

Ari Pääkkönen

Sairaalakiinteistön liittäminen 20 kV:n suurjänniteverkkoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
Päivämäärä
21.6.2012

Tekijä Otsikko	Ari Pääkkönen Sairaalakiinteistön liittäminen 20kV suurjännitteeseen
Sivumäärä Aika	48 sivua + 16 liitettä 21.6.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Projektiesimies Tarmo Viren Lehtori Sampsa Kupari
<p>Tämä insinöörityö käsittelee sairaalakiinteistön liittämistä 20 kV:n jakeluverkkoon, suurjännitekaapelista pääkeskukseen asti. Työ tehtiin yhteistyössä Jorvin sairaalan teknisen osaston, jakeluverkkoyhtiö Vantaan Energian, jakeluverkkoyhtiö Fortumin ja Insinööritoimisto Olof Granlundin kanssa.</p> <p>Työssä tutustuttiin Jorvin sairaalan ja Peijaksen sairaalan muuntamoihin, joista myös otettiin valokuvia suurjännitelaitteistosta. Liittymän tekniset rakenteet käytiin läpi yleisellä tasolla ja ne sopivat muihinkin muuntamoihin.</p> <p>Lisäksi työssä käsiteltiin muuntamoihin ja muuntamotyöskentelyihin liittyviä lakeja, teknisiä määräyksiä, asetuksia sekä viranomaisten ja jakeluverkkoyhtiöiden ohjeita ja verkkoyhtiön verkonrakennetta.</p> <p>Teoriaosuudessa käytiin läpi muuntamoiden käyttöönotto, käyttöoimintaan ja huoltoon liittyviä teoreettisia käsitteitä, kuten suojaukset, maadoitukset, työmaadoitukset jne. Lisäksi tarkasteltiin työskentely-, työorganisaatio-, käyttöoimenpide-, työjärjestys- ja työturvallisuuskysymyksiä muuntamoissa.</p>	
Avainsanat	Muuntamo, jakeluverkkoyhtiö, suurjännitekojeisto, sähkötyöturvallisuus, käyttöönotto, huolto

Author Title	Ari Pääkkönen Connecting a Hospital Building to a 20 kV High-voltage Network
Number of Pages Date	48 pages + 16 appendices 21 June 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electric Power Engineering
Instruktors	Tarmo Viren, Project Supervisor Sampsa Kupari, Senior Lecturer
<p>This thesis concerns connecting a hospital building to a 20 kV distribution network and examines the connection from the high-voltage cable to the main distribution board. This thesis was carried out in cooperation with the technical department of Jorvi Hospital and the distribution network companies Vantaan Energia and Fortum. Theoretical advice was provided by the electrical designers of Insinööritoimisto Olof Granlund.</p> <p>The work included visits to the distribution substations of Jorvi and Peijas hospitals, whose high-voltage equipment was photographed. The technical design of the network connection was examined on a general level and found to be applicable to other distribution substations as well.</p> <p>In addition to the above, this thesis discusses the laws, technical regulations, decrees, and the instructions and guidelines of different authorities and distribution network companies on distribution substations and the related work processes, as well as the network structure of the distribution company.</p> <p>The theoretical part of this thesis addresses distribution substation commissioning along with theoretical concepts related to their operation and maintenance, such as protection, earthing and temporary earthing.</p> <p>Work processes, the organisation of work, operation procedures, the order of work, and work safety at distribution substations are also discussed.</p>	
Keywords	Distribution substation, distribution network company, high-voltage switchgear, electrical work safety, commissioning, maintenance

Sisälllys

Tiivistelmä

Abstract

Sisälllys

Lyhenteet

1 Johdanto	1
2 Verkkoyhtiön jakeluverkko	2
2.1 Sähkönjakelujärjestelmän verkstorakenteet	2
2.1.1 Säteittäinen verkko	2
2.1.2 Rengasverkko	2
2.1.3 Silmukoitu verkko	2
3 Muuntamoita koskevat määräykset	3
3.1 Valvovat viranomaiset ja muut valvovat instanssit	3
3.2 Lait, asetukset ja standardit	3
4 Määritelmiä	3
4.1 Muuntamot	3
4.2 Töiden johtaja	4
4.2.1 Käytönjohtajan vastuut	4
4.2.2 Käytönjohtajan tehtävät	5
4.3 Muuntamon sijoituspaikka	6
4.4 Rakennuksiin sijoitetut muuntamot	6
4.5 Puistomuuntamon sijoittaminen	7
4.6 Pylväsmuuntamon sijoittaminen	7
5 Maadoitukset	8
5.1 Mitoitukset	8
5.2 Maadoituselektrodit	10

6	Sähköverkon rakenne keskijännitemuuntamossa	12
6.1	Suojaus	12
6.1.1	Oikosulkusuojaus	13
6.1.2	Maasulkusuojaus	13
6.1.3	Ylikuormitus	13
6.1.4	Vaihekatkos	14
6.2	Keskijännitekojeistot	16
6.2.1	Kaapeliksenno	17
6.2.2	Katkaisijakenno	17
6.2.3	Varokeuormanerotinksenno	19
6.2.4	Muuntajaksenno	20
7	Mittaukset, tarkastukset ja koestukset	22
7.1	Käyttöönottotarkastus	22
7.2	Varmennustarkastus	22
7.3	Koekäytöt	23
7.4	Vastaanottotarkastus	23
8	Kytkenäohjelma	24
8.1	Kytkenäprosessi	24
8.1.1	Kytkenän tilaus	24
8.1.2	Kytkenän suunnittelu	25
8.1.3	Keskeytyksen ilmoitukset	25
8.1.4	Kytkenän toteutus	25
8.1.5	Kytkenän johto ja toteutus	26
8.2	Päätyömaadoitus	27
8.3	Työnvalmistelulupa	30
8.4	Työlupa	31
8.5	Käyttöönottolupa	31
8.6	Palautuskytkennät	31
9	Dokumentointi	32
9.1	Piirustukset	32
10	Rakennukseen sijoitetut muuntamot	33
10.1	Määritykset	33
10.2	Muuntamotilan sijoittaminen	34

10.3 Muuntamon tilantarve	34
10.4 Hallintarajat	35
10.5 Käyttöoikeudet sähkölaitteistossa	36
10.6 Asiakasmuuntamon lukitus ja kulkureitti	37
10.7 Muuntamotilan valaistus ja ilmanvaihto	38
10.7.1 Muuntamon valaistus	38
10.7.2 Muuntamon ilmanvaihto	38
11 Muuntamoiden kunnossapito ja huolto	39
11.1 Määräaikaistarkastukset	39
11.2 Asiakasmuuntamon huolto- ja kunnossapitovastuu	39
11.3 Muuntamon tarkastusohje	40
11.4 Huoltosuunnitelman sisältö	40
11.4.1 Kohdesuunnitelma	40
11.4.2 Huollon toimenpiteet	41
11.4.3 Laitekohtaisen huollon toimenpiteet	41
11.4.4 Muuntamon saneeraus	43
12 Rakennukseen sijoitetun muuntamon varusteet	43
12.1 Työmaadoituslaitteet	43
12.2 Muut varusteet	44
13 Yhteenveto	45
Lähteet	47
Liitteet	
Liite 1. Turva- ja varoituskilvet	
Liite 2. Katkaisijan laukaisukäyrä Jorvin sairaala	
Liite 3. Selektiivisyystarkastelu raportti esimerkki	
Liite 4. Jakeluverkon rakenne Peijaksen sairaala	
Liite 5. Jakeluverkon rakenne Jorvin sairaala	
Liite 6. Nousujohtokaavio sähkölajakelu Peijaksen sairaala	
Liite 7. Muuntamon huolto- ja kunnossapito pöytäkirja esimerkki	

Lyhenteet

A	virran yksikkö; ampeeri
k	etuliite kilo 10^3
KTMp	kauppa- ja teollisuusministeriön päätös
SF ₆	rikkiheksafluoridikaasu
Tukes	Turvatekniikan keskus
V	Jännitteen yksikkö; voltti

1 Johdanto

Sairaalakiinteistöt ovat jakeluverkkoyhtiöille haasteellisempia kohteita toteutettaessa mahdollisimman hyvää sähkönjakelua. Suurimmat haasteet ovat jakeluverkoissa esiintyvät viat (mm. jännitekatkokset, jännitealenemat eli ”jännitekuopat”). Niitä on mahdollista poistaa kokonaan, mutta niistä aiheutuneita sähkönjakeluhäiriöitä on mahdollista minimoida hyvällä jakeluverkon suunnittelulla kiinteistöön liittymisessä ja muuntamon turvalaitteiden (katkaisijat, sulakkeet, erottimet) oikeilla asetuksilla, joilla päästään järkevään selektiivisyyteen. Lisäksi huolto-ohjelmista ja määräaikaistarkastuksista huolehtiminen on tärkeää sähkölaitteiston kunnollisen toiminnan kannalta.

Tässä insinööriyössä on tarkoitus käsitellä asioita, jotka on otettava huomioon muuntamon suunnittelussa, rakennusvaiheessa ja käyttöönotossa, muun muassa viranomaisia ja lakeja/määräyksiä on otettava huomioon muuntamotyöskentelyssä.

Tämä työn perustana ovat Peijaksen sairaalan ja Jorvin sairaalan kiinteistöt. Jorvissa muuntamo sijaitsee kiinteistön sisätiloissa ja Peijaksessa kiinteistön pihalla, jolla on erillinen muuntamorakennus. Työssä käsitellään lähinnä rakennuksiin sijoitettuja niin sanottuja sähkönkäyttäjän muuntamoita, mutta jotkin asiat ovat yleispäteviä, ja ne soveltuvat kaikkiin muuntamoihin. Nykyään kiinteistön muuntamot pyritään rakentamaan erilliseen rakennukseen kiinteistön piha-alueelle.

Peijaksen sairaalassa on uusi muuntamo, joka valmistui vuonna 2009, ja Jorvin sairaalassa tehtiin jakeluverkkouudistuksia ja selektiivisyyden korjauksia. Lisäksi Jorvin sairaalaa syöttävien jakeluverkkoyhtiön (Fortum) muuntamoista siirrettiin avolinjayhteydet muihin kennoihin, millä saatiin vähennettyä jännite alenemia ja ”jännitekuoppia”.

Standardit määrittelevät yli 1000 V:n vaihtosähkön ja 1500 V:n tasasähkön suurjännitteeksi, mutta tässä työssä käytetään myös nimitystä keskijännite. Keskijännitteellä tarkoitetaan standardin SFS-EN 50160 yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuuden mukaisesti jännitealuetta 1...36 kV. Keskijännite on yleisesti käytössä verkkoyhtiöiden nimikkeissä.

2 Verkko-yhtiön jakeluverkko

2.1 Sähkönjakelujärjestelmän verkostorakenteet

Verkostojen rakentamisessa käytetään kolmea perustyyppiä: säteittäinen, rengas tai silmukoitu verkko. Kullakin verkostotyyppillä on omat etunsa ja haittansa, joten eri vaihtoehtoja vertailtaessa on huomioitava niiden käyttöön liittyvät teknis-taloudelliset näkökohdat. Näitä ovat tyypillisesti investoinnin kalleus, käytön taloudellisuus ja luotettavuus, varasyöttöjen mahdollisuus sekä erityisesti verkon suojaukseen liittyvät näkökohdat.

2.1.1 Säteittäinen verkko

Säteittäisen verkon etuina ovat selkeä yleisrakenne, käytön yksinkertaisuus ja suojauksen helppous. Haittoina sen sijaan ovat varmistusmahdollisuuden puuttuminen ja huollon vaatimat käyttökeskeytykset. Säteittäistä verkostorakennetta käytetään tyypillisesti keski- ja pienjännitteellä. Suomessa on keskijännitteellä yleistynyt rakentamistapa, jossa 20 kV:n verkko rakennetaan renkaiksi käytön ollessa kuitenkin säteittäistä jakorajojen avulla.

2.1.2 Rengasverkko

Suuremmilla jännitteillä verkot rakennetaan yleensä rengasverkoiksi. Etuina säteittäiseen rakenteeseen verrattuna ovat varmistettu syöttö, parempi jännitevakavuus, pienemmät tehohäviöt. Haittoina ovat käytön vaikeutuminen ja relesuojauksen monimutkaistuminen. Suomessa 110 kV:n verkot ovat usein kytkettyinä renkaaksi lukuun ottamatta johtoja, jotka syöttävät yhtä tai korkeintaan muutamaa 110/ 20 kV:n asemaa.

2.1.3 Silmukoitu verkko

Silmukoitu verkko on luonteeltaan kuten rengasverkko, mutta se sisältää myös renkaan sisäisiä väliyhteyksiä. Tällä tavoin voidaan edelleen kohottaa syöttöjen varmistusmahdollisuuksia, parantaa verkon jännitevakavuutta sekä pienentää tehohäviöitä. Tämä aiheuttaa kuitenkin edelleen käytön vaikeutumista ja relesuojauksen kallistumista.

Suomessa 400 - ja 220 kV:n verkot ovat silmukoituja, jolloin niissä voidaan minimoida verkossa tapahtuvat siirtohäviöt ja saavuttaa erittäin hyvä jännitevakavuus.

3 Muuntamoita koskevat määräykset

3.1 Valvovat viranomaiset ja muut valvovat instanssit

Työnaikaisia ja käytönaikaisia muuntamoiden valvovia viranomaisia ovat mm. Turvatekniikakeskus Tukes, Säteilyturvakeskus Stuk, Palo- ja pelastusviranomainen, valtuutetut varmennustarkastuslaitokset, jakeluverkkoyhtiöt ja Rakennusviranomainen.

3.2 Lait, asetukset ja standardit

Sähköturvallisuuslait, -määräykset ja standardit tulevat seuraavista kirjoista: Sähköturvallisuusmääräykset SFS 6000, Suurjännitesähköasennukset SFS 6001, Sähkötyöturvallisuusmääräykset SFS 6002, A4:1993 Vahvavirtailmajohtomääräykset ja jakeluverkkoyhtiöiden ohjeistukset.

4 Määritelmiä

4.1 Muuntamot

Verkkoyhtiöt määrittelevät yleensä milloin kiinteistöön tuodaan suurjänniteliittymä (20 kV). Siihen vaikuttavat mm. kiinteistön huipputeho, käyttötarkoitus ja sijainti.

Muuntamotyöskentelyn rakennus- ja käyttövaiheessa noudatetaan seuraavia ohjeita, määräyksiä ja standardeja. Suomen rakentamismääräyskokoelma E1 Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 1997, Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 äänieristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet. Valtioneuvoston päätös melutason ohjeavosta. Sähköturvallisuusmääräyksiä ovat SFS 6000, SFS 6001, SFS 6002 ja A4:1993 Vahvavirtailmajohtomääräykset.

4.2 Töiden johtaja

KTMp 516/96 päätöksen sähköalan töistä mukaan, muuntamon rakennusvaiheessa on toiminnanharjoittajan nimettävä sähkötöitä varten sähkötöiden johtaja sekä luovutettaessa sähkölaitteisto tilaajalle on sähkölaitteiston haltijan nimettävä käyttötöitä varten käytönjohtaja, koska sähkölaitteistoon kuuluu yli 1000 V:n nimellisjännitteisiä osia. Haltijan tulee ilmoittaa jakeluverkkoyhtiölle sellaiset puhelinnumerot, joista käytönjohtaja on tavoitettavissa myös työajan ulkopuolisena aikana.

Käytönjohtajan pätevyysvaatimus on sähköpätevyys 1, joka oikeuttaa toimimaan käytön johtajana luokan 2 sähkölaitteistossa.

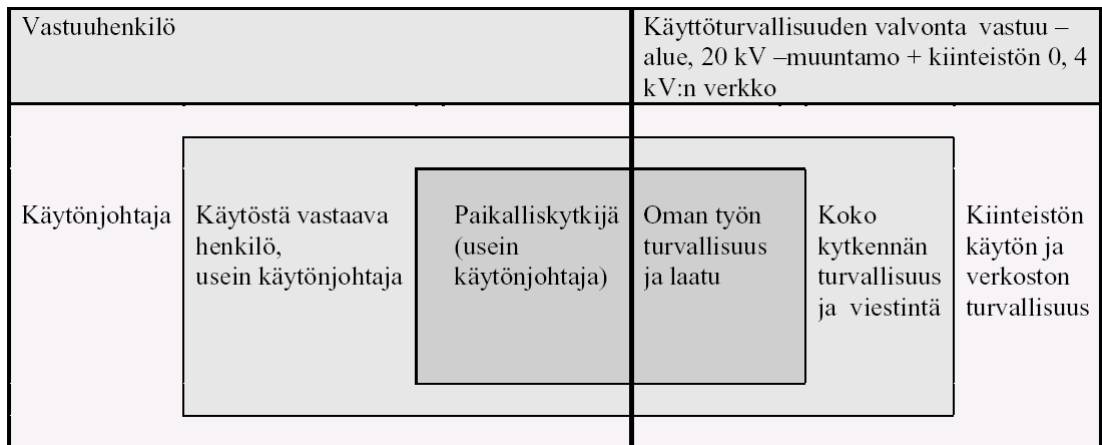
Käytönjohtajan tulee olla sähkölaitteiston haltija tai tämän palveluksessa. Käytönjohtajana voi myös toimia sellaisen yhteisön palveluksessa oleva henkilö, jolla on sähkölaitteiston haltijan kanssa sähkölaitteistoa koskeva kunnossapitosopimus.

Sähkölaitteiston haltijan on tehtävä nimeämästään käytönjohtajasta ilmoitus sähköturvallisuusviranomaiselle kolmen kuukauden kuluessa sähkölaitteiston käyttöönotosta. Ilmoituksessa on käytävä ilmi sähkölaitteistoa ja käytönjohtajaa koskevat tiedot. Ilmoituksessa on selvitettävä, että Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähköalan töistä 3 §:ssä sekä sähköturvallisuuslain 8 ja 9 §:ssä asetetut vaatimukset täyttyvät.

Käytönjohtajalle on annettava riittävät ja tosiasialliset mahdollisuudet johtaa ja valvoa käyttötöitä sekä tiedot sähkölaitteiston rakennus-, laajennus- ja korjaustöistä sekä niihin liittyvistä tarkastuksista. Vastuutaan haltija ei voi siirtää käytönjohtajalle tai jollekulle toiselle. Niitä tehtäviä, joilla lain vaatimat vastuut täytetään, sähkölaitteiston haltija voi tai hänen kuuluukin siirtää käytönjohtajalle.

4.2.1 Käytönjohtajan vastuut

Käytönjohtajan lakimääräiset tehtävät ovat seuraavanlaiset: sähköturvallisuuslain perusteella annetun ministeriön päätöksen mukaan käytönjohtajan tehtävänä on huolehtia siitä, että sähkölaitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuussääntönsä sekä käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävän opastettuja tehtäviinsä (Kuva 1).



Kuva 1. Käytönjohtajan vastuun jakautuminen 20 kV:n muuntamossa ja 0.4 kV:n verkossa

4.2.2 Käytönjohtajan tehtävät

Sähkölaitteiston haltijan puolesta käytönjohtajan tulee huolehtia:

- ❖ ettei kiinteistön sähkölaitteisto aiheuta hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa
- ❖ sähkölaitteiston määräaikaistarkastuksista ja ilmoituksista sekä sähkölaitteiston käytön opastuksesta ja ohjeista.
- ❖ kunnossapito-ohjelman laatimisesta, kunnossapitotöiden suorittamisesta ja dokumentoinnista
- ❖ 20 kV:n kojeiston osalta jakeluverkkoyhtiön informoinnista, jonka pitää kirjata huoltotieto
- ❖ havaittujen puutteiden ja vikojen korjaamisesta
- ❖ muuntamon maadoitusten kunnosta ja kosketusjännitelaskelmien teosta
- ❖ kojeiston oikosulkukestoisuudesta
- ❖ työmaadoituksista ja niiden oikosulkukestoisuudesta
- ❖ suoja- ja turvavälineistä
- ❖ tilojen lukituksesta ja kulkureiteistä

- ❖ valaistuksesta ja merkinnöistä
- ❖ kytkinlaitteiden ajantasaisista merkinnöistä
- ❖ dokumentoinnin ajantasaisuudesta
- ❖ suojauksien kattavasta toiminnasta
- ❖ ohjeistuksesta, varavoiman syöttämisestä verkkoon ja siitä kuka saa ohjata kiinteistön pääkatkaisijaa sekä siitä eteenpäin olevia asiakasmuuntamon kytkinlaitteita
- ❖ sähkölaitteiston hallintarajoista

4.3 Muuntamon sijoituspaikka

Muuntamoiden eritysaineiden luokitukset ja asennuspaikkamääräykset on ilmoitettu standardin SFS 6001/A1:2005 Suurjännitesähköasennukset. Jakeluverkoissa muuntamo pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähelle kulutuksen painopistettä. Muuntamon paikan valintaan vaikuttavat myös sen huoltomahdollisuudet. Muuntamon sijoituspaikalle asetetaan myös paloturvallisuusvaatimuksia.

Maaseutuverkoissa muuntamon paikka määräytyy usein suurjännitejohdon alle, mahdollisimman lähelle kulutuksen painopistettä ja huollon varmistamiseksi tien läheisyyteen.

Maaseutujen jakeluverkot pyritään rakentamaan siten, että muuntamotiheys on melko suuri ja muuntajat ovat pieniä (30...200 kVA).

4.4 Rakennuksiin sijoitetut muuntamot

Rakennuksiin sijoitettujen muuntamoiden yleiset vaatimukset on annettu standardin SFS 6001 kohdissa 7.6.2.2...7.6.2.5, 7.6.3 ja 7.6.4.

Muuntamotilan sijoittaminen rakennukseen on tehtävä siten, että muuntamon rakentaminen ja huoltaminen voi tapahtua esteettömästi. Rakennukseen sijoitetut muuntamot jaetaan kahteen ryhmään, sähkönkäyttäjän ja verkonhaltijan muuntamot

Rakennukseen sijoitettavan muuntamon tulee täyttää ympäristöministeriön julkaisun E1 "Rakennusten paloturvallisuus" vaatimukset. Vaatimustason määrittely perustuu muuntamoissa olevien palavien aineiden ja rakenteiden palokuorman suuruuteen. Muuntajan eristysaineen laadulla ja määrällä on ratkaisevin vaikutus palokuormaan, (SFS 6001 kohdat 7.6.2.1.1, 7.6.2.1.2 ja 7.6.2.2).

O1- luokan eristysaineen (muuntajaöljyn) palokuorma lasketaan jakamalla muuntajaöljyn määrän ja lämpöarvon (42 MJ/kg) tulo muuntamon lattiapinta-alalla (huoneistoalalla).

4.5 Puistomuuntamon sijoittaminen

Puistomuuntamon sijoituspaikka määräytyy standardin SFS 6001 kohdan 7.6.2.1 ohjeiden mukaan. Puistomuuntamon vähimmäisetäisyydessä rakennuspaikasta on otettava huomioon se, mitä yleinen lainsäädäntö määrää. Erityisehdoilla voidaan muuntamo rakentaa lähemmäksikin muita rakennuksia. Puistomuuntamon vähimmäisetäisyydeksi rakennuksesta tai varastosta suositellaan yleisesti vähintään 5 m.

Jos rakennus tai varasto on arvokas tai henkilöturvallisuuden katsotaan vaarantuvan (lähellä koulu, hoitolaitos, lastentarha), harkitaan suurempaa etäisyyttä yhdessä paloviranomaisten kanssa.

Puistomuuntamon rakentamiselle on haettava maankäyttö- ja rakennusasetuksen mukainen toimenpidelupa, ellei asianomaisen kunnan rakennusjärjestyksessä ole muuntamoiden rakentamista vapautettu tästä velvoitteesta. Puistomuuntamo vaatii aina sijoitusluvan maanomistajalta.

4.6 Pylväsmuuntamon sijoittaminen

Pylväsmuuntamo voidaan rakentaa muuntajakoosta riippuen yksi- tai kaksipylväisenä. Pylväsmuuntamot voivat olla läpimeneviä tai päätyviä.

Pylväsmuuntamon on sijainnin osalta täytettävä Sähkötarkastuskeskuksen julkaisun A4:1993 Vahvavirtailmajohantomääräykset ja kytkinlaitoksena standardin SFS 6001 vaa-

timukset sekä paloturvallisuuteen liittyen Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 Rakennusten paloturvallisuusmääräykset.

5 Maadoitukset

5.1 Mitoitukset

SFS 6001:n mukaan maadoitusjärjestelmien rakenteen on täytettävä seuraavat neljä vaatimusta:

- ❖ riittävä mekaaninen lujuus ja korroosionkestävyys
- ❖ suurimman vikavirran kestävyys termisesti
- ❖ omaisuuden ja laitteiden vaurioitumisen estäminen
- ❖ henkilöidenturvallisuuden varmistaminen suurimman maasulkuvirran aikana maadoitusjärjestelmissä esiintyvien jännitteiden suhteen

Maadoitusjärjestelmän mitoituksen olennaiset tekijät ovat vikavirtojen arvot, vian kesto aika ja maaperän ominaisuus.

Standardi SFS 6001 antaa velvoittavan ohjeen maadoitusjohtimen ja elektrodin nimellivirran laskennasta. Alle 5 sekuntia kestäväällä vikavirroilla maadoitusjohtimen tai elektrodin poikkipinta on laskettava seuraavasta yhtälöstä.

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}}$$

A poikkipinta (mm²)

I johtimen virran tehollisarvo (A)

t vikavirran kesto aika (s)

K	virrallisen osan materiaalista riippuva vakio (taulukossa 1 esitetään arvot yleisimmille materiaaleille olettaen alkulämpötilaksi 20 °C)
β	virrallisen osan resistanssin lämpötilankertoimen käänteisarvo lämpötilassa 0 °C (taulukko 1)
θ_i	alkulämpötila (°C). Alkulämpötilana käytetään yleensä 20 °C. suomessa voidaan käyttää standardin IEC 60287-3-1 mukaan arvoa 15 °C
θ_f	loppulämpötila (°C)

Taulukko1. Materiaaleista riippuvien vakioiden arvot

Materiaali	β (°C)	K
Kupari	234,5	226
Alumiini	228	148
Teräs	202	78

Tavallisissa olosuhteissa, missä maadoitusjohdin on ilmassa ja maadoituselektrodi maassa, oikosulkuvirran tiheytenä $G (=I/A)$ voidaan käyttää (standardin SFS 6001, Liite B kuvasta B.1) saatavia arvoja alkulämpötilan ollessa 20 °C ja loppulämpötilan 300 °C.

Yli 5 sekuntia kestäville vikavirroille (kuten maasta erotetuissa tai sammutetuissa järjestelmissä), sallitut poikkipinnat esitetään standardin SFS 6001 liite B kuvat B 2_a ja B 2_b. Jos loppulämpötilaksi valitaan muu kuin 300 °C, niin katso taulukko 2, silloin virta voidaan laskea taulukosta 2 valituilla kertoimella. Alempia loppulämpötiloja suositellaan esimerkiksi eristetyille johtimille ja betoniin upotetuille johtimille.

Taulukko 2. Muunnoskerroimet jatkuvan virran loppulämpötilasta 300 °C muuhun loppulämpötilaan

Loppulämpötila (°C)	Muunnoskerroin
400	1,2
350	1,1
300	1,0
250	0,9
200	0,8
150	0,7
100	0,6

5.2 Maadoituselektrodit

Muuntamolle pyritään rakentamaan aina paikallinen maadoituselektrodi muuntamon tai rakennuksen perustuksen yhteyteen. Maadoituselektrodi, joka vähintään 25 mm² kupariköysi jonka molemmat päät liitetään muuntamon maadoituskiskoon. Tähän kiskoon yhdistetään erillisellä johtimella myös keskijännitekaapeleiden keskusköydet (maadoitusjohtimet). Maanalaisia vesi- ja viemärijohtoja ei saa käyttää maadoituselektrodeina (standardi SFS 6000 542.2.5).

5.3 Suojamaadoitus

Keskijännitteelle alttiit osat yhdistetään maadoituskiskoon suojamaadoitusjohtimella, jonka on oltava vähintään 16 mm² kuparia.

Muuntamotiloissa olevat vesijohdot, ilmanvaihtokanavat ja muut mahdolliset johtavat laajat järjestelmät maadoitetaan ainoastaan rakennuksen päämaadoituskiskoon. Mikäli ne maadoitettaisiin myös muuntamossa, syntyisi nollavirroille harhareitti, joka aiheuttaisi hajamagneettikenttiä ja häiriöitä.

Muuntamossa maadoitetaan yleensä vain keskijännitekojeisto ja pienjännitekeskus, jonka suojamaadoituksen rakentaa keskuksen valmistaja. Muuntamon maadoitusjohtimien kytkennän yhteydessä tulee varmistaa, että pienjännitekeskuksen suojamaadoitus on rakennettu. Muuntamotilassa oleva kaapelihylly tai valaisinripustuskisko ei ole jännitteelle altis osa, mutta se voidaan kuitenkin maadoittaa muuntajan maadoituskiskoon. Jos kaapelihylly tai valaisinripustuskisko jatkuu rakennuksen muihin tiloihin, niin se maadoitetaan vain rakennuksen päämaadoituskiskoon.

Keskijännite- ja pienjänniteverkon maadoitusten yhdistäminen tehdään rakentamalla pienjännitekeskuksen PEN-kiskosta 50 mm² kupari maadoitusjohdin maadoituskiskoon. Tämä maadoitusjohdin voidaan asentaa vaihtoehtoisesti myös muuntajan n-navasta maadoituskiskoon.

Rakennuksen pääpotentiaaliskon ja muuntajan maadoituskiskon yhdistämistä ei tehdä, koska siitä muodostuisi rinnakkainen PEN-johto ja hajamagneettikenttiä.

Muuntamon maadoituskaavio laaditaan ja siihen merkitään numeroilla maadoitusjohtimet. Sama numero kiinnitetään johtimiin maadoituskiskon välittömään läheisyyteen.

Johtimina käytetään kirkkaita kupariköysiä, jotka kestävät paremmin lämpenemistä kuin eristetyt johtimet. Jos käytetään eristeisiä maadoitusjohtimia, niin ne oltava kelta-vihreitä johtimia.



Kuva 2. Muuntamon maadoituskisko ja maadoitusjohtimet

6 Sähköverkon rakenne keskijännitemuuntamossa

6.1 Suojaus

Muuntamoissa pyritään kattavaan ja selektiiviseen suojaukseen. Suojaukseen käytetään pääsääntöisesti relesuojaukseen oikosulun, maasulun, ylikuormituksen, vaihekatkosten sekä yli- ja alijännitesuojaukseen.

Nykyään suojaukseen käytetään kennoterminaalia, joka on yhdistetty toisiokojepaketti, joka sisältää suojaus-, mittaus- ja ohjaustoiminnot. Sitä käytetään säteistäitten jake-lusähköverkkojen johtolähtöjen suojaukseen. Kuvassa 3 ja 4 on erään valmistajan joh-donsuojaterminaali.

6.1.1 Oikosulkusuojaus

Relesuojauksen toiminta-aika on riippuvainen kahdesta "periaatteen" suojaustavasta, "nopea" ja "hidas" periaate. Ero näiden peruseriaatteiden välillä on toiminta-ajassa ja toimintaportaiden lukumäärässä. Oikosulkusuojauksen on oltava toimintanopeudeltaan soveltuva sovellukseen ja suojattavaan komponenttiin. Selektiivisyydellä taataan, että lähinnä vikaa oleva suoja toimii ja vikaantunut verkonosa erotetaan muusta sähköjärjestelmästä. Toimintaherkkydeltään suojauksen on oltava tarpeeksi tarkka, jotta kaikki vikatilanteet voidaan havaita verkossa. Oikosulkusuojauksessa käytetään mm. hetkitäisylivirtareleitä.

6.1.2 Maasulkusuojaus

Suojauksen on oltava tarpeeksi selektiivinen ja tarkka, jotta kaikki maasulut voidaan havaita verkossa. Toimintanopeuden suojauksessa on oltava sovellukseen ja suojattavaan kohteeseen riittävän nopea tai hidas. Suojausta valittaessa on myös tiedettävä verkon tyyppi esim. onko kyseessä maasta erotettu verkko, kompensoitu verkko, suoraan maadoitettu verkko jne. Maasulkusuojauksessa käytetään yleensä suunnattuja ja/tai suuntaamattomia maasulkureleitä.

6.1.3 Ylikuormitus

Myös ylikuormitussuojauksen on tärkeää havaita verkossa onko kyseessä koko verkon vai yksittäisen laitteen ylikuormitus tai vikaantuminen. Suojauksella voidaan välttää isompi vika verkossa, jos ylikuormitus havaitaan ajoissa. Ylikuormitussuojaukseen käytetään vakioaika- tai käänteisaika-ylivirtareleitä ja termisiä suoja.

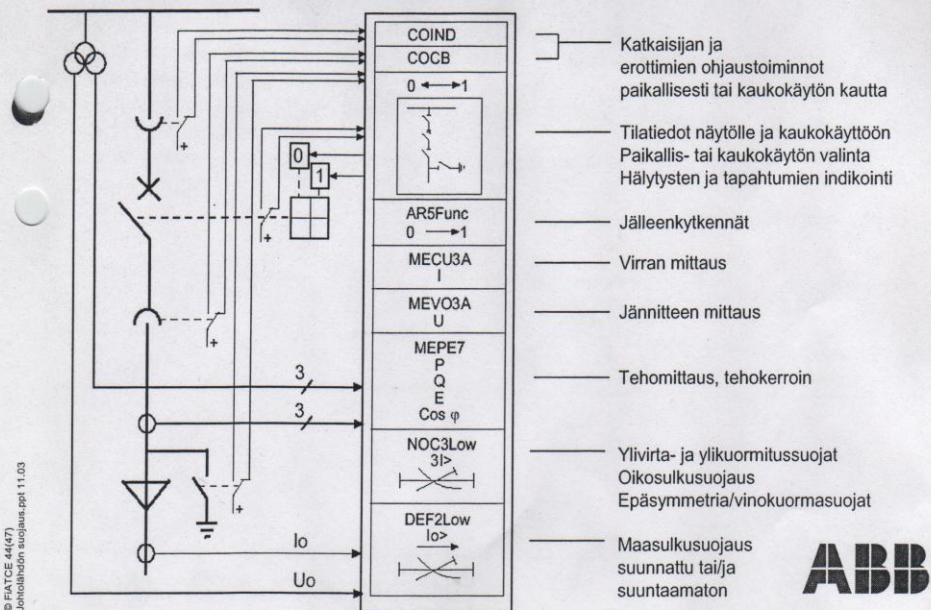
6.1.4 Vaihekatkos

Vaihekatkoksen syynä voi olla esim. johtimen katkeaminen, sulakkeen palaminen, kuormituksen kasvaminen yhdessä vaiheessa, maasulku yhdessä vaiheessa tai erottimen/katkaisijan vajaanapainen kytkeytyminen. Vaihekatkosten aiheuttamat vauriot ovat yleensä johtojen mekaaniset vauriot, termiset rasitukset esimerkiksi moottoreille tai verkon mahdolliset resonanssit ja ylijännitteet. Vaihekatkokkien suojaukseen käytetään epäsymmetriarelaita ja/tai vaihekatkossuojareilaita.

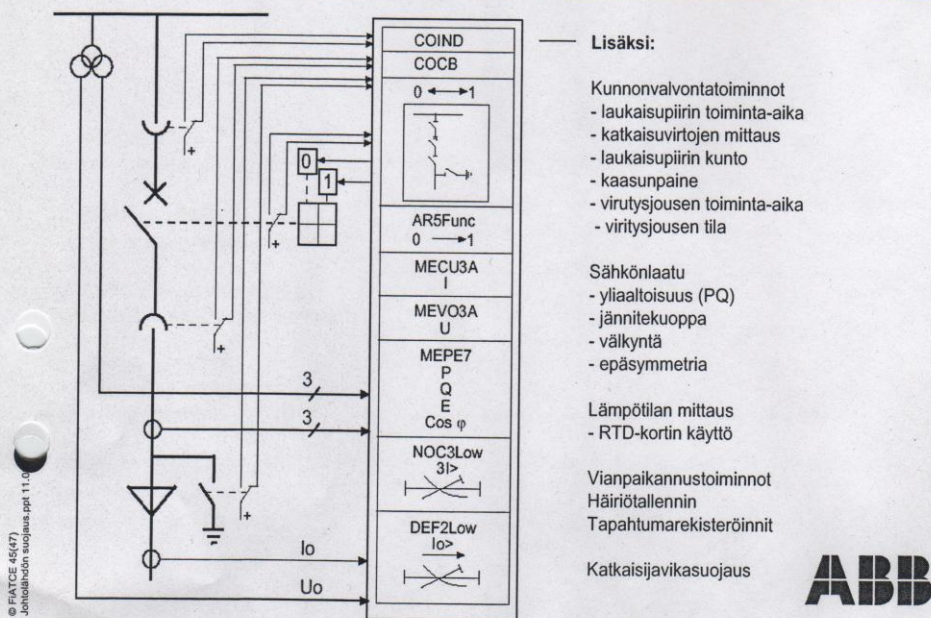


Kuva 3. Pääkatkaisija, jossa myös johdonsuojaterminaali

Johdonsuojaterminaali



Johdonsuojaterminaali



Kuva 4. ABB:n johdonsuojaterminaali

6.2 Keskijännitekojeistot

Rakennukseen sijoitettujen muuntamoiden kojeistoina käytetään tehdasvalmisteisia teräslevykoteloituja keskijännitekojeistoja (Kuva 5). Kojestot ovat valokaarioikosulku-koestettuja ja varustettu standardin SFS 6002 mukaisilla työskentelysuojuksilla ja työmaadoitusvälineillä. Kojestot muodostuvat kennoista.



Kuva 5. Keskijännitekojeistokennosto

6.2.1 Kaapeliksenno

Kaapeliksennoissa on oltava seuraavat laitteet:

- ❖ kuormaerotin (mahdollisesti varustettuna maadoituserottimella)
- ❖ kaapelipääte, jonka tyyppi määräytyy kaapelin mukaan
- ❖ joustava kiskoliitos kuormaerottimen ja kaapelin välissä. Tämä ei ole tarpeen, mikäli käytetään letku- tai teippipäätteitä
- ❖ tila mahdollisille verkkoyhtiön oikosulkuilmaisimille
- ❖ työmaadoitusvälinettä varten maadoituskiinnikkeet pääkaavion mukaisesti kiskostossa
- ❖ pitimet työskentelysuojalle

Kaapeliksennoon on voitava tehdä kaapelipäätteet, vaikka kokoojakiskot ja viereiset ksennot ovat jännitteisiä.

6.2.2 Katkaisijaksenno

Kun muuntajan teho on yli 1000 kVA tai käytetään useampaa jakelumuuntajaa, suositellaan muuntajasuojaksi katkaisijaa. Katkaisijaa ohjaavat nykyisin virtamuuntajia energialähteinään käyttävät toisioreleet. Katkaisijan asetteluarvot antaa yleensä laitteiston haltija suunnittelijan ohjeiden mukaan.

Katkaisijaksennot (Kuva 6.) sisältävät seuraavat laitteet:

- ❖ katkaisija
- ❖ erotin katkaisijan erottamiseksi kiskostosta
- ❖ työmaadoitusvälinettä varten maadoituskiinnikkeet
- ❖ pitimet työskentelysuojukselle



Kuva 6. SF₆ katkaisija ja erotin

6.2.3 Varokeuormanerotinkkenno

Yhden muuntajan oikosulkusuojana voidaan katkaisijan sijaan käyttää varokeuormanerotinta.

Varokeuormanerotinkennossa (Kuva 7.) on oltava seuraavat laitteet:

- ❖ varokeuormanerotin, joka suositellaan asennettavaksi siten, että sulakkeet voidaan helposti vaihtaa sulakkeiden vaihtopihdin avulla hoitokäytävältä käsin
- ❖ työmaadoitusvälinettä varten maadoituskiinnikkeet pääkaavion mukaisesti
- ❖ pitimet työskentelysuojukselle



Kuva 7. Varokeuormanerotinkkenno ja suurjännitesulakkeet paikoillaan



Kuva 8. Suurjännitesulakkeen arvokilpi

6.2.4 Muuntajakenno

Kosketussuojatun muuntajan voi sijoittaa vapaasti muuntamotilaan ilman suojaseinä-rakennetta.

Kosketussuojaamattomalle muuntajalle asennetaan suojaksi levy- tai verkkorakenteiset vähintään 2300 mm korkeat suojaseinät (standardi SFS 6001 7.1.2.2).

Muuntajakennossa on oltava riittävä ilmankierto. Levykenossa saa olla verkkoa veräjän alareunassa, kunhan etäisyys jännitteisiin osiin on riittävä. Rakennukseen sijoitettavan muuntajan alla on suositeltavaa käyttää painon mukaan mitoitettua vaimenninta runkoäänien syntymisen estämiseksi, taajuus 100 Hz. Mikäli käytetään vaimenninta, niin liitokset kiskoihin on tällöin tehtävä joustaviksi. Muuntajan suojaukseen yleensä käy-

tään suurjännitesulakkeita (kuva 8). Muuntajan arvokilpi on yleensä sijoitettava siten, että se on luettavissa suoraan muuntajan edestä (Kuva 9).

Jos muuntaja sijoitetaan betonialustalle, niin on varmistettava, että muuntajan kansi on vaakasuorassa ja muuntajan paino pohjapalkkien tai tassujen varassa.

Riittävän ilmankierron varmistamiseksi on säiliön seinän tai jäähdytysradiaattoreiden ja muuntajatilän lähimmän suojaseinän välissä oltava vähintään 100 mm vapaata ilmatilaa.



Kuva 9. Muuntajan arvokilpi

7 Mittaukset, tarkastukset ja koestukset

7.1 Käyttöönottotarkastus

Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastus, jossa riittävässä laajuudessa selvitetään, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslain tarkoitettua varaa tai haittaa. Tilaajan tekemä vastaanottotarkastus ei korvaa käyttöönottotarkastusta.

Käyttöönottotarkastuksesta laaditaan tarkastuspöytäkirja, joka luovutetaan sähkölaitteistonhaltijan käyttöön. Tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä, tarkastusten ja testausten tulokset sekä tarkastuksen tekijän/tekijöiden nimet ja allekirjoitukset.

Käyttöönottotarkastus tehdään aina ennen sähkölaitteiston/verkkostonosan käyttöönottoa. Käyttöönottotarkastuksen tarkoituksena on varmistaa, että rakennettu uusi verkoston osa täyttää sille asetetut vaatimukset. Käyttöönottotarkastuksessa on erityisesti kiinnitettävä huomiota ylivirta- ja maasulkusuojiin sekä niiden apusähköjärjestelmien toiminnan luotettavuuteen.

Jakeluverkkoston muuntamon tai kytkemön tarkastamiseksi on olemassa oma lomake, verkostosuosituksen TA 3:98, jota voidaan käyttää käyttöönottomittauksessa.

7.2 Varmennustarkastus

Sähköturvallisuuden varmistamiseksi sähkölaitteistolle on käyttöönottotarkastuksen lisäksi tehtävä varmennustarkastus, kun kyseessä on luokan 1 - 3 sähkölaitteisto. Varmennustarkastus on tehtävä, ennen kuin sähkölaitteisto otetaan varsinaiseen käyttötarkoitukseen. Edellä mainitusta poiketen voidaan varmennustarkastus myös tehdä 1 - 2 luokan sähkölaitteistolle kolmen kuukauden kuluessa käyttöönotosta ja verkonhaltijan kalenterivuoden aikana rakennetuille sähköverkoille seuraavan kalenterivuoden kuluessa.

Varmennustarkastuksessa on riittävässä laajuudessa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistettava, että sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuudelle asetetun tason ja sähkölaitteistolle on tehty asianmukainen käyttöönottotarkastus.

Varmennustarkastuksen voi tehdä valtuutettu laitos tai lukuun ottamatta luokan 3a sähkölaitteistoa myös valtuutettu tarkastaja tai sen voi korvata sähkölaitteiston rakentaneen tai rakentamisesta vastanneen sellaisen sähköurakoitsijan varmennuksella, jolla on tähän oikeus.

Varmennustarkastuksesta ja sitä korvaavasta sähköurakoitsijan varmennuksesta on laadittava laitteiston haltijan käyttöön tarkastustodistus, josta ilmenevät kohteen yksilöintitiedot, tarkastusmenetelmät ja selvitys säännösten ja määräysten mukaisuudesta, lisäksi tarkastuksen tekijä/tekijät allekirjoittavat todistuksen.

7.3 Koekäytöt

Tehdasvalmisteisista (joita suositellaan käytettäväksi) suurjännitelaitteistosta tulee koekäytöistä ja testeistä olla valmistajan mittaus- ja tarkastuspöytäkirjat, joiden tulee täyttää vaadittavat standardit, kuten EN 60298, IEC 60466, EN 60517 ja EN 60694.

Paikalla rakennetulle suurjännitelaitteistolle joudutaan tekemään sähköturvallisuusmääräysten mukaiset koekäyttö-, testaus- ja mittauskokeet ja niistä on tehtävä tarvittavat ilmoitukset valvontaviranomaisille ja saatava hyväksyntä laitteiston käyttöönotolle ja niiden tulee täyttää edellä mainitut standardit.

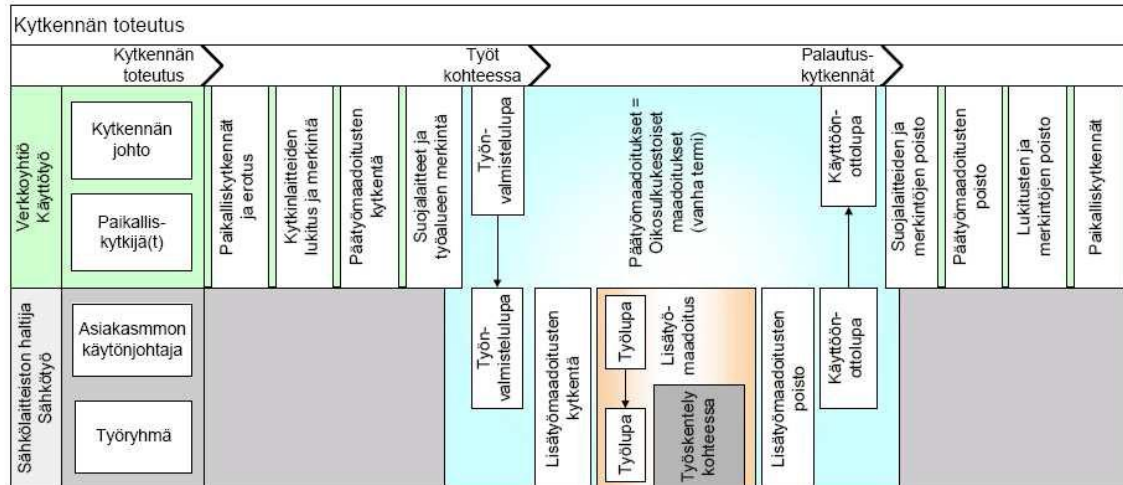
7.4 Vastaanottotarkastus

Laitteiston vastaanottavalle haltijalle tai haltijan määräämälle rakennusvalvojalle tai käytönjohtajalle luovutetaan kaikki sähkölaitteistoa koskevat tarkastus-, mittaus- ja muut pöytäkirjat, joissa varmennetaan, että laitteisto on turvallinen käyttää ja laitteiston tilat täyttävät määräykset. Lisäksi luovutetaan ajan tasalla olevat vaadittavat piirustukset luovutuskokouksessa.

8 Kytkentäohjelma

8.1 Kytkentäprosessi

Kuvassa 10 on kaavio kytkentäprosessin kulusta.



Kuva 10. Kaavio kytkentäprosessista

8.1.1 Kytkennän tilaus

Asiakasmuuntamon käyttöjohtajan tulee ottaa yhteyttä verkkoyhtiöön riittävän ajoissa ennen kytkentätöitä, jotta keskeytysilmoitukset ja kytkennän suunnittelu voidaan hoitaa hallitusti. Tilauksessa käytetään kunkin verkkoyhtiön laatimaa kytkentä-/keskeytystilaus lomaketta, joita saa yleensä ko. verkkoyhtiön yhteystiedoista.

Tilauksesta tulee selvittää seuraavat asiat:

- ❖ kytkentäajankohta (päivämäärä, kuukausi, vuosi sekä alkamis- ja päättymiskel-lonaika)
- ❖ mitä muuntamoaa kytkentä koskee
- ❖ tehtävän kuvaus
- ❖ muut huomioitavat asiat, esim. käyttöönoton porrastus, koestus, releasetukset

- ❖ käytävissä olevien työmaadoitusvälineiden lukumäärä
- ❖ yhteystiedot käytönjohtajasta, käytönjohtajan nimeämästä paikalliskytkijästä, työaikaisen sähköturvallisuuden valvojasta

8.1.2 Kytkennän suunnittelu

Kirjallinen kytkentäohjelma tehdään kaikista keskeytyksistä ja kytkennöistä (ei häiriö- ja hätäkytkennät). Verkkoyhtiö sovittaa kytkennän ajankohdan huomioiden muut kytkennät, kuormitusilanteen, kytkentäjärjestyksen, keskeytyksen laajuuden ja asiakashaitan.

Kytkenän suunnittelussa huomioidaan kytkennän laajuus ja määritellään päämaadoitusten sijoituspaikat. Verkkoyhtiö tarkistaa ja hyväksyy kytkentäohjelman viimeistään vuorokautta ennen toteutusta.

8.1.3 Keskeytyksen ilmoitukset

Verkkoyhtiö vastaa muille asiakkailleen aiheutuvat ilmoitukset jakelukeskeytyksestä kolme arkipäivää ennen katkosta.

Asiakasmuuntamon keskeytysilmoituksesta, palo- ja murtohälytysten irtikytkenästä ja muista katkoksesta aiheutuvista haitoista omassa kiinteistössä vastaa muuntamon käytönjohtaja.

8.1.4 Kytkennän toteutus

Kytkenänjohtajana on aina verkkoyhtiön käyttökeskus, joka johtaa kytkentää ennalta laaditun kytkentäohjelman mukaisesti. Aktiivisella kommunikoinnilla osapuolten välillä varmistetaan, että ollaan tekemässä oikeaa kytkentää.

Paikalliskytkijä tarkastaa kytkinlaitteen kunnon silmämääräisesti mahdollisten riskien eliminoimiseksi. Hän tekee paikalliskytkennät kytkennänjohtajan käskystä sekä varmistaa, että erottimet toimivat kolminapaisesti.

Paikalliskytkijä varmistaa, että erotuskohdissa on riittävä ilmaväli, vastaava eristys tai erotuslaitteissa on oltava luotettava mekaaninen asennonosoitus tai niiden luotettava toiminta on oltava todettavissa muuten.

Käyttöjännitteen pääsyä työalueelle on estettävä riittävin lukitsemistoimenpitein. Erotuskohta tai ohjauselin on lisäksi varustettava tarkoituksenmukaisella kieltokilvellä, jossa kielletään kytkemästä jännitettä työskentelyn aikana.

8.1.5 Kytkenän johto ja toteutus

Asiakasmuuntamossa verkkoyhtiön kytkentöjen vastuualue rajautuu syöttökenttien erottimiin. Kytkentävastuu pääkytkinlaitteella ja siitä eteenpäin on aina sähkölaitteiston haltijalla (muuntamon käytönjohtajalla).

Työn tapahtuessa yksinomaan pääkatkaisijan jälkeisessä osassa, kohteen käytöstä vastaava henkilö (muuntamon käytönjohtaja) huolehtii tarpeellisista kytkennöistä, päätyö- ja lisätyömaadoituksista ja kaikista muista turvallisuustoimenpiteistä, kuten takajännitteiden estämisestä (varavoimakone, pj-pääkytkin), työalueen merkitsemisestä sekä varoituslappujen ja varoituskylttien asettamisesta (Kuva 11).



Kuva 11. Varoituskylttien asettelu muuntamossa

8.2 Päätyömaadoitus

Verkkoyhtiö tekee syöttökenttien päätyömaadoitukset koko asiakasmuuntamoaa koske-
vissa keskeytyksissä. Asiakasmuuntamon päätyömaadoitusten riittävästä lukumäärästä
ja oikosulkukestoisuudesta vastaa kohteen käytönjohtaja.

Riittävä päätyömaadoitus on työmaadoitusväline, jonka oikosulkukestoisuus on vähin-
tään 10 kA ja poikkipinta vähintään 50 mm² kuparia.

Työmaadoitusten tekijän on aina varmistettava maadoitettavien osien jännitteettömyys
ennen työmaadoitusta (Kuva 12) .



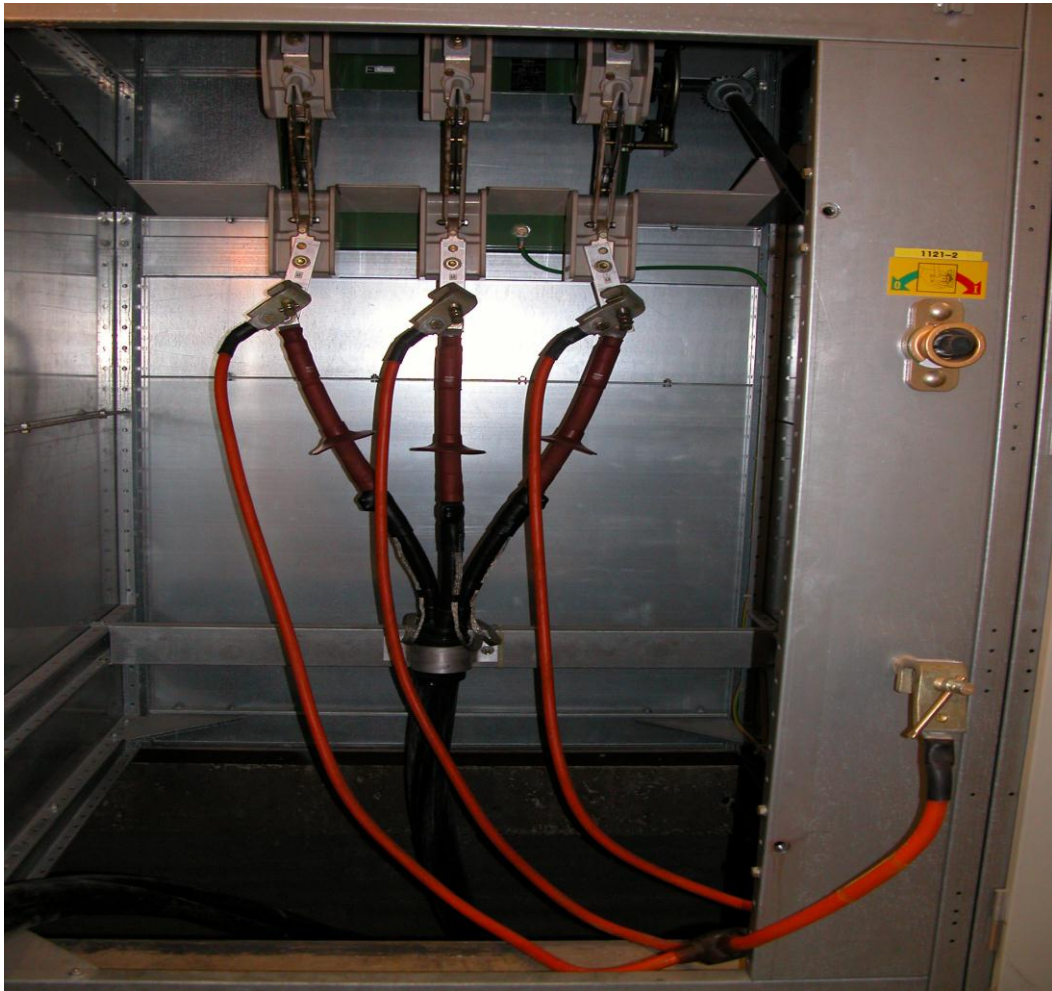
Kuva 12. Suurjännitteen mittaus

Käyttöjännitteen pääsy työkohteeseen estetään kaikilta mahdollisilta syöttösuunnilta
yhdistämällä virtapiirin kaikki vaiheet maahan ja toisiinsa maadoituserottimella tai siir-
rettävällä työmaadoitusvälineellä (Kuva 13).

Työmaadoituslaitteet kytketään ensin maadoituspisteeseen ja sen jälkeen maadoitetta-
viin osiin, poistettaessa vastakkaisessa järjestyksessä.



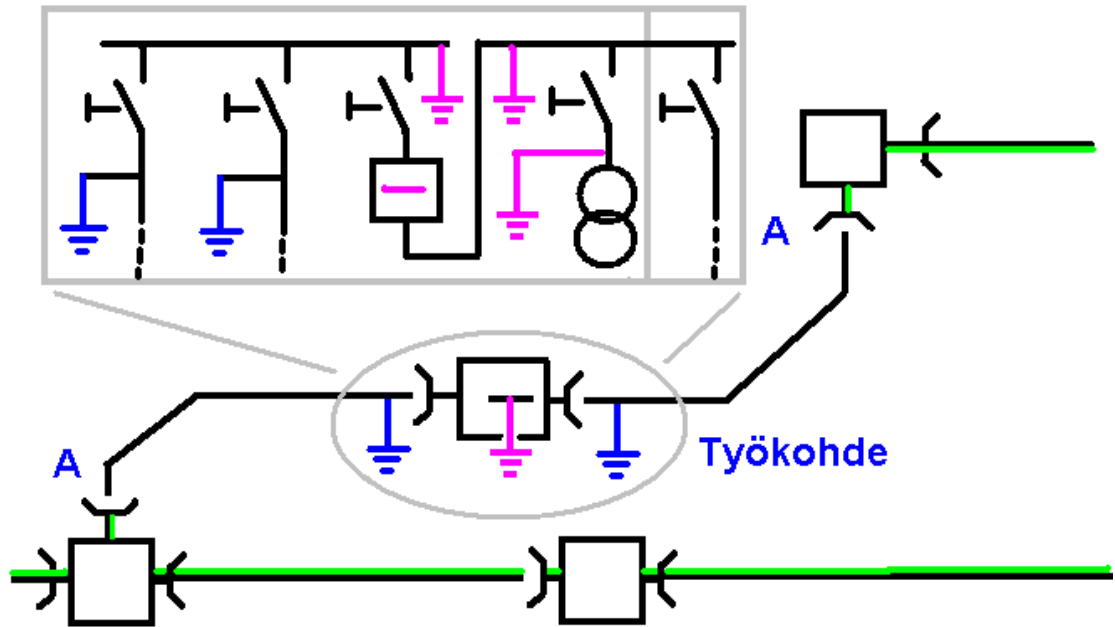
Kuva 13. Siirrettävä työmaadoitusväline



Kuva 14. Työmaadoitus asennettuna

Työmaadoituslaitteiden (Kuva 14.) pitää olla aina kun mahdollista nähtävissä työpisteestä. Muulloin työmaadoitus pitää asentaa niin lähelle työkohdetta kuin kohtuudella on mahdollista.

Työalue merkitään aina, kun työalueella on sähkön aiheuttamaa vaaraa. Merkintöjen ylläpidosta vastaa työkohteen sähkötyöturvallisuuden valvoja



Kuva 15. Liittymiskentöjen ja muuntamon päätyömaadoitus

Liittymiskentöjen päätyömaadoituksista vastaa verkkoyhtiö (Kuva 15. siniset maadoitusmerkit) ja muista muuntamon päätyömaadoituksista vastaa aina kohteen käytönjohtaja (Kuva 15. lilanväriset maadoitusmerkit).

8.3 Työnvalmistelulupa

Verkkoyhtiön kytkennänjohtaja antaa työryhmälle työnvalmisteluluvan. Luvan yhteydessä kerrotaan erotuskohdat ja päätyömaadoitusten sijainti. Työnvalmistelulupa on vasta lupa ryhtyä työtä valmisteleviin lisäturvallisuustoimenpiteisiin.

Työryhmä vastaa lisätyömaadoitusten ja työkonemaadoitusten suunnittelusta, kytkemisestä, valvonnasta ja poistamisesta. Lisätyömaadoitusjohtimen poikkipinta-alan pitää olla vähintään 16 mm² kuparia tai termisen rajavirran-arvo vähintään 3,2 kA (1 s).

8.4 Työlupa

Työstä vastaava tai hänen valtuuttamansa henkilö antaa varsinaisen luvan työn aloittamiseen sen jälkeen, kun työnvalmistelulupa on saatu kytkennänjohtajalta ja työtä valmistelevat turvallisuustoimenpiteet on tehty vasta tällöin varsinainen työ voi alkaa.

Ennen työn aloittamista tai työn jatkamista keskeytymisen jälkeen, tulee työryhmän todeta työkohteen jännitteettömyys uudestaan. Työmaadoituksen ollessa työkohteessa näkyvissä toteamista ei vaadita.

8.5 Käyttöönottolupa

Ennen käyttövalmiusilmoitusta pitää ilmoituksen antajan ja valvovien työryhmien tehdä tarvittavat tarkastukset. Heidän tulee poistaa lisätyömaadoituksensa ja poistua jännitteiseksi kytkettävistä kohteista.

Lisätyömaadoitusten poiston jälkeen pitää työkohteeseen suhtautua kuten jännitteeseen laitososaan.

Uuden tai uusitun muuntamon käyttöönotto tai olennaisen osan vaihtotyö edellyttää aina hyväksytyä käyttöönottopöytäkirjaa, jonka urakoitsija esittää rakennuttajalle tai verkkoyhtiön edustajalle. Käyttöönottolupa annetaan verkkoyhtiön edustajalle tai kytkennänjohtajalle.

8.6 Palautuskytkennät

Palautuskytkentöjen tarkoituksena on palauttaa verkon tilanne töiden jälkeen ennakoitavaksi. Palautuskytkennät voidaan aloittaa vasta, kun kytkennänjohtaja on saanut käyttöönottoluvat kaikilta työalueeseen liittyviltä verkkoyhtiön omilta työryhmiltä ja sähkölaitteistojen kytkennänjohtajilta. Palautuskytkennät toteutetaan ennalta laaditun kytkentäohjelman mukaisesti, jonka toteutusta johtaa aina kytkennänjohtaja.

9 Dokumentointi

9.1 Piirustukset

Joka asennuksesta on oltava yleiskaaviot, jotka on laadittava soveltuvien standardisarjojen SFS-EN 61082, SFS-EN 61346 ja SFS-EN 60617 mukaisesti.

Asennusten dokumentoinnin on katettava soveltuvin osin seuraavat osat, joista toimitajan ja käyttäjän on sovittava keskenään dokumentoinnin laajuudesta:

- ❖ asennuspiirustukset
- ❖ maadoitusjärjestelmä
- ❖ rakennustyöt
- ❖ rakenteet
- ❖ kytkentäkaaviot
- ❖ johdotuskaaviot ja taulukot
- ❖ kaapelointijärjestelmä
- ❖ rakentamisen, käyttöönoton, käytön ja kunnossapidon ohjekäsikirjat
- ❖ varaosalistat
- ❖ toimintakaaviot
- ❖ suojauskaaviot
- ❖ sertifikaatit esim. päälaitteiden tehdastestausten pöytäkirjat
- ❖ työkalut
- ❖ apujärjestelmät esim. palontorjuntalaitteet jne.
- ❖ testauspöytäkirjat
- ❖ kierrätys- ja romutusohjeet

- ❖ käyttöönottotarkastuspöytäkirjat
- ❖ huolto- ja kunnossapito-ohjelmat
- ❖ 20kV jakelukaavio
- ❖ muuntamon pääkaavio
- ❖ 20/0.4 kV:n pääjakelukaavio
- ❖ maadoituskaavio

10 Rakennukseen sijoitetut muuntamot

10.1 Määritykset

Rakennukseen sijoitettu muuntamo on yleisnimitys muuntamoille, jotka sijoitetaan asuin-, liike- tai teollisuusrakennuksiin tehtäviin erityisiin muuntamotiloihin. Muuntamotilat ovat yleensä kiinteistön omistuksessa ja jakeluverkkoyhtiö vuokraa ne käyttöönsä erikseen sovittavalla tavalla (kertakorvauksella, vuokrausmenettelyllä). Muuntamotilojen rakentamisesta ja vuokraamisesta laaditaan erityinen muuntamotilaussopimus, jossa määritellään tilan rakentaminen, vuokraus ja käyttäminen.

Rakennukseen sijoitetut muuntamot jaetaan kahteen ryhmään, verkonhaltijan ja sähkökäyttäjän muuntamot.

Verkonhaltijan muuntamo on jakeluverkkoyhtiön omistama muuntamo, jossa ei ole mittausa, ja se voi lisäksi sisältää mm. katuvalaistuksen ohjauslaitteistoja. Muuntamo on myös usein keskijännitemaakaapeliverkon jakopiste.

Sähkökäyttäjän muuntamo on keskijänniteasiakkaan omistama muuntamo, jonka laitteisto sisältää mm. energianmittauksen. Seuraavassa keskitytään lähinnä tähän muuntamoryhmään. Näitä muuntamoita koskevat standardit SFS 6000, SFS 6001, SFS 6002 ja jakeluverkkoyhtiöiden määräykset ja suositukset.

10.2 Muuntamotilan sijoittaminen

Rakennukseen sijoitetun muuntamon rakentamisen pohjana on muuntamoa varten laadittu pääkaavio, jossa on suunniteltu muuntamon vaatima keskijännitekytkentä, muuntajan koko ja pienjänniteliittymä, tai jos muuntamon yhteydessä on pienjännitekeskus, niin sen rakenne. Tilan sijoittaminen kiinteistöön on tehtävä siten, että muuntamon rakentaminen ja hoitaminen voi tapahtua esteettömästi. Lisäksi on otettava huomioon rakennus- ja paloteknilliset vaatimukset.

10.3 Muuntamon tilantarve

Muuntamon tilantarve riippuu käytettävistä kojeistoista ja muuntajista. Eri eristeaineista koostuvilla kojeistolla on erilainen tilantarve.

Keskijännitekojeistoina käytetään yleensä tehdasvalmisteisia kojeistoja, jotka toimitetaan joko kennoittain valmiiksi asennettuina tai koko keskijännitekojeisto valmiiksi asennettuna.

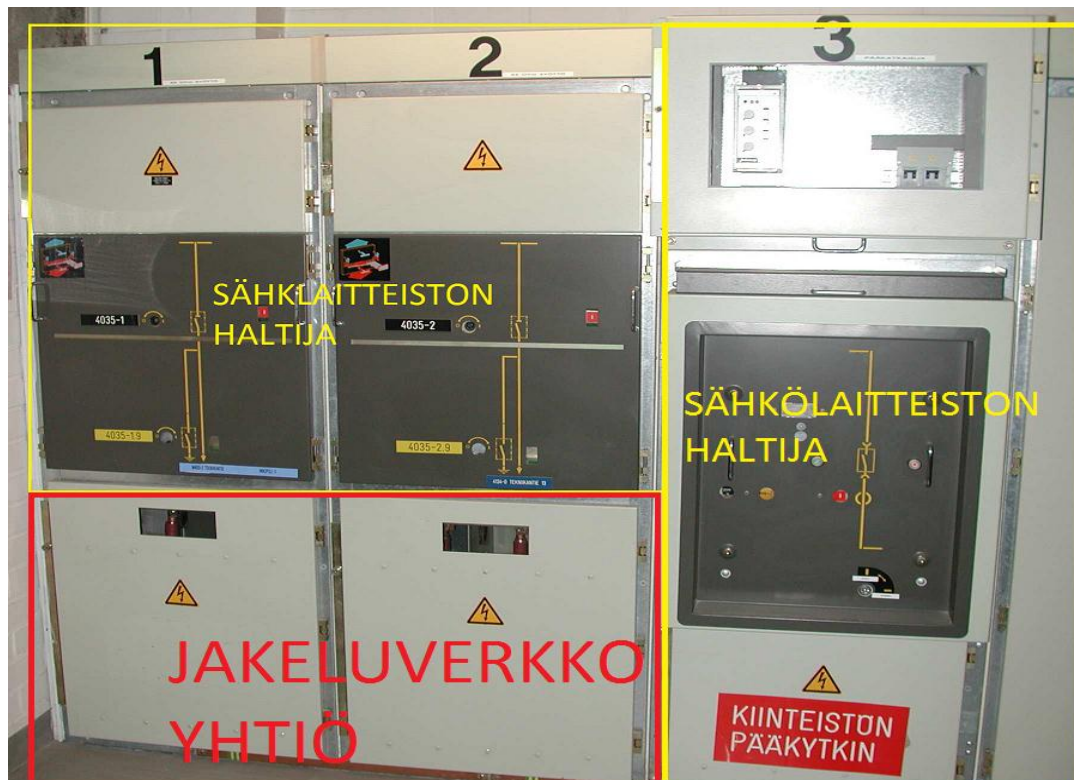
Tilan mitoituksessa on myös otettava huomioon seuraavat seikat, jotka eivät johdu kojeistotyypeistä (SFS 6001):

- ❖ keskijännite- ja pienjännitekaapelien reitin ulkoseinästä kojeistolle tulee olla mahdollisimman lyhyt ja suora
- ❖ kaapeliputkituksessa taivutussäde 2500 mm
- ❖ kaapeli vapaasti ilmassa tai kennossa taivutussäde 1200 mm
- ❖ kaapelinvaiheet erillisinä 800 mm
- ❖ hoitotilan vapaan leveyden on oltava vähintään 800 mm leveä
- ❖ käytävän leveys ei saa olla pienempi silloinkaan, kun laite työntyy käytävälle (kiinteästi asennetut ohjaimet tai erotusasennossa olevat kojeiston vaunut)
- ❖ koteloitujen asennusten (yhtenäiset seinät, ei käsiteltäviä osia) takana olevien rakentamiseen tarkoitettujen käytävien leveydeksi riittää 500 mm
- ❖ jos tilan hoitokäytävän pituus ylittää 10 m, niin ovien tai muu poistumahdollisuuden on oltava käytävän molemmissa päissä

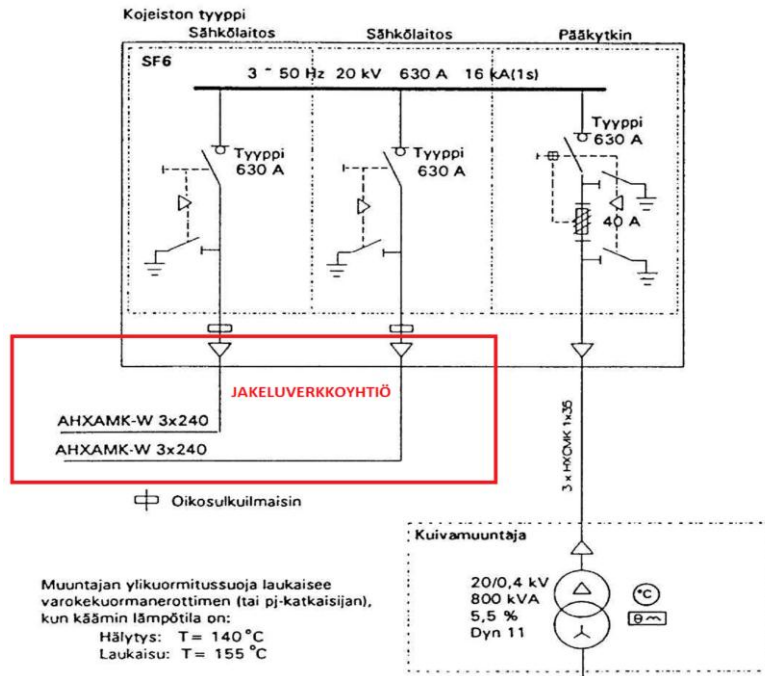
10.4 Hallintarajat

Jakeluverkkoyhtiö vastaa mittamuuntajien hankinnasta, urakoitsija vastaa niiden asennuksesta. Mittamuuntajien huolto- ja kunnossapitovastuu riippuu jakeluverkonhaltijan suosituksista.

Asiakas muuntamossa sähkölaitteiston haltija omistaa kojeiston myös liittymiskennot. Jakeluverkkoyhtiö liittyy syöttökaapeleilla asiakkaan omistamaan kojeistoon liittymiskennojen kaapelipääteliittimiin, jotka ovat myös usein omistusrajana (Kuvat 16 ja 17).



Kuva 16. Esimerkki sähkölaitteiston hallintarajasta



Kuva 17. Esimerkki sähkölaitteiston hallintaraja pääkaavio

10.5 Käyttöoikeudet sähkölaitteistossa

Muuntamoissa jakeluverkkoyhtiö merkitsee omat käyttöoikeuskennonsa (Kuva 18).



Kuva 18. Esimerkki käyttöoikeusrajasta

10.6 Asiaksmuuntamon lukitus ja kulkureitti

Muuntamoiden ovien tulee avautua ulospäin, ja ne tulee saada auki ilman avainta sisäpuolelta. Ovien vapaan korkeuden on oltava vähintään 2.0 m ja vapaan leveyden vähintään 0.75 m. Oviin asennetaan kiinteät verkonhaltian muuntamosarjan lukkopesät, jotka toimivat avaimilla, sekä ne varustetaan ovenvetimillä sekä sisä- että ulkopuolelta.

Oven ulkopuolelle sijoitetaan standardin mukainen hengenvaarasta kertova kyltti (Kuva 19), sekä verkonhaltian käytännön mukainen muuntamon tunnuskilpi, josta käy ilmi muuntamon numerotunnus, muuntamon nimi tai molemmat (Kuva 20).



Kuva 19.



Kuva 20.

KytKentätoimenpiteiden ajaksi on ovi voitava lukita auki asentoon. Pariovien niin sanottu "vasikkaovi", joka yleensä pidetään suljettuna, varustetaan pikasalvalla.

10.7 Muuntamotilan valaistus ja ilmanvaihto

10.7.1 Muuntamon valaistus

Muuntamoiden sisä- ja ulkoalueet, joilla on tarpeen liikkua, varustetaan sopivalla valaistuksella normaalia käyttöä varten. Muuntamon sisätiloihin asennettavat valaisimet tulee sijoittaa siten, että vaihtoa tai uusimista tarvitsevien valaistuksen osien huollon tai korjauksen yhteydessä voidaan säilyttää turvallinen työskentelyetäisyys suurjännitteisiin osiin.

10.7.2 Muuntamon ilmanvaihto

Sisäilma on tehtävä riittäväksi lämmityksellä, ilmastoinnilla ja jäähdytyksellä tai toteutettava sopivalla rakennesuunnittelulla. Muuntajilla suositellaan käytettäväksi luonnollista ilmanvaihtoa. Muuntamoissa, joissa on kuormitushuippu kesällä tai se on jatkuvasti suuri, on tarpeen käyttää koneellista ilmanvaihtoa, ja niiden toimintaa suositellaan automaattisesti valvottavaksi.

Ilmanvaihtolaitteet tulee sijoittaa siten, että ne voidaan turvallisesti huoltaa muuntamon ollessa jännitteinen. Lisäksi on huomioitava, että ilmanvaihtokanavien tulisi olla mahdollisimman lyhyitä ja ohjautua suoraan ulos, eikä niiden ulkona sijaitsevien aukkojen välittömässä läheisyydessä ole palavia rakenteita. Ilmanvaihtokanavien ulkoilman puoleisessa päässä tulee olla vahva kiinteä säleikkö tai metalliverkko, jonka silmäkoko enintään 20 mm ja rakenteen oltava sellainen, ettei sitä kautta voi työntää esineitä vaarallisesti muuntamoon.

11 Muuntamoiden kunnossapito ja huolto

11.1 Määräaikaistarkastukset

Käytössä olevalle sähkölaitteistolle on tehtävä määräaikaistarkastus luokan 2 sähkölaitteistolle kymmenen vuoden välein, joka määräytyy sähkölaitteiston käyttöönottoajankohdasta tai edellisestä määräaikaistarkastuksesta. Määräaikaistarkastuksen voi tehdä valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja muille kuin kohdan 3a sähkölaitteistoille. Määräaikaistarkastuksesta laaditaan tarkastuspöytäkirja, jossa on yksilöitävä tarkastusta koskevat tiedot ja havaitut turvallisuuteen liittyvät puutteet. Tarkastuksen tekijä/tekijät allekirjoittavat ja toimittavat pöytäkirjan haltijan käyttöön.

Määräaikaistarkastuksessa tulee riittävässä laajuudessa varmistua siitä, että sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet, sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä ja sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat.

11.2 Asiakasmuuntamon huolto- ja kunnossapitovastuu

Verkkoyhtiö ei huolla asiakasmuuntamoita, ellei huollosta ole tehty erillistä sopimusta huoltotöiden osalta. Verkkoyhtiön velvollisuus on informoida muuntamon käytönjohtajaa havaitsemistaan kunto- tai turvallisuuspuutteista ja kehottaa korjaamaan viat ja puutteet sekä tarvittaessa ilmoittaa asiasta Tukesille. Käytönjohtajan on hyvä ilmoittaa verkkoyhtiölle, kun havaitut viat tai puutteet on korjattu.

Asiakasmuuntamoiden huolto- ja kunnossapitovastuu on sähkölaitteiston haltijalla. Huollon voi tehdä haltija itse, jos hänellä on tarvittavat oikeudet ja työhön soveltuvat mitta- ja työntekolaitteisto. Huoltotyöstä voi myös tehdä ulkopuolisen yrityksen kanssa huolto- ja kunnossapitosopimuksen.

11.3 Muuntamon tarkastusohje

Muuntamoiden tarkastusohjeet ovat verkkoyhtiökohtaisia ja seuraavat ovat siksi yleispäteviä ohjeita.

Verkkoyhtiö tarkastaa oman toimintansa kannalta keskeiset asiat:

- ❖ kulkureitti
- ❖ merkinnät (erotin ja osoite)
- ❖ kilvet (kiinteät ja siirrettävät)
- ❖ erottamiseen ja maadoitukseen liittyvien välineiden ja paikkojen olemassaolo
- ❖ muu työturvallisuus: esim. kosketussuojaus ja yleinen puhtaus
- ❖ verkkoyhtiön omaisuus, kaapelipääte ja kaapeli
- ❖ jotkut verkkoyhtiöt myös lämpökuvaavat hallinnassaan olevat kennot

11.4 Huoltosuunnitelman sisältö

Huoltosuunnitelma voi sisältää seuraavat asiat, joista tehdään asianmukainen dokumentointi.

11.4.1 Kohdesuunnitelma

Kohdesuunnitelma sisältää seuraavat dokumentit

- ❖ mahdollinen työtilaus
- ❖ piirustuslomake
- ❖ työselitys
- ❖ työturvallisuuslomake
- ❖ lähestymiskartta maksimi koko A4 1:20 000 (opaskartta)
- ❖ muuntamon kulkureittikaavio

- ❖ keskijännite- ja pienjännite- jakeluverkkokartta
- ❖ keskijännite- ja pienjännite-kaaviot
- ❖ mahdolliset valokuvat, jotka kohdentavat haluttua asiaa esim. korjauksia
- ❖ muuntamon kuntotietoraportti
- ❖ muuntamontarkastuspöytäkirja, johon kirjataan kohteeseen jääneet myöhemmin korjattavat viat

11.4.2 Huollon toimenpiteet

Huoltoon sisältyvät puisto- ja kiinteistömuuntamoiden jännitteettömänä tehtävä sähkölaitteiston ja tilojen imurointi, liuotinpuhdistus ja huolto. Huoltoon lisäksi sisällytetään laitevalmistajien ja -toimittajien käyttö- ja huolto-ohjeiden määrittelemiä toimenpiteitä, mikäli ohjeet saatavilla.

Tarkastusraportissa mainitut puutteet korjataan huollon yhteydessä. Vaihtoehtoisesti kohde tarkastetaan ja huolletaan samalla. Tällöin läpikäytävät asiat ovat esityksessä mainittuja kohtia hieman tarkemmat ja laajemmat.

Puhdistus ja huolto sisältää keskijännite-erottimet, -päätteet, -tukieristimet, -kiskostot ja -yhdistykset (jompit), muuntajakoneet, pienjännitekeskuksen ja -kaapelit sekä itse muuntamon tilan mukaan lukien kaapelikellarin tai -kanavat, samoin ilmastoinnin ja muiden suodattimien vaihdon.

11.4.3 Laitekohtaisen huollon toimenpiteet

Erottimissa puhdistetaan ja voidellaan kosketinpinnat ja nivelet sekä tarkistetaan liitokset kojeista ja kiskostoista niiden kireydestä valmistajien antamien momenttien mukaan. Tarkastetaan erottimien ja ohjaimien telinerautojen kiinnitykset sekä koestetaan toiminnat. SF6-kojeistosta tarkastetaan kaasunpaine.

Jos huollon yhteydessä joudutaan korjaamaan erotinta, niin siihen mahdollisesti kuuluvat tarvittaessa seuraavat toimenpiteet:

- ❖ erotinelementin tai sen osan vaihto
- ❖ nivelen vaihto
- ❖ ohjaimen vaihto

Mikäli joudutaan vaihtamaan koko erotinlaite, se edellyttää normaalia huoltotyötä pidempää keskeytystä sähkön jakelussa tämän muuntamon osalta.

Muuntajan (ilmaeristeisen tai SF6) kuormaerottimelle tulee suorittaa kolminapaisen laukaisumekanismiin toimivuuden koestus, johon käytetään erottimelle soveltuvaa koestussulaketta. Koestuksen jälkeen on tärkeää suurjännitesulakkeen takaisinlaiton yhteydessä varmistua sulakkeen asennuksesta oikeinpäin. Muuntajan tarkastuksessa on varmistettava keski- ja pienjännitepuolen liitosten kireys oikeaan momenttiin, liitosten suoruus sekä kosketussuojien kunto ja kiinnitykset, suoritetaan myös mahdolliset muuntajien öljynmäärien ja -vuotojen tarkastukset.

Pienjännitekeskuksesta tarkastetaan liitosten kireys, kosketussuojat (vialliset korjataan), katkaisijan asetteluarvot sekä tarvittaessa säätö, jos asetteluarvot on annettu, sekä varmistetaan kiinnitykset.

Maadoituksista tarkastetaan niiden rakenne, liitosten kireydet, maadoitusjohtimien kunto sekä tunnuksat.

Muuntamoiden omakäyttöosassa tehdään tarkastukset valaistuksen osalta ja tarvittaessa vaihdetaan rikkoutuneet lamput. Tarkastetaan pistorasiat ja niiden turvalaitteiden toiminta (vikavirtasuojajytkimen toiminnan testaus). Uusitaan tarvittaessa varoituskilvet ovissa, irralliset varoituskyltit, kojeiden ja kaapeleiden tunnuksat ja osoitetiedot. Rasvataan ovien saranat ja lukot, uusitaan vialliset riippulukot sekä tarkastetaan muuntamon tekniset tiedot.

Huollosta tehdään dokumentointi, johon korjataan muutokset teknisiin tietoihin, tehdään huoltomerkintä sekä kuntotietojen päivitys. Huoltotiedot tallennetaan verkkoyhtiön mahdolliseen verkkotietojärjestelmään ja siellä kunnonhallintasovellukseen. Lisäksi dokumentit säilytetään haltijan ja huoltotyön suorittajan toimesta sähköisessä tai paperimuodossa. Tiedot on oltava esitettävissä ulkopuoliselle tarkastajalle, esim. valtuutetulle tarkastajalle tai Tukesille.

11.4.4 Muuntamon saneeraus

Muuntamon saneeraus tulee kyseeseen, kun kojeisto ei täytä turvallisuusvaatimuksia tai sen toimivuudesta ei voida olla varmoja tai mahdollinen kojeistovaurio aiheuttaa pitkän sähkönjakelun keskeytyksen asiakkaalle. Saneerauspäätökseen vaikuttaa seuraava tarkastelujärjestys:

1. henkilöturvallisuus
2. omaisuusturvallisuus
3. taloudellisuus

12 Rakennukseen sijoitetun muuntamon varusteet

12.1 Työmaadoituslaitteet

Nykyisin kun keskijännitekojeistot on varustettu maadoituskytkimillä ja jännitteen ilmaisimilla, ei muuta varustusta työmaadoittamiseen tarvita. Sellaisissa muuntamoissa, joissa ei edellä mainittuja laitteita ole, tarvitaan sopivia ja oikosulkuvirran mukaan mitoitettuja siirrettäviä työmaadoitusvälineitä (Kuva 21). Niissä tarvitaan myös sopivia jännitteenkoettimia (Kuva 21), joilla varmistetaan jännitteettömyys työmaadoitettavassa kohteessa.



Kuva 21. Rakennukseen sijoitetun muuntamon hoitotarvikkeita

12.2 Muut varusteet

Jos muuntamossa joudutaan käyttämään silmukavipuohjauksella olevia erottimia, palautettavia ensiörelaitteita, oikosulkuilmajaisjoita tai muita viritettäviä laitteita, on kuhunkin tehtävään oltava sopiva työväline ja ohjaussauva.

Muuntamon varusteisiin kuuluvat myös seuraavat asiat

- ❖ muuntamon pääkaavio
- ❖ muuntamon maadoituskaavio
- ❖ muuntamon tunnus (numero tai osoite)

- ❖ hätänumero
- ❖ ensiapuohjeet
- ❖ suurjännitesulakkeen vaihtokahva
- ❖ ohjausvääntimet
- ❖ valtioneuvoston päätöksen 976/1994 mukaisesti standardissa SFS 6002 mainittuja standardin SFS-ISO 3864 mukaisia turvallisuuskilpiä

13 Yhteenveto

Sairaalakiinteistöt ovat varsin haastavia kohteita sähkönjakelun kannalta. Niissä vaaditaan mahdollisimman vähän jakeluhäiriöitä sekä vakaata jännitetasoa. Jakeluverkkoyhtiön kannalta tämä tuo haasteellisuutta jakeluverkon suunnitteluun ja vaatii kiinteistön muuntamolta toimintavarmuutta ja häiriöttömyyttä. Muuntamon suurjännitelaitteisto tulee valita mahdollisimman laadukkaista laitteista sekä toteuttaa kattava huoltosuunnitelma. Muuntamon käytönjohtajan ammatti- ja organisointitaito onkin avainasemassa muuntamon toimintavarmuuden saattamiseksi korkealle tasolle.

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli selventää, mitä vaiheita muuntamon rakentamisvaiheessa sekä käyttöönotossa tarvitaan ja miten sähkötyöturvallisuuteen tulee suhtautua vakavasti ennen käyttöönottoa ja käyttöönoton jälkeen, lisäksi tarkasteltavana oli, miten toimitaan verkkoyhtiön kanssa kytkentätöiden yhteydessä. Työssä käsiteltiin muuntamoa kokonaisuutena eikä yksittäisten suurjännitelaitteistojen rakenteisiin tai asetteluarvoihin paneuduttu syvällisesti, koska releiden asettelut ovat pääsääntöisesti riippuvaisia kiinteistön kulutuksesta.

Työn haasteellisuutta lisäsi työn rajaaminen, ettei se laajenisi liikaa. Lisäksi ongelmana oli aineiston suuri määrä, josta tarvittavien tietojen hakeminen ja kokoaminen oli työlästä. Työstä piti jättää vähemmän tärkeitä asioita pois, jotta työ pysyisi koossa.

Työhön saatiin koottua tarvittava sisältö halutuista asioista ja sisältö saatiin sellaiseksi, kuin oli tavoitteena. Työ antoi tärkeää tietoa siitä, miten tärkeää toimintavarmuus on sähkönjakelussa, varsinkin tärkeissä kohteissa. Lisäksi huomattiin hyvän yhteistyön merkitys eri toimijoiden kanssa sähkötyöturvallisuuden kannalta.

Lähtöleveysuudessa suurimmat muutokset, ovat verkkoyhtiöiden jakeluyhteyksien siirtäminen ilmalinjoista maakaapeleihin, varsinkin tärkeiden asiakkaiden muuntamoiden syötöissä. Nykyään esiintyneet ilmastolliset muutokset ovat ajaneet verkkojakeluyhtiöt panostamaan parempaan sähkötoimitusvarmuuteen.

Lähteet

- [1] Fortum Espoo Distribution Oy. 1098 syöttösuunnan vaihto, malliohjelma Jorvin sairaala 9.9.2008.
- [2] Fortum Espoo Distribution Oy. Keskijänniteverkko Jorvin sairaala 02.09.2008.
- [3] Hus-kiinteistö Oy. Jorvin sairaalan ja Peijaksen sairaalan sisäinen dokumentointi 2006–2010.
- [4] Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 5.2.1996/516.
- [5] Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517.
- [6] Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta 17.12.1999/1193.
- [7] Monni Markku. Jakelumuuntamotyöt, Sähköasematyöt. 2003 Adato Energia Oy 4. uudistettu painos.
- [8] Monni Markku ja. Sähköverkkoasennukset. 2005 Adato Energia Oy 6. kokonaan uusittu painos.
- [9] Projektiesimies Tarmo Virénin valokuva-arkisto 2006–2010.
- [10] Suomen Standardoimisliitto SFS standardi SFS 6000 2007.05.28 2. painos.
- [11] Suomen Standardoimisliitto SFS standardi SFS 6001+A1 Suurjännitesähköasennukset 2005.08.15 2. painos.
- [12] Suomen Standardoimisliitto SFS standardi SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus 2005.06.22 2. painos.
- [13] Sähköturvallisuusasetus 28.6.1996/498.

- [14] Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410.
- [15] Vedenjuoksu Timo, ABB Oy, Sähkönjakeluautomaatiomuistio. ABB Oy-tuotteet, suojaustekniikka ppt.11.03.
- [16] Vantaan Energia Oy. Asiakasmuuntamoiden käytönjohtajanpäivän luento materiaali 2006.
- [17] Treufelt Ülo, Tallinnan Teknologian Yliopiston sähkövoimatekniikan laitos. Luentomateriaali Metropolian sähkövoimatekniikan luennosta 2009.

Turva- ja varoituskilvet

**Sähkö-
pääkeskus**

**Suurjännite-
kaapeli**



**Takajännitettä
muista
syöttöpisteistä**



**Älä kytke,
epäkunnossa
Ei käytössä**



**Varo
vaarallinen
jännite**



**Älä kytke
Maadoitettu**



Jännitteinen



Suurjännite



Hengenvaara



Sähkökeskuksen edessä olevaa aluetta ei saa käyttää varastopaikkana



Keskusjännitteinen



Sulakkeet poistettu



Keskuksessa vieras ohjausjännite



Varo vierasta ohjausjännitettä

**Ohjauvirran
turvakytkin**

Mittarikeskus



**Varo
rinnakkais-
syöttöä**



Kaapeli



**Pääsy
kielletty**



**Johtimiin ja
kojeisiin ei saa
koskea**



**Suur-
jännite-
kaapeli**



**Purkautumaton
kondensaattori on
hengenvaarallinen**



Pääkatkaisija

Talopakamo

Sähkömittarit

Jakoraja





Hätäkatkaisin

Turvavalo

**Ohjauksvirran
turvakytkin**

Turvakytkin



**Sähkötila
Pääsy asiattomilta
kielletty**



**Sulakkeita ei saa
vaihtaa ennen kuin
pääkytkin on
avattu**

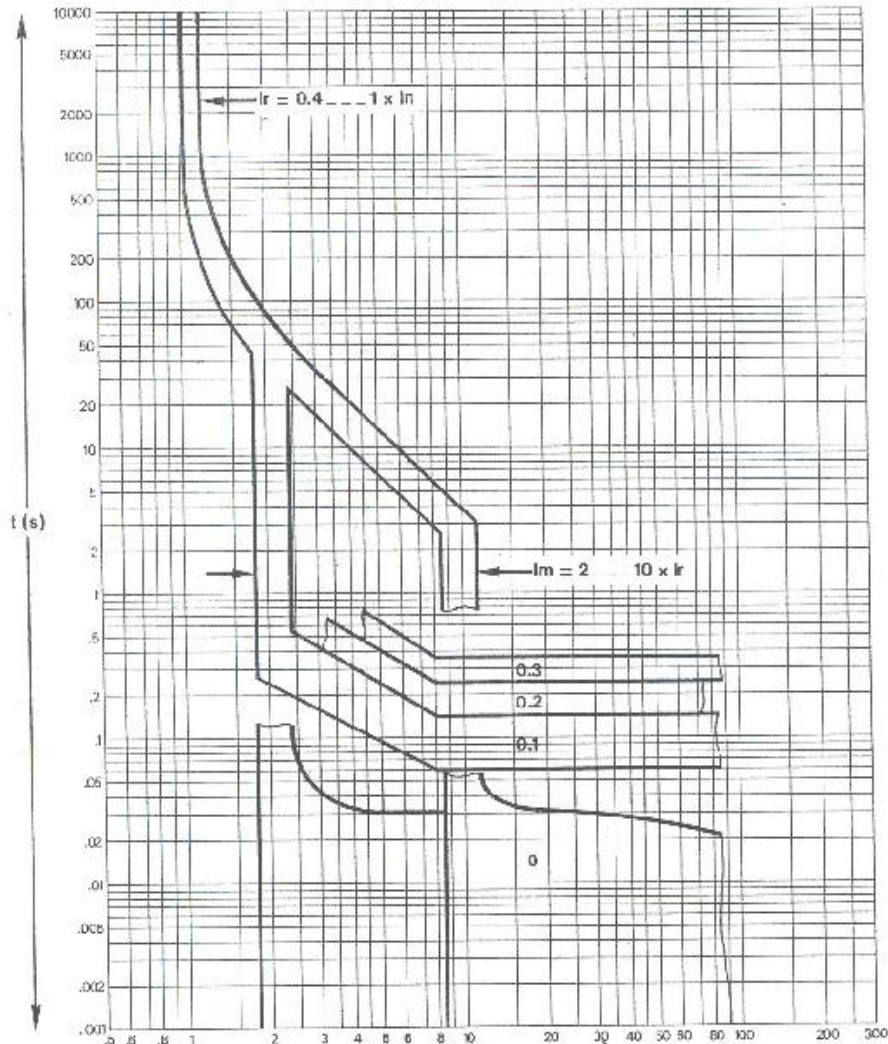
Katkaisijan laukaisukäyrä Jorvin sairaala

Laukaisukäyrät

$I_r = 1280$ A
 $T_{rr} = 6400$ A
 $t_{cr} = 0,1$ s

KATKAISIJAN $I_n = 1600$ A
ASETELMI: $I_n = 6400$ A
 $t_{cr} = 0,1$ s

Masterp.e.e M.1607
ST 3185 Q12
KATKAISIJAN VIRTAMUUNTAJAT
 1600 A / 100mA



TESTAUS:	
$x I_r$	SYÖTETTY VIRTA / LAUKAISUAIKA
$I_n = \text{---} A / \text{---} mA$	$I_n = 1600 A / 1600 mA$
$1,5 \times I_r = 1280 A / 120 mA$	$1,5 \times I_r = 120 mA \rightarrow 97,57 s$
$I_{cr} = 6400 A / 400 mA$	$I_{cr} = 400 mA \rightarrow 0,45 s$
$I_n + 15\% \text{ TOLERANSSI}$	$I_n + 15\% = \text{---} mA \rightarrow \text{---} s$
$= \text{---} A / \text{---} mA$	

I_n = nimellivirta-alue (TC)
 I_r = pölkkelaukaisuvirta
 I_{cr} = lyhytaikaislataus: 0 - 0,1 - 0,2 - 0,3 -
laukaisuvirta-alue

Selektiivisyystarkasteluraporttiesimerkki

Muuntaja M1

PKM1 (20,7kA/19,6kA)

- suurjännitesulake (CEF 40A) ja pääkatkaisija PKM1-Q09 ei selektiivisiä kun $I_k = 6 \dots 8 \text{ kA}$ ($t = 4 \dots 30 \text{ s}$).
- Mahdollinen pääkeskuksessa tapahtuvassa 1-vaihe oikosulussa, kun $R_k > 0$.
- Ei voida korjata nykyisellä katkaisijalla.

VPKM1 (20,7kA/19,6kA)

- pääkatkaisija PKM1-Q09 ja lohkokatkaisija PKM2-Q12 ei selektiivisiä kun $I_k > 8 \text{ kA}$ ($t = 0,025 \dots 0,1 \text{ s}$).
- Mahdollisessa kiskosto-oikosulussa.
- Ei voida korjata nykyisillä katkaisijoilla.

VRG. NK.P1.1.1 (13,2kA/4,4kA)

- lohkokatkaisija PKM1-Q12 ja syöttökatkaisija VPKM1-14 eivät ole selektiivisiä kun $I_k = 1,8 \dots 3,5 \text{ kA}$ ($t = 25 \dots 60 \text{ s}$).
- Mahdollisessa 1-vaiheoikosulussa, kun $R_k > 0$.
- Ei voida korjata nykyisillä katkaisijoilla.

VRG. P1.1.1 (9,2kA/4,4kA)

- katkaisijat PKM1-Q12 ja VPKM1-Q14 ei selektiivisiä kun $I_k = 1,8 \dots 3,5 \text{ kA}$ ($t = 25 \dots 60 \text{ s}$).
- Mahdollisessa 1-vaiheoikosulussa, kun $R_k > 0$.
- Ei voida korjata nykyisillä katkaisijoilla.
- katkaisijat VPKM1-Q14 ja sulake 400A ei selektiivisiä kun $I_k < 1,1 \text{ kA}$ ($t = 120 \dots 1200 \text{ s}$) tai $I_k = 3,5 \dots 8 \text{ kA}$ ($t = 0,025 \dots 0,6 \text{ s}$).
- Mahdollinen 1- tai 3-vaiheoikosulussa, kun $R_k > 0$.

Muuntaja M2

M2 syöttö (18kA)

- 20kV kojeiston pääkatkaisija ja muuntaja sulake (63A) eivät ole selektiivisiä kun $I_k(20 \text{ kV}) = 350 \text{--} 500 \text{ A}$.
- mahdollinen muuntajan vikatapauksessa, kun $R_k \gg 0$
- Ei voida korjata.

I. K2.K.2 (11,8kA/4,4kA)

- katkaisija PKM2-Q5 ja sulake NK. K2.K.2-F2 (-F3 ja -F7) eivät ole selektiivisiä, kun $I_k=4\dots4,5\text{kA}$.
- PKM2-Q5 pikalaukaisu nostetaan 6 kA:iin.
- NK. K2.K.2 pääkatkaisijan asettelut (960A/9,6kA) ja tyyppi tarkistettava (laukaisut pitäisi poistaa käytöstä).

R. K2.1.1 (14,5kA/6,2kA)

- kuten edellinen

H. K2.U.1

- kuten edellinen

R. K3.1.1 (10,8kA/4,3kA)

- katkaisija PKM2-Q2 ja sulake NK. K2.K.3-F3 eivät ole selektiivisiä kun $I_k=4\dots6,5\text{kA}$.
- Sulakkeen koko tarkistettava (200 vai 315A)
- PKM2-Q2 pikalaukaisu nostetaan 6kA (tai 6,5 kA jos $F=315\text{A}$)
- NK. K2. K3 pääkatkaisijan asettelut (600A/6kA) ja tyyppi tarkistettava (laukaisut pitäisi poistaa käytöstä).

H. K3U.1 (10,8kA/6,3kA)

- kuten edellinen

H. K1.U.1 (6,6kA/2,0kA)

- katkaisija PKM2-Q3 ja sulake NK. K2.K.1-F6 eivät ole selektiivisiä kun $I_k=4\dots4,5\text{kA}$.
- PKM2-Q3 pikalaukaisu nostetaan 6 kA:iin.
- NK. K2. K1 pääkatkaisijan asettelut (600A/6kA) ja tyyppi tarkistettava (laukaisut pitäisi poistaa käytöstä).

Muuntaja M3**R. P1.2.3 (10kA/4,3kA)**

- katkaisija PKM3-Q15 ja sulake NK. P1.K.1-F13 eivät ole selektiivisiä kun $I_k=3,5\dots4,5\text{kA}$
- PKM3-Q15 pikalaukaisu nostetaan 5 kA:iin.

R. P2.2.2 (10,2kA/4,5kA)

- katkaisija PKM3-Q16 ja sulake NK. P2.K.1-F13 eivät ole selektiivisiä kun $I_k=3,5\dots4,5\text{kA}$
- PKM3-Q16 pikalaukaisu nostetaan 5 kA:iin.

NK. T1.1.2 (17,0kA/13,1kA)

- katkaisija PKM3-Q3 ja PKM3-Q6 eivät ole selektiivisiä kun $I_k<5\text{kA}$
- tilanne mahdollinen vain NK:n lähdöissä, jolloin sulakesuojaus toimii nopeammin.
- PKM3-Q3 terminen asettelu nostetaan 1250A:iin (muuntajan nimellisvirran mukaan)

- katkaisija PKM3-Q6 ja NK. T1.1.2-Q1 eivät ole selektiivisiä kun $I_k > 5 \text{ kA}$.
- Ei voida korjata.

R. O2.1.1 (10,0kA/4,4kA)

- katkaisija PKM3-Q06 ja sulake NK. T1.1.2-F18 eivät ole selektiivisiä kun $I_k = 5 \dots 6 \text{ kA}$
- PKM3-Q6 pikalaukaisu nostetaan 6,5 kA:iin.
- katkaisija NK. T1.1.2-Q1 ja sulake NK. T1.1.2-F18 eivät ole selektiivisiä kun $I_k = 4 \text{ kA}$.
- NK. T1.1.2-Q1 pikalaukaisu nostetaan 5 kA:iin

Muuntaja M4

Verkko selektiivinen

Muuntaja M6

PKM6 (20,7kA/19,6kA)

- suurjännitesulake (CEF 40A) ja pääkatkaisija PKM1-Q14 ei selektiivisiä kun $I_k = 6 \dots 8 \text{ kA}$ ($t = 4 \dots 30 \text{ s}$).
- Mahdollinen pääkeskuksessa tapahtuvassa 1-vaihe oikosulussa, kun $R_k > 0$.
- Ei voida korjata nykyisellä katkaisijalla.

VNK. T3.1.1 (14kA/7,5kA)

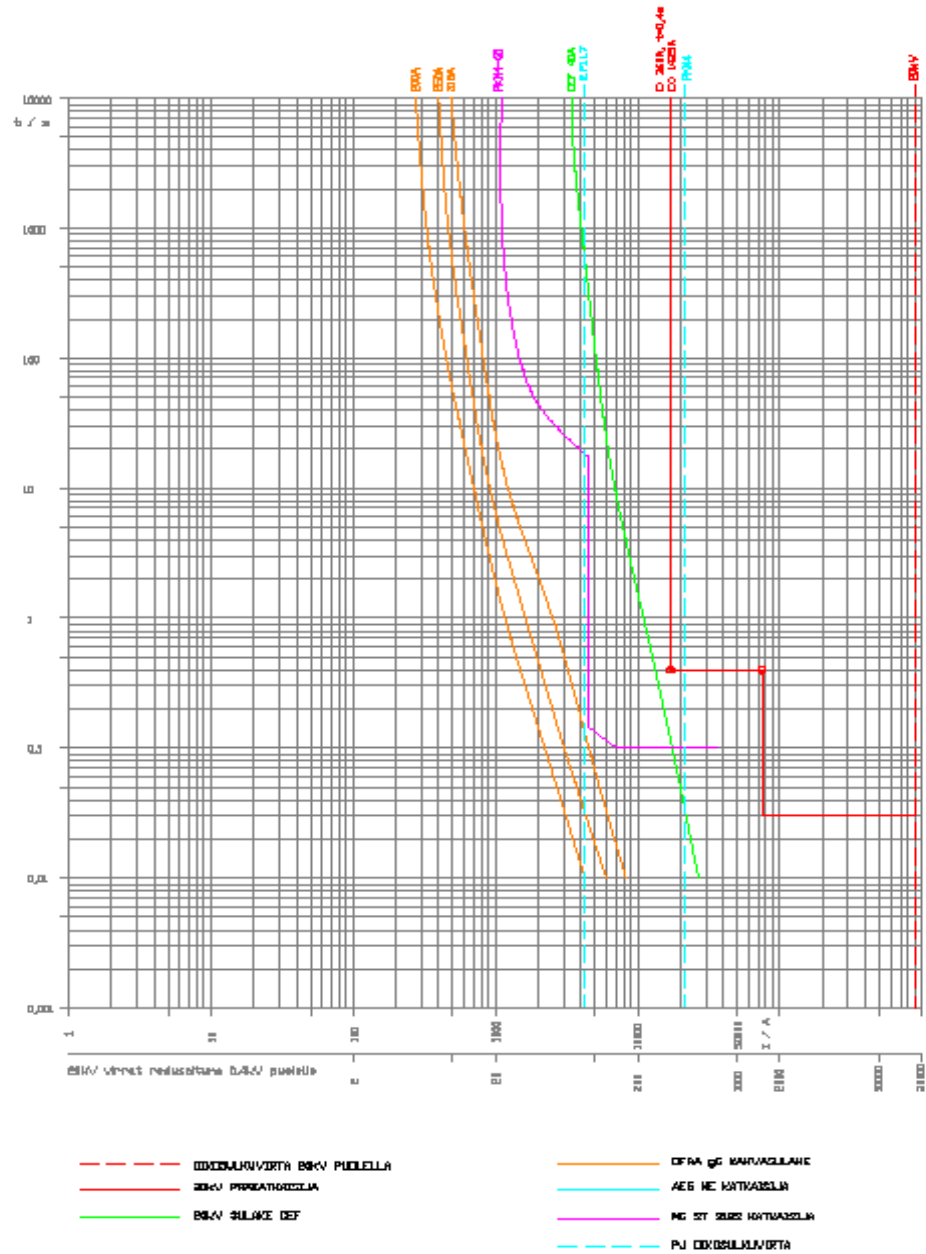
- katkaisijat PKM6-Q14, PKM6-Q17 ja VNK. T3.1.1-Q2 eivät ole selektiivisiä kun $I_k > 5,5 \text{ kA}$ ($t = 30 \dots 200 \text{ ms}$)
- Mahdollinen VNK:n kiskosto-oikosulussa
- Ei voida korjata nykyisellä katkaisijalla.
- katkaisijat PKM6-Q17 ja VNK. T3.1.1-Q2 eivät ole selektiivisiä kun $I_k = 700 \dots 800 \text{ A}$ ($t > 200 \text{ s}$)
- Mahdollinen ainoastaan VNK:n lähdössä tapahtuvassa oikosulussa kun $R \gg 0$, jolloin lähtösulake toimii nopeammin.
- katkaisijan VNK. T3.1.1-Q2 termistä asettelua voidaan nostaa 1000A:iin.
- VNK:n katkaisijoiden tyypit ja asetukset tarkistettava

VARAVOIMA

VPK. VSS.S.1

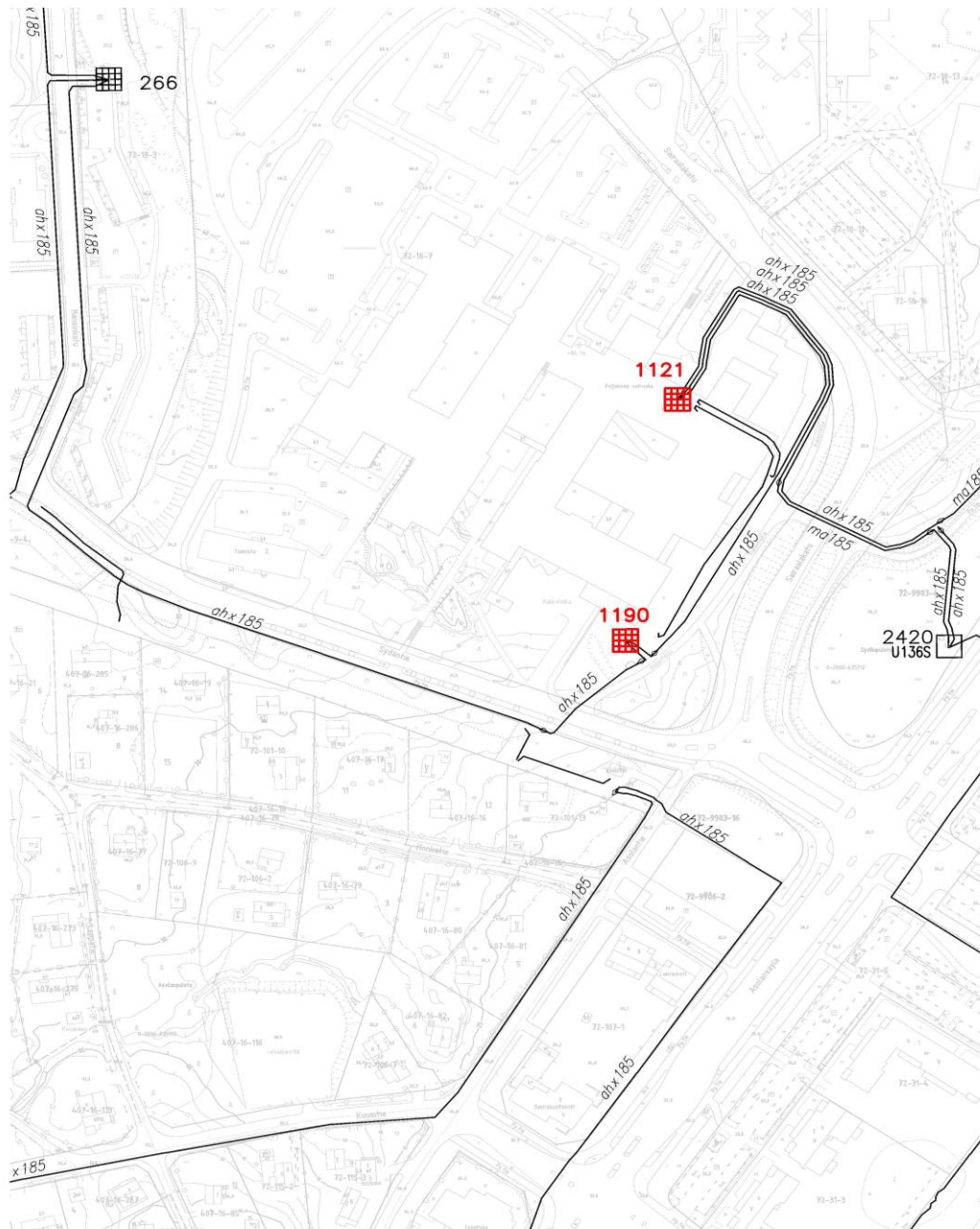
- varavoimakoneiden tiedot tarkistettava (tyyppikilvet)
- katkaisijoiden tyypit ja asetukset tarkistettava
 - VPK. VSS.S.1-A2
 - PKM2-Q19
 - VNK. T3.1.1-Q1

2 Selektiivisyys käyrästä korjauksen jälkeen

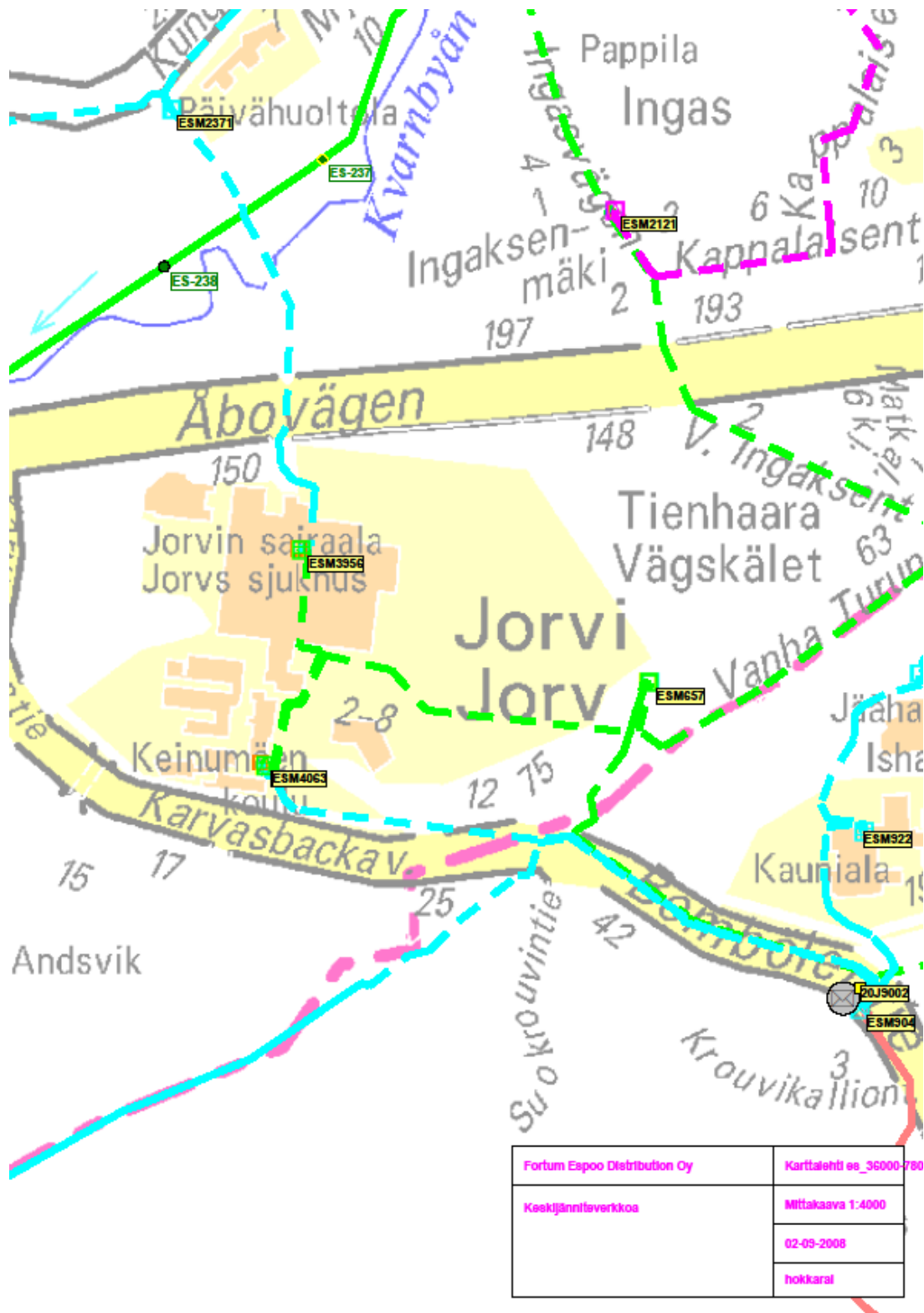


PKM4

Jakeluverkon rakenne Peijaksen sairaala



Jakeluverkon rakenne Jorvin sairaala



Muuntamon huolto ja kunnossapito pöytäkirja esimerkki

MUUNTAMON HUOLTO JA KUNNOSSAPITO 18.01.2006	
MUUNTAMON NO:	M 1121
MUUNTAMON LIITYNTÄ	M 266 Hansinkatu 1
	M 2420 Sairaalakatu
	M 2508 Ulrikankuja Ilmajohdo
KOHDE JA HALTIJA	HUS, Peijaksen sairaala
	Sairaalakatu 1. 01400 VANTAA
	Puh. 4711
KÄYTÖNJOHTAJA	Kalevi Käyhkö
REKISTERITIEDOT	29.01.2003 TUKES Puh. 61671
LAITTEISTON TUNNUS	TUKES 7322
SÄHKÖLAITOS	Vantaan Energia Puh. 8290343
	Hätänumero: 822054 keskus. 82901 Pekka nyman 050-555 29 75
JÄNNITE JA TEHO	20kV/400V ja 2x2x1000kVA
SIJAINTI	T1 ja T2 A 0020
	T3 ja T4 K 1101
MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS	Luokka 2C
TARKASTAJA	
	vikanumero 010-800250 (1)
TARKASTETTAVAT ASIAT	
Ovien lukitus/avaimet	
Työmaadoituskaapelit 2kpl/Eristyssauva	
Jännitteenkoetin	
Suurjännitesulakkeen vaihtopihti	
Suojalevyt 2 kpl	
Katkaisijan ja Erottimen kahvat	
Varasulakkeet	
Suojakypäriä vitriinillä	
Varoituskilvet	
Hätänumerotaulu	
Muuntamon pääkaavio	
Muuntamon maadoituskaavio	
Nousujohtokaavio	
KytKentäohjelma	
Relekoestus HP 150 kenno 4	
L1 HE11837 -39	
L2 -53	
L3 -49	
Varoke-erotinkoestus kenno 6/T1	
	kenno 7/T2
	kenno 8/T3
	kenno 9/T4
	kenno 10
	kenno 10 yhteys M-osan muuntamoon
T1 ja T2 lämpötilantark.	
T3 ja T4 lämpötilantark.	
Ilmastoinnin lämpötila tila A0020	
Tuloilma suodattimet	
Ilmastoinnin lämpötila tila K1101	
Tuloilma suodattimet	
Hälytyspistekoestus eril.taulukko	
Yleinen siisteys	
Huom! Avain PK-keskukseen ja muuntamoon sijaitsee valvomossa	

