

Lauri Kokko

Sähköasennusten tarkastukset, mittaukset ja laskenta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

2.12.2015

Tekijä	Lauri Kokko
Otsikko	Sähköasennusten tarkastukset, mittaukset ja laskenta
Sivumäärä	29 sivua + 6 liitettä
Aika	2.12.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	tekninen johtaja Hannes Kokko lehtori Jarmo Tapio
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli tehdä Terawatt Oy:n käyttöön helppolukuinen ja looginen ohjeistus asentajien perehdyttämiseen uudisrakennusten tarkastuksiin liittyviin mittauksiin. Työssä on käyty läpi myös varmennustarkastuksia ja määräaikaistarkastuksia koskevia määräyksiä ja suosituksia. Lopuksi perehdytään asiakkaan käytönopastukseen.</p> <p>Insinööriyössä käytettiin mallimittauksissa olemassa olevaa asuntoa, johon tehtiin todelliset mittaukset ja sen lisäksi laskennalliset mittaukset samasta kohteesta oikosulkuvirran ja suojaamaan jatkuvuuden osalta. Työssä vertailtiin tulosten eroja ja pohdittiin siihen liittyviä syitä. Mittaustulokset purettiin osiin ja selitettiin vaihe kerrallaan.</p> <p>Oikosulkuvirtojen laskennalliset arvot laskettiin FEBDOK-ohjelmalla, jota käytetään yleisesti pohjoismaissa sähkösuunnittelijoiden työkaluna. Todellisten mittausten ja laskennallisten mittausten erot olivat pienet.</p> <p>Mielestäni työssä on onnistuttu hyvin kiteyttämään tärkeimmät asiat sähköasennusten mittauksista oppaan muotoon.</p>	
Avainsanat	mittaukset, tarkastukset, pöytäkirja, varmennustarkastukset, määräaikaistarkastukset, eristysresistanssi

Author	Lauri Kokko
Title	Inspections, measurements and calculations of electrical installations
Number of Pages	29 page + 6 addendum
Date	2.12.2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructors	Hannes Kokko Head of Unit Jarmo Tapio Senior Lecturer
<p>The goal of this final year project was to make a readable and useful installer guide for electrical surveys. To do this, the regulations governing verification and temporary verification were studied. Also, the customer training was followed.</p> <p>To start with, measurements were conducted in a detached house. Theoretical calculations were done on the basis of the measurements for short-circuit current and earth continuity. The differences in the results were compared in the project.</p> <p>The short-circuit current was calculated with the help of the FEBDOK program used by electrical engineers in the Nordic countries. The measured results and the calculated results were close to each other. As a result of the final year project, a high-quality guide for installers was created.</p>	
Keywords	electrical installations, commissioning, inspection, measurement

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Yritysesittely	1
3 Käyttöönottotarkastus	2
3.1 Aistinvarainen tarkistus	3
3.2 Suojajohtimen jatkuvuus	3
3.3 Asennuksen eristysresistanssi	4
3.4 SELV- ja PELV-piirien eristysresistanssin mittaus	6
3.5 Oikosulkuvirta eli silmukkaimpedanssin mittaus	7
3.6 Vikavirtasuojakatkaisimet	9
3.7 Kiertosuunnan tarkistus	10
4 Varmennus-, kunnossapito- ja määräaikaistarkastukset	10
4.1 Varmennustarkastukset	10
4.2 Määräaikaistarkastukset	11
4.3 Kunnossapitotarkastukset	12
4.4 Varmennus-, kunnossapito- ja määräaikaistarkastuksien aiheuttamat toimenpiteet	12
4.4.1 Välittömän vaaran aiheuttamat toimenpiteet	12
4.4.2 Uusintatarkistus	13
4.4.3 Oikeudettomat sähkötyöt	13
5 FEBDOK-esittely	13
5.1 FEBDOKin ominaisuudet	14
5.2 FEBDOK-dokumentit ja -raportit	14
6 Mittaustulokset malliasunnossa	15
6.1 Käytetyt mittalaitteet	15
6.2 Suojajohtimen jatkuvuus	16
6.3 Suojajohtimen jatkuvuus laskemalla	16
6.4 Eristysresistanssin mittaustulokset	17
6.5 Eristysvastusmittauksessa vikatilanteiden selvitys	19
6.6 Oikosulkuvirran mittaus	19

6.6.1 Oikosulkuvirran mittaus liittymän luota	20
6.6.2 Laskennalliset arvot FEBDOK-ohjelmalla	21
6.7 Vikavirtasuojakatkaisijoiden toimintakokeet	22
6.8 Kiertosuunnan mittaus	24
7 Dokumentointi	25
7.1 Loppupiirustukset	25
7.2 Käytönopastus	26
8 Mittausten aikainen sähkötyöturvallisuus	27
9 Pohdinta	28
Lähteet	29
Liitteet	
Liite 1. Sähkösuunnitelmat malliasunnossa	
Liite 2. Sähkösuunnitelmat malliasunnossa	
Liite 3. Mittauspöytäkirjamalli	
Liite 4. Ryhmäkeskuksen keskuskaavio	
Liite 5. FEBDOK Vikavirrat laitteistossa	
Liite 6. FEBDOK Piiriluettelo	

1 Johdanto

Insinööriä tehdään Terawatt Oy:lle. Yritys haluaa jatkuvasti kehittää asentajiensa perehdyttämistä pidemmälle. Tämän työn tavoitteena on laatia asentajanopas erityyppisten kohteiden viranomaisvaatimusten täyttämiseen. Mittaukset ovat yksi haastavimmista työvaiheista sähköprojektissa, ja suunnitelmani oli tehdä helppo lukuinen opas niiden suorittamiseen kuvien avustuksella. Sähköurakointiin tarkoitettujen testereiden käyttöohjeet ovat usein paksuja ja hankalaselkoisia, joten suuntasin ohjeet Terawatt Oy:n käyttämiin testereihin.

Ensin työssä tutustutaan yleisellä tasolla viranomaismääräyksiin ja esitetään mittauksia koskevat vaatimukset. Työssä käydään yksityiskohtaisesti lävitse kuvien ja tekstin avulla, miten mikäkin työvaihe toteutetaan käytännössä. Lisäksi jännitteenalenemat ja oikosulkuvirrat tarkistetaan laskemalla FEBDOK-ohjelmaa hyväksikäyttäen. Laskennallisten ja todellisten mittausten eroja yritetään selvittää, mistä ne mahdollisesti voisivat johtua.

Lisäksi työssä perehdytään mittauksissa usein ilmeneviin ongelmiin ja niiden ratkaisumalleihin. Insinööriä hyödynnetään omakohtaista kokemusta sähköasennuksista ja useista kymmenistä tarkastusasiakirjojen täyttämisestä.

2 Yritysesittely

Terawatt Oy on talotekniikkaa ja sähkösuunnittelua tarjoava yritys, joka on perustettu Espoossa vuonna 2004. Yrityksen tavoitteena on tarjota kokonaisvaltaista talotekniikanpalvelua asiakaslähtöisemmin. Asiakaslähtöisyys toteutuu yrityksen mukaan parhaiten silloin, kun asiakas ymmärtää tarpeensa ja haluaa saamaansa palvelua tai tuotetta. Yrityksen toiminta-ajatuksena on ”tarjota laadukkaan talotekniikanpalvelun avulla mahdollisuus onnistuneeseen rakennusprojektiin sekä toimivaan lopputulokseen.” Arvot, joilla yritystä viedään eteenpäin, ovat

- luotettavuus
- joustavuus
- yhteistyö
- ammattitaito

- taloudellisuus.

Terawatt Oy pyrkii aina mahdollisimman hyvään yhteistyöhön kaikkien sidosryhmien kanssa. Yritys panostaa ammattiosaamiseen ja pyrkii kehittämään ja parantamaan toimintaansa jatkuvasti.

Terawatt Oy on sitoutunut toimimaan edellä mainittujen arvojen ja tavoitteiden mukaisesti. Yhtenä tärkeimpänä edellytyksenä näiden lupauksien toteutumiseen on oikeaoppinen Terawatt Oy:n asentajien perehdytys.

Tämä opas antaa työntekijälle ohjeita, kuinka näitä lupauksia pystytään täyttämään. Oppaassa käsiteltyjä toimintatapoja noudattamalla täytetään Suomen sähköturvallisuusmääräykset. Muuttotarkastuspöytäkirjan täyttämiseen liittyvät mittaukset ovat koko sähköurakan tärkein vaihe, koska ne paljastavat järjestelmästä inhimilliset virheet ja riskitekijät esimerkiksi paloturvallisuuden vaarantumisen minimoimiseen. (1)

3 Käyttöönottotarkastus

Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastus, jossa riittävässä laajuudessa selvitetään, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslaissa määritettyjä vaaratilanteita (1).

Mittauksista pois jätettävät keskeneräiset osiot on merkittävä tarkastusasiakirjaan. Keskeneräisten osien valmistuttua on mittaukset tehtävä uudelleen, jotta ne koskevat koko laitteistoa. Mittaustulokset kirjataan ylös sitä mukaa kun mittaukset etenevät. Tulokset kirjataan yleensä kopioivalle paperille (liite 3) tai sähköisesti tallentavalle mittalaitteelle. Mittaukset tulisivat toteuttaa standardin mukaan seuraavassa järjestyksessä. (2, s. 36.)

1. aistinvarainen tarkastus
2. suojaohjaimen jatkuvuus
3. asennuksen eristysvastus eli eristysresistanssi
4. oikosulkuvirranmittaus eli silmukkaimpedanssi
5. vikavirtakytkinten toiminnan koestus eli toiminta-ajan ja virran mittaus
6. kiertosuunnan mittaus.

3.1 Aistinvarainen tarkistus

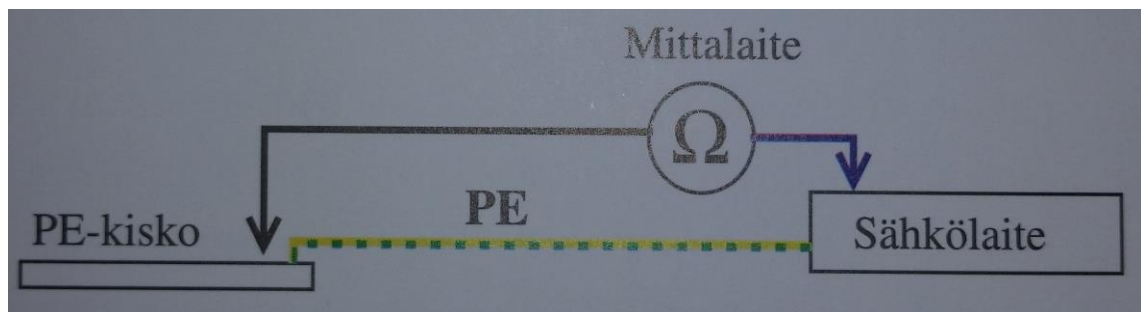
Sähkölaitteistolle täytyy tehdä aistinvarainen tarkistus, joka on esitetty standardin SFS 6000 kohdassa 61.1. Aistinvarainen tarkistus tehdään ennen mittauksia ja yleensä jännitteettömässä tilassa. Käytännössä aistinvarainen tarkistus tehdään koko laitteiston rakentamisen aikana ja havaitut puutteet korjataan sitä mukaa, kuin ne ilmenevät. (2)

Aistinvarainen tarkistus siis tarkoittaa sitä, että kaikki asennukset on toteutettu turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Mikään ulkoinen laite ei ole vaaraa aiheuttavalla tavalla näkyvästi vaurioitunut. (2, s. 353.)

3.2 Suojajohtimen jatkuvuus

Tämän testauksen tarkoituksena on selvittää, että vikasuojauksen edellyttämät suoja-johdinpiirit ovat koko matkaltaan jatkuvia, eli niiden liitokset on tehty hyvin. Testaus tehdään jännitteettömänä mittaamalla jännitteelle alttiin osan (sähkölaitteiston johtava osa) sekä näitä lähinnä olevan pääpotentialintasaukseen liitetyn pisteen välinen resistanssi kuvan 1 mukaisesti. Olennaista on siis, että jokainen maadoitusjohdin mitataan ja mitaus tehdään laitekohtaisesti kaikille laitteille. (5, s. 325.)

Hyväksytylle mittausarvolle ei standardi ole ilmoittanut raja-arvoa, mutta saatua arvoa pitää mitata mitatun kaapelin ilmoitettuun arvoon. Resistanssiarvo saa yleensä olla enintään 1 ohm. Mikäli kyseessä on pitkä veto, arvot voivat hieman ylittyä.



Kuva 1. Suojajohtimen jatkuvuuden mittauksen periaate (3, s. 326.)

3.3 Asennuksen eristysresistanssi

Asennuksen eristysresistanssimittaus varmistaa, että jännitteiset osat (vaiheet + nolla) ovat riittävästi eristettynä maasta. Mittaus tehdään eristysvastusmittarilla jännitteettömänä, ennen laitteiston käyttöönottoa. Kulutuskojeiden, kuten jääkaappien ja pakastimien ei tarvitse olla mittauksessa mukana. Mieluimmin kaikki herkäät laitteistot pois-kytätään verkosta mittauksen ajaksi, jotta laiterikoilta välttyttäisiin. Periaatteessa kaikilta laitevalmistajilta pitäisi varmistaa, kestääkö se mittauksen ja pitääkö tehdä erityistoimenpiteitä mittauksen yhteydessä. (3, s. 325.)

Mittaus voidaan suorittaa silloin, kun valmiin laitteiston yhdestä kohdasta mitattuna saadaan katettua koko laitteisto. Mittaus pitäisi tehdä pääkeskukselta, vaikka normaalisti mittaus tehdään keskuskohtaisesti. Ensin mitataan ryhmäkeskus ja seuraavaksi pääkeskus, josta omakotitaloissa on usein autokatos tai talli sähköistetty.

Jotta mittaus kattaa koko mitattavan laitteiston kokonaisuudessa, on mitattavan alueen pääkytkimien ja johdonsuojien oltava päällä ja kontaktoreiden jälkeinen piiri on mitattava erikseen.

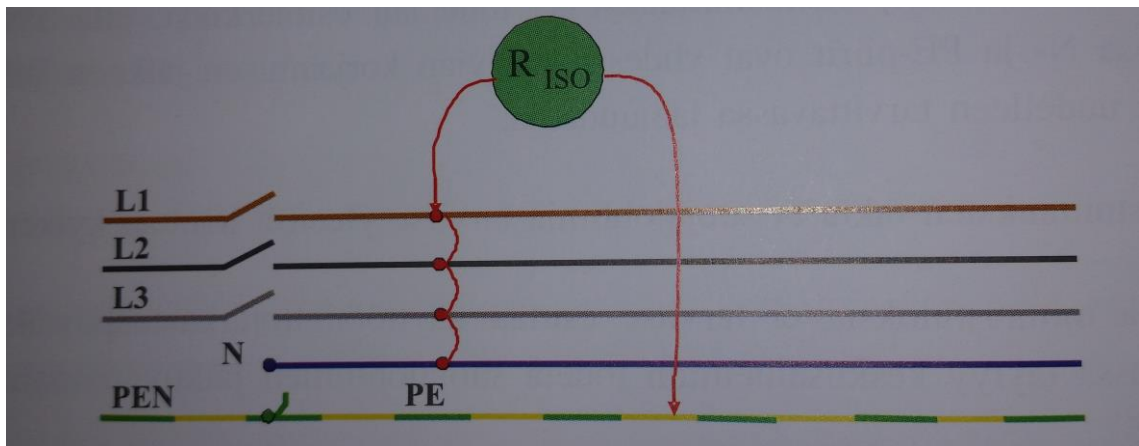
Mittausjännitteenä käytetään yleensä 500 V:a, jos pelkää laiterikkoja, mutta poikkeuksellisesti voi käyttää myös 250 V:a laitevalmistajan pyynnöstä. Tällä hetkellä standardi vaatii mitattavan arvon olevan vähintään 0,5 M Ω 500 V:n mittausjännitteellä ja 250 V:n mittausjännitteellä 1 M Ω :n taulukon 1 mukaisesti. Terawatt Oy on määrittänyt raja-arvoksi 1,5 M Ω , jotta mittaus varmasti täyttää määräykset. (2, s. 351.)

Taulukko 1. Eristysvastuksen minimiarvot

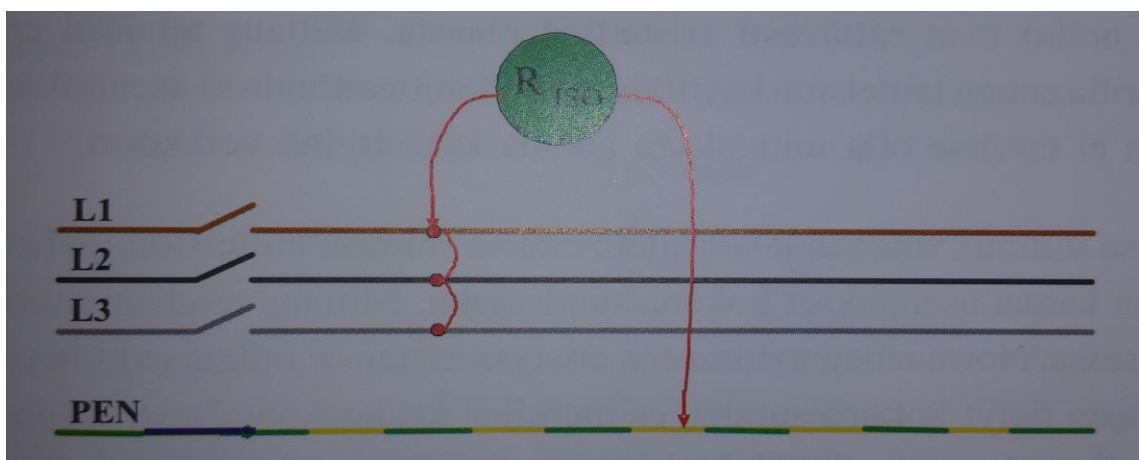
Virtapiirin nimellisjännite, V	Koejännite (tasajännite), V	Eristysresistanssi, M Ω
SELV JA PELV	250	$\geq 0,5$
< 500 V, FELV mukaan luettuna	500	$\geq 1,0$
> 500 V	1000	$\geq 1,0$

Eristysresistanssin mittaus:

1. Tee laitteisto jännitteettömäksi
2. Varmista, että nollapiiriin ei ole kytketty jännitteisiä laitteistoja
3. Varmista jännitteettömyys
4. Varmista pääkytkimien ja johdonsuojien asento
5. Irrota tarvittaessa PEN-kisko tai nollajohto
6. Tee mittauskytkennät (ks. kuva 2 ja kuva 3)
7. Suorita mittaus. Mikäli ei mene läpi, niin selvitä vika.
8. Palauta kaikki alkuperäiseksi ennen jännitteen nostoa.



Kuva 2. TN-S-järjestelmän kytkentämalli

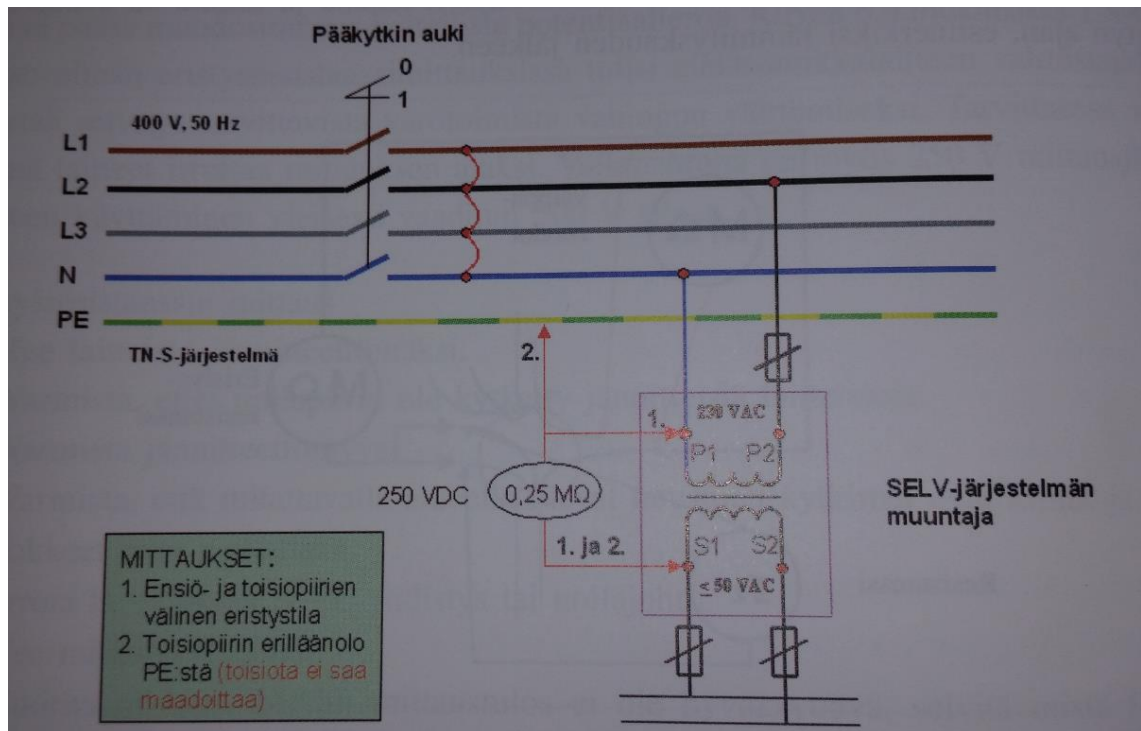


Kuva 3. TN-C-järjestelmän kytkentämalli

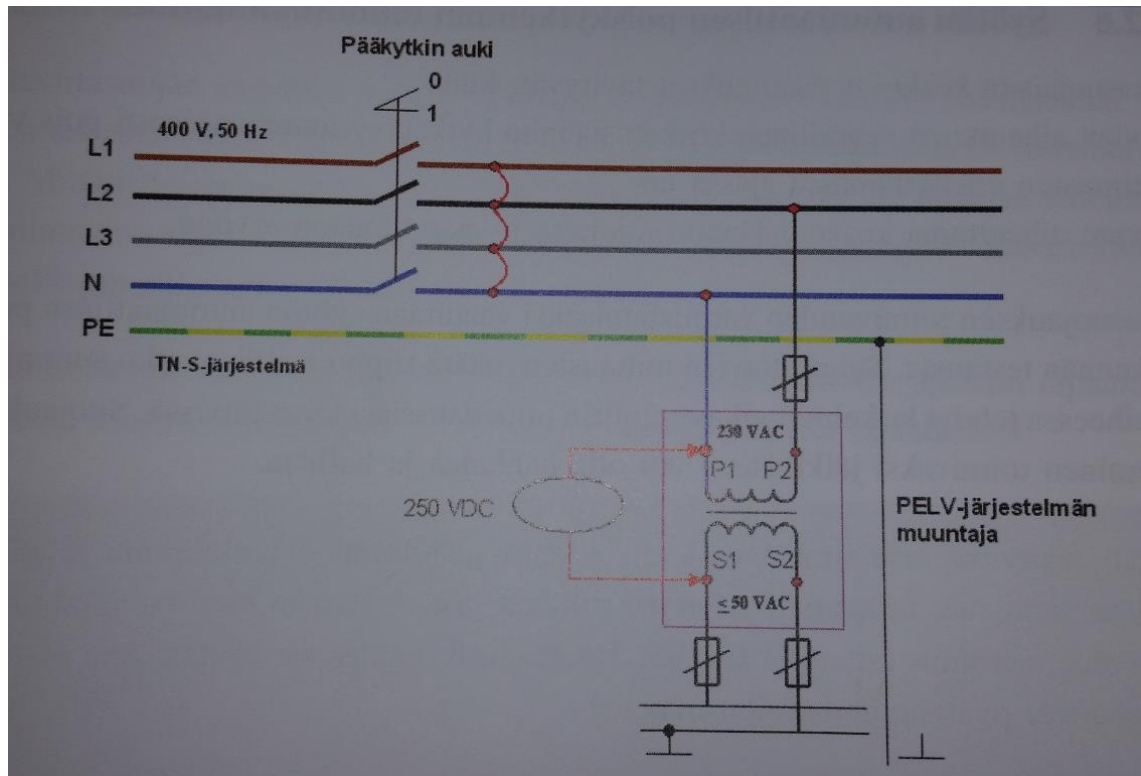
3.4 SELV- ja PELV-piirien eristysresistanssin mittaus

Mikäli asennukseen sisältyy SELV- ja PELV-piirejä, on näiden piirien ja suurempijännitteisten piirien välinen eristysresistanssi mitattava. Lisäksi SELV-piireistä mitataan eristysvastus piirin ja maan välillä.

Kuvassa 4 selviää, miten SELV-piirin eristysresistanssi mitataan. Koska SELV-piiriä ei saa maadoittaa, mitataan sen ja maan välinen eristysvastus 250 VDC:n jännitteellä. Jos SELV- tai PELV-piirien johtimet ovat kosketuksissa muun virtapiirin johtimien kanssa, on eristysvastus mitattava myös piirien ja jännitteisten osien väliltä. (3, s. 328.) Kuvassa 5 on esitetty PELV-piirin eristysvastuksen mittaus 250 VDC:n jännitteellä.



Kuva 4. Eristysresistanssin mittaus SELV-piiristä



Kuva 5. PELV-piirin eristysvastuksen mittaus

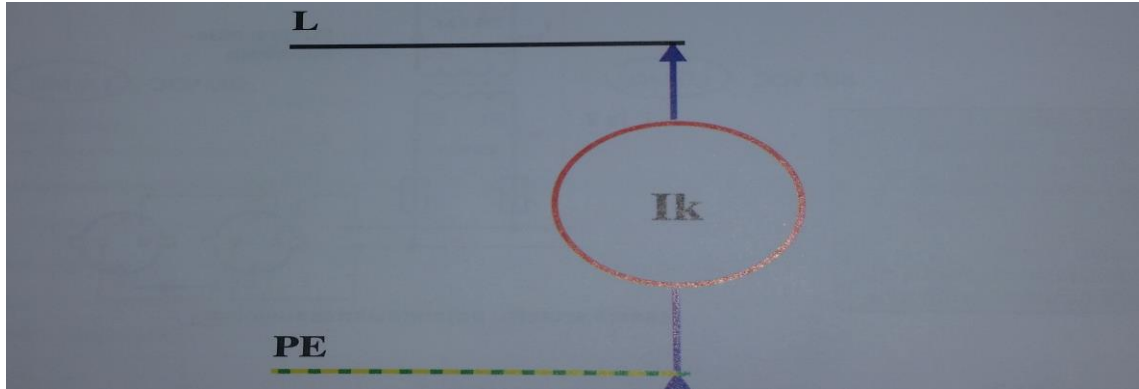
Nimellisjännite ei SELV- ja PELV-järjestelmissä saa olla vaihtojännitteellä yli 50 V tai tasajännitteellä yli 120 V. Tällöinkin on tiloja, joissa järjestelmässä tulee olla perussuojaus. (2, s. 351.)

3.5 Oikosulkuvirta eli silmukkaimpedanssin mittaus

Oikosulkuvirran mittaus varmistaa syötönoautomaattisen poiskytkennän riittävän nopeasti ja turvallisesti tapahtuvaksi. Vikasuojausta koskevat vaatimukset täyttyvät, kun vian aiheuttama vaarallinen kosketusjännite kytkeytyy automaattisesti pois riittävän nopeasti tai kosketusjännite rajoitetaan vaarattomaan arvoon. (3, s. 332.)

Oikosulkuvirta ns. silmukkaimpedanssi mitataan silmukkavastusmittarilla kuvan 6 mukaisesti. Ryhmäjohdossa mittausta suoritetaan ryhmän kauimmassa kohdassa. Mittausten

jälkeen on varmistettava, että mitattu arvo riittää laukaisemaan piirin johdonsuojakatkaisijan. Koska mittaus suoritetaan kuormittamattomissa johtimissa, mitatun arvon pitää ylittää 25 %:lla vaadittu arvo. (3, s. 332.) Vaaditut arvot selviävät taulukoista 2 ja 3.



Kuva 6. Oikosulkuvirran mittaus

Taulukko 2. Taulukossa vaaditut miniarvot eri johdonsuojakatkaisijoille

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta A	B-tyyppi, 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi, 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Taulukko 3. Taulukossa pienimmät vaaditut minimiarvot Gg-tyypin sulakkeille

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10 625	5100	6375

3.6 Vikavirtasuojakatkaisimet

Mitattavan kohteen kaikki vikavirtasuojakatkaisijat pitää testata mittaamalla ja kokeilemalla testipainiketta (kuva 7). Mittaamalla varmistetaan, että laitteen nimellisvirrat ja toiminta-ajat eivät ylitä ohjearvoja. Suositeltavin tapa on testata nousevalla vikavirralla. Testauksen voi suorittaa myös vikavirtasuojan nimellistoimintavirran suuruisella toimintavirralla. (3, s. 333.)

Myös vikavirtasuojan toiminta-aika suositellaan mitattavaksi, vaikkei se kaikissa tapauksissa ole vaatimuksena. Terawatt Oy:n kohteissa toiminta-aika mitataan kaikissa kohteissa aina.



Kuva 7. Enston valmistama vikavirtasuojakytkin 30 mA / 40 A.

3.7 Kiertosuunnan tarkistus

Kiertosuunnan tarkistus tehdään siihen suunnitellulla mittarilla. Mittauksella varmistetaan, että vaihejärjestys on pysynyt verkon kanssa samassa ja noudattaa värijärjestystä. Jos vaihejärjestys on väärä, se aiheuttaa esimerkiksi moottorikäytössä ongelmia ja jopa laitevahinkoja. (3, s. 334.)

4 Varmennus-, kunnossapito- ja määräaikaistarkastukset

4.1 Varmennustarkastukset

Sähköturvallisuuden varmistamiseksi on sähkölaitteistolle tehtävä varmennustarkastus, kun kyseessä on uusi luokan 1–3 sähkölaitteisto. Varmennustarkastus on tehtävä myös tällaisten laitteistojen laajemmille muutostöille, lukuun ottamatta muutamaa poikkeusta, joissa sitä ei vaadita.

Sähkölaitteistoluokkiin kuuluvia laitteistoja ovat käytännössä paritaloa isommat asuinrakennukset tai muut kuin omakotitalot, jos niiden ylivirtasuoja on yli 35 ampeeria. Lisäksi laitteistoluokkiin kuuluvat myös räjähdysvaaralliset tilat sekä lääkintätilat. Laitteistoluokkiin kuuluville sähkölaitteistoille on myös tehtävä määräaikaistarkastuksia asuinrakennuksia lukuun ottamatta säännöllisin väliajoin laitteistoluokasta riippuen 5–10–15 vuoden välein. (6.)

Sähkölaitteistoluokissa 1 ja 2 voidaan varmennustarkastus suorittaa kolmen kuukauden kuluessa sähkölaitteiston varsinaisesta käyttöönotosta. Verkonhaltijan kalenterivuoden aikana rakennetuille luokan 3c sähköverkoille voidaan varmennustarkastus suorittaa seuraavan kalenterivuoden aikana. (6)

4.2 Määräaikaistarkastukset

Määräaikaistarkastuksia saavat suorittaa valtuutetut tarkastajat sekä valtuutetut laitokset, kuitenkin laitteistoluokassa 3a vain valtuutetut laitokset. Asuinrakennuksiin ei vaadita määräaikaistarkistusta, mutta kuitenkin asuinrakennuksen osana oleville liiketiloille. Määräaikaistarkastusten teettämismäärä on käytännössä sähkölaitteiston haltijalla. (5; 7.)

Määräaikaistarkastukset suoritetaan sähkölaitteistoille seuraavin määrävälein:

- Luokka 1 15 vuotta
- Luokka 2 10 vuotta
- Luokka 3 5 vuotta

Sähkölaitteistoluokkien selitteet:

- Luokka 1a enemmän kuin 2 asuntoa
- Luokka 1b yli 35 A:n nimellisvirta
- Luokka 1d räjähdysvaarallinen tila
- Luokka 2b lääkintätilat
- Luokka 2c yli 1000 V:n osia sisältävä laitteisto
- Luokka 2d Liittymisteho yli 1600 KVA, enintään 1000 V:n laitteisto
- Luokka 3a Räjähdysvaarallinen tila, jossa kemikaaleja
- Luokka 3b Lääkintätila, jossa tehdään leikkauksia
- Luokka 3c Sähkönjakeluverkko, joka edellyttää sähköverkkolupaa.

4.3 Kunnossapitotarkastukset

Kunnossapitotarkastukset ovat osa laitteiston huoltoa ja kunnossapitoa. Ne eivät ole la-
kisääteisiä, mutta kannattaa toteuttaa esimerkiksi muuton yhteydessä, jos epäilyttää
sähkölaitteiston kunto. Tarkistuksen saa suorittaa vain alan ammattihenkilö. (7)

Tarkastukseen sisältyvät ainakin seuraavat asiat:

1. Varmistus, että ei ole sähköiskun, eikä palon vaaraa ihmiselle tai eläimelle
2. Kirjataan milloin sähköasennukset on tehty.
3. Kirjataan, sähkölaitteistossa aiemmin havaittuja ongelmia.
4. Liittymän ja pääkeskuksen tarkistus.
5. Maadoitusten ja ryhmäkeskuksen tarkistus.
6. Ryhmäjohdot ja sähkölaitteet.

Näistä laaditaan pöytäkirja, johon merkitään havaitut puutteet, jonka perusteella sähkö-
laitteiston haltija voi korjauttaa havaitut puutteet. (7)

4.4 Varmennus-, kunnossapito- ja määräaikaistarkastuksien aiheuttamat toimenpiteet

4.4.1 Välittömän vaaran aiheuttamat toimenpiteet

Jos tarkastuksen yhteydessä on havaittu laite tai laitteisto, joka aiheuttaa välitöntä vaa-
raa, valtuutettu tarkastaja ja valtuutettu laitos lähettävät Tukesille (Turvatekniikan kes-
kus) kopion tarkastusasiakirjasta. Tämä ei ole tarpeellista, jos havaittuja puutteita ei ole
useita eivätkä ne aiheuta välitöntä vaaraa ihmisille. Tarkastusasiakirjasta tulee ilmetä
ainakin seuraavat asiat:

1. Laitteiston haltijan tiedot
2. Vaaraa aiheuttavan osan tai laitteiston tiedot
3. Tiedot vaaran aiheuttajan laadusta
4. Käytönjohtajan ja sähkötöidenjohtajan tiedot
5. Viallinen laite tai laitteisto on erotettu verkosta. (7)

4.4.2 Uusintatarkistus

Jos valtuutettu tarkastaja tai laitos havaitsee tarkastuksissa vakavia puutteita hänen on määrättävä uusintatarkistus. Uusintatarkistuksen tarkoituksena on, että varmennustarkastuksen tai määräaikaistarkastuksessa havaitut puutteet on varmasti korjattu.

Uusintatarkistus on suoritettava 3 kk:n kuluessa alkuperäisestä tarkastuksesta ja sen suorittaa yleensä sama tarkastaja, joka havaitsi puutteet. Tästä voidaan joustaa, jos tarkastaja on pakotettavasta syystä estynyt. Puutteiden korjaukset on tehtävä kohtuullisessa ajassa, mutta mielellään mahdollisimman nopeasti. (7)

4.4.3 Oikeudettomat sähkötyöt

Myös tarkastuksissa havaituista määräysten vastaisesta toiminnasta pitää tehdä ilmoitus Tukesille. Jos asennukset on tehty ilman asianmukaista pätevyyttä, suositellaan ilmoituksen tekemistä ja siinä kannattaa mainita kaikki tiedossa olevat tiedot urakoitsijasta. Lisäksi kannattaa mainita, kuinka vakavista ongelmista kyse. (7)

5 FEBDOK-esittely

FEBDOK on pienjännitesähköasennusten mitoitukseen ja dokumentointiin tarkoitettu ohjelma. FEBDOK tarkistaa sähköasennuksen standardinmukaisuuden standardin SFS 6000 mukaan. FEBDOKia voidaan käyttää asuin-, toimisto- ja liikerakennusten sekä sairaaloiden, teollisuusrakennusten sähköasennusten laskentaan ja dokumentointiin.

FEBDOKia käyttävät sähkösuunnittelijat, sähköurakoitsijat sekä sähköalan oppilaitokset. Ohjelmisto on markkinajohtaja sähköasennusten mitoituksessa Norjassa. Ohjelmaa kehitetään ja ylläpidetään säännöllisesti ottaen huomioon käyttäjien tarpeet ja toivomukset. FEBDOK julkaistiin vuonna 1991 ja ohjelmistoa myydään Norjassa, Ruotsissa, Tanskassa, Suomessa ja Iso-Britanniassa. (8)

Terawatt Oy:ssä ohjelmisto otettiin käyttöön vuonna 2014, ja tarkoituksena on varmistaa oikosulkuvirran riittävyys laskemalla kaikista kohteista. Lähtökohtaisesti tämän työvaiheen tekee sähkösuunnittelija. Työvaiheen toteutuminen riippuu paikallisesta sähköjakeluverkkoyhtiöstä. Heiltä pitää saada laskennassa vaadittava tieto liittymisjohdon tyy-pistä ja oikosulkuvirran mitattu arvo liittymispisteessä. Jos tätä tietoa ei saada, laskentaa ei voida toteuttaa. Kun suunnittelija on toteuttanut laskennan FEBDOK-ohjelmalla, hän liittää laskentaraportin työmaan kansioon ja kirjoittaa suunnitelmiin heikoimman pisteen ja liittymispisteen laskennallisen oikosulkuvirran.

5.1 FEBDOKin ominaisuudet

FEBDOK-ohjelmalla voidaan suorittaa ainakin seuraavia toimenpiteitä:

- Laskee oikosulku- ja vikavirrat
- Laskee kosketusjännitteen ja jännitteenaleneman
- Valitsee johtimet, virtakiskot ja suojalaitteet
- Tarkistaa suojalaitteiden oikosulun katkaisukyvyyn ja katkaisuajan
- Tarkistaa suojalaitteiden välisen selektiivisyyden
- Tarkistaa backup-suojauksen
- Tuottaa tarvittavat dokumentit urakoitsijoille, tarkastajille ja sähkölaitteiston haltijoille
- Laskee UPS-verkon sekä verkkosyöttö että akkusyöttötilanteessa
- Laskee muuntaja-asennusten ensiö- ja toisiopuolen suuret. (8)

5.2 FEBDOK-dokumentit ja -raportit

Raportoinnista koostuu suuri osa ohjelman käyttötärpeesta. Raportteja saa todistukseksi esimerkiksi sähkösuunnittelussa tarkistettujen oikosulkuvirtalaskentojen liitteeksi. Ohjelmalla saa syötettyä ulos ainakin seuraavia dokumentteja ja raportteja:

- Keskuksen pääkaavio

- Keskuksen virtapiirit
- Vikavirrat keskuksissa
- Yksityiskohtaiset virtapiiritiedot
- Suojalaitteiden asettelut
- Laskelmien tulokset
- Selektiivisyysanalyysit
- Poikkeamakaavio
- Kaapeli-, virtakisko- ja ylivirtasuojalaitetyypit
- Vaatimustenmukaisuusvakuutus. (8)

6 Mittaustulokset malliasunnossa

Tässä osiossa käsittelen todellisia mittaustuloksia malliasunnossa, josta on sähkösuunnitelmat liitteissä 1 ja 2. Mittauspöytäkirjamalli on Terawatt Oy:lle räätälöity kopioivasta paperista valmistettu malli (liite 3).

Mittaukset tein omassa talossani, johon on helpoin päästä sopimatta sen tarkemmin aikaa asiakkaan kanssa.

Aistinvarainen tarkastus on tehty kohteessa jo työsuorituksen aikana, joten jätin sen pois luettelosta, mutta se tehdään otsikon 3.1:n mukaisesti normaalitilanteessa.

6.1 Käytetyt mittalaitteet

Mittauksissa käytin Fluken valmistamaa 1652C-asennustesteriä. Tällä mittalaitteella voi testata kaiken tarvittavan muuttotarkastuspöytäkirjan täyttämiseen, toiminnallisia kokonaisuuksia lukuun ottamatta. Mittalaite on kalibroitu 06/2014.

6.2 Suojajohtimen jatkuvuus

Maadoituksen jatkuvuus mitataan kalibroimalla mittajohdinkela nolla-arvoon, eli maadoituksen vastus mitataan vain mitattavasta kaapelista (kuva 8). Tarkastuspöytäkirjaan vaaditaan alin mittaustulos kohteesta, ja se pitää ilmoittaa ryhmänumerokohtaisesti. Pienin arvo saatiin olohuoneen pistorasiaryhmän viimeiseltä pistorasialta ryhmästä 6.1 (liite 4).

Ryhmänumero 6.1 mittaustulos: 0,43 Ω , joka täyttää vaatimukset.

Standardi suosittelee alle 1 ohmin mittaustuloksia.

Fluke 1652C -mallissa käytetään mitta-alueena Rlow-osiota.



Kuva 8. Suojajohtimen jatkuvuuden mittauksessa käytetty apujohdin

6.3 Suojajohtimen jatkuvuus laskemalla

Tarkistetaan vielä maadoituksen jatkuvuus laskemalla. Asennuskohteessa kaapelina on käytetty Prysmianin valmistamaa MMJ 3x1.5S -kaapelia. Valmistaja antaa johtimen tasavirtaresistanssiksi 20 asteen lämpötilassa 12,1 ohmia/km eli 0,0121 ohm/m. (9)

Suunnitteluohjelmalla laskemalla kaapelipituudeksi määrityi noin 32 m.

Kaava muodostuu seuraavasti:

Pituus x kaapelin tasavirtaresistanssi = suojamaan jatkuvuus ohmeina.

$32 \text{ m} \times 0,0121 \text{ ohm/m} = 0,3872 \text{ ohmia.}$

Syy miksi laskennallinen suojamaan jatkuvuus on pienempi kuin mitattu arvo, ei ole tiedossa. Syitä voi kuitenkin olla monia, esimerkiksi liitokset voivat kasvattaa resistanssiarvoa tai kaapelinlaskennallinen pituus on huomioitu väärin. Mittalaitteen epätarkkuus voi olla myös yksi mittauksia epävarmentavista tekijöistä. Joka tapauksessa mittaus ja laskennallinen arvo täyttävät määräykset.

6.4 Eristysresistanssin mittaustulokset

Eristysvastusmittaus tehtiin jännitteettömässä tilassa luvun 3.3 ohjeiden mukaisesti. Fluke-mittalaitteeseen asennetaan PE- ja L-johdin ja mittapäiksi PE-johtimeen hauenleuka ja L-johtimeen testipainikkeella varustettu mittapää.

Fluken 1652C mittaustavaksi valitaan ”Riso” mitta-alue ja mittausjännitteeksi 500 V kuvan 9 mukaisesti.



Kuva 9. Eristysvastusmittauksen valinta

Mitattavassa kohteessa mittaus suoritettiin keskuskohtaisesti, eli mittaus suoritettiin ryhmäkeskukselta. Mittausta ennen nolla-johdin pois kytketään syötön puolelta ja tällä varmistetaan PE- ja N-johtimien erilläänolo.

Seuraavaksi yhdistetään N- ja L1-3 vaiheet yhteen mittauksen ajaksi kuvien 10 ja 11 mukaisesti. Mittaus suoritetaan väliltä PE (kuva 12) ja L1+L2+L3+N.

Mittaustulokseksi saatiin 43,6 M Ω , mikä täyttää reilusti vaaditun arvon. Tulos on oman kokemuksen mukaisesti aika normaali tulos uudiskohteissa. Useat sähkölaitteet heikentävät mittaustulosta, kuten kiuas ja lämminvesivaraaja. Näiden valmistajien ohjeesta kannattaa tarkistaa, suositellaanko mittausta ollenkaan.



Kuva 10. Vaiheet yhdistetään ja liitetään N-kiskoon



Kuva 11. Mittaus suoritetaan N-kiskon ja PE-kiskon väliltä



Kuva 12. PE-kiskossa hauenleuka mittapäänä

6.5 Eristysvastusmittauksessa vikatilanteiden selvitys

Eristysvastusmittaus on yleensä kaikkein vikaherkin mittaussvaihe, jossa sähköasentaja kohtaa ongelmia usein. Seuraavat toimintaohjeet on laadittu yrityksen sisäiseen käyttöön, eikä niillä aina välttämättä päästä toivottuun lopputulokseen.

Ongelmia aiheuttavat usein rakennusaikana tapahtuneet kaapeleiden tai johtimien vauriot tai sähkökalusteiden vialliset tuotteet. Viallisia tuotteita on niin valaisimien liityntälaitteissa, kuin termostaateissa tai vastaavissa sähkölaitteissa.

Ensimmäisessä vaiheessa, jos mittaukset eivät täytä vaadittuja arvoja, täytyy pudottaa johdonsuojakatkaisijoita yksitellen vaiheittain pois päältä. Mittaus uusitaan jokaisen pudotetun johdonsuojakatkaisijan kohdalla. Kun vikaa aiheuttava ryhmä löytyy, se poiskytketään keskuksen päästä (L, N, PE) ja aloitetaan tarkempi selvitys.

Tasokuvasta katsotaan kaapelin vaikutusalue ja puretaan siihen liittyvät mahdolliset jakorasiat tai laitteet. Kaapeli mitataan uudelleen mahdollisten jakorasioiden purkamisen jälkeen. Jos vika piilee itse kaapelissa, selvitetään vaurioitunut kohta ja kaapeli vaihdetaan mahdollisuuksien mukaan.

Jos vika piilee vioittuneessa sähkölaitteessa, laite vaihdetaan ja mittaukset uusitaan.

6.6 Oikosulkuvirran mittaus

Oikosulkuvirran mittauksen suoritin kaikkiin talossa oleviin pistorasioihin ja valaistusryhmiin. Heikoimmaksi arvoksi löysin ryhmän 6.1 olohuoneen pistorasiat, eli saman, jossa oli myös matalin suojamaan jatkuvuus arvo.

Ryhmän kaapelin suojana on käytetty Enston valmistamaa johdonsuojakatkaisijaa, jonka nimellisvirta on 10A ja se on B-tyypin käyrällä varustettu. Johdonsuojakatkaisijan vaatima minimi mitattu arvo on taulukon 3.4.2 mukaan 62,5 A.

Mittaamalla tulokseksi saatiin 121 A, joka täyttää vaatimukset ja myös 0,4 s:n poiskytkentäajan vaatimus täyttyy.

6.6.1 Oikosulkuvirran mittaus liittymän luota

Liittymän luota mitattiin tonttikeskukselta yksivaiheisen oikosulkuvirran minimi ja maksimiarvot. Flukella mittaus suoritettiin ”Zi ”no trip” -mitta-alueella kuvan 13 mukaisesti.

Minimiarvoksi saatiin 1-vaiheisen oikosulkuvirran arvoksi 652 A ja maksimiarvoksi 679 A. Pöytäkirjaan vaaditaan aina vähintään kaksi testausta, jotta verkon vaihtelut tulevat huomioitua.

Mitattava kohde on Vantaan energian jakeluverkkoaluetta, ja heiltä saatiin liittymispisteen oikosulkuvirta-arvot.

Vantaan energian ilmoittamat laskennalliset arvot ovat aluejakokaapilta ilmoitettuja.

Ik 1-vaiheinen 1,392 kA

Ik 3-vaiheinen 3,4 kA

Kohteessa on mitattu asennuksen yhteydessä myös todellinen oikosulkuvirta aluejakokaapilta 1.7.2014.

Ik 1-vaiheinen 2,87 kA



Kuva 13. Oikosulkuvirran mitta-alue

6.6.2 Laskennalliset arvot FEBDOK-ohjelmalla

Tarkistuksen vuoksi halusin vielä tarkistaa mitatut arvot laskemalla FEBDOK-ohjelmalla laskennalliset arvot pistorasialle saakka. Laskentaohjelma ei voi ottaa huomioon todellisia kuormia kyseisessä verkossa, mutta on suuntaa antavasti kyllä.

Terawatt Oy:ssä FEBDOK-ohjelmaa käytetään kaikkiin omien kohteiden suunnitelmien yhteydessä. Tällä varmistetaan oikosulkuvirran riittävyys hankalimmassa pisteessä jo etukäteen, ennen toteutusta. Jos laskennallinen arvo ei riitä, asialle tehdään jotain.

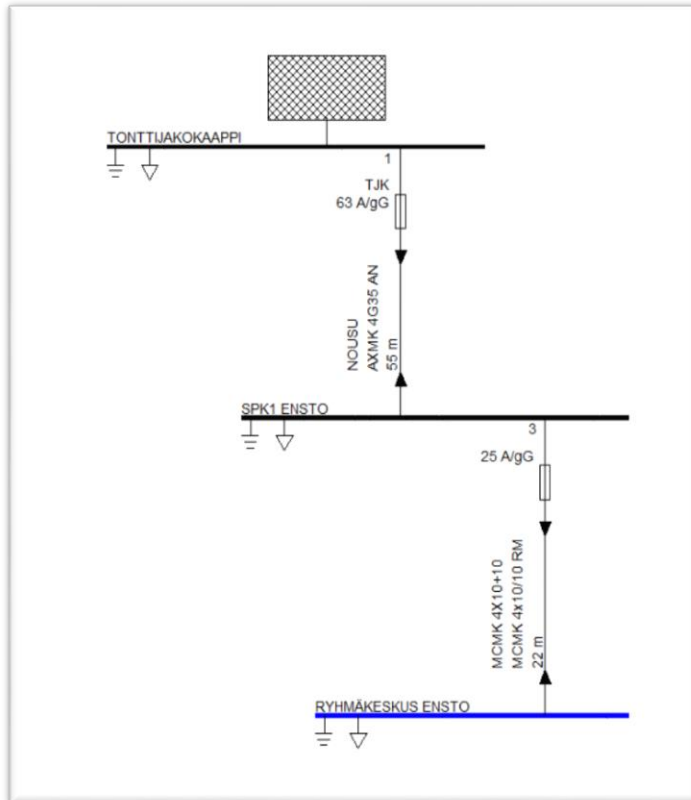
Toimenpiteitä on yleensä kaksi, joko johdonsuojakatkaisijan tyyppiä vaihdetaan B- tai A-käyrään tai nousujohtojen poikkipinta-aloja kasvatetaan. Näihin toimenpiteisiin joudutaan yleensä maaseudulla, jossa muuntajan ja liittymispisteen etäisyys kasvaa suureksi.

Asemakuvasta tarkistamalla määritin liittymisjohdon ja nousujohtojen pituudet ja tyypit esimerkki kohteessamme. Nousujohtona aluejakokaapilta käytettiin AXMK 4x35 -kaapelia ja tonttikeskukselta ryhmäkeskukselle menevä nousukaapeli on mallia MCMK 4x10+10. Ohjelma piirretään piiristä kuvan 14 mukaisen kaavio, jossa ylimpänä on tonttijakokaappi ja alimpana ryhmäkeskus. Tonttijakokaapille määritetään oikosulkuvirta-arvo, joka kysytään paikalliselta jakeluverkkoyhtiöltä. Tässä tapauksessa se oli 1,392 kA, ja se laski ryhmäkeskukselle mennessä 0,829 kA liitteen 6 mukaisesti. Jokaiselle keskusvälille määritettiin todellinen kaapeli, joka kohteeseen oli asennettu. Laskin ohjelmalla realistisen pituuden kaapelille asemakuvasta ja vahvavirtajohdotus suunnitelmista (liitteet 1 ja 2).

Tonttijakokaapilta talon sähköpääkeskukselle kertyi matkaa 55 m AXMK 4x35 -kaapelia ja sähköpääkeskukselta ryhmäkeskukselle 22 m MCMK 4x10+10 -kaapelia. Ryhmäkeskukselta jatkui MMJ 3x1.5S -kaapeli 32 m:n matkan pistorasialle, ja sen päässä ohjelma antoi oikosulkuvirraksi 0,165 kA liitteen 5 piiriluettelon mukaisesti.

Jännitteenalenemaa tonttijakokaapilta pistorasiaryhmän heikoimpaan pisteeseen tuli 0,38 %, eli ei merkittävästi sähkölaitteiston toiminnan kannalta.

Se miksi todelliset mittaukset antoivat pienemmän arvon, voivat selittyä muutamalla eri tekijällä. Ensinnäkin kaapeleiden pituudessa voi olla pieni heitto ja verkon kuormitus voi olla pienempi laskennoissa, kuin se on todellisuudessa. Lisäksi huonot liitännät voivat heikentää oikosulkuvirtaa. Ero laskennallisen ja todellisen oikosulkuvirran välillä oli kuitenkin aika pieni. Mitatun (121 A) ja lasketun oikosulkuvirran (165 A) välinen ero on vain 44 A eli prosentuaalisesti ero vain noin 36,4 %.



Kuva 14. FEBDOK-piirikaavio

6.7 Vikavirtasuojatkaisijoiden toimintakokeet

Mitattavassa kohteessa oli 2 kpl Enston valmistamia vikavirtasuojakytkimiä, joiden toiminta raja-arvot ovat 30 mA / 40 A. Vikavirtasuojan pitäisi siis laueta ennen vaadittua arvoa riittävän nopeasti, jotta se täyttää vaatimukset.

Mittaustulokset vikavirtasuojilla täyttivät vaatimukset *taulukon 4* mukaisesti. Liitteessä 4 ilmenevät ryhmät, joihin ryhmiin suojat vaikuttavat.

Taulukko 4. Vikavirtasuojakatkaisijoiden mittaustulokset

Vikavirtasuojaryhmät	Toimintavirta mA	t/ms	Painike
R. 6-9	21mA	23,6ms	ok
R. 10-12	22mA	23,8ms	ok

Mittaukset on helpoin tehdä suoraan keskukselta vikavirtasuojalta. Toiminta-ajat ja virrat on myös mahdollista mitata suoraan valaisimilta tai pistorasioilta niiden suojaamilta ryhmiltä kuvan 15 mukaisesti. Tässä tapauksessa käytetään Fluke 1652C:n omaa pistoke-mittapäätä. Mitta-alue valitaan kuvan 16 mukaisesti, kun mitataan vikavirtasuojan toiminta-aikaa. Kun mitataan vikavirtasuojan toimintavirtaa, mitta-alue valitaan kuvan 17 mukaisesti.



Kuva 15. Vikavirtasuojakytkimen toiminnan testaus pistorasialta



Kuva 16. Vikavirtasuojan toimintanopeuden mittaus



Kuva 17. Vikavirtasuojan toimintavirran mittaus

6.8 Kiertosuunnan mittaus

Mitattaessa kiertosuuntaa se tehdään joko pääkeskukselta ja ryhmäkeskukselta. Flukeilla mitta-alue valitaan kuvan 18 mukaisesti. Mittapäitä tarvitaan 3 kpl ja jokaiseen valitaan sopiva mittapää mittauspaikasta riippuen. Fluke 1652C näyttää vaiheet järjestyksessä 1–2–3. Jos mittari näyttää vaihejärjestyksen 3–2–1, silloin vaihejärjestys on vaihtunut ja se on syytä korjata. Malliasunnossa kiertosuunta oli kunnossa. (3, s. 333.)



Kuva 18. Vaihejärjestyksen mittaus

7 Dokumentointi

Käyttöönottotarkastuksista tulee laatia sähkölaitteiston haltijalle tarkastuspöytäkirja, josta tulee käydä selville ainakin seuraavat asiat:

- kohteen yksilöintitiedot
- selvitys laitteiston säännösten mukaisuudesta
- yleiskuvaus tarkastusmenetelmistä
- tarkastusten ja testausten tulokset.

Mittauksista tulee merkitä ainakin seuraavat tiedot:

- eristysresistanssinmittauksesta mittaustulokset
- oikosulkuvirroista kaikki mittaustulokset min. epäedullisin piste
- vikavirtasuojien mittaustulokset
- maadoituksen jatkuvuuden tulos keskuskohtaisesti
- kiertosuunnan mittaus keskuskohtaisesti. (13)

Tarkastuksen tekijät allekirjoittavat pöytäkirjan ja mielellään myös tilaajan allekirjoitukset, jos tämä on mahdollista.

Tarkastusasiakirjalle ei ole muotoiluvaatimuksia, mutta edellä mainitut asiat pitää löytyä dokumentista. Jos poiketaan standardin SFS 6000 vaatimuksista, tästä täytyy tehdä kirjallinen selvitys ennen töiden aloittamista. Terawatt Oy:n mittauspöytäkirja on hyväksyttävä sisällöltään standardeihin verrattaessa.

7.1 Loppupiirustukset

Jokaisesta kohteesta täytyy olla kohteen sähkösuunnitelmat ja niihin liittyvät dokumentit paperisina ja sähköisinä. Suunnitelmat jätetään ryhmäkeskukseen muovitaskuun, jonne jätetään seuraava aineisto:

- tasopiirustukset
- keskuskaaviot

- valaisinluettelot
- nousujohtokaaviot
- lämmitinluettelot
- asemapiirustus, jossa aluekaapelointi
- yleis- ja antennikaapelointi kaaviot
- maadoituskaavio.

Asiakkaalle postitetaan lisäksi mittakaavan 1:50 tulostetut sähkösuunnitelmat, joissa lukee nimiössä ”Loppupiirustukset”, seläkkeillä taitettuna. (2, s. 34)

7.2 Käytön opastus

Terawatt Oy:n tarkastusasiakirjassa on kohta, jossa mainitaan, että käytön opastus pidetty. Tätä kohtaa ei voi täyttää, jos asiakas ei ole mittauksien jälkeen työmaalla paikalla, vaan se täytyy tehdä silloin erilliskäynnillä.

Asiakkaan kanssa täytyy käydä lävitse seuraavat asiat:

- kohteen lämmitysjärjestelmän käyttö
- ryhmäkeskuksen ja sähköpääkeskuksen maallikon käyttö
- pääsulakkeen vaihdon perehdytys
- vikavirtasuojakatkaisimien testauspainikkeen käyttö
- johdonsuojakatkaisijoiden käyttö
- lämmitysjärjestelmiin liittyvien termostaattien käyttö
- ilmanvaihtokoneen etäpaneelinkäyttö
- kiukaan etäohjaimen käyttö
- himmentimien käyttö
- suunnitelmien ja niihin liittyvien dokumenttien sijainti esitetään.

Lisäksi kohteesta täytyy jättää sähköjärjestelmässä käytettyjen laitteiden käyttöohjeet talokirjaan. Jos talokirjaa ei ole paikalla, sovitaan asiakkaan kanssa ohjeiden jättöpaikka. (10, s. 68.)

8 Mittausten aikainen sähkötyöturvallisuus

Käyttöönottotarkastukset ovat sähkötyöturvallisuusstandardissa määritellyjä toimenpiteitä, ja niitä voivat suorittaa vain sähköalan ammattihenkilöt. Mittauksia tehtäessä täytyy aina määrittää sähkötyöturvallisuudesta vastaava työturvallisuusvastaava, joka yleensä on työmaan nokkamies. Jos mittaukset suoritetaan yksin, hän on luonnollisesti vastaava henkilö.

Mittauksista vastaavan henkilön täytyy ennen mittauksia seuraavat asiat:

- Jännitteettömäksi tehtävä laitteisto on jännitteetön.
- Jännitteenkytkentä on estetty mekaanisesti.
- Mittauksessa käytettävät mittalaitteet täyttävät määräykset.
- Mitattaessa ei ole vaaraa koskettaa jännitteisiä osia.
- Mittapäillä ei voi aiheuttaa oikosulkua.
- Mittauksista ei ole vaaraa muille.

Tarkempia tietoja mittausten työturvallisuudesta on STUL:n julkaisemassa ”Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset”. (3, s. 336.)

9 Pohdinta

Tämän loppumittausten tarkastusohjeen tarkoituksena on perehdyttää Terawatt Oy:n uusia asentajia käyttöönottomittausten oikeaoppiseen tekemiseen. Työ tehtiin mahdollisimman käytännönläheiseksi käsittelemällä paljon mittareiden käyttöä ja annettiin yksityiskohtaisia ohjeita ja kuvia sen käyttöön. Työssä noudatetaan uusimpia sähköalan standardeja ja suosituksia.

Tämän tyyppisen oppaan suurin ongelma on luultavasti sen vanheneminen, koska sähköala on nopeasti kehittyvä ala ja siihen liittyvät ohjeistukset ja määräykset muuttuvat muutaman vuoden välein aika radikaalisti. Viime vuosina on esimerkiksi vikavirtasuojakatkaisijaan liittyvät määräykset ovat vaihtuneet nopeassa tahdissa ja tulevaisuudessa loppukäyttäjän turvallisuuteen liittyvien laitteistojen odotetaan lisääntyvän huomattavasti. Suosittelen Terawatt Oy:n asentajien perehdytykseen panostettavan vielä enemmän jatkossa, koska se säästää työtunteja työmaalla huomattavasti.

Sähkömittauksiin tarkoitettujen testereiden ohjeistukset ovat usein aika hankalalukuisia, ja tällä oppaalla olen mielestäni saanut tiivistettyä hyvin standardit ja laitteen käyttöohjeet tiiviiseen pakettiin. Yrityksessä julkaistava opas tulee olemaan vielä lyhykäisemmin tiivistetty ja sen kansikuva ja ulkoasu muokataan yrityksen ulkoasuun sopivaksi.

Esimerkkitalon mittaukset menivät demomallissa virallisestikin lävitse, ja kohteessa ei havaittu mitään puutteita ja virheitä.

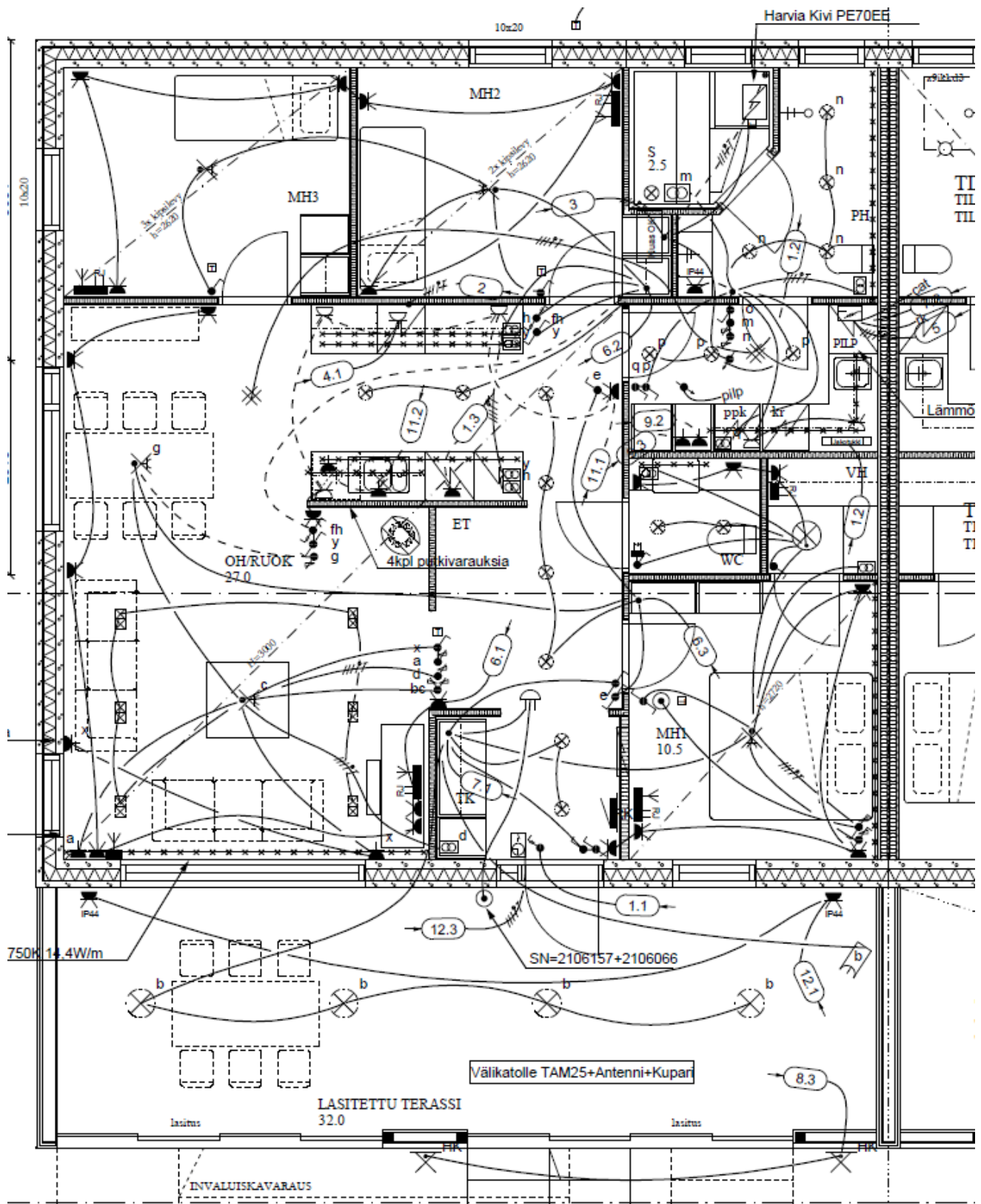
Kuluttajien kanssa toimiessa projektin loppuun saattaminen on usein suuri ongelma johdun asiakkaan keskeneräisistä töistä, mutta haluan oppaan dokumentointiosan auttavan yrityksen omien töiden loppuun saattamiseen helpotusta.

Työssä päästiin sille asetettuihin tavoitteisiin mielestäni hyvin ja koen oppaan olevan hyödyllinen loppukäyttäjälle.

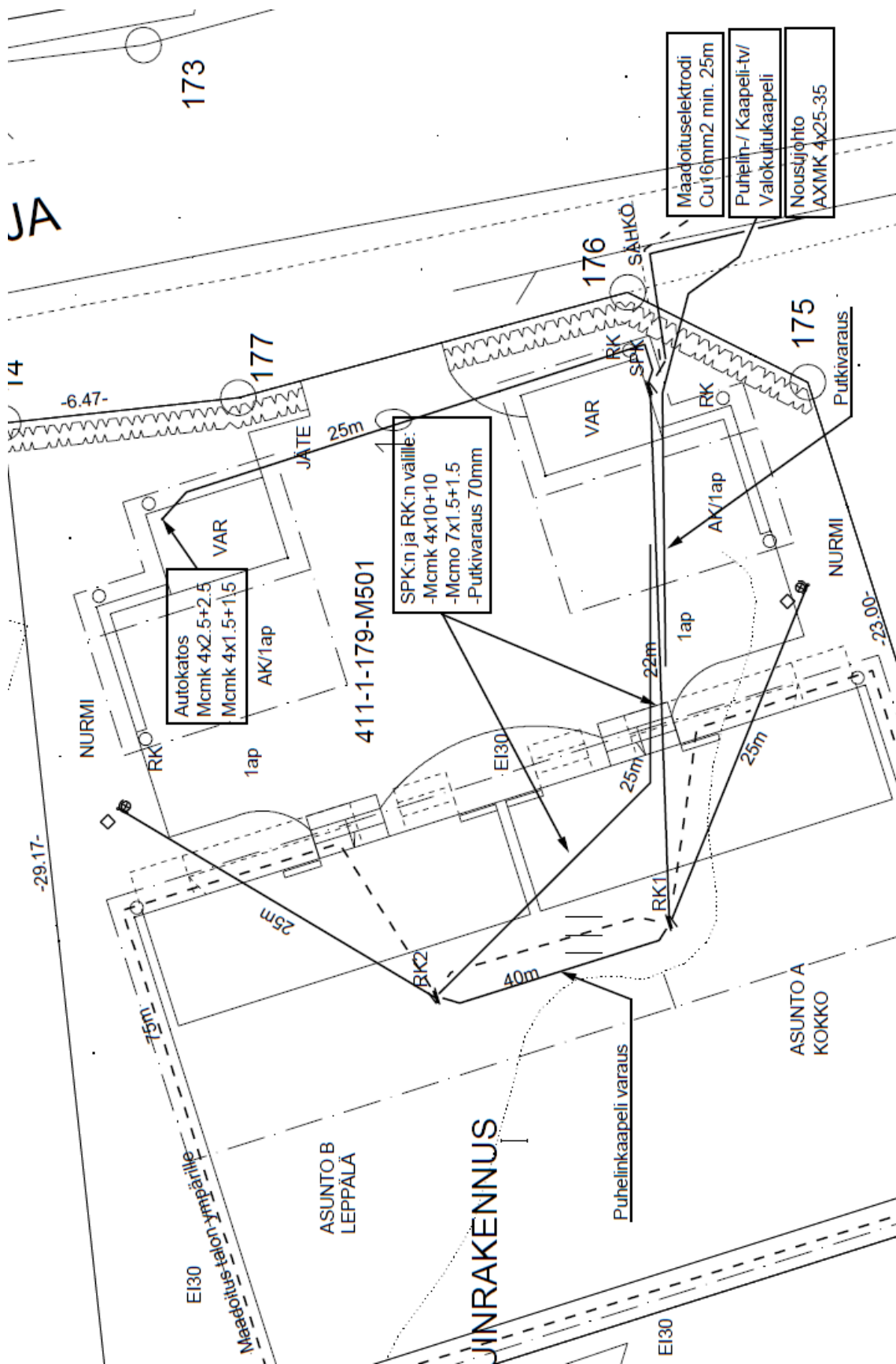
Lähteet

- 1 Yritys, Terawatt Oy. Kirjallinen aineisto.
- 2 SFS 600-1: 2012 Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset osa 1. 1. painos 2012-09.
- 3 Tiainen Esa. D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo, Sähköinfo Oy, 2009. 17. Painos.
- 4 Sähkötietokortti 2013, ST 51.41
- 5 SFS-käsikirja 600-2:2012 Sähköasennukset. Osa 2: Säädökset, sähkötyöturvallisuus, erityisasennukset ja liittyvät standardit.
SFS 600-2 / 134 1. painos 2012-09 Helsinki 5§ ja Luku 3 12§.
- 6 2011 Käytönjohtajat. Verkkodokumentti. Turvatekniikan keskus.
<http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/1Sahko-ja-hissit/S4-11-Sahko-laitteistot-ja-kaytonjohtajat/> Päivitetty 23.2.2011 luettu 20.10.2015.
- 7 Sähkötietokortti 2015, ST 97.01
- 8 FEBDOK. 2015. Verkkodokumentti. FEBDOK OY.
<http://nelfo.no/Produkter/DataverktoyProgramvare/FEBDOK/Febdok-FIN>
luettu 22.10.2015
- 9 AFUX™ Pro 300 / 500 V HF. Halogeeniton kevyt asennuskaapeli. 2014. Ominaisuudet. Verkkodokumentti. Prysmian group Oy.
http://fi.prysmiangroup.com/en/business_markets/markets/ti/downloads/datasheets/AFUX_Pro_300_500_datalehti.pdf Päivitetty 5.8.2014.
Luettu 17.10.2015
- 10 Sähköturvallisuusmääräykset käytännössä, 2014. SETI OY.

Liite 1 Sähkösuunnitelmat malliasunnossa



Liite 2 Aluekaapelointi malliasunnossa.



tera
TALOITTEMIHKE

SÄHKÖLAITTEISTON KÄYTTÖNÖTÖTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

1. Käyttöön otokasutus Muuttolaitteistus
 Muu Muid?

2. Kohteen nimi ja yksilöinti: _____

3. Osoite/tiedot: _____
 Sähköasiantuntija: Tera-watt Oy
 Osoite/tiedot: Oskariintie 14A1, 02880, Espoo
 puhelin: _____

4. AISTINAMAINEN TARKASTUS

A) Sähkökäytön suojaus	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
B) Palosuojaus	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
C) Johtimien välitila	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
D) Suoja- käyttö- ja valvon laitteet	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
E) Erotus- ja kytkinlaitteet	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
F) Sähkölaitteiden suojausmenetelmät	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
G) Nolla- ja suojajohdinten tunnuks	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
H) Yksivaiheiset kytkinlaitteet	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
I) Piirustukset, vaio-kaaviot, yms.	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
J) Tunnistettavuus	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
K) Johtimien liitosten sopivuus	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
L) Suojajohdinten olemassa olo	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>
M) Maadoitusliitännän osittainen	Perustasokissa	<input type="checkbox"/>	Muu, mikä?	<input type="checkbox"/>
N) Napaisuudet	Kunnossa	<input type="checkbox"/>	Ei sähly	<input type="checkbox"/>

Päiväroottimen toiminta ja määrätysten mukaisuus _____ Kunnossa

5. SUOJAUSLITTEISTEN AISTUVAUS (PE-, PEN-, maadoitus-, sääh- ja sähköeristämälaitteet)

Toimitu kaikista laitteista ja pistorasokista _____ Suurin resistanssi _____ ryhmässä

Virkoissa todettu vaarallisten mukaisuuksi Liitteet: _____

6. ERISTYSRESISTANSSI

Kohde	Ryhmä nro	Ra/MO	Huom:

Koko laitteiston erityisresistanssi: _____
 Erityisresistanssit todettu vaatimusten mukaisiksi
 Erikoistestit mittauksen suorittamiseksi: _____
 Liitteet: _____

7. KIRJOTUSUNNAN TARKASTUS

Keskus 3-vaihepöytäkirja

8. TOIMINTA- JA KÄYTTÖ TESTIT

Koneet ja laitteet Toiminnalliset kokonaisuudet

9. EMC-SUOJAUS

BMC-suojauksen toteutuksen kohteessa käytetty seuraavia menetelmiä:
 TN-S järjestelmä
 Sähkölaiteisto täysin sähkösuojatusiin ja valitun suojan asetukset
 [1466/2007] sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset

10. HUOMAUTUKSET

SÄHKÖLAITTEISTON KÄYTTÖNÖTÖTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

11. VIKAVIRTTALUOJAT

Typpi	Ryhmä nro	I/n	Puole

Toiminnat todettu standardien vaatimusten mukaisiksi
 Liitteet: _____

12. SVOTON AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

Ryhmä nro	Säike/A	I/A	I/A/Suojalaitteet

Oikosulkurinta liittymän luona (I/n n/ suura)
 Oikosulkurinta saatu mittaamalla

Syötöautomaattien poiskytkennän vaatimusten toteutumisen todettu mittaamalla ja suunnitelmista
 Saadut arvot standardin mukaiset Liitteet: _____

13. KOHTEEN TOTEUTUKSEEN KÄYTTÖN STANDARIT

Toteutus on käytetty TUKES-ohjeessa S10-12 mainittuja standardeja
 Kohde on todettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi

14. TARKASTUKSEN TULOKSET

Päiväys _____ Aika/kohta ja nimen selvennys _____
 Päiväys _____ Aika/kohta ja nimen selvennys _____

Käytetyt mittalaitteet: Aemmuustekeri FLUKE 1653, Sukotestit

15. LUOVUTUSMERKINTÄ

A) Käytön opetus Pöytä Sovittu pöytäkirja pvm _____ 20____
 B) Käyttöön otokasutus pöytäkirja luovutettu liitteineen
 C) Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu
 Luettelo piirustuksista ja dokumenteista: Sähkösuojauksen keskuksena
 Laitteiden myyntipöytäkirja käyttöön otokasutus pöytäkirja
 Muut: _____

16. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUUTTAUS

Olen vastaanottanut kohde-asia 15. luovutusmerkinnän, ilmoitettui suorituksien
 Pöytäkirja säilytetään ja tarvittaessa asetettävä koko sähkölaitteiston käyttöä varten.
 Päiväys _____ Aika/kohta ja nimen selvennys _____

Vikavirrat laitteistossa

Jakokeskustunnus	I _k max		I _k gmin		I _k gmax		I _k 2gmin		I _k 2gmax		I _k 1gmin		I _k 1gmax		I _k gmin		2. maasuikku		Max i [kA]
	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	
RYHMÄKESKUS ENSTC	1,602	0,94	0,829	0,96	1,388	0,94	0,718	0,96	0,772	0,93	0,536	0,96	0,772	0,93	0,536	0,96			
SPK1 ENSTO	2,113	0,91	1,005	0,94	1,830	0,91	0,871	0,94	1,000	0,88	0,685	0,94	1,000	0,88	0,685	0,94			
TONTTUAKOKAAPPI	3,400	0,80	1,392	0,90	2,944	0,80	1,206	0,90					1,392	0,80	1,000	0,90			

Terawatt Oy	Aseennuksen osasto: Kjiltalankuja zati 01670	Aseennus: Testi	Pvm: 21.10.2015 17:56:41
Koskelontie 1	Asealan omistaja:	Vikavirrat laitteistossa	SFS 6002:2012 400V TN-C-S
02920 ESPOO		Febdok V6.5500 Pvm. 3.7.2014	Sivu 1 / 1
Puh:			(4)

Piiriluettelo

Jakelutyyppi:	TN-S	Maksimi vikavirrat ja impedanssit	Jakokeskus	Min. maasuukuvirrat ja impedanssit	Jakokeskus				
Maaotituselektrodi:	Johdin/köysi	I_{k3pmax} [kA] : 1,602	$\cos \phi$: 0,94	I_{k3pmin} [kA] : 0,829	R^+ [Ω] : 0,2535				
Potentiaaliintasaukset		I_{k2pmax} [kA] : 1,388	$\cos \phi$: 0,94	I_{k2pmin} [kA] : 0,718	X^+ [Ω] : 0,0765				
Summakuormavirta [A]:	L1: 0,00 A L2: 0,00 A L3: 0,00 A N:	I_{k1pmax} [kA] : 0,772	$\cos \phi$: 0,93	I_{k1pmin} [kA] : 0,536	R_{0N} [Ω] : 0,2535				
		I_{pEmax} [kA] : 0,772	$\cos \phi$: 0,93	I_{pEmin} [kA] : 0,536	X_{0N} [Ω] : 0,0765				
					R_{0PE} [Ω] : 0,6751				
					X_{0PE} [Ω] : 0,1762				
Piiri nro.	Tunniste Kuvaus Maadoitus	Kuormatyyppi Vaiheiden kytkentä Jakelutyyppi	Kaapelimerkintä Kaapelityyppi Asennusmenetelmä	Pituus [m]	k_t k_p k_f	I_z [A] I_b [A] ΔU [%]	Laitteisto	Suojalaitte tunnistet Valmistaja Tyyppi	I_N [A] I_c [kA] I_{Im} [m]
1		Muuttuva kuorma L1-N	OH PR MMJ 3x1,5 S A1	32	1,00 1,00 1,00	14,50 0,00 0,38	Suojalaitte 30,0 [mA]	I_{kmax} [kA] I_{kmin} [kA] I_{pmin} [kA]	10 10 137,8
									10 lcs 0,165 ABB 0,165 DS202C M B
Terawatt Oy		Asemuksen osoite: Kymtiläkuja 2a1 01670		Asemus: 122		Pvm: 21.10.2015 16:05:38			
Koskelontie 1 02920 ESPOO Puh:		Asiakas, omistaja:		Jakokeskus RYHMÄKESKUS ENSTO		SFS 6000:2012 400 V TN-S			
				Vs 3.5.00 Pvm: 3.7.2014		Sivu 1 / 1			
				Febdok					