



LATVIJAS

LEK

ENERGOSTANDARTS

042

Pirmais izdevums
2020

**PĀRSPRIEGUMAIZSARDZĪBA ELEKTROIETAISĒS AR
SPRIEGUMU LĪDZ 20 kV**

© AS "Latvenergo", teksts, 2020

© LEEA Standartizācijas centrs "Latvijas Elektrotehnikas komiteja", noformējums,
makets, 2020

Šī energostandarta un tā daļu pavairošana un izplatīšana jebkurā formā vai jebkādiem
līdzekļiem bez Standartizācijas centra "Latvijas Elektrotehnikas komiteja" un
AS "Latvenergo" rakstiskas atļaujas ir aizliegta.

Latvijas Elektrotehnikas komiteja
Šmerļa iela 1, Rīgā, LV-1006

Reģistrācijas nr. 1-2020

Datums: 21.05.2020.

LEK 042

LATVIJAS ENERGOSTANDARTS

Anotācija

Energostandarts LEK 042 "Pārspriegumaizsardzība elektroietaisēs ar spriegumu līdz 20 kV" Pirmais izdevums ir izstrādāts par pamatu izmantojot un precizējot energostandartu LEK 042-1 "Pārsprieguma aizsardzība vīdsprieguma elektrotīklos" Pirmā izdevuma un LEK 042-2 "Pārsprieguma aizsardzība zemsprieguma elektrotīklos" Pirmā izdevuma prasības.

Energostandartā tiek aprakstīti vispārīgie pārspriegumaizsardzības ierīkošanas principi un pielietojamās pārspriegumaizsardzības ierīces elektrotīklos, sadalietaisēs, apakšstacijās ar spriegumu līdz 20 kV un energoapgādes uzņēmumu ražošanas ēkās un inženierbūvēs.

Energostandarts nosaka pamatprasības pārspriegumaizsardzības ierīču, sistēmu un aizsargājamo elektroiekārtu tehnisko parametru izvēlei, projektēšanai, kā arī pārspriegumaizsardzības ierīču tehnisko parametru savstarpējai saskaņošanai elektroietaisēs ar spriegumu līdz 20 kV.

Energostandarta prasības attiecināmas uz jaunizbūvējamiem, pārbūvējamiem elektrotīkliem, sadalietaisēm, apakšstacijām un energoapgādes uzņēmumu ražošanas ēkām un inženierbūvēm.

Energostandartā pielietotie apzīmējumi izmantoti atbilstoši normatīvajās atsaucēs norādīto Latvijas un Starptautisko standartu lietotajiem apzīmējumiem.

Energostandarts izstrādāts, balstoties uz Latvijas standartiem, Latvijas energostandartiem, starptautiskajiem standartiem un *Latvenergo* koncerna uzņēmumu darba pieredzi.

Energostandarts apstiprināts Latvijas Elektrotehnikas komitejā.

Satura rādītājs

1. Vispārīgie nosacījumi.....	4
1.1. Normatīvās atsauces.....	4
1.2. Energostandartā lietotie saīsinājumi un apzīmējumi	5
1.3. Termini.....	5
2. Pārspriegumu klasifikācija, pārspriegumaizsardzības ierīkošanas pamatprincipi	9
3. Pārspriegumaizsardzības ierīču klasifikācija un iedalījums.....	11
4. Pārspriegumaizsardzības ierīču un aizsargājamo elektroiekārtu tehnisko parametru izvēle un saskaņošana elektrotīklos ar spriegumu ≤ 1 kV	14
5. Pārspriegumaizsardzības ierīču un aizsargājamo elektroiekārtu tehnisko parametru izvēle un saskaņošana elektrotīklos ar spriegumu > 1 kV	22
6. Pārspriegumaizsardzības tehnisko parametru savstarpēju saskaņošana starp sistēmas operatora un sistēmas lietotāja elektrotīklu	25
1. pielikums. PAI izvēle un PAI izolācijas koordinācija.....	27
2. pielikums. PAI uzstādīšanas nepieciešamības novērtēšanas metodika.....	30
3. pielikums. TOV raksturlīkne.....	32

1. Vispārīgie nosacījumi

1.1. Normatīvās atsauces

Energostandarta izstrādē izmantotas izstrādes brīdī aktuālās normatīvo aktu prasības. Energostandartā sniegtas atsauces uz Latvijas Republikas normatīvajiem aktiem, Latvijas standartiem, Latvijas energostandartiem un starptautiskajiem standartiem. Valsts normatīvo aktu prasības jāpilda neatkarīgi no tā, vai energostandartā ir atsauce uz normatīvo aktu, vai tās nav. Pretrunu gadījumā starp energostandarta prasībām un valsts normatīvo aktu prasībām noteicošās ir valsts normatīvo aktu prasības. Energostandartā iekļautajām atsaucēm uz normatīvajiem aktiem ir informatīva nozīme.

Energostandarta izstrādē izmantotas un norādītas atsauces uz šādiem normatīvajiem dokumentiem:

Latvijas standarti

LVS EN IEC 60071-1 "Izolācijas koordinācija. 1.daļa: Definīcijas, principi un noteikumi (IEC 60071-1:2019)";

LVS EN IEC 60071-2 "Izolācijas koordinācija. 2.daļa: Lietošanas norādījumi (IEC 60071-2:2018)";

LVS EN 60076-3 "Spēka transformatori. 3. daļa: Izolācijas līmeņi, dielektriskie testi un ārējās gaisa izolētājatstarpes (IEC 60076-3:2013)";

LVS EN 60099 "Izlādņi" sērijas standarti;

LVS EN 60099-4 "Izlādņi. 4. daļa: Bezspriegu metāloksīda izlādņi maiņstrāvas sistēmām (IEC 60099-4:2014)";

LVS EN IEC 60099-5 "Izlādņi. 5. daļa: Izvēles un lietošanas ieteikumi (IEC 60099-5:2018)";

LVS HD 60364-4-442 "Zemsprieguma elektroietais. 4-442. daļa: Drošuma aizsarglīdzekļi. Zemsprieguma elektroietaišu aizsardzība pret pārspriegumiem, kurus izraisa zemesslēgumi augstsprieguma sistēmā un bojājumi zemsprieguma sistēmā (IEC 60364-4-44:2007 (442. punkts), modificēts)";

LVS EN 61643-11 "Zemsprieguma pārspriegumaizsardzības ierīces. 11. daļa: Zemsprieguma sistēmās slēgtas pārspriegumaizsardzības ierīces. Prasības un testēšanas metodes (IEC 61643-11:2011, modificēts)";

LVS CLC/TS 61643-12 "Zemsprieguma pārspriegumaizsardzības ierīces. 12. daļa: Zemsprieguma sistēmās slēgtas pārspriegumaizsardzības ierīces. Izvēles un izmantošanas principi (IEC 61643-12:2008, modificēts)";

LVS EN 62305 "Zibensaizsardzība" sērijas standarti;

LVS EN 62305-1 "Zibensaizsardzība. 1. daļa: Vispārīgie principi (IEC 62305-1:2010)".

Latvijas energostandarti

LEK 048 "Elektroietaišu zemēšana un elektrodrošības pasākumi. Galvenās tehniskās prasības".

Starptautiskie standarti un normatīvi

IEC 60364-5-53 "Low-voltage electrical installations - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Devices for protection for safety, isolation, switching, control and monitoring";

IEC TS 60815-1 "Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 1: Definitions, information and general principles".

1.2. Energostandartā lietotie saīsinājumi un apzīmējumi

GL – gaisvadu elektrolīnija;

LPS – zibensaizsardzības sistēma (*Lightning protection system*);

LPZ – zibensaizsardzības zona (*Lightning protection zone*);

N_g – zibens spērienu blīvums, zibensizlādes gadā/km²;

PAI – pārspriegumaizsardzības ierīce;

U₀ – elektrotīkla fāzes spriegums (spriegums starp fāzes vadu un vairākfāžu sistēmas neitrāli).

1.3. Termins

1.3.1.

apakšstaciju klases pārspriegumaizsardzības ierīce

PAI, kas paredzēti uzstādīšanai apakšstacijās, lai aizsargātu elektroiekārtu no pārejas pārsprieguma. Parasti, bet ne tikai, paredzēti izmantošanai elektrotīklos ar augstāko sprieguma vērtību ($U_s \geq 72,5$ kV).

1.3.2.

elektrotīkla darba spriegums

sprieguma vērtība normālos apstākļos noteiktā brīdī un noteiktā elektrotīkla punktā.

Piezīme: Šī sprieguma vērtība var būt prognozēta, aprēķināta vai izmērīta.

1.3.3.

elektrotīkla augstākais spriegums (U_s)

darba sprieguma augstākā starpfāžu vērtība, kas var rasties normālos apstākļos jebkurā elektrotīkla punktā.

1.3.4.

elektrotīkla nominālais spriegums (U_n)

noteikta noapaļota sprieguma vērtība elektrotīkla apzīmēšanai vai identificēšanai.

1.3.5.

elektroiekārtas augstākais spriegums (U_m)

elektroiekārtas starpfāžu sprieguma lielākā aplēses vērtība, kas ilgstoši pieļaujama elektroiekārtas izolācijai un citiem elektroiekārtas raksturojumiem, kas saistīti ar sprieguma vērtību.

Piezīme: Šo parametru nosaka elektroiekārtas ražotājs vai pēc noteiktiem standartiem.

1.3.6.**izolācijas koordinācija**

elektroiekārtas dielektriskās izturības izvēle, ievērojot elektrotīklā iespējamus darba spriegumus un pārspriegumus, kuri paredzēti elektroiekārtai, un ņemot vērā ekspluatācijas nosacījumus un izmantojamo pārspriegumaizsardzības ierīču raksturlielumus.

Piezīme: Ar elektroiekārtas "dielektrisko izturību" tiek saprasts tās nominālais vai elektroiekārtas izgatavošanas standartā noteiktais izolācijas līmenis.

1.3.7.**izolācijas līmenis**

izolācijas elektriskā izturība, ko raksturo ar spriegumu, kāds izolācijai jāiztur noteiktos apstākļos.

1.3.8.**izturspriegums (U_w)**

pārbaudes sprieguma lielākā vērtība, kuru bez caursītes iztur izolācija.

Piezīme: Impulsa izturspriegums, kuru elektroiekārtai vai tās daļai norāda ražotājs.

1.3.9.**izturspriegums pie nominālās elektrotīkla frekvences (U_d)**

sinusoidāla maiņsprieguma lielākā efektīvā vērtība pie nominālās elektrotīkla frekvences, kuru elektroiekārtas izolācija spēj izturēt noteiktu laiku reglamentētos pārbaudes apstākļos.

1.3.10.**komutācijas pārspriegumaizsardzības līmenis (SIPL (switching impulse protective level), U_{ps})**

maksimālā paliekošā sprieguma vērtība uz PAI pieslēgspailēm pie noteiktām pārslēgumu izraisītām izlādes strāvām.

1.3.11.**komutācijas pārspriegums**

pārspriegums, kuru izraisa elektriskie pārejas procesi ierīču ieslēgšanas, atslēgšanas brīdī vai bojājums elektrotīklā.

1.3.12.**kvazistacionārais pārspriegums (U_{TOV})**

relatīvi ilgs (nerimstošs vai vāji rimstošs) pārspriegums, kas dotajā elektrotīkla punktā mainās ar elektrotīkla frekvenci.

Piezīme: Parasti pārsprieguma ilgums ir līdz dažām sekundēm. Šādu pārspriegumu izraisa slodzes nomešana, vienfāzes zemesslēgums, kā arī nelineāru elementu radītas harmonikas un ferorezonanse.

1.3.13.**netieša zibensizlāde**

zibensizlāde, kas nav tieši trāpījusi kādā elektrotīkla elementā, bet inducē šajā elektrotīklā pārspriegumu.

1.3.14. pārejas pārspriegums

īslaicīgs (līdz dažām milisekundēm) svārstīgs vai nesvārstīgs, parasti ātri rimstošs pārspriegums.

Piezīme: Pārejošus pārspriegumus var izraisīt zibens iedarbība, komutācija vai drošinātāju izdegšana. Pārejošu pārspriegumu priekšējās frontes ilgums var atrasties robežās no mikrosekundes daļām līdz dažām milisekundēm.

1.3.15. pārspriegumaizsardzība

elektrotīklā vai elektronisko sakaru tīklā noteiktās vietās uzstādītu elektroiekārtu un/vai ierīču kopums vai arī elektroierīču īpaša izveidojuma konstruktīvie elementi, kas paredzēti pārsprieguma samazināšanai līdz noteiktai pieļaujamai vērtībai.

1.3.16. pārspriegumaizsardzības ierīce (PAI)

ierīce, kas paredzēta, lai ierobežotu pārejošus pārspriegumus un novirzītu strāvas impulsus. Elektroiekārta sastāv vismaz no viena nelineāra elementa.

Piezīme: Nereti pārspriegumaizsardzības ierīču apzīmēšanai tiek lietots termins *izlādnis*, kas ir viens no pārspriegumaizsardzības ierīču veidiem.

1.3.17. pārspriegumaizsardzības ierīces impulsstrāva (I_{imp})

standartos pieņemtā vērtība PAI testēšanai, kuru raksturo strāvas impulsa pīķa vērtība, lādiņš un īpatnējā enerģija. Parametrs tiek izmantots, lai klasificētu zemsprieguma 1. tipa PAI.

Piezīme: Rekomendētās PAI impulsstrāvas vērtības noteiktas standartā LVS CLC/TS 61643-12.

1.3.18. pārspriegumaizsardzības ierīces maksimālais ilgstoši pieļaujamais darba spriegums (U_c)

maksimālais spriegums, kas ilgstoši var tikt pievadīts PAI.

1.3.19. pārspriegumaizsardzības ierīces nominālā izlādes strāva (I_n)

zibensizlādes strāvas impulsa pīķa vērtība, kas lietota, lai klasificētu PAI.

1.3.20. pārspriegumaizsardzības ierīces nominālais spriegums, (U_r)

maksimāli pieļaujamā 10 sekunžu sprieguma vērtība pie elektrotīkla nominālas frekvences, kas var tikt pievadīta PAI.

1.3.21. pārspriegumaizsardzības ierīces paliekošais spriegums (U_{res})

sprieguma pīķa vērtība, kas rodas starp PAI pieslēgspailēm, izlādes strāvai plūstot caur PAI.

1.3.22.**pārspriegums**

jebkurš spriegums starp fāzi un zemi vai starp fāzēm, ja tā maksimālā vērtība pārsniedz elektroiekārtas augstāko spriegumu.

1.3.23.**sadales klases pārspriegumaizsardzības ierīce**

PAI, kas paredzēti uzstādīšanai sadales elektrotīklos ar augstāko spriegumu (U_s) ≤ 52 kV, galvenokārt aizsardzībai no atmosfēras pārspriegumiem.

1.3.24.**sprieguma aizsardzības līmenis (U_p)**

parametrs, kas raksturo PAI darbību pārsprieguma ierobežošanas brīdī un tiek izvēlēts no iepriekš definēta vērtību saraksta. Šī vērtība ir lielāka par augstāko nomērīto ierobežotā sprieguma vērtību.

Piezīme: Nomērītā ierobežotā sprieguma vērtība ir maksimālais nomērītais spriegums starp PAI izvadiem, kad tam pieliek noteiktās formas un amplitūdas impulsu. Parametrs raksturo paliekošo sprieguma vērtību elektrotīklā PAI nostrādes laikā.

1.3.25.**termālā lādiņa pārvades spēja (Q_{th})**

maksimālā lādiņa vērtība, ko PAI spēj pārvadīt 3 minūtes termiskās atjaunošanas testa laikā, saglabājot termisko noturību.

Piezīme: Šī vērtība tiek apstiprināta, veicot darbības testu.

1.3.26.**termālās enerģijas rādītājs (W_{th})**

maksimālā enerģijas vērtība, kas izteikta kJ/kV no U_r , kas var būt pievadīta PAI 3 minūtes termiskās atjaunošanas testa laikā, saglabājot termisko noturību.

Piezīme: Šī vērtība tiek apstiprināta, veicot darbības testu.

1.3.27.**termiskā noturība**

PAI ir termiski noturīga, ja pēc darbības testa, kas izraisa temperatūras paaugstināšanos, PAI temperatūra samazinās laikā, kad noteiktos apkārtējās vides apstākļos PAI pievadīts maksimālais ilgstošais darba spriegums.

1.3.28.**tieša zibensizlāde**

zibensizlāde kādā elektrotīkla elementā, piemēram, vadā, balstā vai apakšstacijas elektroiekārtā.

1.3.29.**zibensaizsardzības sistēma**

vienota sistēma, kas paredzēta ēkas, tās atsevišķo daļu, elektroietaišu un citu objektu aizsardzībai pret zibensizlādes tiešu un netiešu iedarbi.

1.3.30.

zibensizlādes standartizētais sprieguma impulss

elektriskās izturības pārbaudēs izmantojams noteiktas formas sprieguma impulss ar frontes ilgumu ap 1 μ s un impulsa ilgumu ap 50 μ s.

Piezīme: Zibensizlādes sprieguma impulsu definē ar diviem skaitļiem, kas raksturo minētos ilgumus mikrosekundēs; zibensizlādes sprieguma standartimpulss ir 1,2/50 μ s.

2. Pārspriegumu klasifikācija, pārspriegumaizsardzības ierīkošanas pamatprincipi

2.1. Elektroietaisies un elektroiekārtas ir jāaizsargā no pārspriegumiem, kuri var veidoties starp fāzi un zemi vai starp fāzēm, ja tā maksimālā vērtība pārsniedz elektroiekārtas augstāko spriegumu.

Pārspriegumus elektroietaisēs pēc to izcelsmes iedala šādos veidos:

2.1.1. atmosfēras radīts pārspriegums, kuru izraisa tieša vai netieša zibensizlāde vai indukcijas parādība;

2.1.2. komutācijas pārspriegums;

2.1.3. pārejošs pārspriegums, īslaicīgs svārstīgs vai nesvārstīgs, parasti ātri rimstošs pārspriegums;

2.1.4. elektrostatiskās izlādes radīti pārspriegumi.

2.2. Pārspriegumaizsardzības sistēmā ietilpst:

2.2.1. zibensaizsardzības sistēma;

2.2.2. pārspriegumaizsardzības ierīces;

2.2.3. potenciālu izlīdzināšana;

2.2.4. zemētājsistēma.

2.3. Zibensaizsardzības sistēma sastāv no:

2.3.1. zibens uztvērējsistēmas (lai uztvertu zibensizlādi ēkā vai inženierbūvē (strukturā));

2.3.2. zibens novedējsistēmas (lai droši novadītu zibens strāvu zemē);

2.3.3. zibens zemētājsistēmas (lai izkliedētu zibens strāvu zemē).

2.4. Zibensaizsardzības sistēmu projektē un ierīko saskaņā ar valstī spēkā esošo normatīvo aktu un LVS EN 62305 sērijas standartu prasībām.

2.5. PAI uzstāda elektroiekārtu, elektroietaišu un elektronisko ierīču aizsardzībai pret atmosfēras radīto pārspriegumu un citu pārejošu pārspriegumu ietekmi.

2.6. Izvēloties PAI vienas aizsargājamās elektroietaisies ietvaros, jānodrošina dažādu pārspriegumaizsardzības elementu tehnisko parametru saderība. PAI tehnisko parametru uzskaitījumu elektroietaisēm ar darba spriegumu ≤ 1 kV skatīt 4.3. tabulā un elektroietaisēm ar darba spriegumu ≥ 1 kV skatīt 5.2. tabulā.

2.7. PAI jābūt pastāvīgi pieslēgtai aizsargājama elektroiekārtai un zemējumvadam. PAI atslēgšana pieļaujama tikai remonta un kārtējo pārbaužu vajadzībām, un to veic vienlaicīgi ar aizsargājamās elektroietaisies remontu vai pārbaudi.

2.8. PAI komplektēšana, uzstādīšana, uzturēšana, transportēšana, uzglabāšana un utilizēšana jāveic saskaņā ar PAI un aizsargājamās elektroiekārtas ražotāja norādījumiem.

2.9. Zemējumietaisies izplūdpresetība jānosaka atbilstoši energostandartam LEK 048.

2.10. PAI zemējumvadi (kabeļi un izvadi) ir jāizvēlas atbilstoši impulsa jaudai un enerģijai un īsslēguma strāvai, lai nenotiktu to kušana vai pievienojumu stiprinājumu notrūkšana. Zemējumvadu šķērsgriezums jāizvēlas pēc mehāniskās un termiskās noturības prasībām. Ja PAI ražotājs nav noteicis savādāk, laika ilgumu, kuram aprēķināma zemējumvadu termiskā noturība un kas jebkurā gadījumā nedrīkst būt mazāks par $t = 0,2$ s, nosaka pēc formulas:

$$t = \frac{I_s^2 \cdot t_s}{I_k^2},$$

kur:

I_s – PAI nominālā īsslēgumstrāva, kA;

t_s – laiks, kurā PAI spēj izturēt nominālo īsslēgumstrāvu (I_s), s (atbilstoši saistošiem standartiem – 0,2 s);

I_k – īsslēgumstrāva PAI uzstādīšanas vietā, kA;

t – laika ilgums, kuram aprēķināma zemējumvadu termiskā noturība, s.

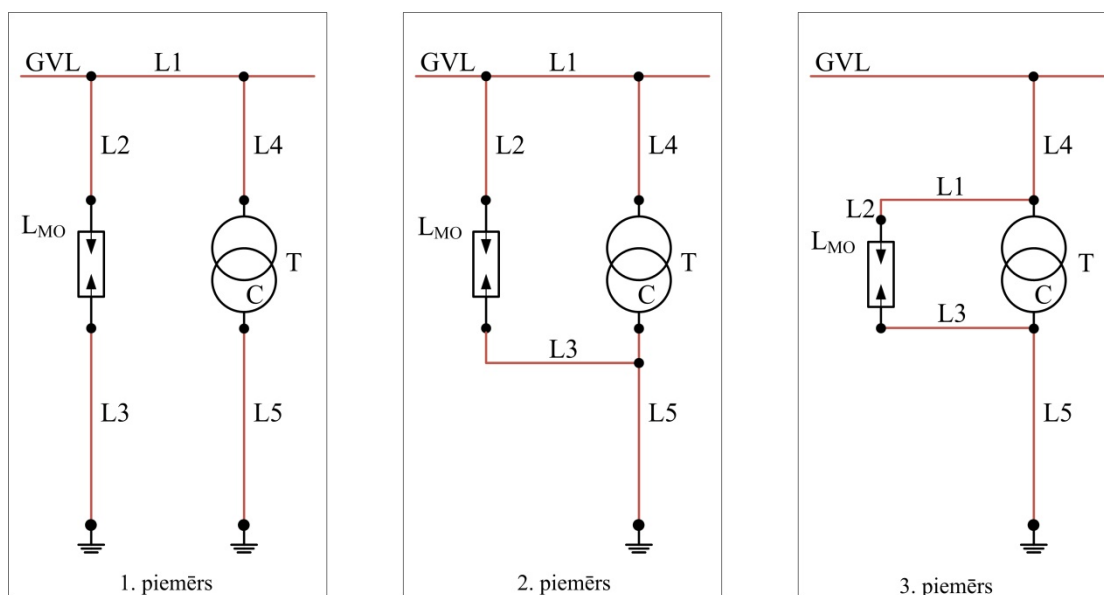
Piezīme 1: I_s ir PAI parametrs, kas raksturo iekšējā īsslēguma strāvu pēc PAI aktīvās daļas bojājuma, ko PAI spēj izturēt 200 ms bez būtiskiem korpusa bojājumiem un neradot aizdegšanās risku.

Piezīme 2: Ja aizsardzības nostrādes laiks ir ne ilgāk par 5 s, tad zemējumvadu izvēlas atbilstoši energostandartam LEK 048 11.7. punktam.

2.11. PAI jābūt izvietotai iespējami tuvu aizsargājama elektroiekārtai, lai nodrošinātu efektīvu pārspriegumaizsardzību (2.1. attēls). Elektrotīklos ar spriegumu >1 kV PAI jāuzstāda līdz 5 m attālumā no aizsargājamās elektroiekārtas.

2.12. PAI pievienošana zemes potenciālam (zemējuma kopne, PEN vai PE vads) jāveic ar iespējami īsiem zemējumvadiem un izvairoties no asiem pagriezieniem un locījumiem.

Piezīme: Maksimāli pieļaujamo attālumu, mērot pa vadītāju līdz aizsargājamajam elementam, nosaka pēc standartu LVS EN 60099 sērijās un standartā LVS EN 61643-12 norādītajiem principiem.



2.1. attēls. PAI pievienojuma piemēri

kur:

1. piemērs – vājš. Savienojuma zemējumvadi ir pārāk gari un (1) shēmā transformatoram un PAI nav viens un tas pats zemējuma punkts. Cilpa $L1+L2+L3+L4+L5+LMO$ ir pārāk gara;

2. piemērs – labs. Ir kopējs PAI un transformatora zemētājs, cilpa $L1+L2+L3+L4+LMO$ ir ievērojami īsāka nekā cilpa $L1+L2+L3+L4+L5+LMO$ (1) shēmā;

3. piemērs – ļoti labs. PAI tiek zemēts tieši pie transformatora korpusa. Cilpa $L1+L2+L3+LMO$ ir īsa;

Piezīme: Šādā veidā indukcija ir minimāla. Piemēram, 10 kV inducētais spriegums (indukcija) uz 1 metru rada 10 kA/ 1μs stāvu strāvas impulsu.

L1-L5 – savienojošo vadu garums;

LMO – PAI augstums;

GL – gaisvadu elektrolīnija. Tiek pieņemts, ka tās garums pirms un pēc transformatora un PAI pievienojuma vietas ir bezgalīgs;

C – transformatora iekšējā kapacitāte;

T – transformators.

Piezīme: Transformatora vietā var būt jebkura cita aizsargājama elektroiekārta.

2.13. Atkārtotā zemējuma zemējumvads neitrālvadam un zemētāja izvadam pievienojams ar spaili.

2.14. PAI var tikt aprīkotas ar citiem elementiem (automātiskiem atdalītājiem, skavām, bojājumu indikatoriem, putnu cepurītēm u.c.).

2.15. Ja PAI zemējuma izvadā ir uzstādīts nostrādes indikators, tad vadītāja posms starp PAI un indikatoru, kā arī pats indikators, ir jāaizsargā pret pieskaršanās

iespējamību. Nostrādes indikatoru (nostrādes skaitītāju) ir jāspēj nolasīt aprīkojumam, esot pieslēgtam spriegumam.

2.16. Pēc PAI uzstādīšanas izpildes darbu veicējam jāiesniedz pasūtītājam objekta elektroapgādes shēma ar atzīmētām PAI uzstādīšanas vietām un to galvenajiem tehniskajiem parametriem.

2.17. Pērkona negaisa dienu skaits, atbilstoši meteoroloģiskajiem datiem reģionā, kurā atrodas Latvija, tiek pieņemts (T_d) – 20 pērkona negaisa dienas/gadā. Šis parametrs izmantojams zibensaizsardzības un pārspriegumaizsardzības sistēmu aprēķiniem.

3. Pārspriegumaizsardzības ierīču klasifikācija un iedalījums

3.1. Pēc darbības principa PAI elektroietaisēs iedala:

3.1.1. Sprieguma pārslēgšanas tipa PAI, kas normālā darba režīmā ir ar augstu pretestības vērtību, kas reaģējot uz pārsprieguma rašanos strauji samazina savu pretestību.

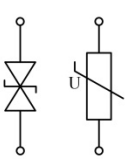
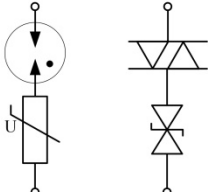
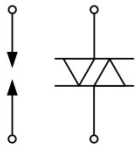
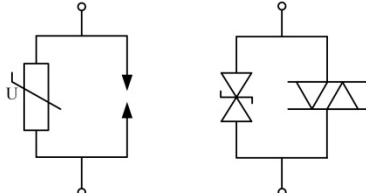
Piezīme: Pie šī tipa PAI pieskaita, piemēram, dzirksteļspraugas, tiristorus, simistorus u.c.

3.1.2. Spriegumu ierobežojoša tipa PAI, kas normālā darba režīmā ir ar augstu pretestības vērtību, bet, pieaugot strāvas un sprieguma impulsvilnim, pretestība ilgstoši samazinās.

Piezīme 1: Pie šī tipa PAI pieskaita varistorus un slāpētājdiodes.

Piezīme 2: Sprieguma ierobežojošām ierīcēm ir līdzstrāvas/līdzsprieguma raksturlīkne.

3.1.3. Kombinēta tipa PAI, kas ietver gan sprieguma pārslēgšanas tipa, gan sprieguma ierobežojoša tipa PAI komponentes, un kam, atkarībā no sprieguma raksturlielumiem, var būt sprieguma pārslēgšanas, sprieguma ierobežošanas vai gan sprieguma pārslēgšanas, gan sprieguma ierobežošanas darba režīmi.

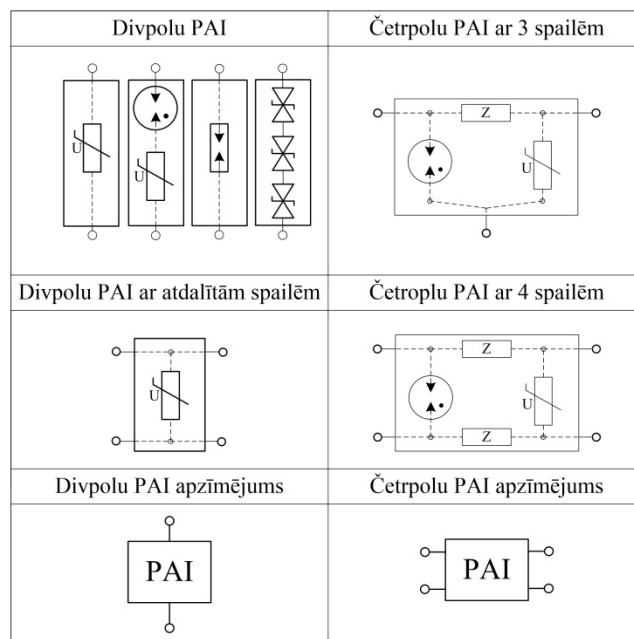
Sprieguma ierobežojoša tipa PAI	Sprieguma ierobežojoša tipa PAI saslēgti virknē ar sprieguma pārslēgšanas tipa PAI
	
Sprieguma pārslēgšanas tipa PAI	Sprieguma ierobežojoša tipa PAI saslēgti paralēli ar sprieguma pārslēgšanas tipa PAI
	

3.1. attēls. PAI tipi pēc darbības principa un to kombinācijas

3.2. Pēc polu skaita PAI iedala:

3.2.1. divpolu (viena porta) PAI paredzēts pieslēgšanai elektrotīklam, bet nav paredzēts nodrošināt slodzes strāvas vadīšanu caur PAI.

3.2.2. četrpolu (divu portu) PAI paredzēts pieslēgšanai elektrotīklam un nodrošina slodzes strāvas vadīšanu caur PAI vienai vai vairākām elektroiekārtām.



Piezīme 1: Četrpolu PAI atšķirībā no divpolu PAI ar atdalītām spailēm ir arī iekšējā pretestība Z.

Piezīme 2: Darbības principu atšķirību starp divpolu un četrpolu PAI skatīt LVS CLC/TS 61643-12 standartā.

3.2. attēls. PAI iedalījums pēc polu skaita

3.3. Pēc uzbūves PAI iedala:

3.3.1. elektroietaisēm ar spriegumu >1 kV:

3.3.1.1. metāloksīda PAI bez dzirksteļspraugām;

3.3.1.2. metāloksīda PAI ar iekšējām virknē slēgtām dzirksteļspraugām;

3.3.1.3. metāloksīda PAI ar ārējām virknē slēgtām dzirksteļspraugām;

3.3.1.4. dzirksteļsprauga.

Piezīme: Starptautiskos standartos metāloksīda PAI ar ārējām virknē slēgtām dzirksteļspraugām saīsinājums ir EGLA (*externally gapped line arresters*).

3.3.2. elektroietaisēm ar spriegumu ≤ 1 kV:

3.3.2.1. dzirksteļsprauga;

3.3.2.2. varistors;

3.3.2.3. dzirksteļspraugas un varistora kombinācija;

3.3.2.4. slāpētājdiodes;

3.3.2.5. tiristori;

3.3.2.6. simistori.

3.4. Atbilstoši korpusa veidam metāloksīda PAI elektrotīkliem ar spriegumu >1 kV iedala:

3.4.1. PAI porcelāna korpusos;

3.4.2. PAI polimēru korpusos;

3.4.3. gāzizolētas PAI metāla korpusos (PAI, kas paredzētas gāzizolētu slēgiekārtu aizsardzībai);

3.4.4. izjaucamos un ekranētos korpusos iebūvētas PAI, pazemē un zem ūdens izvietota aprīkojuma aizsardzībai (parasti PAI nav pastāvīgi pieslēgtas aizsargājama elektroiekārtai, bet ir komutējamas);

Piezīme: Iepriekšējā punkta prasības noteiktas standartā LVS EN IEC 60099-5 5.2.2.5.p.

3.4.5. izolējošos šķidrumos iegremdējamas PAI.

3.5. Elektrotīklā uzstādāmās PAI elektrotīklam ar spriegumu >1 kV izvēlas saskaņā ar LVS EN 60099 sērijas standartiem. PAI klasifikācija noteikta 3.1. tabulā.

3.1. tabula

PAI klasifikācija elektroietaisēs ar spriegumu >1 kV

PAI klase	Apakšstaciju klases PAI			Sadales klases PAI		
Apzīmējums	SH	SM	SL	DH	DM	DL
Nominālā izlādes strāva ⁽²⁾	20 kA	10 kA	10 kA	10 kA	5 kA	2,5 kA
Pārslēgumu izraisīto impulsu izlādes strāva ⁽²⁾	2 kA	1 kA	0,5 kA	-	-	-
Q_{rs} (C)	$\geq 2,4$	$\geq 1,6$	$\geq 1,0$	$\geq 0,4$	$\geq 0,2$	$\geq 0,1$
Termālās enerģijas rādītājs W_{th} (kJ/kV)	≥ 10	≥ 7	≥ 4	-	-	-
Termālā lādiņa pārvades spēja Q_{th} (C)	-	-	-	$\geq 1,1$	$\geq 0,7$	$\geq 0,45$

Piezīme 1: Apzīmējumā burti "H", "M" un "L" nozīmē attiecīgi "augstu", "vidēju" un "zemu" slodzi.

Piezīme 2: Var tikt noteikta cita strāva, PAI izgatavotājam un lietotājam savstarpēji vienojoties.

Piezīme 3: Aprēķina formulas tabulā dotajiem lielumiem var atrast LVS EN IEC 60099-5.

3.6. Zemsprieguma PAI iedala trīs tipos, atbilstoši testa nosacījumiem saskaņā ar standartu LVS EN 61643-11:

3.6.1. 1. tips – tiek pārbaudīts atbilstoši I klases testam. Galvenais parametrs - izlādņa impulsstrāva (I_{imp}), lādiņš Q un īpatnējā enerģija W/R . Viens no impulsviļņiem, kas atbilst I klases testam ir 10/350 μs , kas tiek lietots LVS EN 62305 sērijas standartos.

3.6.2. 2. tips – tiek pārbaudīts atbilstoši II klases testam. Galvenais parametrs – nominālā izlādes strāva (I_n) ar impulsviļņa formu 8/20 μs .

3.6.3. 3. tips – tiek pārbaudīts atbilstoši III klases testam. Galvenais parametrs – tukšgaitas spriegums (U_{oc}) ar impulsviļņa formu 1.2/50 μs .

4. Pārspriegumaizsardzības ierīču un aizsargājamo elektroiekārtu tehnisko parametru izvēle un saskaņošana elektrotīklos ar spriegumu ≤ 1 kV

4.1. Elektrotīklā ar spriegumu ≤ 1 kV uzstādāmās elektroiekārtas izvēlas ar elektrotīkla nominālajam spriegumam atbilstošu elektroiekārtas izturspriegumu saskaņā ar 4.1. tabulā norādītajām vērtībām.

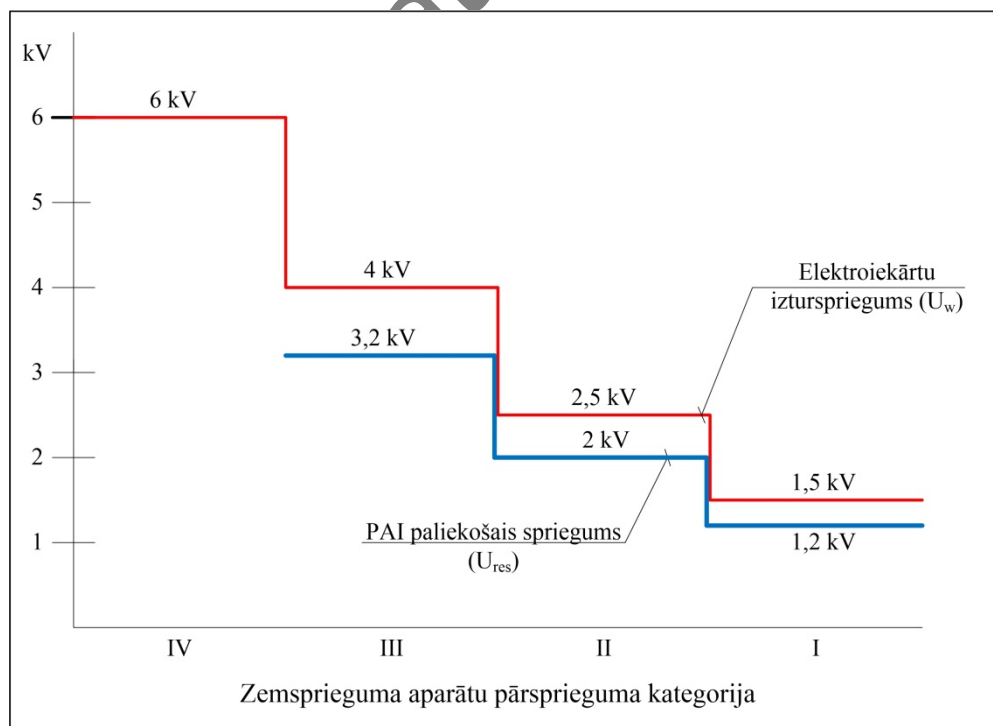
4.1. tabula

Izolācijas koordinācija elektrosistēmās ar nominālo spriegumu ≤ 1 kV

Elektrotīkla nominālais spriegums (U_n), kV	Elektroiekārtas izturspriegums, kV (U_w)			
	IV kategorija	III kategorija	II kategorija	I kategorija
0,23/0,4	6	4	2,5	1,5
0,4/0,69	8	6	4	2,5
1	12	8	6	4

Piezīme: Sistēmās, kuru nominālie spriegumi nav norādīti tabulā, elektroiekārtām izvēlas parametrus, kas atbilst tabulā norādītai sistēmai ar tuvāko lielāko nominālo spriegumu.

4.2. Elektroiekārtas uzskatāmas par aizsargātām no pārspriegumiem, ja PAI paliekošais spriegums (U_{res}) ir mazāks par elektroiekārtas izturspriegumu (U_w). Aizsargājamo elektroiekārtu izolācijas elektriskās izturības saskaņošanu ar attiecīgiem PAI parametriem sauc par izolācijas koordināciju. Elektroiekārtu izolācijas līmeņa saskaņošana redzama 4.1. attēlā.



4.1. attēls. Aizsardzības līmenis (paliekošais spriegums) 230/400 V elektrotīklā

4.3. Atkarībā no uzstādīšanas vietas zemsprieguma elektroiekārtas izvēlas ar šādām pārsprieguma kategorijām:

4.3.1. IV pārsprieguma kategorijas elektroiekārtas, kas paredzētas uzstādīšanai sistēmas operatora elektrotīklā līdz lietotāju piederības robežai;

Piezīme: Šādu elektroiekārtu piemēri ir elektroenerģijas skaitītāji un primārās pārstrāvu aizsargierīces.

4.3.2. III pārsprieguma kategorijas elektroiekārtas, kas paredzētas uzstādīšanai uz sistēmas operatora un sistēmas lietotāja elektroietaišu piederības robežas vai tās tuvumā, lietotāja elektroietaišu pusē vai tās uzstāda gadījumos, kad elektroiekārtai jānodrošina augsta līmeņa pieejamības prasības;

Piezīme: Šādu elektroiekārtu piemēri ir aizsargslēdži, kabeli, kopnes, sadalnes iebūvētās un industriālās elektroiekārtās, kas pastāvīgi ir pieslēgtas elektroietasei. Augsta līmeņa pieejamības prasības ir iekārtām, kurām nav pieļaujami darbības traucējumi vai neplānoti pārtraukumi.

4.3.3. II pārsprieguma kategorijas elektroiekārtas, kas paredzētas uzstādīšanai lietotāju elektroietaisē gadījumos, kad elektroiekārtai jānodrošina normāla līmeņa pieejamības prasības;

Piezīme: Šādu elektroiekārtu konkrēti piemēri ir mājsaimniecības elektroierīces u.c. Normāla līmeņa pieejamības prasības ir elektroiekārtām, kurām ir pieļaujami darbības traucējumi vai pārtraukumi.

4.3.4. I pārsprieguma kategorijas elektroiekārtas ir īpaši aizsargājamās elektroiekārtas, kas ir paredzētas uzstādīšanai lietotāja elektroietaisē (inženierbūvē).

Piezīme: Šādu elektroiekārtu piemēri ir aprīkojums, kas satur elektroniskās shēmas (datori, ierīces ar elektronisko programmatūru u.c.).

4.4. Zemsprieguma PAI atbilstoši to tiptiem izmanto šādās vietās:

4.4.1. 1. tipa PAI izmanto aizsardzībai pret impulsa strāvām, kas rodas tiešas zibensizlādes rezultātā. Uzstāda vietās ar lielu pārsprieguma iedarbības iespējamību, piemēram, vietās, kur elektrolīnija ienāk ar zibensaizsardzības sistēmu aprīkotā ēkā vai inženierbūvē;

4.4.2. 2. tipa PAI izmanto aizsardzībai pret netiešas zibensizlādes rezultātā inducēto pārspriegumu vai komutācijas pārspriegumu. Uzstāda lietotāja elektroietaisē galvenajā sadalietaisē vai tieši pie aizsargājamās elektroiekārtas;

4.4.3. 3. tipa PAI izmanto elektroiekārtu tiešai aizsardzībai no pārsprieguma un nodrošina ļoti augstu sprieguma aizsardzības līmeni (U_p) vai zemu paliekošo spriegumu (U_{res}). Uzstāda pēc iespējas tuvāk aizsargājamajai elektroiekārtai.

4.5. Gadījumos, ja pārsprieguma iespējamā ietekme uz aizsargājamo elektroiekārtu ir neliela, pietiek ar vienu 1. tipa vai 2. tipa PAI uzstādīšanu sistēmas lietotāja elektroietaisē pie elektrotīkla ievada ēkā vai inženierbūvē.

4.6. Ja nepieciešama aizsargājamo elektroiekārtu papildus aizsardzība vai iekšējā elektrotīkla garums līdz aizsargājamajām elektroiekārtām ir pārāk liels, tad, ja nepieciešams, papildus uzstāda 2. tipa vai 3. tipa PAI.

Piezīme: Saskaņā ar LVS CLC/TS 61643-12, ja elektrotīkla garums līdz aizsargājamajām elektroiekārtām ir lielāks par 10 m, tad izvērtē nepieciešamību uzstādīt papildus PAI.

4.7. Praksē 3. tipa PAI uzstāda tikai pie ļoti jutīgām elektroiekārtām (I kategorijas elektroiekārtām, kuru darbību būtiski var ietekmēt pārspriegums), piemēram, telekomunikāciju elektroiekārtām, datoriem utt. Pirms 3. tipa PAI uzstādīšanas (virzienā uz elektrotīkla ievadu) vēlams uzstādīt 1. tipa vai 2. tipa PAI.

4.8. Zemsprieguma PAI tipu var izvēlēties atbilstoši zibensaizsardzības zonu koncepcijai (4.2. tabula). Praksē ir sastopami arī kombinēta tipa PAI, piemēram, 1.+ 2. tipa PAI vai 2.+ 3. tipa PAI, kas arī tiek testēti atbilstoši 3.6. punktā noteiktajiem testiem.

4.9. Nepieciešamos PAI tipus var noteikt atbilstoši zibensaizsardzības zonu koncepcijai (4.2. tabula), saskaņā ar šī standarta 1. pielikumu. Atbilstoši šai koncepcijai rekomendēts PAI izvietot uz robežas starp zibensaizsardzības zonām (LPZ) (4.2. attēls).

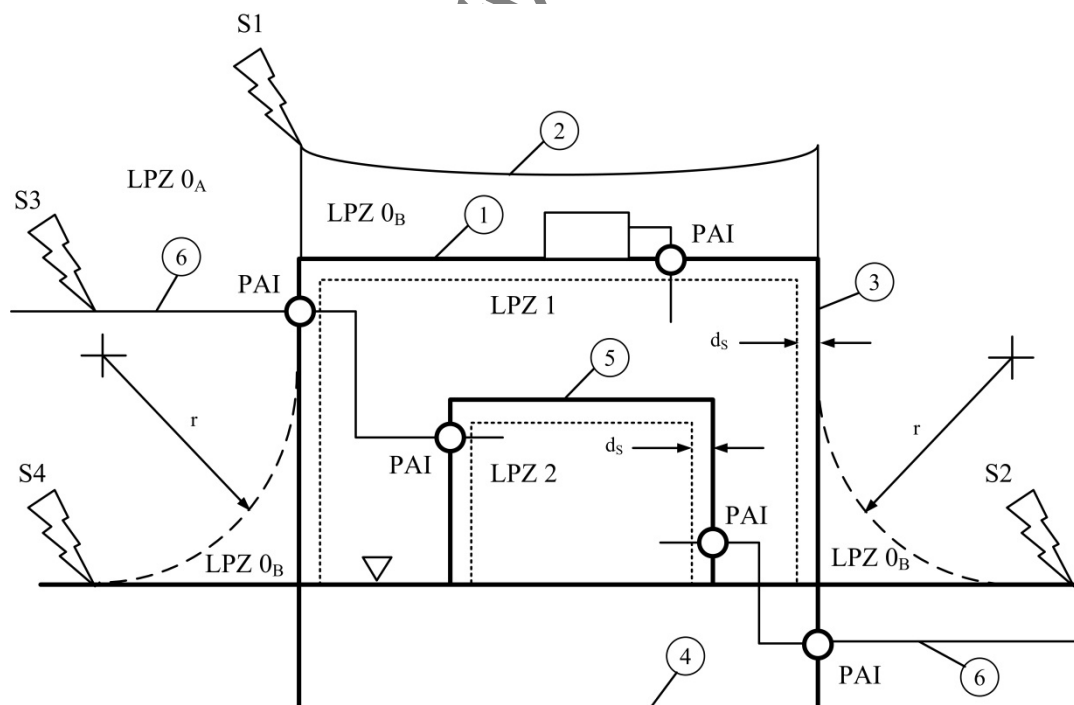
4.2. tabula

Zemsprieguma PAI lietošana pēc zibensaizsardzības zonu koncepcijas

PAI tips ⁽¹⁾	Zibensaizsardzības zona (LPZ) ⁽²⁾
1.	0 _A (0 _B)
2.	1
	2
3.	3

Piezīme 1: PAI tips saskaņā ar standartu LVS EN 61643-11.

Piezīme 2: Zibensaizsardzības zonas saskaņā ar standartu LVS EN 62305-1.



4.2. attēls. Zibensaizsardzības zonu koncepcija aizsargājamam objektam

kur:

1 – aizsargājamais objekts (LPZ 1 ekrāns);

- 2 – zibens uztvērējsistēma;
- 3 – zibens novedējsistēma;
- 4 – zibens zemētājsistēma;
- 5 – aizsargājamā objekta telpa (LPZ 2 ekrāns);
- 6 – aizsargājamam objektam pienākošās līnijas;
- S1 – tieša zibens izlāde uz aizsargājamo objektu vai uz tā zibens uztveršanas sistēmu ;
- S2 – zibensizlāde aizsargājamā objekta tuvumā;
- S3 – zibensizlāde aizsargājamam objektam pienākošās līnijā;
- S4 – zibensizlāde aizsargājamam objektam pienākošās līnijas tuvumā;

r – zibenslodes rādiuss;

ds – drošs attālums pret pārāk stipru magnētisko lauku;

∇ – zemes līmenis;

○ – potenciālu izlīdzināšanas un PAI uzstādīšanas vietas;

LPZ 0_A – zona, kurā objekti pakļauti tiešai zibensizlādei, caur tiem var plūst pilna zibensizlādes strāva un elektromagnētiskais lauks nav vājināts (laukam ir maksimālā vērtība);

LPZ 0_B – zona, kurā objekti nav pakļauti tiešai zibensizlādei, bet elektromagnētiskais lauks nav vājināts (laukam ir maksimālā vērtība).

Piezīme 1: Robeža starp zonām LPZ 0_A un LPZ 0_B sakrīt ar arējās zibensaizsardzības sistēmas aizsargzonu.

Piezīme 2: LPZ1 - zona, kurā objekti nav pakļauti tiešai zibensizlādei, zibensizlādes strāva zonas visos vadošos elementos ir mazāka kā zonā LPZ 0_B.

Piezīme 3: Starp aizsargājamiem objektiem un zibens novadišanas sistēmu zibensaizsardzības zonās LPZ1 un LPZ2 jāievēro drošs attālums ds .

Piezīme 4: Pārējās zonās (LPZ 2 un citās) PAI uzstāda, ja nepieciešams vēl samazināt strāvu vai vājināt elektromagnētisko lauku. Jo augstāks zonas numurs, jo mazākas elektromagnētisko parametru vērtības zonas robežās.

4.10. Pārspriegumaizsardzība obligāti uzstādāma lietotāju elektroietaisēs, kurās pārspriegumu izraisītu elektroiekārtu darbības traucējumu rezultātā var rasties apdraudējums cilvēka dzīvībai (piemēram, slimnīcas iekārtas utt.), apdraudējums publiskiem servisiem (piemēram, IT servisiem, komunikāciju servisiem, muzejiem utt.) vai apdraudējums komerciālai un industriālai darbībai (piemēram, viesnīcas, bankas, ražotnes, fermas, komerciālas tirdzniecības vietas utt.).

4.11. Vietās, kas neatbilst 4.10. punkta nosacījumiem, PAI izvēli veic atbilstoši riska novērtēšanas metodikai saskaņā ar standartu LVS HD 60364-4-442 (2. pielikums).

4.12. Zemsprieguma PAI izvēlas, ņemot vērā 4.3. tabulā minētos zemsprieguma PAI raksturojošos parametrus.

4.3. tabula

Elektrotīkliem ar spriegumu ≤ 1 kV pārspriegumaizsardzības ierīces izvēles parametri

Nr.	Parametra nosaukums	Apzīmējums
1.	Maksimālais ilgstoši pieļaujamais darba spriegums	U_c
2.	Pārejošo pārspriegumu raksturlielumi	-
3.	Nominālā izlādes strāva	I_n
4.	Maksimālā izlādes strāva (tikai II klasei)	I_{max}
5.	PAI impulsstrāva (tikai I klasei)	I_{imp}
6.	Tukšgaitas spriegums (tikai III klasei)	U_{oc}
7.	Sprieguma aizsardzības līmenis	U_p
8.	Atteicu raksturlielumi	-
9.	Īsslēgumstrāvas noturība	-
10.	Īsslēgumstrāvas pārtraukšanas spējas (izņemot spriegumu ierobežojošās PAI)	I_{fi}
11.	Nominālās slodzes strāvas	I_l
12.	Sprieguma krituma (tikai četrpolu PAI vai divpolu PAI ar atdalītām ieejas un izejas spailēm)	-

4.13. Elektrotīkliem ar spriegumu ≤ 1 kV PAI, kas tiek lietotas ēku un to iekšējās elektroinstalācijas aizsardzībai, jābūt aprīkotām ar bojājuma indikatoru un iebūvētu īsslēguma aizsardzību. Gadījumā, ja PAI nav iebūvēta īsslēguma aizsardzība, tā jāaizsargā ar gG tipa drošinātāju vai automātslēdzi ar raksturlielni, kas nodrošina zibensizlādes strāvas plūsmu bez īsslēguma aizsardzības nostrādes.

Piezīme: Drošinātāju un automātu slēdžu izvēles principi uzstādīšanai kombinācijā ar PAI noteikti LVS CLC/TS 61643-12 standartā.

4.14. Izvēloties PAI, jāņem vērā tās maksimālais ilgstoši pieļaujamais darba spriegums U_c , kuram ir jābūt lielākam par 4.4. tabulā noteiktām vērtībām atkarība no elektrotīkla zemēšanas sistēmas un PAI slēguma shēmas.

4.4. tabula

Minimālās prasības attiecībā uz pieļaujamo maksimālo ilgstoši pieļaujamo darba spriegumu U_c atkarībā no elektrotīkla zemēšanas sistēmas elektrotīklos ar spriegumu ≤ 1 kV

	Sadales elektrotīkla zemēšanas sistēma				
PAI slēgta starp:	TT	TN-C	TN-S	IT ar izvestu neitrāl vadu	IT bez izvesta neitrāl vada
Fāzes vadītāju un neitrāl vadu (N)	$1,1U_0$	NA	$1,1U_0$	$1,1U_0$	NA
Katru fāzes vadītāju un aizsargvadu (PE)	$1,1U_0$	NA	$1,1U_0$	$\sqrt{3}U_0^{(1)}$	Līnijas spriegums ⁽¹⁾
Neitrāl vadu un aizsargvadu (PE)	$U_0^{(1)}$	NA	$U_0^{(1)}$	$U_0^{(1)}$	NA
Katru fāzes vadītāju un aizsargneitrāl vadu (PEN)	NA	$1,1U_0$	NA	NA	NA

Piezīme 1: Šīs vērtības jau atbilst sliktākajam bojājuma scenārijam, tādēļ 10 % pielāide vairs netiek ņemta vērā.

Piezīme 2: Zemēšanas sistēmas tipu atšifrējums dots energostandartā LEK 048.

Piezīme 3: Apzīmējums NA – nav piemērojams.

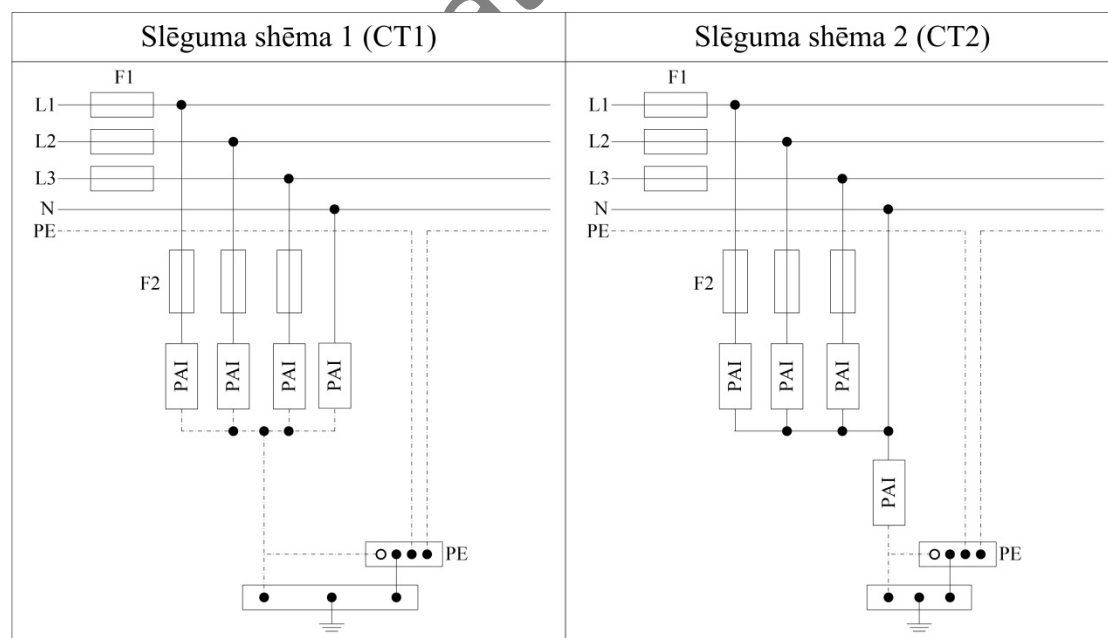
4.15. Atkarībā no zemēšanas sistēmas veida, pārsprieguma aizsardzību uzstāda atbilstoši 4.5. tabulas nosacījumiem.

4.5. tabula

Dažādu zemsprieguma sistēmu aizsardzības risinājumi

PAI slēgta starp:	Zemēšanas sistēma PAI uzstādīšanas vietā						
	TT		TN-C	TN-S		IT ar izvestu neitrāli	IT bez izvestas neitrāles
	Uztādīšana saskaņā ar			Uztādīšana saskaņā ar		Uztādīšana saskaņā ar	
	CT1	CT2		CT1	CT2	CT1	CT2
Katru fāzes vadītāju un neitrālvadu (N)	+	•	NA	+	•	+	•
Katru fāzes vadītāju un aizsargvadu (PE)	•	NA	NA	•	NA	•	NA
Neitrālvadu un aizsargvadu (PE)	•	•	NA	•	•	•	•
Katru fāzes vadītāju un aizsargneitrālvadu (PEN)	NA	NA	•	NA	NA	NA	NA
Fāzes vadītājiem	+	+	+	+	+	+	+

Piezīme: Apzīmējums "-" nozīmē obligāti pielietojams, "NA" nozīmē netiek pielietots, "+" nozīmē ir papildu aizsardzības variants (neobligāts), "CT" nozīmē ir PAI pieslēguma shēma (veids), 4.3. attēls.



4.3. attēls. PAI slēguma shēmas

Piezīme 1: Ja vairāk nekā viena PAI pieslēgta pie tā paša vadītāja, starp tām ir nepieciešams ievērot PAI tehnisko parametru savstarpēju saskaņošanu.

Piezīme 2: Aizsardzības risinājumu skaits atkarīgs no aizsargājamā aprīkojuma veida (piemēram, ja aprīkojums nav saņemts, fāzes – vai neitrāles – pret zemi aizsardzība var nebūt nepieciešama),

aprīkojuma izturspējas pie katra aizsardzības veida, elektriskās sistēmas struktūras un zemēšanas sistēmas veida, kā arī ienākošā pārsprieguma raksturlielumiem. Piemēram, aizsardzība starp fāzi/neitrāli un PE vadītāju vai starp fāzi un neitrāli vairumā gadījumu ir pietiekama, un aizsardzība starp fāzēm netiek lietota.

Piezīme 3: PAI uzstādīšana sistēmas operatora elektrotīklā pirms elektroenerģijas skaitītāja veicama tikai, saskaņojot ar sistēmas operatoru.

4.16. Izvēloties PAI, jāievēro īslaicīgā pārsprieguma parametrs U_T , kuram jābūt lielākam par kvazistacionārā pārsprieguma vērtību U_{TOV} , kuru nosaka atkarībā no bojājuma laika un elektrotīkla zemēšanas sistēmas veida (4.6. tabula).

4.6. tabula

Kvazistacionārā pārsprieguma pārbaudes vērtības

Pielietojums	Kvazistacionārā pārsprieguma (U_{TOV}) pārbaudes vērtības U_T	
PAI slēgta starp:	5 s (elektrotīklu ar spriegumu ≤ 1 kV bojājumi)	200 ms (elektrotīklu ar spriegumu >1 kV bojājumi)
TN sistēmā		
L-(PE)N vai L-N	$1,45 \times U_0$	
N-PE		
L-L		
TT sistēmā		
L-PE	$1,71 \times U_0$	$1200 + 1,1 \times U_0$
L-N	$1,45 \times U_0$	
N-PE		1200
L-L		
IT sistēmā		
L-PE		$1200 + 1,1 \times U_0$
L-N	$1,45 \times U_0$	
N-PE		1200
L-L		
TN, TT un IT sistēmā		
L-PE	$1,71 \times U_0$	$1200 + 1,1 \times U_0$
L-(PE)N	$1,45 \times U_0$	
N-PE		1200
L-L		

Piezīme 1: Šajā tabulā norādītās vērtības nodrošina standarta IEC 60364-5-53 prasības.

Piezīme 2: Tabula saskaņā ar standarta LVS CLC/TS 61643-12 5. tabulu.

4.17. Izvēloties uzstādīšanai PAI, jāizvēlas PAI ar atbilstošu sprieguma aizsardzības līmeņa vērtību. Sprieguma aizsardzības līmeņa vērtībai ir jābūt mazākai par elektroiekārtas izturspriegumu, kas atbilstoši sprieguma līmeņiem un pārsprieguma klasēm parādītā 4.1. tabulā. Sprieguma aizsardzības līmeņa izvēles kritērijs:

$$U_p < 0,8 \times U_w,$$

kur:

U_w – aizsargājamas elektroiekārtas izturspriegums, V;

U_p – sprieguma aizsardzības līmenis.

4.18. 1. tipa PAI izvēlas pēc I_{imp} vērtības, kas paredzēta kā minimums 25 kA uz 1 polu. Ja paredzēts uzstādīt 2. tipa PAI, pie izvēles pārbauda I_n un I_{max} vērtības. Ja 2. tipa PAI izvēlei nav zināmas strāvas, ko var izraisīt pārspriegums, tad atkarībā no N_g vērtības šos parametrus nosaka atbilstoši 4.7. tabulai.

4.7. tabula

**Nominālā izlādes strāvas (I_n) un maksimālā izlādes strāvas (I_{max}) izvēles nosacījumi
2. tipa pārspriegumaizsardzības ierīcēm**

N_g	<2	$2 \leq N_g \leq 3$	$3 \leq N_g$
I_n (kA)	5	20	30
I_{max} (kA)	15	40	70

4.19. Atbilstoši LVS CLC/TS 61643-12, PAI nodrošina pietiekamu elektroiekārtu aizsardzību 10 m attālumā aiz uzstādīšanas vietas. Ja iekšējā elektrotīkla garums līdz aizsargāmajai elektroiekārtai ir lielāks, tad nepieciešams paredzēt vēl vienu PAI, ko uzstāda tieši pie aizsargājamās elektroiekārtas. Papildus PAI rekomendē uzstādīt arī gadījumā, ja:

$$U_p \times 2 > 0,8 \times U_w$$

4.20. Šādā gadījumā jāievēro PAI savstarpēja saskaņošana, nodrošinot, ka nākamā PAI U_p ir zemāks par pirmās PAI U_p :

$$U_{p(n)} > U_{p(n+1)}$$

4.21. Pielietojot četrpolu PAI vai divpolu PAI ar atdalītām spailēm (3.2. attēls), jāņem vērā slodzes strāva, kas plūdis caur minētajām PAI, kā arī iespējamais sprieguma kritums tām elektroiekārtām, kas uzstādītas aiz PAI.

$$I_L > I_1,$$

kur:

I_L – PAI nomināla slodzes strāva, A;

I_1 – nominālā slodzes strāva aizsargājamā elektrotīklā, A.

Piezīme: Izvēloties PAI pēc slodzes strāvas, jāņem vērā slodzes raksturs, īpaši, ja ir iespējamās lielas palaišanas strāvas, kas izraisīs PAI silšanu.

5. Pārspriegumaizsardzības ierīču un aizsargājamo elektroiekārtu tehnisko parametru izvēle un saskaņošana elektrotīklos ar spriegumu > 1 kV

5.1. Elektrotīklā ar spriegumu > 1 kV aprīkojums jāaizsargā pret pārslēgumu un zibensizlādes izraisītiem pārspriegumiem, kas pārsniedz elektroiekārtu izturspriegumu. Elektroiekārtu izturspriegums tiek noteikts saskaņā ar 5.1. tabulu. PAI izmantošana palīdz nodrošināt elektrotīklu izolācijas līmeni, garantējot pieņemamu riska pakāpi un zemākās izmaksas.

5.1. tabula

Izolācijas koordinācija elektroietaisēs ar spriegumu > 1 kV

Elektrotīkla nominālais spriegums (U_n), kV	Elektrotīkla augstākais spriegums (U_s), kV	Elektroiekārtas augstākais spriegums (minimālā vērtība) (U_m), kV	Standartizētais īslaicīgais izturspriegums pie nominālās frekvences (U_a), kV	Standartizētais sprieguma aizsardzības līmenis (U_p), kV
6	7,2	7,2	20	60
10	12	12	28	75
15	17,5	17,5	38	95
20	24	24	50	125

Piezīme 1: Elektroietaisēs, kuru nominālie spriegumi nav norādīti tabulā, elektroiekārtām izvēlas parametrus, kas atbilst tabulā norādītai elektroietasei ar tuvāko lielāko nominālo spriegumu.

Piezīme 2: Iekļautā informācija balstīta uz standartu LVS EN IEC 60071-1 un LVS EN IEC 60071-2 noteiktajām prasībām.

Piezīme 3: Tabulā standartizēto sprieguma aizsardzības līmeni (U_p) pārbauda, pievadot zibensizlādes standartizēto sprieguma impulsu.

5.2. Izolācijas koordinācijas izvēles shēma dota 1. pielikumā.

5.3. Tipiski pielietotie parametri PAI izvēlei noteikti 5.2. tabulā.

5.2. tabula

Pārspriegumaizsardzības ierīces izvēles parametri elektroietaisēs ar spriegumu > 1 kV

Nr.	Parametra nosaukums	Apzīmējums
1.	Maksimālais ilgstoši pieļaujamais darba spriegums, kV	U_c
2.	Nominālais fāzes spriegums, kV	U_0
3.	Nominālā izlādes strāva, kA	I_n
4.	Nominālā īsslēgumstrāva, kA	I_s
5.	Frekvence, Hz	f
6.	PAI paliekošais spriegums, kV	U_{res}
7.	Atkārtjoša lādiņa pārvades spēja, C	Q_{rs}
8.	Termālā lādiņa pārvades spēja, C	Q_{th}
9.	Termālās enerģijas rādītājs, kJ/kV	W_{th}

5.2. tabulas turpinājums

Nr.	Parametra nosaukums	Apzīmējums
10.	Zibensizlādes impulsa aizsardzības līmenis, kV	LIPL, U_{pl}
11.	Komutācijas pārspriegumaizsardzības līmenis, kV	SIPL, U_{ps}
12.	Zibensizlādes izturspriegums, kV	LIWV
13.	Pārslēgumu izturspriegums, kV	SIWV
14.	Pieļaujamā ilgtermiņa slodze, N vai Nm	SLL
15.	Pieļaujamā īstermiņa slodze, N vai Nm	SSL
16.	Maksimālais piesārņojuma līmenis	-

Piezīme 1: PAI nominālo spriegumu (U_r) izvēlas no standarta vērtībām: 1, 3, 6, 12, 18 vai 24 kV. Tā atspoguļo pieļaujamo 10 s ilgu pārspriegumu pie termālās enerģijas rādītāja vai termālā lādiņa pārvades spējas.

Piezīme 2: PAI nominālo izlādes strāvu (I_n) nosaka no skalas 2,5 kA, 5 kA, 10 kA, 20 kA. Elektrolīnijās ar nominālo spriegumu līdz 20 kV tipiski tiek pieņemta zibensizlādes strāva 5 kA, aizsargājot apakšstacijas, ieteicams izvēlēties PAI ar 10 kA izlādes strāvu.

Piezīme 3: Tehnoloģiskiem procesiem, kuriem nepieciešams nodrošināt augstu pieejamības līmeni, elektroiekārtas ieteicams aizsargāt, izmantojot PAI ar 20 kA izlādes strāvu. Elektroiekārtām, kurām nepieciešams nodrošināt augstu pieejamības līmeni, ieteicams izmantot apakšstacijas klases (3.1. tabula) metāloksīda PAI. Par procesiem vai elektroiekārtām ar augstu pieejamības līmeni uzskatāmas elektroenerģijas ražotnes ar nepārtrauktu ražošanas ciklu.

Piezīme 4: LIPL (U_{pl}) ir maksimālā paliekošā sprieguma vērtība pie PAI nominālās izlādes strāvas. SIPL (U_{ps}) ir maksimālā paliekošā sprieguma vērtība pie noteiktām pārslēgumu strāvām.

Piezīme 5: Q_{rs} raksturo PAI spēju 20 reižu izturēt noteiktu impulsa strāvu bez mehāniskiem vai nepieļaujamiem elektriskiem bojājumiem.

Piezīme 6: Q_{th} raksturo PAI spēju pārvadīt noteikta līmeņa lādiņu, saglabājot termisko noturību pie U_c vērtības.

Piezīme 7: W_{th} raksturo PAI spēju izturēt enerģiju, kas tiek pievadīta PAI ar vairākiem strāvas impulsiem trīs minūšu laikā.

Piezīme 8: Izvēloties PAI ar augstākiem Q_{rs} , W_{th} vai Q_{th} parametriem, tiek panākta lielāka drošuma pakāpe pie tās pašas nominālas zibensizlādes strāvas.

Piezīme 9: I_s ir parametrs, kas raksturo iekšējā īsslēguma strāvu pēc PAI aktīvās daļas bojājuma, ko PAI spēj izturēt 200 ms bez būtiskiem korpusa bojājumiem un neradot aizdegšanās risku.

Piezīme 10: SLL raksturo slodzi, kas virzīti perpendikulāri PAI garenasij, kas var tikt ilgstoši pielikta PAI ekspluatācijas laikā, neizraisot PAI mehāniskus bojājumus.

Piezīme 11: SSL raksturo maksimālo slodzi, kas virzīta perpendikulāri PAI garenasij, kas var tikt īslaicīgi un relatīvi reti pielikta PAI ekspluatācijas laikā (piemēram, īsslēguma strāvas vai vēja brāzmu radītas slodzes), neizraisot PAI mehāniskus bojājumus.

Piezīme 12: Izvēloties PAI, jāņem vērā apkārtējas vides piesārņojuma līmenis. Izvēles nosacījumi noteikti standartā IEC TS 60815-1.

5.4. Izvēloties PAI uzstādīšana vietu un parametrus, jāņem vērā aizsargājamajās ķēdēs slēgto strāvu ierobežojošo drošinātāju nostrādes rezultātā radušos pārspriegumu iespējamību.

5.5. PAI izvēli veic pēc elektriskajiem parametriem un pēc mehāniskajiem parametriem (skatīt 1. pielikumu), kā arī vides apstākļiem. Ja uzstādīšanas vietā vides apstākļi atšķiras no standartizētajiem vides apstākļiem, tas jānorāda specifikācijā. Par standartizētiem vides apstākļiem tiek uzskatīti apstākļi:

5.5.1. apkārtējā gaisa temperatūra ir robežās no -40°C līdz $+40^{\circ}\text{C}$;

5.5.2. saules radiācija (līdz $1,1 \text{ kW/m}^2$);

5.5.3. augstums virs jūras līmeņa nepārsniedz 1000 m ;

5.5.4. elektrotīkla frekvence ir robežās $48\text{-}62 \text{ Hz}$;

5.5.5. vēja ātrums $\leq 34 \text{ m/s}$.

5.6. PAI izvēli elektrotīklā ar spriegumu $>1 \text{ kV}$ pamatā veic pēc PAI maksimālā ilgstoši pieļaujamā darba sprieguma (U_c). U_c nosaka atbilstoši 5.3. tabulas nosacījumiem.

5.7. Komutācijas pārspriegumu elektrotīklā samazina šādi:

5.7.1. izvēloties piemērotu elektrotīkla neitrāles darba režīmu;

5.7.2. samazinot drošinātāju skaitu elektrotīklos;

5.7.3. izmantojot jaudas slēdžus, kas nepieļauj elektriskā loka atkārtotu aizdegšanos.

5.3. tabula

PAI maksimālā ilgstoši pieļaujamā darba sprieguma (U_c) izvēle

Nr.	Neitrāles režīms	U_c vērtībai jābūt lielākai par
1.	Izolētais elektrotīkls ar zemesslēguma kompensāciju (PAI starp fāzi un zemi)	U_s
2.	Izolētais elektrotīkls ar zemesslēguma kompensāciju (PAI starp transformatora neitrāli un zemi)	$\frac{U_s}{\sqrt{3}}$
3.	Izolētais elektrotīkls ar lielu pretestību un automātisko zemesslēguma pārtraukšanu (PAI starp fāzi un zemi)	$\frac{U_s}{T}$
4.	Izolētais elektrotīkls ar lielu pretestību un automātisko zemesslēguma pārtraukšanu (PAI starp transformatora neitrāli un zemi)	$\frac{U_s}{T * \sqrt{3}}$
5.	Elektrotīkls ar cieši zemēto neitrāli vai mazresistīvi zemētu neitrāli (PAI starp fāzi un zemi)	$\frac{1,4 * U_s}{T * \sqrt{3}}$
6.	Elektrotīkls ar cieši zemēto neitrāli (PAI starp transformatora neitrāli un zemi)	$\frac{0,4 * U_s}{T}$
7.	4 vadu elektrotīkls (PAI starp fāzi un zemi)	$\frac{1,25 * U_s}{\sqrt{3}}$
8.	Sistēmas ar trīsstūra slēgumu	U_s

Piezīme: T – koeficients, kas raksturo PAI spēju noteiktā laikā izturēt kvazistacionāru pārspriegumu un ir dots PAI ražotāja TOV raksturlīknē, to noteiktām TOV atslēgšanas laikam var noteikt kā U_{TOV}/U_r . Atsevišķos gadījumos ražotājs norāda U_{TOV} vērtības, kuras PAI var izturēt 1 un 10 sekundes. No šiem diviem punktiem var izveidot TOV raksturlīkni, lai noteiktu kvazistacionāru pārspriegumu, kuru PAI var izturēt pie cita pārsprieguma ilguma. TOV raksturlīknes paraugu skatīt 3. pielikumā.

6. Pārspriegumaizsardzības tehnisko parametru savstarpēja saskaņošana starp sistēmas operatora un sistēmas lietotāja elektrotīklu

6.1. Sistēmas operators nodrošina pārspriegumaizsardzības ierīkošanu līdz tā elektroietaišu piederības robežai. Sistēmas lietotājs ir atbildīgs par savas elektroietaisies pārspriegumaizsardzības nodrošināšanu.

6.2. Sistēmas operatora elektrotīklā PAI uzstāda attiecīgo elektroietaišu izbūves standartos paredzētā apjomā un vietās.

6.3. Veicot elektrotīkla pārbūvi, jāveic pārspriegumaizsardzības shēmas pārskatīšana, nepieciešamības gadījumos demontējot liekās PAI.

6.4. Sistēmas operators ārējā elektrotīklā ar spriegumu ≤ 1 kV uzstāda 1. tipa PAI.

6.5. Sadales elektrotīklos ar spriegumu > 1 kV jāizmanto sadales klases (*distribution class*; atbilstoši standartam LVS EN 60099-4) metāloksīda PAI.

6.6. Gāzizolētām slēgiekārtām ar spriegumu > 1 kV pārspriegumaizsardzību pēc nepieciešamības uzstāda ārpus slēgiekārtas, attiecīgās elektrolīnijas pievienojumā.

6.7. Transformatora sekundāros un terciāros tinumus, kas nav pieslēgti elektrotīklam, zemē vienā punktā. Ieteicams zemēt vienu trīsstūra slēgumā slēgta tinuma stūri vai zvaigznes slēgumā slēgta tinuma neitrāli.

6.8. Transformatoru izvēlas ar elektrotīkla augstākajam spriegumam U_s atbilstošu tinuma augstāko spriegumu U_m .

6.9. Elektrotīklā uzstādāmajam transformatoram jābūt pārbaudītai dielektriskajai izturībai saskaņā ar LV EN 60076-3 noteiktajām tipa un rutīnas pārbaudēm pie attiecīgā U_m . Gadījumā, ja pārbaudē apjoms transformatora dažādiem tinumiem atkarībā no U_m ir atšķirīgs, pārbaudēm piemēro nosacījumus, kas noteikti tinumam ar augstāko U_m vērtību.

6.10. Katram transformatora tinumam tehniskajā dokumentācijā jābūt identificējamām vismaz U_m , LI, AC raksturlielumiem, kur U_m – tinuma maksimālais spriegums, LI – tinuma nominālā zibensizlādes impulsa vērtība, AC – tinuma nominālais maiņsprieguma izturspriegums.

Piezīme: Testēšanas nosacījumus nosaka standarts LVS EN 60076-3.

6.11. Obligātās transformatoru tipa un rutīnas pārbaudes saskaņā ar standartu LVS EN 60076-3 noteiktas 6.1. tabulā.

6.1. tabula

Sadales transformatoriem veicamās obligātās pārbaudes

Tests	$U_m \leq 72,5$ kV
Zibensizlādes tests uz fāžu izvadiem (LI)	Tipa tests
Maiņsprieguma izturības tests (AV)	Rutīnas tests

6.12. Sadales transformatorus, kas pieslēgti gaisvadu elektrotīklam, aizsargā pret zibensizlādes izraisītiem pārspriegumiem. Transformatoriem pieļaujams aizsargāt tikai zibens apdraudēto tinumu. PAI slēdz starp transformatora fāžu izvadiem un zemējumietaisi.

Piezīme: Sadales elektrotīklos jāizmanto metāloksīda PAI.

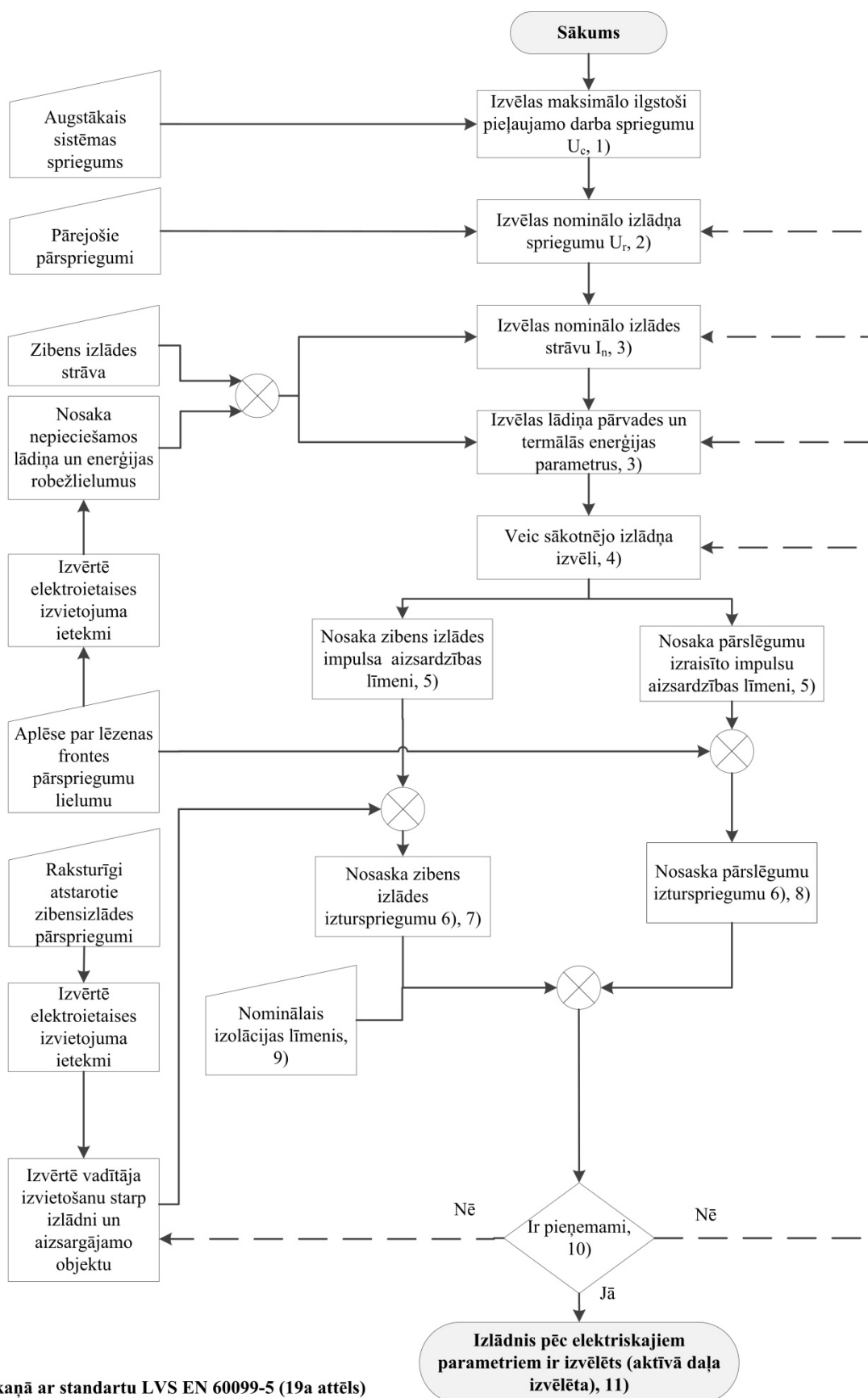
1. pielikums

PAI izvēle un PAI izolācijas koordinācija

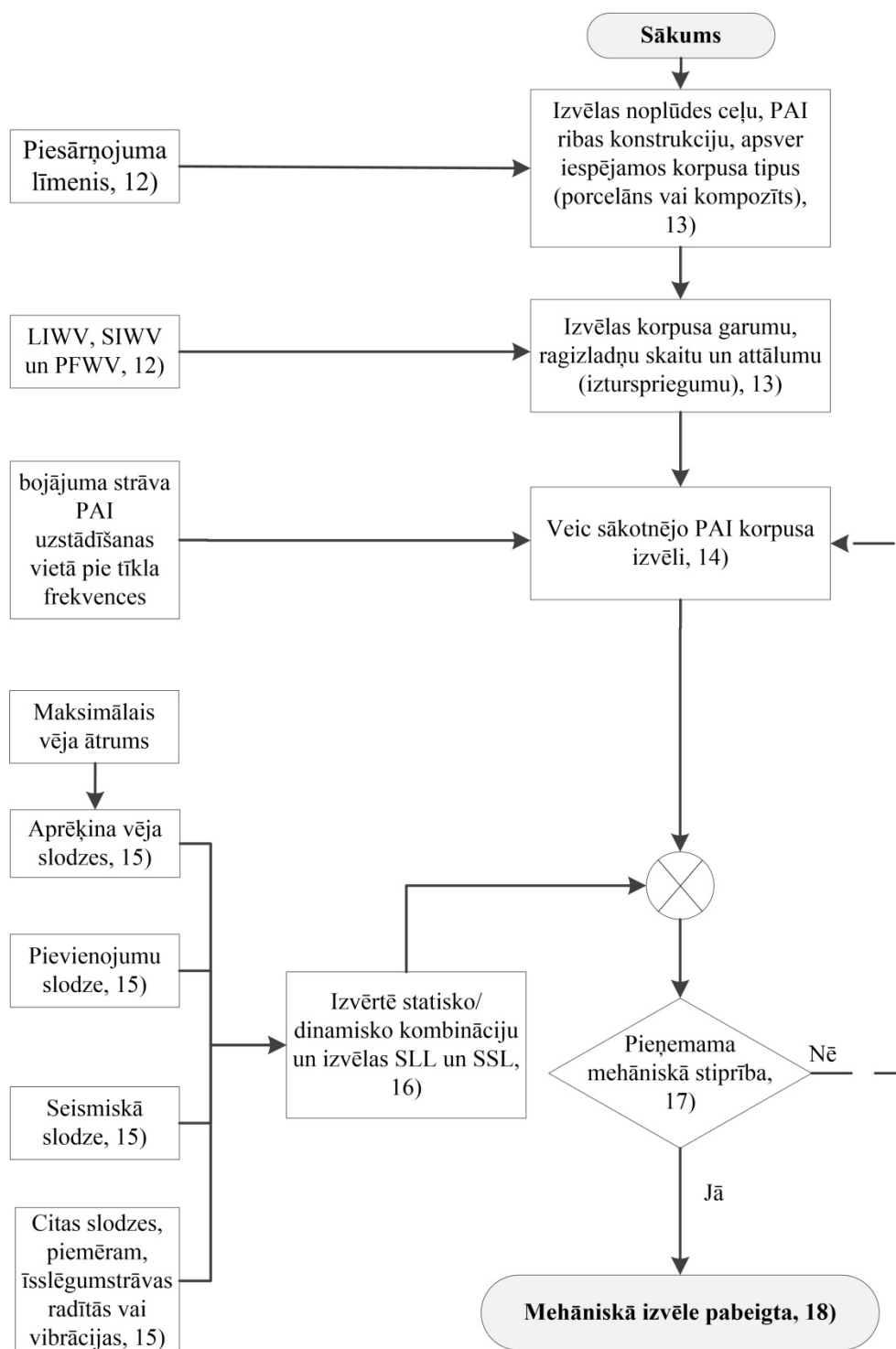
PROCESI	RAKSTUROJUMS
KONSTATĒ SISTĒMAS PARAMETRUS	<u>Datu apkopošana par:</u> • Tīkla izveidojumu • Sistēmas darbības apstākļiem • Zibensizlādes, pārslēgumu, kvazistacionāro pārslēgumu apstākļiem • Iekārtu zibensizlādes un pārslēgumu izturspriegumu (LIWV, SIWV)
PĀREJAS PROCESU ANALĪZE ↓ PĀRSPRIEGUMA NOTEIKŠANA ↓ PAI IZVĒLE ↓ ATKĀRTOTA PAI IZVĒLES IZPĒTE	<u>Analīzes raksturošana:</u> • Dokumentācijā balstīti pieņēmumi • Datorsimulācijas • Analīzes tips: paredzēšanas/prognozēšanas metodes • Izpētei atbilstoši modeļi • Darbības scenāriji <u>PAI prasību identificēšana:</u> • PAI nominālais spriegums no maksimālā kvazistacionārā pārslēguma • Nominālā izlādes strāva atbilstošam U_{pl} vai U_{ps} • Atkārojoša lādiņa pārvades spējas un termālā lādiņa pārvades spējas noteikšana nepieciešamajam termālās enerģijas rādītājam un kopējai enerģijai, ieskaitot kvazistacionāros pārslēgumus • Nepieciešamās īsslēgumstrāvas izvēle <u>PAI uzstādīšanas vietas izvēle:</u> • Izvietojums • Tuvuma efekts • Zemēšana • Zemējumvadi <u>PAI darbības optimizēšana:</u> • Aizsardzības robežas apstiprināšana • Atbilstoša lādiņa pārvades un enerģijas novades spēja • Ņemti vērā visi sistēmas efekti

Saskaņā ar standartu LVS EN 60099-5 (18. attēls)

P1. 1. attēls. PAI izolācijas koordinācijas shēma



P1. 2. attēls. PAI izvēle pēc elektriskajiem parametriem.



Saskaņā ar standartu LVS EN 60099-5 (19b attēls)

P1. 3. attēls. PAI mehāniskās stiprības parametru noteikšanas procesa shēma

2. ielikums

PAI uzstādīšanas nepieciešamības novērtēšanas metodika

Atbilstoši šai metodikai, izmantojot normēto pērkona negaisa dienu skaitu, tiek aprēķināts zibensizlādes daudzums uz vienu km² gadā attiecīgajā teritorijā, saskaņā ar zemāk minēto formulu:

$$N_g = 0,1 * T_d,$$

kur:

N_g – zibens spērienu blīvums, zibensizlādes gadā/km²;

T_d – pērkona negaisa dienas/gadā.

Saskaņā ar standartā LVS HD 60364-4-442 noteikto riska novērtēšanas metodi, PAI sistēmas lietotāja zemsprieguma pieslēgumā rekomendēts uzstādīt, ja:

$$d > d_c,$$

kur:

d – pieņemtais elektrolīnijas garums līdz pieslēdzamajai ēkai, km;

d_c – kritiskais garums, km.

Pieņemto elektrolīnijas garumu līdz pieslēdzamajai ēkai (d) vispārējā veidā aprēķina kā:

$$d = d_1 + d_2/K_g + d_3/K_t,$$

kur:

d_1 – 0,4 kV gaisvadu līnijas garums līdz pieslēdzamajai ēkai, km (ierobežots līdz 1 km);

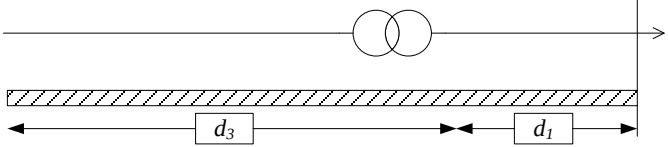
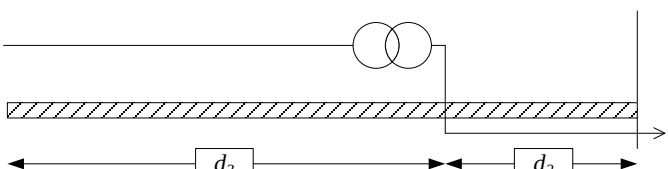
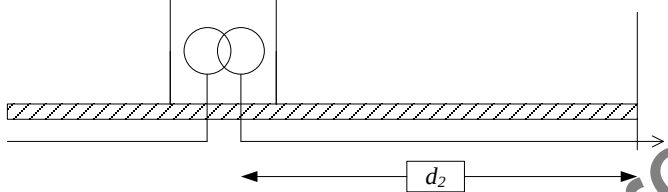
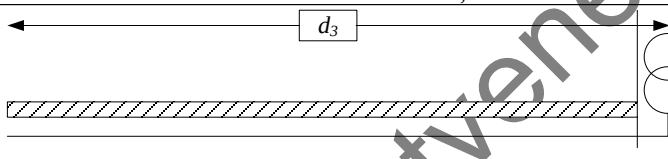
d_2 – 0,4 kV kabeļlīnijas garums līdz pieslēdzamai ēkai, km (ierobežots līdz 1 km);

d_3 – 1 kV un augstāka sprieguma elektrolīnijas garums līdz pieslēdzamai ēkai, km (ierobežots līdz 1 km);

K_g – samazinājuma koeficients, kas raksturo zibensizlādes ietekmes sadalījumu starp gaisvadu līniju un kabeļlīniju, pie zemes īpatnējās pretestības 250 Ωm. Pieņem, ka $K_g = 4$.

K_t – samazinājuma koeficients transformatoram. Pieņem, ka $K_t = 4$.

Parametra d aprēķina formulas dažādiem elektrotīkla izveidojumiem norādītas 1. attēlā.

Elektrotīkls līdz ievadam būvē, ēkā izveidots gaisvadu līniju izpildījumā	Garuma d aprēķins, km
	$d = d_1 + \frac{d_3}{K_t}$
Elektrotīkls līdz ievadam būvē, ēkā izveidots GVL (1-20 kV) un KL (<1 kV) izpildījumā	
	$d = \frac{d_3}{K_t} + \frac{d_2}{K_g}$
Elektrotīkls (≤ 20 kV) līdz ievadam būvē, ēkā izveidots KL izpildījumā.	
	$d = \frac{d_2}{K_g}$
Elektrotīkls līdz ievadam būvē, ēkā izveidots KL izpildījumā, transformators atrodas būvē, ēkā	
	$d = \frac{d_3}{K_t}$

Piezīme: Gadījumā, kad VS/ZS transformators ir uzstādīts ēkā, $d_1=d_2=0$

P2. 1. attēls. Elektrotīkla izveidojuma piemēri un piemērojamās formulas

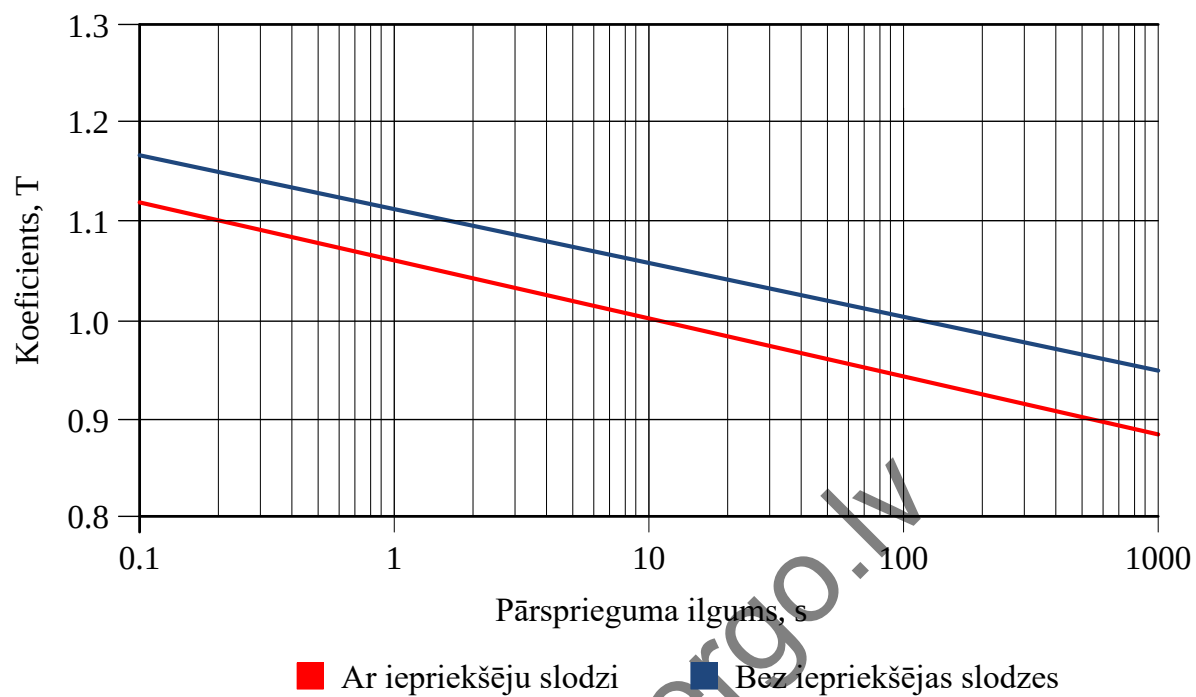
P2. 1. tabula

Kritiskā garuma (d_c) vērtības

Kritiskā garuma sadalījums	Kritiskā garuma (d_c) vērtība, km	Aprēķina formula
Publiskām ēkām (daudzdzīvokļu ēkas, baznīcas, biroju ēkas, skolas utt.)	0,5	$d_c = 1/N_g$, kur $N_g = 0,1 \cdot T_d$
Individuālām ēkām (individuālās dzīvojamās mājas, nelieli biroji utt.)	1	$d_c = 2/N_g$, kur $N_g = 0,1 \cdot T_d$

Piezīme: d_c vērtība noteikta pie pieņemtā $T_d = 20$.

3. pielikums TOV raksturlīkne



P3. 1. attēls. TOV raksturlīkne atkarībā no PAI nominālā sprieguma (U_r)