



**PRASĪBAS 1 KV ELEKTROTĪKLA PROJEKTĒŠANAI UN
BŪVNIECĪBAI**

© AS „Latvenergo”, teksts, 2013

© Biedrība „Latvijas Elektrotehniskā komisija”, noformējums, makets, 2013

Šīs publikācijas jebkuru daļu nedrīkst reproducēt vai izmantot jebkurā formā vai jebkādiem līdzekļiem, elektroniskiem vai mehāniskiem, fotokopēšana vai mikrofilmas ieskaitot, bez izdevēja rakstiskas atļaujas.

Satura rādītājs

1. Ievads	3
2. Atsauces uz normatīviem dokumentiem	3
3. Vispārējs 1 kV elektrotīkla apraksts	4
3.1. Pamata pieņēmumi 1 kV elektrotīkla ieviešanas idejai.....	4
3.2. 1 kV elektrotīkla izmantošanas vietu raksturojums	6
4. Izmantojamās elektroiekārta un materiāli	6
4.1. Transformatori.....	6
4.2. Kabeļi	7
4.3. Kompaktās transformatoru apakšstacijas	9
4.4. Releju aizsardzība 1 kV elektrotīklam	9
4.5. Pārsprieguma aizsardzība 1 kV elektrotīklam.....	10
4.6. Komutācijas sadalnes 1 kV līnijas nozarojumos.....	10
5. Zemēšanas pamatprincipi. Nosacījumi sprieguma krituma un īsslēguma strāvu aprēķiniem. Releju aizsardzība	10
5.1. Zemēšana.....	10
5.2. Nosacījumi īsslēguma strāvu aprēķinam 1 kV elektrotīkla projektēšanā	13
5.3. Nosacījumi sprieguma zuduma aprēķinam 1 kV elektrotīkla projektēšanā.....	13
5.4. 1 kV elektrotīkla releju aizsardzības shēmas	13
5.4.1. 1 kV elektrotīkla aizsardzība ar vienu 1 kV fideri (1 kV RAS).....	14
5.4.2. 1 kV elektrotīkla aizsardzība ar diviem 1 kV fideriem (1 kV RAS 2F)	15
6. Materiālu uzskaitījums un konstrukciju grafiskie risinājumi - 20/1 kV, 20/1/0.42 kV, 1/0.42 kV transformatoru apakšstacijām	16
6.1. Galvenās tehniskās prasības	16
6.2. Lietošana	16
6.3. Konstrukcija	16
6.4. Pārsprieguma aizsardzība.....	17
6.5. Zemsprieguma iekārta.....	17
6.6. Marķēšana	18
6.7. Masta apakšstaciju konstrukciju gabarīti	19
6.8. 1/0,4 kV mastu apakšstacijas	19
6.8.1. Tehniskais apraksts	19
6.8.2. 1/0,4 kV masta apakšstacija vienstatņu starpbalstā - TA 1/0,4.50V-S	21
6.8.3. Masta apakšstacija vienstatņu gala balstā ar atsaitēm - TA 1/0,4.50V-Ga	23
6.8.4. Masta apakšstacija vienstatņu gala balstā ar atgāzni - TA 1/0,4.50V-Gs	25
6.8.5. Masta apakšstacijas 1/0,4 kV piemērs ar pienākošo un aizejošo piekarkabeļa (AMKA) līniju	27
6.9. 20/1/0,4 kV un 20/1 kV apakšstaciju konstrukcijas un to elementi	28
Pielikums 1 1 kV releju aizsardzības iestatīšana	31
Pielikums 2 Īsslēguma strāvu 1 kV tīklā aprēķina teorijas izklāsts	33

1. Ievads

1 kV elektrotīkls ir jauns risinājums Latvijas elektrotīklā. 1 kV elektrotīkla risinājums pamatā paredzēts izmantošanai lauku apvidū ar garām zemsprieguma elektropārvades līnijām.

1 kV tīkls atbilstoši Eiropas Savienības normatīvajiem aktiem definējams kā zemspriegums ar no tā izrietošajām elektrodrošības prasībām.

1 kV elektrotīkla tehnoloģija tiek izmantota Skandināvijas valstīs: Norvēģijā, Zviedrijā, kā arī Somijā un Igaunijā.

Tehniskajā normatīvā prasības piemērojamas 1 kV elektrotīkla projektēšanā un būvniecībā.

2. Atsauces uz normatīviem dokumentiem

Normatīvā iekļautas atsauces uz sekojošiem normatīvajiem dokumentiem:

SAD_KP132 AS „Sadales tīkls” kārtība „0,4 kV un 20 kV elektropārvades līniju koka balstu ražošana”

LEK 014 „0,4 kV gaisvadu elektrolīnijas. Galvenās tehniskās prasības”

LEK 042-1 „Pārspriegumu aizsardzība vidsprieguma elektrotīklos”

LEK 042-2 „Pārsprieguma aizsardzība zemsprieguma elektrotīklos”

LEK 048 „Elektroietaišu zemēšana un elektrodrošības pasākumi. Galvenās tehniskās prasības”

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

LVS HD 603 „Sadales kabeli ar nominālo spriegumu 0,6/1 kV”

LVS HD 626 S1 „0,6/1 (1,2) kV nominālajam spriegumam $U_0/U(U_m)$ paredzēti iekarināmi sadales kabeli”

LVS EN 50160 „Publisko elektroapgādes tīklu sprieguma raksturlielumi”

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

LVS EN 60076 „Spēka transformatori” standartu sērija

LVS EN 60099-4 „Izlādņi. 4. daļa: Bezspaugumetāloksīdaizlādņi maiņstrāvas sistēmām (IEC 60099-4)”

LVS EN 61439 „Zemsprieguma komutācijas un vadības aparātūras komplekti” standartu sērija

LVS EN 60529 „Apvalku nodrošinātas aizsardzības pakāpes (IP kods)”

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

3. Vispārējs 1kV elektrotīkla apraksts

3.1. Pamata pieņēmumi 1kV elektrotīkla ieviešanas idejai

1) Lietojot 1kV sprieguma līmeni zemsprieguma elektrotīklā iespējams pārvadīt līdz 6,25 reizēm lielāku jaudu salīdzinot ar 0,4kV elektrotīklu.

Elektrotīklā pārvadāmo aktīvo jaudu var aprēķināt pēc sekojošas izteiksmes:

$$P = \sqrt{3} * I * U * \cos\varphi = \sqrt{3} * \frac{U}{R_L} * U * \cos\varphi = \sqrt{3} * \frac{U^2}{R_L} * \cos\varphi \quad (3.1.)$$

kur

P – elektrotīklā pārvadāmā jauda;

I – strāva elektrolīnijā;

U – spriegums elektrolīnijā;

R_L – elektrolīnijas aktīvā pretestība;

$\cos\varphi$ – jaudas koeficients.

400 V spriegumam sistēmai ievietojot formulā skaitliskās vērtības iegūstam:

$$P_{400V} = \sqrt{3} * \frac{U^2}{R_L} * \cos\varphi = \sqrt{3} * \frac{400^2}{R_L} * \cos\varphi \quad (3.2.)$$

1000 V spriegumam sistēmai ievietojot formulā skaitliskās vērtības iegūstam:

$$P_{1000V} = \sqrt{3} * \frac{U^2}{R_L} * \cos\varphi = \sqrt{3} * \frac{1000^2}{R_L} * \cos\varphi \quad (3.3.)$$

Attiecinot 1000V sistēmā pārvadāmo jaudu pret 400V sistēmā pārvadāmo jaudu iegūstam (pieņemam, ka $\cos\varphi$ abos gadījumos vienāds):

$$\frac{P_{1000V}}{P_{400V}} = \frac{\sqrt{3} * 1000^2 * R_L * \cos\varphi}{\sqrt{3} * 400^2 * R_L * \cos\varphi} = \frac{1000^2}{400^2} = 6,25 \quad (3.4.)$$

Iegūtais rezultāts parāda teorētisko maksimālo pārvadāmās jaudas pieaugumu palielinot elektrotīkla spriegumu no 400 V uz 1000 V, kā arī var secināt, ka 1 kV tīklā tādu pašu jaudu kā 0,4 kV tīklā var pārvadīt 6,25 reizes lielākā attālumā vai arī 2,5 reizes lielāku jaudu 2,5 reizes lielākā attālumā salīdzinot ar 0,4 kV tīklu.

Reālais praksē sasniedzamais pārvadāmās jaudas vai elektrolīnijas garuma pieaugums ir robežās no 4 līdz 5 reizēm, jo jāņem vērā sprieguma zudums elektrolīnijās, transformatoros un elektrolīnijām jāizvēlas tehniski-ekonomiski pamatots šķērsriezums.

2) Esošās 0,4kV līnijas (piekarkabeļus, kabeļus) var izmantot darbam ar 1 kV spriegumu un jaunu 1 kV elektrolīniju būvniecībā izmantojami tie paši piekarkabeļi un kabeļi, kas 0,4 kV līniju būvniecībā - neveidojas papildus noliktavas nomenklatūras.

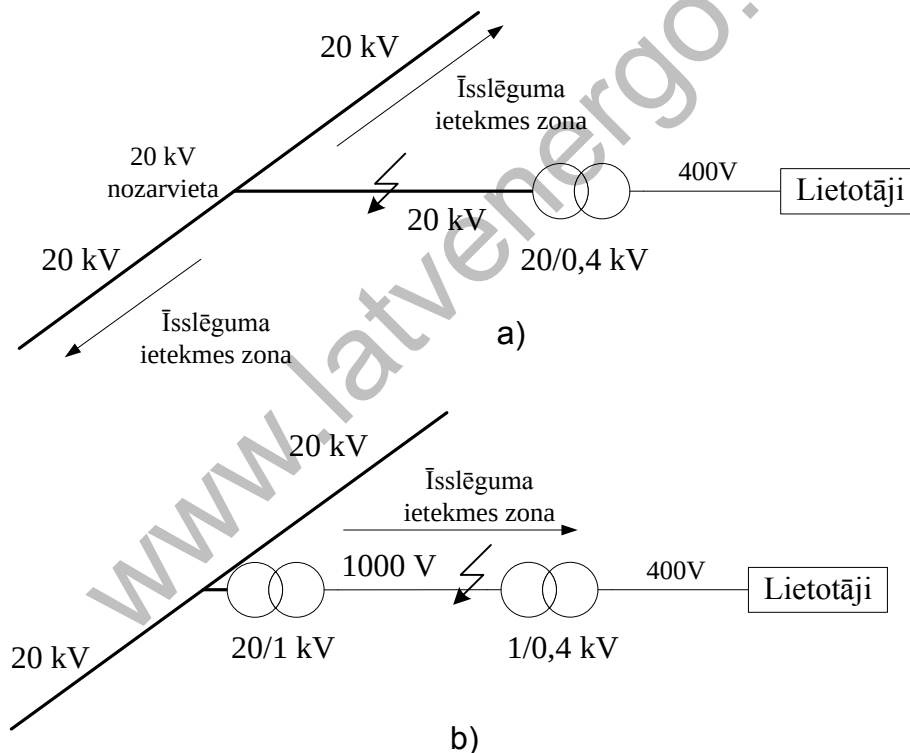
3) Lietojot 1kV elektrotīkla tehnoloģiju atbilstošos objektos, kur nepieciešams jaudas palielinājums vai elektroenerģijas piegādes kvalitātes paaugstināšana, 1 kV tehniskais

risinājums ir lētāks salīdzinot ar 20 kV līniju izbūvi un transformatoru punktu pieešanu tuvāk slodzes punktiem.

4) Iekārtas no 50V līdz 1000V maiņsprieguma un 75V līdz 1500V līdzsprieguma ir pakļautas Eiropas Savienības 2006/95/EC direktīvai (aizstāj 73/23/EEC). Balstoties uz šo direktīvu, visi instrumenti un iekārtas, kas tiek lietotas 50V līdz 1000V maiņsprieguma un 75V līdz 1500V līdzsprieguma robežās tiek klasificēti kā zemsprieguma instrumenti ar no tā izrietošām ekspluatācijas un drošības prasībām.

Atbilstoši standartam LVS EN 50160 „Publisko elektroapgādes tīklu sprieguma raksturlielumi” spriegums, kura nominālā efektīvā vērtība ir $U_n \leq 1 \text{ kV}$ tiek definēts kā zemspriegums.

5) Elektroapgādes drošuma uzlabošana – bojājums 1 kV elektrolīnijā neizsauc 20 kV elektrolīnijas atslēgumu.



3.1. attēls. Nozares bojājumu ietekmes diapazons: a) gadījumā ar 20kV nozari bez nozares aizsardzības b) gadījumā ar 1kV nozari

3.2. 1 kV elektrotīkla izmantošanas vietu raksturojums

1 kV elektrotīkla risinājums pamatā paredzēts lietošanai lauku apvidū ar garām zemsprieguma elektropārvades līnijām.

1 kV elektrotīkla risinājumu tiek rekomendēts lietot elektroapgādes kvalitātes jautājumu risināšanai neperspektīvās vietās – mežainos apvidos bez plānota slodzes pieauguma nākotnē, ar slodzi līdz 50 kVA.

Netiek rekomendēts lietot 1 kV elektrotīklu tehnoloģiju, ja elektrolīnijas garums nepārsniedz 1 km.

Netiek rekomendēts lietot 1 kV elektrotīklu tehnoloģiju vietās, kur bez lielām investīcijām meža zemes transformācijā iespējams izbūvēt 20 kV elektrotīklu un kurās paredzams slodzes pieaugums.

Nosacījumi (priekšnoteikumi) izvēloties 1 kV elektrotīkla izmantošanu:

- Iespējams izmantot esošo zemsprieguma tīklu, kas izbūvēts ar piekarkabeli (AMKA) vai kabeli;
- Maksimālā jauda vienam 1/0.42kV transformatoram 50kVA.
- Ievērojamas mežu zemes transformācijas izmaksas 20 kV gaisvadu līnijas būvniecības gadījumā vai arī nav iespējams saskaņot 20 kV gaisvadu līnijas izbūves projektu.
- Slodze tīklā sadalīta – slodzes centrs / attālu esoši klientorientējoši ~ 50% / 50% (pieļaujams arī cits sadalījums atbilstoši pielietotajiem transformatoriem). Iespējams lietot risinājumu ar trīstinumu transformatoru 20/1/0.42kV.
- Ja tehniski-ekonomiski pamatoti iespējams 20/0.4 kV transformatoru novietot slodzes centrā tā, lai zemsprieguma līniju garums nepārsniegtu 1km, tad jālieto 20/0.4 kV elektrotīkla risinājumu.
- Īpašu uzmanību jāpievērš vienreizējai kompensācijas par aizsargjoslu izvietošana un mežu zemes transformācijas izmaksām.

4. Izmantojamās elektroiekārta un materiāli

4.1. Transformatori

4.1.1. Eļļas izolācijas transformatoriem jāatbilst LVS EN 60076 standartu sērijas prasībām. Sausajiem transformatoriem jāatbilst LVS EN 60076-11 standartam.

4.1.2. Transformatori jāizvēlas ar tehniski-ekonomiski pamatotiem tukšgaitas un slodzes zudumiem, tiek rekomendēts lietot transformatorus ar tukšgaitas zudumiem vismaz C_0 un slodzes zudumiem vismaz B_k līmenī. Izmantojamās transformatora zudumu klases un trokšņu līmenis nosakāms atbilstoši standarta LVS EN 50464-1 prasībām.

4.1.3.1 kV elektrotīklā uzstādāmajiem transformatoriem jāatbilst Tabulā 4.1. norādītajiem parametriem.

Tabula 4.1.

Transformatoru jaudu nomināli un nozīmīgākie parametri¹

Transformatoru tinumu spriegums, kV	20/1/0.42	20/1	1/0.42	1/0.42 sausā tipa
Transformatoru jauda, kVA (iekavās norādīts jaudas sadalījums pa tinumiem)	63 (63/31.5/31.5) 100 (100/50/50) 160 (160/60/100) 160 (160/100/60)	30 50	16 30 50	16 30
Transformatoru slēguma grupas	Dyn11zn10 vai Dyn11zn11	Dyn11	Yzn11	Yzn11 vai Dyn11
Īsslēguma spriegums, % (trīstinumu transformatoram īsslēguma spriegums 20/1 kV un 20/0.42 kV tinuma pārim)	4,0±10%	4,0±10%	4,0±10%	4,0±10%

4.2. Kabeļi

4.2.1.1 kV elektrotīklā lietojami standartam LVS HD 603 atbilstoši zemsprieguma kabeļi un standartam LVS HD 626 S1 atbilstoši zemsprieguma piekarkabeļi.

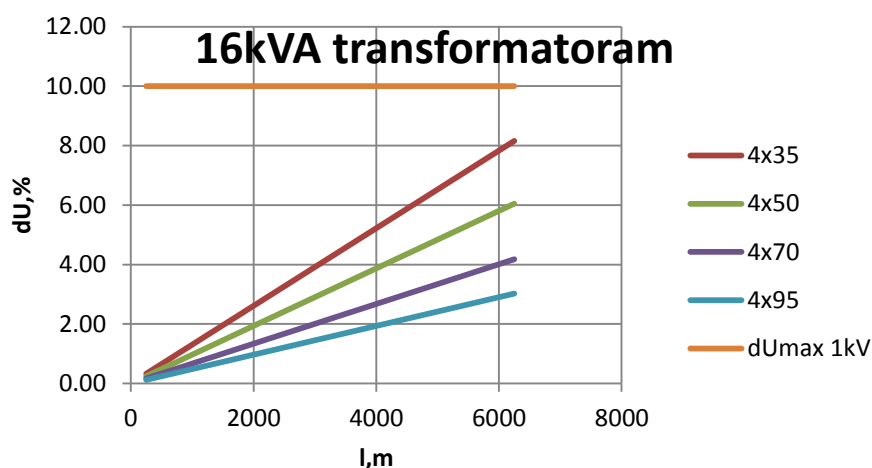
4.2.2. Tehniski ekonomisku apvērsumu dēļ 1 kV tīklā netiek rekomendēts izmantot kabeļus ar šķērsriezumu lielāku par $Al4 \times 70 \text{ mm}^2$.

4.2.3. Piemēri orientējošai elektrolīnijas šķērsriezuma izvēlei.

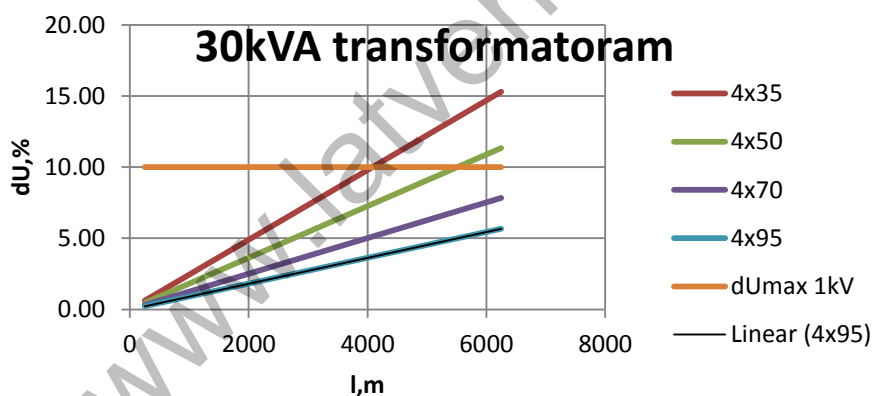
Tiek pieņemts, ka elektrolīnijas galā uzstādīts viens transformators un tas tiek slogots ar nominālo jaudu, $\cos \varphi = 0.929$.

Piezīme 1: Pieļaujamās atkāpes no tabulā norādītajiem parametriem nosakot to uzņēmuma vadošajos tehniskajos norādījumos.

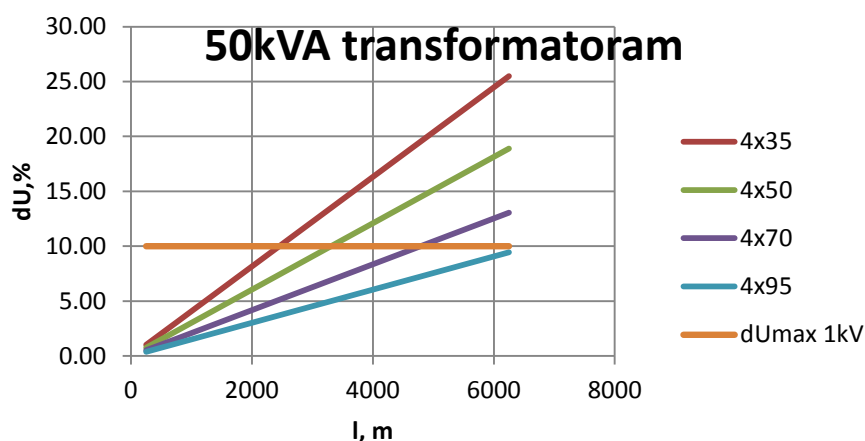
Piezīme 2: Ja radusies nepieciešamība izmantot lielāku šķērsriezumu, tad jāveic papildus izvērtēšanu par 1 kV elektrotīkla tehniski ekonomiski pamatotu izmantošanu



4.1. attēls. Sprieguma zudums elektrolīnijas dažādiem kabeļu šķērsgrīezumiem atkarībā no elektrolīnijas garuma, 1 kV līnijas galā uzstādot 16kVA transformatoru, kā ierobežojums sprieguma zudums $\Delta U=10\%$



4.2. attēls. Sprieguma zudums elektrolīnijas dažādiem kabeļu šķērsgrīezumiem atkarībā no elektrolīnijas garuma, 1 kV līnijas galā uzstādot 30 kVA transformatoru, kā ierobežojums sprieguma zudums $\Delta U=10\%$



4.3. attēls. Sprieguma zudums elektrolīnijas dažādiem kabeļu šķēsgriezumiem atkarībā no elektrolīnijas garuma, 1 kV līnijas galā uzstādot 50 kVA transformatoru, kā ierobežojums sprieguma zudums $\Delta U = 10\%$

4.3. Kompaktās transformatoru apakšstacijas

4.3.1. Kompaktajām transformatoru apakšstacijām (KTA) jāatbilst standarta LVS EN 62271-202 prasībām.

4.3.2. KTA izvēle atkarībā no uzstādāmā 1/0.42 kV transformatora:

4.3.2.1. eļļas transformatoriem ar jaudu līdz 50 kVA izmantojama AS „Jauda” ražotā KTA m-1214 vai līdzvērtīga cita ražotāja KTA.

4.3.2.2. sausā tipa transformatoriem ar jaudu līdz 30 kVA izmantojama AS „Jauda” ražotā Km-85 vai līdzvērtīga cita ražotāja KTA.

4.3.3. KTA 1 kV pievienojumam jābūt 1 kV līnijas tranzīta iespējai. 1 kV pievienojumam kabeļa maksimālais šķēsgriezums 150 mm².

4.3.4. KTA korpusiem jābūt izgatavotiem no cinkota tērauda. KTA pamatnei jābūt karsti cinkotai.

4.3.5. Kompakto transformatoru apakšstaciju uzstādīšana jāveic atbilstoši ražotāja norādījumiem.

4.4. Releju aizsardzība 1 kV elektrotīklam

4.4.1. 1 kV elektrotīkla aizsardzību jānodrošina ar unificētu releju aizsardzības komplektu, tam jāatbilst standarta LVS EN 61439 standartu sērijas prasībām.

4.4.2. Sadalnes korpusa detaļām jābūt izgatavotām no tērauda (biezums $\geq 1,5$ mm) ar UV noturīgu pārklājumu (klase C4, SFS EN-ISO 12944-2 vai līdzvērtīgs). Aizsardzības pakāpes klase āra uzstādīšanai (IP-54 vai augstāka).

4.4.3. 1 kV elektrotīkla aizsardzībai jāizmanto AS „Jauda” ražotais 1 kV RAS releju aizsardzības komplektsvai līdzvērtīgs cita ražotāja releju aizsardzības komplekts. Elektrotīklam ar diviem 1 kV fīderiem jāizmanto AS „Jauda” ražotais 1 kV RAS 2F releju aizsardzības komplektsvai līdzvērtīgs cita ražotāja releju aizsardzības komplekts. Norādījumus 1 kV releju aizsardzības iestatīšanai skatīt Pielikumā 1.

4.5. Pārsprieguma aizsardzība 1 kV elektrotīklam

4.5.1. Uzstādāmajiem izlādņiem jāatbilst standarta LVS EN 60099-4 prasībām.

4.5.2. Izlādņa maksimālais darba spriegums 1.25 kVrms, maksimālais ilgstošais darba spriegums 1.0 kVrms.

4.5.3. Jāizmanto ABB POLIM-C1.0N tipa vai līdzvērtīgi cita ražotāja izlādņi.

4.6. Komutācijas sadalnes 1 kV līnijas nozarojumos

4.6.1. 1 kV elektrolīnijas komutācija paredzēta tikai 1 kV līnijas sākumā ar 1 kV elektrotīkla releju aizsardzību (skat.p. 5.4.). Aizliegts 1 kV elektrolīnijas nozarojumos uzstādīt komutācijas sadalni ar drošinātājiem, tas var izsaukt neatbilstošu 1 kV releju aizsardzības darbību.

Pieļaujams uzstādīt 1 kV līnijas nozarojuma komutācijas sadalni ar svirslēdžiem, 1 kV līnijas komutācijai bez sprieguma. Svirslēdžiem un sadalnei jābūt paredzētai darbam ar 1 kV spriegumu.

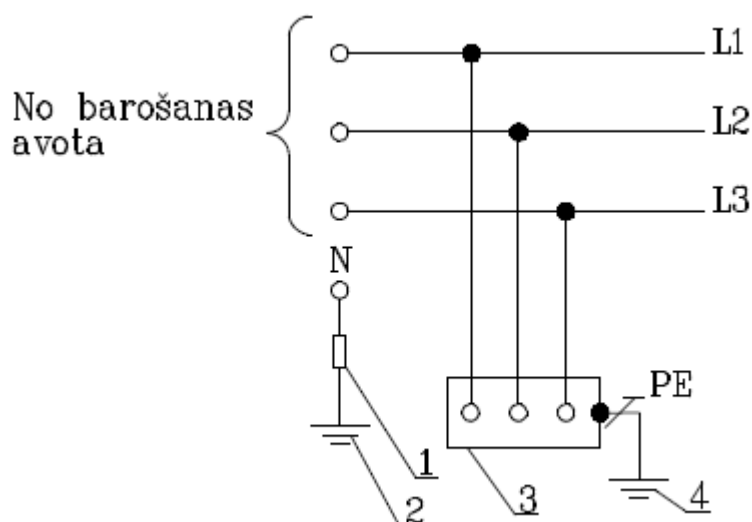
Piemēram, var tikt izmantota AS „Jauda” sadalne KN-1 vai līdzvērtīga cita ražotāja sadalne.

5. Zemēšanas pamatprincipi. Nosacījumi sprieguma krituma un īsslēguma strāvu aprēķiniem. Releju aizsardzība

5.1. Zemēšana

5.1.1. Elektroietaišu zemēšana 1 kV elektrotīklā jāveic atbilstoši LEK 048 prasībām.

5.1.2. 1 kV elektrotīklā jāizmanto IT elektrotīkla zemēšanas sistēma – sistēma, kurā barošanas avota neitrāle izolēta no zemes vai zemēta, pieslēdzot mērāparātus vai ierīces ar lielu pretestību, bet elektroietaisē atklātās strāvvadošās daļas zemētas (skat. 5.1. att.).



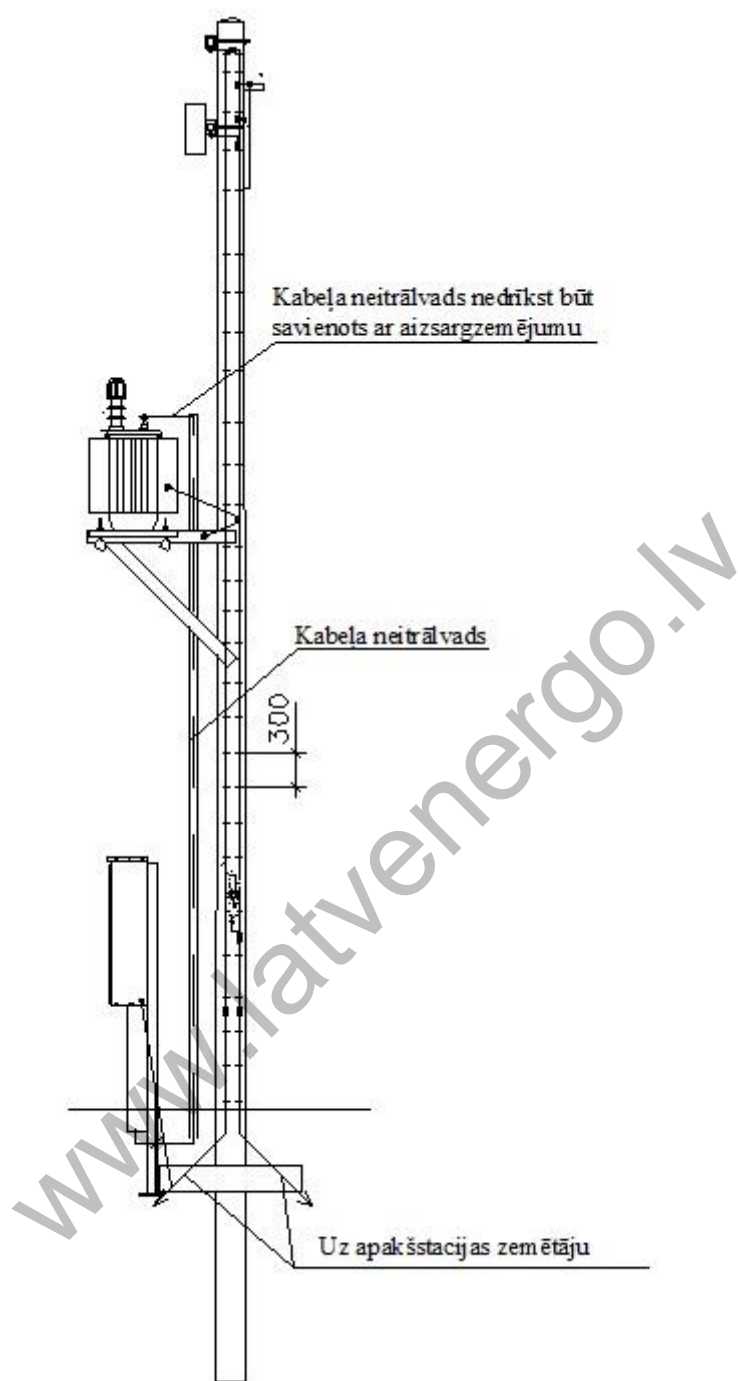
5.1. attēls. IT sistēma. Elektroietais atklātās strāvvadošās daļas zemētas.
Barošanas avota neitrāle izolēta no zemes vai zemēta ar lielu pretestību.
1–barošanas avota neitrāles zemēšanas pretestība (ja tāda ir); 2–zemējums;
3–atklātās strāvvadošās daļas; 4–elektroietais zemējums;

5.1.3. Masta apakšstaciju zemēšana, kā arī zemējuma materiālu izvēle jāveic saskaņā ar LEK 119 prasībām, izņemot 1 kV sprieguma līmeni, kur transformatora neitrāle ir izolēta, līdz ar to funkcionālzemējuma un aizsargzemējuma vadi nedrīkst būt savstarpēji savienoti (skat. 5.2. att.).

1/0.42 kV transformatora apakšstacijas zemējuma kontūra pretestību jāaprēķina ievērojot LEK 048 prasības, aprēķinam izmantojot 1 kV tīkla zemesslēguma strāvu.

Elektroietaisēs ar spriegumu līdz 1 kV, kuras barošanu saņem pa gaisvadu (kailvadu un piekarkabeļu) elektrolīnijām, atkārtotie zemējumi jāierīko atbilstoši standarta LEK 014 „0,4 kV gaisvadu elektrolīnijas. Galvenās tehniskās prasības” nosacījumiem.

Jāzemē vai jānūllē arī kabeļu metāla mehāniskā aizsardzība (metāla caurules un metāla aizsargi kabeļiem balstos).



5.2. attēls. 20/1 kV masta apakšstacijas zemējuma shēma

5.2. Nosacījumi īsslēguma strāvu aprēķinam 1 kV elektrotīkla projektēšanā

5.2.1. Izstrādājot projektu elektrotīklu rekonstrukcijai vai būvniecībai izmantojot 1 kV tehnoloģiju, projektā jābūt aprēķinātailielākajai īsslēguma strāvai 1 kV elektrotīklā (trīsfāzīgā īsslēguma strāva uz aizsardzības sadalnesizvadiem) un mazākajai īslēguma strāvai aizsargājamajā elektrotīkla posmā –vienfāzīgā īsslēguma strāva aiz 1/0.42 transformatora reducējot to uz 1 kV sprieguma līmeni.

Papildus Tehniskajā projektā jābūt aprēķinātām un uzrādītām sekojošām īsslēgumu strāvām:

- trīsfāzu strāva uz 1 kV aizsardzības sadalnesizvadiem;
- trīsfāzu un divfāzu īsslēguma strāva 1/0.42 kV transformatoru 1 kV pusē;
- trīsfāzu un vienfāzes īsslēguma strāva 1/0.42 kV transformatora 0.42 kV pusē reducēta uz 1 kV sprieguma līmeni;
- trīsfāzu, divfāzu un vienfāzes īsslēguma strāva 1/0.42 kV transformatoru 0.42 kV pusē pirms 0.4 kV tīkla aizsardzības.

Īsslēguma strāvu 1 kV tīklā aprēķina teorijas izklāstu skatīt Pielikumā 2.

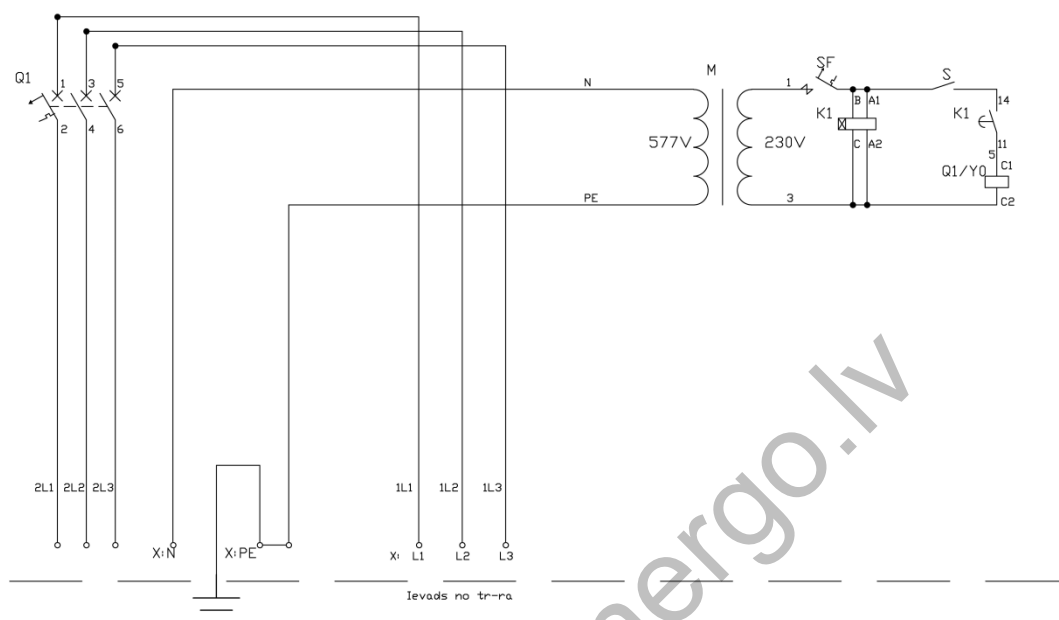
5.3. Nosacījumi sprieguma zuduma aprēķinam 1 kV elektrotīkla projektēšanā

Pieļaujamais sprieguma zudums 1 kV elektrotīklā līdz 10%.

5.4. 1 kV elektrotīkla releju aizsardzības shēmas

1 kV elektrotīkls strādā ar izolētu neitrāli (IT sistēma). Releju aizsardzība darbojas uz potenciālu starpības mērīšanas principa, mērot potenciālu starpību starp 1 kV nulles punktu (1 kV transformatora nulles izvadu) un zemi – neitrāles spriegumu (skat. aprakstu Pielikumā 1.).

5.4.1. 1 kV elektrotīkla aizsardzība ar vienu 1 kV fideri (1 kV RAS)

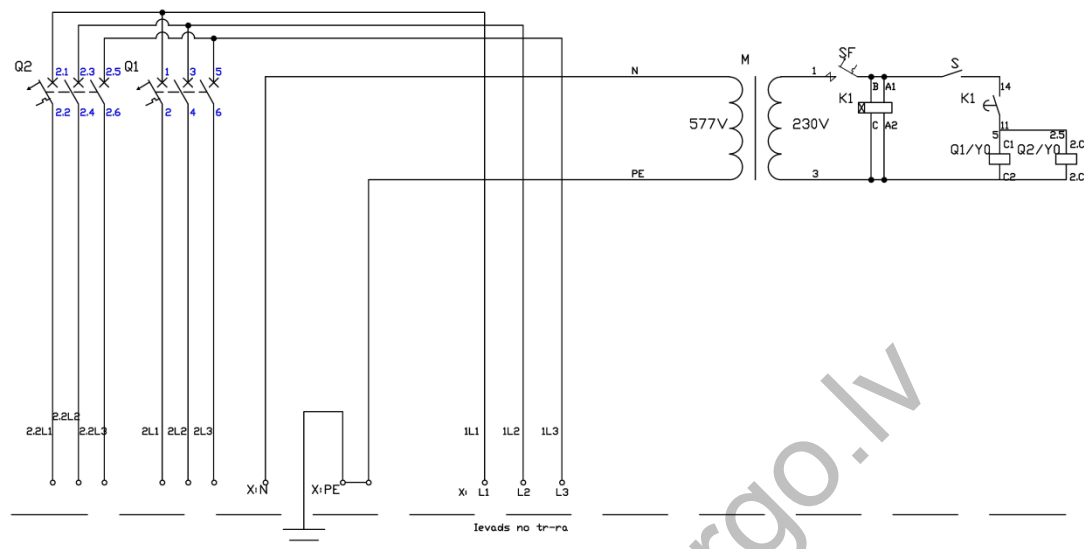


5.3. attēls. Releju aizsardzības shēma viena 1 kV fidera aizsardzībai

kur

- Q1- automātslēdzis 1 kV līnijas komutēšanai;
- Q1/Y0 - automātslēdža neatkarīgā atslēdze (spriegumam);
- M - spriegummainis;
- K1- sprieguma – laika relejs;
- S – slēdzis;
- SF - automātslēdzis vadības ķēdes komutēšanai;
- N – barošanas avota neitrāles izvads (skat. att. 5.1.).

5.4.2. 1 kV elektrotīkla aizsardzība ar diviem 1 kV fīderiem (1 kV RAS 2F)



5.4. attēls. Releju aizsardzības shēma divu 1 kVfideru aizsardzībai

kur

Q1 un Q2- automātslēdži 1 kV līnija komutēšanai;
Q1/Y0 un Q2/Y0 - automātslēdža neatkarīgā atslēdze (spriegumam);
M–spriegummainis;
K1 - sprieguma – laika relejs;
S– slēdzis;
SF - automātslēdzis vadības ķēdes komutēšanai;
N – barošanas avota neitrāles izvads (skat. att. 5.1.)

6. Materiālu uzskaitījums un konstrukciju grafiskie risinājumi - 20/1 kV, 20/1/0.42 kV, 1/0.42 kV transformatoru apakšstacijām

6.1. Galvenās tehniskās prasības

Ja 1/0.42 kV transformatoru apakšstacijai pienāk kabeļu elektrolīnija, tad 1/0.42 kV transformatoru apakšstacija izpildāma kompaktās transformatoru apakšstacijas izpildījumā:

- Ja apakšstacijā uzstādāmā transformatora jauda līdz 30 kV, tad izpildījums pamatā ar sauso transformatoru, ekonomiski pamatotos gadījumos atļauts izmantot eļļas transformatorus.
- Ja apakšstacijā uzstādāmā transformatora jauda 50 kVA, tad izpildījums ar eļļas transformatoru.

Ja 1/0.42 kV transformatoru apakšstacijai pienāk piekarkabeļu elektrolīnija, tad 1/0.42 kV transformatoru apakšstacija izpildāma masta tipa transformatoru apakšstacijas izpildījumā ar eļļas transformatoru.

20/1 kV un 20/1/0.4 kV masta apakšstacijām 1 kV izvadi veidojami kabeļu izpildījumā. Ja 1 kV līnija tiek izbūvēta piekarkabeļa izpildījumā posms no 1 kV releju aizsardzības sadalnes uz tuvāko balstu izpildāms ar kabeļu līniju.

6.2. Lietošana

Apakšstacijas paredzētas pieslēgšanai 1 kV kabeļu un piekarkabeļu līnijām.

6.3. Konstrukcija

6.3.1. Elektrolīniju koka balstu statņi izgatavojami no impregnētiem priedes koka stabiem, kuriem jāatbilst kārtības „0,4 kV un 20 kV elektropārvades līniju koka balstu ražošana” prasībām (2011. gadā spēkā esoša kārtība: SAD_KP132).

6.3.2. Konstrukcijas stabilitātes nodrošināšanai var lietot atgāžņus vai tērauda atsaites ar dzelzsbetona enkuriem.

6.3.3. Konstrukcijās var izmantot metāla elementus. Konstrukcijas metāliskajām detaļām jābūt ar antikorozijas pārklājumu (karsti cinkotām).

6.3.4. 1/0,4 kV transformatora atslēgšana un ieslēgšana no augstākāsprieguma puses paredzēta tikai 1 kV līnijas sākumā.

6.3.5. Apakšstacijas konstrukcijas mehāniskajā aprēķinā jāņem vērā slodzes, ko rada elektrolīnijas, transformatora iekārtu un elektromontieru svars, kā arī citas iespējamās mehāniskās slodzes.

6.4. Pārsprieguma aizsardzība

6.4.1. Pārsprieguma aizsardzība 1 kV tīklā jāuzstāda piekarkabeļa līnijas sākumā un beigās. Kabeļu tīklā pārsprieguma aizsardzība nav jāuzstāda.

6.4.2. Apakšstacijas pārsprieguma aizsardzība izpildāma saskaņā ar LEK 042-1 un LEK 042-2 un attiecīgām spēkā esošām normām un noteikumiem, ievērojot sekojošo:

- izlādņa nominālajam spriegumam augstākā sprieguma pusē jābūt 1,2 reizes lielākam par elektrotīkla nominālo spriegumu;
- 0,4 kV pusē izlādņi uzstādāmi, ja zemsprieguma līnija(s) izbūvēta(s) ar kailvadiem.

6.4.3. Masta apakšstacijām ar sprieguma līmeņiem 20/1/0,4kV un 20/1 kV izlādņus var neuzstādīt uz transformatora 1 kV izvadiem, ja no 1 kV releju aizsardzības sadalnes (RAS) ir paredzēts kabeļu izvads uz piekarkabeļu līniju, kur pirmajā balstā tiek uzstādīti izlādņi, kā arī 1 kV kabeļu līnijas garums līdz piekarkabeļu līnijas pirmajam balstam nepārsniedz 60 m.

6.5. Zemsprieguma iekārta

6.5.1. Apakšstacijas 0,4 kV pusē uzstādāmi no zemes ar izolētu stieni darbināmi drošinātājslēdži vai zemsprieguma sadalne.

6.5.2. 0,4 kV sadalnei jābūt noslēdzamai, un tās izpildījumam jāatbilst aizsardzības klasei IP 43 saskaņā ar standarta LVS EN 60529 prasībām.

6.5.3. 0,4 kV pievadi no transformatora izvadiem līdz drošinātājslēdzim vai sadalnei izpildāmi ar izolētiem vadiem vai kabeļiem, kuru šķērsgriezumam jāatbilst uzstādāmā transformatora jaudai, ievērojot pieļaujamo transformatora pārslodzi.

6.5.4. Kabeļu un vadu stiprināšanai pie balsta lietojamas distantskavas. Kabeļi un vadi līdz 2 m augstumam ievietojami metāliskās vai nedegošās plastmasas caurulēs vai kārbās.

6.5.5. 1/0,4 kV masta apakšstacijām galvenās sadalnes funkciju var pildīt arī uzskaites sadalne, ja trīsfāzu īsslēguma strāva nepārsniedz ievada aizsardzības aparāta pieļaujamo elektrodinamiskās noturības lielumu un gadījumos, ja tas ir tehniski-ekonomiski pamatots.

6.5.6. Masta apakšstacijām 0,4 kV izvadi izveidojami un materiālu izvēle veicama saskaņā ar LEK 119 prasībām

6.6. Marķēšana

6.6.1. Uz apakšstacijas katra balsta statņa (statņiem) 2,5 m augstumā no zemesredzamā vietā nostiprināma brīdinājuma zīme “Bīstami elektrība” un personālam labi saskatāmā vietā apakšstacijas operatīvais apzīmējums.

6.6.2. Personāla brīdināšanai uz apakšstacijas balsta statņiem 1 m attālumā no augstākā spriegumastrāvvadošajām daļām, kas ir zem sprieguma, atdalītāja vai drošinātāja atslēgtā stāvoklī un 1 m zem transformatora augstākā sprieguma izvadu strāvvadošajām daļām, uzkrāsojamas vai nostiprināmas dzeltenas joslas, kas norāda robežu, līdz kurai apkalpojošais personāls var tuvojies strāvvadošajām daļām.

Joslām jābūt 20 mm platām un izvietotām ap apakšstacijas balsta statņiem un izveidotām ar krāsu, krāslenti, līmlenti vai citādi. Joslām jābūt noturīgām pret atmosfēras iedarbību.

6.6.3. Ja apakšstacijā uzstādīti drošinātājslēdži, tad katram drošinātājslēdzim jābūt no zemes redzamam marķējumam, kas norāda katras aizejošās līnijas numuru un līnijas drošinātāju kustošo ieliktnu strāvu. Marķējumam jābūt arī uz visām aizejošajām līnijām.

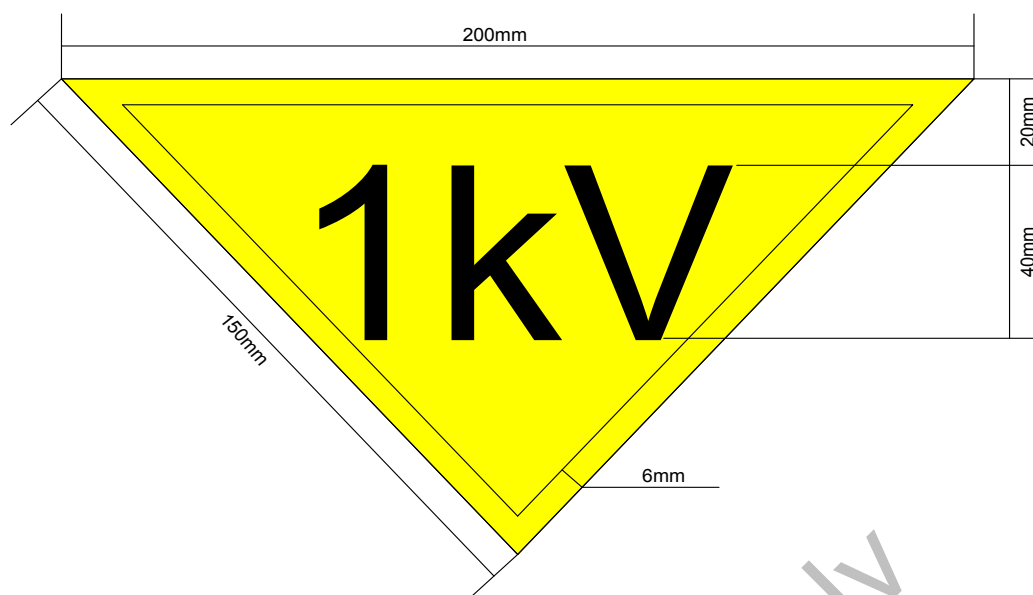
6.6.4. Ja apakšstacijā uzstādīts zemsprieguma sadalnes skapis, jābūt marķētām (apzīmētām) aizejošajām līnijām, norādot līnijas numuru, kā arī drošinātāju kustošo ieliktnu strāvas.

6.6.5. Ņemot vērā, ka 1 kV elektrolīnijās tiek izmantoti identiski materiāli ar 0,4 kV līnijās izmantotajiem, personāla brīdināšanai 1 kV elektrolīnijās sekojošās vietās jāuzstāda 6.1. attēlā parādīto speciālo apzīmējumu:

- 1 kV elektrotīkla GVL no galvenās (maģistrālās) līnijas atzarojošās nozares sākumā;
- Ja uz vieniem un tiem pašiem balstiem uzstādītas 0,4 kV un 1 kV līnijas (ķēdes), tad uz 1 kV līnijas vietās, kur pienāk, nozarojas, kāda no līnijām.

Apzīmējumam jābūt izgatavotam no atmosfēras ietekmi izturīga materiāla.

Ar uzņēmumā vadošiem tehniskajiem norādījumiem var tikt noteikts izmantot papildus speciālos apzīmējumus.



6.1. attēls. 1 kV elektrolīniju speciālais apzīmējums

6.7. Masta apakšstaciju konstrukciju gabarīti

Tabula 6.1.

Masta apakšstaciju konstrukciju gabarīti

Mērījuma punkti	Attālums, m
No zemes līdz transformatora 1 kV strāvvadošajām daļām	minimālais 4,5
No zemes līdz 1 kV un 0,4 kV līniju izvadiem	minimālais 4,0
Starp 1 kV un 0,4 kV strāvvadošajām daļām	minimālais 0,5
No zemes līdz drošinātājslēdzim	3,5
No zemes līdz zemsprieguma sadales skapim	1,0
No apakšstacijas līdz tuvākajai ēkai minimālais	5,0

6.8. 1/0,4 kV mastu apakšstacijas

6.8.1. Tehniskais apraksts

6.8.1.1. Šajā energostandartā ietvertas 1/0,4 kV mastu apakšstaciju (turpmāk tekstā – “apakšstaciju”) konstrukcijas spēka transformatoriem ar jaudu līdz 50 kVA.

Apakšstaciju iekārtas novietotas vienstatņa koka balstos.

Apakšstacijas var būt veidotas gan uz 1 kV līniju starpbalstiem (starpbalsta apakšstacija), gan uz gala balstiem (gala balsta apakšstacija).

Masta apakšstacijas var uzstādīt kā ciemos u.c. blīvi apdzīvotās vietās, tā arī lauku apvidos II–V vēja un I–III apledošanas rajonos un pieslēgt 1 kV piekarkabeļlīnijām. 1 kV piekarkabeļu līnijas normatīvais stiepes spēks nedrīkst pārsniegt 4,5 kN. Vēja un apledošanas slodžu vērtības pieņemtas atkārtotās biežumam vienu reizi 10 gados.

6.8.1.2. Energostandartā pieņemti šādi apakšstaciju marku apzīmējumi:

1.	2.	3.	4.	5.	6.
TA	1/0,4	· 50	–		

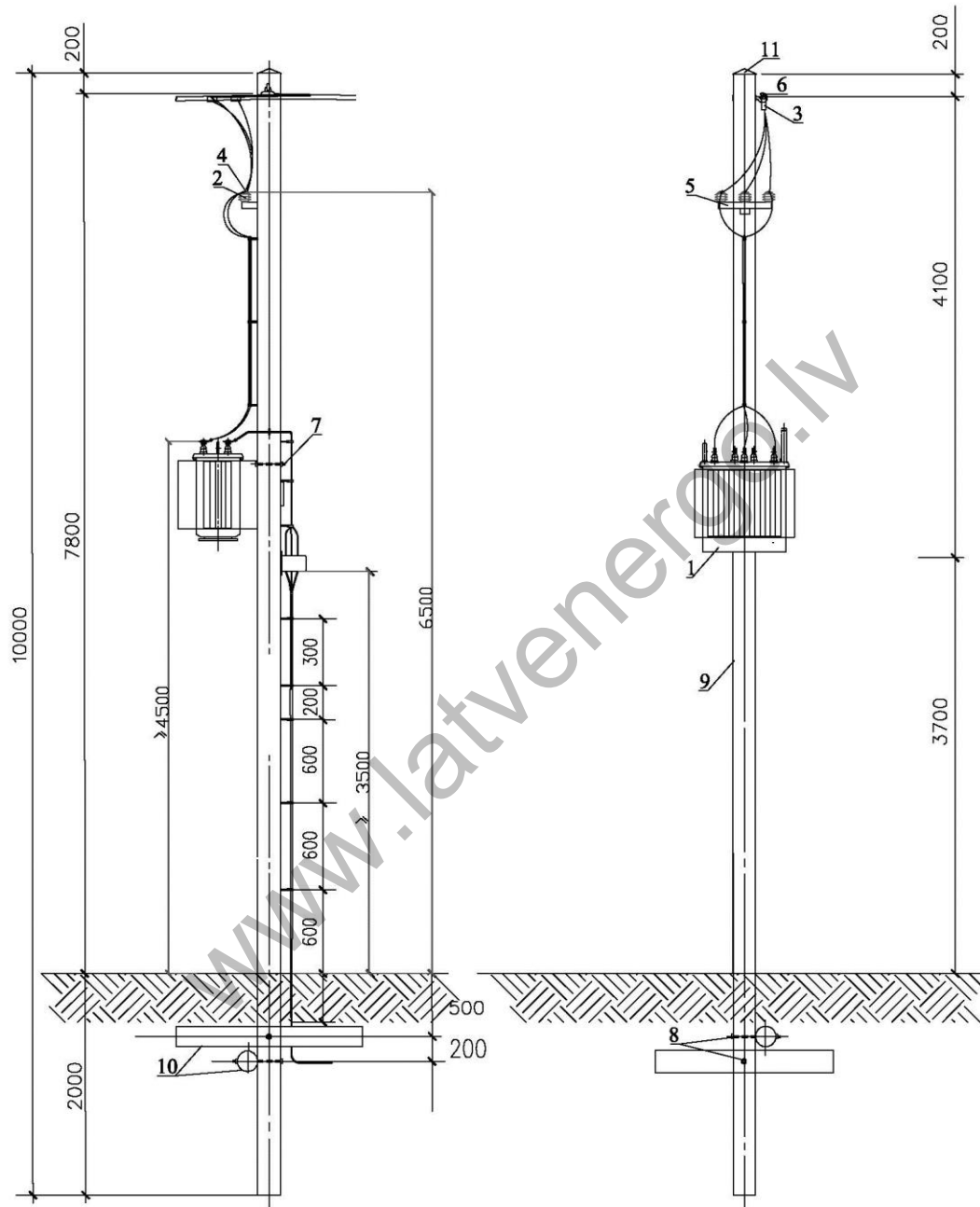
kur

1. TA – transformatoru apakšstacija;
2. 1/0,4 – transformatora augstākais un zemākais spriegums, kV;
3. uzstādāmā transformatora maksimālā jauda: līdz 50 kVA ieskaitot;
4. balsta konstrukcija: V – vienstatņa balsts;
5. balsta tips: S – starpbalsts, Ga – gala balsts ar atsaitēm, Gs gala balsts ar atgāzni;
6. rezerves apzīmējums, kas var tikt izmantots balsta augstuma norādīšanai.

Apakšstacijas apzīmējuma piemērs:

TA 1/0,4.50V–Ga nozīmē 1/0,4 kV vienstatņa galabalsta ar atsaitēm masta apakšstacijā transformatoriem ar jaudu līdz 50 kVA ieskaitot.

6.8.2. 1/0,4 kVmasta apakšstacija vienstatņustarpbalstā - TA 1/0,4.50V-S



6.2. attēls. 1/0,4 kV masta apakšstacija vienstatņustarpbalstā - TA 1/0,4.50V-S

6.8.2.1. Konstruktijas materiālu specifikācija¹

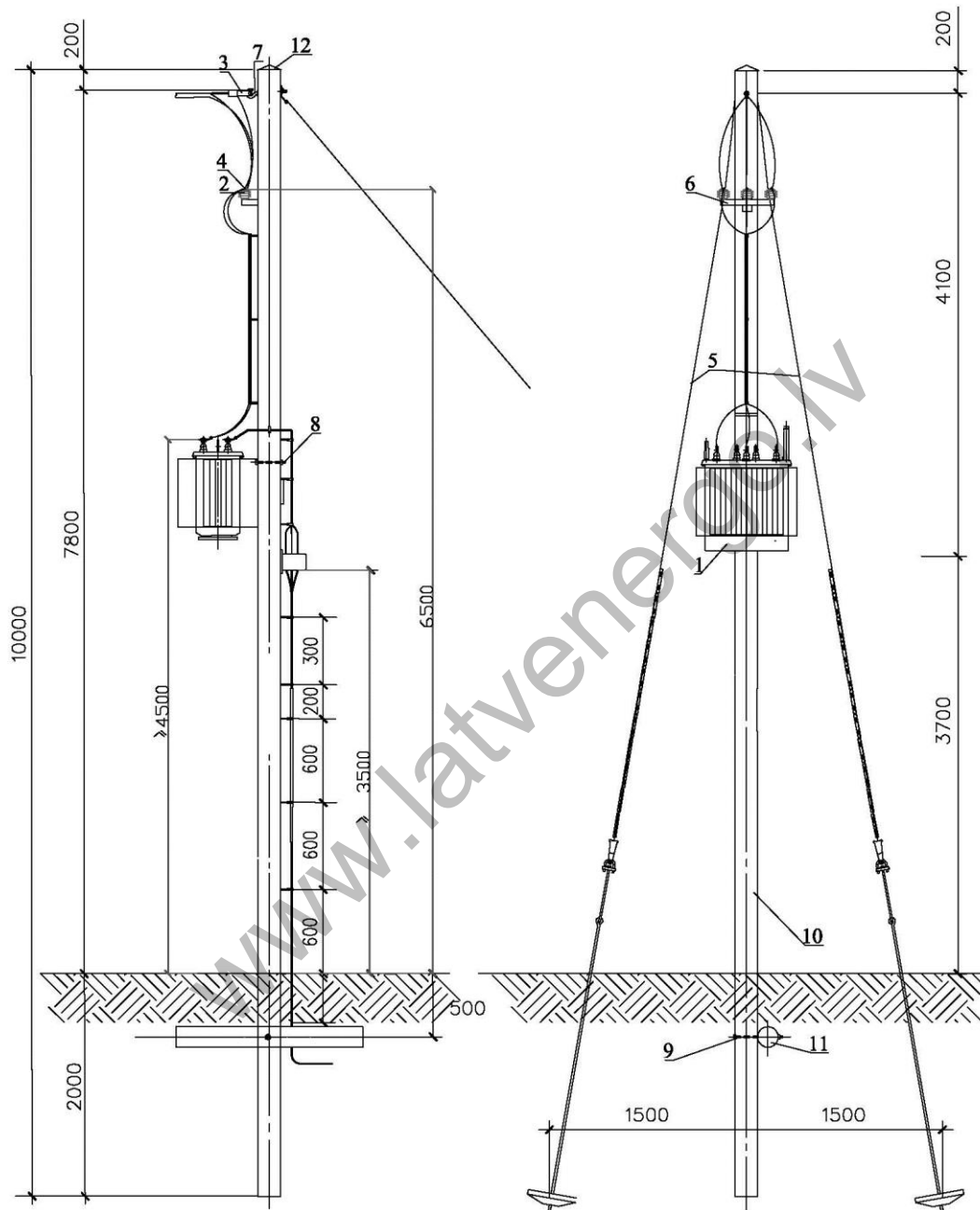
Tabula 6.2.

Konstruktijas materiālu specifikācija

Pozīcija	Materiāla nosaukums	Mērvienība	Daudzums	Piezīmes
1	Spēka transformators 1/0,42kV spriegumam	gab.	1	
2	Izlādņi POLIM-C1.3N	gab.	3	ABB
3	Enkurspaile SO 214	gab.	1	ENSTO
4	Kabeļkurpe	gab.	6	
5	Izlādņukronšteins IK 04	gab.	1	Jauda
6	Āķis AK-8	kompl.	1	Jauda
7	Transformatora stiprināšanas bultskrūve M20x300	gab.	3	
8	Bultskrūve M20x550	gab.	2	
9	Elektrolīniju koka stabs, 5. klase(dmin=220mm) L=10000	gab.	1	
10	Koka rīgelis	gab.	2	
11	Balstu cepurīte D=240	gab.	1	

Piezīme 1: Norādītie materiāli var tikt aizstāti ar līdzvērtīgiem.

6.8.3. Masta apakšstacija vienstatņu galabalstā ar atsaitēm - TA 1/0,4.50V-Ga



6.3. attēls. Masta apakšstacija vienstatņu gala balstā ar atsaitēm - TA 1/0,4.50 V-Ga

6.8.3.1. Konstruktijas materiālu specifikācija¹

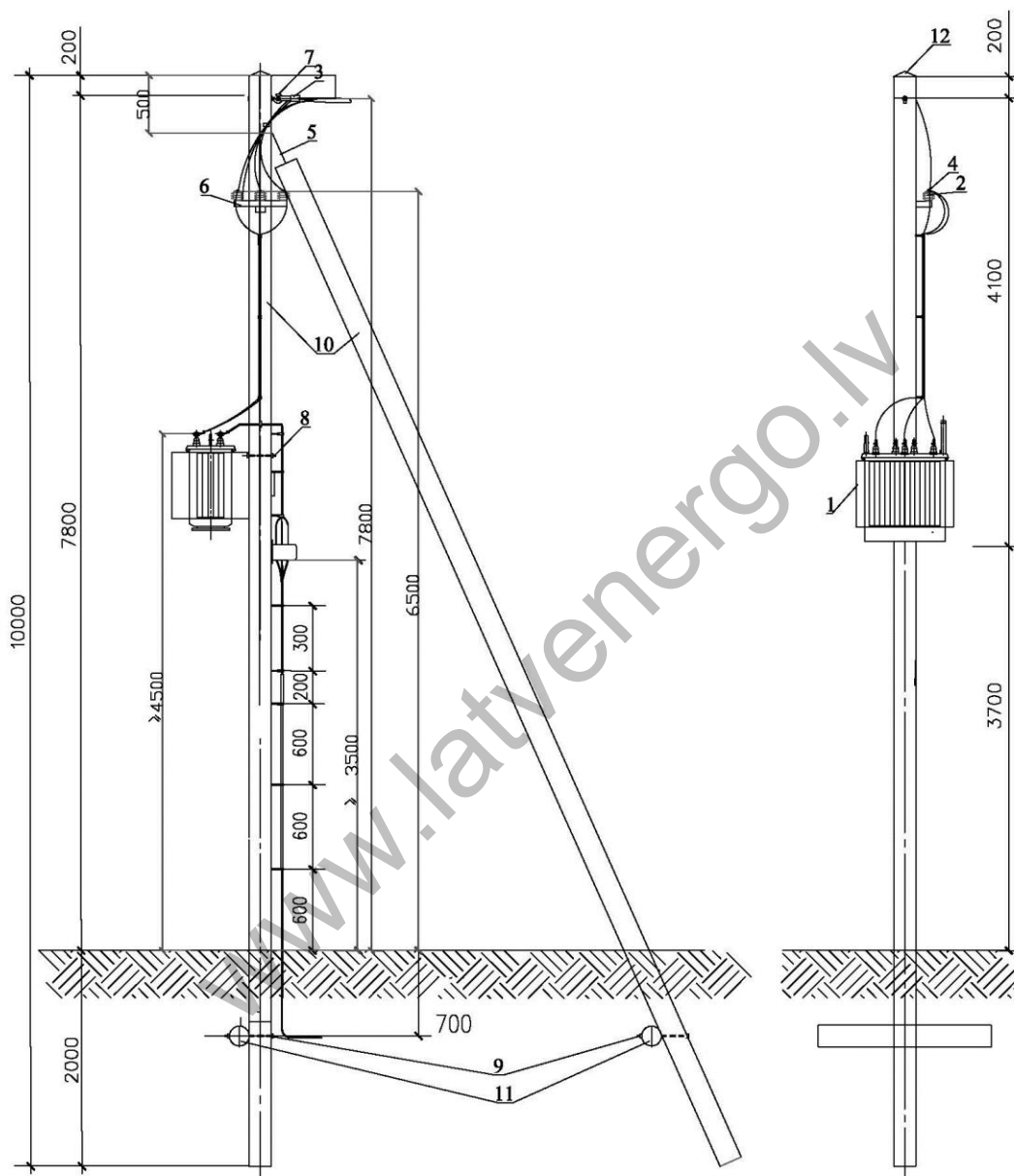
Tabula 6.3.

Konstruktijas materiālu specifikācija

Pozīcija	Materiāla nosaukums	Mērvienība	Daudzums	Piezīmes
1	Spēka transformators 1/0,42kV spriegumam	gab.	1	
2	Izlādnis POLIM-C1.3N	gab.	3	ABB
3	Enkurspaile SO 141	gab.	1	ENSTO
4	Kabeļkurpe	gab.	6	
5	Apakšstacijas atsaite	kompl.	1	LEK119
6	Izlādņukronšteins IK 04	gab.	1	Jauda
7	Āķis AK-5	kompl.	1	Jauda
8	Transformatora stiprināšanas bultskrūve M20x300	gab.	3	
9	Bultskrūve M20x550	gab.	1	
10	Elektrolīniju koka stabs, 5. klase(dmin=220mm) L=10000	gab.	1	
11	Koka rīgelis	gab.	1	
12	Balstu cepurīte D=240	gab.	1	

Piezīme1: Norādītie materiāli var tikt aizstāti ar līdzvērtīgiem.

6.8.4. Masta apakšstacija vienstatņu galabalstā ar atgāzni - TA 1/0,4.50V-Gs



6.4. attēls. Masta apakšstacija vienstatņu gala balstā ar atgāzni - TA 1/0,4.50V-Gs

6.8.4.1. Konstruktijas materiālu specifikācija¹

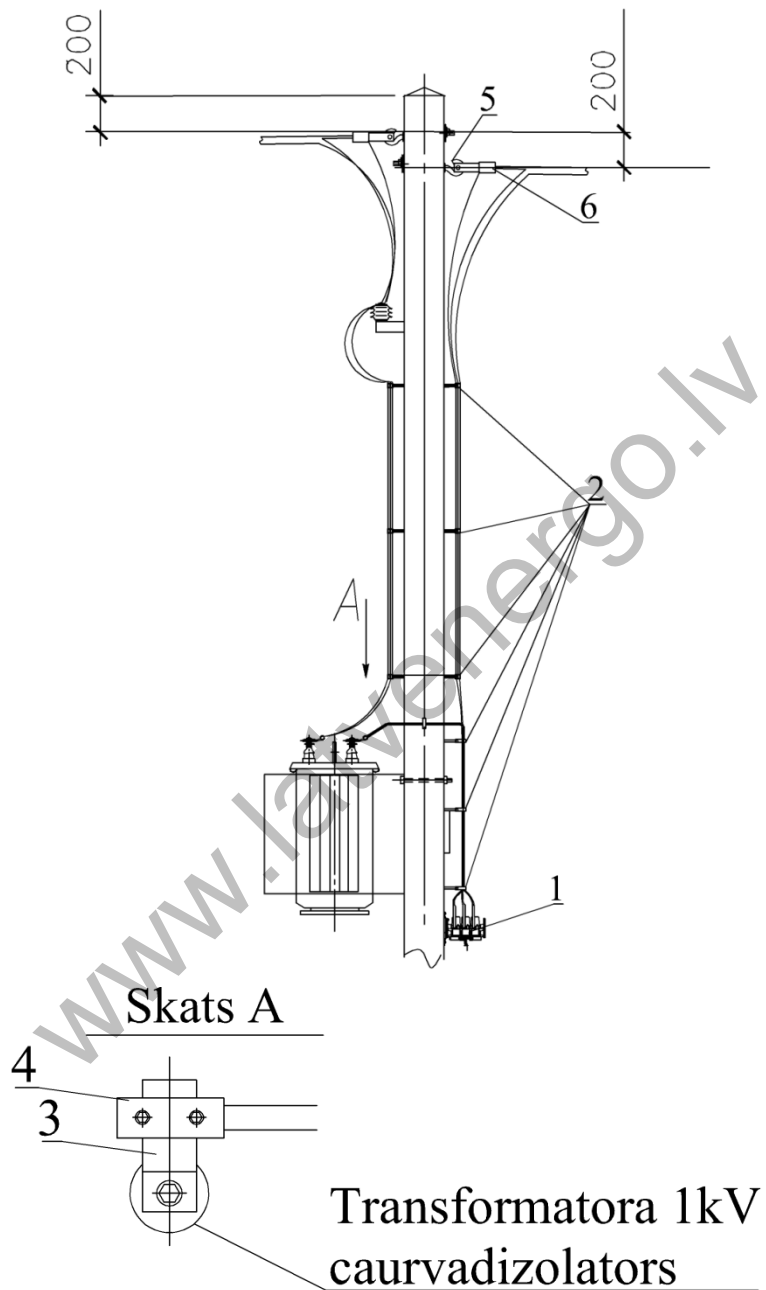
Tabula 6.4.

Konstruktijas materiālu specifikācija

Pozīcija	Materiāla nosaukums	Mērvienība	Daudzums	Piezīmes
1	Spēka transformators 1/0,42kV spriegumam	gab.	1	
2	Izlādņi POLIM-C1.3N	gab.	3	ABB
3	Enkurspaile SO 141	gab.	1	ENSTO
4	Kabeļkurpe	gab.	6	
5	Atgāžņa stiprināšanas mezgls AM 20	gab.	1	Jauda
6	Izlādņukronšteins IK 04	gab.	1	Jauda
7	Āķis AK-5	kompl.	1	Jauda
8	Transformatora stiprināšanas bultskrūve M20x300	gab.	3	
9	Bultskrūve M20x550	gab.	2	
10	Elektrolīniju koka stabs, 5. klase(dmin=220mm) L=10000	gab.	2	
11	Koka rīģelis	gab.	2	
12	Balstu cepurīte D=240	gab.	1	

Piezīme1: Norādītie materiāli var tikt aizstāti ar līdzvērtīgiem.

6.8.5. Masta apakšstacijas 1/0,4 kV piemērsar pienākošo un aizejošo piekarkabeļa (AMKA) līniju



6.5. attēls. Masta apakšstacijas 1/0,4 kV piemērs ar pienākošo un aizejošo piekarkabeļa (AMKA) līniju

6.8.5.1. Konstruktijas materiālu specifikācija¹

Tabula 6.5.

Konstruktijas materiālu specifikācija

Pozīcija	Materiāla nosaukums	Mērvienība	Daudzums	Piezīmes
1	Blokslēdzis SZ51	gab.	1	ENSTO
2	Kabeļu skava SO 71	gab.	6	ENSTO
3	Kopne PSS 10	gab.	4	ENSTO
4	Kopņu spaile KG43	gab.	4	ENSTO
5	Āķis AK-5	kompl.	1	Jauda
6	Enkurspaile SO 141	gab.	1	ENSTO

Piezīme1: Norādītie materiāli var tikt aizstāti ar līdzvērtīgiem.

6.9. 20/1/0,4kV un 20/1 kV apakšstaciju konstrukcijas un to elementi

6.9.1. Šajā nodaļā ietvertas 20/1/0,4 kV un 20/1 masta apakšstaciju konstrukcijas. Apakšstaciju iekārtas novieto divos vertikālos koka statņos (portālbastos), izmantojot metāla traversas un kronšteinus, ja apakšstacijās uzstādāmi trīsfāžu 20/1/0,4 kV un 20/1 kV spēka transformatori ar jaudu līdz 160 kVA, kuru masa nepārsniedz 2000kg. Maksimāli pieļaujamie transformatora gabarīti:

- garums 1500 mm;
- platums 940 mm;
- augstums 1960 mm.

Apakšstacijās var uzstādīt arī mazākas jaudas transformatorus, nodrošinot 4500 mm attālumu no zemes līdz transformatora 20 kV strāvvadošām daļām.

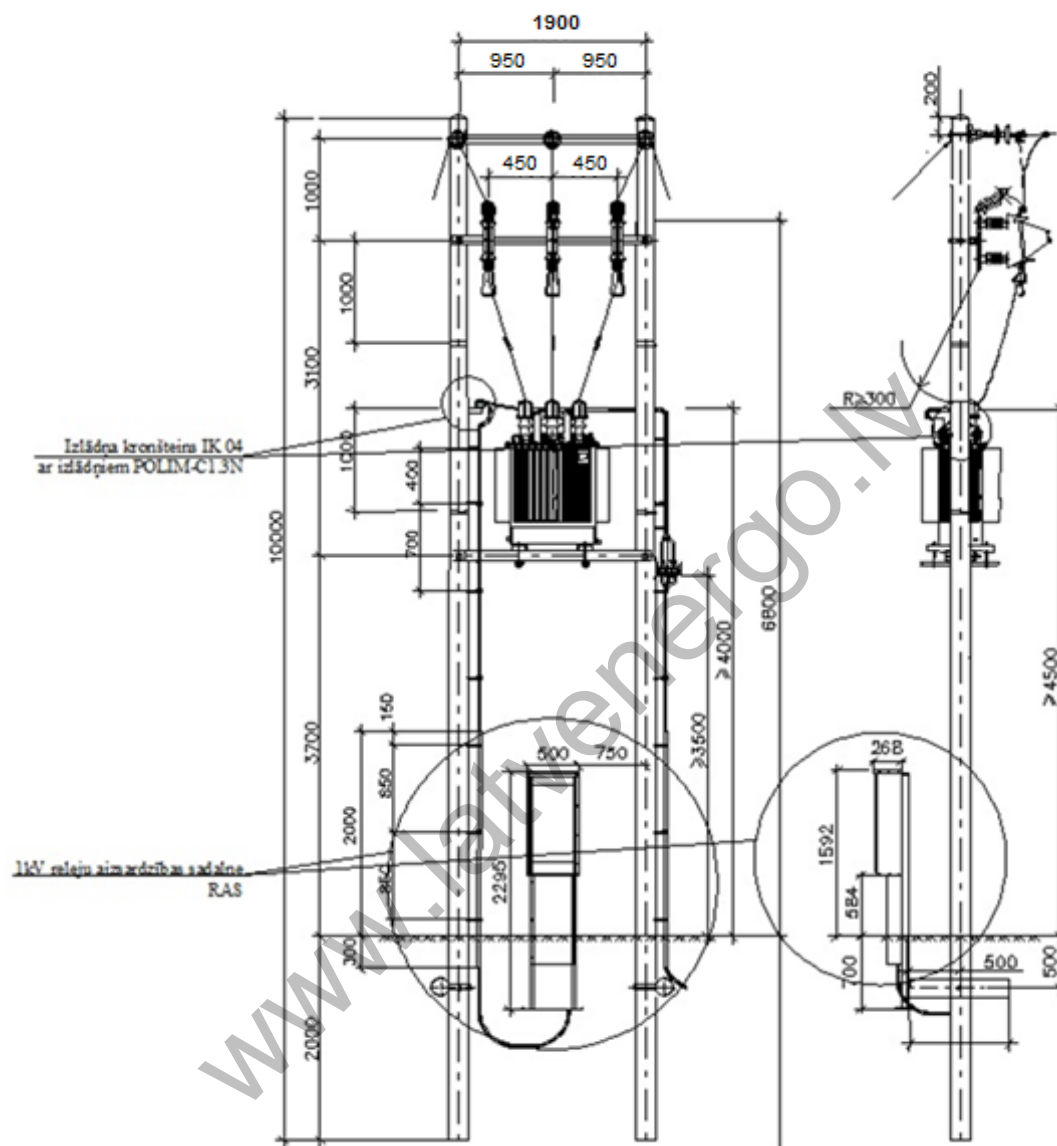
Apakšstaciju iekārtas novieto vienstatņu balstā, ja apakšstacijās uzstādāmi trīsfāžu 20/1/0,4 kV un 20/1 kV spēka transformatori ar jaudu līdz 100 kVA, kuru masa nepārsniedz 860kg.

Maksimālais transformatora augstums 1560mm.

6.9.2. Apakšstaciju pamata konstrukcijas un uzstādāmās 20 un 0,4 kV iekārtas skatīt LEK 119 „20/0,4 kV masta apakšstacijas”. Uzstādāmās 1 kV iekārtas norādītas 6.6. un 6.7. att..

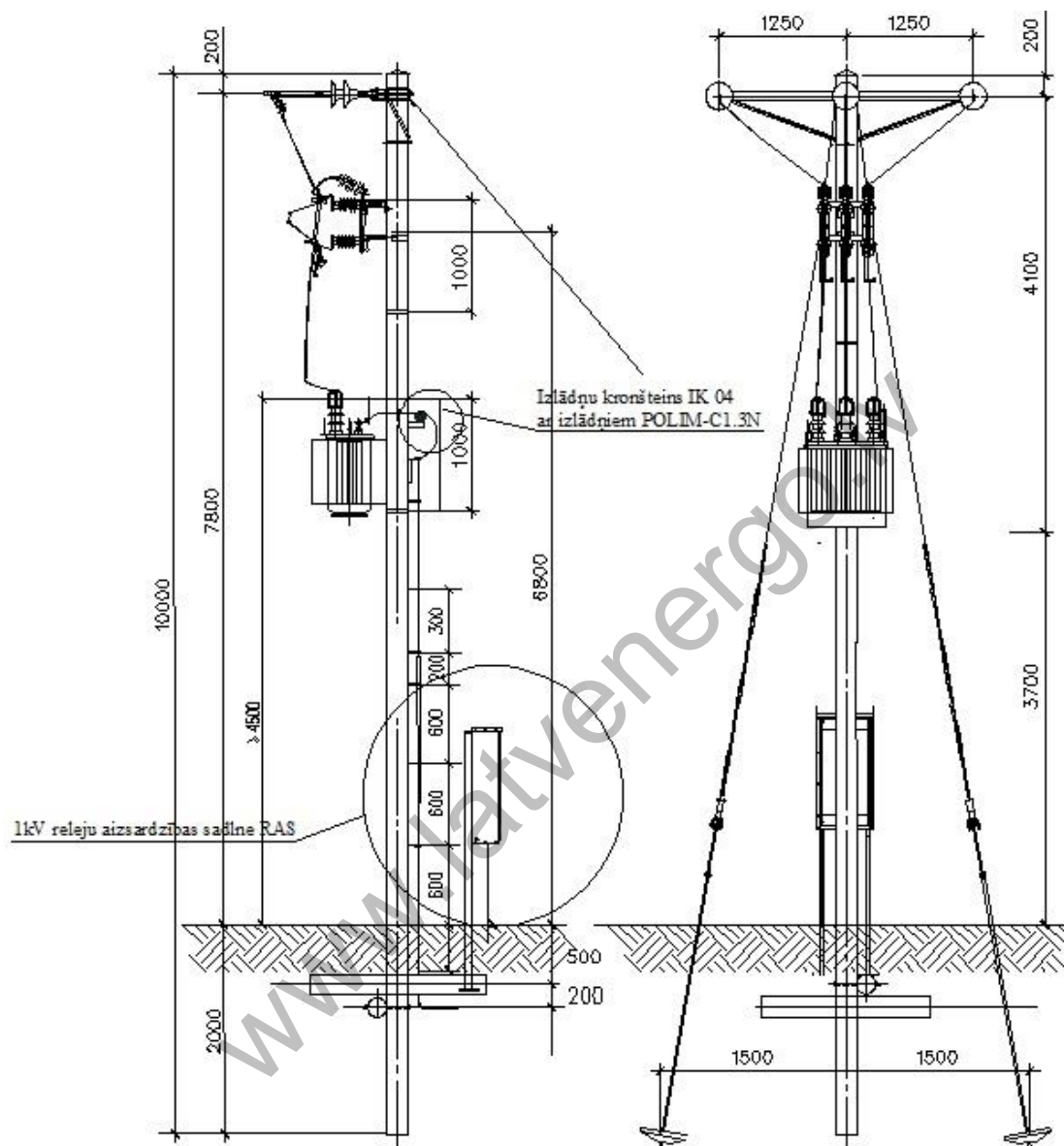
6.9.3. Apakšstaciju marku apzīmējumus veido analogiski kā LEK 119 „20/0,4 kV masta apakšstacijas”, tikai pie sprieguma līmeņiem jānorāda attiecīgi 20/1/0,4 kV vai 20/1 kV (skat. p. 6.8.1.2.).

6.9.4. Piemērs 20/1/0,4 kV masta apakšstacijai



6.6. attēls - TA 20/1/0,4.160P-GDAS

6.9.5. Piemērs 20/1 kV masta apakšstacijai



6.7. attēls - TA 20/1.50V-GDA

Pielikums 1**1 kV releju aizsardzības iestatīšana****1. Pārslodzes strāvas aizsardzības (L) iestatīšana**

Pārslodzes aizsardzībai minimālā iestatāmā vērtība 40A, minimālā nostrādes strāva 44A (skat. P1.1. att.)

Pārslodzes aizsardzību 20/1/0.42 kV un 20/1 kV transformatoriem, jānodrošina saskaņojot uzstādāmo 20/1/0.42 kV, 20/1 kV un 1/0.42 kV transformatoru jaudas. Saskaņojot jaudas jāņem vērā vienlaicības koeficientus (Piemēram 20/1/0.42 kV 160 kVA (160/60/100) transformatora 1 kV tinumam pieslēdzami 1/0.42 kV transformatori šādās kombinācijās 2x30 kVA, 50 kVA+16kVA, 2x16kVA+30 kVA).

2. Īsslēguma strāvas aizsardzības (S vai I) iestatīšana

1 kV RAS uzstādītajam automātslēdzim (ABB Tmax T4V 250/100 PR221DS-LS/I) ir divu veidu īsslēguma strāvas aizsardzības ar laika aizkavējumu (S) un bez laika aizkavējuma (I).

Īsslēguma aizsardzībai (S un I) minimālā iestatāmā vērtība 100A, minimālā nostrādes strāva robežās no 90 līdz 110A (skat. P1.1.att.).

3. Sprieguma, laika releja (K1) iestatīšana

Spriegummainis shēmā jāpievieno tā, ka tas mēra spriegumu starp 1 kV nulles punktu (1 kV transformatora nulles izvadu) un zemi – neitrāles spriegumu (skat. normatīva p. 5.4.). Metāliska zemesslēguma gadījumā transformatora neitrāles spriegums pieaug līdz fāzes sprieguma vērtībai, bet notiekot nemetāliskam zemesslēgumam neitrāles sprieguma vērtība sasniedz 40% no metāliska zemesslēguma neitrāles sprieguma vērtības. Ņemot vērā augstāk minēto aprēķinam minimālo neitrāles sprieguma vērtību nemetāliska zemesslēguma gadījumā:

$$U_0 = 577 * 40\% = 231V \text{ (P1.1.)}$$

Nemot vērā spriegummaiņa transformācijas koeficientu $k_{TR.SP.} = 2,5$ varam aprēķināt spriegumu spriegummaiņa sekundārajā pusē nemetāliska zemesslēguma gadījumā:

$$U_2 = \frac{U_1}{k_{TR.SP.}} = \frac{231}{2,5} = 92,4V \text{ (P1.2.)}$$

Sprieguma relejs jāiestata ar nostrādi $\geq 92V$ ar laika aizkavējumu 1s.

PR221DS - Aizsardzības funkcijas un iestatījumi

Aizsardzības funkcijas ⁽¹⁾	Nostrādes iestatījumi	Nostrādes raksturliķnes	Iespējama atslēgšana	Raksturliķne $t=f(I)$
 L Pārslodzes aizsardzība ar inversatkarīgu ilgstošas laukiztures raksturliķni un inversatkarīgu laukiztures raksturliķni ($I^2t=k$) atbilstoši standartam IEC 60947-2	$I_1 = 0.40 - 1 \times I_n$ solis = $0.04 \times I_n$ Nostrāde starp $1.1 \dots 1.30 \times I_1$ (T4,T5,T6) Nostrāde starp $1.05 \dots 1.30 \times I_1$ (T2)	pie $6 \times I_1$ $t_1 = 3-6$ (tikai T2) - $12s$ (tikai T4,T5,T6) Precizitāte: $\pm 10\%$ līdz $6 \times I_n$ (T4,T5,T6) $\pm 10\%$ līdz $2 \times I_n$ (T2) $\pm 20\%$ virs $6 \times I_n$ (T4,T5,T6) $\pm 20\%$ virs $2 \times I_n$ (T2)	—	$t = k/I^2$
 S Īsslēguma aizsardzība ar inversatkarīgu īslaicīgas laukiztures raksturliķni un inversatkarīgu laukiztures raksturliķni ($I^2t=k$) (izvēlams kā alternatīva aizsardzības funkcijai I)	$I_2 = 1-1.5-2-2.5-3-3.5-4.5-5.5-6.5-7-7.5-8-8.5-9-10 \times I_n^{(2)}$ Precizitāte: $\pm 10\%$ (T4,T5,T6) $\pm 10\%$ līdz $2 \times I_n$ (T2) $2 \times I_n$ (T2)	pie $8 \times I_n$ $t_2 = 0.1 - 0.25s$ Precizitāte: $\pm 10\%$ līdz $6 \times I_n$ (T4,T5,T6) $\pm 20\%$ virs $6 \times I_n$ (T4,T5,T6) $\pm 20\%$ (T2)	■	$t = k/I^2$
 I Pret īsslēgumu ar momentānu nostrādi (izvēlams kā alternatīva aizsardzības funkcijai S)	$I_3 = 1-1.5-2-2.5-3-3.5-4.5-5.5-6.5-7-7.5-8-8.5-9-10 \times I_n^{(2)}$ Precizitāte: $\pm 10\%$ (T4,T5,T6) $\pm 20\%$ (T2)	momentāna nostrāde	■	$t = k$

(1) Šīs precizitātes ir spēkā sekojošos apstākļos:
-automātiska iekārtas atslēgšana pie pilnas jaudas (bez palādes)
-divfāžu vai trīsfāžu elektroapgāde
Citos apstākļos, tiek nodrošināta sekojoša precizitāte:

	Nostrādes iestatījums	Nostrādes laiks
S	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$
I	$\pm 20\%$	$\leq 40ms$

(2) Priekš T4 $I_n = 320 A$, T5 $I_n = 630 A$ un T6 $I_n = 1000 A \Rightarrow I_{Lmax} = 9.5 \times I_n$,
 $I_{Lmax} = 9.5 \times I_n$.
Iestatījums pie $10 \times I_n$ atbilst $9.5 \times I_n$.

P1.1.attēls.ABB Tmax T4V 250/100 PR221DS-LS/I automātslēdža darbības robežvērtības

Pielikums 2

Īsslēguma strāvu 1 kV tīklā aprēķina teorijas izklāsts

1. 3- fāžu īsslēgums

Trīs fāžu īsslēgums ir simetrisks bojājums. Ņemot vērā tādu bojājumu tipu, sistēmai jābūt veidotai, lai tā varētu izturēt jebkādas īsslēgumu strāvu slodzes, un aizsardzībai jābūt spējīgai atslēgt tīklu it īpaši lielu īsslēguma strāvu gadījumā.

Veicot īsslēguma strāvu aprēķinu 1 kV tīklā, jāņem vērā visas pilnās pretestības ietekmē uz īsslēguma strāvas lielumu attiecinātu uz bojājuma punktu 1000V sprieguma līmenī. Trīsfāžu īsslēguma strāvu var aprēķināt pēc sekojošās formulas:

$$I_k = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \left(Z'_{sv} + \sqrt{(R'_{j20} + R'_{m1} + R_{j1})^2 + (X'_{j20} + X'_{m1} + X_{j1})^2} \right)}, \quad (P2.1.)$$

kur

Z'_{sv} = barojoša tīkla pilnā pretestība 1000V sprieguma līmeņa pusē;

R'_{j20} = 20 kV līnijas fāzes pretestība 1000V sprieguma līmeņa pusē;

R'_{m1} = 20/1 kV transformatora fāzes pretestība 1000V sprieguma līmeņa pusē;

R_{j1} = 1 kV līnijas fāzes pretestība;

X'_{j20} = 20 kV līnijas fāzes reaktīvā pretestība 1000V sprieguma līmeņa pusē;

X'_{m1} = 20/1 kV transformatora fāzes reaktīvā pretestība 1000V sprieguma līmeņa pusē;

X_{j1} = 1 kV līnijas fāzes reaktīvā pretestība.

Barojošā tīkla īsslēgumapilno pretestību savienojuma punktā var noteikt, piemēram, no zināmas īsslēguma strāvas savienojuma punktā pēc formulas (P2.2.):

$$Z_{sv} = \frac{U_{sv}}{\sqrt{3} \cdot I_{ksv}}, \quad (P2.2.)$$

kur

U_Q = barojoša tīkla spriegums pieslēgšanas punktā;

I_{kQ} = barojoša tīkla īsslēguma strāva pieslēgšanas punktā.

20 kV sprieguma līmeņa pretestības - reaktīvās pretestības un pilnās pretestības jāattiecinā uz 1000V sprieguma līmeni, tās var aprēķināt ar sekojošo formulu, aprēķinot barojošā tīkla pilno pretestību:

$$Z'_{\text{Q}} = Z_{\text{Q}} \cdot \left(\frac{U_{2\text{n}}}{U_{1\text{n}}} \right)^2 \quad (\text{P2.3.})$$

Ieteicams noteikt īsslēguma pretestības un reaktīvās pretestības 20/1 kV transformatoriem 1000V sprieguma pusē.

400V sprieguma tīkla trīsfāžuīsslēguma strāvas aprēķins atbilst īsslēguma strāvu 1000V tīkla aprēķinam. Tā kā trīsfāžuīsslēgums ir simetrisks bojājums, 400V tīkla zemējuma iedarbības raksturs nemainās. Aprēķinot 400V tīkla trīsfāžuīsslēguma strāvu, tīkla pilnāpretestība bojājuma vietā, jāattiecinā uz 400V sprieguma līmeni. Trīsfāžu bojājuma strāvu var aprēķināt pēc sekojošas formulas:

$$I_{\text{k}} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \left(Z''_{\text{SV}} + \sqrt{R_{\text{K}}^2 + X_{\text{K}}^2} \right)} \quad (\text{P2.4.})$$

$$\begin{cases} R_{\text{K}} = R''_{\text{j20}} + R'_{\text{m1}} + R'_{\text{j1}} + R_{\text{m2}} + R_{\text{j}} \\ X_{\text{K}} = X''_{\text{j20}} + X'_{\text{m1}} + X'_{\text{j1}} + X_{\text{m2}} + X_{\text{j}} \end{cases} \quad (\text{P2.5.})$$

kur

Z''_{SV} = barojoša tīkla pilnā pretestība 400V sprieguma līmeņa pusē;

R''_{j20} = 20 kV līnijas fāzes pretestība 400V sprieguma līmeņa pusē;

R'_{m1} = 20/1 kV transformatora fāzes pretestība 400V sprieguma līmeņa pusē;

R'_{j1} = 1 kV līnijas fāzes pretestība 400V sprieguma līmeņa pusē;

R_{m2} = 1/0.4kV transformatora fāzes pretestība;

R_{j} = 0.4kV līnijas fāzes pretestība;

X''_{j20} = 20 kV līnijas fāzes reaktīvā pretestība 400V sprieguma līmeņa pusē;

X'_{m1} = 20/1 kV transformatora fāzes reaktīvā pretestība 400V sprieguma līmeņa pusē;

X'_{j1} = 1 kV līnijas fāzes reaktīvā pretestība 400V sprieguma līmeņa pusē;

X_{m2} = 1/0.4kV transformatora fāzes reaktīvā pretestība;

X_{j} = 0.4kV līnijas fāzes reaktīvā pretestība.

Vērtības ar „prim” zīmi reducētas uz 400V sprieguma līmeni. Šo zīmju skaits norāda uz transformatoru skaitu cik reizes vērtībām jābūt attiecinātam. Piemēram, Z_{SV} jābūt attiecinātam gan uz 20/1 kV transformatoru, gan uz 1/0.4 kV transformatoru.

2. 2-fāžu īsslēgums

Divu fāžu īsslēgums ir asimetrisks bojājums, tādēļ veicot aprēķinus jāņem vērā tiešas secības un apgrieztās secības pretestības. Divu fāžu īsslēguma gadījumā fāzēm savā starpā ir kontakts, bet tām nav kontakta ar zemi. Turklāt pilnā pretestība divu fāžu īsslēguma gadījumā tiešas secības tīklā ir tāda pati kā trīsfāžu bojājumā, bet jāpieskaita pretējas secības tīkla pilno pretestību. Ir pieņemts, ka pretējas secības tīkla pilnā pretestība ir vienāda ar tiešas secības pilno pretestību. Tādā veidā pietiekami precīzu vērtību var iegūt divu fāžu īsslēguma strāvai no trīsfāžu īsslēguma strāvas aprēķina formulas:

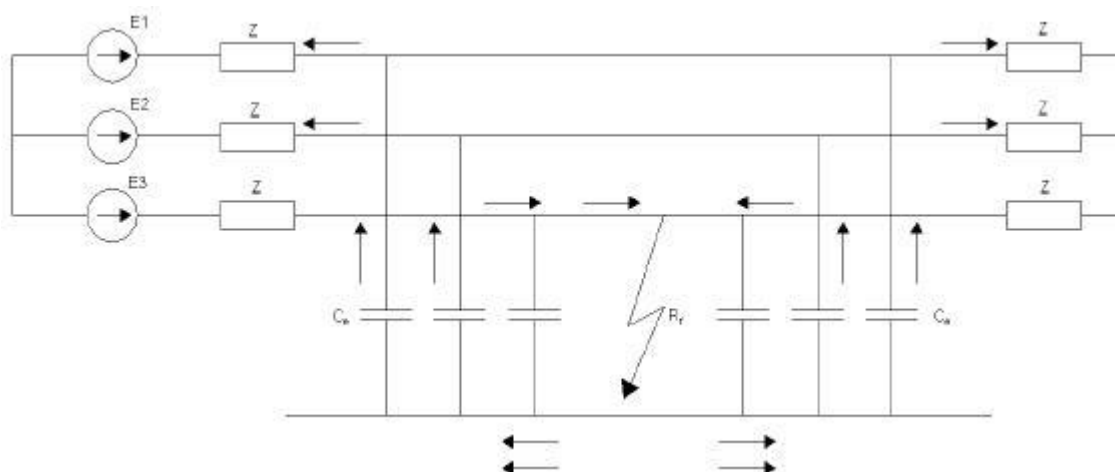
$$I_{k2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_k \quad (\text{P2.6.})$$

Aprēķins var tikt īstenots vienlaicīgi 1000V un 400V tīklam ar trīsfāžu īsslēguma strāvu aprēķinātu izvēlēta pozīcijā. Divu fāžu īsslēguma gadījumā spriegums uz bojātām fāzēm ir atkarīgs no sprieguma zudumiem tīkla komponentu bojājumu strāvas dēļ. Spriegums nebojātai fāzei paliek nemainīgs. Tikpat kā trīsfāžu bojājums, divu fāžu īsslēgums 400V tīklā parādās 1000V tīklā kā slodzes pieaugums. Tomēr 400V tīkla divu fāžu īsslēguma gadījumā, 1000V tīkla slodze pieaug asimetriski tā, lai divu fāžu kopēja strāva pieaug līdz pusei no īsslēguma strāvas. Turpretim trešā fāzē strāva pieaug līdz īsslēguma strāvas vērtībai.

3. 1-fāzes zemesslēgums 1000V tīklā ar izolētu neitrāli

Vienfāzes īsslēgums parādās, kad vads, pa kuru plūst elektriskā strāva pieskaras sazemētai tīkla daļai. Vienfāzes zemesslēgums var notikt tikai tīklā ar izolētu neitrāli. Sazemētā tīklā tas tiek definēts kā vienfāzes īsslēgums. 1000V sistēmā zemesslēguma bojājums var notikt, piemēram, tādā situācijā, kad fāzes vads tiek bojāts un pieskaras pie piekarkabeļa AMKA nesošā nullvada.

Asimetrijas dēļ izlādes strāvu summa novirzās no nulles, tādā veidā parādoties zemesslēgumam strāva plūst caur sazemētām daļām. 1000V tīkla zemesslēguma strāvu virziens parādīts P2.1.att.:



P2.1.attēls. Zemesslējuma strāvas virziens 1000V tīklā

Zemesslējuma strāvasvērtības lielumu var aprēķināt pēc formulas:

$$I_{\epsilon} = \frac{\sqrt{3} \cdot \omega \cdot C_0 \cdot U}{\sqrt{1 + (3 \cdot \omega \cdot C_0 R_f)^2}} \quad (\text{P2.7.})$$

kur

U = tīkla līnijas spriegums;

C_0 = tīkla vienas fāzes zemes kapacitatīvā pretestība;

R_f = bojājuma pretestība; $\omega = 2\pi f$.

Šo vienādojumu var izmantot strāvas aprēķinam, kura plūst no bojātas fāzes uz zemi. 1000V sadales tīkli ir izveidoti no galvaniski atsevišķiem atzarojumiem. Zemesslējuma strāva plūstoša caur nebojātu fāžu zemes kapacitatīvu pretestību sasniedz bojājuma punktu divos dažādos veidos:

- Caur 20/1 kV transformatora tinumiem;
- Caur 1/0.4kV transformatora tinumiem

Zemesslējuma strāvas, plūstošas caur barošanas punktu, lielums ir atkarīgs no zemesslējuma atrašanās vietas tīklā.

Zemesslējuma strāvas lielums ir atkarīgs no visa galvaniski savienotā 1000V tīkla diapazona. Zemesslējums arī atkarīgs no izvēlētais kabeļa tipa un instalācijas metodes. Piemēram, ja tiek salīdzināti piekarkabeļi AMKA ar parastiem kabeļiem guldīšanai zemē,

abiem kabeļu veidiem būs dažādas kapacitātes un sekojošas dažādas zemesslēguma strāvu vērtības.

Parasti zemesslēguma strāva 1000V tīklā ir līdz 1A un piekarkabeļiem AMKA līdz 0.2A. Mazu zemesslēguma strāvas vērtību dēļ bojājuma pretestības ietekme uz neitrāles sprieguma vērtību paliek maza visos 1000V tīklos, uzbūvētos ar piekarkabeļiem AMKA.

Pārspriegumi vienas fāzes zemes bojājumu iemesla dēļ izraisa dielektriķa sprieguma palielinājumu nebojātu fāžu izolācijās. Nepārtrauktā režīmā spriegums nebojātās fāzēs var palielināties līdz pat 5% no sprieguma līnijās. Taču īslaicīga zemesslēguma laikā pīķa spriegums var būt vairākas reizes lielāks nekā pīķa spriegums normālā režīmā. Kā rezultāts sprieguma asimetrijai, izraisītai ar zemesslēguma strāvas palīdzību, arī tīkla neitrāles punkta potenciāls ir atšķirīgs no zemes potenciāla, veidojas neitrāles spriegums. Šis spriegums ir tāds pats kā spriegums, kas tiek izveidots ar zemes bojājuma strāvu plūstošu caur zemes kapacitatīvopretestību. Sistēmas neitrāles spriegums ir funkcija no zemesslēguma strāvas un bojājuma pretestības, un tā mainās īpaši asimetrisko bojājumu gadījumā.

Neitrāles spriegumu U_0 var aprēķināt pēc formulas:

$$U_0 = \frac{1}{3\omega C_0} I_e \quad (P2.8.)$$

Neitrāles spriegumu var izteikt ar izteiksmēm:

$$\frac{U_0}{U_v} = \frac{1}{\sqrt{1 + (3\omega C_0 R_f)^2}} \quad (P2.9.)$$

$$\frac{U_0}{U} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sqrt{3} I_e R_f}{U} \right)^2}} \quad (P2.10.)$$

kur

I_e = galvaniski savienota tīkla zemesslēguma strāva tiešā zemes bojājuma gadījumā;

R_f = bojājuma pretestība;

U_v = tīkla fāzes spriegums;

U = tīkla līnijas spriegums.

Tiešā (metāliskā) zemesslēguma gadījumā neitrāles spriegums ir vienāds ar fāzes spriegumu.