

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

NÕUDED KESKPINGE MASTLÜLITUSPUNKTIDE, KESKPINGE KAABLIVÕRGU HARUKILPIDE, LÕPUMUHVIDE, ALAJAAMADE JA MADALPINGEVÕRGU MAANDUSPAIGALDISTE EHTUSEKS

Eesmärk ja kasutusala

Käesolevas dokumendis toodud soovitusel võtta aluseks Elektrilevi OÜ (edaspidi ELV) mastlülituspunktide, kaablivõrgu alajaamade ja madalpingevõrgu maanduspaigaldiste projekteerimisel ning väljaehitamisel.

Antud dokumendi, mis on koostatud Eesti standardi EVS-HD 637, mis käesolevaks ajaks on asendatud EVS-EN 50522:2010 ja EVS-EN 61936-1:2010 ning Soome võrgusoovituste alusel, nõudeid ja lahendusi on kohustatud järgima kõik ELV elektripaigaldiste projekteerijad, projekteerimisülesannete koostajad, elektrivõrgu ehitajad ja käitajad, projektide kooskõlastajad ja ehitusjärelvalve teostajad.

Maandamisnõuded kehtivad puitpostidele püstitatud mastlülituspunktidele.

III Sisukord

1. SISSEJUHATUS
2. KÄSIJUHTIMISEGA MASTLÜLITUSPUNKTI MAANDAMINE
 - 2.1 Üldist
 - 2.2 Ehitatava käsijuhtimisega mastlülituspunkti maandamine
 - 2.3 Olemasolevale mastile ehitatud mastlülituspunkti maandamine
 - 2.4 Varraselektrood
 - 2.5 Mastlülituspunkti ühiskasutus
3. KAUGJUHTIMISEGA MASTLÜLITUSPUNKTI MAANDAMINE
 - 3.1 Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti elektrienergia võetakse madalpinge lähivõrgust
 - 3.2 Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti elektrienergia võetakse omatarbetrafolt (pingetrafolt)
 - 3.3 Juhtimiskilbi häiringud
4. MAANDUSIMPEDANTSI MÕÕTMINE, MAANDUSPAIGALDISE TESTIMINE JA NÕUDED MAANDUSPINGELE
 - 4.1 Käsijuhtimisega mastlülituspunkt
 - 4.2 Kaugjuhtimisega mastlülituspunkt
 - 4.3 Mastlülituspunktid, mis on ehitatud varemkehtinud normide alusel
 - 4.4 Nõuded puute- ja maanduspingele
5. MAANDAMINE ALAJAAMA TOITEPIIRKONNAS
 - 5.1 Üldist
 - 5.2 Maanduspinge nõutav tase
 - 5.3 Maanduspinge väärtus, kui tehnilistel või majanduslikel põhjustel pole võimalik saavutada punktis 5.2 nõutud taset
 - 5.4 Maapind on kogu alajaama toitepiirkonnas halvasti juhtiv (nt kalju, kruus, liiv või paekivi)
 - 5.5 Toimimistavad halbades maandustingimustes (joonised 6 ja 7)
 - 5.6 Eraldatud maanduspaigaldised
6. LAI MAANDUSSÜSTEEM
7. KAABLIVÕRGU ALAJAAMA MAANDUSPAIGALDIS
 - 7.1 Maandur
 - 7.2 Pingealtide osade kaitsemaandus
 - 7.2.1 Keskpingekaablite otste maandamine
 - 7.2.2 Keskpinge kaablivõrgu harukilbi maandamine/potentsiaalitasandus
 - 7.3 Maanduste ühitamine ja madalpingevõrgu maandamine
 - 7.4 Transformaatori N-klemmi ühendamine trafo kestaga
 - 7.5 Maandusjuhtide ühendamine ja märkimine

Joonis 8 Maandus- ja kaitsemaandusjuhtide ühendamine
8. JOONISED

Joonis 1 Käsijuhtimisega mastlülituspunkti maandamine

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

Joonis 2 Käsijuhtimisega mastlülituspunkti maandamine kohas, kus ...
 Joonis 3 Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti maandamine, abipinge lähivõrgust
 Joonis 4 Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti maandamine, abipinge omatarbetrafolt
 Joonis 5 Maandamine alajaama toitepiirkonnas, nõutav tase
 Joonis 6 Maandamine alajaama toitepiirkonnas, halvad maandamistingimused
 Joonis 7 Maandamine alajaama toitepiirkonnas, halvasti juhtiv pinnas kogu toitepiirkonna ulatuses
 Joonis 8 Maandus- ja kaitsemaandusjuhtide ühendamine
 Joonis 9 Kioskalajaama maanduspaigaldis
 Joonis 10 Keskpinge kaablivõrgu harukilbi maanduspaigaldis

1. SISSEJUHATUS

Juba 2002 aastal mindi üle kõrgepingestandardiga EVS-HD 637 kooskõlas olevale ehitusviisile.

Käesolev juhend sisaldab vähe põhimõttelisi uuendusi, kuid tekstis on olulisel määral arvestatud kõrgepingestandardi Soome rahvuslikku lisa.

Maanduslahendustes on pööratud tähelepanu lisaks madalsageduslikele (kasutussagedus) ka kõrgsageduslikele äikese- ja lülitusliigpingetele.

Maapinna potentsiaalitasandust kasutatakse käsijuhtimisega mastlülituspunktide, kaugjuhitavate mastlülituspunktide ja alajaamade vahetus läheduses, kuna sellega vähendatakse avariilukorras esinevaid puutepingeid.

Varem kasutuses olnud meetod viia lahklüliti maandur kõrvalasuvale mastile ei toimi korralikult suure äikeseliigpingega lahenduste korral. Hoolimata ajamivardas kasutatavast isolaatorist on äikeseliigpinged ajamivarda kaudu lahendunud maasse. Uue ehitusviisi puhul kaitaja on kaitstud, kuigi maapinna potentsiaal tõuseb kasutus- või kõrgsageduslikus avariilukorras.

2. KÄSIJUHTIMISEGA MASTLÜLITUSPUNKTI MAANDAMINE

2.1 Üldist

Käsijuhtimisega mastlülituspunkti maanduspaigaldis on eraldatud maanduspaigaldis (vt EVS-HD 637 p.9.4.4). See eeldab, et juba projekteerimisel uuritakse lahutusmasti ümbrust 20 m ulatuses. Kui selliselt piiritletud alal on maas madalpinge-, telefoni- või muid maakaableid või juhtivaid torustikke, peab kaaluma masti asukoha siirdamist või maas olevate kaablite ja torustike isoleerimist.

Isoleerimine võib olla teostatud lahtivõetava kaabli-isoleertoruga, mis peab ulatuma vähemalt 20 m kaugusele mastist.

Käsijuhtimisega mastlülituspunkti ühendus kaabelliiniga peab olema kaitstud atmosfäärsete ülepingete eest pingepiirikutega, mis paigaldada vahetult kaabli otspunkti. Maandusjuhi paigutus koos pingepiirikute ja kaabli otsamuhviga on näidatud 0,4-20 kV VÕRGUSTANDARDI 20 kV KAABELLIINIDE osa joonisel EE2.4-13. Pingepiirikutele esitatavad nõuded on normdokumendis „P383 – Nõuded liigpingekaitsele“ Lülitusseadme pingeaalid osad peab maandama ning ajamivarrastesse käeulatuses kõrgemale asetada mehaaniliselt töökindlad võrgu nimipingele vastavad isolaatorid. Ajami puudutatavad osad (hoovad, kere vms) tuleb lekkevoolude ärajuhtimiseks maandada. Kui kasutada isoleerimata maandusjuhti, siis peab maandamata ajamitugede ja maandusjuhi vahele jätma vähemalt 50 mm õhkvahe või 100 mm puitu.

2.2 Ehitatava käsijuhtimisega mastlülituspunkti maandamine

Mastlülituspunkti maanduspaigaldis ehitatakse:

- enne masti püstitamist lisas oleva joonise 1 "Käsijuhtimisega mastlülituspunkti maandamine" järgi.

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

- kasutades maandusjuhi ja maandurina paljast vaskkõit¹ ristlõikega 25 mm²;
- lahküliti kaitsemaandusjuht monteeritakse lahkülitilt otse maasse maanduselektroodiks seejuures maandusjuhti maandusklemmi juures ei katkestata, et kindlustada maanduspaigaldise toimimine ka mõõtmiste olukorras;
- maandusjuhid paigaldatakse mastil kaitsetorusse, mis ulatub vähemalt 2300 mm kõrgusele maapinnast ja vähemalt 200 mm allapoole maapinda; kaitsetoru kinnitatakse kindlalt mastile;
- masti tüve ümber keeratakse maanduselektrood ning ringina ümber masti, ühe meetri kaugusele mastist paigaldatakse potentsiaalitasandusrõngas, kust maanduselektrood jätkub teises torus maandusjuhina kuni avatava klemmini. Maandurina moodustub selliselt terviklik juhtiv rõngas, mille katkematust saab mõõta maandusklemmilt.

Potentsiaalitasandusrõnga sügavus:

- metsaaladel ja tühermaaladel umbes 300 mm (enimalt 500 mm);
- haritavatel põldudel 500 mm, jälgides seda, et põllutööde käigus ei vigastataks /katkestataks maandusjuhti.

Kui mastlülituspunkt ehitatakse paika, kus sageli viibib inimesi või koduloomi:

- siin esitatud teise potentsiaalitasandusrõnga paigaldamine puudutab vaid eraldatud maanduspaigaldisi. Kui mastlülituspunkti maanduspaigaldis ühendatakse näiteks alajaamapiirkonna maanduspaigaldisega, teist potentsiaalitasandusrõngast ei vajata;
- maanduspaigaldis ehitatakse välja vastavalt joonisele 2 "Käsijuhtimisega mastlülituspunkti maandamine kohas, kus sageli viibib inimesi või koduloomi";
- teine potentsiaalitasanduselektrood on ligikaudu meetri kaugusel esimesest ja umbes 200 mm sügavamal kui esimene;
- joonisel 2 näidatud tüvielektroodi võib asendada varraselektroodiga, eriti siis, kui lahküliti paigaldatakse olemasolevale mastile nagu on kirjeldatud osas 2.4;
- potentsiaalitasandusrõngaste terviklikkuse/katkematus mõõtmisvõimalus luuakse vastavalt joonisele 2. Potentsiaalitasandusrõnga terviklikkus tõendatakse juhtmesilmuse resistantsi mõõtmisega;
- lahküliti kaitsemaandusjuhti ühendusklemmil ei katkestata.

Paikadeks, kus sageli viibib inimesi või koduloomi on muuhulgas:

- ehitustandrite ümbrus, sõiduteed, spordiväljakud ja vastavad vaba-aja veetmise paigad
- koduloomade söötmis-, jootmis-, hoiu- ja lüpsipaigad;

Kui kaugus sõidutee või terviseraja äärest mastini on üle 3 m, pole teise potentsiaalitasandusrõnga ehitamine vajalik.

Ajutised või mõneaastase vahega kasutatavad karjamaa-alad ei eelda teise potentsiaalitasandusrõnga väljaehitamist.

2.3 Olemasolevale mastile ehitatud mastlülituspunkti maandamine

Kui lahküliti paigaldatakse olemasolevale mastile või olemasoleva mastilahküliti maanduspaigaldis uuendatakse, järgitakse alltoodud juhiseid.

Mastlülituspunkt monteeritakse olemasolevale mastile:

- tüvimaandus asendatakse varrasmaanduriga nagu selgitatud osas 2.4;
- maandusvarras lüüakse või surutakse masti kõrvale maapinda ja ühendatakse kindla ühenduse abil potentsiaalitasandusrõngaga;
- potentsiaalitasandusrõnga terviklikkuse mõõtmisvõimalus luuakse maandusklemmil vastavalt alapunktis 2.2 kirjeldatule.

¹ EVS-EN 60228 klass 2 vaskjuhe

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

Olemasoleva mastlülituspunkti maanduspaigaldise uuendamine:

- uuendamine on vajalik, kui mastlülituspunkti maanduspaigaldis ei vasta selle ehitusajal kehtinud normidele. Seejuures tuleb tähele panna keskpinge võrgu maaühendusvoolu ja väljalülitusaja võimalikke muutusi;
- kui mastlülituspunkti maanduspaigaldis ehitati kõrvalasuvale mastile, võib see nii jääda. Kasutussageduslikes (madalsageduslikes) avariilukordades vana maanduspaigaldis vähendab maapinna potentsiaali tõusu lahutusmasti juures.
- mastlülituspunktile ehitatakse maandusseade eeltoodud alapunkti "Mastlülituspunkt monteeritakse olemasolevale mastile" järgi;
- kui mastlülituspunkti maanduspaigaldis on ehitatud olemasolevale mastile ja see ei vasta ehituse ajal kehtinud normidele, **täiendatakse maanduspaigaldist potentsiaalitasandusrõngaga**, kuhu kõigi olemasolevate maandurite harud või süvamaandurid usaldusväärselt kokku ühendatakse. Olemasolevat maanduselektroodi vaadeldakse kui tüvimaanduselektroodi;
- potentsiaalitasandusrõnga terviklikkuse mõõtmisvõimalus luuakse vastavalt alapunktis 2.2 kirjeldatule.

2.4 Varraselektrood

Mastlülituspunktide vertikaalelektroodidena kasutatakse vasetatud või muid korrosioonile vastupidavaid maandusvardaid. Kuumtsingitud maandusvardaid ei soovitata kasutada keemiliselt aktiivsete pinnaste korral, kuna on selgunud, et neis tingimustes nad korrodeeruvad üsna kiiresti. Neid kasutades tuleb järgida tootja poolt ette nähtud ühendus- ja paigaldusjuhiseid.

Varraselektrood lüüakse või surutakse maapinda vähemalt 2 m sügavusele.

Sageli osutub vajalikuks, näiteks maanduspaigaldiste uuendamisel, varraselektroodi paigaldus enam kui 2 m sügavusele. Sel juhul võib kasutada jätkatavaid, ca meetri pikkusi terasvardaid, mille abil viiakse vaskkõis (nt 25 mm²) soovitud sügavusele. Nii saadakse ühendus võimalike juhtivate pinnasekihtidega sügavamal maapinnas, mis on niiskem ja mille kaudu saavutatakse maandusimpedantsi parem väärtus.

2.5 Mastlülituspunkti ühiskasutus

Mastlülituspunkt võib olla ühiskasutuses madalpingevõrguga. Mastlülituspunkti maanduspaigaldis ehitatakse sellele vaatamata eelkirjeldatud viisil. Rippkeerdkaabli PEN-juhtme võib ühendada maandusjuhiga mastil. Sel juhul lülituspunkti maanduspaigaldis toimib osana alajaamapiirkonna maandusest, viimast parandades. Ka mastilahklüliti maanduspaigaldises esinev maapinna potentsiaali tõus väheneb kokkuühendamise tulemusel.

Kui lahutuspunktis toimub äikeseliigpinge lahendus, on olukord üldjuhul sama, kui mastalajaamas toimuva lahenduse korral. Rippkeerdkaabli juhtmetevahelised mahtuvused summutavad liigpinget ja kogemuste põhjal peab rippkeerdkaabel vastu neile ülepingetele. Siin võib osutada vajalikuks ehitada madalpingevõrgu maandus kõrvalasuvatele mastidele summutamiseks võimaliku liigpinge levimist madalpingevõrku.

Kui mastil on ühiskasutus telefonikaabliga, ei ühendata telefonikaabli kesta lahutuspunkti maandusega. Hoold tuleb kanda vaid selle eest, et telefonikaabli kinnituse ja lahklüliti maandusjuhi vahele jääks isolatsiooniks vähemalt 100 mm puitu.

3. KAUGJUHTIMISEGA MASTLÜLITUSPUNKTI MAANDAMINE

Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti maanduspaigaldise ehitamisel peab täitma üldisi kõrgepingepaigaldistele esitatavaid nõudeid (EVS-HD 637). Lahklüliti ajamivardad tuleb varustada kasutatavale pingele vastavate isolaatoritega. Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti ühendus kaabelliiniga peab olema kaitstud atmosfäärsete ülepingete eest pingepiirikutega, mis paigaldada vahetult kaabli otspunkti. Maandusjuhi paigutus koos pingepiirikute ja kaabli

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates:	21.04.2016	Dokumendi tähis:	P393 / 4
	Kinnitas:	A. Pihlak	Ülemdokument:	P347

otsamuhviga on näidatud 0,4-20 kV VÖRGUSTANDARDI 20 kV KAABELLIINIDE osa joonisel EE2.4-13. Pingepiirikutele esitatavad nõuded on normdokumendis „P383 – Nõuded liigpingekaitsele“.

Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti maanduspaigaldise juurde kuulub olulise osana potentsiaalita-sandusrõngas ja mastide tüvi- või varrasmaandus.

Kui kaugjuhitava mastlülituspunkti tarbitav elektrienergia saadakse madalpinge lähivõrgust on maanduspaigaldise väljaehitamine lihtne. Piisavalt väike maandusimpedantsi väärtus saavutatakse üldjuhul madalpinge toitepiirkonna maanduspaigaldiste abil.

Sellisele kaugjuhtimisega mastlülituspunktile, mille elektrienergia saadakse lülituspunkti juurde kuuluvalt omatarbetrafolt (pingetrafolt), kujundatakse oma maandussüsteem, kus järgitakse EVS-HD 637-le vastavaid kõrgepingealajaama maandamismõudeid.

3.1 Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti elektrienergia võetakse madalpinge lähivõrgust

Mastlülituspunktile ehitatakse käsijuhtimisega mastlülituspunkti maandusega sarnane maanduspaigaldis.

Joonisel 3 “Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti maandamine” on kujutatud kaks masti ja kolm mastilahklüliti koos juhtimisseadmetega. Abipinge saadakse lähialajaama toitepiirkonnast.

Tüvi- või varrasmaandur ehitatakse mõlemale mastile. Kui maste on neli, ehitatakse potentsiaaliühtlustusrõngas kõigi nelja masti ümber (joonis 4). Piki maste alla monteeritakse ka siis kaks teineteisest võimalikult kaugemale jäävat maandusjuhti.

On soovitatav, et masti ülaosas olevad mehaanilised konstruktsioonid ühendavad omavahel erinevate lahklülite raamid ning kumbki maandusjuht toimib paralleelselt võimalikes avariilukordades.

Ehituskonstruktsioonis tuleb arvestada järgmist:

- tüvimaanduste asemel võib ehitada vertikaalelektroodid vastavalt punktile 2.4. Lahklülidid maandatakse vastavalt joonistele 3 ja 4 .
- **juht 1.** on kaitsemaandusjuht lahklülilt klemmle. Need ehitatakse mõlemale mastile. Lahklülitega seoses ei paigaldada vaskjuhtmeid metalltraaversite sisse, millega välistatakse korrosioonioht. Lahklüliti maandusjuhiga ei tohi lühistada lahklülite juhtimisvarraste isolaatoreid. Maandusjuhi ja ajamitugede vahele peab jääma vähemalt 50 mm õhku või 100 mm puitu. Kui kasutatakse isoleeritud kaitsemaandusjuhti, võib isolatsiooni silmas pidades arvestada veidi väiksemate vahekaugustega nii õhus kui puidul.
- **juht 2.** on lahklüliti maandusjuht klemmilt maanduselektroodini. Lahklüliti kaitsemaandusjuht ühendatakse klemmiga ja monteeritakse katkestamata maandusjuhina elektroodini. Potentsiaaliühtlustatud mootorajameid või lülituspunkti juhtimiskilpi ei tohi ühendada selle lahklülilt elektroodini paigaldatud maandusjuhi või –klemmiga. Avariilukordades võib lahklüliti maandusjuhile esineda suuri pingeid, mis elektroodi abil juhitakse otse maasse. Maandusjuhile paigaldatakse tugevasse plasttorusse, mis ulatub vähemalt 2300 mm kõrgusele maapinnast ja 200 mm allapoole maapinda (vaata punkti 2.2).
- **juht 3.** on maapinna potentsiaalitaanduselektrood.
- **juht 4.** on tüvimaanduselektrood. Tüvimaanduse või vertikaalmaanduse abil vähendatakse maapinna potentsiaali (vaata punkt 2.2).

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

- **juht 5.** on lülituspunkti juhtimiskilbi ja mootorajami maandusjuht. Juht ühendatakse potentsiaalitasanduselektroodiga võimalikult kaugel lahküliti maandusjuhust. Juhtimiskilbi lähedale monteeritakse maandusklemm, kuhu ühendatakse kogu juhtimisega seotud potentsiaaliühtlustatav aparatuur, milleks on muuhulgas juhtimiskilp, mootorajam ja antennitoru. Sel viisil välditakse potentsiaaliühtlustatud punktide vahelised pingeerinevused. Potentsiaalitasandusrõngalt tõusev juht paigaldatakse oma kaitsetorusse ja isoleeritakse maapinnas vajadusel selleks, et see poleks ühenduses lahküliti maandusjuhtidega (2.).
- **juht 6.** on lahküliti mootorajamite katete kaitsemaandusjuht.
- **juht 7.** on abipinget toova rippkeerdkaabli PEN-juhi maandusjuht. Põhjendatud on viimase ristlõike valida rippkeerdkaabli PEN-juhiga sama, kuna avariilukordades võib PEN-juhtmes olla suurem osa maaühendusvoolust ja isegi kaksikmaaühendusvoolust. Abipinge saamiseks monteeritakse rippkeerdkaabli eraldi MMJ-kaabel (joonisel pole näha). Kui masti monteeritakse kaitse abipingele, võib MMJ-kaabli ristlõike valida vastavalt kaitsme sulavpanustele.
- **juht 8.** on kaugjuhtimisega lülituspunkti andmeedastusantenni maandusjuht Cu 16 mm² (või Cu 25 mm²). Antenni maandusjuht ühendatakse juhtimiskilbi maandusklemmidele. Nii välditakse potentsiaalierinevuste teket antenni andmesidekaabli ja juhtimiskilbi vahele. Kui antenni kaitsemaandusjuht monteeritakse koos andmesidekaabliga kaablikraavi antenni paigalduskoha ja kaugjuhtimisega lahutuspunkti vahele, toimib ka see osa maanduselektroodina. Kui antenn paigaldatakse lahutusmasti, maandatakse see samuti ühendades maandusjuhi maandusklemmiga. Postipealsel osal peab maandusjuht jääma eraldi lahküliti kaitsemaandusjuhust, kasutades selleks näiteks isoleeritud maandusjuhti.
- **juht 9;** Kui tahetakse parandada mastlülituspunkti maandust arvestades samas ka liigpingekaitset, ehitatakse radiaal- ehk kiirelektroode. Need peab ühendama 2. juhiga elektroodi paigaldussügavusel. Haruelektroode võib olla näiteks neli, kahekaupa liidetuna kumbagi masti juhiga 2.

Toitepiirkonna mõju

Toitepiirkonna PEN-juhtme ühendamine kaugjuhitava mastlülituspunkti maanduspaigaldisega eeldab, et toitepiirkonna maandussüsteem täidab ühistele maanduspaigaldistele esitatavad nõuded.

Kui kaugjuhitava mastlülituspunkti maanduspaigaldis on ühendatud toitepiirkonna maanduspaigaldisega, paraneb ka toitepiirkonna maanduspaigaldis.

Äikesetundlikes piirkondades on põhjust rippkeerdkaabli PEN-juhi maandamiseks ka eelmises/kõrvalasuvas mastis. Selle maandamisega vähendatakse kaabli kaudu tulevaid võimalikke indutseeritud pingeid ja vähendatakse ka lahutusmasti avariilukordades madalpingevõrku siirduvaid liigpingeid.

3.2 Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti elektrienergia võetakse omatarbetrafolt (pingetrafolt)

Joonis 4

Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti maanduspaigaldise ehitusviis on põhimõtteliselt sama, mis kirjeldatud punktis 3.1. Et saavutada lubatud maanduspinge väärtus, peab maanduspaigaldist täiendama rõht- või vertikaalelektroodidega. Juhtide numeratsioon on sama kui joonisel 3 ja selgitused vastavad punktidele 3.1.

Maanduspinge peab vastama väärtusele:

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

$$U_E \leq 4 \times U_{TP} \text{ kus}$$

U_E = maanduspinge

U_{TP} = suurim lubatud puutepinge EVS-HD 637 järgi.

Võimalike äikeseliigpingete tõttu ehitatakse mitmeharuline maandur (juht 9). Haruelektroodid ühendatakse vahetult (joonis 4) lahküliti maandusjuhtidega (juht 2). Selliselt jaotatakse äikeseliigpinge võimalikult kiiresti mitmele maanduselektroodi harule. Haruelektroodide pikkused sõltuvad maapinna eritakistusest. Iga haru (nt 4 tk.) ehitatakse algul 10 m pikkusena. Seejärel on põhjust mõõta nii maandusimpedantsi kui tegelikku puutepinget.

Maandust parandades on iseäranis savise ja kihistunud maapinna korral põhjust kasutada vertikaalelektroode, millega saadakse tõenäoselt kiiremini piisavalt hea maandusimpedants.

Maanduspaigaldise piisav toime avaldub mastlülituspunkti puutepinge mõõtmisel (EVS-HD 637 järgi). Puutepinge peab vastama sel juhul tingimusele:

$$\text{tegelik puutepinge } U_T \leq U_{TP}.$$

Eriti tõenäone on, et mõõtes puutepingeid jõutakse kõige soodsamalt standardi nõuetele vastava lõpptulemuseni, kui ainult parandades maandusresistantsi väärtust rohkete elektroodide lisamisega.

Omatarbeträfo kaitse ja liinilahklülitid

Omatarbeträfo liigpingekaitse peab olema tagatud metalloksiid-liigpingepiirikutega.

Kui omatarbeträfo ühendatakse kokku mastlahutuspunktiga seotud õhuliiniga, peab lahutuspunkti paigaldama aadresssteabe ja/või tunnuse lähimast liinilahklülitist, millega saab omatarbeträfo võrgust välja lülitada.

3.3 Juhtimiskilbi häiringud

Juhtimise toimimine, eriti jaotusvõrgu avariilukordades, on tähtis. Kui maandusjuht viiakse keskpingeliini mastidel lülituspunktist eemale, võib võrgu avariilukordades sellesse maandusjuhti indutseeruda märgatavalt teravaid pingetõuse, mis võivad häirida juhtimiskeskuse toimimist. Tuleb arvestada, et nimetatud häirepingeid esineb kõigis võrgu avariilukordades, eriti lühistest ja äikese-liigpingetest tingituna, olgugi, et lülituspunktis ülelööke ei toimu.

Häiringuvõimalusi saab vähendada näiteks järgmiste tegevustega:

- kui maandust parandatakse keskpingeliini maste kasutades maandusjuhi viimisega kaugemale, ehitatakse maanduselektrood lähimale ja mõnele teiselegi mastile, kuhu maandusjuht on kinnitatud ning ühendatakse mastimaandus ka kandetraaversiga paaril lähimal mastil. Neile lisaelektroodidele, mille konstruktsioon sõltub pinnasest, ei ole maandusimpedantsi nõuet. Tuleb siiski arvestada, et äikeseliigpinged vähenevad kõige tõhusamalt mitmeharulistes maanduselektroodides, kusjuures maandusimpedantsi tähtsus on väikene;
- kaugjuhtimisega mastlülituspunkti õhuliinina monteeritud maandusjuht ühendatakse mastil lahküliti maandusjuhiga kuna seda ei tohi ühendada otse juhtimiskilbi läheduses olevale maandusklemmile;
- maandusimpedantsi parandatakse lisades rõht- ja/või vertikaalmaandureid kaugjuhtimisega lülituspunkti vahetusse lähedusse.

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

4. MAANDUSIMPEDANTSI MÕÕTMINE, MAANDUSPAIGALDISE TESTIMINE JA NÕUDED MAANDUSPINGELE

Mastile paigaldatud lahküliti raami kaitsemaandusjuhi seisukorda tuleb vaatluse teel maanduspaigaldise testimisel alati hinnata.

Risk maanduse katkemiseks on suurim elektroodil ja selle liidetel. EVS-HD 637 osas 9.8.1 on soovitatud kohthaaval välja kaevata elektroode ja nende liideseid, kui maanduspaigaldistes on avastatud korrosiooni.

4.1 Käsijuhtimisega mastlülituspunkt

Maandusimpedantsi mõõtmine

Kõrgepingestandardis ei ole maandusimpedantsi suuruse nõuet käsijuhtimisega mastlülituspunkti maanduspaigaldisele. Sellisel juhul seda ka ei mõõdetata.

Maanduspaigaldise toimivuse test

Maanduspaigaldise toimivust tuleb kontrollida montaažil ja perioodiliselt. Kui toodud soovitustele vastavaid lahendusi kasutades maanduspaigaldise maandurite ühendamiseks kasutatakse kahte maandusjuhti, võib mõõtmisi teostada 12 aasta tagant. Kahe maandusjuhiga saavutatakse lisaks see eelis, et ühe maandusjuhi katkemise korralgi maanduspaigaldis toimib soovitud viisil.

Maanduspaigaldise testimine teostatakse selliselt, et maandusklemmilt ühendatakse lahti elektroodi tagasitulev maandusjuht ja mõõdetakse maanduri resistants. Mõõtmisel rakendatakse meetodeid, mida kasutatakse kaitsejuhtide resistantsi (katkematuse) mõõtmisel. Mõõtmistulemuste registreerimisega on võimalik eri aastate mõõtmistulemusi võrrelda.

4.2 Kaugjuhtimisega mastlülituspunkt

Elektrienergia võetakse lähi-toitepiirkonnast.

Maanduspaigaldise testimine sooritatakse samuti kui käsijuhtimisega mastlülituspunktis. Toitepiirkonna maandusimpedantsi mõõtmine sooritatakse ühise maanduspaigaldise tingimustele vastavalt. Jälgimise tarvis registreeritakse mõõtmistulemused.

Mastlülituspunkti elektrienergia võetakse omatarbetrafolt

Mastlülituspunkti maandusimpedants mõõdetakse uutel paigaldistel ja iga 12 aasta järel. Mõõtetulemused arhiveeritakse jälgimise tarvis. Vajadusel parandatakse maandust. Piisavalt väikene tegelik puutepinge tehakse kindlaks mõõtmise teel. Selle püsimine nõuab väikest maandusimpedantsi ning potentsiaalitasandusrõnga katkematuse mõõtmist. Mõõtmisi tuleb sooritada 12 aastaste vaheaegade järel. Needki mõõtetulemused talletatakse jälgimise tarvis.

4.3 Mastlülituspunktid, mis on ehitatud varemkehtinud normide alusel

Maandusimpedantsi mõõtmised sooritatakse ehitusajal kehtinud normide alusel, kui konstruktsiooni ei ole muudetud EVS-HD 637-le vastavaks. Vaata punkt 7.

4.4 Nõuded puute- ja maanduspingele

Kõrgepingestandard esitab nõuded suurimale lubatud puutepingele U_{TP} , mille abil olukorra tingimustele vastavalt arvutatakse lubatavad maanduspinged U_E või mõõdetakse kohapeal tegelik puutepinge U_T ja võrreldakse seda lubatava puutepingega. Oletatakse, et rike tekib kõrgepingesüsteemis. Tegelik puutepinge U_T mõõtmine on võimalik kõrgepingealajaamade

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

eraldatud maanduspaigaldiste korral, aga seda ei saa kohaldada ühiste kõrge- ja madalpingemaanduste korral.

Järgnev tabel on koostatud EVS-HD 637 joonise 9.1 alusel hõlbustamaks puutepingete määramist.

Lubatud puutepingete U_{TP} väärtused joonise 9.1 alusel

Rakendusaeg s	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	2,0	5,0	10
U_{TP} voltides	390	280	215	160	132	120	110	102	85	80	80

Rakendusaeg on kogurakendusaeg, kaasa arvatud relee toimeaeg koos relee ja kontaktide inertsiga.

Maanduspinge arvutus.

$$U_E = k \times U_{TP}$$

$$U_E = \text{maanduspinge}$$

k = kordaja, mille suurus sõltub paigaldusest

teisalt

$$U_E = I_E \times Z_E$$

I_E = maapinda siirduv vool, võrdle joonis 2.2 EVS-HD 637

Z_E = maandusimpedants

Keskpinge toitepiirkondi käsitledes on arvestatud teatud maanduspingete ja -impedantside väärtustega, oletades, et väljalülimisaeg keskpinge võrgus on 0,5 sekundit ja maapinda siirduv vool I_E on 10 A.

5. MAANDAMINE ALAJAAMA TOITEPIIRKONNAS

5.1 Üldist

EVS-HD 637 lubab, et kõrge- ja madalpingevõrgu maandused **ühendatakse kokku alati, kui see on võimalik.**

Keskpingele altide osade kaitsemaanduseks ja madalpingevõrgu maandusele **ehitatakse alajaamale ühine maanduspaigaldis.**

Kui alajaam asub väga suure eritakistusega pinnasel (nt. kaljul) või mõnel muul põhjusel maanduse ehitamine alajaamale on praktiliselt võimatu, ehitatakse maandus madalpingevõrgu igale alajaamast lähtuvalle liinile selliselt, et iga maanduspaigaldise kaugus alajaamast on väiksem kui 200 m. Toimiva liigpingekaitse eelduseks on, et maanduspaigaldised on alajaamale võimalikult lähedal.

Madalpingevõrgu maandused ehitatakse standardile EVS-HD 637 vastavalt võttes arvesse standardis esitatud tingimused ühisele maanduspaigaldisele. Maandurite ja maandusjuhtide ristlõige peab olema $\geq 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}^2$. Kuumtsingitud köit Fe 35 mm^2 võib samuti kasutada, kuid esinenud korrodeerumise tõttu seda ei soovitata. Kuna korrosioon võib kahjustada peamiselt maandusjuhi pinnases paiknevat osa, eriti aga üleminekukohta õhust pinnasesse, tuleb see juht varustada vähemalt üleminekukohast kuni maandurini isoleerkattega.

Määravaks maandusimpedantsi väärtuseks on alajaama toitepiirkonna resulteeriv maandusimpedants (kõigi alajaama toitepiirkonna maanduspaigaldiste koosmõju).

² EVS-EN 60228 klass 2 vaskjuhe

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

Madalpingevõrgu üksiku maanduspaigaldise maandusimpedantsi väärtus peab vastama 100 Ω nõudele kui maandusolud seda võimaldavad.

Siin ei käsitleta alajaama toitepiirkonna resulteeriva maandusimpedantsi mõõtmist.

5.2 Maanduspinge nõutav tase

Joonis 5 Alajaama toitepiirkonna maanduspinge väärtusena kasutatakse

$$U_E \leq 2 \times U_{TP}$$

$U_E = 2 \times 215 \text{ V} = 430 \text{ V}$, kui keskpingevõrgu maaühendusvoolu väljalülitusaeg on 0,5 sekundit. Sel juhul toitepiirkonna resulteeriv maandusimpedants 10 A maaühendusvoolu korral peab olema väiksem kui

$$Z_E = U_E / I_E = 430 \text{ V} / 10 \text{ A} = 43 \Omega$$

Kui maaühendusvool ongi 20 A on nõutav maandusimpedants

$$Z_E = 43 \Omega \times 10/20 = 21,5 \Omega$$

Sel viisil on 10 A maaühendusvoolult kerge minna üle mistahes voolu väärtusele, oletades, et väljalülitisaeg ei muutu.

Alajaamale ehitatavale maandusele lisaks ehitatakse igale liiniharule, mille pikkus ületab 200 m, madalpingevõrgu maandus.

Rippkeerdkaabli liigpingekaitse toimivus eeldab, et madalpingevõrgu maanduspaigaldiste vaheline kaugus ei või olla üle 500 m. Äikesetundlikel aladel peab maanduspaigaldisi ehitama tihedamalt. PEN-juhtme maandamine lahendab kogu rippkeerdkaabli liigpinged liinidevaheliste mahtuvuste kaudu.

EVS-HD 60364 "Ehitiste elektripaigaldised" eeldab, et uutele liitumisobjektidele ehitatakse nn. liitumispunkti maandus. Kui liitumispunkti maanduspaigaldis täidab madalpingevõrgu maandamisele esitatud nõuded, võib seda lugeda madalpingejaotusvõrgu haruliini peamaanduseks. Kui võrguhaldajal pole võimalust kontrollida liitumiste maanduspaigaldisi, on parem, kui jaotusvõrgu maandused ehitatakse eraldatutena vastavalt joonisele 5.

Kui alajaamast väljub vaid üks haruliin, tuleb sellele ehitada madalpingevõrgu maanduspaigaldis, et toitepiirkond ei jääks ainult ühe (alajaama) maanduspaigaldisega. Ühe maanduspaigaldise katkemine katkestaks maanduse kogu toitepiirkonnas.

5.3 Maanduspinge väärtus, kui tehnilistel või majanduslikel põhjustel pole võimalik saavutada punktis 5.2 nõutud taset

Joonis 6

Alajaama toitepiirkonna maanduspingele võib kasutada väärtust:

$$U_E \leq 4 \times U_{TP} \text{ kui:}$$

- **alajaama toitepiirkonnas on halvad maandamistingimused;**
- **alajaamale ehitatakse potentsiaalitasandus** kõrgepingestandardile vastavalt. Potentsiaalitasanduse ehitamine on esitatud täpsemalt alajaamu käsitlevates soovitusetes. Potentsiaalitasanduselektroodile lisaks peab vastavalt vajadusele alajaamale ehitama horisontaal- ja /või varraselektroode, mis ühendatakse usaldusväärselt alajaama maanduspaigaldisega;
- **igale madalpingevõrgu haruliinile ehitatakse madalpingevõrgu maanduspaigaldis.**

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

Joonisel 6 on näidatud, et madalpingevõrgule on esiteks ehitatud punkti 5.2 kohased maandused ja et nelja haruliini konstruktsioonile on lisatud tingimust $U_E \leq 4 \times U_{TP}$ rahuldavad haruliinide täiendavad maanduspaigaldised.

Punkti 5.2 arvutuspäidele vastav lubatav suurim maanduspinge on:

$$U_E = k \times U_{TP} = 4 \times 215 \text{ V} = 860 \text{ V}$$

ja resulteeriv maandusimpedants peab olema väiksem kui:

$$Z_E = U_E / I_E = 860 \text{ V} / 10 \text{ A} = 86 \Omega$$

5.4 Maapind on kogu alajaama toitepiirkonnas halvasti juhtiv (nt kalju, kruus, liiv või paekivi)

Joonis 7

Alajaama toitepiirkonna maanduspingele võib sellisel juhul kasutada väärtust:

$$U_E \leq 5 \times U_{TP}$$

Kui rakendatakse tingimust $U_E \leq 5 \times U_{TP}$:

- peab pinnas kogu toitepiirkonna ulatuses olema halvasti juhtiv näiteks kalju, kruus, liiv või paekivi;
- alajaamale peab ehitama potentsiaalitasanduse vastavalt kõrgepingestandardile;
- liitumisel peab olema maanduspaigaldis, mis soovitakse ühendada liituja peapotentsiaalühthlustusega. Alati nii pole või võrguhaldaja ei saa seda tagada;
- eelmist tingimust saab täita ka ehitades potentsiaalitasanduse liituja ehitise ümber. Näiteks andmesidemasti "seadmekilp" võidakse ümbritseda potentsiaalitasandusega, mis ühendatakse kilbi PE-latiga. Samale potentsiaalitasandussüsteemile ühendatakse kõik muudki potentsiaalitasandused nagu masti ja tõmmitsate alaosas olevad potentsiaalitasandused jms. Nii püütakse alale luua samapotentsiaalipind.

Selline olukord tuleb sagedamini ette ühe või vaid mõne liitujaga toitevõrgus.

Liitujat toitev haruliinile tuleb ehitada madalpingevõrgu maanduspaigaldis. See võidakse teostada õhuliini (lõpu)mastil või kaablivõrgus, laiendades liitumise maanduspaigaldist või monterides maanduselektroodi (maandusjuhi) alajaamast (või jaotuskapist) liitumiskilbi PE klemmidele.

Punkti 5.2 arvutuspäidele vastav lubatud suurim maanduspinge on:

$$U_E = k \times U_{TP} = 5 \times 215 \text{ V} = 1075 \text{ V}$$

ja resulteeriv maandusimpedants peab olema väiksem kui:

$$Z_E = U_E / I_E = 1075 \text{ V} / 10 \text{ A} = 107 \Omega$$

5.5 Toimimistavad halbades maandustingimustes (joonised 6 ja 7)

Üheaegselt toiteliiniga paigaldatakse kaablikraavi maanduselektrood Cu 16 mm². Maanduspaigaldise võrgupoolne ots ühendatakse PEN-juhtmega kas mastil või jaotuskapis ja liitumise poolne ots liituja kilbi PE-klemmidele. See maanduselektrood toimib liitumise maanduspaigaldisena ja võrgu lõpuotsa maanduspaigaldisena.

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates:	21.04.2016	Dokumendi tähis:	P393 / 4
	Kinnitas:	A. Pihlak	Ülemdokument:	P347

Maanduselektrood ühendatakse PEN-juhtmega kokku. See parandab PEN-juhtme juhtivusvõimet ja kindlustab seda. Elektrood peab asetsema toitekaabli vahetus läheduses, sest siis ei teki selles võimaliku voolu korral segavat hajamagnetvälja.

Laiadel, halvasti juhtivatel liiva- või kruusaseljandikel võib kogu madalpingekaablivõrgu alale ehitada maanduri, mis alajaamas ja jaotuskilpides ühendatakse PEN-latiga ja liitumisobjektidel PE-klemmiga.

Sellist ehitusviisi kasutades on vajalik maandusmõõtmiste käigus mõõta ka maanduselektroodis kulgevat voolu, et avastada võimalikud PEN- või maandusjuhi/elektroodi katkemised.

5.6 Eraldatud maanduspaigaldised

Kui ühtegi eelpool mainitud tingimust ei suudeta täita, ehitatakse kesk- ja madalpingevõrgu maanduspaigaldised eraldatuna.

Eraldatud maanduspaigaldised ehitatakse nii, et alajaamale tehakse keskpingsvõrgu kaitsemaandus vastavalt standardile EVS-HD 637 ja madalpingevõrgule ehitatakse minimaalselt punkti 5.2 kohased maanduspaigaldised.

Kesk- ja madalpingevõrgu maanduselektroodide omavaheline kaugus peab igas punktis olema vähemalt 20 m.

Keskpingsvõrgu maandamisnõuete täitmise tingimuseks on $U_E \leq 4 \times U_{TP}$. Lisaks on maanduse mõõtmisel võimalik selgitada tegelik maanduspinge U_T , mis peab täitma tingimust $U_T \leq U_{TP}$. Selline mõõtmisvõimalus puudub ühist maanduspaigaldist kasutades.

Kuna eraldatud maanduspaigaldisi on avariilukordades väga raske teineteisest lahus hoida ja nende kasutamisel on alajaamades ohurisk, on parim püüda täita ühistele maanduspaigaldistele esitatavad nõuded ja kasutada ainult ühiseid maanduspaigaldisi.

6. LAI MAANDUSSÜSTEEM

EVS-HD 637 punkt 2.7.14.5

“Maandussüsteem saadakse liites paljud üksteise lähedal asuvad maanduspaigaldised võrguna ühte selliselt, et moodustub peaaegu samapotentsiaalipind. Süsteemi laius ja maandusvõrgu tihedus tagavad selle, et nimetatud alal ohtlikke puutepingeid ei esine.”

Kui on kindel, et uus toitepiirkond liidetakse laia maandussüsteemiga, ei tarvitse toitepiirkonna maandusimpedantsi mõõta. Tuleb jälgida, et ühendus laia maandussüsteemiga toimib usaldusväärselt ja mitme ühenduse kaudu.

Laia maandussüsteemi ühendusjuhtidena toimivad:

- kõrgepingekaablite mantlid ja keskjuhid;
- madalpingevõrgu PEN-juhtmed nii maakaablites kui õhuliinidel;
- võimalikud eraldi paigaldatud alajaamu ühendavad maandusjuhid ja -elektroodid;
- vajadusel võidakse alajaamade maanduspaigaldisi ühendada ka keskpingseliini mastidele monteeritud maandusjuhtide kaudu.

Lai maandussüsteem võib moodustuda ka toitepiirkondade võrgust, mille summaarne maandusimpedants täidab tingimuse $U_E \leq 2 \times U_{TP}$.

Tuleb jälgida, et igale uuele toitepiirkonnale tuleb maanduspaigaldised ehitada vastavalt alajaamu ja liine käsitlevatele paigaldusstandarditele, kus enamasti on toodud eraldi nõuded ka laia maandussüsteemi jaoks.

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates:	21.04.2016	Dokumendi tähis:	P393 / 4
	Kinnitas:	A. Pihlak	Ülemdokument:	P347

Tähelepanu!

- reastikune alajaamakett näiteks jõeäärses asustuses üldiselt ei moodusta laia maandussüsteemi, kuna puudub võrgulaadne ülesehitus ja piisav tihedus;
- ruudukujuliselt väljaehitatud linnapiirkonnale moodustub tihti lai maandussüsteem;
- **laia maandussüsteemi määramiseks on vajalik koostada eri maanduspaigaldiste ühenduste skeem.**
- laia maandussüsteemi on põhjust luua saavutatavate ohutus- ja ökonoomsuseeliste tõttu.

7. KAABLIVÕRGU ALAJAAMA MAANDUSPAIGALDIS

7.1 Maandur

Keskpinge maakaablivõrku ühendatud alajaamadel kasutatakse keskpingele altide osade ja madalpingevõrgu maandamiseks ühist maanduspaigaldist.

Keskpingevõrgu *maanduritoimega* kaablite maandusjuhid ühendatakse alajaama *maanduspaigaldisega keskpinge jaotusseadmes* vastavalt joonisele 8.

Kioskalajaama vms maandurid võidakse monteerida viisil, mis vastab joonisele 9.

Teostusel tuleks silmas pidada järgmist:

- vundamendikaeviku põhja paigaldatakse rõngakujuline maanduselektrood, mille maandusresistantsi parandatakse varrasmaanduri lisamisega;
- kui on võimalus paigaldada sügavale ulatuvaid varrasmaandureid, siis suure tõenäosusega saadakse parem tulemus isegi ühe süvamaanduriga nelja lühema asemel. Kindlasti peaks seejuures olema teave maapinna eri kihtide kohta;
- potentsiaalitasanduselektrood ehitatakse enamalt 0,5 m sügavusele (joonisel 9 sügavus 300 mm) ja ca 1 m kaugusele alajaama seinast. Seda pole tarvis paigaldada laia maandussüsteemi piirkonnas ega seal, kus tingimus $U_E \leq 2 \times U_{TP}$ saab täidetud; (U_E - maanduspinge ja U_{TP} - puutepinge)
- kui kesk- või madalpingekaablivõrgu kaablikraavi paigaldatakse eraldi rõhtmaandureid, siis need ühendatakse alajaama *maanduselektroodiga maa sees*;
- nii alajaama maandus- kui ka potentsiaalitasanduselektrood ehitatakse vaskkõiega³ Cu 25 mm², millest moodustatakse ümber alajaama silmus sellisel viisil, et juhe ei oleks lühistatud kusagil mujal peale maanduslati (eesmärgiks silmuse katkematuse kontrolli võimaldamine).

Hoonesse sisseehitatud alajaama maanduri võib enamasti ehitada püst- ja/või rõhtelektroodina alajaama vahetusse lähedusse. Ehitusel võib kasutada ehitise vundamendi vaiasid näiteks selleks, et paari vaiaga koos paigaldatakse maanduselektrood maasse vaia sügavusele.

Alajaama maanduslati ja elektrootide vahele paigaldatakse maandusjuhiks kaks Cu 25 mm² köit³, sest nii tagatakse maanduse toimivus ühe maandusjuhi lahtiühendamisel. Nii välditakse ka seda, et ühe maandusjuhi katkemine ei lahuta alajaama maandusest.

Maa-aluseid vee- ja kanalisatsioonitorustikke ei tohi kasutada maanduselektroodidena. Veetorustikes on esinenud korrosiooni poolt tekitatud lekkeid maandusjuhtme ja toru ühenduskohas. Metallist veetorustike korral kasutatakse lisaks isoleerivaid liiteid ja torud on sageli plastmassist, mistõttu nad ei toimi elektrootidena. Kui olemasoleval alajaamal on maa-alusel vee- ja kanalisatsioonivõrgul põhinev maanduspaigaldis, tuleks selle kasutamisest loobuda.

7.2 Pingealtide osade kaitse-potentsiaaliühtlustus

Keskpingele alid osad ühendatakse alajaama maanduslatiga potentsiaaliühtlustusjuhiga, mille minimaalselt nõutavaks ristlõikeks on Cu 16 mm². Nii peenikest maandusjuhti

³ EVS-EN 60228 klass 2 vaskjuhe

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates:	21.04.2016	Dokumendi tähis:	P393 / 4
	Kinnitas:	A. Pihlak	Ülemdokument:	P347

ei saa siiski kasutada keskpinge kaablivõrguga ühendatud alajaamas.

Kaksikmaalühiste ja võimalike kasvavate maaühendusvoolude tõttu on soovitatav, et küllalt lühikesed **potentsiaaliühtlustusjuhid ehitatakse köisjuhtmetega Cu 50 mm²**.

Alajaamaruumis olevad veetorud, ventilatsioonikanalid ja muud võimalikud laiad juhtivad süsteemid maandatakse ainult ehitise peamaanduslati kaudu. Juhul, kui need maandatakse ka alajaamas, moodustuvad nulljärgnevusega vooludele kõrvalrajad, mis tekitavad uitmagnetvälju ja häireid.

Alajaamas potentsiaaliühtlustatakse üldiselt vaid keskpingekambrid, transformaator ja madalpinge jaotusseade.

Koos alajaama maandusjuhtide ühendamisega tuleb kindlustada, et madalpinge jaotusseadme potentsiaaliühtlustus on välja ehitatud.

Alajaamas olev kaabliredel, millel on kahekordse isolatsiooniga kaableid (näit AXMK, AXPk vm), ei ole pingele aldis osa. See võidakse siiski maandada alajaama maanduslatile. Kaabliredel, mis suundub ehitise teistesse ruumidesse ning kujutab endast pikka juhtivat ühendust, maandatakse vaid ehitise peamaanduslati.

7.2.1 Keskpingekaablite otste maandamine

Heaks üldiseks tavaks alajaamade montaažil on, et kõik kaabliotsad ja kaablite kestad maandatakse.

Keskpingekaablite otstes ühendatakse kaabli kontsentriiline juhe (alumiiniumkest või vasksooned) maandusega. Kaablikesta maandusjuhi ristlõike määramisel lähtutakse kesta juhtivusest.

Puute eest kaitstud kaabliotsa puhul on vältimatu maandada nii ots kui ka kaabli kontsentriiline juht kaabli kummaski otsas. Kui nii ei tehta, kuumenevad otsa peened potentsiaaliühtlustusjuhtmed rikke korral üle ja katkevad. Isegi voolutõuge transformaatori lüümisel võib põhjustada potentsiaaliühtlustusjuhtmes märgatava kuumenemise, kui kaabli kontsentriiline kest oli maandatud vaid ühest otsast.

Kaabliotste maandamist vaata jooniselt 8.

7.2.2 Keskpinge kaablivõrgu harukilbi maandamine/potentsiaalitasandus

Keskpinge harukilbile tuleb ehitada alati kohapealne maandus-/potentsiaalitasanduselektrood, millega ühendatakse keskpingevõrgu kaablite maandusjuhid sarnaselt alajaama maanduspaigaldises tehtavatele ühendustele vastavalt joonisele 8. Keskpinge harukilbi potentsiaalitasanduselektrood monteerida sarnaselt kioskalajaama potentsiaalitasanduselektroodiga (vt p 7.1) vastavalt joonisele 10.

7.3 Maanduste ühitamine ja madalpingevõrgu maandamine

Kesk- ja madalpingevõrgu maanduste ühitamine teostatakse madalpinge jaotusseadme PEN-latilt kaitse-potentsiaaliühtlustusjuhiga Cu 50 mm² alajaama maanduslatile. See potentsiaaliühtlustusjuht võidakse alternatiivina paigaldada transformaatori N-klemmilt maanduslatile.

Alajaama maanduslatt võidakse ehitada madalpinge jaotusseadme PEN-latiga kokku nii, et vajadusel saab seda PEN-latist lahti ühendada.

Tehases valmistatavates 5-juhtmesüsteemile ehitatud alajaamades, kus madalpinge jaotusseadmes on nii N- kui ka PE-latt, võidakse võrguhaldaja poolt N-latti kasutada PEN-latina ja PE-latti maanduslatina.

Ehitise peapotentsiaalilati ja alajaama maanduslati kokkuühendamist ei tehta, kuna sellest moodustuks paralleelne PEN-juht ja uitmagnetväljad.

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

7.4 Transformaatori N-klemmi ühendamine trafo kestaga

Juhul, kui alajaama paigaldatakse liigpingepiirikud, tuleb transformaatori N-klemm vahetult ühendada transformaatori kestaga. Uutel transformaatoritel on maanduskoht transformaatori kaanel klemmi lähedal ja transformaatori alaosas. Vanematel transformaatoritel on maanduskoht ainult transformaatori alaosas ja sel juhul N-klemm ühendatakse otse transformaatori kaanega liidesega, mis surub trafo kaant oma raami või trafo kaane poldi abil. Hermeetiliselt suletud transformaatoritel ei tohi kaane polte avada, mistõttu neil ongi üldiselt maanduskoht nii trafo kaanel kui ka trafo alaosas.

Kui madalpinge jaotusseadme PEN-latt on ühendatud maanduslatiga ja transformaatori N-klemm otse transformaatori kerega, moodustub maandusjuhi kaudu paralleelne voolutee nulli-vooludele. Osa nulli-voolust kulgeb sel juhul maandusjuhi kaudu.

Komplektalajaamades ei teki üldjuhul sellest probleeme, kuid sisseehitatud alajaama hoones võib olla seadmeid, mida tekkiv uitmagnetväli häirib. Kaablivõrgu alajaamas võib sellisel juhul maandusjuhi Cu 50 mm² monteerida ainult transformaatori maandusklemmilt maanduslatile ja nii vältitakse paralleelne voolutee.

7.5 Maandusjuhtide ühendamine ja märkimine

Alajaama maandusskeemi koostamisel nummerdatakse eraldi (tähistatakse) kõik maandus- ja potentsiaaliühtlustusjuhid. Samad numbrid märgitakse juhtmetele maanduslati vahetus läheduses. Teisi tähiseid maandus- ja potentsiaaliühtlustusjuhtidele pole tarvis kasutada.

Maandusjuhtidena kasutatakse paljaid vaskkõisi, mis taluvad paremini soojenemist kui isoleeritud juhtmed. Kui mingil põhjusel tahetakse kasutada isoleeritud juhtmeid, tuleb selleks ette näha rohe-kollase märgistusega juhtmed.

Suurim esineda võib maandusjuhi vool on kaksikmaaühendusvool, mis võib olla 85% kolme-faasilisest lühisvoolust. Joonisel 8 näidatud juhtmega (liides 1) kindlustatakse, et keskpingseseadme lahtiühendamine selle vahetamise või mõne muu toimingu tõttu ei takista kaksikmaaühendusvoolu kulgu. Kaksikmaaühendusvoolu kulgemisteks pole sageli küllaldane jaotusseadme õhukesevõitu terasplaat maandusliidesega.

Joonis 8 Maandus- ja kaitse-potentsiaaliühtlustusjuhtide ühendamine

Alajaama maanduslatile on näidatud liidesed 1 – 6:

- liidesest 1 on monteeritud maandusjuht keskpingseseadme W-kaabli maanduskõiele ja iga keskpinge-kambri maandusliidesele. Kambrites 1 ja 2 toimub maandamine W – kaablite maanduskõite kaudu;
- liidesest 2 on monteeritud keskpingseseadme kaitse-potentsiaaliühtlustusjuht, mis toimib ka transformaatori keskpingekaabli otsa maandusjuhina; (Kui keskpingseseadmel ei ole sõltumatut jaotusseadme maanduskohta, eelnimetatud ühendust ei ehitata.)
- liidesest 3 on monteeritud transformaatori kaitse-potentsiaaliühtlustusjuht. Transformaatori kaanel olev otseühendus N-klemmilt kaanele on vajalik siis, kui transformaator ühendatakse otse õhuliinivõrguga ja transformaatorile monteeritakse liigpingepiirikud (kamber 1);
- transformaatori valmistajalt tuleb saada teave sellest, kas transformaatori potentsiaaliühtlustamist võib teha ühe koha kaudu või ühendatakse mõlemad kohad kaitse-potentsiaaliühtlustusjuhiga. Tsingitud transformaatoril piisab ühe maanduskoha ühendamisest maandusjuhiga;
- liidesest 4 on monteeritud maandusjuht madalpinge jaotusseadme PEN-latile. PEN-latt (või PE-latt) võidakse poltliidese abil otse ühendada madalpinge jaotusseadme karkassiga. Nii moodustub madalpinge jaotusseadme kaitse-potentsiaaliühtlustus;

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates: Kinnitas:	21.04.2016 A. Pihlak	Dokumendi tähis: Ülemdokument:	P393 / 4 P347
----------------	-----------------------------	-------------------------	-----------------------------------	------------------

- liidestega 5 ja 6 on ühendatud kaks alajaama maandusjuhti, milleks komplektalajaamade maanduslattel on kaks kohta (poltidega M12 vastavalt P358 „Nõuded komplektalajaamadele, madalpingeseadmete ja keskpingseseadmetele“.)

Liidestelt 1, 2, 3 ja 4 ühendatud maandus- ja potentsiaaliühtlustusjuhid on kõik ristlõikega Cu 50 mm².

Maandusjuhid peavad olema EVS-EN 60228 klass 2 vaskjuhtmed või mehaaniliselt tugevuselt ja korrosioonitaluvuselt samaväärsed vähima ristlõikega 25 mm². Komplektalajaama kahe maandusjuhi ühendamiseks maandus- ja potentsiaalitasanduselektroodiga moodustatakse ümber alajaama silmus sellisel viisil, et juhe ei oleks lühistatud kusagil mujal peale maanduslati (eesmärgiks silmuse katkematus kontrolli võimaldamine) nagu näiteks joonisel 9.

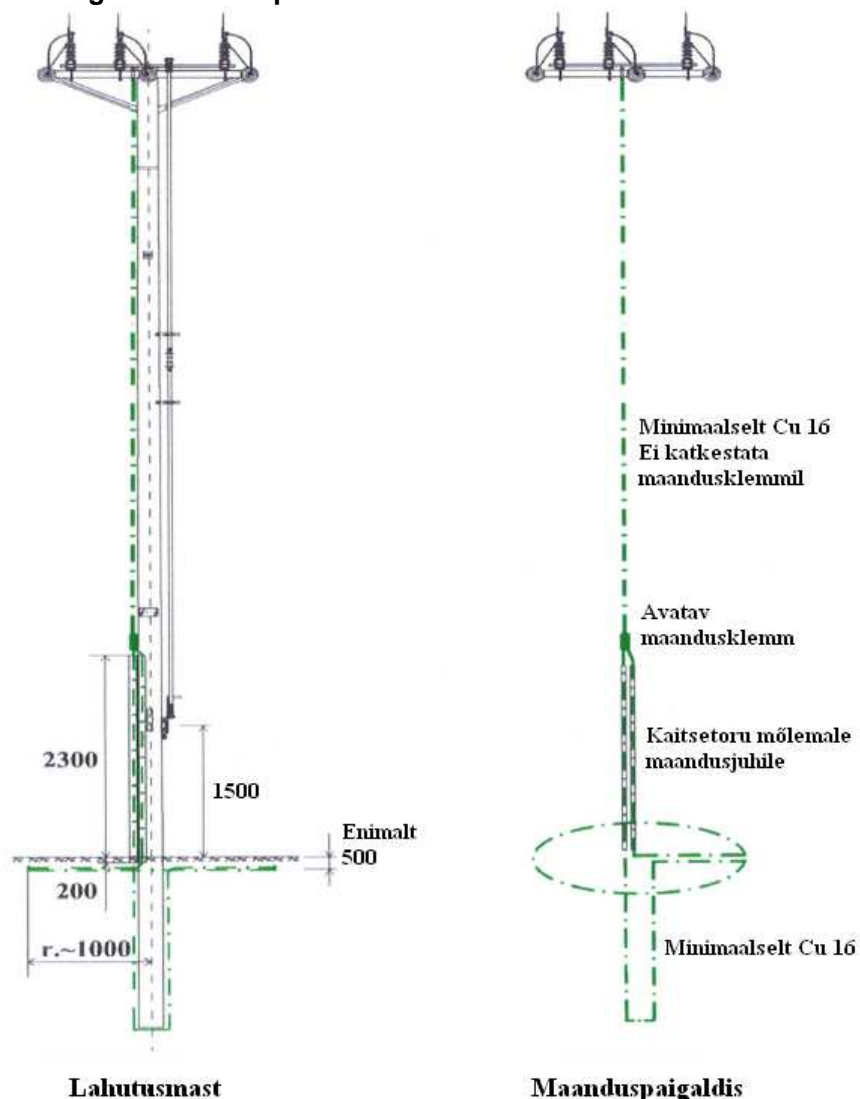
8. JOONISED

See soovitus sisaldab järgnevatel lehtedel kokku 10 joonist.

Mastlülituspunktide ja alajaamade toitepiirkondade maanduspaigaldised

JOONIS 1

Käsijuhtimisega mastlülituspunkti maandamine

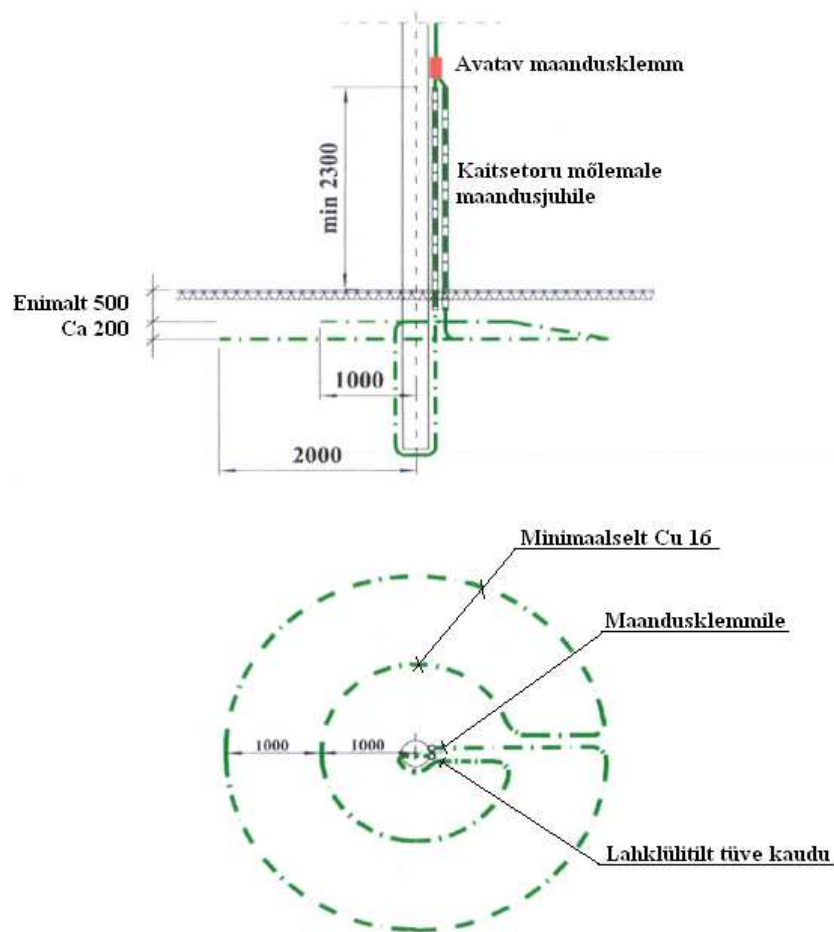


Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates:	21.04.2016	Dokumendi tähis:	P393 / 4
	Kinnitas:	A. Pihlak	Ülemdokument:	P347

Mastlülituspunktide ja alajaamade toitepiirkondade maanduspaigaldised

JOONIS 2

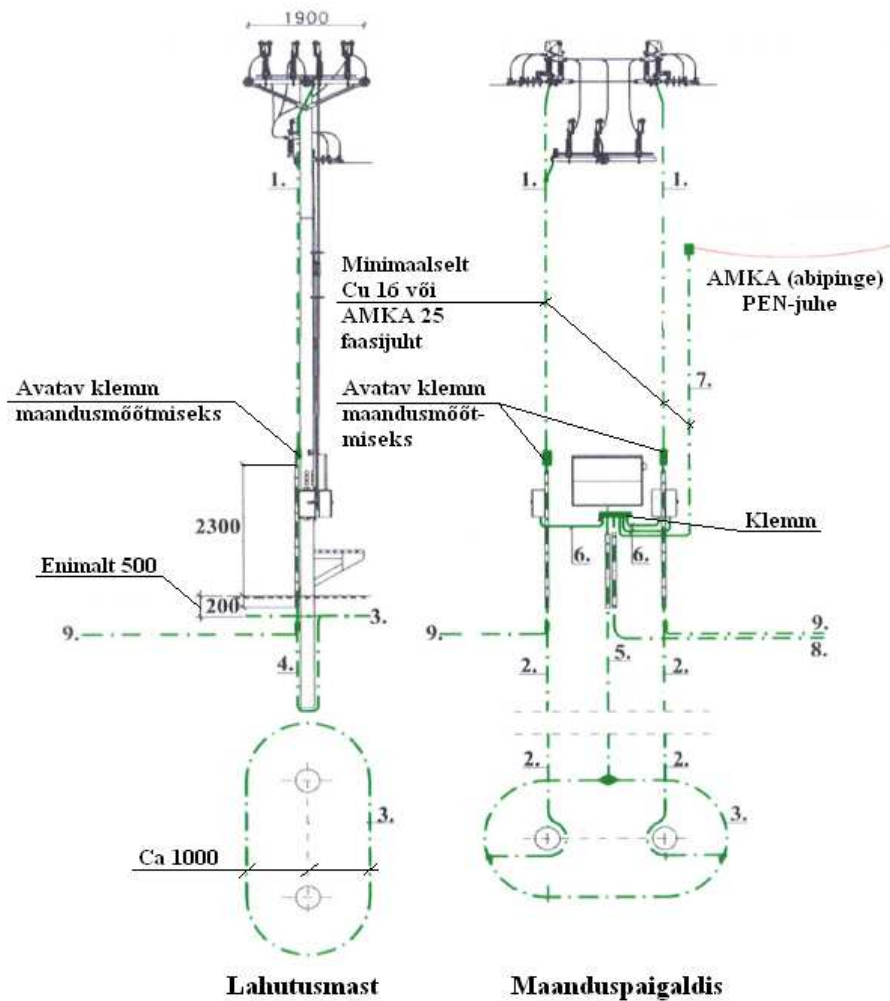
Käsijuhtimisega mastlülituspunkti maandamine kohas, kus sageli viibib inimesi või koduloomi



Mastlülituspunktide ja alajaamade toitepiirkondade maanduspaigaldised

JOONIS 3

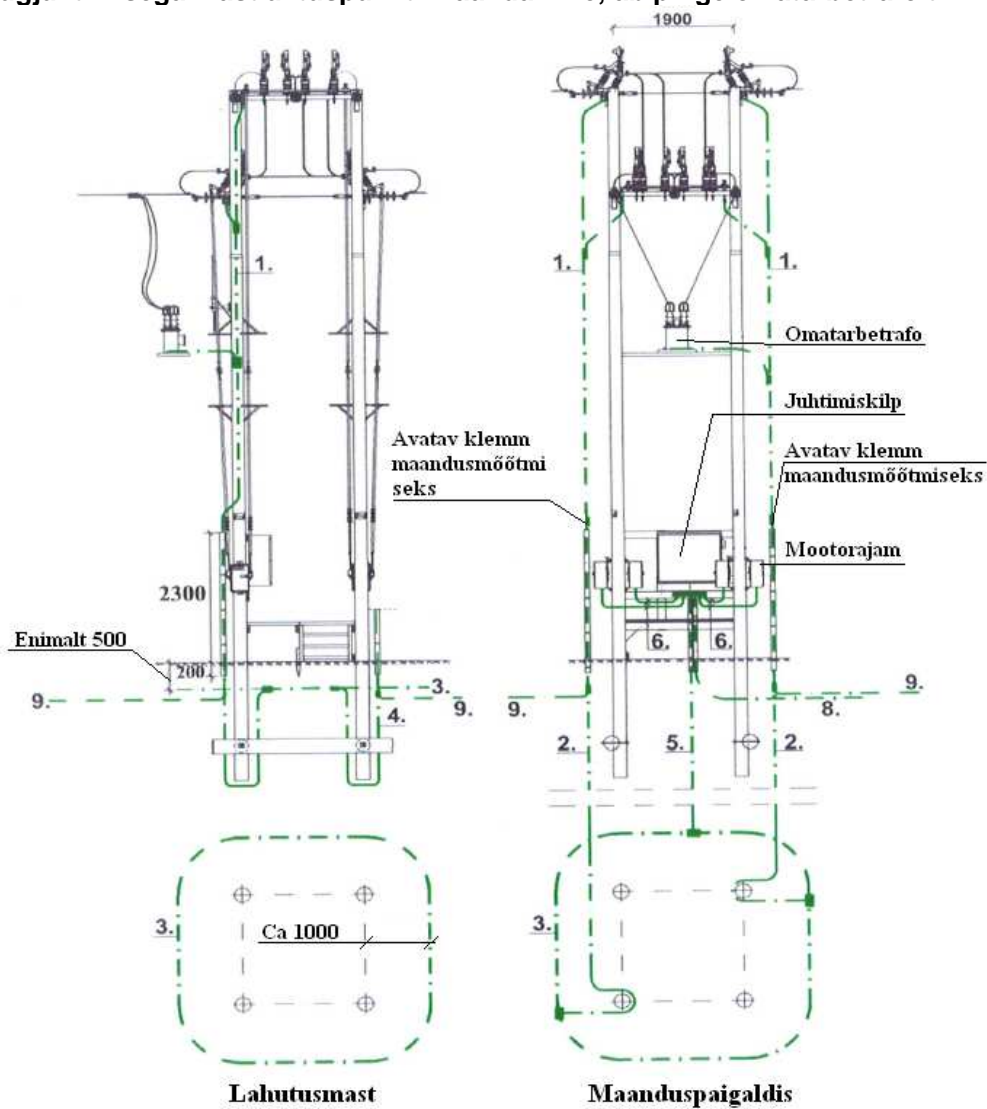
Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti maandamine, abipinge lähivõrgust



Mastlülituspunktide ja alajaamade toitepiirkondade maanduspaigaldised

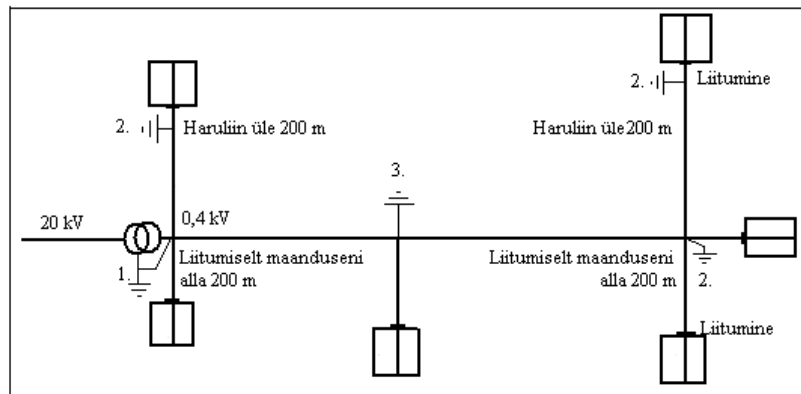
JOONIS 4

Kaugjuhtimisega mastlülituspunkti maandamine, abipinge omatarbeträfo



Mastlülituspunktide ja alajaamade toitepiirkondade maanduspaigaldised

JOONIS 5 Maandamine alajaama toitepiirkonnas, nõutud tase

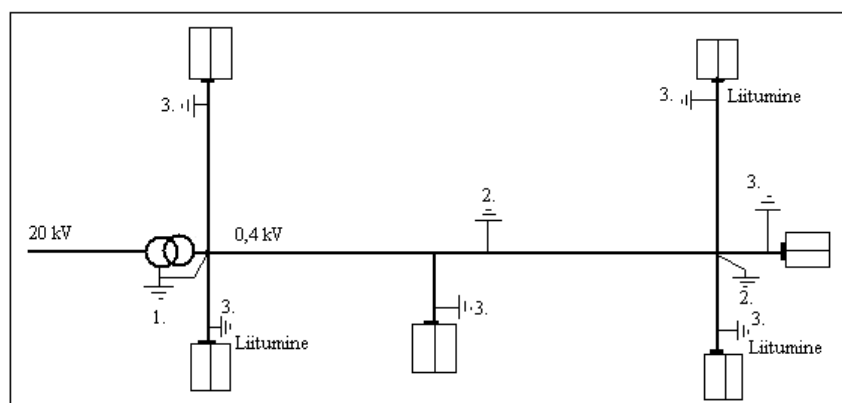


$$\text{Nõutav tase} - U_E \leq 2 \times U_{TP}$$

Maanduspaigaldised joonisel 5:

1. Alajaama ühine kesk- ja madalpingevõrgu maanduspaigaldis
2. Madalpingevõrgu maanduspaigaldis vastavalt käesolevale juhendile
3. Madalpingevõrgu maanduspaigaldiste soovitatav vahekaugus on alla 500 m. Üldjuhul on igal liitumisel oma maanduspaigaldis.

JOONIS 6 Maandamine alajaama toitepiirkonnas, halvad maandustingimused



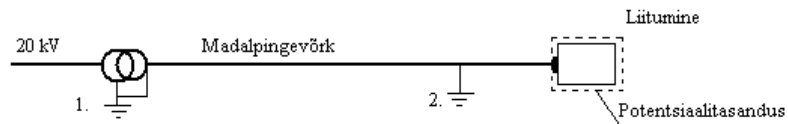
$$\text{Halvad maandustingimused} - U_E \leq 4 \times U_{TP}$$

Maanduspaigaldised joonisel 6:

1. Alajaama ühine kesk- ja madalpingevõrgu maanduspaigaldis
2. Madalpingevõrgu maanduspaigaldiste vahekaugus on alla 500 m
3. Igal haruliinil peab olema madalpingevõrgu maanduspaigaldis. Üldjuhul on igal liitumisel oma maanduspaigaldis.

Mastlülituspunktide ja alajaamade toitepiirkondade maanduspaigaldised

JOONIS 7 Maandamine alajaama toitepiirkonnas, halvasti juhtiv pinnas kogu toitepiirkonna ulatuses



Maanduspaigaldised joonisel:

1. Alajaama ühine kesk- ja madalpingevõrgu maanduspaigaldis
2. Madalpingevõrgu maanduspaigaldis. Vajatakse vähemalt ühte.

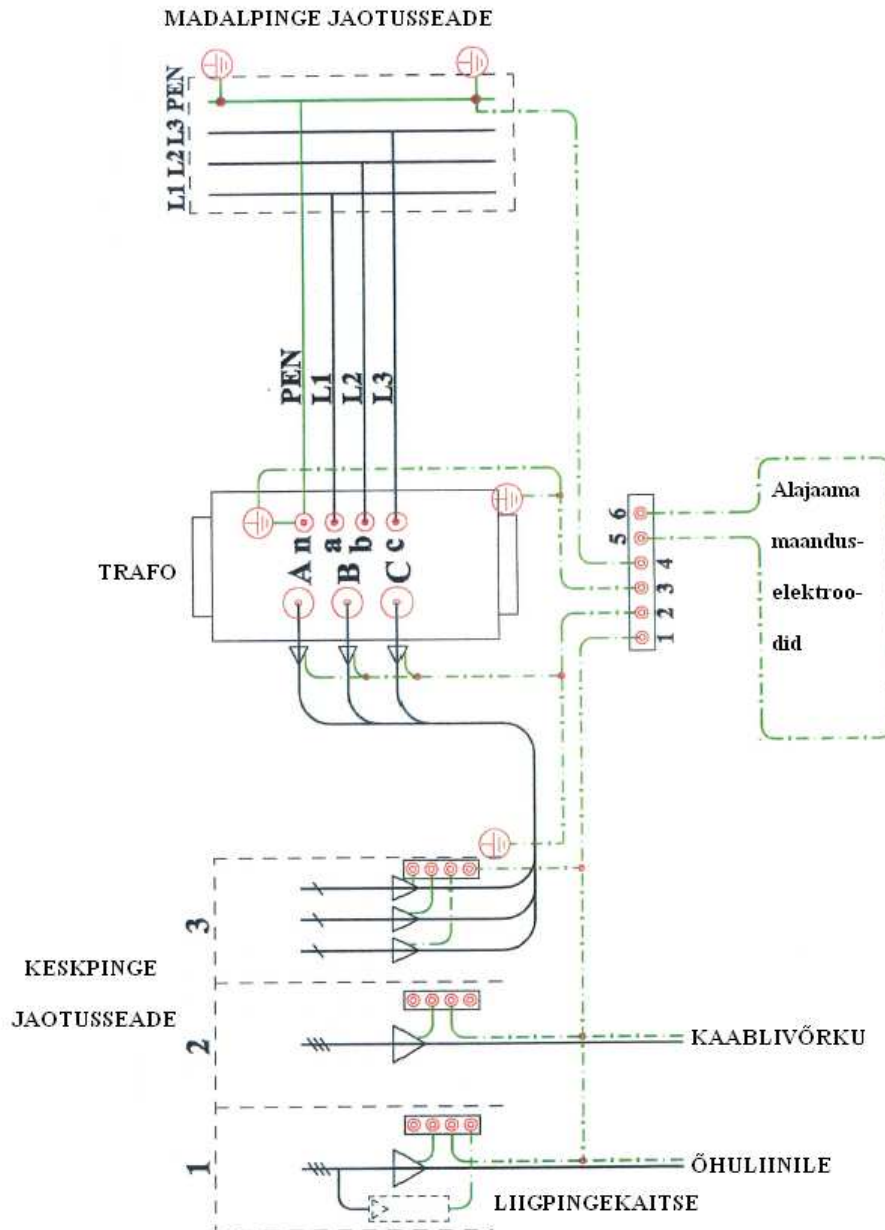
Halvasti juhtiv pinnas kogu toitepiirkonna ulatuses - $U_E \leq 5 \times U_{TP}$

Sageli on tegemist ühe või mõne üksiku liitumisega

- Liitumisel on maanduspaigaldis, mis on ühendatud peapotentsiaaliühtlustuslatiga või
- Liitumisele on ehitatud potentsiaalitasandus

Kaablivõrgu alajaama maanduspaigaldis

JOONIS 8

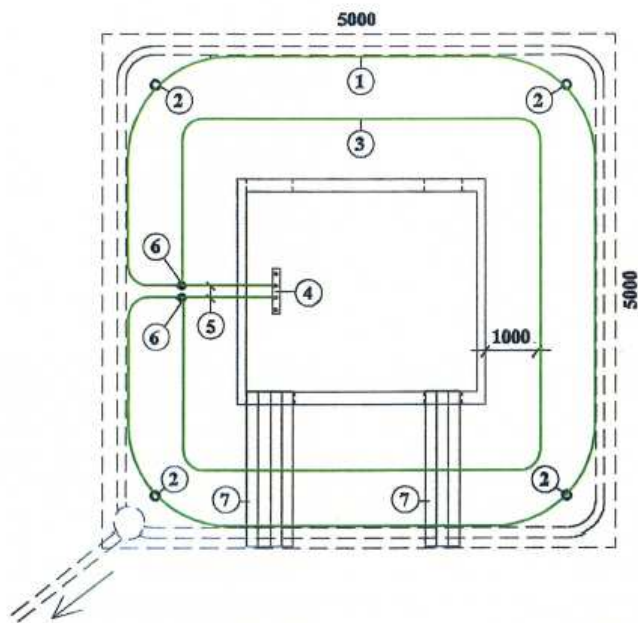
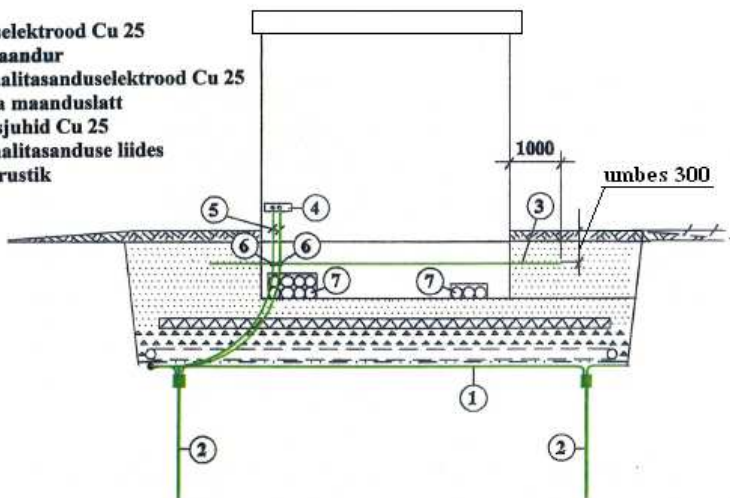


Kaablivõrgu alajaama maanduspaigaldis

JOONIS 9

KIOSKALAJAAMA MAANDUSPAIGALDIS

- 1 Maanduselektrood Cu 25
- 2 Varrasmaandur
- 3 Potentsiaalitasanduselektrood Cu 25
- 4 Alajaama maanduslatt
- 5 Maandusjuhid Cu 25
- 6 Potentsiaalitasanduse liides
- 7 Kaablitorustik



Keskpinge kaablivõrgu harukilbi maanduspaigaldis

JOONIS 10

