

Terho Pylkkänen

SÄHKÖNJAKELUVERKON
KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS
MITTAUKSET
MAAKAAPELIVERKOSSA

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2013




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 9.5.2013
Tekijä(t) Terho Pylkkänen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Nimeke Sähkönjakeluverkon käyttöönottotarkastusmittaukset maakaapeliverkossa		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa maakaapeliverkoston käyttöönottotarkastusmittausten, merkintöjen ja niiden dokumentoinnin laatua ja laatia ohjeita mittauksiin sekä tuoda esille käyttöönottotarkastuksen kehittämiskohteita.</p> <p>Kehittäminen perustui aiheeseen liittyvään materiaaliin, joita toin esille työn teoriaosassa. Toiseksi työnsäni perehdyin uuden maakaapeliverkon käyttöönottoon seuraamalla mittauksia käyttöönottovaiheessa. Kolmanneksi esitin kehittämiskohteita tarkastusten laadun parantamiseksi.</p> <p>Työhön sisältyy ohjeita mittauksien suorittamiseen sekä toin esille myös dokumentoinnin ja tarkastusten kehittämiskohteita, jotka auttavat suunnitelmien mukaisiin asennuksiin.</p> <p>Opinnäytetyö antaa ohjeita mittausten tekniseen suorittamiseen ja tarvittavaan dokumentointiin sekä tuo mittaustulosten tulkintaan lisää teoriataustaa. Lisäksi työn aineistoa voidaan käyttää yrityksen koulutus-tilaisuuksissa.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Sähköverkot, kaapeliverkot, sähkö tarkastus, sähköturvallisuus		
Sivumäärä 27	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä) Liitteiden lukumäärä 6		
Ohjaavan opettajan nimi Jorma Pekkanen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Suur-Savon Sähkötyö Oy	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 9.5.2013	
Author(s) Terho Pylkkänen		Degree programme and option Electrical engineering	
Name of the bachelor's thesis Commissioning measurements of the distribution network			
Abstract The purpose of this Bachelor's thesis was to improve the quality of the commissioning inspection of a cable distribution system for Suur-Savon Sähkötyö Oy. Another aim was to find how it can be improved. The study was based on the theory of the subject, which is discussed in the thesis. To find the areas for development I made cable grid measurements in practice and found out how to develop them. The study includes instructions for measurements and suggestions for the improvements of documentation and inspection.			
Subject headings, (keywords) Electric networks, cable networks, electrical inspection, electrical safety			
Pages 27	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices 6			
Tutor Jorma Pekkanen		Bachelor's thesis assigned by Suur-Savon Sähkötyö Oy	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TIETOA YRITYKSESTÄ	2
2.1	Suur-Savon Sähkö Oy	2
2.2	Suur-Savon Sähkötyö Oy	2
3	SÄHKÖTURVALLISUUSLAIN YLEISET SÄÄNNÖKSET	2
3.1	Sähköturvallisuuden taso	3
3.2	Sähkölaitteistojen käyttöönotto ja käyttö	3
3.3	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja	3
3.4	Varmennustarkastus	4
4	JAKELUVERKOT	5
5	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS	6
5.1	Mittaukset standardin SFS 6000 mukaan	7
5.2	Teoriaa mittauksista yleistä	8
5.3	Suojajohtimien jatkuvuus	9
5.4	Asennuksen eristysresistanssi	9
5.5	Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta	10
5.6	Vikavirtasuojan toiminnan testaus	11
6	MITTARI FLUKE 165X	12
7	JAKELUVERKON KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS	13
7.1	Yleistä tarkastuksista	14
7.2	Mittausohjeita	15
8	PUISTO- JA KIINTEISTÖMUUNTAMON MITTAUKSET	16
9	KESKIJÄNNITEKAAPELIN JA HAAROITUSKAAPIN MITTAUKSET	20
9.1	Eristysresistanssimittaus	20
9.2	Vaiheistus	22
10	PIENJÄNNITEKAAPELIN JA JAKOKAAPIN MITTAUKSET	23
10.1	Oikosulkuvirran mittaus	23
10.2	Oikosulkuvirran mittausohje	24
11	TARKASTUSTEN KEHITTÄMINEN	24
12	POHDINTA	25

LÄHTEET	27
---------------	----

LIITTEET

- 1 Puistomuuntamon maadoituskaavio
- 2 Puistoerotinaseman maadoitus
- 3 KJ-haarotuskaapin maadoitus
- 4 PEN-johtimen maadoitus
- 5 Maadoituselektrodijärjestelmä
- 6 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja TP05

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on parantaa sähkönjakeluverkon maakaapeliverkon käyttöönottotarkastusmittausten ja merkintöjen sekä niiden dokumentoinnin laatua. Tavoitteena on se, että varmennustarkastuksessa ei esiintyisi puutteita, vaan tarkastuspöytäkirjat ja loppupiirustukset vastaavat suunniteltua lopullista tilannetta. Näin pidetään yllä hyvää ammattitaitoa ja varmistetaan sähköalan arvostus tulevaisuudessakin. Työn toimeksiantaja on Etelä-Savossa toimiva energiayhtiö Suur-Savon Sähkötyö Oy, jolla on käytössä SFS 9001 laatustandardi.

Eduskunnalla on parhaillaan esitys maantielain 5 ja 42 § muutoksesta, jolla pyritään helpottamaan sähköjohtojen sijoittamista tiealueelle. Uusi laki on tarkoitus olla voimassa 1.6.2013, sen tarkoitus on sähkönjakelun toimintavarmuuden parantaminen ja keskeisessä roolissa on keski- ja pienjännitejohtojen maakaapeloinnin lisääminen. Maakaapelointi vähentää sähkökatkoja, jotka johtuisivat esim. puiden tekemistä vaurioista ilmajohtoverkolle. Maakaapelointia hidastaa sen kalliimpi hinta verrattuna ilmajohtorakentamiseen, mutta uudet asentamistekniikat, kuten kaapelin auraus ovat pienentäneet näiden hintaeroa. Samalla lisääntynyt kaapelin asentaminen on tuonut uusia haasteita käyttöönottomittauksiin.

Lain (kTMp 517/96) mukaan on tehtävä erilaisia tarkastuksia ja niitä käsitellään kolmella tavalla, joita ovat käyttöönottotarkastukset, valtuutettujen tarkastajien tekemät määräaikaistarkastukset ja verkonhaltijan huolto- ja kunnossapitotoimenpiteisiin liittyvät tarkastukset/kuntotarkastukset. Käyttöönottotarkastukset jakaantuvat kolmeen alueeseen, joita ovat aistinvarainen tarkastus, mittaukset ja toiminnalliset kokeet.

Jakeluverkon osalta, joka käsittää ilmajohtoverkon ja maakaapeliverkon, työn laajuuden johdosta opinnäytetyössä keskitytään jakeluverkon käyttöönottomittauksiin ja merkintöihin maakaapeliverkon osalta. Tähän työhön on kerätty teorian tietoja eri lähteistä, suoritettu käyttöönottomittauksia käyttöönottilanteessa ja esitetty kehittämis-kohteita tarkastusten ja sähköasennusten laadun parantamiseksi.

2 TIETOA YRITYKSESTÄ

Suur-Savon Sähkö on Järvi-Suomen, Päijänteen itäpuolisella alueella toimiva energia-yhtiö, joka huolehtii energian hankinnasta, tuotannosta ja jakelusta. Suur-Savon Sähkö on pääasiassa kuntien omistuksessa (57 %). Muita omistajaryhmiä ovat yhteisöt (29 %), seurakunnat (5 %) ja yksityiset (7 %). /13./

Suur-Savon Sähkö työllistää tällä hetkellä yli 270 ammattilaista. Pääosa heistä työskentelee energiantuotannon sekä sähkö- ja kaukolämpöverkon rakentamisen ja ylläpidon ammattilaisina. Yrityksellä on n. 104 300 sähköasiakasta ja sen sähkönjakeluverkolla on pituutta n. 27 500 km. /13./

2.1 Suur-Savon Sähkö Oy

Suur-Savon Sähkö Oy on konsernin emoyhtiö. Se omistaa pääosan konsernin omaisuudesta; muun muassa sähkö- ja lämpöverkon sekä konsernin toimitilat ja muut kiinteistöt. Sähköverkko on vuokrattu sähkönsiirtotoimintaa harjoittavalle tytäryhtiö Järvi-Suomen Energia Oy:lle. Emoyhtiön toimintayksiköjä ovat Sähköpalvelu (sähkön hankinta ja myynti) ja Lämpöpalvelu (lämmön tuotanto ja myynti). Konsernipalveluja tuottavat yksiköt. /13./

2.2 Suur-Savon Sähkötyö Oy

Suur-Savon Sähkötyö vastaa sähkönjakelu- ja viestiverkon rakentamisesta sekä korjaustoiminnasta. Yhtiön palveluksessa on 140 ammattilaista ja sillä on toimipaikkoja Etelä-Savossa kuusitoista. Suur-Savon Sähkötyö suunnittelee, rakentaa ja huoltaa sähköverkkoja. /13./

3 SÄHKÖTURVALLISUUSLAIN YLEISET SÄÄNNÖKSET

Sähköturvallisuuslain 410/1996 1 § mukaan "sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitämiseksi turvallisena ja sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitallisten vaikutusten estämiseksi sekä sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen aseman turvaamiseksi tässä laissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavista vaatimuksista, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimus-

tenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölaitteen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta". /1./

3.1 Sähköturvallisuuden taso

5 § mukaan "sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä; sekä
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

Jos sähkölaite tai -laitteisto ei täytä 1 momentin edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille eikä ottaa käyttöön". /1./

3.2 Sähkölaitteistojen käyttöönotto ja käyttö

"Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi käyttöön ajankohtana, jolloin laitteistoon kytketään jännite sen käyttöä varten. Sähkölaitteiston käyttöönottona ei kuitenkaan pidetä sellaisia valvottuja käyttötilanteita, jotka ovat tarpeen laitteiston koekäytössä tai käyttöönottotarkastuksessa". /1./

"Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi varsinaiseen käyttötarkoitukseensa ajankohtana, jolloin tila, johon sähkölaitteisto on rakennettu, otetaan suunniteltuun käyttötarkoitukseensa tai toiminta, jota varten sähkölaitteisto on suunniteltu, alkaa. Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastuksessa on selvitetty, että siitä ei aiheudu 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä". /1./

"Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksesta, varmennustarkastuksesta ja ilmoituksen tekemisestä sähköturvallisuusviranomaiselle tai jakeluverkonhaltijalle. Jos rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan niistä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia tarkastuksista ja ilmoituksen tekemisestä". /1./

3.3 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen 517/1996 4§ mukaan "käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jollei 2

momentissa muuta määrätä. Tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja". /2./

"Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei edellytetä

- 1) sellaisista sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä,
- 2) nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisten tai 120 voltin tasajännitteisten sähkölaitteistojen asennuksista,
- 3) yksittäisten komponenttien vaihdoista tai lisäyksistä taikka näihin verrattavista toimenpiteistä,
- 4) yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvistä muutostöistä enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä,
- 5) nimellisjännitteeltään enintään 1 000 voltin kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutostöistä, joissa kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta, eikä
- 6) sellaisen tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista.

Edellä 2 momentissa mainituista tapauksista on sähkölaitteiston testausten tulokset kuitenkin tarvittaessa annettava laitteiston haltijalle". /2./

3.4 Varmennustarkastus

"Sähköturvallisuuden varmistamiseksi sähkölaitteistolle on käyttöönottotarkastuksen lisäksi tehtävä varmennustarkastus, kun kyseessä on luokan 1-3 sähkölaitteisto. Varmennustarkastus on tehtävä myös tällaisten laitteistojen muutostöille, jollei ole kyse Ktmp 517/1996 4 §:n 2 momentissa tarkoitetuista sähköalan töistä. Varmennustarkastuksessa on riittävässä laajuudessa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistettava, että sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuudelle asetetun tason ja sähkölaitteistolle on tehty asianmukainen käyttöönottotarkastus". /2./

"Varmennustarkastus on tehtävä, ennen kuin sähkölaitteisto otetaan varsinaiseen käyttötarkoitukseensa. Edellä 1 momentista poiketen varmennustarkastus voidaan myös

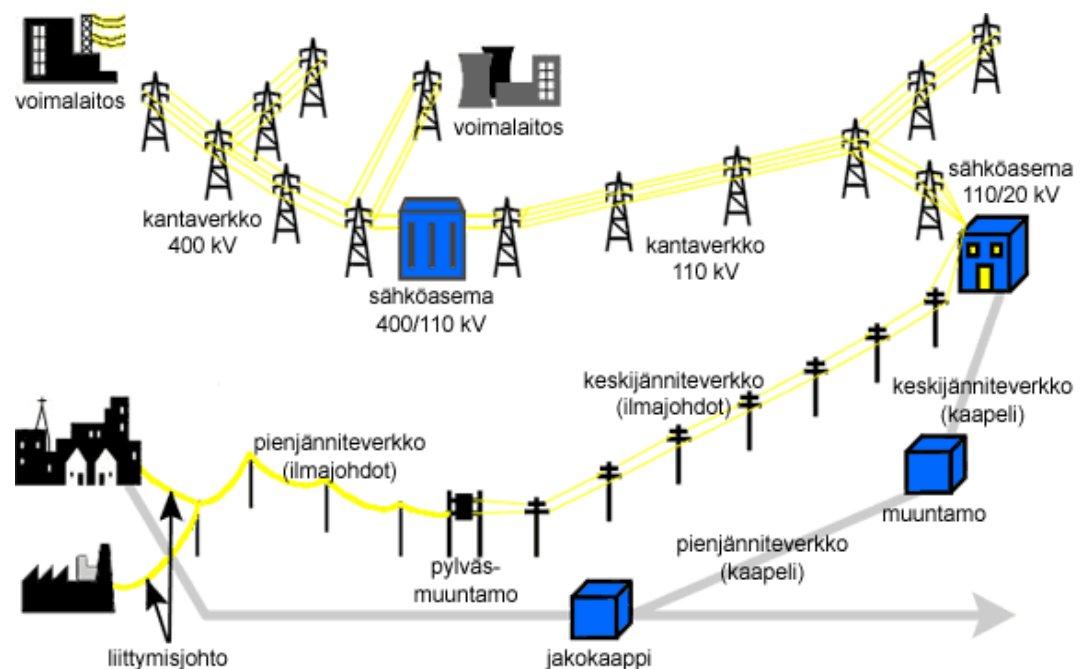
tehdä luokan 1 ja 2 sähkölaitteistoille kolmen kuukauden kuluessa käyttöönotosta ja verkonhaltijan kalenterivuoden aikana rakennetuille sähköverkoille seuraavan kalenterivuoden kuluessa". /2./

"Varmennustarkastuksen voi tehdä valtuutettu laitos. Luokan 1 ja 2 sähkölaitteistoille varmennustarkastuksen voi tehdä myös valtuutettu tarkastaja. Varmennustarkastus voidaan luokan 3 sähkölaitteistoja lukuun ottamatta korvata sähkölaitteiston rakentaneen tai rakentamisesta vastanneen sellaisen sähköurakoitsijan varmennuksella, jolla on tähän oikeus". /2./

"Varmennustarkastuksesta ja sitä korvaavasta sähköurakoitsijan varmennuksesta on laadittava laitteiston haltijan käyttöön tarkastustodistus. Todistuksesta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, tarkastusmenetelmä ja selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava todistus". /2./

4 JAKELUVERKOT

Kuva 1 kertoo Suomessa käytössä olevasta jakeluverkon rakenteesta, jossa voimaloissa tuotettu sähköenergia siirretään kuluttajille. Sähköä siirretään Suomessa 50 Hz:n taajuudella ja kolmivaiheisena 400 kV:sta muuntajilla muuntaen aina 230/400 voltin jännitetasoon pienkuluttajille.



KUVA 1. Jakeluverkon periaatekuva /3/

Sähkösiirtoverkko voidaan jakaa kolmeen eri verkkotyyppiin. Näitä ovat suurjänniteverkko, joka on myös runkoverkkona tunnettu ja sen nimellisjännite on 110-, 220-, ja 400 kilovoltia. Keskijänniteverkko, jonka jännitetaso tavallisesti on 20 kV. Kolmantena pienjänniteverkko, jossa keskijännite muunnetaan 230/400 tai 1000 voltin tasoon.

Kaapelijakokaapit ovat pienjännitemaakaapeliverkon jakopisteitä, joissa jakeluverkon syöttökaapelit ketjutetaan jakokaapilla. Jakokaapilla haaroitetaan jakeluverkkoa liittymisjohdoilla ja haarajohdoilla. Jakokaapissa on sulakesuojaus, joka muodostaa selektiivisen sulakesuojauksen pj-maakaapeliverkkoon. /7./

5 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Jokainen sähköasennus on tarkistettava aistinvaraisesti asennuksen aikana tai sen valmistuttua ja lisäksi sille on tehtävä sellaiset mittaukset ja toiminnalliset kokeet, joiden avulla todetaan, että standardin vaatimukset on täytetty ja suojausjärjestelmät ovat toimivia. Tarkastusten suorittajan täytyy olla sähköalan ammattihenkilö sekä pätevä tekemään tarkastuksia ja testausten aikana tulee toimia niin, ettei aiheuteta vaaraa henkilöille, omaisuudelle sekä muille laitteille. /4./

TAULUKKO 1. Standardeja käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan

Standardeja	Sisältö
SFS 6000	Pienjännitesähköasennukset kork. 1 kV AC tai 1,5 kV DC
SFS 6001	Suurjännitesähköasennukset yli 1 kV AC tai 1,5 kV DC
SFS 6002	Sähkötyöturvallisuus
SFS 6003	Pienjänniteilmajohdot
SFS-EN 50423-1	Vaihtosähköilmajohdot (1-45 kV)
SFS-EN 50341-1	Vaihtosähköilmajohdot yli 45 kV
KTM-päätös (1193/1999)	sähkölaitteistojen turvallisuus
KTM-päätös (517/1996)	sähkölaitteistojen käyttöönotto ja käyttö

5.1 Mittaukset standardin SFS 6000 mukaan

Standardin 6000-6 mukaan mittauksissa tulee käyttää standardin EN 61557 vaatimukset täyttäviä mittalaitteita. Taulukkoon 1 on kerätty käyttöönottotarkastuksiin liittyvät standardit ja päätökset. Seuraavat testit on tehtävä silloin, mikäli ne liittyvät tarkastettavaan työkohteeseen ja ne tehdään mieluiten seuraavassa järjestyksessä /4/:

- a) suojajohtimien jatkuvuus
- b) sähköasennuksen eristysresistanssi
- c) SELV- ja PELV-piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus
- d) lattia- ja seinäpintojen resistanssi
- e) syötön automaattisen poiskytkennän toiminta
- f) lisäsuojaus
- g) napaisuustesti
- h) kiertosuunnan mittaus
- i) toiminta- ja käyttötestit.

Jos jossakin testissä havaitaan vika, tämä ja sitä edeltävät testit, joissa saatuun tulokseen havaittu vika on voinut vaikuttaa, on toistettava vian korjauksen jälkeen /4/.

Sähkötyöturvallisuusstandardissa SFS 6002 käyttöönottotarkastusmittaukset on luokiteltu toimenpiteiksi, joita vain sähköalan ammattihenkilöt saavat tehdä. Tehtäessä mittauksia tulee olla nimetty työaikaisesta sähköturvallisuudesta vastaava henkilö, jonka tulee valvoa mittausten aikaisesta sähkötyöturvallisuudesta. Hän voi osallistua työhön tai tehdä sen kokonaisuudessaan itse. Tarkastusmittauksiin osallistuvalla on annettava koulutusta ja opastusta ja mittalaitteiden käyttöohjeet. /4./

Sähkötyöturvallisuudesta vastaavan henkilön tulee ennen mittausten suoritusta varmistaa, että seuraavat asiat ovat kunnossa:

- esim. eristystilan mittauksissa laitteisto on jännitteetön
- jännitteen kytkentä mittaushetkellä on estetty
- mittauksessa käytetään turvallisia mittalaitteita
- mittajohtimilla ei aiheuteta oiko- tai maasulkua
- mittalaitteiden syöttämä jännite ei aiheuta vaaraa muille mitattavaan piiriin. /6./

"Sähkölaitteistoon kohdistuvia käyttötöitä saa kuitenkin tehdä sähkölaitteiston ollessa jännitteinen, jos työt tehdään riittävää huolellisuutta noudattaen siten, ettei aiheudu sähköiskun tai valokaaren vaaraa. Sähkölaitteisto katsotaan jännitteettömäksi, jos seuraavat toimenpiteet tehdään ennen työn aloittamista:

- 1) työkohde erotetaan luotettavasti käyttöjännitteestä jokaisesta jännitteen syöttösuunnasta;
- 2) jännitteen kytkeminen työkohteeseen työn aikana estetään luotettavasti;
- 3) työkohteen jännitteettömyys todetaan luotettavasti;
- 4) työkohde työmaadoitetaan asianmukaisilla välineillä, jos sähkölaitteiston nimelliskäyttöjännite on yli 1000 voltia taikka kyseessä on avojohto tai suurivirtainen keskus;
- 5) työkohteen läheisyydessä olevat sähkölaitteiston jännitteiset osat eristetään luotettavasti alueesta, jolla työskennellään tai johon työtä tehtäessä voidaan ulottua ottaen huomioon työvälineet ja tarvikkeet". /4./

"Sähköalan työ saa kohdistua suojaamattomiin jännitteisiin sähkölaitteiston osiin, jos sähkölaitteiston jännitteettömäksi erottamisesta aiheutuu suurta haittaa ja työ tehdään siten, ettei aiheudu sähköiskun tai valokaaren vaaraa. Työssä on noudatettava seuraavaa:

- 1) työn suorittavat henkilöt, joilla on siihen erikoiskoulutus ja jotka on perehdytetty kyseiseen työmenetelmään;
- 2) työtä varten on olemassa riittävät kirjalliset ohjeet;
- 3) työssä käytetään siihen tarkoitettuja turvallisiksi todettuja työvälineitä ja varusteita;
- 4) työntekijöiden ja muiden turvallisuus työn aikana varmistetaan olosuhteiden vaatimin erityisin turvallisuustoimenpitein; sekä
- 5) työ ei lisää räjähdys-, palo- tai muuta vastaavaa vaaraa". /4./

5.2 Teoriaa mittauksista yleistä

Mittauksilla selvitetään mm. ettei jännite ole virhekytkennän takia päässyt sellaiseen järjestelmän osaan, jossa sitä ei saa olla esim. potentiaalintasatuissa osissa tai suoja- maadoitetun pistorasian maadoitusliuskoissa. Testaukset tehdään siinä vaiheessa, kun

asennuksen myöhemmät vaiheet eivät vaikuta tulokseen ja testattavan osan on oltava täysin valmis ennen mittaamista. /6./

5.3 Suojajohtimien jatkuvuus

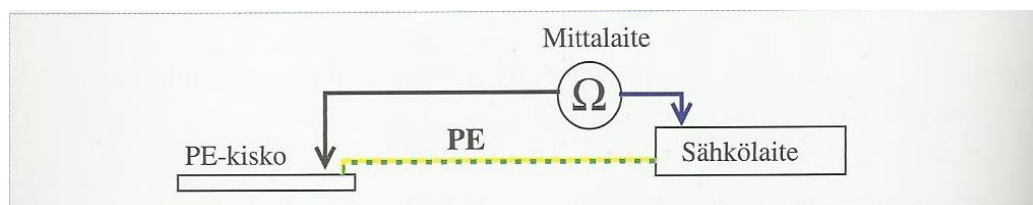
Suojajohtimia ovat maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, PEN-johtimet ja potentiaalintasausjohtimet. Tässä testissä tarkastetaan, että syötön automaattisen poiskytkennän suojaus ehdot täyttyvät. Testataan jännitteettömässä laitteistossa suojajohdinpiirien jatkuvuus eli onko liitokset tehty huolella. Keskeistä mittauksessa on, että jokainen suojajohdinyhteys mitataan ja mittaus tehdään laitekohtaisesti. Mittalaitestandardi EN 61557 määrittelee testijännitteen (4-24 V tasa- tai vaihtojännitettä) ja testivirran pitää olla vähintään 0,2 A. /4; 6./

Mittauksessa saatua resistanssiarvo riippuu mitattavan johtimen poikkipinnan ja pituuden mukaan (kaava 1), joka saa yleensä olla enintään n. 1Ω . Mittauksessa varmistettava, että mitataan suojajohdinta, nollajohdin kytketään irti suojajohdinpiiristä. Kuva 2 esittää suojajohtimen jatkuvuuden mittausta. /6./

Kaavalla 1 saadaan laskettua johtimen kokonaisresistanssi

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (1)$$

jossa ρ on aineen resistiivisyys, l on johtimen pituus ja A on poikkipinta-ala



KUVA 2. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus /6/

5.4 Asennuksen eristysresistanssi

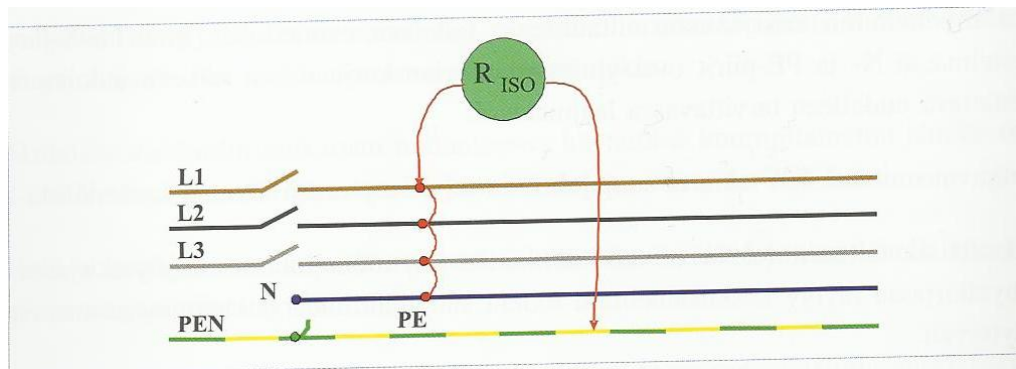
Eristysresistanssi mitataan kaikkien jännitteisten johtimien ja maadoitusjärjestelmään kytketyn suojajohtimen väliltä. Tässä testissä äärijohtimet ja nollajohdin voidaan kyt-

keä yhteen kuvien 3 ja 4 näyttämällä tavalla. TN-C- järjestelmissä mittausta tehdään jännitteisten osien ja PEN- johtimen välillä kuvan 4 mukaisesti. /4./

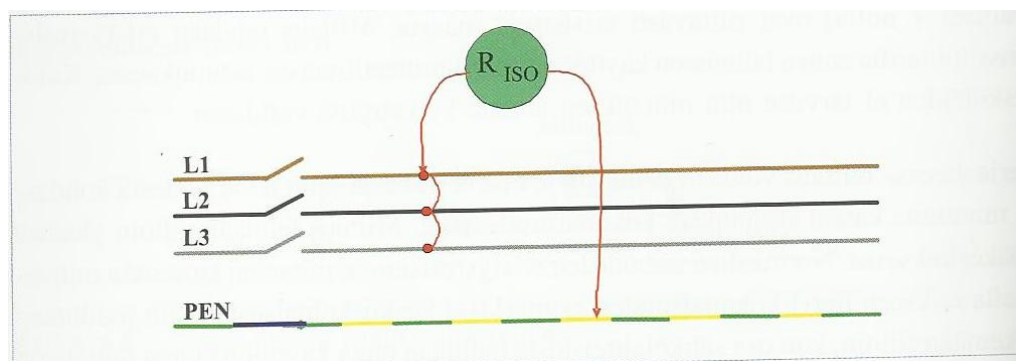
Eristysresistanssimittauksella varmistetaan vaiheiden ja nollan eristystaso maahan nähden. Mittaus tehdään jännitteettömässä asennuksessa ennen laitteiston käyttöönottoa, kulutuskojeiden ei tarvitse olla kytkettynä verkkoon. Taulukossa 2 on esitetty sallittuja minimiarvoja. /6./

TAULUKKO 2. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot /4/

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssi M Ω
SELV ja PELV	250	$\geq 0,5$
Enintään 500 V, FELV mukaan luet- tuna	500	$\geq 1,0$
Yli 500 V	1000	$\geq 1,0$



KUVA 3. Mittaus TN-S- järjestelmässä /6/



KUVA 4. Mittaus TN-C- järjestelmässä /6/

5.5 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta

Vaatimukset täyttyvät, kun vian aiheuttama vaarallinen kosketusjännite kytkeytyy automaattisesti pois vaatimusten edellyttämässä ajassa tai vian aiheuttama kosketus-

jännite rajoitetaan vaarattomaan arvoon. Laskennalliset arvot riittävät. Jos vikavirtapiirin impedanssiarvot on laskettu, niin tällöin riittää suojajohtimien jatkuvuuden tarkistaminen. Jos taas laskettuja arvoja ei ole, silloin on mitattava vikavirtapiirin impedanssi. /6./

Mittaus tehdään ns. silmukkavastusmittarilla tai mittaamalla vikapiirin oikosulkuvirta. Oikosulkuvirtojen laskennassa käytetyt lämpötila-arvot ovat jakeluverkossa +40 °C ja rakennusten asennuksissa +80 °C, tästä syystä mitatun arvon tulee olla 25 % suurempi, kun mittaus tehdään huoneenlämpöisissä johtimissa. /6./

Kaapeliverkossa esiintyvän pienimmän yksivaiheisen oikosulkuvirran määrittämiseksi on laskettava oikosulkuvirtapiirin impedanssi, johon lasketaan johdon impedanssin lisäksi syöttävän muuntajan impedanssi. Kuitenkin käytännössä pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta määritetään verkostolaskentaohjelmilla. Minimioikosulkuvirta lasketaan kaavalla 2. /6./

$$I_k = C * U_v / Z \quad (2)$$

jossa I_k on oikosulkuvirta, U_v on vaihejännite, Z on impedanssi ja C on kerroin 0,95

Jakeluverkon luonteesta ja sijoituksesta johtuen voidaan hyväksyä pidemmät poiskytkentäajat kuin 5 s. Jakeluverkossa automaattisen poiskytkentään voidaan ylivirtasuojan mitoitusvirta mitoittaa taulukon 3 mukaan. Tämä edellyttää liittymien vaatimuksien toteutumisen. /4./

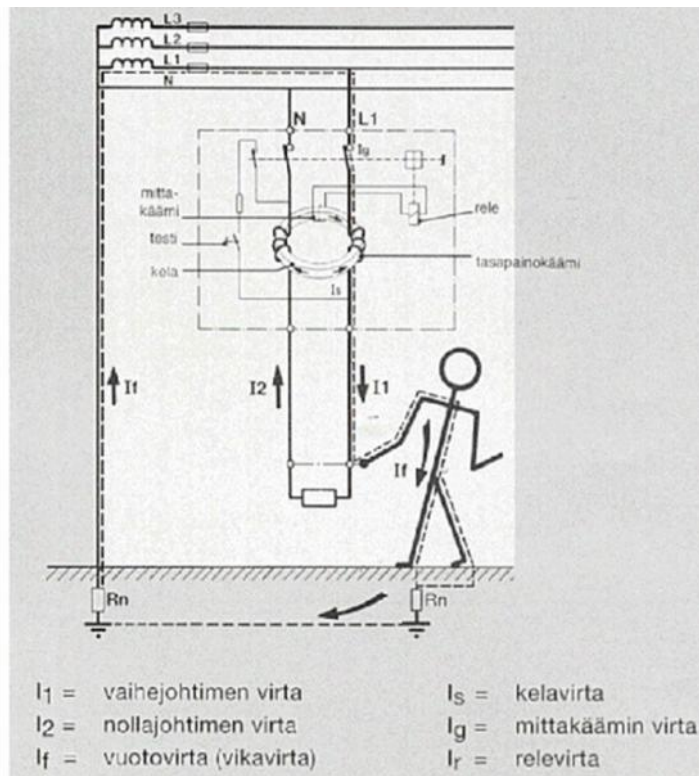
TAULUKKO 3. Ylivirtasuojan pienin oikosulkuvirta jakeluverkossa /4/

Ylivirtasuojaja	Pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta jakeluverkossa
gG-tyypin sulake $I_n \leq 63$ A	$2,5 * I_n$
gG-tyypin sulake $I_n > 63$ A	$3,0 * I_n$

5.6 Vikavirtasuojan toiminnan testaus

Vikavirtasuojan toiminta varmistetaan testaamalla se ensin siinä olevalla testipainikkeella ja lisäksi mitataan, että vikavirtasuojaja toimii enintään nimellistoimintavirrallaan esim. 30 mA sekä mitataan todellinen laukaisuaika asennustesterillä.

Vikavirtasuojakytkimessä on summavirtamuuntaja, joka mittaa vaihejohtimen ja nol-lajohtimen virran summaa suuntineen. Jos mitattu arvo ylittää suojan toiminta-arvon, kytkin avaa virtapiirin hyvin nopeasti. Tällainen tilanne voi syntyä, kun johtimesta tai laitteesta vuotovirta pääsee virtapiirin ulkopuolelle. Henkilö, joka koskettaa jännitteis-tä osaa, niin hänen kautta osa virtapiiriä syntyy maahan tai suojamaajohtimeen. Vika-virtasuojakytkimiä käytetään eri käyttötarkoituksiin, kuten kosketussuojauksen li-säsuojana, syötön nopeaan poiskytkentään ja palosuojaukseen.



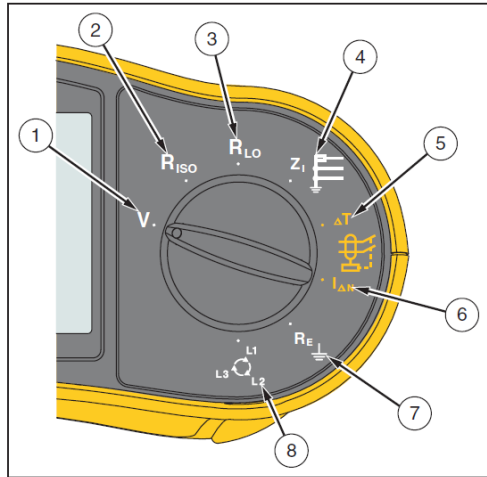
KUVA 5. Vikavirtasuojan toimintaperiaate /12/

6 MITTARI FLUKE 165X

Suur-Savon Sähkötyö Oy:ssä on käytössä Fluken mallisarja 165x, joka on paristokäyt-töinen sähköasennustesteri ja se on tarkoitettu mittaamaan ja testaamaan seuraavia ominaisuuksia:

- 1) jännite ja taajuus
- 2) eristysvastus
- 3) jatkuvuus
- 4) silmukka/linjavastus

- 5) vikavirtasuojan laukaisuaika
- 6) vikavirtasuojan laukaisuvirta
- 7) maattovastus
- 8) vaihejärjestys.



KUVA 6. Testeri fluke 165x /8/

7 JAKELUVERKON KÄYTTÖNOTTOTARKASTUS

Suur-Savon Sähkötö Oy:ssä käytetään jakeluverkon tarkastuslomakkeina HeadPower-portaalin lomakkeita TP01-TP05. Lomakkeet on tehty jännitetasojen ja eri työkokonaisuuksien mukaan. Lomake TP01 on yleislomake, jota voidaan käyttää pienissä työkohteissa. On huomioitavaa, että isoissa työkokonaisuuksissa joudutaan täyttämään useampi lomake. Lomakemallit TP022 ja TP032 löytyvät myös jako-, haaroituskaapille ja maakaapelille.

Keskijännitekaapeli-asennuksessa mittauksia käyttöönottovaiheessa verkostosuosituksen RK1:12 ohjeiden ja menetelmien mukaan ovat:

- vaiheistus ja niiden merkinnät
- jännitekestoisuus (24 h AC käyttöjännite)
- kaapelin ulkovaipan eheyden mittaus.

Pienjännitekaapeli-asennuksessa:

- kaapelin eristysresistanssi (katso taulukko 2 koejännite ja min. eristysresistanssi)

- suojajohtimien jatkuvuus
- kiertosuunta ja vaiheistus
- jännitteet
- oikosulkuvirrat.

Maadoitusjohtimien osalta suoritetaan maadoitusten jatkuvuuden toteaminen. /10./

Laajan maadoitusjärjestelmän ehtojen täyttymistä ei tarvitse kokonaisuutena tutkia silloin, kun olemassa olevaan laajaan maadoitusjärjestelmään liitetään uusia paikallisia maadoituksia esim. uusia jakelumuuntamoita. Uusien järjestelmän osien liittymisen laajaan maadoitusjärjestelmään on kuitenkin varmistettava esim. jatkuvuusmittauksin. "Laajan maadoitusjärjestelmän ulkopuolella olevien asennusten maadoitusresistanssi on laskettava ja mitattava järjestelmällisesti". /5./

SFS 6001 määrittelee laajan maadoitusjärjestelmän siten, että siihen on liitetty "useat paikalliset lähellä toisiaan olevat maadoitusjärjestelmät verkkomaisesti yhteen muodostaen lähes tasapotentialipinnan. Järjestelmän laajuus ja maadoitusverkon tiheys varmistavat sen, ettei kyseisellä alueella esiinny vaarallisia kosketusjännitteitä. Laajassa maadoitusjärjestelmässä yhdistetään kaikki lähellä toisiaan olevat eri jännite- tasojen (syöttöasemien ja jakelumuuntamoiden) maadoitusverkot useasta eri kohdasta". Taajamat ja teollisuusalueet, joissa on lähellä toisiaan useita muuntamoita ovat esimerkkejä laajoista maadoitusjärjestelmistä. /5./

Muuntopiirin maadoitusimpedanssi on mitattava ja maadoitusimpedanssin arvon on vastattava suurjänniteasennuksia koskevien standardien vaatimuksia. Jos muuntopiiri rakennetaan talvella, maadoitusimpedanssin mittausta voidaan tehdä roudan sulamisen jälkeen vuoden kuluessa käyttöönotosta. /5./

7.1 Yleistä tarkastuksista

Kun rakennetaan uutta tai muutetaan vanhaa verkkoa on asennukselle tehtävä tarkastus. Tarkastukset tehdään työn edetessä vaiheittain esim. niin, että piiloon maanalle jäävät asennukset tarkastetaan ennen kaivannon peittämistä ja jos laitteisto otetaan käyttöön osa kerrallaan, jokainen osa on tarkastettava ja dokumentoitava ennen käyt-

töönottoa. Työn tilaajalle luovutettavaan loppupiirustukseen ja asiakirjaan mahdollisine muutoksineen liitetään pöytäkirja ja tarvittavat mittaus-/testauspöytäkirjat. /11./

Pöytäkirjaan täytetään urakoitsijatiedot, tarkastuskohteen yksilöintitietojen ja suorittajan (nimet, numerot ja osoite) ja lisäksi merkitään työkohteen työlaji sekä kohteen jännitetaso. Merkitään käytetyt standardit ja todetaan, onko sähköturvallisuusvaatimukset (KTMP 517/1996) saavutettu. Tarkastuksessa mahdollisesti havaittu vika on yksilöitävä tarkasti, jotta korjausvaiheessa se löydetään yksiselitteisesti ja vika tulisi korjata välittömästi. Tarkastuksen suorittaa asennuskohteen urakoitsija ja pöytäkirja täytetään aina, vaikka vikaa tai puutteita ei olisikaan havaittu. Seuraavan otsikon 7.2 kohdat 1-8 ovat HeadPower Oy:n ohjeita mittauksiin. /11./

7.2 Mittausohjeita

1. Mittauspöytäkirja

Jos työkohteesta tehty erillinen mittauspöytäkirja, niin se on täytetty ja kunnossa. Laitte-, johto- ja sulaketiedot kirjataan tilaajan ohjeen mukaisesti ja mahdolliset huomautukset/poikkeamat kirjataan tarkastuspöytäkirjaan.

2. Jännitteet

Mitatut jännitteet ja mahdolliset huomautukset tai poikkeamat suunnitteluarvoihin kirjataan tarkastuspöytäkirjaan.

3. Eristysresistanssit

Eristysresistanssit mitataan kaikkien kohteen jännitteisten johtimien ja maadoitusjärjestelmään kytketyn suojajohtimen väliltä. TN-C-järjestelmässä mittaus tehdään jännitteisten osien ja PEN-johtimien välillä. Koejännitteinä käytetään 500 V, jos virtapiirin U_n on enintään 500 V. Koejännite mittauksessa 1000 V, kun nimellisjännite on yli 500 V. Eristysresistanssin on oltava vähintään 1 M Ω . Mitatut arvot kirjataan pöytäkirjaan sekä mahdolliset huomautukset.

4. Oikosulkuvirrat

Mitataan oikosulkuvirrat sovitusta pisteistä, lähtö- tai solmupisteiltä tai liittymältä. Oikosulkuvirta ei saa ylittää laitteiden tai komponenttien suurinta sallittua arvoa,

myös oikosulkuvirta on oltava riittävä, jotta johdon suojaus toimisi. Mitatut arvot kirjataan pöytäkirjaan sekä mahdolliset huomautukset.

5. Maadoitusmittaus

Mitataan, jos esim. muuntamon maadoitusarvoa on parannettava ja muutos todetaan mittaamalla. Yksittäistä elektrodia ei tarvitse mitata. Mitataan ja merkitään mitattu arvo (PEN-, suojamaadoitus S). Jos kyseessä laajempi maadoitusverkko esim. muuntopiiri, niin tällöin selvitetään maadoituksen kokonaisarvo.

6. Potentiaaliohjausrenkaan eheys

Asennuksen yhteydessä eheys tarkastetaan silmämääräisesti, kun taas maalla peitetyn renkaan eheys mitataan maadoitusvastusmittarilla. Tyypillinen mittaustulos ehjälle renkaalle on alle 1 Ω . Mittaustulos kirjataan lomakkeelle.

7. Maadoituksen jatkuvuus

Todetaan suoja- ja PEN-johtimen jatkuvuus silmukkaimpedanssimittauksella. Kirjauksessa voidaan käyttää liitteenä mittaus- / testauspöytäkirjaa.

8. Kiertosuunta ja vaiheistus

Mittauksessa varmistetaan vaiheistuksen ja kiertosuunnan oikeellisuus. Huom. jos asennus liittyy vanhaan verkkoon, niin tällöin täytyy huomioida sopivuus vanhan verkon kanssa. /11./

8 PUISTO- JA KIINTEISTÖMUUNTAMON MITTAUKSET

Kuten jo edellä mitataan puisto- ja kiinteistömuuntamalla maadoituksen jatkuvuus, potentiaaliohjausrenkaan eheys, jännitteet, maadoitusmittaus, eristysvastusmittaus ja kiertosuunta ja vaiheistus kohdan 7.2 mukaisesti. Lisäksi mitataan muuntamon vaihevirratt (L1, L2, L3) ja kirjataan tulokset sarakkeisiin. Myös vikavirtasuojien toiminta testataan mittaamalla vikavirtasuojan vikavirran nimellisarvo ja mittaustulos sekä laukaisun toiminta-aika. Laajan maadoitusverkon osalta tarkastetaan silmämääräisesti tai mitataan, että kohteen maadoitus on tehty vähintään kahdella liitoksella laajaan maadoitusverkkoon ja kirjaamalla heikoin mittaustulos pöytäkirjaan. Muuntajan lämpötila arvo T max. / C° kirjataan pöytäkirjaan. Liitteissä 1 ja 2 potentiaaliohjausrenkaan rakenteen kuva. /11./

Tehtäessä vikavirtasuojan toiminnan testausta puistomuuntamon omakäyttökeskuksella tai sähköliittymän keskuksella on huomioitava testipainikkeen sisäinen kytkentä. Osassa vikavirtasuojakytkimiä testipainike on kytketty kahden vaiheen välille, niin tällöin mahdollinen ns. nollavika ei tule ilmi testissä.

Jos vikavirtasuoja ei laukeakaan testipainikkeesta, silloin aluksi varmistetaan kohteen jännitteet ja sen jälkeen selvitetään, miten testipainike on sisäisesti kytketty. Jos testipainikkeesta vikavirtasuoja ei laukea ja testipainike on kytketty vaihe- ja nollajohtimien väliin, on mahdollista, että vikavirtasuojasta puuttuu vaihe- tai nollajohdin. 3-vaiheisessa vikavirtasuojakytkimessä on varmistettava, että kaikki kolme vaihetta on tuotu vikavirtasuojakytkimelle ja että keskuksen syöttö on oikeasti 3-vaiheinen. Lopuksi tarkista tulo- ja lähtöjohtimien kytkentöjen oikeellisuus, ettei laukeamattomuus johdu niiden vaihtumisesta.

Merkintätarvikkeiden tulee täyttää standardin EN 61310 mukaiset väri- ja muotovaatimukset. Sähköjakeluverkon merkinnöistä on olemassa verkostosuositus YJ8:09, jota jokainen verkkoyhtiö voi muokata ja täydentää omiin tarpeisiin sopivaksi ottaen huomioon lait, asetukset, viranomaisvaatimukset ja standardit. Esimerkkikuvissa 7 ja 8 on uuden puistomuuntamotyömaan merkintöjä Järvi-Suomen Energian tuotemäärittelyn pohjalta. Merkintöjen sijoitukseen, pysyvyyteen ja ymmärrettävyyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska käyttötoimenpiteitä tehtäessä erehtymisen vaaraa ja turvallisuusriskiä ei saa olla.



KUVA 7. Jonovarokelähdöt ja uudet merkinnät puistomuuntamolla

Lähtönumeromerkintä merkitään varokepohjaan tai kiinteään osaan sekä kanteen ja kiskoliittimiin **sinipohjaisella tarramerkillä** (katso kuva 7).

Lähdön tiedot merkitään varokkeiden kanteen tai kiinteään osaan kytkimen välittömään läheisyyteen. Merkitään **sinipohjaisella dymo-merkillä**, (katso kuva 7).

- lähdönsuunta/kohde esim. muuntamo/jakokaappi, pylväs nousu
- kohteen osoite tai liittymätunnus
- sulakekoko, oikosulkuveitset tai jakoraja

Lähtökaapeleiden kaulaan merkitään **sinipohjaisella dymo-merkillä**,

- lähdönsuunta/kohde esim. muuntamo/jakokaappi, pylväs nousu
- kohteen osoite tai liittymätunnus
- kaapelityyppi ja kaapelin poikkipinta-ala



KUVA 8. Puistomuuntajan keskijännitekennomerkintöjä

Keskijännitekennokohtaisesti merkataan,

- Lähdön suunta ja kaapelityyppi kuvassa 7 on merkitty **sinipohjaisella dymolla** ja kennojen numerot **sinipohjaisella tarramerkillä**:
- muuntajälähdön sulakkeen koko
- maadoituserottimien tunnuksset merkittynä
- erottimien tai katkaisijoiden yksilöivät tunnuksset
- muut kohteeseen vaikuttavat tiedot

Huom! puistomuuntamon oviin tai ovien yläpuolelle merkataan kennojen numerointi sinipohjaisella tarramerkillä, joka ei näy kuvassa 7.

Lisäksi muuntamon ja jakokaapin tunnusmerkintä tehdään **keltaisilla kiskomerkinnoillä**, joissa numeroiden koko on **H50** ja kirjainten koko **H25**. Muita ulkoisia merkintäkylttejä ovat hengenvaarakyltti (puistomuuntamoissa jokaisella ovellisella sivulla, käytetään vahvempaa kylttiä) sekä kiinteistömuuntamoissa käytetty muuntamokyltti, myös keskijännitejakokaapin oveen asennetaan hengenvaarakyltti.

Pienjännitejakokaapin tunnusmerkintä tehdään myös oven sisäpuolelle pysyvällä mustalla tussilla tai pysyvällä tarranauhalla siltä varalta, että kaapin ulkopuolinen merkintä irtoaa.

Jos keskijännitejakokaapissa ei ole erotinta, niin tällöin on oven sisäpuolelle tehtävä merkintä, joka ilmoittaa erotuskohdan tai erotuskohdat. KJ-jakokaapin sisältäessä vain kaapelilähtöjä ilman erotinta, kiinnitetään lähtevien kaapeleiden kaulaan lähdön suunta/kohde ja kaapelityyppimerkintä. Jos taas jakokaappi sisältää erottimia, tehdään merkinnät puisto- ja kiinteistömuuntamoiden/kytkinasemien merkintätavan mukaisesti.

Puisto- ja kiinteistömuuntamoiden sekä keskijännitejakokaappien maadoitusjohtimen kaulaan päämaadoituskiskon välittömään läheisyyteen kiinnitetään merkintäkyltti, johon merkitään maadoitusjohtimen maadoituskaavion mukainen numero tai maadoituksen kohde.

9 KESKIJÄNNITEKAAPELIN JA HAAROITUSKAAPIN MITTAUKSET

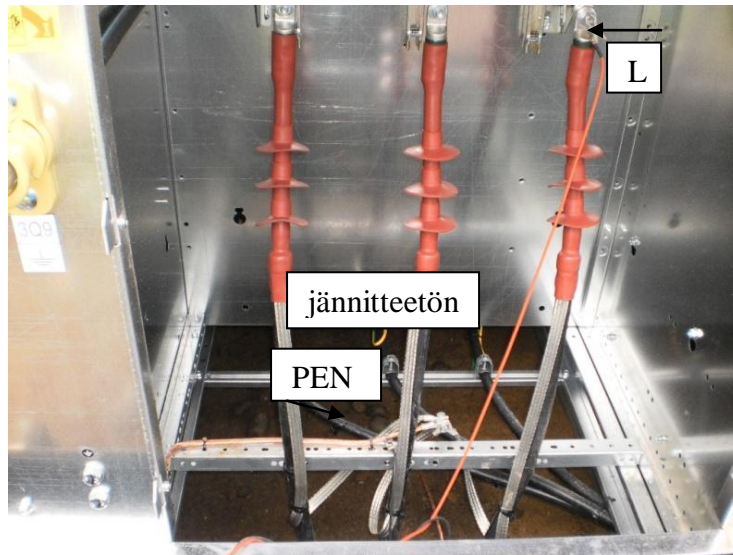
Kaapeleille yli 1 kV enintään 45 kV suoritetaan jännitetesti testilaitteella, pidetään kaapelia kytkettynä 24 h käyttöjännitteeseen ennen varsinaista käyttöönottoa tai käytetään valmistajan testauspöytäkirjaa kyseisestä kaapelista. Kaapelin eristysvastusmittaus suoritetaan, jos tilaaja sitä edellyttää. Mitataan testerillä tai todetaan silmämääräisesti työn kuluessa maadoitusten jatkuvuus koko maadoitusjärjestelmään. Haaroituskaapin osalta täytyy todeta potentiaalinhjausrenkaan eheys. Liitteessä 3 on kuva KJ-kaapin potentiaalinhjausrenkaasta. Mittauksella varmistetaan myös vaiheistuksen ja kiertosuunnan oikeellisuus. /11./

Kaapeleiden laatua on valvottu jo tehtaalla koko valmistusprosessin ajan ja niitä on jännitetestattu-/koestettu ja osittaispurkausmittaus tehty myös valmistajan toimesta. Viitaten puhelinkeskusteluun kaapeleiden valmistaja Reka kaapeli Oy ei suosittele eristysvastusmittausta keskijännitekaapelille, koska se heikentää tavallisen PEX-eristeisen kaapelin ikää. /14./

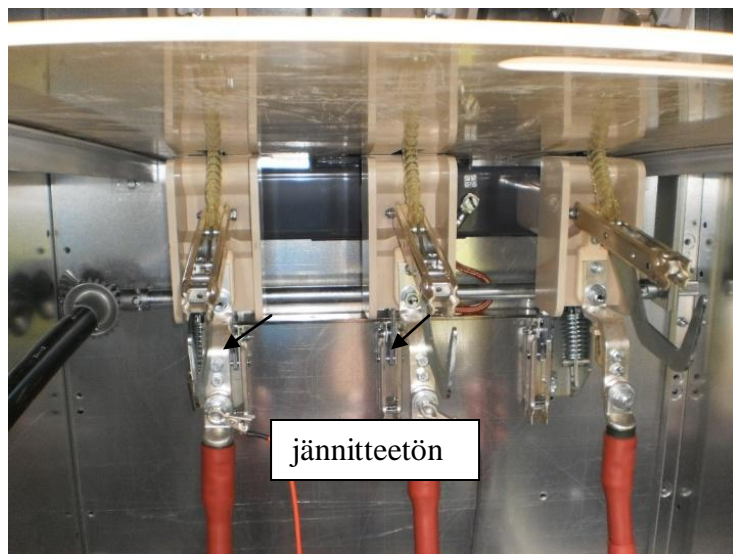
9.1 Eristysresistanssimittaus

Mittauksella todetaan kaapeliasennuksen ja siihen mahdollisesti kuuluvien jatkosten ja päätteiden eristystilan vaatimuksien täyttyminen, jonka jälkeen asennus on otettaessa käyttöön. Eristysvastukset mitattiin Megger MIT 510 mittarilla 5000 voltin tasajännitteellä yhden minuutin ajan jokaisen vaiheen ja maan väliltä sekä vaiheiden väliltä ku-

vien 9 ja 10 mukaan. Tässä opinnäytetyön mittauskohteessa asennus koostui uudesta ja vanhasta keskijännitekaapelista, jatkosta ja päätteistä. Mittaustulokset olivat vaiheiden ja maan väliltä 168 G Ω luokkaa ja vaiheiden välillä 292 G Ω :n luokkaa, kuten kuvassa 11.



KUVA 9. KJ-kaapelin eristysresistanssimittaus L-PEN



KUVA 10. KJ-kaapelin eristysresistanssimittaus L1-L2



KUVA 11. Eristysresistanssin mittaustulos vaiheiden väliltä

Eristysresistanssin mittausohje:

1. Erotta työkohte luotettavasti käyttöjännitteestä jokaisesta jännitteen syöttösuunnasta.
2. Estä luotettavasti jännitteen kytkeminen työkohteeseen työn aikana.
3. Työkohteen jännitteettömyys todetaan luotettavasti.
4. Työkohte työmaadoitetaan asianmukaisilla välineillä.
 - mittauksen aikana työmaadoitus siinä laajuudessa, ettei se vaikuta mittaukseen
5. Työkohteen läheisyydessä olevat sähkölaitteiston jännitteiset osat eristetään luotettavasti alueesta, jolla työskennellään tai johon työtä tehtäessä voidaan ulottua ottaen huomioon työvälineet ja tarvikkeet.
6. Tee mittauskytkennät ja luotettava kontakti.
 - L1-L2-L3-PEN ja L1-L2-L3 väliltä
7. Suorita mittaus. 5000 V DC 1 min. ajan (Megger MIT 510)
8. Tuloksen arviointi ja kirjaus tarkastus-/mittauspöytäkirjaan.

9.2 Vaiheistus

Keskijänniteverkko yhdistää muuntoasemat ja muuntamot suurjännitekaapeleilla, joka on muuntamoiden välillä rakennettu niin, että muuntamon muuntajaa voidaan syöttää eri suunnasta. Edellä mainitusta syystä vaiheistus mitataan ja todetaan oikeellisuus. Kuvassa 12 mitattiin puistomuuntamolla kahden eri syöttösuunnan vaiheistus.



KUVA 12. Vaiheistuksen mittaaminen

10 PIENJÄNNITEKAAPELIN JA JAKOKAAPIN MITTAUKSET

Mitataan maakaapeleiden ja jakokaappien (0,4 kV/1 kV), kuten edellä kohdassa 7.2, mainitut eristysresistanssit, suoja- ja PEN-johdon jatkuvuus, jännitteet, kiertosuunta ja vaiheistus ja oikosulkuvirrat. Näiden lisäksi mitataan 1 kV:n eristysvastukset muuntajan nollapisteen ja maan väliltä sekä vaiheiden ja maan väliltä. 1 kV:n katkaisijakaappin oikosulkukoe ja maasulkukoe tehdään 1 kV:n johdon loppupäästä. Näiden poiskytkentäajat sekä maadoitusjännite merkitään tarkastuspöytäkirjaan. /11./

10.1 Oikosulkuvirran mittaus

Esimerkkikuvassa 13 mitataan oikosulkuvirtaa ja silmukkaimpedanssia pj-jakokaapilla Fluke 165x testerillä. Mittauksessa mitattiin silmukkaimpedanssiksi vaiheen ja PEN-johdon välillä 0,22 Ω ja oikosulkuvirraksi 1 kA. Testerilaski oikosulkuvirran jakamalla mitatun verkkojännitteen silmukan impedanssilla.



KUVA 13. Oikosulkuvirran mittaus jakokaapilla

10.2 Oikosulkuvirran mittausohje

1. Valitse Z I asento mittarista.
2. Valitse L-PE painikkeesta F1.
3. Varmista, että testijohtimet on nollattu ennen mittausta ja suorita mittaus joka vaiheelta. (Testeritallentaa nollapoikkeaman.)
4. Paina ja vapauta test- painike ja odota testin päättymistä.
5. Silmukkaimpedanssiarvo ylempi näyttö.
6. Paina F3 ja valitse Ik, oikosulkuvirta näkyy alemmassa näytössä.
7. Tulosten arviointi (kts. taulukko 3) ja kirjaus **lopulliseen kuvaan** ja tarkastus-/mittauspöytäkirjaan.

11 TARKASTUSTEN KEHITTÄMINEN

Kun käyttöönottotarkastus on suoritettu hyväksytysti, se tarkoittaa, että kaikki sähkölaitteiston käyttö- ja hoitotoimenpiteet pystytään tekemään turvallisesti ja laitteiston turvallisuustaso on sähköturvallisuuslain 5 § mukainen. Tarkastuksen tekijä, joka kirjoittaa myös käyttöönottotarkastuspöytäkirjan, on vastuussa oikeasta suorittamisesta ja tarkastuspöytäkirjassa kirjatusta mittauksista, testauksista, merkinnöistä ja mahdollisista havainnoista. Tarkastaja tekee johtopäätöksen tarkastuskohteen vaatimusten mukaisuudesta. Edellä mainituista syistä on mielestäni kiinnitettävä erityistä huomiota

tarkastusten dokumentointiin, mittauksiin ja merkintöihin. Alla on lueteltu tarkastusten laadun parantamisen kehittämiskohteita, joita ovat mm.

- pöytäkirjaan kirjataan oikea standardi/t(kts. taulukko 1), jännitetaso ja maadoitustieto (huom! laajamaadoitus, esim. Onko maaseudun työssä käytössä laaja maadoitus?)

Puistomuuntamon osalta parannettavaa:

- SJ-kaavion ja sen yhdenmukaisuus muuntamon kanssa
- kennojen merkinnät (kts. kohta 8.1 Merkinnät)
- PJ-lähtöjen merkinnät ja kaapeleiden merkinnät
- muuntamoiden tunnuksset

Kaapelin ja jakokaapin osalta kehitettävää ja huomioitavaa:

- merkinnät ja jakokaappien tunnuksset ja esim. (rinnansyöttö varokkeilla)
- liittymiskaapelin lähtiessä samalta jonovarokeytkimeltä, PEN-johdot kytketään omiin liittimiin
- jos 4 1/2 - johdin maakaapeli kytketty rinnan TN-C järjestelmässä, niin keltavihreä / vaaleansininen johdin merkataan PEN-johtimeksi molempiin päihin
- sulakkeen koko suhteessa Ik-arvoon (taulukko 3), esim. 63 A sulakkeella pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta on $2,5 * 63 \text{ A} = 157,5 \text{ A}$, mutta huomioi! mitattavan oikosulkuvirran arvon on oltava 20 % suurempi

12 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa maakaapeliverkoston käyttöönottotarkastusmittausten, merkintöjen ja niiden dokumentoinnin laatua ja laatia ohjeita mittauksiin sekä tuoda esille käyttöönottotarkastuksen kehittämiskohteita. Aluksi tutustuin aiheen teoriataustaan, asetuksiin, lakeihin, määräyksiin, standardeihin ja aiheeseen liittyvään materiaaliin, joita toin esille työn teoriaosassa. Toiseksi työssäni perehdyin uuden maakaapeliverkon käyttöönottoon mm. seuraamalla mittauksia muutamassa käyttöönottovaiheessa. Työn lopputuloksena laadin ohjeita mittauksien suorittamiseen ja toin esille dokumentoinnin, että tarkastusten kehittämiskohteita. Käyttöönottotarkastusten laadun paraneminen tulee näkymään esim. varmennustarkastusten yhteydessä.

Suur-Savon Sähkölle opinnäytetyöni antaa ohjeita mittausten tekniseen suorittamiseen ja tarvittavaan dokumentointiin sekä tuo mittaustulosten tulkintaan lisää teoriataustaa. Lisäksi työn aineistoa voidaan käyttää yrityksen koulutustilaisuuksissa. Tämän johdosta tarkastustulosten arviointi ja johtopäätösten tekeminen kehittyy.

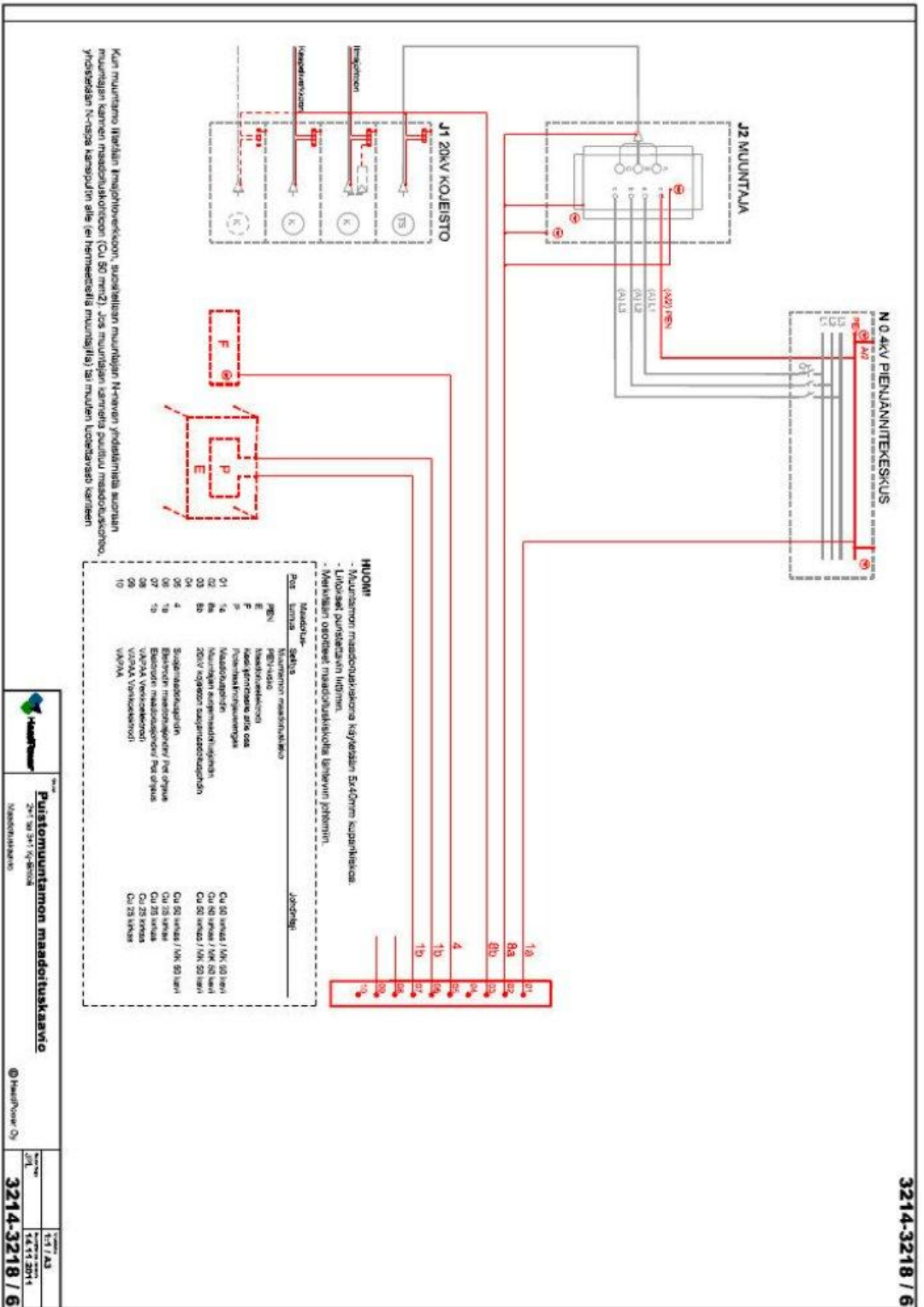
Laadun varmistusmittaukset maakaapeli-asennukselle tulevat tulevaisuudessa lisääntymään, kuten esimerkiksi kaapelin ulkovaipan eheyden mittaus ja kaapeliyhteyden eristyksen osittaispurkausmittaus, jos verkonhaltija niitä halutessaan vaatii. Niissä mitataan asennuksen aiheuttamia kaapelin ulkovaipan vaurioita joissa mittaus perustuu tasajännitteellä tehtävään mittaukseen, joka aiheuttaa läpilyönnin tai hyvin suuren vuotovirran. Lähitulevaisuudessa näen, että uusien tekniikoiden kehittäminen nopeuttaisi maakaapeliverkon vianpaikannusta. Vikatapauksissa ainakin jonkinlaisen tunnisteen käyttäminen kaapelin paikannuksessa, asennussyvyyden ja asennusrasitusten mittaaminen ja niiden dokumentointi kehittäisivät maakaapelointia.

Hyvällä koulutuksella ja riittävällä kokemuksella tehty käyttöönottotarkastus toteaa suunniteltujen ja hyvin toteutettujen sähköasennusten laadun ja turvallisuuden sekä sillä myös poistetaan mahdolliset inhimilliset kytkentävirheet. Tällöin ammattihenkilöt ja osin sähköasiakkaat pystyvät suorittamaan turvallisesti heille sallittuja käyttö- ja hoitotoimenpiteitä.

LÄHTEET

1. Sähköturvallisuuslaki. WWW-dokumentti.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960410>.
Päivitetty 9.5.2013. Luettu 9.5.2013.
2. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös. WWW-dokumentti.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960517>.
Päivitetty 9.5.2013. Luettu 9.5.2013
3. Jakeluverkon kuva. WWW-dokumentti. <http://elearn.ncp.fi/materiaali>.
Päivitetty 11.8.2003. Luettu 9.5.2013.
4. SFS-Käsikirja 600 2012. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. Helsinki: SFS ry.
5. SFS-Käsikirja 601 2009. Suurjännitesähköasennukset ja ilmajohdot. Helsinki: SFS ry.
6. D1-2009. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo Oy.
7. Monni, Markku 2012. Maakaapeliverkostotyöt. Adato Energia Oy.
8. Käyttöohje Fluke 165x
9. Verkostosuositus YJ8:09. Sähkönjakeluverkon merkinnät. Helsinki: Adato energia Oy
10. Verkostosuositus RK1:12. Maakaapeliverkon rakentamisen vaatimukset 0,4 - 45 KV. Helsinki: Adato energia Oy
11. Headpower Oy. WWW-dokumentti. <https://www.headpower.fi/index.asp?>. Päivitetty 10.5.2013. Luettu 10.5.2013.
12. Vikavirtasuojakytkin kuva. WWW dokumentti.
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot>.
Päivitetty 3.7.2012. Luettu 15.5.2013.
13. Suur-Savon Sähkö Oy. WWW-dokumentti.
http://www.ssoy.fi/Sivu/Tietoa_yrityksesta.
Päivitetty 15.5.2013. Luettu 15.5.2013.
14. Kiiski, Juha. Puhelinkeskustelu 13.5.2013. Reka Kaapeli Oy. Tuotesuunnittelija.

Puistomuuntamon maadoituskaavio



Puistomuuntamon maadoituskaavio

© Hentton Oy

1/2 / AS

1/2 / AS

3214-3218 / 6

4462

Puistoerotinaseman perustus, normaalit olosuhteet Sokkeli maanpinnan tasoon

RAKENTAMISTEKNISET PÄÄTIEDOT:

PERUSTUKSEN TARVE

Puistoerotinasealle tehdään matala asennusperustus, kun asennuspalkan maapohja on hyvälaatuisia ja asennustekniset tarpeet eivät vaadi syvää perustuksen rakentamista.

TYÖJÄRJESTYS

Perustuksen ja maadoitusrakenteiden alueelta poistetaan tarvittava maa-aines

Saajoitus tehdään erikseen tilaajassa

Perustuksen alle rakennetaan tarvittavat putkukset ja tulppaan putkien päät

Kaivannon läpö asennuspeleillä 3-15 mm tehdään herkoiksi läpilyöntiksi, lasataan oikeaan korkeuteen (n. 300 mm lopullisesta maanpinnan tasosta)

Myyös karkasa soraa tai vastaava perusmaa voidaan käyttää kaivannon täyttämiseen

Asennetaan potentiaalinhojausrenkas n. 300 mm syvyyteen perustuksen ympärille, päät tuodaan ylös aseman maadoituskiskon kohdalle

Asennetaan maadoitussauvat 4 kpl, potentiaalinhojausrenkaan kulmiin.

Litetään mahdolliset muut maadoituselektrodit ja maadoitusjohtimet maadoituskiskoon (tilaajan ohjeiden mukaisesti)

Täytetään kaivanto maanpinnan tasolle

Asennetaan polyeteenikalvo 0,2 mm aseman ympärille ulottuen 0,5 m kaivannon reunan yli

Asennetaan puistoerotinase

Asennetaan reunasorastus koko 11-31 mm ja koloisto-osien alle kevytsoraa n. 50 mm kerros

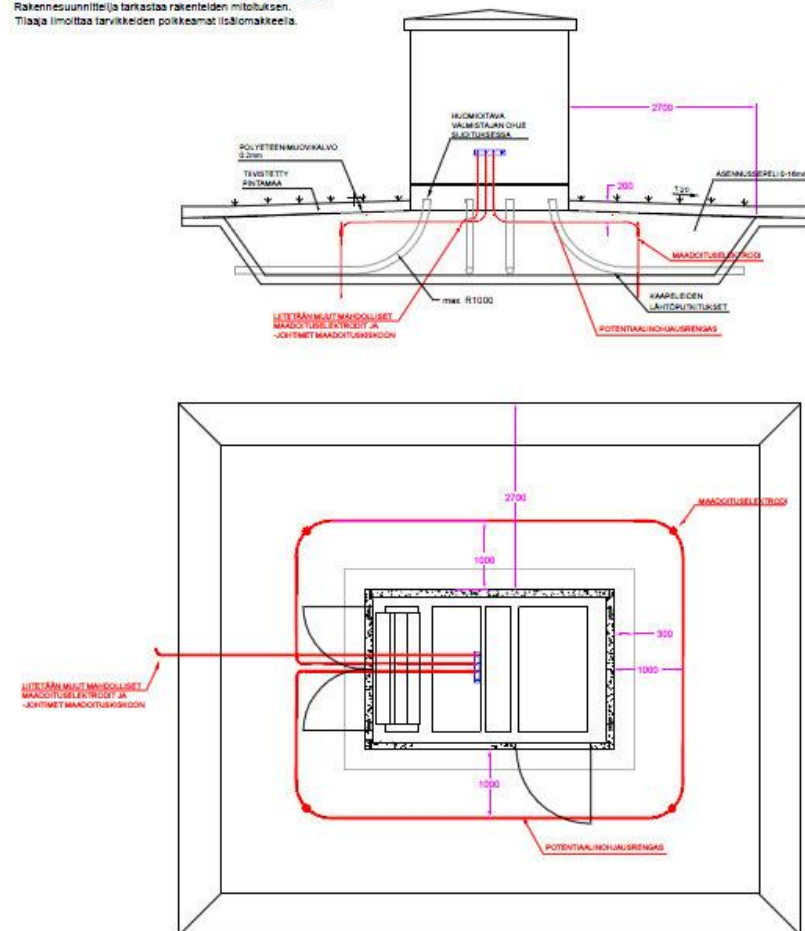
Asennetaan pintamaa- ja nurmukset n. 100 mm.

HUOM

Perustus- ja asennustyössä tulee huomioida valmistajan ohjeet

Rakennesuunnitelja tarkastaa rakenteiden mitoituksen.

Tilaaja ilmoittaa tarvikkien poikkeamat isäomakkeella.



Data

Puistoerotinaseman perustus,

Sokkeli maanpinnan tasoon
Normaalit olosuhteet
Rakennekuva

© HeadPower Oy

mittakaava

1:75 / A4

suunnittelija

J. Kattilakoski

suunnittelupäivä

20.02.2007

4462

4851

Kj -haaroituskaapin perustaminen ja maadoitus:

Perustustyössä tulee huomioida valmistajan ohjeet

Haaroituskaappi sijoitetaan maastokohtaan, johon ei pääse kertymään vettä

Kuopan ympäri asennetaan tarvittaessa suodatinkangas (ei hiekkamaassa)

Kuopan syvyys n. +150 mm jalustan asennusmitasta (ei hiekkamaassa), kuopan pohjalle hiekkakerros n. 150 mm

Haaroituskaapin jalustaan voidaan kiinnittää kyllästetyt lankut

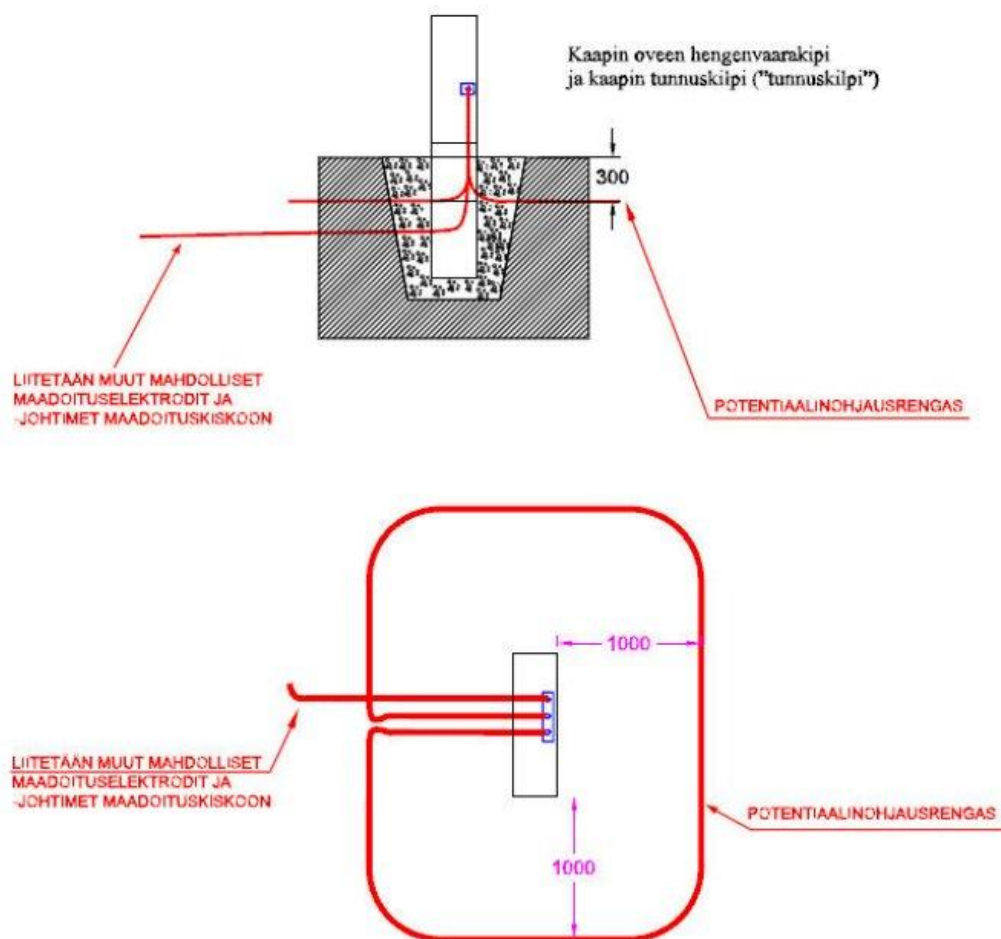
Kaappi ja jalusta asennetaan paikalleen ja tuetaan murskeella

Kaapille asennetaan potentiaaliohjausrenkas n. 300 mm:n syvyydelle

1 m:n etäisyydelle kaapista

Kytetään potentiaaliohjausrenkas ja muut mahdolliset elektrodit sekä kaapelit kaappiin

Täytetään kuoppa murskeella, kaapin sisäpuoli täytetään hiekalla tai kevytsoralla



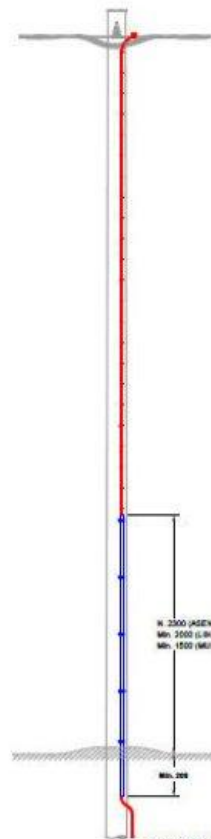
© HeadPower
Kj -haaroituskaapin perustaminen ja maadoitus

Viite
1:25 / A4
Suunnittaja
T. Lindstedt
Suunnitteluvuosi
4.1.2011

© HeadPower Oy

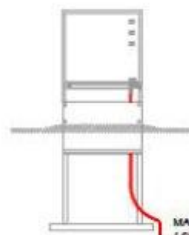
4851

8511



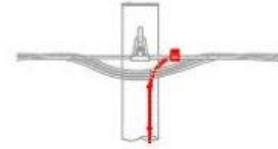
**MAADOITUSRAKENNE
PYLVÄÄLLÄ**

MAADOITUSELEKTRODI:
* 8541 VAAKA-
* 8542 SAUVA-
* 8543 PYSTY-



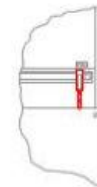
**MAADOITUSRAKENNE
JAKOKAAPILLA**

MAADOITUSELEKTRODI:
* 8541 VAAKA-
* 8542 SAUVA-
* 8543 PYSTY-



DET. 1

* MAADOITUKSEN LIITOS
AMKA-VERKON PEN-JOHTIMEEN



DET. 2

* MAADOITUKSEN LIITOS
JAKOKAAPIN PEN-KIJKOON



DET. 3

* MAADOITUKSEEN VOIDAAN TARVITTAESSA
ASENTAA MITTAUSLIITIN, JOLLOIN
SEN KUNTO ON MAADOITUSMITTAUKSELLA
HELPOMMIN TODETTAVISSA



PEN-johtimen maadoitus

Mitoitus
Rakenneluva











© HeadPower Oy

mittakaava	1:50 / A4
suunnittelija	Antti Suvilehto
suunnittelupäivä	22.09.2004

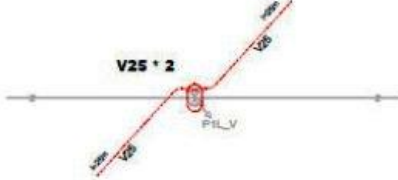
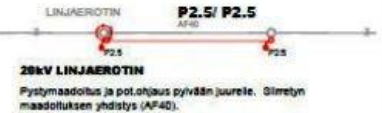
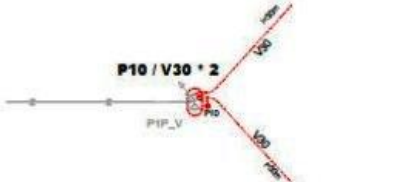





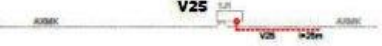
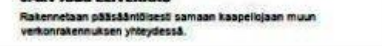
8511


8540

ELEKTRODIJÄRJESTELMÄN KOODIMERKINNÄT:

 <p>V25 Vaakamaadoituselektrodi, (pituus 25m).</p>  <p>V25 * 2 Vaakamaadoituselektrodi, 2kpl eri suuntiin, (pituus 2 * 25m).</p>  <p>S4 Säuvamaadoituselektrodi, säuvamäärä 4kpl (säuvojen väli 5m).</p>  <p>S2 * 2 Säuvamaadoituselektrodi, 2kpl kahden säuvan sarjaa, eri suuntiin (säuvojen väli 5m).</p>  <p>P10 Pystymaadoituselektrodi, elektrodimäärä 1kpl (elektrodin syvyys 10m).</p>  <p>P10 * 2 Pystymaadoituselektrodi, elektrodimäärä 2kpl, väli 20m (elektrodin syvyys 10m).</p>	 <p>V20 / P10 Elektrodilyhdistelmä: Vaakamaadoituselektrodi, (pituus 20m) ja pystymaadoituselektrodi (syvyys 10m).</p>  <p>V20 / P10 * 2 Elektrodilyhdistelmä: 2kpl vaakamaadoituselektrodi, (pituus 2*20m) ja 2kpl pystymaadoituselektrodi (syvyys 10m). Sarjat eri suuntiin.</p>  <p>P10 / V20 * 2 Elektrodilyhdistelmä: 2kpl vaakamaadoituselektrodi, (pituus 2*20m) ja 2kpl pystymaadoituselektrodi (syvyys 10m). Sarjat eri suuntiin.</p>  <p>V20 * 3 Elektrodilyhdistelmä: 3kpl vaakamaadoituselektrodi, (pituus 3*20m) eri suuntiin.</p>
--	---

KÄYTTÖESIMERKKEJÄ:

 <p>V25 * 2</p> <p>PYLÄSMUUNTAMO Rakennetaan pääsääntöisesti kahteen suuntaan maasto-olosuhteiden ja muun verkkoarkkitehtuurin mukaan.</p>	 <p>P2.5 / P2.5</p> <p>20kV LINJAEROTIN Pystymaadoitus ja pot.ohaus pylvään juurelle. Ohjeltyn maadoituksen yhdistys (AP40).</p>
 <p>P10 / V30 * 2</p> <p>PYLÄSMUUNTAMO Vaakamaadoituselektrodi rakennetaan pääsääntöisesti kahteen suuntaan maasto-olosuhteiden ja muun verkkoarkkitehtuurin mukaan. Pystymaadoitus rakennetaan yleensä muuntamon juurelle ja liitetään toiseen vakamaadoituselektrodiin.</p>	 <p>V25</p> <p>0.4kV ILMAJOHTO Rakennetaan pääsääntöisesti linjan suuntaan maasto-olosuhteiden ja muun verkkoarkkitehtuurin mukaan.</p>
 <p>S2 * 2</p> <p>PYLÄSMUUNTAMO Rakennetaan pääsääntöisesti kahteen suuntaan maasto-olosuhteiden ja muun verkkoarkkitehtuurin mukaan.</p>	 <p>S2</p> <p>0.4kV ILMAJOHTO Rakennetaan pääsääntöisesti linjan suuntaan maasto-olosuhteiden ja muun verkkoarkkitehtuurin mukaan.</p>
 <p>P10</p> <p>0.4kV ILMAJOHTO Rakennetaan pylvään juurelle.</p>	 <p>V25</p> <p>0.4kV ILMAJOHTO / KAAPELIVERKKO Rakennetaan pylvästä lähtevään kaapeliin. Tarvittaessa maadoitus voi jatkua seuraavaan liittöpisteeseen tai esim. asiakkaan päämaadoituskiskoon.</p>
 <p>V25</p> <p>0.4kV KAAPELIVERKKO Rakennetaan pääsääntöisesti samaan kaapeliin muun verkkoarkkitehtuurin yhteydestä.</p>	 <p>V25</p>



Maadoituselektrodijärjestelmä

Rakennekuva

© HeadPower Oy

Mittakaava	1 : 50 / A4
Suunnittelija	J. Karvonen
Suunnitelmän päiväys	19.11.2001

8540

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja TP05

PUISTO- JA KIINTEISTÖMUUNTAMON KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA TP05			
Urakoitsijatiedot			
Urakoitsija		Sähkötöiden johtaja	
Osoite		Puh.	
Tarkastuskohde		Tilajaajayhtiö	
Työn nimi		Tilajan viite	
Muuntopiirin nimi / n:o		Muuntopiirin osoite	
Tarkastuskohteen työlaji		<input type="checkbox"/> 20 / 0,4 kV <input type="checkbox"/> 10 / 0,4 kV <input type="checkbox"/> MUU	kV
Käyttöönottotarkastus toteutetaan KTM:n päätöksen 517/1996 edellyttämällä tavalla			
Rakennuskohteessa on noudatettu suunnitelma-asiakirjoja sekä seuraavia standardeja:			
<input type="checkbox"/> SFS 6000 <input type="checkbox"/> SFS 6001 <input type="checkbox"/> SFS 6002 <input type="checkbox"/> SFS 6003 <input type="checkbox"/> SFS-EN 50423 / 50341 <input type="checkbox"/> MUU			
Sähköturvallisuusvaatimusten toteutuminen KTM päätöksen 1193/1999 mukaan:			
Sähköturvallisuusvaatimukset saavutettu <input type="checkbox"/>			
Sähköturvallisuusvaatimuksia ei saavutettu <input type="checkbox"/>			
Tarkastuksen suorittaja			
Allekirjoitus		Pvm.	
Selvitys			
TARKASTUSMERKINNÄT X Kunnossa – Ei kunnossa O Ei kuulu rakenteeseen			
A Yleistä	Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm.	Nimi
1	Kulkureitit, reittiavain		
2	Laitteiden ominaisarvot		
3	Vähimmäisetäisyydet		
4	Kaaviot		
5	Dokumentointi / muutokset		
6	Käyttö- ja huolto-ohjeet / Valmist. ohjeet		
7	Johdinliitokset, liittimet, kiristykset		
8	Asetusarvot		
9	Muuntamon ja laitteiden tunnuksat		
10	Hengenvaara -kilvet		
11	Ovet ja ovien lukitus		
12	Muuntamokoppi / muuntamotila		
13	Valaistus		
14	Akusto / akuston ilmastointi		
15	Ilmastointi / ilmanvaihto		
16	Työmaadoitusten liitännäkohdat		
17	Sijainti ja turvallisuus		
18	Kaivujäljet, pinnoitteet		
19	Työkohteen siisteys		
20	Muuntamon kiinteistö-sähköasennukset		
B Keskiännittelaitteet	Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm.	Nimi
1	Kj-kojeistot		
2	Kaap.päätteet ja kiinnitykset		
3	Ylijännitesuojat		
4	Kaap.taivutussäteet ja läpiviennit		
5	Tukieristimet		
6	Eroittimet		
7	Katkaisijat		
8	SF6 kaasunpaine		
9	SF6 jännitteenilmaisimien / testaus		
10	Sulakkeet / sulaketoiminnan testaus		

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja TP05

C Muuntaja		Vian tai puutteen kuvaus				Korj. pvm.	Nimi
1	Muuntajan runko, öljysäiliö						
2	Muunt. väliottokytkimen asento (esim. 3)						
3	Muunt. väliottoa. portaiden lkm (esim. 5)						
4	Muuntajan eristimet						
5	Öljyvuodot						
6	Ominaisiedot						
7	Muuntajan sarjanumero						
8	Lämpömittari						
D Pienjännitelaitteet		Vian tai puutteen kuvaus				Korj. pvm.	Nimi
1	P.J-kojeisto						
2	Pj.keskuksen syöttöjohdot						
3	Kaapelilähdöt ja varokeykikimet						
4	Kaapeli- ja varokeykikinmerkinnät						
5	Pj- sulakkeet						
6	Virtamuuntajat						
7	Mittarit						
E Turvavälineet		Vian tai puutteen kuvaus				Korj. pvm.	Nimi
1	Ensiapuohjeet						
2	Kiinteät ja siirrettävät varoituskilvet						
3	Työskentelysuojat						
4	Työmaadoituslaitteet						
5	Jännitteenkoettimet						
6	Muut työ- ja turvavälineet						
F Maadoitukset		Vian tai puutteen kuvaus				Korj. pvm.	Nimi
1	Kj-kojeistojen maadoitus						
2	Muuntajan runko						
3	Pj-keskuksen maadoitus						
4	Maadoituskiskon maadoitus						
5	PEN -maadoitus						
6	Potentiaalintasausrenkaat						
7	Maadoituselektrodit						
8	Maadoitusjohtimet / liitokset						
G Mittaukset		Vian tai puutteen kuvaus				Korj. pvm.	Nimi
1	Virrat	L1	A	L2	A	L3	A
2a	Vikavirtasuojat	In / IΔn	mA	In / IΔn	mA	In / IΔn	mA
2b	Laukaisuaika	Aika	ms	Aika	ms	Aika	ms
3	Suoja- ja PEN-johtimien jatkuvuus		Ω				
4	Laajan maadoitusverkon jatkuvuus		Ω				
5	Potentiaalintasausrenkaan jatkuvuus		Ω				
6	Muuntajan T _{max} °C		°C				
7	Jännitteet / V	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L1-PEN		V
8	Maadoitukset	Yhdis.	Ω	PEN	Ω	S	Ω
9	Eristysvastus (>= 1 MΩ)		MΩ				
10	Kiertosuunta ja vaiheistus						
Mittalaitteen tyyppi		Mittalaitteen numero					
Huomautukset, lisäselvitykset, poikkeamat suunnitelmista yms.							