi, bet otra – septiņi gadi, kontroles funkcija jāveic elektromontierim ar septiņu gadu darba stāžu šajā elektroietaisē.

Ja elektroietaisē paliek bez sprieguma, operatīvajam personālam jābūt gatavam, ka spriegums var tikt ieslēgts bez iepriekšēja brīdinājuma. Pieslēgumam, kura ķēdē ir jaudas slēdzis, spriegumu ieslēdz un atslēdz ar šo slēdzi. Operatīvajam personālam pārslēgumu gaitā ir aizliegts patvaļīgi atbloķēt bloķēšanas elementu savstarpējo darbību. Atbloķēšana pieļaujama, ja atbloķēšanas kārtība ir noteikta vietējā instrukcijā, ko apstiprina uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisē ekspluatāciju.

## 7.7. TEHNISKĀ UN OPERATĪVĀ DOKUMENTĀCIJA

Šī apakšnodaļa atbilst moduļiem “Elektroietaišu ekspluatācija” un “Elektrotehniskās dokumentācijas aizpildīšana”.

Katrā uzņēmumā, kurā ir elektroietaisē, jābūt tehniskai dokumentācijai, ar kuru tā pieņemta ekspluatācijā. Šīs dokumentācijas sastāvā jābūt:

- 1) komisijas aktam par elektroietaisē pieņemšanu ekspluatācijā;
- 2) saskaņotai projekta dokumentācijai;
- 3) segto darbu aktiem;
- 4) nepieciešamo mērījumu rezultātu protokoliem, elektroiekārtu un ierīču pārbaudes protokoliem un pieņemšanas aktiem;
- 5) elektroapgādes shēmām;
- 6) iekārtu tehniskajām pasēm;
- 7) elektroietaišu un iekārtu ekspluatācijas instrukcijām.

Šiem dokumentiem jāglabājas tehniskā vadītāja vai atbildīgā par elektroietaisē ekspluatāciju noteiktā vietā. Katrai struktūrvienībai nepieciešamo tehniskās un operatīvās dokumentācijas apjomu nosaka

tehniskā vadītāja vai atbildīgā par elektroietaisies ekspluatāciju apstiprināts saraksts, kurš caurskatāms pēc vajadzības, bet ne retāk kā vienu reizi trijos gados. Mainoties elektroietaisies valdītājam, visa tehniskā un operatīvā dokumentācija jānodod jaunajam valdītājam.

Operatīvā personāla, kura operatīvajā vadībā vai pārziņā atrodas elektroietaisies, rīcībā jābūt darbam atbilstošai operatīvai dokumentācijai, kura regulāri jāpārskata. Ieteicamais operatīvās dokumentācijas apjoms:

- 1) operatīvais žurnāls;
- 2) operatīvā shēma;
- 3) norīkojumu un rīkojumu reģistrācijas žurnāls (nav obligāts, ja izsniegto norīkojumu un doto rīkojumu skaits uzņēmumā nav pārāk liels, jo darbi tiek veikti pēc ekspluatācijas instrukcijas. Šajā gadījumā izsniegtie norīkojumi un dotie rīkojumi tiek reģistrēti operatīvajā žurnālā);
- 4) elektroietaišu atslēgumu un remontu pieteikumu žurnāls;
- 5) releju aizsardzības un automātikas norādījumi visiem elektroietaisies iespējamajiem režīmiem;
- 6) operatīvā personāla saraksti un telefona numuri.

Katrai pastāvīgajai operatīvā personāla darbavietai konkrētu operatīvās dokumentācijas apjomu un veidu (papīra vai elektroniskā formā) un tās aizpildīšanas un pārskatīšanas kārtību nosaka uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju. Elektroietaisies dokumentācijā nekavējoties jāatzīmē visas ekspluatācijas procesā izdarītās izmaiņas: ieraksta veicējs, amats, ieraksta datums un paraksts. Dokumenti, kuri tiek uzturēti elektroniskā formā, pēc izmaiņām jāievada datubāzē jaunā redakcijā. Tehnoloģisko un elektrisko shēmu atbilstība faktiskajām apkalpojamās iekārtas shēmām, kā arī elektroietaišu pārslēgumu kartes, kas ir operatīvā personāla rīcībā, jāpārbauda un jāapstiprina uzņēmuma tehniskā vadītāja vai atbildīgā par elektroietaisies ekspluatāciju noteiktajā kārtībā, bet ne retāk kā vienu reizi trijos gados. Iekārtas apzīmējumam shēmā jāatbilst iekārtas apzīmējumam dabā. Uzņēmuma tehniskā vadītāja vai atbildīgā par elektroietaisies ekspluatāciju noteiktajā kārtībā ar izmaiņām tehniskajā un operatīvajā dokumentācijā jāiepazīstina visi darbinieki, kuriem tas jāzina saskaņā ar viņu darba pienākumiem. Nepieciešamo shēmu komplektam jāatrodas elektroietaisies apkalpojošā personāla rīcībā. Shēmām jābūt novietotām brīvi pieejamās vietās, kur uzstādītas attiecīgās iekārtas. Operatīvais personāls un personāls, kurš veic darbus elektroietaisies un elektroiekārtās, jānodrošina ar nepieciešamajām ekspluatācijas instrukcijām, kas sagatavotas, pamatojoties uz ražotāja un projekta datiem, ekspluatācijas pieredzi, pārbaužu rezultātiem un vietējiem apstākļiem. Instrukcijas apstiprina uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju, un tās caurskatāmas pēc nepieciešamības, bet ne retāk kā vienu reizi trijos gados. Uz pamatiekārtas un palīgiekārtas jābūt operatīvajiem apzīmējumiem [25]. Operatīvo apzīmējumu piešķiršanas un apzīmēšanas kārtību nosaka elektroietaisies valdītājs vai viņa pilnvarota persona – tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju. Aizpildīta operatīvā dokumentācija (operatīvie žurnāli, pārslēguma kartes u. c.) un reģistrējošo mēraparātu diagrammas

jāuzglabā vismaz mēnesi, bet komercnorēķiniem paredzētās diagrammas – vismaz trīs mēnešus. Eksploatācijas instrukcijā jābūt šādai informācijai:

- 1) īsam elektroietaisies un/vai elektroiekārtas raksturojumam;
- 2) elektroiekārtas pieļaujamajiem darba režīmiem un darbības drošuma kritērijiem un robežām;
- 3) kārtībai, kādā sagatavojama un veicama iekārtas režīmu maiņa normālos un neparedzētos (avārijas) apstākļos;
- 4) kārtībai, kādā jāievēro personālam, veicot elektroiekārtu pārbaudes, remontus un citus eksploatācijas darbus;
- 5) darba aizsardzības, ugunsdrošības un sprādziendrošības prasībām, kas ir specifiskas attiecīgajai elektroiekārtai, ja tas nav aprakstīts darba aizsardzības instrukcijā;
- 6) neatliekamiem pasākumiem, kuri veicami, novēršot traucējumus un bojājumus attiecīgajā elektroiekārtā, un to novēršanas kārtībai;
- 7) tehnoloģiskās apkalpošanas un remontdarbu apjomam, ja par šo elektroiekārtu remontiem netiek sastādīta tehnoloģiskā karte.

## 7.8. METROLOĢISKĀ UZRAUDZĪBA

Šī apakšnodaļa atbilst moduļim “Ārējo elektrotīklu tehniskā eksploatācija”.



### IEVĒRĪBAI

*Metroloģisko uzraudzību uzņēmumā veic darbinieks vai struktūrvienība, kurai uzdotas šīs funkcijas.*

Metroloģisko uzraudzību uzņēmumā veic darbinieks vai struktūrvienība, kurai uzdotas šīs funkcijas. Elektroiekārtu aprīkojumam ar mērīšanas līdzekļiem jāatbilst šo elektroiekārtu projektu dokumentācijai un mērīšanas līdzekļu pasūtītāja izvirzītajiem tehniskajiem noteikumiem. Šo līdzekļu uzdevums ir nodrošināt elektroiekārtu tehniskā stāvokļa kontroli, patērētās un piegādātās elektroenerģijas, sanitāro normu un drošu darba apstākļu ievērošanu, kā arī apkārtējās vides aizsardzības kontroli.

Visu mērīšanas līdzekļu uzstādīšana un eksploatācija jāveic apstākļos, kas atbilst šo mērīšanas līdzekļu tehniskajiem noteikumiem, energostandartiem un instrukcijām. Uzņēmumā jābūt eksploatācijā esošo mērīšanas līdzekļu uzskaitē (datubāzē), kurā norādīti to tehniskie parametri, uzstādīšanas vieta vai lietotājs, identifikācijas numuri un citi parametri, ko nosaka uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies eksploatāciju. Mērīšanas līdzekļu atvēršana, ja tā nav saistīta ar reģistrējošo aparātu normāla pieraksta nodrošināšanu, regulēšana, parametru maiņa un nomaiņa atļauta tikai attiecīgi apmācītam personālam. Ilgstoši nelietojamie mērīšanas līdzekļi novietojami un uzglabājami tā, lai personāls tiem nevarētu brīvi piekļūt un tos lietot. Ilgstoši nelietojamie mērīšanas līdzekļi nav pakļauti periodiskai atbilstības novērtēšanai; tā jāveic, tikai atsākot mērīšanu līdzekļu lietošanu.

Mērīšanas līdzekļiem, pēc kuru rādījumiem tiek kontrolēti elektroiekārtas svarīgākie darba režīmi, jāatnā informācija par kritisku mērlielumu sasniegšanu vai pārsniegšanu, ja to atļauj konstrukcija. Tas nozīmē, ka uz ampērmētru, voltmetru un tamlīdzīgu mērierīču skalām jābūt atzīmēm par kritiskajiem lielumiem, kuru pārsniegšana var novest pie tehnoloģiskā procesa traucējumiem vai pat pārtraukšanas. Valsts metroloģiskai kontrolei un uzraudzībai pakļauti mērīšanas līdzekļi, kurus lieto:

- 1) cilvēka dzīvības un veselības aizsardzībai;
- 2) vides aizsardzībai un kontrolei;
- 3) darba drošības, tehniskās drošības un kustības drošības kontrolei;
- 4) tirdzniecības, banku, nodokļu, muitas un pasta operācijās;
- 5) energoresursu un citu resursu uzskaitē;
- 6) ģeodēzijas un hidrometeoroloģijas darbos;
- 7) veicot izmeklēšanu un ekspertīzi.

Valsts metroloģiskai kontrolei pakļauto mērīšanas līdzekļu sarakstu, norādot verificēšanas periodiskumu, apstiprina Ministru kabinets.

Valsts metroloģiskai kontrolei pakļautajiem mērīšanas līdzekļiem ir šādi valsts metroloģiskās kontroles veidi:

- 1) mērīšanas līdzekļa tipa apstiprināšana;
- 2) pirmreizējā un atkārtotā verificēšana;
- 3) atkārtotā kalibrēšana;
- 4) valsts metroloģiskā uzraudzība.

Valsts metroloģiskai kontrolei pakļautajiem mērīšanas līdzekļu tipiem jābūt apstiprinātiem un iekļautiem Valsts mērīšanas līdzekļu reģistrā. Mērīšanas līdzekļu tipus reģistrē valsts normatīvo dokumentu noteiktajā kārtībā. Valsts metroloģiskai kontrolei pakļauto mērīšanas līdzekļu pirmreizējo un atkārtoto verificēšanu vai kalibrēšanu var veikt valstī noteiktajā kārtībā reglamentētajā sfērā akreditētas laboratorijas. Nereglamentētajā sfērā lietojamie mērīšanas līdzekļi nav pakļauti valsts noteiktajai obligātajai metroloģiskajai kontrolei. Nereglamentētajā sfērā mērīšanas līdzekļu metroloģiskās atbilstības novērtēšanas periodiskumu nosaka uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaišu ekspluatāciju atkarībā no mērījumu nozīmīguma tehnoloģiskajā procesā, ievērojot mērīšanas līdzekļu ekspluatācijas apstākļus. Nereglamentētās sfēras mērīšanas līdzekļu metroloģiskās atbilstības novērtēšanu var veikt kompetentas metroloģijas laboratorijas vai darba vietas, kuras nodrošinātas ar nepieciešamajiem darba etaloniem attiecīgajos mērījumu veidos un atbilstības novērtēšanas metodikām. Personām, kuras veic mērīšanas līdzekļu metroloģiskās atbilstības novērtēšanu, jābūt apliecinājumam par kompetenci un prasmi. Mērīšanas līdzekļus, kurus lieto tikai tehnoloģisko procesu fizikālo lielumu novērošanai, bez to skaitliskas novērtēšanas ar noteiktu precizitāti, var iekļaut indikatoru kategorijā. Mērīšanas līdzekļu veidus un izmantošanas

jomas, kurās tie var tikt lietoti kā indikatori, apstiprina uzņēmuma tehniskais vadītājs vai atbildīgais par elektroietaisies ekspluatāciju. Indikatoriem uz skalas vai korpusa jābūt uzrakstam "INDIKATORS" vai apzīmējumam "I". Indikatoru uzraudzību uzņēmumā veic darbinieks vai struktūrvienība, kam uzdotas šīs funkcijas. Indikatori nav pakļauti periodiskai metroloģiskās atbilstības novērtēšanai. Personai, kura veic mērījumus, jābūt atbilstoši apmācītai un sagatavotai:

- 1) jāprot veikt mērījumus ar nepieciešamo mērījumu precizitāti;
- 2) jāizvēlas nepieciešamajiem mērījumiem atbilstošs mērīšanas līdzeklis;
- 3) jāievēro mērīšanas līdzekļu ekspluatācijas noteikumi;
- 4) jānodrošina mērīšanas procesa pareiza izpilde;
- 5) pareizi jānoformē mērījumu rezultāti.

Pirms mērījumu veikšanas mērīšanas līdzeklim jābūt pārbaudītam un sagatavotam darbam. Dokumentējot mērījumus:

- 1) jāievēro mērvienību un to apzīmējumu pareiza lietošana un rakstība;
- 2) jānorāda (jāidentificē) mērījumos lietoto mērīšanas līdzekli;
- 3) jānorāda un ar parakstu jāapstiprina mērījumu veicējs un mērījumu veikšanas datums.

## 7.9. VIDES AIZSARDZĪBAS PRASĪBAS

Šī apakšnodaļa atbilst modulim "Ārējo elektrotīklu tehniskā ekspluatācija".



### BŪTISKI

*Elektroietaisies valdītājam jāizstrādā un jāveic pasākumi, lai novērstu vai mazinātu tiešu un netiešu kaitējumu cilvēka veselībai, ģimībam un videi un ievērotu vides aizsardzības un citu normatīvo dokumentu prasības.*

Elektroietaisies valdītājam jāizstrādā un jāveic pasākumi, lai novērstu vai mazinātu tiešu un netiešu kaitējumu cilvēka veselībai, ģimībam un videi un ievērotu vides aizsardzības un citu normatīvo dokumentu prasības. Nav pieļaujama tādu elektroietaisies ekspluatācija, kuru darbība nenodrošina vides aizsardzības normatīvajos dokumentos un/vai atļaujā piesārņojošai darbībai noteikto prasību ievērošanu.

### 1. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi

1. Kādām prasībām jāatbilst atbildīgajam par elektroietaisies ekspluatāciju?
2. Kādi pienākumi jāveic atbildīgajam par elektroietaisies ekspluatāciju?
3. Kas jā dara elektroietaisies valdītājam, ja viņa rīcībā nav prasībām atbilstoša tehniskā personāla?



4. Kādi pārbaudes darbi jāveic pirms elektroietaisies pieņemšanas ekspluatācijā?
5. Kas nosaka pārbaūžu normas un apjomus pirms elektroietaisies pieņemšanas ekspluatācijā?
6. Kad transformatoru apakšstacijas pārbaude tiek uzskatīta par izturētu?
7. Kad elektropārvades līniju pārbaude tiek uzskatīta par izturētu?
8. Kas jāprot operatīvajam personālam?
9. Ko nodrošina tehniskās apkalpošanas darbu apjoms?
10. Kas tiek darīts uzturēšanas remonta darbu veikšanas laikā?
11. Kādi darbi tiek veikti rekonstrukcijas laikā?
12. Kas ir ārpuskārtas remonts?
13. Kas uzņēmumā veic metroloģisko uzraudzību?
14. Kādi mērīšanas līdzekļi ir pakļauti valsts metroloģiskai kontrolei un uzraudzībai?

## 2. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi – tests

- LEK 002
1. Vai drīkst veikt operatīvos pārslēgumus personāls bez operatīvajām tiesībām?
    - 1) Veikt operatīvos pārslēgumus personālam bez operatīvajām tiesībām kategoriski aizliegts. Tikai gadījumos, kad ir apdraudēta cilvēka dzīvība vai iekārtas drošība, iekārtu drīkst atslēgt ar dispečera rīkojumu šīs iekārtas apkalpojošais tehniskais personāls ar vai bez operatīvajām tiesībām.
    - 2) Veikt operatīvos pārslēgumus personālam bez operatīvajām tiesībām kategoriski aizliegts.
    - 3) Veikt operatīvos pārslēgumus personālam bez operatīvajām tiesībām kategoriski aizliegts. Tikai gadījumos, kad ir apdraudēta cilvēka dzīvība vai iekārtas drošība, iekārtu drīkst atslēgt bez dispečera rīkojuma šīs iekārtas apkalpojošais tehniskais personāls ar vai bez operatīvajām tiesībām.
    - 4) Veikt operatīvos pārslēgumus personālam bez operatīvajām tiesībām kategoriski aizliegts. Tikai gadījumos, kad ir apdraudēta cilvēka dzīvība vai iekārtas drošība, iekārtu drīkst atslēgt ar dispečera rīkojumu šīs iekārtas apkalpojošais tehniskais personāls ar operatīvajām tiesībām.
  2. Ja pārslēgumus izdara divas personas ar vienādam elektrodrošības grupām, kurai no personām ir jāuzņemas kontroles funkcija?
    - 1) Personai, kura ir vecāka pēc amata vai pieredzējušāka.
    - 2) Kontroles funkcija jāveic vecākajai personai ar C elektrodrošības grupu.
    - 3) Kontroles funkciju var uzņemt pēc savstarpējas vienošanās.
    - 4) Šajā gadījumā kontroles funkciju var uzņemt jebkurš no darbiniekiem.
- LEK 002

3. Ja pārslēgumus izdara divas personas, kurai no personām jāuzņemas atbildība par pareizu pārslēgumu izpildi?
- LEK 002
- 1) Atbildība jāuzņemas pēc savstarpējas vienošanās.
  - 2) Personai, kura uzņemas kontroles funkciju.
  - 3) Personai, kura veic pārslēgumu.
  - 4) Atbildīgas ir abas personas.
4. Ja elektroietaisē paliek bez sprieguma, kādai situācijai operatīvajam darbiniekam jābūt gatavam?
- LEK 002
- 1) Spriegums netiks atjaunots, kamēr bojājums netiks novērsts.
  - 2) Nekavējoties jācenšas spriegumu atjaunot.
  - 3) Spriegums var tikt ieslēgts bez brīdinājuma.
  - 4) Spriegums netiks atjaunots, kamēr nebūs noskaidrots tā bojājuma cēlonis.
5. Kas ir operatīvais žurnāls?
- LEK 002
- 1) Papīra un/vai elektroniskā formā uzturēts dokuments, kurā tiek fiksēti visi notikumi un darbības elektroietaisē, tostarp operatīvie rīkojumi, pārslēgumi, automātikas un releju aizsardzības darbība, konstatētie bojājumi u. c.
  - 2) Papīra un/vai elektroniskā formā uzturēts dokuments, kurā tiek fiksēti visi notikumi un pārslēgumi, automātikas un releju aizsardzības darbība, konstatētie bojājumi u. c.
  - 3) Papīra formā uzturēts dokuments, kurā tiek fiksēti visi notikumi un darbības elektroietaisēs, tostarp operatīvie rīkojumi, pārslēgumi, automātikas un releju aizsardzības darbība, konstatētie bojājumi u. c.
  - 4) Elektroniskā formā uzturēts dokuments, kurā tiek fiksēti visi notikumi un pārslēgumi, automātikas un releju aizsardzības darbība, konstatētie bojājumi u. c.
6. Kurš apstiprina Valsts meteoroloģiskajai kontrolei pakļauto mērīšanas līdzekļu sarakstu, norādot verificēšanas periodiskumu?
- LEK 002
- 1) Tehniskais vadītājs.
  - 2) Ministru kabinets.
  - 3) Struktūrvienības vadītājs.
  - 4) Sertificēta laboratorija.

7. Pieņemot ekspluatācijā jaunas kabeļu līnijas ar darba spriegumu 6 kV, 10 kV un 20 kV, tās pārbauda ar paaugstinātu spriegumu...
- LEK 002
- 1) ...atbilstoši guldīšanas videi un laika apstākļiem.
  - 2) ...saskaņā ar ražotāja sniegto informāciju.
  - 3) ...saskaņā ar normatīvo dokumentu prasībām.
  - 4) ...saskaņā ar tehniskiem noteikumiem.
8. Kas ir operatīvais personāls?
- MK not.  
Nr. 1041
- 1) Speciāli apmācīts un praktiskam darbam sagatavots darbinieks, kuram ir piešķirtas tiesības īstenot energoietaisies operatīvo vadību, kontrolēt un mainīt režīma parametrus, izdarīt pārslēgumus, sagatavot vai dot atļauju sagatavot darba vietu, pielaist brigādi darbam vai dot atļauju pielaist brigādi darbam.
  - 2) Speciāli apmācīts un praktiskam darbam sagatavots personāls, kuram ir piešķirtas tiesības atrodies maiņā realizēt elektroietaisies operatīvo vadību, kontrolēt un mainīt režīma parametrus, izdarīt pārslēgumus, sagatavot vai dot atļauju sagatavot darba vietu, pielaist brigādi pie darba vai dot atļauju pielaist pie darba.
  - 3) Speciāli apmācīts un praktiskam darbam sagatavots personāls, kuram ir piešķirtas tiesības atrodies dežūrā realizēt elektroietaisies operatīvo vadību, kontrolēt un mainīt režīma parametrus, izdarīt pārslēgumus, sagatavot vai dot atļauju sagatavot darba vietu, pielaist brigādi pie darba vai dot atļauju pielaist pie darba.
  - 4) Apmācīti vai kvalificēti darbinieki, kuriem elektroietaisies valdītājs papildus tiešajiem darba pienākumiem noteiktā kārtībā piešķīris operatīvās tiesības veikt pārslēgumus, sagatavot darbavietu un pielaist brigādi pie darba.

## PAŠPĀRBAUDES JAUTĀJUMI – TESTI AR ATBILDĒM

### 2. NODAĻA

#### 8. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. Kādā gadījumā nav jāiesniedz ziņas par vēlamo būvniecības ieceri būvvaldē?
  - 1) Rekonstrukcija.
  - 2) **Remonts.**
  - 3) Jaunbūve.
  - 4) Renovācija.
2. Kas sastāda projektēšanas uzdevumu?
  - 1) Būvvalde.
  - 2) Būvprojekta izpildītājs.
  - 3) **Būvniecības ieceres ierosinātājs.**
  - 4) Būvprojekta projektētājs.
3. Kādā gadījumā būvprojekts nav nepieciešams?
  - 1) Ja ēkā tiek īstenots rekonstrukcijas projekts.
  - 2) Ja ēkā vai telpu grupā tiek īstenots interjera projekts.
  - 3) Ja ēkā tiek īstenots renovācijas projekts.
  - 4) **Ja ēkā vai telpu grupā tiek īstenots interjera projekts, kas neskar trešās personas, nesošās būvkonstrukcijas un koplietošanas inženiertīklus.**
4. Kas jāizpilda, lai novērtētu būvprojekta atbilstību normatīvajos aktos un tehniskajos noteikumos noteiktajām prasībām?
  - 1) **Jāorganizē būvprojekta ekspertīze.**
  - 2) Jāorganizē publiska apspriešana.
  - 3) Jāorganizē atklāts arhitektūras konkurss.
  - 4) Jāiesniedz būvprojekts būvvaldē izvērtēšanai un saskaņošanai.

5. Kādos gadījumos autoruzraudzība ir obligāta?
- 1) **Valsts aizsargājamiem kultūras pieminekļiem, otrās un trešās grupas ēkām pilsētbūvniecības pieminekļa teritorijā un tā aizsardzības zonā atbilstoši teritorijas plānojumam (izņemot viena vai divu dzīvokļu dzīvojamās ēkas un palīgēkas).**
  - 2) Valsts nacionālai drošībai svarīgie objekti.
  - 3) Trešās grupas jaunbūvējamām, restaurējamām un pārbūvējamām būvēm.
  - 4) Publiskām jaunbūvējamām, restaurējamām un pārbūvējamām otrās grupas būvēm.
  - 5) Dzīvojamām ēkām (izņemot viena vai divu dzīvokļu dzīvojamās ēkas).
  - 6) Būvēm, kurām ir veikts ietekmes uz vidi novērtējums.
6. Kāds ir drošuma galvenais kvantitatīvais kritērijs?
- 1) Elektroenerģijas kvalitāte.
  - 2) **Elektroenerģijas pārtraukuma ilgums un pārtraukumu biežums.**
  - 3) Elektroenerģijas spriegums un strāva.
  - 4) Elektroapgādes pieslēguma shēma.
7. Pabeidziet teikumu: "Energoapgādes objekta pieņemšanu ekspluatācijā pēc būvniecības pabeigšanas ierosina..."
- 1) būvvalde;
  - 2) būvniecības projektētājs;
  - 3) būvdarbu izpildītājs;
  - 4) **būvniecības ierosinātājs.**
8. Kas novērtē energoapgādes objekta gatavību ekspluatācijai?
- 1) **Būvvalde.**
  - 2) Autoruzraugs.
  - 3) Būvdarbu izpildītājs.
  - 4) Būvniecības ierosinātājs.
9. Kurā būvprojekta daļā iekļauti vides aizsardzības pasākumi?
- 1) Vispārīgā daļa.
  - 2) **Inženierrisinājumu daļa.**
  - 3) Būvdarbu organizācija.
  - 4) Tehnoloģiskā daļa.

10. Cik ilgā laikā pēc visu dokumentu saņemšanas būvvaldei jānosaka termiņš energoapgādes objekta pieņemšanai ekspluatācijā?
- 1) **Ne vēlāk kā 10 dienu laikā.**
  - 2) Ne vēlāk kā 30 dienu laikā.
  - 3) 5 darbdienu laikā.
  - 4) 10 darbdienu laikā.

### 3. NODAĻA

#### 4. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. Kurš pirmais 1836. gadā izgudroja indukcijas spoli?
  - 1) Čārlzs Peidžs.
  - 2) Maikls Faradejs.
  - 3) **Nikolass Kallans.**
  - 4) Džozefs Henrijs.
2. Kas ir transformators?
  - 1) **Ierīce ar diviem vai vairākiem induktīvi saistītiem tinumiem, kas pārveido vienu maiņstrāvas sistēmu citā.**
  - 2) Komutācijas aparāts, kas savieno vairākas sistēmas.
  - 3) Ierīce, kas aizsargā elektroenerģijas sistēmu.
  - 4) Ierīce putnu biedēšanai.
3. Kas ir transformatora magnētqvads?
  - 1) Magnēts, kas atrodas eļļas bākā.
  - 2) **Karkass, uz kura tiek uztītas spoles.**
  - 3) Elektrolīnija, ar ko savieno transformatoru ar apakšstacijas kopnēm.
  - 4) Magnēts, ar kuru transformators tiek izvilts ārā no apakšstacijas remontam.
4. Kā notiek divtinumu transformatora atslēgšana no slodzes?
  - 1) Vispirms atslēdz augstākā sprieguma jaudas slēdzi, pēc tam – zemākā.
  - 2) Atslēdz tikai zemākā sprieguma pusi.
  - 3) Atslēdz tikai augstākā sprieguma pusi.
  - 4) **Vispirms atslēdz zemākā sprieguma jaudas slēdzi, pēc tam – augstākā.**

5. Kā notiek divtinumu transformatora ieslēgšana zem slodzes?
- 1) **Vispirms ieslēdz augstākā sprieguma jaudas slēdzi, pēc tam – zemākā.**
  - 2) Ieslēdz tikai zemākā sprieguma puses jaudas slēdzi.
  - 3) Ieslēdz abus jaudas slēdžus vienlaicīgi.
  - 4) Vispirms atslēdz zemākā sprieguma puses jaudas slēdzi, pēc tam – augstākā.
6. Kas ir pazeminošais transformators?
- 1) **Transformators, kurš augstāku maiņspriegumu pārveido par zemāku.**
  - 2) Maza izmēra transformators.
  - 3) Vairāku transformatoru slēgums.
  - 4) Transformators, kurš zemāku maiņspriegumu pārveido par augstāku.
7. Kas ir paaugstinošais transformators?
- 1) Transformators, kurš augstāku maiņspriegumu pārveido par zemāku.
  - 2) Liela izmēra transformators.
  - 3) Vairāku transformatoru slēgums.
  - 4) **Transformators, kurš zemāku maiņspriegumu pārveido par augstāku.**

## 4. NODAĻA

### 2. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. Ar kādu spriegumu Latvijā strādā elektropārvades līnijas?
- 1) 110, 220 un 330
  - 2) 6, 10, 20, 35 un 110
  - 3) **110 un 330**
  - 4) 6, 10 un 20
2. Ar kādu spriegumu Latvijā strādā vidēja sprieguma sadales līnijas?
- 1) 110, 220 un 330
  - 2) 6, 10, 20, 35 un 110
  - 3) 110 un 330
  - 4) **6, 10 un 20**

3. Kura kompānija ir elektroenerģijas pārvades sistēmas operators Latvijā?
- 1) AS "Sadales tīkls"
  - 2) **AS "Augstsprieguma tīkls"**
  - 3) AS "Latvenergo"
  - 4) AS "Rīgas siltums"
4. Kura kompānija ir elektroenerģijas sadales sistēmas operators Latvijā?
- 1) **AS "Sadales tīkls"**
  - 2) AS "Augstsprieguma tīkls"
  - 3) AS "Latvenergo"
  - 4) Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisija
5. Kas ir elektrolīnija?
- 1) Caurules, kurās tiek uzturēts gaiss zem spiediena.
  - 2) Balsti ar izolatoriem.
  - 3) **Vadu, kabeļu, izolatoru un nesošo konstrukciju kopums elektroenerģijas pārvadei no viena tīkla punkta uz otru.**
  - 4) Līnija, kuras vadi nostiprināti betona balstos.
6. Kas ir gaisvadu elektrolīnija?
- 1) Caurules, kurās tiek uzturēts gaiss zem spiediena.
  - 2) **Elektrolīnija, kuras vadi vai piekarkabeļi nostiprināti balstos.**
  - 3) Elektrolīnija, kuras vadi nostiprināti metāla balstos.
  - 4) Elektrolīnija, kuras vadi nostiprināti betona balstos.
7. Kā tiek apzīmēta gaisvadu elektrolīnija?
- 1) L
  - 2) EL
  - 3) **GLV**
  - 4) MW
8. Kas ir kabeļu elektrolīnija?
- 1) Līnija ar izolatoriem.
  - 2) Elektrolīnija, kas paredzēta datu pārraidei.



3) **Elektrrolīnija, kas izveidota no viena vai vairākiem kabeļiem un ieguldīta zemē.**

4) Elektrrolīnija, kuras vadi nostiprināti metāla balstos.

9. Uz slēgto TP ārdurvīm jābūt:

- LEK 002
- 1) **noteiktas formas brīdinājuma zīmei "Bīstami! Elektrība", operatīvajiem apzīmējumiem, elektroietaisies valdītāja juridiskajam nosaukumam, izsaukuma telefona numuram;**
  - 2) noteiktas formas brīdinājuma zīmei "Bīstami! Elektrība", operatīvajiem apzīmējumiem, elektroietaisies valdītāja juridiskajam nosaukumam;
  - 3) tehniskā vadītāja noteiktajiem apzīmējumiem;
  - 4) noteiktas formas brīdinājuma zīmei "Bīstami! Elektrība", operatīvajiem apzīmējumiem, elektroietaisies darba sprieguma pakāpei, izsaukuma telefona numuram.

10. Kādā augstumā ir jābūt novietotām informatīvām zīmēm aizsargjoslas apzīmēšanai uz GL balstiem?

- LEK 002
- 1) No 2–3 m augstumā.
  - 2) Augstāk par 2,5 m.
  - 3) **2,5–3 m augstumā.**
  - 4) 2–2,5 m augstumā.

11. Kas ir kabeļlīnija?

- LEK 002
- 1) Elektrrolīnija, kas ir ierakta zemē, pielikta pie ēkas sienām, ievietota kabeļkanālos, caurulēs vai tamlīdzīgi.
  - 2) **Elektrrolīnija, kas izveidota ar īpašu izolētu vadu – kabeli – un instalēta zemē, gar ēkas sienām, kabeļkanālos, caurulēs vai tamlīdzīgi.**
  - 3) Elektroietaise, kas paredzēta elektroenerģijas pārvadei pa vadiem un instalēta zemē, gar ēkas sienām, kabeļkanālos, caurulēs vai tamlīdzīgi.
  - 4) Izolēta elektrrolīnija, kuras vadi nostiprināti balstos uz izolatoriem noteiktā augstumā virs zemes.

12. Kurš ir tiesīgs veikt kabeļu guldīšanu, montēt un remontēt kabeļu uznavas?

- LEK 002
- 1) **Personāls, kurš apguvis guldīšanas un montāžas paņēmienus un ieguvis montāžas tiesības.**
  - 2) Darbinieks ar A elektrodrošības grupu.
  - 3) Darbinieks ar C elektrodrošības grupu.
  - 4) Darbinieks ar B elektrodrošības grupu.

13. Pret ko jābūt aizsargātiem GL koka balstiem?

- LEK 002
- 1) Pret bīstamiem kokiem un krūmiem.
  - 2) Pret ultravioleto starojumu.
  - 3) Pret konstrukciju izmaiņām.
  - 4) **Pret trupēšanu.**

14. Kur uz kabeliem līdz 20 kV nedrīkst novietot datu plāksnīti ar informāciju?

- LEK 002
- 1) Vietās, kur kabeli guldīti cauri ēku un būvju sienām un pārsedzēm.
  - 2) Kabeļu pagriezienos.
  - 3) **Tieši uz uzmavas.**
  - 4) Kanālu un tuneļu sākumā un beigās, kā arī taisnajos posmos ik pēc 50 m.

15. Kāds ir GVL līdz 20 kV aizsargjoslas platums pilsētās?

- Aizsarg-  
joslu  
likums
- 1) 30 m attālumā no malējiem vadiem uz ārpusi no līnijas.
  - 2) 6,5 m attālumā no līnijas ass uz katru pusi.
  - 3) **2,5 m platumā no līnijas ass uz katru pusi.**
  - 4) 27 m platumā no līnijas ass uz katru pusi.

## 5. NODAĻA

### 3. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. Kas ir jaudas slēdzis?

- 1) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai darba strāvu komutēšanai.
- 2) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai ķēdes atslēgšanai.
- 3) **Komutācijas aparāts, kas paredzēts īsslēguma un darba strāvu komutēšanai.**

2. Kas ir atdalītājs?

- 1) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai darba strāvu komutēšanai.
- 2) **Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai ķēdes atslēgšanai un redzama ķēdes pārtraukuma izveidošanai.**
- 3) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai ķēdes atslēgšanai.

3. Kas ir slodzes slēdzis?

- 1) **Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai darba strāvu komutēšanai.**
- 2) Komutācijas aparāts, kas paredzēts īsslēguma un darba strāvu komutēšanai.
- 3) Komutācijas aparāts, kas paredzēts tikai ķēdes atslēgšanai.

4. Kādu spriegumu elektrotīklos ir uzstādīti maztilpuma eļļas slēdži?

- 1) Zemspriegumā elektrotīklos (līdz 1 kV).
- 2) Vidējā vai augstākā sprieguma elektrotīklos (6–20 kV, 110 kV).
- 3) **Augstā sprieguma elektrotīklos (330 kV un vairāk).**

5. Ar ko konstruktīvi atšķiras jaudas slēdzis no atdalītāja?
- 1) **Ar ierīkoto loka dzēšanas kameru.**
  - 2) Ne ar ko neatšķiras.
  - 3) Ar piedziņu.
6. Kāda tipa jaudas slēdzim ir vislabākās loka dzēšanas īpašības?
- 1) Eļļas jaudas slēdzim.
  - 2) Spiesta gaisa jaudas slēdzim.
  - 3) **Elegāzes jaudas slēdzim.**
  - 4) Vakuuma jaudas slēdzim.

**8. uzdevums.** Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. Kāds ir burtu apzīmējums jaudas slēdzim?
  - 1) QS
  - 2) QW
  - 3) **QF**
  - 4) TA
2. Kas ir parādīts attēlā?
  - 1) Jaudas slēdzis.
  - 2) **Atdalītājs.**
  - 3) Slodzes slēdzis.
  - 4) Strāvmainis.
3. Kas ir parādīts attēlā?
  - 1) **Pārsprieguma novadītājs.**
  - 2) Spriegummainis.
  - 3) Jaudas slēdzis.
  - 4) Slodzes slēdzis.
4. Kādā sprieguma tīklos Latvijā izmanto šāda tipa jaudas slēdžus?
  - 1) 6 kV
  - 2) 20 kV

- 3) 110 kV
  - 4) **330 kV**
5. Kā elektriskās shēmās tiek apzīmēts strāvmainis?
- 1) QS
  - 2) **TA**
  - 3) TV
  - 4) FU
6. Kā elektriskās shēmās tiek apzīmēts drošinātājs?
- 1) QS
  - 2) TA
  - 3) TV
  - 4) **FU**
7. Kas ir parādīts attēlā?
- 1) Drošinātājs.
  - 2) **Aizsargslēdzis (automātslēdzis).**
  - 3) Kontaktors.
  - 4) Slodzes slēdzis.

## 6. NODAĻA

### 2. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi – tests

1. No cik gadu vecuma persona var patstāvīgi strādāt elektroietaisē?
  - 1) 16 gadi.
  - 2) **18 gadi.**
  - 3) 21 gads.
2. Kādas ir elektrodrošības grupas Latvijas Republikā?
  - 1) A, B, C
  - 2) I, II, III, IV, V
  - 3) **A, B<sub>2</sub>, B, C<sub>2</sub>, C**

3. Kāda ir pareizā secība zemējuma noņemšanā pēc darba beigām?
- 1) **Atvieno zemējumu no zemējamām daļām (no tālākā uz tuvāko) un tad atvieno no zemējuma ietaises.**
  - 2) Atvieno zemējumu no zemējuma ietaises un tad atvieno no zemējamām daļām (no tuvākās uz tālāko).
  - 3) Secībai nozīmes nav.
4. Uz cik ilgu laiku var piešķirt lektrodrošības grupu?
- 1) Līdz diviem gadiem.
  - 2) Ko tehniskais vadītājs ar rakstisku rīkojumu piešķir konkrētajam darbiniekam pēc viņa izglītības un stāža.
  - 3) **Līdz trim gadiem.**
5. Kādus aparātus lieto, lai uzskaitītu patērēto elektroenerģiju tīklā ar spriegumu virs 1000 V?
- 1) Tiešā slēguma skaitītājus.
  - 2) **Spriegummaiņus un strāvmaiņus.**
  - 3) Skaitītājus ar attālinātās nolasīšanas funkciju.
6. Kādas precizitātes klases skaitītājiem jābūt, ja tas veic elektroenerģijas uzskaiti iedzīvotājiem?
- 1) A, B, C
  - 2) C, A
  - 3) **A, B**
7. Cik ilgs ir indukcijas tipa skaitītāju verificēšanas periods?
- 1) 9 gadi.
  - 2) **16 gadi.**
  - 3) 12 gadi.
8. Kurš dokuments Latvijas Republikā nosaka elektroapgādes objektu ekspluatācijas organizatoriskās un tehniskās drošības prasības?
- 1) MK noteikumi Nr. 817
  - 2) **MK noteikumi Nr. 1041**
  - 3) LEK 025

9. Vai persona bez profesionālās kvalifikācijas līmeņa elektrozinībās var iegūt C elektrodrošības grupu?
- 1) Var iegūt, ja personas darba stāžs konkrētajā elektroietaisē ir vismaz pieci gadi un ir iegūtas operatīvās tiesības.
  - 2) Var iegūt, ja tehniskais vadītājs ar rakstisku rīkojumu ir pilnvarojis par atbildīgo par elektroietaisi un uzņēmumā ir elektroietaisis virs 1000 V.
  - 3) **Nevar.**
10. Ar ko ir atļauts veikt sprieguma neesamības pārbaudi zemsprieguma elektroietaisēs (līdz 1000 V)?
- 1) **Ar divpolu indikatoru vai voltmetru, kas iepriekš ir pārbaudīts.**
  - 2) Ar vienpolu indikatoru vai voltmetru, kas iepriekš ir pārbaudīts.
  - 3) Ar multimetru vai vienpolu indikatoru.

## 7. NODAĻA

### 2. uzdevums. Pašpārbaudes jautājumi – tests

- LEK 002
1. Vai drīkst veikt operatīvos pārslēgumus personāls bez operatīvajām tiesībām?
    - 1) Veikt operatīvos pārslēgumus personālam bez operatīvajām tiesībām kategoriski aizliegts. Tikai gadījumos, kad ir apdraudēta cilvēka dzīvība vai iekārtas drošība, iekārtu drīkst atslēgt ar dispečera rīkojumu šīs iekārtas apkalpojošais tehniskais personāls ar vai bez operatīvajām tiesībām.
    - 2) Veikt operatīvos pārslēgumus personālam bez operatīvajām tiesībām kategoriski aizliegts.
    - 3) **Veikt operatīvos pārslēgumus personālam bez operatīvajām tiesībām kategoriski aizliegts. Tikai gadījumos, kad ir apdraudēta cilvēka dzīvība vai iekārtas drošība, iekārtu drīkst atslēgt bez dispečera rīkojuma šīs iekārtas apkalpojošais tehniskais personāls ar vai bez operatīvajām tiesībām.**
    - 4) Veikt operatīvos pārslēgumus personālam bez operatīvajām tiesībām kategoriski aizliegts. Tikai gadījumos, kad ir apdraudēta cilvēka dzīvība vai iekārtas drošība, iekārtu drīkst atslēgt ar dispečera rīkojumu šīs iekārtas apkalpojošais tehniskais personāls ar operatīvajām tiesībām.
  2. Ja pārslēgumus izdara divas personas ar vienādam elektrodrošības grupām, kurai no personām ir jāuzņemas kontroles funkcija?
 

LEK 002

    - 1) **Personai, kura ir vecāka pēc amata vai pieredzējušāka.**
    - 2) Kontroles funkcija jāveic vecākajai personai ar C elektrodrošības grupu.
    - 3) Kontroles funkciju var uzņemt pēc savstarpējas vienošanās.
    - 4) Šajā gadījumā kontroles funkciju var uzņemt jebkurš no darbiniekiem.

- LEK 002
3. Ja pārslēgumus izdara divas personas, kurai no personām jāuzņemas atbildība par pareizu pārslēgumu izpildi?
- 1) Atbildība jāuzņemas pēc savstarpējas vienošanās.
  - 2) Personai, kura uzņemas kontroles funkciju.
  - 3) Personai, kura veic pārslēgumu.
  - 4) **Atbildīgas ir abas personas.**
- LEK 002
4. Ja elektroietaisē paliek bez sprieguma, kādai situācijai operatīvajam darbiniekam jābūt gatavam?
- 1) Spriegums netiks atjaunots, kamēr bojājums netiks novērsts.
  - 2) Nekavējoties jācenšas spriegumu atjaunot.
  - 3) **Spriegums var tikt ieslēgts bez brīdinājuma.**
  - 4) Spriegums netiks atjaunots, kamēr nebūs noskaidrots tā bojājuma cēlonis.
- LEK 002
5. Kas ir operatīvais žurnāls?
- 1) **Papīra un/vai elektroniskā formā uzturēts dokuments, kurā tiek fiksēti visi notikumi un darbības elektroietaisē, tostarp operatīvie rīkojumi, pārslēgumi, automātikas un releju aizsardzības darbība, konstatētie bojājumi u. c.**
  - 2) Papīra un/vai elektroniskā formā uzturēts dokuments, kurā tiek fiksēti visi notikumi un pārslēgumi, automātikas un releju aizsardzības darbība, konstatētie bojājumi u. c.
  - 3) Papīra formā uzturēts dokuments, kurā tiek fiksēti visi notikumi un darbības elektroietaisēs, tostarp operatīvie rīkojumi, pārslēgumi, automātikas un releju aizsardzības darbība, konstatētie bojājumi u. c.
  - 4) Elektroniskā formā uzturēts dokuments, kurā tiek fiksēti visi notikumi un pārslēgumi, automātikas un releju aizsardzības darbība, konstatētie bojājumi u. c.
- LEK 002
6. Kurš apstiprina Valsts meteoroloģiskajai kontrolei pakļauto mērīšanas līdzekļu sarakstu, norādot verificēšanas periodiskumu?
- 1) Tehniskais vadītājs.
  - 2) **Ministru kabinets.**
  - 3) Struktūrvienības vadītājs.
  - 4) Sertificēta laboratorija.

- LEK 002
7. Pieņemot ekspluatācijā jaunas kabeļu līnijas ar darba spriegumu 6 kV, 10 kV un 20 kV, tās pārbauda ar paaugstinātu spriegumu...
- 1) ...atbilstoši guldīšanas videi un laika apstākļiem.
  - 2) ...saskaņā ar ražotāja sniegto informāciju.
  - 3) **...saskaņā ar normatīvo dokumentu prasībām.**
  - 4) ...saskaņā ar tehniskiem noteikumiem.
- MK not.  
Nr.1041
8. Kas ir operatīvais personāls?
- 1) **Speciāli apmācīts un praktiskam darbam sagatavots darbinieks, kuram ir piešķirtas tiesības īstenot energoietaisies operatīvo vadību, kontrolēt un mainīt režīma parametrus, izdarīt pārslēgumus, sagatavot vai dot atļauju sagatavot darba vietu, pielaist brigādi darbam vai dot atļauju pielaist brigādi darbam.**
  - 2) Speciāli apmācīts un praktiskam darbam sagatavots personāls, kuram ir piešķirtas tiesības atrodoties maiņā realizēt elektroietaisies operatīvo vadību, kontrolēt un mainīt režīma parametrus, izdarīt pārslēgumus, sagatavot vai dot atļauju sagatavot darba vietu, pielaist brigādi pie darba vai dot atļauju pielaist pie darba.
  - 3) Speciāli apmācīts un praktiskam darbam sagatavots personāls, kuram ir piešķirtas tiesības atrodoties dežūrā realizēt elektroietaisies operatīvo vadību, kontrolēt un mainīt režīma parametrus, izdarīt pārslēgumus, sagatavot vai dot atļauju sagatavot darba vietu, pielaist brigādi pie darba vai dot atļauju pielaist pie darba.
  - 4) Apmācīti vai kvalificēti darbinieki, kuriem elektroietaisies valdītājs papildus tiešajiem darba pienākumiem noteiktā kārtībā piešķīris operatīvās tiesības veikt pārslēgumus, sagatavot darbavietu un pielaist brigādi pie darba.



## IZMANTOTIE AVOTI

1. AS "Augstsprieguma tīkls" tīmekļa vietne. Pieejams: <http://www.ast.lv> [skatīts 14.11.2018.].
2. AS "Latvenergo" tīmekļa vietne. Pieejams: <http://www.latvenergo.lv> [skatīts 02.12.2018.].
3. AS "Sadales tīkls" tīmekļa vietne. Pieejams: <http://www.sadalestikls.lv> [skatīts 02.12.2018.].
4. Baltiņš, A., Kanbergs, A., Miesniece, S. *Zemsprieguma elektriskie aparāti*. Rīga: Jumava, 2007.
5. *Būvniecības likums*. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=258572> [skatīts 22.11.2018.].
6. Centrālā statistikas pārvalde. *Latvijas energobalance. Informatīvais apskats pa vairākiem gadiem (1993.–2014. g.)*. Pieejams: <https://www.csb.gov.lv/lv/statistika/statistikas-temas/vide-energetika/dati> [skatīts 01.03.2019.].
7. Dirba, J., Ketnere, E., Ketners, K. *Enerģētisko sistēmu transformatori*. Rīga: RTU, 2004.
8. Dirba, J., Ketners, K. *Elektriskās mašīnas*. Rīga: RTU, 2009.
9. *Elektroenerģijas skaitītāja komponenti – video (krievu valodā)*. Pieejams: <https://www.youtube.com/watch?v=Spub0exHZo8> [skatīts 11.09.2018.].
10. *Elektroenerģijas skaitītāja komponenti un darbības princips – video (angļu valodā)*. Pieejams: <https://www.youtube.com/watch?v=DYzGPKXGnsU> [skatīts 11.09.2018.].
11. *Elektroenerģijas skaitītājs – video (krievu valodā)*. Pieejams: [https://www.youtube.com/watch?v=QG80kS\\_RRvc](https://www.youtube.com/watch?v=QG80kS_RRvc) [skatīts 11.09.2018.].
12. *Elektroenerģijas tirdzniecības un lietošanas noteikumi*. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=263945> [skatīts 22.11.2018.].
13. *Enerģētikas attīstības pamatnostādnes*. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/280236-par-energetikas-attistibas-pamatnostadnem-2016-2020-gadam> [skatīts 20.10.2018.].
14. Grunte U., Makreckis O. *Lietotāju un speciālo elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: ST, 2012.
15. *International Energy Agency*. Pieejams: [www.iea.org](http://www.iea.org) [skatīts 20.10.2018.].

16. Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
17. *Kā darbojas elektroenerģijas skaitītājs (krievu valodā)*. Pieejams: <https://samelectrik.ru/kak-rabotaet-schetchik-elektroenergii-starogo-i-novogo-obrazca.html> [skatīts 11.09.2018.].
18. Latvijas energostandarts LEK 002 "Energoietaišu tehniskā ekspluatācija". Pieejams: [https://www.latvenergo.lv/files/text/energostandarti/LEK\\_002\\_lzm5.pdf](https://www.latvenergo.lv/files/text/energostandarti/LEK_002_lzm5.pdf) [skatīts 13.12.2018.].
19. Latvijas energostandarts LEK 025 "Drošības prasības, veicot darbus elektroietaisēs". Pieejams: [https://www.latvenergo.lv/files/news/LEK025\\_4izd.pdf](https://www.latvenergo.lv/files/news/LEK025_4izd.pdf) [skatīts 13.12.2018.].
20. *Latvijas Enerģētikas ilgtermiņa stratēģija 2030 – konkurētspējīga enerģētika sabiedrībai*. Latvijas Republikas Ekonomikas ministrija, 2012. g. Pieejams: <http://www.varam.gov.lv/lat/pol/ppd/?doc=13857> [skatīts 19.02.2019.].
21. *Latvijas enerģētika skaitļos*. Latvijas Republikas Ekonomikas ministrijas 2013. gada pētījums. Pieejams: [https://www.em.gov.lv/files/energetika/les\\_2013.pdf](https://www.em.gov.lv/files/energetika/les_2013.pdf) [skatīts 01.03.2019.].
22. *Latvijas Republikas Ekonomikas ministrijas tīmekļa vietne*. Pieejams: <https://www.em.gov.lv/> [skatīts 02.12.2018.].
23. Latvijas Republikas likums "Par mērījumu vienotību". Rīga, 1997. gada 27. februāris. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=42562> [skatīts 14.11.2018.].
24. *Latvijas valsts standarts LVS EN 50110-1:2013. Elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: LEK, 2013.
25. *Latvijas valsts standarts LVS IEC 60617:2015. Grafiskie apzīmējumi elektroslēmās*. Rīga: LEK, 2015.
26. *Magnētvasda konstrukciju veidi*. Pieejams: <https://i2.wp.com/podvi.ru/wp-content/uploads/2015/06/d09dd0bed0b2d18bd0b95fd180d0b8d181d183d0bdd0bed0ba.7.png?resize=625%2C400> [skatīts 23.01.2019.].
27. Meļņikovs, V. *Elektroapgāde*. I daļa. Rīga: RVT, 2012.
28. Ministru kabineta noteikumi Nr. 1041 "Noteikumi par obligāti piemērojamo energostandartu, kas nosaka elektroapgādes objektu ekspluatācijas organizatoriskās un tehniskās drošības prasības". Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=260769> [skatīts 14.10.2018.].
29. *Pamatinformācija par elektrostacijām*. Pieejams: <https://lv.wikipedia.org/wiki/Elektrostacija> [skatīts 12.09.2018.].
30. Plūme, I. *Elektroiekārtu ekspluatācija un remonts*. Jelgava: LLU, 2008.

31. *Rūmkorfa spole un tās shēma*. Pieejams: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8f/Induction\\_coil\\_cutaway.jpg/540px-Induction\\_coil\\_cutaway.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8f/Induction_coil_cutaway.jpg/540px-Induction_coil_cutaway.jpg) [skatīts 15.01.2019.].
32. Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015.
33. Vanags, A. *Elektriskie tīkli un sistēmas*. 1. daļa. Rīga: RTU, 2002.
34. *Visparīgie būvnoteikumi*. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=269069> [skatīts 28.11.2018.].
35. Кислицын, А. Л. *Трансформаторы*. Ульяновск, 2001.
36. Китаев, В. Е. *Трансформаторы*. Москва: Высшая школа, 1972.
37. Токарев, Б. Ф. *Электрические машины*. Москва: Энергоатомиздат, 1990.

## ATTĒLU SARAKSTS

1. 1.1. attēls. *Energētikas sektora struktūra*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Krišāns, Z. *Modelēšanas un optimizācijas metodes elektroenerģētisko uzņēmumu vadībai*. Rīga, RTU, 1998; 2021.
2. 1.2. attēls. *Latvijas primāro energoresursu patēriņa izmaiņas 1993.–2013. gadā*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc [http://85.254.195.240/images/stories/energetika/Brosura\\_Latvijas\\_energetika\\_skaitlos\\_2013%281%29.pdf](http://85.254.195.240/images/stories/energetika/Brosura_Latvijas_energetika_skaitlos_2013%281%29.pdf), 2021.
3. 1.3. attēls. *Energoresursu gala patēriņš nozarēs*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc [http://85.254.195.240/images/stories/energetika/Brosura\\_Latvijas\\_energetika\\_skaitlos\\_2013%281%29.pdf](http://85.254.195.240/images/stories/energetika/Brosura_Latvijas_energetika_skaitlos_2013%281%29.pdf), 2021.
4. 1.4. attēls. *Energoresursu gala patēriņš māsaimniecībās, rūpniecībā, servisā un lauksaimniecībā*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc [http://85.254.195.240/images/stories/energetika/Brosura\\_Latvijas\\_energetika\\_skaitlos\\_2013%281%29.pdf](http://85.254.195.240/images/stories/energetika/Brosura_Latvijas_energetika_skaitlos_2013%281%29.pdf), 2021.
5. 1.5. attēls. *Enerģijas ražošanas pārveidošanas sektoros*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc [http://85.254.195.240/images/stories/energetika/Brosura\\_Latvijas\\_energetika\\_skaitlos\\_2013%281%29.pdf](http://85.254.195.240/images/stories/energetika/Brosura_Latvijas_energetika_skaitlos_2013%281%29.pdf), 2021.
6. 2.1. attēls. *Elektroenerģijas sistēmas elementi*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc [https://www.napocor.gov.ph/index.php?option=com\\_content&view=article&id=87&Itemid=273](https://www.napocor.gov.ph/index.php?option=com_content&view=article&id=87&Itemid=273), 2021.
7. 2.2. attēls. *HES šķērsgriezums*. Pieejams: <http://www.alley600.eu/ElectricityFromWater/electricity-produced-by-water-power-is-> [skatīts 08.03.2021.].
8. 2.3. attēls. *Propellera tipa VES uzbūve šķērsgriezumā*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc [https://lv.wikipedia.org/wiki/V%C4%93ja\\_turb%C4%ABna#/media/Att%C4%93ls:EERE\\_illustr\\_large\\_turbine.gif](https://lv.wikipedia.org/wiki/V%C4%93ja_turb%C4%ABna#/media/Att%C4%93ls:EERE_illustr_large_turbine.gif), 2021.
9. 2.4. attēls. *Biogāzes iekārta*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <https://medioambienteyprocesosindustriales.com/utilizacion-de-residuos-para-la-produccion-del-biogas/>, 2021.
10. 2.5. attēls. *Koģenerācijas elektrostacijas struktūrshēma*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <https://www.controlledair.com/cogeneration/>, 2021.

11. 2.6. attēls. *Fotogalvaniskais elements (šūna)*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <https://photovoltaiksolarstrom.com>, 2021.
12. 2.7. attēls. *Šķīvja/dzinēja sistēmas koncentrēta SES*. Pieejams: <http://synergyfiles.com/2014/09/10-most-efficient-renewable-energy-devices/> [skatīts 08.03.2021.].
13. 2.8. attēls. *Lielākās elektrostacijas Latvijā*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <http://www.latvenergo.lv>, 2021.
14. 2.9. attēls. *Lielākās hidroelektrostacijas Latvijā*. Pieejams: <http://www.db.lv/zinas/hes-interaktivaja-ture-virtuali-var-iepazities-ar-latvenergo-razosanas-objektiem-421032#2> [skatīts 08.03.2021.].
15. 2.10. attēls. *Latvijas elektropārvades tīkla shēma*. Pieejams: <http://www.ast.lv> [skatīts 08.03.2021.].
16. 2.11. attēls. *Elektroenerģijas sistēmas pazeminošā apakšstacija*. Autoru kolektīvs, 2021.
17. 2.12. attēls. *Apakšstaciju shēmu iespējamie varianti*. Autoru kolektīvs, 2021.
18. 2.13. attēls. *Pazeminošo apakšstacijas shēmu iespējamie varianti*. Autoru kolektīvs, 2021.
19. 2.14. attēls. *Apakšstacijas pašpatēriņa barošanas principiālā shēma*. Autoru kolektīvs, 2021.
20. 2.15. attēls. *Komunālas slodzes ziemas un vasaras slodzes grafiks*. Autoru kolektīvs, 2021.
21. 2.16. attēls. *Izolētas neitrāles tīkls*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
22. 2.17. attēls. *Izolētas neitrāles tīkls*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
23. 2.18. attēls. *Kompensētas neitrāles tīkls*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
24. 2.19. attēls. *Zemesslēguma strāvu kompensējošā lokdzēses zemētājreaktora tipveida pieslēguma shēma 110/6–20 kV apakšstacijā*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
25. 2.20. attēls. *Zemesslēguma strāvu kompensējošā lokdzēses zemētājreaktora pieslēguma shēma 110/6–20 kV apakšstacijā dabā*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
26. 2.21. attēls. *Mazresistīvi (zemomīgi) zemētas neitrāles tīkls*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.

27. 2.22. attēls. *Darbu pieņemšanas-nodošanas akts*. Pieejams: [https://www.lad.gov.lv/files/12\\_akta\\_par\\_buves\\_pienemsanu\\_ekspluatacija.pdf](https://www.lad.gov.lv/files/12_akta_par_buves_pienemsanu_ekspluatacija.pdf) [skatīts 08.03.2021.].
28. 3.1. attēls. *Maikls Faradejs*. Pieejams: [https://lv.wikipedia.org/wiki/Maikls\\_Faradejs](https://lv.wikipedia.org/wiki/Maikls_Faradejs) [skatīts 08.03.2021.].
29. 3.2. attēls. *Džozefs Henrijs*. [https://lv.wikipedia.org/wiki/D%C5%BEOzefs\\_Henrijs](https://lv.wikipedia.org/wiki/D%C5%BEOzefs_Henrijs) [skatīts 08.03.2021.].
30. 3.3. attēls. *Heinrihs Rūmkorfs*. Pieejams: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Heinrich\\_Daniel\\_Ruhmkorff#/media/File:Heinrich\\_Daniel\\_R%C3%BChmkorff.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Heinrich_Daniel_Ruhmkorff#/media/File:Heinrich_Daniel_R%C3%BChmkorff.jpg) [skatīts 08.03.2021.].
31. 3.4. attēls. *Pāvels Jabločkovs*. Pieejams: <https://histrf.ru/lichnosti/biografii/p/iablochkov-paviel-nikolaievich> [skatīts 08.03.2021.].
32. 3.5. attēls. *Rūmkorfa spole un tās shēma*.  
Pieejams: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8f/Induction\\_coil\\_cutaway.jpg/540px-Induction\\_coil\\_cutaway.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8f/Induction_coil_cutaway.jpg/540px-Induction_coil_cutaway.jpg)  
[skatīts 08.03.2021.].  
Pieejams: [https://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9graphie\\_sans\\_fil#/media/Fichier:TX\\_Ruhmkorff\\_1.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9graphie_sans_fil#/media/Fichier:TX_Ruhmkorff_1.jpg) [skatīts 08.03.2021.].
33. 3.6. attēls. *Jabločkova transformators*. Pieejams: <https://csri.ru/raznoe/v-kakix-celyax-ispolzuetsya-transformator-dlya-chego-nuzhny-transformatory-%F0%9F%9A%A9-kak-vybrat-transformator-napryazheniya-%F0%9F%9A%A9-raznoe.html> [skatīts 08.03.2021.].
34. 3.7. attēls. *Golāra un Gibsa transformators*. Shneiberg Ya.A. *Transformers. Methodical development for the course of electrical engineering and electronics*. Moscow: MEI, 1979.
35. 3.8. attēls. *Firmas "Ganz un K" transformatori*. Shneiberg Ya.A. *Transformers. Methodical development for the course of electrical engineering and electronics*. Moscow: MEI, 1979.
36. 3.9. attēls. *Pirmais trīsfāžu transformators*. Shneiberg Ya.A. *Transformers. Methodical development for the course of electrical engineering and electronics*. Moscow: MEI, 1979.
37. 3.10. attēls. *Vienfāzes transformators*. Pieejams: <http://popayaem.ru/transformator-napryazheniya.html> [skatīts 08.03.2021.].
38. 3.11. attēls. *Vienfāzes transformatora darbības princips*. Autoru kolektīvs, 2021.
39. 3.12. attēls. *Plāksne ar transformatora tehniskajiem datiem*. Autoru kolektīvs, 2021.
40. 3.13. attēls. *Transformatora uzbūve*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <https://www.transform.ru/articles/html/02theory/books/Elt2.files/>, 2021.

41. 3.14. attēls. *Stieņa tipa magnētvars*. Licence CC BY-SA 3.0. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <https://ru.wikipedia.org/wiki/трансформатор>, 2021.
42. 3.15. attēls. *Apvalka tipa magnētvars*. Licence CC BY-SA 3.0. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <https://ru.wikipedia.org/wiki/трансформатор>, 2021.
43. 3.16. attēls. *Magnētvaru konstrukciju veidi*. Pieejams: [https://oldoctober.com/ru/transformer\\_2/](https://oldoctober.com/ru/transformer_2/) [skatīts 08.03.2021.].
44. 3.17. attēls. *Trīsfāžu transformatora karkass*. Autoru kolektīvs, 2021.
45. 3.18. attēls. *Vienkāršais cilindriskais tinums*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
46. 3.19. attēls. *Daudzslāņu cilindriskais tinums*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
47. 3.20. attēls. *Tinumu uztīšanas virzieni*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
48. 3.21. attēls. *Transformatoru tinumi un vadu šķērsriezumi*. Pieejams: <https://www.science-education.ru/en/article/view?id=10526> [skatīts 08.03.2021.].
49. 3.22. attēls. *Dabiskā eļļas dzesēšanas sistēma*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021. Pieejams: <https://consultelectro.ru/shop/uploads/original/60i5m5UP.jpg> [skatīts 08.03.2021.].
50. 3.23. attēls. *Piespiedu gaisa un dabiskā eļļas cirkulācijas sistēma*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc [http://electricalschool.info/uploads/posts/2017-12/1514198178\\_6.jpg](http://electricalschool.info/uploads/posts/2017-12/1514198178_6.jpg), 2021. Pieejams: [http://electricalschool.info/uploads/posts/2017-12/1514198178\\_6.jpg](http://electricalschool.info/uploads/posts/2017-12/1514198178_6.jpg) [skatīts 08.03.2021.].
51. 3.24. attēls. *Piespiedu eļļas un dabīgā gaisa cirkulācijas sistēma*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <https://ofaze.ru/teoriya/temperatura-masla-v-transformatore>, 2021.
52. 3.25. attēls. *Piespiedu gaisa un piespiedu eļļas cirkulācijas sistēma*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <https://ofaze.ru/teoriya/temperatura-masla-v-transformatore>, 2021. Pieejams: <https://silovoytransformator.ru/stati/vidy-ohlazhdeniya-silovyh-maslyanyh-transformatorov.htm> [skatīts 08.03.2021.].
53. 3.26. attēls. *Piespiedu eļļas un piespiedu ūdens cirkulācijas sistēma*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Кислицын, А. Л. *Трансформаторы*. Ульяновск, 2001; 2021.

54. 3.27. attēls. *Zvaigznes slēgums ar nulles punktu*. Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
55. 3.28. attēls. *Trīsstūru slēgums*. Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
56. 3.29. attēls. *Zigzaga slēgums*. Pieejams: <http://principact.ru/images/stories/transformators/im26.jpg> [skatīts 08.03.2021.].
57. 3.30. attēls. *Transformatoru slēgumu grupas*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc [https://engeneer.ru/files/gost/gost\\_30830\\_2002/55cbd953b639f.jpg](https://engeneer.ru/files/gost/gost_30830_2002/55cbd953b639f.jpg), 2021.
58. 3.31. attēls. *Transformatoru slēgumu grupas noteikšana*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc [https://studfile.net/html/2706/545/html\\_jkDnjsnpXj.5msk/img-d3DUeJ.png](https://studfile.net/html/2706/545/html_jkDnjsnpXj.5msk/img-d3DUeJ.png), 2021.
59. 3.32. attēls. *Trīsfāžu transformatora slēguma grupa 0 un 6*. Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
60. 3.33. attēls. *Divtinuma transformatora grafiskais apzīmējums un G veida aizvietošanas shēma ar ideālu transformatoru*. Vanags, A. *Elektriskie tīkli un sistēmas*. 1. daļa. Rīga: RTU, 2002.
61. 3.34. attēls. *T veida aizvietošanas shēma, vienkāršotā aizvietošanas shēma un transformatora aizvietošanas shēma ar tukšgaitas zudumiem*. Vanags, A. *Elektriskie tīkli un sistēmas*. 1. daļa. Rīga: RTU, 2002.
62. 3.35. attēls. *Trīstinumu transformatora grafiskais apzīmējums, trīstinumu transformatora ekvivalentā shēma, strāva  $I$  plūst tikai pa diviem tinumiem*. Vanags, A. *Elektriskie tīkli un sistēmas*. 1. daļa. Rīga: RTU, 2002.
63. 3.36. attēls. *Autotransformatora shēmas*. Vanags, A. *Elektriskie tīkli un sistēmas*. 1. daļa. Rīga: RTU, 2002.
64. 3.37. attēls. *Divtinuma transformatora ar šķelto tinumu shēmas*. Vanags, A. *Elektriskie tīkli un sistēmas*. 1. daļa. Rīga: RTU, 2002.
65. 3.38. attēls. *Divi paralēli saslēgti transformatori (vienlīnijas shēma)*. Dirba, J., Ketners, K. *Elektriskās mašīnas*. Rīga: RTU, 2009.
66. 3.39. attēls. *Sprieguma regulēšana transformatorā*. Pieejams: <https://forca.com.ua/images/knigi/oborud/obsluzhivanie-podstanciy/obsluzhivanie-podstanciy-07.jpg> [skatīts 08.03.2021.].
67. 3.40. attēls. *Sprieguma regulēšana transformatorā ar PBI shēmu*. Licence CC BY-SA 3.0. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc [https://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Схема\\_работы\\_переключателя\\_ответвлений.svg](https://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Схема_работы_переключателя_ответвлений.svg), 2021.



68. 3.41. attēls. *Sprieguma regulēšana slodzes režīmā*. Meļņikovs, V. *Elektroapgāde*. I daļa. Rīga: RVT, 2012.
69. 3.42. attēls. *Transformatora ar RZS shēma*. Dirba, J., Ketnere, E., Ketners, K. *Enerģētisko sistēmu transformatori*. Rīga, RTU, 2004.
70. 4.1. attēls. *20 kV GVL ar kailvadu*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
71. 4.2. attēls. *Balstu veidi*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
72. 4.3. attēls. *Porcelāna tapu izolators*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
73. 4.4. attēls. *Kompozīta piekarizolators*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
74. 4.5. attēls. *Kāsis*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
75. 4.6. attēls. *Materiāli AMKA stiprināšanai koka balstos*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
76. 4.7. attēls. *Pārklāts vīdsprieguma GVL vads*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
77. 4.8. attēls. *GVL kailvads*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
78. 4.9. attēls. *Zemsprieguma piekarkabelis*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
79. 4.10. attēls. *Gaisvadu līnijas konstrukciju elementi*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Kņipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
80. 4.11. attēls. *Gaisvadu līnijas konstrukciju elementi*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Kņipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
81. 4.12. attēls. *Pārvades tīklos izmantotie kailvadi*. Vanags, A. *Elektriskie tīkli un sistēmas*. 1. daļa. Rīga: RTU, 2002.
82. 4.13. attēls. *Šķīvja piekarizolatori*. Pieejams: <http://m.lv.sandian-transformer.com/porcelain-insulator/suspension-insulator/glass-insulator.html> [skatīts 08.03.2021.].
83. 4.14. attēls. *Porcelāna stieņa piekarizolators*. Autoru kolektīvs, 2021.

84. 4.15. attēls. *Aizsargjoslu platums GVL*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
85. 4.16. attēls. *Aizsargjoslas apzīmējuma zīme*. J. Judrups, 2021.
86. 4.17. attēls. *20 kV GVL trases vertikālā zaru apzāģēšana*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
87. 4.18. attēls. *Aizsargjoslu platums GVL 330 kV ārpus pilsētām un ciemiem*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <http://www.ast.lv>, 2021.
88. 4.19. attēls. *Aizsargjoslas platums GVL 110 kV meža teritorijās*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <http://www.ast.lv>, 2021.
89. 4.20. attēls. *Aizsargjoslas platums GVL 330 kV meža teritorijās*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <http://www.ast.lv>, 2021.
90. 4.21. attēls. *Līnijas laiduma galvenie raksturlielumi*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <http://www.ast.lv>, 2021.
91. 4.22. attēls. *Kabeļu dzīslās šķērsriezuma forma*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
92. 4.23. attēls. *Zemsprieguma spēka kabeļa uzbūve*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
93. 4.24. attēls. *Trīsdzīslu vīdsprieguma kabeļa kopējā apvalkā uzbūve*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
94. 4.25. attēls. *Viendzīslas vīdsprieguma kabeļa uzbūve*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
95. 4.26. attēls. *Vīta trīsdzīslu ar vara zemēšanas vadu vīdsprieguma kabeļa uzbūve*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
96. 4.27. attēls. *110 kV kabelis ar XLPE izolāciju*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Knipšis, A. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
97. 4.28. attēls. *KL aizsargjoslas izveidošana*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.; 2021.
98. 4.29. attēls. *KL aizsargjoslas apzīmējuma zīme*. J. Judrups, 2021.

99. 4.30. attēls. *KL aizsargjosla meža teritorijā*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <http://www.ast.lv>, 2021.
100. 5.1. attēls. *Augstsprieguma elegāzes jaudas slēdži*. Pieejams: <https://docplayer.org/15172659-Rwe-rhein-ruhr-netzservice.html> [skatīts 08.03.2021.].
101. 5.1. attēls. *Augstsprieguma elegāzes jaudas slēdži*. J. Judrups, 2021.
102. 5.2. attēls. *110 kV elegāzes jaudas slēdzis*. J. Judrups, 2021.
103. 5.3. attēls. *Slēgiekārtas uzbūve ar vakuuma jaudas slēdži*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <http://www.smartenergo.net/articles/203.html>, 2021.
104. 5.4. attēls. *Jaudas slēdža piedziņas elementi*. Autoru kolektīvs, 2021.
105. 5.5. attēls. *Apakšstacijas barošanas principiālā shēma*. Autoru kolektīvs, 2021.
106. 5.6. attēls. *10 kV slodzes slēdzis*. Pieejams: <https://www.mccourier.com/global-load-break-switch-market-2020-comprehensive-research-methodology-key-insights-segments-and-extensive-profiles-by-2025/> [skatīts 08.03.2021.].
107. 5.7. attēls. *Horizontālā tipa 110 kV atdalītājs*. Pieejams: [https://autodocbox.com/123070103-Electric\\_Vehicle/High-voltage-products-reliable-products-for-all-customer-requirements-siemens-com-energy-management.html](https://autodocbox.com/123070103-Electric_Vehicle/High-voltage-products-reliable-products-for-all-customer-requirements-siemens-com-energy-management.html) [skatīts 08.03.2021.].
108. 5.8. attēls. *Vertikālā tipa atdalītājs*. Pieejams: [https://autodocbox.com/123070103-Electric\\_Vehicle/High-voltage-products-reliable-products-for-all-customer-requirements-siemens-com-energy-management.html](https://autodocbox.com/123070103-Electric_Vehicle/High-voltage-products-reliable-products-for-all-customer-requirements-siemens-com-energy-management.html) [skatīts 08.03.2021.].
109. 5.9. attēls. *Pantogrāfa tipa atdalītājs*. Pieejams: [https://autodocbox.com/123070103-Electric\\_Vehicle/High-voltage-products-reliable-products-for-all-customer-requirements-siemens-com-energy-management.html](https://autodocbox.com/123070103-Electric_Vehicle/High-voltage-products-reliable-products-for-all-customer-requirements-siemens-com-energy-management.html) [skatīts 08.03.2021.].
110. 5.10. attēls. *PN-2 tipa drošinātājs*. Baltiņš, A., Kanbergs, A., Miesniece, S. *Zemsprieguma elektriskie aparāti*. Rīga: Jumava, 2007.
111. 5.11. attēls. *Līnijas fragments ar drošinātāju*. Timmermanis, K. *Aizsargslēdži un drošinātāji. 2. laboratorijas darbs priekšmetā "Elektrostaciju un apakšstaciju elektriskā daļa"*. Rīga: RTU, 2008.
112. 5.12. attēls. *Drošinātāja kustošā elementa pārdegšanas process laika periodā*. Timmermanis, K. *Aizsargslēdži un drošinātāji. 2. laboratorijas darbs priekšmetā "Elektrostaciju un apakšstaciju elektriskā daļa"*. Rīga: RTU, 2008.

113. 5.13. attēls. *Strāvas un sprieguma izmaiņas kūstošā elementa pārdegšanas laikā*. Timmermanis, K. *Aizsargslēdži un drošinātāji. 2. laboratorijas darbs priekšmetā "Elektrostaciju un apakšstaciju elektriskā daļa"*. Rīga: RTU, 2008.
114. 5.14. attēls. *Drošinātāja laikstrāvas raksturlīkne zonas formā*. Timmermanis, K. *Aizsargslēdži un drošinātāji. 2. laboratorijas darbs priekšmetā "Elektrostaciju un apakšstaciju elektriskā daļa"*. Rīga: RTU, 2008.
115. 5.15. attēls. *Aizsargslēdža blokshēma*. Baltiņš, A., Kanbergs, A., Miesniece, S. *Zemsprieguma elektriskie aparāti*. Rīga: Jumava, 2007.
116. 5.16. attēls. *Trīsfāžu aizsargslēdža laikstrāvas raksturlīknes*. Baltiņš, A., Kanbergs, A., Miesniece, S. *Zemsprieguma elektriskie aparāti*. Rīga: Jumava, 2007.
117. 5.17. attēls. *Aizsargslēdžu iedalījums*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Baltiņš, A., Kanbergs, A., Miesniece, S. *Zemsprieguma elektriskie aparāti*. Rīga: Jumava, 2007; 2021.
118. 5.18. attēls. *Kontaktoru elementu blokshēma*. Baltiņš, A., Kanbergs, A., Miesniece, S. *Zemsprieguma elektriskie aparāti*. Rīga: Jumava, 2007.
119. 5.19. attēls. *Līdzstrāvas kontaktora konstruktīvā shēma*. Baltiņš, A., Kanbergs, A., Miesniece, S. *Zemsprieguma elektriskie aparāti*. Rīga: Jumava, 2007.
120. 5.20. attēls. *Līdzstrāvās loka dzēšanas process, kontaktoram atslēdzot barošanas ķēdi*. Baltiņš, A., Kanbergs, A., Miesniece, S. *Zemsprieguma elektriskie aparāti*. Rīga: Jumava, 2007.
121. 5.21. attēls. *Mainstrāvas kontaktora konstruktīvā shēma*. Baltiņš, A., Kanbergs, A., Miesniece, S. *Zemsprieguma elektriskie aparāti*. Rīga: Jumava, 2007.
122. 5.22. attēls. *Darbinātāju radīto triecienu un vibrāciju slāpēšanas paņēmieni ar papildatsperēm*. Baltiņš, A., Kanbergs, A., Miesniece, S. *Zemsprieguma elektriskie aparāti*. Rīga: Jumava, 2007.
123. 5.23. attēls. *Kontaktoru kinemātiskās shēmas*. Baltiņš, A., Kanbergs, A., Miesniece, S. *Zemsprieguma elektriskie aparāti*. Rīga: Jumava, 2007.
124. 5.24. attēls. *Strāvmaiņa principiālā shēma*. Timmermanis, K., Rozenkrons, J., Kutjuns, A. *Strāvmaiņi. 6. laboratorijas darbs priekšmetā "Elektrisko staciju un apakšstaciju elektriskā daļa"*. Rīga: RTU, 2012.
125. 5.25. attēls. *Strāvmaiņa aizvietošanas shēma un vektoru diagramma*. Timmermanis, K., Rozenkrons, J., Kutjuns, A. *Strāvmaiņi. 6. laboratorijas darbs priekšmetā "Elektrisko staciju un apakšstaciju elektriskā daļa"*. Rīga: RTU, 2012.
126. 5.26. attēls. *110 kV strāvmainis*. Pieejams: <http://www.repllc.net/instrument-transformers.html> [skatīts 08.03.2021.].

127. 5.27. attēls. *Spriegummaiņa aizvietošanas shēma*. Timmermanis, K., Rozenkrons, J., Kutjuns, A. *Spriegummaiņi. 7. laboratorijas darbs priekšmetā "Elektrisko staciju un apakšstaciju elektriskā daļa"*. Rīga: RTU, 2012.
128. 5.28. attēls. *Spriegummaiņa vektoru diagramma*. Timmermanis, K., Rozenkrons, J., Kutjuns, A. *Spriegummaiņi. 7. laboratorijas darbs priekšmetā "Elektrisko staciju un apakšstaciju elektriskā daļa"*. Rīga: RTU, 2012.
129. 5.29. attēls. *Spriegummaiņa slēguma shēma ar diviem sekundāriem tinumiem*. Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015.
130. 5.30. attēls. *Primārā un sekundārā papildu tinuma spriegumu vektoru diagrammas spriegummainim ar diviem sekundāriem tinumiem*. Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015.
131. 5.31. attēls. *Vektoru diagrammas zemesslēguma gadījumā tīklā ar zemētu neitrāli spriegummainim ar diviem sekundāriem tinumiem*. Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015.
132. 5.32. attēls. *Vektoru diagrammas zemesslēguma gadījumā tīklā ar izolētu neitrāli spriegummainim ar diviem sekundāriem tinumiem*. Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015.
133. 5.33. attēls. *110 kV spriegummainis*. Pieejams: <http://www.repllc.net/instrument-transformers.html> [skatīts 08.03.2021.].
134. 5.34. attēls. *110 kV kombinētais mērmainis*. Pieejams: <https://www.hitachiabb-powergrids.com/fi/fi/offering/product-and-system/instrument-transformers/combined-current-voltage-transformers/pva-up-to-145-kv> [skatīts 08.03.2021.].
135. 5.35. attēls. *Metāloksīda izlādēnis pārsprieguma aizsardzībai vidēja sprieguma tīklos*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
136. 5.36. attēls. *Dzirksteļspraugas rāgi 20 kV izolētu vadu līnijām*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
137. 5.37. attēls. *GVL pārsprieguma aizsardzība ar izlādējiem*. Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012.
138. 5.38. attēls. *Zibens aizsardzības rādiuss elektropārvades līnijām*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <https://www.electrical4u.com/insulation-coordination-in-power-system/>, 2021.
139. 5.39. attēls. *Apakšstacijas iekārtas aizsardzība pret atmosfēras pārspriegumiem*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <https://suryanshgroups.com/switchyard/>, 2021.
140. 5.40. attēls. *Dažādu spriegumu izlādēji*. Pieejams: [https://www.rvt.lv/GRAMATAS/Energjetikju\\_gramatas/elektroniskais\\_ainars\\_knipskis.pdf](https://www.rvt.lv/GRAMATAS/Energjetikju_gramatas/elektroniskais_ainars_knipskis.pdf), [skatīts 08.03.2021.].

141. 5.41. attēls. *Īsslēguma strāvas noplūde*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc <https://esgrounding.com/step-and-touch.html>, 2021.
142. 5.42. attēls. *Apakšstacijas zemējuma aizsardzības shēma*. Pieejams: <https://usermanual.wiki/Pdf/131882Catalog.1374704/view> [skatīts 08.03.2021.].
143. 6.1. attēls. *"Schlumberger" P-10 tipa vienfāzes skaitītājs*. J. Judrups, 2021.
144. 6.2. attēls. *Indukcijas tipa skaitītāja konstrukcija*. Pieejams: <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Electric+Meter> [skatīts 08.03.2021.].
145. 6.3. attēls. *Vienfāzes skaitītājs*. J. Judrups, 2021.
146. 6.4. attēls. *Elektroniskā elektroenerģijas skaitītāja blokshēma*. Autoru kolektīvs, 2021.
147. 6.5. attēls. *Daudzfunkcionālais elektroenerģijas skaitītājs*. Autoru kolektīvs, 2021.
148. 6.6. attēls. *Relejaizsardzības nostrādi paskaidrojošs attēls*. Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015.
149. 6.7. attēls. *Relejaizsardzības funkcionālā struktūrshēma*. Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015.
150. 6.8. attēls. *Radiāli barotas līnijas shēma*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015; 2021.
151. 6.9. attēls. *Līnijas L relejaizsardzības blokshēma*. Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015.
152. 6.10. attēls. *Relejaizsardzības selektīvas darbības skaidrojoša shēma*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015; 2021.
153. 6.11. attēls. *Trīsfāžu strāvas aizsardzības shēma*. Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015.
154. 6.12. attēls. *Maksimālstrāvas aizsardzība, ievērojot elektrodzinēju pašpalaišanās strāvas*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015; 2021.
155. 6.13. attēls. *Distantaizsardzības zonas*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015; 2021.
156. 6.14. attēls. *Diferenciālās aizsardzības darbības princips*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015; 2021.

157. 6.15. attēls. *Aizsardzības iestatījumu izvēles piemērs*. Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015.
158. 6.16. attēls. *Ārējā īsslēguma oscilogrammas*. Autoru kolektīvs, 2021.
159. 6.17. attēls. *Kopņu diferenciālā aizsardzība*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015; 2021.
160. 6.18. attēls. *Elektroenerģijas tīkla shēma*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015; 2021.
161. 6.19. attēls. *ARI blokshēmas*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Silarājs, M., Arājs, R. *Relejaizsardzības pamati*. Rīga: AST, 2015; 2021.
162. 6.20. attēls. *Viedā tīkla shēma*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
163. 6.21. attēls. *Informācijas apmaiņa starp elektroenerģijas sistēmas dalībniekiem*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
164. 6.22. attēls. *Divpolu sprieguma uzrādītājs līdz 1000 V*. Autoru kolektīvs, 2021.
165. 6.23. attēls. *Sprieguma uzrādītājs līdz 20 kV*. Autoru kolektīvs, 2021.
166. 7.1. attēls. *Attālumi gaisā un darba veikšanas zonas*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.
167. 7.2. attēls. *Sprieguma ietekmes zonu ierobežošana, izmantojot izolējošu aizsargbarjeru*. SIA "Baltijas Datoru Akadēmija" veidots pēc Budahs, M., Zviedrītis, M. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga: RVT, 2012; 2021.

## IZMANTOTIE TERMINI

### **Energoapgādes objekts**

Ēkas, inženierbūves, iekārtas, ietaises, līnijas, tīkli, kas paredzēti elektroenerģijas ražošanai, pārvadei vai sadalei.

### **Elektroiekārta**

Jebkura iekārta, kas paredzēta elektroenerģijas ražošanai, pārveidošanai, pārvadei, sadalei vai patēriņam.

### **Elektroenerģijas sistēma**

Elementu kopa, kuru galvenais uzdevums ir nodrošināt nepārtrauktu un stabilu elektroapgādi lietotājiem.

### **Elektroietaise**

Vairāku savstarpēji saistītu elektroiekārtu un konstrukciju kopums, kas paredzēts kopīgu funkciju veikšanai.

### **Energoapgādes objekta būvdarbu veicējs**

Būvprakses sertifikātu saņēmusi fiziska persona vai likumā noteiktajā kārtībā reģistrēta juridiska persona, kas būvniecības ierosinātāja uzdevumā veic būvdarbus energoapgādes objektā.

### **Energoapgādes objekta projektētājs**

Energoapgādes objektu būvspeciālists, kurš ieguvis tiesības projektēt, vai būvniecību reglamentējošajos normatīvajos aktos noteiktajā kārtībā reģistrēts būvkomersants, kas būvniecības ierosinātāja uzdevumā saskaņā ar līgumu veic energoapgādes objekta būvprojektēšanu.

### **Energoapgādes objekta būvuzraugs**

Energoapgādes objektu būvspeciālists vai likumā noteiktajā kārtībā reģistrēts būvkomersants, kurš noslēdzis līgumu ar būvniecības ierosinātāju vai kuru būvniecības ierosinātājs norīkojis energoietaišu būvdarbu uzraudzībai.

### **Energoapgādes objekta pārbūve**

Būvdarbi, kas saistīti ar būvobjekta apjoma, funkciju vai izvietojuma maiņu (pārvietošanu) vai jaunu ietaišu pievienošanu, tostarp esošā energoapgādes objekta pilnīgu vai daļēju demontāžu.



### **Energoapgādes objekta remonts**

Pasākumi, kad tiek remontētas vai nomainītas atsevišķas konstrukcijas, mezgli un detaļas, novērsti defekti, veikti mērījumi un ieregulēšana, nodrošināta sistemātiska un savlaicīga aizsardzība pret atmosfēras un korozijas iedarbību.

### **Energoapgādes objekta atjaunošana**

Pasākumi, kad tiek nomainītas nolietotās konstrukcijas, iekārtas vai atsevišķi mezgli, novērsti defekti, veikti mērījumi un ieregulēšana, kas būtiski palielina kalpošanas laiku.

### **Elektrotīkls**

Elektrosistēmas daļa, kas pārvada un sadala elektroenerģiju un sastāv no savstarpēji savienotām elektrolīnijām, elektriskajām apakšstacijām un sadalnēm.

### **Energoapgādes objekta valdītājs**

Energoapgādes objekta īpašnieks, tiesiskais valdītājs, turētājs – fiziska vai juridiska persona, kas būvē, lieto vai uztur būves un ar savu darbību vai bezdarbību var ietekmēt to stāvokli.

### **Elektroietaisies ierīkošana**

Būvdarbi, kurus veic elektroietaisies montāžai, – elektroietaisies veidojošo elektroiekārtu salikšana, kā arī uzstādīšana to lietošanas vietā saskaņā ar noteiktiem plāniem, projektiem un rasējumiem, lai ieguldītu vai novietotu pamatnē vai būvē.

### **Elektroietaisies pieslēgums**

Sistēmas lietotāju un pretendentu elektroietaisies pievienojums enerģijas pārvades, sadales un ražošanas sistēmām.

### **Elektrolīnija**

Vadu, kabeļu, izolatoru un nesošo konstrukciju kopums elektroenerģijas pārvadei no viena tīkla punkta uz otru.

### **Elektrotīkla pievads**

Sadales elektrotīkla atzars no elektrolīnijas vai sadalnes līdz lietotāja elektrotīkla ievada sadalnei.

### **Gaisvadu elektrolīnija**

Elektrolīnija, kuras vadi vai piekarkabeļi nostiprināti balstos noteiktā augstumā virs zemes.

### **Hidroelektrostacijas hidrotehniskās būves**

Hidroelektrostacijas darbībai nepieciešamo būvju komplekss, tostarp aizsprosti, dambji, hidroelektrostacijas ēkas, ūdens novadbūves, kanāli, cauruļvadi, tuneļi, sūkņu stacijas, drenāža, zivju aizsardzības un pārvades būves, aizsargdambji, krastu nostiprinājumi, atbalsta sienas un citas būves, uz kurām iedarbojas ūdens spiediens.

### **Kabeļu elektrolīnija**

Elektrolīnija, kas izveidota no viena vai vairākiem kabeļiem un ieguldīta zemē vai uzstādīta uz ēku sienām, kabeļkanālos, caurulēs vai citādi.

### **Pagaidu elektroietaise**

Būvdarbu veikšanai nepieciešamā elektroietaise, kas uzbūvēta ekspluatācijai uz noteiktu termiņu, ne ilgāku par četriem gadiem, un kas jānojauc pirms būvobjekta pieņemšanas ekspluatācijā.

### **Projektēšanas uzdevums**

Dokuments, kuru pirms būvniecības ieceres izstrādāšanas sastāda būvniecības ieceres ierosinātājs un kurā norāda projektējamās būves galvenās funkcijas un parametrus, būvprojekta veidu, ietveramās sadaļas, būvprojekta izstrādei piemērojamos dokumentus un standartus, būvniecības izpildes secību, ja būvobjekts nododams ekspluatācijā pa būves kārtām, kā arī autoruzraudzības nepieciešamību.

### **Sistēmas lietotājs**

Fiziska vai juridiska persona, kas izmanto elektroenerģijas pārvades vai sadales sistēmas pakalpojumus.

### **Situācijas plāns**

Mērogā samazināts apvidus horizontālās projekcijas attēls plāknē ar būvju un inženierkomunikāciju izvietošanu būvobjektā.

### **Tehniskie noteikumi**

Būvniecībā iesaistīto institūciju izdoti tehniski nosacījumi energoapgādes objekta būvniecībai.

## IZMANTOTIE SAĪSINĀJUMI

### **AER**

Atjaunojamas enerģijas ražotāji

### **AES**

Atomelektrostacija – elektrostacija, kas izstrādā elektroenerģiju, izmantojot kodoldegvielu

### **AST**

Augstsprieguma tīkls – Latvijas pārvades sistēmas operators

### **BRELL**

Apvienotā elektroenerģijas sistēma – Baltkrievija, Krievija, Igaunija, Latvija un Lietuva (ang. *Belarus, Russia, Estonia, Latvia and Lithuania*)

### **CEN**

Eiropas Standartizācijas komiteja (ang. *European Committee for Standardization* [<https://www.cencenelec.eu/Pages/default.aspx>])

### **CENELEC**

Eiropas Elektrotehnikas standartizācijas komiteja (ang. *European Committee for Electrotechnical Standardization* [<https://www.cencenelec.eu/Pages/default.aspx>])

### **EIN**

Elektroietaišu ierīkošanas noteikumi

### **ENTSO-E**

Eiropas pārvades sistēmu operatoru asociācija (ang. *European Network Transmission System Operator of Electricity* [[www.entsoe.eu](http://www.entsoe.eu)])

### **ETSI**

Eiropas Telekomunikācijas standartu institūts (ang. *European Telecommunications Standards Institute* [<https://www.etsi.org/>])

### **GVL**

Gaisvadu līnija

**HES**

Hidroelektrostacija – elektrostacija, kas izstrādā elektroenerģiju, izmantojot ūdeni

**IKP**

Iekšzemes kopprodukts

**kV**

Kilovolts, sprieguma mērvienība

**kVA**

Kilovoltampērs, pilnās jaudas mērvienība

**LEK**

Latvijas Elektrotehniskā komisija

**LET**

AS “Latvijas elektriskie tīkli” – Latvijas elektropārvades sistēmas īpašnieks

**LVS**

Latvijas valsts standarts

**MW**

Megavats, jaudas mērvienība

**SC**

Siltumcentrāle

**SPRK**

Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisija

**ST**

AS “Sadales tīkls” – Latvijas sadales sistēmas operators

**TEC**

Termoelektrocetrāle – elektrostacija, kas izstrādā gan elektroenerģiju, gan siltumenerģiju

**TES**

Termoelektrostacija – elektrostacija, kas izstrādā elektroenerģiju, izmantojot cieto kurināmo