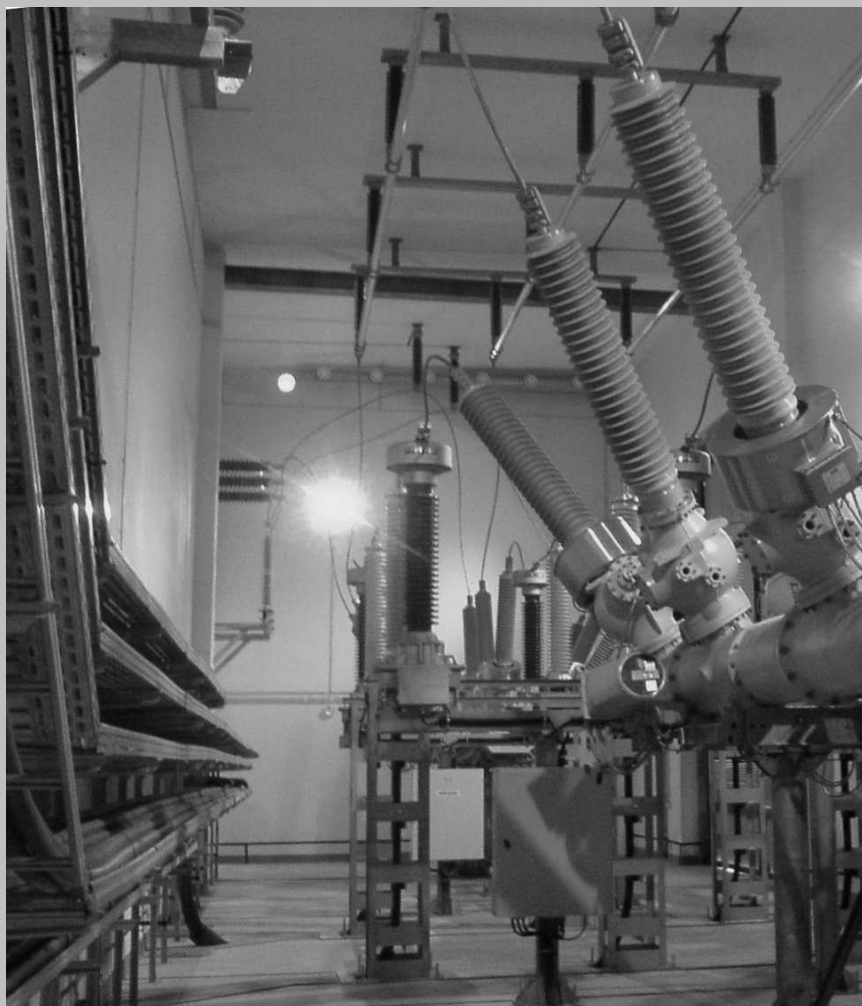


Imants Plūme



**ELEKTROIEKĀRTU
EKSPLUATĀCIJA UN REMONTS**

Imants Plūme

ELEKTROIEKĀRTU EKSPLUATĀCIJA UN REMONTS

Mācību metodiskais līdzeklis

Jelgava 2008



Mācību līdzeklis sagatavots un izdots ESF projekta „Inženierzinātņu studiju satura modernizācija Latvijas Lauksaimniecības universitātē ietvaros, projektu līdzfinansē Eiropas Savienība.

Plūme I. **Elektroiekārtu ekspluatācija un remonts:** Mācību līdzeklis. Jelgava: LLU, 2008. – 105 lpp.

Drošuma uzturēšanai energosistēmai vai gala patērētāju elektroiekārtām ir nepieciešama augsti kvalificēta apkalpojošā personāla sagatavošana sarežģītu ekspluatācijas un remonta darbu organizēšanai un veikšanai. Mācību līdzeklī sniegta informācija par elektroiekārtu ekspluatācijas īpašībām, energosistēmu un elektroietaišu darba režīmiem, bojājumu cēloņiem, elektroiekārtu izvēli, to piemērotību ekspluatācijas apstākļiem, ekspluatācijas un remonta metodēm. Apskatīta telpu klasifikācija un darba drošība elektroiekārtu ekspluatācijā saskaņā ar pastāvošo likumdošanu dažādos vides apstākļos, tai skaitā sprādzienbīstamos un ugunsbīstamos apstākļos. Mācību līdzeklis paredzēts Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības enerģētikas specialitātes studentiem priekšmetā „Elektroiekārtu ekspluatācija un remonts”. Mācību līdzeklis satur 119 lappuses, 6 attēlus un 7 tabulas.

Recenzenti:

Vilnis Siliņš, A/S „Sadales tīkli”,

Kaspars Žūriņš, Latvijas Lauksaimniecības un izglītības konsultāciju centrs

ISBN 978-9984-784-82-3

© Imants Plūme

© LLU Tehniskā fakultāte

SATURS

1. Elektroiekārtu ekspluatācijas nozīme, iedalījums un īpašības.....	5
1.1. Elektroiekārtu (EI) vieta produkcijas ražošanas shēmā	5
1.2. EI ekspluatācijas mērķi un uzdevumi.....	6
1.3. Elektroiekārtu ekspluatācijas veidi.....	6
1.3.1. Ražošanas ekspluatācija.....	7
1.3.2. EI tehniskā ekspluatācija.....	7
1.4. Elektroiekārtu ekspluatācijas īpašības.....	7
1.4.1. Vispārējās EI ekspluatācijas īpašības	8
1.4.1.1. Drošuma īpašības	8
1.4.1.2. Tehniski ekonomiskās īpašības.....	13
1.4.2. Speciālās EI ekspluatācijas īpašības	14
1.4.2.1. Tehnoloģiskās īpašības.....	14
1.4.2.2. Elektriskās īpašības	15
1.4.2.3. Ergonomiskās īpašības.....	15
2. Bojājumu rašanās cēloņi un iedalījums	17
2.1. Bojājumu objektīvie cēloņi.....	17
2.1.1. Bojājumu ārējie cēloņi	17
2.1.2. Bojājumu iekšējie cēloņi.....	18
2.2. Bojājumu subjektīvie cēloņi	19
2.2.1. Bojājumu konstruktīvie cēloņi.....	19
2.2.2. Bojājumu ražošanas cēloņi	20
2.2.3. Bojājumu ekspluatācijas cēloņi.....	21
2.3. Atteikumu iedalījums	21
3. Energosistēmu un elektrosistēmu raksturojums	23
3.1. Energosistēmas elementi	23
3.2. Energosistēmas drošības kritēriji un darba režīmi	24
3.2.1. Energosistēmas normāla darba režīma stāvoklis	25
3.2.2. Ticami un mazticami tehnoloģiski traucējumi.....	25
3.3. Elektroiekārtu tehniskie parametri	26
3.3.1. Elektroietaišu standarta spriegumi.....	27
3.3.2. Elektroietaišu nominālo strāvu skala	28
3.3.3. Elektroenerģijas kvalitāti raksturojošie parametri	29
4. Elektroiekārtu izvēle	32
4.1. Elektroiekārtu izvēles principi.....	32
4.2. Izvēle pēc tehniskajiem raksturlielumiem.....	33
4.3. Elektroiekārtu atbilstība elektrodrošības prasībām	33
4.4. Elektroiekārtu aizsardzības korpusu klasifikācija	35
4.5. Elektroiekārtu izvēle atbilstoši ekspluatācijas vides apstākļiem.....	38
4.5.1. Telpu iedalījums atkarībā no elektroietaišu lietošanas apstākļiem.....	38
4.5.2. Sprādzienbīstamās un ugunsbīstamās telpas.....	39
4.5.3. Sprādziena un uguns bīstamās zonās izmantojamās iekārtas	39
4.6. Elektrisko mēraparātu izvēle	40
4.7. Elektroietaišu elementu izvēle no silšanas viedokļa	41
4.7.1. Elektroietaišu darba režīmi	42

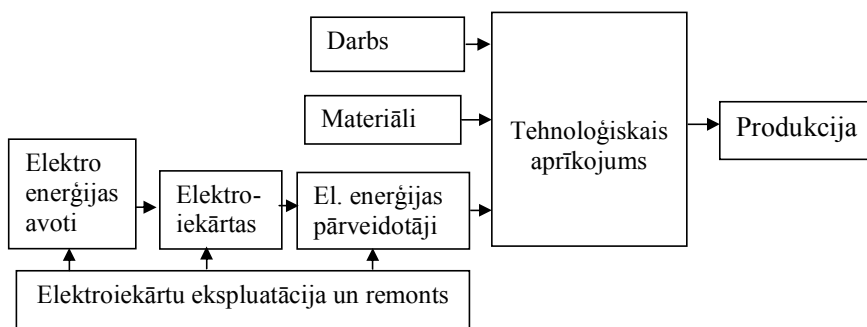
4.7.2.	Uzstādītā, nominālā un aprēķina jauda	43
4.7.3.	Vadu un kabeļu izvēle	45
5.	Elektroiekārtu uzturēšana ekspluatācijas procesā	45
5.1.	Elektroiekārtu tehniskā diagnosticēšana un pārbaudes	45
5.1.1.	Prasības elektroietaišu pārbaudei un diagnosticēšanai	45
5.1.2.	Elektroietaišu līdz 1000 V mērījumu kārtība un periodiskums	48
5.2.	Elektroietaišu uzturēšanas sistēmas izvēle	49
5.3.	Elektroapgādes sistēmu ekspluatācija	51
5.3.1.	Elektroapgādes līniju apskates un remonts	51
5.3.2.	GVL balstu remonts	52
5.3.3.	GVL armatūras un vadu pārbaudes un remonts	54
5.3.4.	Kabeļu līniju uzturēšana un remonts	55
5.3.5.	Sadales punktu operatīvā un tehniskā apkope	57
5.3.6.	Transformatoru ekspluatācija un remonts	62
5.3.6.1.	Transformatoru darba režīmi	63
5.3.6.2.	Transformatoru raksturīgās bojājumu pazīmes	64
5.3.6.3.	Transformatoru operatīvā un tehniskā apkope	65
5.3.6.4.	Progresīvas metodes transformatoru diagnosticēšanā	67
5.3.7.	Zemējumu un pārsprieguma aizsardzības apkope un remonts	70
5.3.8.	Lietotāju iekārtu ekspluatācija un remonts	71
5.3.8.1.	Apgaismošanas iekārtu ekspluatācija un remonts	71
5.3.8.2.	Sildīšanas iekārtu ekspluatācija un remonts	73
5.3.8.3.	Vadības un regulēšanas ierīču apkope un remonts	74
5.3.8.4.	Elektromašīnu apkope un remonts	74
5.3.8.5.	Elektroiekārtu ekspluatācija sprādzienbīstamās zonās	77
5.3.8.6.	Sprādzienaizsargāto elektroiekārtu remonts	78
5.4.	Elektroapgādes tīklu ekspluatācijas organizācija	79
5.5.	Patērētāju elektroiekārtu ekspluatācijas organizācija	82
5.6.	Apkopes un remonta darbu tehniskais nodrošinājums	83
6.	Cilvēka aizsardzība elektroiekārtu ekspluatācijas procesā	84
6.1.	Elektriskās strāvas iedarbība uz cilvēka organismu	84
6.2.	Telpu klasifikācija pēc to elektrobīstamības	85
6.3.	Tehniskie un organizatoriskie elektroaizsardzības pasākumi	86
6.3.1.	Elektroiekārtu zemēšana un nullēšana	86
6.3.1.1.	Tehniskās prasības elektroiekārtu zemēšanai telpās	86
6.3.1.2.	Prasības 1 kV elektrotīklu ar cieši zemētu neitrāli nullēšanai	87
6.3.1.3.	Nullēšanas un zemēšanas izmantošana 1 kV elektrotīklos	88
6.3.1.4.	Potenciālu izlīdzināšana	89
6.3.1.5.	Zemējumietaišu uzturēšana un pārbaudes	89
6.3.2.	Atdalošo un zema sprieguma transformatoru izmantošana	90
6.3.3.	Aizsardzības atslēguma ierīces	90
6.3.4.	Elektroaizsardzības līdzekļu lietošana	91
6.3.5.	Sprieguma atslēgšana un citi drošības pasākumi EI ekspluatācijā	92
6.3.6.	Organizatoriskie drošības pasākumi darbam elektroietaisēs	93
	Izmantotā literatūra	97
	Pielikumi	98

1. ELEKTROIEKĀRTU EKSPLUATĀCIJAS NOZĪME, IEDALĪJUMS UN ĪPAŠĪBAS

Mūsdienu tautsaimniecība nav iedomājama bez dažādu elektrotehnisko ierīču izmantošanas. Darba gaitā elektroiekārtām pazeminās to parametri, kas var novest ne tikai pie elektroiekārtu atteicēm, bet var arī palielināt to bīstamību apkārtējiem. Elektroiekārtu ekspluatācija aptver pasākumu kompleksu vērstu uz visa veida elektroietaišu, elektroiekārtu un elektroierīču darbaspēju uzturēšanu un drošu darba metožu pielietošanu to apkopēm un remontiem.

1.1. Elektroiekārtu (EI) vieta produkcijas ražošanas shēmā

Elektroiekārtas (EI) gandrīz vienmēr ir kādas mašīnas vai tehnoloģiskās iekārtas sastāvdaļa un tieši piedalās produkcijas ražošanā. Cilvēkam nepieciešamo produktu ražošanas vispārīgā shēma ir šāda:



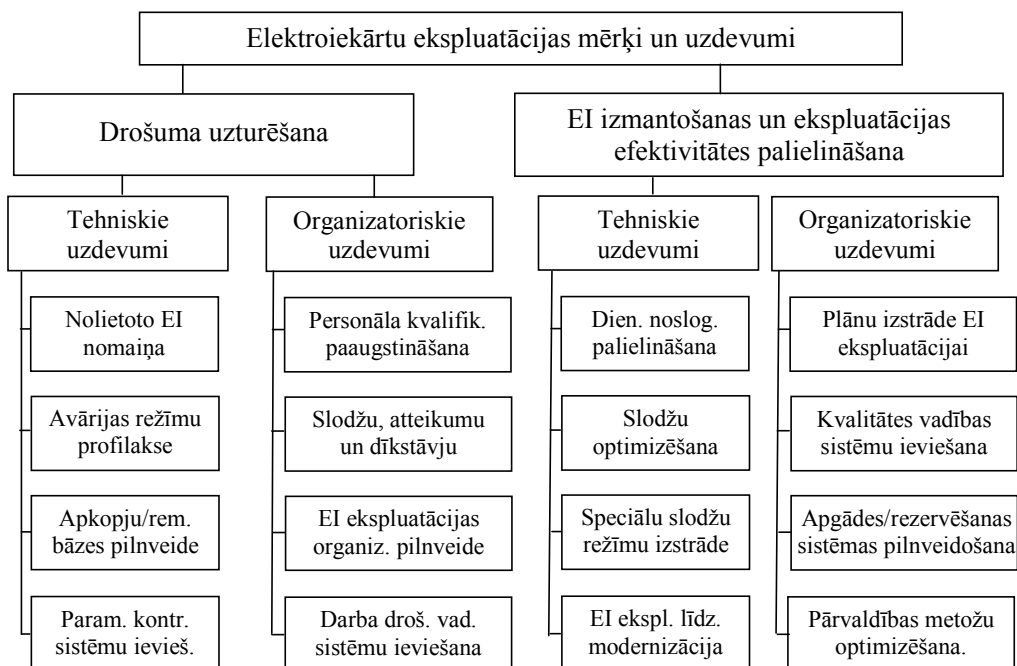
1.1. att. Elektroiekārtu ekspluatācijas vieta produkcijas ražošanas ķēdē

Elektroiekārtas (EI) gandrīz vienmēr ir kādas mašīnas vai tehnoloģiskās iekārtas sastāvdaļa un tieši piedalās produkcijas ražošanā. Tāpēc elektroiekārtai ir jāfunkcionē saskaņoti kopā ar citām ražošanas procesā iesaistītām sistēmām.

Elektroiekārtu (EI) ekspluatācija ir elektroiekārtas vai elektroietaisies darba posmu kopums pēc tās izgatavošanas, ieskaitot tās transportēšanu uz pielietošanas vietu, sagatavošanu, uzstādīšanu, tehnisko apkalpi, remontu, renovāciju, uzglabāšanu un likvidāciju.

1.2. EI ekspluatācijas mērķi un uzdevumi

EI ekspluatācijas mērķis ir nodrošināt elektrificētu tehnoloģisko objektu efektīvu darbību, uzturot elektroiekārtu drošību vajadzīgajā līmenī, veicot elektroiekārtu darba parametru racionālu uzturēšanu un atjaunināšanu izmantošanas procesā. Galvenie EI ekspluatācijas mērķi un no tiem izrietošie uzdevumi parādīti 1.2. attēlā.



1.2. att. Elektroiekārtu ekspluatācijas mērķi un uzdevumi

1.3. Elektroiekārtu ekspluatācijas veidi

Elektroapgādes elektroietaisēs mūsu valstī ir nodotas energouzņēmumu uzraudzībā, bet patērētāju elektroiekārtas apsaimnieko to pārvaldītājs, kas organizē to izmantošanu un apkopi. Uzņēmumu iekšienē elektroiekārtu ekspluatāciju veic gan ražošanām tieši iesaistītais personāls, gan arī personāls, kas specializējies tieši uz elektroiekārtu apkalpošanu. Līdz ar to elektroiekārtu ekspluatācijas procesā var izdalīt ražošanas ekspluatāciju un tehnisko ekspluatāciju. Piemērs ir pie darbgaldiem strādājošais personāls rūpnīcās, kas veic darbgalda ražošanas ekspluatāciju un

dežūrējošais elektrotehniķis, kas veic darbgalda elektroiekārtas tehnisko ekspluatāciju.

1.3.1. Ražošanas ekspluatācija

Ražošanas ekspluatācija ir elektroiekārtas izmantošanas process saskaņā ar tai paredzēto mērķi, kura rezultātā elektriskā enerģija pārvēršas citos enerģija veidos. Šajā procesā piedalās gan produkcijas ražošanas procesā iesaistītais personāls, gan elektrotehniskās iekārtas apkalpojošais personāls. Ražošanas ekspluatācija ir elektroiekārtas izmantošanas process saskaņā ar tai paredzēto mērķi, kura rezultātā elektriskā enerģija pārvēršas citos enerģija veidos. Šajā procesā piedalās gan produkcijas ražošanas procesā iesaistītais personāls, gan elektrotehniskās iekārtas apkalpojošais personāls. Piemērs rūpnīcās ir darbgaldus apkalpojošais personāls, kas veic darbgalda ražošanas ekspluatāciju un dežūrējošais elektrotehniķis, kas veic darbgalda elektroiekārtas tehnisko ekspluatāciju.

1.3.2. Tehniskā ekspluatācija

Tehniskā ekspluatācija ir pasākumu komplekss, lai uzturētu un nodrošinātu elektroiekārtas vajadzīgo stāvokli un realizētu darba procesā zaudēto elektroiekārtu īpašību atjaunošanu.

EI tehnisko ekspluatāciju nodrošina EI apkalpojošais personāls, kas var būt (saskaņā ar LEK-025) operatīvais personāls, remontpersonāls un operatīvais remontpersonāls.

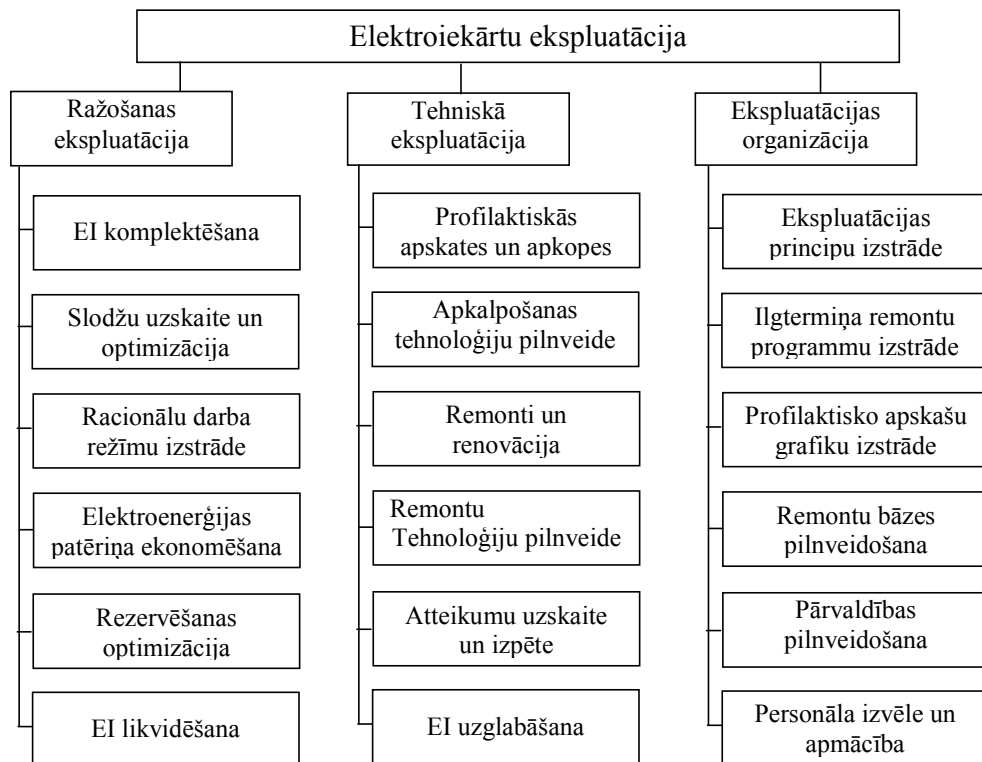
Galvenās ražošanas un tehniskās ekspluatācijas, kā arī ekspluatācijas organizācijas sastāvdaļas ir uzrādītas 1.3. attēlā.

Īpaši nozīmīga ir elektroapgādes iekārtu ekspluatācija, jo elektroapgādes uzņēmumu izejas produkts ir elektroenerģija, no kuras piegāžu apjoma un kvalitātes atkarīga visas tautsaimniecības sekmīga funkcionēšana, tāpēc elektroapgādes uzņēmumu iekārtu ekspluatācijā ir uzstādītas augstākas elektrodrošības un elektroiekārtu drošuma prasības salīdzinājumā ar cita veida produkciju vai pakalpojumus ražojošo uzņēmumu elektroiekārtām.

1.4. Elektroiekārtu ekspluatācijas īpašības

Katra konkrēta elektroiekārta tiek izgatavota ar noteiktu sākotnējo īpašību kopumu, ko sauc par EI parametriem. EI ekspluatācijas gaitā šie parametri (lietderības koeficients, izolācijas pretestība utt.) dažādu iekšēju un ārēju apstākļu ietekmē izmainās, kas ir jāņem vērā nosakot EI ekspluatācijas režīmus, apkopju un remontu periodiskumu. Šo parametru novērtējumu no ekspluatācijas viedokļa (izmantošanas efektivitātes, drošuma, remontējamības, nekaitīguma un piemērotības noteiktiem

apstākļiem utt.) sauc par elektroiekārtas ekspluatācijas īpašībām. 1.4. att. Jo pilnīgāk EI ir pielāgotas to efektīvai izmantošanai un tehniskai apkalpei vai remontam, jo labākas ir to ekspluatācijas īpašības. Šīs īpašības var iedalīt vispārējās un speciālajās ekspluatācijas īpašībās.



1.3. att. Elektroiekārtu ekspluatācijas sastāvdaļas

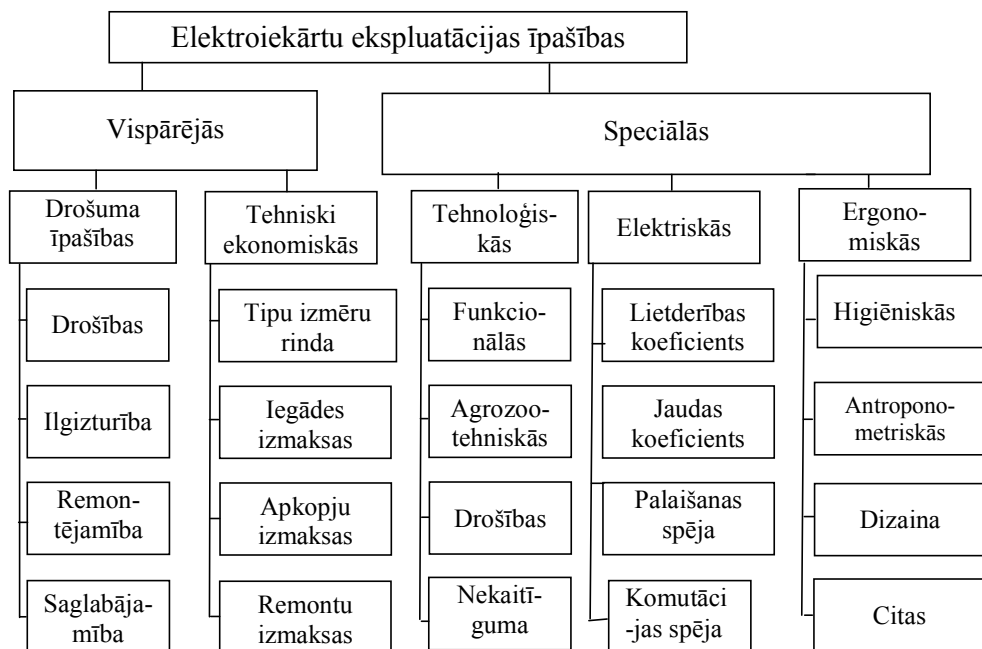
1.4.1. Vispārējās ekspluatācijas īpašības

Pie vispārējām ekspluatācijas īpašībām tiek pieskaitīti darba drošuma rādītāji un tehniski-ekonomiskie rādītāji. Šīs īpašības piemīt praktiski visām elektroiekārtām, neatkarīgi no to izmantošanas veida.

1.4.1.1. Drošuma īpašības

Elektroiekārtu drošums ir EI īpašība veikt uzdotās funkcijas, saglabājot ekspluatācijas parametrus noteiktās robežās visos apstākļos, kuri minēti normatīvajos dokumentos un/vai kas atbilst attiecīgiem režīmiem un pielietošanas nosacījumiem.

Var izdalīt sistēmas un tās elementu drošuma līmeņus. Piemēram, valsts mērogā enerģosistēmas drošumu ietekmē nepieciešamība importēt elektroenerģiju, izmantojot Baltijas enerģosistēmu 330 kV pārvades tīklu, kas Latvijas teritorijā ir izteikti radiāls, bet noslēgtus lokus tas veido tikai kopā ar kaimiņvalstu pārvades tīkliem. Tāpēc valsts vairāku pilsētu drošu energoapgādi iespējams panākt, pārvades tīklam strādājot sinhroni ar tuvējām kaimiņvalstīm.



1.4.att. Elektroiekārtu ekspluatācijas īpašības

Elektroiekārtām izšķir divus savstarpēji neatkarīgus stāvokļus - darbspēju un atteici. Darbspēja ir tāds tās stāvoklis, kas nodrošina paredzēto funkciju veikšanu atbilstoši normatīvos noteiktajiem režīma parametriem. Bez tam drošuma teorijā iekārtas iedala remontējamās un neremontējamās iekārtās. Remontējamām iekārtām atteices gadījumā darbspēju var atjaunot, veicot remontu, neremontējamām - remonts nav lietderīgs vai nav realizējams. Sarežģītas (arī elektroapgādes) sistēmas parasti pieder pie remontējamām sistēmām.

Elektropatērētājus pēc to nozīmes tautsaimniecībā ražošanā vai sadzīvē diferencē jeb iedala kategorijās. Pie **pirmās drošuma** kategorijas pieskaita tādas elektropatērētājus, kuru elektroapgādes pārtraukums apdraud cilvēku dzīvību, izraisa lielu tautsaimniecisku zaudējumu, dārgas iekārtas bojājumus, sarežģītas tehnoloģijas

traucējumus, masveida brāķi, traucējumus sevišķi svarīgu komunālās saimniecības elementu darbā. 1. kategorijas elektropatērētāju apgādei jāizmanto divi neatkarīgi barošanas avoti. Pieļaujams tikai tāds barošanas pārtraukums, kāds nepieciešams automātiskai rezerves barošanas ieslēgšanai. Par neatkarīgu sauc tādu barošanas avotu, kas saglabā spriegumu, ja to zaudē citi objekta barošanas avoti. Pie neatkarīgiem barošanas avotiem pieder elektroenerģētiskās sistēmas divu elektrostaciju un barošanas centru sadales iekārtas, kā arī vienas stacijas vai apakšstacijas dažādas kopņu sistēmas vai sekcijas, kuras katru baro no neatkarīga avota un kuras savā starpā var būt saistītas tikai ar bojājumu gadījumos automātiski atslēdzamu savienojumu.

No **1. kategorijas** elektropatērētājiem vēl ir izdalīti **īpašās grupas** elektropatērētāji, kuru elektroapgādes pārtraukums apdraud cilvēku dzīvību, rada sprādziena vai ugunsgrēka izcelsmes iespēju un dārgas tehnoloģiskās iekārtas bojājumus.

Pie **otrās drošuma** kategorijas pieder tādi elektropatērētāji, kuru elektroapgādes pārtraukuma gadījumā rodas masveida produkcijas izlaides samazināšanās, strādnieku, mehānismu un transporta masveida dīkstāve, liela skaita pilsētu un lauku iedzīvotāju nodarbinātības traucējumi. Šīs kategorijas elektropatērētāju elektroapgādes pārtraukums nedrīkst pārsniegt laiku, kāds nepieciešams rezerves barošanas ieslēgšanai, dežūrpersonālam vai operatīvai brigādei veicot pārslēgumus. 2. kategorijas elektropatērētāju barošanai izmanto divus neatkarīgus barošanas avotus. Otrās kategorijas barošanas avotus un elektroapgādes shēmu iespējams izvēlēties arī vairāk diferenciēti, jo barošanas pārtraukums izraisa tikai materiālas dabas zaudējumus. Standarts pieļauj 2. kategorijas elektropatērētāju barošanu pa vienu 6 kV vai augstāka sprieguma gaisvadu līniju, pa vienu kabeļu līniju, ja tā izveidota no vismaz diviem paralēliem kabeļiem un katrs no tiem pieslēgts ar saviem atdalītājiem, kā arī no viena transformatora, ja ir pārvietojams rezerves transformators. Transformatora nomaiņa vai līnijas remonts robežgadījumā nedrīkst ilgt vairāk kā diennakti.

Pie **trešās drošuma** kategorijas pieder pārējie elektropatērētāji, kurus neieskaita pirmajās divās kategorijās, piemēram, palīgcehu elektropatērētāji, nelieli ciemati. Trešās kategorijas elektropatērētājiem pieļaujams elektroapgādes pārtraukums uz bojātā elementa nomaiņas vai remonta laiku, bet ne ilgāk kā 24 stundas. Sakarā ar to 3. kategorijas elektropatērētājiem barošanas rezervēšana netiek prasīta.

No drošuma viedokļa EI stāvokļus vispārīgā gadījumā var iedalīt šādi:

- Darba kārtībā esošs – visi EI parametri atbilst visiem normatīviem un konstrukcijas dokumentācijā noteiktajām prasībām;
- Bojāts – neatbilst kaut viens no šiem parametriem;
- Darba spējīgs – atbilst to parametru prasībām, kas nodrošina uzdoto funkciju izpildi;

- Darba nespējīgs - neatbilst kaut vienam no darba spējas parametriem;
- Bojājums – ja notiek būtiska parametru izmaiņa no nominālās parametra vērtības;
- Atteikums – ja EI zaudē darba spēju.

Kompleksi drošuma rādītāji ir **gatavības koeficients** un **tehniskās izmantošanas koeficients**.

Gatavības koeficients k_g ir darba kārtībā esošā laika perioda t_d attiecība pret darba kārtībā un bojāta stāvokļa t_b periodu summu:

$$k_g = \frac{t_d}{t_d + t_b} \quad (1.1)$$

Tehniskās gatavības koeficients k_{tg} ir ietaises darba izstrādes laika t_d attiecība pret darba izstrādes laiku un visu dīkstāvju laiku t_r , kas nepieciešamas plānotām apkopēm un remontiem, summu:

$$k_{tg} = \frac{t_d}{t_d + t_r} \quad (1.2)$$

Bezatteikums - tā ir EI īpašība nepārtraukti saglabāt darba spējas noteiktā laika periodā vai nodrošināt noteiktu darba izstrādi. Bezatteikuma novērtēšanu veic, izmantojot šādus skaitliskos lielumus:

Bezatteikuma darba varbūtība $P(t)$,

$$P_{(t)} = e^{-\frac{t}{t_0}}, \quad (1.3)$$

kur t - paredzētais ekspluatācijas laiks,

t_0 - vidējais izstrādes laiks līdz atteikumam.

Atteikumu intensitāte $\lambda(t)$:

$$\lambda(t) = \frac{1}{t_0} \quad (1.4)$$

Bezatteikuma darba varbūtība $P_{(t)}$ – tā ir varbūtība, ka EI darba ilgums līdz atteicei būs ne mazāks par uzdoto laiku t :

$$P_{(t)} = P(t_0 > t) \quad (1.5)$$

Vidējais izstrādes laiks t_0 līdz atteikumam:

$$t_0 = \frac{1}{\lambda(t)}. \quad (1.6)$$

Ja ekspluatācijā ir $m(o)$ vienādas iekārtas un laikā t paliek darba spējīgas $m(t)$ iekārtas, bet atteices ir $\Delta m(t)$, tad bezatteikuma darba varbūtība parāda darba spējīgo iekārtu daļu periodā t :

$$P_{(t)} = 1 - \frac{\Delta m(t)}{m(o)}. \quad (1.7)$$

Ilgizturība – tā ir EI īpašība saglabāt darba spējas līdz galējā stāvokļa iestāšanās brīdim, ieskaitot pārtraukumus, kas nepieciešami tehniskajām apkopēm un remontiem. Par galējo stāvokli pieņem tādu EI stāvokli, pie kura, sakarā ar nelabojamu drošības prasību vai būtisku izmantošanas efektivitātes pazemināšanos, nav iespējama turpmākā EI ekspluatācija. EI galējo stāvokli un līdz ar to kalpošanas laiku un resursu nosaka, izejot no tehniskiem un ekonomiskiem kritērijiem.

Darba mūžs – tas ir kalendārais elektroiekārtas un tās elementu ekspluatācijas laiks līdz galējā stāvokļa iestāšanās brīdim.

Resurss - tā ir summārā EI izstrāde līdz galējam stāvoklim, kas izmērīts ar paveiktā darba vienībām vai ar izdarīto operāciju skaitu, piemēram, ar ieslēgšanas atslēgšanas cikliem), vai ar citām mērvienībām.

Tehniskie kritēriji ir lietderības koeficients, vadu vai izolācijas pretestība, gultņu spēle, kontaktu saskares laukums un citi rādītāji. Šie kritēriji raksturo elektroiekārtu darbības kvalitāti. Darba procesā šo rādītāju vērtības pazeminās un ja tie sasniedz iepriekš noteiktās galējās vērtības, tad elektroiekārtu noraksta vai nodot remontā.

Par **ekonomisko kritēriju** pieņem produkcijas vienības īpatnējās izmaksas visā darba periodā. Optimizācijas būtība ir tāda ekspluatācijas perioda izvēle, kuram ir zemākās īpatnējās izmaksas.

Ja pie elektroiekārtu komplektēšanas EI ekspluatācija ir veikta pareizi, tad parasti EI ilgizturība nav zemāka par normatīvo vai instrukcijās norādīto laika periodu.

Remontējamība ir elektroiekārtu īpašība, kas raksturo to piemērotību iespējamo atteicu un bojājumu cēloņu noteikšanai un profilaksei, kā arī bojājumu atklāšanai un novēršanai, veicot tehnisko apkopi un remontus. Remontējamām iekārtām atteices gadījumā darbību var atjaunot, veicot remontu, neremontējamām — remonts nav lietderīgs vai nav realizējams. Sarežģītas (arī elektroapgādes) sistēmas parasti pieder pie remontējamām sistēmām.

Remontējamība skaitliski raksturo ar atjaunošanas varbūtību noteiktā laika periodā, ar atjaunošanas intensitāti, ar vidējo atjaunošanas laiku un citiem

parametriem, kuri raksturo EI pieejamību, to piemērotību pārbaudei, izjaukšanai, salikšanai utt.

Atjaunošanas varbūtība $P_a(t)$ ir varbūtība, ka faktiskais laiks bojātās elektroiekārtas atjaunošanai nepārsniedz noteikto laiku.

Atjaunošanas intensitāte $\mu(t)$ raksturo izstrādājumu skaitu, kas var tikt atjaunoti laika vienībā.

Vidējais atjaunošanas laiks T_a ir darbaspēju atjaunošanas laika matemātiskā svērtā vidējā vērtība. Remontējamība lielā mērā ir atkarīga no elektroiekārtas konstrukcijas izstrādes un izgatavošanas kvalitātes. Uz šiem remontējamības rādītājiem lielu ietekmi atstāj arī ekspluatācijas līmenis.

Saglabājamība ir elektroiekārtu spēja saglabāt ekspluatācijas īpašības to uzglabāšanas un transportēšanas periodā. Saglabājamības rādītāji ir vidējais uzglabāšanas laiks un atteikumu intensitāte uzglabāšanas periodā.

Saglabājamības rādītāji ir īpaši būtiski lauksaimniecības elektroiekārtām, kur, sakarā ar izteikto darbu sezonas raksturu, elektroiekārtas izmanto 2 – 6 mēnešus gadā. Šādām elektroiekārtām uzglabāšanas apstākļiem ir būtiska loma kopējā resursa nodrošināšanā, tāpēc ekspluatācijā jāietver speciāli pasākumi elektroiekārtu sagatavošanā (konservācijā) uzglabāšanai un sagatavošanai palaišanai (dekonservācijai) pirms aktīvā darba perioda.

1.4.1.2. Tehniski ekonomiskās īpašības

Tehniski ekonomiskās īpašības raksturo vienas sērijas EI izmēru grupu, EI iegādes izmaksas, montāžas, apkalpes un remonta izmaksas.

Tipu-izmēru rinda katrai izstrādājuma sērijai nosaka EI nomenklatūru pēc jaudas, sprieguma, izpildījuma un citiem parametriem. Jo lielāka sērijas tipu-izmēru grupa, jo precīzāk var salāgot EI ar tehnoloģiskām iekārtām vai apmierināt patērētāja vajadzības. Piemēram, sērijveidā lietotajiem elektromotoriem tipu-izmēru rinda pamatā ir sakārtota atbilstoši to jaudai, jo vairāk dažādas jaudas elektromotoru tipi tiek izlaisti noteiktā jaudas diapazonā, jo vieglāk ir atrast elektromotoru ar vajadzīgo jaudu konkrētas tehnoloģiskās iekārtas piedziņai, pie kam, rūpniecībai piemērojoties patērētāju vajadzībām, katrai nākamai motoru sērijai tipu-izmēru grupa parasti ir lielāka par iepriekšējo.

Iegādes izmaksas ir izmaksas, kas nepieciešamas EI iegādei, transportam un uzstādīšanai.

Apkopju izmaksas ir izmaksas, kas nepieciešamas diagnosticēšanai, profilaktiskajām apskatēm un apkopēm.

Remontu izmaksas ir izmaksas, kas nepieciešamas visa veida remontu (tekošo, kapitālo u.c.) veikšanai EI ekspluatācijas periodā.

Papildus elektroietaišu apsaimniekotājam (īpašniekam) jāievērtēt arī EI **likvidēšanas izmaksas**, jo atsevišķas elektroiekārtas var saturēt kaitīgus komponentus, kuru likvidēšana videi draudzīgā veidā ir samērā dārga procedūra.

Izmaksu rādītāji dod vispārēju un savstarpēji salīdzināmu EI novērtējumu. Šādu novērtējumu izmanto, lai izvēlētos apkopju (remontu) periodiskumu, EI noslodzi, rezerves fonda apjomu u.c. ekspluatācijas parametrus.

Elektroiekārtu ekspluatācijas izdevumu, piemēram, izdevumu profilaktiskajām apskatēm un apkopēm, palielināšana palielina ne tikai EI drošumu, bet arī būtiski palielina EI izstrādi, samazina atteikumu skaitu, elektroenerģijas zudumus un kapitālremontu izmaksas. Rezultējošais EI ekspluatācijas optimums ir sasniedzams kompleksi ievērtējot visas izmaksas, kas saistītas ar EI ekspluatācijas un remontu izmaksām, un elektroapgādes pārtraukumu un elektroenerģijas zudumu izmaksām.

1.4.2. Speciālās ekspluatācijas īpašības

Pie speciālajām elektroiekārtu īpašībām pieder tehnoloģiskās, elektriskās un ergonomiskās īpašības, kuras ir atkarīgas no EI konkrētā pielietojama nosacījumiem.

1.4.2.1. Tehnoloģiskās īpašības

Pie tehnoloģiskajām EI īpašībām pieder funkcionālās, agrozootehniskās, drošības un nekaitīguma īpašības, kas raksturo EI piemērotību noteiktu tehnoloģisko funkciju veikšanai konkrētos apstākļos, nodrošinot noteiktu drošības un nekaitīguma normatīvu ievērošanu.

Funkcionālās īpašības ir EI piemērotība uzdoto tehnoloģisko funkciju veikšanai, darbojoties kopā ar konkrēto tehnoloģisko iekārtu vai procesu.

Viena no raksturīgākajām funkcionālām īpašībām ir EI **pārslogošanas spēja**.

Par pārslogošanas spēju sauc neilgstošu lielāko pārslodzi, kuru elektroiekārta spēj izturēt, bez tās ekspluatācijas laika būtiskas samazināšanās, konkrētos ekspluatācijas apstākļos, noteiktas slodzes un temperatūras režīmā. EI pārslodzes aprēķinu pamatā ir izolācijas nolietojumā siltuma iedarbībā, jo EI izolācijas īpašības pie paaugstinātām temperatūrām strauji pasliktinās, tā var saplaisāt un zaudēt savas mehāniskās īpašības.

Agrozootehniskās īpašības ir EI piemērotība specifisku lopkopības vai laukkopības tehnoloģiju veikšanai, darbojoties iekārtās vai procesos, kuriem ir tieša vai netieša mijiedarbība ar dzīvniekiem vai augiem.

Piemēram, āra apstākļos vai mājdzīvnieku fermās uzstādītajām elektroiekārtām ir jābūt piemērotām darbam palielināta mitruma un agresīvu gāzu vidē, kas tiek panākts, izveidojot speciālas lauksaimniecībā darbināmas elektroiekārtas ar uzlabotu izolācijas izturību pret minētajiem apstākļiem.

Drošības īpašības ir EI piemērotība cilvēkam un dzīvniekiem drošu tehnoloģiju

vai procesu veikšanai. Stacionāru un, īpaši pagaidu elektroiekārtu (gaisvadu līnijas, ūdens elektrosūkņi, siena ventilatori, gateri u.c.) uzstādīšanā un ekspluatācijā lauksaimniecības apstākļos jānodrošinās pret papildus faktoriem, kas var apdraudēt cilvēka un dzīvnieku drošību.

Piemēram, mājdzīvnieku fermās dzirdnēm, kurās ūdens no elektrosūkņa tiek padots caur metāla caurulēm, noteikts to garuma posms jāaizvieto ar plastmasas cauruli, lai mājlopiem novērstu varbūtējo elektriskās strāvas triecienu.

Nekaitīguma īpašības ir EI piemērotība dzīvniekiem un augiem nekaitīgu tehnoloģiju vai procesu veikšanai.

Piemērs ir augu audzēšana siltumnīcās, kur mākslīgā apgaismojuma gaismekļus izvēlas, izejot no gaismas spektra un apgaismojuma intensitātes, kas atbilst konkrēto augu vajadzībām un tiem nekaitē.

1.4.2.2. Elektriskās īpašības

Elektriskās īpašības ir elektroiekārtu lietderības koeficients, jaudas koeficients, palaišanas spēja un enerģijas pārveides īpašības noteiktam tehnoloģiskam pielietojumam.

Lietderības koeficients ir lietderīgam darbam patērētās enerģijas attiecība pret kopējo elektroiekārtai pievadīto elektroenerģiju.

Jaudas koeficients ($\cos\phi$) ir elektroiekārtas aktīvās jaudas attiecība pret pievadīto pilno elektrisko jaudu.

Palaišanas spēja ir elektroiekārtas palaišanas īpašības elektroiekārtas pārejas procesā no miera stāvokļa uz darba režīmu. Piemēram, elektromotoriem šo īpašību raksturo koeficients, ko aprēķina kā palaišanas un nominālā momentu attiecību.

Komutācijas spēja ir strāvas lielums, ko elektroiekārta spēj ieslēgt vai atslēgt elektroiekārtas pārejas procesos. Maksimālā ieslēgšanas spēja nosaka strāvas maksimālo amplitūdas vērtību ķēdē, kuru aparāts var ieslēgt. Maksimālā atslēgšanas spēja nosaka strāvas maksimālo amplitūdas vērtību ķēdē, kuru aparāts var atslēgt. Kritiskā atslēgšanas spēja nosaka strāvas efektīvo vērtību zonu, kurā aparāts nespēj atslēgt īsslēguma strāvu, lai gan virs un zem šīs zonas tas īsslēguma strāvu atslēdz.

1.4.2.3. Ergonomiskās īpašības

Ergonomiskās īpašības ir higiēniskās, antropometriskās, dizaina un citas īpašības. Ergonomiskās īpašības raksturo elektroiekārtu atbilstību cilvēka psiholoģiskām un fiziskām iespējām.

Higiēniskās īpašības ir apgaismojuma līmenis, putekļainība, troksnis, vibrācijas, magnētiskā un elektromagnētiskā lauka intensitāte, radioaktīvā piesārņojuma līmenis, u.c.

Antropometriskās īpašības ir elektroiekārtu konstrukcijas ģeometrisko izmēru un mehānisko vadības elementu (gabarītu, roksviru izmēru, ieslēgšanas spēka, ieslēgšanas ātruma, utt.) atbilstība cilvēka ķermeņa izmēriem un fiziskajām spējām.

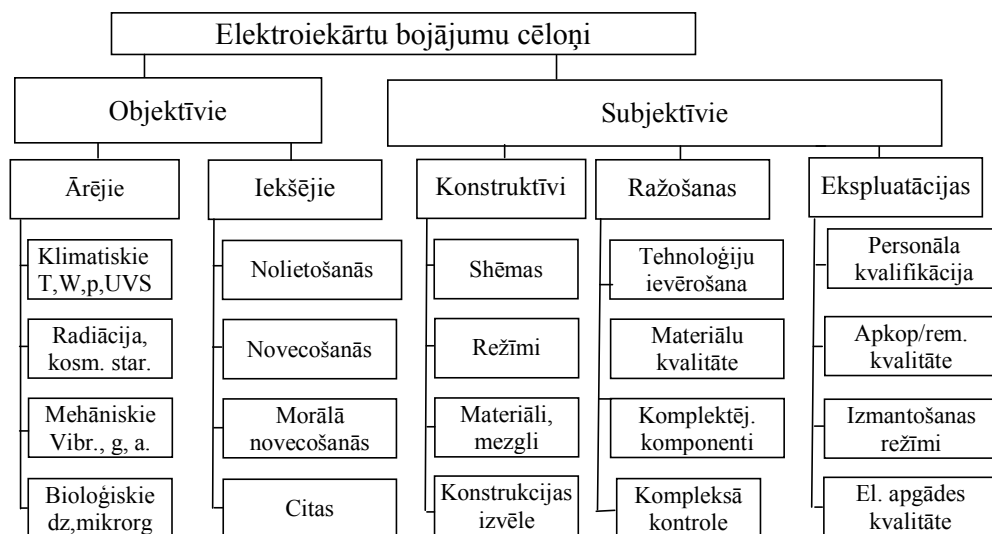
Pie citām ergonomiskām īpašībām var attiecināt EI elektroiekārtu formas, krāsojuma elementu, trokšņu atbilstību cilvēka redzes, dzirdes, spēka, smaržu un citām reflektoriskām uztveres spējām.

2. BOJĀJUMU RAŠANĀS CĒĻŅI UN TO IEDALĪJUMS

Elektroiekārtu ražošanas un ekspluatācijas pieredzes apkopošanas rezultātā to atteikumu cēloņi tiek iedalīti objektīvos (no cilvēka darbības neatkarīgos) un subjektīvos (radušies cilvēka darbības rezultātā) cēloņos, kas palīdz veidot atteikumu cēloņu samazināšanas stratēģiju to projektēšanas, konstruēšanas, ekspluatācijas un remontu procesā, 2.1. att.

2.1. Bojājumu objektīvie cēloņi

Bojājumu objektīvie jeb no cilvēka darbības neatkarīgie cēloņi iedalās ārējos un iekšējos cēloņos, sk. 2.1.attēlu. Elektroiekārtu projektēšanas gaitā ir jācenšas maksimāli izmantot elektrotehnikas vēstures gaitā iegūtās zināšanas par objektīviem, jeb no cilvēka neatkarīgiem bojājumu cēloņiem, lai ievērtētu to potenciālo ietekmi uz jaunizveidojamo EI.



2.1. att. Elektroiekārtu bojājumu cēloņu iedalījums

2.1.1. Bojājumu ārējie cēloņi

Klimatiskie bojājumu cēloņi raksturojas ar ārējās vides mainīgas temperatūras, **mitruma**, **spiediena** un **gaismas starojuma** iedarbību uz elektroiekārtām visā to ekspluatācijas periodā. Mitrais gaiss iekļūst elektroiekārtu iekšienē un izolācijas porās un atdzesējoties izdalās uz virsmām šķidrums pilienu veidā, pazeminot izolācijas

pretestību. Mainīgas temperatūras rezultātā mitruma daļiņas sasilstot paplašina poras un tādējādi bojā izolāciju vai citus elementus. No gaismas starojuma spektra kaitīgākais ir **ultravioletais starojums**, kas spēj noārdīt atsevišķus plastmasas un citus materiālus. **Atmosfēras spiediena izmaiņas** spēj ietekmēt šķidrumu, piemēram, eļļu dzesētāju līmeņus un tādējādi var radīt EI bojājumus. Pret **vēja ietekmi** visjūtīgākie ir atklāti virszemes EI objekti, piemēram, gaisvadu līnijas, kas īpaši spēcīgu vēja brāzmu (vētru) rezultātā var izraisīt vienlaicīgi daudzus elektroapgādes pārtraukumus. Noteiktai klimatiskai zonai paredzētās elektroiekārtas un elektroapgādes sistēmas var būtiski ietekmēt šādas projektēšanas laikā neievērtētās (virsnormatīvās) novirzes jeb nenormālie apstākļi:

- spēcīgs vējš – lielākoties kopā ar nokrišņiem – un pavadošās parādības – pērkons, zibens, nokrišņi;
- ilgstošas ļoti augstas ārgaisa temperatūras (galvenokārt palielina elektropārvades līniju (EPL) vadu nokari un elektroiekārtu pārkaršanu);
- ilgstoši ļoti zemas ārgaisa temperatūras (izraisa EPL vadu trūkšanu, neprognozētu slodzes pieaugumu, kurināmā deficītu elektrostacijās u.c.);
- krasas temperatūras maiņas – no zemas uz augstu, pastāvot augstam gaisa mitrumam, kas izraisa sarmu un apledojuumu;
- vētru izraisīti plūdi, kas būtiski palielina Baltijas jūrā ietekošo Latvijas upju līmeni.

Īpašs ārējās vides iedarbības veids ir **radiācija, magnētiskie, elektromagnētiskie lauki un kosmiskie stari**, kas spēj iedarboties praktiski visā elektroietaišu komponentu šķērs griezumā, izmainot to sākotnējās īpašības, ja vien EI elementi, piemēram, pusvadītāji, nav attiecīgi ekranēti.

Pie **mehāniskām iedarbībām**, bez jau minētās vēja iedarbības, vēl var pieskaitīt vibrācijas, grūdienus un sitienus, kas parasti rodas tuvumā darbojošos mehānismu vai seismiskās darbības rezultātā.

EI **bioloģisko bojājumu** cēlonis var būt dzīvās radības iedarbība, piemēram, dzīvnieku, putnu, grauzēju, kukaiņu un mikroorganismu (mikrobi, sēnītes u.c.) izraisītie mehāniskie un ķīmiskie bojājumi. Pelējuma sēnītes un baktērijas spēj akumulēt lielu daudzuma mitruma, kas paaugstina elektroizolācijas vadītspēju. Gaisvadu darbības drošumu apdraud putni, kas, izmantojot stabus un gaisvadus par apmešanās vietu, notraipa izolatorus un citas elektroiekārtas, tādējādi palielinot īsslēguma risku. Grauzēji (peles, žurkas) var mehāniski sagrauzt vadu un kabeļu plastmasas apvalkus, utt.

2.1.2. Bojājumu iekšējie cēloņi

Normāla darba procesā elektroiekārtas ātrākā vai ilgākā laika periodā **nolietojas**,

piemēram, erozijas rezultātā tiek bojātas kontaktu virsmas, elektrodzinēju gultņiem izdiluma rezultātā pieaug gultņu spēle, utt. Arī tādi relatīvi nekustīgi EI elementi, kā motoru vai transformatoru tinumi ekspluatācijas laikā ir pakļauti termiskām pārslodzēm, strāvas siltumdarbībai, mehāniskiem spēkiem centrālās spēku vai elektromagnētiskā lauka iedarbībā, kas rezultātā samazina izolācijas pretestību, attiecīgi tuvinot iespējamo strāvu noplūdes pieaugumu vai EI tinumu īsslēgumu (caursiti).

Otrs iekšējo bojājumu iemesls ir elektromateriālu **novecošanās**, kas izpaužas kā neatgriezeniskas elektromateriālu struktūras vai formas izmaiņas. Piemēram, daudzas plastmasas novecošanās rezultātā zaudē atsevišķus komponentus to izžūšanas vai izgarošanas procesā, kā rezultātā plastmasās parādās mikroplaisas, kas nelabvēlīgos apstākļos ekspluatācijas gaitā var papildīties ar skābes saturošu ūdens šķīdumu, rezultātā pazeminot sākotnējās elektroizolācijas vai mehāniskās elektroiekārtu īpašības. **Morālā novecošanās** ir esošo elektroiekārtu parametru nesavietojamība ar nozares instrukcijām, neatbilstība jaunajiem standartiem vai to ekonomiskās efektivitātes relatīvā pazemināšanās salīdzinot ar jauno izstrādājamo īpašībām. Piemēram, elektroapgādes tīkla pāreja uz paaugstinātu spriegumu, ierobežo vai izslēdz no lietošanas tādas elektroiekārtas, kuras nav piemērotas šādam spriegumam. Tā kvēlspuldzēm pie paaugstināta sprieguma var būtiski samazināties darba mūžs, bet ultravioletā starojuma lampām izmainīties starojuma spektrs, kas var nelabvēlīgi iedarboties uz apstarojamiem cilvēkiem, dzīvniekiem un augiem.

2.2. Bojājumu subjektīvie cēloņi

Katra jaunizveidotā elektroiekārta tās radīšanas un darbmūža procesā iziet vairākas stadijas – projektēšanu, konstruēšanu, izgatavošanu, ekspluatāciju, remontu un likvidāciju. Šajos procesos piedalās daudz cilvēku ar dažādu kvalifikācijas līmeni – sākot no augsti kvalificētiem inženieriem, konstruktoriem, tehnologiem, beidzot ar vidēji kvalificētu ekspluatācijas personālu, kas kopumā nosaka subjektīvo, jeb no cilvēka darbības atkarīgo, bojājumu cēloņu rašanos.

2.2.1. Bojājumu konstruktīvie cēloņi

Elektroiekārtu projektēšanas stadijā iespējamie atteikumu cēloņi var būt paredzamajiem ekspluatācijas apstākļiem neadekvātas elektroapgādes sistēmu, elektroietaišu un elektroiekārtu **shēmas**, kas noteiktos ekspluatācijas apstākļos nespēj nodrošināt elektroiekārtas darbu paredzētajā režīmā. Sistēmas vai ietaises darba drošums var būt lielāks par tās atsevišķu elementu darba drošumu. To panāk, izveidojot sistēmai vēlamo struktūru, piemēram, elektroapgādes sistēmā vēlamo

struktūru nodrošina pareizi izvēlēta elektroapgādes elektriskā shēma. Iespējama arī neveiksmīga shēmas izvēle, kad sistēmai (iekārtai) ir mazāks darba drošums nekā tās elementiem.

Ja elektroierīces shēma ir izveidota pareizi, tad iespējamie atteikumu cēloņi var būt arī nepareizi izvēlēti (iestatīti) elektrisko shēmu darba **režīmi** (strāvas, spriegumi, atslēgšanas/ieslēgšanas laiki, to aizkaves, u.c.), kas noteiktajos (normatīvajos) ekspluatācijas apstākļos nespēj nodrošināt elektroietais bezatteiču darbību visā tai paredzētajā izmantošanas laikā. Projektēšanas un konstruēšanas stadijā izvēlētajiem materiāliem jānodrošina EI nevainojama darbība pie paredzētajiem maksimāliem režīmiem vai pārslodzēm (termiskās slodzes, palielināts spriegums, palielināts mitrums, agresīvu gāzu ietekme, u.c.), kas varētu samazināt EI bojājumus pie daudzveidīgiem ekspluatācijas apstākļiem un darba režīmiem. Parasti projektējot, EI materiāli tiek izvēlēti ar pietiekami lielu drošības rezervi, lai varētu izturēt sagaidāmās pārslodzes, vai darbu ārkārtas režīmos, piemēram, gaisvadu izolatoru caursites spriegums parasti tiek izvēlēts daudzkārt lielāks par nominālo darba spriegumu, lai izolatori varētu izturēt pārspriegumus, tai skaitā atmosfēras izlāžu pārspriegumus, utt. Kļūdas materiālu izvēlē, kas izsauc elektroiekārtu bojājumus, parasti saistās ar materiālu pārlietu ātru nolietošanos ekspluatācijas procesā vai tādu ekspluatācijas režīmu iestāšanos, kas pārsniedz izvēlēta materiāla izturību.

EI **konstrukciju** izvēlas tā, lai komplektēta elektroiekārta paredzētajos ekspluatācijas apstākļos varētu pildīt tai noteiktās funkcijas plānotā darba laika (resursa) ilgumā. Atkarībā no paredzētajiem ekspluatācijas apstākļiem (vibrācijām, paātrinājumiem, mitruma, putekļainības, siltuma u.c.) apstākļiem izvēlas atbilstošas EI shēmu un apvalku konstrukcijas. Nepietiekama šo iedarbju ievērtēšana projektēšanas un konstruēšanas stadijā var palielināt elektroiekārtu bojājumu varbūtību to ekspluatācijas procesā.

2.2.2. Bojājumu ražošanas cēloņi

Pēc tam, kad ir elektroiekārtas projektēšana pabeigta, tā ir izgatavota un ir pārbaudīts tās izmēģinājuma paraugs, ražotājā rūpnīcā tiek izstrādāta tehnoloģija konkrētās EI ražošanai sērijveidā. No ražošanas un montāžas tehnoloģijas kvalitātes ir atkarīga arī izlaisto elektroiekārtu kvalitāte un darbība bez atteicēm. Tehnoloģiskie defekti var rasties sakarā ar nekvalitatīvu detaļu ražošanu un montāžu rūpnīcu iekārtu nepareizas pielietošanas vai to nodiluma rezultātā. Rūpīga **tehnoloģiju ievērošana**, iekārtu regulēšana, atjaunināšana un ražošanas procesa uzturēšana nepieciešamajā līmenī samazina detaļu noviržu lielumu un skaitu, kas attiecīgi palielina EI darba bezattekuma varbūtību.

Rūpnīcai piegādāto **materiālu kvalitāte** var būt zemāka par projektēšanas stadijā

izvēlēto, kas var izsaukt elektroiekārtu resursa samazināšanos un palielināt atteicu varbūtību.

No citām rūpnīcām piegādāto **komplektējošo komponentu** (mezglu un detaļu) kvalitāte var būt zemāka par projektēto, tāpēc materiālu un komponentu piegādātāju izvēle ir būtiska drošu elektroiekārtu ražošanā.

Lai ražotājs nodrošinātu savu konkurētspēju, ir nepieciešams izlaist elektroiekārtas, kuru kvalitāte nodrošina iespējami maz atteicu kā produkcijas garantijas periodā un arī visā paredzētajā ekspluatācijas laikā. **Kompleksā kontrole** būtiski samazina ražošanas procesā pieļauto kļūdu ietekmi uz produkcijas kvalitāti. Šī kontrole var ietvert EI darbības pārbaudes darbu vai forsētā režīmā, izturību pret pārspriegumiem, parametru noturību dažādos klimatiskos apstākļos u.c.

2.2.3. Bojājumu ekspluatācijas cēloņi

Ekspluatācijas laikā elektroiekārtas ietekmē daudzu parametru un apstākļu kopums, taču kā vienu galvenajiem var uzskatīt **personāla kvalifikāciju**, kas darbiniekiem nodrošina nepieciešamās zināšanas ekspluatācijas darbību (apskates, pārbaude, diagnostika, remonts, uzglabāšana u.c.) veikšanai elektroiekārtu izmantošanas procesā. Ja elektroiekārtas apkalpo vāji apmācīts personāls, tad ekspluatācijas kļūmju skaits pieaug un samazinās elektroiekārtu drošuma rādītāji.

Bojājumu cēlonis var būt, neraugoties uz personāla kvalifikāciju, arī **nekvalitatīvu apkopju un remontu** veikšana, kas parasti norāda uz atkāpēm no instrukcijās un standartos norādītajām apkopju/remontu periodiskumu un/vai tehnoloģijām.

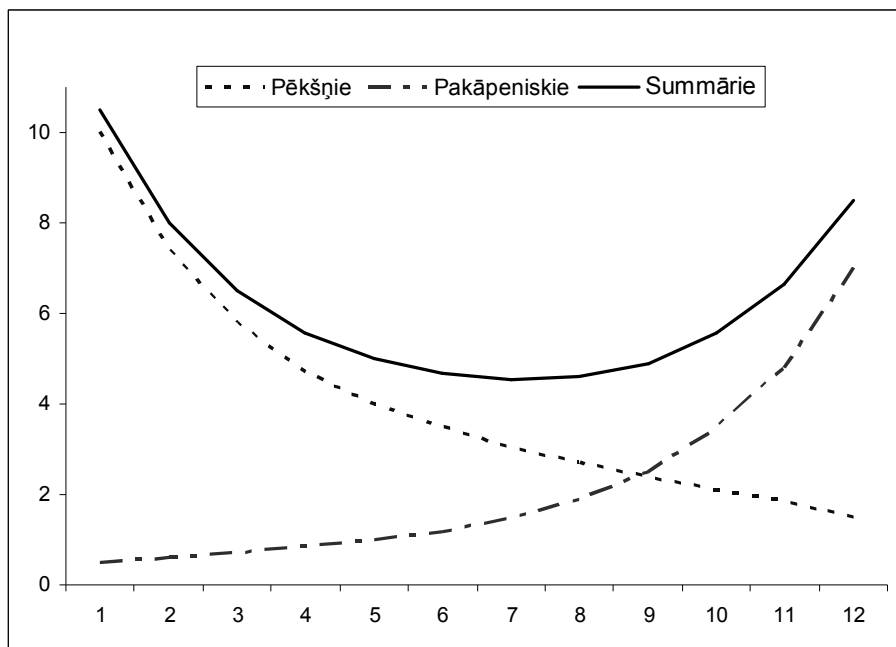
Ieteikto elektroiekārtu **izmantošanas režīmu** pārsniegšana, piemēram, vadu vai transformatoru pārslogošana, ir attaisnojama līniju remonta vai avārijas laikā, attiecīgi apzinoties, ka iekārtas darba mūžs var nedaudz saīsināties. Taču darbinot elektroiekārtas pārslodžu režīmā ilgāk par noteikto laiku, kā arī darbinot elektroiekārtas režīmos, kas pārsniedz pieļaujamās pārslodžu līmeņus, pieaug bojājumu risks, kas pazemina elektroiekārtu drošuma rādītājus.

Būtisks bojājumu faktors ir **elektroapgādes apgādes kvalitātes** parametru pazemināšanās, no tiem būtiskākie ir elektroapgādes pārtraukumi, sprieguma novirzes no nominālās vērtības, fāžu spriegumu nevienādība, pārspriegumu veidošanās u.c.

2.3. Atteikumu iedalījums

Elektroiekārtām bojājumu rezultātā radušos atteikumus lielāko daļu nosaka dažādi galvenie faktori. Piemēram, elektromotoriem bojājumu procentuālais sadalījums ir šāds: izolācijas samitrināšanās 25 %, fāzes izkrišana 20 %, pārslodze 20 %, rotora

nobremzēšana 15 % un citi cēloņi 20 %.



2.2. att. Elektroiekārtu atteikumu sadalījums ekspluatācijas laikā

Visus atteikumus izejot no prognozējamības pakāpes var iedalīt pēkšņos un pakāpeniskos.

Pēkšņie atteikumi ir neprognozējami un tie visbiežāk notiek jaunu elektroiekārtu darba mūža sākuma periodā, kad ir vislielākās iespējas atklāties bojājumiem, kas radušies iepriekš minēto konstrukcijas un ražošanas defektu rezultātā.

Pakāpeniskie atteikumi pārsvarā ir elektroiekārtu nolietotības rezultāts un to prognozēšanu iespējams veikt balstoties uz matemātiskās statistikas sakarībām, piemēram, izmantojot pakāpenisko atteikumu normālo sadalījumu laikā.

Summējot pēkšņos un pakāpeniskos atteikumu līknes iegūst **kopējo atteikumu** sadalījuma līkni EI ekspluatācijas laikā, kas parādīta 2.2. attēlā.

3. ENERGOSISTĒMU UN ELEKTROSISTĒMU RAKSTUROJUMS

Savā starpā saistītas elektrostacijas, elektropārvades līnijas, apakšstacijas un siltuma tīklus ar kopīgu režīmu un nepārtrauktu elektriskās enerģijas un siltuma enerģijas ražošanas un sadales procesu sauc par enerģētisko sistēmu jeb **energosistēmu**.

Elektroenerģija patērētājiem tiek pievadīta centralizēti no energosistēmas vai arī atsevišķos gadījumos izmantojot savu elektroenerģijas avotu (piemēram, avārijas energoapgādes avots). Tas palielina patērētāju elektroapgādes drošību un ekonomisko efektivitāti.

Energosistēmas režīmam, ieskaitot siltuma un elektroenerģijas ražošanu koģenerācijas režīmā, ir kopīga vadība.

3.1. Energosistēmas elementi

Energosistēmas daļu, kurā ietilpst ģeneratori, sadales iekārtas, dažāda sprieguma elektropārvades līnijas un apakšstacijas, kā arī elektroenerģijas patērētāji, sauc par elektroenerģētisko jeb **elektrisko sistēmu**. Elektriskajā sistēmā neietilpst energosistēmas termiskā un hidrauliskā daļa. **Elektriskās sistēmas** atsevišķās sastāvdaļas savieno ar augstsprieguma elektropārvades līnijām. Elektroietaišu kopumu, kas nodrošina patērētājus ar elektroenerģiju, sauc par **elektroapgādes sistēmu**. Vienlaikus tā veic enerģijas sadali un elektroenerģijas parametru nepieciešamo pārveidošanu. Elektroapgādes sistēmas galvenās sastāvdaļas ir sadales elektriskais tīkls un transformatoru apakšstacijas (AS), sadales punkti (SP) un pārveidotājapakšstacijas (PA). Atsevišķos gadījumos elektroapgādes sistēmā ietilpst vietējas nozīmes elektrostacijas.

Par **apakšstaciju** sauc elektroietaisi, kas pārveido un sadala elektroenerģiju. Apakšstacijā ietilpst transformatori un/vai citi elektroenerģijas pārveidotāji. Izšķir tīklu apakšstacijas, kuras energosistēmā realizē saiti starp augstākā un vidējā sprieguma tīkliem un patērētāju apakšstacijas, kuras paredzētas konkrēta elektropatērētāja vai elektropatērētāju grupas barošanai.

Par **sadales punktu** sauc apakšstaciju, kuras uzdevums ir saņemt un sadalīt elektroenerģiju, nemainot spriegumu, t. i., bez sprieguma transformēšanas.

Par **elektrisko tīklu** sauc elektroietaišu kopumu, kas paredzēts elektroenerģijas pārvadei un sadalei. Tajā ietilpst apakšstacijas, sadales ietaises, strāvvadi, dažāda sprieguma gaisvadu un kabeļu elektropārvades līnijas, kas atrodas noteiktā teritorijā.

3.2. Energosistēmas drošības kritēriji un darba režīmi

Par drošuma bāzes kritēriju tiek pieņemts kritērijs “n-1”, kur “n” ir visi iespējamie tehnoloģiskie traucējumi energosistēmā aplūkojamā režīmā, bet “n-1” – gadījums, kad aplūkojamā režīmā energosistēmā notiek viens sistēmas drošumam visbīstamākais tehnoloģiskais traucējums.

Atsevišķos gadījumos, novērtējot energosistēmu kopumā vai tās atsevišķo daļu drošumu, var izmantot kritēriju “n-2”. Kritērijs “n-2” nozīmē, ka pie esošās shēmas notiek divi savstarpēji saistīti tehnoloģiskie traucējumi (4.2.1.d), no kuriem viens ir viskritiskākais traucējums aplūkojamā energosistēmas daļā.

Stabili energosistēmas darba režīmi.

Maksimālā drošuma režīms ir režīms, kad darbojas visi tīkla elementi un ģenerējošās iekārtas kopā ar attiecīgo releju aizsardzību un automātiku.

Normālais optimizētais režīms ir, ja tiek atslēgta (rezervē) daļa energosistēmas iekārtu, vadoties no ekonomiskiem apsvērumiem. Notiekot kritiskam tehnoloģiskam traucējumam, tiek nodrošināta energosistēmas atjaunošana normālā optimizētā režīmā ar laiku, kurš atbilst automātikas darbības laikam. Aprēķinātais energosistēmas režīms atbilstoši kritērijam “n-1” nedrīkst izsaukt stabilitātes traucējumus energosistēmu paralēlajā darbībā un izraisīt patērētāju energoapgādes pārtraukumu uz laiku, kas ir lielāks par automātikas darbības laiku.

Plānotais remontu režīms ir normālais optimizētais režīms, kad tiek paredzēti energosistēmas iekārtas atslēgumi plānoto remontu veikšanai. aprēķinātais energosistēmas avārijas režīms atbilstoši kritērijam “n-1” nedrīkst izsaukt energosistēmu paralēlā darba stabilitātes traucējumus, taču var notikt viena vai vairāku barojošo centru atslēgšanās ar iespējamu patērētāju energoapgādes pārtraukumu.

Energosistēmas nestabils darba režīms jeb neplānotais piespiedu remonta režīms ir energosistēmas režīms, kad iekārta ir atslēgta plānoto remontu veikšanai, un šajā laikā notiek kritisks varbūtējs tehnoloģiskais traucējums. aprēķinātais neplānotais piespiedu remonta režīms atbilstoši kritērijam “n-1” pieļauj energosistēmu paralēlā darba stabilitātes traucējumus, ģenerējošo jaudu atslēgšanos vai autonomu izdalīšanos, patērētāju atslēgšanu pretavārijas automātikas darbības dēļ vai pilnīgu kāda reģiona patērētāju energoapgādes pārtraukumu.

Traucēts energosistēmas darba režīms ir, ja pastāv traucēts energosistēmas sinhronais darba režīms ar kaimiņvalstu energosistēmām vai pašas energosistēmas viengabalainība – no pretavārijas automātikas vai pēc pārvades sistēmas operatora rīkojuma atslēgti patērētāji.

3.2.1. Energosistēmas normāla darba režīma stāvoklis

Sistēma atrodas normālā darba režīmā, ja ievēroti šādi nosacījumi:

- frekvence energosistēmā ir normālas darbības frekvenču joslā vai īslaicīgi pieļaujamu atkāpju joslā saskaņā ar elektroenerģijas kvalitātes standartā noteiktiem lielumiem;
- sprieguma līmeņi uz apakšstacijas kopnēm ir tīkla pakalpojumu sniedzēju noteiktajās robežās un atbilst pieslēgumu līgumu nosacījumiem;
- pārvades līniju noslodze ir to lielumu robežās, kas atbilst līniju parametriem, ievērojot apkārtējās vides temperatūru;
- elektroiekārtas, kuras iespaido energosistēmas darbību, darbojas tehniski atļautos režīmos;
- komutācijas aparātu atslēgšanas spēja nodrošina strāvas ķēžu pārtraukšanu vissmagākā īsslēguma gadījumā;
- energosistēmas konfigurācija ir tāda, ka jaudas slēdži spēj lokalizēt bojāto ķēdi vai iekārtu;
- sistēmas statiskā un dinamiskā stabilitāte atbilst drošuma prasībām;
- Energosistēma darbojas sinhronā darbā ar kaimiņvalstu energosistēmām.

3.2.2. Ticami un mazticami tehnoloģiski traucējumi

Tehnoloģiskais traucējums – elektroiekārtas bojājums vai personāla kļūdaina darbība, kuras dēļ operatīvo darbību pārtrauc ģenerējošā iekārta vai pārvades elements, kurš ietekmē energosistēmas vai tās daļas darbu. Ticams tehnoloģiskais traucējums – traucējums, kura varbūtību pārvades sistēmas operators vērtē kā iespējamu, ievērojot apkārtējos apstākļus un iekārtu tehnisko stāvokli. Šādu tehnoloģisko traucējumu rašanās cēloņi galvenokārt ir:

- pamatiekārtas vai tās svarīgāko palīgiekārtu bojājumi;
- iekārtu releju aizsardzības un automātikas atteikums vai to nepareiza darbība;
- televadības iekārtu bojājums vai nepareiza darbība;
- operatīvā remonta, montāžas, ieregulēšanas, ekspluatācijas personāla kļūdaina vai nolaidīga darbība;
- ārējo apstākļu ietekme – pērkona negaiss, vadu apledojums, pastiprināts vēja ātrums, uzmetumi utt.

Viens ticams tehnoloģiskais traucējums ir vienīgais vienlaicīgi sagaidāmais traucējums. šāda traucējuma seku novēršanai paredzētas automātiskas vai manuālas darbības. piemēram, atslēdzoties transformatoram, automātiski ieslēdzas rezervē esošais.

Kritisks tehnoloģiskais traucējums ir kritērijs “n-1” - energosistēmas drošumam visbīstamākais tehnoloģiskais traucējums, kas izraisa vislielāko ietekmi uz

sistēmas drošību pie esošās shēmas, kā rezultātā energosistēmas operatīvais stāvoklis kvalificējams kā nestabils vai kā avārijas darba režīms, piemēram:

- energosistēmas lielākās ģenerējošās iekārtas atslēgšanās nepietiekamu jaudas rezervju gadījumos;
- vienas noslogotas paralēlas līnijas atslēgšanās, kas izsauc pārējo līniju avārijas pārslodzi u.c.

Energosistēmā divu visbīstamāko tehnoloģisko traucējumu vienlaicīga sakritība tiek uzskatīta par mazticamu, to raksturo kritērijs "n-2". Pārvades sistēmas operators šo kritēriju lieto, analizējot sinhronā darba noteikumu nodrošināšanu ar kaimiņvalstu energosistēmām. Nenormālo apstākļu izsauktie tehnoloģiskie traucējumi, ko izraisa stihiskas dabas norises vai neatļauta cilvēku saimnieciskā darbība elektroiekārtu drošības zonā. Šādas norises dabā, kas iespaido elektroiekārtas darbību, ir:

- spēcīgs vējš – lielākoties kopā ar nokrišņiem – un varbūtējās pavadošās parādības – pērkons, apledojums, nokrišņi slapja sniega veidā, "vadu deja" u.c. (galvenokārt EPL bojājumi);
- ilgstošas ļoti augstas ārējās vides temperatūras (galvenokārt palielina EPL vadu nokari un elektroiekārtu pārkaršanu);
- ilgstoši ļoti zemas ārējās vides temperatūras (izraisa EPL vadu trūkšanu, neprognozētu slodzes pieaugumu, kurināmo deficītu elektrostacijās u.c.);
- krasas temperatūras maiņas – no zemas uz augstu, pastāvot augstam gaisa mitrumam (slēgto TP izolatoru pārklāšanās apsarmojuma dēļ);
- Rīgas jūras līča ūdens masas ieplūšana Daugavas grīvā un Ķīšezerā vētras rezultātā (ierobežojumi Rīgas HES darbībā var izsaukt TEC-1 apturēšanu, kabeļu applūšanu).

3.3. Elektroiekārtu tehniskie parametri

Elektroiekārtas raksturojošos parametrus var iedalīt nominālajos un darba parametros.

Nominālie parametri – tie ir izgatavotāja rūpnīcas norādītie parametri, kas reglamentē EI īpašības un ir kā izejas informācija, lai novērtētu novirzes, kas rodas ekspluatācijas procesā. Nomināliem parametri tiek norādīti EI tehniskajā dokumentācijā.

Darba parametri - tie ir faktiskie darba procesa rādītāji dotajā ekspluatācijas momentā, konkrētos apstākļos. Darba parametri sniedz informāciju par elektroiekārtas tehnisko stāvokli tikai dotajā laika momentā.

Rezultējošie rādītāji – tie ir aprēķinātie vidējie rādītāji kādā ekspluatācijas

periodā, piemēram, sezonā, konkrētos apstākļos strādājošai elektroiekārtai. Rezultējošie rādītāji vislabāk raksturo EI izmantošanas efektivitāti.

Ekspluatāciju var uzskatīt par efektīvu, ja rezultējošie parametri būtiski neatšķiras no nominālajiem.

3.3.1. Elektroietaišu standarta spriegumi

Elektrostacijas parasti izmanto trīsfāžu sinhronos ģeneratorus ar izejas spriegumu 6,3, 10,5, 21 kV, kas ražo rūpnieciskās frekvences (50 Hz) maiņspriegumu. Elektroapgādes sistēmas ir izveidotas no dažāda sprieguma posmiem. Visām elektroiekārtām, kam ir spāiles to elektriskai savienošanai ar barošanas avotiem vai citiem izstrādājumiem, nominālie spriegumi ir standartizēti. Trīsfāžu maiņsprieguma sistēmas nominālais spriegums ir starpfāžu spriegums. Latvijā pielietojamo elektroapgādes sistēmu un elektroietaišu nominālie standartizētie līdzspriegumi un maiņspriegumi līdz 1000 V uzrādīti 3.1. tabulā, bet nominālie maiņspriegumi virs 1000 V – 3.2. tabulā.

3.1. tabula

Nominālie standarta spriegumi līdz 1000 V

Maiņspriegums, V				Līdzspriegums, V	
tīkliem un		avotiem un		tīkliem un	avotiem un
trīsfāžu	vienfāzes	trīsfāžu	vienfāzes		
40	40	42	42	48	48
60	60	62	62	60	62
	110		115	110	115
220	220	230	230	220	230
380	380	400		440	460
660	660	690			

Transformatoru primārajiem un sekundārajiem tinumiem standartā noteikti divi nominālā sprieguma līmeņi. Atbilstošās ailes kreisajā pusē uzrādīts galvenais minimālais spriegums, kuru izmanto biežāk, bet labajā pusē - transformatoru tinumu papildu nominālais spriegums. Primārā tinuma galvenais nominālais spriegums sakrīt ar tīklam noteikto vērtību, bet par 5 % augstākais papildu spriegums paredzēts transformatoriem, kas tieši pieslēgti ģeneratoru izvadiem vai ģeneratora sprieguma kopnēm vai arī transformatoriem ar automātisko sprieguma regulatoru. Elektroapgādes sistēmas elementiem nominālie spriegumi izraudzīti tā, lai spriegums uz barošanas avotu, piemēram, transformatora sekundāro tinuma izvadiem, būtu nedaudz palielināts

salīdzinot ar spriegumu uz patērētāja spailēm, lai tādējādi daļēji kompensētu patērētāju slodžu izraisīto sprieguma kritumu.

3.2. tabula

Nominālie standarta spriegumi virs 1000 V

Tīkliem un elektro-patērētājiem	Ģeneratoriem un sinhronajiem kompensatoriem	Transformatoriem un autotransformatoriem		Elektroietaisies maksimālais darba spriegums
		primārā tinuma spriegums	sekundāra tinuma spriegums	
(3)	(3,15)	(3/- un (3,15)/-	(3,15) un (3,3)/-	(3,6)
6	6,3	6 un 6,3	6,3 un 6,6	7,2
10	10,5	10 un 10,5	10,5 un 11	12
20	210	20 un - /21	- un 22	24
35	-	35 un - /3675	38,5/- un - /38,5	40,5
110	-	-/110 un - /115	121/ 115 un - /121	126
(150)	-	- / (158)	(165)/ (158) -	(172)
220	-	-/220 un - /230	212/230 un -/242	252
330	-	330 -	347/330 -	363
500	-	500 -	525/- -	525
750	-	750 -	787/- -	787
1150	-	-/1150 -	- -	1200

Piezīmes. 1. Pirms slīpās svītras (/) dots nominālais spriegums transformatoriem un autotransformatoriem, kuriem nav slodzes režīmā strādājoša automātiskā sprieguma regulatora, aiz svītras (-) norādīts spriegums, ja ir automātiskais sprieguma regulators. Ja abi nominālie spriegumi sakrīt, tad uzrādīts tikai viens skaitlis.

2. Iekavās ietvertās spriegumu vērtības nerekomendē no jauna projektējamām ietaisēm.

3.3.2. Elektroietaišu nominālo strāvu skala

Lai atvieglotu dažādu elektroietaišu elementu izvēli pēc strāvas, piemēram, aizsardzības ierīču izvēli, ir izstrādāta **nominālo strāvu skala**.

Strāvas vērtībām diapazonā 1...10 000 A ir šāda nominālo strāvu skala (A): 1;

1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200; 4000; 5000; 6300; 8000 un 10 000 A.

Elektroiekārtas nemainīgas slodzes režīms raksturojas ar darba strāvu I_d . Mainīgas slodzes režīmu raksturo vidējā strāva (aprēķina strāva) I_a . Normāliem režīmiem ir spēkā šādas nevienādības $I_N > I_d$ un $I_N > I_a$.

3.3.3. Elektroenerģijas kvalitāti raksturojošie parametri

Patērētāju darba efektivitāte ir atkarīga no sprieguma un frekvences svārstībām un to optimālais darba režīms atbilst nominālajam spriegumam un frekvencei. Ātras lielu slodžu izmaiņas izraisa arī frekvences svārstības uz elektropatērētāju spailēm. Bez tam nominālais darba režīms maiņstrāvas ķēdēs atbilst sinusoidālām sprieguma un strāvas izmaiņas līknēm un simetriskai trīsfāžu sistēmai.

Elektroenerģijas kvalitātes raksturošanai trīsfāžu maiņsprieguma tīklā saskaņā ar valsts standartu izmanto šādus 6 normētus parametrus:

- sprieguma novirzi uz patērētāju spailēm
- sprieguma svārstības
- frekvences novirzi
- frekvences svārstības
- sprieguma nesinusoidalitāti
- trīsfāžu spriegumu sistēmas asimetriju

Līdzstrāvas tīklā izmanto pirmos divus parametrus kopā ar pulsācijas koeficientu. Vienfāzes tīklā elektroenerģijas kvalitāti nevērtē pēc pēdējā - asimetrijas parametra.

Visbiežāk jāsaprotas ar **sprieguma novirzi**. To nosaka kā elektrosadales tīkla punkta sprieguma atšķirību no nominālā sprieguma.

$$\Delta U\% = \frac{(U - U_{\min})}{U_N} 100, \quad (3.1)$$

kur V - sprieguma novirze, %; U - sprieguma tekošā efektīvā vērtība uz elektrozņēmēja spailēm; U_N - nominālais tīkla spriegums. Novirze laika vienībā raksturo sprieguma izmaiņas ātrumu. Ja sprieguma izmaiņas ātrums pārsniedz 1% sekundē, tad šādas sprieguma izmaiņas sauc par sprieguma svārstībām. Tās definē ar dažādos laika momentos novēroto maksimālā sprieguma un minimālā tīkla spriegumu starpību, kas izteikta procentos no tīkla nominālā sprieguma:

$$\Delta V_{maks} = \frac{(U_{maks} - U_{\min})}{U_N} 100, \quad (3.2)$$

kur, V - sprieguma novirze, %; U - sprieguma tekošā efektīvā vērtība uz elektropatērētāja spailēm; U_N - nominālais tīkla spriegums.

Sprieguma novirze nelabvēlīgi ietekmē patērētāja darbu. Spriegumam uz kvēlspuldzi pieaugot par +5 % virs nominālā sprieguma, tās darbmūžs samazinās aptuveni trīs reizes. Pieļaujamās sprieguma novirzes tiek noteiktas tīkla normālam un pēcavārijas režīmam. Normālā režīmā vismazākās sprieguma novirzes noteiktas:

- ražošanas telpu sabiedrisko ēku un brīvgaisa prožektorģaismas tīklos uz spuldžu spailēm - no -2,5 % līdz +5 %;
- uz dzinēju un to palaišanas un vadības aparātu spailēm - no -5 % līdz +10 %;
- uz visu pārējo elektropatērētāju spailēm ± 5 %.

Lauku elektriskajos tīklos elektroenerģijas patērētājiem pieļaujamas šādas sprieguma novirzes:

- uz elektrodzinēju un to vadības un palaišanas aparatūras spailēm + 10 ... - 7,5 % no nominālā sprieguma;
- uz pārējo elektroenerģijas patērētāju spailēm + 7,5 ... - 7,5 % no nominālā sprieguma. Pēcavārijas režīmos un plānoto profilaktisko remontu laikā ne ilgāk kā uz vienu diennakti pieļaujama sprieguma pazemināšanās vēl par 5 %.

Frekvences novirzi nosaka kā elektrosadales tīkla punkta frekvences atšķirību no nominālās frekvences. Normētās frekvences novirzes ir $\pm 0,1$ Hz. Uz laiku pieļautas divreiz lielākas novirzes. Frekvences konkrētā vērtība jānosaka kā vidējā vērtība 10 minūšu laika periodā. Ja frekvences izmaiņas ātrums ir lielāks par 0,4 % sekundē (0,2 Hz/s), tad šīs izmaiņas sauc par svārstībām. Frekvences svārstības (neatkarīgi no tās novirzes) nedrīkst pārsniegt 0,4 % jeb 0,2 Hz.

Sprieguma nesinusoidalitāti raksturo ar augstāko harmoniku koeficientu.

$$k_h = \frac{\sqrt{\sum_{v=2} U_v^2}}{U_1} \cdot 100, \quad (3.3)$$

kur k_h - augstāko harmoniku koeficients; U_1 - sprieguma 1. harmonikas efektīvā vērtība; U_v - sprieguma augstāko harmoniku efektīvās vērtības. Pieļaujamā augstāko harmoniku koeficienta vērtība ir 5 %.

Trīsfāžu sistēmas spriegumu **asimetriju** normē ar apgrieztas secības sprieguma procentuālo attiecību pret nominālo spriegumu:

$$k_a = \frac{U_2 \cdot 100}{U_N}, \quad (3.4)$$

kur k_a - trīsfāžu sprieguma sistēmas asimetrijas koeficients; U_2 – pamatfrekvences

apgrieztās secības sprieguma efektīvā vērtība; U_N - nominālais tīkla spriegums.

Uz trīsfāžu elektropatērētāju spailēm pieļaujama 5 % sprieguma asimetrija. Uz nepilnīgi slogotu asinhrono dzinēju spailēm tiek pieļauta asimetrija vairāk par 2 % un nesinusoidalitāte lielāka par 5 %.

Elektroenerģijas kvalitāti kontrolē ar mēraparātiem. Rūpniecība izgatavo speciālas elektroenerģijas kvalitātes noteikšanas iekārtas. Standarts nosaka, ka elektriskajās sistēmās elektroenerģijas kvalitāte jākontrolē ne retāk kā reizi ceturksnī.

4. ELEKTROIEKĀRTU IZVĒLE

No elektroiekārtas prasmīgas izvēles ir atkarīga to droša un efektīva izmantošana visā tai paredzētajā ekspluatācijas periodā. Lai veiktu pareizu elektroiekārtas izvēli gan projektēšanas stadijā gan arī ekspluatācijas laikā, ir jāievēro elektroiekārtu ietekmējoši objektīvie apstākļi, esošā tehnoloģija un likumdošana, kas attiecas uz elektroiekārtu, piemēram, EI nomaīnai vai to atbilstības pārbaudei izmainītos ekspluatācijas apstākļos.

Elektroiekārtu izvēle saistīta ar datu ieguvu par uzstādīšanas vietas apstākļiem no drošības viedokļa, elektriskās enerģijas kvalitāti, elektroiekārtu darba režīmiem, citiem specifiskiem ekspluatācijas apstākļiem (klimatiskie, seismiskie, mehānisko vibrāciju avoti, apkārtējās atmosfēras sastāvs, utml.). Piemēram, izvēloties elektroiekārtas, lauksaimniecības tehnoloģijām jāievērtē šādi nelabvēlīgi faktori (parasti nav raksturīgi rūpnieciskai ražošanai):

- Garas elektroapgādes līnijas, kas pasliktina elektroapgādes kvalitāti, piemēram, palielinātas sprieguma svārstības;
- Atšķirīgi darba režīmi un grūti prognozējams slodžu grafiks, piemēram, slodžu sadalījums diennakts, mēneša un gada laikā;
- Apgrūtināti palaišanas apstākļi, piemēram, elektromotoru piedzīto iekārtu sasalšana, aizsērēšanās vai nosprostošanās rezultātā;
- Apkārtējās atmosfēras kaitīgā ietekme, piemēram, palielināts fermu iekštelpu relatīvais mitrums un augsta agresīvo gāzu (amonjaka u.c.) koncentrācija;
- Ievērojamas diennakts un gada temperatūru svārstības;
- Elektroiekārtu parametru (izolācijas pretestība, kontaktu pārejas pretestība u.c.) nelabvēlīgas izmaiņas sezonālo uzglabāšanas periodu laikā;
- Apgrūtināta EI apkopju un remontu veikšana (EI dažādība, vajadzība pēc daudzveidīgām palīgiecēm, ievērojami pārbraucienu attālumi, darbaspēka zemā kvalifikācija, u.c.).

4.1. Elektroiekārtu izvēles principi

Saskaņā ar **ierobežošanas principu** EI skaitās piemērots, ja tā konstrukcija no drošības viedokļa atbilst apstākļiem uzstādīšanas vietā un tās parametri ir lielāki (mazāki) par atbilstošo ekspluatācijas parametru robežvērtībām - jaudai, temperatūrai, spriegumam, strāvai, lietderības koeficientam, izolācijas pretestībai, kontaktu ieslēgšanas-atslēgšanas strāvai/laikam un citiem rādītājiem. Piemēram, elektriskā motora jaudai jābūt lielākai par tehnoloģiskās iekārtas piedziņai nepieciešamo jaudu,

savukārt elektromotora nominālajam spriegumam ir jābūt mazākam par motora vadu izolācijas elektriskās izturības (caursītes) robežspriegumu. Saskaņā ar ierobežošanas principu elektroiekārta vai elektroietaise būs izvēlēta pareizi, ja tā noteiktā ekspluatācijas periodā funkcionēs iepriekš noteikto drošuma rādītāju (drošība, ilgizturība, remontējamība utt.) robežās un tā atbildīs visām valsts likumdošanas, uzņēmuma noteikumos un standartos noteiktajām drošības prasībām.

Saskaņā ar **optimizācijas principu** tiek veikta vairāku EI izvēles variantu analīze, lai izvēlētos tādu optimizētu variantu, kurš, pielietojot drošuma, tehniskos un papildus arī ekonomiskos kritērijus, nodrošinās vislabākos EI ekspluatācijas apstākļus, ekonomisko un enerģētisko tehnoloģisko iekārtu funkcionēšanas efektivitāti. Piemēram, optimizācijas principu var pielietot iekārtu izvēlei iepirkumu procedūru realizācijai, ja tiek piedāvātas vairākas drošuma un tehnoloģiskajām prasībām atbilstošas iekārtas, kas atšķiras ar konstrukciju, iegādes un ekspluatācijas izmaksām.

4.2. Izvēle pēc tehniskajiem raksturlielumiem

Pēc tehniskajiem raksturlielumiem elektroiekārta ir izvēlēta pareizi, ja tās darba parametri ir mazāki (lielāki) par attiecīgajiem nominālajiem vai normatīvajiem parametriem. Piemēram, elektromotora jauda uz izejas vārpstu darba režīmā ir mazāka par tā nominālo jaudu, elektrodzinēja tinumu reālā izolācijas pretestība ir lielāka par normatīvo, utt.

4.3. Elektroiekārtu atbilstība elektrodrošības prasībām

Izvēloties elektroiekārtas pie elektroietaišu projektēšanas, remonta vai renovācijas, ir jāņem vērā to atbilstība pastāvošajai likumdošanai no drošības viedokļa. Elektrodrošības uzdevums ir līdz minimumam samazināt bīstamu elektriskās strāvas trieciena vai cita veida apdraudējumu, cilvēkam darbojoties ar elektroiekārtām vai uzturoties to tuvumā. Lai elektroiekārta varētu funkcionēt noteiktā darba vidē, tai jābūt aizsargātai pret vides iedarbību (mitums, putekļi, ķīmiskas vielas u.c.). ES un Latvijā tiek izstrādāti likumdošanas normatīvi (direktīvas, noteikumi, u.c.) un standarti, kas reglamentē elektroiekārtu īpašības, parametrus un konstrukciju tā, lai tās atbilstu ilggadīgas pieredzes rezultātā izstrādātai labai praksei elektrodrošības vai drošumā jomā. Latvijā ir izdoti MK noteikumi Nr. 187 „Iekārtu elektrodrošības noteikumi” (no 30.05.2000 ar grozījumiem turpmākā laika periodā) nosaka elektroiekārtu ar nominālo spriegumu 50 līdz 1000 V maiņstrāvai un 75 līdz 1500 V līdzstrāvai elektrodrošību un

to atbilstību ekspluatācijas apstākļiem, kas ir attiecīgo Eiropas Padomes direktīvu adaptācija Latvijas apstākļiem. Šie noteikumi nosaka elektrodrošības prasības, kas piemērojamas tirgū piedāvātajām elektriskajām un elektroniskajām ierīcēm kopā ar instalācijām, kurās ir elektriskas vai elektroniskas daļas (turpmāk – iekārtas), kā arī nosaka iekārtu atbilstības novērtēšanas un tirgus uzraudzības kārtību un tirgus uzraudzības institūcijas.

Šie noteikumi nosakas šādas vispārējās elektrodrošības prasības elektroiekārtām:

- Iekārtām jābūt projektētām un izgatavotām saskaņā ar labas tehnoloģijas praksi (nozares profesionālo organizāciju ieteikto tehnoloģiju izmantošana ražošanā), lai nodrošinātu šo noteikumu prasību ievērošanu, ja iekārtu izmanto paredzētajiem mērķiem un veic atbilstošu tehnisko apkopi.
- Lai nodrošinātu aizsardzību pret riskiem, ko var radīt elektroiekārta, veicami tehniskie pasākumi, kas garantē:
 - aizsardzību pret iekārtas radītajiem negadījumiem un nodrošina:
 - cilvēku un mājdzīvnieku aizsardzību pret fiziskām traumām vai citu kaitējumu, ko tieši vai netieši var izraisīt iekārtas izmantošana;
 - cilvēku, mājdzīvnieku vai īpašuma aizsardzību pret neelektriskas izcelsmes briesmām, kas laika gaitā var rasties, izmantojot iekārtu;
 - lai nerastos bīstama temperatūra, dzirksteles vai radiācija;
 - iekārtas izolācijas piemērotību paredzētajiem vides apstākļiem.
- Lai nodrošinātu aizsardzību pret riskiem, ko var radīt ārējo apstākļu iedarbība uz iekārtu, veicami tehniskie pasākumi, kas garantē, ka:
 - iekārta atbilst paredzētajām mehāniskajām prasībām un neapdraud cilvēku, mājdzīvnieku vai īpašuma drošību;
 - iekārta ir izturīga pret nemehānisku iedarbību paredzētajos vides apstākļos un neapdraud cilvēku, mājdzīvnieku vai īpašuma drošību;
 - paredzamajos iekārtas darbības pārslodzes apstākļos netiek apdraudēta cilvēku, mājdzīvnieku vai īpašuma drošība.

Saskaņā ar šiem noteikumiem ražotājs sagatavo tehnisko dokumentāciju un atbilstības deklarāciju un marķē iekārtu ar CE marķējumu.

Atbilstības deklarācijā ietverama šāda informācija:

- ražotāja vai tā pilnvarota pārstāvja nosaukums un adrese;
- iekārtas apraksts;
- ražotāja vai tā pilnvarota pārstāvja atbildīgās amatpersonas uzvārds un paraksts;
- precīza, pilnīga un skaidri definēta atsauce uz attiecīgajiem standartiem vai citiem normatīvajiem dokumentiem;
- ja nepieciešams, atsauce uz citiem dokumentiem, saskaņā ar kuriem deklarēta

iekārtas atbilstība;

- tā gada pēdējie divi cipari, kurā attiecīgā iekārta marķēta ar CE marķējumu.

MK noteikumi Nr. 187. neattiecas uz: iekārtām, kas paredzētas lietošanai sprādzienbīstamā vidē, radioloģijas, medicīnas nozarēs, preču un pasažieru liftos, elektroenerģijas skaitītājiem, sadzīves kontaktdakšām un rozetēm, elektriskā lauka mērītājiem, kā arī specializētām iekārtām, kas paredzētas lietošanai kuģos, aviācijā vai uz dzelzceļa, kā arī iekārtām, kurām normatīvajos aktos noteiktas speciālas elektrodrošības prasības. Šie vispārējie principi tiek iestrādāti arī spēkā esošajos standartos, piemēram, elektroietaišu elementu konstrukcija, elektroietaišu ierīkošanas. Eksploatācijas un remonta metodes norādītas Latvijas Elektrotehnikas komisijas (LEK) standartos. Papildus informāciju par prasībām EI eksploatācijas elektrodrošībai skatiet 6. nodaļā.

4.4. Elektroiekārtu aizsardzības korpusu klasifikācija

Elektrotehnisko ietaišu aizsardzības korpusu klasifikācija tiek veikta saskaņā ar starptautiskajiem aizsardzības standartiem CEI 70-1 un IEC 60529.

Korpusa aizsardzības elementi tiek noteikti sekojoši:

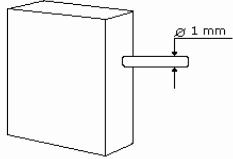
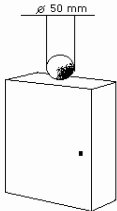
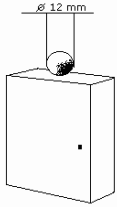
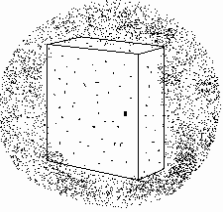
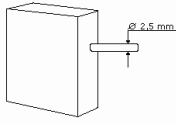
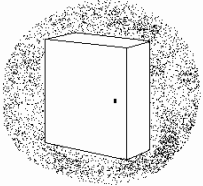
- a1) cilvēku aizsardzība no kontakta vai pieejas pie kustīgiem mehānismiem, kā arī pie elektriskām daļām, kas atrodas zem sprieguma;
- a2) korpusa iekšpusē atrodošos elektrotehnisko materiālu aizsardzība no svešķermeņu iekļūšanas, ieskaitot putekļus, kas var bojāt šos materiālus;
- b) korpusa iekšpusē atrodošos elektrotehnisko materiālu aizsardzība pret bojājumiem, ko var izraisīt mitruma iekļūšana šajā korpusā.

Simbols, kas norāda aizsardzības korpusa pakāpi, tiek apzīmēts ar burtiem IP (iekšējā aizsardzība), pēc kuriem seko divi cipari vai burti, kas apzīmē sekojošo (IEC 60529 standarts):

- aizsardzības apzīmējums ar burtiem – IP;
- pirmais apzīmējuma cipars (0-6 vai burts "X");
- otrais apzīmējuma cipars (0-8 vai burts "X");
- papildus burti (A, B, C, D);
- pret piekļuvi ar roku.

Aiz aizsardzības korpusa apzīmējuma IP sekojošais 1. simbols (cipars) apzīmē cilvēku aizsardzību pret pieskaršanos iekšienē esošām strāvu vadošām daļām, aizsardzību no korpusa iekšpusē esošiem svešķermeņiem, kā arī iekšpusē esošo elektrisko elementu aizsardzību pret putekļu iekļūšanu un 2. simbols (cipars) – korpusa aizsardzību no mitruma. Šo ciparu vērtību paskaidrojums parādīts 4.1. un 4.2. tabulās.

IP klasifikācijas 1. simbols – aizsardzība no svešķermeņiem (cilvēka aizsardzība no pieskāriena)

IP 1. simb.	Korpusa attēls	Paskaidrojums	IP 1. simb.	Korpusa attēls	Paskaidrojums
0		Nav aizsargāts	4		Aizsargāts no darba rīkiem, liela diametra stieplēm u.c.
1		Aizsargāts no svešķermeņiem, kas lielāki par 50 mm un lielām ķermeņa daļām (piemēram, no nejauša kontakta ar delnas aizmugures daļu)			
2		Aizsargāts no svešķermeņiem, kas diametrā lielāki par 12 mm (pirksti)	5		Aizsargāts pret putekļiem
3		Aizsargāts no svešķermeņiem, kas diametrā lielāki par 2,5 mm (instrumenti un kailvadi)	6		Pilnīgi aizsargāts pret putekļiem

Papildus burti (A, B, C, D) apzīmē cilvēku aizsardzības pakāpi no bīstamām iekšējām iekārtas elektriskām vai mehāniskām daļām:

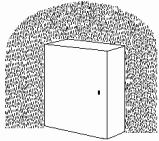
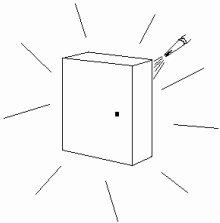
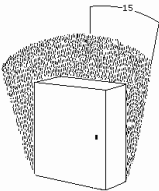
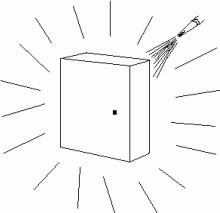
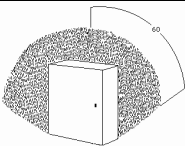
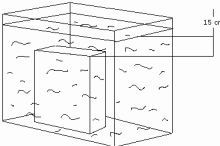
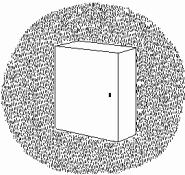
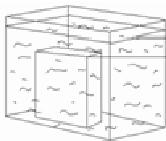
A – pret piekļuvi ar roku;

B - pret piekļuvi ar roku;

C - pret piekļuvi ar instrumentu;

D - pret piekļuvi ar stiepli.

IP klasifikācijas 2. simbols – korpusa aizsardzība no mitruma

IP 2. simb.	Korpusa attēls	Paskaidrojums	IP 2. simb.	Korpusa attēls	Paskaidrojums
0		Nav aizsargāts			
1		Aizsargāts no vertikāli krītošas ūdens plūsmas (kondensāts)	5		
2		Aizsargāts no ūdens plūsmas, krītošas ne vairāk kā 15° leņķī	6		Aizsargāts no stipras ūdens strūklas visos virzienos (tādas kā jūras viļņi)
3		Aizsargāts no ūdens plūsmas, krītošas ne vairāk kā 60° leņķī	7		Aizsargāts no iegremdēšanas efekta līdz 15 cm dziļumam
4		Aizsargāts no ūdens plūsmas visos virzienos	8		Pilnīgi aizsargāts pret iegremdēšanas efektu

Palīgburti (H, N, S, W) apzīmē citu informāciju, piemēram, norāda uz augstsprieguma iekārtām vai īpašiem vides nosacījumiem:

H – augstsprieguma ierīce;

M – ierīce, kas ūdens testa brīdī pārvietojas;

S – ierīce, kas ūdens testa brīdī ir nekustīga;

W – klimatisko apstākļu iedarbība.

Atsevišķas elektroierīces, piemēram, slēdži, devēji, kas izvietoti bieži mazgājamās telpās pārtikas rūpniecībā, tiek pakļautas īpaši smagiem ekspluatācijas apstākļiem, kas izpaužas kā karstas ūdens strūklu iedarbība. Vācijas standarts DIN DIN 40050-9 paplašina augstāk minēto aizsardzības korpusu standartu (IEC 60529) ar augstspiediena mazgāšanas izturīgu aizsardzības korpusu **IP69K** klasi. Šādiem

korpusiem ir jābūt ne tikai putekļu izturīgiem (IP6X), bet jāspēj izturēt arī augstspiediena tīrīšanu ar tvaiku. Tests nosaka, ka pārbaudāmais objekts tiek pakļauts iedarbībai ar ūdens strūklu izsmidzinošas sprauslas iedarbībai, kura laikā tiek padots 80 °C karsts ūdens ar spiedienu 8–10 MPa (80–100 bāri) un plūsmas ražīgumu 14-16 l·min⁻¹. Pārbaudāmā ierīce tiek novietota uz rotējoša (5 agr·min⁻¹) galda 10–15 attālumā no pārbaudās ierīces zem leņķiem 0°, 30°, 60° un 90° ar pārbaudes ilgumu 30 sekundes katram sprauslas leņķim. Tests tiek uzskatīts par sekmīgi izturētu, ja ierīcei nav ārēju bojājumu un tā saglabā savus nominālos parametrus.

4.5. Elektroiekārtu izvēle atbilstoši ekspluatācijas vides apstākļiem

Elektroiekārtu izvēle ietver to atbilstības pārbaudi ekspluatācijas apstākļiem, tai skaitā zonām (telpām), kur ir paaugstināta bīstamība, piemēram, sprādzienbīstamība vai ugunsbīstamība, izejot gan no elektroiekārtu ekspluatācijas viedokļa, gan arī no apkalpojošā personāla drošības viedokļa. Papildus par elektroiekārtu ekspluatāciju no elektrodrošības viedokļa skatiet 6. nodaļā.

4.5.1. Telpu iedalījums atkarībā no elektroietaišu lietošanas apstākļiem

Atkarībā no elektroietaišu lietošanas apstākļiem telpām ir šāds iedalījums:

- sausas telpas, kur relatīvais gaisa mitrums nepārsniedz 60 %, gaisa temperatūra nepārsniedz 30 °C, tehnoloģiskajos procesos nerodas putekļi, nav ķīmiski aktīvas vides;
- mitras telpas, kur tvaiks jeb kondensējošais mitrums izdalās zināmu laiku un nelielos daudzumos, relatīvais gaisa mitrums ir 60–75 %;
- telpas, kurās ir paaugstināts mitrums un kurās relatīvais gaisa mitrums ilgstoši pārsniedz 75 %;
- sevišķi mitras telpas, kur relatīvais gaisa mitrums ir gandrīz 100 % (griesti, sienas, grīda un telpā esošie priekšmeti ir ievērojami mitri);
- karstas telpas, kur gaisa temperatūra ilgstoši pārsniedz 35 °C;
- putekļainas telpas, kur ražošanas procesā izdalās putekļi tādā daudzumā, ka tie pārklāj vadus un iekļūst elektroiekārtās. Putekļi mēdz būt gan strāvu vadoši, gan nevadoši;
- telpas ar ķīmiski aktīvu vidi, kur ražošanas procesā rodas agresīvas gāzes, tvaiki, šķidrums, kas graujoši iedarbojas uz elektroiekārtu izolāciju un strāvu vadošajām daļām;
- sprādzienbīstamas telpas, kur tehnoloģiskajos procesos var rasties sprādzienbīstami degošu gāzu maisījumi, kā arī sprādzienbīstami putekļu vai

šķiedrvielu un gaisa maisījumi.

4.5.2. Sprādzienbīstamās un ugunsbīstamās telpas

Pēc sprādzienbīstamības un ugunsbīstamības ēkas, būves un telpas saskaņā ar būvnormatīviem iedala A, B, C, D un E kategorijā. Procesa sprādzienbīstamības un ugunsbīstamības pakāpi nosaka ēku projektēšanas un ekspluatācijas stadijā un atbilstoši tai izvēlas sprādziendrošas elektroietaisies parametrus. Pieņemot ekspluatācijā sprādzienbīstamā zonā no jauna izbūvētu vai rekonstruētu elektroietaisi, jābūt šādai dokumentācijai:

- elektroietaisies elektroapgādes projektam;
- elektroiekārtas un aparatūras specifikācijai;
- deklarācijai par iekārtu atbilstību noteikumiem par sprādzienbīstamā vidē lietojamām iekārtām un aizsargsistēmām;
- darba vides riska novērtēšanas dokumentācija;
- dokumentācijai par ēkas zibensaizsardzību;
- sprādzienbīstamo zonu īsslēguma strāvu aizsardzības metodes aprēķiniem un protokolam par to pārbaudi;
- dokumentācijai par ventilācijas, signalizācijas ierīču un sprādzienbīstamo gāzu, tvaiku, vielu koncentrācijas kontroles iekārtu uzstādīšanu un pārbaudi;
- pret sprādzienu aizsargātās iekārtas ražotāja montāžas un lietošanas instrukcijām.

4.5.3. Sprādziena un uguns bīstamās zonās izmantojamās iekārtas

Sprādzienbīstamās zonās atļauta tādu elektroietaišu lietošana, kas izgatavotas atbilstoši noteikumiem un piemērojamiem standartiem par sprādzienbīstamā vidē lietojamām iekārtām un ir marķētas ar attiecīgu marķējumu. Latvijā tiek atzītas iekārtas, aizsargsistēmas un ierīces, kuras saskaņā ar noslēgtiem starpvalstu līgumiem un tajos noteikto kārtību tiek atzītas Eiropas Savienības un Eiropas Ekonomikas zonas valstīs. Elektroiekārtas un aizsargsistēmas darbam sprādzienbīstamā vidē izvēlas saskaņā ar sprādzienbīstamās vides īpašībām (uzliesmojošu vielu vai to maisījumu fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām) un risku novērtējumu. Prasības elektroiekārtām un aizsargsistēmām, kuras paredzēts lietot sprādzienbīstamā vidē, nosaka Ministru kabineta noteikumi „N44oteikumi par sprādzienbīstamā vidē lietojamām iekārtām un aizsargsistēmām”, kas izstrādāti pamatojoties uz ES direktīvu 94/9/EC. **Iekārtas** šo noteikumu izpratnē ir mašīnas, aparāti, stacionāras vai mobilas ierīces, vadības sastāvdaļas un ar tām saistīti līdzekļi un detektoru sistēmas vai aizsargsistēmas, kuras atsevišķi vai kopā ir paredzētas materiālu apstrādes enerģijas ražošanai, pārvadīšanai, glabāšanai, mērīšanai, kontrolēšanai un pārveidošanai un kuras var izraisīt sprādzienu

savu iespējamo aizdegšanās avotu dēļ. **Aizsargsistēmas** ir tādu ierīču kopums, kas paredzētas brīdināšanai par sprādzienbīstamību un sprādziena apturēšanai (novēršanai, noslāpēšanai) sākumstadijā vai sprādziena izraisītā triecienviļņa spiediena un liesmu izplatīšanās ierobežošanai un kas var būt ievietotas sprādzienbīstamā vidē lietojamās iekārtās vai ražotas atsevišķi kā patstāvīgas darbības sistēmas.

Iekārtas iedala šādās grupās:

pirmā (I) grupa – iekārtas, kas paredzētas lietošanai šahtu apakšzemes daļās un šo šahtu virszemes iekārtas, kurās var rasties raktuvju gāzu un/vai uzliesmojošu putekļu radīti sprādziena draudi;

otrā (II) grupa – iekārtas, kas paredzētas lietošanai citās vietās, kurās var rasties uzliesmojošu vielu gāzu, tvaiku, miglas un/vai putekļu radīti sprādziena draudi. Atkarībā no iekārtu aizsardzības līmeņa paredzētajos lietošanas apstākļos pirmās (I) grupas iekārtas iedala M1 un M2 kategorijā, bet otrās (II) grupas iekārtas – 1., 2. un 3. kategorijā. Ražotājs projektē un izgatavo elektroiekārtas un aizsargsistēmas, ievērojot drošas tehnoloģijas kritērijus, lai aizsargātu tās pret sprādzieniem visā paredzētajā ekspluatācijas laikā. Katru iekārtu un aizsargsistēmu, kas projektēta noteiktai sprādzienbīstamai videi, ražotājs marķē, norādot vismaz šādu informāciju:

- ražotāja nosaukums (vārds, uzvārds) un adrese;
- CE marķējums;
- sērijas vai tipa apzīmējums;
- sērijas numurs, ja tāds ir;
- izgatavošanas gads;
- speciāla zīme par aizsardzību pret sprādzienu – Ex marķējums
- iekārtas grupas un kategorijas simbols;
- II grupas iekārtām burts “G”, ja sprādzienbīstamu vidi rada gāzes, tvaiki vai migla, un burts “D”, ja sprādzienbīstamu vidi rada putekļi;
- informācija, kas attiecas uz iekārtas vai aizsargsistēmas drošu lietošanu, ja nepieciešams.

4.6. Elektrisko mēraparātu izvēle

Lai izvēlētos mēraparātus mērījumu un diagnosticēšanas veikšanai, ir nepieciešams pārliecināties, vai tie ir piemēroti darba vides apstākļiem, piemēram, temperatūrai, mitrumam, vibrācijām, elektromagnētisku lauku iedarbībai, u.c.

Ražotājs norāda klimatisko, mehānisko un elektromagnētisko vidi, kurā ir paredzēts lietot mērīšanas līdzekli, kā arī energoapgādes avota jaudu un citus ietekmējošos lielumus, kas varētu ietekmēt mērījumu precizitāti, kas noteikta

normatīvajos aktos par metroloģiskajām prasībām konkrētam mērīšanas līdzeklim.

Klimatiskā vide - ražotājs norāda augšējās un apakšējās temperatūras robežvērtības atbilstoši 4.3. tabulā noteiktajam, ja normatīvajos aktos par metroloģiskajām prasībām konkrētam mērīšanas līdzeklim nav noteikts citādi, norāda, vai mērīšanas līdzeklis ir konstruēts darbam vidē ar kondensācijas mitrumu vai bez tā, norāda mērīšanas līdzekļa paredzēto darbības vietu (telpās vai ārpus tām).

4.3. tabula

Mērinstrumentu klimatiskās vides temperatūras robeždiapazons

Augšējā temperatūras robeža	+ 30 °C	+ 40 °C	+ 55 °C	+ 70 °C
Apakšējā temperatūras robeža	+ 5 °C	- 10 °C	- 25 °C	- 40 °C

Mehānisko vidi iedala šādās klasēs atkarībā no iespējamo ietekmējošo lielumu (vibrācijas un mehānisko triecienu) intensitātes:

M1 klasi piemēro mērīšanas līdzekļiem, kurus lieto vietās ar zemas intensitātes vibrācijas un trieciena iedarbību;

M2 klasi piemēro mērīšanas līdzekļiem, kurus lieto vietās ar ievērojamu vai augsta līmeņa vibrācijas un trieciena iedarbību;

M3 klasi piemēro mērīšanas līdzekļiem, kurus lieto vietās ar augsta un ļoti augsta līmeņa vibrācijas un trieciena iedarbību.

Elektromagnētisko vidi iedala šādās klasēs atkarībā no ietekmējošā lieluma:

E1 klasi piemēro mērīšanas līdzekļiem, kurus lieto vietās ar elektromagnētiskiem traucējumiem, kas ir sastopami dzīvojamās, komerciālās un vieglās rūpniecības ēkās;

E2 klasi piemēro mērīšanas līdzekļiem, kurus lieto vietās ar elektromagnētiskiem traucējumiem, kas ir sastopami rūpniecības ēkās, kas nav vieglās rūpniecības ēkas;

E3 klasi piemēro mērīšanas līdzekļiem, kuriem par energoapgādes avotu izmanto transportlīdzekļa akumulatoru. Tiem jāatbilst E2 klases prasībām un noteiktām papildu prasībām, kas saistītas ar iespējamo sprieguma pazemināšanos, ko rada iekšdedzes dzinēja startera ķēde un pārejas procesi transportlīdzekļa elektriskajā sistēmā.

4.7. Elektroietaišu elementu izvēle no silšanas viedokļa

Projektējot, ekspluatējot un remontējot jāveic tehniskie un tehniski ekonomiskie aprēķini. Normālā darba režīmā strāvas ietaises vai elektroapgādes sistēmas elementos

ir atkarīgas no ietaises jaudas vai no pieslēgto patērētāju jaudām, kas ir laikā mainīgs lielums, jo mainās gan patērētāju noslodze, gan arī to skaits. Pamatprincips tehniskajiem aprēķiniem elektriskajās sistēmās ir slodžu analīze un elementu aprēķini bezzatteices darbības nodrošināšanai smagākajos ekspluatācijas apstākļos (piemēram, avārijas režīmos).

Lai pareizi izvēlētos elektroietaisi vai tās elementu, nepieciešams zināt tās pieļaujamo robežtemperatūru, jaudu un slodzes režīmu. Robežtemperatūras sasniegšanas ātrumu ietekmē elektroietaisies dzesēšanas apstākļi, tāpēc jānodrošina, lai elektroietaise tiktu izvēlēta atbilstoši paredzamajai ekspluatācijas vides temperatūrai, dzesēšanas apstākļiem un pieslēgto patērētāju jaudām un darba režīmiem.

4.7.1. Elektroietaišu darba režīmi

Izejot no patērētāja darbības rakstura, izšķir trīs ekspluatācijas režīmus.

Ilgstošais darbības režīms - elektroietaise vai tās elements dotajos dzesēšanas apstākļos pēc zināma darbības laika sasniedz noteiktu temperatūru, kura paliek nemainīga visu tālāko darbības laiku. Ja patērētāja jauda nepārsniedz nominālo, tad temperatūra normālos dzesēšanas apstākļos nepārsniedz noteikto normatīvo robežtemperatūru.

Īslaicīgais darbības režīms - elektroietaisies vai tās elementa temperatūra līdz atslēgšanas brīdim nesasniedz nemainīgu vērtību, bet pēc atslēgšanas atdziest līdz sākotnējai temperatūrai (4.1. att. b).

Atkārtotais īslaicīgais darbības režīms - elektroietaisies vai tās elementa temperatūra līdz atslēgšanas brīdim nesasniedz nemainīgu vērtību, bet līdz jaunai ieslēgšanai vēl nav atdzisusi līdz sākotnējai temperatūrai, pie kam darba un atslēgšanas ciklu summārais ilgums nepārsniedz 10 minūtes.

4.7.2. Uzstādītā, nominālā un aprēķina jauda

Par uzstādīto jaudu sauc patērētāja pasē uzrādīto jeb **nominālo jaudu**.

To jaudu, kuru elektriskās enerģijas patērētājs faktiski patērē no barojošā tīkla, sauc par **pieprasīto jaudu**.

Tā kā patērētāja, īpaši elektrodzinēju, jauda tehnoloģiskajā procesā bieži mainās, rodas grūtības vadu šķērsriezumu izvēlē. Tādēļ vada šķērsriezumu izvēlas pēc aprēķina (aplēses) jaudas nevis pēc pieprasītās jaudas.

Par **aprēķina (aplēses) jaudu** sauc tādu pieņemtu nemainīgu jaudu, kad ilgstošā darba režīmā elektroapgādes elementos izdalās tāds pats siltuma daudzums kā pie mainīgas slodzes. Aprēķina (aplēses) jaudu izmanto visu elektrisko tīklu aprēķināšanai un aprēķina (aplēses) strāvas noteikšanai.

Ja ir zināms strāvas izmaiņas likums laikā, tad aplēses (aprēķina) strāvu aizstāj ar vidējo strāvu. Ja elektropatērētāja slodzes izmaiņas likumsakarības nav zināmas, tad elementu noslodzes precizēšanai izmanto slodžu grafikus. Normālā darba režīmā strāvas elektroapgādes sistēmas elementos ir atkarīgas no pieslēgtās patērētāju jaudas, kas ir laikā mainīgs lielums, jo mainās gan patērētāju noslodze, gan arī to skaits. Ražošanā iesaistīto elektropatērētāju skaitu un to noslodzi galvenokārt nosaka ražošanas tehnoloģija, savukārt apgaismes elektropatērētāju skaitu - saules stāvoklis attiecībā pret zenītu un laika apstākļi.

4.7.3. Vadu un kabeļu izvēle

Elektroiekārtu ekspluatācijas procesā nākas nomainīt nolietoto, bojāto vai renovējamo elektrolīniju posmus. No pareizas vadu un kabeļu izvēles ir atkarīga elektroietaišu elektrodrošība, drošums, elektroenerģijas kvalitāte, tās zudumi un ekspluatācijas izdevumi. Nomainot esošās gaisvadu līnijas jāizvēlas līniju veids, jānosaka nepieciešamie vadītāju šķērsriezuma laukumi un jāveic kailvadu, piekarkabeļu vai kabeļu līniju izbūves un ekspluatācijas izmaksu aprēķini. Parasti līniju izbūvei par pamatu ņem pārvadāmo slodžu vērtības, kas visprecīzāk iegūstamas no esošajiem slodžu grafikiem, izmantojot slodžu aprēķina metodes. Pārvadāmo slodžu aprēķinos jāņem vērā arī tuvākajā perspektīvā (vismaz 10 gadiem) palielināmās slodžu vērtības.

Vadu un kabeļu izvēle no **silšanas viedokļa**. Apkopojot teorētisko aprēķinu rezultātus un praktisko mērījumu datus, dažādām vadu markām un šķērsriezumiem ir sastādītas tabulas, pieņemot, ka apkārtējās vides temperatūra ir 25°C.

Ja apkārtējās vides temperatūra ir T'_a , vada pieļaujamā temperatūra T' ; un dzesēšanas apstākļi nemainās, tad pieļaujamo strāvu I'_v , zinot vada pieļaujamo strāvu I , temperatūrā T_v un apkārtējās vides temperatūrā T_a , var aprēķināt šādi:

$$I'_v = I \sqrt{\frac{T'_v - T'_a}{T_v - T_a}}. \quad (4.3)$$

Pieaugot vada diametram d , pieļaujamās strāvas blīvums samazinās, jo vada šķērsriezums pieaug tieši proporcionāli diametra otrajai pakāpei, bet dzesējošās virsmas laukums - tieši proporcionāli diametram. No dzesēšanas viedokļa viena vada vietā izdevīgāk lietot vairākus vadus ar mazāku diametru. Ilgstoši pieļaujamās strāvas dažādiem dzīslas šķērsriezumiem var skatīt 4.4. tabulā.

Ilgstoši pieļaujamās strāvas uz vadu dzīslas šķērs griezuma laukumu

Ilgstoši pieļaujamā strāva uz dzīslas šķērs griezumu						
Šķērs griezums mm ²	Strāva (A)		Vienfāzu JAUDA (kW)		Trīsfāzu JAUDA (kW)	
	AL	Cu	AL	Cu	AL	Cu
0.75	2	3.7	0.4	0.8	1.3	2.4
1	2.6	4.9	0.6	1.0	1.7	3.2
1.5	4	7.4	0.8	1.6	2.6	4.8
2.5	6.6	12.2	1.4	2.7	4.4	8.1
4	10.6	19.6	2.3	4.3	7.0	12.9
6	16.0	29.4	3.5	6.5	10.5	19.4
10	26.6	49.0	5.8	10.8	17.6	32.3
16	42.5	78.4	9.3	17.2	28.1	51.7
25	50	92	11	20	33	61
35	70	129	15	28	46	85
50	100	184	22	40	66	121
70	140	258	30	56	92	170
95	190	350	42	77	125	230
120	240	442	52	97	158	292
150	300	552	66	121	198	365
185	370	681	81	150	244	450

Kabeļiem ar spriegumu līdz 1000 V termiskā noturība jāpārbauda tikai tad, ja dzīslas izolācija ir no plastmasas. Kabeļiem ar konstruktīvo spriegumu 6 kV – 20 kV termiskā noturība pie īsslēguma strāvām jāpārbauda:

- atsevišķam kabelim ar nemainīgu dzīslu šķērs griezumu īsslēguma strāvai kabeļa sākumā;
- atsevišķam kabelim īsslēguma strāvai katra posma sākumā, ja posmi ir ar dažādu dzīslu šķērs griezumu;
- diviem un vairāk paralēli saslēgtiem kabeļiem īsslēguma strāvām paralēli slēgto kabeļu posma beigās (caurejošā strāva).

Precīzākus datus katrai konkrētai kabeļa markai var atrast izgatavotāja rūpnīcas instrukcijās. Izolēto vadu siltuma atdeve ir mazāka salīdzinot ar kailvadiem. Izolēto vadu pieļaujamā sasilšanas temperatūra ir atkarīga no vada vai kabeļa izolācijas pieļaujamās sasilšanas temperatūras.

5. ELEKTROIEKĀRTU UZTURĒŠANA EKSPLUATĀCIJAS PROCESĀ

Elektroiekārtu ekspluatācijas procesā elektrotehniskais personāls veic darbības, kuras ir vērstas uz elektrosistēmas, elektroietaišu un elektroiekārtu darbaspējas atjaunošanu un drošuma uzturēšanu nepieciešamajā līmenī. Viena no šādām darbībām ir elektroietaišu tehniskā diagnosticēšana, pārbaudes un mērījumi.

5. 1. Elektroiekārtu tehniskā diagnosticēšana un pārbaudes

Elektroiekārtu darba mūžs lielā mērā ir atkarīgs no savlaicīgas bojājumu atklāšanas. Šai nolūkā plaši tiek izmantoti dažādi EI diagnosticēšanas paņēmieni. Elektroietaišu diagnosticēšanas sistēmas vispārējā gadījumā atkarībā no to uzdevuma var iedalīt šādi:

- Plānoti-profilaktiskās diagnosticēšanas sistēmas;
- Diferenciālās diagnosticēšanas sistēmas;
- Funkcionālās diagnosticēšanas sistēmas;
- Prognozējošās diagnosticēšanas sistēmas.

Plānoti-profilaktiskās diagnosticēšanas sistēmas tiek realizētas, lai iegūtu regulāru vispārēju informāciju par elektroiekārtas tehnisko stāvokli. Tas paredzēts vienkāršāko defektu diagnosticēšanai ar vispārējas nozīmes mērinstrumentu palīdzību un to veic apkalpojošais personāls EI regulārajās apskatēs un apkopēs. Atklātie bojājumi tiek reģistrēti un izmantoti elektroiekārtu uzturēšanai darbu veikšanai. **Diferenciālās** diagnosticēšanas sistēmas veic speciālisti, lai iegūtu vispusīgu informāciju par EI tehnisko stāvokli. Rezultāti tiek ierakstīti defektēšanas lapās un tiek izmantoti turpmāko remontu plānošanai. **Funkcionālās** diagnosticēšanas sistēmas tiek veiktas, lai pārbaudītu elektroiekārtas darbību kopā ar saistītajām (aprīkotajām) tehnoloģiskajām iekārtām. Šādu diagnosticēšanu veic pēc elektroiekārtu vai tehnoloģisko iekārtu nomaiņas, remonta vai regulēšanas. Prognozējošās diagnosticēšanas sistēmas paredzētas, lai noskaidrotu elektroiekārtas vai tās sastāvdaļu atlikušo resursu vai resursu līdzi remontam. Prognozējamo remonta termiņu parasti nosaka kā kritiskā parametra (gultņu spēle, izolācijas pretestība, u.c.) pieauguma (laikā) interpolācijas līknes krustpunktu ar parametra kritisko (pieļaujamo) līmeni un nosakot šī krustpunkta projekcijas uz laika asi vērtību.

5.1.1. Prasības elektroietaišu pārbaudei un diagnosticēšanai

Elektroietaišu tehnisko diagnosticēšanu, pārbaudes un mērījumus veic saskaņā ar

normatīvu "Elektroietaišu pārbaudes normas", kas ir saistošas ekspluatācijā esošām elektroietaisēm, kuras izbūvētas atbilstoši EIN - 85 prasībām. Elektroapgādes ietaišu pārbaužu un mērījumu periodiskumu nosaka arī nozares standarts LEK 002.

Vispārējās normatīvās prasības pārbaužu veikšanai ir šādas:

- Profilaktisko pārbaužu periodiskumu pamatā jāsaista ar elektroietaisa apkopes vai remonta darba periodiskumu.
- Slēdzienu par elektroietaisa derīgumu turpmākai ekspluatācijai izdara ne tikai uz pārbaudes rezultātu salīdzināšanu ar normatīvos noteiktajiem lielumiem, bet arī savstarpēji salīdzinot un analizējot visu iepriekšējā laika periodā veikto pārbaužu rezultātus.
- Pārbaudēs iegūtie rezultāti obligāti jāsalīdzina ar pirmatnējo pārbaužu rezultātiem, kā arī ar analoģu citu elektroiekārtu rezultātiem. Ar pirmatnējiem pārbaudes rezultātiem jāsaprot pārbaužu rezultāti, kuri norādīti elektroietaišu pasēs un izgatavotājrūpnīcas pārbaužu protokolos.
- Gadījumos, kad izgatavotājas rūpnīcas dokumentos pārbaužu rezultāti nav uzrādīti, vai arī iztrūkst dokumentācijas par pirmatnējo pārbaužu rezultātiem, atļauts uzskatīt elektroietaisa pieņemšanas nodošanas laikā veikto pārbaužu rezultātus.
- Ja trūkst arī šie lielumi par pirmatnējiem pārbaužu rezultātiem, tad pieņem rezultātus, kuri iegūti pie visnenāk konstatētās pārbaudes.
- Veicot elektroietaisa remontu vai rekonstrukciju, kuras laikā izgatavotājrūpnīcas noteiktie parametri varēja pilnīgi vai daļēji izmainīties, pārbaudes apjoms jāpaplašina līdz apjomam, kas nodrošina izgatavotājrūpnīcas noteikto pārbaužu rezultātu fiksēšanai. Minētā prasība attiecināma arī uz gadījumiem, kad elektrotīklam tiek pievienotas atsevišķas elektroiekārtas vai elektroietaisa, kuriem izgatavotājrūpnīcas pārbaužu rezultātus nav iespējams konstatēt.
- Veicot elektroiekārtu pārbaudes, priekšroka jādod tām pārbaužu metodēm, kas izpildāmas bez sprieguma atslēgšanas.
- Elektroietaišu izolācijas līmeņa pārbaudes veic ar paaugstināta sprieguma maiņstrāvu (50 Hz). Gadījumos, kad nav pieejama iekārta pārbaudes veikšanai ar maiņstrāvu, pieļaujams elektroiekārtu pārbaudi veikt ar iztaisnotu līdzspriegumu, kura spriegumam jābūt 1,5 reizes lielākam kā maiņspriegumam.
- Elektroiekārtas ar nominālo spriegumu, kas pārsniedz tīkla spriegumu, kuram iekārtas pieslēgtas, atļauts pārbaudīt ar tīkla nominālajam spriegumam atbilstošu paaugstināta sprieguma līmeni.
- Rietumvalstīs ražotās, atbilstošas starptautiskiem standartiem elektroiekārtas,

ja nav īpašas norādes, pārbauda ar paaugstinātu spriegumu 90% apjomā no firmas noteiktā pārbaudes sprieguma.

- Eksploatācijas laikā pārbaudes sprieguma lielumu elektroietaisēm, kurām elektriskā izturība ir zemāka par normās noteikto, nosaka tehniskais vadītājs atkarībā no vietējiem apstākļiem, izolācijas stāvokļa un citiem faktoriem.
- Veicot pārbaudi ar paaugstinātu spriegumu sadales ietaisēs, neatvienojot shēmu no ietaises, pārbaudes sprieguma līmenis jāizvēlas atbilstoši elektroiekārtai ar vismazāko izolācijas līmeni. Šāda pārbaude veicama atsevišķi katrai fāzei, saņemot pārējās fāzes.
- Nosakot pārbaudīto apjomus un periodiskumu elektroiekārtām, kuras nav minētas normatīvos, jāvadās no izgatavotājrūpnīcu dokumentiem.

Visas elektroietaišu pārbaudes veicamas, ievērojot drošības tehnikas noteikumu prasības.

Elektroiekārtu izolācijas pārbaudes un izolācijas eļļas paraugu ņemšanu ķīmiskai analīzei nepieciešams veikt pie apkārtējās vides temperatūras, ne zemākas par +5 °C. Izņēmuma gadījumos ar uzņēmuma tehniskā vadītāja atļauju pieļaujamas izolācijas pārbaudes pie apkārtējās vides temperatūras zemākas par +5 °C. Šajos gadījumos pēc iespējas īsākā laikā jāveic atkārtota pārbaude pie apkārtējās vides temperatūras ne zemākas par +5 °C.

Konkrētas elektroietaisē izolācijas pārbaudes ieteicams veikt pie pēc iespējas vienādas apkārtējās vides temperatūras. Pirms izolācijas pārbaudes uzsākšanas izolācijas materiālu ārējās virsmas jāattīra no putekļiem un netīrumiem. Minētā prasība neattiecas uz gadījumiem, kad izolācijas pārbaude tiek veikta bez sprieguma atvienošanas. Transformatoru, reaktoru un rotējošo mašīnu pārbaudes ar paaugstinātu spriegumu laikā jāpārbauda pēc kārtas katrai neatkarīgā ķēdei vai paralēlam atzarojumam. Veicot pārbaudi, pārbaudes ierīces viens vads pievienojams pārbaudāmā tinuma izvadam, bet otrs - saņemtam korpusam, kuram uz pārbaudes laiku elektriski ir pievienoti pārējo tinumu izvadi.

Gadījumos, kad tinumi ir savienoti stacionāri un to izvadi nav iznesti no korpusa, pārbaude jāveic vienlaicīgi visiem tinumiem. Pārbaudot elektroiekārtas ar paaugstinātu maiņspriegumu, ieteicams pārbaudes iekārtas barošanai izmantot līnijas spriegumu.

Uzsākot pārbaudi ar paaugstinātu spriegumu, līdz 1/3 no pārbaudes sprieguma normatīvā līmeņa sprieguma paaugstināšanas ātrums netiek noteikts. Turpmākā pārbaudes sprieguma paaugstināšana jāveic vienmērīgi ar ātrumu pie kura iespējama vizuāla sprieguma līmeņa kontrole pēc mērāparātu rādījumiem. Sasniedzot normās noteikto sprieguma līmeni, spriegums noturams vienmērīgi visu pārbaudes laiku. Nobeidzot pārbaudi, spriegums vienmērīgi jāsamazina līdz līmenim, kurš vienāds ar

1/3 no pārbaudes sprieguma normatīvā līmeņa un jāatslēdz. Pirms un pēc pārbaudes ar paaugstinātu spriegumu, ieteicams veikt 1 minūti ilgus izolācijas mērījumus ar megaohmmetru. Veicot izolācijas mērījumus, jāņem vērā blakus faktoru iedarbība (temperatūras izmaiņas, netīra, virsma, mēraparātu kļūda u.c.).

Dielektrisko zudumu leņķa tangensa un pārsprieguma novadītāju noplūdes strāvas mērījumi veicami pie pārbaudāmās iekārtas temperatūras +20 °C.

Elektroiekārtu pārbaude ar paaugstinātu spriegumu līdz 1000 V var tikt aizstāta ar 1 minūtes ilgu izolācijas mērījumu, kuru veic ar 2500 V megaohmmetru. Aizstāšana nav pieļaujama gadījumos, kas speciāli atrunāti šo normu nodaļās, kā arī veicot releju aizsardzības un automātikas ķēžu pārbaudes. Mērīšanai un diagnosticēšanai izmantojamās mēriekārtas periodiski ir jāverificē (jākalibrē) Latvijas Nacionālās standartizācijas un metroloģijas centrā vai citās iestādēs, kurām ir attiecīga licence. Kalibrēšanai pakļauto mērīšanas līdzekļu pārbaūžu perioditāti nosaka energoapgādes uzņēmuma tehniskais vadītājs, vadoties no mērījumu nozīmīguma ražošanas tehnoloģiskajā procesā, ievērojot ekspluatācijas apstākļu (vibrācija, augsta temperatūra, kaitīga vides iedarbība utt.) iedarbību uz mērinstrumentiem.

5.1.2. Elektroietaišu līdz 1000 V mērījumu kārtība un periodiskums

Darba drošību zemsprieguma (līdz 1000 V) elektroietaisēs un to drošumu būtiski paaugstina regulāri izolācijas pretestības mērījumi un citi mērījumi, ko veic saskaņā ar pastāvošiem likumdošanas noteikumiem un nozares standartiem. Elektroietaišu mērījumu periodiskumu un kārtību uzņēmumā nosaka atbildīgā persona par elektrosaimniecību. Mērījumus ir tiesīga veikt noteiktā kārtībā Ekonomikas ministrijā reģistrēts specializēts uzņēmums vai sertificēts individuālā darba veicējs. Dažādām elektroietaišu grupām atbilstoši to darbības specifikai ir noteikti šo ietaišu pārbaūžu periodi un reglamentēta parametru pārbaude. Turpmāk doti galvenie diagnosticējamie parametri elektroiekārtām līdz 1000 V.

Apgaismošanas un spēka tīklu instalācijām, pieņemot tās ekspluatācijā un turpmāk vienu reizi sešos gados, jāmēra izolācijas pretestība ar 1000 V megohmmetru. Izolācijas pretestība nedrīkst būt mazāka par 0,5 MΩ. Izolācijas pretestība jāmēra starp katru vadu un zemi, kā arī starp jebkuriem diviem vadiem posmā starp drošinātājiem vai aiz pēdējā drošinātāja. Drošinātājiem jābūt izņemtiem, slēdži ir jāatslēdz. Mērot izolācijas pretestību spēka ķēdēm, jāatslēdz visi strāvas patērētāji, bet apgaismošanas tīklā jābūt izskrūvētām spuldzēm. Mitrā, karstā, ķīmiski agresīvā vidē, kā arī ārējam apgaismojumam, ja ir tā darbībai ir sezonas raksturs, mērījumi jāveic vienu reizi gadā. Avārijas apgaismojuma ieslēgšanas automāta pārbaude jāveic ne retāk kā vienu reizi mēnesī, avārijas apgaismojuma pārbaude, atslēdzot darba apgaismojumu – divas reizes gadā.

Kabeļi, kuru darba spriegums ir līdz 1000 V, pirms pieņemšanas ekspluatācijā un pēc remonta jāpārbauda ar 2500 V megommetru, izolācijas pretestība nedrīkst būt mazāka par 0,5 MΩ. Ekspluatācijas laikā mērījumus veic vienu reizi sešos gados.

Elektrotīklā, kuram pieslēgti elektrodzinēji, spriegumam jābūt 100 –105 % no elektrodzinēja nominālā sprieguma. **Elektrodzinēju** profilaktisko pārbaudi un izolācijas pretestības mērījumu periodiskumu nosaka atbildīgā persona par elektrosaimniecību. Atbildīgu mehānismu elektrodzinējiem – ne retāk kā vienu reizi divos gados. Izolāciju pārbauda ar 1 kV megommetru, pretestība aukstā stāvoklī esošam elektrodzinējam ne mazāka par 1,0 MΩ, karstā stāvoklī (60 °C) – 0,5 MΩ.

Pārvietojamajām elektrometināšanas ietaisēm izolācijas pretestību ieteicams mērīt ne retāk kā vienu reizi gadā. Izolācija jāpārbauda ar 500 V megommetru, tā nedrīkst būt zemāka par 0,5 MΩ. Ja lietošanas instrukcijā norādīts cits pārbaudes termiņš, pārbaude jāveic saskaņā ar lietošanas instrukcijā noteikto termiņu.

Sadales ietaišu elektroiekārtu nominālajiem datiem jāatbilst iespējamajiem darba režīmiem – īsslēguma, pārsprieguma un pārslodžu gadījumiem. Primārajās ķēdēs minimālā pieļaujamā pretestība tiek noteikta atkarībā no darba sprieguma. Pārējām elektroiekārtas daļām, kuras neatrodas zem primārā sprieguma, izolācijas pretestība jāpārbauda vienu reizi sešos gados ar 1000 V megommetru, izolācijas pretestība nedrīkst būt mazāka par 0,5 MΩ.

Rokas elektroinstrumentu izolācijas pretestības mērījumus ieteicams veikt divas reizes gadā, kā arī pēc elektroinstrumentu remonta ar 500 V megommetru. Izolācijas pretestība nedrīkst būt mazāka par 2 MΩ. Ja lietošanas instrukcijā norādīts citādi, pārbaude jāveic saskaņā ar lietošanas instrukcijā noteikto termiņu.

5.2. Elektroietaišu uzturēšanas sistēmas izvēle

Elektroiekārtu uzturēšanas sistēma var bāzēties uz vienu no trīs pamatprincipiem:

- pēcatteikuma princips,
- pēcapskates princips,
- plānoti-profilaktisko apkopju princips.

Pēcatteikuma princips bāzējas uz nostādni, ka elektroiekārta strādā līdz bojājumam vai atteikumam un pēc tam notiek tās darbaspēju atjaunošana vai iekārtas likvidēšana. Šis princips pilnībā ir pielietojams neremontējamām elektroiekārtām (iekārtu elementiem), piemēram, kustošiem drošinātājiem, apgaismojuma spuldzēm. Daļēji šo principu izmanto arī mazāk atbildīgiem patērētājiem, kas būtiski neietekmē kopējo elektroapgādes drošumu, piemēram, mājsaimniecības elektroiekārtām, kad veic apkopes un/vai remontu tikai pēc ierīces bojājuma vai atteices. Arī elektroapgādes

sistēmās nereti nākas novērst pēcavārijas dabas stihiju (vētru) sekas, kad palielināta slodze uz apgādes līniju elementiem izsauc palielinātu bojājumu skaitu.

Pēcapskates princips bāzējas uz apkopēm vai remontiem, kas tiek plānoti izejot no elektroiekārtas apskates vai diagnosticējošiem mērījumu rezultātiem. Šī principa priekšrocība salīdzinājumā ar pēcatteikuma principu ir lielāks elektrosistēmu drošības līmenis. Šo principu plaši pielieto elektrosistēmu uzturēšanā, piemēram, veicot elektroapgādes sistēmu speciālistu apskates un iegūto informāciju izmantojot apkopju/remontu plānu izstrādāšanā.

Plānoti-profilaktisko apkopju princips pamatojas uz regulārām elektroietaišu apkopēm ar noteiktu perioditāti, kas izstrādāta pamatojoties uz ilggadīgu pieredzi vai izejot no vajadzīgā drošuma līmeņa uzturēšanas nepieciešamības. Šī sistēma tiek visplašāk izplatīta energoapgādes sistēmu ekspluatācijā, jo nodrošina nepārtrauktu elektroietaišu darbaspēju uzturēšanu un atjaunošanu.

Plānoti-profilaktisko apkopju perioditāte elektroapgādes sistēmā tiek noteikta ar nozares standarta (LEK 002) un energouzņēmumu instrukciju palīdzību, pie kam prioritāte ir nozares standarta ievērošanai, bet energouzņēmumu instrukcijās norādītās apkopju un apskašu perioditātes var tikt palielinātas izejot no vietējiem apstākļiem.

Atsevišķu patērētāju elektroiekārtu uzturēšanā arī tiek izmantots plānoti-profilaktisko apkopju princips, ja tiek ievērota rūpnīcas instrukcijās norādītā apskašu un apkopju perioditāte. Apkopju perioditāti var noteikt kā pēc kalendārā laika, tā arī pēc reglamentētā laika, t.i., izejot no iekārtas reālās izstrādes laika (nostrādes ciklu skaita) kritērijiem. Parasti sarežģītām un dārgām elektroiekārtām, piemēram, ģeneratori, elektrodzināji, transformatori, jaudas slēdži u.c., ir ekonomiski izdevīgi maksimāli paildināt to kalpošanas laiku, jo tiešam nodilumam (tai skaitā elektroerozijai) pakļauto detaļu īpatsvars salīdzinot ar iekārtas masu ir relatīvi neliels. Elektroiekārtu profilaktiskā apkopes, tām regulāri atkārtojoties, novērš nelielus bojājumus un uztur iekārtu darba kārtībā bez tās izjaukšanas. Tekošie remontu notiek ar daļēju iekārtas izjaukšanu tie tiek veikti regulāri un parasti tie notiek pēc vairāku profilaktisko apkopju (3...5 apkopes) izpildes. Elektroiekārtu kapitālie remontu notiek pilnīgi izjaucot iekārtas un parasti tie tiek veikti regulāri ik pēc vairāku tekošo remontu (3...5 tekošie remontu) veikšanas. Laika periodu starp diviem kapitālajiem remontiem sauc par **remonta ciklu**. Pēc kapitālā (atjaunošanas, kompleksā) remonta veikšanas elektroietasei, atkarībā no iekārtas nolietojuma pakāpes un remontu kvalitātes, tiek daļēji vai gandrīz pilnīgi atjaunots tās resurss.

5.3. Elektroapgādes sistēmu ekspluatācija

Elektroapgādes sistēmu drošumam ir jābūt lielākam salīdzinot ar patērētāju elektroiekārtu drošuma līmeni, tāpēc elektroapgādes sistēmu apkopju un remontu perioditāte tiek noteikta nozares standartā LEK 002 un energoapgādes uzņēmumu vietējās instrukcijās. Vietējās instrukcijas energoapgādes uzņēmumā tiek izdotas, lai ievērotu lokālo energoapgādes sistēmu stāvokli, to nolietojumā pakāpi un ekspluatācijas īpatnības. Vietējās instrukcijās noteiktā EI apskāšu un apkopju (remontu) perioditāte nedrīkst būt retāka par valsts likumdošanā un nozares standartā LEK noteikto perioditāti. Sadales tīkla elektroiekārtu apkalpošana ietver periodiski veicamus tīkla elementu novērtēšanas un uzraudzības pasākumus, kā arī pasākumus tīkla darbības nodrošināšanai starpremontu periodā un remontdarbu plānošanai.

5.3.1. Elektropārvades līniju apskates un remonts

Kā galvenie elektropārvades līniju (EPL) apkalpošanas darbi uzskatāmas periodiskās apskates un to laikā veicamie sakārtošanas darbi un nepieciešamie mērījumi, profilaktiskās pārbaudes, kā arī pasākumi elektroapgādes objekta darbības nodrošināšanai starpremontu periodā un remontdarbu plānošanai.

Elektropārvades līniju (EPL) periodiskās apskates ir:

- plānotās apskates, veic nodaļas meistari, elektrotehniķi, elektromontieri saskaņā ar plānu, nolūkā atklāt ekspluatācijas laikā radušos sadales tīkla defektus;
- pirms remonta (defektēšanas) apskates, ko veic speciālisti (nodaļas meistari) saskaņā ar plānu un to laikā tiek novērtēti elektrotīkla elementi nākošā gada remontu plāna detalizētai sastādīšanai;
- darbu pieņemšanas apskates, ko veic speciālisti pēc remonta darbu pabeigšanas;

Elektropārvades līniju periodiskās apskates jāveic saskaņā ar apstiprināto ilgtermiņa apkalpošanas plānu, izstrādātiem un apstiprinātiem gada plāniem.

Elektropārvades līniju ārpuskārtas apskates ir:

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

Ārpuskārtas apskāšu nepieciešamību un apjomu nosaka tīklu reģiona tehniskais vadītājs. GVL apskāšu laikā atklāti defekti jāatzīmē apskates lapās. Defekti, kuru novēršanu nevar atlikt līdz līnijas plānotajam remontam, jāieraksta defektu žurnālā vai

datorā, norādot to novēršanas termiņus. Bīstamie defekti jānovērš iespējami īsā laikā.

Orientējošs GVL bīstamo defektu saraksts dots turpmāk:

- acīm redzams stiprs balsta puvums vai balsts ir aizlūzis;
- balsts izsvēries vai karājas vadus;
- bojātas vai vaļīgas balsta stiprinājuma skavas un stieple bandāžas;
- trūcis vads vai atsevišķas stieples (virs pieļauj. normas); vads guļ uz kāša;
- izkritis kāsis;
- izolators karājas vadus;
- dzirksteļo kontakti (acīm redzami); kontaktu pārkaršanas pazīmes (pēdas);
- vadu nokare pārsniedz pieļaujamo, nevienmērīga vadu nokare, kas var novest pie vadu saskaršanās, savīšanās;
- uzmetumi uz līnijas vadiem;
- bojāti vai neatbilstoši drošinātāji;
- bojāti izolatori;
- bojāti cauruļizlādņi;
- redzams bojājums sazemējošā vada savienojuma vietā ar zemētāju;
- komutācijas aparātu piedziņas nav noslēgtas vai to atslēgas bojātas;
- GVL elementiem nav operatīvo apzīmējumu vai tie ir nepareizi;
- Attālums (gabarīts) līdz zemei vai līdz citai inženierbūvei ir acīm redzami mazāks par pieļaujamo.

Arī kabeļlīnijām un sadales / transformatoru punktiem ir izstrādāti orientējoši bīstamo defektu saraksti, kuros ietverti defekti, kas būtiski palielina īsslēguma, strāvas noplūdes iespējamību vai palielina bīstamības risku iedzīvotājiem, apkalpojošam personālam un videi.

Apskašu laikā jānovērš tie defekti, kas rada tiešus draudus cilvēku veselībai vai dzīvībai, ja šāda defektu novēršana nav pretrunā ar LEK-025 norādītajām elektrodrošības prasībām.

Bīstamie defekti, kuru novēršanu nevar atlikt līdz plānotajam remontam un nav iespējams novērst nekavējoši, jāreģistrē defektu žurnālā, jānorāda tā novēršanas termiņš un atbildīgā persona, bet pēc defekta novēršanas jāizdara atzīme par defekta novēršanu, norādot faktisko defekta novēršanas laiku.

5.3.2. GVL balstu remonts

Balstu taisnošanu izdara, ja to noliece pārsniedz normās pieļauto. Taisnojamo balstu atrok pretējā pusē novirzei 50 - 60% dziļumā. Taisnošanu izdara ar speciāliem domkratiem vai mehānismiem. Iztaisnoto balstu bedres aizber un noblietē.

Ziemeļaustrumu un Austrumu elektriskos tīklos un citur tiek pielietotas racionalizatoru izgatavotās pārnēsājamas balstu taisnošanas ierīces. Ierīci darbina

hidraulisks rokas sūknis. Ierīces svars 12 kg, tā attīsta 1,2 T spēku, darba ražīgums 10 - 15 balstu stundā. Ierīci apkalpo 2 cilvēki.

Balstu nomainot, jānovērtē tā mehāniskā izturība, it īpaši, tā izturības pietiekamība montierim paceļoties balstā.

Nomaināmo balstu pārbauda ar speciālu pārbaudes ierīci un klauvēšanu. Veicot balsta ārējo apskati pārbauda vai nav redzamas puves pēdas. Par nedrošu uzskata balstu:

- ja tā puve pie zemes radiālā virzienā sasniegusi 2 cm dziļumu balstam ar diametru $D = 20 - 25$ cm, 3 cm balstam ar diametru $D = 25 - 30$ cm vai 4 cm balstam $D > 30$ cm;
- ja ārējā apskatē konstatētas puves pēdas balsta vidū vai augšgalā;
- ja ir iekšējs koksnes puves (klauvējot dzirdama mīksta vai dobja tukšuma skaņa);
- ja, šūpojot balsta augšdaļu ar balsta ceļamo dakšu, dzirdami lūzuma trokšņi;
- ja balstam ir mehāniskie bojājumi.

Ja balstam minēto pazīmju nav, var atbrīvot vadus. Tad atbrīvo balstu, ja nepieciešams, no pastaba un nogāž. Ja brigādē ir ceļšanas mehānisms vai autokrāns, tad balstu atrok 60 % dziļumā un izceļ ar mehānismu. Jaunam balstam pievieno pastabu un ieceļ vecā balsta vietā. Balstu nostiprina un vadus piesien izolatoriem. Ja puvušais balsts vidū un augšējā daļā vesels, bet jauno balstu līdzās nevar piecelt, atļauts pacelties vecajā balstā, lai atbrīvotu vadus un izskrūvētu kāšus, šajā gadījumā balstu papildus nostiprina ar vismaz trīs pagaidu atsaitēm. Atsaišu cilpas balstā paceļ divas trešdaļas no balsta augstumā un savelk. Atsaišu enkurus nostiprina zemē. Atsaites nedrīkst būt stāvākas par 45° . Līniju pastabu (20 un 0,4 kV) izraušanai izmanto arī speciālas uz riteņtraktoriem montētas ierīces.

Koka balstu saskares zona ar zemi un savienojumu vietas pakļautas pastiprinātai antiseptiķa izskalošanai un pūšanai, tādēļ šīs vietas ir papildus aizsargā.

Labākais paņēmiens balstu un zemes saskares joslu papildus aizsargāšanai ekspluatācijas gaitā ir antiseptisku bandāžu uzlikšana. Bandāžām lieto donalīta UAP pastu, 1 m² virsmai uzliežot 400 - 500 g pastas. Bandāžas gatavo no pergāmīna, ruberoīda, jumta papes (parasti 15 cm platu lente) vai cita ūdeni necaurlaidīga materiāla. Balstu atrok 50 cm dziļumā, ar metāla suku notīra zemes paliekas un puvi un 3 - 4 mm biežā kārtā uzliež pastu. Aizsargā joslu 20 cm virs un 40 cm zem zemes līmeņa. Pēc tam blīvi notin ar lenti, tinot no apakšas uz augšu un pārsedzot tinumu kārtas 3 - 5 cm. Apakšējo un augšējo malu nostiprina ar papes naglām. Ērtāk un ekonomiskāk ir uzlikt darbnīcās jau iepriekš sagatavotas bandāžas. Bandāžas izgatavo no 0,6 x 1,0 m pergāmīna. Pastu uz bandāžas uzlej ar kalibrētu kausu, izlīdzina ar otu un ļauj cietēt 2 stundas. Lai atmosfēras nokrišņi un gruntsūdeņi neizskalotu antiseptiķi

bandāžas augšējo un apakšējo malu ieteicams hermetizēt. Rūpnieciski antiseptētus koka balstus pirmo reizi bandāžē, ja iepuvums ir 5 % no diametra vai pēc 10 - 15 gadiem. Atkārtoti bandāžas uzstāda ik pēc 5 - 8 gadiem. Balstu savienojumu vietas un dziļas plaisas papildus aizsargā, tās aizziežot ar donalīta pastu un notinot ar maisa audeklu, kā arī ar speciālām donalīta DA II patronām. Patronas izgatavo 100 mm garumā un 12,5 mm diametrā. Tās ievieto slīpi no augšas urbtos caurumos. Caurumus urbj balstu šķērsgriezumos, kuri nav bīstami. Pēc patronu ievietošanas caurumus aizbāž ar audekla tamponu, lai tām varētu piekļūt mitrums. Atkārtoti patronas ievieto ik pēc 5 gadiem.

5.3.3. GVL armatūras un vadu pārbaudes un remonts

Izolatori ir svarīgi GVL līniju elementi un tie ir pakļauti spriegumam, mehāniskai slodzei, temperatūras svārstībām, atmosfēras nokrišņiem, komutācijas un atmosfēras pārspriegumiem un noplūdes strāvu iedarbībai. Visbiežāk lieto porcelāna un tehniskā stikla izolatorus. Tehniskā tīkla izolatoru bojājumi ir vieglāk nosakāmi, jo stikls parasti saplīstot sadrūp, kamēr porcelāna izolatoriem var būt slēptas plaisas. Izolatorus raksturo ar dažāda veida pārbaudes spriegumiem: sausās izlādes, slapjizlādes, caursītes un impulsa izlādes spriegumi. Tos raksturojas arī ar graužošo slodzi un noplūdes ceļa garumu. Izolatoru mehāniskās izturības drošības koeficients ir 1,75. Lai tie neizvilktos no kāšiem, tos ir ļoti rūpīgi jāuzskrūvē uz kāšiem, uz kuriem pirms tam ir uztītas ar svinu piesūcinātas pakulas vai uzliktas plastmasas uznavas. Izolatoriem ir šādi galvenie bojājumi:

- mehāniskie izolatoru bojājumi,
- pārklāšanās pēdas,
- netīri izolatori,
- izolatoru armējumu bojājumi, izolatori nocelti no kāšiem,
- vaļīgs izolatoru nostiprinājums uz kāšiem.

Izolatoru pārbaudes veic pie GVL pārbaudēm un tos var novērtēt vizuāli un pārbaudot izolatoru stingrību uz kāšiem, pievadu nosējumu bojājumus, netīru izolatoru samitrināšanos utt., lai novērstu balstu aizdegšanos. Aizdegšanās parasti notiek izolatoru tapu vietās, tāpēc pie montāžas ir svarīgi rūpīgi izpildīt izolatoru tapu ieskrūvēšanu.

Vadu pārbaudes veic pie GVL pārbaudes. Vadu pārbaude notiek novērtējot tos vizuāli: nokari, nostiepumu, sējumus, savienojumus, savstarpējo vadu attālumu, attālumu līdz zemei un objektiem utt. Bojājumi visvairāk rodas stiprinājumu vietās. Pret vadu vibrācijām izmanto aktīvos līdzekļus, kuri samazina vibrāciju, un pasīvos līdzekļus, kuri palielina vada stingrību. Pie aktīviem līdzekļiem var minēt slāpētājus, kurus uzstāda apmēram 1 m attālumā no balsta izolatora, un cilpas slāpētājus, kuru

garums ir apmēram 1 - 1,5 metri. Vadu bojājumi sastāda apmēram 40 % no visiem bojājumu veidiem, pie kam galvenie ir šādi:

- pievadu dzīslu pārrāvumi,
- uzmetumi,
- īsslēgumu pēdas,
- nenormāls nostiepums,
- nenormāls attālums līdz zemei vai objektiem,
- vadu korozija,
- apledojumi,
- dzirksteļošana,
- spaiļu savienotāju defekti,
- vaļīgs vadu nostiprinājums, dubultsējumu bojājumi.

Atklātos bojājumus novērš, atkarībā no defekta bīstamības, neplānoto vai plānoto remontu laikā. Neplānoto remontu laikā tiek novērsti bīstamie defekti.

5.3.4. Kabeļu līniju uzturēšana un remonts

Kabeļu apkope ir vairākas reizes ekonomiskāka par gaisvadu apkopi un remontiem, tāpēc energouzņēmumi savos plānos paredz turpmāk arvien lielāku daļu no līnijām (vispirms līnijas līdz 1000 V) izbūvēt ar kabeļiem. Augstsprieguma un vidējā sprieguma kabeļi tiek izbūvēti pilsētās un vietās, kur tas ir ekonomiski attaisnojams, taču zemsprieguma kabeļu (līdz 1000 V) izbūve pieaug ļoti strauji, pie kam to izmaksām ir tendence izlīdzināties ar gaisvadu līniju izmaksām. Kabeļu plašo lietošanu nosaka vairāki faktori:

- kabeļu līnijas aizņem maz teritorijas, kas ir sevišķi svarīgi pilsētās, kā arī modernu kompakto rūpniecības uzņēmumu celtniecībā un rekonstrukcijā;
- kabeļu līnijām salīdzinājumā ar gaisvadu līnijām ir daudz augstāks darba drošums;
- praktiski nepastāv elektrotehniski ierobežojumi nepieciešamo jaudu plūsmu pārvadīšanai;
- kabeļu līnijām ir vairākas reizes mazāki ekspluatācijas izdevumi un uz tiem praktiski neiedarbojas vētras, apledojumi, putni un transporta tehnika un daudzi citi potenciālo bojājumu avoti.

Liela nozīme kabeļu resursa palielināšanā ir pareiza kabeļu šķērsgriezuma izvēlei, tādējādi samazinot iespējamo pārslodžu varbūtību. Kabeļu līniju ekspluatācijā jāievēro pieļaujamās pārslodzes pēcavāriju režīmā, kas, atkarībā no kabeļu izolācijas veida un dzesēšanas apstākļiem, veida norādītas normatīvos.

Vismazākās pārslodzes ir pieļaujamas polietilēnam, bet lielākās vērtības attiecas uz piesūcinātu papīru. Pēdējā laikā kabeļos tiek pielietots t.s. caursūtais polietilēns,

kam ir palielināta siltumizturība. Konkrētās kabeļa markas slodžu vērtības ir pieejamas ražotāja dokumentācijā. Izvēloties (aprēķinot) kabeļus un tos ekspluatējot jāpievērš uzmanība maksimālai pieļaujamai dzīslu uzsilšanas temperatūrai īsslēguma režīmā, atkarībā no sprieguma, vada materiāla un izolācijas veida.

Pie kabeļu remonta vai nomaiņas ir jāveic tā izolācijas pārbaude ar paaugstinātu spriegumu. Pārbaudes sprieguma vērtības no jauna uzbūvētām kabeļu līnijām (KL) un kabeļu līnijām pēc remonta ir dotas 5.3. tabulā.

Kabeļu ekspluatācijas procesā pamatā jāveic kabeļu līniju apgaitas un kabeļu savienojumu (galu) apskates. Ieraktu elektroapgādes kabeļu līniju pārbaužu un apskašu periodiskums ārējiem tīkliem ir dots 2. pielikumā saskaņā ar nozares standartu LEK 002, taču to sekmīgi var pielietot arī iekšējo (patērētāju) tīklu pārvaldītāji.

Tabula 5.3

Kabeļu izolācijas pārbaudes spriegumi.

Kabeļa izolācijas veids	Konstruktīvais spriegums, kV	Pārbaudes spriegums, ja darba spriegums, kV			Pārbaudes ilgums, min
		6	10	20	
Papīra	6	36 (30)	36 (30)*	-	10
	10		60 (50)	-	
	20			100	
Gumijas	6	12	-	-	5
	10		20	-	
	20			40	
Plastmasas	6	36	-	-	10
	10		60	-	
	20	-	-	100	

* - iekavās pārbaudes spriegumi kabeļu līnijām pēc remonta

Ieraktu kabeļu bojājuma (caursite, īsslēgums utt.) gadījumā tiek veikti šādi darbi:

- bojājumu vietas lokalizācija (atrašana);
- līnijas atslēgšana remontam;
- kabeļa atrakšana (zemē guldāmiem kabeļiem);

- kabeļa diagnosticēšana un defektēšana;
- kabeļa remonts;
- kabeļa pārbaudes mērījumu veikšana;
- kabeļa guldīšana (līnijas darba stāvokļa atjaunošana);
- kabeļa pārbaude pirms tā pieslēgšanas.

Kabeļu pārbaudes spriegumi pēc to remonta var būt mazāki par jaunu kabeļu pārbaudes spriegumiem, skatiet 5.3. tabulu.

5.3.5. Sadales punktu operatīvā un tehniskā apkope

Sadales ietaišu regulārai apkopei un remontiem ir būtiska nozīme elektroapgādes drošuma uzturēšanā. Komplektām (vienā kopējā tilpnē iebūvētām) sadales iekārtām visu sadales ietaišu jaudas slēdžiem, ekspluatācijas pārbaudes un apkopes veic saskaņā ar izgatavotāja instrukcijām, bet pārējiem sadales punktiem un jaudas slēdžiem bez rūpnīcas instrukcijām apkalpošanas perioditāte tiek noteikta LEK 002, sk. 3.pielikumu. Jaudas slēdžiem parasti norādītais apskašu un pārbaužu biežums ir atkarīgs no to nostrāžu (komutāciju) skaita, atslēdzot īsslēgumu un/vai veicot slodzes strāvu atslēgumus. Izolācijas pretestība pilnībā saslēgtām primārām ķēdēm, kas satur organisko materiālu izolācijas elementus, mērot ar 2500 V megommetru, nedrīkst 6 kV - 10 kV iekārtām būt mazāka par 300 MΩ un 20 kV iekārtām mazāka par 1000 MΩ. Sekundārām iekārtām, mērot ar 500 V - 1000 V megommetru, izolācijas pretestība nedrīkst būt mazāka par 1 MΩ.

Ar jaudas slēdži var izmainīt elektriskās shēmas parametrus jebkurā tās darbības režīmā: tukšgaitas, normālā, pārslodzes un avārijas(īsslēguma) režīmā. Jaudas slēdzis parasti ilgstoši strādā nominālā darba režīmā. Visatbildīgākais jaudas slēdža uzdevums ir īsslēguma strāvas atslēgšana, jo īsslēguma režīmā apdraudētas daudzas elektroiekārtas.

Jaudas slēdžus raksturo šādi tehniskie dati: jaudas slēdža un piedziņas tips, uzstādīšanas vieta un veids, polu skaits nominālie parametri. Atkarībā no jaudas slēdža tipa rūpnīca izgatavotāja var uzdot arī dažādus citus datus, kas attiecas uz jaudas slēdža lietojumu, elektriskā loka dzēšanas veidu, piedziņu u.c.

Jaudas slēdžus izvēlas atkarībā no uzstādīšanas veida, tipa, nominālās strāvas, nominālās sprieguma, atslēgšanas jaudas, termiskās un dinamiskās noturības. Pastāv sešu veidu jaudas slēdži:

- lieltilpuma eļļas slēdži;
- maztilpuma eļļas slēdži;
- gaisa slēdži;
- eļļgāzes jaudas slēdži;
- vakuumslēdži;

- elektromagnētiskie jaudas slēdži.

Jaudas slēdžu ārējo apskati bez sprieguma atslēgšanas veic 2 reizes gadā vienlaikus ar sadales ietaises apskati, kā arī pēc īsslēguma atslēgšanas. Jaudas slēdžiem eļļas nomainītu izdarīt, izejot no atslēgto īsslēgumu skaita, piemēram, jaudas slēdžiem BMf - 133, BMf - 10, BMTI – 10 un PU - 206, kuri uzstādīti 10 kV tīklā, eļļas nomainīta jāizdara pēc 5 īsslēgumu atslēgšanās.

Jaudas slēdžiem, kuriem ir uzstādīta strāvas aizsardzība bez aizsardzības reižu skaitītāja, katru atslēgšanos no aizsardzības fiksē tīkla rajona operatīvā un jaudas slēdžu apskates un darbības uzskaites žurnālā.

Apskatē pārlicinās, vai nav bojāti jaudas slēdžu elementi. Jaudas slēdžu apskatē un apkopēs veic šādus pasākumus:

- pārbauda jaudas slēdžu pievienojumu kontaktu temperatūrai (jānovērš silšanas iemesli);
- pārbauda eļļas līmenis tvertnēs, eļļas krāna stāvoklis un pārlicinās, vai nav eļļas sūces;
- ja novēro eļļas noplūdes vai eļļas līmenis ir zem normālā, jaudas slēdži jāatslēdz, bojājumus jānovērš un eļļu jāpapildina līdz normālam līmenim;
- ja maza tilpuma eļļas slēdži eļļas līmenis ir zem līmeņrāža, tad noslogota slēdži atslēgt nedrīkst, jo eļļas daudzums var būt nepietiekams loka dzēšanai;
- apskates gaitā ieklausās, vai slēdža kamerās nav dzirdami trokšņi, sprakšķi, rūkoņa vai citas nenormālas parādības;
- apskatē novērtē arī korozijas bojājumus, apskata zemējumu un tās pievienojumu stāvokli;

Ārējo apskati veic, stāvot pietiekamā attālumā pie barjeras vai kameras sliekšņa.

Pēc paliekošā īsslēguma atslēgšanas pārlicinās, vai slēdžim nav jāizdara revīzija (izviesta eļļa, bojāta izolācija, mehāniski defekti u.c.), jāapskata slēdža stiprinājums, vai tas nav bojāts, jānodrošina nekustīgs slēdža stāvoklis dinamisku spēku iedarbības gadījumā. Vienlaikus ar jaudas slēdži apskatās arī piedziņu. Pārbauda, vai piedziņā nav redzami defekti, kas varētu traucēt tālāko jaudas slēdžu darbību. Atsperu piedziņām pārbauda arī atsperu stāvokli. Pēc īsslēguma atslēgšanas pārbauda, vai piedziņas un jaudas slēdža uzrādītais stāvoklis atbilst faktiskajam stāvoklim. Īpašu vērību apskatē pievērš blokkontaktu stāvoklim un to tīrībai. Ārējā apskatē konstatētos defektus ieraksta defektu žurnālā. Ziemā brīvgaisa sadales ietaišu piedziņas un jaudas slēdžu apsildei ieslēdz sildelementus.

Piedziņas ārējo apskati veic kopā ar jaudas slēdža apskati. Apskatē pārlicinās, vai piedziņā nav redzami ārējie defekti. Atsperu piedziņām apskata spēka atsperes. Īpaša uzmanība jāpievērš detaļu stiprinājumiem. Visām skrūvēm un uzgriežņiem jābūt pievilkti.

Jaudas slēdža revīzijā pārbauda visu piedziņas datu savstarpējo darbību. To izdara, neatvienojot jaudas slēdzi un piedziņas kustīgās detaļas savā starpā. Revīziju un remontu piedziņai var izpildīt tad, kad atslēgts operatīvais spriegums un piedziņa atslēgta. Piedziņu darbina ar roku. Noņem tikai tās daļas, kas traucē apskati (priekšējo vāku). Atsperu piedziņām noņem travēršu, priekšējo aizsargvāku un priekšējo korpusa plāksni. Sevišķi rūpīgi apskatē pārlicinās par sekojošo:

- atslēgšanas mehānismu un detaļas, uz kurām iedarbojās lieli spēki ir darba kārtībā;
- starp kustīgajām daļām nav palielināta berze, jo tā var būt par iemeslu piedziņas nepareizai darbībai;
- piedziņas vārpsta, aizķeres un citas kustīgas brīvi griežas gultņos vai pārvietojas bez aizķeršanās;
- atsperes ir labi nostiprinātas, bez redzama nodiluma pazīmēm;
- blokkontakti un elektriskā montāžas shēma ir darba kārtībā;
- nav bojāti atsperu uzvilkšanas elektrodzinēja gultņi, sukas, kolektori un izolācija.

Ja piedziņai nav vajadzīgs remonts, to eļļo, regulē un pārbauda darbībā. Elektromagnētisko piedziņu pārbauda, ieslēdzot vispirms ar roku, pēc tam ar distances ieslēgšanas mehānismu. Atsperu piedziņu ieslēdz ar roku un pārbauda, vai ieslēdzot ir reduktora zobratu sazobe ar traversu un sazobes pārtraukums ieslēgtā stāvoklī. Nepieciešamības gadījumā piedziņu remontē. Nodilušās un bojātās detaļas jānomaina. Piedziņas mehānismu saliekot jācenšas neizjaukt detaļu secību. Detaļu derīgumu nosaka, mērot to pielaides. Eksploatācijas visvairāk nodilst atbalstu un aizķeru virsmas. Neatbilstošos (nodilušos) atbalstus un aizķeres nomaina pret jauniem. Remonta laikā notīra arī tos piedziņas mezglus, kuri netiek izjaukti. Pēc remonta detaļu virsmas, starp kurām ir berze, ieziež ar ziežvielām. Piedziņu saliek izjaukšanai pretējā secībā. Pēc remonta piedziņu regulē un pārbauda. No piedziņas pareizas ieregulēšanas atkarīga jaudas slēdžu darbība. Regulējot iestāda piedziņas mehānisma detaļu novietojumu dažādos piedziņas darba stāvokļos.

Elegāzes jaudas slēdžos elegāzes (FS6) spiediena pārbaudi un papildināšanu veic šādi.

Spiedienu var pārbaudīt, neatverot priekšējo paneli. Papildināšanu nedrīkst izdarīt darba režīmā Gāzes absolūtajam spiedienam jābūt 3-3,5 bar robežās, t.i, 2-2,5 bāri virs atmosfēras spiediena pie 20 °C. Nominālo strāvu var atslēgt pie atmosfēras spiediena, ja elegāze ir slēdža polos. Atslēgšana ir pilnīgi droša, ja ir kaut neliels virsspiediens. Ja elegāzes temperatūra atšķirīga no 20 °C, spiediena nolasījums jākorģē ar tabulas palīdzību, kurā parādīta spiediena atkarība no temperatūras.

HPA tīkla slēdzim var būt manometrs ar signālkontaktu un indikatoru. Indikatora

zaļā zona atbilst normālam spiedienam, dzeltenā - robeža, kur vēl pieļaujama ekspluatācija. Ja indikators rada sarkano, pils jāremontē rūpnīcā.

Ja manometrs nav pierīkots, pārbaudi izdara ar kontrolmanometru. Spiediena mērījumi jāizdara 1x gadā.

Elegāzes (FS₆) spiediena mērīšanas un gāzes papildināšanas ierīču pieslēgšana.

- Noņem naseguzgriežņus no polu uzpildes uzgaļiem ar speciālu instrumentu, piemēram, ar instrumentu LV 899361-B.
- Atver krānu pie kontrolmanometra pirms tā pievienošanas pola uzgalim. (Slēdžiem bez manometra lietojiet mezglu LV 899361C. Slēdžiem ar manometru lietojiet mezglu LV 899361-D). Pieslēdziet kontrolmanometru slēdža polam.
- Nolasa kontrolspiedienu. Ar tabulas palīdzību to koriģē uz 20 °C. Ja koriģētais lielums ir starp 2,0 un 2,5 bāri, tad atvieno kontrolmanometru, jo gāze šādā gadījumā nav jāpapildina.
- Aizver balona redaktora ventili (kreisā vītne!)
- Aizver uzpildes ventili.
- Atver balona ventili un iegaumējiet manometra nolasījumu. Pilnam balonam aptuveni 70 bāri.
- Atver redaktora ventili līdz izejas manometrs uzrāda 2,5 bāri. Ja rādījums ir ievērojami lielāks, aizver reduktora ventili un izlaiž gāzi caur atvērtu šļūteni.
- Nedaudz atver uzpildes ventili, lai izpūstu gaisu no šļūtenes.
- Pievieno šļūteni mērījumu caurulei.
- Atver mērīšanas caurules krānu.
- Atver uzpildīšanas ventili līdz kontrolmanometrs rāda 2,5 bāri pie 20°C.
- Aizver balona ventili.
- Aizver uzpildīšanas ventili, krānu pie kontrolmanometra.
- Atvieno šļūtenes savienojumu (Ievērojiet piesardzību! Šļūtenē gāzes spiediens ir 2,5 bāri!)

Svirslēdžu pārbaudes un remonts. Svirslēdžus izgatavo strāvai līdz 1000 A un spriegumam līdz 500 V. Svirslēdžu visneizturīgākā vieta ir nažu saskares vieta ar nekustīgām kontaktuvirsmām. Nekustīgo kontaktu virsmām vienmēr jābūt tīrām, jo uz tam veidojoties oksīda slānim vai netīrumiem, rodas papildu pretestība un kontakta virsmas stipri sakarst. Atslēdzot svirslēdži, loks tiek dzēsts, ātri attālinot svirslēdža nažus no nekustīgajiem kontaktiem maksimāli iespējamā attālumā. Atslēdzot lielas strāvas, svirslēdžus novieto zem aizsargapvalka vai iedarbina no attāluma.

Eļļot nažus un nekustīgos kontaktus nav ieteicams, jo, rodoties lokam, smērviela sadeg un piesārņo kontaktu virsmu, kas pasliktina elektrisko kontaktu.

Nažu izgatavošanai lieto elektrolītiskā vara sloksnes. Izgatavoto nažu izmēriem

precīzi jāatbilst aizvietoto nažu izmēriem. Liela nozīme ir svirslēdža visu elementu noregulēšanai. Visiem skrūvju savienojumiem jābūt normāli nospriegotiem. Nedrīkst pieļaut naža sašķiebošanos.

Sevišķa uzmanība jāpievērš svirslēdžu šarnīru savienojumiem, kuri elektrisko ķēdi gan nepārtrauc, bet ieslēgtā svirslēdža stāvoklī veido daļu elektriskās ķēdes, pa kuru plūst strāva. Šarnīru savienojumu galvenais bojājums ir mehāniskais nodilums, kas rada saspiešanas spēka samazināšanos un pastiprinātu silšanu. Ja šarnīri ievērojami sakarst, tad pārbauda to savienojumu saspieduma pakāpi, un to atjauno ar šarnīru pievilkšanu. Šarnīru savienojumu kalpošanas ilgumu var palielināt, regulāri tos attīrot no netīrumiem ar benzīnu vai spirtu un pēc tam ieeļļojot ar tehnisko vazelīnu.

Kontaktori ir slēdži ar elektromagnētisku vadību. Kontaktorus lieto līdzstrāvas un mainstrāvas ķēdēs un slēdz shēmās, kas nodrošina to vadību no distances vai automātiski. Kontaktori elektriskās strāvas ķēdē tikai saslēdz vai pārtrauc, bet neaizsargā to pret nenormālu darba režīmu.

Ieslēdzot kontaktoru, strāva plūst pa spoli, kuras serdei tiek pievilks enkurs. Enkurs pagriež ar to savienotu asi, noslēdz galvenos kontaktus un līdz ar to elektrisko ķēdi. Elektrisko loku kontaktorus dzēs loku dzēšanas kamerās, kuras izgatavo no siltumizturīga izolācijas materiāla.

Pirms kontaktora remonta jāapskata visas tā pamatdaļas, lai noteiktu, kādas detaļas jāapmaina vai jāatjauno. Daudzas detaļas ir grūti remontēt, tādēļ ekonomiski izdevīgāk tos apmainīt pret jaunām, piemēram, nodilušas vai bojātas plastmasas detaļas. Remontējot kontaktorus, vispirms atjauno to kontaktus. Rūpīga kontaktu apkope un savlaicīgs remonts paildzina to kalpošanas laiku. Kontaktu virsmas remontu veic tāpat kā svirslēdžu, nažu un nekustīgo kontaktu remontu.

Ja kontaktu virsma pārklāta ar sudraba kārtu, tad tīrīt to ar vīli nav ieteicams.

Pēc kontaktu nomaiņas tie jānoregulē un ar dinamometru jāpārbauda galveno kontaktu spiediens un kontaktēšanās laukums. Ja kontaktēšanās virsma ir mazāka par 25 %, tad kontaktu brāķē. Kontaktēšanās laukumu var ieregulēt centrējot kontaktu plāksni ar pirmo kontaktu grupu attiecībā pret pretējo kontaktu grupu. Pārbaudi veic viena kontakta virsmu ieziežot ar krāsu, ieslēdzot-izslēdzot slēdži un pēc krasas nospieduma uz otra kontakta nosakot saskares virsmas laukumu. Pie normāla regulējuma kontaktu saskares laukums nav mazāks par 75 % no kontaktu virsmas. Remontējot kontaktus, jāievēro, ka, novēršot kādu atsevišķu defektu, tos var izregulēt kontaktēšanās laukumu.

Kontaktu saspiedes spēku var veikt ar sloksnīti, kas novietota novieto starp noslēgtiem galvenajiem kontaktiem un ar dinamometru, kas piestiprināts kustīgajam kontaktam. Atvelkot kustīgo kontaktu ar dinamometru perpendikulāri kontaktu saskares plaknei, fiksē tā rādījuma brīdī, kad sloksnīti var brīvi izvilkst.

Remontējot kontaktorus, jāievēro izgatavotāja instrukcijās norādītie kontaktu spiedieni. Novirzoties no šiem lielumiem, kontaktori strādā nestabili, sakarst un sametinās. Kontakta spiedienu var regulēt ar uzgriezni, atbrīvojot vai saspiežot kontaktu atsperi. Tomēr nedrīkst saspiest atsperi tā, lai starp atsperes vijumiem nepaliktu spraugas. Ja nav iespējams noregulēt vajadzīgo spiedienu, tad atspera jānomaina. Liela nozīme ir attālumam, kādā var pārvietoties kustīgais kontakts noslēgtā stāvoklī (kontakta gājienam), ja nav nekustīgā kontakta. Kontakta gājiens kontaktu iekārtās nepieciešams, lai kompensētu kontaktu nodilumu, kas rodas ilgstoša ekspluatācijā. Kontakta gājiena lielumu parasti uzrāda rūpnīcas instrukcijā. Gājiena lieluma samazināšana salīdzinājumā ar instrukcijā norādīto nav pieļaujama. Ja izremontētais kontaktors pēc ieslēgšanas stipri trokšņo, tad tas jāatslēdz un rūpīgi jāpārbauda visi savienojumi, kā arī magnētvara abu daļu salāgojums. Salāgojumu var pārbaudīt, ievietojot starp magnētvara kontaktiem baltu papīru un kopējamo papīru tā, lai kopējamā papīra krāsainā daļa saskartos ar paapīru. Pēc tam ar roku iedarbina kontaktoru un atkarība no laukuma, kāds uzkopēts uz balta papīra, spriež par magnētvara pielāgojumu. Kontakta sistēmas stāvokli nosaka, izmērot kontaktu elektrisko pretestību, piemēram, lietojot ampērmetru un voltmetru.

Pēc kontaktora montāžas un regulēšanas nosaka kontaktu pārejas pretestību, kurai jābūt vienādai vai mazākai par rūpnīcas instrukcijā norādīto vērtību. Ja minētā vērtība ir lielāka, atkārtoti regulē kontaktoru.

Slodzes slēdži paredzēti 6 - 10 kV spriegumu un 200 - 400 A nominālo strāvu atslēgšanai. Slodzes slēdžu remonts ir līdzīgs atdalītāju un iedarbināšanas mehānismu remontam. Organiska stikla ieliktnus un plastmasas korpusu neremontē, bet bojājumu gadījumos apmaina pret jauniem. Slodzes slēdžu remonta secība. Pirms slēdža remonta to ārēji rūpīgi apskata, lai noteiktu defektus. Noņir netīrumus no porcelāna izolatoru virsmām ar benzīnā samērcētu lupatu. Pēc tam var novērtēt izolatoru un to virsmu kvalitāti. Bojātās detaļas nomaina.

5.3.6. Transformatoru ekspluatācija un remonts

Transformatori strādā smagos apstākļos, nereti pārslodzes un avārijas režīmos, tāpēc pareiza to ekspluatācija ir nepieciešama vajadzīgā elektroapgādes drošuma līmeņa uzturēšanai. Spēka transformators energosistēmā ir viens no galvenajiem elementiem, kas nosaka elektroapgādes drošumu. Tā spējas darboties ar noteiktu slodzi ir atkarīgas no atsevišķu mezglu stāvokļa un no tā, vai savlaicīgi tiek novērsti tādi defekti, kas var pāriet transformatora bojājumos. Lielas jaudas spēka transformatora atteice var izsaukt avāriju energosistēmā ar plaša mēroga sekām.

5.3.6.1. Transformatoru darba režīmi

Parastais transformatora darba režīms ir tuvu nominālajam, taču ir pieļaujama arī zināma pārslodze uz noteiktu laiku. Nominālās slodzes gadījumā transformatora kalpošanas ilgums ir 25 gadi.

Līdz nominālai slodzei pieļaujama transformatoru ilgstoša darbība ar spriegumu, kas līdz 10 % augstāks par atbilstošam tinuma atzarojumam nominālo, taču jebkurā tinumā spriegums nedrīkst pārsniegt maksimāli pieļaujamo (LEK-002, p.3.3.3.).

Eļļas transformatoriem jebkuram tinumam pieļaujama ilgstoša pārslodze par 5 % no atzarojuma nominālās strāvas, ja spriegums atzarojumā nav augstāks par nominālo (LEK-002, p.3.3.5.). Transformatoru ilgstoši pieļaujamās pārslodzes skatiet pielikumā.

Transformatoru noslodze lielāka par nominālo pieļaujama vienīgi tad, ja darbojas dzesēšanas iekārta un ar to saistīta automātikas sistēma.

Avārijas režīmā transformatoriem ar eļļas dzesēšanu pieļaujama ierobežota pārslodze neatkarīgi no iepriekšējās slodzes lieluma un ilguma, kā arī no temperatūras dzesēšanas šādās robežās (LEK-002, p. 3.3.6.):

Slodzes lielums [% Inom]	130	145	160	175	200
Pārslodzes ilgums [min]	120	80	45	20	10

Eļļas transformatoriem pieļaujama avārijas pārslodze 40 % virs nominālās strāvas (I_{nom}) katru diennakti summāri ne ilgāk par 6 stundām 5 diennaktis pēc kārtas, izmantojot pilnībā visas transformatora dzesēšanas iekārtas, ja vien izgatavotājrūpnīcas prasības nav atšķirīgas.

Pieļaujamā eļļas temperatūra transformatoriem:

- ar eļļas un gaisa piespiedu cirkulāciju nominālās slodzes apstākļos eļļas augšējos slāņos - ne augstāka par +75 °C, ja izgatavotājrūpnīcas norādījumos nav atšķirīgas prasības;
- ar eļļas un ūdens piespiedu cirkulāciju eļļas dzesētāja ieejā - ne augstāka par +70 °C.
- ar eļļas dabisko, kā arī eļļas dabisko un gaisa piespiedu cirkulāciju - ne augstāka par +95 °C (LEK002, p.3.3.11.).

Transformatoriem ar dzesēšanas eļļas dabisko un gaisa piespiedu cirkulāciju ventilatoriem automātiski jāieslēdzas, eļļai sasniedzot temperatūru +55 °C vai sasniedzot nominālo slodzi neatkarīgi no temperatūras, bet jāatslēdzas, ja eļļas temperatūra ir +50 °C, ja slodze ir mazāka par nominālo (LEK-002, p. 3.3.14.).

Uz spēka transformatoru vispārīgajā gadījumā iedarbojas šādi ārējie faktori un energosistēmas radītie anormālie režīmi:

- zibens izlādēšanās un komutāciju radītie pārsprīegumi var radīt galvenās un

vijumu izolācijas bojājumus, ja tai nav pietiekama elektriskās stiprības rezerve;

- darba sprieguma palielināšanās sakarā ar nekompensētu augstsprieguma līniju kapacitātēm un nepietiekamu reaktīvās jaudas kompensāciju minimālu slodžu gadījumā ir faktors, kas palielina magnetizēšanas strāvu transformatoros, izsauc serdes un citu konstruktīvo detaļu pastiprinātu silšanu;
- Īsslēguma strāvas rada mehāniskus triecienus tinumos. Sevišķi bīstami šie triecieni ir nepietiekami nostiprinātiem tinumiem, kā rezultātā rodas tinumu deformācijas un izolācijas bojājumi;
- bīstamas siltuma režīma pārslodzes, īpaši karstajā gada laikā, var bojāt augstākā sprieguma hermētiskos ievadus, jo to apakšējā daļa atrodas visvairāk sakarsētajos eļļas augšējos slāņos;
- transformatoru tinumos, visās tā strāvu vadošajās daļās un tā serdē darba laikā izdalās siltums, kā rezultātā minētās daļas sasilst;
- transformatoru eļļai iedarbojoties uz izolāciju, rodas sarežģīti fizikāli ķīmiski procesi, kas var izraisīt sevišķi negatīvas sekas paaugstinātā temperatūrā, īpaši, ja, ja eļļā ir piemaisījumi.

5.3.6.2. Transformatoru raksturīgās bojājumu pazīmes

Augstas temperatūras ietekme un eļļas kvalitātes pazemināšanās izraisa izolācijas novecošanos - tā zaudē elastību, kļūst trausla, samazina elektrisko stiprību un mehāniski sabrūk. Transformatora tinumu izolācija normālos ekspluatācijas apstākļos var kalpot 25 un vairāk gadu. Ievērojama loma izolācijas elektriskās caursites parametru nodrošināšanā ir tinumu izolācijas veidam un apstrādes tehnoloģijai, piemēram, transformatora vakuumžāvēšanai pirms eļļas uzpildīšanas.

Transformatoram darbojoties, dzirdama raksturīga dūkšana. Tā ir normāla parādība, kuras pamatā ir magnetostrīcija, t.i., tērauda plāksņu periodiska saraušanās un izplešanās pārmagnetizēšanas procesā., kas ir tikai dažas simttūkstošās daļas no sākotnējiem lineāriem izmēriem. Tomēr pārāk stipra transformatora tērauda serdes dūkšana norāda uz darba režīma traucējumiem.

Pastiprinātas dūkšanas cēloņi:

- Atslābušas bultskrūves, kuras savēlk transformatora tērauda serdes skārdus, vai arī samazinājies spiediens magnētvara skārdu sadurvietās;
- Transformatora pārslodze vai fāzu slodzes nesimetrija, kura rada serdes magnētisko plūsmu nesimetriju;
- Transformatoram tiek pievadīts paaugstināts spriegums, kas izraisa magnētiskās plūsmas palielināšanos;
- Starpvijumu īsslēgumi, kuru rezultātā īsslēgtajos vijumos plūst lielas strāvas

un rodas spēcīgas magnētiskās plūsmas.

Sprakšķēšana transformatora tvertnes iekšienē:

- pārsprieguma izraisīta caursīta starp tinumu un korpusu;
- zemējuma ķēdes pārtraukšana starp transformatora serdi un tvertni, kuras rezultātā tērauda serdē uzkrājušies statiskās elektrības lādiņi izlādējas uz korpusu.

Nepieļaujami lielas sekundārā tinuma spaiļu sprieguma izmaiņas:

- Ja primārā tinuma spriegumi ir vienādi, bet sekundārā tinuma spriegumi ir vienādi tikai tukšgaitā, tad tam par cēloni var būt slikts kontakts kādas spaiļes savienojumā vai vienas fāzes tinumā. Iespējams arī primārā tinuma ķēdes pārtraukums trīsstieņu transformatorā, kura tinumi savienoti pēc shēmas zvaigzne/zvaigzne vai trīsstūris/ trīsstūris;
- Ja primārie spriegumi ir vienādi, bet sekundārie spriegumi dažādi kā tukšgaitā, tā arī slodzes režīmā, tad tam par cēloni var būt pēc shēmas zvaigzne/zvaigzne savienotu transformatora tinumu ķēdes pārtraukums.
- Ja transformatora tinumi savienoti pēc shēmas zvaigzne/zvaigzne vai trīsstūris/ trīsstūris un radies pārtraukums sekundārā tinuma ķēdē, tad viens no līnijas spriegumiem nav vienāds ar nulli, bet pārējie divi vienādi ar nulli.

5.3.6.3. Transformatoru operatīvā un tehniskā apkope

Transformatoru ekspluatācijas uzdevums ir nodrošināt, lai tie darbotos ar augstiem tehniski ekonomiskiem rādītājiem, t.i. - darbotos droši, tai pašā laikā ar iespējami maziem iekšējiem jaudas zudumiem. Transformatoru ekspluatācija sastāv no to regulāras apsekošanas, tehniskās apkopes un plānveidīgiem remontiem, ievērojot uzņēmuma izgatavotājrūpnīcas rekomendācijas vai nozares normatīvus. Galvenais kritērijs remontu perioditātei ir transformatora vai tā atsevišķu elementu nokalpotais laiks, noslodze, pārslodžu ilgums un transformatora tehniskais stāvoklis. Kā viens no galvenajiem kritērijiem tiek uzskatīti eļļas analīžu dati. Periodiski veikti uzturēšanas remontu un to laikā veiktā diagnostika un kontrolanalīzes ļauj laikus noteikt bīstamos defektus un samazināt transformatoru atteiķu risku. Pēc skaita valstī visizplatītākie ir pazeminošie (0,4 - 20 kV) transformatori. Šo transformatoru apkopes ekspluatācijas darbu perioditāte ir noteikta LEK 002. Transformatoru ekspluatācijā ir būtiski uzturēt vajadzīgo eļļas kvalitāti un līmeni, kā arī regulāri mērīt izolācijas pretestību. Strauja izolācijas pretestības samazināšanās starp diviem kārtējiem mērījumiem var liecināt par eļļas kvalitātes samazināšanos, eļļas samitrināšanos un citiem defektiem. Transformatoru eļļa pie to remontiem tiek reģenerēta speciālās iekārtās un pēc tam atkārtoti izmantota transformatoros. Eļļa tiek izmantota, lai izolētu transformatora

tinumus, novadītu no tiem siltumu, kā arī pasargātu izolācijas slāni no ūdens mitruma. Eļļas caursišanas spriegums nedrīkst būt mazāks par 35 kV/mm. Pārbaudot transformatora eļļu tiek noteikta tās elektriskā izturība, mitruma līmenis, mehānisko piemaisījumu daudzums, ūdeni šķīstošo skābju daudzums, uzliesmošanas temperatūra, izturība pret oksidēšanos un tgδ.

Transformatoru ekspluatācijas laikā ir paredzēta to operatīvā un tehniskā apkope, kā arī plānotie remontu. **Operatīvā apkopē** veicami šādi darbi:

- eļļas līmeņa konservatorā pārbaude;
- transformatoru sprieguma regulatoru operāciju skaitītāju datu reģistrācija (ļauj sekot līdz to kontaktu, eļļas, mehānismu nolietojumam);
- transformatoru strāvas, spriegumu un slodzi mērījumi;
- sūces tvertnē, dzesētājā, eļļas vados, SRI;
- termosignalizatoru pārbaude (iestatījumi un vērtība);
- palīgieiņču pārbaude (sūkņi, ventilatori, SRI piedziņa, dzesētāji u. c.);
- pievadu, izolatoru pārbaude (skrāpējumi, plaisas, eļļas un izlādes pēdas);
- tvertnes aizsargmembrānas pārbaude;
- darba un aizsargzemējuma pārbaude;
- izlādņu pārbaude;
- žāvētāju pārbaude;
- aizsargieņču pret spiediena palielināšanos tvertnē pārbaude;
- gāzu klātbūtnes gāzes relejā pārbaude.
- sildelementu darbības pārbaude;
- silikāgeļa toņa pārbaude (vai nepaliek balts);
- spiediena pārbaude ar manometru palīdzību;
- kontaktu uzsilšanas pārbaude (pielietojot termovīzijas metodes, ja iespējams).

Ārkārtas apskates veic, ja ir notikusi avārija apakšstacijā, tai nostrādājis gāzes relejs vai tas devis tikai signālu. Gāzes relejs, kas ieslēgts transformatora eļļas sistēmā, jutīgi reaģē uz eļļas parametru, piemēram, spiediena, izmaiņām eļļas sistēmā. Gāzes analīze, kas ņemta no gāzes releja ļauj analizēt gāzi, kura vēl nav paspējusi izšķīst eļļā, līdz ar to var precīzāk novērtēt tās rašanās apstākļus, jo nav notikusi tālāka reakcija. Šādā gadījumā svarīga ir operativitāte, tādēļ LEK-002, p.3.3 .21. nosaka, ka pēc gāzes aizsardzības darbības signāla saņemšanas:

- transformators ārēji jāapskata;
- transformators jāatslogo un jāatslēdz;
- jānoņem gāzes paraugi degšanas pārbaudei un ķīmiskajai analīzei;
- jānoņem eļļas paraugs hromatogrāfiskai analīzei;
- jāmēra transformatora izolācija.

Pēc katras no minētajām operācijām un pirms tālākas rīcības jāizdara secinājums,

lai novērtētu signāla iemeslu un transformatora tālākas ekspluatācijas iespēju vai nepieciešamo remontu. Eļļas paraugu gāzes hromatogrāfisko analīze (GHA) tiek uzskatīta par galveno kontroles veidu eļļas transformatoru diagnostikā. Ar šo analīzi palīdzību nosaka ūdeņraža, metāna, etāna, etilēna, acetilēna, oglekļa oksīda, un oglekļa dioksīdu eļļā. Ar GHA metodi parāda paralēlo vadu īsslēgumus, daļējo izlādi starp vadiem sakarā ar eļļas piesārņošanu, strāvas kontūra veidošanu caur bultskrūvēm u.c. Tā, piemēram, etilēns veidojas, ja nav pietiekami nostiprināti kontaktsavienojumi, acetilēna klātbūtne liecina par nestabilu zemējumu vai izolācijas bojājumiem, metāns izdalās no pārslodzēm vai arī liecina par pazeminātu eļļas līmeni, vai radiatoru un ventilatoru defektu

Tehniskā apkope ir darbietilpīgāka un paredz:

- izolācijas, kontaktu sistēmas, dzesēšanas un ugunsdzēsības iekārtu pārbaude;
- eļļas kvalitātes uzturēšanu vai atjaunināšanu (ieskaitot eļļas žāvēšanu un reģenerāciju, ja nepieciešams);
- rotējošo detaļu, skapju eņģu, atslēgu ieziešana;
- aizsardzības, signalizācijas un vadības iekārtu pārbaude un regulēšana;
- akmeņu klājuma eļļas savākšanas bedrē attīrīšana un skalošana.

Tekošā remonta laikā transformators tiek novērtēts vizuāli, tiek notīrītas ārējās detaļas, tiek veikti mērījumi, lai precizētu darba apjomu kapitālajam remontam, nepieciešamības gadījumā nomaina vai pielej eļļu, nomaina silikāgeli, pārbauda sprieguma regulēšanas iekārtas darbību. Tekošā remonta darbu apjomam un kvalitātei jābūt pietiekamam, lai nodrošinātu transformatora darbību līdz nākošam plānotajam tekošam remontam vai kapitālām remontam.

Kapitālo remontu parasti veic specializētās darbnīcās, kur notiek transformatora demontāža, attīrīšana, diagnosticēšanas, atjaunošanas vai nomainīšanas, daļēja montāža, (piemēram, tinumu), iepriekšēji parametru mērījumi, galīgā montāža, parametru mērījumi, uztādīšana un pārbaude darbībā.

5.3.6.4. Progresīvas metodes transformatoru diagnosticēšanā

Aktuāls mūsdienu uzdevums ir vienotas transformatoru tehniskā stāvokļa apsekošanas metodikas izstrāde. Apsekošanas darbos var izdalīt šādus galvenos posmus:

- kontrolparametru mērījumi un to salīdzināšana ar normētiem lielumiem;
- mērījumos iegūto rezultātu analīze;
- transformatora tehniskā stāvokļa novērtējums;
- iespējamo ārējo bīstamo iedarbību novērtējums;
- lēmuma pieņemšana par transformatora tālāko ekspluatāciju un nepieciešamo

pasākumu noteikšana.

Lēmuma pieņemšana ir ļoti atbildīgs uzdevums, jo kļūdas gadījumā sekas var būt saistītas ar avāriju darba laikā. Grūtības, kas rodas transformatoru apsekošanā un lēmumu pieņemšanā saistītas galvenokārt ar to, ka:

- apsekošanas un mērījumu metodika ir nepilnīga;
- normēto parametru pieļaujamie diapazoni ir visai izplūduši;
- parametru novirzes no normas bieži vien nav vienozīmīgi saistītas ar noteiktu defektu;
- nav izstrādātas formalizētas metodikas dažādi raksturojamiem defektiem ar mērījumu rezultātiem, kas iegūti ar dažādām metodēm.

Svarīga loma transformatoru darba spēju uzturēšanā ir profilaktisko darbu organizācijai. Lai izvairītos no neplānotas transformatoru atslēgšanās, ir nepieciešama defektu un bīstamu režīmu savlaicīga atklāšana, pirms tie nav izraisījuši nopietnus bojājumus. Tas prasa īstenot efektīvu uzturēšanas sistēmu, ieskaitot periodisko apsekošanu un nepārtraukto kontroli. Strauji pēdējā laikā attīstās transformatoru diagnostikas sistēmas.

Efektīvai transformatoru darba spējas uzturēšanas sistēmai jānodrošina:

- iekārtu drošuma pakāpes palielināšana, samazinot avāriju skaitu;
- gatavības koeficienta palielināšana, samazinot dīkstāves laiku sakarā ar avārijām, remontu un profilakses darbiem;
- savlaicīgs iekārtu remonts;
- iekārtu kalpošanas laika pagarināšana, atklājot vājās vietas un savlaicīgi remontējot tās.

Jaunu metodiku ieviešanai vajadzētu veicināt pāreju no kapitālo remontu sistēmas stingri noteiktos laika posmos uz šo darbu veikšanu saskaņā ar kontroles un diagnostikas rezultātiem. Attīstītajās valstīs profilakses organizācijā progresīva metode ir stratēģijas nomaina no periodiski veicamiem profilakses darbiem TBM (Time Based Maintenance) uz jauno stāvokļa bāzētu profilakses sistēmu CBM (Condition Based Maintenance), kura atkarīga no objekta stāvokļa.

Pāreja no remontiem pēc laika grafika uz remontiem pēc iekārtu reālā stāvokļa balstās uz šī stāvokļa nepārtrauktu kontroli un defektu atklāšanu to agrīnajā stadijā. CBM sistēma tiek virzīta uz vēl neatklāto bojājumu iespējamības samazināšanu stratēģiski svarīgajos transformatoros, to kalpošanas laika pagarināšanu, kā arī remontiem un apkopēm paredzēto izdevumu samazināšanu. CBM sistēma sola ievērojamu ekonomisko efektu.

Vēl lielākas priekšrocības var iegūt ieviešot CIGRE ieteikto pamatotā drošuma apkalpošanas sistēmu RCM (Reliability Centered Maintenance). Tā pieļauj turpināt iekārtas ar defektiem ekspluatāciju, ja riska pakāpe ir pieņemama. Kontroles metožu

kompleksa sastāvs ir atkarīgs no apsekošanas mērķiem, konkrētā transformatora svarīguma energosistēmā un atvēlētiem finanšu līdzekļiem. Pirmā spēka transformatoru kontroles sistēma, kas spēj atklāt maksimāli iespējamo defektu skaitu to agrīnajā stadijā, ir transformatoru veikspējas analīzes sistēma TPAS (Transformer Performance Analysis System). Tās principiālā atšķirība slēpjas jaunā kompleksās kontroles koncepcijā, balstoties uz iespējamo procesu transformatorā modelēšanu, mainoties tā slodzei un ārējiem apstākļiem, un iegūto rezultātu salīdzināšanu ar reāliem mērījumiem.

TPAS sistēmā tiek veikta īslaicīga un ilglaicīga mērījumu rezultātu analīze.

Īslaicīgai analīzei izmanto ikminūtes mērījumu rezultātus, prognozi veido adaptīvs modelis. Adaptīva modeļa lietošana ļauj pieskaņot sistēmu konkrētam transformatoram. Ilglaicīgas analīzes laikā, apskata raksturlielņu izmaiņas tendences un pārbauda arī konstantes, kas ietilpst modeļa vienādojumos. Līdzsekošana modeļa konstantšu vērtībām ļauj atklāt to nelielās izmaiņas atkarībā no ārējiem faktoriem un pielāgot (adaptēt) modeli konkrētiem apstākļiem. Efektīvu kontroles un diagnostikas sistēmu lietošana lielaudas transformatoriem var radīt tik būtisku ekonomisko efektu, ka kļūst izdevīgi izmantot sarežģītas mērīšanas iekārtas, piemēram, optisko šķiedru tinumu temperatūras mērītājus, akustiskās un radiofrekvenču mēriekārtas daļējās izlādes un elektriskā loka konstatēšanai tvertnē, nepārtrauktās kontroles sistēmas gāzes koncentrācijas noteikšanai eļļā un citus transformatora stāvokļa automatizēto noteikšanas sistēmu devējus. Vislielāko efektivitāti transformatoru avāriju novēršanā var panākt, lietojot nepārtrauktās kontroles sistēmas ar devēju kompleksu, kas reaģē uz maksimālo defektu skaitu. Devēju komplektā, kuri sniedz informāciju par transformatoru dažādu mezglu stāvokli, var ietilpt:

- daļējās izlādes elektriskie un akustiskie devēji, kas reaģē uz ātri progresējošiem izolācijas defektiem;
- mitruma koncentrācijas devēji eļļā, kas signalizē par izolācijas samitrināšanos;
- nepārtrauktās gāzes analīzes ierīces, kas atklāj pārkaršanu, izlādes vai loka veidošanos transformatora iekšienē;
- ievadu dielektrisko raksturojumu kontroles ierīces, kurās par devējiem tiek izmantoti speciāli to apvalki (klājumi).

Transformatora stāvokļa kontrolei tiek saņemti dati par strāvām un spriegumiem, temperatūrām, SRI pozīcijām, sūkņu un ventilatoru stāvokli un daudziem citiem parametriem. Piemēram, vienā no Siemens izstrādātajām sistēmām tiek kontrolēti 45 parametri. Kopīgs visām nepārtrauktās kontroles sistēmām ir mērķis - atklāt transformatoru defektus agrīnajā stadijā tieši to darbības laikā. Tāpat kopīga ir parametru un citu datu apstrāde, analīze un pārveidošana tādā veidā, lai ekspluatācijas personāls to-varētu ērti izmantot.

Salīdzinot dažādas transformatoru uzturēšanas drošības sistēmas var secināt:

- TBM stratēģiju raksturo uz iepriekšēju pieredzi bāzēti laika periodi starp revīzijām, kontrole ar iepriekš noteiktu perioditāti un palielinātas profilakses izmaksas. Šī stratēģija nevar atklāt ātri progresējošus defektus;
- CBM balstās uz informāciju par reālo transformatora stāvokli, kas spēj atklāt lielāko daļu defektu, novērst avārijas un samazināt profilakses izdevumus;
- RCM stratēģiju raksturo ekspluatācija ar pieļaujamo riska pakāpi un ekonomiski optimāla profilaksi vajadzīgā drošuma nodrošināšanai un transformatoru kalpošanas laika pagarināšanai;
- TPAS kontroles un analīzes sistēma, lietojot nepārtrauktās kontroles sistēmas ar maksimāli liela skaita devēju komplektu, nodrošina vislielāko efektivitāti transformatoru avāriju novēršanā un to darbības drošuma paaugstināšanā.

5.3.7. Zemējumu un pārsprieguma aizsardzības apkope un remonts

Katrai sadales ietaisei 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. Izlādņiem (pārsprieguma novadītājiem) jābūt pastāvīgi pieslēgtiem. Izlādņu atslēgšana pieļaujama tikai remonta un profilaktisko pārbaužu vajadzībām un to izdara vienlaicīgi ar aizsargājamās ietaises remontu vai pārbaudi.

Transformatoru un autotransformatoru neizmantotie zemākā vai vidējā sprieguma tinumi jāsaslēdz zvaigznē vai trīsstūrī un jāaizsargā no pārspriegumiem. Neizmantotais zemākā sprieguma tinums, kurš novietots starp augstāka sprieguma tinumiem, jāaizsargā ar ventilizlādņiem, kas pieslēgti katrai fāzei. Šī aizsardzība nav vajadzīga, ja zemākā sprieguma tinumam pastāvīgi pieslēgta vismaz 30 m gara kabeļu līnija. Zemākā un vidējā sprieguma neizmantoto tinumu aizsardzībai citos gadījumos jāzēmē viena fāze vai neitrāle, vai katras fāzes izvadam jāpieslēdz ventilizlādņi. Pirms iekārtas ieslēgšanas darbā un pēc tās atslēgšanas remontā jāmēra ventilizlādņu pretestība ar megommetru. Izdarot tīkla elektroiekārtu apskates vizuāli, jāpārbauda dzirksteļspraugu izdegums un izregulējums. Ja dubultraģu dzirksteļspraugas ragu augšējo galu nodegums pārsniedz 5 % no sākotnējā garuma, vai ragveida dzirksteļspraugas nodegums pārsniedz 10 % no sākotnējā garuma - dzirksteļsprauga jānomaina. Katru gadu pirms negaisu sezonas jāpārbauda sadales ietaišu un līniju pārspriegumu aizsardzības stāvoklis un jānodrošina to gatavība darbībai atmosfēras un komutācijas pārspriegumu gadījumā. Izlādņu un dzirksteļspraugu augšējo apkašu un profilaktisko pārbaužu periodiskums noteikts standartā LEK-002, pie kam vadītspēja ventilizlādņiem jāmēra pirms ieslēgšanas ekspluatācijā, bet izlādņiem ar magnētisku loka dzēšanu - reizi 6 gados un ja pretestības izmaiņa salīdzinājumā ar sākotnējo

izlādņiem pārsniedz 30 %. Ārpuskārtas apskates jāizdara pēc intensīvas zibens darbības un pārbaudes nepieciešamību nosaka elektroietais tehniskais vadītājs. Metāla oksīda pārsprieguma izlādņus pirms uzstādīšanas un ekspluatācijas laikā nepārbauda, apskati veic tikai vizuāli.

Ventiļu pārsprieguma izlādņu pretestības mērīšanu izpilda pirms pieslēgšanas tīklam un to elektroiekārtu remonta laikā, kurai pieslēgts ventiļu pārsprieguma izlādņi. Pārsprieguma izlādņu pretestības mērīšanu veic ar 2500 V megommetru, bet pārsprieguma izlādņu ar nominālo spriegumu mazāku par 3 kV - ar 1000 V megommetru. Ja ventiļu pārsprieguma izlādņa pretestība, salīdzinot ar rūpnīcas izlaides vērtību vai iepriekšējiem mērījumiem, mainījusies vairāk par 30%, izpilda tā vadāmības strāvas mērījumus. Plaisu, apdegumu un ieskrāpējumu atklāšanas gadījumā, ja to dziļums pārsniedz 0,3 - 0,5 mm un kopgarums pārsniedz 1/3 no attāluma starp elektrodiem, cauruļu pārsprieguma izlādņus nomaina. Noņemšana no balsta un pārsprieguma izlādņa tekošais remonts izpildāms ne retāk kā reizi 6 gados.

5.3.8. Lietotāju iekārtu ekspluatācija un remonts

Lietotāju iekārtas ir gala patērētāju elektroiekārtas, kurās elektriskā enerģija tiek pārvērsta citos enerģijas veidos. Lietotāju iekārtas un tā saucamie iekšējie tīkli ir energopatērētāju īpašums un parasti iekšējie tīkli ir saistīti ar elektroapgādes tīkliem caur sadalēm ar elektroenerģijas skaitītājiem. Līdz ar to iekšējo tīklu apkope un remonts pilnā apjomā atrodas iekšējo tīklu pārvaldītāju (īpašnieku) pārziņā.

5.3.8.1. Apgaismošanas iekārtu ekspluatācija un remonts

Apgaismošanas iekārtas ir ierīces, kas pārvērš elektrisko enerģiju gaismā un siltumā. Jo mazāka ir nelietderīgā siltuma enerģija, jo plūsma, kas aiziet gaismas starojumā ir lielāka.. Tāpēc lietotājam jāveic rūpīga apgaismošanas ierīču izvēle, lai panāktu kvalitatīvo normatīvo apgaismojumu katrā objektā ar minimālu elektroenerģijas izlietojumu. No apgaismošanas iekārtu ekspluatācijas viedokļa, vislielākos izdevumus prasa tieši gaismekļu apkope ar mazu gaismas atdeves koeficientu, piemēram, kvēlspuldzes, jo to temperatūra darbības laikā ievērojami palielinās, kas izsauc paātrinātu kontaktu pārejas pretestības palielināšanos un izolācijas materiālu novecošanos. Pie apgaismojuma avotu apskatēm un apkopēm jāveic šādi darbi:

- rūpīgi attīra gaismekļu korpusi un gaismu atstarojošās virsmas no netīrumiem;
- atjauno kontaktu pārejas pretestību (kontaktus notīra);
- gaismekļiem ar metāla korpusiem pārbauda zemējuma spaili (un atjauno kontakta pārejas minimālo pretestību);
- atjauno blīvējumu (hermētiskiem gaismekļiem);

- ievieto gaismas avotu (izmanto tikai noteiktās jaudas spuldzes);
- pārbauda gaismekļu veiktspēju.

Gaismekļus, kuri ir nostiprināti līdz 5 m augstumā, var apkalpot, stāvot uz pieslietām vai atvāžamām kāpnēm. Gaismekļi, kuri ir nostiprināti augstāk par 5 m, var apkalpot no tilta celtniem, pacēlājiem un citām pārvietojamām ierīcēm.

Lai darbu veiktu, jāatslēdz spriegums un jāievēro ekspluatācijas instrukcijās paredzētie drošības pasākumi.

Apgaismojuma tīklu apskašu un pārbaudes biežums:

- Avārijas apgaismojuma ieslēgšanas automāta darbības pārbaude ne retāk kā 1 reizi mēnesī dienas laikā.
- Avārijas apgaismojuma pārbaude ar darba apgaismojuma atslēgšanu - 2 reizes gadā.
- Darba vietu apgaismojuma līmeņa mērīšana: pieņemot apgaismojuma sistēmu ekspluatācijā un turpmāk pēc vajadzības, kā arī izmantojot citu tehnoloģisko procesu vai pārvietojot iekārtas. Stacionāru 12 V transformatoru izolācijas pārbaude - 1 reizi gadā.
- Pārnese 12 V transformatoru un gaismekļu pārbaude - 2 reizes gadā. Apskašu un pārbažu laikā atklātie defekti jānovērš pēc iespējas ātrāk.
- Apgaismošanas tīklam un instalācijām pieņemot tās ekspluatācijā un turpmāk 1 reizi 6 gados jāmēra izolācijas pretestība ar 1000 V megommetru. Izolācijas pretestībai jābūt vismaz 0,5 megaomi. Izolācijas pretestība jāmēra starp katru vadu un zemi, kā arī starp jebkuriem diviem vadiem posmā starp drošinātāju vai aiz pēdējā drošinātāja. Drošinātājiem jābūt izņemamiem.

Mērot izolācijās pretestību spēka ķēdēm, jāatvieno visi strāvas patērētāji, bet apgaismošanas tīklā jābūt izskrūvētām spuldzēm. Avārijas un darba apgaismojuma gaismekļiem darba režīmā jābūt pieslēgtiem pie objekta kopīga elektriskā tīkla. Ja kopīgajā tīklā atslēdzas spriegums, tad avārijas apgaismojuma tīklam automātiski jāpārslēdzas uz neatkarīgu enerģijas avotu (akumulatora bateriju u. c.). Pie avārijas apgaismojuma tīkla nedrīkst pieslēgt citas elektroietaises, un tas izveidojams bez kontaktozetēm. Remontdarbos izmantojami gaismekļi, kurus pieslēdz tīklam ar spriegumu līdz 42 V, bet telpās ar paaugstinātas strāvas bīstamību - tīklam ar spriegumu ne augstāku par 12 V. Ja elektroietaises paredzētas 12 V - 24 V spriegumam, to kontaktspraudnim jābūt tādām, lai to nevarētu ieslēgt 127 V un 220 V sprieguma kontaktozetēs. Uz visām kontaktozetēm jābūt uzrakstiem ar norādītu nominālo tīkla spriegumu. 12 V - 24 V sprieguma gaismekļus aizliegts pieslēgt autotransformatoram. Aizliegts mainīt gaismekļu konstrukciju; noņemt izkliedētājus, atstarotājus un aizsargrežģus. Apgaismošanas un spēka instalāciju remontu izdara pēc vajadzības atkarībā no tehniskā stāvokļa un profilaktisko pārbažu rezultātiem.

5.3.8.2. Sildīšanas iekārtu ekspluatācija un remonts

Sildīšanas iekārtas ir paredzētas tiešai elektriskās enerģijas pārvēršanai siltumā. Tāpēc to temperatūras var būt ir ļoti augstas. Eksploatējot un remontējot sildierīces jāpievērš uzmanību to zemējuma esamībai un tā pārejas pretestībai. Sildierīču apkope ietver šādus darbus:

- virsmu attīrīšanu no svešķermeņiem, netīrumiem un katlakmens,
- kontaktu notīrīšanu,
- zemējuma un tā pievienojuma pārbaudi,
- pārbaudi uz pārkaršanas un pārogļošanās (krāsas) neesamību,
- korpusa konstrukcijas atbilstību ražotāja noteiktajam,
- kā arī izolācijas un zemējuma pretestības mērījumus.

Īpaša vērība ir jāveltī ūdens sildītāju pārbaudēm un remontiem, jo palielinātas temperatūras apstākļos ātri nolietojas sildītāju elementu blīvējumi. Ūdens sildītāju cauruļveida elementiem tehnisko apkopju laikā pārbauda:

- sildītāja spirāles veselumu;
- cauruļveida sildītāju pretestības mērījumus;
- izolācijas pretestību pret korpusu;
- zemējuma spaiļes pāreju pretestību;
- ūdens temperatūru un temperatūras regulatoru darbību;
- drošības vārstu darbību.

Tekošo remontu ūdens sildītājiem ar ūdens tvertnēm (maza spiediena) vai caurteces ūdens sildītājiem veic šādā kārtībā:

- izmēra (ar stikla termometru) ūdens temperatūru sildītāja izplūdē – temperatūrai jāatbilst ražotāja instrukcijā norādītajai (parasti maksimālā temperatūra ir +90... +95 °C, pie kam ūdens sildītājiem mājlopu dzirdināšanai maks. temperatūra ir +22 °C). Temperatūra neatbilst ražotāja noteiktajai, ja bojāts temperatūras regulators vai ūdens sildītāja elementi;
- ūdens sildītāju atslēdz no tīkla un uz komutācijas paneļa uzliek plāksni (Neieslēgt! Strādā cilvēki);
- notīra putekļus un netīrumus no ūdens sildītāja ārpuses ar birsti, un ar petrolejā samitrinātas petrolejas palīdzību;
- pārbauda vizuāli, vai nav redzamas ūdens sūces no tvertnes un cauruļvadiem;
- noņem sildelementu pievienošanas kontakspaiļu vāciņu un pārbauda barošanas kabeļa pievienošanas ciešumu un pievelk atslābušos savienojumus. Pie noņemta vāciņa pārbauda katra cauruļveida sildelementa darbības un to sildspirāļu veselumu. Uzliek vietā vāciņu;
- pārbauda, vai ir kārtībā sildītāja korpusa zemējums un izmēra tā pievienojuma

spaiļes pārejas pretestību; pretestība starp zemēšanas vadu un korpusu sildītāju nedrīkst pārsniegt $0,1 \Omega$;

Ja pretestība starp zemēšanas vadu un korpusu sildītāju pārsniedz $0,1 \Omega$, tad kontakta savienojumu izjauc un rūpīgi notīra kontaktvirsmas, ieziež ar attiecīgu ziežvielu un no jauna savieno un atkārtoti pārbauda pretestību.

5.3.8.3. Vadības un regulēšanas ierīču apkope un remonts

Palaišanas un regulēšanas ierīču pārbaude sadalnēs, vadības skapjos un vadības paneļos ietver šādas operācijas:

- ierīces atslēgšana no barošanas avota;
- attiecīgās ierīces attīrīšana no putekļiem un netīrumiem;
- stiprinājumu pārbaude un pievilkšana, ja nepieciešams;
- detaļu brīvgājiena pārbaude (piemēram, kontaktiem) un regulēšana;
- kontaktu tīrīšana (ar benzīnā samitrinātu lupatiņu) un kontaktvirsmas atjaunošana;
- piespiedēju atsperu pārbaude un piespiešanas spēka regulēšana;
- kontaktu saslēgšanas vienlaicības pārbaude;
- signāllampiņu darbības pārbaude.

Palaišanas un regulēšanas ierīču remonta laikā jāveic šādas pamata operācijas:

- atvieno ierīci no barošanas strāvas;
- daļēji izjauc ierīci;
- attīra no putekļiem un netīrumiem;
- notīra kontaktus no apdegumiem un uzkausējumiem;
- pārbauda izolācijas pretestību starp strāvu vadošām daļām, piemēram, kontaktiem, pievadiem un korpusu;
- nomaina bojātās detaļas, piemēram, atsperes, kuras zaudējušas elastīgumu;
- atjauno mehānisko virsmu bojāto krāsojumu;
- samontē ierīci, pārbauda montāžas mezglu stiprinājumus;
- pārbauda ierīces darbaspējas samontētā veidā, veic nepieciešamās regulēšanas;
- uzstāda ierīci savā vietā un pārbauda darbaspēju.

5.3.8.4. Elektromašīnu apkope un remonts

Elektromašīnām efektīvas var būt to pārbaudes darbībā. Elektromašīnu darbina tukšgaitā (vai pie slodzēm, kas nepārsniedz nominālo slodzi) un pievērš uzmanību vai nav šādi bojājumi:

- pastiprināta mašīnas vibrācija;
- mašīnas darbībā parādās nenormāli trokšņi;
- pastiprināta gultņu sasilšana (virs $60...70 \text{ }^\circ\text{C}$);

- pastiprināta rotora, statora (korpusa) sasilšana (virs 70 °C);
- pastiprināta kolektora vai strāvas noņemšanas gredzenu dzirksteļošana;
- darba strāva pārsniedz nominālo strāvu pie slodzes, kas vienāda vai mazāka par nominālo;
- pazemināti elektrodzinēja apgriezieni;
- elektrodzinējs neattīsta nominālo griezes momentu.

Elektromašīnām veic šādas apskates:

- pārbauda suku turētājus, suku pacelšanas mehānismus, izolatorus un stiprinājumus;
- apskata, vai uz rotora nav traipu, kuri raksturo tērauda vietēju pārkaršanu īsslēgtā rotora stieņu un īsslēdzošo gredzenu salodēšanas (sametināšanas) vietas;
- pārbauda, vai kontaktgredzenu virsmas nav izdilušas, vai uz tiem nav bedrītes, ieplaisājumi, piedegums utt. Gredzenu nodilums nedrīkst būt lielāks par 20 % no tā sākuma biezuma;
- pārbauda gultņu spēli radiālā un aksiālā virzienos;
- pārbauda kolektora plāksnīšu pieslēglameļu lodējumu kvalitāti un plāksnīšu nostiprinājumu;
- izmēra izolācijas pretestību starp kolektora blakus plāksnītēm;
- izmēra rotora tinumu izolācijas pretestību;
- pārbauda tinumu bandāžu izturību un ķīļu nostiprinājumus;
- pārbauda lodējumu kvalitāti vadiem, kas savieno kontaktgredzenus un tinumus;
- pārbauda ventilatora tehnisko stāvokli un tā stiprinājumu;
- pārbauda izvadu izolācijas plāksnes, izvadgalu, spaiļu un uzgriežņu tehnisko stāvokli;
- pārbauda tinumu frontālo daļu lakas pārklājuma izolācijas bojājumi (iespiedumi, uzpūtumi vai ieplaisājumi);
- pārbauda vai nav uzpūtusies stieņu izolācija rievās un vai atsevišķas vietās pārkaršanas ietekmē izolācija nav kļuvusi tumša;
- pārbauda vai uz tinuma frontālām daļām nav nokļuvusi eļļa no gultņa.

Elektromašīnu demontāža. Izjaucot sarežģītus mezglus, sastāda skices, shēmas un uzņem fotoattēlus. Demontāzas gaitā vajadzības gadījumā izdara dažādus mērījurnus (piemēram, tinumu izolācijas mērījumus, spraugu lielumus u. c.). Skriemeļa un sajūga daļu noņemšanu veic ar speciāliem novilcējiem Iepriekš atskrūvē sprostskrūvi vai izņem (izsit) ierīvi. Šo operāciju atvieglošanai skriemeļa nostiprinājuma vietu aplej ar petroleju. Gultņu vairogu noņemšana. Pirms gultņu vairogu noņemšanas uz vairoga ribas un mašīnas korpusa izdara atzīmes, kas

nepieciešamas, lai mašīnu samontētu iepriekšējā stāvoklī. Atskrūvē gultņu nostiprināšanas vāku vai atloku skrūves un noņem vākus vai atlokus. Vairogu no mašīnas korpusa atdala ar viegliem āmura sitieniem pa koka starpliku, ko atbalsta pret vairoga izvirzītajām ribām. Lodīšu un rullīšu gultņus no vārpstas noņem ar novilcēju, līdzīgi kā noņem skriemeļus. Novilcēja satvērējus uzliek gultņa iekšējam gredzenam. Pirms noņemšanas gultņus sakarsē, aplejot tos ar karstu eļļu, kuras temperatūra nepārsniedz 100 °C. Slīdgultņu ieliktnus izsit no gultņu vairogiem ar viegliem āmura sitieniem pa koka tapu, ko atbalsta pret ieliktna galu. Pirms ieliktna izsišanas jāizskrūvē sprostskrūve un jāizņem no rievās eļļošanas gredzens, ja nepieciešams. Izjauktai elektromašīnai veic apskates un izdara attiecīgus mērījumus, ja nepieciešams. Gaisa spraugu starp rotoru un statoru neliela diametra mašīnām izmēra no abām pusēm četros dažādos rotora stāvokļos, kas secīgi nobīdīti par 90°. Mašīnām ar lielu rotora diametru spraugu mēra astoņos punktos. Izmērīto spraugu vidējās aritmētiskās vērtības nedrīkst atšķirties no rūpnīcu dokumentācijā vai normatīvos dotajiem lielumiem vairāk kā par ± 10 % asinhronajiem dzinējiem un vairāk kā ±5 % sinhronajiem dzinējiem. Spraugu lielumi nedrīkst atšķirties vairāk kā par 10 %. Darbības pārbaudes un apskates rezultātus atzīmē bojājumu sarakstā, pēc kura nosaka nepieciešamo remontu.

Tekošo remontu elektromašīnām izpilda, lai nomainītu atsevišķas dilstoša detaļas, piemēram strāvas strāvas noņemšanas sukas, gultņus u.c.

Kapitālo remontu izpilda pilnīgi izjaucot elektroiekārtu un, atjaunojot jebkuras nolietotās detaļas, ieskaitot bāzes detaļas, tādējādi būtiski palielinot elektroiekārtas kalpošanas laiku (resursu).

Nelielus kontaktgredzenu virsmas bojājumus - piedegumus un nelīdzenumus notīra un nopolē ar stiklpaņīru. To izdara, mašīnai darbojoties ar pilniem apgriezieniem, bez gredzenu demontāžas. Ja gredzeni ir stipri piedeguši, tiem ir bedrītes, dobumi un mainījusies cilindriskā forma, tad tie jānoņem un jāapvirpo uz virpošanas darbgalda. Gredzena biezumu nedrīkst samazināt vairāk nekā par 20 %. Ja gredzeniem ir dziļi dobumi un ieplaisājumi, tad tos apmaina pret jauniem. Ja starp gredzeniem un korpusu ir bojāta izolācija, tad gredzeni jānoņem un izolācija jāapmaina. Izolācijas bojājumus starp gredzeniem novērš, apmainot izolācijas caurulītes uz savelkošās tapskrūves. Atlauztās pieslēgkabeļi pielodē ar cietlodēm. Kolektora izolācijas plāksnīšu kvalitāti pārbauda remonta procesā. Kolektoru remontdarbus jāveic augstas kvalifikācijas elektroatslēdzniekam, jo nekvalitatīvs darbs var radīt avārijas. Pēc bojāto detaļu remonta vai nomainīšanas veic elektromašīnas **montāžu** pretējā secībā demontāžai. Rūpīgi izmazgātos lodīšu gultņus ievieto līdz 100 °C karstā eļļā un pēc tam uzpresē uz vārpstu rēdzēm. Gultņus uzdzen ar viegliem āmura sitieniem, lietojot cauruli, kuras diametrs atbilst gultņa iekšējā gredzena diametram. Caurulei jābūt no „mīksta” tērauda ar mazu (ar mazu oglekļa saturu) vai arī tās galam jābūt izveidotam

ar vara apmali. Sprauga starp statoru un rotoru montāžas laikā jāaizpilda ar mīksta lokšņu materiāla attiecīga biezuma starpliku. Montāžas nobeigumā ar roku pagriež rotoru, nepievelkot pilnīgi gultņu vairogu skrūves. Ja mašīna samontēta pareizi, rotors viegli griežas. Ja rotora pagriešanai jāpieliek liels spēks, tad montāža nav izdarīta kvalitatīvi, piemēram, sažuvusi eļļa gultņos, sašķiebtā vārpsta, nepareizas pielaides, kā arī mašīnā palikuši svešķermeņi. Bultskrūves, kas atrodas diatetrāli pretējās pusēs, pievelk pārmaiņus, pa pusapgrieztiem vienā reizē. Lai nodrošinātu elektriskās mašīnas vienmērīgu darbu (bez mešanas un vibrācijām) pēc remonta, samontētais rotors ir jābalansē. Balansē ar balansēšanas atsvariem vai izurbjot metālā urbumus. Izšķir statisko un dinamisko balansēšanu. Statiskā balansēšana ieteicama mašīnām ar īsu rotoru un apgrieztienu skaitu minūte, ne lielāku par 1000. Mašīnām, kurām ir vairāk par 1000 apgriezieniem minūtē, un mašīnām ar pagarinātu rotoru papildus statiskai balansēšanai veic dinamisko balansēšanu. Rotoru balansēšanu var veikt arī rotora vārpstu iespīlējot virpošanas darbgalda centros, kuri var grozīties savos gultņos. Dinamisko balansēšanu veic uz speciāliem darbgaldiem, kas debalansa svara vērtību un pozīciju uzrāda displejā.

5.3.8.5. Elektroiekārtu ekspluatācija sprādzienbīstamās zonās

Lietojot sprādzienaizsargātas elektroiekārtas, tām jāiekārto individuālās pases, kurās jāatzīmē remontu, profilaktisko pārbaužu un sprādzienaizsardzības parametru mērījumu rezultāti, kā arī elektroiekārtas avārijas un defekti.

Elektroietaisēs ar spriegumu līdz 1000 V ar cieši zemētu neitrāli ne retāk kā vienu reizi 2 gados jāveic aizsardzības nostrādes pārbaudes (cilpas fāze – nulle) mērījumi, bet elektroietaisēs ar izolētu neitrāli – periodiski, bet ne retāk kā vienu reizi mēnesī jāpārbauda izolācijas kontroles skaņas signalizācija un drošinātājs. Sprādzienbīstamo iekārtu zemējuma ietaises elementus atrok un apskata izlases veidā ik pēc 10 gadiem. No elektroiekārtu un elektroinstalācijas iekšējām un ārējām virsmām noteiktos termiņos regulāri jānotīra putekļi. Nedrīkst pieļaut putekļu uzkrāšanos uz sakarsētām virsmām. Putekļi jāaizvāc, tos atsūcot. Apgaismes ķermeņi jātīra iekārtas lietošanas instrukcijā noteiktos termiņos, ja nepieciešams, jāveic ārpuskārtas tīrīšana. Katru mēnesi regulāri īslaicīgi jāiedarbina rezerves ventilatori, lai pārbaudītu to darbību un atbrīvotu tos no putekļiem. Ventilācijas sistēmām jāieslēdzas pirms elektroiekārtas ieslēgšanās, bet jāatslēdzas pēc elektroiekārtas atslēgšanās. Elektroiekārtas ieslēgšana bez ventilācijas nav pieļaujama, šīm iekārtām jābūt savstarpēji bloķētām. Sprādzienbīstamajās zonās visām elektroiekārtām un elektroinstalācijai periodiski, bet ne retāk kā vienu reizi 3 mēnešos jāveic ārējās apskates, to rezultāti jāieraksta speciālā žurnālā. Apskatē galvenā uzmanība jāpievērš, vai nav novirzes no elektroiekārtas normālā stāvokļa, kā arī blīvējumu un stiprinājumu

stāvoklim, to krāsojuma bojājumiem un korozijas pakāpei, vadu, kabeļu, apgaismojuma ķermeņu un zemējumietaisies stāvoklim, vai elektroiekārtu korpusu blīvējumus. Sprādzienaizsargātajām elektroiekārtām, kurām paredzēta virsmas temperatūras kontrole, jāpārbauda tās atbilstība noteiktajām normām vai ražotāja instrukcijām. Elektroietaisēs ārpuskārtas apskates jāveic:

- ja tiek novērota iekārtas darbības novirze no reglamentētā darba režīma;
- ja par to signalizē iekārtu režīmu kontroles mēraparatūra (maksimālās strāvas aizsardzība, temperatūras ierobežotāji, diferenciālie spiediena releji, plūsmas mērītāji, laika releji u.c.). Šai aparatūrai jānodrošina trauksmes signāla savlaicīga ieslēgšana;
- gadījumos, ja notikusi iekārtas automātiska atslēgšanās.

5.3.8.6. Sprādzienaizsargāto elektroiekārtu remonts

Sprādzienaizsargātās elektroiekārtas remonts jāveic saskaņā ar spēkā esošiem standartiem. Atļauts nomainīt sprādzienaizsargātās elektroiekārtas detaļas ar detaļām, kuras izgatavojis iekārtas ražotājs vai ražotājs, kuram noteiktā kārtībā piešķirtas šādas tiesības. Sprādzienaizsargāto elektroiekārtu ekspluatācijas personālam atļauts veikt šādus darbus:

- nomainīt drošinātājus, relejus, kontaktus, slēdžus un citas strāvu vadošas daļas;
- nomainīt bojātās spuldzes un gaismas ķermeņu apvalkus;
- veikt elektrodzinēja ventilatora un tā apvalka remontu;
- nomainīt smērvielu un gultņus ar analogiem;
- veikt citus darbus, ja remonts neietekmēs elektroiekārtas sprādziena aizsardzību.

Remonta darbi jāveic elektroiekārtas ražotāja instrukcijā noteiktajā secībā. Pēc remonta elektroiekārtas sprādzienaizsardzības elementiem jāatbilst instrukcijas un sprādzienbīstamo iekārtu standartu prasībām.

Sprādzienbīstamajās zonās aizliegts:

- ilgstoši slogot sprādzienaizsargātās elektroiekārtas, vadus un kabeļus vairāk par pieļaujamiem lielumiem, izmainīt vadu un kabeļu marku vai palielināt to garumu, kā arī lietot kabeļus, ja bojāts to ārējais apvalks;
- nomainīt elektroaizsardzības ierīces pret citiem aizsardzības veidiem vai ierīcēm, kam ir citi nominālie parametri;
- remontēt un atvērt sprādzienaizsargātās elektroiekārtas apvalku, ja tās strāvu vadošās daļas ir pieslēgtas spriegumam, kā arī spriegumam pieslēgtas elektroiekārtas un tīklus;
- ieslēgt elektroiekārtu, kurai nav aizsardzības aparātu, kas to atslēgtu avārijas

režīmos, kā arī ieslēgt elektroiekārtu, kas automātiski atslēgusies bez atslēgšanās cēloņu noskaidrošanas un novēršanas;

- nomainīt bojātās spuldzes sprādzienaizsargātos gaismas ķermeņos pret cita veida vai lielākas jaudas elektrosplūdzēm, krāsot vai matēt gaismu caurlaidošos kupolus;
- atstāt darbā elektroiekārtu, ja tās sprādzienaizsardzības veids ir bojāts (eļļas noplūde, spiediena samazināšanās, zemāks kvarca smilšu līmenis u.tml.), atstāt atvērtas vējtvera telpu durvis, kas atdala sprādzienbīstamās zonas no citām sprādzienbīstamām vai sprādziendrošām telpām;
- aizkrāsot sprādzienaizsargātu elektroiekārtu pasu datus, kas izvietoti uz iekārtas korpusa. Marķējumam jābūt skaidri redzamam, salasāmam un neizdzēšamam visā elektroiekārtas izmantošanas laikā.

5.4. Elektroapgādes tīklu ekspluatācijas organizācija

Tīklu tehniskās ekspluatācijas darbi iedalās plānotos un neplānotos darbos.

Plānotie darbi jāveic LEK un instrukcijās norādītos termiņos. Iekārtu remontdarbu periodiskumu un apjomu nosaka to izgatavotāja dokumenti, bet, ja tādu nav, tad nozares standarti, ekspluatācijas instrukcijas un citi normatīvie dokumenti. **Neplānotos darbus**, kas parasti saistīti ar atteicu un bīstamo defektu novēršanu, veic iespējami īsākā laikā. Atbilstoši elektroapgādes tīklu reģionā izveidotajiem nodaļas meistarų iecirkņiem, kā pamatdokuments darbu plānošanai noteikts ilgtermiņa (6 gadu) darbu plāns - grafiks.

Vadoties no apstiprinātā ilgtermiņa plāna - grafika, ikdienas lietošanai sastāda detalizētus gada, ceturkšņa un ikmēneša darbu plānus - grafikus. Lai būtu iespējams detalizēti plānot remontdarbus, gadā pirms plānotā remonta veic elektrisko tīklu defektēšanu. Energosistēmā veic arī tīklu tehnoloģisko traucējumu (iekārtas darbības atteikumu, bojājumu) uzskaiti un analīzi. Tehnoloģisko traucējumu uzskaites un novēršanas kārtību nosaka LEK 026 «Tehnoloģisko traucējumu izmeklēšana un uzskaitē energouzņēmumos un energosistēmā». Elektroapgādes tīklu reģiona tehniskā vadītāja pienākums ir organizēt tehnoloģisko traucējumu (bojājumu, atteikumu) izmeklēšanu un defektu analīzi. Pēc defektēšanas pabeigšanas jā sastāda elektroapgādes tīklu reģiona nodaļu remontu gada plāns, kurā ietverts arī nepieciešamais materiālu, personāla un transporta izmaksu aprēķins. Šo darbu iespējams atvieglot izmantojot datorprogrammas, piemēram, "Remonta uzdevums". Plānošanā var izmantot šādus nosacītus apzīmējumus ekspluatācijas ilgtermiņa plāna - grafika sastādīšanai:

KR - kompleksais remonts,
KP - kompleksā remonta pieņemšana - speciālistu,
A - EPL periodiskās apskates,
D - defektēšana kompleksam remontam,
Z - zemējuma kontūra pretestības mērījums,
Tr. uzņ, - trases tīrīšana ar komersantu spēkiem,
Tr. RCD - trases tīrīšana ar RCD spēkiem.

Plānojot remontu, jāņem vērā defektēšanas rezultāti, tīkla bojājumu, atteikumu, tehnoloģisko traucējumu un defektu analīze, veiktie mērījumi un aprēķini, kā arī paredzamā tīklu rekonstrukcija un jaunu lietotāju pieslēgšana. Nosakot remontu periodiskumu kombinētām elektrolīnijām, kuras sastāv no dažādu līniju posmiem, jāvadās pēc stingrākajām prasībām, kādas ir izvirzītas GVL.

Uzturēšanas remonts ir remonta veids, ko veic, lai uzturētu elektroapgādes objektu darbaspējas un palielinātu tā kalpošanas laiku, remontējot vai nomainot atsevišķas nelielas sadales tīkla sastāvdaļas. Šo remontdarbu laikā atjauno vai nomaina atsevišķas konstrukcijas, mezglus vai detaļas, novērš defektus, veic ieregulēšanu, atjauno aizsardzību pret atmosfēras izlādēm un korozijas iedarbības sekas. Lai samazinātu plānotos atslēgumus, palielinātu remontdarbu ražīgumu un kvalitāti, Latvijas energosistēmā sadales tīklu remontdarbos ievieš kompleksā remonta metodi.

Kompleksais remonts ir elektrisko sadales tīklu apkalpošanas metode, ko veic iespējami vienlaicīgi objektu grupai, pielietojot katram no grupas objektiem plānotos dažādus ekspluatācijas darbu veidus, lai uzlabotu vai uzturētu objektu grupas darbaspējas kopumā. Elektroapgādes objekta kompleksā remonta darbi jāplāno tā, lai to laiks un lietotājiem nenodotā elektroenerģija būtu minimāla. Pēc šīs metodes vienlaicīgi izpilda ekspluatācijas un remontdarbus 20 kV un 0,4 kV tīklu daļās. Tajās ietilpst 20 kV līnijas maģistrālā daļa starp diviem sekcionējošiem atdalītājiem, no šī maģistrālās līnijas posma atejošās nozarlīnijas, 20/0,4 kV transformatoru apakšstacijas un tām pieslēgtās 0,4 kV līnijas. Vienlaikus remontējamo sadales tīkla 0,4-20 kV daļu sauc par **komplekso iecirkni**. Atkarībā no 20 kV nozares garuma, pieslēgto transformatoru apakšstaciju skaita un 0,4 kV tīkla lieluma komplekso iecirkni var izveidot gara nozare ar tai pieslēgtām apakšstacijām un 0,4 kV tīklu vai arī tikai 0,4 kV tīkls. Komplekso remontu veic pēc iepriekš sastādīta plāna, kuru sastāda uz 6 gadiem (vai īsākam periodam, ja nepieciešams). Tekošam gadam sastāda plānu darbiem šajā gadā remontējamajos kompleksajos iecirkņos. Darbi iecirkņos, kas iet pa lauksaimniecībā izmantojamām zemēm, tiek plānoti agrā pavasarī vai pēc ražas novākšanas, lai nebojātu sējumus. Grūti pieejamās vietās darbus veic sasaluma laikā. Sastādot plānu, iepriekš jāzina sadales tīkla tehniskais stāvoklis, tāpēc ekspluatācijas

speciālisti veic apskates un defektēšanu. Pirms kompleksā remonta ekspluatācijas darbus plāno tā, lai līdz remonta sākumam būtu pēc iespējas pilnīgāka informācija par nepieciešamo remonta apjomu. Pirms kompleksā remonta līnijās pārbauda koka balstu puuvuma pakāpi un dzelzsbetona balstu stāvokli, nosaka maināmos un taisnojamus balstus, regulējamus vadu posmus, pārbūvējamās pārejas, uzstādāmos pastabus, tīrāmos trases posmus. Tāpat nosaka nepieciešamos remontdarbus TP un sadales iekārtās.

Plānojot un organizējot darbu izpildi kompleksos iecirkņos, samazinās patērētāju plānoto atslēgumu ilgums, tiek efektīvāk izmantots darbaspēks, mehānismi un transporta tehnika, samazinās kopējās ekspluatācijas un remonta darbu izmaksas.

Remonta brigāžu personālu nodrošina ar remontu tehnoloģisko dokumentāciju, instrumentiem un mehānismiem. Tehnoloģisko dokumentu sastādīšanu un apstiprināšanas kārtību noteic energouzņēmuma tehniskais vadītājs. Tehnoloģiskais dokuments ir grafisks vai teksta dokuments, kas atsevišķi vai kopā ar citiem dokumentiem noteic objekta vai mezgla izgatavošanas, montāžas remonta vai kontroles tehnoloģiju (piemēram, tehnoloģiskās kartes, iekārtu apkalpes un remontu instrukcijas, izstrādātas remontu, pārbaudes protokolu formas u.t.t.). Komplekso remontu veic pamatojoties uz augstāk minētajiem dokumentiem un šajos dokumentos, ja tas paredzēts, atzīmē arī darbu izpildi.

Vienlaicīgi ar remonta darbiem jāveic arī apkalpošanas darbi, kā arī brīvgausa atdalītāju remonts un vajadzības gadījumā 20 kV līniju augšējās revīzijas. Kompleksā remonta laikā izpilda remontdarbus un veic profilaktiskās apskates un mērījumus. 20 un 0,4 kV GVL izpilda šādus galvenos darbus: bojāto balstu un pastabu nomaiņu, dzelzsbetona balstu remontu, balstu taisnošanu, pāreju pārbūvi, līniju augšējās revīzijas, bojāto izolatoru nomaiņu, vadu savienojumu pārbaudi, vadu regulēšanu un nomaiņu, trases tīrīšanu u.c. darbus. Transformatoros, sadales iekārtās un komutācijas punktos izpilda šādus darbus:

- pārbauda kontaktu savienojumus un elektroiekārtu;
- regulē atdalītājus, ieeļļo un regulē piedziņas;
- pārbauda drošinātājus, nepieciešamības gadījumā nomaina drošinātāju kustošos ieliktņus;
- apskata, tīra, regulē un eļļo kontaktus;
- pārbauda un remontē 0,4 kV sadali (slēdzus, automātus, strāvmaiņus, skaitītājus u.c.);
- pārbauda un remontē pārsprieguma aizsardzības un zemējumu ierīces;
- pārbauda uzrakstus, plakātus un vajadzības gadījumā tos atjauno;
- TA un sadales punktu remonta laikā remontē arī ēkas, telpas un būvkonstrukcijas.

Kompleksā remonta laikā transformatoriem izdara šādus darbus:

- apskata un tīra izolatorus, tvertni un aparatūru;
- pārbauda blīvījumus;
- pārbauda eļļas līmeni, noņem pārbaudei eļļas paraugus (transformatoriem ar jaudu virs 630 kVA);
- nepieciešamības gadījumā nomaina vai papildina eļļu;
- mēra izolācijas pretestību.

Rezultātus fiksē tehniskajā dokumentācijā. Pēc kompleksā iecirkņa remonta pabeigšanas remontu meistars pārbauda darbu izpildi un noformē nepieciešamo dokumentāciju. Atbildīgie speciālisti pārbauda veikto darbu apjomu un jādod tā novērtējumu. Defektu pieņemšanas aktu jāparaksta iecirkņa meistaram. Iecirkņa meistars un elektroapgādes tīklu speciālisti izlases veidā pārbauda un jāizvērtē veikto darbu apjomu un kvalitāti.

5.5. Patērētāju elektroiekārtu ekspluatācijas organizācija

Katrā nozarē atkarībā no tās īpatnībām izveido tai atbilstošu ekspluatācijas organizatorisko struktūru. Patērētāju (elektrouzņēmēju) elektrotehniskais personāls administratīvi ir pakļauts sava uzņēmuma vai organizācijas vadībai, bet operatīvā ziņā arī energosistēmas operatīvajam personālam. Bez tam patērētāju elektroietaišu ekspluatāciju un tehnisko stāvokli kontrolē un uzrauga energosistēmas enerģijas sadales uzņēmums. Pārējo elektroapgādes sistēmas datu, kura neietilpst patērētāju vai specializēta nozares uzņēmuma bilancē, ekspluatē energosistēma.

Rūpniecības uzņēmumos sastopamas divas galvenās patērētāju elektroietaišu ekspluatācijas organizatoriskās formas - elektrocehs un galvenā enerģētika dienests. Pirmā no tām raksturīga nelieliem un vidējiem, bet otrā - lieliem energoietilpīgiem uzņēmumiem; šo dienestu vada galvenais enerģētiķis, kas organizē un vada visu enerģijas veidu izmantošanu.

Pašvaldībās elektrosaimniecību organizē un vada galvenais enerģētiķis vai vecākais enerģētiķis, vai arī inženieris vai tehniķis elektriķis. Šos posteņus nosaka atkarībā no ražošanas vajadzībām patērētās elektroenerģijas daudzuma un no nosacītās vienībās izteikta elektroiekārtu skaita saimniecībā. Elektroapkalpošanas darbu ekspluatāciju veic saskaņā ar izstrādāto profilaktisko apkopju un remontu plānu. Šāda plāna sastādīšanai tiek ņemti vērā elektroiekārtu ražotāju instrukcijās norādītie apkopju termiņi un reālais iekārtu tehniskais stāvoklis uzņēmumā.

5.6. Apkopes un remonta darbu tehniskais nodrošinājums

Elektroapgādes sistēmu apkalpošanas un remonta brigādes ir jānodrošina ar visiem nepieciešamajiem mehānismiem, instrumentiem, mēraparātiem un darba aizsardzības līdzekļiem. Piemēram, operatīvās izbraukuma brigādes (OIB) ir nepieciešams apgādāt ar šādiem darba aizsardzības līdzekļiem:

- 20 kV sprieguma uzrādītāji - 2 gab.;
- 20 kV slēgstieņi - 2 gab.;
- 0,4 kV sprieguma uzrādītāji - 2 gab.;
- dielektriskie cimdi - 2 pāri;
- zemējuma uzlikšanas stienis (20 - 0,4 kV);
- pārnesamie zemējumi 20 - 0,4 kV līnijām;
- aizsargķiveres;
- kāpšļi, jostas;
- izbīdāmās trepes;
- drošības virve;
- brigādes medicīniskā aptieciņa;
- aizsargacenes.

Materiālu un instrumentu saraksts ir jānorāda tehnoloģiskajās kartēs, kas tiek sagatavotas komplikētiem apkopes vai remontu darbiem. Tehnoloģisko karšu izstrāde bāzējas uz ilggadīgu pieredzi, pastāvošajiem darbu izpildes normatīviem un aprēķiniem. Tehnoloģisko karšu izstrāde un izmantošana dod lielu ekonomisko efektu, jo ļauj samērā precīzi noteikt materiālu un darbaspēka izlietojumu apkopes un remontu veikšanai, kā arī iepriekš aptuveni noteikt darbu paredzamo izpildes laiku, kas ir svarīgi elektroenerģijas padeves pārtraukumu samazināšanai. Lai nodrošinātu elektroapgādes līniju atjaunošanas operatīvāti energouzņēmumos tiek noteikti rezerves materiālu obligātie apjomi. To daudzumu parasti nosaka uz elektropārvades līniju garuma vienībām, piemēram, tiek normēts rezervējamo stabu, pastabu, izolatoru u.c. detaļu (mezglu) skaits uz 100 km līnijas garumu.

Normatīvo uzkrājumu daudzumu elektropatērētājiem nosaka uzņēmuma elektrodienesta speciālisti, izejot no spēkā esošajiem normatīviem, tehnoloģijas darbības nodrošināšanas svarīguma un iepriekšējās pieredzes. Pārliku lielu (virsnormatīvu) uzkrājumu veidošana palielina vajadzību pēc kapitālieguldījumiem, pasliktina uzņēmuma ekonomiskos rādītājus, kā arī apgrūtina modernu elektrotehnoloģiju ieviešanu uzņēmumā.

6. CILVĒKA AIZSARDZĪBA ELEKTROIEKĀRTU EKSPLUATĀCIJAS PROCESĀ

Cilvēka aizsardzībai ir prioritāra nozīme EI ekspluatācijas un remontu procesā un tā tiek noteikta ar likumdošanas aktiem.

6.1. Elektriskās strāvas iedarbība uz cilvēka organismu

Strāvas iedarbība var izraisīt arī muskuļu krampjus un neatgriezeniskas izmaiņas šūnās un audos, tāpēc tie var atmert. Elektriskās strāvas iedarbības bīstamību uz cilvēka organismu nosaka:

- caur ķermeni plūstošās strāvas stiprums;
- elektriskā kontakta ilgums;
- ķermeņa pretestība;
- strāvas frekvence;
- strāvas spriegums;
- strāvas ceļš cilvēka ķermenī;
- kontakta virsmas lielums;
- ārējās vides faktori;
- cilvēka fizioloģiskais un psiholoģiskais stāvoklis.

Elektriskās strāvas iedarbības bīstamības raksturošanai atkarībā no strāvas stipruma un iedarbības ilguma uz cilvēka organismu lieto trīs primāros kritērijus:

- sajūtamības strāva;
- satverošā strāva;
- nāvējošā strāva.

Sajūtamības strāva ir mazākā sajūtāmā strāva iedarbībā, kas pārsniedz 30 sekundes. Sajūtamības strāva 50 Hz maiņstrāvai ir 0,6 līdz 1,5 mA, līdz strāvai – no 5 līdz 7 mA. **Satverošā strāva** ir mazākais strāvas stiprums, kas rada muskuļu krampjus (satverošus) un sāpes, ja strāvas iedarbības ilgums ir no 1 līdz 30 sekundēm. Satverošās strāvas apakšējā robeža 50 Hz aiņstrāvai ir no 5 līdz 25 mA, līdzstrāvai – no 50 līdz 80 mA.

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

6.2. Telpu klasifikācija pēc to elektrobīstamības

Darba telpas un apkārtējā vide krasi ietekmē elektriskās strāvas bīstamības pakāpi.

Pēc uzstādīšanas veida elektroietaisies iedala šādi:

- slēgtās jeb iekšējās elektroietaisies, kas ir izvietotas ēku iekšpusē un aizsargātas no atmosfēras faktoru iedarbības;
- ārējās jeb atklātās elektroietaisies, kas nav aizsargātas no atmosfēras faktoru iedarbības;
- elektrotelpas ir atsevišķas telpas vai nožogota telpas daļa, kurā atrodas elektroietaisies, tās ap kalpo tikai kvalificēts elektrotehniskais personāls;
- ražošanas telpas ir telpas, kurās uzstādītās elektroiekārtas izmanto arī neelektriskais personāls.

Mitrums, paaugstināta temperatūra, ķīmiski aktīvu vielu tvaiki, strāvu vadoši putekļi būtiski ietekmē elektroietaišu izolācijas pretestību.

Telpu iedalījums pēc **elektrobīstamības pakāpes**:

- Telpas bez **paaugstinātas elektrobīstamības** – tās ir sausas telpas, kurās:
 - relatīvais gaisa mitrums ir līdz 60 %;
 - gaisa temperatūru līdz 35 °C;
 - nav strāvu vadošu grīdu;
 - nav strāvu vadošu putekļu;
 - notiekošie procesi neizdala ķīmiski aktīvas vielas;
 - nav iespējams vienlaikus pieskarties elektrisko ierīču metāla korpusiem un ar zemi savienotām ēku metāla konstrukcijām.
- Telpas ar **paaugstinātu elektrobīstamību** – tās ir telpas, kurās:
 - relatīvais gaisa mitrums pārsniedz 75%;
 - gaisa temperatūra ilgstoši pārsniedz 35 °C;
 - tehnoloģiskajā procesā izdalās strāvu vadoši putekļi;
 - ir strāvu vadošas grīdas (metāla, dzelzsbetona, ķieģeļu, flīžu u.c.);
 - ir iespējams vienlaikus pieskarties elektrisko ierīču metāla korpusiem un ar zemi savienotām ēku metāla konstrukcijām vai tehnoloģiskajai iekārtai.
- **Sevišķi bīstamas telpas** – tās ir telpas, kurās ir:
 - relatīvais gaisa mitrums ir gandrīz 100 %;
 - ķīmiski aktīvas vielas, kas ārdroši iedarbojas uz elektroiekārtu izolāciju;
 - vienlaikus pastāv divi vai vairāki faktori, kas nosaka telpas ar paaugstinātu elektrobīstamību.

Teritorijām, kas ir ārpus telpām, piemīt sevišķi bīstamo telpu pazīmes.

6.3. Tehniskie un organizatoriskie elektroaizsardzības pasākumi

Elektrotraumas iegūšanas varbūtības samazināšanai nepieciešams veikt šādu pasākumu kompleksu:

- Organizatoriskie elektrodrošības pasākumi:
 - instruktāža;
 - drošu darba veikšanas paņēmieni apguve;
 - pareiza darba vietas un darba režīma izvēle;
 - individuālo aizsardzības līdzekļu lietošana;
 - drošības zīmju un plakātu pareiza izvēle;
 - atbilstošas kvalifikācijas darbinieku izvēle;
- profilaktiskie pasākumi – elektroietaisies strāvu vadošo daļu izolācija, nožogojumi, pareiza elektroietaisies darbības režīma izvēle;
- Tehniskie elektroaizsardzības pasākumi:
 - drošu tehnisko sistēmu (elektroapgādes sistēmu) izveide;
 - nullēšana;
 - zemēšana;
 - potenciālu izlīdzināšana;
 - aizsargslēgums;
 - atdalošie un zema sprieguma transformatori,
 - dubultizolācijas izveidošana, u.c.

6.3.1. Elektroiekārtu zemēšana un nullēšana

Elektroiekārtu zemēšana un nullēšana ir elektroapgādes tīkla drošuma paaugstināšanas paņēmieni, taču tie ir jāizpilda saskaņā ar normatīvām prasībām un nepārtraukti jāuztur darba kārtībā, tāpat kā visas pārējās elektroietaišu sastāvdaļas.

6.3.1.1. Tehniskās prasības elektroiekārtu zemēšanai telpās

Telpās izvietoto elektroiekārtu zemējumiem atkarībā no telpas elektrobīstamības pakāpes tiek noteiktas šādas prasības:

- telpās bez paaugstinātas elektrobīstamības jāzemē elektroiekārtas, kuras tiek pieslēgtas 380 V maiņstrāvai vai 400 V līdzstrāvai;
- telpās ar paaugstinātu elektrobīstamību, sevišķi bīstamās telpās un teritorijā ārpus telpām jāzemē elektroiekārtas, kuras pieslēgtas 42 V maiņstrāvas spriegumam vai 110 V līdzstrāvai;
- sprādzienbīstamajās telpās neatkarīgi no sprieguma vērtības jāzemē visas elektroiekārtas, kā arī metāla konstrukcijas, uz kurām tās ir uzstādītas.

Telpās ar paaugstinātu elektrobīstamību jālieto elektroinstrumenti ar dubultu izolāciju. Sevišķi bīstamās telpās un teritorijās ārpus telpām jālieto elektroinstrumenti ar dubultu izolāciju, papildus izmantojot individuālos aizsardzības līdzekļus.

6.3.1.2. Prasības 1 kV elektrotīklu ar cieši zemētu neitrāli nulllēšanai

Tīklus, kas pievienoti transformatora sekundāram tinumam ar cieši zemētu neitrāli, sauc par tīkliem ar cieši zemētu neitrāli. Tie ir trīsfāzu tīkli ar nullvadu un 380/220 V spriegumu. Šai sistēmai iespējami divi nullvada darbības režīmi:

- režīms, kurā nullvads pilda tikai aizsardzības funkciju;
- režīms, kurā nullvads nodrošina gan aizsardzības funkciju, gan elektroiekārtas darbības nodrošināšanas funkcijas.

Nulllēšana ir galvenais paņēmieni, lai pasargātu cilvēku no elektrotraumas, ko var gūt izolācijas bojāšanās vai vienfāzes īsslēguma gadījumā, ja cilvēks pieskaras elektroiekārtu korpusiem un metāliskām daļām konstrukcijās, kuras nokļuvušas zem sprieguma.

Ja pareizi izpildīta nulllēšana un izvēlēta atbilstoša aizsardzības ierīce, īsslēguma strāvai jāpārsniedz aizsardzības ierīces nostrādes strāvas lielums un jānodrošina bojātā posma automātiska un ātra atslēgšana.

Lai zinātu, vai aizsardzība nostrādās, jāveic aizsardzības nostrādes ķēdes fāze – nulle mērījumi izmantojot vienu no divām metodēm.

Pirmā metode: nosaka faktisko pretestību – Z_{fakt} – mērāmajam ķēdes posmam. Šim mērījumam var izmantot attiecīgus mērinstrumentus, piemēram, M417. Mērījuma rezultātu salīdzina ar posmam pieļaujamo pretestības lielumu $Z_{\text{pieļ}}$, kas ir noteikta tabulās katram drošinātāja lielumam. Jābūt izpildītam nosacījumam: $Z_{\text{fakt}} \leq Z_{\text{pieļ}}$.

Ja vienādība neizpildās, jāveic pasākumi pretestības Z_{fakt} samazināšanai (palielina vadu šķērsriezumu, saīsina līnijas garumu) vai arī pārbauda iekārtas slodzes, lai pārliecinātos, vai ir iespēja mainīt drošinātāju, kas ļautu izmainīt $Z_{\text{pieļ}}$ vērtību.

Otrā metode: veic aizsardzības nostrādes pārbaudes mērījumus – mēra īsslēguma strāvas lielumu ķēdē (piemēram, mērinstruments CM300/2), pēc tam pārbauda, vai ir spēkā nosacījumi $I_{\text{isl}} \geq 3 I_{\text{droš}}$ un $I_{\text{isl}} \geq 1,5 I_{\text{aut}}$.

Lai arī elektrotīkls ar spriegumu līdz 1000 V tiek plaši aprīkots ar cieši zemētu neitrāli, tam ir šādas galvenās nepilnības:

- nulllēšana rada potenciāla noplušanu pa visiem šai sistēmai pieslēgtajiem patērētājiem, kas rada bīstamību un traucējumus pusvadītāju aparātūrai;
- vienlaicīga pieskaršanās pie elektroiekārtas strāvu vadošajām daļām un tās nullētā korpusa ir bīstama;
- nulllēšanas tīklā nedrīkst zemēt atsevišķus patērētājus bez to pievienošanas nullvadam, jo, ja fāze nokļūst uz korpusa, sazemētie korpusi var nokļūt zem

bīstama sprieguma, jo īsslēguma ķēdes pretestība var būt par lielu, lai nostrādātu aizsardzība.

Cilvēks var nokļūt zem sprieguma, arī nepieskaroties zemētajām elektroiekārtu daļām. Pārvietojoties zemesslēguma strāvas izplūdes zonā, katra kājas pēda tiek pielikta zemes punktam ar dažādu potenciālu. Potenciālu starpību starp abām kājām sauc par soļa spriegumu.

6.3.1.3. Nullēšanas un zemēšanas izmantošana 1 kV elektrotīklos

Tīklos ar spriegumu līdz 1000 V un cieši zemētu neitrāli galvenais aizsardzības līdzeklis ir nullēšana. Šajos tīklos nav atļauta elektroiekārtu zemēšana bez to korpusu pievienošanas nullvadam.

Tīklos ar spriegumu līdz 1000 V un **izolētu neitrāli** galvenais aizsardzības līdzeklis ir zemēšana. Nullēšanai vai zemēšanai ir pakļauti:

- elektrisko mašīnu, transformatoru, aparātu, gaismas ķermeņu korpusi un apvalki;
- mērtransformatoru sekundārie tinumi (ja nav citu speciālu norādījumu);
- sadales un vadības skapju karkasi, šo iekārtu noņemamās vai virināmās daļas, ja uz tām ir uzstādīta aparatūra, kuras maiņspriegums ir 42 V un lielāks, vai līdzspriegums 110 V un lielāks;
- sadales iekārtu metāla konstrukcijas, kabeļu tilti, kabeļu metāliskie apvalki, elektroinstalācijas metāla caurules, kā arī citas metāliskas konstrukcijas, kas saistītas ar elektroietaisies uzbūvi, pārvietojamo elektroiekārtu korpusu metāliskās daļas;
- elektroiekārtu korpusi, kas izvietoti uz kustīgām mašīnu un mehānismu daļām.

Nullēšanu vai zemēšanu **var neveikt** šādos gadījumos:

- ja elektroiekārtas korpusi, aparāti, elektromontāžas konstrukcijas uzstādītas uz nullētām vai zemētām konstrukcijām, pie kam jābūt labam savstarpēji nodrošinātam kontaktam;
- balsta izolatoru kāši un stieņi, piekarizolatoru armatūra, gaisa vadu līnijas ar koka balstiem;
- elektroskapju atveramās vai noņemamās daļas, ja uz tām nav elektrisko aparātu ar spriegumu virs 42 V pie maiņsprieguma vai 110 V pie līdzsprieguma;
- elektroiekārtas ar dubultizolāciju, kā arī elektroiekārtu korpusi, kuri pieslēgti atdalošajam transformatoram. Kā nullēšanas vai zemēšanas vadītāji tiek izmantoti:
 - speciāli šim nolūkam paredzēti vadītāji;
 - ēku metāliskās konstrukcijas;

- ražošanas iekārtu metāliskās konstrukcijas;
- elektroinstalācijas metāla caurules;
- kabeļu tiltu konstrukcijas;
- metāla cauruļvadi (izņemot tos, kas pārvada degošas vai sprāgstošas vielas).

Katra nullējamā vai zemējamā elektroiekārta nullvadam vai zemējuma maģistrālei jāpievieno ar atsevišķa vadītāja palīdzību. Šos vadītājus nedrīkst slēgt virknes slēgumā. Nullēšana vai zemēšana iekārtām, kuras tiek bieži demontētas vai ir uzstādītas uz vibrējošiem vai kustīgiem pamatiem, izpilda ar lokana vadītāja palīdzību. Nullvadā nedrīkst būt izjaucamu savienojumu, drošinātāju un slēdžu, ja darba nullvadā nepieciešams komutācijas aparāts, tam jāatbilst visi strāvu vadošie (līnijas) vadi. Atkārtotu nullvada zemējumu ieteicams ierīkot pie ievadiem ēkās, kurās elektroiekārta tiek nullēta. Nullvada atkārtotais zemējums samazina bīstamības pakāpi – izlīdzina potenciālu starpību, samazina soļa un pieskarspriegumu. Ja notiek zemesslēgums posmā aiz pārtrauktā nullvada, kurš nav atkārtoti sazēmēts, iekārtas, kas atrodas aiz pārtraukuma vietas, nonāk zem paaugstināta sprieguma.

6.3.1.4. Potenciālu izlīdzināšana

Potenciālu izlīdzināšana ir metode pieskarsprieguma un soļa sprieguma samazināšanai. Potenciālu izlīdzināšana tiek izmantota kā papildu aizsardzības līdzeklis kopā ar citiem aizsardzības paņēmieniem. Vairumā gadījumu elektroiekārtas ir novietotas vai atrodas blakus metālkonstrukcijām, metāla cauruļvadiem, ražošanas iekārtu metāliskajām daļām, telpu dzelzsbetona un metāla konstrukcijām. Ja visus šos metāliskos mezglus pievieno nullēšanas vai zemēšanas sistēmai, tad mazāks būs attālums starp sazēmētajām iekārtām un labāk izlīdzinās potenciālu starpība. Ja kādā no elektroiekārtas korpusiem notiek saskare ar fāzes vadu, zem sprieguma nonāk visa sistēma un samazinās pieskarsprieguma un soļa sprieguma vērtības un bīstamības pakāpe.

6.3.1.5. Zemējumietaišu uzturēšana un pārbaudes

Viens no svarīgākajiem pasākumiem elektroietaišu darbības un drošības nodrošināšanai ir normatīvajiem aktiem atbilstošas zemējumietaisies ierīkošana, kurai jānodrošina personāla drošība, elektroietaišu aizsardzība un normāls darba režīms. Pēc funkcionālās nozīmes visu zemējumietaišu iedalījums ir šāds:

- darba zemējumietaisies, kuru kopīgā iezīme ir tā, ka tās nepieciešamas attiecīgo aparātu normālai darbībai;
- aizsargzemējums, kuru izveido, lai apkalpojošo personālu pasargātu pret bīstamu pieskarspriegumu un soļa spriegumu. Dažāda sprieguma un nozīmes

zemējumietais jāapvieno vienā apvienotā sistēmā, lai dažādos elektriskā tīkla režīmos nerastos potenciālu starpība starp atsevišķiem zemējumiem. Kopējās zemējumietais pretestībai jānodrošina tās iekārtas prasības, kurai pieļaujamā pretestība ir vismazākā.

Zemējumietais sastāv no zemētājiem, zemētājevadiem, zemējummaģistrālēm un zemējumvadiem:

- zemētājevadi savieno zemētāju ar zemējummaģistrāli, pievienojumam jābūt vismaz divās dažādās vietās;
- zemējummaģistrāle paredzēta zemējumtīkla izveidošanai ražošanas telpās;
- zemējumvads ir vads, kas savieno zemējamo objektu ar zemējummaģistrāli.

Zemējumietais jāveic šādas **pārbaudes**:

- zemējumietais ārējā apskate, izlases veidā atrokot zemē novietotos zemētājus. Tie nedrīkst būt ar redzamiem defektiem, pārbaudi parasti veic kopā ar attiecīgās elektroietais apskati;
- saites pārbaude starp zemētāju un zemētājam elektroiekārtām, mēra saites pretestību un pārbauda, vai iekārta nav zem sprieguma;
- ķēdes fāze – nulle pretestības mērīšana ietaisēs ar spriegumu līdz 1000 V un cieši zemētu neitrāli;
- drošinātāja pārbaude ietaisēs ar spriegumu līdz 1000 V un izolētu neitrāli un izolācijas mērīšana.

6.3.2. Atdalošo un zema sprieguma transformatoru izmantošana

Atdalošais transformators, pateicoties tā konstruktīvajam izpildījumam, paredzēts elektroenerģijas patērētāja atdalīšanai no transformatora primārās ķēdes, pie kam sekundārā ķēde netiek zemēta. Atdalošajam transformatoram atļauts pieslēgt tikai vienu patērētāju.

Pazeminošo transformatoru sekundārās puses spriegums ne lielāks par 42 V, patērētāju skaits nav ierobežots. Atkarībā no elektriskā tīkla neitrāles izpildījuma primārajā pusē transformatora korpuss tiek zemēts vai nullēts.

Spriegums ne lielāks par 12 V jālieto, izmantojot rokas elektriskos instrumentus, pārnēsājamas lampas sevišķi nelabvēlīgos apstākļos, kad iespēju iegūt elektrotraumu palielina neērti darba apstākļi, nepietiekami telpas gabarīti, saskare ar lielām sazemētām metāliskām virsmām (katlos, pagrabos, tuneļos u.c.).

6.3.3. Aizsardzības atslēguma ierīces

Aizsardzības atslēgums nodrošina automātisku bojātās iekārtas atslēgšanos, nodrošinot apkalpojošā personāla drošību. Lieto tad, kad elektroiekārtas aizsardzībai ir

noteiktas paaugstinātas prasības, kā arī gadījumos, kad ar citiem aizsardzības veidiem nodrošināt iekārtas aizsardzību ir apgrūtināši. Diferenciālās aizsardzības slēdži (diferenciālslēdži) kontrolē strāvas noplūdes lielumu uz iekārtas korpusa un, noplūdes strāvai pārsniedzot pieļaujamo vērtību, atslēdz iekārtu.

6.3.4. Elektroaizsardzības līdzekļu lietošana

Bīstamu darbu un darbu elektroietaišu zem sprieguma tuvumā lietojami elektroaizsardzības līdzekļi darba drošības paaugstināšanai.

Pēc lietojuma nozīmīguma visus elektroaizsardzības līdzekļus iedala:

- pamata elektroaizsardzības līdzekļos;
- papildu elektroaizsardzības līdzekļos.

Par **pamata aizsardzības līdzekļiem** sauc tādus aizsardzības līdzekļus, kuru izolācija ilgstoši iztur elektroietaisies darba spriegumu un ar tiem var pieskarties strāvu vadošajām daļām, kas atrodas zem sprieguma. Elektroietaisēs līdz 1000 V tie ir:

- dielektriskie cimdi;
- instrumenti ar izolētiem rokturiem;
- izolējošās un strāvu mērķnaibles;
- izolējošie stieņi;
- sprieguma uzrādītāji (indikatori).

Par **papildu aizsardzības līdzekļiem** sauc tādus aizsardzības līdzekļus, kuru izolācija nevar ilgstoši izturēt elektroietaisies darba spriegumu un nevar pasargāt no strāvas iedarbības pie šī sprieguma. Papildu aizsardzības līdzekļus izmanto galveno aizsardzības līdzekļu darbības papildināšanai. Papildu aizsardzības līdzekļi elektroietaisēs līdz 1000 V ir:

- dielektriskās galošas;
- dielektriskie paklāji;
- pārnesamie zemējumi;
- izolējošie paliktņi un uzliktņi;
- pagaidu nožogojumi;
- plakāti un brīdinājuma uzraksti.

Uz visiem izolējošiem aizsarglīdzekļiem (izņemot instrumentus ar izolētiem rokturiem), kas izturējuši periodisko pārbaudi, jābūt:

- pārbaudes marķējumam, kur norādīta laboratorija, kas veica pārbaudi;
- maksimālajam spriegumam, ko iztur aizsardzības līdzeklis;
- nākamajam pārbaudes termiņam.

6.3.5. Sprieguma atslēgšana un citi drošības pasākumi EI ekspluatācijā

Darbi, kas saistīti ar elektroiekārtu apkalpošanu, ir paaugstinātas bīstamības darbi. No elektrodrošības viedokļa izpildāmos darbus pie elektroietaisēm iedala 4 kategorijās:

- darbs ar iekārtām, kas izpildāms, pilnīgi atslēdzot spriegumu, ir darbs, kas veicams elektroiekārtā vai tās daļā, kur no visām strāvu vadošām daļām spriegums atslēgts un kur ir slēgta ieeja blakus elektroiekārtā, kas atrodas zem sprieguma;
- darbs ar iekārtām, kas daļēji atslēgtas no sprieguma, ir darbs, kas veicams elektroiekārtā vai tās daļā, kur spriegums atslēgts tikai no tiem pieslēgumiem vai to daļām, pie kurām strādā, vai kur spriegums ir pilnīgi atslēgts, bet ir nenoslēgta ieeja blakus elektroiekārtā, kas atrodas zem sprieguma;
- darbs bez sprieguma atslēgšanas tālu no strāvu vadošajām daļām, kuras ir zem sprieguma, ir darbs, kuru veicot, nav iespējama strādājošo, remonta aprīkojuma un darba rīku tuvošanās strāvu vadošajām daļām līdz bīstamam atstatumam un nav jāveic tehniski vai organizatoriski pasākumi, lai šādu tuvošanos novērstu;
- darbs **bez sprieguma atslēgšanas strāvu vadošo daļu tuvumā** vai uz tām. Tas pieļaujams tikai tad, ja ir organizēta strādājošo nepārtraukta uzraudzība un ja tiek lietoti izolējošie aizsarglīdzekļi.

Lai garantētu drošību darbā ar elektroierīcēm, nepieciešami šādi tehniski pasākumi:

- **sprieguma atslēgšana** no elektroiekārtām vai elektroiekārtu daļām, pie kurām vajadzēs strādāt, kā arī no elektroiekārtām, pie kurām iespējama nejauša pieskaršanās, izpildot darbu. Spriegums jā atslēdz tā, lai strādāšanai izdalītā elektroiekārta vai elektroiekārtas daļa būtu no visām pusēm atdalīta no strāvu vadošajām daļām, kas atrodas zem sprieguma. Atslēdzot spriegumu, ķēdes nedrīkst būt noslogotas, lai neveidotos elektriskais loks;
- **atslēguma ierīču bloķēšana**, kas ir operāciju kopums, kas nepieļauj atslēgšanas ierīces iedarbināšanu, noturot to noteiktā stāvoklī. Atslēguma ierīču bloķēšana var novērst tehniskas kļūmes, personāla kļūdas un citus neparedzētus faktoros. Veicot fizisko bloķēšanu starp izslēgšanas ierīces daļām, kuras ir nepieciešams bloķēt, ievieto izolējošu elementu, lai kontaktiem fiziski nebūtu iespējams savienoties. Veicot mehānisko bloķēšanu, atslēgšanas vadības elements tiek fiksēts nekustīgā stāvoklī, izmantojot atslēgas vai slēdzenes;
- **aizlieguma zīmju uzlikšana** uz atdalītāju, nodalītāju un slodzes slēdžu piedziņām, uz distances vadības atslēgām un pogām, uz komutācijas aparātiem, ar kuru ieslēgšanu var pievadīt spriegumu darba vietā. Jāizvieto

aizlieguma zīme: „NEIESLĒGT! STRĀDĀ CILVĒKI!”;

- **sprieguma neesamības pārbaude** tiek veikta, lai pārliecinātos, ka visi sprieguma avoti ir atslēgti. Sprieguma neesamības pārbaudes laikā jāīstojas tā, it kā ierīce atrastos zem sprieguma. Sprieguma neesamības pārbaudei lieto sprieguma indikatorus. Pirms sprieguma neesamības pārbaudes jāpārliecinās, vai darba kārtībā ir pats sprieguma indikators. Sprieguma indikatoru pārbauda līdzās esošās elektroiekārtās, kas atrodas zem sprieguma;
- **zemējuma pievienošana** visiem iespējamiem sprieguma avotiem. Pārnesamie zemējumi vispirms jāpievieno zemējumietasei, bet pēc tam jāuzliek uz strāvu vadošajām daļām. Elektroietaisēs strāvu vadošās daļas jāzemē no visām pusēm, no kurām var ieslēgt spriegumu. Pilnīga aizsardzība tiek panākta ar zemējumu īsslēgumu, savienojot visus elektriskās instalācijas elementus;
- **darba zonas ierobežošana** ar nodalošiem paneļiem, vairogiem, aizslietņiem u.c. norobežojumiem, lai pasargātu strādājošos no strāvu vadošajām daļām, kurās paliek spriegums;
- **brīdinošo, rīkojuma un norādījuma plakātu** uzlikšana darba zonā.

Pieci vispārējie likumi darbam ar elektroiekārtām drošības palielināšanai:

- atslēgt visus sprieguma avotus
- ja iespējams, fiksēt vai bloķēt visas atslēgšanas ierīces (virs 1000 V obligāti, līdz 1000 V - ieteicams);
- pārliecināties, vai iekārtā nav sprieguma;
- izveidot zemējumu vai īsslēgumu visiem iespējamiem sprieguma avotiem (līdz virs 1000 V obligāti, līdz 1000 V - ieteicams);
- ierobežot darba zonu, izvietojot drošības zīmes vai norobežojumus (līdz virs 1000 V obligāti, līdz 1000 V - ieteicams).

6.3.6. Organizatoriskie drošības pasākumi darbam elektroietaisēs

Elektroiekārtu apkalpošana ir paaugstinātas bīstamības darbs, kuru drīkst izpildīt tikai speciāli apmācīts elektrotehniskais personāls. Ikvienam darbiniekam, kas strādā ar elektrību, jāspēj apliecināt, ka viņam ir nepieciešamās zināšanas:

- par elektroietaisēs, kurā ir veicams darbs, tehnisko raksturojumu;
- par veicamā darba drošības pasākumiem;
- par aizsardzības aprīkojuma lietošanu un pārbaudi;
- par veicamajiem pasākumiem nelaimes gadījumos un pirmās palīdzības sniegšanu;
- par attiecīgo likumdošanu un uzņēmuma iekšējiem noteikumiem.

Pirms darba uzsākšanas uzņēmumā elektrotehniskais personāls tiek darba vietā instruēts un ne retāk kā vienu reizi 6 mēnešos tas tiek instruēts atkārtoti.

Instruktāžā darba vietā izskaidro darba drošības instrukcijas, kurās noteikti darba aizsardzības pasākumi un prasības, kas jāievēro elektrotehniskajam personālam, veicot konkrētu darbu vai pildot amata pienākumus. Ziņas par instruktāžu darba vietā reģistrē žurnālā darba aizsardzības instruktāžas darba vietā. Darbus ekspluatācijā esošajās elektroietaisēs atļauts izpildīt saskaņā ar norīkojumu, rīkojumu, kā arī tehniskās ekspluatācijas kārtībā. Norīkojumu izsniedz atbildīgā persona par elektrosaimniecību vai darbinieks, kuram ar atbildīgās personas par elektrosaimniecību rakstisku rīkojumu ir piešķirtas tiesības izsniegt rīkojumu. **Norīkojums** ir drošas darba veikšanas garantēšanai paredzēts dokuments, kas sastādīts uz speciālas veidlapas un nosaka norīkojuma izpildē iesaistāmos un par drošu darbu veikšanu atbildīgos darbiniekus, veicamos darbus, darbu veikšanas laiku, pasākumus darba vietas sagatavošanai un pielaišanai darbam, fiksē ikdienas pielaišanu darbam un darba pabeigšanu, kā arī izmaiņas darbu izpildītāju sastāvā. Norīkojums tiek noformēts vismaz divos eksemplāros, no kuriem viens paliek pie norīkojuma izsniedzēja. **Rīkojums** ir drošai darbu veikšanai mutiski vai rakstiski dots darba uzdevums, kas nosaka darbības saturu, vietu, sākuma un beigu laiku, nepieciešamos drošības pasākumus, darbiniekus, kuri atbildīgi par drošu darbu veikšanu. Rīkojumu izsniedz uz laiku, kas ne pārsniedz vienu izpildītāju darba dienu. Pēc rīkojuma elektroietaisēs atļauts izpildīt darbus uz strāvu vadošajām daļām, ja nav nepieciešams atslēgt spriegumu un izvietot pagaidu nožogojumus, kā arī visās elektroietaisēs līdz 1000 V, izņemot darbus sadales ietaisēs. Norīkojumi un rīkojumi jāreģistrē rīkojumu reģistrācijas vai operatīvajā žurnālā, uzrādot norīkojuma vai rīkojuma numuru, darba vietu, izsniegšanas un noslēgšanas laiku, norīkojuma izsniedzēju vai rīkojuma devēju. Elektroietaisē valdītājs ar rakstisku rīkojumu norīko atbildīgo personu par elektrosaimniecību vai slēdz līgumu ar Ekonomikas ministrijā reģistrētu firmu par elektroietaišu apkalpošanu. Atbildīgā persona par elektrosaimniecību, izdodot norīkojumu, ja ir nepieciešams, norīkojumā nosaka:

- pielaidēju darbam;
- atbildīgo darba vadītāju;
- darba darītāju;
- uzraudzītāju;
- brigādes locekļus.

Pielaidējs darbam iepazīstina darbu darītājus ar norīkojuma vai rīkojuma saturu, instruē viņus, norādot darbu izpildei sagatavotās darba vietas robežas, parāda darba vietai tuvāk esošās strāvu vadošās iekārtas, kurām aizliegts tuvoties, pierāda, ka darba vietā nav sprieguma, kā arī pārbauda elektrotehniskā personāla atbilstību norīkojumam

vai rīkojumam. Ja elektroietaisē jāveic sarežģītāks darbs, atbildīgā persona par elektrosaimniecību ar rakstisku rīkojumu norīko atbildīgo darbu vadītāju. Atbildīgais darba vadītājs pieņem darba vietu no pielaidēja darba veikšanai, organizē drošu darbu veikšanu un norīkojumā norādīto drošības pasākumu izpildi un veikto drošības pasākumu pietiekamību.

Uzraudzītājs darba izpildes laikā nepārtraukti atrodas darba vietā un ir atbildīgs par darba vietas atbilstošu sagatavošanu, nepieciešamo elektro aizsardzības līdzekļu lietošanu un darbinieku elektro drošību. Uzraudzītājam aizliegts apvienot uzraudzību ar kādu citu darbu un viņš nedrīkst atstāt darba vietu. Ja uzraudzītājam ir nepieciešams aiziet no darba vietas un viņu šajā laikā nevar aizvietot darbu vadītājs, pielaidējs vai darbinieks, kuram ir tiesības izsniegt norīkojumu, tad viņam jāizved visi darbinieki no darba vietas.

Darbuņēmējam, kas izpilda darbus elektroietaisēs, kas nav viņa valdījumā, pirms līguma slēgšanas vai darbu sākšanas jāiesniedz elektroietaisē valdītājam iesaistīto darbinieku saraksts, norādot viņu elektro drošības grupu. Kārtību, kā šo personālu pielaist darbam, nosaka elektroietaisē valdītāja atbildīgā persona par elektrosaimniecību. Darbus, kuru izpildei vajadzīgs rīkojums vai kuri veicami tehniskās ekspluatācijas kārtībā, nosaka atbildīgā persona par elektrosaimniecību, ievērojot konkrētos apstākļus. Darbi, kuru izpildei vajadzīgs rīkojums, var būt, piemēram:

- darbi maģistrālajās un stāvvadu elektrosadalēs bez sprieguma atslēgšanas (atsevišķu elementu nomaina, kontaktu savienojumu pārbaude, tīrīšana, uzrakstu atjaunošana);
- kanālu pārsegumu remonts;
- jaunu kabeļu ieguldīšana kanālos;
- vēdināšanas sistēmu elektroapgādes iekārtu remonts un nomaina;
- teritorijas apgaismošanas sistēmas elektroiekārtu remonts un apkope;
- darbs augstumā virs 5 m (elektroinstalācijas remonts, apgaismojuma sistēmas ķermeņu nomaina);
- citi darbi, ko noteikusi atbildīgā persona par elektrosaimniecību.

Darbi, kuri veicami tehniskās ekspluatācijas kārtībā, var būt, piemēram, šādi:

- elektropuldžu nomaina;
- apgaismojuma armatūru, kārbu un slēdžu remonts;
- sienas kontaktu remonts un nomaina;
- zemējuma spaiļes pieslēguma pareizības pārbaude;
- sadales skapju sakārtošana (skrūvju un uzgriežņu pievilksana, bojāto elementu nomaina, putekļu tīrīšana, uzrakstu atjaunošana);
- zemējumu kontūru pārbaude (apskate, mehānisko bojājumu novēršana);

- elektrodzinēju apskate;
- zibens aizsardzības iekārtas pārbaude (vizuālā apskate, mehānisko bojājumu novērtšana);
- elektroinstrumentu lietošanas noteikumu izpildes kontrole (saskaņā ar instrukciju par pārvietojamiem elektroinstrumentiem);
- ūdens sildītāju elektroiekārtas pārbaude;
- aizsardzības iekārtas nostrādes pārbaudes mērījumi;
- citi darbi, ko noteikusi atbildīgā persona par elektrosaimniecību.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Arājs R., Staltmanis I. Elektriskie sadales tīkli. R.: Liesma, 1973. – 313 lpp.
2. Arājs R., Staltmanis I. Elektroiekārtas un to ekspluatācija. R.: Liesma, 1977. – 258 lpp.
3. Baltiņš A. Lauksaimniecības elektroapgāde. R.: Zvaigzne, 1982. – 365 lpp.; Liesma, 1977. – 374 lpp.
5. Dirba J., Ketners K., Ketnere E. Enerģētisko sistēmu transformatori. R.: RTU izdevniecība, 2004. – 296 lpp.
6. Drošības prasības, veicot darbus elektroietaisēs. LEK 025. 2001. – 96 lpp.
7. Energoapgāde. J.Gerharda red. R.: Zvaigzne, 1989. – 329 lpp.
8. Elektroietaisēs lietojamo elektroaizsardzības līdzekļu izmantošana un pārbaude 1. daļa. LEK 056-1, 2003. – 24 lpp.
9. Elektroietaisēs lietojamo elektroaizsardzībaslīdzekļu izmantošana un pārbaude 2. daļa. LEK 056-2, 2003. – 28 lpp.
10. Elektrostaciju, tīklu un lietotāju elektroietaišu tehniskā ekspluatācija. LEK 002. 1997. – 154 lpp.
11. Laganovskis J. Enerģētika. R.: Zvaigzne, 1972. – 399 lpp.
12. Putniņš J. Elektroapgādes iekārtu aizsardzība un automātika R.: Zvaigzne, 1973. – 487 lpp.
13. Timmermanis K., Rozenkrone J. Elektrisko staciju un apakšstaciju elektriskā daļa. R.: Zvaigzne, 1988. – 421 lpp.
14. Vartanovs G., Verners V., Serebrjakovs V. Elektroiekārtu remonts. R.: Liesma, 1967. – 226 lpp.
15. Zviedris A. Elektriskās mašīnas. R.: Zvaigzne, 1984. – 367 lpp.
16. Казимир А., Кerpелева К. Эксплуатация электротермических установок в сельскохозяйственном производстве. М.: Россельхозиздат, 1984. – 208 с.
17. Пястолов А., Eroшенко Г. Эксплуатация электрооборудования. М.: Колос, 1990. – 283 с.
18. Сырых Н., Борысов Ю. Организация эксплуатации электро-оборудования в животноводстве. М.: Колос, 1990. – 76 с.

1. pielikums

GVL ar spriegumu līdz 20 kV plānoto ekspluatācijas darbu periodiskums

Darba nosaukums		Ne retāk kā	Norādījumi
Periodiskās apskates (var veikt elektro-montieri)	GVL pilsētās, ciemos un apdzīvotās vietās	1 reizi 2 gados	Periodisko apskatu rezultāti jāieraksta apskates lapās
	GVL neapdz. vietās	1 reizi 3 gados	
Speciālistu apskates (defektēšana un pieņemšana)		1 reizi 6 gados	Apskates veic, defektējot GVL remontē un pieņemot remonta darbus. Rezultāti jāatzīmē remonta dokumentācijā (EPL pases-shēmas)
GVL augšējā revīzija		Nosaka tehniskai vadītājs	Jāpārbauda vadu savienojumu un pievienojumu vietas, stiprinājumi pie izolatoriem. Defekti jānovērš, novērstie defekti - apskates lapu kopijās
GVL gabarītu pārbaude (līdz zemei un inženierbūvēm)		Ja ir ievērojamas gabarītu izmaiņas, objektu pārbūvē	Gabarīti jānovērtē vizuāli, apšaubāmos gadījumos jāizdara mērījumi. Vajadzības gadījumā jā sastāda kopīgs akts ar krustojamā objekta valdītāju. Rezultāti jāieraksta GVL dokumentācijā (EPL pases-shēmas kopijās)
Koka balstu un to detaļu trupēšanas pakāpes mērījumi, dzelzsbetona balstu un pastabu apskate		Pirmo reizi pēc 12 gadiem, turpmāk 1 reizi 6 gados	Koka balstu brāķēšanas norma (veselās daļas ekvivalents diametrs), kuru sasniedzot jāplāno 0,4 kV -20 kV GVL balstiem. Pāreju balstiem pār inženierbūvēm brāķēšanas norma ir par 3 cm lielāka. Koka balstu traveršu, detaļu, kā arī dzelzsbetona balstu un pastabu brāķēšanai normas nav noteiktas.

Zemēšanas ierīču pretestības mērījumi, cilpas fāzenulle pretestības mērījumi	Visiem zemējumiem	Pēc montāžas, pārbūves, remonta	Pretestībai jāatbilst elektroietaišu izbūves normām	
	Sadales ietaisēs virs 1000 V	Nosaka tehniskais vadītājs		
	GVL balstiem virs 110 kV	Ja ir balstiem, izolatoriem ir apdegumu pēdas		
	GVL balstiem virs 1000 V	1 x 6 gados		Balstiem ar atdalītājiem, izlādņiem, dzirksteļspraugām
Sprieguma mērījumi GVL		Nosaka teh. v.		
GVL kompleksais remonts		1 reizi 6 g.		

2. pielikums

Kabeļu līniju ar spriegumu līdz 20 kV plānoto ekspluatācijas darbu periodiskums

Darba nosaukums		Periodiskums, ne retāk kā	Norādījumi
Kabeļu līniju apgaitas un apskates	Kabeļu galu aparātu apskates transformatora punktos un sadales punktos	Vienlaicīgi ar elektroietaisies apskati 1 reizi gadā	Ja kabeļu līnijai ir atsevišķs valdītājs, tad TP, SP valdītājs par gala apdares stāvokli ziņo kabeļu līnijas valdītājam
	Kabeļu gala aparātu apskates transformatora un sadales punktos ar jaudas slēdžiem	Vienlaicīgi ar elektroietaisies apskati 1 reizi 6 mēnešos	
	0,4 kV - 20 kV kabeļu galu aparātu un pie GVL balsta piestiprinātu kabeļu apskate pilsētās un ciematos	Vienlaicīgi ar GVL apskati 1 reizi 2 gados	Kabeļu apskati veic valdītājs
Kabeļu līniju apgaitas un apskates	0,4 kV - 20 kV kabeļu gala aparātu un pie GVL balsta piestiprinātu kabeļu apskate neapdzīvotās vietās	Vienlaicīgi ar GVL apskati 1 reizi 3 gados	Kabeļu apskati veic valdītājs
	6 kV - 20 kV kabeļu trašu apskates pilsētās un ciematos	1 reizi 2 gados	Būvlaukumos, uzņēmumu teritorijās, kur ir lielāka aizsardzības nozīme noteikumu pārkāpumu iespēja, jānosaka biežāka apskate
	6 kV - 20 kV kabeļu trašu apskates neapdzīvotās vietās	1 reizi 3 gados	
	Kabeļu trašu ar spriegumu līdz 1000 V apskates	1 reizi 6 gados	
6 kV - 20 kV kabeļu pārbaude ar paaugstinātu spriegumu atbilstoši šī standarta prasībām		Pirms jaunu kabeļu ieslēgšanas darbā un pēc kabeļu remonta	
Kabeļu ar spriegumu līdz 1000 V pārbaude ar paaugstinātu spriegumu (ar 2500 V megometru)		Pirms jaunu kabeļu ieslēgšanas darbā un pēc kabeļu remonta	

2. pielikuma turpinājums

Darba nosaukums		Periodiskums, ne retāk kā	Norādījumi
Kabeļu līniju slodzes un sprieguma mērījumi 6kV - 20kV kabeļiem	110 kV apakšstacijās ar tālvadību	1 reizi mēnesī visu diennakti	
	bez tālvadības un dežūrpersonāla	4 reizes gadā. Vasarā un ziemā visu diennakti katru stundu, bet martā un septembri maksimuma laikā	
	110 kV apakšstacijās bez tālvadības, bet kur ir dežūr personāls	Katru dienu plkst. 10.00. Vasarā un ziemā vienu diennakti katru stundu katrā mēnesī	
	sadales punktos un transformatora punktos	Ziemā vienu reizi rīta un vakara maksimālās slodzes laikā. Vasarā vienu reizi maksimālās slodzes laikā	
Korozijbīstamās zonās klaidstrāvu, grunts un gruntsūdeņu agresivitātes pakāpes mērījumi		Atbilstoši vietējām instrukcijām	Jābūt kartei vai plānam, kurā norādīts, kādās vietās mērījumi jāveic un bīstamo zonu robežas
Kabeļu līniju atjaunošanas remonts		Pēc to tehniskā stāvokļa	
Kapacitātes, lokdzēses reaktoru, zemesslēguma strāvu un neitrāles novirzes sprieguma mērīšana		Ieslēdzot darbā lokdzēses aparātus un ievērojami izmainoties režīmam, kā arī pēc tehniskā vadītāja lēmuma	

3. pielikums

0,4 kV – 20 kV sadales ietaišu ekspluatācijas darbu periodiskums

Darba nosaukums		Periodiskums, ne retāk kā	Norādījumi
Jaudas slēdžu apkalpošana, remonts un pārbaudes jāveic izgatavotājas rūpnīcas instrukcijās noteiktos termiņos un apjomā. Ja konkrēta tipa slēdzim šādu dokumentu nav, darbi jāveic šādā apjomā un termiņos	slēdžu pārbaude, tos vairākkārtīgi izmēģinot	1 reizi 6 gados, atjaunošanas remontā	Slēdžu izmēģinājumi ar paaugstinātu spriegumu uz spoļu spailēm (120 % atslēgšanas spolei un 110 % ieslēgšanas spolei) izdara, ja šādus spriegumus iespējams nodrošināt. Izdarot izmēģinājumus, jāveic 3 - 5 ieslēgšanas un atslēgšanas operācijas vai 2 - 3 saliktie cikli ar katru izmēģinājuma sprieguma lielumu.
	slēdžu eļļas pārbaude	Jebkurā remontā	Jāpārbauda eļļas caursišanas spriegums (norma - ne mazāk kā 20 kV - 6 kV - 10 kV slēdžiem un ne mazāk kā 25 kV - 20 kV slēdžiem), kā arī vizuāli jāpārbauda, vai eļļai nav mehāniski piemaisījumi. Lieltilpuma eļļas slēdžiem eļļa jāpārbauda pirms un pēc ieliešanas, mazumtilpuma eļļas slēdžiem - pirms ieliešanas. Veicot remontu pēc resursa izlietošanas, eļļu var nepārbaudīt, bet nomainīt to ar svaigu eļļu. Veicot brīvgaisa lieltilpuma eļļas slēdžu tekošo remontu, to eļļai jāpārbauda tikai caursišanas spriegums.
Atdalītāju un slodzes slēdžu pārbaudes	organisko materiālu izolācijas pārbaude porcelāna izolācijas pārbaude	1 reizi 6 gados	Porcelāna izolācijas pārbaudi izdara pēc izvēles ar 2500 V megommetru vai paaugstinātu spriegumu, organisko materiālu izolācijas - ar 2500 V megommetru. Izolācijas pretestība nedrīkst būt mazāka par 300 MΩ 6 kV - 10 kV izolācijai un 1000 MΩ 20 kV izolācijai. Normas pārbaudei ar paaugstinātu spriegumu dotas tabulā 3.4.3.
	kontakta sistēmas pārejas pretestības mērījumi atdalītājiem ar 600 A un lielāku nominālo strāvu	Tehniskais vadītājs var mainīt termiņu atkarībā no iekārtu tehniskā stāvokļa un vietējiem apstākļiem	Kontaktu pārejas pretestībai jāatbilst izgatavotājrūpnīcas normām. Atdalītājiem šos mērījumus izdara tikai gadījumā, ja kontaktiem ir vizuāli novērojami bojājumi.
	slodzes slēdžu lokdzēses ieliktnu pārbaude	1 reizi 6 gados, ja tas paredzēts rūpnīcas normās	Ieliktnu nolietojšanās nedrīkst pārsniegt rūpnīcas normās noteikto.

3. pielikuma turpinājums

Darba nosaukums		Periodiskums, ne retāk kā	Norādījumi
<p>Jaudas slēdžu apkalpošana, remonts un pārbaudes jāveic izgatavotāj-rūpnīcas instrukcijās noteiktos termiņos un apjomā. Ja konkrēta tipa slēdzim šādu dokumentu nav, darbi jāveic šādā apjomā un termiņos</p>	pretestības (līdzstrāvai) mērījumi	1 reizi 6 gados, atjaunošanas remontā, kā arī remontā pēc komutācijas resursa izlietošanas	Kontaktu pārejas pretestībai, kā arī ieslēgšanas un atslēgšanas elektromagnētu pretestībai jāatbilst izgatavotāj-rūpnīcas instrukcijā dotajai
	slēdža kontaktu ātruma un slēgšanas laika raksturlielumu pārbaude		Pārbaudāmajiem parametriem jāatbilst izgatavotāj-rūpnīcas noteiktajiem.
	slēdža kustīgo daļu gājiena, kontaktu saspieduma un saslēgšanās vienlaicības pārbaude		
	brīvatslēdzes mehānisma darbības pārbaude	1 reizi 6 gados,	Mehānisma darbība, slēdzim ieslēdzoties, jāpārbauda kontaktu saskaršanās brīdi un kad kontakti ir pilnībā saslēgti.
	slēdžu piedziņas nostrādes sprieguma pārbaude	atjaunošanas remontā	Nostrādes spriegums ir mazākais spriegums, pie kura piedziņa veic slēgšanas operāciju pilnībā (neņemot vērā ātruma un laika raksturojumus). Tam jāatbilst izgatavotājas rūpnīcas normām, ja tādu nav, šim spriegumam jābūt par 15 % - 20 % zemākam nekā piedziņas elektromagnētu darba sprieguma zemākajai robežai. Atsperu piedziņu vadības elektromagnētu nostrādes spriegumu pārbauda, kad ieslēgšanas atsperu nostiepums ieregulēts atbilstoši normām.
slēdžu pārbaude, tos vairākkārtīgi izmēģinot		Slēdžu vairākkārtīga izmēģināšana ir to ieslēgšanas un atslēgšanas operācija, kā arī salikto ciklu veikšana (iesl. -atsl. bez laika ieturējuma jāveic visiem slēdžiem; atsl.-iesl. un atsl.-iesl.-atsl. jāveic slēdžiem, kuri paredzēti darbam AAI režīmā). Izmēģinājumi jāizdara, nodrošinot uz spoļu spailēm šādus spriegumus: ieslēgšanai - 100 % un 80 % no nominālā; atslēgšanai - 100 % un 65 % no nominālā.	

3. pielikuma turpinājums

Darba nosaukums		Periodiskums, ne retāk kā	Norādījumi
Komplekto sadales ietaišu (KSI) apkalpošana, remontu un pārbaudes jāveic izgatavotājrūpnīcas instrukcijā noteiktos termiņos un apjomā. Ja rūpnīcas instrukcijā nav norādītas pārbaudes normas, tad jāveic šādas KSI pārbaudes	izolācijas pretestības mērījumi primārajām ķēdēm (pilnīgi saslēgtām) izolācijas pretestības mērījumi sekundārajām ķēdēm (pilnīgi saslēgtām) pārbaude ar paaugstinātu 50 Hz frekvences spriegumu primārajām ķēdēm	1 reizi 6 gados	Izolācijas pretestība pilnībā saslēgtām ķēdēm, kas satur organisko materiālu izolācijas elementus, jāmēra ar 2500 V megommetru un tā nedrīkst būt mazāka par 300 MΩ 6 kV - 10 kV iekārtām un 1000 MΩ 20 kV iekārtām. Mēra ar 500 V - 1000 V megommetru, katram sekundāro ķēžu pievienojumam ar pieslēgtiem aparātiem. Tā nedrīkst būt mazāka par 1 MΩ.
	pārbaude ar paaugstinātu 50 Hz frekvences spriegumu sekundārajām ķēdēm	1 reizi 6 gados. Tehniskais vadītājs var noteikt citus pārbaudes termiņus	Pārbauda ar 1000 V spriegumu 1 minūti vai ar 2500 V megommetru
Jaudas slēdžu apkalpošana, remonts un pārbaudes jāveic izgatavotājrūpnīcas instrukcijās noteiktos termiņos un apjomā. Ja konkrēta tipa slēdzim šādu dokumentu nav, darbi jāveic šādā apjomā un termiņos	atjaunošanas remonts	1 reizi 6 gados	
	kārtējais remonts	Nosaka tehniskais vadītājs	
	remonts pēc komutācijas resursa izlietošanas (slēdzim, kuriem šāds resurss noteikts rūpnīcas dokumentos)	Veic pēc noteikta īsslēgumu vai slodzes strāvu atslēgumu skaita	

4. pielikums

Transformatoru līdz 20 kV apkopes un remontu darbu perioditāte

Darba nosaukums		Periodiskums, ne retāk kā	Norādījumi
Transformatoru apskate	iekārtās ar pastāvīgu dežūrpersonālu	1 reizi diennaktī	
	pārējās iekārtās	2 reizes gadā	
	TP	1 reizi gadā	
	TP ar jaudas slēdžiem	2 reizes gadā	
Transformatoru slodzes un sprieguma mērījumi		Nosaka tehniskais vadītājs	Mērījumi jāveic maksimālo un minimālo slodžu laikā
Transformatoru ar jaudu līdz 630 KVA izolācijas pretestības mērīšana		Nosaka tehniskais vadītājs atkarībā no iekārtas tehniskā stāvokļa	Novērtējot transformatora tehnisko stāvokli, jāņem vērā tā kalpošanas laiks, slodzes raksturs, iespējamo pārslodžu sekas, drošinātāju atbilstība transformatora jaudai utt.
Transformatoru ar jaudu virs 630 KVA eļļas pārbaude un izolācijas pretestības mērīšana		1 reizi 6 gados	
Transformatoru kārtējais remonts		Nepieciešamību nosaka tehniskais vadītājs atkarībā no transformatora tehniskā stāvokļa un mērījumu rezultātiem	
Transformatoru atjaunošanas remonts			
TP remonts		1 reizi 6 gados	TP remontu apjomu nosaka veicot defektēšanu pirms remonta