

SISÄLLYS

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | PIENJÄNNITEVERKON TEKNISET VAATIMUKSET JA MÄÄRITELMÄT | 2 |
| 1.1 | Liittämiskohta | 2 |
| 1.2 | Liittymisjohdot..... | 2 |
| 1.3 | Pienjänniteliittymän suojaus | 3 |
| 1.4 | Oikosulkuvirta..... | 4 |
| 1.5 | Maadoitukset..... | 4 |
| 1.6 | Kiinteistöjen ylijännitesuojaus | 4 |
| 2 | KESKIJÄNNITEVERKON TEKNISET VAATIMUKSET JA MÄÄRITELMÄT | 5 |
| 2.1 | Liittämiskohta | 5 |
| 2.2 | Liittymisjohdot..... | 5 |
| 2.3 | Muuntamo | 6 |
| 2.4 | Kojeisto | 6 |
| 2.5 | Maadoitukset..... | 9 |
| 2.6 | Kiinteistöjen ylijännitesuojaus | 9 |
| 2.7 | Asiakasmuuntamon mallikaaviot | 10 |

1 Pienjänniteverkon tekniset vaatimukset ja määritelmät

1.1 Liittämiskohta

Liittämiskohta on verkonhaltijan (Alva Sähköverkko Oy) määrittämässä paikassa tontin rajalla, tontilla sijaitsevassa verkonhaltijan muuntamossa tai liittyjän hallinnoiman alueen rajalla.

Verkonhaltija vastaa liittymisjohdon rakentamisesta liittämiskohtaan saakka. Liittämiskohta on jakeluverkon ja liittyjän sähköasennusten välinen kohta.

Horisontaalisessa tonttijaossa jakeluverkon haltija määrittää liittymiskohdan tapauskohtaisesti.

1.2 Liittymisjohdot

Verkonhaltijan pienjänniteverkkoon kytkettävät liittymisjohdot ovat pääsääntöisesti alumiinisia kaapeleita. Liittymiskaapelit mitoitetaan kunkin sähkökäyttöpaikan mukaisesti. Verkonhaltija määrittää käytettävän liittymiskaapelin.

Uusien liittymien rakentamisessa sekä vanhojen liittymien muutoksissa noudatetaan seuraavaa liittymiskaapeleiden valintataulukkoa. Taulukko perustuu voimassa oleviin SFS 6000 -standardeihin.

Noudatamme asennustapaa D2, jossa kaapeli(t) on asennettu maahan. Rinnakkaisten kaapeleiden välin tulee olla vähintään 0,125 m. Mikäli kaapelit asennetaan putkeen tai poikkeuksellisen etäisyyden päähän toisistaan, kaapeleiden mitoitus tulee aina tarkastaa erikseen yllä olevista standardeista.

| Liittymä- luokka | Ylikuormitusuoja, kuluttajan pääsulake | Liittymiskaapeli, asennustapa D2 maassa |
|-------------------------|---|--|
| 3x25 3x35 3x63 | 3x25 3x35 3x63 | AXMK25 |
| 3x100 3x125 3x160 | 3x100 3x125 3x160 | AXMK95 |
| 3x200 3x250 | 3x200 3x250 | AXMK185 |
| 3x315 | 3x315 | AXMK300 |
| | 2x(3x160) | 2xAXMK185 |
| 3x400 | 2x(3x200) | 2xAXMK185 |
| 3x600 | 3x(3x200) | 3xAXMK185 |
| 3x800 | 4x(3x200) | 4xAXMK185 |
| 3x1000 | 5x(3x200) | 5xAXMK185 |
| | 4x(3x250) | 4xAXMK300 |

Taulukko 1. Liittymiskaapelien valintataulukko

Vanhoissa liittymissä, joissa on käytetty muita kuin yllä olevia liittymiskaapeleita tulee liittymän muutostapauksissa olla yhteydessä sähköverkon suunnitteluun.

Linkki:

<https://asiakas.alva.fi/Feedback/Feedback/ContactForm?subject=S%C3%A4hk%C3%B6verkon%20suunnittelu>

Liittyjä vastaa liittämiskohdan ja kiinteistön pääkeskuksen välisen liittymisjohdon rakennuttamisesta ja rakentamiskustannuksista sekä johdon ylläpidosta. Liittymisjohdon asentamisessa tontilla ja kiinteistössä on noudatettava SFS 6000 -standardin määräyksiä.

Liittymien muutostapauksissa liittämiskohta muuttuu tontin rajalle ja liittyjä vastaa myös silloin liittymisjohdon rakentamiskustannuksista tontin osuudella. Liittymän muutoksista laaditaan uusi liittymissopimus.

Tapauskohtaisesti voidaan käyttää suurvirtakaapelijärjestelmää. Tällöin kuitenkin liittyjä vastaa sen suunnittelusta.

1.3 Pienjänniteliittymän suojaus

Kiinteistön pääkeskukseen on sijoitettava aina liittymissopimuksen mukaiset pääsuojat. Pääsuojina voidaan käyttää tulppa- tai kahvasulakkeita tai katkaisijaa. Tätä kohtaa sovelletaan myös työmaakeskuksiin.

Pääsuojana sulakkeet

Sulakkeena voidaan käyttää gG-tyyppin tulppa- tai kahvasulakkeita. Sulakkeet toimivat liittymisjohdon ylikuormitussuojana. Sulakkeiden mitoituksen ja määrittelyjen tulee täyttää standardien SFS 6000 vaatimukset. Verkonhaltijalla on käytössä vaatimus, jonka mukaan vikatapauksissa sulakkeiden toiminta-ajan tulee olla alle 5 sekuntia.

Pääsuojana katkaisija

Kun liittymiskaapelina käytetään kiskoa tai suurvirtajärjestelmää, on sen pääsulakkeena käytettävä standardien SFS 6000 vaatimukset mukaista katkaisijaa. Katkaisijat on asetettava taulukon 2 (kuva alla) mukaisesti.

| Pääsulakkeen koko / A | <i>Ylikuormitussuoja yli 5 s mukainen pienin toimintavirta [A] (SFS-EN 60269, taulukko 19)</i> | <i>Oikosulkusuoja Alle 5 s mukainen pienin toimintavirta [A] (SFS-EN 60269, taulukko 3)</i> |
|------------------------------|---|--|
| 25 | 27 | 250 |
| 35 | 36 | 250 |
| 63 | 63 | 320 |
| 125 | 138 | 715 |
| 160 | 168 | 950 |
| 200 | 213 | 1250 |
| 250 | 299 | 1650 |
| 315 | 392 | 2200 |
| 400 | 461 | 2840 |
| 600 | 720 | 5100 |
| 800 | 960 | 7000 |
| 1000 | 1200 | 9500 |

Taulukko 2. Pääsuojien toimintavirrat

Katkaisijan asetteluista ja sen toiminnan koestuksesta on toimitettava pöytäkirja (SFS 6000 – 6-6.4) verkonhaltijalle liittymän kytkennän yhteydessä luovutettavien muiden asiakirjojen mukana.

Mikäli pääsulakkeena käytettävä katkaisija asetellaan em. taulukon sarakkeiden virta-arvojen ja toiminta-aikojen vastaisesti, liittyjä vastaa liittymisjohdon vaurioitumisesta aiheutuvista korjauskustannuksista.

1.4 Oikosulkuvirta

Verkonhaltija sitoutuu Energiateollisuuden verkostosuositusten mukaisiin minimoioikosulkuvirtoihin. Jakeluverkon muutosten yhteydessä liittymän todellinen oikosulkuvirta voi muuttua.

Liittymän sisäverkon suojaukset tulee mitoittaa taulukon 2 (kuva yllä) oikosulkusuoja-sarakkeen mukaisilla arvoilla, vaikka liittymän todellinen oikosulkuvirta ylittäisi taulukon mukaisen arvon.

Liittymän laskennallinen maksimi oikosulkuvirta ilmoitetaan pyydettyä sähköverkon suunnittelusta.

Linkki:

<https://asiakas.alva.fi/Feedback/Feedback/ContactForm?subject=S%C3%A4hk%C3%B6verkon%20suunnittelu>

1.5 Maadoitukset

Liittymälle tulee rakentaa SFS 6000 mukaiset maadoitukset sekä potentiaalintasauselektrodit. Maadoituksista on laadittava oma maadoitussuunnitelma. Liittyjä vastaa kaikista liittymän vaatimien maadoitusten asennuksista ja kunnossapidosta.

1.6 Kiinteistöjen ylijännitesuojaus

Kiinteistöön on asennettava ylijännitesuojat, jos osa kiinteistön liittymisjohdosta tai sitä syöttävästä 0,4 kV jakeluverkosta on ilmajohtoa. Asennettavien ylijännitesuojien tarve on selvitettävä jo suunnitteluvaiheessa verkonhaltijan verkkosuunnittelusta.

Ylijännitesuojien suunnittelusta, hankinnasta, asennuksesta ja kunnossapidosta vastaa liittyjä. Ylijännitesuojien on täytettävä standardin EN 61643 vaatimukset ja ylijännitesuojauksen suunnittelu ja toteutus on tehtävä standardin SFS 6000 mukaisesti.

Ylijännitesuojat asennetaan kiinteistön keskukseen, pääsulakkeiden kiinteistön puoleisiin liittimiin. Ylijännitesuojaa ei saa asentaa liittymisjohdon puoleisiin liittimiin.

2 Keskijänniteverkon tekniset vaatimukset ja määritelmät

2.1 Liittämiskohta

Keskijänniteverkko rakennetaan rengasverkkona. Keskijänniteverkon kaapelit jäävät aina verkonhaltijan omistukseen ja rengasyhteys ketjutetaan liittymän kautta. Liittämiskohta on jakeluverkon ja liittymän sähköasennusten välinen kohta. Keskijänniteliittymien liittämiskohta on liittymän omistamassa kytkinlaitteistossa liittymiskaapelipäätteiden kytkentäliittimillä. Verkonhaltija omistaa kaapelipäätteet, liittymä omistaa kytkinlaitteiston. Verkonhaltija vastaa liittymiskaapeleiden rakentamisesta liittämiskohtaan saakka.

Liittämiskohdan sijoituspaikasta tulee neuvotella verkonhaltijan kanssa jo suunnitteluvaiheessa. Liittymiskohta on asennettava maanpinnan tasolle kiinteistön ulkoseinälle tai erilliseen rakennukseen (puistomuuntamo). Liittymispisteen vaatimukset koskevat verkonhaltijalle varattuja kuormanerotimia, liittymän pääkatkaisijaa sekä mittausta.

Liittymä voi sijoittaa muuntajakoneet ja mahdolliset alakojeistot haluamaansa paikkaan. Asiakas vastaa muuntamon (kytkinlaitteiston) rakentamisesta ja liittymiskaapeleiden tarvitsemista kaapelireiteistä kiinteistössä.

2.2 Liittymisjohdot

Keskijänniteverkossa käytettävät liittymisjohdot ovat kaapelityypiltään:

- AHXAMK – W 3 x 185
- AHXAMK – W 3 x 300

Ilmajohdolla ei voi liittyä verkonhaltijan verkkoon.

Liittymä vastaa liittymiskaapelien reiteistä kiinteistössä sekä tontilla verkonhaltijan ohjeiden mukaisesti. Verkonhaltija vastaa keskijännitekaapeleiden asennuksesta keskijännitekaapeleiden päätteiden liityntäkohtaan saakka.

Liittymän on huomioitava liittymiskaapelien sijainti tontille tai kiinteistöön myöhemmin tehtävissä muutoksissa. Liittymiskaapelien päälle ei saa rakentaa kiinteitä rakennelmia. Kiinteistössä tehtävät muutokset eivät saa huonontaa liittymisjohdon kuormitettavuutta tai pienentää liittymisjohdon asennussyvyyttä.

Keskijänniteliittymän liittymiskaapelien reitille on asennettava 160 mm:n A-luokan kaapeliputket kaikkiin läpivienteihin.

Liittymiskaapeleille on varattava riittävät kaapelireitit kaapeleiden asennusta ja myös myöhempää vaihtoa varten. Sisätiloissa liittymiskaapeli on asennettava omalle kaapelihyllylleen, jolle ei saa asentaa mitään muita kaapeleita.

Keskijännitekaapelin reitti varustetaan näkyville kohdille asennettaville ”20 kV kaapeli” ja ”Hengenvaara” -kilvillä.

Liittymiskaapeli on aina osa verkonhaltijan rengasverkkoa. Kaapelin reitin kiinteistössä tulee olla mahdollisimman lyhyt ja asennuksesta rakennuksen sisällä ei saa aiheutua palo- tai oikosulkuvaaraa. Liittymä vastaa liittymiskaapeleiden palo- sekä mekaanisesta suojauksesta standardin SFS 6001 mukaisesti.

2.3 Muuntamo

Keskijänniteliittymien mukaiset asiakasmuuntamot suunnitellaan ja rakennetaan voimassa olevien standardien ja yleisten suunnitteluohjeiden mukaisesti.

Muuntamolle on nimettävä Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen 516/1996 mukaisesti käytönjohtaja. Tiedot muuntamon käytönjohtajasta yhteystietoineen on merkittävä muuntamoon ja toimitettava verkonhaltijan tietoon.

Linkki:

<https://asiakas.alva.fi/Feedback/Feedback/ContactForm?subject=S%C3%A4hk%C3%B6verkon%20rakennusty%C3%B6maat>

Muuntamosta tulee löytyä seuraavat ajantasaiset dokumentit:

- Pääkaaviot
- Maadoituskaaviot
- Releasettelukaaviot
- Suomenkieliset kojeiston käyttöohjeet

Verkonhaltijan käyttöhenkilöstöllä on oltava muuntamoon turvallinen ja esteetön kulku kaikkina vuorokauden aikoina. Kulkureittien on oltava käytössä myös sähkökatkojen aikana (portit, sähkölukot). Liittyjä vastaa kulkureiteistä.

Linkki:

<https://www.alva.fi/app/uploads/2/2020/04/Teknisten-tilojen-lukitusohje.pdf>

2.4 Kojeisto

Keskijännitekojeiston on täytettävä standardin IEC 62271 ja sen alastandardien vaatimukset.

Keskijännitekojeistolle on oltava suoritettu oikosulku- ja valokaarikokeet, ja niiden pöytäkirjat on pyynnöstä toimitettava verkonhaltijan käytönjohtajalle.

Jakeluverkkoon suositellaan liitettäväksi suljettuja kojeistoja (SF6 tai tyhjiö).

Ilmaeristeisellä kojeistolla toteutetussa muuntamossa on oltava 20 kV koestuspainikkeellinen jännitteenkoetin sekä kahdet irralliset työmaadoitusköydet.

KJ-kojeistojen mallikaaviot ovat tämän ohjeen kohdassa ”Asiakasmuuntamon mallikaaviot”.

2.4.1 Verkonhaltijalle varattavat laitteet

Verkonhaltijan käyttöön on varattava vähintään kaksi kuormanerotinkennoa. Tapauskohtaisesti verkon kehittämistarpeita varten pitää varata yksi lisäkenno. Lisäkennon varaaminen perustuu liittymisehtoihin.

Verkonhaltijan kuormanerotinkennoissa on oltava kojeet ja laitteet:

- **kuormaerotin**, joka on varustettu potentiaalivapailla apukoskettimilla. Kussakin erottimessa tulee olla 2 kpl aukeavia ja 2 kpl sulkeutuvia apukoskettimia. Verkonhaltijan liittymiskennojen kuormanerotit varustetaan moottoriohjaimilla. Moottoriohjaimen toimintajännite on 24 VDC.
- **maadoituserotin**, joka on kytkentäkykyinen myös jännitteiseen kaapeliin. Maadoituserotimessa on oltava 2 kpl aukeavia ja 2 kpl sulkeutuvia potentiaalivapaita apukoskettimia. Maadoituserotin ja kuormaerotin voivat olla ns. kolmiasentoerotin.
- **SF6- kaasueristeisessä kojeistossa** on oltava kaasumäärän ilmaisema mittari, joka on kompensoitu ulkolämpötilan mukaisesti. Mittarissa on oltava potentiaalivapaa kosketin
- **oiko- ja maasulunsulunilmais**, merkiltään Horstmann Compass B tai uudempi. Asennetaan jokaiseen verkonhaltijan käyttöön varattuun kuormanerottimeen. Vianilmaisimilla paikannetaan keskijänniteverkon vikoja nopeuttaen sähkökatkojen korjausta.
- **SF6- kaasueristeisissä ja muissa suljetuissa kojeistoissa vaihekohtainen kaapelipäätteen jännitteenilmais**, joka on sijoitettu kojeiston etupaneeliin, jännitteenilmaisinta on voitava käyttää myös kaapeleiden vaiheistuksessa.

2.4.2 Verkonhaltijan kaapelipäätteet

Verkonhaltijan käyttöön tuleviin kennoihin asennetaan kosketussuojatut lämpökutisteiset sisäpäätteet tai ulkopäätteet. Liittymiskaapeleiden päätteiden kiinnityskohtien on oltava 120 cm korkeudella lattiasta tai kaapelikanavan pohjasta. Lähtökennoissa on oltava kiinnityskisko kaapelin vaihejohtimille. Kiinnityskiskon ja kaapelipäätteen kiinnityskohdan välinen etäisyys on oltava vähintään 60 cm.

Liittymiskaapeleiden päätteet kuuluvat verkonhaltijan toimitukseen.

2.4.3 Kojeiston nimellisarvot

Kojeiston ja verkonhaltijan kennojen kuormanerotinien nimellisarvojen on täytettävä seuraavat arvot:

| | Ilmaeristeinen kojeisto | Suljettu kojeisto |
|--|--------------------------------|--------------------------|
| Nimellisjännite U_N | 24 kV, 50 Hz | 24 kV, 50 Hz |
| Nimellisvirta I_N | 630 A | 630 A |
| Oikosulkukestoisuus $I_{Ith} / 1s$ | 20 kA | 16 kA |
| Oikosulkukestoisuus I_{dyn} | 50 kA | 40 kA |
| Syöksyjännitekestoisuus | - | 125 kV |
| Nimellisoikosulkuvirran kytkentäkyky | 50 kA | 40 kA |
| Kytkevätkäytöjen lukumäärä nimellisvirralla | vähintään 1000 kpl | vähintään 1000 kpl |
| Käyttölämpötila | -25 / + 40 °C | -25 / +40 °C |

2.4.4 Kojeiston kaukokäyttö

Verkonhaltija toimittaa ja ylläpitää kauko-ohjauksen tiedonsiirtolaitteet, akut sekä tiedonsiirtolaitteille tulevat kaapelit.

Keskijännitekojeiston viereiseltä seinältä on varattava tila, johon verkkohaltija voi asentaa kennojensa kauko-ohjauksen tiedonsiirtolaitteita ja akkuja varten laitekaapin, jonka mitat ovat:

Kiinteistömuuntamoissa:

- leveys 1025 mm
- korkeus 350 mm
- syvyys 300 mm

Puistomuuntamoissa:

- leveys 600 mm
- korkeus 600 mm
- syvyys 210 mm

Kennon kytkentätilassa oleville riviliittimille on johdotettava verkkohaltijan käyttöön varattujen erottimien osalta:

- Erottimien apukoskettimet
- Moottoriohjaimet
- Kaasumäärän ilmaisimen kosketin
- Vianilmaisimien koskettimet

Lisäksi riviliittimille on johdotettava liittytjän pääkatkaisijan tilatieto.

Kennokohtaisista johdotuksista on toimitettava johdotuspiirustukset verkkohaltijan käyttöjohtajalle.

Linkki:

<https://asiakas.alva.fi/Feedback/Feedback/ContactForm?subject=S%C3%A4hk%C3%B6verkon%20rakennusty%C3%B6maat>

Liittytjän kanssa sovitaan yksivaiheisen 230 V vaihtosähkön toimittamisesta kauko- ohjauslaitteille.

2.4.5 Keskijänniteliittymän suojaus

Liittymän suojaukseksi riittää varokekuormaerotin, kun liittymän perässä on yksi enintään 800 kVA muuntaja ja kojeisto on samassa tilassa muuntajan kanssa. Mikäli muuntajateho on yli 800 kVA, on verkkohaltijan käyttöön varattujen kennojen ja liittytjän mittauksen välille on asennettava erotin sekä suojareleellä varustettu katkaisija.

Käyttöjännitteestä toimintaenergiansa ottavan releen on oltava sellainen, että suojaus on toimintavalmis alle 0,1 sekunnissa jännitteen kytkeytymisestä jännitteettömään kojeistoon.

Mikäli toimintaenergia otetaan akustosta, on sen kuntoa ja toimintakykyä seurattava määrävälein.

Pääkatkaisijan suojaussuunnitelmat ja releasettelut on laadittava yhteistyössä verkkohaltijan käyttöpäällikön kanssa.

Oikosulkusuojaus

Virranmittaus toteutetaan omilla suojausten virtamuuntajilla tai pääkatkaisijakennoon asennetuilla virtasensoreilla. Suojaus- ja mittauskäyttöön on oltava erilliset sydämet mittamuuntajissa.

Oikosulkusuojauksen esimerkkiasettelut:

| <i>Laukaisu</i> | <i>virta / A</i> | <i>Suojauksen toiminta- aika / s</i> |
|--|------------------|--------------------------------------|
| <i>Hidastettu laukaisu 1</i> | <i>600</i> | <i>0.4</i> |
| <i>Hidastettu laukaisu 2 (tehonrajoitus)</i> | <i>200</i> | <i>5</i> |
| <i>Pikalaukaisu</i> | <i>1200</i> | <i>0,05</i> |

Maasulkusuojaus

Pääkatkaisijalle on aseteltava liittyjän verkkoon suunnattu maasulkusuojaus. Suunnattu maasulkusuojaus vaatii jännitteen mittaukseen avokolmiokäämin, sekä erillisen kaapelivirtamuuntajan. Lisäksi vaaditaan katkeilevan maasulun suoja.

Muuntamon suunnittelussa on otettava huomioon, että verkonhaltijan verkkoa käytetään maasulkuvirta kompensoituna.

Maasulkusuojauksen esimerkkiasettelut:

| <i>Laukaisu</i> | <i>Virta / A</i> | <i>Uo jännite %</i> | <i>Suojauksen toiminta- aika / s</i> |
|-------------------------|------------------|---------------------|--------------------------------------|
| <i>Suunnattu suoja</i> | <i>2 A res.</i> | <i>10</i> | <i>0,2</i> |
| <i>Katkeileva suoja</i> | <i>3 piikkiä</i> | <i>20</i> | <i>0,5</i> |

2.5 Maadoitukset

Liittymälle tulee rakentaa SFS 6000 ja SFS 6001 mukaiset maadoitukset sekä potentiaalintasauselektrodit. Liittyjä vastaa kaikista liittymän vaatimien maadoitusten asennuksista ja kunnossapidosta.

Verkonhaltijan 20 kV kaapeloinnin mukana muuntamoon tuotava Cu 25 maadoitusjohdin on liitettävä muuntamon maadoituskiskoon. Muuntamon maadoitusimpedanssi saa olla enintään 10 Ω.

2.6 Kiinteistöjen ylijännitesuojaus

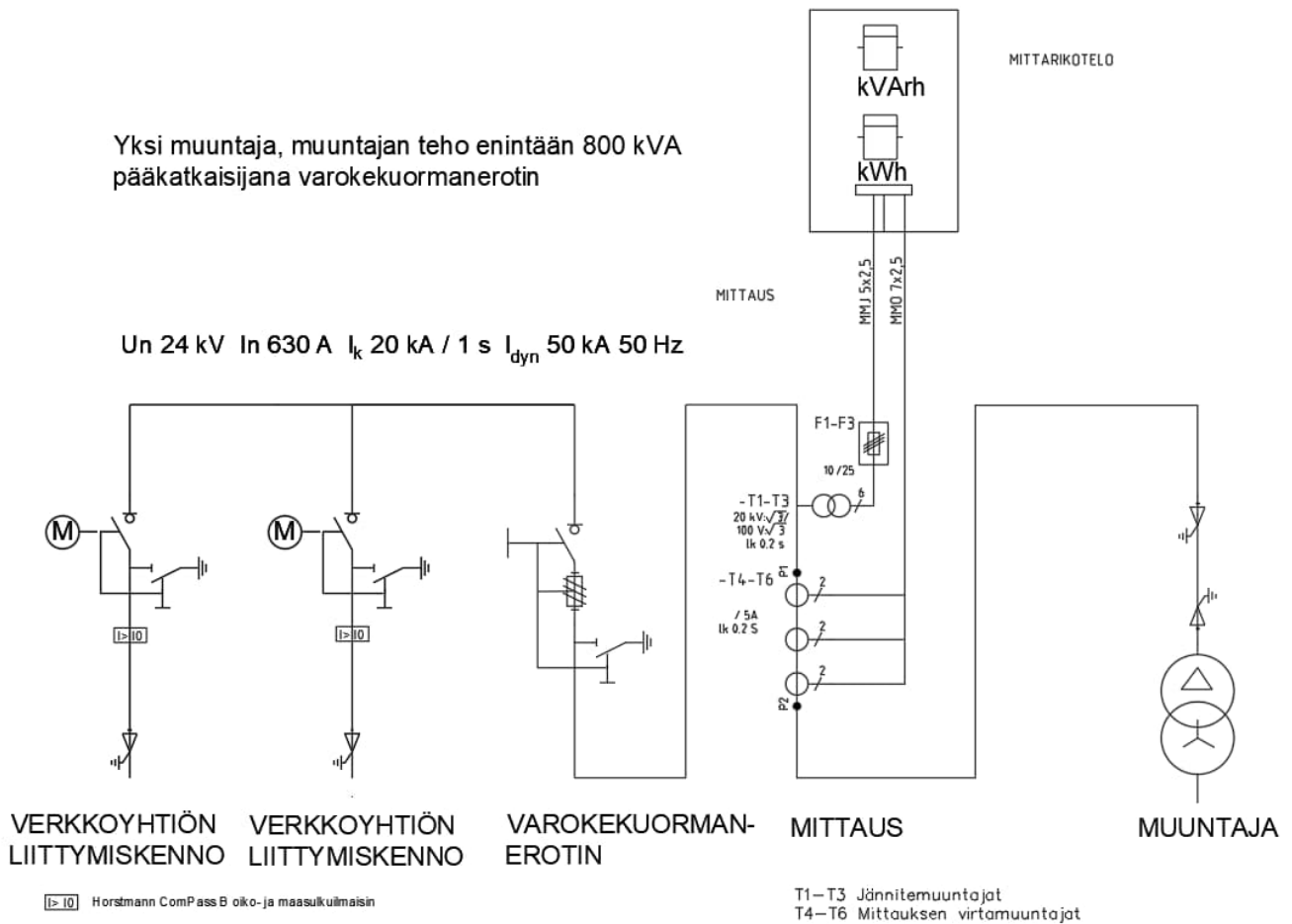
Kojeistoon on asennettava ylijännitesuojat, jos osa liittymää syöttävästä verkonhaltijan jakeluverkosta on ilmajohtoa. Asennettavien ylijännitesuojien tarve on selvitettävä jo suunnitteluvaiheessa verkonhaltijan verkkosuunnittelusta. Verkonhaltija vastaa ylijännitesuojien hankinnasta ja asennuksesta.

Liittämiskennoissa on oltava tila ylijännitesuojien asennukseen ja ylijännitesuojille tarvittava teline. Ylijännitesuojien teline maadoituksineen kuuluu liittyjän toimitukseen. Verkonhaltija toimittaa sekä asentaa ylijännitesuojat.

2.7 Asiaksmuuntamon mallikaaviot

Muuntamoiden mallikaaviot on esitetty tämän dokumentin seuraavilla sivuilla.

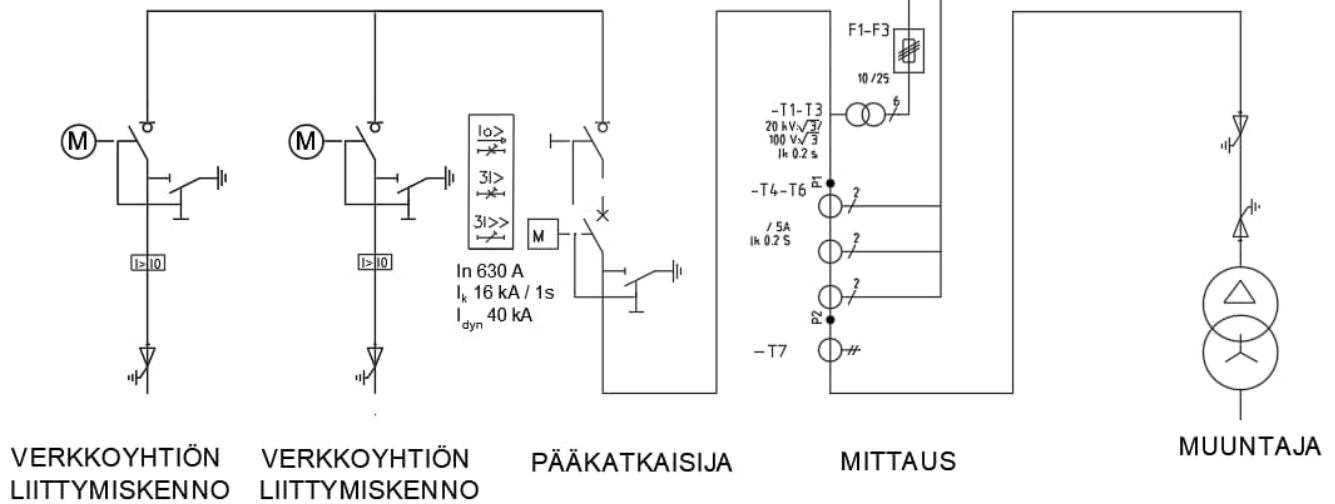
2.7.1 Yksi muuntaja, muuntajan koko enintään 800 kVA, pääkatkaisijana varokekuormanerotin



2.7.2 Yksi muuntaja, muuntajan koko yli 800 kVA, pääkatkaisijana katkaisija

Yksi muuntaja, muuntajan teho yli 800 kVA
pääkatkaisijana katkaisija

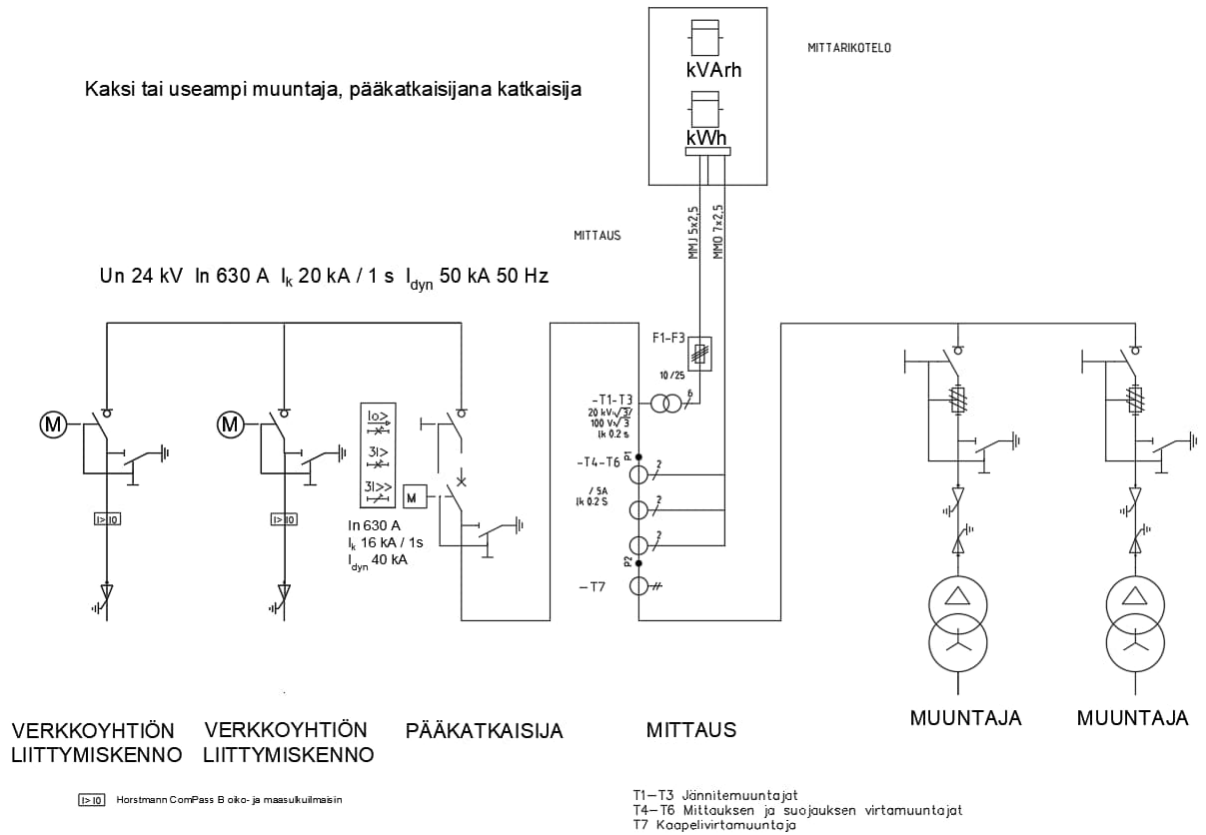
Un 24 kV In 630 A I_k 20 kA / 1 s I_{dyn} 50 kA 50 Hz



Horstmann ComPass B oiko- ja maasulkumuunnin

T1-T3 Jännitemuuntajat
T4-T6 Mittauksen ja suojausvirtamuuntajat
T7 Kaapelivirtamuuntaja

2.7.3 Kaksi muuntajaa, pääkatkaisijana katkaisija



Mallikaaviossa mittaus on sijoitettu pääkatkaisijan jälkeen. Vaihtoehtoisesti voidaan rakentaa useita rinnakkaisia mittauksia johtolähtökenttiin. Peräkkäisiä mittauksia ei sallita.