

Veli-Pekka Lempiö

OHJEISTUS JAKELUVERKON
KÄYTTÖÖNOTTOPÖYTÄKIRJOILLE

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2017

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Eltel Networks Oy:lle, digitaalisista käyttöönottotarkastus pöytäkirjoista sekä niihin sisältyvistä mittauksista ja tarkastuksista. Haluaisin kiittää Eltel Networks Oy:n henkilökuntaa Pirkkalan Sähkönjakelun yksiköstä ja Lempäälän Sähkönjakelun yksiköstä, jotka mahdollistivat työn sekä opastuksesta ja neuvoista työn edetessä. Lisäksi haluan kiittää ohjaavaa opettajaani Kari Lainetta ohjauksesta ja kannustuksesta.

OHJEISTUS JAKELUVERKON KÄYTTÖÖNOTTOPÖYTÄKIRJOILLE

Lempiö, Veli-Pekka
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2017
Sivumäärä: 41
Liitteitä: 9 + 23

Asiasanat: käyttöönotto, sähkö, pöytäkirja

Tässä opinnäytetyössä tehtiin ohjeistus digitaalisille käyttöönottopöytäkirjoille. Työssä tutkittiin standardeja, lakeja, sekä teoriaa käyttöönottotarkastuksen mittauksista ja otettiin sähköverkkoa käyttöön, jossa tehtiin tarvittavat käyttöönottotarkastukset, mittaukset ja käyttöönottopöytäkirjat. Tuloksena on ohjeistuspaketti, joka auttaa jakeluverkkoalalla työskentelevän työntekijän tekemään tarvittavat pöytäkirjat ja mittaukset, kun jakeluverkkoa otetaan käyttöön.

INSTRUCTION FOR THE POWER DISTRIBUTION COMMISSIONING RECORDS

Lempiö, Veli-Pekka

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2017

Number of pages: 41

Appendices:9 + 23

Keywords: law, power, records

The purpose of this thesis was to make instruction for the power distribution inspection records. On the thesis I studied laws, standards and theory of power distribution. Based on those studies and guidance of current inspection records used I was able to create this thesis. One of the reasons of this thesis was to make a guide to a current or future employees of power distribution field.

.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ELTEL NETWORKS OY	7
2.1	Eltel Networks Oy.....	7
2.2	Eltel ja Sähkönjakelu	7
3	SUOMEN SÄHKÖVERKKO.....	8
3.1	Kantaverkko	8
3.2	Alue- ja jakeluverkko.....	9
3.3	Jakeluverkon solmupisteet	9
3.4	Jakelujärjestelmä.....	12
4	PERUSTEET KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSELLE.....	13
4.1	Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135.....	13
4.2	Kauppa- ja Teollisuusministeriön päätös 517/1996.....	14
4.3	Standardit	15
5	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSESTA YLEISTÄ	16
5.1	Aistinvarainen tarkastus.....	16
5.2	Sähkönjakeluverkon mittaukset	16
5.2.1	Jatkuvuus	17
5.2.2	Eristysvastusmittaus	18
5.2.3	Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta.....	20
5.2.4	Vikavirtasuojien toiminnan testaus	21
5.2.5	Kiertosuunnan mittaus.....	22
6	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS JAKELUVERKOSSA	23
6.1	Aistinvaraiset ja toiminnalliset tarkastukset muuntamoon	25
6.2	Mittaukset	25
6.2.1	Laajan maadoitusverkon jatkuvuus	26
6.2.2	Jatkuvuusmittaukset	27
6.2.3	Eristysvastusmittaus	28
6.2.4	Kiertosuunta ja vaiheistus.....	30
6.2.5	Jännitteet	32
6.2.6	Vikavirtasuojat	33
6.2.7	Oikosulkuvirta	34
6.2.8	Muuntajan T/max	38
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	39
	LÄHTEET.....	41
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä ohjeistus sähköjakeluverkon käyttöönottopöytäkirjoista ja mittauksista. Ohjeistuksen tarkoituksena on helpottaa uusia työntekijöitä tekemään oikeat mittaukset, tarkastukset ja käyttöönottopöytäkirjat, kun sähköverkkoa otetaan käyttöön. Verkonhaltijoilla voi olla eri vaatimuksia standardien lisäksi mitä tarkistuksia ja mittauksia käyttöönottotarkastus sisältää. Tämä opinnäytetyö on tehty Tampereen Sähköverkko Oy:n vaatimukseen perustuen. Sähköurakoitsijan on nykytietämyksen mukaan tehtävä käyttöönottotarkastus kaikille suorittamilleen töille. Opinnäytetyö on rajattu maakaapeliverkoston mittauksille ja käyttöönottotarkastuksille.

Opinnäytetyön rakenne koostuu yritysesittelystä, Suomen sähköverkon rakenteesta, sähköturvallisuuslaista- ja standardeista, käyttöönottotarkastuksen teoriasta ja toiminnallisesta jakeluverkon osan käyttöönottotarkastuksesta.

2 ELTEL NETWORKS OY

2.1 Eltel Networks Oy

Eltel Networks Oy suunnittelee, rakentaa ja ylläpitää sähkö-, tele- ja viranomaisverkkoja. Eltel Networks Oy on suurimpia infraverkkoalan toimijoita, joka työllisti vuonna 2015 noin 9600 työntekijää ja liikevaihto vuonna 2015 oli 1,25 miljardia euroa. Toimintaa on 10 eri maassa, mutta päämarkkina-alueet ovat Pohjoismaissa, Baltian maissa ja Puolassa. Yrityksen palvelut jakautuvat kolmeen asiakasryhmään Power, Communications ja Transport & Security. Liikevaihdollisesti Power on suurin. (Eltel Networksin intranet-sivut 2015.)

2.2 Eltel ja Sähkönjakelu

Power segmentin alla oleviin liiketoimintoihin kuuluu Voimansiirto ja Sähkönjakelu. Sähkönjakelun kokonaispalvelut sisältävät sähköverkkopalvelut jännitealueella 0,4-45 kV ja sähköasemapaalvelut jännitealueella 110/20 kV.

Sähköverkkopalvelut kattavat kokonaistoimituksen ylläpitoon. Sisältäen suunnittelun, sijoitusluvut, rakentamisen ja dokumentoinnin. Ylläpito palveluihin kuuluvat tarkastukset, määräaikaishuollot, ennakoivat huoltotyöt, 24/7- viankorjausvalmius ja varasyöttö- ja viankorjauspalvelut.

Sähköasemapaalvelut tarjoaa kokonaistoimituksen, joka sisältää suunnittelun, rakentamisen, käyttöönoton ja dokumentoinnin. Ylläpito sisältää koestukset, testaukset, viankorjauksen, määräaikaishuollot, muuntajahuollot ja lämpökuvaukset.

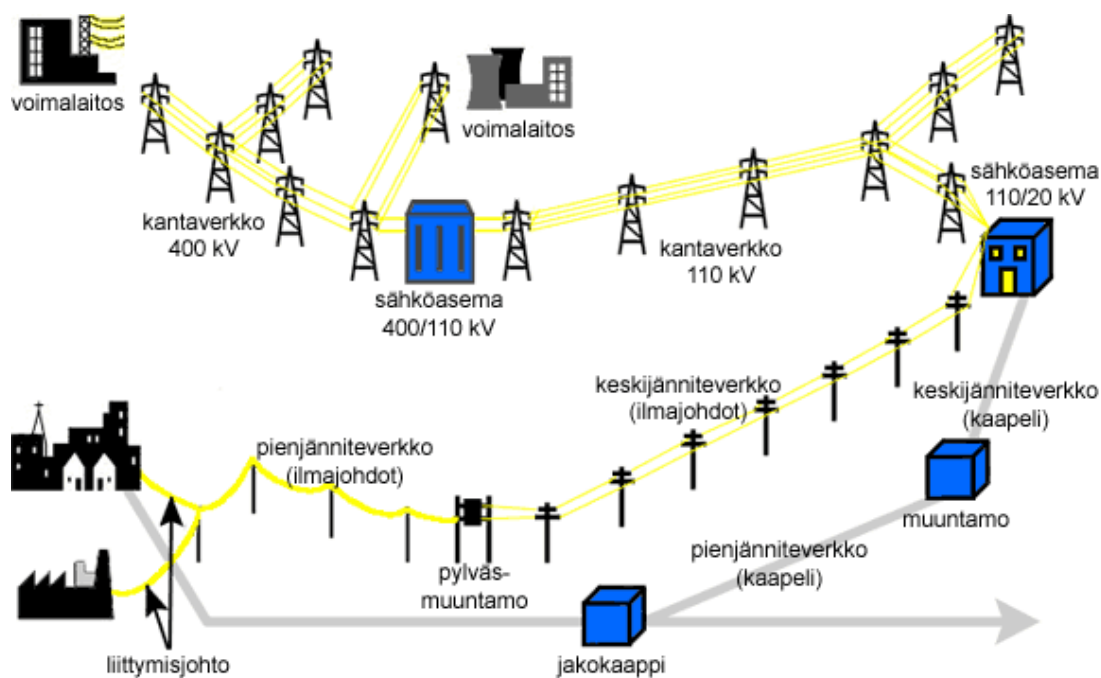
Asiakkaina sähkönjakelussa Eltelillä ovat alueelliset sähköverkkoyhtiöt ja teollisuus. (Eltel Networksin intranet-sivut 2015.)

3 SUOMEN SÄHKÖVERKKO

3.1 Kantaverkko

Suomen sähköverkko koostuu kantaverkoista, suurjännitteisistä jakeluverkoista, jakeluverkoista ja sähkön kuluttajista. Kantaverkkoon kuuluvat jännitetasoltaan johdot, 420 kV:a, 245 kV:a ja 123 kilovoltin johdot, jotka pystyy korvaamaan 420 kilovoltin johdon sen lauetessa tai jotka pystyy muodostamaan silmukkaverkon. (Elovaara & Haarla. 2011, 58.)

Pitkien sähkönsiirto yhteyksien takia jännitetaso on suuri kantaverkossa ja isoilla siirtotehoilla sähkönsiirrossa tulevien häviöiden minimoimiseksi. Kantaverkko on pitkälti Suomessa rakennettu ilmaeristeisenä eli johtimet ovat ilmajohtoja ja sähköasemat ovat ulosasennettuja. Jos tilaa on rajallisesti käytettävissä, rakennetaan kaasueristeisiä kytkinlaitoksia.



Kuva 1. Kanta- ja jakeluverkon periaatekuva (<http://elearn.ncp.fi/>)

Sähköasema on verkon solmupiste, joka toimii siirtoverkon kytkinlaitoksena ja muuntoasemana, jossa jännite yleisesti muunnetaan 400:sta 110:een kilovolttiin ja 110:stä 20:een kilovolttiin. Sähköasema toimii myös jakeluverkon kytkinlaitoksena. (Fingridin www-sivut 2016.)

Sähköasema, joka muuntaa jännitteen 110/20 kV koostuu 110 kV:n kojeistosta, tehomuuntajasta ja 20 kV:n kojeistosta. Sähköaseman sijainti määrittää hyvin pitkälle kuinka laajat kojeistorakenteet ovat. Alueilla missä sähkönkulutus on suurta tarvitaan laajoja kojeistoja. (Monni 2003, 117.)

3.2 Alue- ja jakeluverkko

Alueverkkoyhtiöt käyttävät vain 110 kilovoltin jännitteellä olevaa alueverkkoa. Jakeluverkkoyhtiöt sen sijaan käyttävät 110 kV:n, 20 kV:n ja 400 voltin jännitteitä jakeluverkossa. Kanta- ja jakeluverkon huomattavin ero on, onko verkkoluvassa maantieteellinen vastuualue ja verkossa oleva jännitetaso. Jakeluverkon haltijalla on aina maantieteellinen vastuualue ja verkon kehittämisvelvoite. (Elovaara & Haarla. 2011, 61-62.)

3.3 Jakeluverkon solmupisteet

Jakeluverkon tyypillinen jännite on 20 kilovoltia, joka muunnetaan jakelumuuntamoilla 400 volttiin (kuva 1). Jakelumuuntamoita on kolme erilaista tyyppiä, kiinteistömuuntamo, puistomuuntamo ja pylväsmuuntamo. Puisto- ja kiinteistömuuntamo sisältää tyypillisesti keskijännitekojeiston (Kuva 2), jakelumuuntajan ja pienjännitekojeiston (kuva 3). (Monni 2003, 10.)

Vanhat pylväsmuuntamot ja ilmajohtoverkko korvautuvat etenevässä määrin uusilla puistomuuntamoilla ja maakaapeloinnilla, koska tekninen käyttöikä alkaa olemaan ilmajohtoverkolla elinkaaren päässä ja maakaapeloinnilla saadaan jakeluverkko säävarmaksi. Riippuu tilanteen mukaan maantieteellisestä sijainnista onko maakaapelointi mahdollista ja kustannuksiltaan järkevää toteuttaa. (Elenian www-sivut 2016)



Kuva 2. Muuntamon keskijännitekojeisto (Veli-Pekka Lempiö)



Kuva 3. Muuntamon pienjännitekojeisto (Veli-Pekka Lempiö)

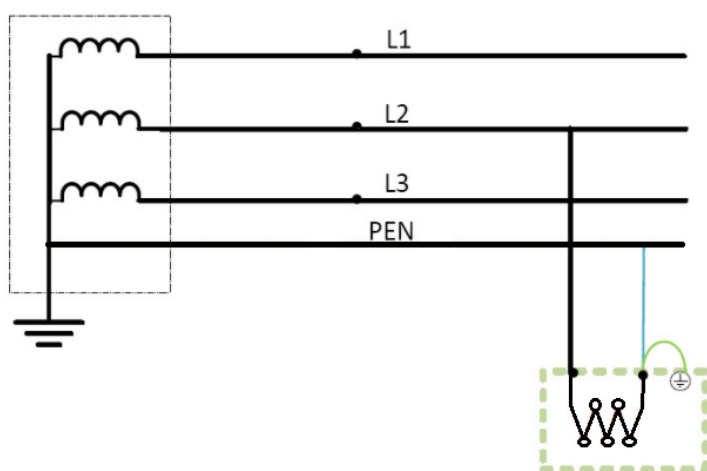
Pienjännitekojeistosta lähtevät syöttökaapelit jakokaapeille ja kuluttajille. Jakokaapit ovat pienjännitekaapeliverkon jakopisteitä, jonka tarkoituksena on haaroittaa maakaapelijakeluverkkoa haaroitusjohdoilla ja liittymisjohdoilla. Jakokaappi (Kuva 4) sisältää jonovarokeytkimet ja varokkeet, joiden avulla saadaan selektiivinen sulakesuojaus pienjännitemaakaapeliverkolle. (Monni 2002, 53.)



Kuva 4. Jakokaappi ja jonovarokeytkimet (Veli-Pekka Lempiö)

3.4 Jakelujärjestelmä

Käytettävät jakelujärjestelmät sähkölaitteistossa määritellään maadoitustavan perusteella IT-, TT- tai TN-järjestelmäksi. TN-järjestelmä luokitellaan vielä suojajohtimen käytön perusteella. Jakeluverkko kuuluu yleisesti TN-C-järjestelmään (kuva 5), jossa suoja- ja nollamaadoitusjohdintoiminnot ovat yhdistetty yhteen johtimeen koko järjestelmässä. (Tiainen 2013, 35-37.)



Kuva 5. TN-C-järjestelmä (<http://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahko-verkko/tn-jarjestelma/>)

4 PERUSTEET KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSELLE

4.1 Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135

42 §

”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.

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi varsinaiseen käyttötarkoitukseensa ajankohtana, jolloin tila, johon sähkölaitteisto on rakennettu, otetaan suunniteltuun käyttötarkoitukseensa tai toiminta, jota varten sähkölaitteisto on suunniteltu, alkaa.” (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 42 §)

6 §

”Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensamukaisesti 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, luovuttaa toiselle eikä ottaa käyttöön.” (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 6 §)

43 §

”Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastuksessa on riittävässä laajuudessa selvitetty, että siitä ei aiheudu 6 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. Käyttöönottotarkastus on tehtävä myös sähkölaitteiston muutos- ja laajennus-

töille. Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston käyttöönotto tarkastuksesta. Jos rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan niistä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia tarkastuksesta.

Sähkölaitteiston rakentajan tulee laatia käyttöönotto tarkastuksesta sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja vähäisiksi katsottavia töitä lukuun ottamatta. Näissäkin tapauksissa on sähkölaitteiston testausten tulokset kuitenkin tarvittaessa annettava laitteiston haltijalle” (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 43 §)

45 §

” Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston varmennustarkastuksesta. Jos rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan niistä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia tarkastuksesta.” (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 45 §)

52 §

”Jakeluverkonhaltijan on pidettävä rekisteriä jakelualueensa liittymien sähkölaitteistoista. Rekisteriin on tallennettava tiedot joiden perusteella voidaan sähköturvallisuuden valvontaa ja mahdollisten vahinkojen selvittämistä varten asianmukaisella tavalla selvittää laitteiston tyyppi, rakentaja sekä haltija tai omistaja” (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 52 §)

4.2 Kauppa- ja Teollisuusministeriön päätös 517/1996

3 §

“Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönotto tarkastus, jossa riittävässä laajuudessa selvitetään, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslain (410/96) 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä.” (KTMp 517/1996, 3 §)

4 §

” Käyttöönotto tarkastuksesta tulee laatia sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jollei 2 momentissa muuta määrätä. Tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi

kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja.

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.” (KTMp 517/1996, 3 §)

4.3 Standardit

SFS 6000	Pienjännitesähköasennukset
SFS 6001	Suurjännitesähköasennukset
SFS 6002	Sähkötyöturvallisuus
SFS 6003	Pienjänniteilmajohdot

5 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSESTA YLEISTÄ

Käyttöönottotarkastus sisältää mittaamalla tehtäviä tarkastuksia, toiminnallisia kokeita ja aistinvaraisia tarkastuksia. Tarkastuksen tekee aina sähköasennustyön suorittanut urakoitsija. Aistinvarainen tarkastus on työmaa-aikaista tarkastusta ja havainnointia. Kun sähköverkkoa rakennetaan, käyttöönotettavalle osalle tehdään tarvittavat mittaukset, toiminnalliset kokeet sekä tarkastuspöytäkirjat. Keskenpäiset sähköverkon osat pitää luotettavasti erottaa käyttöjännitteestä ja tarvittaessa työmaadoittaa. Käyttöjännitteestä erottaminen koskee myös jännitteettömänä suoritettavia mittauksia ja tarkastuksia. Tarkastuksen tekijän täytyy olla riittävän ammattitaitoinen sähköalan ammattihenkilö. (D1-2009 2009, 318-319.)

5.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraista tarkastusta tehdään koko työmaan ajan. Siihen sisältyvät seuraavat tarkastukset:

1. Asennuksien toteuttaminen suunnitelmien mukaan
2. Asennukset toteutettu ohjeiden mukaan
3. Kotelointiluokkien oikeellisuuden tarkistus
4. Mekaaniset kiinnitykset
5. Kosketussuojaukset
6. Palosuojaukset
7. Keskuksien ja johtimien merkinnät

(Lindeman & Sahinoja 2000, 134)

5.2 Sähkönjakeluverkon mittaukset

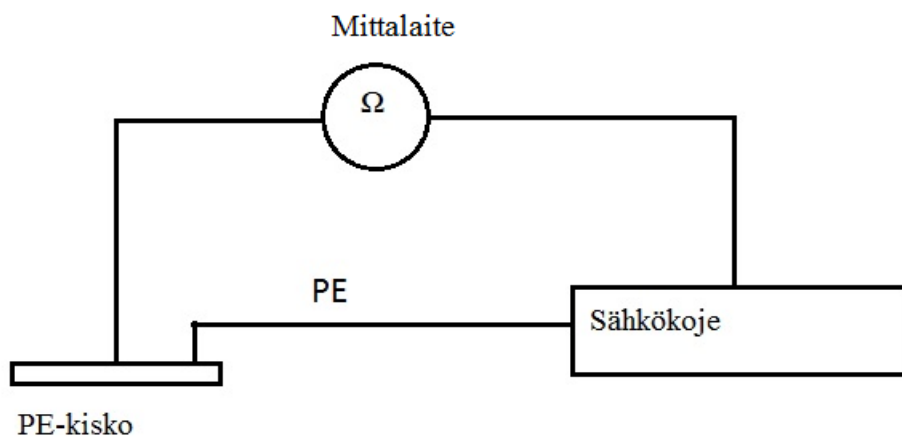
Mittaukset suoritetaan allaolevassa järjestyksessä.

1. Jatkuvuusmittaus
2. Eristysvastusmittaus
3. Jännitteet
4. Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta
5. Maadoituselektrodin resistanssin mittaaminen
6. Vikavirtasuojien toiminnan testaus
7. Kiertosuunta ja vaiheisuuden oikeellisuus
8. Toiminnan testaus

(D1-2009, 325-334)

5.2.1 Jatkuvuus

Jatkuvuusmittauksella varmistetaan ovatko suojajohtimet, PEN-johtimet, maadoitusjohtimet ja potentiaalintasausjohtimet jatkuvia, joka tarkoittaa, että liitokset ovat tehty kunnolla ja oikein. Standardissa on esitetty, että tämä mittaus tehdään ensimmäisenä, koska jos suojajohdin on poikki jostain kohdasta, ei eristysresistanssin riittävyyttä todeta. Impedanssin hyväksyttävä arvo on $< 1 \Omega$. Mittauksessa minimi mittausvirta on 0,2 A, joka on mittalaitestandardin EN 61557 mukainen ohjeistus. Mittaus kannattaa suorittaa pääpotentiaalintasauskiskostosta ja siirtyä vaiheittain keskuskohtaisiin mittauksiin. Kun suoritetaan mittausta TN-S järjestelmässä, pitää varmistua, että mitattava johdin on suojajohdin eikä nollajohdin. Suositeltavaa on irroittaa nollajohdin suojajohdinpiiristä kun mittauksia suoritetaan, jos kyseessä TN-S-järjestelmä (Kuva 6). (Kauppila, Tiainen & Ylinen 2010, 169-170.)



Kuva 6. Kytkentäkuva jatkuvuusmittauksesta (DI-2009, 326)

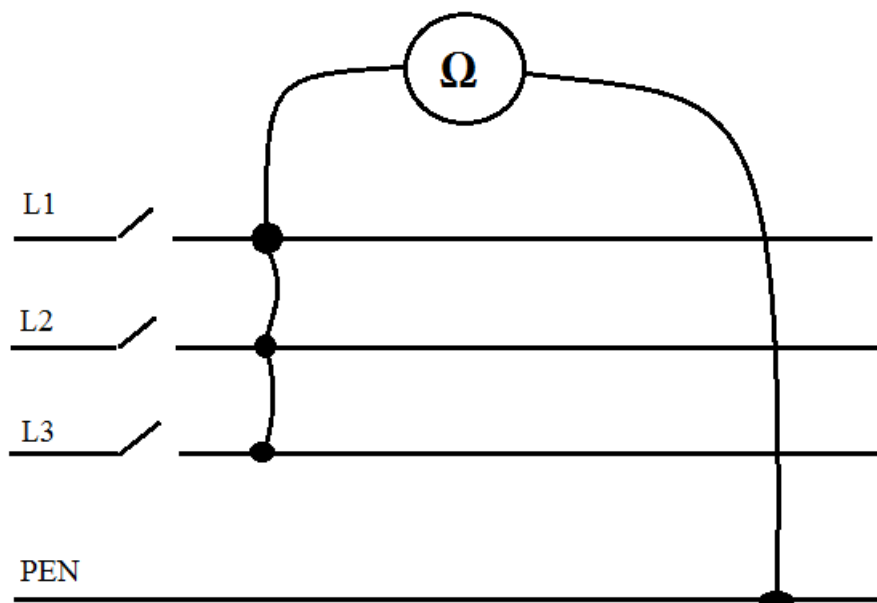
5.2.2 Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittauksella todetaan, että jännitteiset asennukset ovat tarpeeksi eristetty maasta. Eristysresistanssi mitataan kaikkien vaihejohtimien ja maan väliltä. Mittaus suoritetaan jännitteettömissä laitteistossa / johtimissa ennen laitteiston käyttöönottoa. Eristysvastusmittaus suoritetaan testijännitteellä, joka on riippuvainen virtapiirin nimellisjännitteestä (taulukko 1). Jos mittaustulos on pienempi, kuin sallittu arvo niin virtapiiriä ei saa kytkeä jännitteisiksi. Syy voi olla johtimen vioittunut eristys tai viallinen kytkentä. (Lindeman & Sahinoja 2000, 136-137.)

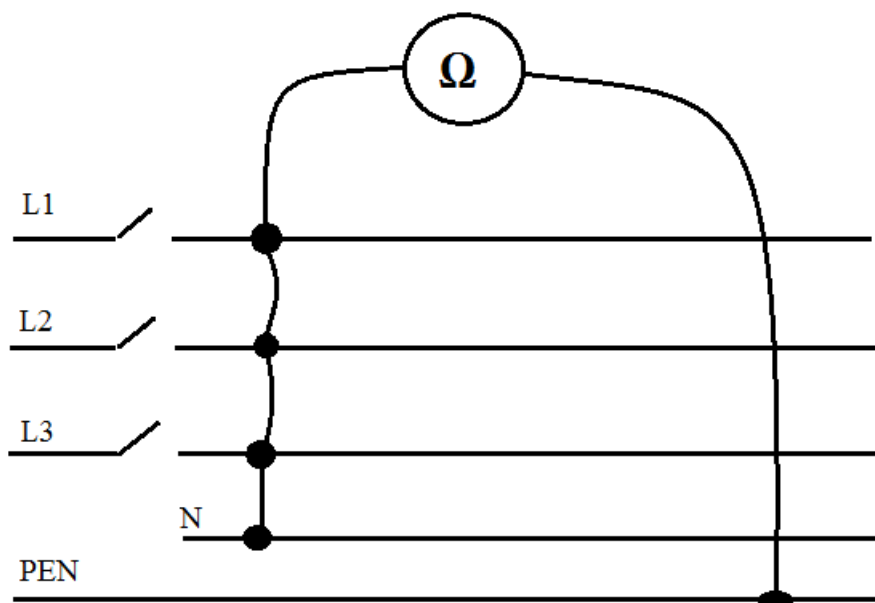
Taulukko 1. Pienimmät sallitut resistanssi arvot (Sähköasennukset 3, 174)

Virtapiirin U_n	Testijännite (DC) [V]	Eristysresistanssi [$M\Omega$]
SELV ja PELV	250	0,25
$AC \leq 500V$	500	0,5
$AC > 500V$	1000	1,0

Taulukossa 1 esitetty SELV ja PELV ovat pienisjännitejärjestelmiä. Nimellisjännite ei saa ylittää vaihtojännitteellä 50 voltia ja sykkeettömällä tasajännitteellä 120 voltia kyseisissä järjestelmissä (DI-2009, 114).



Kuva 7. KytKentäkuva eristysvastusmittauksesta TN-C-järjestelmässä (DI-2009, 328)



Kuva 8. KytKentäkuva eristysvastusmittauksesta TN-S-järjestelmässä (DI-2009, 328)

TN-S-järjestelmässä jos eristysresistanssimittaus tehdään ensimmäisenä mittauksena pitää nollajohdin ja PEN-johdin eriyttää toisistaan (kuva 8). Nollajohdinta pidetään

TN-S-järjestelmässä jännitteisenä johtimena. PEN-johdinta pidetään TN-C järjestelmässä osana maata (kuva 7). (Kauppila, Tiainen & Ylinen 2010, 173.)

5.2.3 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta

Vaatimukset koskien vikasuojaukseen täytyvät, kun vian aiheuttama kosketusjännite rajoitetaan vaarattomaan arvoon tai viasta johtuva kosketusjännite kytkeytyy pois vaatimusten edellyttämässä ajassa. (D1-2009 2009, 332.)

Maakaapeliverkon sähköinen suojaus toteutetaan yleensä sulakkeilla. Maakaapeli jakeluverkossa ei tarvitse olla ylikuormitussuojaukseen, joten sulakesuojaus on yleensä määritetty oikosulkusuojauksen perusteella. Ilmajohtoverkossa esimerkiksi yleisesti käytetty AMKA-riippukierrekaapeli verkko pitää varustaa ylikuormitussuojalla. Ylikuormitussuojana toimii yleensä liittymän pääsulakkeet ja oikosulkusuojana ylivirtasuojat eli esimerkiksi jakokaapissa oleva sulakesuojaus. Jakeluverkon yksivaiheisen oikosulun poiskytkentä-aika saa yleisesti olla enintään 5 sekuntia. Pienin oikosulkuvirta suhteessa sulakkeen nimellisvirtaan on esitetty taulukossa 2. Kuvassa 9 esitetty PE-johtimen ja vaiheen välisen oikosulkuvirran mittausta. (Monni 2003, 23-27.)

Oikosulkuvirta pystytään laskemaan, kun tiedossa on oikosulkuvirtapiirin impedanssi kaavalla:

$$(1) \quad I_k = \frac{(U * c)}{(\sqrt{3} * Z)}$$

jossa

I_k on oikosulkuvirta [A]

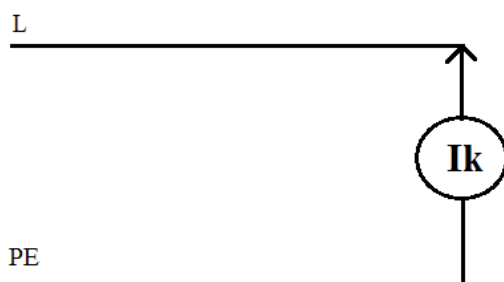
U on pääjännite [V]

Z on oikosulkuvirtapiirin impedanssi [Ω]

c on 0,95 (kerroin joka ottaa huomioon jännitteenalennuksen, liittimissä, johdoissa jne.)

Taulukko 2. Pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta jakeluverkossa (Sähkölaitosasetan ammattioppi, 26)

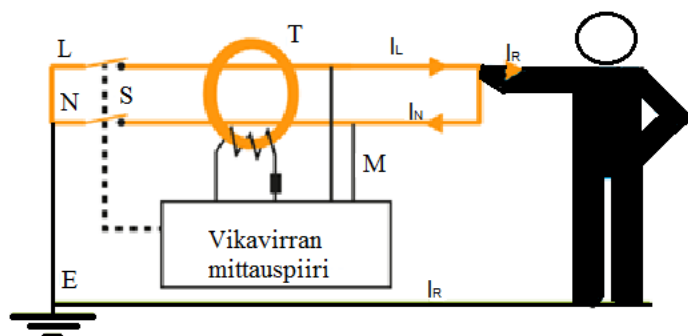
Ylivirtasuojaja / gG sulake	Pienin yksivaiheinen I_k jakeluverkossa
$I_n \leq 63 \text{ A}$	$2,5 * I_n$
$I_n > 63 \text{ A}$	$3 * I_n$



Kuva 9. Kytkentäkuva oikosulkuvirran mittauksesta (DI-2009, 332)

5.2.4 Vikavirtasuojien toiminnan testaus

Vikavirtasuojan toiminta perustuu siihen, että vaiheelta L1 sähkökojeeseen menevä virta palaa nollajohdinta pitkin ja niiden virtojen summa on nolla. Jos summavirta ei ole nolla, silloin virtapiirissä on vuoto, mikä voi aiheuttaa vaarallisen kosketusjännitteen (kuva 10). Vaihe- ja nollajohtimen virran summaa mittaa summavirtamuuntaja. (Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus Ry:n www-sivut 2016)



Kuva 10. Vikavirtasuojan periaate (Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus Ry:n www-sivut 2016)

Kaikki vikavirtasuojat on testattava mitä sähköasennukseen kuuluu. Vikavirtasuojan toiminta testataan ensin testipainikkeella. Edellä mainitun jälkeen mitataan, että vikavirtasuojan laukaisuvirta ei ylitä nimellistoimintavirtaa. Laitestandardin mukaan vikavirtasuojan toimintavirta tulee olla 0,5...1 kertaa nimellistoimintavirta. Suositeltavaa on myös mitata kytkimen laukaisuaika. (Kauppila, Tiainen & Ylinen 2010, 183.)

5.2.5 Kiertosuunnan mittaus

Sähkökentän pyörimissuunnan pitää olla myötäpäivään, tämän vuoksi pitää mitata aina vaihejärjestys. Jos vaihejärjestys on väärä, niin esimerkiksi kolmivaiheinen sähkömoottori pyörii väärään suuntaan. (Lindeman & Sahinoja 2000, 142.)

6 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS JAKELUVERKOSSA

Tampereen Sähköverkko Oy:llä on käytössä Headpower työnohjausjärjestelmä. Työnohjausjärjestelmää käytetään urakoitsija ja tilaajan väliseen tiedonsiirtoon. Eltel Networks Oy on Tampereen Sähköverkko Oy:n sopimusurakoitsija. Headpower järjestelmässä on tarvittavat käyttöönottotarkastuspöytäkirjat digitaalisena. Teimme Tampereen Sähköverkko Oy:lle työn, jossa otettiin uutta jakeluverkkoa käyttöön. Verkonosalle tehtiin tarvittavat käyttöönottotarkastukset ja mittaukset.

Jakeluverkon osa, joka otettiin käyttöön koostui:

- 1 kpl uusi puistomuuntamo
- 2 kpl uutta keskijännite syöttökaapelia puistomuuntaan, jotka tehtiin jatkoilla vanhoihin olemassa oleviin kaapeleihin
- Syöttökaapelit muuntamon pienjännitekojeistolta kuluttajille ja jakokaapille
- 1 kpl uusi jakokaappi
- Syöttökaapelit jakokaapilta kuluttajille

Tehtävät käyttöönottotarkastukset ja mittauspöytäkirjat verkonosalle:

- Puistomuuntamo:
 - TP05 Puisto- ja kiinteistömuuntamon käyttöönottotarkastuspöytäkirja.
- 2 x keskijännite syöttökaapelia:
 - TP032 KJ - Kaapelin ja haaroituskaapin käyttöönottotarkastuspöytäkirja

- 2 x Mittaus-/Testauspöytäkirja, KJ - Johdon käyttöönottotarkastus (Jokaisesta käyttöönotettavasta keskijännitekaapelista)
- Muuntamon pienjännitekeskuksesta:
 - MP Mittaus-/Testauspöytäkirja, PJ - Johdon käyttöönottotarkastus (Jokaisesta käyttöönotettavasta kaapelista kirjataan mitatut arvot lähdeittäin samalle pöytäkirjalle)
- Jakokaappi:
 - TP022 PJ - Kaapelin ja jakokaapin käyttöönottotarkastuspöytäkirja
 - MP Mittaus-/Testauspöytäkirja, PJ - Johdon käyttöönottotarkastus (Jokaisesta käyttöönotettavasta kaapelista kirjataan mitatut arvot lähdeittäin samalle pöytäkirjalle)

Aistinvaraista tarkastusta tehdään koko työmaan ajan. Aistinvaraista tarkastusta määrittävät standardit ja jakeluverkkoyhtiön ohjeistukset. Seuraavassa osioita, joihin tulisi kiinnittää erityistä huomiota tarkastusta tehdessä.

Käyttöjännitteestä erotettuun verkonosaan tai laitteistoon on suhtauduttava kuten jännitteeseen osaan, jos ei ole asianmukaisesti työmaadoitettu. Ennen kuin jännitteettömät mittaukset ja tarkastukset aloitetaan varmistutaan seuraavista asioista:

1. Täydellinen erottaminen
 - Huomioidaan rengassyötöt, apuvirtapiirit, ohjauspiirit, mittauspiirit
 - Avataan erotinväli ja varmistutaan, että on luotettava asennonosoitus 0 – 1, silmin havaittava erotusväli tai irrottamalla sulakkeet
2. Jännitteen kytkemisen estäminen
 - Erotuslaite lukitaan
3. Jännitteettömyyden toteaminen
4. Työmaadoittaminen
 - Työmaadoittamislaitteen sopivuuden tarkistus
 - Tarkastetaan voidaanko työmaadoittaa turvallisesti
 - Tarkastetaan voidaanko kiinnittää luotettavasti työmaadoituskohtaan
5. Tehdään työmaadoitus
6. Suojaus jännitteisiltä osilta jotka sijaitsevat läheisyydessä
7. Lupa työn aloittamiseen

- Luvan antaa henkilö jonka vastuulle on määrätty turvallisuustoimenpiteet koh-
teessa
- 8. Työmaadoitusten poisto
- 9. Kytkeä takaisin jännitteiseksi
- Vain luvan saatua saa kytkeä takaisin jännitteiseksi
(Monni 2003, 86-87.)

6.1 Aistinvaraiset ja toiminnalliset tarkastukset muuntamoon

Liitteissä 1-6 on selvennetty mitä tarkastetaan ja testataan aistinvaraisessa tarkastuk-
sessa ja kirjataan mahdolliset puutteet pöytäkirjaan TP05 Puisto- ja kiinteistömuunta-
mon käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Osa tarkastuksista on helpoin tehdä jännitteettö-
mässä laitteistossa.

Jakokaapeille, pienjännite- ja keskijännitejohtimille tehdään myös aistinvaraiset tar-
kastukset ja tehdään tarvittavat käyttöönottopöytäkirjat (s. 22).

Aistinvaraisessa tarkastuksessa on hyvä kiinnittää huomiota merkintöihin ja työnai-
kaiseen työturvallisuuteen. Kaapeleihin, muuntamoihin ja jakokaappeihin merkinnät
tehdään aina jakeluverkkoyhtiön ohjeistuksen mukaisesti.

6.2 Mittaukset

Mittalaitteet, joita käytettiin mittauksissa olivat eristysvastusmittari Fluke 1550C,
asennusteri Fluke 1652C, jännite/jatkuvuustesteri Fluke T150 ja Chauvin Arnoux
RMS-pihtimittari. Liitteessä 9 on esitetty taulukko muodossa mittauspisteet, mittauk-
set, mittalaitteet ja pöytäkirjat suhteessa mittauksiin.

6.2.1 Laajan maadoitusverkon jatkuvuus

Laajan maadoitusverkon jatkuvuus mitataan, jos jakeluverkonhaltija sitä vaatii. Laajan maadoitusverkko on esimerkiksi kyseessä silloin, kun vähintään 3 muuntamo muodostaa maadoitusjohtimella renkaan ja ne muodostavat lähes tasapotentiaalipinnan. Jos yksi maadoitusjohdin menee poikki, niin maadoitusyhteys muuntajien välillä on vielä toimiva. Laaja maadoitusverkko muodostuu yleisesti kaupunkialueilla.

Mittausohje laajan maadoitusverkon jatkuvuuden mittaamiseen:

- Todetaan kaapelin jännitteettömyys ja maadoitetaan keskijännitekaapeli molemmista muuntamoista.
 - Päämaadoituskiskojen liitoksien kireys varmistetaan muuntamoissa.
 - Foliomaadoitukset irroitetaan kaikista keskijännitekaapelin vaiheista sekä mitauspaikan kennon rungosta ja varmistetaan, että ne ovat eristettyinä muista maadoitetuista osista mittauksen ajan.
 - Irrotetaan keskijännitekaapelin yhden vaihejohtimen pistokepäätteen päätytulppa. Vaihetta käytetään osamittauspiirinä muuntamoiden välillä.
 - Asennustesterin (Fluke 1652C) mittajohditimet kytketään mitattavan muuntamon päämaadoituskiskon ja KJ-kaapelin vaihejohtimen välille.
 - Maadoitus poistetaan keskijännitelähdöstä, minne mittajohdin kytketty.
 - Mitataan muuntamon päämaadoituskiskon ja keskijännitekaapelin vaiheen välinen tasavirtavastus.
 - Kytketään maadoitus kiinni keskijännitelähtöön, minne mittajohdin on kytketty. Mittauskytkennät puretaan ja asennetaan pistokepäätteen vaiheen päätytulppa paikalleen. Pistokepäätteen ja päätytulppa pitää puhdistaa ja voidella sili-konirasvalla ennen asennusta.
 - Kiinnitetään keskijännitekaapelin vaiheiden foliomaadoitukset kennoon.
 - Maadoitukset poistetaan keskijännitekaapelin molemmista päistä.
- (Henkilökohtainen tiedoksianto, Virtanen Jari)

Hyväksyttävä tulos lyhyehköille kaapelipituuksille on $<1 \Omega$. Kirjataan mitattu arvo TP05 käyttöönottopöytäkirjaan kohtaan Laajan maadoitusverkon jatkuvuus.

Uuteen muuntajaan tuli kaksi uutta syöttökaapelia kahdelta vanhalta muuntajalta. Niiden lisäksi tuli kaksi maadoituskuparia joilla saadaan toteutettua, että uudessakin puistomuuntamossa toteutuu laajan maadoitusverkon ehdot. Molemmista maadoituskupareista pitää mitata laajan maadoitusverkon jatkuvuus ja kirjata arvot TP05 kohtaan Maadoitukset.

6.2.2 Jatkuvuusmittaukset

Varmistetaan PEN-johtimien jatkuvuus. Mitataan silmukkaimpedanssi mittauksella muuntamon PJ-keskuksesta. Mitataan vaiheen ja PEN-johtimen väliltä. Kirjataan mitattu arvo pöytäkirjaan TP05. Mitataan myös pienjännitekeskuksesta jokaisen lähtevän pienjännitekaapelin PEN-johtimen jatkuvuus ja jakokaapilta lähtevien pienjännitekaapeleiden jatkuvuudet ja kirjataan tulokset erilliselle MP Mittaus-/Testauspöytäkirja, PJ - Johdon käyttöönottotarkastus. Keskuksen jokaisen lähdön mitatut arvot kirjataan lähdoittäin samalle mittauspöytäkirjalle. Mitataan yhdistetty arvo muuntamon päämaadoituskiskosta. Päämaadoituskiskoon on kytketty potentiaalinojousjohtimet ja käyttömaadoitusjohtimet. Päämaadoituskiskosta mitataan yhdistetty arvo ja kirjataan arvo pöytäkirjaan TP05 kohtaan Maadoitukset Yhdistetty.

Keskijännitekaapeli AHXAMK-W sisältää kuparisen keskusköyden, jonka funktio on ettei mahdollinen kaksoismaasulku aiheuttaisi vaaraa kennojen vaihdon yhteydessä. Keskijännitekojeiston kennojen suojamaadoitus toteutetaan keskusköysillä. Keskusköysi kytketään aina saman kaapelin kennon maadoitusosaan. Keskusköysien jatkuvuus mitataan jokaisesta käyttöönotettavasta keskijännitekaapelista ja kirjataan arvo pöytäkirjaan Mittaus-/Testauspöytäkirja, KJ - Johdon käyttöönottotarkastus.

6.2.3 Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittaus tehdään jokaiselle käyttöönotettavalle kaapelille. Jakeluverkonhaltija voi vaatia lisäksi eristysvastusmittausta muuntajakoneelle.

Ennen mittausta mitattava sähköpiiri pitää luotettavasti erottaa käyttöjännitteestä jokaisesta syöttösuunnasta. Estää luotettavasti jännitteen kytkeminen työkohteeseen. Todeta jännitteettömyys ja työmaadoittaa asian mukaisilla välineillä niin ettei vaikuta mittaustulokseen.

Mitattu arvo kirjataan Mittaus-/Testauspöytäkirja, KJ - Johdon käyttöönototarkastus, Eristysvastus. Poistetaan mittauskenttä (kuva 11).

Työmaalla mitattiin kaikkien vaihejohtimien ja maan väliltä 5000 voltin koejännitteellä 60 sekunnin ajan ja tulokseksi vaiheen L3 ja maan väliltä saatiin 52,6 gigaohmia (kuva 11 ja 12). Muiden vaiheiden välillä arvo oli 50 gigaohmin luokkaa joka on hyväksyttävä arvo. Eristysvastusmittaukset tehdään jokaiselle käyttöönotettavalle pien- ja keskijännitekaapelille ja kirjataan mitatut arvot MP Mittaus-/Testauspöytäkirja, PJ - Johdon käyttöönototarkastus ja Mittaus-/Testauspöytäkirja, KJ - Johdon käyttöönototarkastus.



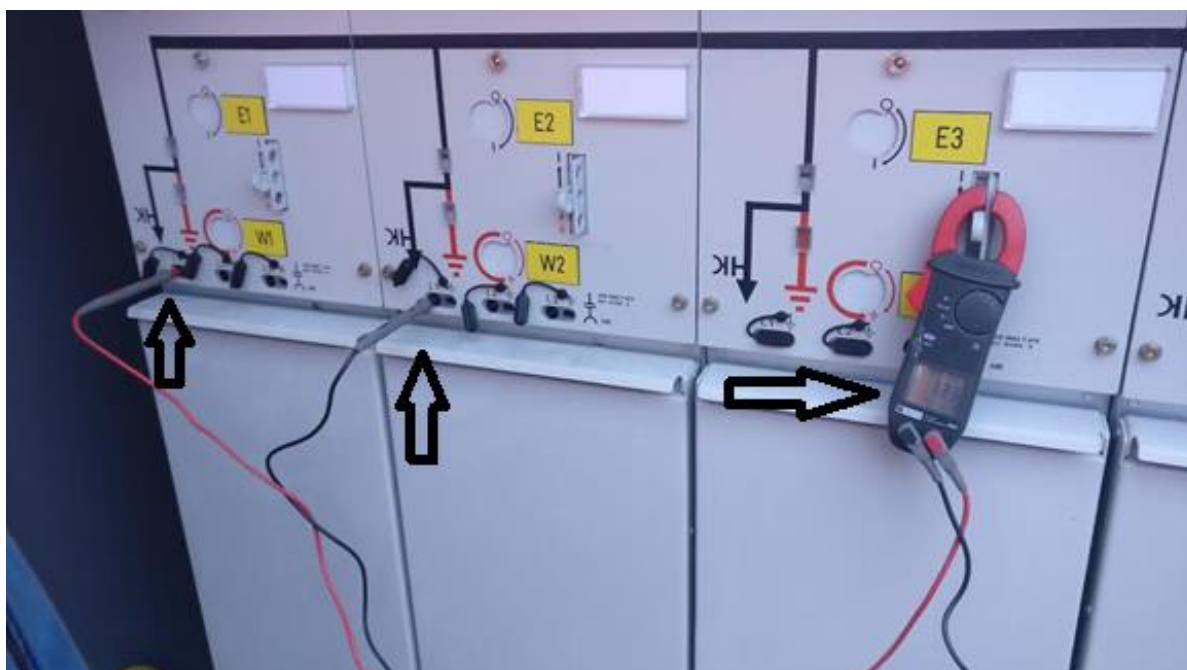
Kuva 11. Eristysvastusmittauksen kytkentä (Veli-Pekka Lempiö)



Kuva 12. Eristysvastusmittari Fluke 1550C (Veli-Pekka Lempiö)

6.2.4 Kiertosuunta ja vaiheistus

Käyttöön otettavaan puistomuuntamoon tuli kaksi uutta keskijännitesyöttökaapelia. Muuntamossa on SF6-kaasueristeinen keskijännitekojeisto. Vaiheisuuden oikeellisuus todettiin vaihtovirta RMS-pihtimittarilla keskijännitekojeistosta. Kojeistorakenteessa on kapasitiivinen jännitemuuntaja, joka alentaa jännitteen sopivalle tasolle, josta voi jännitteenilmaisimella todeta onko jännite kennoissa. Molempien syöttökaapelien samojen vaiheiden jännite-ero pitää olla lähellä 0 voltia, niin vaiheisuus on oikea. Vaiheisuus mitataan samoista liittimistä joista jännite todetaan ilmaisimella. Mitattavassa kohteessamme mitatuksi arvoksi tuli kennojen E1 ja E2 vaiheiden L1-L1 väliltä 1,23 voltia ja vaiheiden L2-L2 välillä 0,74 voltia. Mitattaessa jännite-ero vaiheiden välillä L1-L2 oli noin 30 voltia joten vaiheisuus todettiin oikeaksi mitatulla arvolla 1,23 voltia vaiheiden L1-L1 välillä ja arvolla 0,72 voltia vaiheiden L2-L2 välillä (kuva 13). Kirjataan Mittaus-/Testauspöytäkirja, KJ - Johdon käyttöönottotarkastus pöytäkirjaan vaiheistus oikea.



Kuva 13. Keskijännitepuolen vaiheisuuden oikeellisuuden mittaus (Veli-Pekka Lempiö)

Vaikka keskijännitekennoston vaiheellisuus on oikea voi olla, että muuntajan kanteen on kytketty pienjännite- tai keskijännite-puolien päätteet väärässä järjestyksessä, joten

kiertosuunta pitää mitata pienjännitekojeistosta. Kiertosuunta mitattiin muuntamon pienjännitekeskuksesta vaiheiden L1 ja L2 väliltä (kuva 14) ja sähkötesteri mittasi pyörimissuunnaksi myötäpäivään, joten kytkennät olivat oikein .

Vanhaan asennukseen liittyvässä asennuksessa täytyy huomioida kiertosuunnan yhteensopivuus vanhan verkon kanssa.



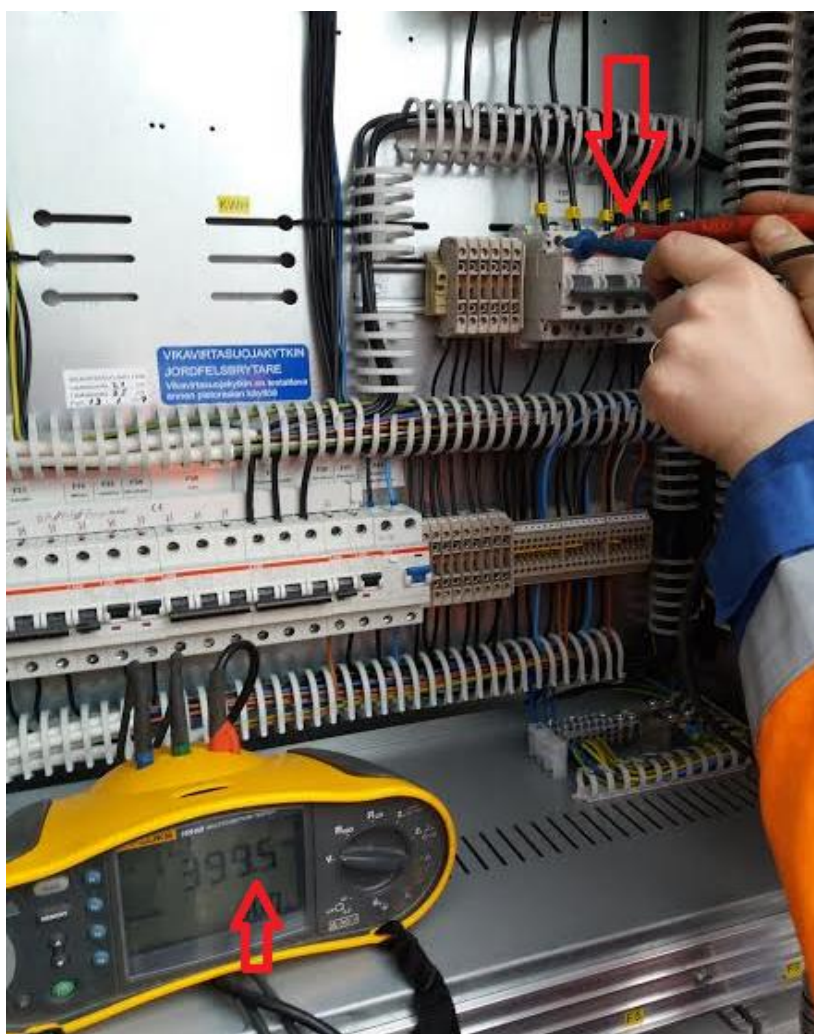
Kuva 14. Kiertosuunnan mittaus Fluke T150 sähkötesterillä jonovarokeytkimestä (Veli-Pekka Lempiö)

Kirjataan pöytäkirjaan TP05 kohtaan Kiertosuunta ja vaiheistus ”R”, kun keskijännite- ja pienjännitekiertosuunnat mitattu.

Kiertosuunta mitataan jokaisesta käyttöön otettavasta lähdöstä, niin pienjännitekeskuksesta kuin jakokaapistakin ja kirjataan mitatut tulokset lähdoittain mittauspöytäkirjoihin.

6.2.5 Jännitteet

Mitataan omakäyttökeskuksesta jännitteet kaikkien vaiheiden (kuva 15) sekä L1 ja PEN -johtimen väliltä ja kirjataan tulokset pöytäkirjaan TP05 kohtaan jännitteet. Jos vaiheiden välisissä jännitteissä on eroa, on syytä mitata jokaisen vaiheen ja PEN –johtimen välinen jännite. Kirjataan mitatut jännitteet pöytäkirjaan TP05.

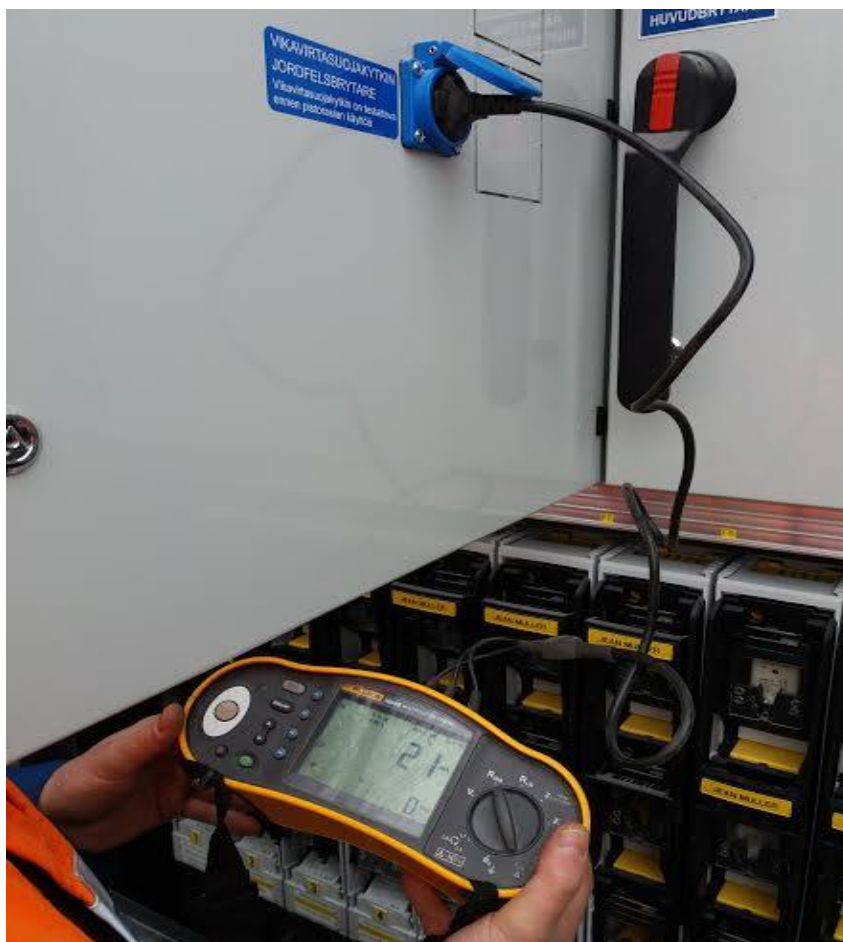


Kuva 15. Omakäyttökeskuksesta jännitteiden mittaus (Veli-Pekka Lempiö)

Jännitteet mitataan jokaisesta käyttöönotettavasta lähdöstä, niin pienjännitekeskuksesta kuin jakokaapistakin ja kirjataan mitatut tulokset mittauspöytäkirjoihin.

6.2.6 Vikavirtasuojat

Käyttöönotettuun puistomuuntamoon kuuluu omakäyttökeskus, joka on varustettu yhdellä yksivaihepistorasialla. Pistorasia on varustettu vikavirtasuojalla. Vikavirtasuojan nimellistoimintavirta suojassa on 30 mA. Vikavirtasuojan testipainikkeen toiminta testattiin. Yksivaihepistorasian mitatuksi toimintavirraksi saatiin 21 mA (kuva 16) ja toiminta-ajaksi 35,3 ms (kuva 17). Mitattu toimintavirta ja laukaisuaika kirjattiin käyttöönototarkastuspöytäkirjaan TP05. Vikavirrat mitattiin asennustesteri Fluke 1652C:llä



Kuva 16. 1-Vaihepistorasiasta vikavirtasuojan toimintavirran mittaus (Veli-Pekka Lempiö)



Kuva 17. Vikavirtasuojan mitattu laukaisuaika (Veli-Pekka Lempiö)

6.2.7 Oikosulkuvirta

Oikosulkuvirrat mitataan verkon lähtö- tai solmupisteeltä tai liittymältä. Eli muuntamon omakäyttökeskuksesta, pienjännitekeskuksesta, jakokaapista, mutta ensisijaisesti mitataan liittymältä. Mittaus liittymältä, koska oikosulkuvirta pienenee ja lähdeimpedanssi kasvaa muuntamolta lähdetessä kohti kulutuspiistettä. Tulokset kirjataan mitauspöytäkirjoihin.

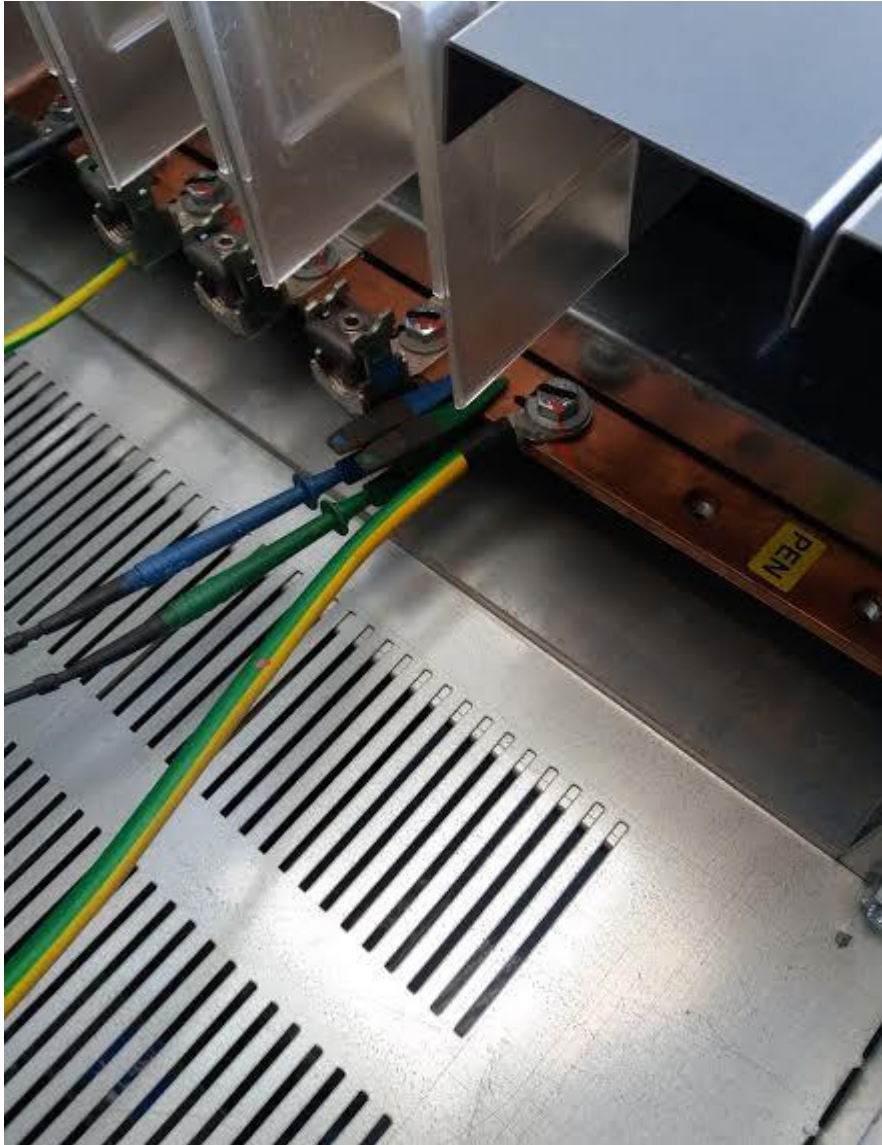
Oikosulkuvirta mitattiin omakäyttökeskuksen yksivaiheisesta pistorasiasta Fluke 1652C asennustesterillä (kuva 18). Silmukkaimpedanssin arvoksi saatiin $0,3 \Omega$ ja oikosulkuvirraksi 771 ampeeria. Liitteessä 8 esitetty mitoitusarvoja.



Kuva 18. Silmukkaimpedanssin mittaus 1-vaihepistorasiasta (Veli-Pekka Lempiö)

Oikosulkuvirta mitattiin silmukkaimpedanssimittauksella myös muuntamon pienjännitekeskuksesta lähdöstä 1. Mittalaitteena oli Fluke 1652C.

Vihreä ja sininen mittajohdin kytketään testerin PE- ja N-liittimiin ja mittajohdinten hauenleuat pienjännitekeskuksen PEN-kiskoon (kuva 19). Punainen mittajohdin kytketään testerin liittimen L ja lähdön 1 jonovarokeytkimen koskettimen välille. (kuva 20).



Kuva 19. Mittajohtimet PEN-kiskossa (Veli-Pekka Lempiö)



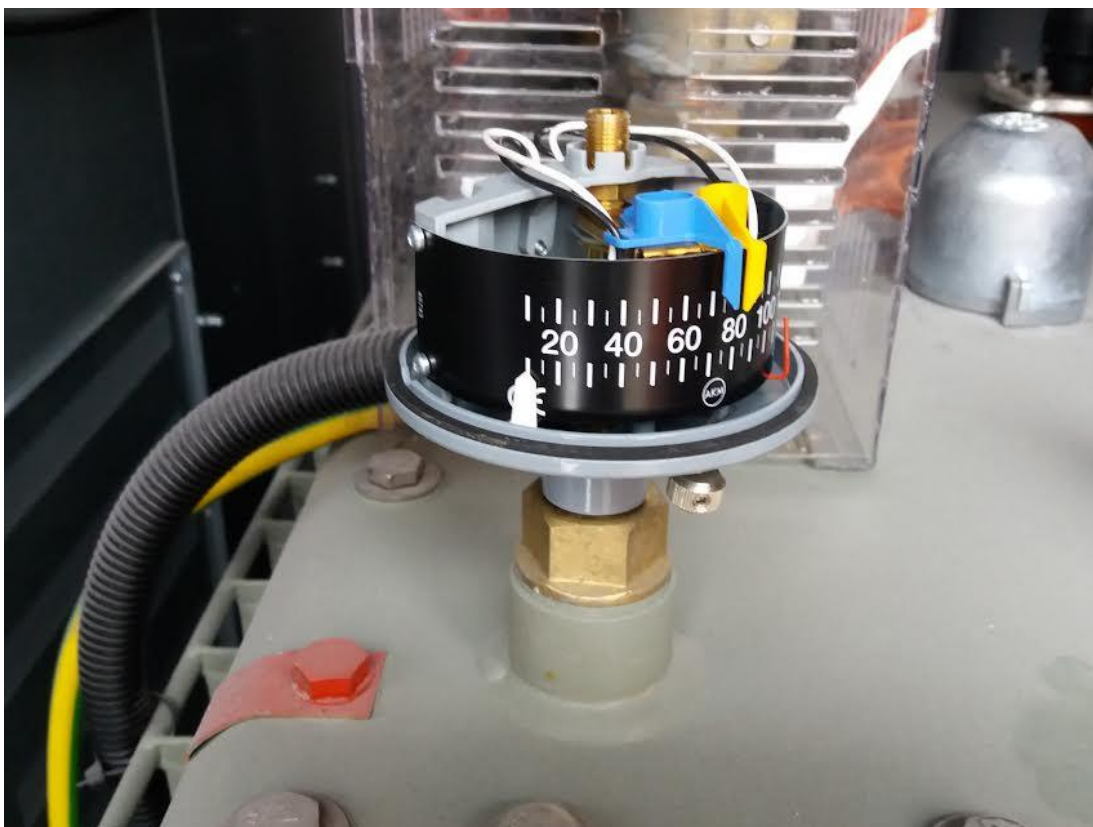
Kuva 20. Silmukkaimpedanssin mittaaminen (Veli-Pekka Lempiö)

Silmukkaimpedanssin mitatuksi tulokseksi saatiin $0,13 \Omega$ ja oikosulkuvirraksi 1,7 kA:a, joka on riittävä jakeluverkon runkojohdolle.

Oikosulkuvirta ensisijaisesti mitataan liittymältä jos pääsy vain mahdollista. Oikosulkuvirrat ja PEN-johtimien jatkuvuudet kirjataan mittauspöytäkirjoihin.

6.2.8 Muuntajan T/max

Testataan kosketinlämpömittarin toimivuus ja tarkastetaan muuntajan suurin sallittu lämpötila ja kirjataan pöytäkirjaan TP05. Laukaisukosketin asetetaan verkkoyhtiön ohjeistamaan asetusarvoon (Kuva 21).



Kuva 21. Muuntajan kosketinlämpömittari (Veli-Pekka Lempio)

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tavoitteena oli tehdä ohje jakeluverkon käyttöönottopöytäkirjoista ja niihin sisältyvistä mittauksista. Tämä työ antaa perusteet ja valmiudet suorittaa mittaukset oikein sekä tehdä tarvittavat tarkastukset.

Tarkastellessani valmistuneiden töiden loppudokumentaatiota huomasin, että osasta töistä puuttui tarvittavia pöytäkirjoja. Huomionarvoista on, että jokaisesta keskijännitekaapelista on tehtävä oma KJ-kaapelin mittausta / testauspöytäkirja. Koska puistomuuntamon TP05 pöytäkirjaan merkitään samoja mittaustuloksia kuin KJ-kaapelin mittausta / testauspöytäkirjaan aiheuttaa tämä sekaannusta mitä pöytäkirjoja tarvitsee tehdä.

Headpower -sivustolla huomasin useita epä johdon mukaisuuksia pöytäkirjoja täytettäessä. Pöytäkirjoista löytyy jokaiselle mitattavalle arvolle oma kohtansa. Siirryttäessä laajan maadoitusverkon mittaustuloksen täyttöohjeeseen, ohjeistus oli potentiaalirenkään jatkuvuusmittauksesta. Kyseistä jatkuvuutta ei mitata vaan tarkastetaan lähinnä silmämääräisesti jos mahdollista. Virheellisten ohjeistuksien vuoksi järjestelmän käyttäjä saattaa täyttää pöytäkirjan puutteellisesti.

Pöytäkirjassa Mittaus-/Testauspöytäkirja, KJ - Johdon käyttöönottotarkastus kohdassa Maadoituksen jatkuvuus ei kerrota mikä maadoituksen jatkuvuus pöytäkirjaan tulisi merkitä. Kyseessä on maasulkuvirtojen ohjaamiseen tarkoitettujen keskusköyden jatkuvuuden mittaustulosarvo.

Kehitysehdotuksena työnohjausjärjestelmälle olisi, kun tilaaja tilaa urakoitsijalta työn tietyillä yksiköillä tai komponenteilla työnohjausjärjestelmän kautta. Yksikölle tai komponentille tulisi suoraan tarvittava pöytäkirja ja työllä ei olisi kuin tarvittavat pöytäkirjat. Näin pystytään välttämään erehdykset pöytäkirjojen suhteen.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä selväpiirteinen ohjeistus siitä miten sähköverkoasentaja pääsisi alkuun, kun sähköverkkoa otetaan käyttöön. Jatkossa opinnäytetyötä kehittämällä siitä saa ohjeistuspaketin eri jakeluverkonhaltijan verkkoon muokkauksilla ja lisäyksillä. Ohjeistus tulee parantamaan uuden työntekijän perehdyttämistä, siihen mitä mitataan, miten mitataan ja mihin asioihin kiinnitetään huomiota käyttöönottotarkastuksessa. Työ oli itsellekin erittäin opettavainen ja tulee varmasti hyödylliseksi jatkoa ajatellen.

LÄHTEET

- D1-2009. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 14. uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
- Elearn www-sivut. 2003. Viitattu 4.12.2016. <http://elearn.ncp.fi/>
- Elenian www-sivut. 2016. Viitattu 10.12.2016. <http://www.elenia.fi>
- Elovaara, J & Haarla, L. 2011. Sähköverkot 1: Järjestelmätekniikka ja sähköverkon laskenta. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press / Otatieto.
- Eltel Networks Intranetin www-sivut. 2015. Viitattu 14.10.2016. Salattu lähde.
- Fingridin www-sivut. 2016. Viitattu 4.12.2016. <http://www.fingrid.fi>
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä. 1996. A 5.7.1996/517.
- Kauppila, J., Tiainen, E. & Ylinen, T. 2010. Sähköasennukset 3. 2. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
- Lindeman, K & Sahinoja, T. 2000. Sähkömittaustekniikan perusteet. Helsinki: WSOY
- Monni, M. 2002. Sähkölaitos asentajan ammattioppi 2. Maakaapeliverkostotyöt, Katu- ja tievalaistustyöt. Adato Energia Oy.
- Monni, M. 2003. Sähkölaitos asentajan ammattioppi 3. Jakelumuuntamotyöt, Sähköasematyöt. 4. painos. Adato Energia Oy.
- Sähköturvallisuuslaki. 2016. L 16.12.3.2016/1135 muutoksineen.
- Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus Ry:n www-sivut. Viitattu 18.12.2016. <https://www.stek.fi>
- Tiainen, E. 2013. Sähköasennukset 1. 3. uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Yleistarkastus:

1. Ovet ja ovien lukitus:

- Tarkastetaan ovien toimivuus ja mahdolliset tuuletusaukot standardin mukaiset.
- Tarkastetaan, että sisäänkäyntiovet ovat lukolla varustettuja ja aukeavat ulospäin, aukeavat sisältäpäin ilman avainta ja ovien mitat.
- Tarkastetaan ovien paloturvallisuus.
- Tarkastetaan lukkojen ja salpalaitteiden toimivuus.

2. Valaistus

- Tarkastetaan kennotilojen ja huonetilojen riittävä valaistus.

3. Akusto / akuston ilmastointi

- Tarkastetaan, että akusto on tehty standardin mukaisesti ja riittävästä ilmanvaihdosta.

4. Ilmastointi / ilmanvaihto

- Tarkastetaan, että tuulettimet voidaan huoltaa kojeistojen ollessa käytössä.
- Tarkastetaan ettei tuuletusaikoista pääse vaarallisen lähelle jännitteisiä osia.
- Tarkastetaan että mahdollinen lämmitys, jäähdytys ja ilmastointi on tehty suunnitelmien mukaisesti. Suodattimet asennettu suunnitelmien mukaisesti.

5. Työmaadoitusten liitântäkohdat

- Tarkastetaan, että työmaadoituskohdat ovat asennettu oikein ja suunnitelmien mukaisesti.

6. Sijainti ja turvallisuus

- Tarkastetaan että on tarpeeksi tilaa muuntamon kunnossapidolle / huololle.
- Tarkastetaan että ei ole haittaa liikenteelle.

7. Kaivujäljet, pinnoitteet

- Tarkastetaan, että kaivuujälki ja pinnoitteet ovat samassa tasossa kuin ennen muuntamon asennusta.
8. Työkohteen siisteys
- Tarkastetaan, että purkautuva materiaali on kierrätetty asianmukaisesti
9. Muuntamon kiinteistösähköasennukset
- Tarkastetaan muuntamon kiinteistösähköasennukset.
10. Kulkureitit, reittiavain
- Tarkastetaan että muuntamotilan lukinta on järjestetty niin että sinne pääsee kaikkina vuorokauden aikoina.
 - Tarkastetaan ettei kulkureitillä ole kuin kulkureittiä palvelevia sähkölaitteita.
 - Tarkastetaan poistumistien merkinnät ja muuntajakoneen/kojeistojen vaihdolle tarkoitetut kulkureitit.
11. Laitteiden ominaisarvot
- Tarkistetaan suojaus-, valvonta-, mittaus-, ja ohjauslaitteiden ominaisarvot suhteessa laitteiden mitoitusarvoihin.
12. Vähimmäisetäisyydet
- Tarkastetaan etäisyydet muihin johtoihin ja rakennuksiin ovat etäisyysvaatimuksien mukaiset.
13. Kaaviot
- Tarkastetaan kaavioiden vastaavuus asennuksiin.
14. Dokumentointi / muutokset
- Tarkastetaan että kohteeseen tehdyt mahdolliset muutokset ovat dokumentoitu.
15. Käyttö- ja huolto-ohjeet / valmistajan ohjeet
- Tarkastetaan asennuksista että on noudatettu valmistajan ohjeita.
16. Johdinliitokset, liittimet, kiristyksset
- Tarkastetaan liitinkiskojen ja liittimien sopivuus sekä liitosten kiristyksset ja suojaukset.
17. Asetusarvot
- Tarkastetaan, että laitteiden asetusarvot ovat käyttöolosuhteiden mukaiset.

- Tarkastetaan suojaus-, valvonta-, mittaus-, ja ohjauslaitteiden asetukset suhteessa laitteiden mitoitusarvoihin.

18. Muuntamon ja laitteiden tunnuksat

- Tarkastetaan muuntamon tunnus etta on suunnitelman mukainen ja havaittavissa helposti.

19. Hengenvaarakilvet

- Tarkastetaan, etta hengenvaarakilvet on asennettu rakenteisiin ja oviin suunnitelmien mukaisesti.

Keskijännitelaitteiden tarkastus:

1. KJ –kojeistot

- Tarkastetaan, että kojeistojen asennuksissa on noudatettu valmistajan ohjeita ja asennuksen toteutus suunnitelmien mukaisesti.
- Tarkastetaan, että käyttö- ja kunnossapitotoimenpiteitä varten on riittävät tilat.
- Tarkastetaan eristystaso johtimien välillä on turvallinen ja jokaisen johtimen ja metallirakenteen välillä.
- Tarkastetaan paineen purkautumistiet.

2. Kaapelipäätteet ja kiinnitykset

- Tarkastetaan, että kaapelipäätteet on asennettu ja tuettu oikein. Tarkastetaan kaapelin kiinnitys.

3. Ylijännitesuojat

- Tarkastetaan ylijännitesuojien kiinnitykset ja liitännät.

4. Kaapelin taivutussäteet ja läpiviennit

- Tarkastetaan ettei kaapelin taivutussäde alita valmistajan annettua minimiarvoa.
- Tarkastetaan kaapeli läpivientien vaatimustenmukaisuus.

5. Tukieristimet

Tarkastetaan tukieristimien kiinnitys alustaansa, eheys ja puhtaus.

6. Erottimet

- Erottimet tarkastetaan kokonaan, ohjauskaavioiden selkeys ja kuormanerottimen sammutuskammiot.
- Testataan asennonosoituslaitteistojen toiminta erottimilta ja maadoitus-erottimilta.
- Testataan erottimien veitsien samanaikainen toimivuus.
- Tarkastetaan, että erottimien lukitus vastaa tilaajan määritelmää.

7. Katkaisijat

- Tarkastetaan öljymäärä ja katkaisija. Testataan katkaisijan ja ohjaimien toiminta.
8. SF6 kaasunpaine
 - Tarkastetaan kaasunpaine.
 9. SF6 jännitteenilmaisimien / testaus
 - Tarkastetaan ja testataan jännitteenilmaisimen toiminta.
 10. Sulakkeet / sulaketoiminnan testaus
 - Tarkastetaan asennus ja sulakekoot sekä testataan varokeuormanerotimen toiminta koesulaketta käyttäen.
 - Tarkastetaan, että varasulakkeiden säilytyspaikka on asianmukainen.
 11. KJ -lähtöjen merkinnät
 - Tarkastetaan kennojen osoitemerkinnot ja vastaavuus suunnitelmiin.

Muuntajan tarkastus:

1. Muuntajan runko, öljysäiliö
 - Tarkastetaan, että muuntaja on ehjä, pinnoitteet kunnossa ja kiinnitetty asianmukaisesti.
 - Tarkastetaan öljymäärä muuntajasta ja öljynkeruualtaan asennus.
2. Muuntajan väliottokytkimen asento (Liite 6. Kirjataan pöytäkirjaan asennon numero)
 - Tarkastetaan, että muuntajan väliottokytkimen asento on suunnitelmien mukainen.
3. Muuntajan väliotto portaiden lkm (Kirjataan pöytäkirjaan lukumäärä)
4. Muuntajan eristimet
 - Tarkastetaan muuntajan eristimien puhtaus ja kunto.
5. Öljyvuodot
 - Tarkastetaan muuntajan saumat ja muuntajan kannen läpivientien tiivisteet.
 - Tarkastetaan ettei muuntajassa ole öljyvuotoja.
6. Ominaistiedot
 - Liitetään tilaajalle muuntajan ominaistietolomake, jos kyseessä on uusi muuntajakone.
7. Muuntajan sarjanumero
 - Kirjataan pöytäkirjaan muuntajan sarjanumero.
8. Lämpömittari
 - Tarkastetaan lämpömittarin toiminta, luettavuus ja asennus

Pienjännitelaitteiden tarkastus:

1. PJ-kojeisto
 - Tarkastetaan pj-keskuksen asennukset ja suunnitelmanmukaisuus.
2. PJ-keskuksen syöttöjohdot
 - Tarkastetaan suunnitelmanmukaisuus syöttökaapeleista ja asennukset muun muassa päätteet, asennusväli, läpiviennit, kytkennät, kiinnitykset, mekaaniset suojat ym.
3. Kaapelilähdöt ja varokeytkimet
 - Tarkastetaan, että kaapelit ja varokelähdöt ovat suunnitelmanmukaiset.
 - Tarkastetaan kaapeleiden ja varokeytkimien asennukset.
4. Kaapeli- ja varokeytkinmerkinnät
 - Tarkastetaan, että merkinnät tehty asennukseen tilaajan ohjeiden mukaisesti ja vastaavat suunnitelmaa.
5. PJ- sulakkeet
 - Tarkastetaan sulakkeiden oikeellisuus suunnitelmiin vertaamalla.
6. Virtamuuntajat
 - Tarkastetaan virtamuuntajan kytkentä ja muuntosuhde.
 - Tarkastetaan vapaana olevien virtapiirien oikosulkulenkit.
7. Mittarit
 - Tarkastetaan mahdollisten mittareiden toiminta.

Turvalaitteiden tarkastus:

1. Ensiapuohjeet
 - Tarkastetaan, että ensiapuohje on selkeästi asennettu ja tiedot ajantasalla
2. Kiinteät ja siirrettävät varoituskilvet
 - Tarkastetaan, että löytyy kiinteät varoituskilvet. Tarkastetaan, että löytyy siirrettävät varoituskilvet, esimerkiksi Älä kytke miehiä työssä, Älä kytke maadoitettu, Varo takajännitettä.
3. Työskentelysuojat
 - Tarkastetaan mahdolliset työskentelysuojat.
4. Työmaadoituslaitteet
 - Tarkastetaan maadoituslaitteen mitoitus kyseiselle muuntajalle.
5. Jännitteenkoettimet
 - Tarkastetaan, että jännitteenkoettimet vastaavat tilausta ja ovat helposti saatavilla.
6. Muut työ- ja turvavälineet
 - Tarkastetaan, että erottimien ohjaustyökalut ovat asianmukaiset.
 - Tarkastetaan onko sulakkeiden vaihtolaitteet helposti saatavilla.

Maadoitusten tarkistus:

1. KJ-kojeistojen maadoitus

- Tarkastetaan, että kj-kojeistojen suojamaadoitukset on tehty merkinnöiltään, rakenteeltaan ja sijoitukseltaan standardien ja suunnitelmien mukaisesti.
- Tarkastetaan mahdollisten ylijännitesuojien ja kaapelippäätteiden maadoitukset.

2. Muuntajan runko

- Tarkastetaan, että muuntajan runko on suojamaadoitettu. Jos valmistaja ei erikseen takaa kannen maadoitusten riittävyttä on myös muuntajan runko maadoitettava.

3. Pj-keskuksen maadoitus

- Tarkastetaan että liitokset ovat kunnossa ja asennus vastaa suunnitelmia.

4. Maadoituskiskon maadoitus

- Tarkastetaan maadoituskiskon maadoitus

5. PEN –maadoitus

- Tarkastetaan PEN-maadoitus.

6. Potentiaalinhjausrenkaat

- Tarkastetaan, että potentiaalinhjausrenkaat on rakennettu suunnitelmien mukaisesti puistomuuntamolle ja liitetty maadoitusjohtimiin asianmukaisesti.

7. Maadoituselektrodit

- Tarkastetaan, että maadoituselektrodit on rakennettu ja liitetty maadoitusjohtimiin suunnitelmanmukaisesti.

8. Maadoitusjohtimet / liitokset

- Tarkastetaan, että maadoitukset on rakennettu standardien ja suunnitelmien mukaisesti. Suoja- ja PEN-maadoituksista tarkastetaan haaroitukset, jatkokset, liittimet ja liitännät.
- Tarkastetaan maadoitusjohtimien merkinnät, suojaukset, etäisyysvaatimukset, kiinnitykset ja maadoitusjohtimien poikkipinnat.



Väliottokytkimen asento on kolme. Väliottokytkimellä voi säätää muuntajan nimellisjännitettä 2.5 %:tia kerrallaan.

Taulukko 1. Liittymille mitoitusoikosulkuvirrat

Pääsulake	Oikosulkuvirta liittymän päävarokkeella
A	Min./ A
3 x 25	250
3 x 35	250
3 x 50	250
3 x 63	320
3 x 80	425
3 x 100	580
3 x 125	715
3 x 160	950
3 x 200	1250
3 x 250	1650
3 x 315	2200
3 x 400	2840
3 x 500	3800
3 x 630	5100

Taulukko 2. Oikosulkusuojauksen mitoitusarvot

Sulakkeen nimellisvirta	Oikosulkuvirta 5s laukaisuaika	Oikosulkuvirta jakeluverkon runkojohdolla
A	min./ A	min./ A
16	65	40
20	85	50
25	110	62,5
35	165	87,5
50	250	125
63	320	157
80	425	240
100	580	300
125	715	375
160	950	480
200	1250	600
250	1650	750
315	2200	945
400	2840	1200
500	3800	1500
630	5100	1890

Liite 9

	Pöytäkirja	Mittalaite	Mittauspiste
Laajan maadoitusverkon jatkuvuus	TP05	Fluke 1652C	Muuntamo
Pot. Ohjausrenkaiden jatkuvuus (suoja)	TP05	Fluke 1652C Silmä-määräi- nen	Muuntamo
PEN-johdimien jatkuvuus (käyttö)	TP05 MP KJ-johto MP PJ-johto	Fluke 1652C	Muuntamo Jakokaappi Liittymä
Yhdistetty (suoja ja käyttö)	TP05	Fluke 1652C	MMO
Keskusköyden jatkuvuus	MP KJ-johto	Fluke 1652C	MMO
Eristysvastusmittaus	TP05 MP KJ - johto MP PJ - johto	Fluke 1550C	Muuntamo Jakokaappi Liittymä
Kiertosuunta ja vaiheistus	TP05 MP KJ - johto MP PJ-johto	Fluke T150 RMS- pihtimittari	Muuntamo Jakokaappi Liittymä
Jännitteet	TP05 MP PJ - johto	Fluke 1652C	Muuntamo Jakokaappi Liittymä
Vikavirtasuoja	TP05	Fluke 1652C	Muuntamo Jakokaappi Liittymä
Oikosulkuvirta	TP05 MP PJ - johto	Fluke 1652C	Muuntamo Jakokaappi Liittymä