

Rīgas Tehniskā universitāte
Enerģētikas institūts
Elektroapgādes katedra

SADALES TĪKLI

Metodiskie norādījumi
un lekciju konspekts

RTU Izdevniecība
Rīga 2019

K. Bērziņa. Sadales tīkli. Metodiskie norādījumi un lekciju konspekts. Rīga, RTU Izdevniecība, 2019. 39 lpp.

Šajā lekciju konspektā un metodiskajos norādījumos ievietots kursa “Sadales tīkli” programmā paredzētais vidsprieguma sadales tīklu teorētiskais, statistiskais izklāsts. Lekciju konspekts paredzēts kā papildu mācību līdzeklis elektroenerģētikas specialitāšu dienas, vakara un neklātienes nodaļas studentiem. Mācību līdzekļi izmantoti Elektroapgādes katedrā izstrādātie un apkopotie statistiskie un noslēguma darbu materiāli.

Sastādīja: asoc. prof. *Dr. sc. ing.* K. Bērziņa
Recenzents: asoc. prof. *Dr. sc. ing.* A. Podgornovs

Literārā redaktore: Irēna Skārda
Tehniskā redaktore: Irēna Skārda
Dizains: Baiba Puriņa
Vāka dizains: Paula Lore

Vāka attēls no shutterstock.com

Izdots saskaņā ar “Enhancement of the mobility and employability of Lithuanian and Latvian specialists in the field of electrical engineering and high voltage technologies (LitLatHV)” aktivitātes īstenošanu.

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2019
ISBN 978-9934-22-152-1 (pdf)
978-9934-22-151-4 (print)

Priekšvārds	5
1. SADALES TĪKLU STRUKTŪRA UN GALVENIE PARAMETRI.....	6
1.1. Sadales tīklu arhitektūra	6
1.2. Sadales tīklu vadītāju veidi.....	13
1.2.1. Gaisvadu līnijas	13
1.2.2. Kabeļu līnijas	14
1.3. Vidsprieguma un zemsprieguma līniju veidu īpatsvars gadu griezumā	16
1.4. Paškontroles jautājumi	16
2. ELEKTROENERĢIJAS KVALITĀTES PRASĪBAS	18
2.1. Kvalitātes parametri.....	18
2.1.1. Sprieguma novirze.....	18
2.1.2. Sprieguma svārstības	18
2.1.3. Frekvences novirze	18
2.1.4. Frekvences svārstības	18
2.1.5. Trīsfāžu sprieguma nesimetrija.....	19
2.1.6. Strāvas un sprieguma nesinusoidalitāte	19
2.2. Standarta raksturlielumu atbilstība sadales tīklos	19
2.3. Paškontroles jautājumi	20
3. ELEKTROAPGĀDES DROŠUMA RĀDĪTĀJI UN TO DINAMIKA SADALES TĪKLOS	21
3.1. Drošuma standarta rādītāji.....	21
3.2. Drošuma rādītāji Latvijā un Eiropā	21
3.3. Paškontroles jautājumi	23
4. SADALES TĪKLU KVALITĀTES UZLABOŠANAS PASĀKUMI.....	24
4.1. Sprieguma kvalitātes uzlabošana sadales tīklos	24
4.1.1. Sprieguma stabilizatora risinājumi	24
4.1.2. 1 kV sadales tīklu risinājumi	26
4.2. Rekonstrukcijas sadales tīklos	27
4.3. Elektrolīniju trašu tīrīšana.....	28
4.4. Paškontroles jautājumi	29
5. SADALES TĪKLU ATTĪSTĪBAS TENDENCES	30
5.1. Viedie tīkli	30
5.1.1. Viedie skaitītāji	30
5.1.2. Elektrolīniju automatizācija.....	32
5.1.2.1. Viedie slēdži.....	32
5.1.2.2. Bojājumu vietas uzraudzītāji.....	32
5.1.2.3. Dispečeru vadības sistēma	33

5.2. Paškontroles jautājumi	33
6. IZKLIEDĒTĀ ĢENERĀCIJA AS SADALES TĪKLS	
ELEKTROTĪKLOS	34
6.1. Izklīdētās ģenerācijas īpatsvars un tendences.....	34
6.2. Izklīdētās ģenerācijas apjoms.....	34
6.3. Izklīdētās ģenerācijas izvietojums.....	36
6.4. Izklīdētās ģenerācijas ietekme uz sadales tīkla elektrotīklu	37
6.5. Paškontroles jautājumi	37
LITERATŪRAS SARAKSTS	38

PRIEKŠVārds

Par Latvijas enerģētikas dzimšanas dienu uzskatāms 1939. gads, kad uzbūvēja Ķeguma hidroelektrostaciju un pieslēdza to kopējā pārvades un sadales tīklu sistēmā. Vēlāk darbu sāk Valsts elektrības uzņēmums *Ķegums*. Laika gaitā uzņēmumu nosauca par akciju sabiedrību *Latvenergo* un tas kļuva par Baltijas mēroga energopgādes pakalpojumu sniedzēju, kas nodarbojas ar elektroapgādes ražošanu, pārvades un sadales nodrošināšanu.

2007. gadā juridiski pastāvīgu darbu uzsāk koncerna AS *Latvenergo* meitas uzņēmums AS *Sadales tīkls* (turpmāk tekstā – sadales tīkls vai ST), kas ir elektrosadales tīkla uzturētājs un attīstītājs un nodrošina valsts iedzīvotājus ar kvalitatīvu elektroenerģijas piegādi. Zinot, ka bez elektroenerģijas mūsdienu sabiedrības attīstība nav iedomājama, uzņēmuma galvenais mērķis ir nodrošināt sadales tīklu ilgtspējīgu attīstību, investējot projektos, paaugstinot elektroapgādes kvalitāti un drošumu elektroenerģijas patērētājiem.

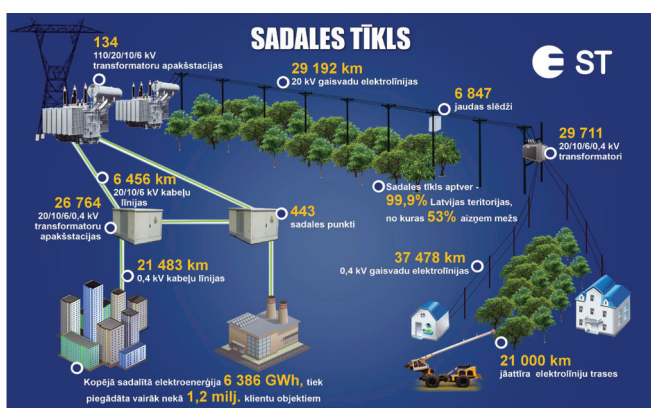
Esošais elektrotīkls Latvijā ir ļoti plašs un sazarots, aptverot ar elektroapgādi 99 % Latvijas teritorijas. Liela daļa tīkla ir saglabājusies no padomju laikiem, kas nav ar pietiekamu optimizācijas līmeni. Vairāk nekā puse Latvijas elektrotīkla veido gaisvadu līnijas, kas 21 000 km garumā iet caur aizaugušiem apvidiem. Visbiežāk problēmas ir lauku teritorijās, kur līdz patērētājam sniedzas garas gaisvadu līnijas ar nepietiekamu kabeļa šķērssriegzumu, kas veicina nekvalitatīvus elektrības sprieguma raksturlielumus [1].

Metodiskajos norādījumos ir apkopota informācija par sadales tīklu raksturojumu, piemērojamiem standartiem tīkla uzturēšanā un risinājumiem, kā uzlabot elektrotīklu.

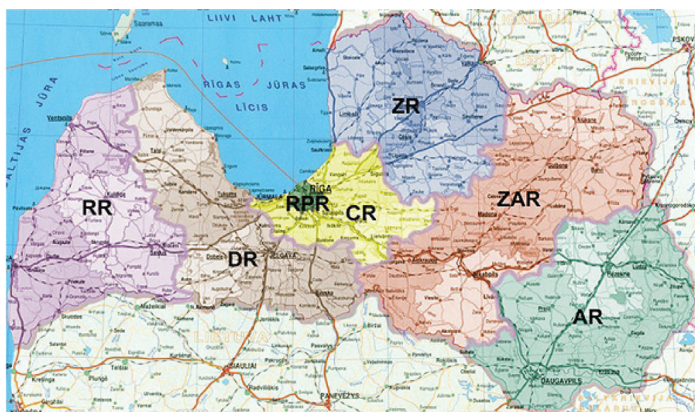
1. SADALES TĪKLU STRUKTŪRA UN GALVENIE PARAMETRI

1.1. Sadales tīklu arhitektūra

Latvijas energosistēmu veido augstsprieguma līnijas (330–110 kV), vidsprieguma līnijas (6–20 kV) un zemsprieguma līnijas (0,23–1,00 kV). AS *Sadales tīkls* elektroapgādes sniegšanai patērētājiem izmanto zemsprieguma un vidsprieguma iekārtas un līnijas, kuru kopējais garums 2015. gadā sasniedza 95 000 km, tas aptver 99 % Latvijas teritorijas. Elektrotīklam pieslēgto apgādi nodrošina aptuveni 27 000 transformatoru apakšstacijas. Vairāk nekā puse Latvijas teritorijas ir mežs, un ~21 000 km elektropārvades līniju iet caur mežiem. No kopējā tīkla vidsprieguma gaisvadu elektrolīnijas sasniedz ~30 000 km, kabeļu līnijas ~7000 km. Zemsprieguma elektrotīkla kopējais garums sasniedz ~58 000 km, no kura ~37 000 km veido gaisvadu līnijas un ~21 000 km – kabeļlīnijas [1].



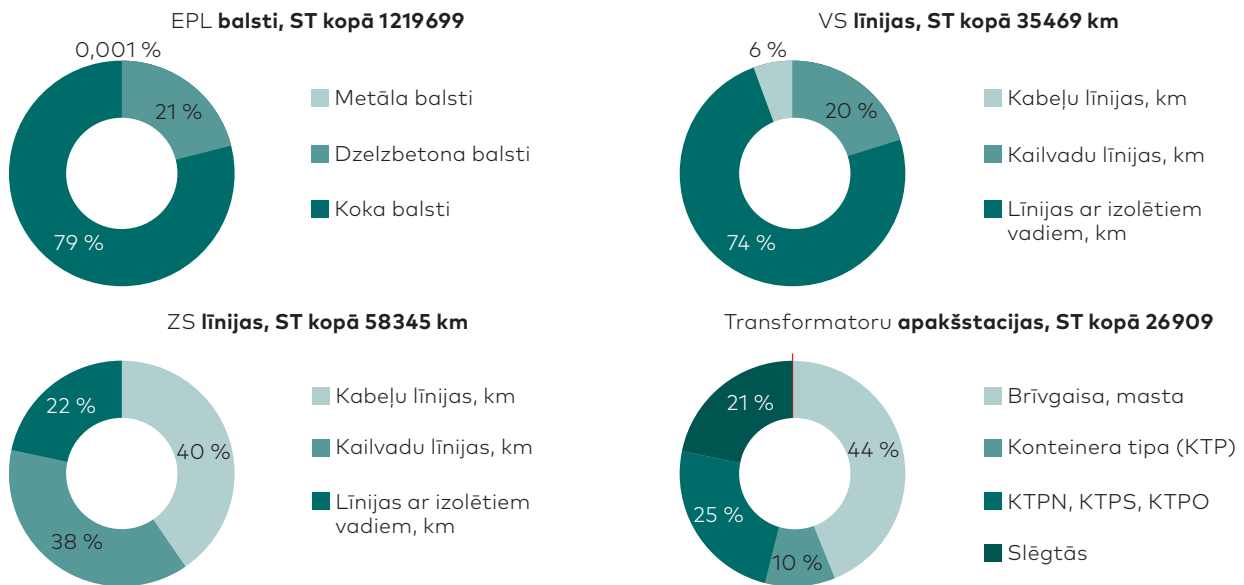
1.1. att. Sadales tīklu arhitektūra [1].



AR – Austrumu reģions,
 ZAR – Ziemeļaustrumu reģions,
 ZR – Ziemeļu reģions,
 DR – Dienvidu reģions,
 CR – Centrālais reģions,
 RR – Rietumu reģions,
 RPR – Rīgas pilsētas reģions

1.2. att. Sadales tīklu reģionālais sadalījums [2].

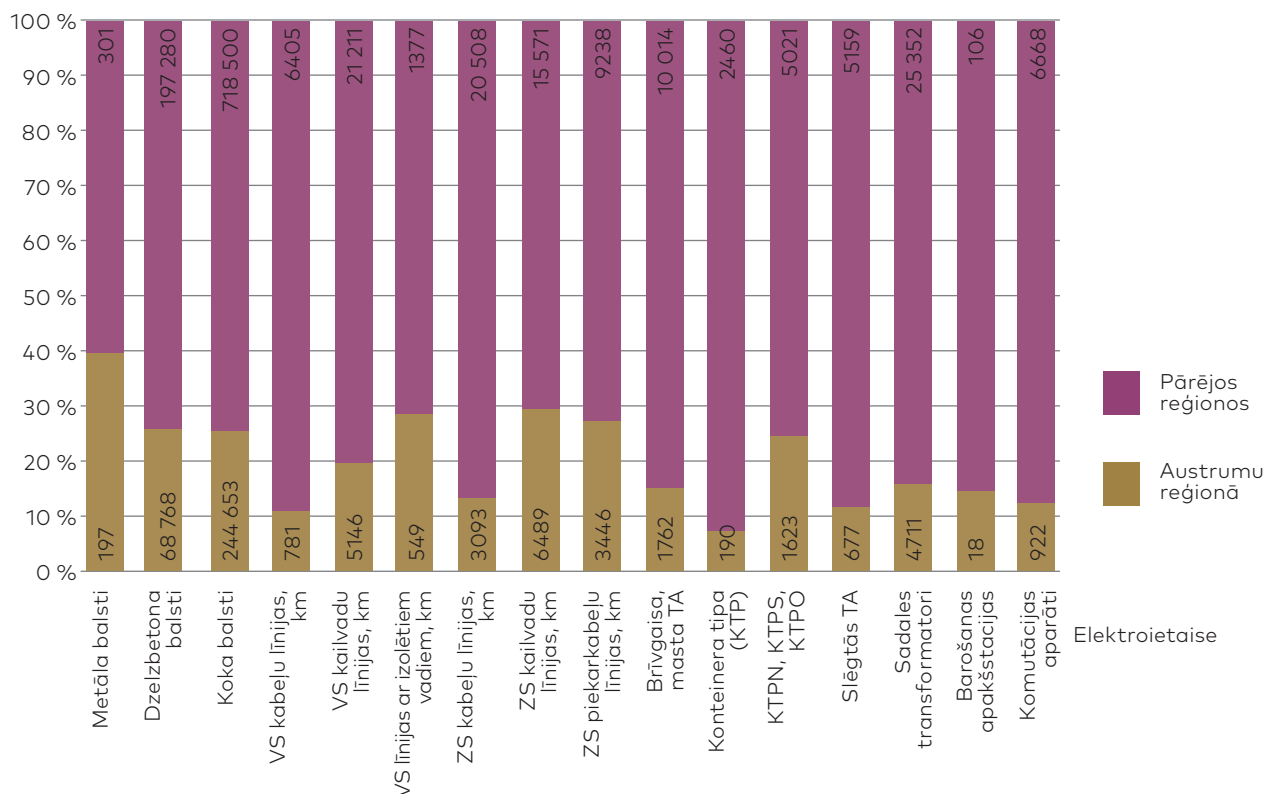
Lai nodrošinātu patērēto elektroenerģijas sadali, sadales tīkls savā apkalpē uztur visas sadalei nepieciešamās elektroietaisies. Elektroietaisies ietver sevī vidsprieguma līnijas un to balstus, zemsprieguma līnijas un to balstus, transformatoru apakšstacijas, sadales transformatorus, barošanas apakšstacijas un komutācijas aparātus līnijās. Aplūkojot tuvāk, sadales tīkls sastāv no 1 219 699 elektropārvades balstiem, no kuriem metāla balsti ir 498, dzelzsbetona – 256 048 un koka – 963 153. Vidsprieguma līniju kopgarums ir 35 469 km, no kurām kabeļu līnijas veido 7 186 km, kailvadu līnijas – 26 357 km un līnijas ar izolētiem vadiem – 1926 km. Zemsprieguma līnijas kopā veido 58 345 km, no kurām kabeļu līnijas – 23 601 km, kailvadu – 22 060 km un piekarkabeļi – 12 684 km. Sadales tīklu apkalpē kopā ir 26 909 transformatoru apakšstacijas, no kurām brīvgaisa – 11 776, konteina tipa – 2650, kompaktās – 6644, slēgtās – 5836.



1.3. att. Sadales tīklu elektroietaišu daudzums.

Statistiskie dati par sadales tīkla ekspluatācijā esošām elektroietaisēm (1.3. att.) pa reģioniem un to īpatsvara salīdzinājums attiecībā pret kopējo sadales tīklu elektroietaišu skaitu 2016. gadā (1.4.–1.10. att.).

1. Austrumu reģions

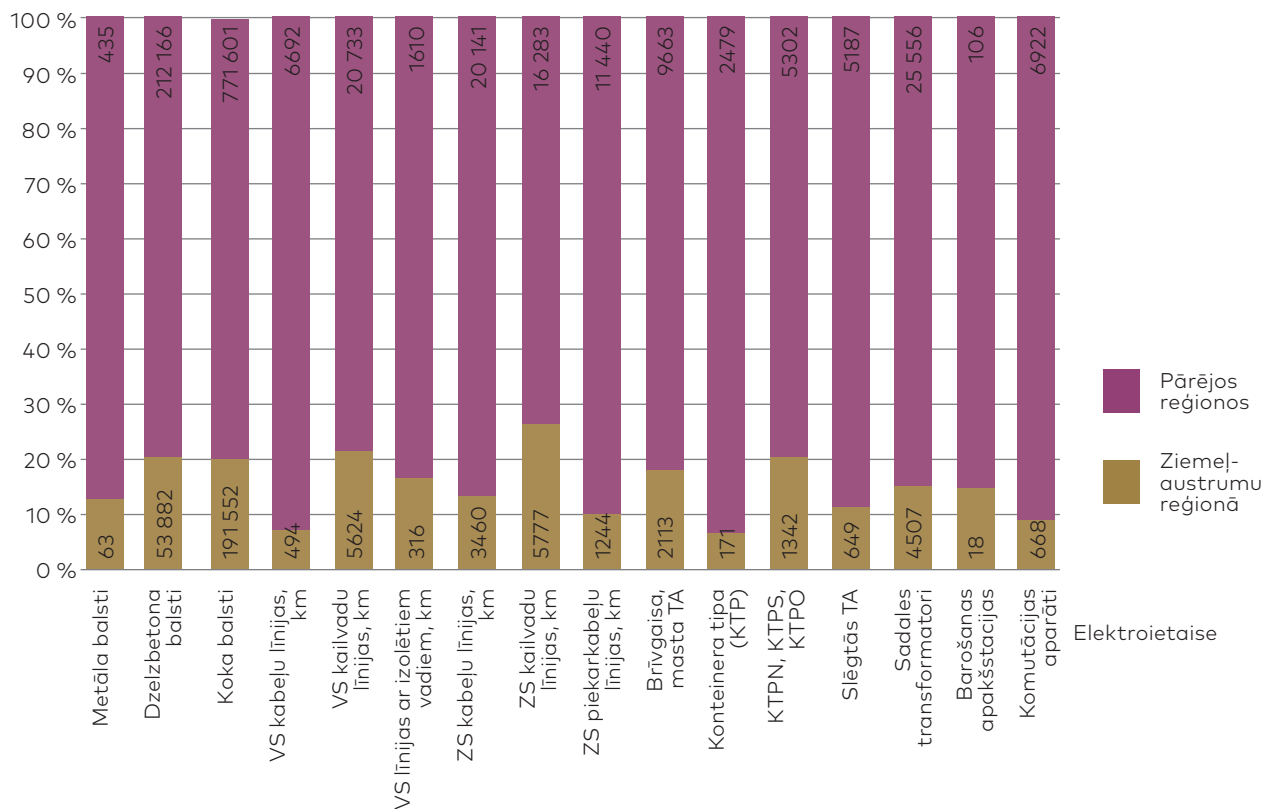


1.4. att. Sadales tīklos lietojamo elektroietaišu statistika Austrumu reģionā.

Austrumu reģionā (1.4. att.) pēc statistiskajiem datiem novērojams liels gaisvadu elektrolīniju balstu īpatsvars. Metāla balsti kopā sadales tīklos ir 498, bet, kā redzams, 197 jeb 39,5 % atrodas austrumu reģionā. Salīdzinoši vairāk nekā citos reģionos ir arī dzelzbetona un koka balsti, attiecīgi novērojams gaisvadu līniju un piekarkabeļu garumu palielinājums.

Tas izskaidrojams ar to, ka austrumu reģionā līdz 1998. gadam tika būvētas pārsvarā kailvadu līnijas. Pēc grafika redzams, ka zemsprieguma gaisvadu līnijas austrumu reģionā sastāda 29,4 % sadales tīklos esošo zemsprieguma gaisvadu līniju kopgaruma.

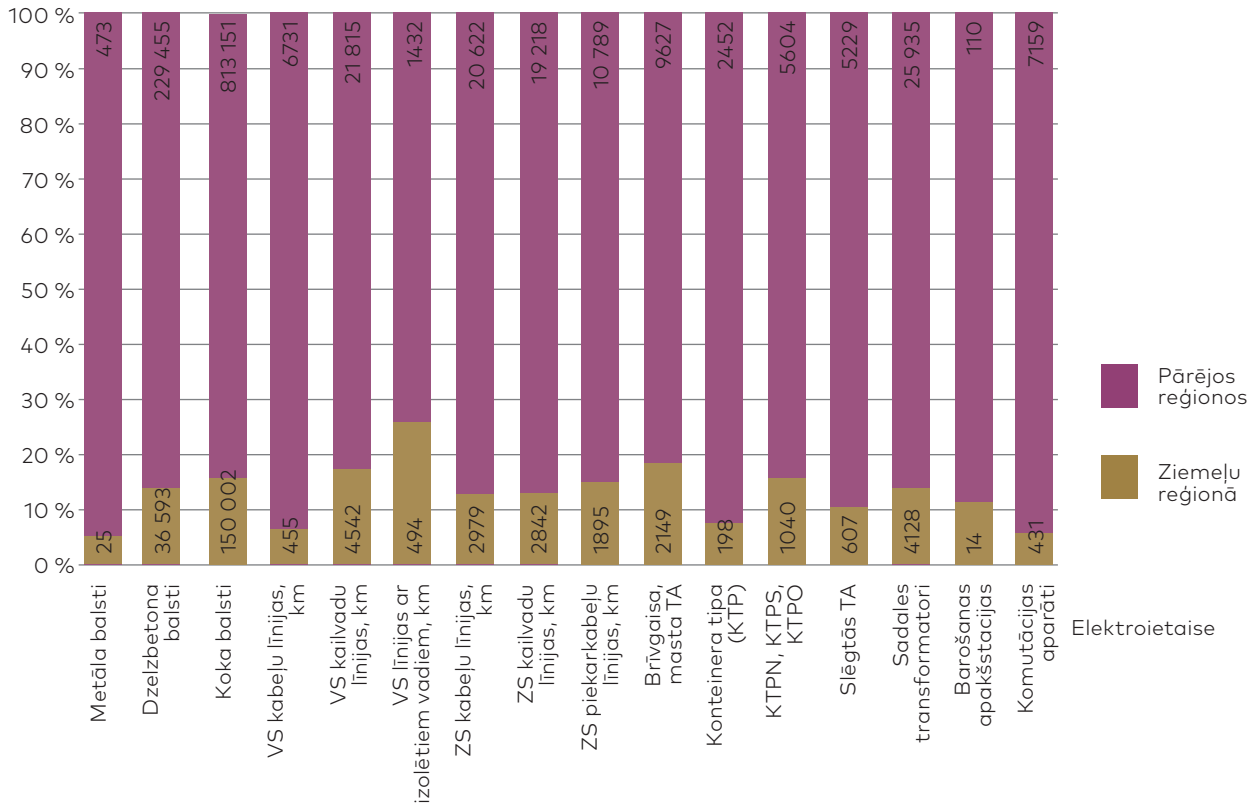
2. Ziemeļaustrumu reģions



1.5. att. Sadales tīklos lietojamo elektroietaišu statistika Ziemeļaustrumu reģionā.

Ziemeļaustrumu reģionā (1.5. att.) arī novērojams liels gaisvadu līniju īpatsvars. Vidsprieguma kailvadu līnijas sastāda 21,3 % un zemsprieguma kailvadu līnijas – 26,2 % kopējā kailvadu garuma. Kopš 2000. gada strauji pieaugusi brīvgaisa, masta transformatora apakšstaciju izmantošana. Tas ir izskaidrojams ar nepieciešamību pieslēgt jaunus lietotājus, un to realizē, izbūvējot nepieciešamās jaudas brīvgaisa transformatoru apakšstacijas zem esošajām vidsprieguma kailvadu līnijām. Ziemeļaustrumu reģionā atrodas 17,9 % brīvgaisa, masta transformatoru apakšstaciju, savukārt konteinera tipa – tikai 6,5 % no sadales tīklos esošajām.

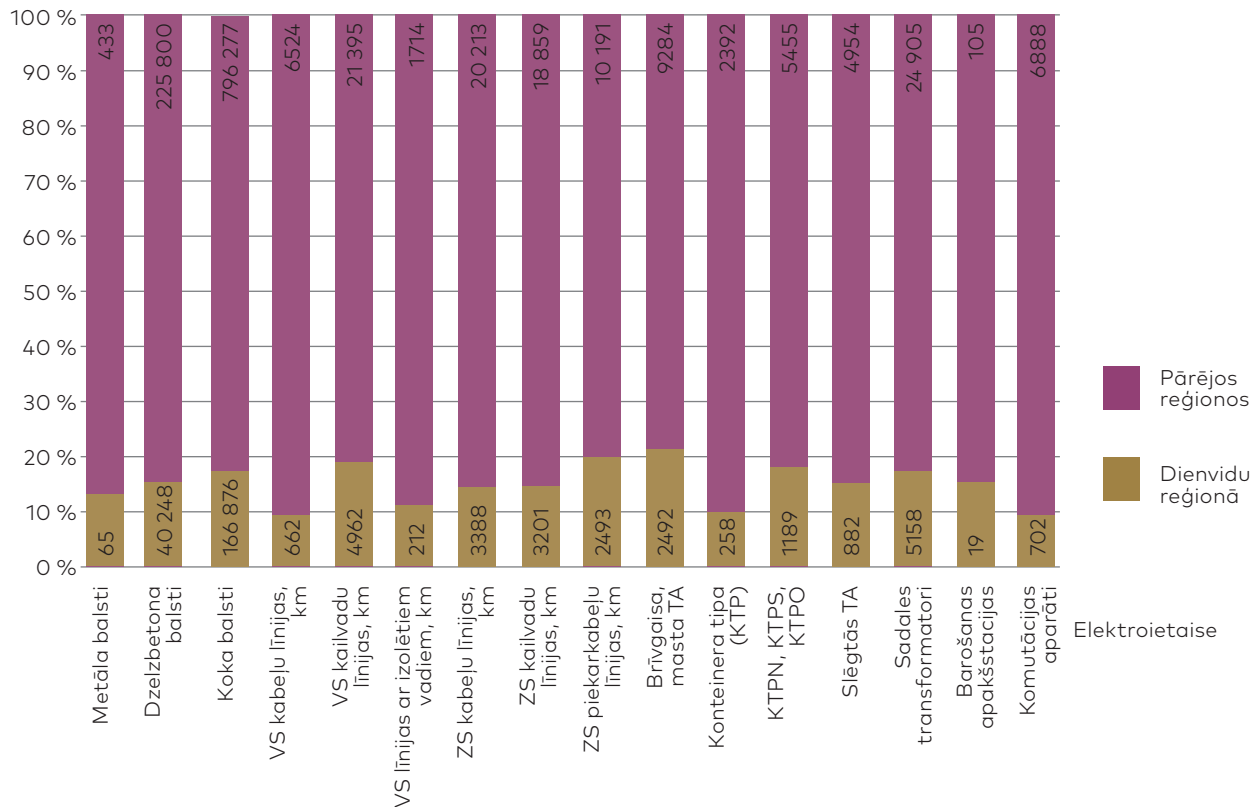
3. Ziemeļu reģions



1.6. att. Sadales tīklos lietojamo elektroietaišu statistika Ziemeļu reģionā.

Vidsprieguma izolētu vadu līnijas sadales tīklos sastāda tikai 1926 km, bet novērojams, ka Ziemeļu reģionā (1.6. att.) tiek lietots 27,7 % jeb 494 km no kopējā vidsprieguma izolēto vadu garuma. Šāda tendence izskaidrojama ar to, ka Ziemeļu reģionā aptuveni pusi teritorijas aizņem mežs un tiek izmantoti izolētie vadi, lai novērstu iespējami vairāk elektroapgādes traucējumus, ko izraisa klimatiskie apstākļi. Zemsprieguma kailvadu līnijas sastāda 12,8 % kopējā garuma, un zemsprieguma kabeļu līnijas – 12,6 %. No tā var secināt, ka ziemeļu reģiona tīkls veidojas vairāk no vidsprieguma līnijām, kas atrodas tuvāk lietotājiem, un nav nepieciešams būvēt garas zemsprieguma līnijas līdz klientiem.

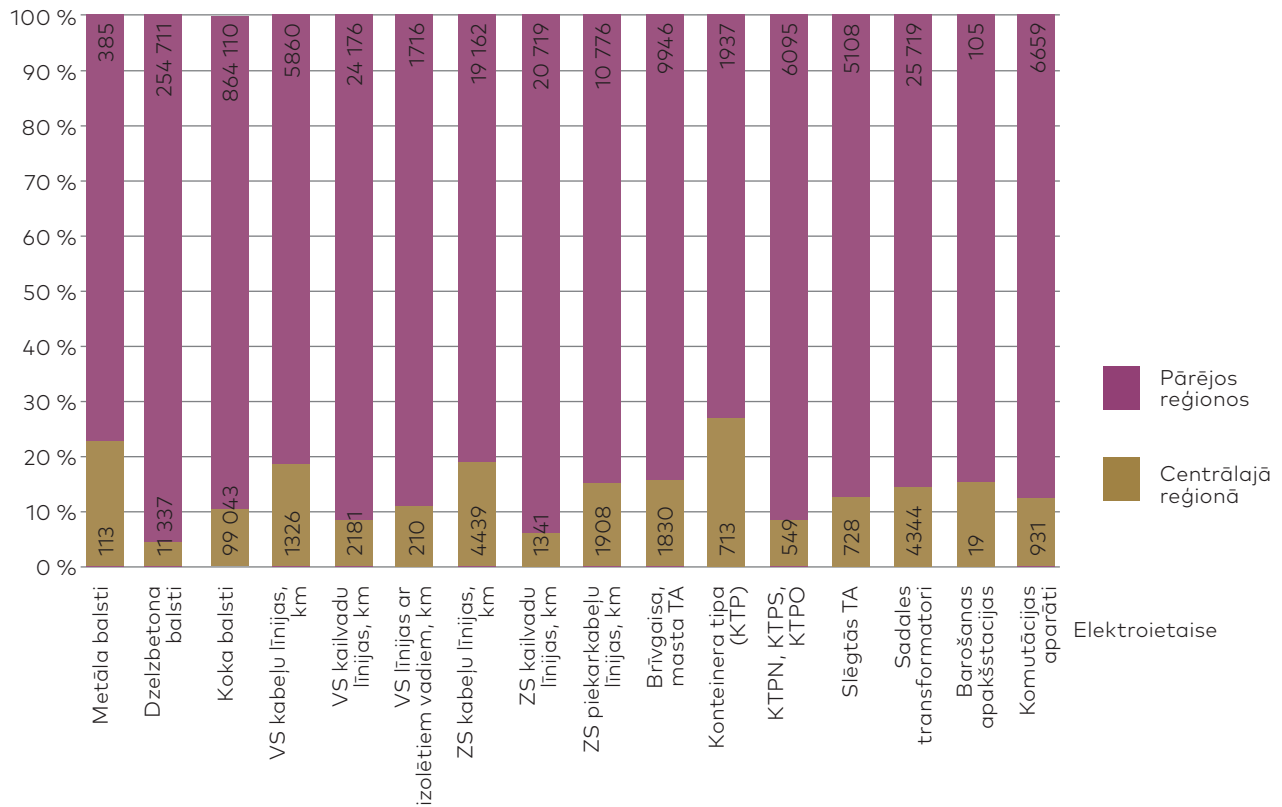
4. Dienvidu reģions



1.7. att. Sadales tīklos lietojamo elektroietaišu statistika Dienvidu reģionā.

Dienvidu reģionā (1.7. att.) novērojams, ka daudz tiek izmantotas zemsprieguma piekarkabeļu līnijas. Tās sastāda 19,7 % kopējā zemsprieguma piekarkabeļu garuma sadales tīklos. Daudz tiek arī izmantotas brīvgaisa, masta transformatoru apakšstacijas – 21,2 % kopējā skaita. Slēgtās transformatoru apakšstacijas dienvidu reģionā sastāda 15,1 %, kas ir vislielākais rādītājs starp reģioniem, neskaitot Rīgas pilsētas reģionu.

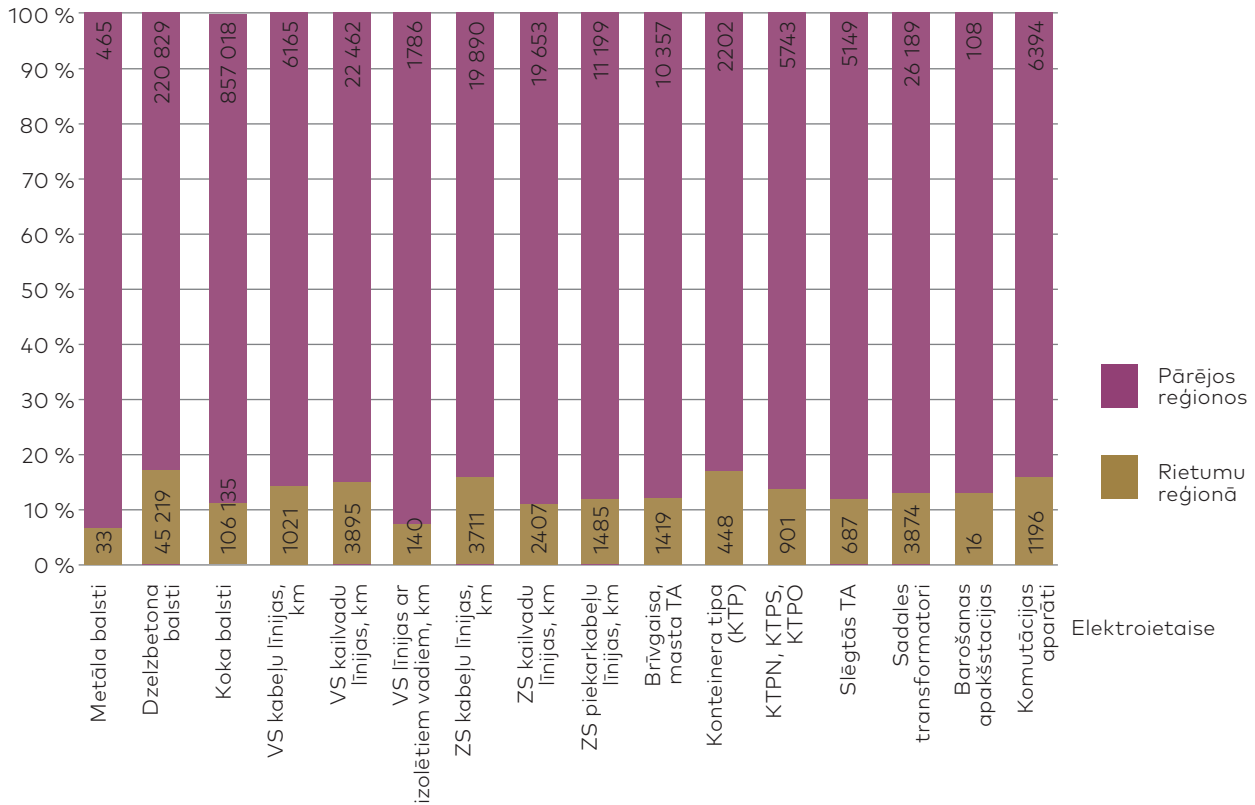
5. Centrālais reģions



1.8. att. Sadales tīklos lietojamo elektroietaišu statistika Centrālajā reģionā.

Pēc elektroietaišu statistikas (1.8. att.) redzams, ka Centrālajā reģionā elektrotīklu infrastruktūra atšķiras no pārējiem reģioniem. Salīdzinoši mazāk tiek izmantotas gaisvadu līnijas. Tas izskaidrojams ar to, ka reģions ir apdzīvotāks, līdz ar to parādās vairāk kabeļlīnijas, samazinās brīvgaisa transformatoru skaits un paaugstinās konteinera tipa transformatoru apakštācijas. Šāds elektroietaišu īpatsvars ir nepieciešams visā Latvijas teritorijā, lai sadales tīkls varētu uzlabot tīkla kvalitāti.

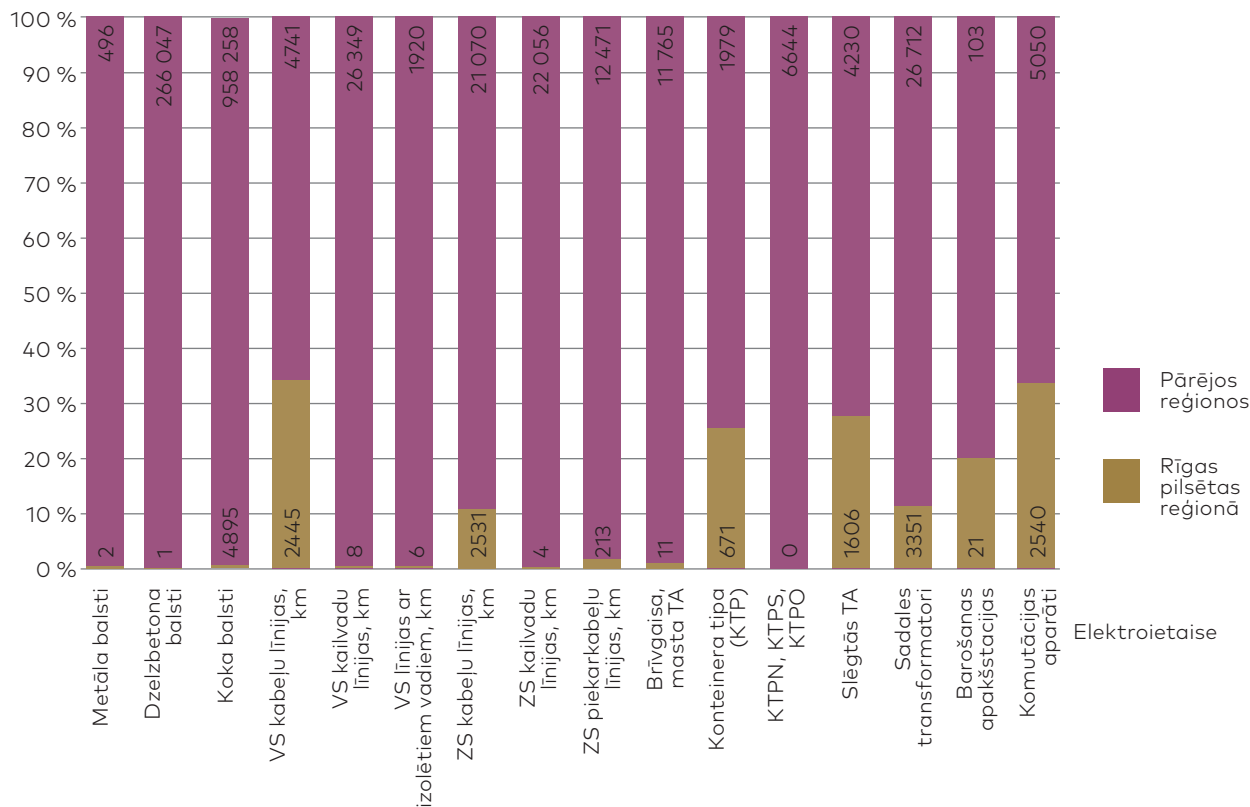
6. Rietumu reģions



1.9. att. Sadales tīklos lietojamo elektroietaišu statistika Rietumu reģionā.

Rietumu reģionā novērojams mazāks elektroietaišu īpatsvars, salīdzinot ar pārējiem reģioniem. Ņemot vērā tendences citos reģionos, rietumu reģionā zemsprieguma kabeļu līniju ir ievērojami vairāk nekā kailvadu līniju, kas ir ievērojami labāk nekā citos reģionos. Rietumu reģionā atrodas 15,8 % komutācijas aparātu kopskaits, kas statistiski, salīdzinot ar pārējo elektroietaišu skaitu, ir daudz, var secināt, ka infrastruktūra ir sakārtotāka.

7. Rīgas pilsētas reģions



1.10. att. Sadales tīklos lietojamo elektroietaišu statistika Rīgas pilsētas reģionā.

Rīgas pilsētas reģions ievērojami atšķiras no pārējiem reģioniem. Rīgas pilsētā elektroapgādes tīkliem jābūt drošiem un gataviem jebkurā brīdī nodrošināt papildu lielas jaudas lietotājus. Redzams, ka vīdsprieguma līniju garums ir gandrīz tik pats liels kā zemsprieguma, attiecīgi transformatoru apakšstaciju ir ievērojami vairāk nekā citos, lielākos reģionos. Tas ir izskaidrojams ar to, ka Rīgas elektroenerģijas patēriņš sastāda aptuveni pusi no Latvijas kopējā elektroenerģijas patēriņa un ar zemsprieguma līnijām nav iespējams sadalīt nepieciešamo elektroenerģijas daudzumu, tāpēc Rīgas pilsētas reģionā ir 2288 transformatoru apakšstacijas, kas sadala elektroenerģiju līdz patērētājiem pa zemsprieguma līnijām. Gaisvadu līnijas netiek izmantotas apbūves blīvuma un drošības apsvērumu dēļ.

1.2. Sadales tīklu vadītāju veidi

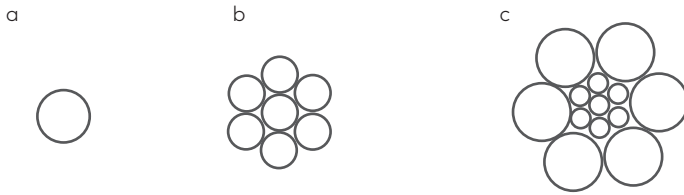
1.2.1. Gaisvadu līnijas

Elektroietaisi, kas paredzēta elektroenerģijas sadalei pa vadiem, ko novieto atklātā gaisā un ar izolatoriem un armatūru nostiprina pie balstiem vai inženierbūvju kronšteiniem, sauc par gaisvadu līniju [3]. Gaisvadu līnijas sadales tīklos izbūvē ar kailvadiem, izolāciju pārklātiem vadiem un piekarkabeļiem.

1.2.1.1. Kailvadi

Kailvadiem nav izolācijas, tāpēc tie ir pakļauti apkārtējās vides apstākļiem. Kā piemēru var minēt vēja radītu vadu vibrāciju, vadu aploojumu, kas parasti notiek pie zemākām temperatūrām, un vadu saraušanos un izplešanos temperatūras izmaiņas dēļ, tādēļ elektropārvades kailvadiem jābūt ar augstu mehānisko izturību un no materiāliem ar labu vadītspēju. Kailvadus izgatavo no alumīnija, tērauda un tēraudalumīnija. Kailvadus sadales tīklos lieto gan zemsprieguma, gan vīdsprieguma tīklu izbūvē; pēc konstruktīvā izpildījuma (1.11. att.) tos iedala:

- a) vienkāršas jeb viendzīslas vadus;
- b) daudzstieplu jeb daudzdzīslu vadus, ko izgatavo, savijot 7121 937 dzīslas (atkarībā no vada šķērsgriezuma);
- c) daudzdzīslu vadus, ko izgatavo no diviem metāliem.



1.11. att. Sadales tīklos lietojamās gaisvadu līniju kailvadu konstrukcijas [4]: viendzīslas (a), daudzdzīslu (b, c).

1.2.1.2. Izolētie vadi

Izolētos vadus (1.12. att.) sadales tīklos izmanto vidsprieguma līniju izbūvē. Salīdzinot ar kailvadiem, izolētie vadi ir daudz dārgāki, taču papildu ieguldījumi līniju izbūvē bieži tiek kompensēti ar uzturēšanas izmaksām. Izolētie vadi nav tik lielā mērā pakļauti ārējās vides ietekmei, kas nodrošina kvalitatīvāku elektroapgādi. Izolētais vads sastāv no alumīnija sakausējuma vada un apkārtējo apstākļu izturīga izolācijas materiāla.



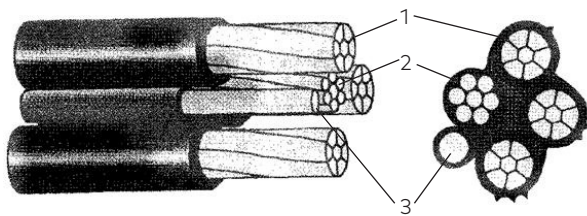
1.12. att. Sadales tīklos lietojamā gaisvadu līnijas izolēta vada konstrukcija [5].

1.2.1.3. Piekarkabeļi

Ar izolāciju pārklātos zemsprieguma vadus sauc par piekarkabeļiem. Piekarkabeļus sadales tīklos izmanto arvien biežāk vairāku iemeslu dēļ:

- 1) fāžu vadi ir izolēti: nav jāievēro attālumi starp fāzēm, koku zaru uzkrāšana neizsauc sprieguma pazūšanu;
- 2) uz viena balsta var montēt vairākas zemsprieguma līnijas;
- 3) ekspluatācijas izmaksas ir mazākas;
- 4) ērta montāža, nav jāizmanto izolatori;
- 5) līnijai var pievienot jaunu lietotāju, neatslēdzot spriegumu.

Piekarkabeļa konstrukcija attēlota 1.13. attēlā.



- 1 – trīsfāžu dzīslas, izgatavotas no alumīnija un sastāv no vairākām kopā savītām dzīslām
- 2 – viena nesošā dzīsla, izgatavota no alumīnija un mangānu sakausējuma stieplēm
- 3 – viena izolēta dzīslu, lai varētu pievienot arī ielu apgaismojumu

1.13. att. Sadales tīklos izmantojamā piekarkabeļa konstrukcija [6].

1.2.2. Kabeļu līnijas

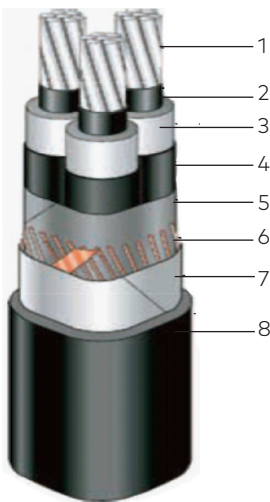
Par kabeļlīniju sauc elektrolīniju, kas izveidota ar īpašu izolētu vadu – kabeli – un instalēta zemē, pa ēkas sienām, kabeļkanālos, kabeļcaurulēs u. tml. Mūsdienās kabeļlīniju izbūve kļūst daudz pieprasītāka un gaisvadu līniju garums Latvijā pakāpeniski samazinās

attiecībā pret kabeļlīniju garumu. Sadales tīkls katru gadu investē gaisvadu līniju pārbūvē par kabeļlīnijām šādu apsvērumu dēļ:

- 1) kabeļu elektrolīnijas pārsvarā ievieto zemē, tas aizņem maz teritorijas un tās var izbūvēt tur, kur gaisvadu līnijām nav vietas. Īpaši nozīmīgi tas ir pilsētās;
- 2) lauku teritorijās, kabeļus ievieojot zemē, samazinās dabas apstākļu izraisītie sprieguma pārtraukumi, kad vēja laužtie koki krīt uz līniju vadiem, izraisot isslēgumus un vadu bojājumus;
- 3) līnijas nav pieejamas nepiederošām personām;
- 4) izbūve ir dārgākā salīdzinājuma ar gaisvadu līnijām, tomēr ekspluatācijā atmaksājas, jo nav jāveic elektrolīniju trašu uzturēšana.

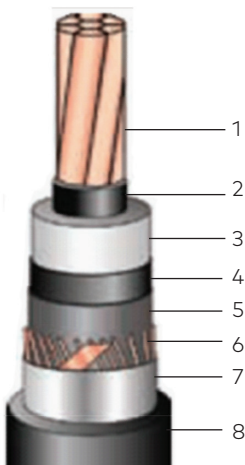
Sadales tīklos visbiežāk izmantoto kabeļu veidu konstrukcijas:

- a) trīsdzīslu vīdsprieguma kabelis (1.14. att.);
- b) viendzīslu vīdsprieguma kabelis (1.15. att.);
- c) četrudzīslu zemsprieguma kabelis (1.16. att.).



- 1 – trīs vara vai alumīnija dzīslas
- 2 – ap vadītāju esošs ekrāns, kas norobežo magnētisko lauku
- 3 – izolators, kas izolē vadītāju no citiem vadītājiem
- 4 – izolācijas slānis, kas norobežo magnētisko lauku
- 5 – ūdeni absorbējoša dzija, kas aiztur ūdens izplatību garenvirzienā bojājuma gadījumā
- 6 – vara ekrāns, kas veic bojājuma strāvas novadīšanu uz zemējuma ietaisi apakšstacijā
- 7 – alumīnija folija, kas nodrošina šķērsvirziena ūdens aizsardzību
- 8 – polietilēna apvalks, kas aizsargā no mehāniskiem bojājumiem un veic izolācijas funkciju

1.14. att. Trīsdzīslu vīdsprieguma kabelis [7].



- 1 – vara vai alumīnija vadītājs
- 2 – ap vadītāju esošs ekrāns, kas norobežo magnētisko lauku
- 3 – izolators, kas izolē vadītāju no citiem vadītājiem
- 4 – izolācijas slānis, kas norobežo magnētisko lauku
- 5 – ūdeni absorbējoša dzija, kas aiztur ūdens izplatību garenvirzienā bojājuma gadījumā
- 6 – vara ekrāns, kas veic bojājuma strāvas novadīšanu uz zemējuma ietaisi apakšstacijā
- 7 – alumīnija folija, kas nodrošina šķērsvirziena ūdens aizsardzību
- 8 – polietilēna apvalks, kas aizsargā no mehāniskiem bojājumiem un veic izolācijas funkciju

1.15. att. Viendzīslu vīdsprieguma kabelis [7].

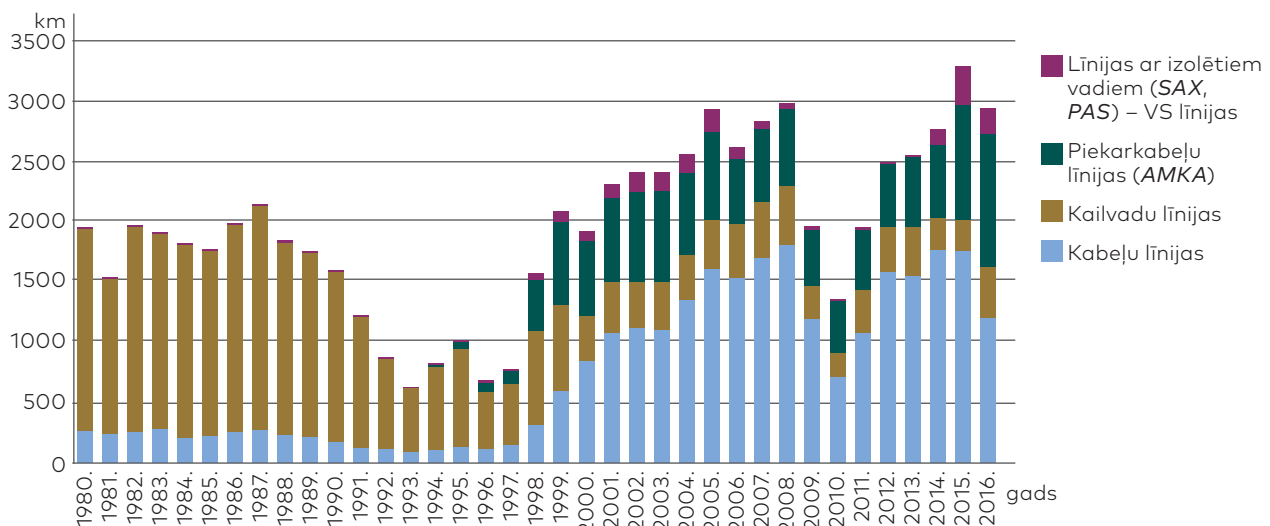


1.16. att. Četrzīslu zemsprieguma kabelis [7].

1.3. Vidsprieguma un zemsprieguma līniju veidu īpatsvars gadu griezumā

Laika gaitā elektroapgādes tīkli noveco, sabojājas vai ir nepieciešams izbūvēt jaunus, pieslēdzot jaunus lietotājus. No pareizas vadu vai kabeļu izvēles ir atkarīga elektroenerģijas kvalitāte un drošums. Paredzot izbūvēt jaunus vai mainot esošos elektrotīklus, ir jāveic izbūves uz uzturēšanas izmaksu aprēķini, parasti ņemot vērā līniju garumus un pārvadāmo slodžu lielumus. Būtiski ņemt vērā arī to, ka nepieciešamās slodzes laika gaitā palielinās.

Gadu griezumā elektroapgādes līniju veidu izvēles tendences ir krasi mainījušās. 1.17. attēlā redzams, ka no 1980. gada līdz pat 2000. gadam pārsvarā tika izmantotas kailvadu līnijas, taču vēlāk to īpatsvars samazinās. Ar jauna gadsimta sākumu sadales tīkls intensīvi sāk būvēt kabeļlīnijas, izmantojot izolētos zemsprieguma piekarkabeļus, kā arī izolētos vidsprieguma vadus. Izmaiņas līniju veidu izvēlē izskaidrojamas ar daudzajām kabeļu līniju, piekarkabeļu un vidsprieguma izolēto vadu priekšrocībām, kuras izmantojot, sadales tīkls spēj nodrošināt kvalitatīvāku elektroenerģiju dažādos laikapstākļos.



1.17. att. VS un ZS līniju veidu īpatsvars gadu griezumā [8].

1.4. Paškontroles jautājumi

1. Sadales tīklos gaisvadu līniju izpildījums zemspriegumā un vidējā sprieguma tīklos.
2. Latvijas sadales tīklu reģionālais sadalījums.
3. Vidsprieguma kabeļa struktūra.
4. Zemsprieguma kabeļa struktūra.
5. Kāpēc ir nepieciešama ūdeni absorbējoša dzija vidsprieguma kabeļos?
6. Izbūves izmaksas salīdzinājums gaisvadu un kabeļlīniju tīklu izbūvē.

2. ELEKTROENERĢIJAS KVALITĀTES PRASĪBAS

2.1. Kvalitātes parametri

Jebkurai iekārtai, kas patērē elektroenerģiju, nepieciešama kvalitatīva elektroenerģija. Visas iekārtas tiek būvētas atbilstoši noteiktiem standartiem, lai strādātu ar vislielāko ekonomisko efektu. Eiropas Savienībā ir spēkā standarts EN 50160, savukārt Latvijā, balstoties uz šo standartu, kā obligāti piemērojamu nosaka MK noteikumus Nr. 759 "Noteikumi par publisko elektroapgādes tīklu sprieguma prasībām". Pēc šī standarta trīsfāžu maiņsprieguma tīklā ir noteikti seši normētie parametri [9].

2.1.1. Sprieguma novirze

Sprieguma novirze – sprieguma efektīvās vērtības palielināšanās vai samazināšanās, kuras visbiežāk izraisa slodzes izmaiņas. Sprieguma novirzi izsaka pēc izteiksmes:

$$V = \frac{U - U_{\text{nom}}}{U_{\text{nom}}} 100, \quad (2.1.)$$

kur V – sprieguma novirze, %;

U – sprieguma efektīvā vērtība tīkla punktā, V;

U_{nom} – nominālais tīkla spriegums, V.

Zemsprieguma tīklos saskaņā ar standartu nominālā vērtība ir 230 V. Normāls darba režīms elektroiekārtai izpildās pie nosacījuma, kad spriegums nemainās ne vairāk kā $\pm 5\%$ no tīkla nominālā sprieguma. Maksimālā novirze ir $\pm 10\%$ no nominālā sprieguma. Pārsniedzot maksimālo novirzi no 10 milisekundēm līdz 1 minūtei, rodas sprieguma novirze, ko sauc par sprieguma iekritumu.

2.1.2. Sprieguma svārstības

Sprieguma svārstības – sprieguma novirzes izmaiņas ātrums laika vienībā, kas ir lielāks par 1 % sekundē. Tās definē ar dažādos laika momentos sastopamiem vislielākā un vismazākā tīkla sprieguma starpību, izteiktu procentos no tīkla nominālā sprieguma [10]:

$$\Delta V_{\text{maks}} = \frac{U_{\text{maks}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{nom}}} 100 = V_{\text{maks}} - V_{\text{min}}, \quad (2.2.)$$

kur ΔV_{maks} – sprieguma svārstības, %;

U_{maks} – maksimālā sprieguma vērtība tīkla punktā, V;

U_{min} – minimālā sprieguma vērtība tīkla punktā, V;

V_{maks} – vislielākā sprieguma novirze, %;

V_{min} – vismazākā sprieguma novirze, %.

2.1.3. Frekvences novirze

Frekvences novirze – starpība starp energosistēmas frekvenci kādā brīdī un tās nominālo vērtību [10]. Normētas frekvences novirze ir $\pm 0,1$ Hz. Frekvences novirzi var noteikt, izmantojot vienādojumu:

$$\Delta f = f - f_{\text{nom}}, \quad (2.3.)$$

kur Δf – frekvences novirze, Hz;

f – frekvence tīkla punktā, Hz;

f_{nom} – nominālā frekvence, Hz.

2.1.4. Frekvences svārstības

Ja frekvences izmaiņas ātrums ir lielāks par 0,2 Hz/s, tad šīs izmaiņas sauc par frekvences svārstībām. Normālos darba apstākļos, kad Latvijas energosistēma strādā kopā ar Baltijas un Krievijas energosistēmām, sprieguma nominālā frekvence ir 50 Hz.

2.1.5. Trīsfāžu sprieguma nesimetrija

Sprieguma nesimetriju rada nevienlīdzīga vienfāzes slodze, un tā savukārt rada strāvu un spriegumu pretsecības un nullsecības komponentes. Nevienlīdzīga noslodze katrā fāžu vadā izsauc sprieguma nesimetriju, un nullvadā parādās strāva, kas nozīmē, ka nullvadā rodas sprieguma pretsecības un nullsecības komponentes. Pretsecības spriegumu raksturo ar pretsecības koeficientu [9]:

$$K_2 = \frac{U_2}{U_1} 100, \quad (2.4.)$$

kur K_2 – pretsecības koeficients;

U_1 – pamatfrekvences sprieguma efektīvā vērtība, V;

U_2 – pamatfrekvences pretsecības sprieguma efektīvā vērtība, V.

2.1.6. Strāvas un sprieguma nesinusoidalitāte

Sprieguma un strāvas likņu formas kropļojumus rada energosistēmā esošie nelineārie elementi (transformatoru serdeņi) un pusvadītāju elementi pie patērētāja (datori, pārveidotāji u. c.). Nesinusoidālās strāvas un spriegumi ir sarežģītas periodiskās svārstības, kas sastāv no dažādu frekvenču harmonisko svārstību virknes. Augstāko harmonisko sastāvdaļu saturu energosistēmā raksturo ar koeficientu [9]:

$$K_n = \frac{U_n}{U_1} 100, \quad (2.5.)$$

kur K_n – n -tās harmonikas sastāvdaļas koeficients;

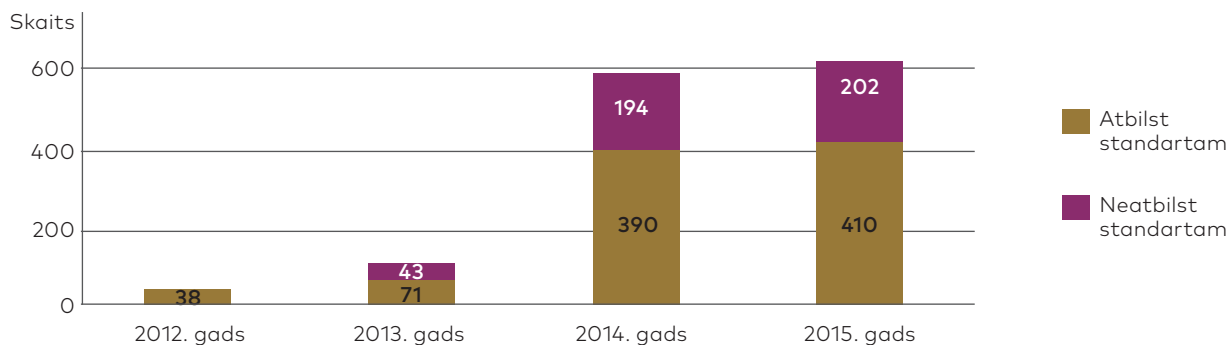
U_1 – pamatfrekvences sprieguma efektīvā vērtība, V;

U_n – n -tās frekvences sprieguma efektīvā vērtība, V.

2.2. Standarta raksturlielumu atbilstība sadales tīklos

Atsevišķos gadījumos šo raksturlielumu vērtības var tikt pārsniegtas, jo normālos elektroapgādes sistēmas darbības apstākļos šie raksturlielumi mainās atkarībā no izmantojamās jaudas, kā arī tīkla bojājumu gadījumos, ko parasti izraisa neparedzēti ārējie apstākļi. Lai noskaidrotu elektrotīkla sprieguma rādītājus, tos var izmērīt jebkurā brīvi izvēlētā tīkla vietā, bet šis standarts nosaka, apraksta un specificē galvenos raksturlielumus tieši uz elektroietaišu piederības robežas. Tā ir vieta, kas tiek noteikta elektroapgādes līgumā un kurā tiek noteikti elektroapgādes tehniskie un ekonomiskie raksturojumi. Sadales tīklos parasti piederības robeža tiek noteikta līdz elektroenerģijas skaitītājam.

Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisija 2012. gadā uzsāka mērījumus par elektroenerģijas kvalitātes atbilstību standartam un kopumā veica 50 mērījumus. Neatbilstības sprieguma raksturlielumu standartam konstatēja 41 objektā. Visvairāk neatbilstību konstatēts raksturlielumam sprieguma svārstības un sprieguma nesinusoidalitāte. Par iemeslu var uzskatīt to, ka mērījumi tika veikti pārsvarā lauku teritorijās, kur ir garas elektroapgādes līnijas ar nepietiekamu šķērsgriezumu [11]. Minēto raksturlielumu vērtību pieļaujamo robežu uzraudzību veic arī sistēmas operators, attiecīgi nepieciešamības gadījumos veicot pasākumus, lai pēc iespējas ekonomiskāk uzlabotu tīklu kvalitāti. Kā redzams 2.1. attēlā, mērījumu skaits katru gadu turpina pieaugt, tādā veidā apzinot objektus, kuros nepieciešami uzlabojumi.



2.1. att. Sprieguma raksturlielumu mērījumu skaits [11].

2.3. Paškontroles jautājumi

1. Elektroenerģijas kvalitātes parametri.
2. Sniegt definīciju sprieguma novirzei un noteikt pieļaujamās sprieguma vērtības.
3. Kas veic sprieguma raksturlielumu kvalitātes parametru uzraudzību?
4. Kādi iemesli izsauc trīsfāžu sprieguma nesimetriju?
5. Kas ir frekvences svārstības?
6. Kāds standarts nosaka elektroenerģijas kvalitātes parametrus?

3. ELEKTROAPGĀDES DROŠUMA RĀDĪTĀJI UN TO DINAMIKA SADALES TĪKLOS

3.1. Drošuma standarta rādītāji

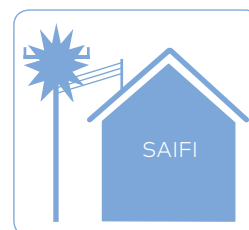
Elektroenerģijas lietotāji sagaida kvalitatīvu, kas arī nozīmē drošu, elektroapgādi, un tieši tāpēc sadales tīklu svarīgākais uzdevums ir nodrošināt nepārtrauktu un kvalitatīvu elektroapgādi pēc iespējas efektīvāk un ar iespējami mazākām investīcijām. Elektroapgādes drošums ir atkarīgs no elektroapgādes pārtraukumiem un sprieguma iekritumiem. Latvijā elektroapgādes drošumu regulē Ministru kabineta izdoti noteikumi Nr. 50 “Elektroenerģijas tirdzniecības un lietošanas noteikumi”. Enerģētikas likums paredz sistēmas operatoriem nodrošināt savu objektu nepārtrauktu darbību un atbilstošu tehnisko stāvokli. Elektroapgādes drošuma līmeņa izmaiņu kontrolei sistēmas operators katru gadu sniedz informāciju Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijai [12]. Pasaulē, kā arī sadales tīklos Latvijā, lai novērtētu elektroapgādes drošuma līmeni, izmanto elektroenerģijas piegādes rādītājus SAIFI un SAIDI [13]:

- 1) SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) – sistēmas vidējais pārtraukuma ilguma indekss. SAIDI mēra pārtraukuma ilgumu minūtes vai stundās vienam sistēmas lietotājam gada griezumā. Kopējo sistēmas koeficientu aprēķina pēc formulas:

$$SAIDI = \frac{\text{kopējais pārtraukumu ilgums gadā}}{\text{kopējais patērētāju skaits}}; \quad (3.1.)$$

- 2) SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) – sistēmas vidējais pārtraukumu biežuma indekss. SAIFI mēra pārtraukuma biežuma vienībās vienam sistēmas lietotājam gada griezumā. Kopējo sistēmas koeficientu aprēķina pēc formulas:

$$SAIFI = \frac{\text{kopējais pārtraukumu skaits gadā}}{\text{kopējais patērētāju skaits}} \quad (3.2.)$$

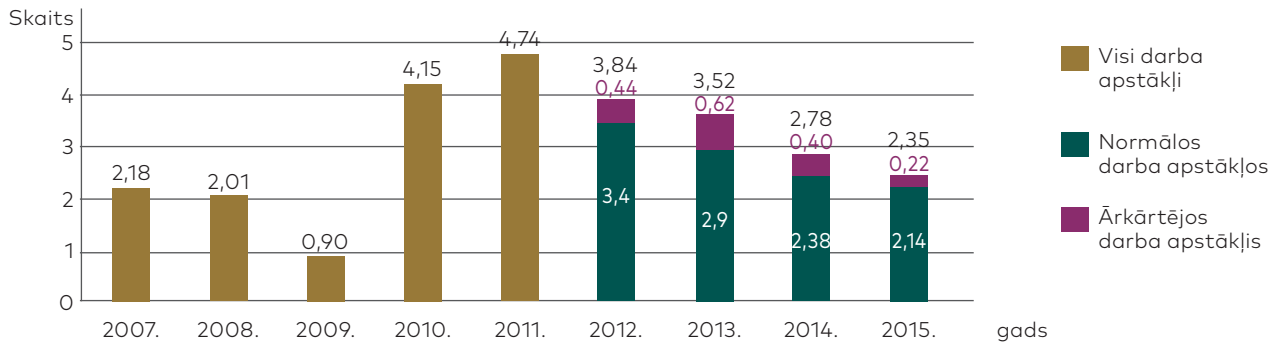


3.1. att. SAIDI un SAIFI [6].

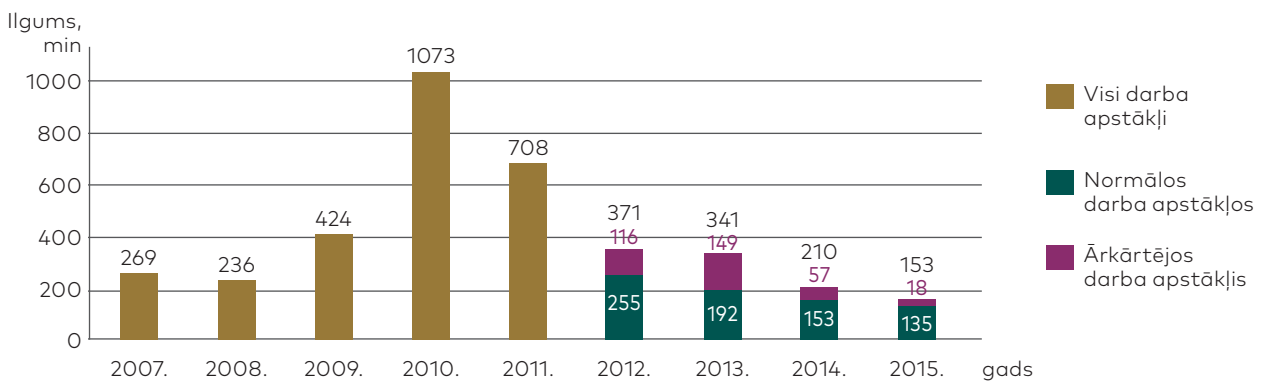
3.2. Drošuma rādītāji Latvijā un Eiropā

3.2. un 3.3. attēlā redzams, ka pārtraukumu ilgumam un skaitam Latvijā ir tendence samazināties. Īpašs uzsvars uz drošības jautājumiem ir pievērsts pēc 2010./2011. gada ziemas, kad īpaši skarbu dabas apstākļu dēļ elektroenerģijas lietotājus sagaidīja daudz elektroapgādes pārtraukumu. Elektroapgādes operatori pēc šīs ārkārtas situācijas ir modernizējuši savu tehniku, kā arī palielinājuši savu speciālistu profesionalitāti. Lieli ieguldījumus ir veikti elektroapgādes trašu tīrīšanā, kas acīmredzami ir devusi uzlabojumus drošības ziņā [14]. Neplānoto elektroenerģijas pārtraukumu ilgums un skaits uz vienu lietotāju Latvijā tiek izdalīts trīs apstākļos:

- 1) normāli darba apstākļi – režīms, kurā tiek nodrošināta pieprasītā jauda;
- 2) ārkārtēji darba apstākļi – situācija, kad ir notikuši daudz bojājumu laikapstākļu dēļ;
- 3) visi darba apstākļi – mērījumus neizdala atsevišķi normālos un ārkārtējos apstākļos.

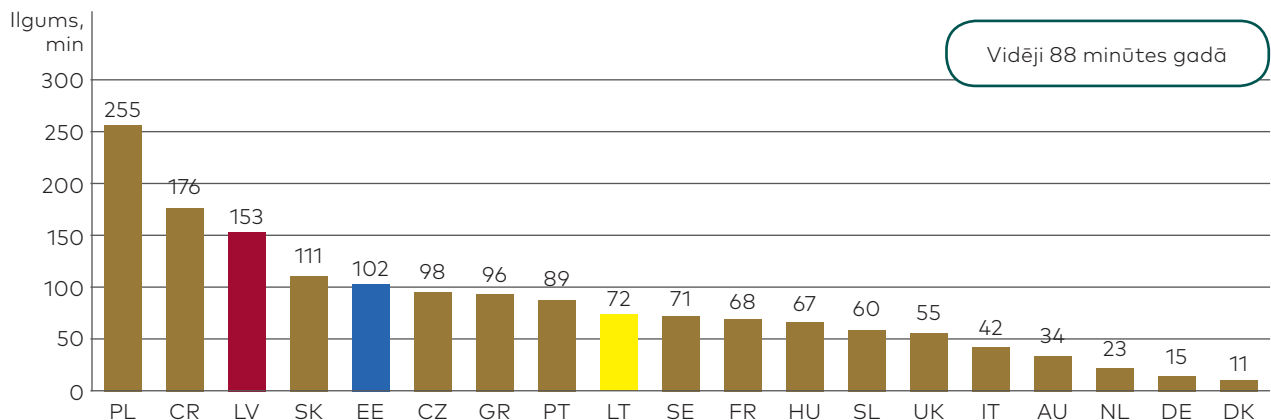


3.2. att. Neplānotu elektroenerģijas pārtukumu ilgums vienam lietotājam Latvijā [11].



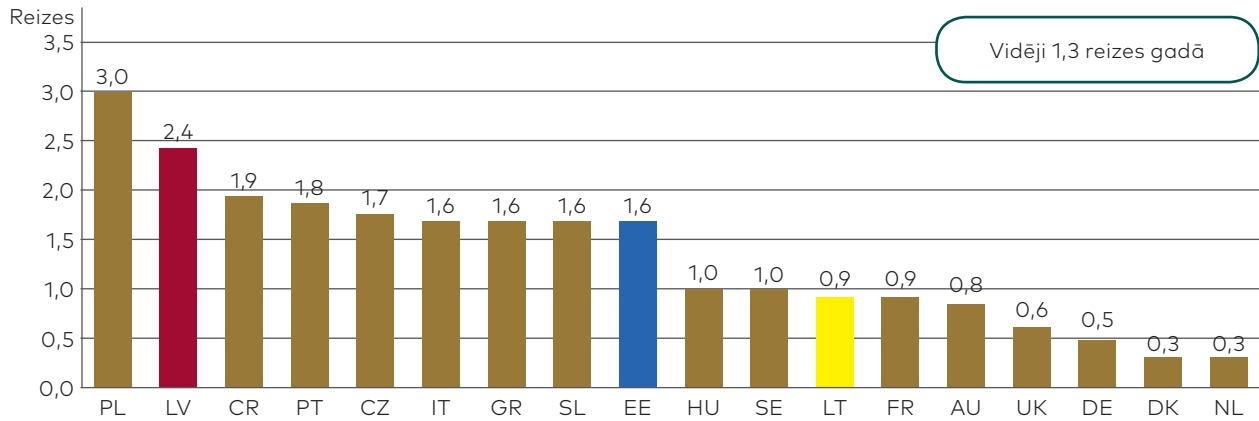
3.3. att. Neplānotu elektroenerģijas pārtraukumu skaits vienam lietotājam Latvijā [11].

Neplānoto elektroenerģijas pārtraukuma ilgumam un skaitam uz vienu lietotāju Latvijā pēdējos gados ir tendences samazināties, taču Eiropas līmenī vēl joprojām Latvija ierindojas saraksta augšgalā. Kā redzams 3.4. attēlā, pasaules līmenī vidējais elektroenerģijas pārtraukumu ilgums uz 1 lietotāju sasniedz 88 minūtes, savukārt Latvija gandrīz 2 reizes pārsniedz pasaules vidējo rādītājus ar 153 minūtēm. Dānijas rādītāji ir visaugstākie – 11 minūtes gadā, Polijā viszemākie – 255 minūtes gadā. Salīdzinot ar kaimiņvalstīm, ir redzams, ka Lietuva ir zem vidējā pasaules līmeņa – 72 minūtes gadā un Igaunija nedaudz virs vidējā līmeņa – 102 minūtes gadā.



3.4. att. Neplānotu elektroenerģijas pārtraukumu ilgums (min) vienam lietotājam (SAIDI) Eiropā 2015. gadā [15].

Kā redzams 3.5 attēlā, vidējais elektroenerģijas pārtraukumu skaits uz vienu lietotāju ir 1,3 reizes gadā. Arī šajā elektroapgādes drošuma standartā Latvija ir zemā līmenī, salīdzinot ar citām Eiropas valstīm. Latvijā elektroenerģijas pārtraukumu biežums sasniedz 2,4 reizes gadā. Vismazākais pārtraukumu skaits novērojams Nīderlandē un Dānijā – tikai 0,3 reizes gadā, taču Polijā – 3 reizes gadā, kas ir augstākais rādītājs starp Eiropas valstīm.



3.5. att. Neplānotu elektroenerģijas pārtraukumu biežums (reizes) vienam lietotājam (SAIFI) Eiropā, 2015. gadā [15].

3.3. Paškontroles jautājumi

1. No kādiem parametriem ir atkarīgs elektroenerģijas drošuma rādītājs?
2. SAIDI rādītājs.
3. SAIFI rādītājs.
4. Kādas ir drošuma rādītāju vērtības Latvijā, salīdzinot ar Eiropas valstīm?
5. Kāds standarts reglamentē drošumu?

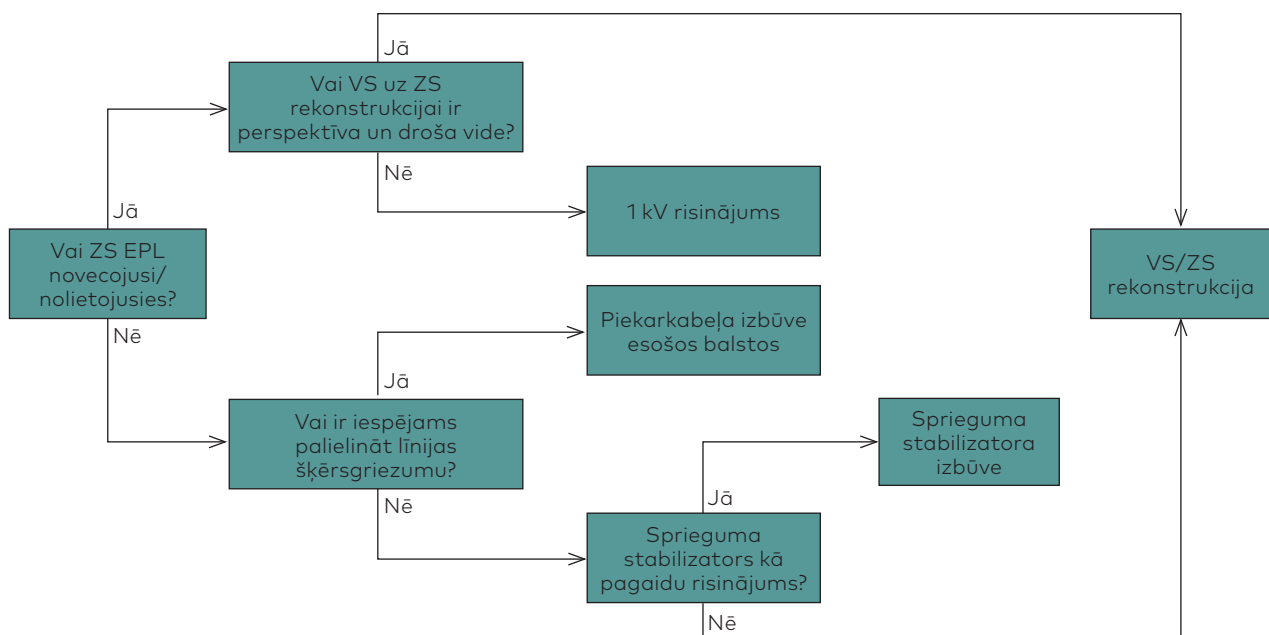
4. SADALES TĪKLU KVALITĀTES UZLABOŠANAS PASĀKUMI

4.1. Sprieguma kvalitātes uzlabošana sadales tīklos

Elektrotīkla darbības pamata **mērķis ir nodrošināt** lietotājiem kvalitatīvu un drošu elektroapgādi, bet tas laika gaitā:

- nolietojas;
- jāattīsta slodžu izmaiņu gadījumā, kad nepieciešams pieslēgt jaunus lietotājus;
- jāpārveido tehniskā stāvokļa, bojājumu un kvalitātes dēļ.

Lai uzlabotu sprieguma kvalitāti, sadales tīkls veic efektīvu un pēc iespējas ekonomiskāku tehniskā risinājuma izvēli. Tehniskā risinājuma izvēle ir atkarīga no esošā elektrotīkla tehniskā stāvokļa, lietotāju objektu attāluma līdz sadales transformatoram, slodžu lieluma un vides faktoriem.

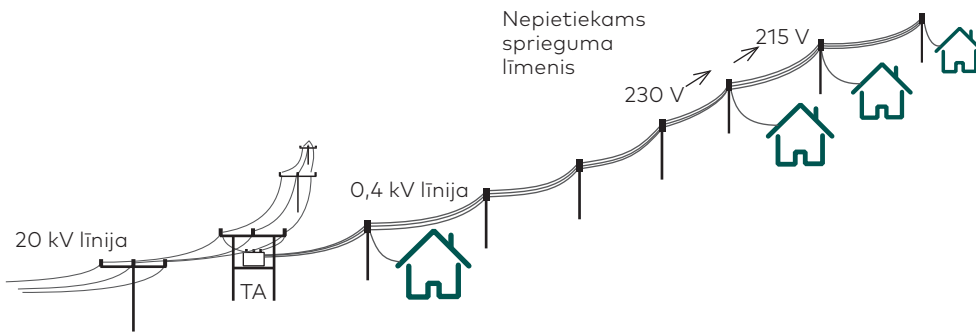


4.1. att. Tehniskā risinājuma izvēles algoritms.

Objekti vispirms ir jāizvērtē, ņemot vērā esošo un perspektīvo situāciju, un jāizstrādā atbilstošs tehniskais risinājums (4.1. att.). Ja elektrotīkls nav tehniski novecojis, tad atbilstošākais tehniskais risinājums ir izbūvēt lielāka šķērsgrīzuma piekarkabeļu līniju esošajos balstos, ja to kalpošanas ilgums paredzams ilgāk nekā 10 gadus. Ja nav iespējams palielināt kabeļa šķērsgrīzumu, kā īslaicīgu risinājumu izmanto sprieguma stabilizatoru.

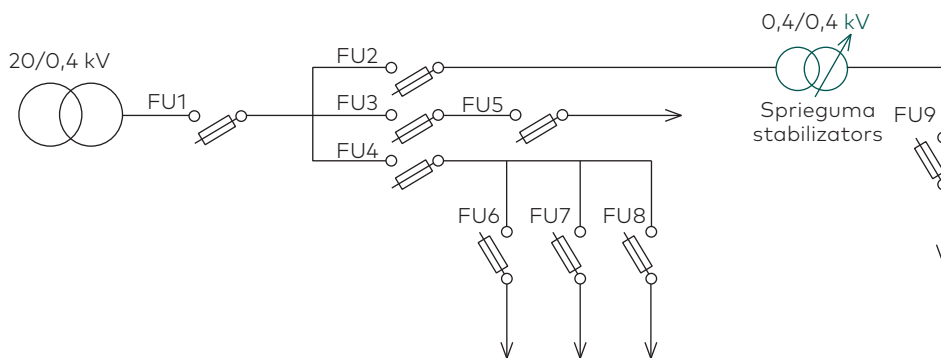
4.1.1. Sprieguma stabilizatora risinājumi

Visbiežāk lauku reģionos, kur elektrotīkls ir plašs un sazarots, līdz lietotājiem sniedzas garas līnijas ar nepietiekamu šķērsgrīzumu, kas savukārt rada nekvalitatīvu spriegumu. Lietotājiem, kuri atrodas tuvāk transformatora apakšstacijai, sprieguma līmenis ir normas robežās, bet tās pašas līnijas beigās tas vairs nav pietiekams (4.2. att.).



4.2. att. Nekvalitatīva gaisvadu līnijas sprieguma vizualizācija.

Ja attālumš līdz lietotājam neļauj nodrošināt atbilstošu sprieguma kvalitāti 0,4 kV elektropārvades līnijā vai balsti nepieļauj izbūvēt nepieciešamā šķērsgriezuma piekarkabeļu līniju, tad kā pagaidu risinājumu var izskatīt sprieguma stabilizējošās iekārtas izmantošanu (4.3., 4.4. att.). Ja līnijā nav paredzēti jauni pieslēgumi vai arī sprieguma kritums ir sezonāls, tad iekārta ir piemērots tehniskais risinājums, kura ietvaros tiek atrisināta sprieguma kvalitātes problēmas nelielam lietotāju skaitam. Sadales tīklos šo risinājumu arī izmanto, lai iegūtu papildu laiku līnijas pārplānošanai un tās jaudas palielināšanai.



4.3. att. Sprieguma stabilizatora izbūves shēma esošā zemsprieguma gaisvadu līnijā.

Sprieguma stabilizators nepārtraukti mēra līnijas spriegumu un nepieciešamības gadījumā maina to. Iekārtas darbības pamatā ir neliels autotrasformators, kur pusvadītāju slēdži maina transformācijas koeficientu, vajadzības gadījumā paaugstinot vai pazeminot spriegumu. Stabilizatoru uzstāda netālu no patērētājiem, kuriem ir nepieciešams sprieguma uzlabojums. Iekārtu uzstādīšana ir ātra, un uzstādot tā uzreiz ir gatava darbam.

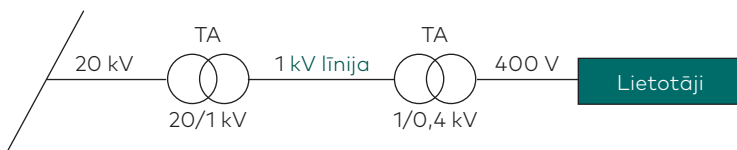


4.4. att. Sprieguma stabilizatora iekārta dabā.

4.1.2. 1 kV sadales tīklu risinājumi

Praksē sadales tīkls pieturās pie 20 kV vidsprieguma līniju, transformatoru un 0,4 kV zemsprieguma tīklu izbūves, bet papildu iespēja ir izbūvēt 1 kV līniju, kas ir alternatīva gadījumos, kad elektrolīnija atradīsies mežainā apvidū un vidsprieguma kabeļu vai piekarkabeļu līnijas izbūves izmaksas ir dārgas, un gadījumos, kad jau ir salīdzinoši jauna kabeļu vai piekarkabeļu līnija, ko var pārveidot par 1 kV līniju.

1 kV tīkla tehnoloģija, kas ir definējams kā zemsprieguma tīkls, tiek izmantota Skandināvijas valstīs, kā arī salīdzinoši nesena tika uzsākti šādu risinājumu lietošana Latvijā. Galvenā atšķirība no 400 V tīkla ir tāda, ka nepieciešams papildu transformators, kas pārveido no 1000 V sprieguma uz 400 V spriegumu. Šādu risinājumu parasti lieto elektroapgādes kvalitātes uzlabošanai, visbiežāk lauku apvidos, kur līdz patērētājiem sniedzas garas zemsprieguma līnijas un nav paredzēts patērējamo slodžu pieaugums.



4.5. att. 1 kV shēma.

Priekšrocības izmantojot šo tehnoloģiju [16]:

a) teorētiski to var izrēķināt, izmantojot jaudas formulu:

$$P = \sqrt{3}IU\cos\varphi = \sqrt{3}\frac{U^2}{R_L}\cos\varphi, \quad (4.1.)$$

kur P – elektrotīklā pārvadāmā jauda;

I – strāva līnijā, A;

U – spriegums līnijā, V;

R_L – elektrolīnijas aktīvā pretestība, Ω ;

$\cos\varphi$ – jaudas koeficients.

$$400 \text{ V sistēmai: } P_{400\text{V}} = \sqrt{3}\frac{400^2}{R_L}\cos\varphi; \quad (4.2.)$$

$$1000 \text{ V sistēmai: } P_{1000\text{V}} = \sqrt{3}\frac{1000^2}{R_L}\cos\varphi; \quad (4.3.)$$

Salīdzinot 1000 V spriegumu ar 400 V spriegumu, iegūst:

$$\frac{P_{1000\text{V}}}{P_{400\text{V}}} = \frac{\sqrt{3}\cdot 1000^2 \cdot R_L \cdot \cos\varphi}{\sqrt{3}\cdot 400^2 \cdot R_L \cdot \cos\varphi} = \frac{1000^2}{400^2} = 6,25, \quad (4.4.)$$

tātad, izmantojot šo tehnoloģiju, 1000 V tīklā tādu pašu jaudu kā 400 V tīklā var pārvadīt 6,25 reizes tālāk vai arī 2 reizes lielāku jaudu 2,5 reizes lielākā attālumā. Ņemot vērā sprieguma zudumus, praksē sasniedzamais pārvadāmās jaudas vai līnijas garuma palielinājums ir robežās no 4 līdz 5 reizēm;

- b) var izmantot jau izbūvētas kabeļu vai piekarkabeļu līnijas, jo zemsprieguma kabeļi un piekarkabeļi ir paredzēti spriegumam līdz 1000 V;
- c) tehnoloģija ir daudz ekonomiskāka, lietojot objektos, kur nepieciešama transformatoru pienešana tuvāk slodžu punktiem, gadījumos, kad nepieciešams uzlabot elektroenerģijas sprieguma vērtības;
- d) uzlabojas elektroapgādes drošums un kvalitāte, jo 1 kV līnijas bojājums neizsauc 20 kV līnijas atslēgumu.

Nosacījumi 1 kV tīklu izbūvei [16]:

- a) iespējams izbūvēt, izmantojot esošos zemsprieguma kabeļus vai piekarkabeļus;
- b) maksimālā jauda 1/0,4 kV transformatoram ir 50 kVA;

- c) ja ekonomiski pamatoti iespējams 20/0,4 kV transformatoru novietot slodzes centrā, lai zemspriegumu līniju garums nepārsniedz 1 km, tad jāizmanto 20/0,4 kV risinājums;
- d) visos gadījumos, kad tiek izskatīts 1 kV tehniskais risinājums – tas ir jāsalīdzina ar vidsprieguma elektrotīkla izbūvi, ņem vērā gan izbūves, gan uzturēšanas izmaksas, gan ietekmi uz drošumu.

4.2. Rekonstrukcijas sadales tīklos

Ja elektropārvades līnijas remontēt ilgtermiņā ir dārgāk nekā pārbūvēt un iepriekš minētiem risinājumiem nav perspektīva, tad tīkla kvalitātes un sprieguma kvalitātes uzlabošana tiek veikta rekonstrukcijas ietvaros. Rekonstrukcija – būves vai tās daļas pārbūve, mainot būves vai tās daļas apjomu un mainot vai saglabājot funkciju, vai funkcijas maiņa, nemainot apjomu [17]. Lai veiktu rekonstrukciju kādā objektā, ir rūpīgi jāizvērtē tā objekta tehniskais stāvoklis, tīkla kvalitātes rādītāji, projektēšanas un izbūves izmaksas. Rekonstrukcijas objektus izvērtēšanas vadlīnijas tehniskā risinājuma izstrādē ņem vērā:

- 1) jānovērtē sadales tīkla objekta drošums, kas pamatā ietver:
 - operatīvi bīstamu defektu novēršanu;
 - bīstamo defektu novēršanu;
- 2) jānovērtē nolietojums (gan fiziskā, gan finansiālā ziņā), kas pamatā ietver:
 - transformatoru apakšstaciju nolietotu konstrukciju un iekārtu novēršanu;
 - elektrolīnijas šķērsriezuma neatbilstības novēršanu;
 - lielu bojājumu skaita novēršanu;
- 3) jānovērtē komerciālais aspekts, kas pamatā ietver:
 - lietotāju skaitu ievērošanu (faktiski šī vērtība nosaka arī drošuma parametru vērtību, t. i., SAIDI, SAIFI vērtību);
 - lietotāja patēriņu ievērošanu.



4.6. att. Nolietojušās elektroietaisies sadales tīklu objektos.

Līdz ar to atkarībā no plānotā risinājuma tiek noteikti objekta izvērtēšanas pamatjautājumi:

- 1) saistībā ar elektrotīkla uzturēšanu:
 - pamata jautājums: “vai defekts nevar gaidīt rekonstrukciju?”;
 - ja uz pamata jautājumu ir atbilde “nevar gaidīt rekonstrukciju”, tad pamatā elektrotīkls tiek remontēts;
 - viss pārējais, kas norāda uz to, ka elektrotīkls var gaidīt rekonstrukciju, tiek atsevišķi izvērtēts un atkarībā no situācijas attiecīgi tiek/netiek realizēts;
- 2) saistībā ar elektrotīkla atjaunošanu:
 - pamata jautājums: “vai elektrotīkls ir nolietojies?”;
 - ja uz pamata jautājumu ir atbilde “ir nolietojies”, tad elektrotīkls tiek rekonstruēts;
 - viss pārējais, kas norāda uz to, ka elektrotīkls vēl varētu tikt ekspluatēts, tiek atsevišķi izvērtēts atkarībā no situācijas;
- 3) saistībā ar lietotāju sūdzībām par elektrotīklu:
 - pamata jautājums: “vai sūdzība ir pamatota?”;

- ja sūdzība ir pamatota, tad jāsaprot, cik bīstama ir situācija, un jānovērš tā.

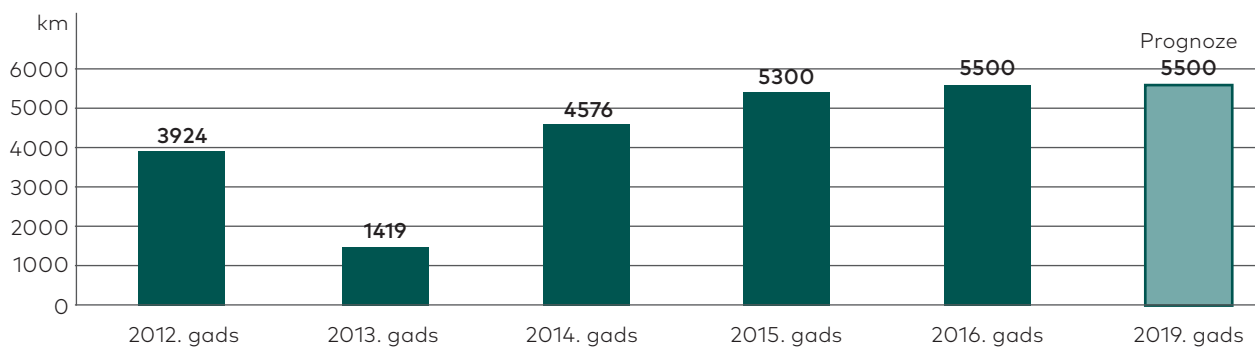


4.7. att. Jaunas elektroietaisies sadales tīklos pēc rekonstrukcijām.

4.3. Elektrolīniju trašu tīrīšana

Elektroenerģijas traucējumi un pazušana sadales tīklos lielā mērā ir atkarīgi no laikapstākļiem, jo Latvijā lielu daļu no sadales tīklu līniju kopgaruma veido gaisvadu līnijas, kas ir tieša ietekmē ar dabas apstākļiem. Lai nodrošinātu elektrotīkla uzturēšanu drošā stāvoklī, sadales tīkls katru gadu regulāri veic elektrolīniju apsekošanu un izvērtē elektrolīniju tehnisko stāvokli, un apzina bīstamos kokus, kas apdraud gaisvadu elektrolīniju drošumu [18]. Viens no izplatītākajiem elektroapgādes traucējumu cēloņiem ir lūzušo koku un zaru uzkrāšanās gaisvadu līnijām, kas izraisa vadu bojājumus vai īsslēgumus.

Sadales tīkla viens no svarīgākajiem uzdevumiem visa gada garumā ir efektīvi attīrīt elektrolīniju trases no kokiem un zariem, kuri palielina riskus elektroapgādes traucējumiem. Kopējais attīrāmo elektrolīniju trašu apjoms ir aptuveni 21 000 km. Sadales tīkls arvien palielina investīciju apjomus un ir uzstādījis mērķi iztīrīt aptuveni 5500 km gadā līdz 2019. gadam.

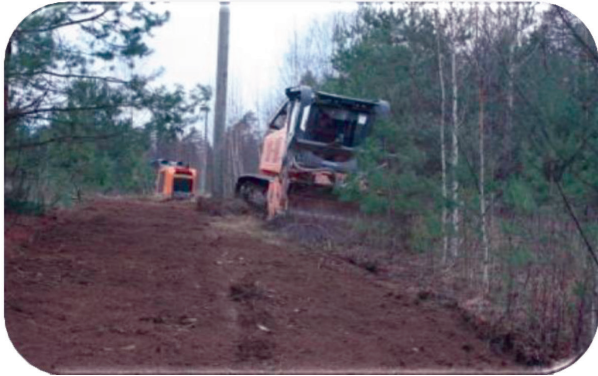


4.8. att. Sadales tīklu elektrolīniju iztīrīto trašu apjoms [15].

Elektrolīniju trašu tīrīšanas platumu nosaka Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi un Latvijas Republikas aizsargjoslu likums. Aizsargjoslas gar visu veidu un jebkuras piederības elektriskajiem tīkliem, to iekārtām un būvēm tiek noteiktas, lai nodrošinātu elektrisko tīklu, to iekārtu un būvju ekspluatāciju un drošību [19]. Aizsargjoslas gar sadales tīklu gaisvadu elektrotīkliem ārpus pilsētām veido [19]:

- gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām, kuru nominālais spriegums līdz 1 kV, – 6,5 m attālumā no līnijas ass, kurā elektrolīniju trasi veido 2,5 m platumā no līnijas ass uz katru pusi;
- gar elektrisko tīklu gaisvadu līnijām, kuru nominālais spriegums 10–20 kV, – 30 m attālumā no līnijas ass, kurā elektrolīniju trasi veido 6,5 m platumā no līnijas ass uz katru pusi.

Elektrilīniju trašu tīrīšanā (4.9. att.) pamatā izmanto rokas motorzāģus un krūmgriežus. Vertikālajā koku apzāģēšanā izmanto teleskopiskos motorzāģus, kā arī pacelējtehniku. Veicot darbus, tiek izzāģēti koki aizsargjoslā, kā arī bīstamie koki ārpus tās. Trašu tīrīšanā izmanto arī frēzi, ar kuru ir iespējams frēzēt kokus līdz pat 10 cm diametrā kā arī citu traktortehniku, kas ievērojami palielina darba efektivitāti [20].



4.9. att. Elektrilīniju trašu tīrīšana [14].

4.4. Paškontroles jautājumi

1. Sprieguma kvalitātes uzlabošanas pasākumi sadales tīklos.
2. Vai uzlabojas elektroapgādes drošums un kvalitāte, lietojot 1 kV sadales tīklus?
3. Kādi ir galvenie elektroapgādes drošuma rādītāju pasliktināšanās cēloņi?
4. Kādas tehnoloģijas lieto elektrilīniju trašu tīrīšanā?
5. Kādos gadījumos tiek izmantota sprieguma stabilizatora iekārta?
6. Kas ir aizsargjosla un kāds normatīvais akts reglamentē aizsargjoslu platumus?

5. SADALES TĪKLU ATTĪSTĪBAS TENDENCES

5.1. Viedie tīkli

Pēdējos gados viens no izplatītākajiem sadales tīkla attīstības virzieniem ir sadales tīkla vieduma palielināšana, izmantojot viedās tehnoloģijas. Šobrīd pasaulē izstrādā un realizē dažādus viedo tīklu projektus, bet vienota definīcija par viedajiem tīkliem pasaulē nav. Sadales tīklos viedo tīklu definē kā tīklu, kas nākotnē būs pašdiagnosticējošs un pašatjaunojošs, pastāvīgi sūtīs, saņems un apstrādās datus par tīkla un tā atsevišķu elementu stāvokli un parametriem, jaudas plūsmām, kā arī veiks informācijas apmaiņu ar inteligentām elektroniskām ierīcēm, ražotājiem, sistēmas operatoriem, tirgotājiem un klientiem [23].

Viens no Eiropas Savienības galvenajiem uzdevumiem ir nodrošināt efektīvu dabas resursu uzmantošanu, aizvien lielāku uzsvāru liekot uz atjaunojamajiem energoresursiem, samazinot oglekļa dioksīda izmešu daudzumu. Tas nozīmē, ka nākotnē patērētājs var kļūt par ģenerējošu avotu un jaudas plūsma būs divos virzienos: uz patērētāju un no patērētāja. Ja esošais tīkls netiktu modernizēts, netiekot izmantotas enerģijas taupīšanas un energoefektivitātes iespējas, enerģijas tirgus attīstītos daudz lēnāk.

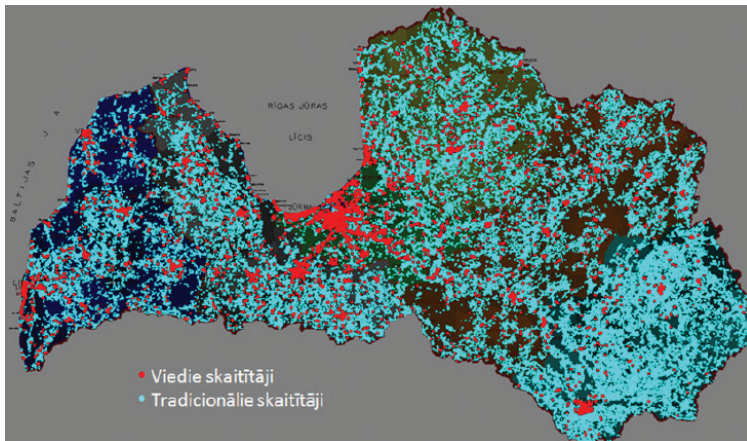


5.1. att. Jauna komunikāciju infrastruktūra iekārtu un informācijas kompleksai integrācijai [24].

5.1. attēlā redzama sadales tīklu mērķa infrastruktūra. Ieviešot viedos tīklus, ir būtiskas priekšrocības: iespēja ātri lokalizēt un novērst tīkla bojājumus, drošāk vadīt mazās elektrostacijas, iespēja optimizēt enerģijas plūsmu, samazinot jaudas zudumus, kā arī datu interaktīva apmaiņa starp klientu un sadales operatoru.

5.1.1. Viedie skaitītāji

Līdzīgi kā citi elektroenerģijas sadales sistēmu operatori Eiropas savienībā, lai uzlabotu klientu apkalpošanu un samazinātu izmaksas, tradicionālos skaitītājus pakāpeniski aizstāj ar viedajiem skaitītājiem. Viedais elektroenerģijas skaitītājs ir elektroenerģijas patēriņa mērierīce, kas sniedz informāciju par objekta elektroenerģijas patēriņu pa stundām un ir attālināti vadāms, kas ļauj to apkalpot, neierodoties objektā [25]. Kopš 2007. gada sadales tīklos nomainīti aptuveni 260 000 tradicionālie skaitītāji un to vietā uzstādīti viedie skaitītāji. 5.2. attēlā redzams tradicionālo un viedo skaitītāju īpatsvars sadales tīklos.



5.2. att. Viedo un tradicionālo skaitītāju īpatsvars sadales tīklos [26].

Novērojams, ka visvairāk skaitītāju maiņu veic pilsētās, taču tradicionālie skaitītāji ir jāaizvieto ar viedajiem skaitītājiem saskaņā ar Eiropas Savienības direktīvu “Enerģijas gala lietotāja efektivitāte un enerģijas pakalpojumi”, kas paredz:

- līdz 2020. gadam jāievieš viedie skaitītāji 80 % no kopējā klientu skaita valstī;
- līdz 2022. gadam jāpabeidz viedo skaitītāju ieviešana 100 % apjomā;
- lietotājam ir jāuzstāda elektroenerģijas skaitītājs ar slodžu grafiku un laika zonu uzskaiti tajās vietās, kur ieguvumi ilgtermiņā ir lielāki par izmaksām [26].

Viedais skaitītājs, izmantojot divu virziena komunikāciju, pilda funkcijas:

- uzskaita patērēto aktīvo un reaktīvo elektroenerģiju;
- reģistrē slodzes grafiku;
- reģistrē notikumus (sprieguma atslēgšanos, sprieguma novirzes, skaitītāja sabojāšanos);
- nodrošina iespēju attālināti atslēgt elektroenerģijas padevi.



5.3. att. Sadales tīklos lietotais viedais skaitītājs.

Viedā skaitītāja izmantošanas sniegtās priekšrocības:

- klientam nav nepieciešams nolasīt skaitītāja rādījumus, automātiska rēķinu saņemšana. Lietotājam pieejama detalizēta patēriņa informācija, kā arī nodrošināta iespēju operatīvi saņemt informāciju par bojājumiem tīklā;
- sadales tīklam nodrošina izmaksu samazinājumu, dodot iespēju nepieciešamības gadījumā atslēgt elektroenerģiju lietotājam attālināti, nav nepieciešama objekta apsekošana. Nodrošina procesu automatizāciju un monitoringu, samazinot zudumus tīklā un dod iespēju efektīvāk attīstīt viedo tīklu;
- elektroenerģijas tirgotājam tiek atviegloti norēķinu pakalpojumi, jo rādījumi tiek nodoti laikā un rēķini tiek sagatavoti automātiski.

5.1.2. Elektrolīniju automatizācija

5.1.2.1. Viedie slēdži

Lai nodrošinātu operatīvāku bojājuma vietas identifikāciju un sprieguma atjaunošanu neskartajā tīkla daļā, mazinot neplānoto atslēgumu izraisīto elektroenerģijas pārtraukumu ilgumu, sadales tīkls vīdsprieguma līnijās uzstāda bojājumu vietas uzrādītājus un attālināti vadāmus jaudas slēdžus jeb tā saucamos vīdjos slēdžus. Elektroapgādes atslēgumus vīdsprieguma tīklā bieži izraisa lūstoši koku zari vai neplānoti līnijas bojājumi. Uzstādot attālināti vadāmos jaudas slēdžus, plašu, sazarotu tīklu iespējams sadalīt mazākos apgabalos bojājumu gadījumos, tādējādi iegūtās priekšrocības:

- samazinās traucēto patērētāju skaits;
- samazinās bojājumu vietas lokalizācijas laiks;
- paplašinās komutācijas iespējas;
- elektroapgādes drošuma uzlabošanās.



5.4. att. Attālināti vadāmais jaudas slēdzis [27].

5.1.2.2. Bojājumu vietas uzrādītāji

Lai nodrošinātu ātrāku bojājumu vietas noteikšanu, papildus vadāmo jaudas slēdžu uzstādīšanai tiek izmantoti bojājumu vietas uzrādītāji, pieslēdzot tos dispečeru sistēmai. Bojājuma gadījumā dispečeru vadības sistēma saņem paziņojumu, kas uzreiz norāda konkrēto vīdsprieguma līnijas posmu, kurā radies bojājums. Šāda informācija dod iespēju operatīvai izsaukuma brigādei uzreiz norādīt elektrolīnijas posmu, lai novērstu radušos bojājumus. Katru gadu sadales tīkls uzstāda ap 1000 bojājumu vietas uzrādītājus un šodien vīdsprieguma tīklā kopā jau funkcionē vairāk nekā 8000 iekārtas [28]. Bojājumu vietas uzrādītāji tiek uzstādīti stratēģiskās vietās elektrolīniju sazarošanās punktos. Lai nodrošinātu labāku bojājuma vietas atrašanu dabā, iekārta, atklājot bojājumu, signalizē, izmantojot zibspuldzi, kuru dienas gaismā var redzēt 200–300 metru attālumā un naktī – līdz pat 2–3 kilometru attālumā. Iekārtu stiprina 3–5 m zem elektrolīnijas vadiem, un tās darbības pamatā ir elektromagnētiskā lauka mērīšana vadu tuvumā. Līnijā strauji samazinoties, palielinoties vai pazūdot spriegumam, iekārta reaģē un dod signālu. Lai informētu dispečeru sistēmu attālināti, iekārtai tiek pievienots GSM modems, kas nodrošina informācijas apmaiņu.



5.5. att. Lietojamie bojājuma vietas uzrādītāji sadales tīklos [27].

5.1.2.3. Dispečeru vadības sistēma

Operatīvākai darbībai sadales tīklos izmanto dispečervadības sistēmu (DVS), kas dod iespēju attālināti vadīt un kontrolēt sadales tīkla darbību un uzkrāt iegūtos datus. Dispečervadība – process, kurā sistēmas operators saskaņā ar sistēmas operatora dispečeru vadības personāla dispečervadības instrukcijām nodod rīkojumu sistēmas dalībniekam ģenerētājvienību slodžu un tīkla elementu operatīvo stāvokļu un enerģētisko parametru izmaiņai [29].



- DC (Dispečeru Centri)
- Darbinieki ekspluatācijas nodaļās

5.6. att. 7 reģionālie dispečeru centri sadales tīklā 2012. gada 1. augustā [30].

2016. gadā dispečervadības centru optimizācija tika pilnībā pabeigta. Tā tika pilnībā apvienota un dispečervadības sistēmai tika kopumā pieslēgti 1390 vīdsprieguma objekti, lai efektīvi uzraudzītu un vadītu elektrotīklu attālināti [31].

Ieguvumi, veicot dispečervadības sistēmas optimizāciju:

- nodrošināta apakšstaciju uzraudzība attālināti;
- uzlabots operatīvais darbs;
- sakārtots datu pārraides tīkls.

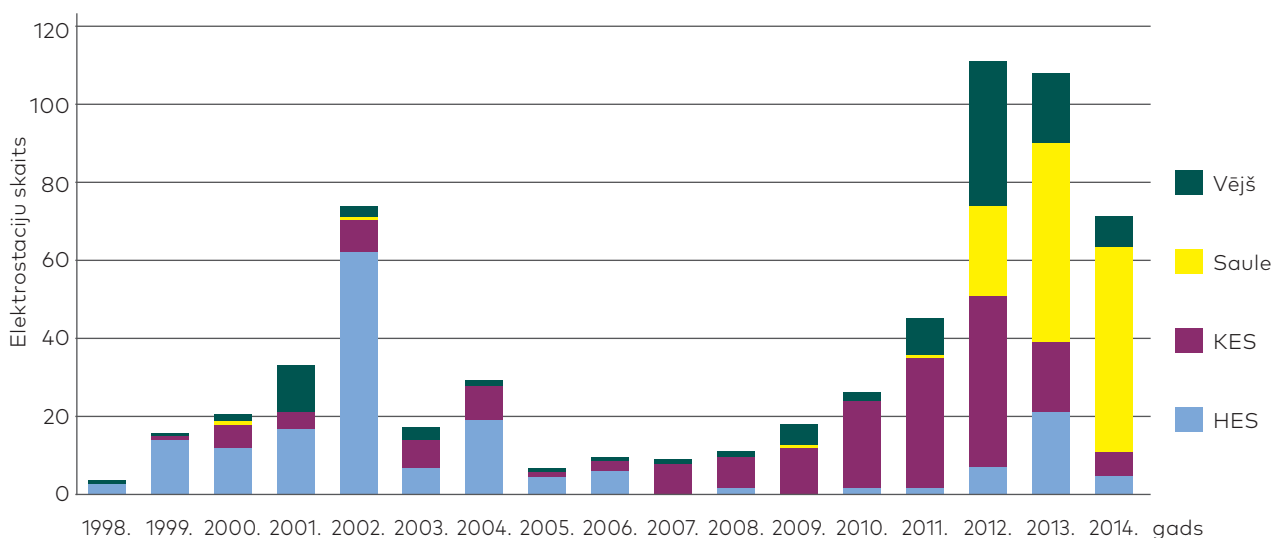
5.2. Paškontroles jautājumi

1. Dot skaidrojumu terminam “viedie tīkli”.
2. Dot skaidrojumu terminam “viedie aizsargslēdži”.
3. Dot skaidrojumu terminam “viedie skaitītāji”.

6. IZKLĪDĒTĀ ĢENERĀCIJA AS SADALES TĪKLS ELEKTROTĪKLOS

6.1. Izklīdētās ģenerācijas īpatsvars un tendences

Sadales elektrotīklā ar katru gadu pieaug izklīdētās ģenerācijas apjoms, un arvien aktuālāks kļūst jautājums par šo elektrostaciju radīto ietekmi uz sprieguma kvalitāti sadales elektrotīklā. Pēc statistikas datiem (6.1. att.) redzams dažādu tipu elektrostaciju skaita pieaugums vairāku gadu griezumā. Redzams, ka tieši pēdējos gados strauji pieaug koģenerācijas staciju (KES), saules paneļu un vēja elektrostaciju skaits (mazo HES pieaugums ir samazinājies). Tas, protams, palielina elektroenerģētisko neatkarību, tomēr uzliek slogu sadales elektrotīkliem.



6.1. att. Elektrostaciju pieslēgumu skaita ikgadējais pieaugums [12].

Tendence, kas redzama 6.1. attēlā, pēdējo 2 gadu laikā ir mainījusies. Ja, sākot ar 2008., 2009. gadu, bija straujš jaunu elektroenerģijas ražotāju pieaugums, tad pēc 2012. gada, kad pieaugums sasniedza savu maksimumu, šie rādītāji sāk kristies. Kopumā kopš 2009. gada noteikumos par atļaujām elektroenerģijas ražošanas jaudu palielināšanai vai jaunu ražošanas iekārtu ieviešanai nav veiktas izmaiņas.

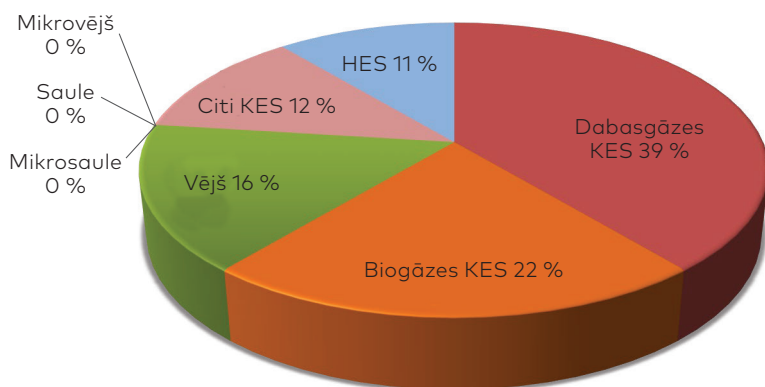
Lai uzsāktu elektroenerģijas ražošanu, jāsaņem Ekonomikas ministrijas lēmums “Par atļauju jaunas elektroenerģijas ražošanas iekārtas ieviešanai” (izdots saskaņā ar “Elektroenerģijas tirgus likuma” 22. pantu un Ministru kabineta noteikumiem Nr. 883 “Noteikumi par atļaujām elektroenerģijas ražošanas jaudu palielināšanai vai jaunu ražošanas iekārtu ieviešanai”). Savukārt, lai saražoto elektroenerģiju tālāk nodotu elektropārvaldes vai sadales tīklā jeb pārdotu, 2014. gadā ir stājies spēkā Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijas padomes lēmums Nr. 1/10 “Enerģijas ražotāju un tirgotāju reģistrācijas noteikumi”, kas ir saistošs komersantiem, kuru kopējais tirdzniecības apjoms pārsniedz 4000 megawatstundas gadā.

6.2. Izklīdētās ģenerācijas apjoms

Mūsdienās sabiedrībā plaši izplatīts viedoklis, ka tā saucamā “zaļā enerģija” jeb atjaunojamie energoresursi vai atjaunojamie energoresursi glābs mūsu planētu. Un kā galvenos pārstāvjus parasti min tieši sauli un vēju. Iespējams, ka tehnoloģijas, ar kurām iespējama šo dabas resursu pārveidošana tieši cilvēkiem izmantojamā elektroenerģijā, nav vēl ne tuvu sasniegušas savu iespējamo attīstības līmeni. Ņemot vērā mūsu klimatiskos apstākļus, tad saules enerģija nav mūsu “lauciņš” enerģijas ražošanai plašākā mērogā, kas,

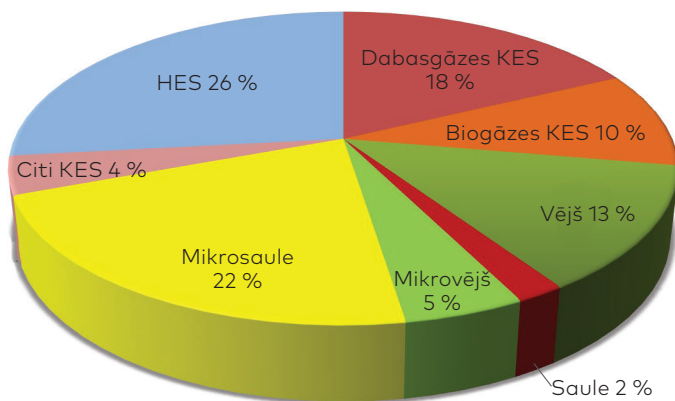
protams, neietekmē atsevišķu mājsaimniecību izvēli izmantot saules bateriju paneļus uz ēku jumtiem, ko pierāda AS *Sadales tīkls* tīklam pieslēgto ģenerējošo vienību, kas izmanto saules enerģiju, skaits (6.3. att.). Šādu mazu vienību attīstību stiprina arī dažādās Eiropas Savienības finansiālā atbalsta programmas. Taču plašākā mērogā runāt par “saules parku” popularitāti Latvijā, kā tas ir nedaudz vairāk uz dienvidiem esošajās Eiropas valstīs, nav pamata. Lai gan ar vēja enerģijas apgūšanu mums veicas ievērojami labāk, ap pēdējiem īstenotajiem projektiem uzplaiksnījušie skandāli nedaudz aizēno šo elektroenerģijas ieguves veidu. Turklāt šobrīd grūti iedomāties, ka tik ļoti tūristiem populāro un vienu no galvenajiem Latvijas simboliem – Baltijas jūras krastu – varētu noklāt ar vēja parkiem, pat ja tie atrodas pārsimts metrus iekšā jūrā. Šādai idejai nav lielas piekrišanas.

Latvijas viena no vērtībām meži, precīzāk, koks, ir par pamatu jau iepriekš pieminētajai koģenerācijas staciju attīstībai. Ne visi koki mežā ir lietas koki, un tie, kas nav, tiek veiksmīgi pārvērsti sākumā tieši kurināmajā enerģijā un tālāk pastarpināti “caur” biogāzi – elektroenerģijā. Lai gan mežu masveidīga izciršana notiek jau kopš Padomju Savienības sabrukšanas, tomēr pēdējā desmitgadē uzņēmēji pamatoti domā par tūlītēju audzes atjaunošanu, galvenokārt ar ātraudzīgām koku sugām, kas pēc iespējas drīzāk atkal nestu peļņu. Slikti, ka ir sākusies valsts mežu maisveidīga iztirgošana, vēl sliktāk, ka galvenie lielākie uzpircēji ir nevis latvieši, bet pamatā ārzemnieki, kuriem vēsturiski ir lielāka ekonomiskā “rocība”. Tas arī neveicina tautsaimniecības ilgstošu attīstību, kā ir vien īslaicīgs “aizbāznis” valsts ekonomiskajām problēmām.



6.2. att. Uzstādītā ģenerējošā jauda sadales tīklā (kopā 277,2 MW) [12].

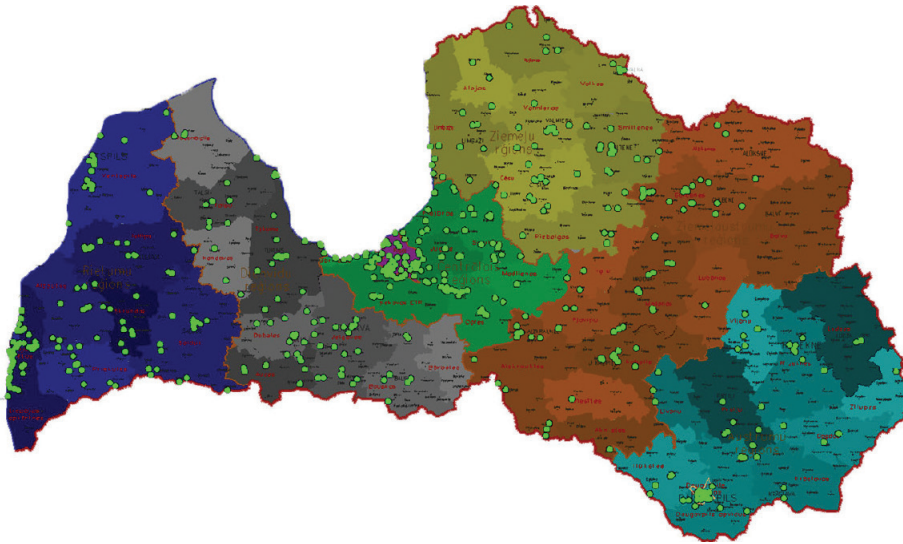
Uzstādītā ģenerējošā jauda sadales tīklā ir redzama 6.2. attēlā un sadales tīklam pieslēgto ģenerējošo vienību skaits – 6.3. attēlā.



6.3. att. Sadales tīklam pieslēgto ģenerējošo vienību skaits (kopā 573) [12].

6.3. Izklidētās ģenerācijas izvietojums

Līdz 2016. gada maijam AS *Sadales tīkls* ĢIS sistēmā ir reģistrētas nedaudz virs 600 elektroenerģiju ģenerējošām vienībām. Šajā skaitā ir iekļautas arī centrālās jeb lielās ģenerācijas vienības HES kaskādē uz Daugavas, kā arī citas lielās elektroenerģijas ražotnes. Tomēr to skaits nav tik liels, lai neļautu uztvert izklidētās ģenerācijas kopainu, ko parāda 6.4. attēls.



6.4. att. Elektroenerģiju ģenerējošo vienību izvietojums Latvijas Republikas teritorijā.

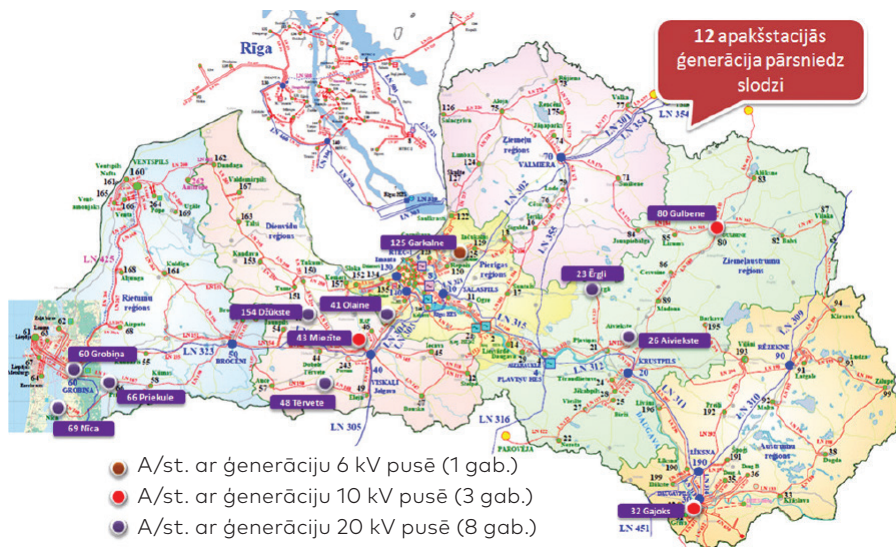
Lai paaugstinātu piegādātās elektroenerģijas kvalitāti, AS *Sadales tīkls* ik gadu veic ievērojamus elektroapgādes kvalitātes uzlabošanas projektus, turpinot uzsāktos elektroapgādes tīkla rekonstrukcijas un infrastruktūras sakārtošanas darbus, kas būtiski paaugstina elektroapgādes drošumu un kvalitāti. Arī Daugavpils pilsēta šajā ziņā nav izņēmums, līdz ar to 2014. gadā AS *Sadales tīkls* valde izskatīja jautājumu par Daugavpili sadales tīkla valdījumā esošo elektrotīklu, kura ietvaros paredzēta videsprieguma tīkla rekonstrukcija Daugavpilī. Galvenais iemesls varētu būt paaugstinātie SAIDI rādītāji, tomēr ir vērts pievērst uzmanību tieši izklidētās ģenerācijas īpatsvaram Daugavpils pilsētas teritorijā. Ir vērts tuvāk izpētīt Daugavpils pilsētas videsprieguma tīklu, jo vienā no tā apakšstacijām pieslēgto generatoru saražotā elektroenerģija būtiski pārsniedz tur patērēto elektroenerģijas daudzumu, kas savukārt rada papildu zaudējumus AS *Sadales tīkls*.

6.4. Izklidētās ģenerācijas ietekme uz sadales tīkla elektrotīklu

Arvien biežāk ir sastopama situācija, kad no izklidētajiem ģenerācijas avotiem, kas pieslēgti pie sadales elektrotīkla, saražotā elektroenerģija tiek nodota elektropārvades sistēmā jeb augstākā sprieguma līmenī. Parasti iemesls tam ir pavisam vienkāršs – uz vietas elektroenerģiju patērē mazāk nekā saražo. Tādā veidā vēsturiski izveidotais elektroenerģijas sadales tīkls vairs ne vienmēr atbilst pierastajam un sākotnēji paredzētajam ciklam, kā pamata darbība ir radiālā režīmā, kad sadales apakšstacijā elektroenerģija tiek saņemta no pārvades sistēmas un tālāk nodota elektroenerģijas patērētājam tīklā. Šajā gadījumā parādās jau pieminētā divvirzienu jaudas plūsma un atsevišķos gadījumos elektroenerģija tiek nodota AS *Augstsprieguma tīkls* AST pārvalditajā elektropārvades sistēmā.

Šādas izmaiņas ir saistītas ne tikai ar tehniskiem aspektiem, bet arī skar finansiālo pusi, jo AS *Sadales tīkls* nākas maksāt gan par transformatoru uzstādīto jaudu, gan par pārvades sistēmā atpakaļ nodoto elektroenerģiju. Līdz ar to šādi papildu izdevumi ietekmē elektroenerģijas tarifus, kas jau tieši skar elektroenerģijas lietotājus. Turklāt šādus izdevumus ir sarežģīti paredzēt iepriekš, tādējādi nevar nodrošināt nemainīgas

elektroenerģijas sadales izmaksas. Jebkura tarifu paaugstināšana (parasti pazemināšana nav aktuāla) izsauc plašu rezonansi sabiedrībā.



6.5. att. Apakšstacijas, kurās ģenerācija pārsniedz patēriņu.

Saskaņā ar AS *Sadales tīkls* pieejamo informāciju, tad 2014. gadā 12 apakšstacijām (6.5. att.) pieslēgtie ģenerācijas avoti saražoja vairāk, nekā patērēja pie apakšstacijām pieslēgtās klientu elektroietaisies.

6.5. Paškontroles jautājumi

1. Izklidētās ģenerācijas ietekme uz sadales elektrotīklu.
2. Elektroenerģiju ģenerējošo vienību izvietojums Latvijas Republikas teritorijā.
3. Uzstādītā ģenerējošā jauda sadales tīklā.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Latvenergo. *Vizītkarte*. [tiešsaiste]. Pieejams: http://www.latvenergo.lv/lat/par_mums/isuma_par_koncernu/vizitkarte/ [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [2] M. Budahs un M. Zviedrītis. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga, 2012. 8. lpp.
- [3] A. Vanags. *Elektriskie tīkli un sistēmas*. Rīga, 2007. 62.–65. lpp.
- [4] A. Baltiņš. *Elektriskie tīkli*. Zvaigzne, 1973. 30.–31. lpp.
- [5] Mācību centrs Liepa. *Rīgas valsts tehnikums, Elektroniskie materiāli*, Rīga, 2008. 35 lpp. [tiešsaiste]. Pieejams: http://mcliepa.lv/macibumateriali/Elektriskie%20materiali/Elektrotehniskie_materiali.pdf [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [6] A. Pinkulis. *Sadales tīklu izaicinājumi un attīstība*, konferencē “Latvenergo koncerna attīstība brīvā tirgus apstākļos”, 2012. gada 7. novembris. Rīga. [tiešsaiste]. Pieejams: http://www.latvenergo.lv/portal/page/portal/Latvian/files/2012/konference_07_11.pdf [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [7] M. Budahs un M. Zviedrītis. *Elektrisko sadales tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. Rīga, 2012. 70.–75. lpp.
- [8] ST fiziskie rādītāji par 2016. gadu (dati sagatavoti 16.01.2017).
- [9] A. Knipšis. *Elektrisko pārvades tīklu elektroietaišu ekspluatācija*. 11.–12. lpp.
- [10] LZA Terminoloģijas komisija. *Akadēmiskā terminu datubāze*. [tiešsaiste]. Pieejams: <http://termini.lza.lv/term.php?term=frekvences%20novirze&list=novirze&lang=LV> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [11] Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisija. *Pārskats par elektroenerģijas pakalpojumu kvalitāti 2015. gadā*. [tiešsaiste]. Pieejams: <https://www.sprk.gov.lv/uploads/doc/EDKkvalitatesParskats2015.pdf> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [12] Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisija. *Elektroenerģijas sadales pakalpojumu kvalitātes pārskats 2013. gadā*. [tiešsaiste]. Pieejams: <https://www.sprk.gov.lv/uploads/doc/KvalitatesParskatsSadale2013.pdf> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [13] Mahadiscom. *What are SAIF*. [tiešsaiste]. Pieejams: <http://mahadiscom.com/emagazine/mar06/what%20are%20saifi.shtm> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [14] Diena. *Sadales tīkls gatavojas sezonas*. [tiešsaiste]. Pieejams: <https://www.diena.lv/raksts/sodien-laikraksta/sadales-tikls-gatavojas-ziemas-sezonai-14114365> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [15] A. Staltmanis. *Prezentācija Elektroapgādes kvalitātes uzlabošana AS «Sadales tīkls»*. 25.04.2016. [tiešsaiste]. Pieejams: https://static.elektrum.lv/files/Leonardo_EnergyEfficiency_Seminars_Event/10/Elektroapgades_kvalitates_uzlabosana_AS_Sadales_tikls200416.pdf [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [16] Latvenergo. *Latvijas energostandarts*. [tiešsaiste]. Pieejams: http://www.latvenergo.lv/files/text/energostandarti/LEK_139.pdf [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [17] MK noteikumi Nr. 112. *Vispārīgie būvnoteikumi*. [tiešsaiste]. Pieejams: <https://m.likumi.lv/doc.php?id=42807> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [18] Sadales tīkls. *Elektrolīniju trašu tīrīšana ST*. [tiešsaiste]. Pieejams: https://www.sadalestikls.lv/lat/klientiem/informacija_mezu_ipasniekiem/elektroliniju_trasu_tirisana/ [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [19] Latvijas likums. *Aizsargjoslu likums*. <https://likumi.lv/doc.php?id=42348> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [20] Latvenergo. *Energoforums Nr. 2 (26)*. [tiešsaiste]. Pieejams: https://www.latvenergo.lv/portal/page/portal/Latvian/EnergoForums1/EF_04_2012.pdf [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [21] Dzirkstele. *Sāk tīrīt elektrolīniju trases*. [tiešsaiste]. Pieejams: <http://www.dzirkstele.lv/vietejas-zinas/sak-tirit-elektroliniju-trases-8820> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].

- [22] Youtube. *Lidojuma laiks – Elektrolīniju trašu tīrīšana no gaisa, izmantojot helikopteru pakalpojums*. [tiešsaiste]. Pieejams: https://www.youtube.com/watch?v=iO_eSwUNiyI [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [23] Latvenergo. *Energoforums Nr. 4 (32)*. [tiešsaiste]. Pieejams: https://www.latvenergo.lv/portal/page/portal/Latvian/Energoforums1/Energoforums_nr4.pdf [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [24] A. Tiesnieks. *Viedie tīkli un to attīstības iespējas Latvijā*. [tiešsaiste]. Pieejams: http://www.rea.riga.lv/files/Vide_un_Energija_21-10-2011_Arturs_Tiesnieks.pdf [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [25] Sadales tīkls. *Biežāk uzdotie jautājumi*. [tiešsaiste]. Pieejams: https://www.sadalestikls.lv/lat/skaititaji/biezak_uzdotie_jautajumi/ [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [26] I. Grinbergs. *Viedo skaitītāju ieviešanas un nolasišanas izaicinājumi*. [tiešsaiste]. Pieejams: https://www.e-st.lv/files/st_grinbergs_viedie_tirgotajiem_20_10_2015.pdf [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [27] Ā. Dandens. *Viedo elektroenerģijas skaitītāju ieviešana klientiem*. [tiešsaiste]. Pieejams: http://www.rea.riga.lv/files/Vide_un_Energija_2014_REA_seminars_17-10-2014_Aris_Dandens.pdf [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [28] Delfi. *Latvija – lidere viedā elektrotīkla attīstībā Baltijas valstīs*. [tiešsaiste]. Pieejams: <http://www.delfi.lv/news/elektrozinas/latvija-lidere-vieda-elektrotikla-attistiba-baltijas-valstis.d?id=48006009> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [29] Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijas padomes lēmums Nr.1/4. *Tīkla kodekss elektroenerģijas nozarē* [tiešsaiste]. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=257943> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [30] G. Kacēns. Prezentācija *Dispečeru Centru izveide ST*. 26.10. 2010. Jelgava.
- [31] Sadales tīkls. *Sadales tīkla 2016. gada pārskats*. [tiešsaiste]. Pieejams: https://www.sadalestikls.lv/files/newnode/parskati/ST__2016_gada_parskats.pdf [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [32] Latvijas likums. *Standartizācijas likums*. [tiešsaiste]. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=50425> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [33] Latvijas amatniecības kamera. *Standartizācija*. [tiešsaiste]. Pieejams: <http://www.ueapme.com/business-support%20II/Training%20Tools/NORMAPME/Standardisation/LV-Standardisation.pdf> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [34] Latvijas Vēstnesis. *Latvijas Nacionālās standartizācijas sistēmas koncepcija*. [tiešsaiste]. Pieejams: <https://www.vestnesis.lv/ta/id/52723> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [35] Latvijas Nacionālā standartizācijas institūcija “Latvijas standarts” (LVS). *Latvijas standartizācijas sistēmas struktūrschema*. [tiešsaiste]. Pieejams: <https://www.lvs.lv/page?slug=latvijas-standartizācijas-sistemas-strukturshema> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [36] Latvijas Nacionālā standartizācijas institūcija “Latvijas standarts” (LVS). *Standartizācijas likums*. [tiešsaiste]. Pieejams: <https://www.lvs.lv/page?slug=standartizācijas-likums> [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].
- [37] Sadales tīkls. *Normatīvie dokumenti*. [tiešsaiste]. Pieejams: https://www.sadalestikls.lv/lat/par_as_sadales_tikls/_normativie_dokumenti_2/ [Skatīts 2018. g. 27. jūlijā].