



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ !

Mārtiņš Budahs
Mareks Zviedrītis



ELEKTRISKO SADALES TĪKLU ELEKTROIETAIŠU EKSPLUATĀCIJA

2012



Projekts: "Rīgas Valsts tehnikuma
sākotnējās profesionālās izglītības
programmu īstenošanas kvalitātes
uzlabošana"



Vienošanās numurs: 2010/0106/1DP/1.2.1.1.3/09/APIA/VIAA/047

SATURS

Saturs	1
Termini un saīsinājumi	2
Priekšvārds.....	5
Ievads.....	5
1. Latvijas vienotā energosistēma	6
2. Sadales tīkli un to nozīme tautsaimniecībā.....	7
3. Normatīvie dokumenti un standartizācija	13
4. Latvijā lietotie tīklu neitrāles darbības režīmi	15
5. Sadalietais, sadalnes un to ekspluatācija	22
6. Sadales transformatoru apakšstacijas un to ekspluatācija	33
7. Sadales transformatori ar spriegumu līdz 20kV un to ekspluatācija	45
8. Elektrotīkla pārsprieguma aizsardzība un tās ekspluatācija	53
9. Elektrotīkla zemējumietais un to ekspluatācija	58
10. Gaisvadu līnijas ar spriegumu līdz 20kV un to ekspluatācija	64
11. Kabeļu līnijas ar spriegumu līdz 20kV un to ekspluatācija.....	75
12. Viedie tīkli.....	88
13. Ekspluatācijas personāla pienākumi un atbildība sadales tīklu uzturēšanā	93
Pielikumi.....	105
Izmantotā literatūra	115

Termini un saīsinājumi

Aizsargjosla – noteikta platība, kuras uzdevums ir aizsargāt dažāda veida (gan dabiskus, gan mākslīgus) objektus no nevēlamas ārējās iedarbības, nodrošināt to ekspluatāciju un drošību vai pasargāt vidi un cilvēku no kāda objekta kaitīgās ietekmes.

Apakšstacija – elektrotīkla sastāvdaļa, kas parasti sastāv no sadalietaisēm, pārveidotāj iekārtām, būvēm, pienākošo un aizejošo līniju ievadkonstrukcijām, aizsardzības un vadības ierīcēm.

Atjaunošanas remonts – remonta darbi (iekārtas atjaunošana, modernizācija), kuri būtiski palielina elektroietaišu kalpošanas laiku. Darbu laikā atjauno jebkuras nolietotās elektroietaisies konstrukcijas, mezglus vai detaļas.

Elektroiekārta – jebkura iekārta elektroenerģijas ražošanai, pārvadei, pārveidei, sadalei vai patēriņam.

Elektroietaise – elektroiekārtu un konstrukciju kopums, kas paredzēts kopīgu funkciju veikšanai.

Elektroietaisies valdītājs – atbildīgā persona, kurai ir tiesības un pienākums ar administratīvām metodēm (rīkojumiem, norīkojumiem) nodrošināt energoietaisies efektīvu darbību un drošu ekspluatāciju.

Ekspluatācija – nepārtraukta elektroietaisies darbību uzturēšana nepieciešamajā līmenī saskaņā ar normatīvo dokumentu prasībām.

Ekspluatācijā esoša elektroietaise – elektroietaise vai tās daļa, kas pēc tās ierīkošanas un pārbaudes noteiktā kārtībā ir pieņemta ekspluatācijā, noformējot pieņemšanas aktu.

Ekspluatācijas (apkalpošanas) instrukcija – elektroietaisies tehniskā vadītāja apstiprināts dokuments, kas reglamentē iekārtai pieļaujamās darba režīmus, nosaka kārtību, kādā veicama iekārtu ekspluatācija un režīmu maiņa, nosaka konkrētas prasības darba drošībai, sprādziendrošībai un ugunsdrošībai, kā arī neatliekamās pasākumus, novēršot iekārtā traucējumus un bojājumus.

Elektriskā sadalietaise (elektrosadalietaise, sadalne) – elektroietaise, kurā notiek elektroenerģijas sadalīšana viena sprieguma līmenī. Tā parasti sastāv no kopnēm un pievienojumos ieslēgtiem komutācijās, aizsardzības un citiem aparātiem.

Energosistēma – elektrostaciju, elektrotīklu, siltumtīklu un energopatērētāju kopums, kas saskaņoti ražo, pārveido, pārvada, sadala un patērē elektrisko un siltuma enerģiju.

Kabeļlīnija – elektrolīnija, kas izveidota ar īpašu izolētu vadu – kabeli un instalēta zemē, pa ēkas sienām, kabeļkanālos, kabeļcaurulēs u.tml.

Gaisvadu elektrolīnija – elektrolīnija, kuras vadi nostiprināti balstos uz izolatoriem, vai piekarkabeļi noteiktā augstumā virs zemes.

Norīkojums – drošai darbu veikšanas organizēšanai paredzēts dokuments, kas sastādīts uz speciālas veidlapas un nosaka norīkojuma izpildē iesaistāmos un par drošu darbu veikšanu atbildīgos darbiniekus, kā arī veicamos darbus, darbu veikšanas laiku, pasākumus darba vietas sagatavošanai, apstiprina atļauju darba vietas sagatavošanai un pielaišanai pie darba, fiksē ikdienas pielaišanu pie darba, pārtraukumus un darba pabeigšanu, kā arī izmaiņas brigādes sastāvā.

Operatīvā apkalpošana – pasākumu komplekss uzdotā energoietaisies darba režīma uzturēšanai,

kas ietver pārslēgumu veikšanu, energoietaises apskates, slodzes un režīma kontroli, iekārtas sagatavošanu remontam (izvešana no darba, alternatīvas energoapgādes nodrošināšana klientiem, darba vietas sagatavošana, pielaišana pie darba u.c.).

Operatīvais personāls – speciāli apmācīts un praktiskam darbam sagatavots personāls, kuram ir piešķirtas tiesības realizēt energoietaises operatīvo vadību, kontrolēt un mainīt režīma parametrus, izdarīt pārslēgumus, sagatavot vai dot atļauju sagatavot darba vietu, pielaišt brigādi pie darba vai dot atļauju pielaišt pie darba.

Rekonstrukcijas darbi – darbi, kuru rezultātā tiek uzlabots energoietaises drošums un tehniski ekonomiskie rādītāji.

Rīkojums – drošai darbu veikšanai dots darba uzdevums, kas nosaka paveicamos darbus un to saturu, vietu, sākuma un beigu laiku, nepieciešamos drošības pasākumus, brigādes sastāvu un darbiniekus, kuri atbildīgi par drošu darbu veikšanu darbiem uz laiku, kas nepārsniedz 24 stundas un kas ir ierakstīts Norīkojumu un Rīkojumu reģistrācijas žurnālā vai Operatīvajā žurnālā.

Tehniskā apkalpošana – energoietaišu un energoiekārtu periodiskās apskates, tīrīšana, blīvēšana, visu veidu pārbaudes, diagnostika, regulēšana un sīku defektu novēršana.

Transformators – elektroiekārta maiņsprieguma paaugstināšanai vai pazemināšanai.

Transformatoru apakšstacija – apakšstacija ar transformatoru(iem), kurš(i) saista divus vai vairākus dažāda sprieguma tīklus.

Uzturēšanas remonts – periodiski remonta darbi, kas saglabā un uztur elektroietaisi darba kārtībā starp atjaunošanas remontiem, kā arī daļēji palielina tās kalpošanas laiku. Šo remontdarbu laikā atjauno vai nomaina atsevišķas konstrukcijas, mezglus vai detaļas, novērš defektus, veic ieregulēšanu, atjauno aizsardzību pret atmosfēras un korozijas iedarbību.

Viedie tīkli – sadales tīkls, kas reizē ar elektroenerģijas sadali nodrošina arī divvirzienu komunikāciju starp elektroenerģijas ražotāju un patērētāju.

Zemējumietaise – zemētāju un vadītāju kopums, kas nepieciešams elektroiekārtu zemēšanai.

Saīsinājumi

EPL	–	Elektropārvades līnija (saīsinājums attiecināms gan uz gaisvadu līniju, gan kabeļlīniju)
GVL	–	Gaisvadu līnija
KL	–	Kabeļlīnija
KTA	–	Kompaktā transformatoru apakšstacija
LEK	–	Latvijas Elektrotehniskā komisija
LR	–	Latvijas Republika
LR MKN	–	Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi
OIB	–	Operatīvā izbraukuma brigāde
RAA	–	Relejaizsardzība un automātika
SP	–	Sadales punkts
SSO	–	Sadales sistēmas operators
ST	–	AS “Sadales Tīkls”
TA (TP)	–	Transformatoru apakšstacija (transformatoru punkts)
VS	–	Vidspriegums 6-20kV
ZS	–	Zemspriegums līdz 1 kV

PRIEKŠVārds

Grāmata veidota kā mācību palīg līdzeklis par elektroenerģijas sadales tīklu ekspluatāciju Latvijā, pamatojoties uz normatīvo dokumentu un autoru pieredzi praktiskā darbā AS „Sadales tīkls”. Lai lasītājs gūtu priekšstatu par sadales tīklu vietu kopējā energosistēmā, mācību palīg līdzeklī sniegts īss ieskats arī par Latvijas energosistēmu, tai skaitā pārvades tīklu shēmu, Grāmatā aprakstīta sadales tīklu galveno elementu uzbūve, to ekspluatācija un sniegts vispārējs ekspluatācijas personāla atbildības un pienākumu apraksts, veicot ekspluatācijas darbus.

Detalizētāk izklāstītas nodaļas par KTA un kabeļu līnijām, jo to īpatsvars sadales tīklos ar katru gadu pieaug. Katras nodaļas beigās ir jautājumi paškontrolei, lai lasītājs varētu pārliecināties par izklāstītā materiāla izpratni un iegūtajām zināšanām.

Ievads

Mainoties iekārtu un materiālu tehniskajam un tehnoloģijas attīstības līmenim, laika gaitā mainās arī elektrotīkli un tiem pieslēgto elektroietaišu tehniskie un tehnoloģiskie risinājumi, izmantošanas iespējas un prasības piegādātās elektroenerģijas kvalitātei. Savukārt, attīstoties ekonomikai Eiropā, tajā skaitā Latvijā, pieaug klientu prasības elektroapgādes drošumam. Mūsdienu tautsaimniecība un iedzīvotāju ikdiena nav iedomājama bez elektroenerģijas patēriņa un piegādes, jo elektroenerģija ir universāls enerģijas avots, kurš tautsaimniecībā tiek lietots bezgalīgi daudz dažādos veidos. Tā liek griezties ražošanas uzņēmumu un sabiedriskā transporta elektromotoriem, silda un dzesē iedzīvotāju mājokļus, darbina televizorus, lādē mobilo telefonu baterijas, nodrošina gaismu utt. Pasaules un Latvijas dzīves kvalitātes un komforta līmenis lielā mērā atkarīgs no elektroenerģijas piegādes drošuma, kvalitātes un kvantitātes, jo elektroenerģijas pieejamība sienas rozetē sabiedrībā kļuvusi par tik pašsaprotamu lietu kā gaisma, saulei austot. Lai uzlabotu elektrotīkla tehniskos parametrus un samazinātu tā ekspluatācijas izdevumus, elektrotīkls jāatjauno, jāmodernizē, jāattīsta un tajā regulāri jāiegulda līdzekļi.

Mēs dzīvojam ierobežotu resursu laikmetā, tādēļ, neskatoties uz darba efektivitātes pieaugumu, ar katru gadu esam spiesti par enerģiju maksāt vairāk. Katru gadu pieaug atjaunojamo energoresursu īpatsvars elektroenerģijas ražošanā, līdz ar to arī sadales tīklu nozīme un funkciju paplašināšanās kopējā Latvijas energosistēmā, jo vēja, biogāzes, un saules enerģijas mikroģeneratorus un elektrostacijas ar jaudu līdz 10 MW pieslēdz sadales tīkliem. Līdz ar elektroenerģijas ģenerācijas ienākšanu sadales tīklos, papildus elektroenerģijas sadalei, tīklam jāveic arī enerģijas balansēšana, ģeneratoru un tīkla savstarpēja sinhrona darbība un aizsardzība, sprieguma un frekvences kontrole. Lai uzturētu un operatīvi vadītu sadales tīklu, vajadzīgs kvalitatīvs un ātrdarbīgs informācijas pārvades tīkls, datu bāzes un datu apstrādes programmas.

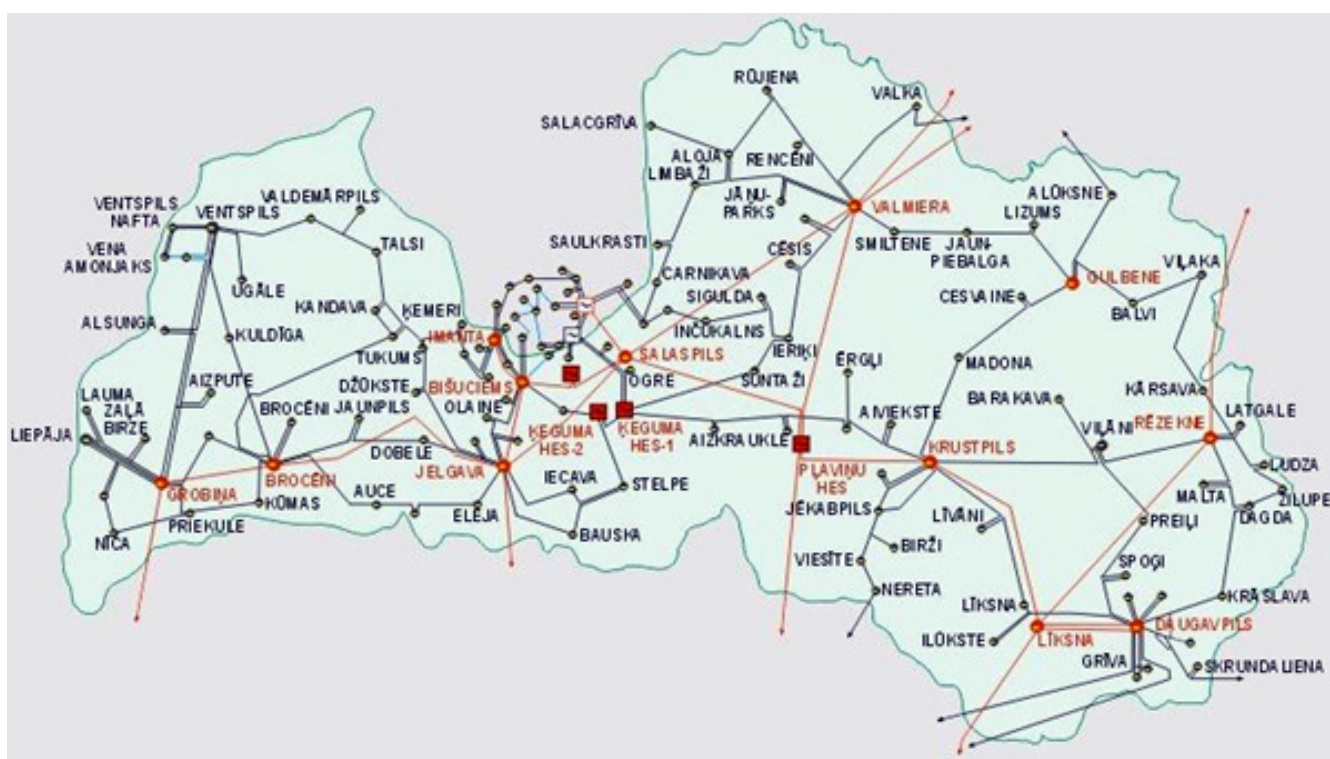
Visā pasaulē strauji attīstās informācijas tehnoloģijas, radot jaunas iespējas, vienlaikus ar enerģijas plūsmu sadales tīklos, veidot arī informācijas plūsmu un savstarpēju apmaiņu sadales tīkla operatīvam personālam ar klientiem, enerģijas patērētājiem un ražotājiem. Tā veidojas viedie tīkli – Latvijas nākotnes elektroapgādes tīkli.

Mācību palīg līdzeklis tapis ar ESF atbalstu projekta "Rīgas Valsts tehnikuma sākotnējās profesionālās izglītības programmu īstenošanas kvalitātes uzlabošana" ietvaros.

Vienošanās numurs: 2010/0106/1DP/1.2.1.1.3/09/APIA/VIAA/047

1. Latvijas vienotā enerģosistēma

Latvijas enerģosistēma izveidota 1939. gadā līdz ar Ķeguma HES izbūvi un pieslēgšanu kopējā pārvades un sadales tīklu sistēmā. 1939. gada 22. decembrī Ministru kabinets pieņēma un Latvijas valsts prezidents K.Ulmanis parakstīja likumu par „Valsts Elektrības uzņēmuma Ķegums” izveidi. Šis datums uzskatāms par Latvijas vienotas enerģosistēmas vēsturisko sākumu. Pārvades elektrotīkls ir pamats vienotas enerģosistēmas izveidei un šodien to veido vairāk kā 5,5 tūkstoši kilometru gari 330 kV un 110 kV elektrotīkli. Pārvades elektrotīklam pieslēgtas un elektroenerģiju ražo Daugavas kaskādes trīs HES un divas Rīgas TEC. Lai elektroenerģiju piegādātu klientu elektroietaisēm Latvijā izbūvēti sadales tīkli 94 tūkstošu km garumā, kas pieslēgti 110 kV pārvades (attēls 1.1.) elektrotīklam.



1.1.attēls. Latvijas 330kV un 110kV pārvades tīkla shēma ar galvenajām elektrostacijām (Daugavas kaskādes HES un Rīgas TEC)

AS „Augstsprieguma tīkls” ir uzsācis Kurzemes loka izbūvi, lai izveidotu 330kV loku no Liepājas 330/110kV apakšstacijas caur Ventspili, Dundagu un Tumi līdz Imantas 330/110kV apakšstacijai. Kurzemes loka izbūve būtiski uzlabos visas Kurzemes elektroapgādes drošumu, kā arī nodrošinās tranzīta jaudu plūsmu starp kaimiņvalstu enerģosistēmām. Paralēli notiek darbs pie Rīgas 330kV loka noslēgšanas starp Imantas 330/110kV apakšstaciju un Rīgas TEC-1.

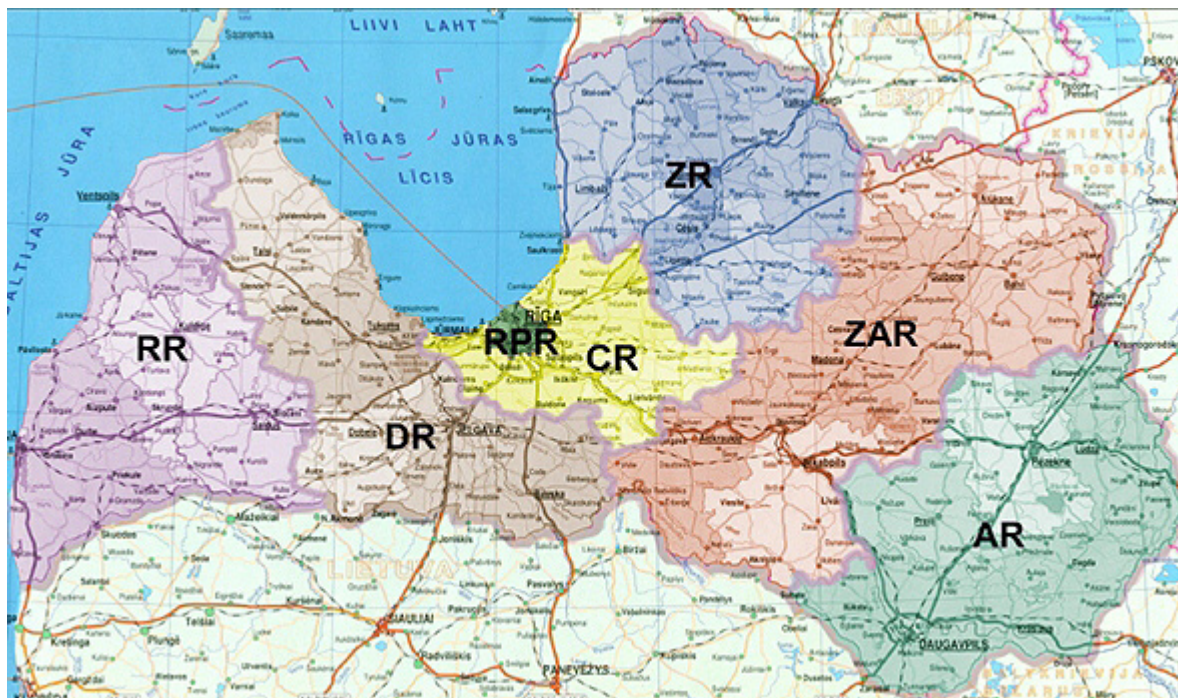
Latvijas pārvades tīkli ir savienoti ar Lietuvas, Igaunijas un Krievijas pārvades elektrotīkliem, bet esošais jo savienojums ar Baltkrievijas pārvades tīkliem ir pārtraukts. Latvijas sadales tīkli pieslēgti pie pārvades tīkliem un saņem no tiem elektroenerģiju. Sadales tīklam ir pieslēgtas

vairāk kā 1 miljons klientu elektroietaišu un vairāk kā 300 vēja, hidro, termo un saules enerģijas elektrostacijas ar jaudu no 1kW līdz 10 MW. Diennakts laikā elektroenerģijas patēriņš mainās: no rīta un vakarā ir maksimālā slodze (rīta un vakara maksimums), bet nakts stundās slodze ir minimāla. Balstoties uz dispečervadības sistēmām un patēriņa prognozēm, dispečeru dienesti elektroenerģijas ražošanu un pārvadi regulē atbilstoši elektroenerģijas patēriņam reālā laikā, lai sistēmas patēriņu un ražošanu noturētu līdzsvarā un elektroenerģiju no elektrostacijām līdz klientu elektroietaisēm pārvadītu atbilstoši tehniski un ekonomiski visizdevīgākajiem režīmiem. Latvijā elektroenerģijas plūsmas pārvades tīklā kontrolē AS „Augstsprieguma tīkls” dispečerdienests. Pārvades tīklu dispečerdienesta uzdevums ir nodrošināt jaudas plūsmu apmaiņu ar kaimiņvalstu pārvades sistēmām, sadales sistēmas operatoru apgādi ar elektroenerģiju standartu prasībām atbilstošā kvalitātē un nodrošināt elektroenerģijas ražošanas iekārtu vadību un kontroli. Sadales tīklu dispečeru dienests operatīvi vada operatīvo personālu un sadales tīkla darbību, veic avārijas un plānotos pārslēgumus sadales tīklos, kontrolē jaudas plūsmas sadales tīklā, veic 110/6-20 kV transformatoru transformācijas koeficientu maiņu, automātiski pārslēdzot pakāpes zem slodzes, kā arī sezonāli pārslēdzot sadales transformatoru pakāpjslēdzus. Sadales elektrotīkli ir Latvijas energosistēmas būtiska sastāvdaļa, kas klientiem sniedz drošu un kvalitatīvu elektroapgādes pakalpojumu.

2. Sadales tīkli un to nozīme tautsaimniecībā

Elektroapgādes sistēmu veido dažāda veida elektroietaisies. Sadales tīkli ir tieši savienoti ar klientu elektroietaisēm, elektroenerģijas patērētājiem un elektroenerģijas ražotājiem. Sadales tīkli veic elektroenerģijas transporta un sadales funkcijas saskaņā ar klienta pieprasīto elektroenerģijas apjomu. Sadales sistēmai pieslēgtās elektroietaisies nepieciešams ekspluatēt tā, lai tās strādātu atbilstoši normatīvo dokumentu prasībām, neradītu traucējumus pārējām sadales sistēmas elektroietaisēm, darbotos ilgi un bez bojājumiem un nodrošinātu elektroenerģijas patērētājus ar elektroenerģiju 24 stundas diennaktī. Tas iespējams, izbūvējot mūsdienīgus un drošus sadales elektrotīklus, pieslēdzot pie tiem kvalitatīvas klientu elektroietaisies un ekspluatējot tās atbilstoši normatīvu prasībām.

Latvijas teritorijā sadales tīklu operatora licenci ir izņēmuši 11 uzņēmumi. Lielākais sadales tīklu operators Latvijā ir AS „Sadales tīkls” (ST). ST elektroenerģijas sadales pakalpojuma licence ir spēkā 99% Latvijas teritorijas. ST ir AS „Latvenergo” meitas uzņēmums, kurš nodrošina sadales sistēmas pakalpojumu elektroenerģijas lietotājiem Latvijā. ST Latvijas teritoriju ir sadalījis 7 ekspluatācijas reģionos: AR – Austrumu reģions, ZAR – Ziemeļaustrumu reģions, ZR – Ziemeļu reģions, DR – Dienvidu reģions, RR – Rietumu reģions, CR – Centrālais reģions un RpR – Rīgas pilsētas reģions. Attēlā 2.1. parādītas reģionu ekspluatācijas robežas. Nākamie lielākie SSO ir Rīgas brīvostas SIA „RTO elektrotīkli” un Ventspils brīvostas SIA „Vats”, kas ir nelielas teritorijas ar samērā lielu īpatnējo jaudu uz vienu kvadrātkilometru.



2.1.attēls. AS „Sadales tīkls” reģionālais sadalījums

Elektroenerģijas pārvadi un sadali pa sadales tīkliem nodrošina dažāda veida elektroietaisies. Statistiskie dati par AS „Sadales tīkls” ekspluatācijā esošām elektroietaisēm uz 2012.gada 1. janvāri doti tabulā 1.

Tabula 1

Statistiskie dati par AS „Sadales Tīkls” ekspluatācijā esošām elektroietaisēm:

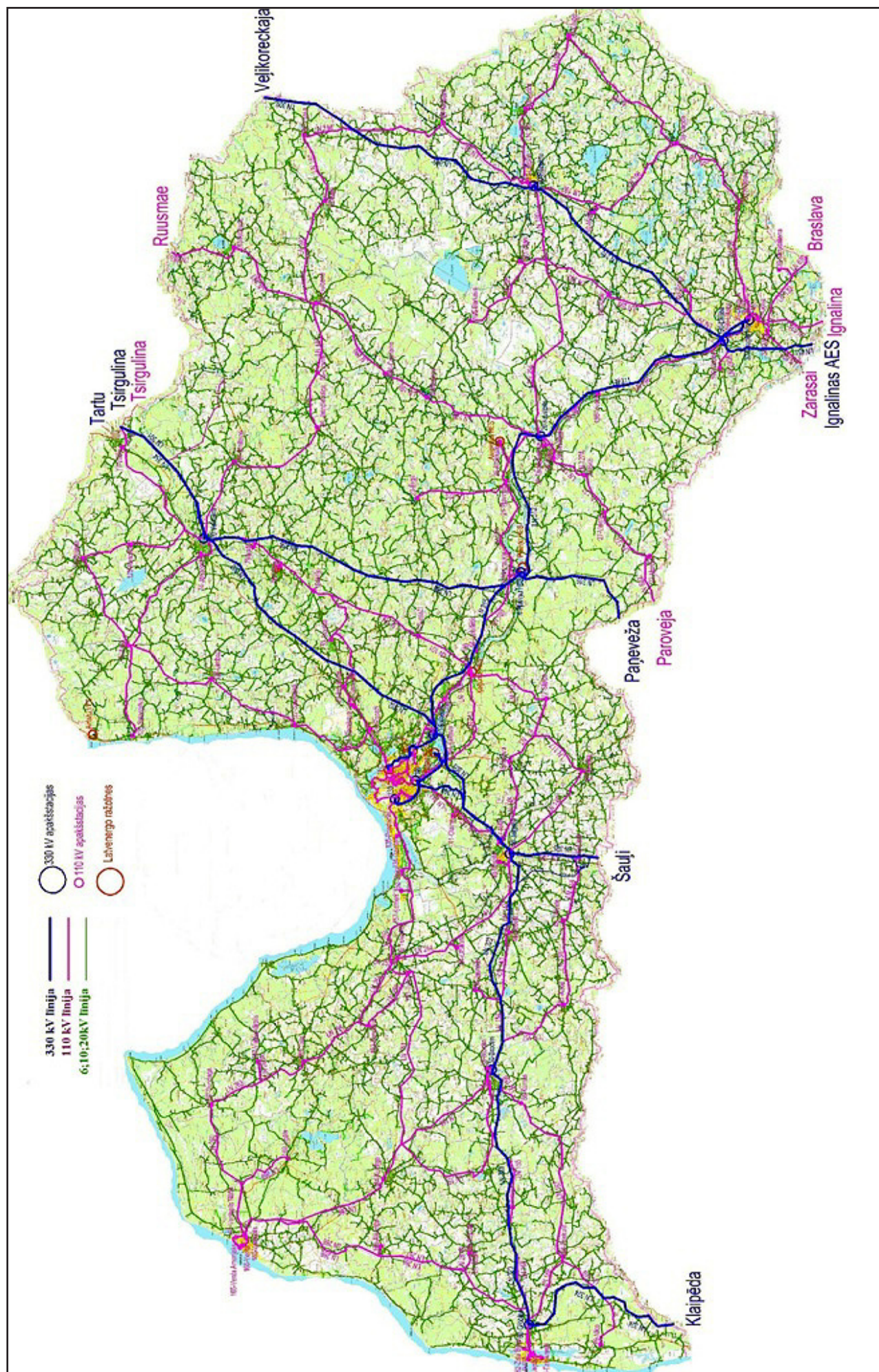
Nosaukums	km vai gb
1. Vidsprieguma līnijas	34 964
t.sk. gaisvadi	28 154
t.sk. izolēti vadi (SAX)	1 280
t.sk. kabeļu līnijas	5 530
2. Zemsprieguma līnijas	58 800
t.sk. gaisvadi	31 517
t.sk. kabeļu līnijas	18 160
t.sk. piekarkabelis (AMKA)	9 123
3. Sadales transformatoru apakšstacijas	25 701
t.sk. KTPO, KTPN, KTPS	7 983
t.sk. brīvgaisa TP	9 564
t.sk. KTP (konteiner-tipa)	2 080
t.sk. pārvietojamās	23
t.sk. slēgtie TP	6 051
4. Sadales transformatori	29 717
5. Barošanas punkti	
t.sk. 110kV	128
t.sk. brīvgaisa SP	162
t.sk. slēgtie SP (FP)	246

Tabulā parādīto elektroietaišu garums un daudzums kopumā veido sadales un pārvades tīklu kopu (attēls 2.2.), kas nodrošina elektroenerģijas piegādi no ģeneratora līdz pat attālākām lauku mājām. Aplūkojot tīklu tuvāk, var izdalīt atsevišķus sadales tīklu rajonus, kuri izveidoti pēc tipveida shēmām. Redzams, ka pārvades un sadales elektriskie tīkli Latvijā veido kopēju elektrisko „organismu”, kur elektrolīnijas gluži kā asinsvadi nodrošina elektroenerģijas piegādi patērētājiem. Vienkāršotās vienlīniju principālās sadales tīklu shēmās (attēli 2.3. un 2.4.) attēlota tipiska tīklu izbūves arhitektūra pilsētās un lauku apvidos.

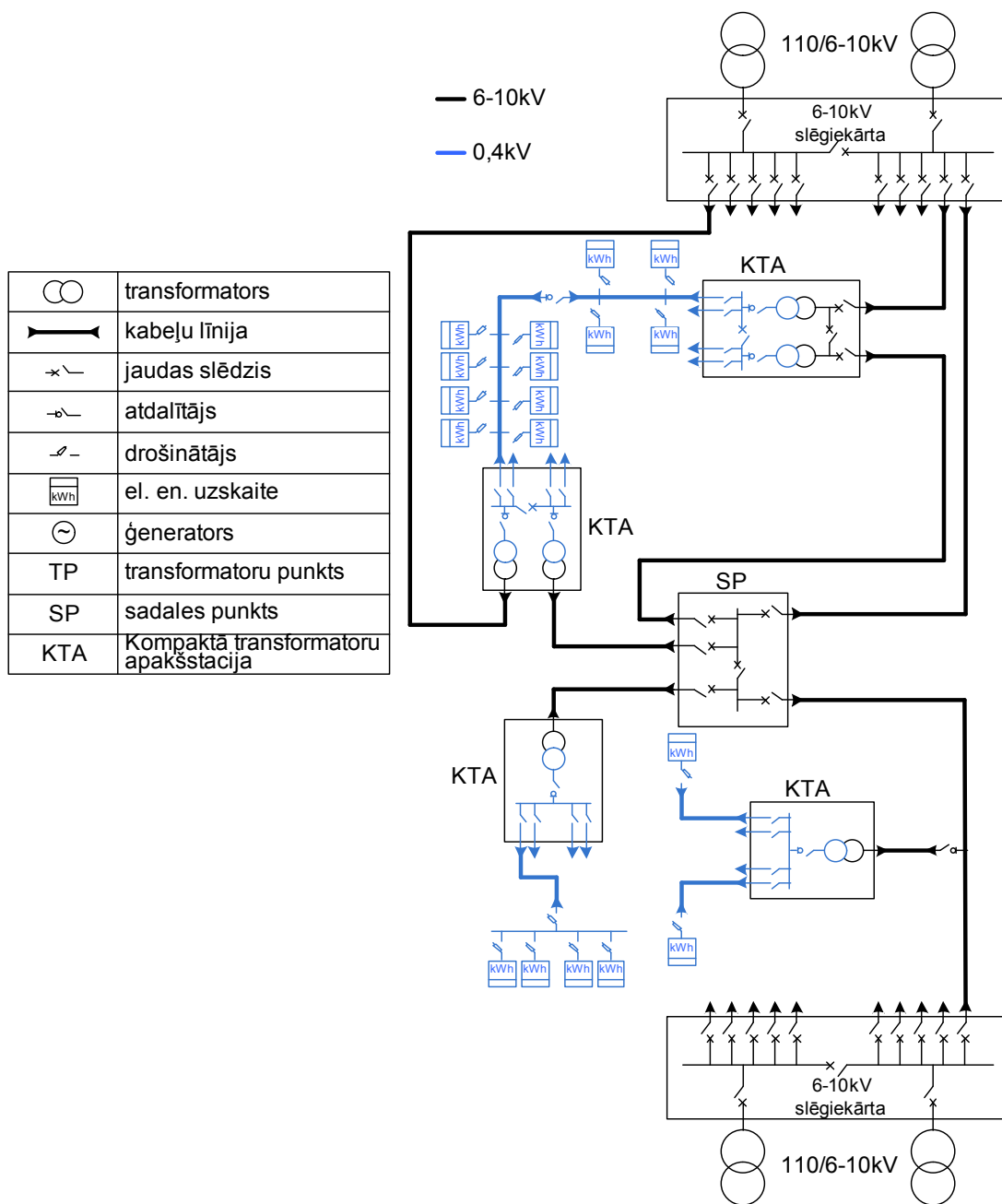
Pilsētās ir lielāks slodzes blīvums, tāpēc izveido divpusēju barošanas shēmu starp vienas apakšstacijas dažādām kopņu sekcijām vai dažādām apakšstacijām ar optimālu loka dalījumu jaudas sateces vietā. Pilsētas tīklu sadales punktus nereti sauc par fīdera punktiem, kuros parasti ir veidotas VS tīkla dalījuma vietas starp barošām apakšstacijām. Normālā režīmā patērētāji tiek baroti radiālā režīmā ar iespēju (avāriju vai remontu gadījumā) pārslēgt barošanu no citas puses. ZS līnijas pamatā ir slēgtas lokā starp sadales transformatoru apakšstacijām, nodrošinot ZS patērētāju rezervēšanu no otras puses.

Lauku tīklos 20 kV maģistrāles ir slēgtas lokā starp vienas apakšstacijas dažādām kopņu sekcijām vai dažādām apakšstacijām ar dalījuma vietu. Normālā režīmā patērētāji tiek baroti radiālā režīmā ar iespēju avāriju vai remontu gadījumā pārslēgt maģistrāles barošanu no citas puses. Kopš 2008. gada Latvijas lauku ZS tīklos ir ieviesta 1kV sprieguma pakāpe, lai varētu nodrošināt attālu klientu sprieguma kvalitāti un pieprasītās slodzes palielinājumu vietās, kur nav prognozēts slodzes pieaugums. 1kV sistēmu izmanto jaudas nodrošināšanai līdz 100kW un līdz 6km attālumam. Veidojot 1kV sistēmu, galvenā priekšrocība ir tā, ka nav nepieciešama dārga meža zemes transformācija un ZS elektroietaišu izolācija pamatā ir paredzēta līdz 1kV spriegumam. Lielākā daļa ģeneratoru un mikroģeneratoru ir pieslēgti sadales tīkliem tieši lauku apvidos, to skaits ar katru gadu pieaug tāpat, kā to ietekme uz sadales tīkla darbību un elektroenerģijas kvalitāti. ZS līnijas pamatā izbūvētas radiāli.

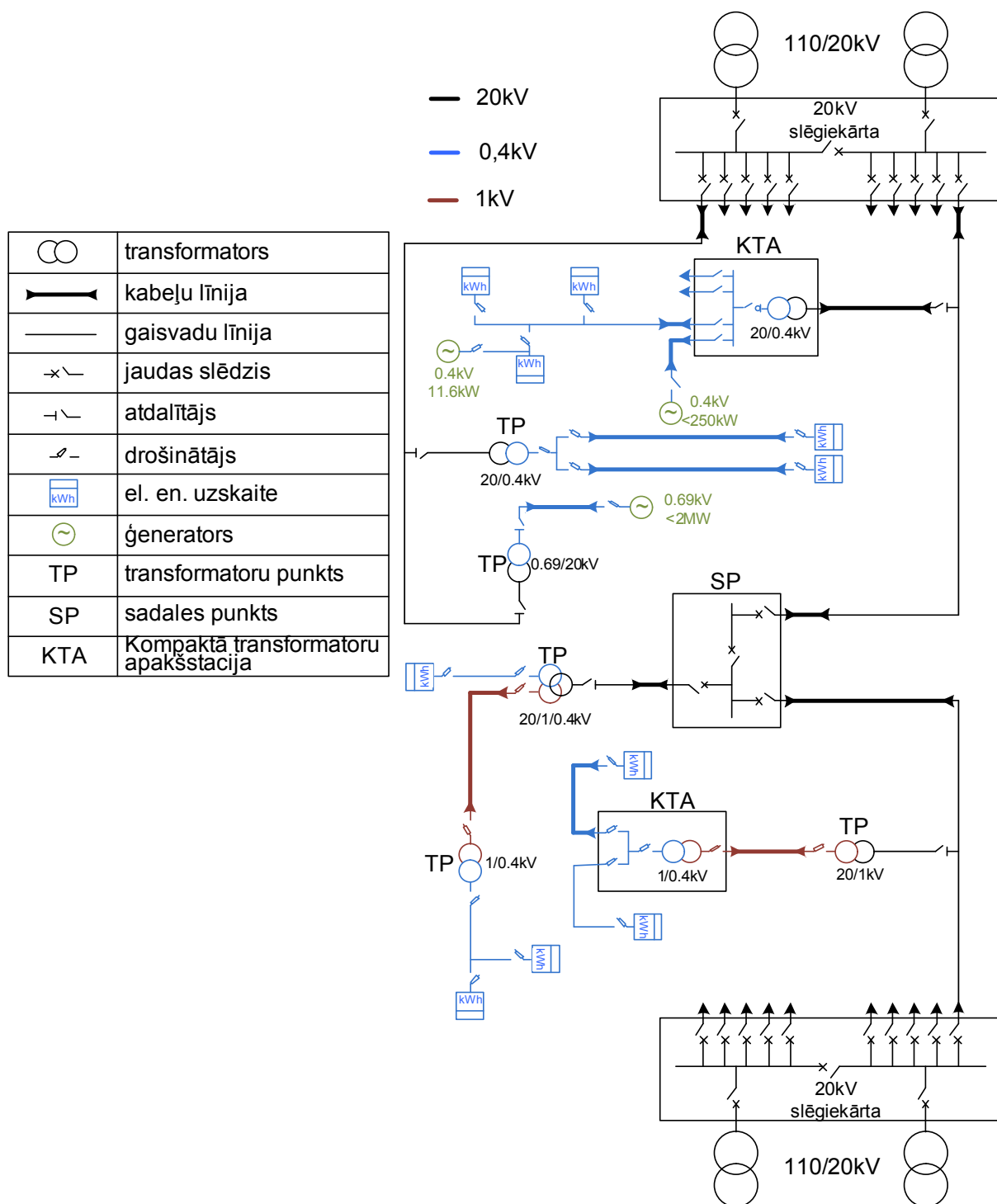
Shēmās (attēli 2.3. un 2.4.) parādīti tīklu galvenie elementi un to komutācijas aparāti (jaudas slēdzis, slodzes slēdzis un atdalītājs), ņemot vērā īpatnējo slodzes blīvumu.



2.2. attēls. Latvijas sadales (tikai VS) un pārvades tīklu kopums



2.3. attēls. Tipiska pilsētas vīdsprieguma un zemsprieguma tīkla arhitektūra, vienlīnijas shēma



2.4. attēls. Tipiska lauku videsprieguma un zemsprieguma tīkla arhitektūra, vienlīnijas shēma

Ekspluatācijas gaitā elektroietais tiek uzturēta darba kārtībā tādā apmērā, lai tā veiktu tai paredzētās funkcijas. Katrai elektroietasei ir noteikts normatīvais kalpošanas laiks un parasti tie ir 30-40 gadi, izņemot vadības un aizsardzības sistēmu programnodrošinājumu, kuram noteiktais kalpošanas laiks ir 8-15 gadi, jo informācijas tehnoloģijas attīstās ļoti strauji salīdzinājumā ar pašu elektroietaišu attīstības ātrumu. Veicot kvalitatīvu iekārtu un materiālu iepirkumu, kvalitatīvi izbūvējot un ekspluatējot elektroietases, kā arī veicot savlaicīgu remontu, iespējams pagarināt to kalpošanas laiku, par ko liecina ST ekspluatācijā esoši daži transformatori, GVL un kabeļu līnijas, kas izbūvētas periodā no 1930. līdz 1940. gadam.

ST elektroietaišu ekspluatācijā jāievēro LEK standartu prasības, ST instrukcijas un elektroietaisies ražotāja rekomendācijas konkrētās elektroietaisies ekspluatācijā. Elektroietaišu ekspluatācijai jānotiek saskaņā ar LR likumos un MK noteikumos noteiktajām prasībām.

Jautājumi paškontrolei

1. Kāda nozīme ir sadales tīkliem kopējā energosistēmā?
2. Kādas ir atšķirības elektroapgādes tīkla arhitektūrai pilsētās un lauku apvidos ZS tīklu izbūvē?
3. Kādas ir atšķirības elektroapgādes tīkla arhitektūrai pilsētās un lauku apvidos VS tīklu izbūvē?
4. Kādi ir vīdsprieguma un zemsprieguma tīklā lietotie nominālie spriegumi?
5. Kādi ir Latvijas ST statistiskie dati (barošanas punktu skaits, vīdsprieguma un zemsprieguma līniju garumi, utt.)?
6. Kāds ir Sadales tīklu operatoru skaits un lielākā operatora ekspluatācijas reģionu izvietojums Latvijā?

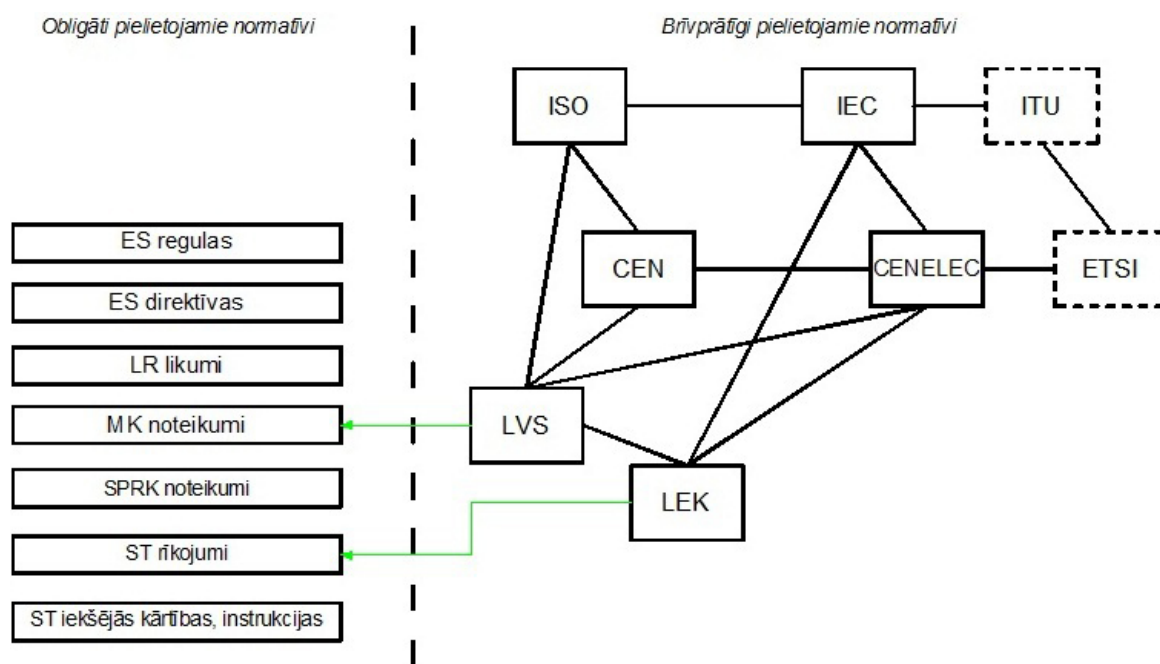
3. Normatīvie dokumenti un standartizācija

Veicot sadales tīklu izbūvi un ekspluatāciju, sadales tīklu uzņēmumi vadās pēc Latvijas Republikā spēkā esošo likumu un Ministru kabineta izdoto noteikumu prasībām. 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. Sadales tīklu uzņēmumiem svarīgākie tiesību akti ir Enerģētikas likums, Elektroenerģijas tirgus likums, Aizsargjoslu likums un Būvniecības likums. Sadales tīkla ikdienas darbā svarīgākie Ministru kabineta noteikumi – 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 atjaunojamiem energoresursiem, tāpēc arvien nozīmīgāku lomu sadales tīklu 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 ST savā darbībā vadās pēc starptautiskajiem ISO, IEC, HD, LVS EN un LEK standartiem, kas palīdz uzturēt atbilstošu elektroietaišu kvalitāti. Latvenergo koncerns izstrādā un tā darbībā obligāti izmantojamā statusā jau vēsturiski noteikti ir Latvijas Elektrotehniskās komisijas (LEK) izdotie standarti. Šobrīd ST spēkā ir vairāk kā 50 LEK energostandarti. Latvijas nacionālos standartus izdod un publicē SIA "Standartizācijas, akreditācijas un metroloģijas centrs" Standartizācijas birojs (LVS). LVS pārstāv Latvijas viedokli 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 ST. Eiropā darbojas trīs standartizācijas organizācijas CEN, CENELEC un ETSI. Visvairāk nozares pārstāv CEN, CENELEC, kas izstrādā elektrotehnikas nozares standartus, bet ETSI – telekomunikāciju nozares standartus. Standartu izstrādes gaitā jebkura standartizācijas organizācijas dalībvalsts (tajā skaitā Latvija) var pievienot savus komentārus un ierosinājumus, kā arī piedalīties balsojumos par standartu apstiprināšanu. Vispasaules līmenī elektrotehnikas nozares standartus izstrādā IEC. Produkcijas atbilstība starptautiskajiem standartiem ir kā kvalitātes zīme, kas arī Latvijas sadales tīklu uzņēmumiem dod pārliecību, ka iekārta būs droša personālam, savietojama ar citām tīkla elektroiekārtām un neradīs traucējumus elektrotīklos. Visi Eiropas standarti tiek pārskatīti nē vēlāk kā 5 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.

Visu normatīvo dokumentu vieta kopējā normatīvo dokumentu hierarhijā aplūkojama attēlā 3.1. Attēlā lietoto apzīmējumu atšifrējums: ISO – Starptautiskā standartizācijas organizācija, IEC – Starptautiskā elektrotehnikas komisija, ITU – Starptautiskā telekomunikāciju savienība, CEN – Eiropas standartizācijas komiteja, CENELEC – Eiropas elektrotehnikas standartizācijas komiteja. Paskaidrojošās zaļās bultas attēlā 3.1. norāda uz to, ka gan LVS standarti, gan LEK energostandarti ar MK noteikumiem un uzņēmuma iekšējām instrukcijām var tikt noteikti arī obligāti izmantojamā statusā.



3.1. attēls. Sadales tīklu un to ekspluatāciju regulējošo normatīvo aktu hierarhija

Jautājumi paškontrolei:

1. Kādi galvenie Latvijas Likumdošanas akti nosaka ST darbību?
2. Kādi standarti regulē ST darbību?
3. Kāpēc vajadzīgi standarti?

4. Kādas organizācijas izstrādā starptautiskos standartus?
5. Kāpēc vajadzīgi Latvijas likumdošanas akti?
6. Kas pārstāv Latviju starptautiskajās standartizācijas sanāksmēs?
7. Kas var noteikt, ka piemērojamie standarti ir obligāti piemērojami?
8. Cik bieži pārskata standartus?

4. Latvijā lietotie tīklu neitrāles darbības režīmi

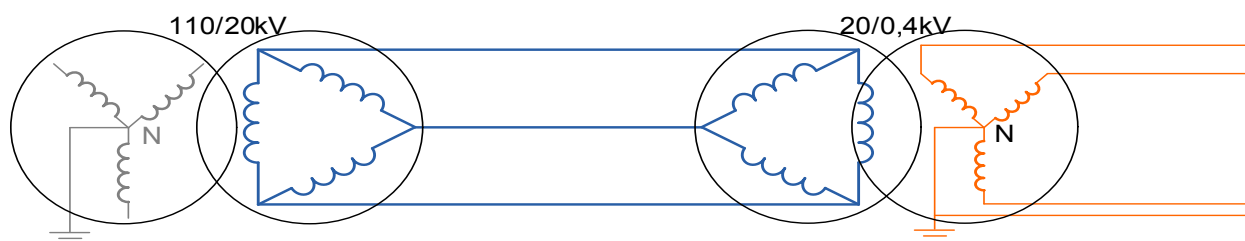
Vidsprieguma tīklu neitrāles darbības režīmi

Veicot sadales tīkla ekspluatāciju, ir svarīgi zināt, kāds ir konkrētā tīkla neitrāles darba režīms, citiem vārdiem sakot, kā ir zemēta vidsprieguma tīkla neitrāle. Tīkla neitrāles zemēšanas veidu un darba režīmu izvēlās atkarībā no pieslēgtā līniju garuma un tipa. Savukārt tas nosaka, kāda veida tīkla releju aizsardzības, vadības un kontroles sistēma izveidojama. Latvijas teritorijā lieto sekojošus vidsprieguma tīkla neitrāles darba režīmus:

- Izolētas neitrāles tīklā – elektriskajam nullpunktam nav fiziska savienojuma ar zemi;
- Kompensētas neitrāles tīkls – neitrāle zemēta caur lokdzēses zemētājreaktoru;
- Mazrezistīvi (zemomīgi) zemētas neitrāles tīkls – neitrāle zemēta caur aktīvo pretestību.

Izteiktā kabeļlīniju tīklā (Rīgā, Liepājā) parasti izmanto mazrezistīvi (zemomīgi) zemētas neitrāles tīkla darbības režīmu. Tīklos ar izteiktu gaisvadu īpatsvaru izmanto izolētas neitrāles darba režīmu, bet, pārsniedzot noteiktu tīkla zemesslēguma (kapacitīvās) strāvas lielumu (30A – 6kV tīklā, 25A – 10kV tīklā un 20A – 20kV tīklā), to pārveido par kompensētas neitrāles tīklu, pieslēdzot lokdzēses zemētājreaktorus (Petersena spoles) ar automātisku kompensācijas regulēšanu. Zemesslēguma strāvas vērtība atkarīga no tīkla garuma un līniju tipa, piemēram, 20 kV kabeļu līnijas rada līdz 60 reizēm lielāku zemesslēguma strāvu salīdzinājumā ar līdzīga garuma gaisvadu līnijām, kas nozīmē, ka ar kabeļiem var izbūvēt līdz 60 reizēm īsākus tīklus, ņemot vērā kapacitāto strāvu, līdz tā jāsāk kompensēt. Mazrezistīvi zemētas neitrāles tīklā jāparedz relejaizsardzība, lai aizsargātu tīkla elementus pie starpfāžu īsslēgumiem un vienfāzes zemesslēgumiem.

Izolētas neitrāles tīklam attēlā 4.1. nav fiziska VS 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 8 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.



4.1. attēls. Izolētas neitrāles tīkls

Kompensētas neitrāles tīklam, kurš redzams attēlā 4.2., 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. Lokdzēses zemētājreaktorus uzstāda apakšstacijās, pieslēdzot tos pie neitrāles transformatora (NT) nullvada izvada, reaktora komutācijai paredzot atdalītāju. Zemēšanas transformatoru aizsardzība ar kūstošajiem drošinātājiem nav pieļaujama. Attēlā 4.3. redzama lokdzēses zemētājreaktora pieslēguma tipveida shēma, kurā ar sarkanu krāsu iezīmētā shēmas daļa redzama dabā uzņemtajā attēlā 4.4. Pamatā apakšstacijās uzstāda 2 dzēšspoles, bet nepieciešamības gadījumā ar tehniskā vadītāja atļauju var tikt pieslēgtas vēl 2 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 ieregulētai strāvai jābūt lielākai par tīkla minimālo kapacitāti.



4.4. attēls. Neitrāles transformators (1), zemesslējuma strāvu kompensējošais lokdzēses zemētājreaktors (2), zemētājreaktora automātika (3)

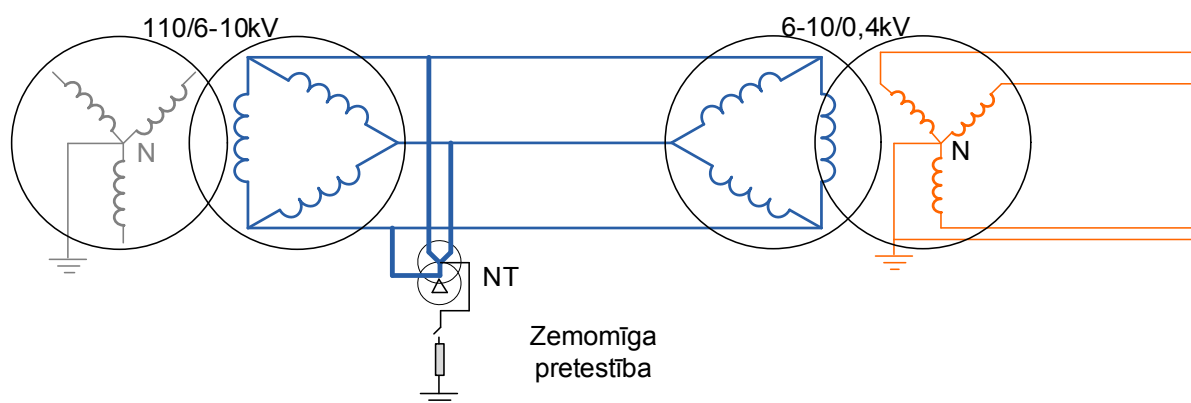
Izmainoties tīkla parametriem vai ieslēdzot lokdzēses zemētājreaktoru darbā, jānomēra tā strāva, zemesslējuma strāva tīklā un neitrāles novirzes spriegums. Šo mērījumu biežumu nosaka elektroietais tehniskais vadītājs, bet tas jāveic ne retāk kā 1 reizi 4 gados. Projektēšanas gaitā lokdzēses zemētājreaktora jaudu izvēlas ar 35% jaudas rezervi, ņemot vērā tīkla attīstības perspektīvas, jo, pagarinoties tīkla garumam, palielinās arī kompensējamās strāvas vērtība.

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

Zemesslējuma strāvas reaktīvai komponentei pārsniedzot 5A, lokdzēses zemētājreaktors jāieregulē ar pārkompensāciju līdz 5%. Pieļaujama arī ieregulēšana ar nepilnīgu kompensāciju kabeļu un gaisvadu tīklos ar nosacījumu, ka zemesslējuma gadījumā fāžu kapacitāšu nesimetrija neizraisa neitrāles nobīdi, kas lielāka par 70% no fāzes sprieguma. Kompensētos tīklos nesimetrijas spriegums zemesslējuma laikā nedrīkst pārsniegt 0,75% no fāzes sprieguma. Normālā tīkla darbības režīma laikā nav pieļaujama neitrāles sprieguma ilgstoša nobīde vairāk kā par 15% no fāzes sprieguma, bet īslaicīgos gadījumos līdz 1 stundai nedrīkst pārsniegt 30% no fāzes sprieguma.

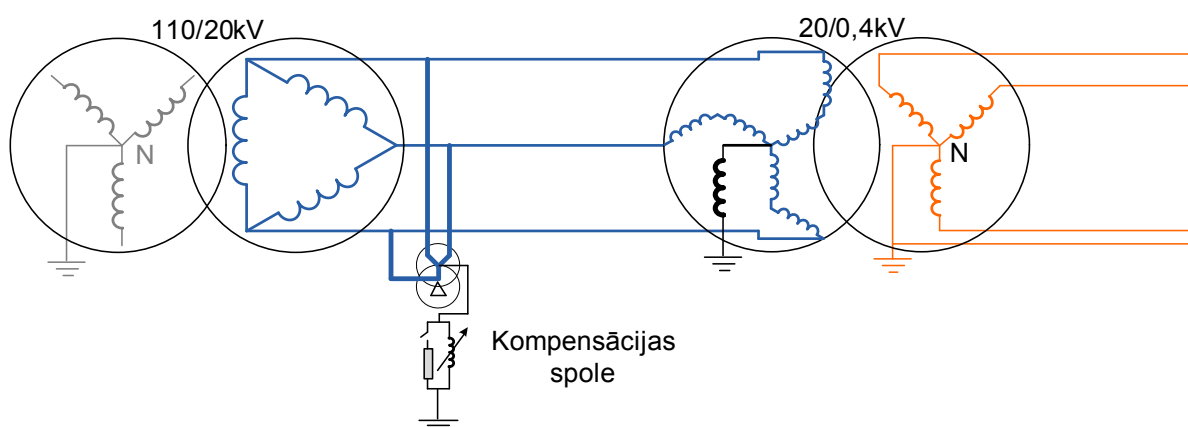
Mazrezistīvi zemētas neitrāles tīklā (attēls 4.5.) neitrāle ir zemēta caur rezistoru ar nelielu pretestību. Šāds neitrāles zemēšanas veids parasti izveidots pilsētu 6-10kV KL tīklam. Šādā tīklā nav pieļaujams ilgstošs avārijas darba režīms ar zemesslējumu, jo veidojas vairākkārtīgi zemesslējumi ar plašiem atslējumiem, tāpēc nepieciešama ātra (1-2 sekundes) un pietiekami jūtīga zemesslējuma aizsardzība, nepieļaujot plašus bojājumus kabeļtīklā. Zemējot transformatoru neitrāli caur mazomīgu aktīvo pretestību, panāk zemesslējuma strāvas pieaugumu un selektīvu aizsardzību pēc iespējas ātrākai bojātās kabeļu līnijas aizsardzībai. Pretestības vērtību izvēlētas tā, lai nodrošinātu zemesslējuma strāvu ap 500-600A, taču pēdējā laikā atkarībā no virknē slēgto aizsardzības komplektu skaita vērojama tendence šo lielumu pēc iespējas samazināt līdz 400A, tā samazinot termiskās iedarbības negatīvo ietekmi uz kabeļu izolāciju. Jāpiezīmē, ka šādu neitrāles zemēšanas sistēmu drīkst izveidot tikai kabeļu tīklos, kur zemējumu pretestība ir ļoti maza - zem 0,2 omiem - jo zemējuma ietaises veido vienotu sistēmu un tās savstarpēji savienotas ar vīdssprieguma

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



4.5. attēls. Mazrezistīvi (zemomīgi) zemētas neitrāles tīkls

Tehniski ekonomiski izdevīgāko kompensācijas spoļu maksimāli kompensējamo zemesslēguma strāvu pie vienas 110/20 kV apakšstacijas pieslēgtajā VS tīklā sadales tīklu speciālisti patreiz noteikuši 280A. Jaunu pieslēgumu izbūves laikā pagarinās VS līniju garums, palielinot arī zemesslēguma strāvas. Tīkla daļās, kur šīs strāvas apjoms tiek pārsniegts, no 2012. gada plānots izmantot lokālās zemesslēguma strāvas kompensācijas sistēmas. Viena no šādām sistēmām ir sadales transformators ar Petersena spoli (attēls 4.6. un 7. nodaļa). Petersena spole tiek ieslēgta virknē pie sadales transformatora vidējā sprieguma neitrāles izvada. Šāda tipa transformators spēj kompensēt līdz 15A zemesslēguma strāvas. Pamatojoties uz šādas kompensācijas sistēmas specifiku, tā izvietojama kabeļu līniju nozarēs, kuru radītā kapacitatīvā strāva attiecīgi ir līdz 15A. Nozares bojājuma gadījumā, šis posms tiks kompensēts, tādējādi nepalielinot kopējo kompensējamo (kapacitatīvo) strāvu uz apakšstacijas kopnēm.



4.6.attēls. Kompensētas neitrāles tīkls ar lokālo kompensāciju

Zemsprieguma tīkla neitrāles darbības režīmi

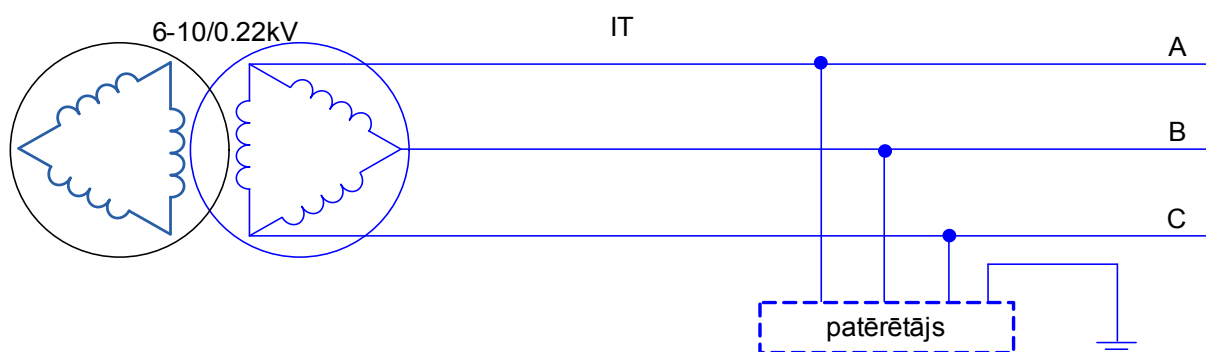
Latvijas publiskos ZS sadales tīklos izmanto sekojošus neitrāles zemēšanas veidus:

- IT neitrāles zemēšanas sistēmu pilsētu vēsturiskajos centros ar 230/4000V spriegumu

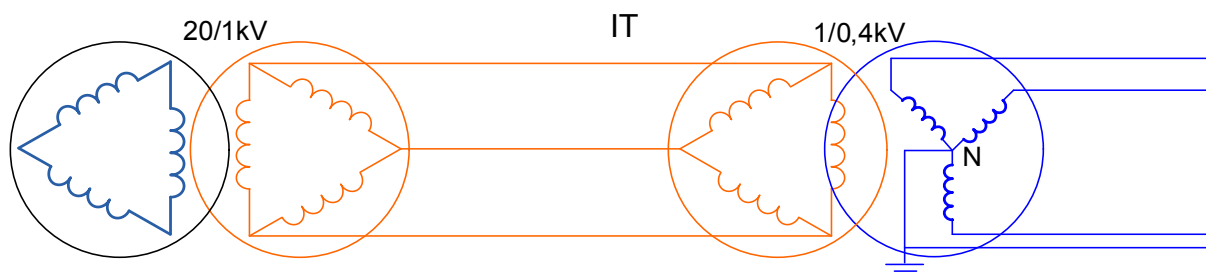
(attēls 4.7.) un 1kV sistēmā (attēls 4.8.);

- TN-S neitrāles zemēšanas sistēmu;
- TN-C neitrāles zemēšanas sistēmu;
- TN-C-S neitrāles sistēmu esošiem un arī jaunbūvējamiem tīkliem.

IT neitrāles zemēšanas sistēmu sauc par izolētas neitrāles tīklu (trīsvadu sistēma), jo transformatoram nav fiziska savienojuma ar zemi (līdzīgi kā VS izolētas neitrāles sistēma), bet tikai elektriskais nullpunkts. Šāda sistēma ir saglabājusies lielā daļā pilsētu vēsturiskajos centros. Sistēmas spriegums ir 230V un tiek ņemts starp fāzēm, jo fāzes pret zemi spriegums ir 135V. Elektrodrošību un iekārtu aizsardzību nodrošina atsevišķi pieslēgta zemējuma sistēma. IT sistēmas izbūve ir relatīvi vienkārša, kā arī izolācijas līmenis ir zemāks, jo spriegums pret zemi ir mazāks. Iemesls šādas sistēmai izbūvei agrākos gados bija mazākas kopējās izmaksas, un vienas fāzes bojājuma gadījumā varēja turpināt lietot elektroierīces (tajā laikā - pamatā apgaismojumu). Izbūvētā IT sistēma nebija paredzēta lielas slodzes nodrošināšanai, tādēļ, ņemot vērā mūsdienu prasības elektrodrošībai un slodzes pieaugumu, pakāpeniski notiek IT sistēmas nomaiņa uz TN-C vai TN-C-S neitrāles zemēšanas sistēmu. Kopš 2008. gada Latvijā ieviesta 1kV sprieguma pakāpe zemspriegumā, kura ļauj izbūvēt garāku ZS līniju, būtiski ietaupot finansu resursus, jo lauku tīklos nav jābūvē VS līnijas sprieguma kvalitātes uzlabošanai un patērētāju pieaugušās slodzes nodrošināšanai. VS līniju izbūve salīdzinājumā ar 0,4 kV līnijas pārbūvi par 1 kV līniju ir dārgāka, jo nepieciešams paplašināt GVL trases platumu no 5 (0,4kV) līdz 13m (20kV), kam nepieciešama koku izciršana, zemes transformācijas procedūra un zaudējumu atlīdzināšana zemes īpašniekiem. 1kV sprieguma sistēmu izbūvē kā IT sistēmu, bet pie patērētāja 1kV transformē uz 0,4kV līmeni, izveidojot TN-C vai TN-C-S sistēmu ar atbilstošām elektrodrošības prasībām.

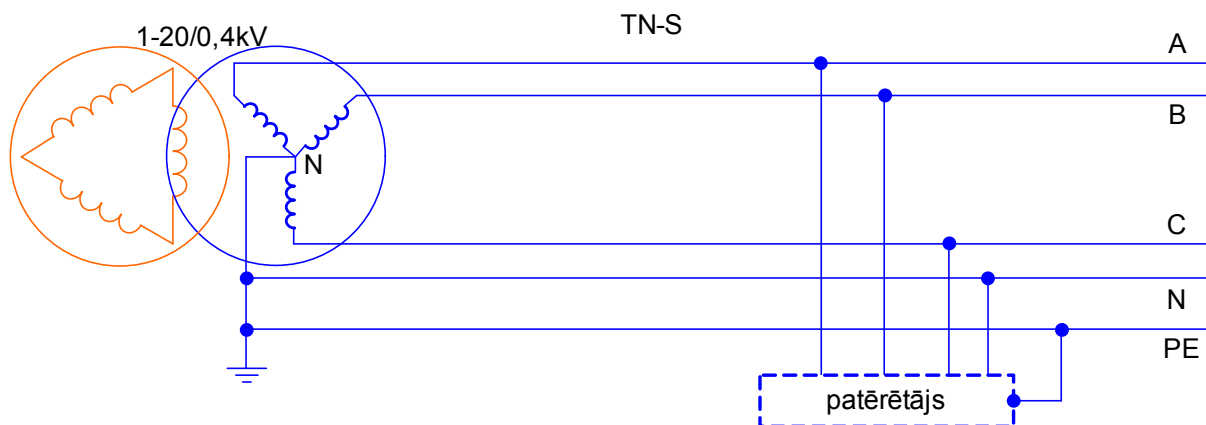


4.7. attēls. IT zemēšanas sistēma Rīgas pilsētas vēsturiskajā centrā



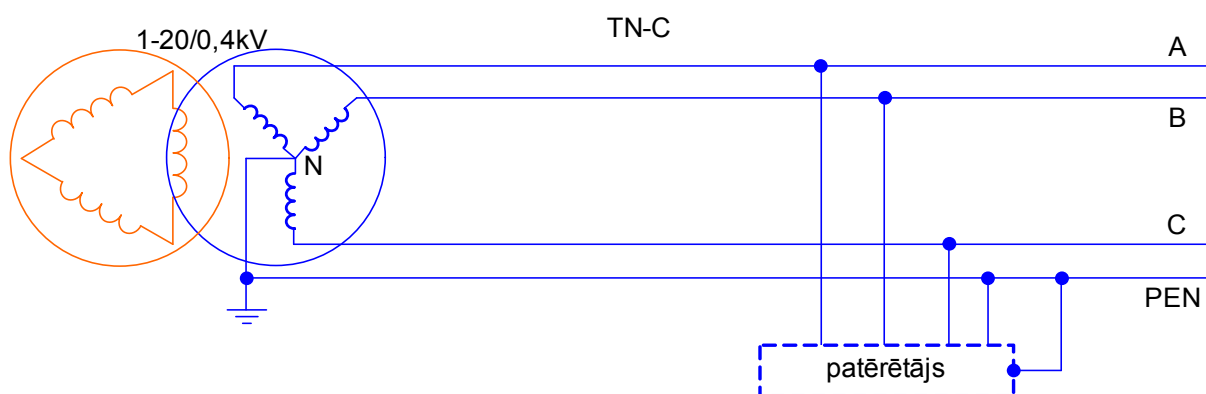
4.8. attēls. IT zemēšanas sistēma 1kV ar tai sekojošu TN-C vai TN-C-S sistēmu

TN-S zemēšanas sistēmu izveido (attēls 4.9.), nodalot aizsargvadu (PE) un neitrālvadu (N) jau no transformatoru punkta līdz patērētājam, tā pazīstama arī kā piecvadu sistēma. Šāds neitrāles zemēšanas veids nodrošina visaugstāko elektrodrošību, bet tās izmaksas ir visaugstākās. Šādu zemēšanas sistēmu Latvijā izbūvē reti.



4.9. attēls. TN-S zemēšanas sistēma

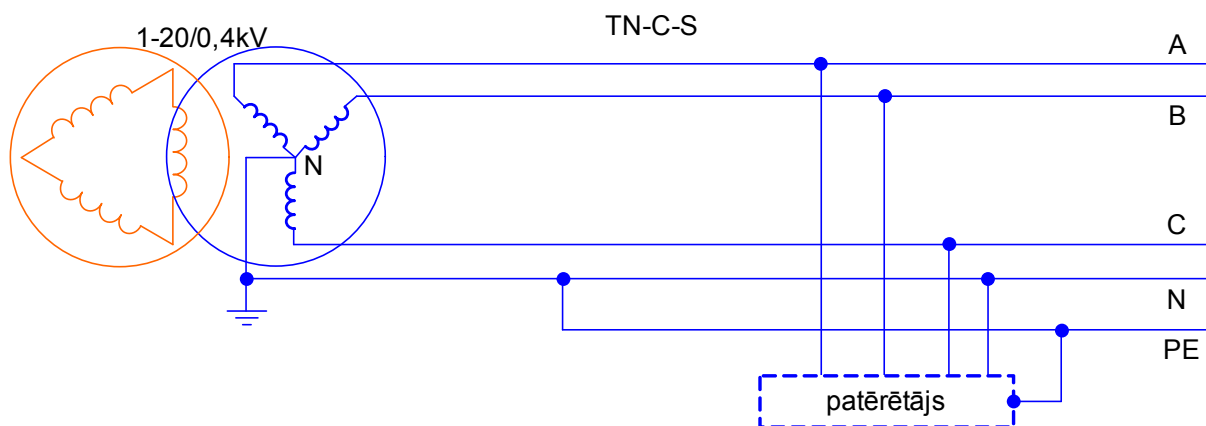
TN-C zemēšanas sistēmu izveido (attēls 4.10.), kombinējot aizsargvada (PE) un neitrālvada (N) funkcijas vienā PEN vadā (četrvadu sistēma) no transformatoru punkta līdz patērētājam. Šis zemēšanas veids ir visizplatītākais Latvijas publiskajos ZS sadales tīklos. Notiekot bojājumam PEN vadā, var rasties bīstamība cilvēku un dzīvnieku dzīvībai, kā arī nevēlami darbības režīmi elektroietaisēs. TN-C zemēšanas sistēmas uzturēšanas laikā liela vērība jāpievērš tieši zemējuma sistēmas stāvoklim: vai nav parādījies PEN vada pārtraukums un pieaugusi pretestība, kas var ietekmēt bojājuma strāvas noplūdi un radīt lielu nesimetriju tīklā. Trīsfāzu tīklos nullvada pārrāvuma gadījumā spriegums starp fāzi un nullvadu var sasniegt līnijas spriegumu vērtību $U = \sqrt{3} \cdot U_0$.



4.10. attēls. TN-C zemēšanas sistēma

TN-C-S zemēšanas sistēmu izveido (attēls 4.11.), kombinējot aizsargvada (PE) un neitrālvada (N) funkcijas vienā PEN vadā no transformatoru punkta līdz patērētājam, bet būvju ievados tas

tiek sadalīts aizsargvadā (PE) un neitrālvadā (N). PE aizsargvadu pieslēdz pie lokālas zemējuma sistēmas, piemēram, mājas zemējuma kontūram.



4.11. attēls. TN-C-S zemēšanas sistēma

Jautājumi paškontrolei

1. Kādi ir Latvijas sadales tīklu neitrāles raksturīgākie darbības režīmi VS tīklos?
2. Kādi ir tīklu neitrāles raksturīgākie darbības režīmi ZS tīklos?
3. Kādi ir Latvijas sadales raksturīgākie darbības režīmi ZS tīklos?
4. Kāpēc tiek izveidota zemesslēguma strāvas kompensācijas sistēma VS tīklos?
5. Kādu VS neitrāles zemēšanas veidu parasti izvēlas pilsētu VS tīklos ar novecojušu kabeļu izolāciju?

5. Sadalietais, sadalnes un to ekspluatācija

Sadalietais un sadalnes ir elektroietais, kurās notiek elektroenerģijas sadalīšana viena sprieguma līmenī. Latvijas sadales tīklos izmantojamās sadalietais un sadalnes izvēlas, izbūvē un testē atbilstoši starptautiskajiem, Eiropas un Latvijas standartiem LEK047 „Vidsprieguma sadalietais un apakšstacijas. Galvenās tehniskās prasības” un LVS EN 62271 „Augstsprieguma komutācijas un vadības iekārtas” sērijas standartiem. Pilns izmantojamo standartu saraksts dots 1. pielikumā. Katrai sadalnei jābūt marķētai ar CE zīmi, kas norāda, ka dotais izstrādājums ir sertificēts atbilstoši Eiropas standartu prasībām.

Sadalietais galvenie elementi ir kopņu sekcijas, komutācijas un aizsardzības aparāti. Vidsprieguma tīklā elektroenerģijas sadalīšana notiek barošanas apakšstacijās un tīklā izvietotos sadales punktos. Līdzīgi tas notiek arī zemsprieguma tīklā. Sadalietais tiek saukts par sadalnēm, ja tās ievietotas metāla vai plastmasas skapī. Ar sadalni var apzīmēt arī sadalietais vidsprieguma līmenī (piemēram, KTA ir gan vidsprieguma, gan zemsprieguma sadalne). Atbilstoši terminoloģijas vārdnīcām sadalne ir fiziska ietaise, kas paredzēta jaudas sadalīšanai.

Sadales tīklā šobrīd ir 408 vidsprieguma sadales punkti. No tiem vairāk kā puse ir slēgtie sadales punkti, kas izvietoti telpās. Aptuveni trešdaļa ir brīvgaisa izpildījumā.

Vidsprieguma sadalietais

Vēl joprojām ekspluatācijā atrodas pagājušā gadsimta otrajā pusē uzstādītās slēgiekārtas, tomēr notiek to mērķtiecīga nomaiņa. Vecās slēgiekārtas apgādātas ar eļļas jaudas slēdžiem, kas ekspluatācijas laikā prasa lielu uzmanību no apkalpojošā personāla puses. Raksturīgākie veco slēgiekārtu bojājumi: darbības traucējumi eļļas slēdžu piedziņās, nekvalitatīvu kontaktsavienojumu izraisīti bojājumi, eļļas noplūdes.



5.1. attēls. Ekspluatācijā esošas vecā tipa sadalietais iebūvētajā apakšstacijā. Svira zemēšanas nažu ieslēgšanai (1), jaudas slēdža nodalījums (2), pievienojuma virziena rādītājs (3), svira piedziņas darbināšanai (4)



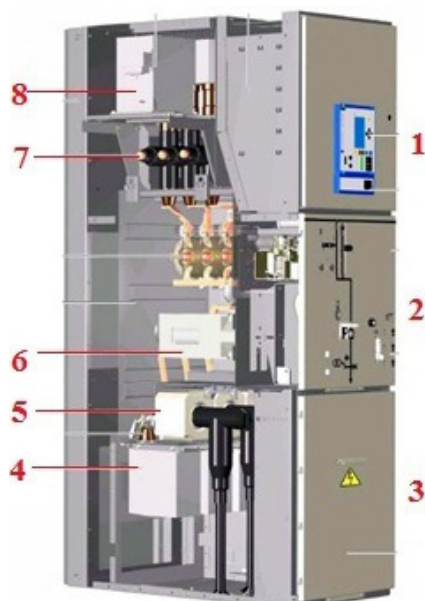
5.2. attēls. Eksploatācijā esošas novecojušas zemsprieguma sadalietais. Kabeļu pievienojumu nodalījums (1), drošinātāju bloku piedziņa (2), apakšstacijas zemējuma kontūra kopne (3), apgaismojuma sadalne (4)



5.3. attēls. Vidsprieguma kopnes un iebūvētā apakšstacijā. Savienojošās kopnes (1), izolatori (2), augstsprieguma drošinātāji (3)

Attēlos 5.2. un 5.3. attēlotās iekārtas izvietotas divstāvu ķieģeļu transformatoru apakšstacijā (attēls 6.3.): 2. stāvā vidsprieguma slēgiekārtas, 1. stāvā zemsprieguma iekārtas.

Šobrīd notiek aktīvi sadalietaišu rekonstrukcijas darbi, kuru rezultātā tiek nomainītas novecojušās sadales iekārtas un tās aizstātas ar efektīvākām un kompaktākām slēgiekārtām. Jaunā tipa slēgiekārtas tiek iedalītas primārajās un sekundārajās slēgiekārtās. Primārās slēgiekārtas tiek uzstādītas 110/6-20 kV apakšstacijās vīdsprieguma kabeļu komutācijai, bet sekundārās slēgiekārtas tiek izmantotas tīklā esošajos sadales punktos. Primārajām slēgiekārtām noteikti augstāki tehniskie parametri attiecībā uz pieļaujamajām īsslēguma strāvām (primārajām -16 kA/3 sek., sekundārajām – 12,5 kA/3 sek.). Līdz šim sadales tīklos uzstādītas ABB, Siemens, Areva un Schneider-Electric jaunā tipa slēgiekārtas. Lai atvieglotu iekārtu ekspluatāciju, plānojot rekonstrukcijas darbus, tiek ievērots nosacījums, ka sadales punktā tiek uzstādītas viena ražotāja slēgiekārtas.

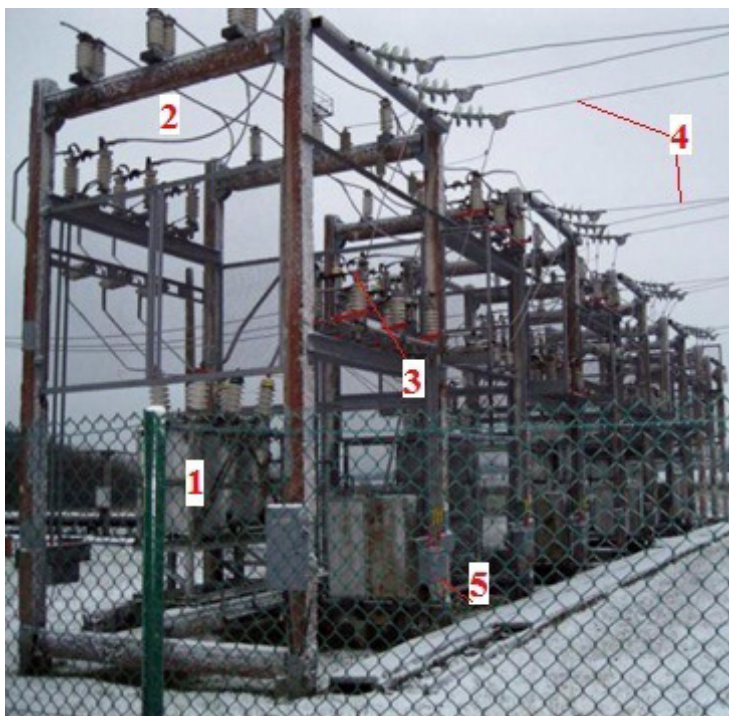


5.4. attēls. Slēgiekārtas uzbūve. Vadības bloka nodalījums (1), jaudas slēdža nodalījums (2), kabeļu pievienojumu nodalījums (3), spriegummainis (4), gredzenveida strāvmainis (5), vakuuma jaudas slēdzis (6), kopnes (7), kopņu spriegummainis (8)

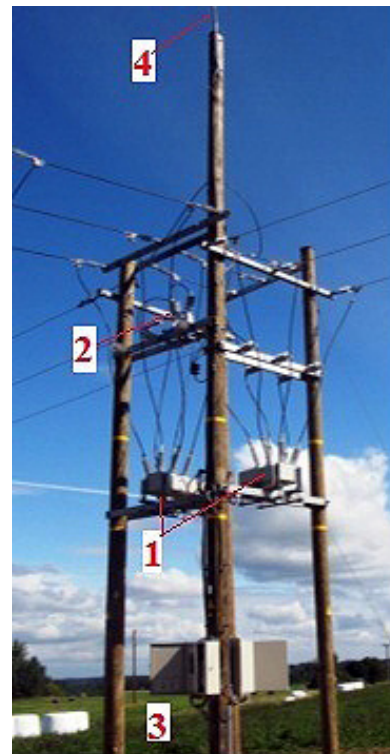


5.5. attēls. Rekonstruēta mūsdienīga vīdsprieguma sadales telpa 110 kV apakšstacijā ar uzstādītām primārajām slēgiekārtām. Grīda (ar noceļamām plāksnēm) virs kabeļu pagrabstāva (1), durvis ar vienkāršotu atvēršanas mehānismu no iekšpuses (2)

Izbūvējot 20 kV sadales punktus gaisvadu tīklos ar vairāk kā 2 jaudas slēdžiem, pamatā tiek būvēti slēgtā tipa sadales punkti (betona vai metāla konteineros), bet, ja jaudas slēdžu skaits ir līdz 2, tad sadales punkts tiek izveidots brīvgaisa izpildījumā. Šobrīd pakāpeniski notiek 20 kV gaisvadu līniju automatizācija, un paredzēts, ka maģistrālajās līnijās attālums starp jaudas slēdžiem, kas darbināmi ar tālvadību, nepārsniegs 20 km. Visus vīdsprieguma sadales punktus nākotnē plānots aprīkot ar tālvadību un mūsdienīgām telemehānikas iekārtām jaudas slēdžu kontrolei. 20 kV gaisvadu līniju nozaru aizsardzībai tiek izmantoti balstā uzstādāmi jaudasslēdži ar distances vadību no dispečervadības sistēmas, atsakoties no drošinātāju izmantošanas.



5.6. attēls. Vecā tipa brīvgaisa sadalietais 110/20 kV/st.



5.7. attēls. Brīvgaisa sadales punkts

Attēlā 5.6. redzams jaudasslēdzis (1), lokano kopņu sistēma (2), ar piedziņu darbināms atdalītājs (3), atejošās 20 kV līnijas (4), atdalītāju piedziņa (5). Attēlā 5.7. redzams jaudas slēdzis (1), spriegummainis (2), vadības bloks (3), antena (4).



5.8. attēls. Sadales punkts kompaktā metāla korpusā ar slēgiekārtu. Slēgiekārtā (1), instrukcija pirmās medicīniskās palīdzības sniegšanai (2), vienlīnijas shēmas drošā apvalkā (3), operatīvais apzīmējums (4), sadalne (5)

Komutācija sadalietaisēs tiek nodrošināta ar jaudas slēdžiem, slodzes slēdžiem, augstsprieguma drošinātājiem, atdalītājiem, slodzes atdalītājiem un zemes nažiem. Šobrīd slēgtajās sadalietaisēs praktiski tiek izmantotas tikai kompleksās, modulārās slēgiekārtas. Viena no šo slēgiekārtu priekšrocībām ir plašās komplektēšanas iespējas, izvēloties sev nepieciešamos moduļus. Šāda iespēja nepastāvēja vecā tipa slēgiekārtām. Moduļos pēc vajadzības var tikt iebūvēts nepieciešamais komutācijas aparāts un vadības un kontroles iekārtas. Slēgiekārtā parasti sastāv no trīs galvenajām sastāvdaļām (attēls 5.4.): kabeļu nodalījuma, jaudas slēdža nodalījuma un vadības bloka nodalījuma. Vidējā sprieguma kabeļu pievienojumi slēgiekārtai tiek izveidoti ar T-veida adapteriem (kabeļa gala uzmava). Nepieciešamības gadījumā katrā slēgiekārtas fāzē var tikt pievienoti vairāki atejošie kabeļi (sapāroti kabeļi). Kabeļu pievienojumos tiek uzstādīti zemesslēguma un īsslēguma indikatoru devēji un mērmaiņi. Latvijas sadales tīklos zemesslēguma indikatoru iestatījumiem jābūt ieregulējamiem zemesslēguma strāvu diapazonam no 5-160 A. Īsslēguma indikatoru iestatījumiem jābūt ieregulējamiem no 200-1000 A. Sadales tīklos slēgiekārtās plaši tiek izmantoti EKL tipa indikatori. Jaunākās slēgiekārtās atsevišķi ražotāji vairs neuzstāda spriegummaiņus vidējā sprieguma pusē, bet izmanto zemsprieguma parametru lielumus un transformē tos uz augstākā sprieguma pusi. Tas ir risinājums, kā ražotāji ekonomē līdzekļus, aizstājot fiziskās iekārtas ar programmatūras risinājumiem.



5.9. attēls. Sapārotu kabeļu pievienojums slēgiekārtai ar T-veida spraudņiem (1) un uzstādītiem strāvmācītiem (2), kabeļu montāžas birkām (3)

Katrai jaunai slēgiekārtai ražotājs pievieno atbilstošu ekspluatācijas instrukciju, kuru sadales tīkla personāls izmanto slēgiekārtas apkalpošanai. Tajā ietverta informācija par izmantoto aparatūru, operatīvajiem spriegumiem, releju aizsardzību un aparatūras vadību. Jaunā tipa slēgiekārtām ekspluatācija jāveic ievērojami mazākā apmērā salīdzinot ar novecojušām slēgiekārtām ar eļļas slēdžiem. Svarīgākais uzdevums ir periodiski kontrolēt elegāzes spiedienu un kontrolēt kabeļu

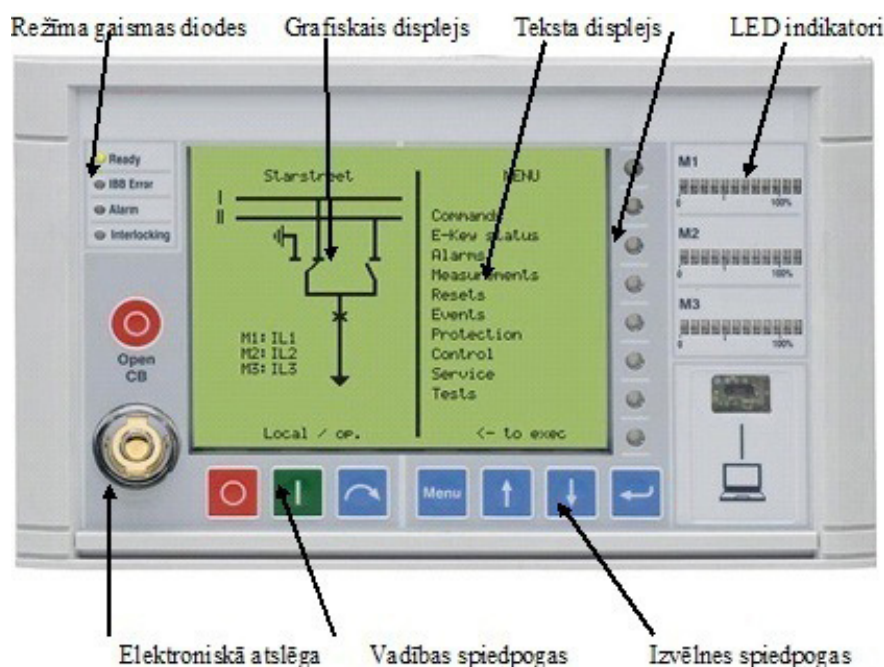
pievienojumu izolācijas kvalitāti. Šim nolūkam sadales tīklos nesin uzsākta parciālās izlādes diagnostika ar akustisko metodi (attēls 5.10.). Šī metode ļauj atklāt nekvalitatīvi samontētas kabeļu gala uznavas, kas var izraisīt bīstamus elektroietaišu bojājumus, neveicot elektroietaišu atslēgšanu no sprieguma.



5.10. attēls. Parciālās izlādes diagnostika vīdsprieguma jaunā tipa slēgiekārtā un iebūvētā 20 kV vecā tipa sadalietaisē. Mēraparāts (1), šķīvis akustiskā signāla uztveršanai (2), kopņu pievienojumi caurvadu izolatoriem (3)

AS Sadales tīkls kabeļu pievienojumos šobrīd izmanto jaunā tipa slēgiekārtas tikai ar vakuuma jaudas slēdžiem. Šī ir būtiska atšķirība no novecojušām sadalietaisēm, kurās tika izmantoti eļļas slēdži. Vakuuma slēdži ievieojot elegāzes (SF6) vidē, iespējams izveidot kompaktāku slēgiekārtu. Šādas slēgiekārtas tiek uzstādītas vietās, kur ir sadales telpas ierobežojumi. Jaudas slēdži šajās slēgiekārtās var vadīt gan ar elektrisko piedziņu, gan manuāli ar uzvelkamo atsperu piedziņu. Jaunajās slēgiekārtās uzmanība tiek pievērsta drošībai, tāpēc iekārtās iestrādātas bloķēšanas funkcijas. Piemēram, atdalītāju nav iespējams ieslēgt, ja nav atslēgti zemēšanas nazi; zemēšanas nazi var ieslēgt tikai pie atslēgtā atdalītāja, pārliecinoties ar kapacitatīvajiem sprieguma indikatoriem par sprieguma neesamību; jaudas slēdži nevar vadīt, ja ir noņemts vai nav aiztaisīts kabeļkanāla vāks. Slēgiekārtām ir četri vadības režīmi: lokālā vadība - jaudas slēdzis no RAA vadības displeja tiek vadīts ar spiedpogu palīdzību; distances vadība - jaudas slēdžu darbināšana pieejama tikai caur dispečeru vadības sistēmu; bez vadības režīms - jaudas slēdži un uzliktni nav iespējams darbināt; lokālā un distances vadība - papildus distances vadībai iespējams lokāli vadīt primāros objektus. Atsevišķu slēgiekārtu piedziņas, vadības un kontroles iekārtu barošanai sadalietaisē izvietoj arī līdzsprieguma sadali ar 110V DC operatīvo spriegumu. Darbības nodrošināšanai avārijas režīmos, kad pazūd barošana no tīkla, tiek uzstādīta baterija, kuras kapacitāte ir vismaz

70 Ah. Līdzsprieguma iegūšanai tiek izmantoti divi paralēli strādājoši taisngrieži. Taisngrieži pieslēgti releju vadības blokam, kurā taisngrieža bojājuma gadījumā parādās brīdinājuma signāls. LCD displejā tiek atainoti slēgiekārtas komutēšanas ierīču stāvokļi. Daļa no LCD displeja atvēlēta tekstam - tādām kā mērījumu vērtības, galvenās izvēlnes un apakšizvēlņu apraksti, aizsardzību signāli un notikumu ieraksti. Ar displejam blakus izvietotajām vadības pogām ērti iespējams ievadīt nepieciešamos iestatījumus.



5.11. attēls. Slēgiekārtas releju vadības bloks

Sadalietaisēm izvirzītās tehniskās prasības.

Sadalietais ir ļoti atbildīgs tīkla elements, tāpēc to ekspluatācijai tiek pievērsta īpaša uzmanība. Izbūvējot sadales punktus, tiek uzstādīta ugunsdrošības un apsardzes signalizācija. Lai novērstu uguns izplatību kabeļu degšanas gadījumā, sadales apakšstacijās un sadalietaisēs uzsāka kabeļu pārklāšana ar degšanu neveicinošu un pašdziestošu pārklājumu (attēls 5.12.). Katrā sadalietaisē uz vietas jābūt pieejamai elektriskajai shēmai (norādīta primārā shēma, aizsardzība pret pārspriegumiem, komutācijas aparāta tips, drošinātāju ieliktni, sadalnes tips, pieslēgumu vietu operatīvie apzīmējumi, mērmaiņu parametri). Visu veidu sadalietaišu elektroiekārtu nominālajiem datiem jāatbilst iespējamiem darba režīmiem, īsslēguma, pārsprieguma un pārslodžu gadījumiem. Sadalietaišu apkalpojošā personāla rīcībā jābūt shēmām un norādījumiem par pieļaujamiem elektroiekārtu darba režīmiem normālā un avārijas situācijā. Uz slēgto sadalietaišu un kameru durvīm, pie āra sadalietaišu aparātiem, uz komplekto sadalietaišu priekšpusēm un iekšējām daļām, pie kopnēm, uz releju paneļiem un vadības aparātiem jābūt energosistēmā noteiktiem pievienojuma operatīvajiem apzīmējumiem. Šie pasākumi nepieciešami, lai maksimāli samazinātu risku veikt nepareizas darbības, veicot operatīvos pārslēgumus un citus apkalpošanas darbus. Pie visām vadības atslēgām un pogām jābūt uzrakstiem, kuri norāda operāciju, kurai tie paredzēti. Sadalietaišu telpu (teritorijas) un atsevišķi stāvošu sadalietaišu durvīm (vārtiem) jābūt noslēgtām. Slēgto sadalietaišu durvju slēdzenēm jābūt pašslēdzošām un atveramām bez atslēgas no telpas

(teritorijas) iekšpusēs. Durvīm starp sadalietaisēm nodalījumiem vai sekcijām jābūt nenoslēdzamām. Sadalietaišu telpu atslēgas nedrīkst būt līdzīgas ligzdu (pievienojumu) atslēgām, lai nenotiktu nejauša ligzdu atvēršana. Avārijas atslēgumus elektroietaisēs var radīt ne tikai sadales telpās iekļuvušās nepiederošas personas, bet arī citas dzīvās radības, tāpēc jānodrošina, lai iekštelpu sadalietaisēs neiekļūtu dzīvnieki un putni. Visiem atvērumiem sienās jābūt aizdarinātiem ar žalūzijām vai sietiem. Kabeļu pārejām un ejām cauri sienām jābūt aizmūrētām un/vai aizblīvētām ar ugunsdrošu materiālu, lai tajās neiekļūtu grauzēji. Lai ēkas un iekārtas pasargātu no graujošās vides iedarbības, koka durvis un logu rāmji jāaizsargā pret trupēšanu. Metāla durvis un logu rāmji, kā arī āra un slēgto sadalietaišu konstrukcijas jāaizsargā pret koroziju. Lai izvairītos no izolācijas līmeņa samazināšanās, nav pieļaujama cementa putekļu veidošanās sadalietaisēs. Sadales ietaišu tīrīšana jāveic ne retāk kā reizi gadā. Augstas prasības izvirzītas arī sadalietaišu klimatiskajiem apstākļiem. Slēgto sadalietaišu temperatūra nedrīkst pārsniegt $+40^{\circ}\text{C}$ un būt zemāka par $+5^{\circ}\text{C}$. Vadības telpās temperatūra nedrīkst pārsniegt $+40^{\circ}\text{C}$ un būt zemāka par $+10^{\circ}\text{C}$. Āra sadalietaisēs temperatūra komutācijas aparātu piedziņās, sekundāro ķēžu spaiļu skapjos, ja tajos uzstādīti zemsprieguma automāti, un komplekto sadalietaišu skaitītāju un releju aparatūras nodalījumos jānodrošina $+5^{\circ}\text{C}$. Augstas prasības izvirzītas arī sadales ietaišu ārpusē: visos gadalaikos piebrauktuvēm pie sadalietaisēm jābūt lietošanas kārtībā, sadalietaisēs nedrīkst apdraudēt krītoši koki, jābūt nopļautai tuvumā esošai zālei. Uz telpu un teritoriju vārtiem (durvīm) jābūt sadalietaisēs nosaukumam, kā arī komercsabiedrības nosaukumam ar adresi un norādi, kur nepieciešamības gadījumā vērsties telefoniski. Visu sadales ietaišu mehāniskajām un elektriskajām iekārtām jānodrošina iekārtu ražotāja izvirzītajām prasībām atbilstoši apstākļi.

Svarīgākie elementi sadalietaisēs ir kopnes un komutācijas iekārtas. Trīsfāžu sadalietaisēs fāžu kopnes apzīmē:

A ar dzeltenu krāsu (L1);

B ar zaļu krāsu (L2);

C ar sarkanu krāsu (L3).

Kopnēm savstarpēji jābūt droši izolētām, tām jānodrošina izturība pret īsslēguma strāvu iedarbību gan no termiskā, gan dinamiskā viedokļa. Apakšstacijās uzstādāmajām vīdsprieguma primārām slēgiekārtām 3s jāspēj izturēt vismaz 16 kA, bet vīdsprieguma tīklā uzstādītajām sekundārām slēgiekārtām -12,5 kA. Paredzēts, ka 6-20kV sadales punktos katrai kopņu sekcijai jāspēj nodrošināt 630A strāvas sadale. Apakšstaciju vīdsprieguma sadalietaisēm jāspēj pārvadīt 25 MVA lielu jaudu uz katru kopņu sekciju. Ņemot vērā, ka ekspluatācijas laikā sadalietaisēs var parādīties nepieciešamība izveidot jaunu pievienojumu, rekonstrukcijas gaitā katrai kopņu sekcijai tiek paredzēts vismaz viens rezerves panelis un ne mazāk kā divas rezerves ligzdu vietas rezerves paneļu uzstādīšanai.

Jāatzīmē, ka pilsētās tiek izmantotas gan 10, gan 20 kV slēgiekārtas, starp kurām pastāv nelielas atšķirības tehniskajos parametros. 10 kV slēgiekārtās prasīta augstāka kopņu nominālā strāva un zemāka pārsprieguma noturības vērtība.



5.12. attēls. Kabeļu pārklājums ar speciālu uguni neizplatošu un pašdziestošu krāsu

Zemsprieguma sadalnes

Zemsprieguma sadalnes iedala spēka sadalnēs, elektroenerģijas uzskaites sadalnēs, apgaismes sadalnēs, kabeļu komutācijas sadalnēs, transformatoru apakšstaciju sadalnēs. Sadales tīklos plaši izmantotas ievada uzskaites sadales laukos (N-LU), daudzdzīvokļu uzskaites sadalnes (DUS), kā arī uzskaites kabeļskapji (UKS). Kabeļu savienojumiem tiek izmantoti KS un LUKS (apvienots ar LU tipa sadalni) tipa kabeļskapji, transformatoru apakšstacijās - TAS tipa sadalnes. Ārpus telpām uzstādītajām sadalnēm jānodrošina aizsardzības pakāpe vismaz IP43 līmenī. To korpusa detaļām jābūt izgatavotām no vismaz 1,5 mm bieza tērauda un jābūt pārklātām ar ultravioleto (UV) staru noturīgu pārklājumu. Ķīmiski agresīvās vidēs sadalnēm jābūt karsti cinkotām. Iekšējās uzstādāmo sadaļņu korpusiem jābūt izgatavotiem no vismaz 1 mm bieza tērauda vai gaismas noturīgas un triecienizturīgas plastmasas, nodrošinot vismaz IP30 klases aizsardzību. Sadalnes var tikt uzstādītas uz betona pamatnes, lai pasargātu tās pamatni no korozijas bojājumiem. Ja sadalne tiek uzstādīta bez betona pamatnes, tad gruntī un 20 cm virs grunts līmeņa sadalnes pamatnei jābūt karsti cinkotai. Sadalnes elektriskie savienojumi ir izveidoti no nominālajai slodzei atbilstoša šķērsriezuma vara vadītājiem. Lai ievērotu ražotāja un normatīvos noteiktos kabeļu liekuma rādījumus, sadalnes izmēri tiek izvēlēti atbilstoši tajā izvietoto kabeļu pievienojumu skaitam.



5.13. attēls. 0.4 kV sadalnes. Galvenais automātslēdzis (1), elektroenerģijas uzskaitē (2), atejošo fīderu kūstošo drošinātāju bloks (3), kopņu sistēma ar kabeļu pievienojumiem (4)

Lai atvieglotu elektroenerģijas uzskaites kontroli, veicot zemsprieguma tīklu rekonstrukciju, plānveidīgi tiek veikta uzskaites iekārtu iznešana ārpus iedzīvotāju ēkām. Iznestās uzskaites iekārtas tiek izvietotas uzskaites sadalnēs. Uzskaites sadalnes konstruktīvais risinājums nodrošina uzskaites un pirmsuzskaites ķēžu plombēšanu, izslēdzot piekļuvi uzskaites iekārtām un vadojumam un iejaukšanos uzskaites darbībā, nesabojājot plombējumu. Uzskaites sadalnes paredzētas nominālajam spriegumam $3 \times 0,4/0,23$ kV un $0,23$ kV. Sadalnes mūžs paredzēts ne mazāks kā 20 gadi. Sadalnes vadojums jāveido atbilstoši TN-C-S sistēmai. Uzskaites sadalnes tiek uzstādītas pie ēkas ārsienas vai elektrolīnijas balsta 4-5 cm attālumā no tā, vai atklātā vietā uz pamatnes. Uzstādot sadalnes bez pamatnes, gruntī ierokamās daļas garums sasniedz 0,8-1 m dziļumu, bet virszemes daļas garums - 1,4 m. Ja uzskaites sadalne ierīkota telpās, tā tiek piestiprināta pie iekšsienas vai iegremdēta sienā.

Ilggadējā zemsprieguma sadaļņu ekspluatācija devusi pieredzi, kuras rezultātā kopā ar ražotājiem ir izveidoti gan jauni sadaļņu modeļi, gan pilnveidoti esošie. Rietumu reģionā sadalnes kondensāta izraisītie bojājumi elektroiekārtās bijuši par pamatu sadaļņu jumta konstrukciju pilnveidošanai, izveidojot tajās atveres gaisa cirkulācijas nodrošināšanai - vienkāršs, bet efektīvs risinājums!



5.14.attēls. Pēc ST inženieru ierosinājumiem pilnveidotā 1 kV RAS (relejaizsardzības) sadalne. Vienlīnijas shēma (1), galvenais blokslēdzis (2), mērtransformators releju aizsardzībai (3), kabeļu pievienojumi (4), drošinātājslēdži (5)

Paredzams, ka tuvāko gadu laikā, pieaugot kabeļlīniju īpatsvaram gan vīdsprieguma, gan zemsprieguma tīklos, arvien vairāk dabā būs redzamas sadalnes.

Jautājumi paškontrolei

1. Kāda ir sadalietaišu funkcija sadales tīklos?
2. Kādi sadalietaišu tipi tiek lietoti sadales tīklos?
3. Kādas priekšrocības ir jaunā tipa slēgiekārtām?
4. Kādiem mērķiem paredzētas zemsprieguma uzskaites sadalnes?
5. Kādi risinājumi tiek izmantoti uzskaites sadaļņu konstrukcijās, lai samazinātu elektroenerģijas zādzību iespējamību?
6. Kādas ir galvenās atšķirības vīdsprieguma vecā un jaunā tipa sadalietaisēm?
7. Kādas ir prasības sadaļņu metāla korpusu aizsardzībai pret koroziju ?
8. Kāda temperatūra jāuztur telpās izvietotai slēgiekārtu releju aizsardzības aparatūrai?

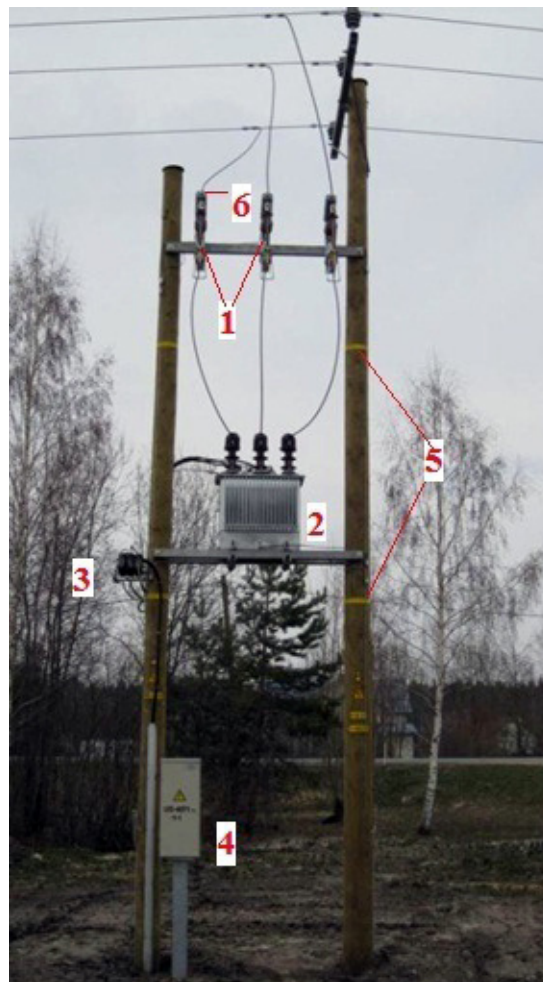
6. Sadales transformatoru apakšstacijas un to ekspluatācija

Latvijā šobrīd ekspluatācijā esošo sadales tīklu lielākā daļa izbūvēta pagājušā gadsimta otrā pusē, atbilstoši PSRS standartiem. Latvijai atgūstot neatkarību un virzoties uz ES, notika esošā tīkla pārbūve, modernizācija un jaunu tīklu izbūve, vadoties no Eiropas un Latvijas standartiem un saistošajiem normatīviem. Līdz ar to ir atšķirības jaunās transformatoru apakšstacijas, kas izbūvēta pēdējo 20 gadu laikā, un vecās apakšstacijas, kas izbūvēta PSRS laikā, ekspluatācijā.

Sadales tīklos laika gaitā izbūvētas dažādas konstrukcijas transformatoru apakšstacijas. Ir brīvgaisa, komplektās, ēkā iebūvētās un kompaktās transformatoru apakšstacijas. Tīklos brīvgaisa transformatoru apakšstacijas izbūvē saskaņā ar LEK047 un citu standartu prasībām, kompaktās transformatoru apakšstaciju izgatavo rūpnīcās saskaņā ar starptautiskajiem, Eiropas un Latvijas standartiem un ST tehniskām prasībām un testē akreditētās Eiropas laboratorijās.

Brīvgaisa apakšstacijas

Brīvgaisa apakšstacijas izbūvē koka, retāk metāla balstos.



6.1. attēls. 20/0,4 kV masta apakšstacija vienstatņa balstā – jauda līdz 100 kVA un 20/0,4 kV masta apakšstacija portālbaltā - jauda līdz 400 kVA

Brīvgaisa transformatoru apakšstaciju pamatelementi ir transformators (2), transformatora aizsardzība, augstsprieguma drošinātāji kopā ar atdalītāju (1), zemsprieguma sadalne vai

drošinātāju bloks atejošām z/s līnijām (3), uzskaites sadalne(4), koka balsts, balsta enkurs, atsaides un zemējumu sistēma, signāllentas(5), pārsprieguma novadītāji (6) (attēls 6.1.). Visbiežāk lieto standarta konstrukcijas H veida apakšstaciju ar divām statnēm un transformatora jaudu līdz 400 kVA, retāk 630 kVA. Atsevišķu ēku elektroapgādei izbūvē nelielas jaudas apakšstacijas uz viena koka balsta ar maksimālo jaudu līdz 100kVA. Gadījumos, kad transformatoru apakšstacijas novietošanai ir ierobežota teritorija, to izbūvē ar trim statņiem.

PSRS laikā izbūvēja transformatoru apakšstacijas uz četrām statnēm, koka grīdu un kāpnēm, lai ērtāk piekļūtu zemsprieguma sadalnei ekspluatācijas laikā. Salīdzinot mūsdienīgu brīvgaisa transformatora apakšstaciju ar PSRS laikā izbūvēto, piemēram, 100 kVA transformators uz īpašnieka zemes aizņem viena balsta vietu, bet līdzīgas jaudas četrkāju transformators aizņem vairāk kā 10 m², dažviet pat 50 m² teritoriju, jo atejošām zemsprieguma gaisvadu līnijām izbūvēja A veida enkurbalstus blakus attēlā 6.2. redzamajām transformatoru apakšstacijām.



6.2. attēls. Joprojām ekspluatācijā esošas novecojušas konstrukcijas komplektās 20/0,4 kV transformatoru apakšstacijas, kuras nepieciešams rekonstruēt.

Komplektās apakšstacijas

Komplektās transformatoru apakšstacijas tika izbūvētas pagājušā gadsimtā 70-tajos un 80-tajos gado, lai rūpnieciski izbūvētu jau nokomplektētu apakšstaciju, tā būtiski paātrinot montāžas laiku uz vietas objektā. Komplektās apakšstacijas sastāv no šādiem pamatelementiem: metāla rāmja(1), kas ietver transformatora nodalījumu (2), vīdsprieguma drošinātājiem (3), vīdsprieguma caurvadu izolatoriem apakšstacijās ar jaudu līdz 160 kVA (4), zemsprieguma sadalnes (5), pārsprieguma novadītājiem (7), transformatora (8), pienākošās vīdsprieguma līnijas ievada (10), atejošās zemsprieguma līnijas (9). Atdalītājs (6) izbūvēts atsevišķā A veida balstā blakus apakšstacijai. Tā kā metāla konstrukcijas pārklātas ar rūsas nedrošu krāsu, ekspluatācijas laikā rūsa ir regulāri jānotīra un krāsa jāatjauno. Šādas transformatoru apakšstacijas rūpīga atjaunošana (revīzija) var aizņemt pat dienu, kas prasa patērētāju atslēgšanu un salīdzinoši lielus kapitālieguldījumus. Revīzijas laikā parasti tiek nomainīti transformatora saites kabeļi, ar ko transformators tiek pievienots vidējā sprieguma gaisvadu līnijai un zemsprieguma sadalnes kopnēm, atjaunots transformatora zemējuma kontūrs, veikti zemējuma pretestības kontrolmērījumi, veikta metāla konstrukciju krāsošana, operatīvo apzīmējumu un brīdinājuma zīmju atjaunošana, transformatoru norobežojošo sietu remonts, caurvadu izolatoru un transformatoru izolatoru tīrīšana, kā arī nepieciešamības gadījumā veikta zemsprieguma sadalnes nomaiņa. Pamatā ir trīs dažādu konstrukciju komplektās transformatoru apakšstacijas ar maksimālo jaudu 160, 250, 630 kVA. Lai samazinātu ekspluatācijas izmaksas, sadales tīkos tās pakāpeniski nomainīs, aizvietojot ar brīvgaisa vai kompaktām transformatoru apakšstacijām.

Ēkās iebūvētās apakšstacijas

Ēkās iebūvētās apakšstacijas var būt speciāli būvēta transformatoru apakšstacijas ēka vai atsevišķa telpa kādā no ražošanas ēkām vai mājām. Papildus iepriekš minētajam, transformatoru apakšstacijās ir atsevišķi nožogojumi vai starpsienas transformatora telpai, vīdsprieguma elektroiekārtas un zemsprieguma elektroiekārtas telpai. Lauku gaisvadu tīklos plaši izplatītas bija ķieģeļu ēkās izveidotas transformatoru apakšstacijas, kuras izveidotas divos stāvos (attēls 6.3.). Otrajā stāvā izvietotas vīdsprieguma komutācijas iekārtas, bet pirmajā stāvā transformatoru nodalījumi un zemsprieguma sadales telpa.



6.3. attēls. Iebūvētā 20/0,4 kV transformatoru apakšstacija (izbūvēta pirms 30 gadiem) un skats uz sausā transformatora pievienojumu 10/0,4 kV apakšstacijā. Atejošā zemsprieguma līnija ar piekarkabeli (1), ar kabeli (2), pienākošā 20 kV gaisvadu līnija (3), kabeļu pievienojums sausajam transformatoram (4)



6.4. attēls. Pirmās Latvijas brīvvalsts laika transformatoru apakšstacija

Attēlā 6.4. redzama ekspluatācijā esoša transformatoru apakšstacija ar 21. gadsimtā no ārvalstīm ienākošās kultūras „mākslas darbiem”. Tā ir transformatoru apakšstaciju ekspluatācijā pilsētās bieži satopama parādība, kas būtiski bojā priekšstatu par kulturālu un sakoptu vidi un rada vizuāli nebaudāmu izskatu. Vienīgais risinājums - regulāra pārkrāsošana, kas prasa ievērojamus līdzekļus.

Kompaktā transformatoru apakšstacija

Attīstoties jaunām tehnoloģijām un materiāliem, pēdējo 30 gadu laikā kabeļu tīklā pamatā izbūvē kompaktās transformatoru apakšstacijas (KTA) ar vienu vai diviem transformatoriem. Nākotnē arvien vairāk izbūvēs kabeļu tīklus, tādēļ šajā grāmatā kompaktā apakšstacija ir apskatīta detalizētāk kā citas.

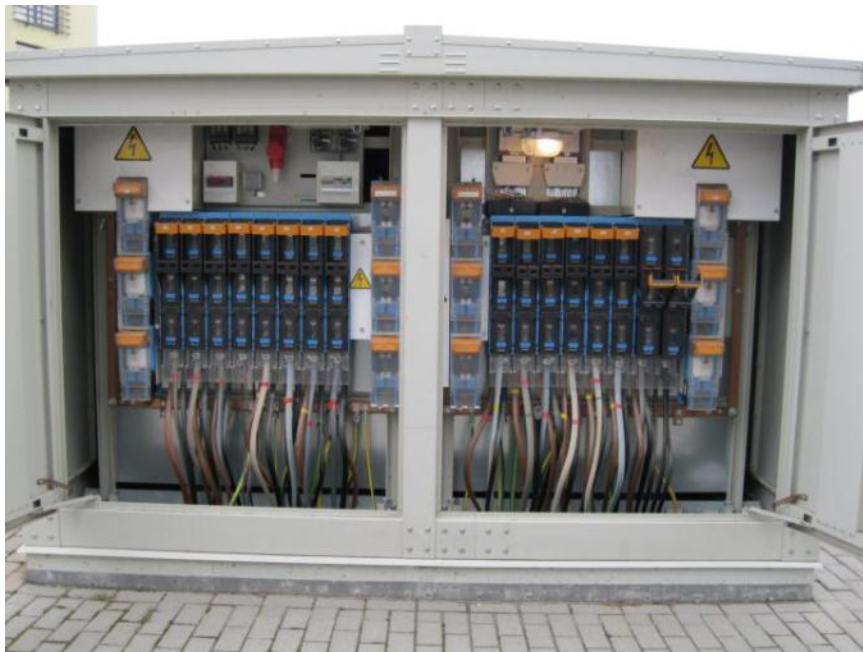
Apakšstacijas korpuss ir izgatavots no dzelzsbetona vai metāla. Visvairāk ir viena vai divu transformatoru betona korpusa apakšstacijas ar jaudu līdz 630 kVA.



6.5. attēls. Kompaktā 20 (10)/0,4 kV transformatoru apakšstacija (KTA)



6.6. attēls. 20 kV slēgiekārtas nodalījums KTA, kur uzstādīta tipiska RMU (Ring Main Unit) – vairāk paneļu slēgiekārtā kabeļu un transformatora pievienojumu komutācijai



6.7. attēls. KTA 0,4 kV nodalījums

Līdzīgi kā slēgtām apakšstacijām, arī kompaktām apakšstacijām ir atsevišķi nodalījumi vidsprieguma elektroiekārtai, transformatoriem, zemsprieguma elektroiekārtām. Slēgtās un kompaktās apakšstacijas zemsprieguma nodalījumā noteikti jābūt ierīkotas vietai elektroenerģijas uzskaites komplektam, lai veiktu elektroenerģijas sadales kontroli. Lai veidotu drošāku elektroapgādi, pilsētās vidsprieguma kabeļu tīklos veido divpusēji barotu tīklu, un transformatoru apakšstacijas vienlaikus ir arī tīkla sekcionēšanas vieta, tādēļ slēgtās un kompaktās apakšstacijās papildus iebūvē vidsprieguma slēgiekārtu un ja dalījuma izveidei vajadzīgs - arī RAA komplektu līnijas atsevišķa posma sekcionēšanai un aizsardzībai.



6.8. attēls. Elektroenerģijas uzskaitē KTA ar daudzfunkcionālajiem elektroniskajiem skaitītājiem

KTA ir paredzētas elektroenerģijas saņemšanai un sprieguma pārveidošanai no vidsprieguma un zemsprieguma, elektroenerģijas sadalei un uzskaiti. Tās izmantojamas pilsētu un lauku teritoriju objektu elektroapgādei. ST iegādātās KTA ir paredzētas ekspluatācijai mērenā klimata joslā ar sekojošiem klimatiskajiem datiem:

- apkārtējās vides temperatūras diapazons: no -40°C līdz $+40^{\circ}\text{C}$
- apkārtējās vides mitrums: līdz 98% pie $+20^{\circ}\text{C}$

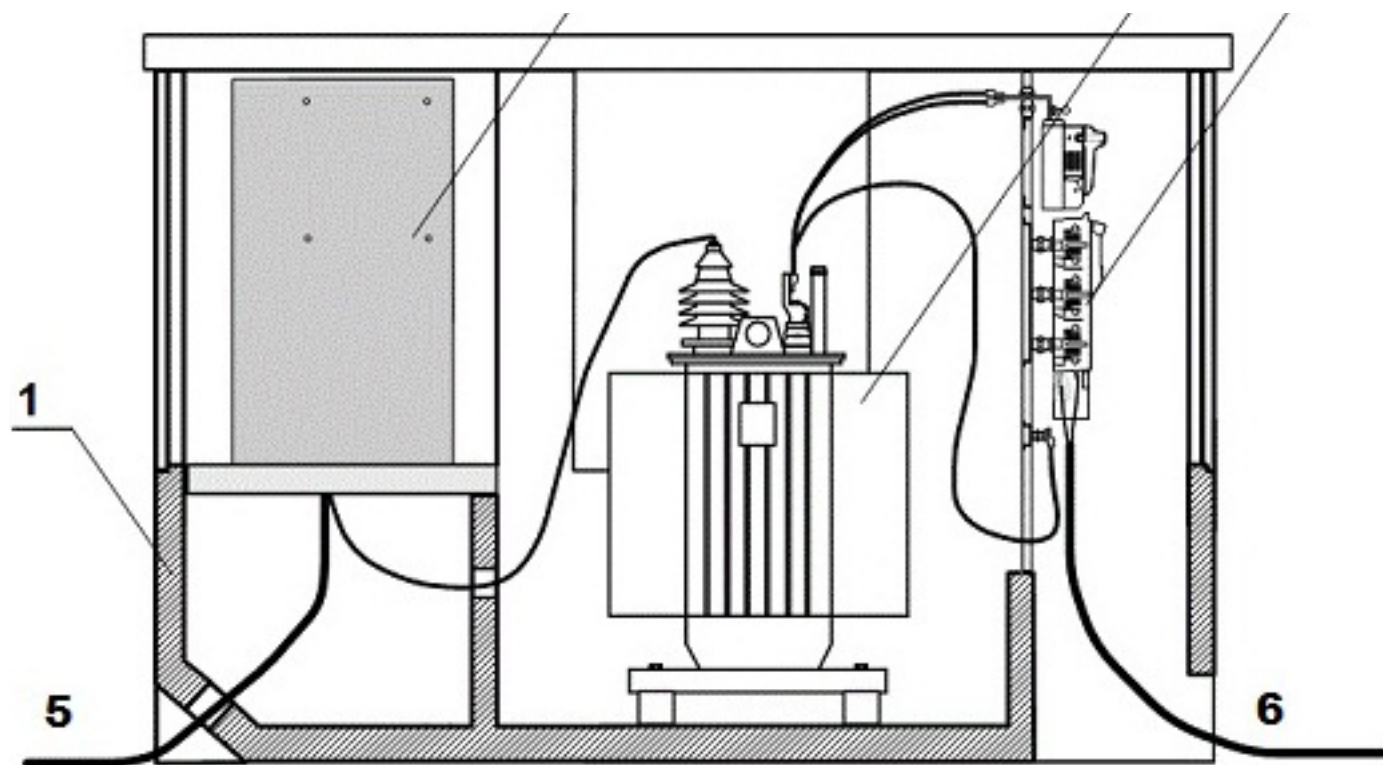
KTA nav paredzēts ekspluatēt vietās kur:

- apkārtējā vidē ir strāvu vadoši putekļi;
- apkārtējā vidē ir sprādzienbīstamas vielas;
- ir indīgas gāzes vai tvaiki, kuri noārda metālu un izolāciju,
- ir biežas un pastiprinātas vibrācijas.

Pirms KTA pieslēgšanas tīklam pēc uzstādīšanas vai ilgstošas atslēgšanas perioda, tā ir jāizžāvē, lai uz aparātūras nebūtu mitrums vai ledus.

KTA galvenās sastāvdaļas

KTA galvenajās sastāvdaļās ir KTA korpuss(1), vidsprieguma sadalne (2), spēka transformators (3), zemsprieguma sadalne (4), pienākošā vidsprieguma līnija (5), aizejošā zemsprieguma līnija (6).



6.9. attēls. KTA-2336-630/20/0,4 šķērsgriezums

Kompaktās transformatoru apakšstacijas korpuss

Kompaktās transformatoru apakšstacijas korpuss kalpo kā vienojošais elements, un tajā ir izvietotas visas pārējās KTA sastāvdaļas. Tā galvenā funkcija ir aizsargāt pārējās sastāvdaļas no apkārtējās vides iedarbības un nodrošināt drošu apakšstacijas ekspluatāciju. Korpuss parasti ir veidots kā viens elements, bet tas var sastāvēt arī no vairākām daļām. Visbiežāk korpusi tiek veidoti ar trim nodalījumiem – vīdsprieguma sadalnes, transformatora un zemsprieguma sadalnes nodalījuma. Katrs nodalījums ir aprīkots ar atsevišķām durvīm. Nodalījumi savā starpā var būt atdalīti ar vieglu nožogojumu vai masīvu sienu. Vīdsprieguma sadalnes nodalījuma grīda tiek veidota ar hermētisku kabeļa ievadu. Spēka transformatora nodalījuma grīda kalpo arī kā eļļas vanna, kura nepieļauj eļļas noplūdi apkārtējā vidē transformatora avārijas gadījumā. Transformatora nodalījuma durvis tiek veidotas ar labirinta veida žālūzijām, kas nodrošina transformatora nodalījuma dzesēšanu. Zemsprieguma nodalījuma grīdā ir atvere ērtai kabeļu ievadīšanai tajā. Ja vietā, kur paredzēts uzstādīt KTA, ir paaugstināts grunts ūdens līmenis, tiek lietoti hermētiski kabeļu ievadi, analogi kā vīdsprieguma nodalījumā.

Vīdsprieguma sadalne

KTA vīdsprieguma sadalne (attēls 6.6.) veic elektroenerģijas sadalīšanu vienā sprieguma līmenī. Ja vīdsprieguma sadalnei ir divi vai vairāki pieslēgumi sadales tīklam, tad tā kalpo kā vīdsprieguma sadales tīkla komutācijas punkts. Vajadzības gadījumā ir iespējams veikt elektroenerģijas uzskaiti gan caur transformatoru nodotajai elektroenerģijai zemsprieguma tīklā, gan elektroenerģijas plūsmai sadales tīklā. Kompaktajās transformatoru apakšstacijās izmanto kompaktās sadalnes ar elegāzes izolāciju. Šajās sadalnēs visi komutācijas aparāti un kopņu sistēma ir ievietoti tvertnē ar elegāzi (SF6). Elegāze ir siltumnīcas efektu izraisošā gāze, tāpēc jāievēro šo sadaļņu izgatavotāju sniegtie norādījumi par iekārtu ekspluatāciju un utilizāciju.

Transformators

Kompaktajās transformatoru apakšstacijās tiek izmantoti hermētiskie eļļas transformatori ar dabīgo eļļas cirkulāciju un dabīgo gaisa dzesēšanu jeb ONAN. Visi spēka transformatori ir aprīkoti ar eļļas līmeņa indikatoru un eļļas termometru ar signālkontaktiem. Eļļas termometru izmanto kā papildus aizsardzību pret transformatora pārkaršanu. Ja transformatora eļļas temperatūra sasniedz iestatīto vērtību, tad signālkontakts nodod signālu starpreļam ar nostrādes indikatoru, kas nodod atslēgšanas komandu vīdsprieguma sadalnē transformatora pievienojuma slodzes slēdža vai jaudas slēdža atslēgšanas spolei.

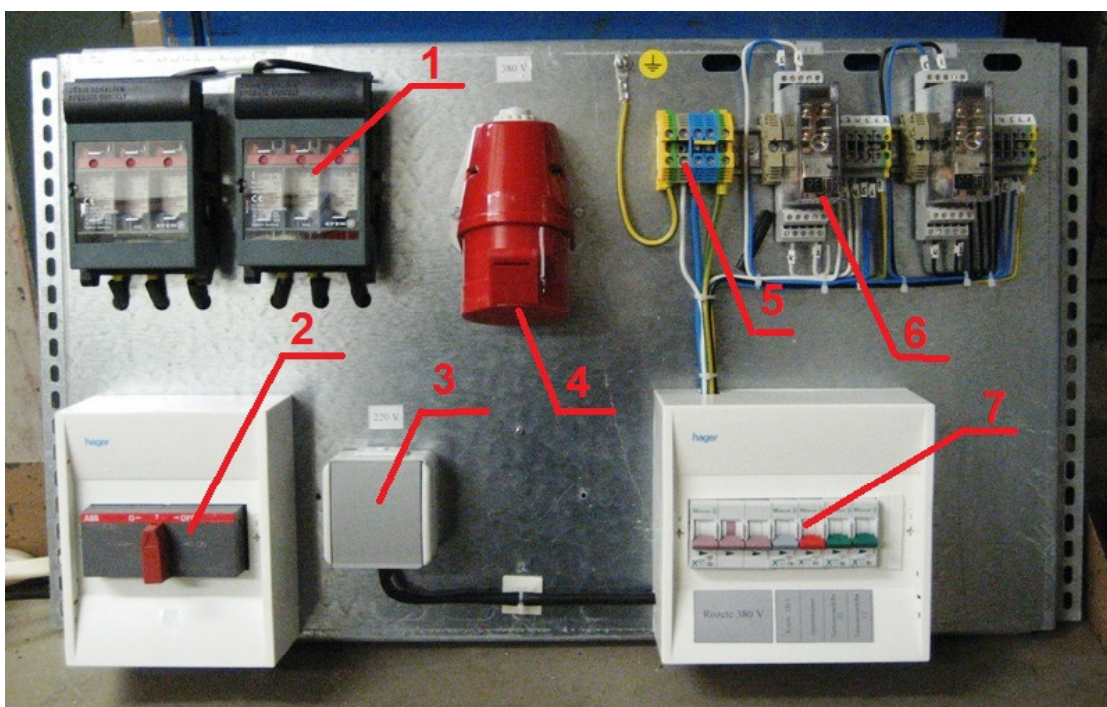
Zemsprieguma sadalne

KTA zemsprieguma sadalne veic elektroenerģijas sadalīšanu vienā sprieguma līmenī, kā arī transformatora un pievienoto līniju aizsardzību ar tajā uzstādītiem drošinātājslēdžiem vai automātiskajiem aizsargslēdžiem. Zemsprieguma sadalnes ir rūpnieciski izgatavotas pēc tipveida projektiem. Tās var būt gan paneļu tipa, gan korpusa tipa.

Servisa sistēmas

KTA servisa sistēmas iekļauj pašpatēriņu, elektroenerģijas uzkaiti, operatīvā barošanas sprieguma sadalni, automātiskās rezerves ieslēgšanas komplektu (ARI), distances vadības komplektu, reaktīvās jaudas kompensācijas iekārtas un citu aprīkojumu, kas nav saistīts ar apakšstacijas primārajām funkcijām.

Pašpatēriņa sadalne veic elektroenerģijas sadali apakšstacijas patērētājiem. Tajā uzstādīti drošinātāju blokslēdži un aizsargslēdži, kas aizsargā pievienotos patērētājus no īsslēguma strāvām un pārslodzes. Tāpat tajā var būt izveidota elektroenerģijas kontroluzskaite un citi mērinstrumenti apakšstacijas vajadzībām. Vēl pašpatēriņa sadalnē ir novietots transformatora termoaizsardzības starprelejs ar nostrādes indikatoru, tā aizsargslēdzis un vienfāzes un trīsfāzu kontaktrozete.



6.10. attēls. Divtransformatoru KTA pašpatēriņa sadalne: 1 – drošinātāju blokslēdzis; 2 – pārslēdzis; 3 – vienfāzes kontaktrozete; 4 – trīsfāzu kontaktrozete; 5 – spaiļu rinda; 6 -starprelejs ar nostrādes indikatoru; 7 – kārba ar aizsargslēdžiem

ARI komplekts sastāv no vadības skapja, vadības ķēdēm un slēdžu motorpiedziņām. KTA ARI komplekts vada slodzes slēdžu vai automātisko slēdžu piedziņas.

Distances vadības sistēmas uzstāda KTA, kuras kalpo kā svarīgs vīdsprieguma sadales tīkla vai zemsprieguma tīkla elements. Šī sistēma nodrošina attālinātu datu nolasīšanu un apakšstacijas komutācijas aparātu attālinātu vadību.

Ekspluatācija

Veicot kārtējas KTA apskates, ekspluatācijas personāls rūpīgi izpēta, vai ekspluatācijas laikā korpusā ir ieplūdis ūdens, kāds ir putekļu daudzums un piesārņojums, vīdsprieguma izolācijas tehnisko stāvokli, īpaši – kāda ir vīdsprieguma kabeļu gala uznavu tīrība un tehniskais stāvoklis,

transformatora eļļas līmenis, kontaktu savienojumu stāvoklis un temperatūra. Eksploatācijas laikā ir jākontrolē eļļāzes spiediens vīdsprieguma sadalnēm un eļļas līmenis spēka transformatoram, jāpārbauda drošinātājslēdžu un drošinātāju kustošo ieliktņu stāvoklis, kā arī automātisko aizsargslēdžu (automātu) un jaudas slēdžu resurss. Sadales tīklos transformatoru attīrīšanai no putekļiem tiek lietotas spriegumaktīvu darbu metodes, kad tīrīšana tiek veikta, neatslēdzot transformatoru no tīkla (attēls 6.12.). Šī metode ir lētāka nekā tīrīšanas laikā veicot atslēgumus (tīrīšanas laikā turpinās tīkla pakalpojumu sniegšana), un galvenais netiek atslēgti patērētāji, nav jāveic sarežģīti pārslēgumi. Metodes trūkums - tīrīšanu nevar veikt, ja gaisa mitrums pārsniedz 60%.



6.12. attēls. Spriegumaktīvie darbi 10/0,4 kV transformatoru apakšstacijas transformatora nodalījumā

Kompakto transformatoru apakšstaciju remonts

Remontus KTA jāveic, ja ir konstatēti defekti vai pienācis laiks plānotajiem remontiem. Izšķir divu veidu defektus – KTA korpusa un aparātūras defektus. Korpusu defekti rada paaugstinātu elektrotraumu risku nejaušiem garāmgājējiem. Tie samazina elektroapgādes drošumu, jo korpusa defekti paaugstina KTA aparātūras atteices varbūtību.

Biežākie korpusa defekti:

- 1) mehāniski bojātas korpusa daļas;
- 2) sabojāts KTA korpusa krāsojums;
- 3) sabojāti durvju vai ventilācijas paneļu slēdžu mehānismi;

4) vīdsprieguma kabeļu ievadu nepietiekams hermētiskums, kas gruntsūdens līmeņa paaugstināšanās gadījumā izraisa KTA nodalījumu applūšanu;

5) nepieļaujami korozijas bojājumi.

Mehānisko bojājumu cēlonis ir nepareiza KTA montāža, korpusa vai tā uzstādīšanas vietas izvēle. Nepareizas uzstādīšanas vietas izvēle var būt iemesls KTA neapmierinošai dzesēšanai vai paaugstinātam mitrumam korpusa iekšienē. Lai no tā izvairītos, projektējot KTA ir jāizvēlas tāda uzstādīšanas vieta, lai tuvumā nebūtu šķēršļi, kas ierobežo gaisa pieplūdi ventilācijai, kā arī, lai tā netiktu uzstādīta ieplakā, kur pavasarī var krāties nokrišņu ūdens.

Biežāk sastopamie KTA aparātūras un kabeļu defekti:

- 1) nekvalitatīvi samontēta vīdsprieguma kabeļa gala apdare;
- 2) nepareizs kabeļa pievienojums pie vīdsprieguma sadalnes vai transformatora;
- 3) nepareizi iestatīts aizsargslēdzis;
- 4) sabojātas slēdžu piedziņas;
- 5) atslābuši skrūvju savienojuma elektriskie kontakti;
- 6) aparātūras izolācijas bojājumi;
- 7) svešķermeņi uz kopņu sistēmas.

Lielākā daļa šo bojājumu var izraisīt KTA avāriju, kuras novēršanai nepieciešama pilnīga rekonstrukcija, kas ir līdzvērtīga jauna KTA izgatavošanai. Tādēļ pirms nodošanas ekspluatācijā KTA ir rūpīgi jāpārbauda un jāseko tās tehniskajam stāvoklim visā ekspluatācijas laikā.

Jautājumi paškontrolei

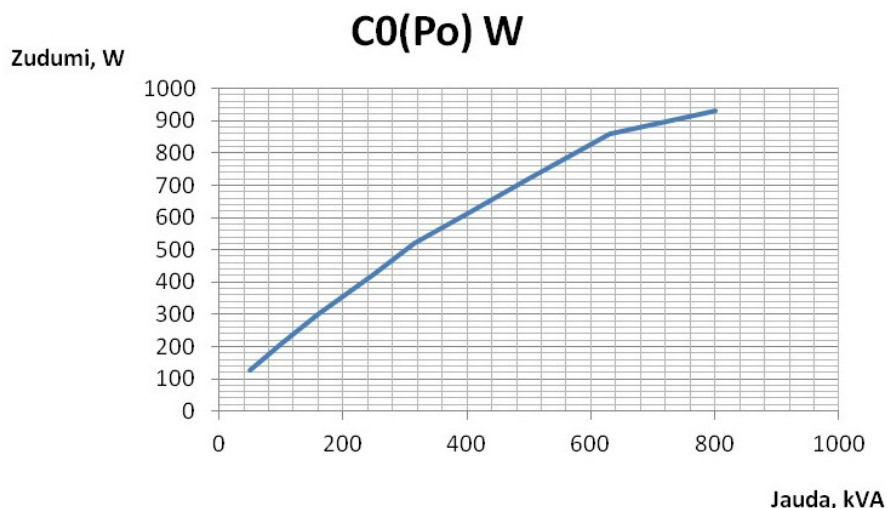
1. Kāda veida transformatoru apakšstacijas izbūvē ST?
2. Kādi ir brīvgaisa transformatoru apakšstacijas galvenie elementi?
3. Kādi ir KTA nodalījumi un tajos izvietotās galvenās elektroiekārtas?
4. Kādas ir brīvgaisa transformatoru apakšstaciju priekšrocības, salīdzinot ar komplektām transformatoru apakšstacijām?
5. Kādi ir iebūvēto apakšstaciju nodalījumi un tajos izvietotās galvenās elektroiekārtas?
6. Kā notiek spakšstaciju tīrīšana, izmantojot spriegumaktīvo darbu metodi? Kādas ir šo darbu priekšrocības un trūkumi salīdzinot ar tīrīšanas darbiem, kuru laikā atslēdz spriegumu?
7. Kādi ekspluatācijas darbi jāveic KTA apskates laikā?
8. Kāda ir izolācijas bojājumu preventīvā diagnostikas metode kabeļu un elektroiekārtu bojājumu noteikšanai?

7. Sadales transformatori ar spriegumu līdz 20kV un to ekspluatācija

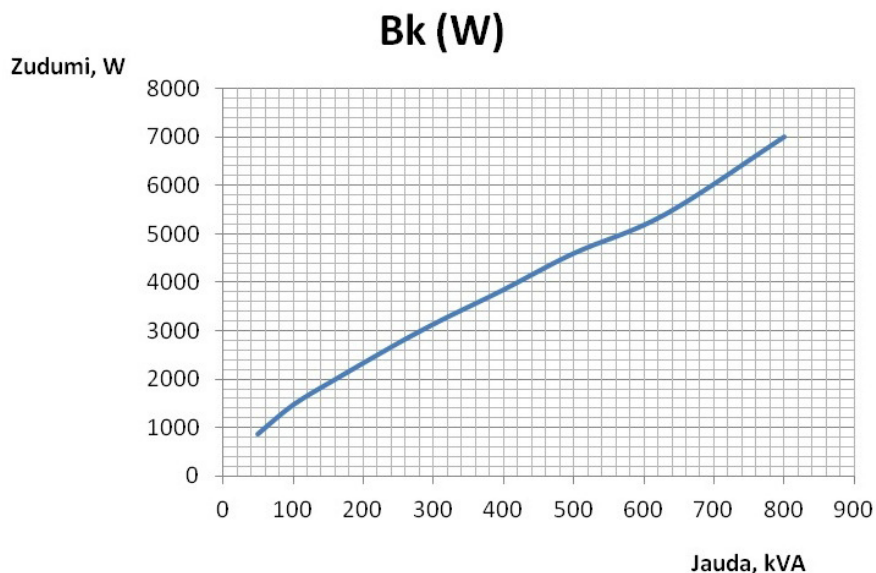
Latvijas sadales tīklos lietojamās transformatorus izvēlas un testē atbilstoši starptautiskajiem, Eiropas un Latvijā adaptētajiem standartiem: LVS EN 60071-1, LVS EN 50464-1 „50 Hz, 50 kVA līdz 2500 kVA trīsfāžu eļļas sadales transformatori, kuru augstākais spriegums iekārtai nepārsniedz 36 kV. 1.daļa: Vispārīgas prasības”. Pilns izmantojamo standartu saraksts dots 1.pielikumā.

ST ekspluatācijā ir vairāk kā 28 tūkstoši sadales transformatoru. Pamatā tos veido transformatori jaudas transformēšanai no 20 kV, 10 kV vai 6 kV sprieguma līmeņa uz 0.4 kV sprieguma līmeni. Sadales tīklu īpašumā nav 110/20 kV transformatori, kas atrodas 110/20 kV apakšstacijās, jo elektroietaišu piederības un apkāpes robeža starp sadales un pārvades tīklu operatoriem visbiežāk atrodas uz spēka transformatora zemākā sprieguma izvadiem. Sprieguma kvalitātes nodrošināšanai sadales tīklos apakšstaciju tuvumā spriegums var būt paaugstināts līdz pat 10 % virs nominālā, lai nodrošinātu sprieguma līmeni pie tālākā patērētāja ne zemāku kā $0.9 U_{nom}$ ($U_{nom}=230V$). Konkrētā tīkla vietā nepieciešams uzstādīt transformatoru ar atbilstošu transformācijas koeficientu. Šim nolūkam kā obligāta prasība sadales transformatoriem ir pakāpjslēdzis. Tas tiek uzstādīts transformatora augstākā sprieguma pusē. ST praksē visbiežāk tiek izmantoti transformatori ar sprieguma regulēšanas pakāpēm $\pm 2 \times 2,5\%$. Jāpiemin, ka ST normālā režīmā tiek izmantoti transformatori ar šādām sprieguma pakāpēm: 21/0,42; 20/0,42; 20/0,4; 10,5/0,42; 10,5/0,4; 10/0,42; 6/0,42 kV (atbilstoši ST tehniskajai politikai).

ST noteicis prasību nākotnē savos tīklos izmantot transformatorus no šādu jaudu diapazona: 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000 kVA. Lauku tīklā visizplatītākie ir transformatori ar jaudu līdz 250 kVA. Pilsētās visizplatītākie ir transformatori ar 400 un 630 kVA jaudu. Rīgas pilsētā, piemēram, minimāli pieļaujamā transformatora jauda ir 250 kVA. Lauku tīklos patērētāju slodze kļuvusi arvien izklidētāka, tāpēc, lai samazinātu elektroenerģijas zudumus, transformatori tiek uzstādīti pēc iespējas tuvāk patērētājam. Zudumu samazināšanā svarīga loma ir arī tehniskajiem parametriem. Praksē pierādīts, ka transformatora noslodze sadales tīklā lauku apvidos ir salīdzinoši neliela, tāpēc sadales tīklos tiek uzstādīti transformatori ar pēc iespējas mazākiem tukšgaitas zudumiem. ST noteicis, ka tehnisko zudumu klasei atbilstoši standartam LVS EN 50464 jābūt C_0/B_k , kur C_0 apzīmē tukšgaitas zudumus, bet B_k slodzes zudumus. Zudumu līknes attēlotas 7.1 un 7.2 attēlā. Sadales transformatoros tiek izmantoti Dyn-11 tinumu slēguma grupas transformatori, bet transformatoros ar jaudu līdz 160 kVA - arī Yzn-11 tinumu slēguma grupas transformatori. Lielais burts tinumu slēguma grupas apzīmējumā apzīmē augstākā sprieguma puses tinuma slēguma grupu, mazie burti - zemākā (D-trīsstūra slēgums, Y-zvaigznes slēgums, N- ar iznestu neitrāles pievienojumu). Cipars aiz slēguma grupas norāda vienas fāzes sprieguma vektoru nobīdi starp augstākā un zemākā sprieguma pusēm. Transformatoriem ar jaudu līdz 400 kVA īsslēguma spriegums nedrīkst pārsniegt 4%, bet lielākas jaudas transformatoriem - 6%.



7.1. attēls. Transformatoriem pieļaujamie tukšgaitas zudumi



7.2. attēls. Transformatoriem pieļaujamie slodzes zudumi

Vispārējās ekspluatācijas prasības sadales transformatoriem

Lai nodrošinātu sadales transformatoru ilgstošu un drošu darbību, ekspluatācijas gaitā jāievēro normētā temperatūra, slodze un spriegumi, jāievēro eļļas kvalitātes normas un izolācijas parametri, kā arī jāuztur kārtībā aizsardzības un eļļas dzesēšanas ierīces un pakāpju slēdzis. Eļļas temperatūra transformatora augšējās slāņos nedrīkst pārsniegt +95°C atzīmi. Šim nolūkam lielākajā daļā KTA uzstādītie transformatori ir aprīkoti ar termo aizsardzību, kas pārkaršanas gadījumā atslēdz transformatoru no tīkla. Sadales transformatoriem pieļaujama ilgstoša pārslodze līdz 5%, ja nozarojuma spriegums nav augstāks par nominālo. Pieļaujams arī ilgstošs sprieguma paaugstinājums līdz 10%, ja slodze nav augstāka par nominālo. Transformatoru apakšstacijās, kurās paralēli darbojas vairāki transformatori, svarīgi ievērot transformatoru paralēlas darbības nosacījumus:

- transformatoru savienojuma grupām jābūt vienādām;

- transformācijas koeficienti nedrīkst atšķirties par vairāk nekā $\pm 0,5\%$;
-
- transformatoru īsslēguma spriegumi nedrīkst atšķirties no to vidējās aritmētiskās vērtības vairāk par $\pm 10\%$;
- nominālo jaudu attiecība nedrīkst pārsniegt 1:3;
- pēc slēgšanas paralēli jāpārbauda slodzes sadalījums starp transformatoriem visās fāzēs.

Ražotāja norādītās sadales transformatoru ekspluatācijas instrukcijas vienmēr ir svarīgākas par sadales tīklu uzņēmumu ekspluatācijas instrukcijām. Atbilstoši ST instrukcijām katru gadu jāveic transformatoru apakšstaciju apskates. Ja transformatoru apakšstacijā ir uzstādīts arī jaudas slēdzis, tad pārbaude jāveic 2 reizes gadā. Ja nepieciešams, vienu reizi 9 gados jāveic transformatoru punktu uzturēšanas remonts. Ievedot transformatoru ekspluatācijā, jāveic transformatoru izolācijas pretestības, slodzes un sprieguma mērīšana. Pieslēdzot jaunus patērētājus, slodzes un sprieguma mērījumus veic maksimālās slodzes laikā, tos fiksējot transformatora pasē. Transformatora pasē tiek norādīti iekārtas tehniskie dati, izlādņu tips, zemējumu mērījumu rezultāti, slodzes un sprieguma mērījumi, pieslēgtā jauda.

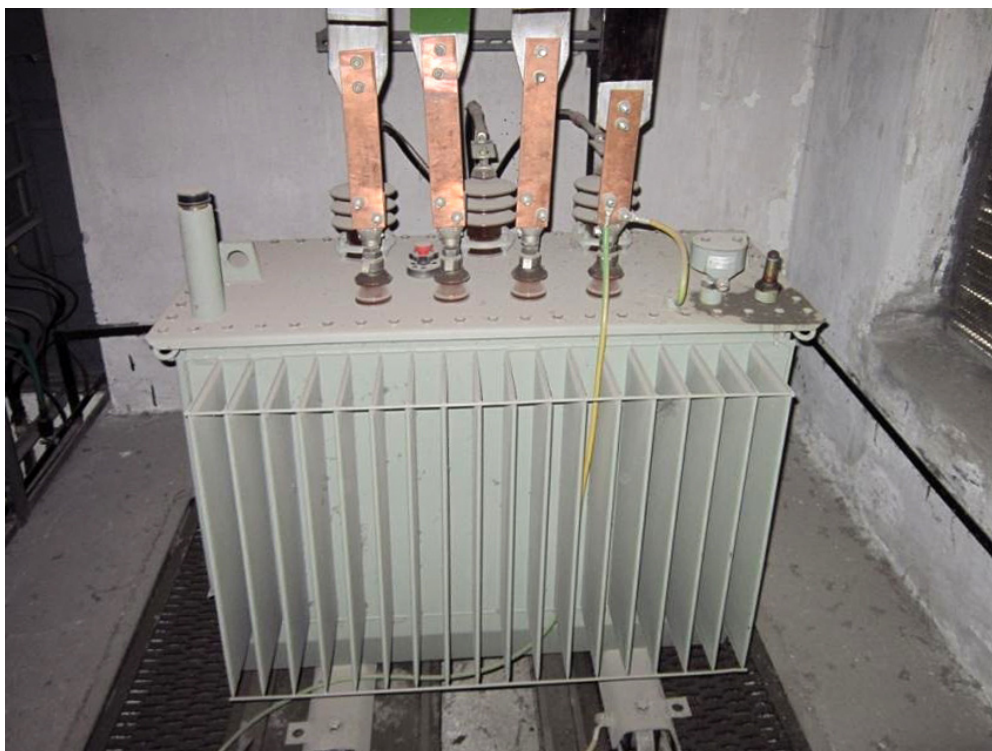
Tā kā transformatoru paredzamais lietošanas ilgums ir 40 – 50 gadi, tad arī apkārtējā vide un klimatiskie apstākļi liek noteikt tiem īpašas prasības. Latvijas sadales tīklos transformatoriem jāspēj darboties pie apkārtējās vides temperatūras no -40° līdz $+40^{\circ}$ C. Lieljaudas transformatoriem (>1000 kVA), kas tiek uzstādīti tikai KTA vai ēkās iebūvētās apakšstacijās visbiežāk kā darba vides temperatūra tiek norādīta -30° līdz $+40^{\circ}$ C. Ārpus telpām uzstādītajiem transformatoriem jābūt karsti cinkotiem, jo praksē pierādīts, ka krāsotie transformatori pēc salīdzinoši neliela kalpošanas laika āra apstākļos sāk rūstēt.

Transformatori ar eļļas pildītu tvertni

Sadales tīklos pamatā tiek lietoti ar eļļu pildītie transformatori. Eļļa šajos transformatoros pilda izolācijas un siltumnesēja funkciju. Ekspluatācijā līdz šim brīdim plaši izmantoti ir transformatori ar eļļas izplešanās tvertni (attēls 7.3.), bet nākotnē plānots izmantot tikai hermētiskos eļļas transformatorus ar dabīgo gaisa un eļļas cirkulāciju (ONAN sistēma). Šobrīd sadales tīklā ekspluatācijā ir eļļas transformatori jaudu diapazonā no 10 līdz 4000 kVA. Vecie ekspluatācijā esošie 20 kV transformatori ražoti gan bijušās PSRS, gan bijušās Dienvidslāvijas un Vācijas teritorijās, bet visi vecie 10 kV transformatori ražoti tikai bijušās PSRS teritorijā.



7.3. attēls. Sadales transformators. 1-Eļļas izplešanās tvertne (konservators), 2-augstsprieguma izvadi, 3- zemsprieguma izvadi, 4- metāla tvertne ar dzesēšanas ribām



7.4. attēls. Eksploatācijā esošs hermētiski noslēgts eļļas transformators bez eļļas izplešanās tvertnes pirms putekļu tīrīšanas darbiem

1 kV transformatori

Kopš 2008. gada Latvijas sadales tīklos tiek lietoti transformatori elektriskās jaudas transformēšanai no 20 kV uz 1 kV līmeni un no 1 kV uz 0.4 kV, kas tiek izmantoti lauku tīklos līdz 6 km attālu lietotāju elektroapgādei, lai samazinātu elektroenerģijas zudumus, sprieguma kritumu un nodrošinātu normatīviem atbilstošu sprieguma kvalitāti. Kopskaitā šobrīd uzstādīti vairāk kā piecdesmit 20/1 kV, 1/0.4 kV un 20/1/0.4 kV transformatori 23 objektos ar jaudu no 16 kVA līdz 160 kVA. 1 kV tīklos izmantoto transformatoru jaudu skala parādīta tabulā 7.1.

Tabula 7.1.

1 kV sistēmā izmantoto transformatoru skala

Transformatora sprieguma līmeņi	Transformatora nominālā jauda
20/1 kV	30, 50 kVA
1/0,4 kV	16, 30, 50 kVA (eļļas); 16, 30 kVA (sausie)
20/1/0,4 kV	63, 100, 160 kVA

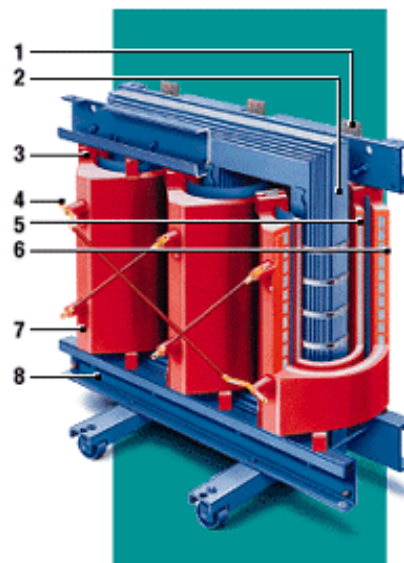


7.5. attēls. 20/1/0,4 kV 160 kVA transformators. Attēlā redzami 20 kV sprieguma izvadi (1), 1 kV un 0,4 kV sprieguma izvadi (2), stiprinājumi transformatora nostiprināšanai balstā (3), transformatora celšanai paredzētās skavas (4)

Sausie transformatori

Sadales tīklos uzstādīts neliels skaits sauso transformatoru. Šo transformatoru būtiskākā priekšrocība ir ugunsdrošība, jo netiek izmantota transformatoru eļļa. Kā šo transformatoru trūkumu var minēt augstās prasības telpai, kurai jābūt ar labu ventilāciju. Lielas jaudas transformatori bez metāla korpusa rada elektromagnētiskos traucējumus un pie vienāda zudumu līmeņa ir salīdzinoši - par aptuveni 30% - dārgāki par transformatoriem ar eļļas pildītu tvertni. Šī iemesla dēļ sausie transformatori tiek uzstādīti tikai vietās, kur to prasa ugunsdrošības noteikumi (iestāžu ēkās, tirdzniecības centros) vai, lai iegūtu labāku tehnisko risinājumu ar mazākām kopējām TA izmaksām. Piemēram, nelielas jaudas KTA ar 6,10,16,30 KVA transformatoriem.

1. Zemākā sprieguma izvadi
2. Serde
3. Elastīgās starplikas vibrāciju slāpēšanai
4. Augstākā sprieguma izvadi
5. Zemākā sprieguma tinums
6. Augstākā sprieguma tinums
7. Epoksīda sveķu izolācija
8. Jūga spriegotājraimis un pamatne ar ritentiņiem



7.6. attēls. Trīsfāzu epoksīda izolācijas transformatora uzbūve

Atbilstoši ST instrukcijām sauso transformatoru uzstādīšanas vietā apkārtējās vides gaisa mitrums nedrīkst pārsniegt 90%, gaisa temperatūra nedrīkst būt zemāka par -60°C un augstāka par $+40^{\circ}\text{C}$, kā arī transformators nedrīkst atrasties tiešos saules staros. Šie apstākļi var kaitēt epoksīda sveķu izolācijai. Sausajos transformatoros, kuru tinumi slēgti shēmā Yyn, strāva neitrālē nedrīkst pārsniegt 25% no nominālās fāzes strāvas. Sausajiem transformatoriem pēc vajadzības, bet ne retāk kā 1 reizi 6 gados apskates laikā jāveic to tīrīšana un kontaktsavienojumu pārbaude.

Jaunākās tendences sauso transformatoru ražošanā liecina, ka, lai samazinātu sauso transformatoru tukšgaitas un slodzes zudumus, ražotāji arvien pilnveido to tehniskos parametrus. Transformatoru magnētiskās serdes izgatavošanai paredzētā tērauda ražošanas tehnika (tiek izmantots amorfa tērauds) ļāvusi samazināt tukšgaitas zudumus līdz pat 70%.

Neitrāles transformatori

Kā īpašu kategoriju iespējams izdalīt neitrāles transformatorus (NT), kas tiek izmantoti dzēsīspuļņu pieslēgšanai 110/20 kV apakšstacijās, lai zemesslēguma gadījumā kompensētu vīdsprieguma tīkla radīto zemesslēguma strāvu. Neitrāles transformatora jauda parasti ir līdz 1600 kVA, slēguma grupa YNd-11. Pieaugot zemesslēguma strāvām, 20 kV tīklā atsevišķos gadījumos lieto arī lielākas

jaudas NT. Pieļaujamie tukšgaitas zudumi šādiem transformatoriem ir 1100 W, bet slodzes zudumi - 9500 W. Zemākā sprieguma pusē slodze netiek pieslēgta. Dzēsšpole un aktīvā pretestība tiek pievienota NT augstākā sprieguma tinuma neitrāles izvadam, neitrāles transformatoru īpatnība - augstākā sprieguma pusē tinumu neitrāles izvadīšanai tiek izmantots identisks izolators kā fāzes pievienojumos.

Kompensējošie transformatori

Pieaugot kabeļu garumam, 20 kV tīklos arvien pieaug kapacitatīvās strāvas lielums. Apakšstacijās uzstādītās dzēsšpoles vairs nespēj kompensēt tīkla kapacitāti, tāpēc kā viens no risinājumiem ir kompensējošo transformatoru uzstādīšana tieši klienta elektroiekārtu barojošā KTA, tā apvienojot divas funkcijas; jaudas padevi un kabeļa radītās kapacitatīvās strāvas kompensāciju. Šajos transformatoros iebūvētā Petersena spole ir jauns izgudrojums, kas pagaidām spēj kompensēt līdz 15A strāvu jeb aptuveni 6 km garu 20 kV kabeļlīnijas posma radīto kapacitatīvo strāvu. Pašlaik ražotāji piedāvā kompensējošos transformatorus ar slēguma grupām ZNyn11+d un ZNzn0 un jaudu diapazonu no 100 līdz 315 kVA, kas pamatā konstruēti Skandināvijas valstu tīklam, kuros, atšķirībā no Latvijas, vīdsprieguma tīkla zemesslēgums tiek nekavējoties atslēgts.



7.7. attēls. Kompensējošais transformators. Tā apakšdaļā iebūvēts kompensējošais tinums

Transformatoru attīstības nākotnes tendences

Pieaugot elektroenerģijas cenām, visā pasaulē tiek meklēti risinājumi elektroenerģijas taupīšanai. Viens no līderiem šajā jomā ir Eiropas Savienība, kas noteikusi mērķi līdz 2020. gadam samazināt

elektroenerģijas patēriņu par 20 %. Pieaugošā elektroenerģijas pieprasījuma laikā to iespējams samazināt, lietojot energoefektīvākas elektroiekārtas, tajā skaitā sadales transformatorus. Izstrādes stadijā ir jauna direktīva, kas noteiks eko dizaina prasības transformatoriem. Tās mērķis ir samazināt pieļaujamos transformatoru tukšgaitas un slodzes zudumu līmeņus Eiropā lietotajiem transformatoriem. Plānots, ka no 2014. gada sadales transformatoriem ar jaudu mazāku vai vienādu ar 630 kVA jaunajos iepirkumos zudumu līmenis būs jānorāda ne sliktāks kā A_0C_k , bet lielākas jaudas transformatoriem A_0A_k . Salīdzinājumam jāatzīmē, ka šobrīd ST iepērk transformatorus ar zudumu klasi C_0B_k . Vēl krasāki ierobežojumi tiek plānoti no 2018. gada, kad transformatoriem ar jaudu mazāku vai vienādu ar 630 kVA pieļaujamais zudumu līmenis būs $A_0(-20\%)C_k$, bet lielākas jaudas transformatoriem $A_0(-20\%)A_k$. Tas nozīmē, ka tukšgaitas zudumu līmenis būs jānodrošina par 20% mazāks, nekā šobrīd standartā noteiktajai augstākajai klasei A_0 . Plānots, ka, ievērojot šos kritērijus, pēc pesimistiskākā scenārija jau no 2025. gada ik gadu tiks ietaupītas 11,5 TWh elektroenerģijas.

Tehnoloģiskais līmenis jau šobrīd ļauj izgatavot transformatorus, kas nodrošina tukšgaitas zudumus atbilstošus klasei $A_0-50\%$. Tas tiek panākts, uzlabojot transformatora serdes konstrukciju un izmantojot amorfā tērauda ļoti plānu serdes materiālu. Tiek piedāvāti sausie transformatori ar samazinātiem tukšgaitas vai slodzes zudumiem. Veicot transformatora dzīves cikla izmaksu analīzi, lietotājam jānovērtē, kāds transformators ir nepieciešams. Vietās ar mazu transformatora noslodzi jāizvēlas transformators ar samazinātiem tukšgaitas zudumiem, bet, ja transformatora noslodze ir lielāka, jāizvēlas transformators ar samazinātiem slodzes zudumiem.

Latvijas laukos transformatoru gada vidējā noslodze ir salīdzinoši neliela - līdz 20 % no nominālā uzstādītās jaudas. Šī iemesla dēļ nākotnē būtu vēlams izmantot transformatorus ar mazākiem tukšgaitas zudumiem. Pilsētās transformatoru noslodze ir augstāka. Pareiza lēmuma pieņemšanai jāveic rūpīga tehniski ekonomiskā analīze, ievērojot to, ka tukšgaitas zudumu līmenis ir konstants 8760 stundas gadā, bet slodzes zudumi atkarīgi no transformatora noslodzes strāvas kvadrātiskās funkcijas.

Transformatoru ekspluatācija

Transformatoru punktu periodiskās apskates notiek vismaz 1 reizi gadā, to laikā tiek novērtēts arī sadales transformatoru stāvoklis. Pēc ikgadējām transformatoru apskatēm nepieciešamības gadījumā tiek veikta izolācijas tīrīšana un papildināts eļļas līmenis transformatoros. Pēc jaunu transformatoru nodošanas ekspluatācijā vai to remonta tiek veikti transformatoru slodzes un sprieguma mērījumi, kas tiek fiksēti katra transformatoru punkta pasē. Mainoties transformatoru punkta slodzei, izmantojot transformatoru pakāpjslēdzi, tiek ieregulēts nepieciešamais transformācijas koeficients, lai nodrošinātu normatīviem atbilstošu sprieguma līmeni klientiem. Sezonāli tiek izvērtēta nepieciešamība ieslēgt paralēlā darbībā vairākus transformatorus tajās transformatoru apakšstacijās, kur tas ir iespējams. Transformatoru remonts notiek ne retāk kā reizi 9 gados.

Jautājumi paškontrolei

1. Kādas ir sadales transformatoru funkcija sadales tīklos ?
2. Kāda veida zudumi ir sadales transformatoriem?

3. Kas ir pakāpjslēdzis un kādam nolūkam tas paredzēts?
4. Kādi ir vairāku transformatoru paralēlas darbības nosacījumi?
5. Kādas transformatoru tinumu slēgumu grupas tiek izmantotas sadales transformatoriem?
6. Kur izmanto 1 kV transformatorus?
7. Kur izmanto sausus transformatorus?

8. Elektrotīkla pārsprieguma aizsardzība un tās ekspluatācija

Latvijas sadales tīklos lietojamās pārsprieguma aizsardzības elementus izvēlas un testē atbilstoši starptautiskajiem, Eiropas un Latvijas standartiem. Izvēli veic saskaņā ar standarta LVS EN 60099 „Izlādņi”, LVS EN 60071 “Izolācijas koordinēšana”, LEK 042-1 „Pārspriegumu aizsardzība vīdsprieguma elektrotīklos” un LEK 042-2 „Pārsprieguma aizsardzība zemsprieguma elektrotīklos” noteiktajām prasībām. Pārsprieguma aizsardzība vienmēr realizējama kopā ar zemējuma sistēmas izveidi un to prasības savstarpēji koordinējamās.

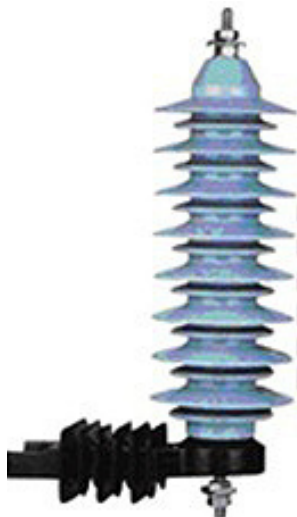
Elektroiekārtu ekspluatācijas laikā dažādu iemeslu dēļ var rasties spriegumi, kas pārsniedz elektroietaišu ražotāja noteikto darbības spriegumu. Šādu spriegumu sauc par pārspriegumu un tas var būt ārējais vai iekšējais pārspriegums. Uz elektroietaisies izolāciju pārsprieguma laikā iedarbojas vairāki nevēlami fizikāli procesi: paaugstināta temperatūra, palielināts mitrums, lielas elektromagnētiskas un mehāniskas slodzes, kas savukārt samazina izolācijas izturību vai izveido 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 gadījumos. 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:

- **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;
- **izlādnis** – ierīce elektroiekārtu aizsardzībai pret lieliem pārspriegumiem, kā arī pavadstrāvas plūšanas ilguma un bieži arī amplitūdas ierobežošanai;
- **metāloksīda izlādnis bez dzirksteļspraugām** – izlādnis, kura konstrukcijā ir virknē un/vai paralēli savienoti metāloksīda nelineārie rezistori, kuriem virknē vai paralēli nav dzirksteļspraugas;
- **ventiļizlādnis** – izlādnis, kas sastāv no nelineāriem rezistoriem un dažkārt ar tiem virknē slēgtām dzirksteļspraugām;
- **cauruļizlādnis** – izlādnis ar lokdzēses kameru, kurā strāvu pārtrauc no kameras loka iedarbībā izdalītās gāzes (šobrīd sadales tīklos neuzstāda).

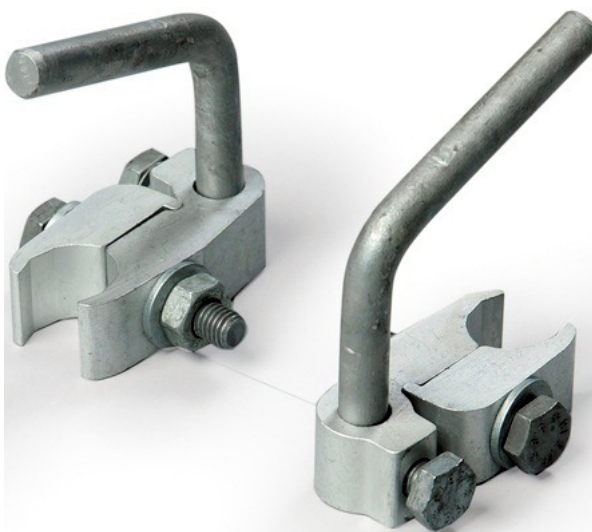
Ventiļizlādņu ekspluatācijas laikā jāievēro, ka pēc 15 – 20 gadiem to voltampēru raksturlīknes pasliktinās par ~ 20 %, un voltsekunžu raksturlīknes pasliktinās par ~ 15 %, kas, savukārt, noved pie apmēram divreiz lielākas iekārtu pārsprieguma aizsardzības pasliktināšanās. Arī cauruļizlādņu pārsprieguma aizsardzības īpašības ekspluatācijas laikā izmainās, jo tiem nodilst gāzģenerējošā

caurule un tie nespēj nodzēst zibens izlādes pavadošo strāvu. Šo iemeslu dēļ pārspreiguma aizsardzību ar ventiļizlādņiem vai cauruļizlādņiem jaunizbūvētās vai rekonstruējamās iekārtās un ietaisēs vairs nelieto. Rekonstrukcijas vai ekspluatācijas laikā izlādņus, kuriem laika gaitā mainījušās darbības raksturīpašības, jānomaina ar atbilstošiem metāloksīda izlādņiem.

Jāpiezīmē, ka visbiežāk pārspreiguma aizsardzībai izmanto metāloksīda izlādņus (attēls 8.1.) vai dzirksteļspraugas (attēls 8.2.) Metāloksīda izlādņus pirms uzstādīšanas un ekspluatācijas laikā nepārbauda.



8.1. attēls. Metāloksīda izlādņis pārspreiguma aizsardzībai



8.2. attēls. Dzirksteļspraugas rāgi 20kV izolētu vadu līnijām

Kārtējo apskaušu laikā novēro, vai nav notikusi izolācijas bojāšanās un paliekošas (melnas) pēdas no elektriskā loka iedarbības. Izlādņiem jābūt pastāvīgi pieslēgtiem, bet to atslēgšana pieļaujama tikai remonta un profilaktisko pārbaužu vajadzībām, un to izdara 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. Zemētāja aktīvai pretestībai 20 kV elektrolīniju gadījumā jāatbilst tabulā 8.1. uzrādītajām pretestībām.

Tabula 8.1.

Zemētāja aktīvā pretestība 20 kV elektrolīnijām

Grunts īpatnējā pretestība ρ , (Ωm)	Līdz 100	100-500	500-1000	1000-5000	Lielāka par 5000
Zemētāja aktīvās pretestības lielākā vērtība R_z , (Ω) 10		15	20	30	$6 \times 10^{-3} \rho$

Sadales tīklu ekspluatējošās organizācijas rīcībā jābūt atzīmēm shēmās par pārsprieguma aizsardzības elementu izvietojumu vietām, kā arī jābūt aprēķinātām un uzzīmētām zibensnovedēju, prožektoru mastu, augstu metāla un dzelzsbetona konstrukciju, kā arī ēku un būvju aizsardzības zonām, kurās ir sadales ietaišu strāvu vadošās daļas.

Pārsprieguma aizsardzība obligāti nepieciešama gaisvadu līniju izvados no 110/20 kV apakšstacijas, kā arī 110kV un 330kV 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 u.c. 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, izņemot to remonta un pārbaužu laikā, (attēls 8.3.). Pārbaudes veicamas vienlaikus ar aizsargājamās elektroietaisies remontu vai pārbaudi. Pārbaužu 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.



8.3. attēls. GVL pārsprieguma aizsardzība ar izlādņiem (1)

Lai samazinātu sprieguma nesimetriju, jāizlīdzina fāžu kapacitātes attiecībā pret zemi, veicot fāžu transpozīciju (attēls 8.4.). Minētajā attēlā redzams, kā priekšplānā esošā balsta fāžu izvietojums mainās laidumā, un tālāk esošajā balstā fāžu izvietojums ir mainīts. Lai nerastos bīstami neitrāles nobīdes spriegumi, elektrolīniju komutāciju (pieslēgšanu un atslēgšanu) veic visām fāzēm reizē.



8.4. attēls. GVL transpozīcija kapacitātes pret zemi izlīdzināšanai

6kV – 20kV tīklos, kuros pastāv ferorezonances vai patvaļīgas neitrāles izbīdes iespējamība, veic pasākumus to novēršanai.

Gadījumos, kad netiek izmantoti transformatoru zemākā sprieguma tinumi, tos saslēdz zvaigznē vai trīsstūrī un aizsargā no pārspriegumiem. Neizmantoto zemākā sprieguma tinumu jāaizsargā ar izlādņiem, pieslēdzot tos katrai fāzei, ja zemākā sprieguma tinums novietots starp augstāka sprieguma tinumiem. Šādam zemākā sprieguma tinumam aizsardzība nav nepieciešama, tam pastāvīgi pieslēdzot vismaz 30 m garu kabeļu līniju.

Citos gadījumos transformatora zemākā un vidējā sprieguma neizmantoto tinumu pārsprieguma aizsardzībai katras fāzes izvadā pieslēdz izlādņus vai iezemē vienu fāzi vai neitrāli. Elektrodzinējus, kuri pieslēgti VS tīklam aizsargā ar izlādņiem, ja eļļas slēdžus nomaina ar vakuuma vai elegāzes slēdžiem.

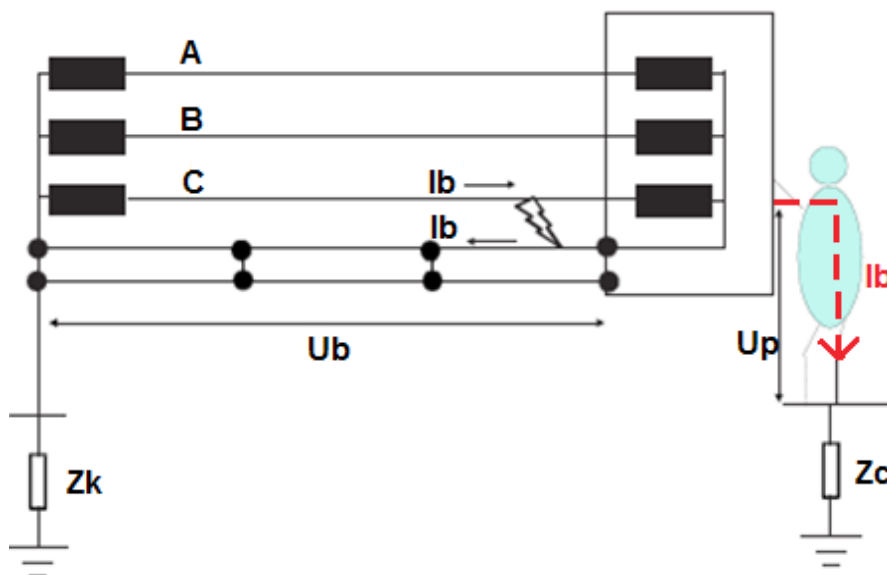
Jautājumi paškontrolei

1. Kādos gadījumos lieto pārsprieguma aizsardzību?
2. Kādi pārsprieguma aizsardzības veidi pastāv?
3. Kādā veidā notiek pārsprieguma dzēšana?
4. Kādam nolūkam izmanto transpozīciju un kā to realizē?
5. Kādi ir galvenie darbi pārsprieguma aizsardzības ekspluatācijā?
6. Kas liecina, ka pārsprieguma aizsardzība ir nostrādājusi?

9. Elektrotīkla zemējumietais un to ekspluatācija

Zemējuma sistēmu 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. Zemējumietaisi izbūvē 110/6-20kV apakšstacijās, pie elektrolīniju komutācijas aparātiem (atdalītājiem, slodzes slēdžiem un jaudas slēdžiem), SP/FP, ZS līnijās (atkārtotie zemējumi) un pie mājas ievada sadales. Elektroietaisi jāzemē vai jānullē, lai izolācijas bojājuma gadījumā nepieļautu bīstama pieskārsprrieguma parādīšanos uz elektroietaišu atklātajām korpusa daļām, kas var apdraudēt cilvēku un mājdzīvnieku elektrodrošību un dzīvību (attēls 9.1.). Bojājuma gadījumā strāva plūst pa mazākās pretestības ceļu uz zemējuma kontūru (attēls 9.2.), kura pretestība ir daži omi, savukārt cilvēka pretestība ir vairāki tūkstoši omi.

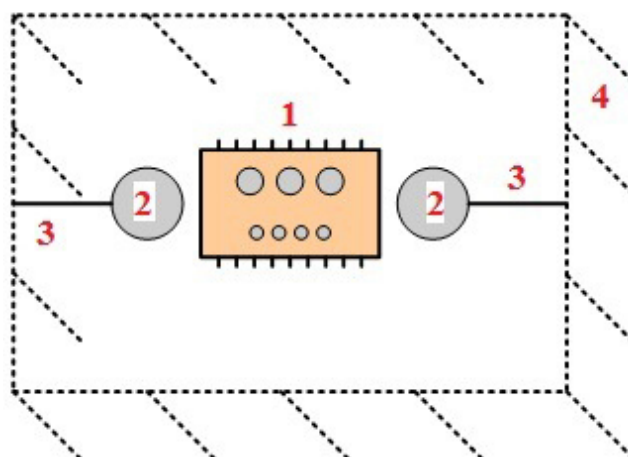
Zemējuma ietaises bojājuma gadījumā vai pie zemējuma vadītāja pārtraukuma bojājuma strāvas vienīgais noplūdes ceļš uz zemi ir caur cilvēka ķermeni, kas nav pieļaujams. Izbūvējot zemējuma ietaisi, jāraugās, lai tās pretestība atbilstu noteiktām vērtībām. Latvijas sadales tīklos zemējuma ietaises izbūvē un testē atbilstoši starptautiskajiem, Eiropas un Latvijas standartiem. Izvēli veic saskaņā ar LVS EN 50522 „Maiņstrāvas elektroietaišu ar nominālo spriegumu virs 1 kV zemēšana”, LVS EN 50164-2 “Zibensaizsardzības komponenti. 2. daļa: Prasības vadītājiem un zemētājiem”, LVS HD 384 „Izbūves noteikumi lietotāju elektroietaisēm līdz 1kV. 5-54. daļa: Elektroiekārtu izvēle un uzstādīšana. Zemēšanas pasākumi un aizsargvadi” un LEK 048 „Elektroietaišu zemēšana un elektrodrošības pasākumi. Galvenās tehniskās prasības” noteiktajām prasībām.



9.1. attēls. Pieskarsprieguma parādīšanās uz elektroietaisē korpusa, kur I_b – bojājuma strāva, U_b – bojājuma spriegums, U_p – pieskarspriegums, Z_k – zemējuma kontūra pilnā pretestība, Z_c – cilvēka pilnā pretestība

Visām zemējuma ietaisēm jābūt dokumentācijai par pieņemšanu ekspluatācijā, kurā norāda zemējumietaisē izpildzīmējumu, veiktās pārbaudes un to rezultātus. Izveidojot zemējuma ietaises, jāņem vērā vairāki nosacījumi:

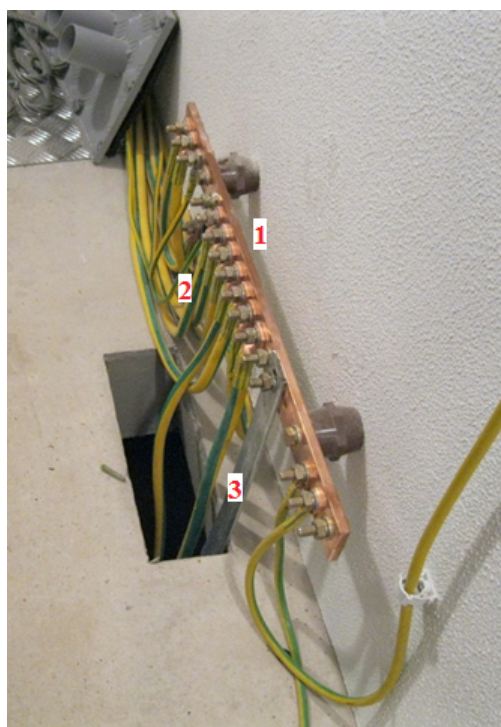
- visi zemējamie elementi jāpievieno pie zemētāja vai zemētājmaģistrāles ar atsevišķu zemētājvadu. Nav pieļaujams savienot virknē vairākus zemējamus elementus un tad veikt to pievienošanu pie zemētāja;
- zemējamās vai zemētājietaisē elektrisko kontaktu veido, tās sametinot, saskrūvējot vai savienojot ar speciālām spailēm, (attēli 9.3. un 9.4.);
- zemētājvadi jāaizsargā pret koroziju;
- jāparedz atbilstošs zemētājvadu apzīmējums pie zemētājvadu ievada vietām būvēs;
- rekonstruējot vai izbūvējot zemētājsistēmas, tās jāizbūvē atbilstoši TN-S vai TN-C-S zemējuma sistēmas izveidošanas prasībām saskaņā ar standartu LVS HD 60364 „Zemsprieguma elektroietaisē”



9.2. attēls. Transformatoru apakšstacijas zemējuma kontūra izveidošana, kur (1) – transformators, (2) – balsts, (3) – zemētājvads, (4) – zemējuma kontūrs



9.3. attēls. Zemējuma kontūra savienojums ar transformatora neitrāli, kur (1) – zemētājvads no transformatora neitrāles, (2) – zemētājs, (3) – ZS uzskaites sadalne, (4) – ZS atejošā kabeļa metāla aizsargkārba



9.4. attēls. PEN vadu pievienojums zemējuma kontūram ar skrūvēm zemējumu pievienojumi KTA, kur (1) – vara zemējuma kopne, (2) – PEN vadi, (3) – plakandzelzs zemētājs
Zemējuma ietaišu pārbaužu periodiskums un veicamie darbi apkopti tabulā 9.1.

Tabula 9.1.

Zemētājietaišu pārbaudes periodiskums

Pārbaudes nosaukums		Periodiskums (ne retāk kā)*	Norādījumi	
Zemējumietaišu pretestības mērījumi	Visiem zemējumiem	Pēc montāžas, pārbūves vai remonta	Pretestībai jāatbilst pastāvošajām elektroietaišu ierīkošanas normām	
	Zemējumiem sadales ietaisēs ar spriegumu virs 1kV	1 reizi 6 gados		
	GVL ar spriegumu virs 1kV balstu zemējumiem	1 reizi 6 gados		Mēra balstiem ar atdalītājiem, izlādņiem, dzirksteļspraugām un citām elektroiekārtām (izlases veidā 2% no apdzīvotās vietās uzstādītiem zemētājiem balstiem). Vienlaicīgi jāpārbauda savienojums starp zemējumu un zemēto elementu.
	GVL ar spriegumu līdz 1kV atkārtotiem un pārsprieguma aizsardzības zemējumiem	1 reizi 6 gados. Pēc izbūves vai remonta. Tehniskais vadītājs var aizvietot šos mērījumus ar līnijas nullvada zemējumu kopējās pretestības mērīšanu.		Mainot termiņus vai aizvietojot šos mērījumus ar līnijas nullvada zemējumu kopējās pretestības mērīšanu, jāievēro zemējumu skaits un izvietojums, GL vadu stāvoklis u.c.
	GVL ar spriegumu līdz 1kV līnijas nullvada zemējumu kopējā pretestība	1 reizi 6 gados un pēc izbūves vai remonta		Mērot visus līnijas zemējumus, šīs līnijas nullvada zemējumu kopējā pretestība nav jāmēra
	TP zemējumiem	1 reizi 6 gados.		
	Zemējumiem ietaisēs ar spriegumu līdz 1kV	1 reizi 6 gados.		
Zemētāju stāvokļa pārbaude, tos atrodot		Nosaka tehniskais vadītājs	Zemētājs jāmaina, ja bojāts vairāk par 50% no tā sākotnējā šķērs griezuma	
Zemējuma ar zemēto elementu savienojuma ķēdi pārbaude		Vienlaicīgi ar zemējuma pretestības mērījumiem, kā arī pēc remonta	Pārbauda zemētājavadu un nullvadu, to savienojumu un pievienojumu stāvokli, šķērs griezumu un izturību. Nedrīkst būt redzami defekti. Metinājumu drošību pārbauda, sitot ar āmuru.	
Līdz 1kV kabeļu sadalnes, uzskaites sadalnes, atkārtotā zemējuma pretestības mērījumi		Pēc izbūves vai remonta	Rezultāti jāieraksta attiecīgā mērījumu protokolā.	

* Tehniskais vadītājs objektīvu iemeslu dēļ šo periodiskumu var mainīt

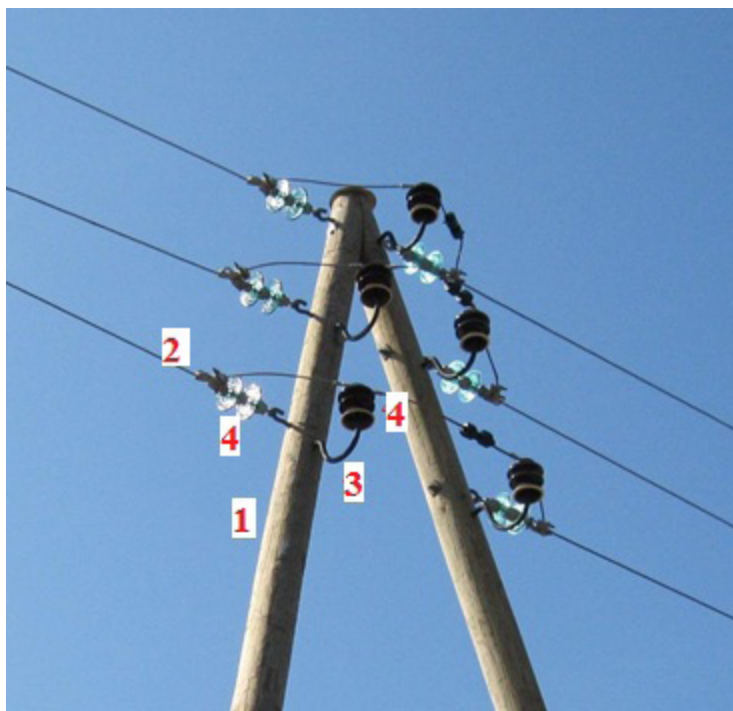
Jautājumi paškontrolei

1. Kas ir pieskarspriegums un kā tas rodas?
2. Kādi darbi jāveic, ekspluatējot zemējuma ietaises?
3. Kas veicams zemējuma sistēmas pārbaudes laikā?
4. Kāpēc vajadzīga zemējuma ietaises pārbaude, to atņemt?
5. Kā pārbauda metinājuma vietas kontakta stāvokli?

10. Gaisvadu līnijas ar spriegumu līdz 20kV un to ekspluatācija

GVL vadu un piekarkabeļu izvēli un testēšanu veic saskaņā ar 3. pielikumā dotajiem starptautiskajiem, Eiropas un Latvijas standartiem, bet līnijas izbūvē atbilstoši LEK 014 „0,4 kV gaisvadu elektrolīnijas galvenās tehniskās prasības” un LEK 015 „Vidsprieguma (6, 10, 20 kV) gaisvadu elektrolīnijas galvenās tehniskās prasības” prasībām.

Latvijas sadales tīklā vairāk kā 70% no tīkla garuma ir gaisvadu līnijas. Lai arī turpmākajos gados pieaugs kabeļu līniju īpatsvars, gaisvadu līnijas būs jāekspluatē vēl vairākus desmitus gadu. 0,4kV un 20kV GVL izbūves pamatelementi ir balsti, izolatori, kāši un vadi (attēls 10.1.).



10.1. attēls. 20kV GVL ar kailvadu, kur 1 – A veida starpbalsts, 2 – kailvads, 3 – kāsis, 4 – izolators

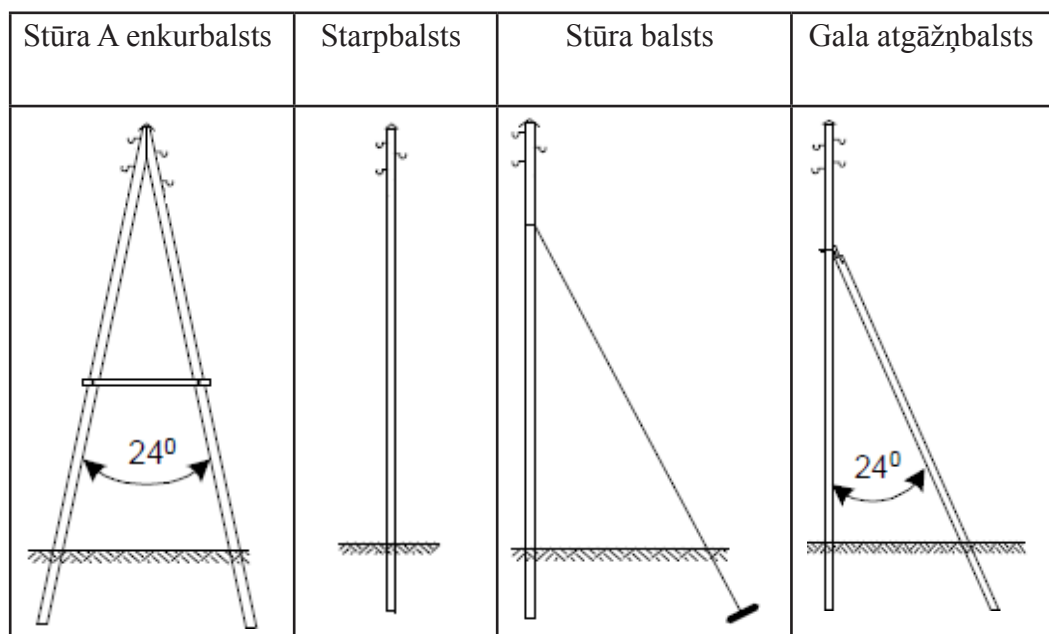
Attiecīgo balsta veidu izvēlas, ņemot vērā līnijas izbūves vajadzības. Visus balstus iedala divās pamatgrupās:

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

No enkurbalstiem un starpbalstiem tiek atvasināts:

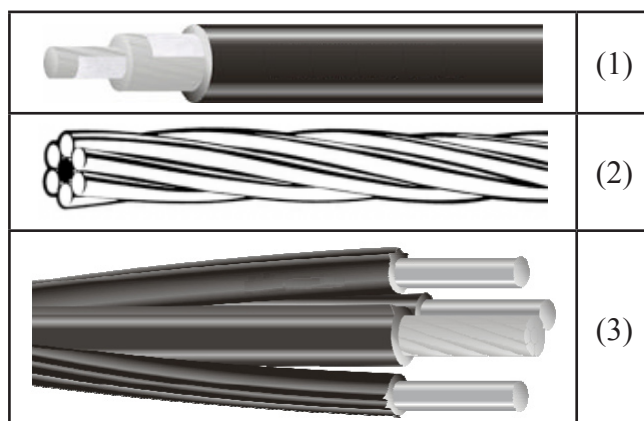
- stūra balsts – uzstāda GVL virzienmaiņas punktos. Var būt gan enkurbalsts, gan starpbalsts;
- gala balsts – uzstāda GVL galos vienpusēja vada spriegojuma uzņemšanai;
- nozarojuma balsts – uzstāda GVL nozarojuma izveidei. Var būt gan enkurbalsts, gan starpbalsts. Attiecībā pret nozarojuma līniju balsti abos nozarojuma galos ir gala balsti;
- krustojuma balsts – uzstāda divu dažāda virziena GVL krustošanās vietās.

Konstruktīvi balsts var būt veidots kā vienstatņa balsts, atsaišbalsts, atgāžņbalsts, balsts ar diviem atgāžņiem, šauras bāzes balsts ar diviem atgāžņiem (saspiesti apstākļiem), A balsts, šauras bāzes A balsts (saspiesti apstākļiem) un trīsstatņu balsts (attēls 10.2.).



10.2. attēls. Dažādi balstu veidi

GVL līdz 20kV spriegumam izbūvē ar kailvadiem vai ar izolāciju pārklātiem vadiem. Ar izolāciju pārklātos ZS vadus sauc par piekarkabeli, kas ir samērā plaši izmantots elektroenerģijas vadītājs sadales tīklos. GVL vadu tipi parādīti attēlā 10.3. GVL konstruktīvais izpildījums atkarībā no izmantoto vadu tipa parādīts attēlos 10.4. un 10.5. Izbūvējot EPL ar spriegumu līdz 1kV, piekarkabeli iekar ar speciālu stiprinājumu palīdzību (attēls 10.3.).



10.3. attēls. Pārklāts maiņstrāvas vids sprieguma GVL vads (1), GVL kailvads (2), ZS piekarkabelis (3)

Pēc GVL pieņemšanas ekspluatācijā visām līnijām ir jābūt līnijas pasei, digitālā formā iesniegtam līnijas trases izpildmērījumam, GVL šķērsojuma vietu aktiem ar citu EPL vai citām inženierkomunikācijām, GVL vadu nokares un gabarītu mērījumu protokoliem, zemējuma ietaišu pretestību mērījumu protokoliem, cilpas „fāze-nulle” pretestības mērījumu protokoliem, balstu, pastabu pasēm vai sertifikātiem, ja tos piegādā darbuzņēmējs. Katras GVL līnijas dokumentācijā jābūt vienlīnijas shēmai, kurā 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. Vienlīnijas shēmā jāparāda aprēķinātais sprieguma kritums lietotājiem pie atļautās slodzes, izmērītai īsslēguma strāvas vērtībai līnijas galos un posmos, kas aizsargāti ar drošinātājiem vai automātiem.

GVL līnijas ekspluatācijas laikā vislielākās grūtības sagādā balstu pūšana zemes līmenī un līdz 40cm dziļumā zem zemes. Bieži vien pūšanas intensitāte nosaka līnijas mūža garumu, tāpēc atsevišķos gadījumos izmanto pastabu tehnoloģiju, kad balsta mehāniskā izturība tiek pastiprināta ar pastaba ierakšanu blakus pūstošajam balstam. Balstiem, kuru mehāniskā izturība ir pietiekama, pēc 20 gadu ekspluatācijas, izvērtējot lietderību, izveido impregnētas bandāžas uzsējumu ap balsta daļu zemē līdz 40cm dziļumā. Šādas tehnoloģijas lietošana nodrošina vienmērīgu balsta nolietošanas visā tā garumā.

Vadus turošie kāši, kuri ieskrūvēti balstā, ar laiku mēdz izkrist no balsta zemesslēguma iedarbības vai koksnes īpašību izmaiņu dēļ. Uz kāšiem piestiprinātajiem izolatoriem tiek stiprināti vadi ar dažādiem uzsējuma veidiem.



10.4. attēls. 1kV GVL ar piekarkabeli un 1/0.4kV TA balstā



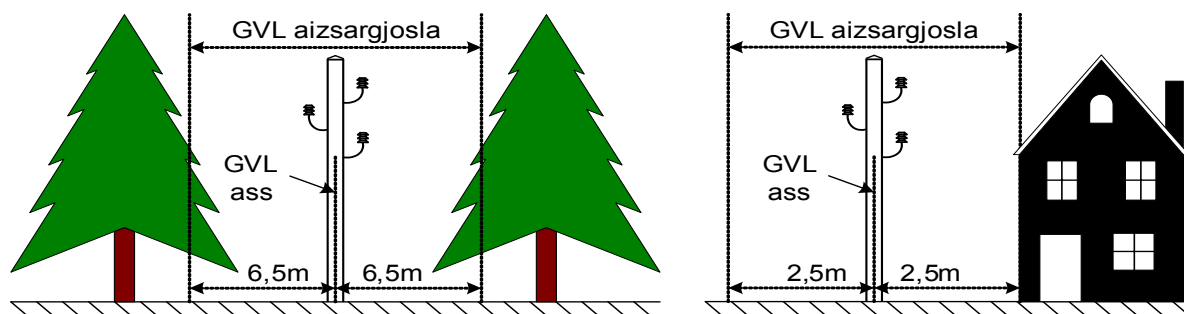
10.5. attēls. 20kV GVL ar izolētu vadu (SAX, PAS)

Visas jaunizbūvējamās vai rekonstruējamās GVL būvē saskaņā ar GVL (elektroietaises) valdītāja izdotajiem tehniskajiem noteikumiem, kuros nosaka līnijas izbūvei izvirzāmās prasības. Pēc tehnisko noteikumu saņemšanas GVL pasūtītājs sagatavo projektēšanas uzdevumu projektēšanas organizācijai. Projektējot GVL, jāņem vērā Latvijas likumi un Ministru kabineta noteikumi šādu objektu izbūvē un aizsargjoslu noteikšanā. GVL izbūve notiek saskaņā ar izstrādāto projektu. Pēc līnijas izbūves pasūtītājs veic līnijas pārbaudi un pieņem to ekspluatācijā, sagatavojot pasūtītāja noteikto dokumentāciju.

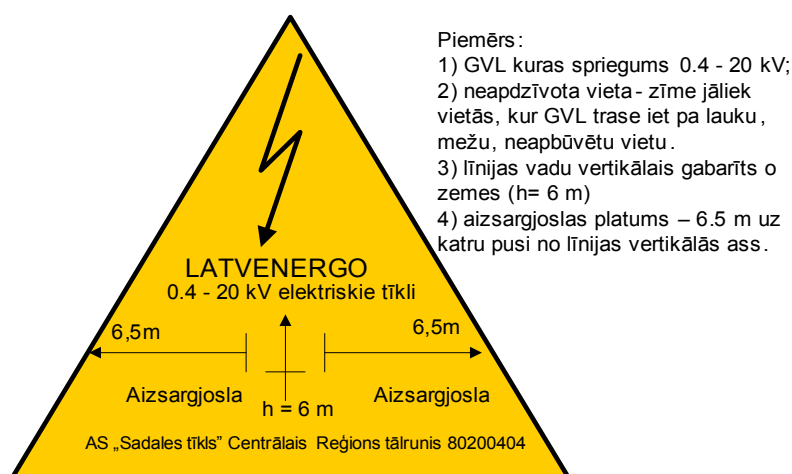
Izbūvējot līniju, jāievēro minimālie vertikālie attālumi no līnijas vada līdz koku un krūmu vainagiem:

- 1 m (0,4 kV – 1 kV GVL);
- 4,5 m (6 kV – 20 kV GVL).

Pēc GVL izbūves jānodrošina arī tās ērta un droša ekspluatācija, tāpēc ap GVL veido aizsargjoslas. Ekspluatācijas aizsargjoslu izveido, lai nodrošinātu elektroapgādes objektu, iekārtu un būvju efektīvu un drošu ekspluatāciju, kā arī attīstības iespējas. Aizsargjoslu veido no zemes gabala un gaisa telpas, ko norobežo nosacītas vertikālas virsmas abpus līnijai. Aizsargjoslu platums atkarīgs no teritorijas veida, kurā tā atrodas (attēls 10.6.). GVL ar nominālo spriegumu līdz 20 kV pilsētās un ciemos aizsargjoslu veido 2,5 metru attālumā no līnijas ass, bet ārpus pilsētām un ciemiem – 6,5m attālumā no līnijas ass. Aizsargjoslas apzīmējums un tā izvietojanas vietas norādītas attēlā 10.7.



10.6. attēls. Aizsargjoslas platums GVL līdz 20kV ārpus pilsētām un ciemiem, bet labajā pusē pilsētās un ciemos

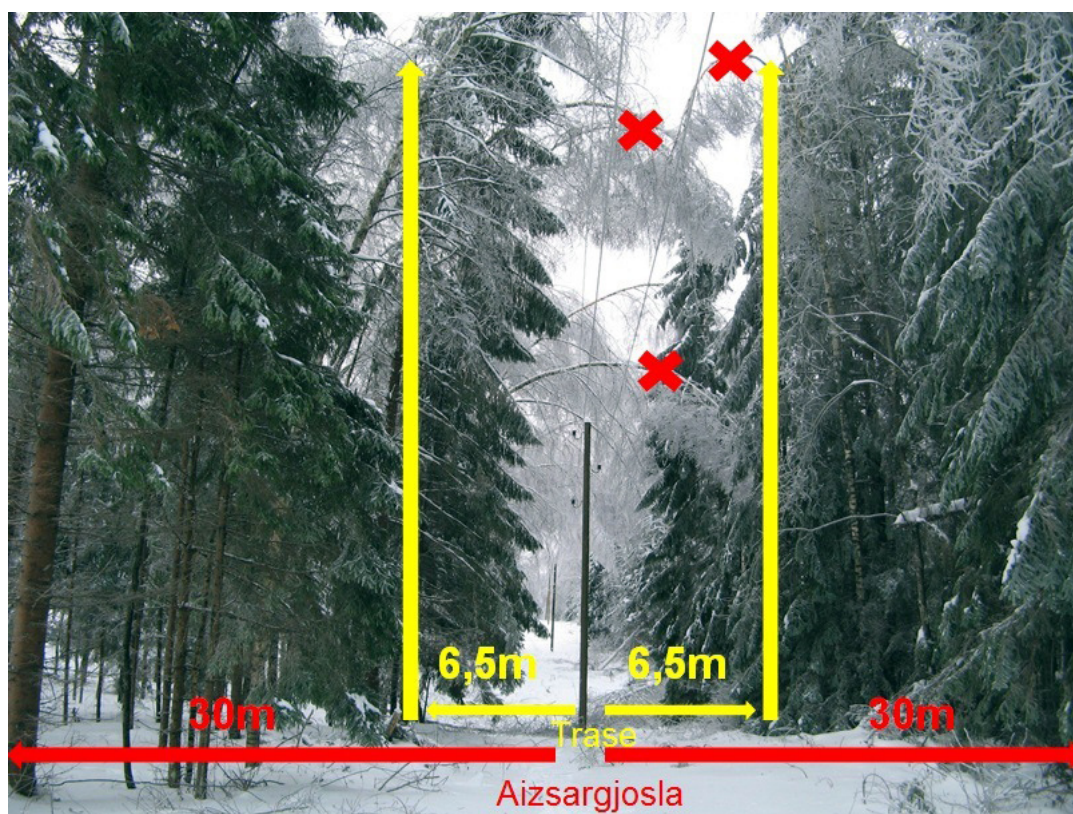


10.7. attēls. Aizsargjoslas apzīmējums un izvietojuma vietas

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 (attēli 10.9. un 10.11.). Vislielāko postu VS GVL nodara tieši ārpus trases augošie koki, jo to garums krietni pārsniedz aizsargjoslas platumu (attēls 10.10.). Trases platums 20kV spriegumā ir 13m (6,5m uz katru pusi no līnijas ass), bet 0.4kV spriegumā – 5m (2,5m uz katru pusi no līnijas ass). 2012. gadā Saeimā izskata jauno Aizsargjoslu likuma redakciju, kurā paredzēts paplašināt 20kV aizsargjoslu no esošajiem 13m līdz 30m, saglabājot to pašu trases platumu – 13m (attēls 10.8.). Veicot GVL aizsargjoslas uzturēšanas darbus, apzāgē arī augošu koku zarus vai vainagus, lai nepieļautu šo zaru uzkrišanu uz GVL vadiem. Ārpus aizsargjoslas izcērt tikai tos kokus, kuri lūšanas gadījumā apdraud GVL. Spēcīgu vētru laikā vislielāko postu GVL nodara ārpus trases augošie koki. Ziemas laikā bojāto GVL remonta un bojāto posmu apskates darbus atvieglo speciālā tehnika (attēls 10.12.).

Par apdraudošiem kokiem uzskatāmi koki, kuri aug ārpus GVL trasēm un no šo tīklu malējā vada atrodas attālumā, kas ir mazāks par koka garumu. Izcērt arī potenciāli bīstamus kokus - tādus, kuri ir pastāvīgi novirzījušies no vertikālās ass uz gaisvadu līniju pusi vairāk par 15 grādiem; ar redzamām trupes pazīmēm; kuriem lapu koka stumbra diametrs 1,3 metru augstumā virs sakņu

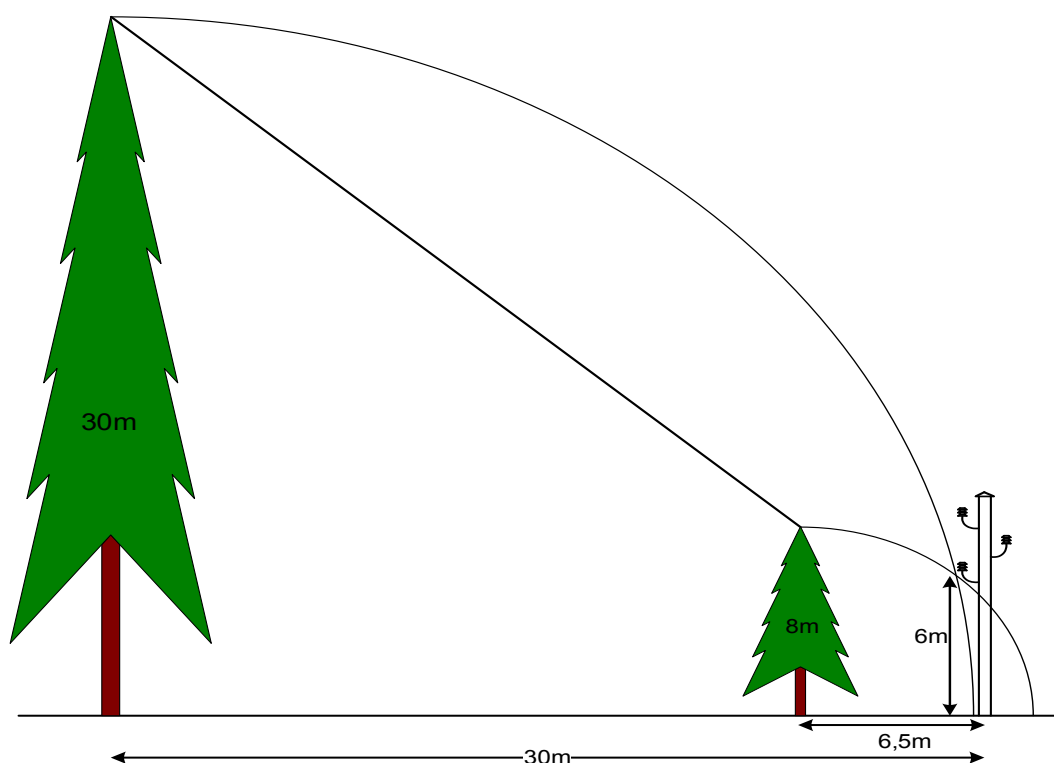
kakla ir mazāks par 1/100 no koka augstuma; kuri blakus gaisvadu līniju trasei aug nenocirstā meža joslā, kuras platums ir mazāks par 30 metriem.



10.8. attēls. Kailvadu GVL aizsargjosla un trase 6,5m un plānotā aizsargjosla 30m GVL trases visā platumā jāuztur brīvas no kokiem un krūmiem. Periodiski jāveic arī vertikālā zaru apzāģēšana ar speciālo meža tehniku (attēls 10.9.).



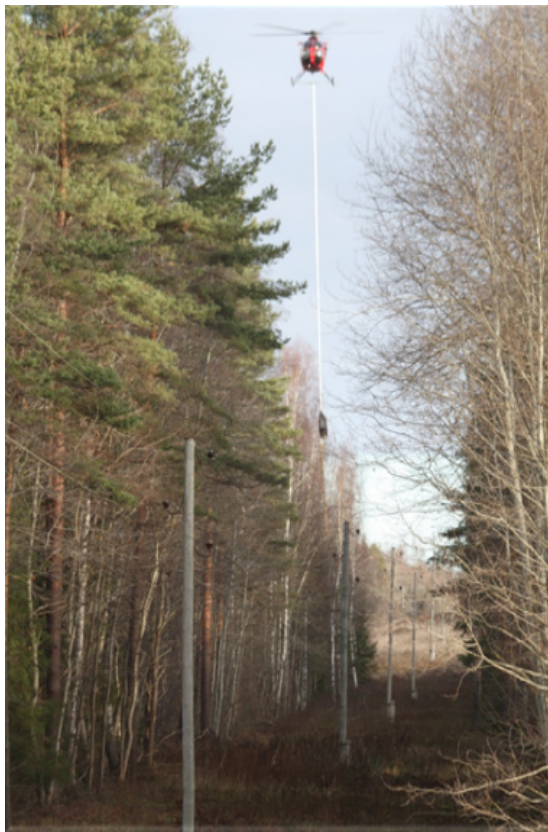
10.9. attēls. 20kV GVL trases vertikālā zaru apzāģēšana



10.10. attēls. Drošs koku attālums no 20kV GVL atkarībā no to augstuma

Saskaņā ar Aizsargjoslu likumu nekustamā īpašuma (meža, pļavas utml.) īpašnieks vai valdītājs nodrošina GVL īpašniekam vai valdītājam piekļuvi GVL un tās aizsargjoslai, lai varētu veikt aizsargjoslas uzturēšanas darbus, attiecīgās GVL ekspluatāciju, remontu, renovācijai un rekonstrukcijai nepieciešamos darbus.

Veicot aizsargjoslu kārtējo un ārpuskārtas kontroli un izvērtējot potenciālo bīstamību, kāda varētu rasties, lūstot atsevišķiem kokiem, tos izcērt. GVL ekspluatācijas laikā uzrauga arī pašas līnijas stāwokli, veicot profilaktiskas pārbaudes un mērījumus, lai novērstu tās elementu priekšlaicīgu nolietošanas, īpašu uzmanību pievēršot balstu stāwoklim.



10.11. attēls. 20 kV GVL aizsargjoslas tīrīšana ar helikopteru un snieglauzes radītās sekas

Visiem balstiem jābūt apstrādātiem ar pret trapes līdzekļiem un aprīkoti ar operatīvajiem apzīmējumiem, (attēls 10.14.). GVL pārbaudes veic, lai nodrošinātu noteikto kalpošanas laiku, kā arī, lai noteiktu remonta apjomus. Pārbaūžu rezultātus dokumentē apskates vai defektēšanas lapās. Pārbaūžu un remontu periodiskumu nosaka un apstiprina komercsabiedrības tehniskais vadītājs.



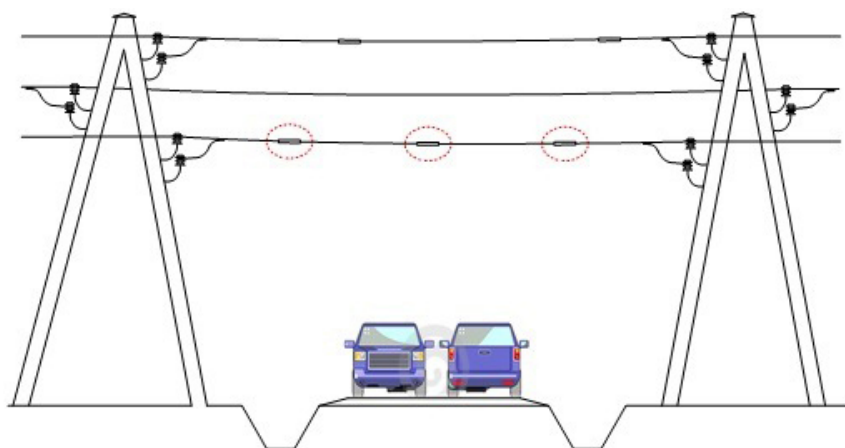
10.12. attēls. Speciālā tehnika GVL remontiem un apskatēm

Atklājot nekavējoties novēršamus vai bīstamus defektus, kuri nevar gaidīt līdz plānotajam līnijas remontam, jānorāda to novēršanas termiņš, bet tie jāveic iespējami īsā laikā. GVL līnijas kalpošanas laiks ir paredzēts 35 gadi. Veicot remonta darbus, jāievēro vides un augstas darba

kultūras prasības, nepiesārņojot dabu ar dažāda rakstura atkritumiem, tos jānovāc, pabeidzot darbus. Plānojot remontdarbus, tie jāorganizē maksimāli kompleksi vienā reizē, veicot vairāku tās pašas līnijas elementu atjaunošanu/nomainīšanu, lai saīsinātu līnijas atslēguma biežumu un laiku. Ja nepieciešams mainīt GVL konstruktīvo izpildījumu vai balstu nostiprināšanas veidu, jāizstrādā atbilstoša tehniskā dokumentācija, kura jāapstiprina noteiktajā kārtībā. Par visām aizsargjoslu izmaiņām jāinformē pašvaldība un zemes īpašnieki, kuru īpašumā atrodas aizsargjosla. Īpaša vērība jāpievērš GVL un transporta ceļu krustojumu vietās, uzstādot zīmes GVL balstos. Transporta ceļi, ar kuriem krustojas GVL:

- kuģojamas ūdenstilpnes;
- galvenie un pirmās šķiras autoceļi;
- dzelzceļš.

Krustojot citas elektropārvades līnijas, sakaru līnijas un transporta ceļus, pieļaujami ne vairāk kā divi savienojumi katram vadam vai trosei. Attēlā 10.13. ar sarkanu raustītu līniju parādīts nepieļaujams savienojumu skaits. Vairākkārtīgi savienojumi krustojumā ar autoceļu var rasties, vedot ne gabarīta kravu un saplēšot vadus.



10.13. attēls. 20kV GVL laidums pār autoceļu

Visām metāla un dzelzsbetona balstu daļām jābūt aizsargātām pret koroziju. Novērojot nolietojšanās pazīmes, pēc vajadzības jāatjauno metāla konstrukcijas pret korozijas pārklājums. Spēcīgu vētru izraisīti masveida bojājumi jāsamontē iespējami īsā laikā, tāpēc noliktavā nepieciešams turēt rezerves materiālus līniju atjaunošanai. Pēc materiālu izlietošanas bojājumu novēršanai noliktavas krājumi jāatjauno. Informāciju par GVL aizsargjoslām izvieto uz balsta informatīvām zīmēm (attēli 10.7. un 10.14.) 2,5 - 3m augstumā no zemes. Zīmes izvieto līnijas taisnajos posmos redzamības robežās, nepārsniedzot 500m attālumu, kā arī līnijas virzienmaiņas punktus.



10.14. attēls. Balsta operatīvais apzīmējums. No augšas: balsta numurs, izbūves gads, līnijas numurs

Līniju apkalpojošajam personālam un dispečeriem svarīgi precīzi zināt, kurā vietā noticis bojājums (īsslēgums) tāpēc 20kV GVL aprīko ar stacionārām bojājuma vietas noteikšanas ierīcēm (attēls 10.15.), kas bojājuma gadījumā mirgo, tādējādi norādot, ka līnijā noticis kāds nevēlams bojājums.

Notiekot zemesslēgumam (vienfāzes īsslēgums uz zemi), 20kV GVL to parasti neatslēdz no sprieguma līdz bojājuma vietas noteikšanai. Vidsprieguma tīkla darbības režīms ar zemesslēgumu pieļaujams līdz 8 stundām, ja zemesslēguma strāva nepārsniedz 20A.

Bojājuma vietas noteikšana jāuzsāk **nekavējoties**, jāatrod bojājums, jāatdala tīkla bojātais posms, atslēdzot pēc iespējas mazāk patērētājus. Bojājuma vietas meklēšanu veic OIB, kura pakļauta tīkla dispečeram. Dispečers operatīvās dispečervadības sistēmā redz, kurā tīkla daļā (VS līnijā no 110/20 kV a/st) radies bojājums un nosūta OIB bojājuma meklēšanai. OIB personālam zemesslēguma vietas meklēšanā darbu atvieglo rokas zemesslēguma vietas noteikšanas (ZVN) ierīces (attēls 10.16.).

ZS tīklos līniju aizsardzība atslēdz bojāto ZS GVL, ja tajā parādās īsslēgums. Lai atklātu īsslēguma vietu, izmanto to pašu ierīci, ar kuru meklē zemesslēguma vietu 20kV GVL, pievienojot papildus ierīces, ar kurām vispirms nosaka bojāto fāzi pie TA un tad veic mērījumus GVL nozarojumu vietās, nosakot bojājuma virzienu.



10.15. attēls. Stacionārs zemesslēguma un īsslēguma indikators 20kV GVL balstā (iezīmēts ar sarkanu līniju)



10.16. attēls Ierīce zemesslēguma (20kV) un īsslēguma (0,4-1kV) vietas noteikšanai GVL, ko ST izmanto operatīvais personāls.

Jautājumi paškontrolei

1. Kādi ir GVL aizsargjoslas platumi pilsētās un ciemos?
2. Kādi ir GVL aizsargjoslas platumi ārpus pilsētām un ciemiem?
3. Kāda sprieguma līnijās izmanto zemesslēguma vietas noteikšanas ierīci?
4. Kāda ir sprieguma pakāpe, kad izmanto īsslēguma vietas noteikšanas ierīci?
5. Kāds ir stacionāro 20kV GVL indikatoru izmantošanas mērķis?

6. Kāda ir koka balstu puvei visvairāk pakļautā vieta un kādi ir risinājumi koka balsta kalpošanas laika palielināšanai?
7. Pie kādas zemesslēguma strāvas vērtības pieļaujams ilgstošs zemesslēguma režīms 20kV tīklā?
8. Kādi ir GVL galvenie elementi?

11. Kabeļu līnijas ar spriegumu līdz 20kV un to ekspluatācija

Latvijas sadales tīklos jaunās zemsprieguma līnijas izbūvē kā kabeļus (piekarkabeļus). Vidsprrieguma tīklos kabeļu līnijas izbūvē pilsētās un pēdējos gados arī mežos, lai samazinātu dabas apstākļu izraisītos sprieguma pārtraukumus, kad vēja laužtie koki krīt uz līniju vadiem, izraisot īsslēgumus, salaužot līniju balstus un saraujot vadus.

Ar KL saprot visu KL veidojošo elementu kopumu: kabelis, signāllenta, aizsarglenta, kabeļcaurule un tā pievienojumus (gala apdare, savienojošā uzmava un adapters) pie komutācijas elektroietaisēm. Lai varētu identificēt atsevišķas KL, tranšejā pēc izbūves tām piestiprina identificējošas zīmes.

Visas jaunizbūvējamās KL būvē saskaņā ar standartu prasībām un KL (elektroietaisies) valdītāja izdotajiem tehniskajiem noteikumiem, kuros nosaka līnijas izbūvei izvirzāmās prasības. Pēc tehnisko noteikumu saņemšanas KL pasūtītājs sagatavo projektēšanas uzdevumu projektēšanas organizācijai. Projektējot KL, jāņem vērā Latvijas likumi un Ministru kabineta noteikumi šādu objektu izbūvē un aizsargjoslu noteikšanā. KL izbūve notiek saskaņā ar sagatavoto projektu. KL izbūves laikā un pēc tās pasūtītājs veic darbu kvalitātes pārbaudi (sevišķi VS kabeļu gala uzmavu montāžas darbus) un precīzo uzmērīšanu pirms tranšejas aizbēršanas mērogā $M=1:500$, ko pievieno dokumentācijai par KL pieņemšanu ekspluatācijā. Nododot KL ekspluatācijā, tiek sagatavota tehniskā dokumentācija, kas sastāv no vairākām daļām: projekta, izbūves un materiālu dokumentācijas un dokumentācijas par pieņemšanu ekspluatācijā. Pēc visas tehniskās dokumentācijas saņemšanas KL tiek pieņemta ekspluatācijā.

Projekta daļa sastāv no digitālā formā iesniegta līnijas trases izpildmērījuma un elektroapgādes principiālās vienlīnijas shēmas, kurā uzrāda KL garumu, kabeļu marku, komutācijas un aizsardzības aparātus un to operatīvos apzīmējumus, to tipu un parametrus, aizsardzību pret pārspriegumu un zemējumu pretestības. Principiālajā shēmā parāda arī aprēķināto sprieguma kritumu pie lietotājiem, īsslēguma strāvas līnijas galos un posmos, kas, ņemot vērā aprēķina slodzes, aizsargāti ar drošinātājiem vai automātiem.

Izbūves un materiālu dokumentācijas daļā ietilpst dokumentācija par veikto izbūvi un izmantotajiem materiāliem, kas sastāv no kabeļa izgatavotājrūpnīcas dokumentācijas, kabeļu tranšejas pieņemšanas kabeļu montāžai, kabeļu apskates uz saivas un kabeļu apskates tranšejā pirms aizbēršanas, akta par kabeļu uzmavu montāžu, norādot uzmavas ražotāju, tipu, numuru un darba izpildītāju, sertifikāta Nr., darba izpildes laiku veicēja parakstu. Objektos, kuros notiek vidsprrieguma kabeļu pievienojumi slēgiekārtai, pēc pilnīgas montāžas pabeigšanas ir jāveic foto uzņēmums, kurā redzami vidsprrieguma kabeļu pievienojumi slēgiekārtai ar noņemtiem nosegvākiem.

Dokumentācija elektroietaisies pieņemšanai ekspluatācijā ietver: izolācijas pretestības mērījumu, katra kabeļa pārbaudi pēc montāžas, zemējuma ietaišu pretestību mērījumus un cilpas „fāze-nulle” pretestības mērījumus. Reizē ar dokumentāciju par elektriskajiem lielumiem iesniedz arī

dokumentāciju par KL fiziskajiem rādītājiem, visus šķērsojumus ar citām komunikācijām un būvēm un tuvošanos, t.sk. ar esošajiem kabeļiem, noguldītā kabeļa piesaistes pie esošajām ēkām un citiem celtniecības elementiem, ko veic Latvijas koordinātu sistēmā LKS – 92, aizsargcauruļu materiālu, garumu, novietojumu un piesaistes, savienojumu uznavu piesaistes, kuras samontētas līdz KL nodošanai ekspluatācijā.

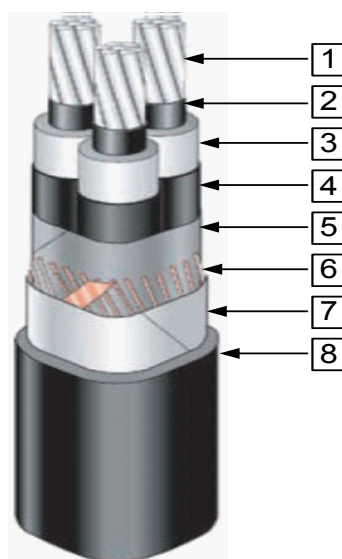
Kabeļu izvēli un testēšanu veic atbilstoši starptautiskajiem, Eiropas un Latvijas standartiem saskaņā ar 4. pielikumā doto standartu sarakstu. Pirms kabeļa izvēles vai testēšanas vienmēr jāpārlicinās, ka tiek izmantota standarta jaunākā redakcija.

Kabeļu līniju izbūvē vai remontos izmantotiem kabeļiem jābūt veiktiem tipa testiem un rutīnas testiem saskaņā ar 4. pielikuma punktā 1. un 2. minētajiem standartiem. Tipa testus veic vienai kabeļa konstrukcijai pirms to masveida ražošanas, bet rutīnas testus veic katrai uzražotajai kabeļu saīvai pirms tās piegādes pircējam.

Šajā nodaļā aprakstīta detalizēta kabeļu uzbūve un prasības ekspluatācijai, ņemot vērā KL tīkla garuma palielināšanās tempus un īpatsvara pieaugumu tuvākajā nākotnē.

VS KL izbūvē lieto pamata kabeļu veidus: trīsdzīslu, viendzīslu un vītus kabeļus ar centrālo zemējuma vadu. Trīsdzīslu vidējā sprieguma kabeļa konstruktīvā uzbūve un tā galvenās sastāvdaļas parādītas attēlā 11.1.:

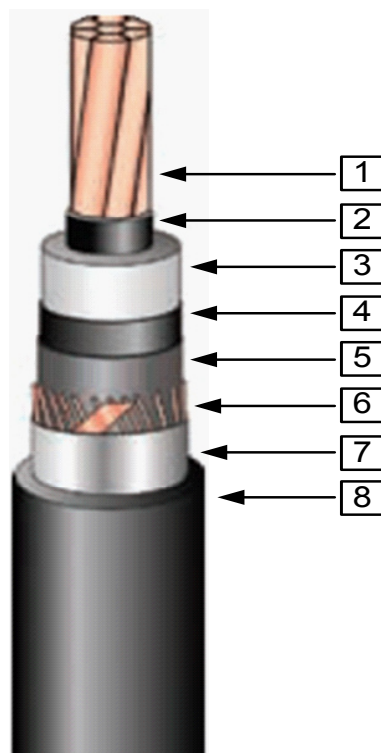
1. Trīs alumīnija (Al) vai vara (Cu) dzīslas, kas parasti sastāv no vairākiem atsevišķiem mazāka šķērsgriezuma vadītājiem. Vairāku vadītāju uzbūve nodrošina lielāku kabeļa elastību un lielāku strāvas caurlaides spēju dēļ samazināta „skina” (virsmas) efekta. Starp vadītāja dzīslām ir iepildīts speciāls 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 lenta 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.



11.1. attēls. Trīsdzīslu vīdsprieguma kabeļa kopējā apvalkā uzbūve

Viendzīslas vīdsprieguma kabeļa konstruktīvā uzbūve un tā galvenās sastāvdaļas parādītas attēlā 11.2.:

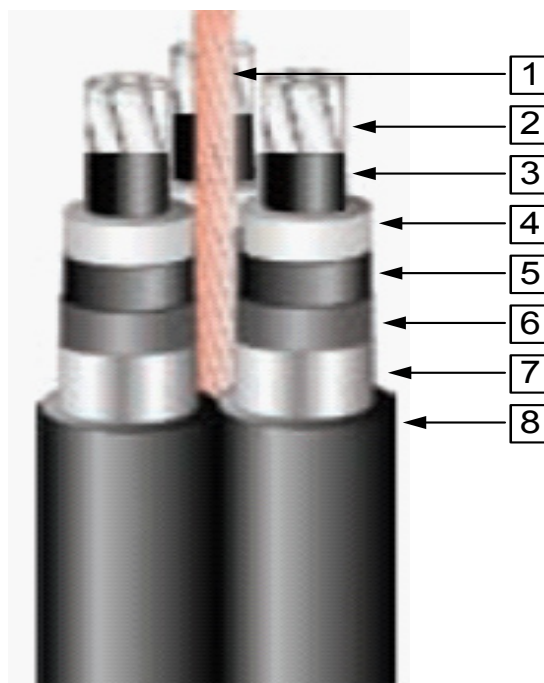
1. Alumīnija (Al) vai vara (Cu) vadītājs, kurš parasti sastāv no vairākiem atsevišķiem mazāka šķērssgriezuma vadītājiem. Vairāku vadītāju uzbūve nodrošina lielāku kabeļa elastību un lielāku strāvas caurlaides spēju dēļ samazināta „skina” (virsmas) efekta. Starp vadītāja dzīslām ir iepildīts speciāls 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 lenta 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.



11.2. attēls. Viendzīslas vīdsprieguma kabeļa uzbūve

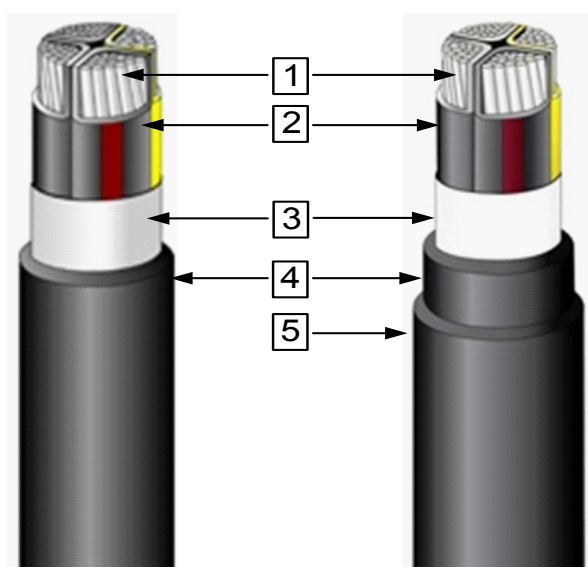
Vīta trīsdzīslu ar vara zemēšanas vadu vīdsprieguma kabeļa konstruktīvā uzbūve un tā galvenās sastāvdaļas parādītas attēlā 11.3.:

1. Centrālais vara zemēšanas vads.
2. Alumīnija (Al) vai vara (Cu) vadītājs, kurš parasti sastāv no vairākiem atsevišķiem mazāka šķērsgriezuma vadītājiem. Vairāku vadītāju uzbūve nodrošina lielāku kabeļa elastību un lielāku strāvas caurlaides spēju dēļ samazināta „skina” efekta. 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 lenta, kas aiztur ūdens garenvirziena izplatību mehānisku bojājumu gadījumā.
7. Alumīnija folija 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.



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

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

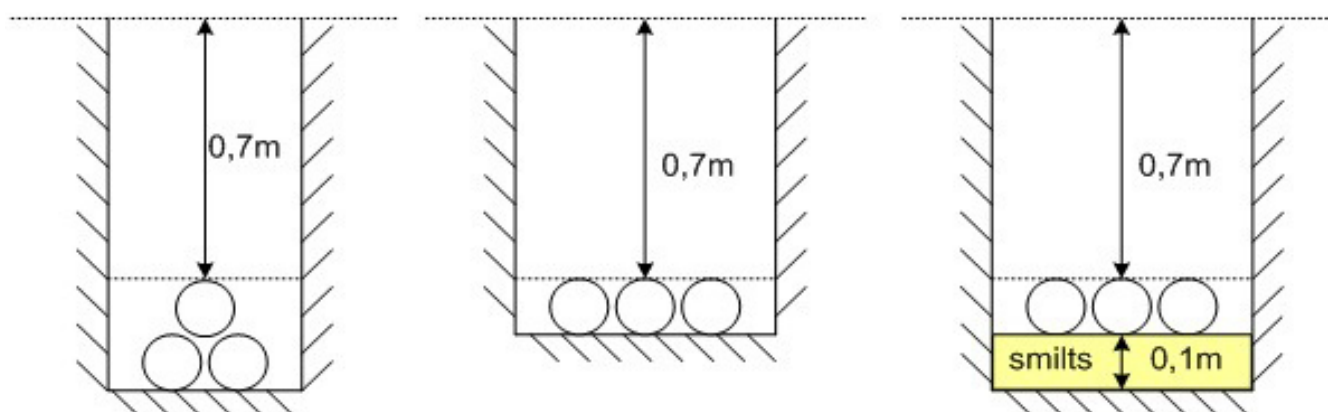


11.4. attēls. Zemsprieguma spēka kabeļa uzbūve

Četrdzīslu zemsprieguma kabeļa konstruktīvā uzbūve un tā galvenās sastāvdaļas parādītas attēlā 11.4.:

1. Alumīnija (Al) vadītājs, kurš parasti sastāv no vairākiem atsevišķiem mazāka šķērsriezuma vadītājiem. Vairāku vadītāju uzbūve nodrošina lielāku kabeļa elastību un lielāku strāvas caurlaides spēju dēļ samazināta „skina” vai virsmas efekta.
2. Ap vadītāju esošais izolācijas slānis ar pusvadošu pārklājumu, kas tā iekšpusē izlīdzina un ierobežo elektromagnētisko lauku.
3. Alumīnija folija 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.
5. Papildus polietilēna ārēja apvalka slānis drošai kabeļa iearšanai.

Ierokot kabelus tranšejās, tie tiek izvietoti trīsstūra vai plakaniskā izkārtojumā kā parādīts attēlā 11.5. Tranšejās, kuras izveidotas gruntīs ar celtniecības materiālu paliekām, kā arī laika apstākļos, kad grunts ir sasalusi, pirms kabeļa noguldīšanas tranšijas dibenam jābūt nobērtam ar 100mm biezu smalkas smilts slāni, kurš veic spilvena funkciju, jo pastāv risks sabojāt kabeļa ārējo apvalku zemes spiediena iedarbībā, kas samazina kabeļa kalpošanas laiku. Veidojot kabeļu līnijas, svarīgi zināt, kādas inženierkomunikācijas jau atrodas plānotās kabeļlīnijas tuvumā (attēls 11.6.). Izbūvējot jaunas kabeļu līnijas, gadās arī sabojāt esošās, kā tas ir attēlā 11.6., iecērtot kabelī ar lāpstu kabeļu līnijas kontrolatrakšanas laikā. Apvalka bojājuma rezultātā kabelī iekļūst ūdens, kas sabojā izolāciju un izraisa īsslēgumu ar elektroapgādes traucējumu. Lai netraucētu citu inženierkomunikāciju darbību, MKN nosaka savstarpējos minimālos attālumus starp pazemes inženierkomunikācijām un blakusesošām būvēm. Minimālie savstarpējie horizontālie attālumi starp pazemes inženierkomunikācijām un būvēm apkopoti 5. pielikuma tabulā Nr.1 un Nr.2.



11.5. attēls. Kabeļu izvietošana tranšejās

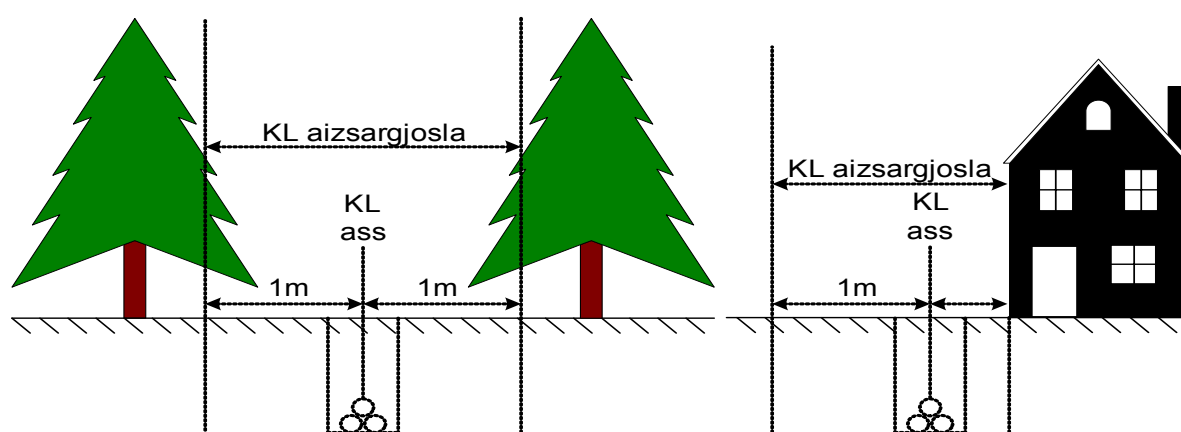


11.6. attēls. Kabeļu izvietošana tranšējās ar esošām (eļļas) kabeļu līnijām priekšplānā, kabeļa aizsarglentu attēla augšpusē un bojātu kabeli palielinājumā

Ekspluatācijas prasības kabeļu līnijām līdz 20kV spriegumam

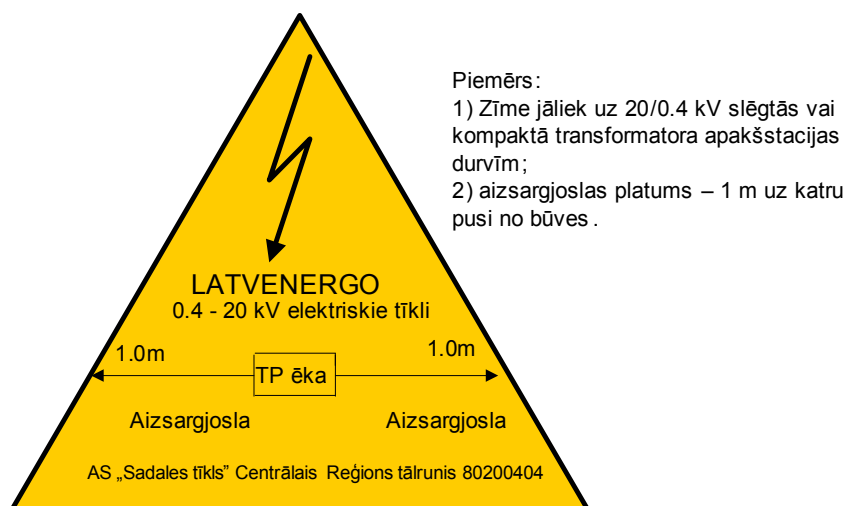
Aizsargjoslu likums nosaka prasības, veidojot aizsargjoslas kabeļu līnijām. Aizsargjoslu veido (attēls 11.7.) kā zemes gabalu un gaisa telpu, ko norobežo nosacītas vertikālas virsmas kabeļu līnijas katrā pusē 1 metra attālumā no kabeļu līnijas ass. KL trases platums sakrīt ar aizsargjoslas platumu.. Ja kabelis atrodas tuvāk par 1 metru no ēkas vai būves, tad šajā kabeļa pusē aizsargjoslu nosaka tikai līdz ēkas vai būves pamatiem. Aizsargjoslas ap būvēm norāda ar apzīmējumu palīdzību, (attēls 11.8.), kurus izvieto noteiktās vietās. KL, kuras šķērso ūdensobjektus zem ūdens līmeņa, aizsargjoslu veido kā ūdens platību, ko visā dziļumā no ūdens virsmas līdz gultnei ietver paralēlas plaknes 100 metru attālumā katrā pusē no kabeļu līnijas ass.

2012.gadā Saeima izskata Aizsargjoslu likuma redakciju, kas paredz paplašināt KL aizsargjoslu un trasi līdz 3m. Tas nodrošinātu pilnvērtīgu tehnikas izmantošanu KL aizsargjoslas ekspluatāciju darbu laikā, jo pastāv zināmas grūtības izmantot meža tehniku esošajā 2m trases platumā.



11.7. attēls. KL aizsargjoslas izveidošana

Kabeļa (līnijas) maksimāli pieļaujamās slodzes un pārslodzes strāvas vērtības nosaka tā ražotājs vai līnijas īpašnieks, jebkurā gadījumā nepārsniedzot kabeļa ražotāja noteiktās vērtības. Remonta darbi kabeļa līnijā nedrīkst pasliktināt maksimāli noteiktās slodzes strāvas vērtības. Maksimāli pieļaujamās slodzes strāvas vērtības nosaka visiem kabeļa līnijas posmiem, kuri garāki par 10m, lai noteiktu visas līnijas maksimāli pieļaujamo slodzes strāvu.



11.8. attēls. Aizsargjoslas zīme ap būvi un tās izvietojanas noteikumi

Pieļaujamo slodzes strāvas lielumu var aprēķināt, ja iespējams izmērīt kabeļa dzīslas temperatūru stabilai slodzei. Eksploatācijas gaitā kabeļu līnijas netiek noslogotas ar ilgstoši pieļaujamo slodzi, tāpēc tās var īslaicīgi pārslogot, kā norādīts Tabulā 11.1.

Tabula 11.1

VS eļļas kabeļu līniju pieļaujamās pārslodzes normālā režīmā

Iepriekšējās slodzes koeficients	Guldīšanas veids	Pieļaujamās pārslodzes koeficients atkarībā no pārslodzes ilguma stundās		
		0,50	1,00	3,00
0,60	zemē	1,35	1,30	1,15
	gaisā	1,25	1,15	1,10
	caurulēs zemē	1,20	1,10	1,00
0,80	zemē	1,20	1,15	1,10
	gaisā	1,15	1,10	1,05
	caurulēs zemē	1,10	1,05	1,00

Likvidējot avārijas sekas, atļautas īslaicīgas kabeļu pārslodzes citos elektroapgādes tīkla posmos, kad barošana tiek padota no citas puses. Pārslodzes vērtības parādītas Tabulā 11.2. Pārslodze nedrīkst būt ilgāka par 6 stundām diennaktī 70 stundu ilgā periodā pie nosacījuma, ka pārējā laikā kabelis netiek pārslogots. Pārslodzes ilgumu var koriģēt atbilstoši ražotāja norādījumiem.

Tabula 11.2.

Kabeļu līniju pieļaujamās pārslodzes pēcavārijas režīmā

Izolācijas veids	Spriegums, kV	Iepriekšējās noslodzes koeficients		Pieļaujamās pārslodze koeficients atkarībā no pārslodzes ilguma stundās		
				1	3	6
Polietilēns	6 - 10kV	1,00	zemē	1,10	1,10	1,10
			gaisā			
			caurulēs			
Polivinil hlorīds	6 - 10kV	1,00	zemē	1,15	1,15	1,15
			gaisā			
			caurulēs			
Piesūcināts papīrs	6 - 10kV	0,60	zemē	1,50	1,35	1,25
			gaisā	1,35	1,25	1,20
			caurulēs	1,30	1,20	1,15
		0,80	zemē	1,35	1,25	1,20
			gaisā	1,30		1,25
			caurulēs	1,20	1,15	1,10
	20 - 35kV	0,60	zemē	1,20	1,15	1,15
			gaisā		1,10	1,10
			caurulēs			
		0,80	zemē	1,15	1,15	1,10
			gaisā	1,10	1,10	
			caurulēs			

Kabeļiem, kuru izolācijas veidota no polietilēna (PE) vai polivinilhlorīda (PVC), pārslodzes nav pieļaujamas. Šādas izolācijas zemsprieguma ($\leq 1\text{kV}$) kabeļiem nullvada maksimāli pieļaujamai slodzes strāvai jābūt vienādei ar fāzes dzīslas maksimāli pieļaujamo slodzes strāvas vērtību. Gadījumos, kad nullvada ilgstoši pieļaujamā slodzes strāva ir mazāka par fāzes dzīslas ilgstoši pieļaujamās slodzes strāvu, kabeļlīnijas ilgstoši pieļaujamo slodzes strāvu izvēlas pēc nullvada ilgstoši pieļaujamās slodzes strāvas. Papīra - eļļas izolācijas kabeļiem nullvada ilgstoši pieļaujamās slodzes strāvas vērtībai jābūt ne mazākai kā 50% no fāzes dzīslas ilgstoši pieļaujamās slodzes strāvas.

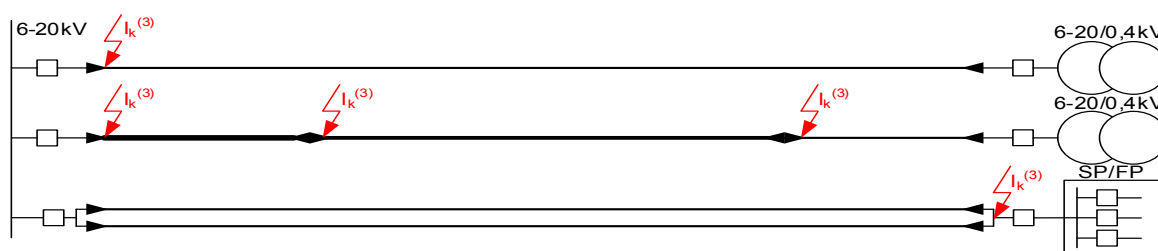
Ekspluatējot kabeļu līnijas ilgāk par 15 gadiem, to iespējamās pārslodzes jāsamazina par 10%. Zemsprieguma ($\leq 1\text{kV}$) kabeļiem, kuru izolācijas veidota no plastmasas (PE vai PVC), jāpārbauda termiskā noturība. Maksimāli pieļaujamās dzīslas temperatūra vīdsprieguma (6 – 20kV) kabeļiem īsslēguma gadījumā norādīta Tabulā 11.3.

Tabula 11.3.

Maksimāli pieļaujamās kabeļa dzīslas temperatūras īsslēguma gadījumā

Izolācijas veids	Dzīslas materiāls	Konstruktīvais spriegums, kV	Maksimāli pieļaujamā temperatūra, °C	Koeficients, °C
Piesūcināts papīrs	Varš	līdz 10kV	220	145
		20kV	125	
	Alumīnijs	līdz 10kV	200	98
		20kV	125	
Polivinilhlorīds vai gumija	Varš		150	122
	Alumīnijs			83
Polietilēns	Varš		120	104
	Alumīnijs			70

VS kabeļu līnijām jāpārbauda termiskā noturība pie īsslēguma strāvām. Kabeļu līnijas termisko noturību pēc 3-fāzu īsslēguma strāvas veic tās sākumā, ja kabeļa šķērsgriezums nemainās visas tās garumā. Līnijām, kuras sastāv no dažāda šķērsgriezuma posmiem, pārbaudi veic katra posma sākumā. Paraleli (sapārotu) saslēgtām kabeļu līnijām pārbaudi veic posma beigās (attēls 11.9.).



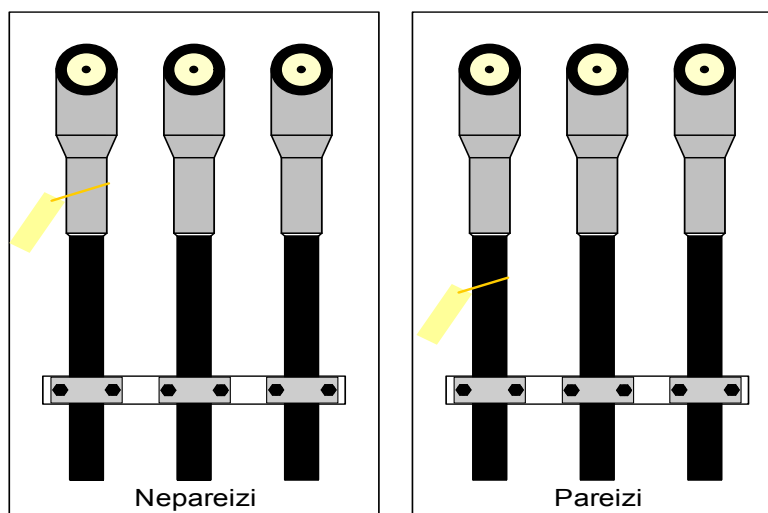
11.9. attēls. Kabeļu līnijas termiskās noturības pārbaude pie 3-fāzu īsslēguma strāvas

Saskaņā ar komercsabiedrības tehniskā vadītāja apstiprinātiem norādījumiem periodiski veic kabeļu līniju strāvas un sprieguma mērījumus. Mērījumus atkārto pēc visām izmaiņām tīkla konfigurācijā. Mērījumus ZS sadalītais veic pēc vajadzības vai, ja bijusi sprieguma nodzišana. Visus rezultātus dokumentē. Vienlaicīgi ar elektroietaišu apskati jānovērtē arī kabeļu un gala apdaru stāvoklis, bet to apkopi veic reizē ar tās elektroietaisies remontu, pie kuras tie pievienoti. Nepareiza kabeļa gala pievienojumu montāža pie slēgiekārtas lielākajā daļā gadījumu kļūst par bojājuma iemeslu ar plašiem atslēgumiem un ugunsbīstamību. Dažkārt slēgiekārtā nodeg līdz pamatiem tā, ka nav iespējams veikt bojājuma iemesla ekspertīzi, taču dažos gadījumos iespējams veikt bojājuma iemesla analīzi bojātajai kabeļu gala apdarei (attēls 11.10.). Apkopes laikā gala apdares jānotīra, bet uznavu metālu korpusu kabeļu bruņas krāsojums jāatjauno, izmantojot pentaftāla, eļļas, bitumena vai citu līdzvērtīgu materiālu krāsas. Visas kabeļu gala apdares identificē ar vides iedarbību izturīgām datu plāksnītēm (birkām), kurās ieraksta kabeļa marku, dzīslas šķērsgriezumu,

kabeļa virzienu, garumu, montiera uzvārdu, montāžas datumu un montāžas firmas nosaukumu. VS kabeļiem datu plāksnīti aizliegts piestiprināt tieši uz apdares, tā jāpiestiprina pie kabeļa, (attēls 11.11.).



11.10. attēls. Nepareizas kabeļa gala apdares montāžas sekas



11.11. attēls. Kabeļu datu plāksnītes piestiprināšana

Lai ekspluatācijas laikā nerastos pārpratumi identificējot kabeļus, datu plāksnītes piestiprina vietās, kur kabeļi iet caur ēku, būvju sienām un pārsedzēm. Datu plāksnītes piestiprina arī kabeļu kanālu vai tuneļu sākumā un beigās, kā arī ik pēc 50m taisnajos posmos. Remonta laikā vai citos gadījumos, kad nepieciešams atvienot kabeļus no elektroietaisēm, tā fāzes savstarpēji savieno ar bultskrūvi un daudzdzīslu vara (10mm^2) vadu un pievieno zemējuma kontūram. Fāzu savienošanai bultskrūves vietā var izmantot savienojošo kontaktplāksni.

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 fāzu 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 (0.1Hz) $3U_0$ spriegumu. Visiem kabeļu remonta un montāžas darbiem tiek dota garantija (parasti 3gadi). Darbā esošām VS kabeļu līnijām gala apdarēm un uzmavām veic izolācijas stāvokļa monitoringu, mērot parciālo izlāžu lielumu. Parciālo izlāžu mērījumus kabeļu gala pievienojumos veic īsi pēc kabeļu montāžas, kā

arī īsi pirms garantijas termiņa beigām (aptuveni 3 mēnešus). Atkārtotus mērījumus pēc garantijas termiņa beigām veic ik pēc 3 gadiem. KL bojājumu analīze rāda, ka tie parasti izceļas tieši kabeļu pievienojuma elementos. ZS kabeļu līnijas pārbauda ar megommetru.

Bojājumiem kabeļos, uzmavās un gala apdarēs jānosaka to iemesls un jāizstrādā pasākumu plāns to novēršanai. Elektrisko tīklu valdītājs izsniedz rakstisku atļauju kabeļu līniju atrakšanai vai zemes darbiem to tuvumā. Veicot zemes darbus pilsētās dziļāk par 0,3m, nepieciešama rakstiska atļauja. Aizliegti visi rakšanas darbi ar zemes rakšanas mašīnām tuvāk par 1 m no kabeļu līnijas. Atļauta zemes virskārtas noņemšana virs kabeļu līnijas līdz 0,3m dziļumā, izmantojot zemes rakšanas mašīnas vai atsitējinstrumentus, ja kontrolatrakšanā atklājies, ka kabeļu līnija atrodas 0,7 m dziļumā vai dziļāk.

Kabeļu līnijas valdītājs saskaņo darbus aizsargjoslā ar triecienmehānismiem un vibromehānismiem. Pirms visiem zemes darbiem veicama kabeļu trases kontrolatrakšana elektroietaises valdītāja personāla uzraudzībā. Kabeļu līniju būvju (kanāli, tuneļi utml.) ugunsgrēka signalizācijas un automātiskās ugunsdzēsšanas sistēmu tehniskā uzraudzība un ekspluatācija veicama saskaņā ar vietējām instrukcijām. Ja pastāv ūdens iekļūšanas iespēja, jāparedz ietaises ūdens aizvadīšanai no kabeļu līniju būvēm. Pieņemot ekspluatācijā kabeļu līniju ar metāla apvalku, jāpārlicinās par veiktajiem projektā paredzētajiem pretkorozijas pasākumiem. Vidēs, kur iespējama elektrokorozija, VS kabeļu līniju metāla apvalkiem jānodrošina aizsardzība pret koroziju. Kabeļu līnijās, kuras atrodas blakus elektrificētiem sliežu ceļiem, jāmēra klaidstrāvas, sistemātiski jāzīmē un jākorrigē kabeļu līniju potenciāla diagrammas. Agresīvās gruntīs guldītiem kabeļiem jāzīmē un jākorrigē grunts korozijas zonu karte. Instrukcija nosaka diagrammu un karšu zīmēšanai nepieciešamo vērtību mērīšanas kārtību. Pasākumus klaidstrāvas kaitīgās iedarbības novēršanai saskaņo ar vietējo, par zemes izmantošanu atbildīgo organizāciju, kura savā teritorijā pārrauga aizsardzību pret koroziju pazemes metāla būvēm un konstrukcijām. Ja nav šādas organizācijas, tad pasākumus klaidstrāvas kaitīgās iedarbības novēršanai saskaņo ar visām komercsabiedrībām, kuru ekspluatācijā ir pazemes inženiertīkli ar metāla apvalkiem un elektrificēti sliežu ceļi. ZS kabeļu līnijām pretkorozijas aizsardzības nepieciešamību nosaka elektroietaises valdītājs. ZS kabeļu līnijas pretkorozijas aizsardzības sistēmu ekspluatē tāpat kā VS kabeļu līnijas pretkorozijas aizsardzības sistēmu. Kabeļu līniju ar metāla apvalkiem remonta laikā jāizvērtē bruņas tehniskais stāvoklis no elektroerozijas viedokļa un nepieciešamības gadījumā jāpieņem lēmums par kabeļa maiņu. Kabeļu pārbaude pirms ieguldīšanas veicama atbilstoši ražotāja norādījumiem. ZS kabeļu līnijās pirms pieņemšanas ekspluatācijā un pēc remonta jāpārbauda izolācijas pretestība ar 2500V megommetru un tā nedrīkst būt zemāka par 0,5 MΩ.

Kabeļu līnijām ar novecojušu izolāciju vai samazinātu izolācijas pretestību, par ko norāda bojājumu statistika, var neveikt vai atlikt kabeļu pārbaudi pēc to remonta līdz kabeļu līnijas daļējai vai pilnīgai nomaiņai. Lēmumu par kabeļu pārbaudi pēc remonta atlikšanu pieņem tehniskais vadītājs. Pirms ieslēgšanas darbā šādas kabeļu līnijas katra fāze pēc remonta jāpārbauda ar bojājumu uzrādītāju, pieslēdzot kabeli nominālajam spriegumam.

Jautājumi paškontrolei

1. Kādas ir ekspluatācijas prasības kabeļu līnijām ar spriegumu līdz 20kV?
2. Kādas prasības izvirza personālam VS kabeļu pievienojumu montāžai?
3. Kādam nolūkam izveido kabeļlīniju aizsargjoslas?
4. Uzzīmēt, kā tiek veidotas aizsargjoslas pilsētās un ciemos, kā arī ārpus tām, parādot aizsargjoslu platumu.
5. Kā jāveic kabeļu pārbaude pirms pieņemšanas ekspluatācijā?
6. Kad veic kabeļu fāzēšanu?
7. Kādas tīkla izmaiņas jāņem vērā kabeļlīnijas ekspluatācijas laikā?
8. Cik gariem kabeļlīniju posmiem jānosaka maksimāli pieļaujamās slodzes strāvas?
9. Kāpēc tiek noteikti minimālie horizontālie attālumi starp pazemes inženierkomunikācijām?

12. Viedie tīkli

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. Kā realizējami uzliktie pienākumi, ir katras dalībvalsts atbildība, taču jebkurā gadījumā jāizpilda 3 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 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 Padomes Direktīva 2006/32/EK par enerģijas galapatēriņa efektivitāti un energoefektivitātes pakalpojumiem;
- Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2009/72/EK par kopīgiem noteikumiem attiecībā uz elektroenerģijas iekšējo tirgu;
- Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2001/77/EK par tādas elektroenerģijas pielietojuma veicināšanu iekšējā elektrības tirgū, kas ražota, izmantojot neizsīkstošos enerģijas avotus;
- Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2005/89/EK par pasākumiem, lai nodrošinātu elektroapgādes drošumu un ieguldījumus infrastruktūrā;
- 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 energobilancē 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 mainījuši iepriekšējos priekšstatus par elektrosistēmu. Mūsdienas tīklu operatorus nodarbina doma, kā pārnest tīklus 21. gadsimtā, 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 izraisīto gāzu emisiju. Patēriņa pieprasījuma vadība (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 inteliģentākas viedā tīkla sistēmas, kas spēj efektīvi vadīt komplicētu elektrotīklu ar mainīgām prasībām.

Pamatojoties uz augstāk 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 inteliģentākas automatizācijas iekārtas un labāk optimizētu elektrisko sistēmu, kā jebkad agrāk. Tas palīdzēs sasniegt sabiedrisko pakalpojumu regulatora uzticētos pienākumus un patērētāja pieaugošās prasības drošai elektroapgādei gan no ierastajiem, gan atjaunotajiem 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:

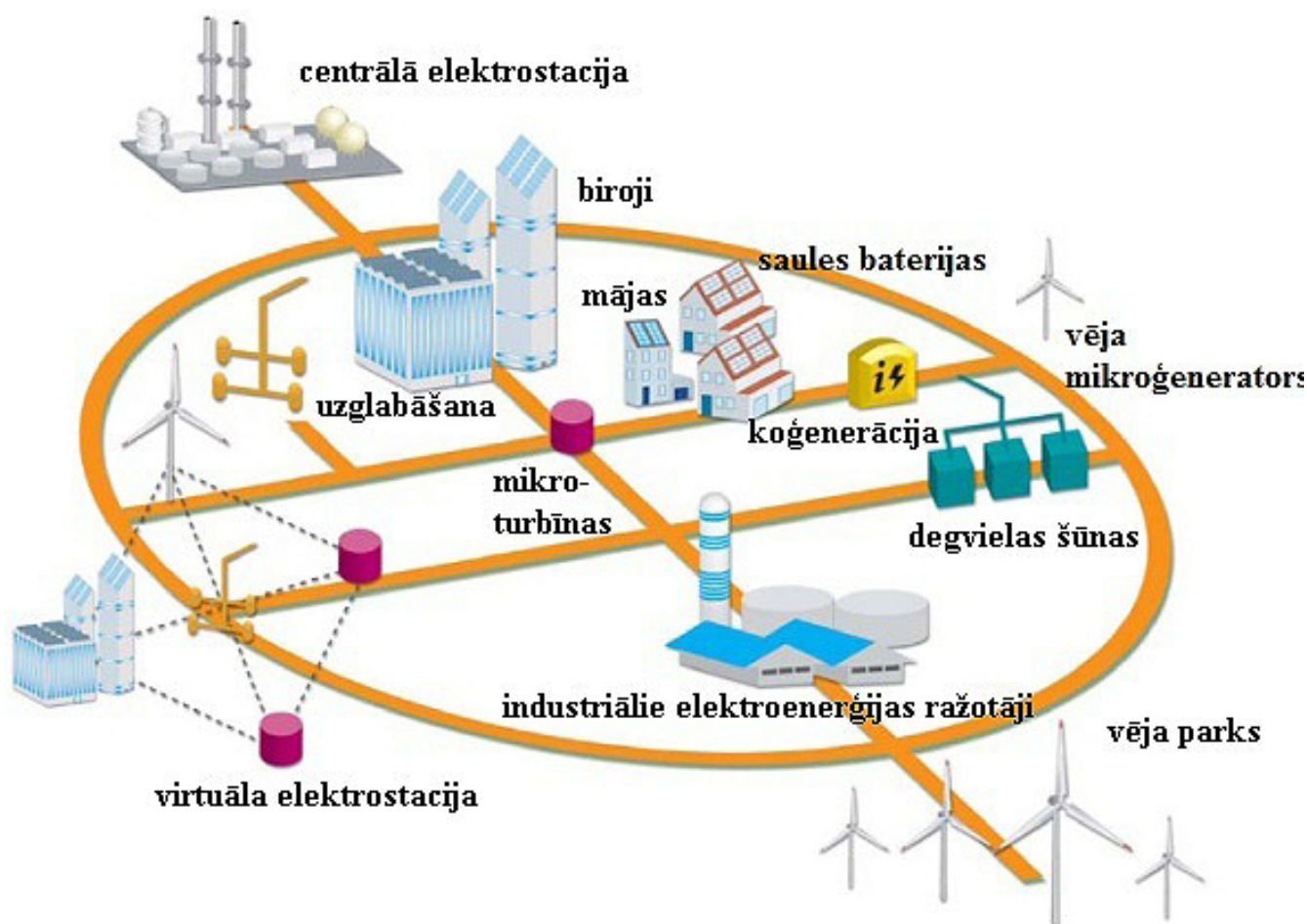
- mikroģeneratori, ko pieslēdz pie ZS tīkliem;
- ģeneratori, ko pieslēdz VS tīklam.

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 pārnesei 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

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 (attēls 12.1.). Lai gan atsevišķi tā elementi var mainīties plašās robežās, viedā tīkla īpašības nemainās: tas ir inteligēnts, 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 pārslogdzi un novēršot potenciālo atslēguma situāciju.



12.1. attēls. Viedais tīkls Eiropas Tehnoloģiskās Platformas skatījumā

Viedā tīkla koncepcijas galvenie elementi ir sekojoši:

- 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;
- harmonizēt regulatoru un komerciālos noteikumus, veicinot jaudas un tīkla pakalpojumu pārrobežu tirdzniecību, garantējot, ka tie regulēs plaša spektra tīkla darbības režīmus un situācijas;
- kopēji tehniskie standarti un protokoli, kas nodrošina brīvu piekļuvi un dažādu ražotāju elektroietaišu izmantošanu;

- informācijas, aprēķinu un telekomunikāciju sistēmas, kas ļauj salāgoti un saskaņoti darboties elektrosistēmas dalībniekiem, uzlabojot to efektivitāti un pakalpojumus klientiem;
- 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, tādiem, kā „zaļāka” enerģija, cena utml. 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:

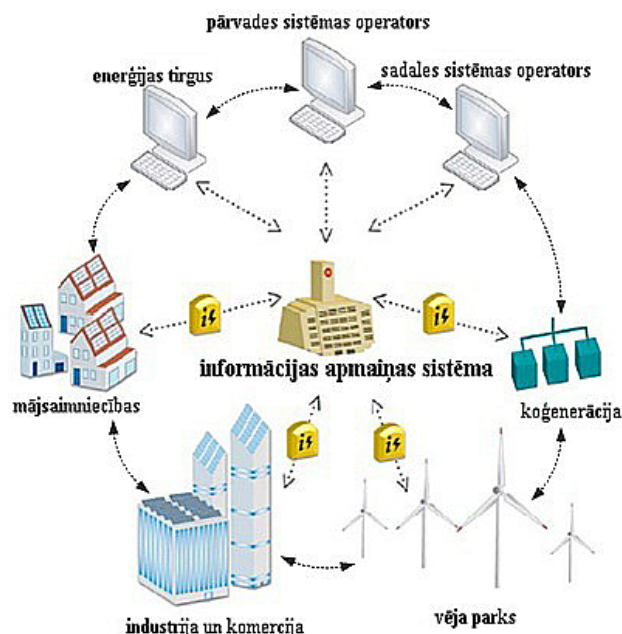
- ātri adaptējas operatīvā stāvokļa izmaiņām, mazāk paļaujoties uz tīkla dispečeru;
- elektroietaišu ekspluatāciju prognozējošs, ņemot vērā tīkla operatīvos datus un pat prognozējot potenciālās bojājuma/atslēguma vietas pirms tās reāli notiek;
- visā tīklā integrēta reālā laika divvirzienu komunikācija un notikumu kontrole;
- integrēta novērtēšanas un lēmumu pieņemšanas sistēma, kas apkopo visu ienākošo informāciju un veic atbilstošas darbības (attēls 12.2.);
- interaktīvs starp klientu un elektroenerģijas tirgu, ļaujot optimizēt klienta izmaksas;
- optimizēts ar maksimālu drošumu, pieejamību, efektivitāti un tehniski ekonomiskajiem rādītājiem;
- elastīgs, apmierinot klientu vēlmēs, vienlaicīgi reaģējot uz izmaiņām un grūtībām nākotnē;
- pieejams visiem tīkla dalībniekiem, it īpaši atjaunojamajiem enerģijas avotiem un augstas efektivitātes izkliedētājam ģenerācijai ar nulles vai zemām ogļskābās gāzes emisijām;
- drošs, uzlabojot elektroapgādes drošību un kvalitāti saskaņā ar digitālās ēras mainību un drošības prasībām kibernetizācijai;
- ekonomisks, nodrošinot augstāko vērtību caur inovāciju, efektīvu enerģijas pārvaldību, konkurenci un regulāciju;
- 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 (pārvades) sprieguma līmenim. Viedo tehnoloģiju ieviešana esošajā tīklā notiks pakāpeniski ilgā laika periodā, veidojot funkcionālos slāņus.

Paredzamie ieguvumi no Viedā tīkla realizācijas:

- ievērojami samazināt iedzīvotāju sektora slodzes maksimumu ar reālā laika elektroenerģijas cenām un modernām un energoefektīvām patērētāja elektroietaisēm;
- papildus samazināt slodzes maksimumu, pilnībā integrējot izkliedētās slodzes tehnoloģijas;
- līdz 30% (atkarībā no tīkla tehniskās attīstības līmeņa) samazināt sadales zudumus, uzlabojot jaudas koeficientu un balansējot sistēmu;
- samazināt siltumnīcas efektu izraisošo gāzu emisiju;

- uzlabot drošumu, samazināt patērētāju elektroapgādes laiku un biežumu, jo tīkls spēj prognozēt potenciālos bojājumus, kā arī atjaunot jaudu plūsmas no citām vietām pēc atslēgumiem;
- relatīvi samazināt kapitāla investīcijas sadales un pārvades sistēmās, pateicoties precīzai slodzes pieauguma prognozēšanai un samazinātam slodzes maksimumam;
- ietaupīt operatoru finanšu līdzekļus, apziņojot patērētājus par iespējamajiem atslēgumiem remontu un bojājumu laikā, kā arī samazināt kompensācijas patērētājiem par elektroapgādes pārtraukumiem.



12.2. attēls. Informācijas apmaiņa starp tīkla 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 elektroietais decentralizēti. Sprieguma kvalitātes kontrole ar reaktīvās jaudas kompensācijas iekārtām, kā arī spēka elektronikas izmantošana palielina jaudas plūsmas kapacitāti esošajās līnijās. Latvijā viedā tīkla ieviešanas tempi būs saistīti ar klientu vēlmi saņemt papildus pakalpojumu, sabalansējot investīcijas ar vēlmēm.

Elektroapgādes pamats, protams, ir elektrotīkls un tikai pakāpeniski, līdz ar tā atjaunošanu un modernizāciju, ST ievieš viedā tīkla elementus, kā, piemēram, indikatoru uzstādīšanu vīdsprieguma līnijās un TA. Lai izvērtētu viedo skaitītāju izmantošanas reālās iespējas un ieguvumus klientiem un ST, šogad (2012.gadā) paredzēts veikt pilotprojektus vairākās sadales tīklu vietās.

Nākotnes tīkla ekspluatācija

Viedo tīklu elektroietaišu ekspluatācijas darbi un prasības ekspluatācijas personālam būtiski neatšķirsies no esošās kārtības un metodēm. Mainīsies esošo darbu veikšanas filozofija, aizstājot periodiskos darbus ar elektroietaišu stāvokļa monitoringu un preventīvajiem tīkla pārbaudes un uzturēšanas darbiem. Ekspluatācijas darbi tiks 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. Elektroietaišu ekspluatācijas darbu saraksts tiks papildinās ar jaunu sadaļu, kur aprakstīta izmantoto informācijas tehnoloģiju ekspluatācija. Iespējams, vislielākās grūtības sagādās novecojis programmnodrošinājums un kiberuzbrukumi.

Jautājumi paškontrolei

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?

13. Ekspluatācijas personāla pienākumi un atbildība sadales tīklu uzturēšanā

Personāls un darba organizācija

Ekspluatējot sadales tīkla elektroietaisies, jāievēro organizatoriskie un tehniskie pasākumi un prasības attiecībā pret personālu un elektrodrošību. Uzturēšanas darbu organizēšanā iesaistītajam personālam ir pienākumi un atbildība attiecībā pret procesā iesaistīto personālu un elektroietaisēm.

Vispārējā gadījumā uzturēšanas darbus elektroietaisē organizē elektroietaisies valdītājs, kam ir piešķirtas tiesības un pienākumi ar administratīvām metodēm (rīkojumiem un norīkojumiem) nodrošināt elektroietaisies darbību un drošu ekspluatāciju. Elektroietaisies valdītājam jānodrošina, lai elektroietaisies ekspluatācijas laikā tiktu ievērotas normatīvo dokumentu prasības LR likumi, MK noteikumi, LEK energostandarti, (pamatā LEK 025) un darbi veikti saskaņā ar ekspluatācijas instrukcijām. Elektroietaisies normāla darbības stāvokļa uzturēšanai tās valdītājs norīko:

- par darbu organizāciju **atbildīgo** darbinieku ar atbilstošu kvalifikāciju un pieredzi organizēt drošu darbu elektroietaisē, izsniedzot norīkojumus vai dodot rīkojumus;
- **atbildīgo** par darba izpildi, kuram ir atbilstoša kvalifikācija un pieredze, lai instruētu, uzraudzītu un dotu konkrētus darba pienākumus brigādes locekļiem, izpildot darbus elektroietaisē;
- **atbildīgo** par elektroietaisies ekspluatāciju ar atbilstošu kvalifikāciju un pieredzi, lai nodrošinātu tehnisko normatīvu izpildi un pastāvīgi uzturētu elektroietaisies darbību nepieciešamajā līmenī, ja zemsprieguma elektroietaisies galvenā jaudas slēdža nominālā strāva pārsniedz 100 A vai tā valdījumā ir videsprieguma elektroietaisē;
- **atbildīgo** par atļaujas došanu darba vietas sagatavošanai un pielaišanai pie darba ar atbilstošu kvalifikāciju un pieredzi, lai uzticētu tam tiesības dot atļauju sagatavot darba vietu un pielaist brigādi pie darba pēc rīkojuma vai norīkojuma.

Elektroietaisies valdītāja norīkotajiem darbiniekiem piešķir šo atbildīgo personu tiesības pēc zināšanu pārbaudes par konkrēto elektroietaišu konstruktīvām, ekspluatācijas un remonta procesa īpatnībām, ievērojot viņu kvalifikāciju un pienākumus. Ņemot vērā plānoto darbu sarežģītību un

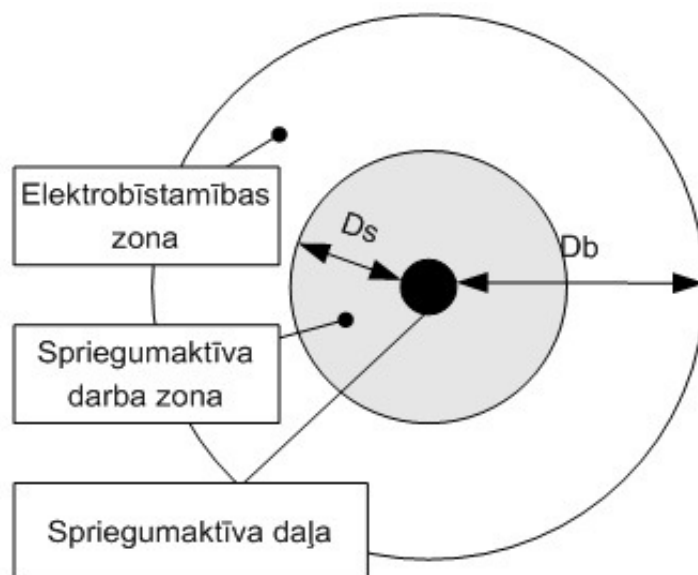
ilgumu, tiek izdots rīkojums vai norīkojums darbu veikšanai. Darbus elektroietaisē veic brigāde, kas ir darbu veikšanai organizēta divu vai vairāku darbinieku grupa, kurā viens ir atbildīgais par darba izpildi jeb uzraugs. Brigādes locekļi pilda atbildīgā par darba izpildi dotos uzdevumus.

Darbu brigādes sastāvā, ņemot vērā darba veidu un raksturu, var veikt instruēts, apmācīts vai kvalificēts darbinieks. Darbinieku par instruētu uzskata, ja tas ir instruēts par elektrobīstamības jautājumiem un strādā kāda apmācīta vai kvalificēta darbinieka uzraudzībā vai, ja tas ir ieguvis A elektrodrošības grupu un patstāvīgi var veikt noteikta apjoma darbus. Apmācīts darbinieks ir tāds, kas apguvis augstsprieguma vai zemsprieguma elektrodrošības apmācības kursu, pēc nepieciešamā praktiskā darba perioda kvalificētas personas uzraudzībā izturējis zināšanu pārbaudi un ieguvis B elektrodrošības grupu zemspriegumā vai augstspriegumā. Par kvalificētu darbinieku uzskata tādu, 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 vai augstspriegumā. Par elektroietaisē ekspluatāciju atbildīgās personas ierosinājuma elektroietaisē valdītājs nosaka darbinieku loku, kam nepieciešama attiecīgā elektrodrošības grupa un apmācības kārtību tās iegūšanai. Elektrodrošības grupa apliecina darbinieka elektrodrošības zināšanu, prasmju un to praktiskās lietošanas līmeni, atbilstoši kuram, darbiniekam ir tiesības veikt noteiktus darbus ekspluatācijā esošās elektroietaisēs. Veicot darbu elektroietaisē, elektrodrošības grupas apliecībai jāatrodas pie darbinieka.

Darbu izpildes laikā elektroietaisēs darba veicējam jāievēro norīkojuma, rīkojuma, darba aizsardzības un ekspluatācijas instrukcijas prasības. Darba aizsardzības instrukcijā noteiktas prasības, kādas jāņem vērā, pildot konkrētu darba veidu, lai aizsargātu darbinieku veselību un novērstu vai mazinātu nevēlamos riska faktorus, kas varētu rasties konkrētā darba izpildes gaitā. Ekspluatācijas instrukcija nosaka kārtību, kādā veicama iekārtu ekspluatācija, reglamentē iekārtai pieļaujamos darba režīmus un to maiņu un nosaka konkrētas prasības darba drošībai, sprādziendrošībai un ugunsdrošībai, kā arī neatliekamās pasākumus, novēršot traucējumus un bojājumus iekārtā.

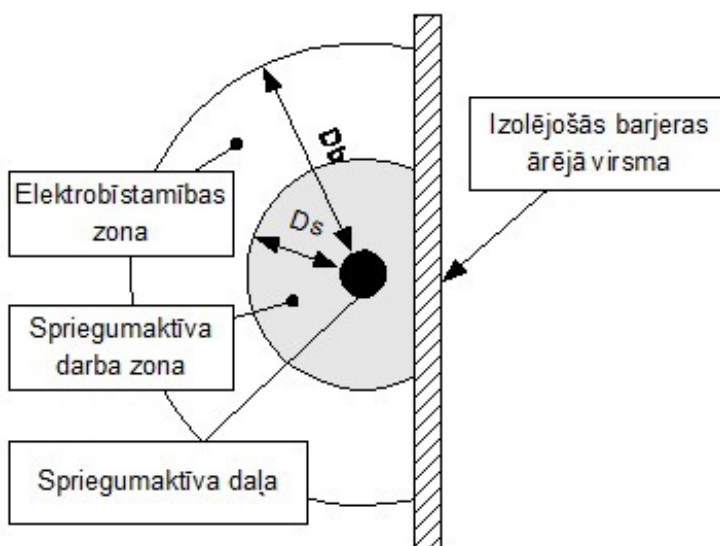
Operatīvajam personālam ir piešķirtas tiesības, atrodoties maiņā, realizēt elektroietaisē operatīvo vadību, kontroli, režīma parametru maiņu, veikt pārslēgumus, sagatavot vai dot atļauju sagatavot darba vietu, pielaist brigādes pie darba vai dot atļauju tās pielaist pie darba. Operatīvais personāls elektroietaisē darba režīmu maiņu vai elektroietaisē 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.

Pēc darbu veikšanai nepieciešamo dokumentu sagatavošanas un atļauju saņemšanas personāls sagatavo darba vietu, kurā veic nepieciešamos tehniskos un organizatoriskos pasākumus dzīvībai un veselībai nekaitīgu darba apstākļu nodrošināšanai, pasargājot no mehāniskiem, fizikāliem, bioloģiskiem u.c. draudiem. Īpašu vērību darba vietas sagatavošanā saskaņā ar norīkojumu jāievēro, plānojot darbus elektrobīstamības vai spriegumaktīvā darba zonā, kurā, veicot darbus, pastāv elektrobīstamība vai iespēja pieskarties spriegumaktīvām daļām, strādāt tuvu tām (attēli 13.1. un 13.2.).



13.1. attēls. Attālumi gaisā un darba veikšanas zonas

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 elektroietaisies noteiktās spriegumaktīvās daļas atslēgtas no sprieguma un veikti tehniskie pasākumi nejaušai sprieguma pieslēgšanai. Darba vietas 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.



13.2. attēls. Sprieguma ietekmes zonu ierobežošana, izmantojot izolējošu aizsargbarjeru

Attēlos 13.1. un 13.2. ar D_s apzīmē attālumu, kas nosaka spriegumaktīvas darba zonas ārējo

robežu, bet ar Db apzīmē attālumu, kas nosaka elektrobīstamības zonas ārējo robežu. Tabulā 13.1. doti attālumi drošiem darbiem spriegumaktīvu daļu tuvumā atkarībā no sprieguma.

Tabula 13.1.

Attālumi drošiem darbiem spriegumaktīvu daļu tuvumā

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

Montāžas vai remontdarbus, kuri notiek 5 m un augstāk no grunts vai pārseguma līmeņa, klasificē kā augstkāpēju darbu, kuru veikšanai galvenais darbinieka aizsarglīdzeklis pret krišanu no augstuma visā darba un pārvietošanās laikā ir pretkritiena drošības josta vai drošības sistēma. Darbiniekiem jāņem vērā arī iespējamie draudi, veicot darbus no 1,5 m līdz 5 m augstumā no grunts, pārseguma vai darba sastatnes virsmas, virs kuras tiek veikti darbi konstrukciju, iekārtu, mašīnu un mehānismu uzstādīšanai, montāžai, ekspluatācijai un remontam.

Neatkarīgi no elektroietaisē veicamo darbu rakstura, katram darbiniekam jābūt aprīkotam ar individuālajiem un kolektīvajiem darba aizsardzības līdzekļiem, kurus nodarbinātais lieto darbā, lai aizsargātu savu drošību un veselību no viena vai vairāku darba vides riska faktoru iedarbības. Elektroietaišu uzturēšanas darbos personālam jābūt aprīkotam ar individuālajiem (In), (attēls 13.3.) un kolektīvajiem aizsardzības līdzekļiem (K), darbarīkiem (D), ierīcēm un iekārtām (Ie) vismaz šādā apmērā:

- dielektriskie cimdi un apavi (botes) (In);
- sejas un acu aizsargi (In);
- aizsargķiveres (In);
- aizsargapģērbs, tajā skaitā ekranējošais (In);
- dielektriskie paklāji, izolējošās platformas un sastatnes(K);
- izolējošie uzliktņi (K);
- izolētie un izolējošie darbarīki (D);
- izolējošie stieņi (operatīvie, mērstieņi, stieņi zemējumu uzlikšanai)(K);
- slēdzenes, drošības zīmes(Ie);
- sprieguma uzrādītāji un indikatori (K);
- mērinstrumenti ar izolētiem rokturiem (Ditca knaibles u.c.)(Ie);
- fāzēšanas ierīces (D);

- kabeļu bojājuma vietas uzrādītāji(D);
- pārnesamie zemējumi(K);
- barjeras, brīdinājuma lentes un karodziņi(K).



13.3 attēls. Daļa no individuālajiem aizsardzības līdzekļiem

Darba aizsardzības aprīkojums jāuztur lietošanas kārtībā un jālieto atbilstoši paredzētajam mērķim (attēls 13.4.).

 pret zemām temperatūrām	 pret mehāniskām iedarbībām	 * pret sliktiem laika apstākļiem (lietus, ūdens, aukstums līdz -5 °C), kur: X: ūdens iekļūšanas pretestības klase; Y: ūdens tvaiku iesūkšanas pretestības klase
 pret karstumu un atklātu liesmu	 pret iegriezumiem	
 pret statisko elektrību	 pret iegriezumiem ar motorzāģi	 pret zemu redzamību, kur X: apģērba klase; Y: gaismu atstarojošā materiāla klase
 pret ķīmiskām vielām	 īslaicīgi pret ķīmiskām vielām un/vai ūdens necaurlaidīgi	

13.4. attēls. Darba aizsardzības līdzekļu marķējums

Darbu veikšana elektroietaisēs

Pastāvīgu darbu elektroietaisē var veikt personas, kas sasniegušas 18 gadu vecumu, izgājušas

medicīnisko pārbaudi Ministru kabineta noteiktajā kārtībā un saņēmušas slēdzienu par personas veselības stāvokļa atbilstību veicamajam darbam. Veicot darbu elektroietaisē, darbinieks ir atbildīgs par elektrodrošības un darba aizsardzības noteikumu ievērošanu (attēls 13.5.), bet, ja tos nav iespējams izpildīt vai sabojājas elektroietaišu, darbā izmantojamo mašīnu, mehānismu, ierīču, instrumentu un aizsardzības līdzekļi, kas var apdraudēt cilvēkus vai apkārtējo vidi, darbs ir jāpārtrauc un nekavējoties jāziņo atbildīgajam par darba izpildi



13.5. attēls. Rīkojuma zīmes, kas nosaka pastāvošos riskus veselībai darba izpildes laikā

Veicot elektroietaišu apkalpošanu, var rasties vairāki specifiski riski, kas tieši vai netieši saistīti ar elektrisko loku, elektriskās strāvas iedarbību, darbu augstumā, augstkāpēja darbu, elektromagnētiskā lauka iedarbību, fizisku pārslodzi, klimatiskiem apstākļiem, kuru ietekme un sekas jānovērš vai būtiski jāsamazina, lai pasargātu darbinieku dzīvību.

Darbi GVL un brīvgaisa sadalietaisēs

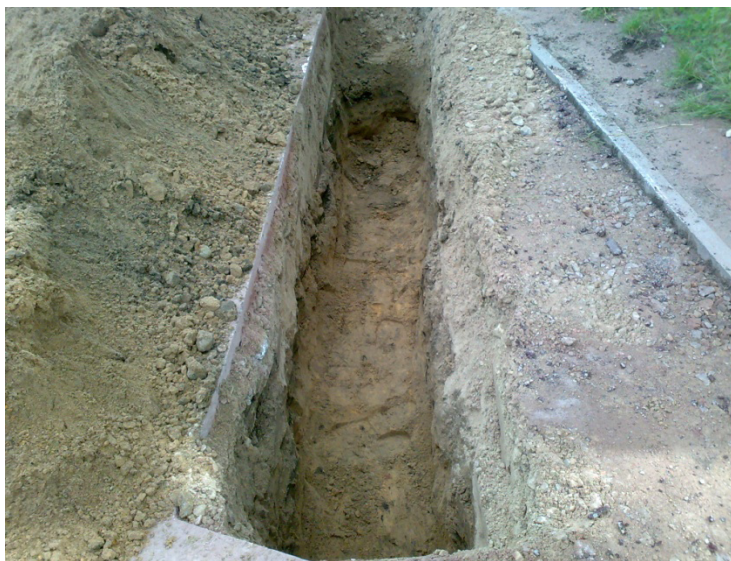
No elektriskās strāvas iedarbības var izvairīties, ja tiek ievēroti pieļaujamie attālumi līdz spriegumaktīvām daļām, tajā skaitā, strādājot ar kravas celšanas iekārtām un kāpnēm. Pārvietojoties zem GVL spriegumaktīvām daļām (arī ārā sadales ietaisē), kravas celtņu celšanas un izbīdāmām daļām jāatrodas transporta stāvoklī. Aizliegts novietot kravas un strādāt ar celtņa strēli zem GVL, ja tā ir spriegumaktīva. Kravas celtņiem un mehānismiem pa līdzenu virsmu atļauts pārvietoties darba vietas robežās, neiebraucot zem atklātām spriegumaktīvām elektroietaisēs daļām ar paceltu darba elementu bez kravas un darbiniekiem uz pacelšanas vai izbīdāmām daļām, ja šāda pārvietošanās atļauta izgatavotājrūpnīcas instrukcijā. Pārvietoties zem GVL autotransportu un kravas celtņiem atļauts vietās ar vismazāko vadu nokari (balstu tuvumā). Strādājot ar mehānismiem, to tālākajiem iespējamajiem izvīzījumiem līdz atklātām spriegumaktīvām daļām jābūt ne mazākiem par elektrobīstamības zonas ārējo robežu. Strādājot elektroietaišu tuvumā, kravas celtņiem un mehānismiem ar pneimoriteņiem jābūt saņemtiem, bet mehānismus ar kāpurķēdēm, kas atrodas tieši uz zemes, nav jāsaņem.

Veicot darbus virs atklātām spriegumaktīvām daļām, jānodrošinās pret lietojamo palīgierīču un instrumentu uzkrišanu uz spriegumaktīvām daļām, kā arī pret to nokļūšanu spriegumaktīva darba zonā. Ja pastāv varbūtība, ka lietojamās palīgierīces un instrumenti var uzkrīst uz spriegumaktīvām daļām vai nokļūt spriegumaktīva darba zonā, šādus darbus jāveic, atslēdzot spriegumaktīvās daļas.

Kāpjot balstos, tos jāpārbauda atbilstoši instrukcijai un, ja atklājas, ka to izturība nav pietiekoša, tie iepriekš jānostiprina vai darbi jāveic, izmantojot mehānismus cilvēku pacelšanai. Pakļaujot balstus vienpusīgai slodzei, kuri nav paredzēti vienpusīgam vadu un trošu spriegojumam, iepriekš jānostiprina, lai izvairītos no balstu krišanas. Aizliegts atbrīvot no sējuma vai pārgriezt visus vadus

starpbalstus bez iepriekšējas balstu nostiprināšanas. Kāpjot balstos, vienmēr jālieto drošības jostas vai drošības sistēmas, kas nodrošina pret krišanu. Aizliegts kāpt, strādāt un novietot pacēlāju līnijas stūra balsta virzienmaiņas leņķa iekšpusē.

Veicot darbu pazemes būvēs, kurās atrodas elektroietaisies, pastāv bīstamība personāla veselībai un dzīvībai, jo zemās vietās var uzkrāties indīgas gāzes. Šādus darbus jāveic brigādei ar ne mazāk kā trim darbiniekiem, no kuriem divi nodrošina veicamā darba drošu izpildi. Kabeļakās pieļauts atrasties un strādāt vienam darbiniekam, lietojot drošības sistēmu ar drošināšanas virvi, kuras galu ārpus akas tur cits darbinieks. Izrakto tranšeju malas ir jānostiprina, lai novērstu to iebrukšanu īpaši nestabilās gruntīs un personāla aprakšanas iespēju (attēls 13.6.).



13.6. attēls. Kabeļu līnijas tranšeja stabilā gruntī

GVL apskati veic viens darbinieks, izņemot gadījumus, kad apskate veicama grūti caurstaigājamās vietās nelabvēlīgos laika apstākļos un tumšā laikā, kad apskate jāveic diviem darbiniekiem.

Celšanas mehānismu darbības laikā aizliegts atrasties zem paceļamajām kravām, pacēlāja groza vai platformas, kā arī tuvāk par pieciem metriem no nospriegotiem vadiem vai trosēm, atbalstiem un stiprinājumiem. Gadījumos, kad nav iespējams nodrošināt pārredzēmību starp brigādes locekļiem, kas atrodas grozā vai uz platformas ar pacēlāja operatoru, tad pie pacēlāja operatora jāatrodas brigādes loceklis, kas dod komandas par groza vai platformas pārvietošanu. Darbus no pacēlāja veic, stāvot grozā vai uz platformas un piestiprinoties ar pretkritiena drošības jostu vai drošības sistēmu. Pāreju no groza uz elektrolīnijas balstu vai iekārtu un atpakaļ veic ar atbildīgā par darba izpildi atļauju un tad, ja darbu izpildītājs lieto drošības sistēmu.

Pārliedz elektromagnētiskā lauka iedarbība uz cilvēka organismu var radīt bioloģiskās iedarbības sekas. Ministru kabinets ir noteicis elektromagnētiskā lauka intensitātes ekspozīcijas iedarbības vērtības, kuru pārsniegšanas gadījumā elektroietaisies valdītājam jāizstrādā un jāievieš papildus organizatoriskie un tehniskie pasākumi elektromagnētiskā lauka ietekmes samazināšanai un drošai darba izpildei.

Ministru kabinets noteicis darba strāvai ar frekvenci 50 Hz elektromagnētiskā lauka iedarbības ekspozīcijas robežvērtības:

- elektriskā lauka intensitāte (E) - 10 kV/m;

- magnētiskā lauka intensitāte (H) – 0,4 kA/m;
- magnētiskā indukcija (B) – 0,5 mT.

Lai noteiktu elektromagnētiskā lauka intensitāti un iedarbības zonas robežas, veic mērījumus un salīdzina ar normētajiem lielumiem. Elektromagnētiskā lauka intensitāti mēra visā darbu izpildes zonā, kur var atrasties darbinieks darbu izpildes procesā. Ja elektromagnētiskā lauka intensitāte pārsniedz noteiktās vērtības, izmanto portatīvās ekranējošās ierīces. Tās saņem, pievienojot zemējumietaisēm to izvietojuma vietās. Ekranējošās ierīces pievienošanu metāla konstrukcijām veic ar lokanu vara vadu, kura šķērsgrūzums nav mazāks par 10 mm². Visām ekranējošām ierīcēm jābūt saņemētām tieši vai pastarpināti caur citu metāla konstrukciju, kas ir tieši saņemta, ievērojot izgatavotājrūpnīcu norādījumus.

Nesazemētās elektroietaisēs daļās vienmēr pastāv inducēta sprieguma bīstamība, tāpēc tām aizliegts pieskarties bez aizsardzības līdzekļiem. No zemes izolētas metāla konstrukcijas vienmēr jāsaņem.

Darbi elektroietaisēs vienmēr saistīti ar fiziskas pārslodzes iespējamību, kas būtiski ietekmē nodarbināto darbaspējas un darba kvalitāti. Ilgstošas fiziskās pārslodzes apstākļos pieaug traumatisma un arodsaslimšanas risks, tāpēc iespēju robežās jāsamazina nepieciešamība darbiniekiem veikt darbu ar fizisku spēku, bet maksimāli izmantojot dažādus palīglīdzekļus un mehānismus. Darbiniekam aizliegts celt smagumu, kas lielāks par 25 kg - piemēram - guldēt kabeli, jāizvērtina nepieciešamo darbinieku skaits tā, lai katrs neceltu vairāk par 25kg smagu posmu. Kabeļa guldīšanas laikā aizliegts stāvēt kabeļa virzienmaiņas leņķa iekšpusē vai ar rokām pieturēt kabeli trases pagriezienos, tā vietā izmantojot kabeļu guldīšanas palīgerīces.

Personāla pienākumi un atbildība veicot elektroietaišu uzturēšanas darbus.

Elektroietaisēs uzturēšanas darbos iesaistītā personāla atbildība un pienākumi noteikti saskaņā ar piešķirtās atbildības līmeni, taču pārsvarā visam elektroietaisēs apkalpošanā iesaistītajam personālam jāatbilst vismaz šādām prasībām, jāveic šādi pienākumi un jāatbild par uzticētajiem pienākumiem:

- jābūt zināšanām par elektroietaisi, tās konstrukciju, drošības prasībām, kas attiecas uz tās lietošanu un darba pieredzi;
- jābūt atbilstoši elektrodrošības grupai;
- jānodrošina darbu organizācija un izpilde atbilstoši norīkojumu, rīkojumu, darba aizsardzības instrukcijas un ekspluatācijas instrukcijas prasībām;
- jānodrošina droši darba apstākļi, neapdraudot cilvēka dzīvību, citas elektroietaisēs, apkārtējo vidi un īpašumu.

Organizējot ekspluatācijas darbus, norīkojumu sadaļā “Īpaši norādījumi” norāda tos papildu faktorus, kas jāņem vērā, izpildot ekspluatācijas darbus elektroietaisē.

Vienmēr, uzsākot darbus pie atslēgta sprieguma, jāizpilda elektrodrošības pamatprasības:

- pilnīga elektroietaisēs atslēgšana (atvienošana);
- nodrošināšanās pret kļūdainu vai patvaļīgu komutācijas aparātu ieslēgšanos un sprieguma padošanu;
- sprieguma neesamības pārbaude;

- zemēšana (zemējuma uzlikšana) un īsi slēgtu savienojumu izveidošana;
- aizsardzība pret spriegumaktīvu daļu ietekmi, kas atrodas darba vietas tuvumā.

Pēc sprieguma atslēgšanas jāpārbauda tā neesamību. To drīkst pārbaudīt operatīvais personāls vai personāls, kuram ir piešķirtas operatīvās tiesības šajā elektroietaisē. Nākamā elektrodrošības prasība ir pārnesamā zemējuma uzlikšana, zemētājslēdžu ieslēgšana un atslēgšana. Pārnesamo zemējumu uzliek šādā secībā: to pievieno pie zemējuma ietaises un pēc sprieguma neesamības pārbaudes uzliek uz elektroietaises zemējamām daļām, sākot no darbiniekam tuvākās strāvvadošās daļa, bet noņem pretējā secībā: vispirms no elektroietaises strāvvadošām daļām un pēc tam atvieno no zemējumietaises (attēls 13.7.). Ja zemējuma uzlikšana ir bīstama vai neiespējama, tad uz atdalītāju nažiem uzliek dielektriskos izolētājuzvāžņus vai ievieto izolētājstarplikas starp komutācijas aparātu kontaktiem. Jāpārliecinās, ka ir apzinātas un novērstas visas iespējas kļūdaini vai patvaļīgi dot spriegumu uz elektroietaisi, kad tajā tiek veikti uzturēšanas darbi.

Personālam, kas veic darbus elektroietaisēs, un arī katram elektriķim ir jāatceras elektrodrošības bauslis pirms jebkādu darbu uzsākšanas:

ATSLĒDZ → **PĀRBAUDI** → **SAZEMĒ.**

Atgriežoties darba vietā pēc pārtraukumiem (nākamajā dienā vai pēc pusdienas laika), jāveic darba vietas atbilstības darba aizsardzības un elektrodrošības prasībām pārbaude, pārliecinoties, ka visas atstātās drošības zīmes, nožogojumi, karodziņi, kā arī zemējumi ir nebojāti un atrodas savās vietās, it kā darbs tiktu uzsākts no jauna. Pēc darbu pabeigšanas darba vieta jānokopj un jāatstāj tāda, kā bija pirms darbu uzsākšanas. Pirms sprieguma padošanas elektroietasei no tās jāizved tajā strādājošais personāls un jānoņem drošības zīmes, karodziņi nožogojumi, zemējumi, jāaizslēdz elektroietaišu durvis un jāatjauno pastāvīgie nožogojumi.



13.7. attēls. Pārnesamā zemējuma uzlikšana 20kV līnijai

Elektroietaisi pieslēgt spriegumam drīkst tikai tad, kad ir saņemta atļauja no personas, kas devusi atļauju uzsākt uzturēšanas darbus. Elektroietaises uzturēšanas darbos ietilpst arī elektroietaises

operatīvā apkalpošana. Tās laikā tiek veikta darba režīma kontrole, pārslēgumu operāciju veikšana, vadīšana un koordinēšana, normālas darbības traucējumu lokalizēšana un režīma atjaunošana, režīmu saskaņošana remontdarbu veikšanai, norīkojumā vai rīkojumā noteikto organizatorisko un/ vai tehnisko pasākumu izpilde drošai darbu veikšanai.

ST veic spriegumaktīvos darbus, neatslēdzot spriegumu elektroietaisē. Darbus veic saskaņā ar standartu un instrukciju prasībām pieredzējis un speciāli apmācīts personāls. Pamatā tie ir vīdsprieguma slēgto un kompakto transformatoru TA tīrīšanas darbi un darbi zemsprieguma uzskaites sadalnēs un piekarkabeļu līnijās. Nākotne šo darbu veidi un apjoms palielināsies.

Elektroietaišu operatīvā vadība un pārslēgumi

Operatīvās apkalpošanas laikā savstarpēji sazinoties, iesaistītajam personālam jārunā īsi, konkrēti un oficiāli, kā arī jāatpazīst sarunu partneri pēc uzvārdiem. Elektroietaišu identificēšanai sarunas laikā jāizmanto to operatīvie apzīmējumi. Rīkojumus par operatīvo pārslēgumu veikšanu dod operatīvais personāls. Rīkojumiem jābūt skaidriem un viennozīmīgiem un jāietver operācijas viena mērķa sasniegšanai. Rīkojumu nepilda, ja tas apdraud personāla un elektroietaisies drošību. Atkarībā no komutācijas aparātu stāvokļa elektroietaisē var būt sekojošos operatīvos standartstāvokļos:

- "darbā" - komutācijas aparāti ieslēgti, veidojot noslēgtu elektrisko ķēdi;
- "rezervē" vai "automātiskā rezervē" - atslēgta ar komutācijas aparātiem un operatīvais personāls vai automātika (ARI) to var nekavējoties ieslēgt darbā;
- "spriegumaktīva" vai "tukšgaitā" - komutācijas aparāti ir ieslēgti, padodot spriegumu, bet nav noslēgta elektriskā ķēde ar patērētāju (nav slodzes);
- "remontā" - atslēgta ar komutācijas aparātiem vai arī izjaukts tās shēmojums un sagatavota remonta darbu veikšanai.

Veicot pārslēgumus, var rasties operatīvie stāvokļi, kas neatbilst standartstāvokļiem. Tad elektroietaisē operatīvo stāvokli nosaka, reģistrējot visu komutācijas aparātu stāvokļus. Operatīvo stāvokļu maiņu veic operatīvais personāls un realizē ar vietējās vadības, distances vadības vai dispečervadības sistēmas (tālvadības) palīdzību. Pārslēgumus veic, lai mainītu elektroietaisē stāvokli, lietotu, ieslēgtu, atslēgtu, palaistu un apturētu iekārtu, lokalizētu elektroietaisē bojājuma vietu, pārslēgumi, izvedot elektroietaisi remontā vai ievēdot darbā. Visi pārslēgumi un to secība jāizdara saskaņā ar iekārtu ekspluatācijas instrukcijām. Notiekot nelaimes gadījumam, spriegums jāatslēdz nekavējoties, bez iepriekšējas atļaujas saņemšanas.

Elektroietaišu stāvokļa novērtēšana

Pieņemot ekspluatācijā, elektroietaisēm periodiski un pēc remontiem veic darbības stāvokļa pārbaudi un darbības testēšanu, veicot dažādus mērījumus un elektriskā, mehāniskā un termiskā stāvokļa kontroli, lai savlaicīgi noteiktu vai ierobežotu defektus, kas var radīt darbības tehnoloģiskus traucējumus vai izraisīt bīstamību cilvēku veselībai un apkārtējai videi. Stāvokļa pārbaudi veic pēc pārbažu rezultātiem, salīdzinot tos ar elektroietaisē specifiskajās dotajām tehniskajām un drošības prasībām, un neatbilstības gadījumā elektroietaisē iestatījumus pielāgo (remontē) atbilstoši normālam darbības režīmam. Pārbaudes veic arī pirms elektroietaisē nodošanas ekspluatācijā. Visu elektroietaišu pārbažu rezultāti jādokumentē. Pārbažu laikā jāievēro darba aizsardzības un elektrodrošības noteikumi. Ja pārbaudes laikā atklājas, ka pastāv draudi cilvēku dzīvībai, veselībai vai īpašumam, pie bojātās elektroietaisē jāorganizē apsardze un pēc iespējas

jāizliek brīdinājuma zīmes “Bīstami elektrība” (attēls 13.8.), paziņojot par notikušo elektroietaisies operatīvajam personālam.



13.8. attēls. Brīdinājuma zīmes

Jautājumi paškontrolei

1. Kādas prasības jāievēro, veicot elektroietaišu uzturēšanas darbus?
2. Kādos gadījumos jāstrādā ar ekranējošām ierīcēm?
3. Kādi ir operatīvo pārslēgumu veidi?
4. Kādi ir elektroietaišu operatīvie stāvokļi?
5. Kādi individuālie aizsardzības līdzekļi jālieto, strādājot elektroietaisēs?
6. Kādi ir ekspluatācijas personāla pamata pienākumi uzturēšanas darbu laikā?
7. Kāda ir ekspluatācijas personāla pamata atbildība uzturēšanas darbu laikā?
8. Kāpēc jāveic elektroietaišu stāvokļa pārbaudes?

Pielikumi

1. Pielikums. Sadales ietaišu, transformatoru apakšstaciju un sadaļņu izvēlē un testēšanā lietojamie standarti

LVS EN 62271-202 Augstsprieguma komutācijas un vadības iekārtas. 202. daļa: Rūpnieciski izgatavotās augstsprieguma/ zemsprieguma apakšstacijas.

LVS EN 62271-103 Augstsprieguma komutācijas un vadības iekārtas. 103. Daļa: Slēdži nominālajam spriegumam virs 1 kV un līdz 52 kV (ieskaitot) (IEC 62271-103:2011).

LVS EN 62271-201 Augstsprieguma komutācijas un vadības iekārtas. 201. daļa: Augstsprieguma maiņstrāvas komutācijas un vadības aparātūra izolējošos apvalkos nominālajam spriegumam virs 1 kV un līdz 52 kV ieskaitot.

LVS EN 62271-200 Augstsprieguma komutācijas un vadības iekārtas. 200. daļa: Augstsprieguma maiņstrāvas komutācijas un vadības aparātūra metāla apvalkos nominālajam spriegumam virs 1 kV un līdz 52 kV ieskaitot (IEC 62271-200:2011).

LVS EN 60947-3 Zemsprieguma komutācijas ierīces un vadības ierīces. 3. daļa: Slēdži, atdalītāji, slodzes atdalītāji un drošinātājslēdži (IEC 60947-3:2008).

LVS EN 60269-1 Zemsprieguma drošinātāji. 1. daļa: Vispārīgās prasības.

LVS EN 60071-1 Izolācijas koordinēšana. 1. daļa: Definīcijas, principi un noteikumi.

LVS EN 60664-1 Zemsprieguma sistēmu ierīču izolācijas koordinēšana. 1. daļa: Principi, prasības un testi.

LVS EN ISO 1461:2009 Dzelzs un tērauda izstrādājumu karstie galvaniskie pārklājumi. Specifikācijas un testa metodes (ISO 1461:2009).

LVS EN 12350-1 Svaiga betona testēšana. 1. daļa: Paraugu ņemšana.

LVS EN 61180-1 Zemsprieguma iekārtu augstsprieguma testu metodes - 1. daļa: Definīcijas, testu un procedūru prasības.

LVS EN 60243-1 Izolācijas materiālu elektriskā izturība - Testēšanas metodes - 1. daļa: Testi tīkla frekvencēs.

LEK 119 20/0,4 kV masta apakšstacijas. Galvenās tehniskās prasības. Konstrukcijas un materiāli.

LEK 047 Vidsprieguma (6,10,20 kV) sadalietais un apakšstacijas. Galvenās tehniskās prasības.

LBN 203-97 Betona un dzelzsbetona konstrukciju projektēšanas normas.

2. Pielikums. Sadales transformatoru izvēlē un testēšanā lietojamie standarti

LVS EN 60076-1:2003 +A1 +A12 "Spēka transformatori - 1.daļa: Vispārīgi."

LVS EN 60076-2:2011 "Spēka transformatori. 2. daļa: Temperatūras pieauguma noteikšana šķidrums transformatoros."

LVS EN 60076-3:2002 "Spēka transformatori - 3.daļa: Izolācijas līmeņi, elektroizturības testi un atstatumi gaisā."

LVS EN 60076-4:2002 "Spēka transformatori - 4.daļa: Norādījumi zibens impulsu un komutācijas impulsu testēšanai - Spēka transformatori un indukcijas spoles."

LVS EN 60076-5:2006 "Spēka transformatori. 5.daļa: Īsslēgumizturība."

LVS EN 60076-6:2008 "Spēka transformatori. 6. daļa: Reaktori."

LVS EN 60076-10:2002 "Spēka transformatori - 10.daļa: Skaņas līmeņu noteikšana."

LVS EN 60076-11:2004 "Spēka transformatori - 11.daļa: Sausie transformatori."

LVS EN 60076-13:2007 "Spēka transformatori. 13.daļa: Pašaizsargāti šķidrumpildīti transformatori."

LVS EN 50464-1 50 Hz, 50 kVA līdz 2500 kVA trīsfāzu eļļas sadaltransformatori, kuru augstākais spriegums iekārtai nepārsniedz 36 kV. 1. daļa: Vispārīgās prasības.

3. Pielikums. Gaisvadu līniju vadu un piekarkabeļu izvēlē un testēšanā lietojamie standarti

LVS EN 60889:2002 "Aukststiepts alumīnija vads gaisvadu līnijām."

LVS EN 50189:2002 "Gaisvadu līniju vadītāji - Cinkotie tērauda vadi."

IEC 61089-am1 ed1.0 "Amendment 1 - Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors."

LVS HD 626 S1:2003 + A1 + A2 "0,6/1 (1,2) kV nominālajam spriegumam $U_0/U(U_m)$ paredzēti iekarināmi sadales kabeļi."

LVS EN 50397-1:2007 "Pārklātie maiņstrāvas gaisvadu līniju vadi un to armatūra nominālajam spriegumam no 1kV līdz 36kV (ieskaitot). 1.daļa: Pārklātie vadi."

LVS EN 50397-2:2010 "Pārklātie maiņstrāvas gaisvadu līniju vadi un to armatūra nominālajam spriegumam no 1kV līdz 36kV (ieskaitot). 2. daļa: Armatūra pārklātiem vadiem. Testi un akceptēšanas kritēriji."

LVS EN 50397-3:2010 "Pārklātie maiņstrāvas gaisvadu līniju vadi un to armatūra nominālajam spriegumam no 1kV līdz 36kV (ieskaitot). 3. daļa: Lietošanas norādījumi."

4. Pielikums. Kabeļu izvēlē un testēšanā lietojamie standarti

IEC 60502-1 ed2.1 Consol. with am1 "Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) - Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)"

IEC 60502-2 ed2.0 "Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) - Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)"

IEC 60502-4 ed3.0 "Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) - Part 4: Test requirements on accessories for cables with rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)"

IEC 60183-am1 ed2.0 Amendment 1 - Guide to the selection of high-voltage cables.

IEC 60986:1989, Guide to the short-circuit temperature limits of electric cables with a rated voltage from 1,8/3 (3,6) kV to 18/30 (36) kV

IEC 60287-1-1 ed2.0 "Electric cables - Calculation of the current rating - Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General."

IEC 60287-2-2 ed1.0 "Electric cables - Calculation of the current rating - Part 2: Thermal resistance - Section 2: A method for calculating reduction factors for groups of cables in free air, protected from solar radiation."

IEC 60287-3-2 ed1.0 "Electric cables - Calculation of the current rating - Part 3: Sections on operating conditions - Section 2: Economic optimization of power cable size."

IEC 60287-1-3 ed1.0 "Electric cables - Calculation of the current rating - Part 1-3: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses - Current sharing between parallel single-core cables and calculation of circulating current losses."

LVS HD 603 S1:2003 +A1 /A3:2007 "Sadales kabeļi ar nominālo spriegumu 0,6/1kV"

LVS HD 604 S1:2003 +A1 +A2 /A3:2006 "Spēkstacijās izmantojami 0,6/1kV spēka kabeļi īpašā ugunsdrošā izpildījumā."

LVS HD 605 S2:2008 +AC "Elektriskie kabeļi. Papildu testēšanas metodes."

LVS HD 620 S2:2010 "3,6/6 (7,2) kV līdz 20,8/36 (42) kV nominālajam spriegumam paredzētie sadalkabeļi ar ekstrudētu izolāciju."

LVS HD 622 S1:2003 +A1 /A2:2005 "Elektrostacijās izmantojami spēka kabeļi ar īpašu ugunsturību nominālajam spriegumam no 3,6/6 (7,2) kV līdz 20,8/36 (42) kV (ieskaitot)."

LVS EN LVS EN 60228:2005 "Izolētu kabeļu dzīslas."

LVS EN 60229:2008 "Elektriskie kabeļi. Testi ekstrudētiem ārējiem apvalkiem ar speciālu aizsargfunkciju."

LVS EN 60230:2002 "Kabeļu un to aprīkojuma impulstestēšana."

LVS EN 60811-1-1:2003 +A1 "Elektrokabeļu un optisko kabeļu izolācijas un apvalku materiāli - Kopīgās testēšanas metodes - 1-1.daļa: Vispārīgā testēšana - Biezuma un gabarītmēru mērīšana - Testi mehānisko īpašību noteikšanai."

LVS EN 60811-1-2:2003 +A2 "Elektrokabeļu un optisko kabeļu izolācijas un apvalku materiāli -

Kopīgās testēšanas metodes - 1-2.daļa: Vispārīgā testēšana - Termiskās vecināšanas metodes.”

LVS EN 60811-1-3:2003 +A1 “Elektrokabeļu un optisko kabeļu izolācijas un apvalku materiāli – Kopīgās testēšanas metodes – 1-3.daļa: Vispārīgā testēšana - Blīvuma noteikšanas metodes - Ūdens absorbcijas testi – Rukuma tests.”

LVS EN 60811-1-4:2003 +A2 “Elektrokabeļu un optisko kabeļu izolācijas un apvalku materiāli – Kopīgās testēšanas metodes - 1-4.daļa: Vispārīgā testēšana - Testi zemā temperatūrā.”

LVS EN 60811-3-1:2003 +A1 +A2 “Elektrokabeļu un optisko kabeļu izolācijas un apvalku materiāli - Kopīgās testēšanas metodes - 3-1.daļa: Polivinilhlorīda kompaundu testēšana - Karstumspiedientesti - Plaisnoturības testi.”

LVS EN 60811-4-1:2004 “Elektrokabeļu un optisko kabeļu izolācijas un apvalku materiāli - Testēšanas kopīgās metodes - 4-1.daļa: Īpašās metodes polietilēna un polipropilēna kompaundiem - Noturība pret vides apstākļu radītu plaisāšanu - Kausējuma plūstamības indeksa noteikšana - Kvēpvielu un/vai minerālpildvielu satura noteikšana polietilēnā ar tiešu sadedzināšanu - Kvēpvielu satura noteikšana ar termogravimetrisku analīzi (TGA) - Kvēpvielu sadalījuma polietilēnā noteikšana ar mikroskopu.”

LVS EN 60332-1-1:2005 “Elektrisko un šķiedroptisko kabeļu testēšana ugunsgrēka apstākļos - 1-1.daļa: Viena izolēta vada vai kabeļa testēšana attiecībā uz liesmas vertikālu pārvietošanos – Aparatūra.”

LVS EN 60332-1-2:2005 “Elektrisko un šķiedroptisko kabeļu testēšana ugunsgrēka apstākļos - 1-2.daļa: Viena izolēta vada vai kabeļa testēšana attiecībā uz liesmas vertikālu pārvietošanos - Metode iepriekš sajaukta gāzes/gaisa maisījuma liesmai ar 1 kW jaudu.”

LVS EN 60332-2-1:2005 “Elektrisko un šķiedroptisko kabeļu testēšana ugunsgrēka apstākļos - 2-1.daļa: Viena neliela izolēta vada vai kabeļa testēšana attiecībā uz liesmas vertikālu pārvietošanos – Aparatūra.”

LVS EN 60332-3-10:2010 “Elektrisko un šķiedroptisko kabeļu testēšana ugunsgrēka apstākļos. 3-10. daļa: Liesmas vertikālās izplatīšanās tests vertikāli novietotam kabeļu vai vadu kūlim. Aparatūra.”

LVS EN 60332-3-23:2010 “Elektrisko un šķiedroptisko kabeļu testēšana ugunsgrēka apstākļos. 3-23. daļa: Liesmas vertikālās izplatīšanās tests vertikāli novietotam kabeļu vai vadu kūlim. B kategorija.”

LVS EN 60885-2:2003 “Elektrokabeļu elektriskās testēšanas metodes - 2.daļa: Daļējas izlādes testi.”

LVS EN 60885-3:2003 “Elektrokabeļu elektriskās testēšanas metodes - 3.daļa: Testi, ar kuru palīdzību mēra daļējo izlādi no ekstrudētu spēka kabeļu gabaliem.”

5. Pielikums

Tabula 1

Minimālie horizontālie attālumi no pazemes inženierkomunikācijām līdz citām būvēm

Horizontālais attālums (m) no pazemes komunikācijām līdz:														
	Ēku un būvju pamatiem	Žogu (ar masīviem pamatiem), estakāžu pamatiem	Dzelzceļu kontakttīklu balstu pamatiem un zemējumiem	Telekomunikāciju līniju balstu konstrukcijām	malējā sliežu ceļa asij				Ielas apmales akmeņim (brauktuves malai, autoceļa grāvja ārējai malai vai autoceļa uzbēruma pēdai	Gaisa vadu balstu pamatiem un zemējumiem elektropārvades līnijām ar spriegumu:				Gāzesvadi ar spiedienu līdz 1,6 MPa
					Elektrificētam 1520 mm sliežu	Neelektrof. 1520 mm sliežu	750 mm dzelzceļa un tramvaja sliežu	9.		10.	11.	12.	13.	
Pazemes inženierkomunikācijas	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	
1.										1	2			
Ūdensvads un kanalizācijas spiedvads										1	2			
Saimniecisko, fekālo un lietus notekūdeņu pašteces kanalizācija										1	2			
Drenu kolektors										1	2			
Līdztekus drenāža										-	-			
Gāzesvadi ar spiedienu (MPa):										1	2			
- zemspiedienu (līdz 0,005)										1	2			
- vidējo spiedienu (virs 0,005 līdz 0,4)										1	2			
- augsto spiedienu (virs 0,4 līdz 1,6)										1	2			
Siltuma vadi:										1	2			
-no kanāla, tuneļa ārējās sienas										1	2			
-no bezkanāla veidā ieliktas caurules apvalka										1	2			
Visu veidu elektrības kabeļi	0,6	0,6	5	1(2) ^L	10,8	3,2	2,8	1,5*	1 ^C	1	2(5) ^L		1	
Telekomunikāciju kabeļi un to kanalizācijas caurules										1(2) ^L	2(5) ^L			
Kanāli, komunikāciju tuneļi										1	2			
Ārējie pneimatiskie atkritumu vadi										1	3			

N - Attālumus nosaka, veicot drošības un elektromagnētiskās ietekmes aprēķinus, risinājumu saskaņojot šo noteikumu 5.punktā noteiktajā kārtībā

C - ar nosacījumu, ja inženierkomunikācijas neatrodas ceļa zemes nodalījuma joslā.

* - Uz ielas (brauktuves) pusi.

Tabula Nr. 2

Minimālie horizontālie attālumi starp pazemes inženierkomunikācijām

Pazemes inženierkomunikācijas	Horizontālais attālums (m) starp pazemes inženierkomunikāciju ārējām sienām līdz:											
	ūdensvadam	Saimniecības un fekālo notekūdeņu kanalizācijai	Drenāžai un lietuss ūdeņu kanalizācijai	Gāzesvadiem ar spiedienu, MPa			Visu veidu un spriegumu elektrības		Telekomunikāciju kabeļiem un to kanalizācijai	siltuma vadu		
	2.	3.	4.	Zemais spiediens (līdz 0,005)	Vidējais spiediens (virs 0,005)	Augstais spiediens (virs 0,4)	8.	9.	Kanālu un tuneļu ārējām	Bezkanālu veidā ieliktas	Kanāliem, tuneļiem	Ārējiem pneimatiskiem
1.												
Ūdensvads							1					
Saimniecisko un fekālo ūdeņu kanalizācija							1					
Drenāža un lietuss ūdeņu kanalizācija							0,5					
Gāzesvadi ar spiedienu, MPa (skg/cm ²):												
-zemais spiediens (līdz 0,005)							1					
-vidējais spiediens (virs 0,005 līdz 0,4)							1					
-augstais spiediens (virs 0,4 līdz 1,6)							1					
Elektrības kabeļi ar spriegumu līdz 110 kV	1	1	0,5	1	1	1	0,1-0,5 N	0,5 (2) ^L	2	2	2	1,5
Telekomunikāciju kabeļi un to kanalizāciju caurules							0,5(2) ^L					
Siltuma vadi:												
-no kanāla, tuneļa ārējās sienas							2					
-no bezkanāla veidā ieliktas caurules apvalka							2					
Kanāli, tuneļi							2					
Ārējie pneimatiskie atkritumu vadi							1,5					

Piezīmes.

* - Attālumu no kopējās un sadzīves pašteses kanalizācijas līdz ūdensvadam vai kanalizācijas spiedvadam pieņem 3m, ja ūdensvada vai spiedienkanalizācijas iekšējais diametrs atkarībā no materiāla ir 500mm un lielāks.

** - Izbūvējot vienlaikus vienā tranšejā, vienādā ieguldījuma dziļumā (iebūvēšanas dziļumu atšķirība līdz 0.4m). Izbūvējot dažādos laikos ar atšķirīgiem ieguldījuma dziļumiem (dziļumu atšķirība lielāka par 0.4m), attālumu starp cauruļu ārsienām pieņem 1,5m.

*** - Izvietojot vienlaikus vienā tranšejā paralēli divus vai vairākus gāzesvadus ar cauruļu diametru līdz 300 mm, pieļaujams attālumu starp tiem noteikt 0,4 m.

**** - Ja iespējama gāzesvada sasilšana virs 40 °C, polietilēna gāzesvadiem jāparedz siltumizolācija.

***** - vienādā iebūvēšanas dziļumā (starpība līdz 0,4m) attālumus starp cauruļu ārējām virsmām var samazināt līdz 1m.

N – kabeļiem ar spriegumu līdz 10 kV minimālais attālums ir 0,1m; kabeļiem ar spriegumu līdz 20 kV – 0,25m, bet ja kabeļus ekspluatē dažādi uzņēmumi, tad to savstarpējie attālumi neatkarīgi no sprieguma ir 0,5 m. Minimālos attālumus kabeļiem no 110 kV nosaka tehniskajā projektā.

L - Iekavās ievietotā attāluma norma attiecas uz lauku apvidu, bet ārpus iekavām – uz pilsētu un ciemu teritorijām. Pilsētu un ciemu teritorijās ierobežotos apstākļos attālums var tikt samazināts, nodrošinot papildus aizsardzību.

Izmantotā literatūra

- [1] LEK 002 Energoietaišu tehniskā ekspluatācija.
- [2] LEK 025 Drošības prasības, veicot darbus elektroietaisēs.
- [3] LEK 042-1 Pārspriegumu aizsardzība vīdsprieguma elektrotīklos.
- [4] LEK 042-2 Pārsprieguma aizsardzība zemsprieguma elektrotīklos.
- [5] LEK 047 Vīdsprieguma (6, 10, 20 kV) sadalītais un apakšstacijas. Galvenās tehniskās prasības.
- [6] LEK 048 Elektroietaišu zemēšana un elektrodrošības pasākumi. Galvenās tehniskās prasības.
- [7] LEK 049 Zemsprieguma (0,4 kV) un vīdsprieguma (6, 10, 20 kV) kabeļlīnijas. Galvenās tehniskās prasības.
- [8] AS „Jauda” KTA ekspluatācijas instrukcija
- [9] LVS EN 50110-1:2005 Elektroietaišu ekspluatācija
- [10] LVS EN 50522 Maiņstrāvas elektroietaišu ar nominālo spriegumu virs 1 kV zemēšana.
- [11] AS „Sadales tīkls” ekspluatācijas instrukcija
- [12] Aizsargjoslu likums
- [13] MKN Nr. 1069 Noteikumi par ārējo inženierkomunikāciju izvietojumu pilsētās, ciemos un lauku teritorijās.