

KESKIJÄNNITELIITTYMÄT 10-20KV

Sisällysluettelo

1.	Yleistä.....	1
2.	Keskijänniteliittymän tilaaminen	1
3.	Liittymissopimus	2
4.	Rakenne- ja sähkösuunnitelmat.....	2
5.	Muuntamo- tai kojeistotila	2
5.1.	Muuntamotilat.....	3
5.2.	Keskijännitekaapelit ja kaapelireitti.....	3
5.3.	Keskijännitekojeisto	4
5.3.1.	Sähkötekninen mitoitus.....	4
5.3.2.	Liittymiskennot	4
5.3.3.	Pääkytkinkerho.....	5
5.3.4.	Mittauskenno.....	6
5.4.	Muuntajat.....	6
5.5.	Pienjännitekeskus.....	6
5.6.	Maadoitukset.....	6
6.	Pääkatkaisijan releasettelu	7
6.1.	Yleistä suojausasetteluista	7
6.2.	Maasulkusuojaus.....	7
7.	Keskijännitemittaroinnit	8
7.1.	Virtamuuntajien mitoitus.....	8
7.2.	Jännitemuuntajien mitoitus.....	9
7.3.	Yleiset vaatimukset mittauspiirille.....	9
8.	Keskijännitekojeistojen pääkaaviot.....	11

1. YLEISTÄ

Helen Sähköverkko Oy (jatkossa Helen Sähköverkko) toimii sähkömarkkinalain tarkoittamana jakeluverkonhaltijana Helsingissä, ja liittää sähköverkkoonsa tekniset vaatimukset täyttävät sähkönkäyttöpaikat, voimalaitokset ja energiavarastot.

Keskijänniteliittyjien muuntamot on suunniteltava ja rakennettava huomioiden voimassa olevat standardit sekä tässä ohjeessa annetut Helen Sähköverkon lisäohjeet. Ohjeistusta sovelletaan myös saneerauskohteisiin, joiden muuntamo uudistetaan, muuntamoasyyttävien kaapelien reittejä uusitaan ja/tai siirretään.

Helen Sähköverkko liittää verkkoonsa vain teknisesti ja turvallisesti kytkettävissä olevia sähkölaitteistoja, jotka

täyttävät myös Helen Sähköverkon vaatimukset kaikelilta osin.

Keskijänniteliittymien liittämistapa tarkastellaan aina tapauskohtaisesti ja siihen vaikuttaa suuresti jakeluverkon jännitetaso (10 kV tai 20 kV).

Tavanomaisesti liittymä liitetään lähimmän olemassa olevan johtolähdön varrelle, johon liittymä on liitettävissä. Suuritehoisia liittymiä varten voi liittymän toteuttamiseksi olla tarve rakentaa uusi johtolähtö sähköasemalta asti.

10 kV jakeluverkossa alle 2,5 MVA liittymät liitetään pääsääntöisesti olemassa olevaan jakeluverkon johtolähtöön. Yli 2,5 MVA liittymät liitetään pääsääntöisesti sähköasemalle. Pääsääntöisesti suurin mahdollinen liittymäkoko 10 kV jakeluverkossa on 7,0 MVA.

20 kV jakeluverkossa alle 5,0 MVA liittymät liitetään pääsääntöisesti olemassa olevaan jakeluverkon johtolähtöön. Yli 5,0 MVA liittymät liitetään pääsääntöisesti sähköasemalle. Pääsääntöisesti suurin mahdollinen liittymäkoko 20 kV jakeluverkossa on 10,0 MVA.

Liittymän ylityöittämistä tulee välttää kaikin keinoin.

Liittämiskohta (omistusraja) on pääsääntöisesti asiakasmuuntamon liittymiskennojen liittimillä. Liittyjä vastaa sähköverkkoston rakentamisesta liittämiskohdan jälkeisestä osuudelta jännitetasosta riippumatta.

2. KESKIJÄNNITELIITTYMÄN TILAAMINEN

Sähköliittymä tilataan Helen Sähköverkon verkkosivuilta <https://www.helensahkoverkko.fi/yritykset-ja-taloyhtiot/sahkoliittymat/tilaa-sahkoliittyma-kiinteisto>

Liittymätilauksen tekemiseen tarvittavat muun muassa seuraavat liitteet:

- Asemapiirustus, johon merkitty muuntamon sijainti ja kaapelireitti
- Keskijännitepääkaavio
- Energiamittauksen kytkentäkaavio
- Kojeston kokoonpano- ja mittapiirros
- Muuntamotilan pohjakuva
- Muuntamotilan leikkauskuva
- Kaapelireitti
- Maadoituskaavio
- Kojeston piirikaavio
- Huipputeholaskelma

Tilaukseen liittyvä asiointi hoidetaan ensisijaisesti

sähköisen asiointipalvelun kautta. Palvelussa liittyjälle kuuluvia tehtäviä ovat:

- liittymissopimuksen allekirjoittaminen,
- huolehtia sähkönsopimuksen tekemisestä sähkömyyjän kanssa,
- sähköurakoitsijan nimeäminen sekä
- huolehtia, että sähköurakoitsijasi tilaa sähkömittarin käyttöpaikallesi vähintään 4 viikkoa ennen toivottua kytkentäajankohtaa.

3. LIITTYMISSOPIMUS

Liittyjä (asiakas) ja Helen Sähköverkko tekevät kirjallisen liittymissopimuksen uudesta sähköverkkoon liittymisestä tai vanhan liittymisoikeuden muuttamisesta. Liittymissopimus astuu voimaan molempien osapuolten allekirjoitettua sen. Liittymissopimuksessa määritellään liittymisteho (= suurin sallittu kohteessa käytettävä näennäisteho), liittämiskohta, liittymismaksu ja sopimusehdot sekä liittymän toimitusaika.

Sopimuksen voi allekirjoittaa henkilö, jolla on sopimukseen merkityn yrityksen allekirjoitusoikeus. Liittyjä on tyypillisesti kiinteistön omistaja, asunto-osakeyhtiö, kiinteistöyhtiö tai muu vastaava.

4. RAKENNE- JA SÄHKÖSUUNNITELMAT

Liittyjän tulee toimittaa seuraavat suunnitelmapiirustukset liittymän teknisistä tiedoista, mittaroinnin toteuttamisesta ja mittamuuntajien mitoituksesta. Helen Sähköverkko tarkistaa ja hyväksyy kuvat.

Asemapiirustus, joka sisältää kaikkien pää- ja alamuuntamoiden, sekä kj-kaapeleiden sijainnit tontilla. Alamuuntamoita sisältävän laitteiston tapauksessa lähetetään lisäksi yleiskytkentäkaavio, josta ilmenee kaikki verkossa olevat muuntajatehot.

Keskijännitepääkaavio sisältää kojeiston tietojen lisäksi mm. muuntajan tiedot ja energiamittauksen toteutustavan.

Energiamittauksen kytkentäkaavio sisältäen virta- ja jännitemuuntajien kaaviot. Mittauskaavioista tai muista suunnitelmakuvista tulee selvittää myös seuraavat mittauksen liittyvät asiat:

- mittamuuntajien nimellisarvot
- kippivärähtelyvastuksen mitoitusarvot (teho ja ohmiarvo)
- mittauskohteiden huipputehot (näennäis- tai päätoteho)
- mittarien ja mittamuuntajien välisen johtoreitin pituus

Kojeiston kokoonpano- ja mittapiirros.

Muuntamotilan pohjakuva, jossa tulee esittää

seuraavien laitteiden sijainnit:

- kj-kojeisto
- verkkokaapelit ja kaapelikanavan sijainti, jos sellainen on
- kaukokäytön ala-aseman tilavaraus ja pistorasia
- kaapelointireitti ala-asemalta kojeiston riviliittimille
- antennikaapelin läpivienti seinärakenteessa

Muuntamotilan leikkauskuva, jossa esitetään mahdolliset kaapelikanavat ja niiden korot, sekä suunniteltu kaapelointireitti. Kaapelointireitin on täytettävä EI120 vaatimukset, jos reitti kulkee kiinteistössä muuntamotilan ulkopuolella. Suoraan kadulta muuntamotilaan tulevaa kaapelireittiä ei tarvitse suojata EI120 vaatimusten mukaisesti.

Maadoituskaavio, jossa esitetään päämaadoituskiskojen toteutustavat ja maadoitusjohtimien poikkipinta-
alat.

Kojeiston piirikaavio muuntamoautomaatiolaitteiston suunnittelua varten.

Vanhoista saneerattavista rakennuksista tarvitaan vastaavat piirustukset työnkohteena olevalta osalta. Työn-
aikaiset suunnitelmat käyvät loppupiirustuksiksi, mikäli niihin ei tule oleellisia liittymää ja mittauksia koskevia muutoksia. Muita loppupiirustuksia ei tarvitse toimittaa.

5. MUUNTAMO- TAI KOJEISTOTILA

Uudis- ja saneerauskohteiden suunnitelmakuvat tulee toimittaa hyvissä ajoin ennen rakennuslupia ja töiden aloittamista Helen Sähköverkolle tarkastettavaksi ja hyväksyttäväksi. Liittyjän sähköurakoitsija asentaa muuntamon täyteen käyttökuntoon hyväksytyjen suunnitelmapiirustuksien mukaisesti. Liittyjän sähköurakoitsija hankkii, asentaa ja kytkee mittamuuntajat ennen muuntamon tarkastamista.

Liittyjän sähköurakoitsija suorittaa ennen käyttöönottoa tarvittavat mittaukset ja koestukset (mm. pääkatkaisijan releistys) sekä tekee käyttöönottotarkastuksen. Sähköurakoitsijan tulee toimittaa käyttöönottotarkastuspöytäkirjat ja koestuspöytäkirjat Helen Sähköverkolla ennen käyttöönottoa.

Helen Sähköverkko asentaa mittarit, kun sähkömyynti- tai verkkosopimus on tehty ja muuntamo on käyttöönottotarkastettu. Mittareiden asennus suoritetaan ennen sähköjen kytkentää.

Laitteiston pääkatkaisijan releistys asetellaan esitettyjen reunaehtojen mukaisesti. Kytkentäajankohdasta (verkkokaapelityöt ja jännitteen kytkentä) tulee sopia vähintään neljä viikkoa ennen haluttua kytkentäajankohtaa. Muuntamotilan, kulkureitin muuntamoon sekä

laitteiston tulee olla käyttöönottovalmiudessa, kun kytkentäajankohtaa sovitaan. Liittyjän sähkölaitteiston käytönjohtajan tiedot tulee myös ilmoittaa Helen Sähköverkolle. Liittyjän käytönjohtaja vastaa jännitteen kytkemisestä pääkatkaisijasta tai päävarokekytkimestä eteenpäin. Muuntamolaitteisto tulee myös varmenustarkastaa.

5.1. MUUNTAMOTILAT

Liittyjän muuntamotilat sijoitetaan omaan rakennukseen tai kiinteistössä maantasolla olevaan tilaan, joka sijaitsee rakennuksen ulkoseinustalla siten, että muuntamon ovi avautuu suoraan ulos. Näin varmistetaan, että:

- Helen Sähköverkon henkilökunta pääsee esteettömästi muuntamoon selvittäessään vikatilannetta kiinteistön kulunvalvonnan häiriintymättä.
- verkkokaapelireitti liittymiskennoihin on mahdollisimman lyhyt, eikä vaaranna käyttövarmuutta mahdollisissa vikatilanteissa
- verkkokaapeliasennus on palonkestävä

Rakennuksen palotekniset vaatimukset on esitetty Ympäristöministeriön asetuksessa paloturvallisuudesta (YMA 848/2017). Lisäksi on otettava huomioon, että:

- Keskijännitekojeisto ja pienjännitepääkeskus sijoitetaan omiin erillisiin huoneisiinsa.
- Muuntamo- ja kaapelitila käsitellään siten, ettei niistä irtoa betonipölyä, maalaamalla tai käyttämällä jotain muuta vastaavaa tekniikkaa.
- Ilmastointilaitteet tai ilmanvaihtolaitteet tulee sijoittaa siten, että ne voidaan huoltaa muuntamon ollessa jännitteinen. Termostaatti sijoitetaan muuntajan lähelle vapaalle seinälle.
- Valaistuksen on oltava riittävä muuntamotilassa ja kennoissa. Muuntamon valaistuskypin asennetaan muuntamotilan sisäpuolelle sisääntulo-oven viereen. Lisäksi asennetaan ovikytin, joka sytyttää erillisen valopisteen ovea avattaessa.
- Muuntamotilassa pitää olla apusähkö Helen Sähköverkon muuntamoautomaatiolaitteita varten (pieni pääkeskus muuntamotilassa, jossa on sisällä automaattisulake, kytkin huoltotölle sekä myös vikavirtasuojaamaton pistorasia 16 A).
- Helen Sähköverkon muuntamoautomaatiolaitteistolle varattava 1200 mm vapaata seinätilaa.
- Muuntamotilan ovi suositellaan varustettavaksi paniikkisalvalla.

Liittymisehtojen mukaisesti Helen Sähköverkon edustajilla on oltava esteetön ja viivytyksetön sisäänpääsy liittyjän ja Helen Sähköverkon välisissä sopimuksissa mainittuja asiakkaan kiinteistön energiatiloihin sijoitettuja laitteistoja asentamaan sekä huoltamaan vuorokauden ajasta riippumatta. Viivytyksettömänä pääsystä voidaan normaalitapauksissa pitää maksimissaan 15 minuutin vasteaikaa.

Ensisijainen tapa viivytyksettömän sisäänpääsyn varmistamiseksi, on toteuttaa kiinteistön energiatilojen ja niihin johtavien reittien lukitukset seuraavalla tavalla:

- Liittyjän tulee tällöin asentaa avainsäilöputki kiinteistön ulkokuoreen ja luovuttaa Helen Sähköverkon käyttöön reittiavain, jolla päästään kulkemaan kaikista reitillä olevista ovista aina ulko-ovelta energiatiloihin asti.
- Muuntamotilan oveen tulee asentaa Helen Sähköverkon muuntamosarjan lukko.
- Helen Sähköverkko toimittaa ilmoitettuun osoitteeseen kustannuksellaan lukon avainpesät ja lukkoon sopivat avaimet (2 kpl).
- Jos ulkoa muuntamotilaan pääsemiseksi tarvitaan muita avaimia, pitää esimerkiksi ulkoportin yhteyteen asentaa avainsäilö ns. reittiavainta varten.
- Muuntamolle johtava kulkureitti tulee valita mahdollisimman lyhyeksi, eikä reitillä saa olla ainoastaan sähköllä toimivia portteja.
- Muuntamon oven ulkopintaan merkitään Helen Sähköverkon ilmoittama muuntamon numerotunnus sekä määräysten mukaiset turvakilvet. Lukitusjärjestelmän muutoksien yhteydessä liittyjä toimittaa kustannuksellaan uuden avaimen Helen Sähköverkolle.

Avainsäilössä, energiatiloissa ja niihin johtavilla kulkureiteillä voi olla liittyjän kiinteistön hälytysjärjestelmän laukaisevia laitteistoja vain erityisen painavista syistä. Helen Sähköverkko ei vastaa hälytysten laukeamisesta aiheutuvista kustannuksista.

Kiinteistöissä, joissa kiinteistöhuolto tai muu vastaava taho saadaan ympäri vuorokauden avaamaan energiatilojen ja niihin johtavien reittien ovet 15 minuutissa, ei reittiavainta tarvita.

Sähköpääkeskus ja -mittaritilojen ovien sekä niihin johtavien reittien lukitus tulee toteuttaa kiinteistön lukkosarjoitukseen kuuluvilla lukoilla, jotka aukeavat reittiavaimella.

Tarkemmat ohjeet lukituksesta ja kulkureiteistä löytyvät energiatilojen lukitusohjeesta: https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/lampo/ammattilaiset/kaukolampo/energiatilojen-lukitusohje-11_2022.pdf.

5.2. KESKIJÄNNITEKAAPELIT JA KAAPELIREITTI

Liittyjän sähkösuunnittelija sopii ja hyväksyy suunnitelman kaapelireitistä Helen Sähköverkon liittymäpalveluiden kanssa ennen toteutusta.

Liittyjä vastaa kustannuksellaan hallinnoimallaan alueella kaapelireitin rakentamisesta. Jos kaapelireitti menee asiakkaan tontilla piha-alueella, toteutetaan reitti kaivamalla kaapelikaivanto ja asentamalla reitille kaapelinsuojaputket: väri keltainen, lujuusluokka A ja

putken halkaisija vähintään 140 mm. Putkien päiden tulee olla 70 cm:n syvyydessä hallinnoitavan alueen rajalla (yleensä tonttiraja). Putkiin asennetaan koko matkalle vetoköydet. Kaapelikaivannon asennusalueen (pohjan) tekemisessä ja putkien suojatäytössä tulee käyttää hienojakoista maa-ainesta, jotta kaapelit tai putket eivät vaurioituisi. Putkituksen tulee olla suora ja mahdolliseen mutkakohtaan tulee jättää vetokaivanto. Vetokaivantoa ei saa korvata vetokaivolla. Kaapelit tulee suojata putkittamattomista kohdista suojakouruin tai levyin.

Kaapelireitin kulkiessa rakennuksen sisällä (muualla kuin muuntamotilassa), kaapelit on erikseen palosuojattava koko rakennuksen sisällä kulkevalla matkallaan.

Helen sähköverkon keskijänniteverkossa käytettävät kaapelit ovat:

- **AHXAMK-W 3x240Al (35/70Cu keskusköydelliset)** ja
- **AHXAMK-W 3x300Al (35/70Cu keskusköydelliset)** vaihtoehdot.

Kaapeleiden taivutuksissa, asentamisessa ja käsittelyssä on huomioitava kaapelivalmistajien antamat ehdot.

5.3. KESKIJÄNNITEKOJEISTO

Helen Sähköverkon jakelualueella on käytössä 20 kV tai 10 kV (kantakaupunki) jakelujännite.

5.3.1. SÄHKÖTEKNINEN MITOITUS

Seuraavassa taulukossa on esitetty uusien ja saneeratavien keskijännitekojeistojen mitoitusarvot.

Nimellisjännite [kV]	20	10
Pääkytkinlaitteen katkaisukyky [kA]	16	20
Terminen oikosulkukestoisuus [kA] (1s)	16	20
Dynaaminen oikosulkukestoisuus [kA]	40	50
Liittymiskennon kuormanerotuksen ja kiskojen nimellisvirta [A]	630	630

Kojeistoon suositellaan asennettavaksi kiinteästi asennetut maadoituserottimet siirrettävien työmaadoitusköysien sijasta.

Kaapeleiden minimipoikkipinnat:

- ennen pääkatkaisijan suojausvirtamuuntajaa poikkipinta on yhtä suuri kuin jakeluverkosta tulevalle syöttökaapelilla
- katkaisijan suojausvirtamuuntajan jälkeen poikkipinta valitaan seuraavasti:

t_{katk}	I_{th} (1 s)	Johdon poikkipinta	
0,1 s ¹⁾	16 kA	35 Cu	50 Al
	20 kA	50 Cu	70 Al
0,4 s	16 kA	95 Cu	120 Al
	20 kA	95 Cu	150 Al

t_{katk} = suojauksen toiminta-aika oikosulussa

¹⁾ mikäli käytetään käänteisaikarelettä

- sj-sulakkeen jälkeen 25 mm² Cu tai 35 mm² Al.

Ohjeen lopulla luvussa 8 löytyy esimerkkiteutustapoja muuntamon pääkaaviosta ja maadoituskäviöstä. Tarkastettavaksi lähetettävistä piirustuksista pitää ilmetä vähintään esimerkkikuviissa ilmoitetut tiedot.

5.3.2. LIITTYMISKENNOT

Helen Sähköverkon keskijännitteisen jakeluverkon päätepiste on liittymisen kojeistoa syöttävien kaapeleiden kaapelipäätteillä.

Helen Sähköverkon jakeluverkon tarpeisiin kojeistoon on varattava tyypillisesti kaksi (2) liittymiskennoa. Liittymiskennot on varustettava kuormaerotimella. Erikoistapauksessa Helen Sähköverkko voi tarvita kolmannen kennon haarakaapelia varten. Tällöin Helen Sähköverkon pyynnöstä liittymisen on rakennettava ylimääräinen liittymiskenno ja varustettava se kuormaerotimella tai varokeuormaerotimella.

Liittyjä omistaa kaikki liittymiskennot ja vastaa niiden huollosta ja kunnossapidosta. Helen Sähköverkolla on yksinoikeus liittymiskennojen kuormaerotimien käyttöön. Huolto- ja kunnossapitotöiden yhteydessä kuitenkin muuntamon haltija vastaa työnvalmisteluluvan saatuaan liittymiskennojen erottimien ohjaamisesta, testaamisesta ja maadoittamisesta.

Verkkokaapelipäätteen kaapelikenkien kiinnityskohdan tulee olla lattiasta tai kanavatason pohjasta vähintään 1200 mm korkeudella (lattiasta kojeiston pohjaan vähintään 600 mm ja kojeiston pohjasta kaapelikenkien kiinnityskohtaan vähintään 600 mm). Liittymiskennossa tulee olla vaihejohtimille kiinnityskisko.

Liittymiskennoon tulee pystyä liittämään AHXAMK-W 3x300Al+70Cu -tyyppinen kaapeli. Verkkokaapelit päätetään kj-kojeistoon 630 A kosketussuojatulla kulmapistokkeella. SF6-eristeisiä kojeistoja ei saa asentaa 1.1.2026 jälkeen, silloin tulee käyttää vastaavat ominaisuudet omaavia paineilmaeristeisiä kojeistoja.

Jos kojeistoa ei voi vaiheistaa normaalilla jännitemittarilla, on muuntamotilassa oltava tarvittavat välineet vaiheistuksen suorittamiseen. Verkkokaapelin vikamittaus on voitava suorittaa ilman, että päätettä irrotetaan kojeistosta.

Kosketussuojatussa kulmapistokkeessa pistokkeen pinta on johtavaa materiaalia, jolloin päätteen maasulkuutilanteessa vikakohdasta on hyvä kontakti palaavalle vikavirralle. Näin voidaan estää valokaaren tai pätkivän maasulun aiheuttamia lisävaurioita päätetilassa.

Verkkokaapelin ja päätteen asennus ja työmaadoittaminen sekä vikamittaus on voitava suorittaa turvallisesti (maadoituserotin, ja tarvittaessa työskentelysuojalevy) kokoojakiskon ja viereisen verkkokaapelin ollessa jännitteinen, jotta Helen Sähköverkon ei tarvitse tällöin kytkeä koko muuntamo jännitteettömäksi.

Verkkokaapelien jokaisen vaiheen jännitteellisyys pitää pystyä toteamaan kennon etupaneelin jännitteenilmaisimesta tai toteamaan määräysten mukaisella jännitteenkoettimella suoraan vaihejohtimesta purkamatta kojeistoa.

Verkkokaapelin kojeiston puoleiset liittimet merkitään vaihemerkinnöillä.

Liittymiskennojen erottimien tilatiedoista (auki, kiinni, maadoitettu) tulee saada kosketintieto kaukovalvontaan. Tilatiedon tulee olla johdotettuna kojeistossa riviliittimille, josta se on kaapeloitavissa eteenpäin.

Helen Sähköverkko päättää tapauskohtaisesti muuntamoautomaation asentamisesta asiakasmuuntamoihin. Helen Sähköverkon muuntamoautomaatiolaitteisto varten liittymiskennojen erottimet on varustettava moottoriohjaimilla. Moottoriohjaimen tulee sisältää täydelliset kauko-ohjaus valmiudet. Ohjausten tulee olla johdotettuna kojeiston riviliittimille, joista ne ovat kaapeloitavissa eteenpäin. Ohjausjännitteenä käytetään 24 VDC. Kaikilta riviliittimiltä on oltava selkeä reitti jälkikäteen tehtäville johdotuksille laitekaapille.

Kauko-ohjauksen liikennöintilaitteita ja akkuja varten on varattava seinätilaa laitekaapille muuntamon oven läheisyydestä. Seinätilaa on varattava vähintään 1200 mm leveydeltä.

Kaikki liittymiskennot tulee varustaa kojeistoon kiinteästi asennettavilla säädettävillä oikosulkuilmaisimilla, jotka ovat luettavissa ja kuitattavissa hoitokäytävältä. Ilmaisimien pitää olla itsepalautuvia.

Oikosulkuilmaisimen asetteluarvovaatimus on 1 000 A. 800 A asetteluarvoa voidaan käyttää, jos oikosulkuilmaisimien ottaa huomioon kytkentätransientin.

Oikosulkuilmaisimet tulee varustaa kaukovalvonnan mahdollistavilla apukoskettimilla. Liityntäkennoissa on oltava myös valmius jälkikäteen lisättävälle maasulunilmaisimelle. Helen Sähköverkko asentaa tarvittaessa maasulkuilmaisimen joko käyttöönoton yhteydessä tai myöhemmin. Liittymiskennojen välittömään läheisyyteen on varattava tila asennuskotelolle

maasulkuilmaisimen johdotusta varten.

Mikäli liittymiskennoina käytetään kaasueristeistä kojeistoa tai erottimia, kojeistossa tulee olla kaasunpaine mittari ja potentiaalivapaana kosketintietona saatava hälytys kaasuvajeesta kaukovalvontaan vietäväksi.

Mikäli kaapelipäätteet asennetaan peräkkäin kojeiston etureunasta katsottuna, liittymiskennojen tulee olla vähintään 500 mm leveät. Muussa tapauksessa liittymiskennojen minimileveydeksi riittää 310 mm.

5.3.3. PÄÄKYTKINKENNO

Yhden muuntajan muuntamossa voidaan käyttää pääkytkimenä muuntajan oikosulkusuojauna toimivaa varokeuormanerotinta tai katkaisijaa. Suurin sallittu sulake on 63 A (20 kV) ja 125 A (10 kV). Sulakkeen toimimisen tulee aiheuttaa kuormanerotimen kolminapainen avautuminen.

Usean muuntajan muuntamoissa pitää olla erillinen pääkatkaisijakenno.

Pääkatkaisijakennoissa pitää olla lukitus, joka estää vaunun siirtämisen tai erottimen avaamisen katkaisijan ollessa kiinni.

Pääkatkaisijakennoissa pitää olla kolmivaiheinen ylivirtarele, jossa on aseteltava pikalaukaisu. Lisäksi vaaditaan maasulkusuojaus, jos liittyjällä on yksikin kaapelilla liitetty kj-alamuuntamo. Pääkatkaisijakennon releissä pitää olla merkkiläppä tai valoilmaisin, joka ilmoittaa releen havahtumisesta. Helen Sähköverkko suosittelee kuormitusvirrasta toimintaenergiansa saavia elektronisia/numeerisia releitä.

Helen Sähköverkko antaa asettelulle ylärajan, jonka puitteissa rele voidaan valita ja määrittää releen asettelu.

Liittyjän muuntamon käytönjohtaja on vastuussa siitä, että releasettelu soveltuu kojeiston suojaukseen ja että asettelu täyttää Helen Sähköverkon vaatimukset. Koestuspöytäkirjat on toimitettava Helen Sähköverkolle.

Pääkatkaisijan releiden asetteluarvot ja niiden muutokset on ilmoitettava aina ennen releen asettelemista Helen Sähköverkolle ([katso pääkatkaisijan releasettelut, luku 6](#)).

Käyttöjännitteestä toimintaenergiansa saavan apusähkölajitelman on oltava sellainen, että suojaus on toimintavalmis alle 0,1 sekunnissa kytkettäessä jännite jännitteettömään kojeistoon.

Käytettäessä apusähkön tuottamiseen erillistä apusähkölajitelmaa on sen luotettavuuteen ja

kunnonvalvontaan kiinnitettävä erityistä huomiota.

Akut, joilla ei ole säännöllistä kunnonvalvontaa, pitää vaihtaa uusiin määräväleihin esimerkiksi katkaisijan relekoestuksen yhteydessä.

Apusähköjärjestelmän alijännite- ja maasulkutilanteista on saatava hälytys kaikkina vuorokaudenaikoina valvottuun paikkaan. Tiedot hälytysjärjestelmästä ja hälytysten valvonnan toteuttamisesta tulee sisällyttää sähkötyöselytykseen.

5.3.4. MITTAUSKENNO

Mittattaessa sähkönkulutusta kj-puolelta mittamuuntajat asennetaan pääkatkaisijan jälkeen, pääsääntöisesti erilliseen mittauskennoon. Virtamuuntajien toisiovirta on 5 A ja tarkkuusluokka 0.2S. Jännitemuuntajien tulee olla yksivaiheisia, yksinapaisesti eristettyjä ja niiden toisjännite on 57,7 V sekä tarkkuusluokka 0.2.

Mittamuuntajien sijoittamista lattialle tulee välttää (mm. vesivahinkovaara). Kojeston rakenne ja mittamuuntajien asennus on suunniteltava siten, että mittamuuntajiin ja toisiopuolen kytkentöihin päästään käsi- tai katkaisijaa tai sen osia irrottamatta kytkentöjen tarkastamiseksi. Tämän vuoksi kytkentärasioiden on oltava kennossa hoitokäytävän puolella. Mittamuuntajat on asennettava siten, että niiden arvokilvet ovat nähtävissä hoitokäytävältä.

Jännite- ja virtamuuntajien järjestyksen tulee olla:

- pääkatkaisija tai varokekuormaerotin
- liittyjän suojausvirtamuuntajat kaikissa kolmessa vaiheessa (voivat sijaita myös pääkatkaisijakennossa)
- Jännitemuuntajat (3 kpl)
- Virtamuuntajat (3 kpl)
- liittyjän muut jännite- sekä virtamuuntajat.

Kennossa on oltava selvät merkinnät (L1, L2, L3) vaihejärjestyksestä. Kiskoihin on merkittävä virran kulku-suunta, ellei se muuten ole selkeästi havaittavissa.

Asiakkaan urakoitsija hankkii, asentaa ja kytkee jännitemuuntajien vaimennusvastuksen jännitemuuntajien läheisyyteen. Vaimennusvastusta ei saa asentaa suljetuun koteloon, koska vastus lämpenee käytössä.

Jännitemuuntajien ensiöpuolella ei käytetä erotinta tai suurläpänneulakkeita.

Päämuuntamon mittauskenno on pystyttävä työmaadoittamaan mittamuuntajien molemmilta puolilta. Muuntajien kokoojakiskon (tai kaapelin) työmaadoittaminen vaaditaan takasyötön varalta.

Jos painekaasu-eristeisessä kojeistossa on ilmaeristeinen mittauskenno, muuntamossa pitää olla myös galvaaninen jännitteenkoetin.

5.4. MUUNTAJAT

Yli 1600 kVA muuntajia ei ole suositeltavaa käyttää liittymässä. Jos käytetään suurempia muuntajia, saattaa muodostua ongelmia oikosulkusuojauksen selektiivisyyteen ja aiheutetaan ei toivottua epäselektiivisyyttä verkon suojaukseen.

Asiakkaan pj-vikavirrat ja muuntajien kytkentävirtasysäysvirrat eivät saa olla yli 800 A suuruisia keskijännitetasolla. Kytkentävirtasysäysten aiheuttamien jännitteenaleniemien tulee olla alle 10 % tasolla. Suurten muuntajakoneiden käytöstä on aina neuvoteltava etukäteen Helen Sähköverkon kanssa.

5.5. PIENJÄNNITEKESKUS

Mittauksen kotelo sijoitetaan pääkeskushuoneeseen, pääkeskukseen tai muuntamoon.

Jos kahden muuntajan pj-pääkeskukset voidaan kytkeä yhteen erotinlaitteella ja keskusten oikosulkukestoisuus ei ole riittävä kahden muuntajan syöttämälle oikosulkuvirralla, erotinlaitteen viereen on kiinnitettävä kilpi: ”Muuntajien rinnankäyttö on kielletty pääkeskusten riittämättömän oikosulkukestoisuuden takia”.

5.6. MAADOITUKSET

Liittyjän sähköverkon maadoitukset tehdään SFS 6001 standardin mukaisesti. Virtamuuntajien toisiopiirissä maadoitetaan energian virtaussuunnassa ensiksi olevat navat. Jännitemuuntajien ensiö- ja toisiopiireissä maadoitetaan energian tulosuunnassa jälkimmäisenä olevat navat.

Kj- ja pj-puolelle rakennetaan erilliset maadoituskiskot, jotka yhdistetään toisiinsa. Kj-puolen maadoituskiskoon on varattava Helen Sähköverkolle vähintään 5 kpl (2 kpl kj ja 3 kpl muuntamoautomaatiolle) maadoituksen liittopistettä.

Helen Sähköverkko liittää jakeluverkon keskijännitekaapelin mukana tuodun maadoitusjohtimen (Cu-köysi) kj-tilan päämaadoituskiskoon. Maadoitusjohtimen yhdistää muuntamon maadoitukset Helen Sähköverkon maadoitusjärjestelmiin. Lisäksi liittyjän on rakennettava vähintään voimassa olevan standardin rakennavaatimukset täyttävä maadoituselektrodi. Näiden yhdessä tulee täyttää taulukon 2 maadoitusresistanssi-vaatimus.

Lisäksi liittyjän tulee toteuttaa pääpotentialintaus standardin mukaisesti.

Seuraavassa taulukossa on esitetty maadoitusten mitoitussarvoja:

Nimellisjännite [kV]	20 kV	10 kV
Suurin maasulkuvirta [A]	400	200
Maasulkusuojauksen toiminta-aika [s] ¹	0,5/Hälyttävä	Hälyttävä
Maadoitusresistanssi enintään [Ω]	4,5	3,2
Kj-puolen suojajohdin vähintään, Cu [mm ²]	16	25 ²

¹ Helen Sähköverkon maasulkusuojaus.

² 25 mm² Cu eristämättömänä tai 70 mm² Cu eristepäällysteisenä.

6. PÄÄKATKAISIJAN RELEASETTELU

Seuraavassa taulukossa ilmoitetaan enimmäisarvot, joihin Helen Sähköverkon jakeluverkkoon liitettävän asiakasmuuntamon pääkatkaisijan rele voidaan asettaa. Suojauksen pitää toimia taulukossa ilmoitetulla oikosulkuvirralla taulukon toiminta-ajassa tai nopeammin. Ilmoitettu suojauksen toiminta-aika sisältää periaatteessa myös katkaisijan toiminta-ajan, esim. 50 ms. Tämä tulisi huomioida oikosulkuvirran hidastetun laukaisuviiveen osalta.

Taulukko: Pääkatkaisijan releen maksimiasetteluvä-
timukset

Nimellisjännite [kV]	20 kV	10 kV
Hidastettu laukaisu	750 A	1000 A
Pikalaukaisu	1800 A	2600 A
Suojauksen toiminta-aika [s]	Hidastettu laukaisu 0,4 s Pikalaukaisu 0,1 s	

Relettä ja muuntajakokoja valittaessa sekä kj-verkon pääkaaviota suunniteltaessa on otettava huomioon edeltävän taulukon vaatimukset. Käänteisaikarelettä voidaan käyttää pääkatkaisijan releenä, jos sähkösuunnittelija pystyy osoittamaan, että releellä pystytään toteuttamaan em. taulukossa ilmoitettu vaatimus.

Poikkeus asetteluvaatimuksiin:

Suojauksen toiminta-ajaksi sallitaan 0,5 s, kun pääkatkaisijan rele on elektroninen ja kun liittyjän kj-verkossa on pääkatkaisijan lisäksi muita katkaisijoita. Pikalaukaisuvirtaa ja sen laukaisuviivettä voidaan suurentaa tai pikalaukaisusta voidaan luopua, jos se on liittyjän sisäisen verkon selektiivisyyden kannalta välttämätöntä ja Helen Sähköverkon verkon suojaus sen sallii.

Pääkatkaisijan releasetteluista voi neuvotella Helen Sähköverkon kanssa. Pääkatkaisijan käyttöönottopöytäkirja releasetteluineen on toimitettava käyttöönoton yhteydessä Helen Sähköverkon liittymäpalveluun.

6.1. YLEISTÄ SUOJAUSASETTELUISTA

Hidastetun laukaisun asetteluvirran pitää olla suurempi kuin muuntajien yhteenlaskettu nimellisvirta ylikuormitettavuus huomioon ottaen. Pikalaukaisuvirran tulisi olla suurempi kuin muuntajien aiheuttama kytkentävirtasysäys ($8-10 \times I_N$), jossa I_N = muuntajien yhteenlaskettu nimellisvirta. Pääkatkaisijan suojauksessa voidaan käyttää myös kytkentävirtasysäyksen tunnistusta, jolloin kytkentätilanteiden virhelaukaisut voidaan välttää.

Pääkatkaisijan, muiden kj-katkaisijoiden ja kj-sulakkeiden on suositeltavaa toimia selektiivisesti. Selektiivisyys voidaan tarkistaa oikosulkusuojien toimintakäyristä. Jos muuntamossa on käytössä muita katkaisijoita, tulisi selektiivisyyden varmistamiseksi lukita pääkatkaisijan pikalaukaisuporras alempien katkaisijoiden releiden ylivirtahavahtumatiedolla.

6.2. MAASULKUSUOJAUS

Helen Sähköverkon 20 kV verkko on kompensoitu ja 10 kV verkko maasta erotettu. Keski-jännite-maasulkusuojaus on molemmilla jännitetasoilla pääsääntöisesti hälyttävä, jolloin maasulkuvika erotetaan käyttö päällä.

Yksivaiheisen maasulun todennäköisyys on sitä suurempi mitä useampia alamuuntamoita liittyjän verkkoon on kytketty tai mitä enemmän siellä on maakaapeliverkkoa. Mikäli liittyjällä on yksikin alamuuntamo tai päämuuntamosta syötetyn yksittäisen muuntajan keski-jännitekaapeli on vähintään 50 m pitkä, tulee liittyjällä olla maasulkusuojaus. Maasulkusuojaus suositellaan toteutettavaksi suunnatulla maasulkusuojalla, mutta se voidaan toteuttaa myös pelkällä nollavirta mittaavalla nollavirtasuojalla. Tällöin suoja tulisi lukita virhetoimintojen välttämiseksi muuntajan kytkentävirtasysäyksen aikana (kytkentävirtasysäyksen tunnistus).

Maasulkusuojauksen voi toteuttaa joko hälyttävänä tai laukaisevana. Hälyttävässä maasulkusuojauksessa liittyjän tulee poistaa vika 2 tunnin kuluessa standardin SFS 6001 mukaisesti. Standardinmukainen maasulkusuojaus edellyttää maasulkuhälytyksen saamista ja välitöntä toimintaa hälytyksen saamisen jälkeen. Tästä syystä Helen Sähköverkko suosittelee asiakasverkoissa laukaisevan maasulkusuojauksen käyttöä.

Jos liittyjä käyttää muun suojauksen lisäksi U_0 -suojausta, sen tulee olla vain hälyttävä.

Maasulkureleen tarvitsema summavirta muodostetaan suojaussydämiä summakytkenällä tai kaapelivirtamuuntajalla. Kaikkein toimintaherkin ja –varmin maasulkusuojaus saadaan suunnatulla maasulkusuojauksella, kun maasulkureleelle tuodaan nollajännite jännitemittauksen avokolmiokäämistä. Kaapelivirtamuuntajaa käytettäessä pelkkä nollavirran mittaukseen perustuva suojaus on myös luotettava.

Asetteluosuus 10 kV:

I_0 = suurempi kuin asiakkaan kj-verkon tuottama maasulkuvirta, mutta pienempi kuin jakeluverkonhaltijan verkon syöttämä maasulkuvirta, esim. 10–20 A.

t_0 = 0,2–1,0 s riippuen onko useita maasulkusuojausportaita.

Suunnattu suojaus: $I_0 = 4$ A, $U_0 = 5$ V, $\sin(\varphi)\angle$

Asetteluosuus 20 kV:

I_0 = suurempi kuin asiakkaan kj-verkon tuottama maasulkuvirta, mutta pienempi kuin resistiivinen vikavirta, esim. 8–10 A.

t_0 = 0,2–1,0 s riippuen onko useita maasulkusuojausportaita.

Suunnattu suojaus: $I_0 = 4$ A, $U_0 = 15$ V, $\cos(\varphi)\angle$, katkeilevan maasulun tunnistus.

7. KESKIJÄNNITEMITTAROINNIT

Keskijännitemittaukset (10 ja 20 kV) toteutetaan aina epäsuoralla mittarilla sekä jännite- ja virtamuuntajilla. Keskijännitemittauksissa käytetään kolmea virta- ja kolmea jännitemuuntajaa. Jännitemuuntajien ensiöliitäntöjen tulee sijaita tehon kulkusuunnassa ennen virtamuuntajia. Virtamuuntajat asennetaan toisiopuolen muuntajakohtaisiin paluujohtimiin. Virtamuuntajia asennettaessa tulee huolehtia oikeasta tehonsuunnasta. ($P1 \rightarrow P2$).

Helen Sähköverkko tarkastaa ja hyväksyy mittamuuntajien tekniset arvot toimitettujen sähkösuunnitelmien perusteella.

Mittamuuntajien mitoituksen tarkistamista ja hyväksymistä varten toimitettavat tiedot:

- kohteen osoite
- liittymän yhteenlaskettu muuntajateho
- mittamuuntajien nimellisarvot
- kippivärähtelyvastuksen mitoitusarvot (ohmiarvo ja teho)
- mittauskohteiden huipputehot (näennäis- tai pätöteho)
- mittarien ja mittamuuntajien välisen johtoreitin pituus.

7.1. VIRTAMUUNTAJAIN MITOITUS

Virtamuuntajan läpi kulkevan virran tulee pääsääntöisesti olla 20–120 % virtamuuntajan ensiöpuolen nimellisvirrasta. Virtamuuntajien tarkkuusluokan tulee olla 0.2S ja toisiosovituksen 5 A.

10 kV virtamuuntajien terminen oikosulkukestoisuus (I_k , 1 s tehollisarvo) min. 20 kA.

20 kV virtamuuntajien terminen oikosulkukestoisuus (I_k , 1 s tehollisarvo) min. 16 kA.

Virtamuuntajat on varustettava kahdella virta-alueella. Tulevan tehonlisäyksen varalta virtamuuntajat mitoitaan niin, että ne on kytketty pienemmälle virta-alueelle. Virta-alueen muutos tehdään ensiöpuolella.

Virtamuuntajien mitoitus tapahtuu kohteen muuntajatehojen mukaisesti:

10 kV:

Yhteenlaskettu muuntajateho [kVA]	Virtamuuntaja	Kytkeä
0-800	2 x 50 / 5 A	50 / 5 A
800 - 1 250	2 x 75 / 5 A	75 / 5 A
1 250 - 1 700	2 x 100 / 5 A	100 / 5 A
1 700 - 2 500	2 x 150 / 5 A	150 / 5 A
2 500 - 3 500	2 x 200 / 5 A	200 / 5 A
3 500 - 5 200	2 x 300 / 5 A	300 / 5 A

20 kV:

Yhteenlaskettu muuntajateho [kVA]	Virtamuuntaja	Kytkeä
0-800	2 x 25 / 5 A	25 / 5 A
800 - 1 700	2 x 50 / 5 A	50 / 5 A
1 700 - 2 600	2 x 75 / 5 A	75 / 5 A
2 600 - 3 500	2 x 100 / 5 A	100 / 5 A
3 500 - 5 200	2 x 150 / 5 A	150 / 5 A
5 200 - 6 900	2 x 200 / 5 A	200 / 5 A
6 900 - 10 400	2 x 300 / 5 A	300 / 5 A

Mittamuuntajat valitaan siten, että mittalaitteiden taakka on 25–100 % mittamuuntajan nimellistaakasta. Mittarien ja johdotuksen aiheuttama taakka on noin 1–4 VA/vaihe virtapiirissä.

Seuraavassa taulukossa on esitetty sallittuja kaapelipituuksia yhteen suuntaan [m] eri johdinpoikkipinnoilla ja virtamuuntajan taakka-arvoilla.

Virtamuuntajan taakka [VA]	2,5 mm ²		6,0 mm ²	
	Min. [m]	Max. [m]	Min. [m]	Max. [m]
1,5	1	3	2	9
2,5	2	6	4	15
3	2	7	5	18
4	3	10	7	25
5	4	13	9	30
7,5	6	20	15	45
10	8	27	20	60
15	11	40	30	80
20	15	55	40	120
25	20	65	60	150

7.2. JÄNNITEMUUNTAJIEN MITOITUS

Jännitemuuntajien tarkkuusluokan tulee olla 0.2.

Jännitemuuntajien muuntosuhteet:
10 kV: $(10\ 000\sqrt{3} / 100\sqrt{3} / 100:3)V$
20 kV: $(20\ 000\sqrt{3} / 100\sqrt{3} / 100:3)V$

Mittamuuntajat valitaan siten, että mittalaitteiden taakka on 25–100 % mittamuuntajan nimellistaakasta. Mittarien ja johdotuksen aiheuttama taakka on noin 10 VA/vaihe jännitepiirissä.

Jännitemuuntajissa tulee olla avokolmioapukäämit ja tähän piiriin on liittyjän urakoitsijan kytkettävä kippivärähtelyn vaimennusvastus. Vaimennusvastuksen mitoituksessa käytetään ohmiarvoltaan pienintä jännitemuuntajavalmistajan hyväksymää ohmiarvoa ja teholtaan jännitemuuntajavalmistajan määrittämää tehoa.

7.3. YLEISET VAATIMUKSET MITTAUSPIIRILLE

Suojaus:

Epäsuoran mittauksen jännitteen mittaussiirit suojataan 3 x 10 A ylivirtasuojalla. Jännitemuuntajien ensiöpiireissä ei käytetä erotinta tai suurjännitesulakkeita. Liittyjän urakoitsija asentaa ylivirtasuojat ja riviliittimet sinetöitävissä olevaan koteloon. Virtamuuntajien toisioliittimien (S1 ja S2) pitää olla aina oikosuljetuina, kun niihin ei ole kytketty mittaria.

Riviliittimet:

Epäsuoran mittauksen johdotuksessa käytetään aina riviliittimiä standardin SFS 3381 mukaisesti. Riviliittimien pitää olla katkaistavia ja niissä pitää olla halkaisijaltaan 4 mm banaanipestokkeet katkaisukohtaan molemmilla puolilla. Riviliittimissä ei saa olla jousivoimalla toimivia osia. Riviliittimien tulo- ja lähtöpuolelle on varattavat työtilaa vähintään 50 mm.

Mittauksen jännitekytkin:

Liittyjän urakoitsija hankkii ja asentaa jännitemuuntajien toisiopiiriin 3 x 16 A kytkimen. Kytkin sijoitetaan mittarikoteloon. Kytkin ei saa katkaista sähkön käyttäjän omien mittaus- tai ohjauslaitteiden jännitettä. Kytkimessä pitää olla selvät ja luotettavat kiinni- ja auki-asentoa osoittavat merkinnät. Kotelon kannessa tulee olla pysyvä tunnus: "MITTAUKSEN JÄNNITEKYTKIN".

Johdotus:

Mittauspiirin johdotus tehdään ja mittausjohtimet numeroidaan standardien sekä hyvän asennustavan mukaisesti. Liittyjän urakoitsija asentaa mittarikotelon jännitekytkimen ja riviliittimet sekä johdotukset mittamuuntajilta mittarille saakka. Liittyjän urakoitsija kytkee mittauskaapelit mittamuuntajilta kojeiston riviliittimille saakka ja Helen Sähköverkon urakoitsija kytkee mittarin liittyjän urakoitsijan asentamaan johdotukseen.

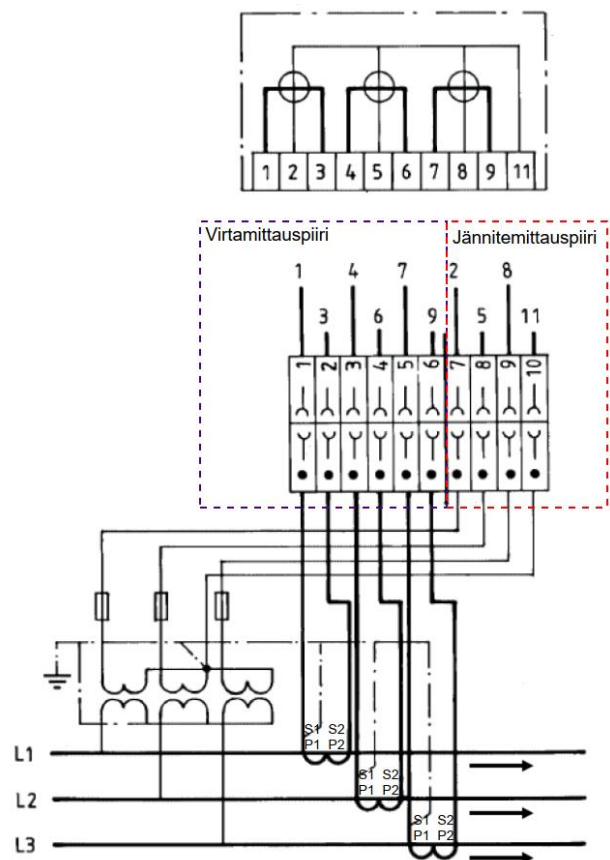
Liittyjän urakoitsija vastaa mittauspiirin johdotuksen ja kytkentöjen oikeellisuudesta. Mikäli mittauspiirin testauksesta on laadittu tarkastuspöytäkirja, toimittaa liittyjän urakoitsija sen Helen Sähköverkon Verkkopalveluille mittarointitilauksen yhteydessä.

Mittausjohtimien laji ja suojaus valitaan asennustilaa koskevien vaatimusten mukaisesti (mm. oikosulkuvirtojen vaikutus, sähkömagneettiset häiriöt). Sähkökeskustilojen ulkopuolella ja keskijänniteiloissa mittausjohtoina käytetään kaapelia, jossa on metallinen mekaaninen suojakerros (MJAM tai vastaava) tai mittausjohdot asennetaan metalliseen suojaputkeen tai -kouruun.

Johtimien poikkipintana käytetään 2,5 mm², ellei johtimien aiheuttama taakka, oikosulkukestoisuus tai jännitehäviö edellytä suurempaa poikkipintaa.

Jännitteen ja virran mittauspiireille pitää olla erilliset johdot, jos käytetään kaapelimaisia johtoja. Jos kaapelit sijoitetaan arinoille, mittauskaapelit erotetaan muista sitomalla ne erikseen arinan alle tai valitsemalla täysin erillinen kulkutie.

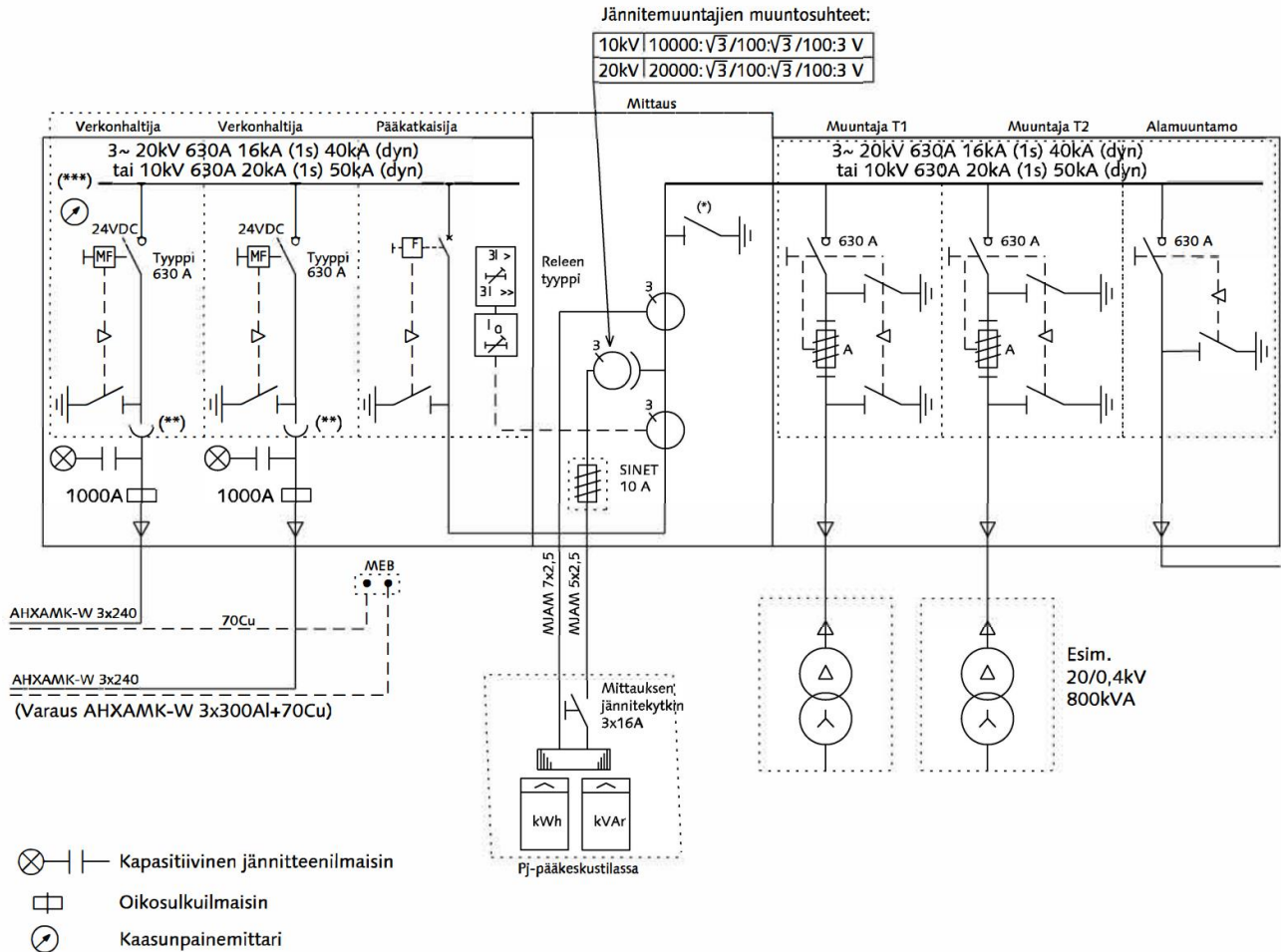
Seuraavassa kuvassa on esitetty keskijännitemittauksen periaatekuva:



Esimerkkikuva kalustetusta keskijännitemittauskotelosta:



2 Kaasueristeinen tai vastaava kojeisto, pääkatkaisija



(*) Maadoituserottimen sijasta voidaan asentaa työmaadoituskiinnikkeet ja hankkia muuntamoon maadoitusköydet

(**) Kosketussuojattu kulmapistokeliitintä (630 A)

(***) Mikäli liittymiskennoina käytetään kaasueristeistä kojeistoa tai erottimia, kojeistossa tulee olla kaasunpainemittari ja potentiaalivapaana kosketintietona saatava hälytys kaasuvajeesta kaukovalvontaan vietäväksi Asiakasmuuntamo tulee varustaa maasulkusuojuksella, mikäli sillä on muuntamotilan ulkopuolista keskijänniteverkkoa