



LATVIJAS

ENERGOSTANDARTS

LEK

136

Pirmais izdevums
2013

**VIDSPRIEGUMA T KLA NEITRĻES DARBA REŽMI
(IZOLĻTA, KOMPENSĻTA UN MAZREZISTĻVI
ZEMĻTA NEITRĻE)**

Latvijas energostandarts LEK 136 sniedz rekomendācijas vīdsprieguma elektrisko tīklu neītrīles triju galveno darba režīmu veīdu (īzolīta, kompensīta un mazrezīstīva neītrīle) īzveī, projektīšanai, īzveī un ekspluatīcijai. Standarts attīecas uz 6, 10 un 20kV sprieguma (vīdsprieguma) elektrotīkliem, kas pieskaitīti elektrotīkliem ar spriegumu vīrs 1000V.

© AS „Latvenergo”, teksts, 2013

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

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

LATVIJAS ELEKTROENERĢĒTIĶU
UN ENERGOBŪVNIĒKU ASOCIĀCIJA
Šmerļa iela 1, Rīga, Latvija, LV-1006
www.lekenergo.lv

Reģistrācijas nr. 182
Datums: 22.04.2013.
LEK 136
LATVIJAS ENERĢOSTANDARTS

Satura r d t js

1. Darb bas sf ra	3
2. Atsauces uz normat viem dokumentiem	3
3. Energostandart lietotie termini, to defin cijas un burtu apz m jumi	3
3.1. Pamattermini	3
3.2. Elektroiek rtas un elektroier ces	4
3.3. Zem šana	5
3.4. Elektrot kla neutr les darba rež mi	7
3.5. Str vas, spriegumi un pretest bas zemessl guma gad jum	8
4. T kla neutr les izveidošana	9
5. Rekomend cijas t kla neutr les darba rež ma izv lei	10
5.1. Izol tas neutr les t kli	10
5.2. Kompens tas neutr les t kli	11
5.3. Kompens tas neutr les t kli ar papildrezistoru neutr l	13
5.4. Mazrezist vas neutr les t kli	13
6. Rekomend cijas zemessl gumu relejaizsardz bas veidu, iestat jumu izv lei un boj juma vietas atrašanai	15
7. Pieskarspriegumu, zem t ju izpl dpretest bu un zem jumietaišu pilno pretest bu v rt bu norm šana	17

Pielikums 1 Apr inu metodika „Pieskarsprieguma un pie aujam s zem juma kont ra izpl dpretest bas noteikšana vidsprieguma t kl ar izol tu, kompens tu vai mazrezist vi zem tu neutr li”	22
1. Probl mas nost dne	22
2. Str vu sadal jums zemessl guma gad jum sadales transformatora zon un aizvietošanas sh ma	24
3. Metodik lietotie parametri un to burtu apz m jumi	27
4. Pieskarsprieguma samazin šanas pas kumi	28
4.1. Speci lie pas kumi M (LVS EN 50522 Pielikums E [4])	28
4.2. Papildpas kumi, lai UE v rt bu pie autu l dz 4UTP	30
5. Pieskarsprieguma p rbaudes un zem t ja izpl dpretest bas apr ina piem ri	30
5.1. Piem rs pieskarsprieguma apr inam 20kV kompens tas neutr les t kl	30
5.2. Piem rs pieskarsprieguma apr inam 20kV gaisvadu t kla sekcion joša atdal t ja apkalpes zon	32
5.3. Piem rs pieskarsprieguma apr inam 20 kV kompens tas neutr les t kl bez papildzem jumietais m	33
5.4. Piem rs apakšstacijas zem t ja izpl dpretest bas apr inam 10kV mazrezist vas neutr les t kl	34
5.5. Piem rs pieskarsprieguma apr inam 10kV mazrezist vas neutr les t kl	36

1. Darbības sfēra

Latvijas energostandarts LEK 136 sniedz rekomendācijas vīdsprieguma elektrisko tīklu neitrāles triju galveno darba režīma veīdu (izolāta, kompensāta un mazresistīva neitrāle) izvēlei, projektēšanai, izbūvei un ekspluatācijai. Energostandarts attiecas uz 6, 10 un 20 kV sprieguma (vīdsprieguma) elektrotīkliem, kas pieskaitāmi elektrotīkliem ar spriegumu vīrs 1000 V.

Šis energostandarts ir pilnīgi jauns ne tikai Latvijā, bet arī Eiropā, jo līdz šim nav izstrādāti IEC, EN un LEK energostandarti par vīdsprieguma tīklu neitrāles darba režīmiem.

2. Atsauces uz normatīviem dokumentiem

Tīk tekstā norādītie normatīvie dokumenti ir saistoši šī energostandarta lietošanai. Datītiem dokumentiem lietojama tikai to datī redakcija. Nedatītiem dokumentiem lietojama to pēdējā redakcija (ietverot visus labojumus).

1. LEK 002 „Energoīetaīšu tehniskā ekspluatācija” (3.izdevums)”.
2. LEK 048 „Elektroīetaīšu zemēšana un elektrodrošības pasākumi. Galvenās tehniskās prasības”.
3. LVS EN 61936-1:2011 „Elektroīetaīses māī spriegumam vīrs 1 kV. 1. daļa: Kopīgā noteikumi”.
4. LVS EN 50522:2011 „Māīstrāvās elektroīetaīšu ar nominālo spriegumu vīrs 1 kV zemēšana”.
5. „Pieskārsprīeguma un pīeāujamās zemējuma kontrole izplūpīrestības noteīkšana vīdsprieguma tīklā ar izolātu, kompensātu vai mazresistīvu zemtu neītrāli.” Aprīnu metodika pīe Latvijas energostandarta LEK 136.

3. Energostandartā lietotie termini, to definīcijas un burtu apzīmējumi

3.1. Pamattermini

3.1.1. elektroīekrtā – jebkura īekrtā elektroenerģijas ražošanai, pīrvādei, pīrvādei, sadaleī vai patīriam, kas ietver elektriskās māšīnas, transformatorus, aparātus, māraparātus, aizsardzības un automātiskās īerces, kābeļus, elektropārītītjus) (angliski **electrical equipment**);

3.1.2. elektroier ce – veic tai paredz t s funkcijas, izmantojot elektrisko ener iju, piem ram, elektrisk m rier ce, pusvad t jier ce, aizsardz bas ier ce. Elektroier ce var b t citas ier ces elements (angliski **electrical device**);

3.1.3. nomin l v rt ba – ar noteiktiem darb bas apst k iem saist ta elektroier ces vai elektroiek rtas raksturlieluma v rt ba, kuru parasti nosaka izgatavot js (angliski **nominal value; rated value**);

3.1.4. t kla nomin lais spriegums – sprieguma v rt ba, kas ir pie emta, lai noteiktu un apz m tu t kla elektroiek rtu un elektroier u spriegumu (angliski **nominal value of system voltage**);

3.1.5. augstspriegums – mai sprieguma elektroietais nomin lais darba spriegums virs 1000 V vai l dzsprieguma elektroietais – virs 1500V (angliski **high voltage**);

3.1.6. vidspriegums - ar vidspriegumu str d da a augstsprieguma t klu, kas kalpo elektroener ijas sadalei. Š energostandarta ietvaros ar vidspriegumu saprot 6, 10 un 20 kV (angliski **middle voltage**);

3.1.7. zemspriegums – elektroener ijas sadal izmantojamie sprieguma nomin li, kuru v rt ba mai sprieguma t klos nep rsniedz 1000V (angliski **low voltage**);

3.1.8. ekspluat cija – pas kumi, kuri tiek veikti elektroiek rt s, k ar cit s iek rt s un ir nepieciešami, lai nodrošin tu drošu un pareizu elektroiek rtu darb bu. Dotie pas kumi ietver iek rtu komut ciju, darb bas kontroli, rež mu vad bu un uztur šanas darbus (angliski **maintenance and operation**);

3.2. Elektroiekārtas un elektroierīces

3.2.1. Sl gta elektroiek rtu darb bas zona – telpa vai vieta, kur atrodas elektroiek rtas un piek uve kurai ir at auta šauram kvalific tu vai apm c tu darbinieku lokam vai cit m person m kvalific tu vai apm c tu darbinieku uzraudz b .

Piez me: pie t d m zon m tiek pieskait tas sl gtas jaudas sl džu piedzi u un transformatoru ligzdas, sadales iek rtu kas, k ar citas sl gtas telpas. T du telpu durvju atv ršana vai aizsargbarjeru no emšana ir iesp jama tikai izmantojot tam speci li paredz tas atsl gas vai instrumentus - (angliski **closed electrical operating area**);

3.2.2. Apakšstacija – elektrot kla sast vda a, kas parasti sast v no sadalietais m, p rveidot jiek rt m, transformatoriem, b v m, pien košo un aizejošo l niju ievadkonstrukcij m, aizsardz bas un vad bas ier c m. Atkar b no elektroapg des sist m izpild maj m funkcij m izš ir transformatoru, p rveidot ju un citu veidu apakšstacijas (angliski **substation**);

3.2.3. Elektrostacija – energoietaise, kas paredz ta elektroener ijas ener šanai. T ietver b ves, galven s iek rtas un pal gick rtas, kas nepieciešamas elektroener ijas ražošanai un p rveidošanai (angliski **power station**);

3.2.4. Lokdz ses zem t jreaktors (loka dz šspole, kompens cijas spole vai reaktors, Petersena spole) – reaktors, kas paredz ts t kla kapacitat v s str vas kompens cijai vienf zes zemessl guma gad jum (angliski **arc –suppresion coil**);

3.2.5. Neitr les transformers (tr sf žu zem t jtransformators) – tr sf žu transformers, kas paredz ts iesl gšanai t kl bez neitr les izvada, lai rad tu m ksl gu neitr lpunktu (angliski **Three phase earthing transformer**);

3.2.6. Sadales transformers – transform vīdspriegumu uz zemspriegumu sadales t klos (angliski **distribution transformer**);

3.2.7. Kompens jošais transformers – veic tradicion l t kla transformatora funkcijas un papildus kompens l nijas zemessl guma kapacitat vo str vu (angliski **distribution transformer with Petersen coil**);

3.2.8. Šunta zem t jreaktors – tr sf žu neautomatiz ts reaktors, paredz ts l nijas kapacitat v s zemessl guma str vas kompens cijai (angliski **shunt earthing reactor**);

3.2.9. Neitr les zem šanas rezistors – paredz ts neitr les iezem šanai rezist vzet tas neitr les t klos (angliski **neutral earthing resistor**).

3.3. Zemēšana

3.3.1. Zeme – grunts elektrovadoš masa, kuras elektriskais potenci ls jebkur punkt nosac ti pie emts par nulli (angliski **earth**);

3.3.2. Lok la zeme – zemes da a, kurai ir elektriskais kontakts ar zem šanas elektrodu un kuras elektriskais potenci ls ne vienm r ir vien ds ar nulli (angliski **local earth**);

3.3.3. Nullzeme (etalonzeme) – vad tsp j ga zemes da a, kuras elektrisko potenci lu parasti pie em vien du ar nulli un kur nav nevienas zem jumietaises (angliski **reference earth (remote earth)**);

3.3.4. Zem juma elektrods – str vu vadoša da a, kas atrodas noteikt str vu vadoš vid , piem ram, grunt , beton un kuram ir elektriskais kontakts ar zemi (angliski **earth electrode**);

3.3.5. Zem t js (zem juma kont rs) – elektrovadošu materi lu (apa dzelzs, le dzelzs, plakandzelzs, cauru u, un tml.) noteikt k rt b savienots kopums, kas atrodas zem un veido ar to elektrisku kontaktu (angliski **earth electrods**);

3.3.6. Zem jumvads – vad t js, kas savieno elektroietaišu, elektroiek rtu vai ier u noteiktas da as ar zem jumietaisi (angliski **earth conductor**);

3.3.7. Zem jumietaise – elektroiek rtas zem šanai nepieciešamo zem juma elektrodu, zem t ju un vad t ju kopums (angliski **earthing system**);

3.3.8. Stie zem t js – zem t js, kas izveidots zem iedz ta met la stie a veid (angliski **earth rod**);

3.3.9. Augsnēs patn j elektrisk pretest ba – tipveida augsnēs parauga elektrisk pretest ba (angliski **electric resistivity of soil**);

3.3.10. Zem jumietaisēs akt v pretest ba – zem jumietaisēs piln s pretest bas re l da a (angliski **resistance to earth**);

3.3.11. Zem jumietaisēs piln pretest ba – piln pretest ba starp elektroietaisēs vai elektroiek rtas zemessl guma punktu un nullzemi (angliski **impedance to earth**);

Piez me: zem jumietaisēs piln pretest ba ietver zem juma elektrodu tiešo pretest bu pret zemi, zem jumietaisēi elektriski piesl gto kabe u apvalku un ekr nu, k ar met la cauru u, konstrukciju u.c. dab go zem t ju pretest bu pret zemi, j em v r ar ar PEN vadiem, kabe u apvalkiem un tml. apl kojamai zem jumietaisēi piesl gto citu elektroiek rtu zem jumietaišu pretest ba pret zemi.

3.3.12. Zem t ja izpl dpretest ba – pretest ba starp zem t ju un zemi.

3.3.13. Pieskarspriegums (efekt vais) – spriegums starp vienlaic gi pieskarei pieejam m str vvadoš m da m (angliski **(effective) touch voltage**);

Piez me: Pieskarsprieguma v rt bu var b tiski ietekm t cilv ka vai dz vnieka, kas ir piesk ries str vvadoš m da m, erme a pretest ba.

3.3.14. Apl ses pieskarspriegums – spriegums starp vienlaic gi pieskarei pieejam m str vvadoš m da m laik , kad cilv ks vai dz vnieks t m nepieskaras (angliski **prospective touch voltage**);

3.3.15. So a spriegums – spriegums starp diviem zemes virsmas punktiem, att lums starp kuriem ir l m, kas nosac ti pie emts par cilv ka so a garumu (angliski **step voltage**);

3.3.16. P rnestais potenci ls – zem jumietaisēs potenci la pieauguma no zemessl guma str vas p rnesē uz apgabal u ar zemu vai nullzemes potenci lu (piem ram, ar kabe u met la apvalkiem, PEN vadiem, met la caurul m, dzelzce a slied m), kas rada potenci lu starp bu starp vad t jda u un t s apk rtņi (angliski **transferred potential**);

Piez me: defin cija attiecas ar uz potenci la p rnesē pret j virzien ,t.i., uz nullzem esošu vad t jda u, kuras otrs gals atrodas zem t jietaisēs potenci la pieauguma zon ;

3.3.17. T kla kop j zem juma kont ru sist ma – ekvivalentais zem juma kont rs (sist ma), kuru veido savienojot atseviš u elektroietaišu zem juma kont rus, un kas ir paredz ts lai nepie autu b stama pieskarsprieguma rašanos. T kla kop jais zem juma kont rs auj sadal t zemessl guma str vu t d veid , ka tiek samazin ta potenci lu starp ba starp nullzemi un atseviš as elektroietaisēs zem juma kont ru (angliski **global earthing system**);

3.3.18. Aizsargneitr lvads (PEN vads) – zem ts vads, kas veic gan aizsargvada, gan neitr lvada funkcijas (angliski **protective earthing conductor (PEN conductor)**);

3.3.19. Zemessl gums – str vvadošas da as savienojums ar zemi (zem t m met la da m) vai izol cijas pretest bas iev rojams samazin jums attiec b pret zemi (angliski **earth fault**);

3.3.20. Divk ršais zemessl gums – zemessl gums, kura laik vienas sist mas daž d s viet s ar zemi tiek savienotas divas daž das f zes (angliski **double earth fault**);

3.3.21. Intermit jošs boj jums – p rejošs boj jums, kas taj paš viet un t paš a c lo a d p c maza br ža atk rtojas (angliski **intermittent fault**).

3.4. Elektrotīkla neitrāles darba režīmi

3.4.1. Darba zem jums – paredz ts elektroiek rtu vai elektrot kla norm lu darba apst k u rad šanai, piem ram, transformatoru, eneratoru neitr u un lokdz ses zem t jreaktoru iezem šanai (angliski **neutral earthing**);

3.4.2. Aizsargzem jums – paredz ts elektroiek rtu visu met lisku da u iezem šanai, kas norm li neatrodas zem sprieguma, bet izol cijas boj juma d var nok t zem sprieguma (angliski **protective earthing**);

3.4.3. Izol tas neitr les t kls – elektrot kls, kur nevienas galven s iek rtas (eneratora, transformatora) neitr le nav savienota ar zemi. Iz mums ir aizsardz bas un m rier ces, kas var b t zem tas caur lielas pretest bas elementu (angliski **isolated neutral system**);

3.4.4. Kompens tas (lielindukt vas) neitr les t kls – elektrot kls, kur vienas vai vair ku galveno iek rtu (parasti transformatoru) neitr les zem tas caur indukcijas spoli, lai caur to pl stoš s str vas indukt v komponente pie sist mas darba frekvences kompens tu zemessl guma str vas kapacitat vo komponenti (angliski **compensated neutral system**). Šo spoli sauc par **lokdz ses zem t jreaktoru** (skat. p.3.2.4.);

3.4.5. Kompens tas neitr les t kls ar papildrezistoru neitr l – lokdz ses zem t jreaktora sekund ram tinumam slaic gi vai past v gi piesl dz papildrezistoru, kas kalpo, lai kompens tas neitr les t kl samazin tu neitr les nob des spriegumu, palielin tu zemessl guma str vas akt vo komponenti un l dz ar to zemessl gumaizsardz bas jut bu, k ar lai samazin tu iesp jamos p rspriegumus intermit joša loka gad jum (angliski **system with resonant and low resistance neutral earthing**);

3.4.6. Mazrezist vas (mazrest vzem tas) neitr les t kls – t kls, kur vismaz viena transformatora vai eneratora neitr le ir zem ta caur mazom gu rezistoru (neitr les rezistoru). Rezistora pretest ba tiek izv l ta t , lai zemessl guma gad jum jebkura

t kla viet zemessl guma str va droši p rsniegtu relejaizsardz bas atsl gšanas str vas iestat to v rt bu, bet b tu maz ka par k du no droš bas apsv rumiem izv l tu v rt bu, piem ram 1000A (angliski **system with low resistance neutral earthing**);

3.4.7. Mazindukt vas (mazindukt vzem tas) neutr les t kls – t kls, kur neutr les transformatora (p.3.2.5) viet lieto tr sf žu induktivit ti zigzag sl gum . T s induct v pretest ba samazina vienf zes zemessl guma str vu analo iski neutr les rezistoram (p.3.2.9.) (angliski **system with low-inductance neutral earthing**);

3.4.8. Piln gi kompens tas neutr les t kls – t kls, kur papildus kapacitat vai str vai kompens ar zemessl guma str vas akt vo komponenti. Š du neutr li izstr d t jfirmas v rd sauc ar par zviedru neutr li (angliski **Swedish Neutral**).

Piln gi kompens tu neutr li rekomend lietot vidsprieguma jauktos gaisvadu – kabe u t klos ;

3.4.9. Lielrezist vas neutr les t kls – eitr le zem ta ar akt vu rezistoru, kura pretest ba aptuveni vien da ar t kla summ ro kapacitat vo pretest bu pret zemi, lai nov rstu intermit jošu loku zemessl guma viet un samazin tu p rspriegumu t kl (angliski **high resistance neutral earthing**);

No min tiem vidsprieguma t klu neutr les darba rež miem Latvij lieto izol tu, kompens tu vai mazrezist vu neutr li, t d šaj energostandart citi neutr les rež mi nav apl koti.

3.5. Strāvas, spriegumi un pretestības zemesslēguma gadījumā

3.5.1. Zemessl guma str va I_F – str va, kas izol cijas boj juma gad jum pl st no spriegumakt va vad t ja uz zemi un/vai zem tu elektroiek rtas da u zemessl guma viet (angliski **earth fault current**).

Atkar b no t kla neutr les darba rež ma, vienf zes zemessl guma str vas raksturs ir:

- kapacitat va zemessl guma str va, izol tas neutr les t kl ;
- paliekoš zemessl guma str va, kompens tas neutr les t kl ;
- zemes ssl guma str va, mazrezist vas neutr les t kl .

3.5.2. Str va zem jumietais I_E – str va, kas izol cijas boj juma gad jum pl st no spriegumakt va vad t ja uz zemi konkr taj boj juma viet (angliski **current to earth**).

Piez me: Zem jumietais (kont ra) str va ir zemessl guma str vas I_F sast vda a un nosaka sprieguma kritumu zem juma kont r .

3.5.3. Samazin juma koeficients r – tr sf žu l nij s ir vien ds ar zem juma kont ra str vas attiec bu pret boj t s l nijas visu f žu summ ro nullsec bas str vu, kas pl st t lu no boj juma vietas un zem juma kont ra atrašanās vietas

($r=I_E/3I_0$) (angliski **reduction factor**). Vidsprieguma tkl samazinājuma koeficients $r=I_E/I_F$.

3.5.4. Strāva transformatora neitrālā I_N – zemesslūguma strāvas daļa, kas plūst atpakaļ uz transformatora neitrālā caur zemējuma konturu un citām metāla daļām (angliski **Current via neutral earthing of the transformer**).

Sadales transformatora neitrālā vīdsprieguma pusē zemesslūguma strāva neplūst, jo neitrālā nav izvadītā vai tās nav.

3.5.5. Kabelis ar zemēšanas elektroda efektu – kabeļis, kura apvalkam, ekrānam vai brūnī mīnī tīds pats zemēšanas efekts, kas lentveida zemēšanas elektrodām (angliski **Cable with earth electrode effect**);

3.5.6. Zemes virsmas potenciāls – potenciālu starpība starp zemes virsmas noteiktu punktu un nullzemi (angliski **Earth surface potential**);

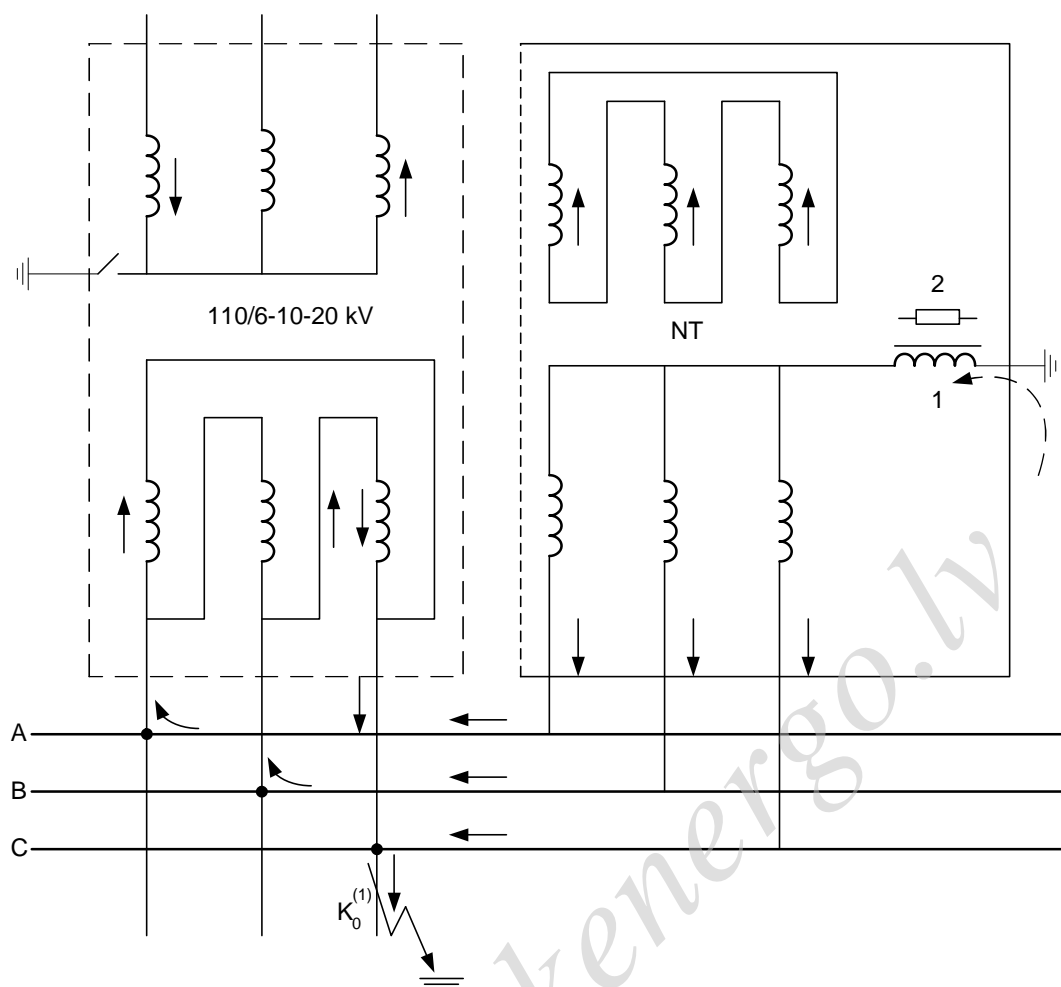
3.5.7. Neitrālās nesimetrijas spriegums – izolētās neitrālās tīkla neitrālās potenciāls pret zemi normālā režīmā (angliski **Neutral point potential**);

3.5.8. Neitrālās nobīdes spriegums – kompensētās neitrālās tīkla neitrālās potenciāls pret zemi normālā režīmā (angliski **System with arc suppression coil neutral point potential**).

4. Tīkla neitrālās izveidošana

4.1. Sadales tīklu barojošā 110 kV transformatora tinumi vīdsprieguma pusē bieži ir slēgti trīsstarpslūgumā, t.i., tīklam nav fiziskas neitrālās. Tādējādi neitrālā veido ar speciālu neitrālās transformatora (NT) palīdzību (4.1. att.). Neitrālās transformatoram jābūt ar mazu nullsecas pretestību, tādēļ izmanto zvaigznes-trīsstarpslūguma shēmas, pārdodot gadījumā bez sekundārā tinuma. NT zemesslūguma strāvas sadalās un katrā fāzē plūst 1/3 daļa no zemesslūguma strāvas (nullsecas strāvas). Tādēļ NT trāsfāzē jauda ir vienāda ar lokdzes zemtīreaktora vai neitrālās zemēšanas rezistora jaudu.

4.2. NT un neitrālās zemēšanas rezistora (mazrezistīvas neitrālās tīklos), kā arī neitrālās papildrezistora (kompensētās neitrālās tīklos ar papildrezistoru neitrālā) termisko izturību pārbauda slāicgam darba režīmā, kā arī rezistoriem uzstāda strāvas un/vai temperatūras ierobežojumus.



4.1. att. Ie. Str. v. sadal. jums vien. f. zes zemessl. guma gad. jum, ja neutr. li veido ar neutr. les transformatoru NT: 1 – induktivite vai 2 – rezistors

5. Rekomendācijas tīkla neitrāles darba režīma izvēlei

5.1. Izolētas neitrāles tīkli

5.1.1. Izolētas neitrāles tīkls vispirms un izolētas neitrāles darba režīmu joprojām lieto nelielos 20 kV gaisvadu tīklos ar mazām kapacitīvām zemessl. guma str. v. m, retāk 6-10 kV kabeļtīklos, jo kabeļu kapacitāte pret zemi ir apm. 30 - 60 reizes lielāka nekā gaisvadiem.

Izolētas neitrāles tīklu rekomendē ar augstsprieguma dzinēju un pašpatēriņa tīklu barošanai elektrostacijās.

5.1.2. Izolētas neitrāles tīklu var vienkārši un salīdzinoši lēti realizēt, jo nav vajadzīgas speciālas neitrāles zemēšanas iekārtas, str. v. maiņas un starpfāžu sl. gumaizsardzību var ierīkot pat tikai 2 fāzēs; tīkls ar zemessl. gumu var palikt zināmu laiku darbībā bojājuma vietas noteikšanai, kas j izdara iespējami īsā laikā, nepārsniedzot 8h.

5.1.3. Ja zemessl guma str va nep rsniedz noteiktu v rt bu (skat. p.5.2.1.), notiek p režo zemessl gumu pašlikvid šan s gaisvadu l nij s un sadaln s. Boj jumi kabe os, savienojoš s uzma v s un gala apdar s paši nelikvid j s.

5.1.4. Zemessl guma vietas mekl šana j s k nekav joties un zemessl gums j nov rš iesp jami s laik , lai samazin tu zemessl guma p rejas varb t bu starpf žu ssl gum un /vai divk ršos zemessl gumos ar divu vai vair ku vidsprieguma l niju vienlaic gu atsl gšanos.

5.1.5. Kabe t klos ar veciem pav jin tas izol cijas kabe iem, kur liel ka varb t ba zemessl guma p rejai divk rš zemessl gum rekomend lietot jau pirm zemessl guma autom tisku atsl gšanu, kas nov rš divu vai vair ku l niju vienlaic gu atsl gšanos.

5.1.6. Augstsprieguma elektrodzin jiem pret zemessl gumiem statora tinumos j uzst da moment nas darb bas nullsec bas zemessl gumaizsardz ba ar nostr des str vu 5-10 A (atkar b no dzin ja jaudas).

5.2. Kompensētas neitrāles tīkli

5.2.1. Zemessl guma str vai j b t kompens tai, ja t p rsniedz v rt bu, virs kuras izol tas neitr les t kl nenotiek r jo zemessl gumu pašlikvid šan s:

Tabula 5.1.

Zemessl guma str vu v rt bas

T kla spriegums, kV	6	10	20
Zemessl guma str va, A	35	30	20

5.2.2. Kompens tos t klos lokdz ses zem t jreaktors veic tr s svar gas funkcijas:

- **kompens cijas funkciju**, t.i., kompens t kla kapacitat vo zemessl guma str vu. Ja reaktora induktivit te L ieregul ta rezonans ar t kla kop jo kapacit ti pret zemi C, tad boj juma viet pl st tikai zemessl guma str vas akt v komponente (2-8%) , k ar augst k s harmonikas. Neliel str va veicina p režošu zemessl gumu pašlikvid šanos gaisvados un sadaln s k ar paldzina boj juma vietas izdegšanu kabe os, kas palielina iesp ju ar operat viem p rsl gumiem atsl gt boj to posmu;
- **lokdz ses funkciju**, t.i., pal nina sprieguma atjaunošanos p c loka nodzišanas zemessl guma viet . T p c boj t s f zes izol cijas pret zemi boj juma viet pag st atjaunoties un loks no jauna neaizdegas. T p režošie zemessl gumi likvid jas gaisvadu l nij s un sadalietais s. Kabe u

iekš jo zemessl gumu gadījumā caursist izol cija neatjaunoj s piln m r , t p c kompens ta neitr le šaj aspekt kabe t klos ir mazefekt va;

- **elektrodroš bas uzlabošanas funkciju**, t.i., maza kompens t zemessl guma str va, pl stot pa zem jumietaisi rada maz ku pieskarspriegumu. Otrs elektrodroš bas paaugstin šanas pa miens – zem jumietaisis pretest bas samazin šana bieži vien ir d rg ks par kompens ciju.

5.2.3. Kompens tu neitr li rekomend gaisvadu t klos un jauktos kabe u –gaisvadu t klos, ret k kabe t klos. Zemessl guma vietas mekl šana j s k nekav joši un zemessl gums j nov rš iesp jami s laik , bet ne ilg k k 8h. Ja ir paaugstin ta divk ršo zemessl gumu varb t ba, piem ram, veci kabe i ar pav jin tu izol ciju, nedrošas kabe u galu apdares, tad zemessl gumu rekomend tri autom tiski atsl gt.

5.2.4. Kapacitat vo zemessl guma str vu kompens cijai t kl j lieto lokdz ses zem t jreaktori ar autom tisku regul šanu.

T kla kapacitat v str va j m ra vai j r ina pirms zem t jreaktora uzst d šanas, vai ja iev rojami izmain s t kla kapacit te, bet ne ret k k reizi 4 gados[1].

At auts uz vidsprieguma l nij m uzst d t to kapacitat vo zemessl guma str vu kompens jošos transformatorus vai šunta zem t jreaktorus. To induktivit ti izv las t , lai kompens tu attiec g s l nijas kapacit ti.

5.2.5. Lokdz ses zem t jreaktoru jaudu un piesl gšanas sh mu projekt jot izv las atkar b no t kla kapacitat v s str vas, emot v r t kla att st bas perspekt vas un remonta rež mus. Zem t jreaktora jaudas rezervei j b t paredz tai ne maz kai par 35%.

Zem t jreaktoru piesl gšanai j izmanto neitr les transformatori ar tinuma sl guma sh mu zvaigzne – tr sst ris vai zig-zag .

5.2.6. Zem t jreaktori neitr les transformatoru vai eneratoru neitr lei j piesl dz ar atdal t ju. Neitr les transformatora piesl gšana vidsprieguma t klam ar k stošiem drošin t jjiem nav pie aujama.

5.2.7. Zem t jreaktoru rekomend noska ot rezonans ar t kla kapacit ti.

Pie aujama zem t jreaktora ieregul šana p rkompens cijas rež m , ja zemessl guma str vas reakt v s komponentes izska ojums nep rsniedz 5%. Pie aujama ieregul šana ar nepiln gu kompens ciju kabe u un gaisvadu t klos ar nosac jumu, ka av rijas gad jumos (piem ram, p rtr kstot k dam vadam vai izdegot drošin t jam) f žu kapacit šu nesimetrija neizraisa neitr les nob di liel ku par 70% no f zes sprieguma.

5.2.8. Kompens tas neitr les t kl nesimetrijas spriegums pie atsl gtas kompens cijas iek rtas ndr kst p rsniegt 0,75% no f zes sprieguma. Ja t kl nav zemessl guma, neitr les nob des spriegums ilgstoši ndr kst p rsniegt 15% no f zes sprieguma un slaic gi l dz 1 stundai – 30% no f zes sprieguma.

Sprieguma nesimetrijas un neitr les nob des samazin šana l dz nor d t m v rt b m j pan k izl dzinot f žu kapacit tes pret zemi (ar l nijas f žu vadu transpoz ciju), vai ar neitr les papildrezistoru (p.5.3.3).

Nerekomend gaisvadu vai kabe l nižu iesl gšanu vai atsl gšanu pa f z m, ja tie izrais ts neitr les nob des spriegums liel ks par pie aujamo (p.5.2.7).

5.2.9. Ja k da no kompens cijas spol m tiek atsl gta, tad l nižu zemessl guma relejaizsardz bas rekomend p rsl gt darbam uz l nijas moment nu atsl gšanu, nepieciešam bas gad jum pat neselekt vi.

5.3. Kompensētas neitrāles tīkli ar papildrezistoru neitrālē

5.3.1. Papildrezistors neitr l veic š das funkcijas:

- t kla norm l darb samazina t kla neitr les nob des spriegumu;
- piesl dzot papildrezistoru zemessl guma rež m uz daž m sekund m (piem ram 3s) palielina zemessl guma str vas akt vo komponenti, kas uzlabo relejaizsardz bas selektivit ti un jut bu;
- nodrošina zemessl guma str vas indikatoru darb bu boj juma vietas noteikšanai;
- samazina zemessl guma p rejas procesa p rsriegumu.

5.3.2. Parasti š du neitr li veido ar lokdz ses zem t jreaktoru, kura paš sekund r tinum ar 500V spriegumu iesl gts papildrezistors. Papildrezistors var b t piesl gts past v gi norm l rež m un to atsl dz, par doties zemessl gumam, vai to piesl dz slaic gi p c boj juma par d šan s t kl .

5.3.3. Papildrezistoru rekomend piesl gt past v gi norm l darba rež m kompens tos nesimetriskos gaisvadu un jauktos gaisvadu – kabe u t klos ar palielin tu neitr les nob des spriegumu. Norm l rež m papildrezistors, kura jauda ir 10% no reaktora jaudas samazina neitr les nob des spriegumu par apm. 30%. Kabe t klos to simetrijas d papildrezistors norm l rež m ir atsl gts, vai to visp r nelieto.

5.3.4. Papildrezistoru piesl dz kompens tos t klos slaic gi, lai nep rejošu zemessl gumu gad jum nodrošin tu nullsec bas str vas indikatoru un releju nostr dī uz boj t s l nijas. J piez m , ka zemessl guma str va boj t l nij kompens tos t klos bieži ir maz ka k nevoj t s l nij s un nav iesp jams izv l ties nullsec bas str vas indikatoru iestat jumus.

5.3.5. Ja kompens tas neitr les t kl nav nepieciešama funkciju p.5.3.1. realiz cija, tad papildrezistoru var neuzst d t.

5.4. Mazrezistīvas neitrāles tīkli

5.4.1. Mazrezistvu neitrli rekomend lietot pils tu vīdsprieguma (6-20 kV) kabē t klos ar paaugstin tu divk ršo zemessl gumu varb t bu un kop ju zem jumsist mu (zem jumkont ru), kam ir oti maza pretest ba pret zemi.

5.4.2. Mazom ga neitr les rezistora, kas savieno transformatora neitr li ar zem juma kont ru, pretest bas v rt bu izv l s t , lai zemessl guma str va jebkur t kla punkt b tu pietiekoši liela str vas relejaizsardz bas (parasti nullsec bas str vas) nostr dei, kas atsl gtu zemessl gumu un nov rstu divk rša zemessl guma iesp jam bu. Zemessl guma str vas apl ses (maksim l) v rt ba – 1000 A [4], bet v lams to samazin t, lai nerad tu uz kop j s zem jumietaises pretest bas nepie aujami lielu pieskarspriegumu (norma 80V ilgstoš rež m [4]).

5.4.3. Mazom ga neitr les rezistora viet var lietot mazu induktivit i (mazindukt vas neitr les t kls). Mazindukt vas neitr les gad jum atseviš s elements (induktivit te) neitr l nav vajadz ga – neitr les transformatoru izveido ar vajadz g lieluma nullsec bas pretest bu.

5.4.4. Kop j s zem jumsist mas oti mazu pretest bu un pietiekami mazu pieskarspriegumu nodrošina:

- vīdsprieguma kabē u met la apvalki un ekr ni, jo pa tiem ap 85% zemessl guma str vas atgriežas barojoš apakšstacij , neizsaucot pieskarspriegumu uz zem jumietaises;
- t kla transformatoru zem jumietaises paral li savienojošie 0,4 kV ma istr lo kabē u PEN vadi un met la apvalki, kas 0,4 kV l niju dal juma viet s netiek p rtraukti;
- zem jumietaises savieno ar dab giem zem t jiem;
- zem t jus un zem jumvadus izv l s atbilstoši [2; 4].

5.4.5. Ja sadales transformatorus piesl dz vīdsprieguma gaisvadu l nij m, vai kabē l nij s ir gaisvadu posmi, ja ne visas 0,4 kV l nijas ir ma istr l s, kas paral li sasl dz zem jumietaises, k ar ja zem jumietaišu skaits ir neliels, tad zemessl guma str va atgriežas barojoš apakšstacij galvenok rt pa zemi un uz t kla transformatora zem jumietaises par d s liels pieskarspriegums. Š di gad jumi rakstur gi pils tu nomal m un lauku t kliem, kur bez p.5.4.6.min tiem papildpas kumiem nedr kst lietot mazrezistvu neitr li.

5.4.6. Vispirms p c metodikas [5] izr ina spriegumu uz sadales transformatora zem jumietaises, kas auj nov rt t pieskarsprieguma v rt bu zemessl guma gad jum . Ja pieskarspriegums p rsniedz pie aujamo v rt bu, kas atkar ga no zemessl guma ilguma un ir ierobežojumi kompens tas neitr les lietošanai, piem ram, bieži divk ršie zemessl gumi, tad pieskarspriegumu var samazin t:

- ja izb v katrai sadales transformatoru apakšstacijai 2 galvaniski nesaistas zem jumietaises, vienu vīdsprieguma iek rtu droš bas

zem šanai, otru vismaz 20m att lin tu 0.4 kV neutr les iezem šanai ar pretest bu ne liel ku par 4 Omi [2];

- ja transformatoru apakšstaciju baro pa vīdsprīeguma kabe l niju, tad kabe a met la apvalku un kailo dz slu, ja t da ir, pievieno vīdsprīeguma zem jumietasei, lai zemessl guma str va var tu atgriezties barojoš apakšstacij , apejot zem jumietaisi;
- ja transformatoru apakšstaciju baro pa vīdsprīeguma gaisvadu l niju, tad l niju vai t s gaisvadu posmu iepriekš min to apsv rumu d izb v ar 4 vadiem.

6. Rekomendācijas zemesslīgumu relejaizsardzības veidu, iestatījumu izvēlei un bojājuma vietas atrašanai

6.1. Izol tas vai kompens tas neutr les elektrot klos rekomend uzst d t nullsec bas virz to zemessl guma relejaizsardz bu, pievadot l nijas nullsec bas str vu un t kla nullsec bas sprīegumu.

Nullsec bas str vu pievada no kabe u nullsec bas str vmai iem (feranti) vai ieg st no triju f žu str vmai u grupas, matem tiski vai elektriski summ jot f žu str vas. Nullsec bas sprīegumu ieg st no triju vienf zes sprīegummai u grupas.

6.2. Nevirz tu nullsec bas str vas aizsardz bu kompens tas neutr les t klos princip nevar lietot, jo boj t s l nijas nullsec bas str va (paliekoš str va) bieži ir maz ka par neboj t s l nijas zemessl guma str vu. Izol tas neutr les t kl princip var lietot nevirz tu nullsec bas str vas aizsardz bu, ta u ar šeit rekomend lietot virz tu nullsec bas str vas aizsardz bu.

6.3. Izol tas vai kompens tas neutr les t kl j uzst da centr l zemessl guma signaliz cija (t kla izol cijas kontroles iek rta), kas signaliz par nullsec bas sprīeguma par d šanos t kl . Signaliz cijas nostr des sprīegums – ap 0,15 no nomin l nullsec bas sprīeguma, laika aizture – ap 9 s.

6.4. Zemessl guma aizsardz bas j uzst da rekonstru jam s un jaunb v jam s sadalietais s, kas komplekt tas ar attiec g m aizsardz bas iek rt m. Kabe t klos t s str d uz atsl gšanu (lai izvair tos no divk ršiem zemessl gumiem), fiks boj to l niju un atvieglo zemessl guma vietas noteikšanu. Gaisvadu un jauktos gaisvadu – kabe u t klos ar nelielu kabe u patsvaru l nij zemessl guma aizsardz ba uz l nijas str d p c viena no š diem algoritmiem:

6.4.1. uz sign lu, ja uz l nijas nav zemessl guma str vas indikatori, un boj to l niju atst j darb zem sprīeguma, lai atrastu zemessl guma vietu p c p.6.5.2.;

6.4.2. uz atsl gšanu, ja uz l nijas ir pietiekoš skaits zemessl guma str vas indikatori (katr treš apakšstacij (a/st), a/st ar vair k k 2 vīdsprīeguma l nij m, k ar a/st ar vīdsprīeguma kompaktsadaln m) un l nijas boj to posmu nosaka p c indikatoru r d jumiem.

6.5. Ja l nija ar zemessl gumu paliek darb zem sprieguma, (skat. p.6.4.1. jeb l nij m nav uzst d tas zemessl guma aizsardz bas), tad boj to l niju un l nijas boj to posmu nosaka sekojoši:

6.5.1. L nij uzst da nullsec bas str vas indikatorus, kuru nostr di zemessl guma gad jum nodrošina slaic ga neutr les papildrezistora piesl gšana (kompens tas neutr les t kls ar papildrezistoru neutr l);

6.5.2. Kabe t klos boj to l niju nosaka ar p rnesamu augst ko harmoniku filtrinstrumentu, to nevilcinoties p c k rtas piesl dzot visu no sadalnes atejošo l niju nullsec bas str vmai iem (feranti). Boj t ir l nija ar liel ko augst ko harmoniku l meni. T l k t kl , kur nav uzst d ti nullsec bas str vmai i, lieto m rknabiles ar augst ko harmoniku l me a indikatoru. Boj t s l nijas boj tai f zei l dz zemessl guma vietai ir liel ks augst ko harmoniku l menis. Ja t kla kompak tiek rtu gabar ti apgr tina darbu ar m rknabl m, savlaic gi j uzst da indikatoru vai kabe u nullsec bas str vmai i;

6.5.3. Gaisvadu l nij s lieto p rnesamu zemessl guma virziena uzr d t ju, kas nosaka augst ko harmoniku l meni l nijas nullsec bas str v ;

6.5.4. Nerekomend t kla boj to posmu noteikt p c k rtas atsl dzot vidsprieguma l nijas.

6.6. Izol tas vai kompens tas neutr les t klos j p rbauda kabe u met la apvalku un ekr nu termisk iztur ba uz divk ršo zemessl gumu apr ina str vu, par kuru uzskata 0,9 no maksim l s divf žu ssl guma str vas.

6.7. Mazrezist vas neutr les t kl l niju ar zemessl gumu (zemes ssl gumu) j atsl dz iesp jami tri, bet selekt vi, lai sam r liel zemes ssl guma str va nerad tu kabe u met la apvalkiem (ekr niem) termisk s iztur bas probl mas.

6.8. Mazrezist vas neutr les t kl zemessl guma aizsardz bai rekomend lietot nevirz tas darb bas nullsec bas str vas aizsardz bas. Aizsardz bas nostr des str va j atregul no l nijas visliel k s kapacitat v s zemessl guma str vas apl ses rež m (t kla remonta vai p cav rijas rež ms ar visliel ko l nijas garumu), iev rojot zemessl guma p rejas procesa str vas. Š das aizsardz bas nostr des str va nav j atregul no l nijas slodzes str vas.

6.9. Zemessl guma relejaizsardz bas j uzst da uz katras l nijas t s aizsardz bai, uz t klu barojoš 110 kV transformatora pret zemessl gumu apakštacijas vidsprieguma kop u zon un uz blok ar barojošo transformatoru piesl gto neutr les transformatoru ar rezistoru to aizsardz bai. Rekomend š s daudzpak pju aizsardz bas papildin t ar:

6.9.1. moment n s darb bas pak pi ar nostr des str vu robež s 1200 -1500 A pret divk ršiem zemessl gumiem;

6.9.2. uz atejoš m l nij m – pak pi pret intermit jošu loku , kas summ loka degšanas laikus un atsl dz l niju, ja š summa noteikt period p rsniedz iestat to v rt bu.

6.10. Barojošam transformatoram j uzst da diferenci l aizsardz ba ar speci lu funkciju, kas str d uz nullsec bas str vu starp bu caur neitr les rezistoru un transformatora pievienojumu vidsprieguma kopn m. Speci l funkcija blo transformatora diferenci lo aizsardz bu, ja zemessl gums ir t kl , bet atsl dz transformatoru, ja zemessl gums ir t zon .

6.11. Boj juma vietas noteikšanai p c boj t s l nijas atsl gšan s t kl j uzst da nullsec bas str vas indikatoru (p.6.4.2.), kuru nostr des str va ir maz ka par l niju zemessl guma aizsardz bu nostr des str vu ar autom tisku atgriešanos p c noteikta laika vai sprieguma atjaunošan s l nij .

6.12. Ja blakus mazrezist vas neitr les t klam ir kompens tas neitr les t kls, tad indikatoru j uzst da taj kompens ta t kla da , kas var tikt piesl gta mazrezist vas neitr les t klam.

6.13. Uz operat vo p rsl gumu laiku var slaic gi (ne ilg k par 0,5 h) sasl gt paral li vidsprieguma t klus ar vien diem vai daž diem neitr les rež miem, ja iev rots p.6.10.

7. Pieskarspriegumu, zemētāju izplūdpresetību un zemējumietaišu pilno pretestību vērtību normēšana

7.1. Zemessl guma gad jum transformatoru apakšstacij apl ses pieskarspriegums nedr kst p rsniegt pie aujamo v rt bu, kas ir atkar ga no zemessl guma ilguma (7.3. att.)[4]. Šo noteikumu apr inu ce var p rbaud t, apr inot potenci lu uz zem jumietais zemessl guma laik . Pieskarsprieguma v rt ba oblig ti j p rbauda mazrezist vas neitr les t kl pils tas nomal s, kur kop j zem juma sist ma var b t v ja un barojoš vidsprieguma l nij ir gaisvadu posmi.

7.2. Pieskarsprieguma iespaida samazin šanai rekomend zem jumietais ievada zem izol šanu cilv ka auguma augstum un izl dzin šanas kont ra izb vi ap ievadu zem (potenci lu izl dzin šanas sist ma p c LEK048 [2]).

7.3. Zemes potenci la pieaugumu UE uz zem jumietais zemessl guma laik (zem t jspriegumu) 10-20/0,4 kV apakšstacijas zon nosaka p c 7.1. un 7.2. att.

7.4. Zem t ja izpl dpretest ba vidsprieguma elektroiek rt s nedr kst p rsniegt 10 Omus, ja š zem jumietaise kalpo ar elektrot klam l dz 1kV, tad t s piln pretest ba, ieskaitot dab gos zem t jus, nedr kst p rsniegt 4 Omus 400/230 V t klam un 8 Omus 230/140 V t klam.

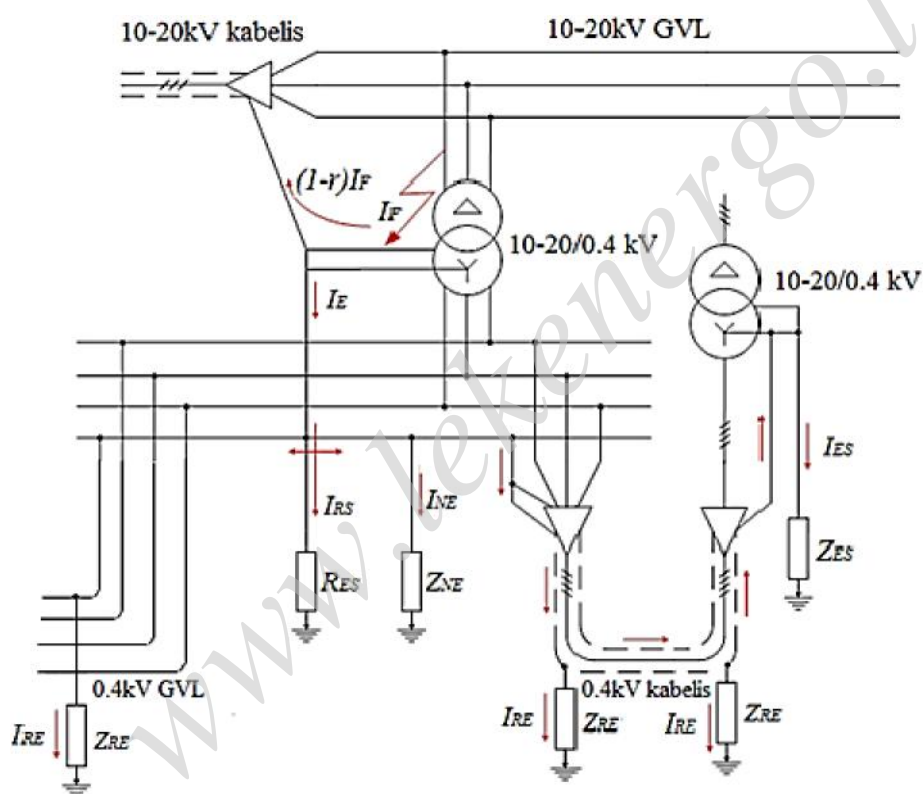
7.5. Ja vidsprieguma transformatoru apakšstacij uzst da 2 neatkar gas zem jumietais, tad elektrot kla l dz 1 kV zem jumietais piln pretest ba nedr kst p rsniegt 4 Omus 400/230 V t klam un 8 Omus 230/140 V t klam.

7.6. Elektrot kla l dz 1 kV PEN vadu katra atk rtot zem t ja izpl dpretest ba nedr kst p rsniegt 30 400/230 V t klam un 60 230/140 V t klam. Katras gaisvadu

Irijas līdz 1 kV atkrīt uz zemi kopējā pretestība (ieskaitot dabiskos zemes punktus) nedrīkst pārsniegt 10–400/230 V tīklam un 20–230/127 V tīklam.

7.7. Pieskārsprieguma aprīnām zemeslīguma gadījumā kompensācijas neitralizācijas sekcijās jānodrošina uzstādīšanas zonā aplēses strāvu var izvēlēties nevis pie visiem atslēgtiem kompensācijas reaktoriem (Tabula 5.1.), bet ievrojot „n-1” nosacījumu, tikai ar vienu (lielākās jaudas) atslēgtu kompensācijas reaktoru, ja:

- izpildīts p.5.2.9.;
- sekcijās jānodrošina zemeslīguma neapmierinošs elektrotīkams līdz 1 kV;
- vidsprieguma tīkla kapacitīvā (aplēses) zemeslīguma strāva aplēses režīmā nepārsniedz 40A.



7.1. att. Strāvas, spriegumi un pretestības zemeslīguma gadījumā sadales transformatora zonā

kur

I_F - zemeslīguma (ZS) strāva;

I_E - strāva zemeslīguma ;

R - samazinājuma koeficients;

I_{RS} - ZS strāvas daļa caur zemi;

I_{ES} - ZS str vas da a caur galvaniski saist t blakus esoš sadales transformatora zem jumietaisi;

I_{RE} - ZS str vas da a caur galvaniski saist to atk rtoto zem t ju;

R_{ES} - zem t ja izpl dpretest ba;

Z_{ES} - galvaniski saist t blakus esoš sadales transformatora zem jumietaisies piln pretest ba;

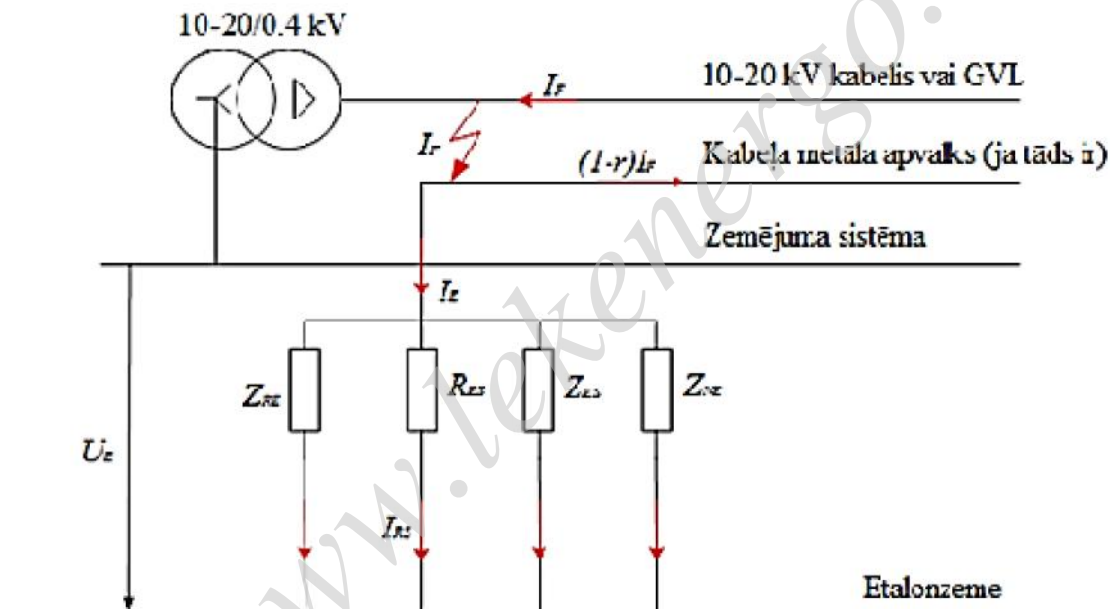
Z_{RE} - galvaniski saist t atk rtot zem t ja piln pretest ba;

n - blakus esošo galvaniski saist to sadales transformatoru skaits;

m - galvaniski saist to atk rtoto zem t ju skaits;

I_{NE} - ZS str vas da a caur TA dabiskiem zem t jiem;

Z_{NE} - TA dabisko zem t ju piln pretest ba.



$$I_E = r \cdot I_F$$

$$U_E = I_E \cdot Z_E$$

$$Z_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + \frac{1}{Z_{NE}} + \sum^n \frac{1}{Z_{ES}} + \sum^m \frac{1}{Z_{RE}}}$$

7.2. att ls. Aizvietošanas sh ma zemessl guma gad jum sadales transformatora zon

kur

U_E - zem t jspriegums (potenci la pieaugums uz zem jumietaisies)

Z_E - zem jumietais piln pretest ba

U_{TP} - pie aujamais pieskarspriegums

Pieskarspriegums sadales transformatoru apakšstacij ir pie aujams, ja izpild s noteikums

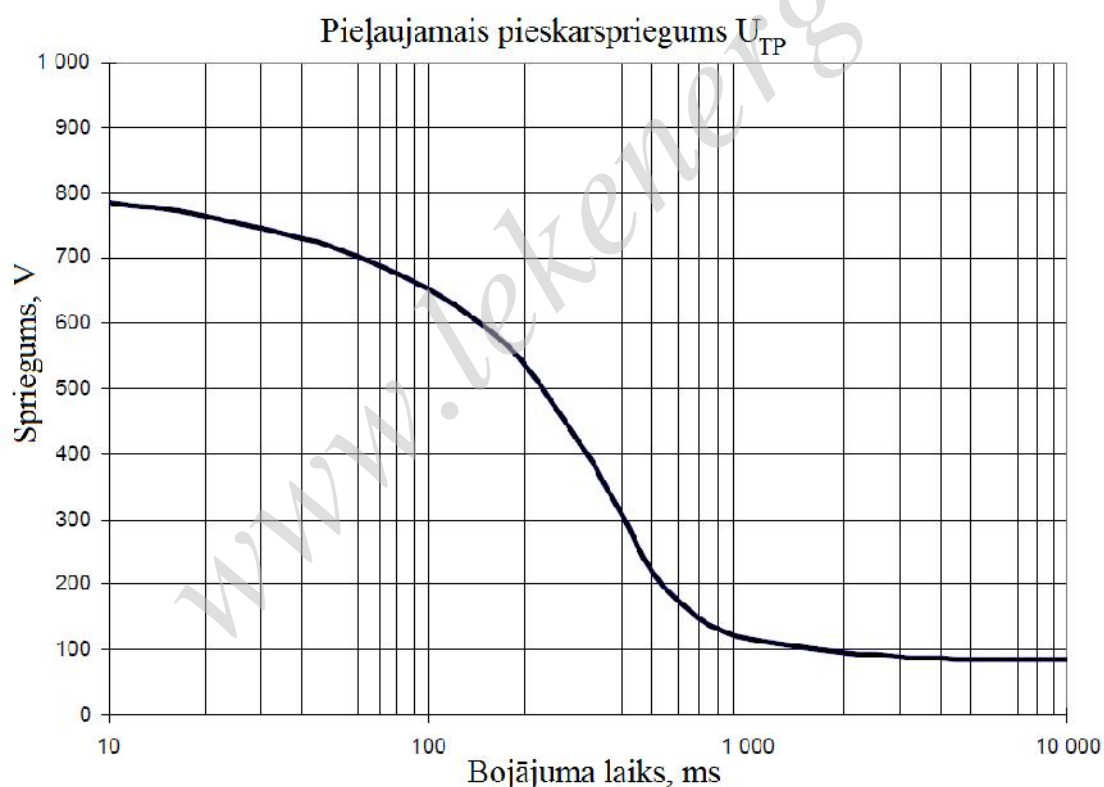
$$U_E < 2U_{TP},$$

kur

U_{TP} – pieskarsprieguma pie aujam v rt ba (7.3. att.).

Ja pieskarsprieguma samazin šanai vidsprieguma sadalietais un zem jumietais lietoti speci li pas kumi M , kas aprakst ti standarta LVS EN 50522:2011 pielikum E , tad pieskarspriegums ir pie aujams, ja izpild s noteikums

$$U_E < 4U_{TP}$$



Piez me: L k ne attiecas uz zemessl gumiem augstsprieguma (vidsprieguma) sist m s. Ja str va pl st ilg k par 10 s, pie aujam sprieguma v rt ba U_{TP} ir 80V.

7.3. att ls. Pie aujamais pieskarspriegums atkar b no boj juma laika

7.8. Apl ses str va un samazin juma koeficients

Tabula 7.1.

Apl ses str vas zem šanas sist mas un pieskarsprieguma apr inam

Izol tas neutr les t kls	$I_E = r \cdot I_C$
Kompens tas neutr les t kls ar kompens cijas reaktoriem	$I_E = r \cdot \sqrt{I_L^2 + I_{RES}^2}$
Mazrezist vas neutr les t kls ar neutr les zem jumu	$I_E = r \cdot I''_{k1}$

kur

 I_C - kapacitat v zemessl guma str va; I_{RES} - zemessl guma paliekoš str va. Ja t s akt v s komponentes prec za v rt ba nav zin ma, var pie emt $0,1I_C$. Ja kompens cija nav prec za, j iev ro ar paliekoš s str vas indukt v /kapacitat v komponente; I_L - iek rtas visu zem t jreaktoru nomin lo str vu summa; I''_{k1} - vienf zes zemessl guma str vas periodisk s komponentes s kuma v rt ba elektroiek rt .

Tabula 7.2.

Samazin juma koeficienta $r = \frac{I_E}{I_F}$ v rt bu diapazoni 10-20kV SA barojoš m l nij m*

Vad t js	r
Tr sf žu gaisvadu l nijas bez zem juma vada	1
E as-pap ra izol cijas vara kabe i ar svina apvalku	0.2-0.6
E as-pap ra izol cijas alum nija kabe i ar alum nija apvalku	0.2-0.3
Tr sf žu vienvada XLPE kabe i ar p tu vara ekr nu	0.5-0.6

Piez me*: LVS EN50522:2011, Pielikums I [4]

Ta u zem jumetaises spriegumu un izpl dpretest bas apr inu metodik [5] izmantotas samazin juma koeficienta r vid j s v rt bas. T ds vienk ršojums tikai nedaudz samazina apr ina preciziti, jo LVS EN50522 standart r v rt bas dotas tikai dažiem vidsprieguma kabe u tipiēm pie kam ar plašu izkliedi.

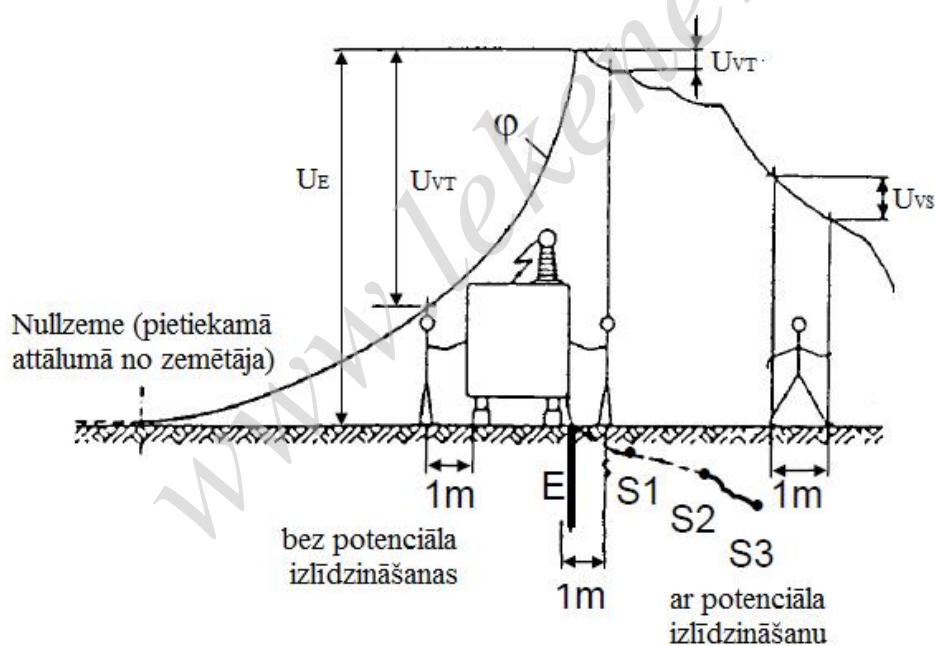
Pielikums 1

Aprēķinu metodika „Pieskarsprieguma un pieļaujamās zemējuma kontūra izplūdpresetības noteikšana vīdsprieguma tīklā ar izolētu, kompensētu vai mazrezistīvu zemētu neitrāli”

1. Problēmas nostādne

Pieskarsprieguma un zemējuma kontūra (zemtāja) pieaugums izplūdpresetības noteikšana paredzta energostandarta LEK 136 p.c vīdsprieguma tīkla neitrāles darba režīma izvēles, lai pārbaudītu tīkla pieaugumu p.c minētajiem parametriem.

Pieskarsprieguma (P1.1. att.) vrtību nosaka elektroiekārtas zemējumtālais presetība, kuras sastāvdaļas ir zemtāja izplūdpresetība, kā arī zemslēguma (ZS) strāvas vrtība caur zemējumtāisi un tīklsplūšanas ilgums. Savukārt ZS strāva atkarīga no vīdsprieguma tīkla neitrāles darba režīma, un tīklsplūšana caur zemējumtāisi atkarīga no tīklsplūšanas. Piemēram, vīdsprieguma kābetīkls gadījumā atširb no gaisvadu tīklslielā daļā no ZS strāvas neplūst caur zemējumtāisi, bet atgriežas barošanas centrā pa vīdsprieguma kābelnīju metāla apvalkiem (kābeliem ar plastmasas izolāciju - ptais vara vai alumīnija ekrāns vai centrālais vads, vecajiem ekrān kābeliem - tērauda bruā, svina bruā), kas ievrojami samazina pieskarspriegumu.



P1.1. att. Zemes virsmas potenciāla sadalījums un pieskarspriegumi, zemslēguma strāva vai plūst caur zemtāju: E – zemtājs; $S1, S2, S3$ – zemējuma elektrodi potenciāla izlīdzināšanai, savienoti ar zemtāju E ; U_E – zemes virsmas potenciāls; U_E – zemtājspriegums; U_{VT} – aplēses pieskarspriegums

Pieskarsprieguma vrtību nosaka un tīklsplūšanu pieaugumu novērt p.c energostandarta LEK 136 un valsts standarta LVS EN 50522:2011 norādījumiem, no

kuriem galvenie, iev rojot Latvijas vīdsprieguma t klu ekspluat cijas pieredzi, ir sekojoši:

1.1. Apl ses ZS str va pieskarsprieguma apr inam atkar ga no t kla izv l t neutr les darba rež ma, skat. Tabulu 5.1. LEK 136. J piez m , ka kompens tas neutr les t klam apl ses ZS str vu izv las pie viena atsl gta lokdz ses zem t jreaktora (p c jaudas liel k), ta u t nenokompens t ZS str vas kapacitat v komponente ndr kst p rsniegt 40 A v rt bu. Iesp jamie pas kumi apl ses ZS str vas samazin šanai ir papildus treš zem t jreaktora izb ve a/st, esošo zem t jreaktoru nomin la palielin šana un lok l s kompens cijas sist mas ieviešana t kl . Pie aujamo pieskarspriegumu palielina trdarb gas ZS relejaizsardz bas izmantošana.

1.2. Pieskarspriegums ndr kst p rsniegt pie aujamo v rt bu, kas atkar b no ZS ilguma dota energostandarta LEK 136 7.3. att.

1.3. Pieskarsprieguma pie aujam bu nov rt netieši, p c p rbaudes algoritma (metodikas P2.3. att.) apr inot spriegumu uz zem jumietaises.

1.4. Pieskarsprieguma pie aujam bas p rbaudei j zin zem jumietaises zem t ja izpl dpretest ba k ar p r jo galvaniski saist to zem t ju (atk rtoto zem t ju, blakusesošo sadales transformatoru apakšstaciju zem jumietaišu u.c.) pretest bas.

1.5. Pret ju uzdevumu – zem jumietaises zem t ja pie aujam s izpl dpretest bas noteikšanu veic pie dotas pieskarsprieguma pie aujam s v rt bas.

1.6. Apr inu metodik lietotie termini, to defin cijas un ang u valodas ekvivalenti doti energostandarta LEK 136 3.noda , daži metodik vajadz gie papildtermini, apr inu parametri un to burtu apz m jumi doti šaj metodik , Tabul P3.1.. Metodik lietotie terminu un parametru burtu apz m jumi unifik cijas d izmantoti valsts standarta LVS EN 50522:2011.

1.7. Zem jumietaišu un zem t ju piln m un izpl dpretest b m, ieskaitot dabiskos zem t jus, ir izteikti akt vs raksturs pie nomin l s t kla frekvences 50 Hz. Tas auj zem jumu apr inus vienk ršot un veikt ar pretest bu modu iem, atsakoties no kompleks s formas.

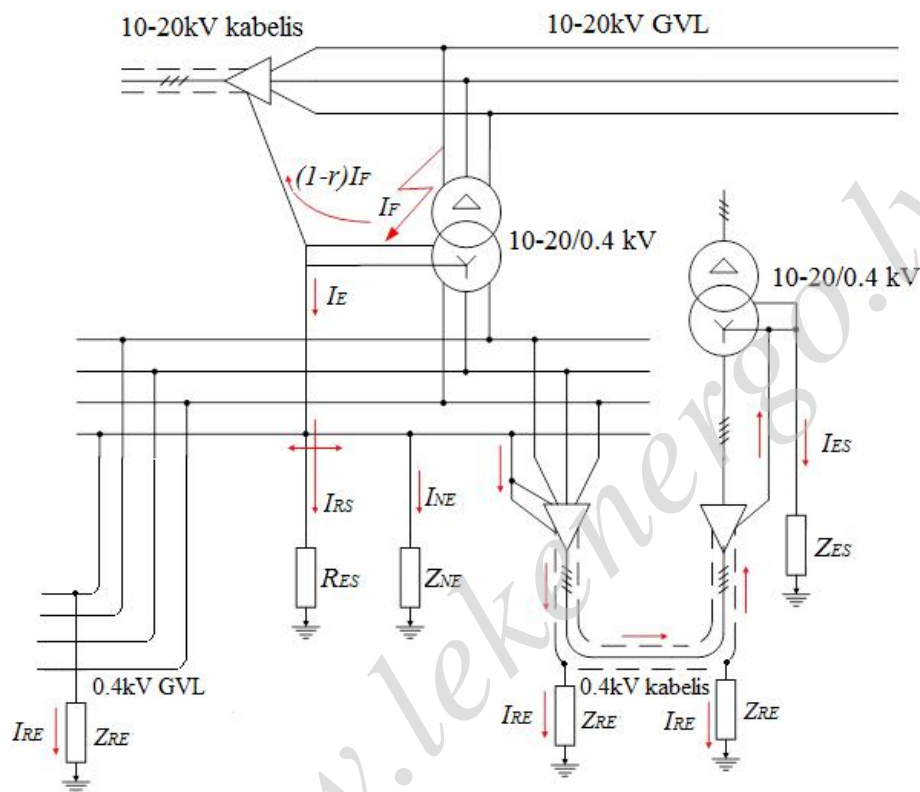
1.8. Apr in neiev ro atejošo 0,4 kV l niju PEN vadu un kabe u met la apvalku pretest bas. Iev ro tikai blakus esošo elektroiek rtu (piem ram, sadales transformatoru apakšstaciju (TA)) zem jumietaišu piln s pretest bas, kas ietver ar t l kesošo elektroiek rtu galvaniski saist t s zem jumietaises.

1.9. Sadales TA dabisko zem t ju pilno pretest bu ZNE nevar apr in t, t pirms apr iniem j izm ra.

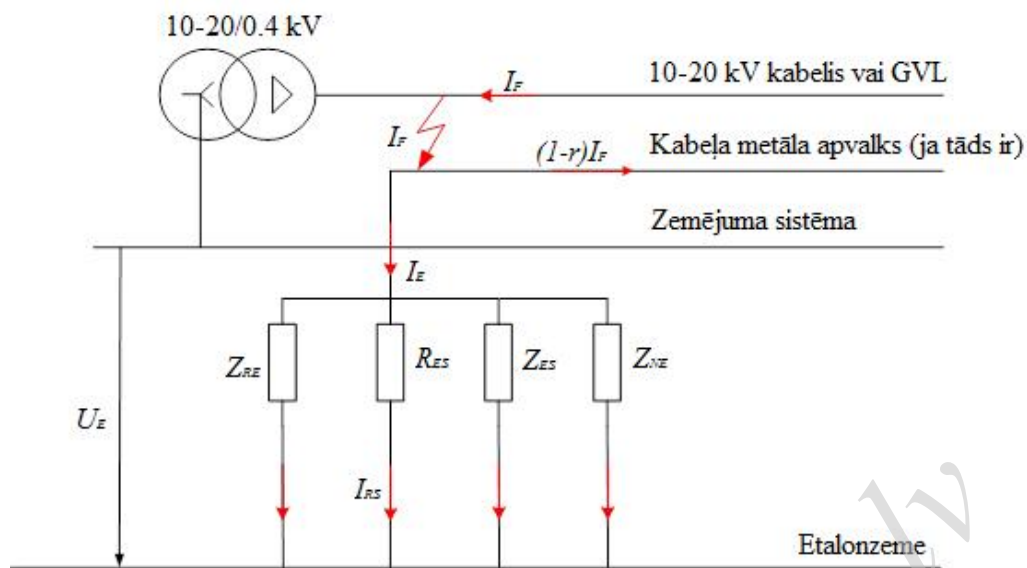
1.10. Metodik izmantotas samazin juma koeficienta r vid j s v rt bas, kas konkr tam vad t ja tipam šaj metodik dotas neatkar gi no vīdsprieguma kabe a un t met la apvalka š rsgriezuma (Tabula P2.1.). T ds vienk ršojums tikai nedaudz samazina apr ina precizit ti, jo LVS EN 50522 standart r v rt bas dotas tikai dažiem vīdsprieguma kabe u tipiēm pie kam ar plašu izkliedi (LVS EN 50522 Pielikums 1). Vīdsprieguma sh mas ietekmi uz koeficientu r ne em v r , jo

iespjamie paralīlie atpaka ceī zemslguma strvai samazina pieskarspriegumu, t.i., rezervaprīnu.

2. Strāvu sadalījums zemesslguma gadījumā sadales transformatora zonā un aizvietošanas shēma



P2.1. att. l. Strāvas, spriegumi un pretestības zemesslguma gadījumā sadales transformatora zemējumietaisē zonā. Shēmā lietotie elektriskie parametri un to burtu apzīmējumi doti Tabulā P3.1.



kur

$$I_E = r \cdot I_F$$

$$U_E = I_E \cdot Z_E$$

$$Z_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + \frac{1}{Z_{NE}} + \sum^n \frac{1}{Z_{ES}} + \sum^m \frac{1}{Z_{RE}}}$$

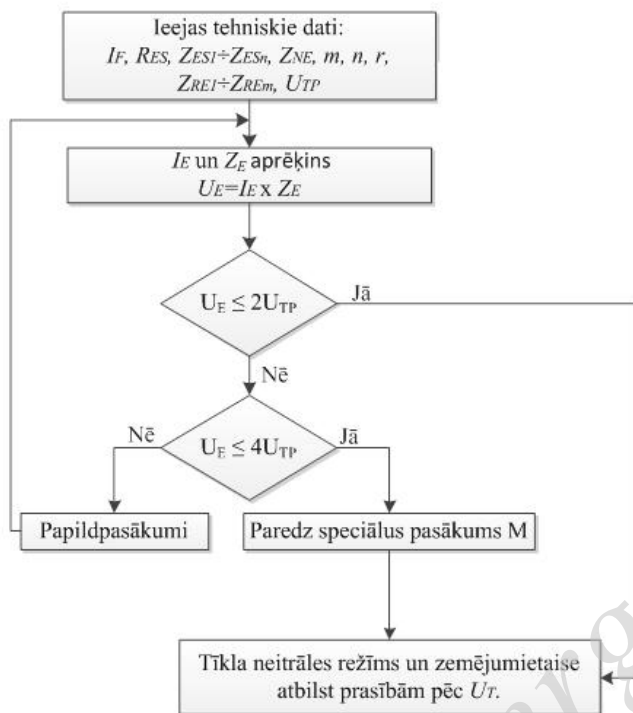
P2.2. att. Is. Aizvietošanas shēma zemslēguma gadījumā sadales transformatora zemējuma sistēmās. Shēma un formulas lietotie elektriskie parametri un to burtu apzīmējumi doti Tabulā P3.1.

Tabula P2.1.

Samazinājuma koeficienta vidējās vērtības:

$$r = \frac{I_E}{I_F}$$

10-20kV TA barojošā līnija	r
Alumīnija, vara vai tērauda GVL 50...120mm ²	1
Eiropas papraizolācijas kabelis ar svina apvalku	0.4
Viendzslas XLPE kabelis ar pto vara ekrānu	0.55
Eiropas papraizolācijas kabelis ar alumīnija apvalku	0.25



Piezīme: Samazinājuma koeficients r dots Tabulā P2.1., Tīkla neitrāles režīmam atbilstošais I_E dots LEK 136 Tabulā 5.1., U_{TP} dots LEK 136 7.3.att., U_E un Z_E aprēķināšanas formulas dotas P2.2. att.

P2.3. att. Ie. Pieskarsprieguma un sadales TA zemējumietaisē pārbaudes algoritms

3. Metodikā lietotie parametri un to burtu apzīmējumi

Tabula P3.1.

Metodikā lietotie parametri un to burtu apzīmējumi

Parametrs latviski	Parametrs angliiski	Apzīmējums
Potenciāla pieaugums uz zemi jumietais - zemtjspriegums	Earth potential rise	U_E
Zemessluga strāva	Earth fault current	I_F
Strāva zemi jumietais	Current to earth	I_E
Samazinājuma koeficients	Reduction factor	r
Strāvas daļa caur zemi tju	Current via the mesh earth electrode	I_{RS}
Strāvas daļa caur galvaniski saistīti blakus esoš transformatora zemi jumietais	Current via the next transformer earthing system	I_{ES}
Strāvas daļa caur galvaniski saistīto atkārtoto zemi tju	Current via the repeated earth electrode	I_{RE}
Zemi jumietais pilnpretestība	Earthing system impedance to earth	Z_E
Zemtja izplūdepretestība	Resistance to earth of earth electrode	R_{ES}
Galvaniski saistīti blakus esoš transformatora zemi jumietais pilnpretestība	Impedance of next transformer earthing system	Z_{ES}
Galvaniski saistīti atkārtoto zemi tja pilnpretestība	Repeated earth electrode impedance	Z_{RE}
Blakus esošo galvaniski saistīto transformatoru skaits	Number of the next transformers	n
Galvaniski saistīto atkārtoto zemi tju skaits	Number of the repeated earthing electrode	m
Zemessluga strāvas daļa caur TA dabiskiem zemi tjiem	Current via the natural earthing of substation	I_{NE}
TA dabisko zemi tju pilnpretestība	Impedance of natural earthing of substation	Z_{NE}
Pieļaujamais pieskarspriegums	Permissible touch voltage	U_{TP}

Apl ses pieskarspriegums	Prospective touch voltage	U_{VT}
Pieskarspriegums (efekt vais)	Effective touch voltage	U_T
Elektrot kla kapacitat v zemessl guma str va (apr in t vai izm r t)	Capacitive earth fault current	I_C
Zemessl guma paliekoš s str vas akt v komponente kompens t t kl	Earth fault residual current	I_{RES}
Zemessl guma apl ses str vas reakt v komponente I_L , (defic ts l dz pilnai kompens cijai, atsl dzot vienu reaktoru)	Reactive component I_L of relevant current for calculation of earth potential rise	$I_L \ 40A$
Vienf zes zemessl guma str vas periodisk s komponentes s kuma v rt ba elektroiek rt (mazrezist va neitr le)	Initial symmetrical short-circuit current for a line-to-earth short-circuit (low resistance neutral earthing)	I'_{K1}
Zem ts vads, kas veic gan aizsargvada, gan neitr lvada funkcijas	Protective earthing conductor, PEN conductor	PEN

4. Pieskarsprieguma samazināšanas pasākumi

4.1. Speciālie pasākumi M (LVS EN 50522 Pielikums E [4])

Tabula P4.1.

Speci lo pas kumu M lietošanas noteikumi

Boj juma laiks t_f	Zem t jspriegums U_E	r j s sienas un žogi ap elektroiek rtu	Elektroiek rtas iekšpus	
			Iekštelpu elektroiek rtas	rtelpu elektroiek rtas
$t_f > 5s$	$U_E \ 4U_{TP}$	M1 vai M2	M3	M4.1 vai M4.2
$t_f \leq 5s$	$U_E \ 4U_{TP}$	M1 vai M2	M3	M4.2

M1: Speci li pas kumi ku r j m sien m un žogiem ap iekštelpu elektroiek rt m. Viens no speci liem pas kumiem M1.1 l dz M1.3 var tikt lietots k aizsardz ba pret pieskarspriegumu, pieskaroties sien m un žogiem no rpuses.

M1.1: Struvu nevadoša materiāla lietošana ārējā sienā (piemram, mris vai koks) un izvairīšanās no iezemtām metālām, kam var pieskarties no rpusēs.

M1.2: Potenciāla izlīdzināšana ar horizontāliem zemjumelektrodiem, kas savienoti ar zemi jū E, apmēram 1m attālumā no ārējās sienas, maksimāli 0.5m dziļumā.

M1.3: Operatīvās apkalpes vietas izolācija. Izolācijas materiāla kljumam jābūt pietiekami liels, lai nevarētu ar roku pieskarties zemtām vadošām daļām rpus izolācijas materiāla kljuma. Ja pieskaršanās iespējama tikai no sīniem, izolācijas materiāla platums var nepārsniegt 1.25m. Kā pamatlīdzeklis personāla aizsardzībai pret pieskarspriegumu ir dielektrisko cimdu izmantošana. Kā papildlīdzekļi darba vietas izolācijai var tikt izmantoti izolējoši pakljiņš, sadrupinātā akmeņi vai grants slānis operatīvās apkalpes vietā.

M2: Speciālie pasākumi žogiem ap rtelpu elektroiekārtām.

Viens no speciālajiem pasākumiem M2.1 līdz M2.3 var tikt lietots kā aizsardzība pret pieskarspriegumu. Pasākums M2.4 paredz tās caur žogiem veidoto izeju aizsardzību.

M.2.1: Žogu veido no struvu nevadoša materiāla, vai struvu vadošu materiālu pārklāj ar plastmasu.

M.2.2: Ja žogs ir no struvu vadoša materiāla, potenciālu pieeļņas elektroietais izlīdzina ar horizontāliem zemjumelektrodiem (gabariti kā M1.2) ar savienojumu ar žogu vai bez tā (skat. M2.4.)

M.2.3: Apkalpes vietas izolāciju izveido kā norādīts M1.3 un žoga zemjumu izveido pēc standarta LVS EN 50522 Pielikuma G vai savieno ar zemi jumietaisi.

M.2.4: Ja ieeja (vārti) žogā ap elektroietaisi ir savienoti tieši ar zemi jumietaisi vai caur kābeļu metālāpvalkiem u.tml., tad apkalpes vietas pieeļņas elektroietaisi izolē kā norādīts M1.3 vai lieto potenciāla izlīdzināšanu.

M3: Speciālie pasākumi iekštelpu elektroiekārtās. Jālieto viens no pasākumiem M3.1 līdz M3.3.

M3.1: Potenciālu izlīdzināšana ar tīklveidā zemjumelektrodu ieguldīšanu kā pamatos, ko savieno ar zemi jumietaisi vismaz divos atsevišķos punktos. Pārbauda dzelzsbetona metālādu strūvas caurlaides spāju. Var lietot arī metālāpakljus, savienotus ar zemi jumietaisi vismaz divos punktos. Esošās kās var lietot ar horizontālus zemjumelektrodus pie ārējās sienas, kas savienoti ar zemi jumietaisi.

M3.2: Apkalpes vietas ar metālāpakljiem jāpievieno pie zemi elektroiekārtu metālām, kam var pieskarties apkalpes procesā.

M3.3: Apkalpes vietas izolāšanu veic atbilstoši M1.3.

M4: Speciālie pasākumi rtelpu elektroiekārtās.

M4.1: Apkalpes vietas potenciālu izlīdzina ar horizontālu zemjumelektrodu, kam pievienotas visas zemi tās daļas, kurām var pieskarties no apkalpes vietas. Tā vietā

var lietot met la t klu vai pl ksni, kas savienota ar no apkalpes vietas sasniedzam m met la da m, k ar apkalpes vietas izol šanu atbilstoši M1.3.

M4.2: Ierok horizont lu zem jumelektrodu, kas aptver visu zem jumietaisi. T s iekšpus ierok t klveida horizont lus elektrodus ar noteikta izm ra „ac m”.

4.2. Papildpasākumi, lai UE vērtību pieļautu līdz 4UTP

Lai š d gad jum nodrošin tu pieskarspriegumu maz ku par pie aujamo v rt bu, j pastiprina zem jumietaise vai j samazina str va zem jumietais , piem ram, palielinot vertik lo zem jumelektrodu skaitu vai garumu, vidsprieguma gaisvadu l nijai uzst da ceturto vadu, gaisvadu l nijas viet izb v jot kabe l niyu, u.tml. P c tam atk rto pieskarsprieguma p rbaudi.

5. Pieskarsprieguma pārbaudes un zemētāja izplūdpresetības aprēķina piemēri

5.1. Piemērs pieskarsprieguma aprēķinam 20kV kompensētas neitrāles tīklā

Uzdevums:

Apr in t pieskarspriegumu 20/0.4kV apakšstacij ar diviem sadales transformatoriem, kas piesl gta 20kV kabe t klam (a) un jauktam kabe u- gaisvadu t klam (b) ar kompens tu neitr li un nov rt t t pie aujam bu vienf zes zemessl guma gad jum 20kV apakšstacijas apkalpes zon . 110 kV apakšstacij ir uzst d ti divi 75A lokdz ses reaktori pa vienam uz katras sekcijas. T kla kapacitat v zemessl guma str va $I_C=140A$.

Apr ina rež ms – viens transformators un viens no lokdz ses reaktoriem barojoš apakšstacij atsl gts un abas 20 kV sekcijas str d paral li.

Izejas dati:

(skat. apakšstacijas sh mu P2.1. att. un zemessl guma aizvietošanas sh mu P2.2. att.):

- zemessl guma apl ses str va apakšstacij :

$$I_F = \sqrt{I_L^2 + I_{RES}^2} = \sqrt{40^2 + (0.1 \cdot 140)^2} = 42.4A ;$$

$$I_L=40 A \text{ (skat. Tabulu P3.1.)}$$

- apakšstacijas zem t ja izpl dpretest ba $R_{ES}=4 \ ;$
- apakšstacija savienota ar div m cit m apakšstacij m ar 0.4kV kabe iem. Šo apakšstaciju zem jumietaišu piln s pretest bas Z_{ES} katra ir $4 \ ;$

- aprīnu veic diviem gadījumiem:
 - (a) gadījums: zemesslūguma strāvas samazinājuma koeficients caur zemējumiem $r=0.25$ (20kV alumīnija kabētu klāšanai ar Al apvalkiem);
 - (b) gadījums: zemesslūguma strāvas samazinājuma koeficients caur zemējumiem $r=1$ (tiek izmantoti 20kV gaisvadu līniju posmi);
- pieļaujamā pieskārsprieguma vērtība $U_{TP}=80V$ (ilgstošā režīmā, skat. LEK 136 7.3. att.);
- neņem vērā dabīgās zemes, kas samazina kopīgās zemes potenciāla un pieskārspriegumu (ir rezerve);
- katrā atkrīt zemes tīklā izplūst pretēji 0.4kV tīklā ir $Z_{RE}=30$ (no TA atiet sešas 0.4kV līnijas ar 5 atkrītējiem zemes tīkliem katrā, kopā tas ir $m = 6 \cdot 5 = 30$ gab.).

Aprēķins:

1. Apakšstacijas zemes potenciāla pilnā pretējā:

$$Z_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + 2 \cdot \frac{1}{Z_{ES}} + 5 \cdot 6 \cdot \frac{1}{Z_{RE}}} = \frac{1}{\frac{1}{4} + 2 \cdot \frac{1}{4} + 5 \cdot 6 \cdot \frac{1}{30}} = 0.57 \Omega$$

2. Zemesslūguma strāva caur zemējumiem:

(a) gadījums: $I_E = r \cdot I_F = 0.2 \cdot 42.4 = 8.48A$

(b) gadījums: $I_E = r \cdot I_F = 1 \cdot 42.4 = 42.4A$

3. Zemes tīklspriegums:

(a) gadījums: $U_E = I_E \cdot Z_E = 8.48 \cdot 0.57 = 4.83V$

(b) gadījums: $U_E = I_E \cdot Z_E = 42.4 \cdot 0.57 = 24.17V$

Ja 20 kV tīklā nav uzstādīts trešais lokažsēdes reaktors jeb izkliegtā kompensācija, tad var pieņemt $I_L = I_{nom}=65A$ (darbā palikušo reaktoru noslogo pilnīgi). Atkrītējot iepriekš doto aprēķinu (a) gadījumā, iegūstam $I_F=66.5A$, $I_E=13.3A$ un zemes tīklspriegums palielinās līdz $U_E=7.6V$.

4. Pieskarsprieguma vrtība nepārsniedz pieļaujamo $U_{TP}=80V$, jo izpilds noteikums (P2.3. att.):

$$U_E < 2U_{TP}$$

(a) gadījums: $4.83V < 2 \cdot 80 = 160V$; $7,6 < 160V$;

(b) gadījums: $24.17V < 2 \cdot 80 = 160V$

5.2. Piemērs pieskarsprieguma aprēķinam 20kV gaisvadu tīkla sekcionējošā atdalītāja apkalpes zonā

Uzdevums:

Aprēķināt pieskarspriegumu ZS gadījumā sekcionējošā atdalītāja apkalpes zonā kompensētas neitrāles 20kV gaisvadu tīklā un novērtēt to pieļaujamību. Normālā režīmā 20kV tīklā baro divtransformatoru 110 kV apakšstacija, starp kurām abām 20kV sekcijām sekcijslodzi normālā darba režīmā atrodas atslēgti. 20kV tīkla kapacitīvā ZS strāva $I_C=200A$ un ir uzstādīti divi lokdzes reaktori ar $2I_{LR}=2 \cdot 140A$ strāvu pa vienam uz katras sekcijas. Tīklā uzstādīti sekcionējoši atdalītāji.

20kV līnijām ar sekcionējošiem atdalītājiem papildus tradicionālām ZS relejaizsardzības uzstādītās momentnās darbības neselektīvās ZS relejaizsardzības, ko automātiski ieslēdz apakšstacijas vientransformatora režīmā ar ieslēgtu 20kV sekcijslodzi un vienu atslēgtu lokdzes reaktoru.

Pieskarspriegumu aprēķina aplēses režīmā: apakšstacijas darbs ar vienu transformatoru, ieslēgtu 20kV sekcijslodzi un vienu atslēgtu lokdzes reaktoru (p.7.7 [1]).

Izejas dati:

- atdalītāja zemjumietais pilnpretestības Z_E ir 10Ω , zemjumietais nav saistīts ar zemsprieguma tīklu;
- ZS pilns atslēgšanas laiks ir $0.15s$, kam atbilst pieļaujamais pieskarspriegums $U_{TP}=570V$ (7.3. att. LEK 136).

Aprēķins:

1. ZS aplēses strāva caur zemjumietaisi, ja ieslēgti tikai viens zemtjreaktors (paliekošās strāvas reaktīvā un aktīvā komponente):

$$I_E = I_F = \sqrt{(200-140)^2 + (0.1 \cdot 200)^2} = 63.2A$$

2. Spriegums uz zem jumietais:

$$U_E = I_E \cdot Z_E = 63.2 \cdot 10 = 632V$$

3. Pieskarspriegums nepārsniedz pieļaujamo vērtību $U_{TP}=570V$, jo izpildās:

$$U_E < 2U_{TP}$$

$$632V < 2 \cdot 570 = 1140V$$

Piezīme1: Ja nodrošina at auto paliekošs reaktīvās strāvas komponenti 40A (skat. Tabulu P3.1.), tad ZS aplēs strāva samazinās līdz 42,4 A, spriegums uz zem jumietais ZS gadījumā būs 424V un var uzstādīt nākas darbības relejaizsardzību ZS atslēgšanai (0.5s, kam atbilst $U_{TP}=210V$), t.i., var vienlaikus aizsardzību.

Piezīme2: Ja lieto speciālus pasākumus M, tad jāizpilda noteikums $U_E \leq 4U_{TP}$, kas atļauj palielināt pieļaujamo U_{TP} līdz $\frac{424}{4} = 106V$. Tad gadījumā ZS ilgums nedrīkst pārsniegt 1.5s.

5.3. Piemērs pieskarsprieguma aprēķinam 20 kV kompensētas neitrāles tīklā bez papildzemējumiem

Uzdevums:

Aprēķināt pieskarspriegumu zemslēguma gadījumā 20/0.4 kV TA 20 kV zonā. TA baro 20 kV GVL, kam ZA strāvas samazināšanas koeficients caur zem jumietaisi $r = 1$. Kompensētas neitrāles 20 kV jaudotāja kabes – gaisvadu tīkla kapacitīvās ZS strāvas ir 160 A, uzstādīti divi 100A lokdzēsēji reaktori. ZS aplēs režīms ir ar vienu atslēgtu lokdzēsēju reaktoru. TA zonā dabisko zemtāju un atkrāto zemtāju nav. TA zem jumietais pilnā pretēstā ir $Z_E = Z_{ES} = 4 \Omega$, ieskaitot zemtāja izplūdi pretēstā. Novērtēt pieskarsprieguma pieļaujamo ZS gadījumā.

Aprēķins:

1. Aplēs zemslēguma strāva caur zem jumietaisi, ja ieslēgts tikai viens lokdzēsējs reaktors (paliekošs strāvas reaktīvā un aktīvā komponente):

$$I_E = I_F = \sqrt{(160 - 100)^2 + (0.1 \cdot 160)^2} = 62A$$

2. Spriegums uz zem jumietais:

$$U_E = I_E \cdot Z_E = 62 \cdot 4 = 248V$$

3. Pieskarsprieguma pie aujam vrtba ilgstoša ZS gadījumā $U_{TP}=80V$, kas tiek pārsniegta jo neizpildās noteikums:

$$U_E < 2U_{TP}$$

$$248V < 2 \cdot 80 = 160V$$

4. Iespējami šādi risinājumi:

4.1. ZS jā atslēdz vismaz 1s laikā, tad $U_{TP}=125V$ un izpildās noteikums

$$U_E < 2U_{TP}$$

$$248V < 2 \cdot 125 = 250V,$$

4.2. Jālieto speciālie pasākumi M, lai izpildītos noteikums:

$$U_E \leq 4U_{TP},$$

$$248V < 4 \cdot 80 = 320V,$$

kas atauj palielināt pieaujamo U_{TP} līdz $\frac{248}{4} = 62V$. Tādā gadījumā pieaujams ilgstošs ZS ar $U_{TP} = 80V$.

5.4. Piemērs apakšstacijas zemējuma izplūdpretestības aprēķinam 10kV mazresistīvas neitrāles tīklā

Uzdevums: Aprēķināt 10/0.4kV apakšstacijas zemējuma izplūdpretestību R_{ES} , lai zemesslūguma gadījumā 10kV tīklā ar mazresistīvu neitrāli pieskarspriegums nepārsniegtu pieaujamo vrtību $U=96V$, ja bojājuma laiks 1,5s. Aprēķinu veikt 10kV kabeļtīklam (a) un 10kV jauktam kabeļu-gaisvadu tīklam (b).

Izejas dati: (skat. apakšstacijas shēmu P2.1. att. un zemesslūguma aizvietošanas shēmu P2.2. att.):

- zemesslūguma strāva apakšstacijā: $I_F = 500A$;
- zemesslūguma strāvas samazinājuma koeficients caur zemējumiem:
 - (a) gadījumā: $r=0.25$ (10 kV kabelim ar Al apvalku, skat. Tabulu P2.1.);
 - (b) gadījumā: $r=1$ (10kV jaukts kabeļu-gaisvadu līniju tīkls ar gaisvadu posmu barojošajās līnijās);
- pieaujamo pieskarsprieguma vrtība $U_{TP}=96V$;

- ne em v r dab gos zem t jus (apr inam ir rezerve);
- atk rtoto zem t ju izpl des pretest ba 0.4kV t kl ir $Z_{RE}=30$ (no TA atiet sešas 0.4kV l nijas ar 5 atk rtotiem zem t jiem katrai, t.i., $m = 6 \cdot 5 = 30$.
- apakšstacija savienota ar div m cit m apakšstacij m ar 0.4 kV kabe iem. Šo apakšstaciju zem jumietaišu piln s pretest bas Z_{ES} katrai ir 4 ;

Apr ins:

1. Zemessl guma str va caur zem jumietaisi:

$$(a) \text{ gad jums: } I_E = r \cdot I_F = 0.25 \cdot 500 = 125A$$

$$(b) \text{ gad jums: } I_E = r \cdot I_F = 1 \cdot 500 = 500A$$

2. Zem jumietaisis pretest ba ndr kst p rsniegt:

$$(a) \text{ gad jums: } Z_E = \frac{2U_{TP}}{I_E} = \frac{96 \cdot 2}{125} = 1.54\Omega$$

$$(b) \text{ gad jums: } Z_E = \frac{2U_{TP}}{I_E} = \frac{96 \cdot 2}{500} = 0.384\Omega$$

3. Apakšstacijas zem t ja izpl dpretest bas maksim lo pie aujamo v rt bu R_{ES} nosaka p c izteiksmes:

(a) gad jums:

$$Z_E \leq 1.54 = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + 2 \cdot \frac{1}{Z_{ES}} + 5 \cdot 6 \cdot \frac{1}{Z_{RE}}}$$

$$Z_E \leq \frac{1}{\frac{1}{\infty} + 2 \cdot \frac{1}{4} + 5 \cdot 6 \cdot \frac{1}{30}} = 0.67\Omega$$

Robežgad jum , ja $R_{ES} = \infty$ (t.i., TA zem jumietaisei speci la zem t ja nav), tad $Z_E=0.67$ un U_T nep rsniedz pie aujamo v rt bu 96V. 10/0.4kV apakšstacijas tradicion li pie aujam zem t jpretest ba ir 4 [3], to ar izv lamies. Pie aujamais pieskarspriegums šaj gad jum ar rezervi p rsniedz faktisko v rt bu.

(b) gad jums:

$$Z_E = 0.384 = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + 2 \frac{1}{Z_{ES}} + 5 \cdot 6 \cdot \frac{1}{Z_{RE}}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + 2 \cdot \frac{1}{4} + 5 \cdot 6 \cdot \frac{1}{30}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + 1.5}$$

$$\frac{1}{R_{ES}} + 1.5 = \frac{1}{0.384}$$

$$\frac{1}{R_{ES}} = 1.1$$

$$R_{ES} = 0.91 \Omega$$

T tad pie aujam pieskarsprieguma nodrošināšanai vienfāzes zemeslīduma gadījumā izbūvē 10/0.4kV apakšstacijas zemtīs ar 0.91 pretestību. Lai ekonomisku apsvērumu dēļ palielinātu maksimālo zemtīšu pretestību, iespējams aizvietot 10kV tīkla attiecīgā gaisvadu posmā ar kabeli un analogi noteikt vajadzīgās maksimālās zemtīšu izplūdes pretestību.

5.5. Piemērs pieskarsprieguma aprēķinam 10kV mazresistīvas neitrāles tīklā

Uzdevums:

Aprēķināt pieskarspriegumu 10/0.4kV apakšstacijā, kas pieslēgta 10kV kablatam ar mazresistīvu neitrāli un novērtēt to pie aujam būvniecības zemeslīduma gadījumā 10kV apakšstacijas zonā.

Izejas dati:

(skat. apakšstacijas shēmu P2.1. att. un zemeslīduma aizvietošanas shēmu P2.2. att.):

- zemeslīduma strāva 10 kV apakšstacijā $I_F=500A$; zemeslīduma relejaizsardzības atslēgšanas laiks – 1,5s;
- apakšstacijas zemtīšu izplūdes pretestība $R_{ES}=1 \Omega$; apakšstacija savienota ar divām citām apakšstacijām ar 0.4kV kabeļiem. Šo apakšstaciju zemtīšu pilnās pretestības Z_{ES} katrā ir l , $n=2$.
- Atkurtotie zemtīši uz 0,4 kV kabeļiem nav, $m=0$;
- 10 kV TA apakšstacija pieslēgta 10 kV tīklam ar 10 kV kabeli ar alumīnija apvalku un gaisvadu līniju;
- zemeslīduma strāvas samazinājuma koeficients caur zemtīšu pilnās pretestības $r=0.25$ (kabeļim ar Al apvalku skat. Tabulu P2.1.);

- pie aujam pieskarsprieguma vrtība $U_{TP}=96V$, ja bojājuma laiks ir 1,5 s (7.3. att. LEK 136).

Aprēķins:

1. Apakšstacijas zemjuma pilnpretestība (skat. P2.2. att):

$$Z_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + 2 \frac{1}{Z_{ES}}} = \frac{1}{\frac{1}{1} + 2 \frac{1}{1}} = 0.333\Omega$$

2. Zemslēģa strāva caur zemjuma:

$$I_E = r \cdot I_F = 0.25 \cdot 500 = 125A$$

3. Zemslēģa spriegums:

$$U_E = I_E \cdot Z_E = 125 \cdot 0.333 = 41.6V$$

4. Pieskarsprieguma vrtība nepārsniedz pie aujamo $U_{TP}=96V$, jo izpildās noteikums (P2.3. att.):

$$U_E < 2U_{TP}$$

$$41.6V < 2 \cdot 96 = 192V$$

5. Ilustrācijai noteiksim zemslēģa spriegumu dažādu strāvas samazinājuma koeficientu vrtībām (0.2...0.6), kas atbilst dažādiem 10kV tīkla kabeļiem (Tabula P2.1.), kur 10kV gaisvadu līnijai, kam $r=1$. Aprēķina rezultāti apkopoti Tabulās P5.1. un P5.2.

Tabulu P5.1. un P5.2. 7. kolonnā norādītas pieskarsprieguma vrtības (izcēlts), kad tās pārsniedz pie aujamo vrtību, kas bez speciāliem pasākumiem M (4.1. nodaļa) nav pieļaujams:

$$U_E \leq 2U_{TP} = 192V$$

$$U_{TP} = 96V \text{ (7.3. att. LEK 136)}$$

Tabula P5.1.**Sadales transformatoru apakšstacija savienota ar div m blakus esoš m TA:**

r	$Z_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + 2 \frac{1}{Z_{ES}}}$	I_F	10kV kabe u l nija		10kV GVL (r=1)	
			$I_E = r \cdot I_F$	$U_E = I_E \cdot Z_E$	$I_E = 1 \cdot I_F$	$U_E = I_E \cdot Z_E$
1	2	3	4	5	6	7
0.2	0.333	500	100	33.3	500	166.67
0.3	0.333	500	150	50	500	166.67
0.4	0.333	500	200	66.7	500	166.67
0.5	0.333	500	250	83.3	500	166.67
0.6	0.333	500	300	100	500	166.67

Tabula P5.2.**Transformatora apakšstacija (TA) savienota ar vienu blakus esošo TA:**

r	$Z_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{ES}} + 1 \frac{1}{Z_{ES}}}$	I_F	10kV kabe u l nija		10kV GVL (r=1)	
			$I_E = r \cdot I_F$	$U_E = I_E \cdot Z_E$	$I_E = 1 \cdot I_F$	$U_E = I_E \cdot Z_E$
1	2	3	4	5	6	7
0.2	0.500	500	100	50	500	250
0.3	0.500	500	150	75	500	250
0.4	0.500	500	200	100	500	250
0.5	0.500	500	250	125	500	250
0.6	0.500	500	300	150	500	250

Piez me1: Apakšstacijas zem jumietaisies piln prettest ba un pieskarspriegumi šaj piem r apr in ti ne emot v r dab gos zem t jus un atk rtotos zem t jus uz 0.4kV l nij m, kas samazina pieskarsprieguma v rt bu.

Piez me2: Ja lieto speci los pas kumus M, izpild s noteikums $U_E \leq 4U_{TP}$ ($250 < 4 \cdot 96 = 384$) un pieskarspriegums nep rsniedz pie aujamo v rt bu ar visos 10kV GVL gad jumos.