

Vili Laine

Sähköasennusten käyttöönottotarkastus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinööriytyö

15.4.2018

Tekijä Otsikko	Vili Laine Sähköasennusten käyttöönottotarkastus
Sivumäärä Aika	30 sivua + 1 liite 15.4.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Osmo Massinen
<p>Tämän insinöörityön aiheena on sähköasennuksille tehtävä käyttöönottotarkastus, joka on toimenpide, joka on tehtävä kaikille sähkölaitteistoille aina ennen niiden käyttöönottoa. Työn tavoitteena on koota ja esittää kaikki tärkeä tieto käyttöönottotarkastuksesta, jotta se toimii ohjeena asentajalle. Työssä on myös kerrottu, miten aurinkosähköjärjestelmät tulisi ottaa huomioon tarkastuksia tehdessä. Työssä käydään tiivistetysti läpi käyttöönottotarkastuksen yleinen kulku esittäen tarvittavat tarkastusvaiheet standardisarjan SFS 6000-6-61 mukaan. Esitetty tarkastusjärjestys on todettu käytännössä järkeväksi ja johdonmukaiseksi. Lisäksi työssä esitellään tärkeimpien pykälien osalta sähköturvallisuutta koskevaa lakia.</p> <p>Tarkastuksen suorittamisesta kertovassa materiaalissa on käytetty SFS 6000-6-standardisarjan lisäksi ST-käsikirjaa, 33 Rakennuksien sähköasennusten tarkastukset. Jos laitteistosta löytyy aurinkosähköjärjestelmä, esitetään työssä myös siihen tarvittavat mittaukset. Lisäksi työssä käydään läpi tarkastajalta vaadittavat mittausvälineet ja luetteloidaan, mitä mittauksia tarkastajan täytyy suorittaa. Lopuksi esitetään muutama asennusvirhe, joita on tullut vastaan käyttöönottotarkastusta tehdessä.</p> <p>Työn lopputuloksena syntyi tiivistetty esitys siitä, mitä käyttöönottotarkastuksella tarkoitetaan ja annetaan ohje tarkastuksen suorittamiseen. Työn tarkoituksena on auttaa aloittelevaa tarkastuksen tekijää pääsemään alkuun käyttöönottotarkastuksen suorittamisessa sekä tulkitsemaan mittauksen antamia tuloksia.</p>	
Avainsanat	käyttöönottotarkastus, eristysvastus, suojajohtimet, mittalaitteet, aurinkosähköjärjestelmä

Author Title	Vili Laine Commissioning Inspection of Electrical Installations
Number of Pages Date	30 pages + 1 appendit 15 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructors	Osmo Massinen, Senior lecturer
<p>The purpose of the thesis is to present what is commissioning inspection for electrical installations and what are the things that inspection retains. Commissioning inspection is a measure that must be done for all electrical equipment before commissioning. The target of this thesis was to gather up all important data on commissioning inspection and summarize it to create a guide for the installer. Solar energy system requirements for the inspection have been also taken into account. Every step of the inspection is done according the Standard book SFS 6000-6-61. The order of inspection is stated good and consistent. This thesis also presents some important electrical safety legislation.</p> <p>Standard book 6000-6 shows how the commissioning inspection must be done and what are the things that belong to inspection. Also, book called ST-käsikirja 33 Rakennuksien sähköasennuksien tarkastukset has been in use. If there is a solar energy in the equipment, the thesis also tells how the measurements must be done. Furthermore, this thesis presents what kind of measuring devices the inspector must have when doing inspections and listing what measures must be done. At the end, some cases of installations errors that have happened sometimes when doing commissioning inspections, are presented.</p> <p>The result of this work is a condensed presentation what commissioning inspection is. It is also a simple guide how to perform the inspection and read the results of measurements.</p>	
Keywords	commissioning inspection, insulation resistance, protector wires, measuring devices, solar power system,

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Käyttöönottotarkastus	1
2.1	Käyttöönottotarkastuksen lähtökohdat	1
2.2	Vastuu asennuksista	2
2.3	Tarkastuksen laajuus	3
2.4	Mittauspöytäkirja	4
2.5	Standardista poikkeaminen	5
3	Käyttöönottotarkastuksen suorittaminen	5
3.1	Aistinvarainen tarkastus	5
3.2	Eristysresistanssimittaus	8
3.3	SELV-, PELV- ja suojaerotetun järjestelmän eristysresistanssimittaukset	10
3.4	Suojajohtimen jatkuvuus	12
3.5	Kiertosuunnan tarkastaminen	16
3.6	Syöttöjen automaattisen poiskytkennän mittaus	17
3.7	Vikavirtasuojajytkimien testaus	18
3.8	Asennuksien toiminnallinen tarkastus	19
3.9	Napaisuus	19
3.10	Teleasennuksien tarkistus	19
4	Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottotarkastus	20
5	Mittalaitteet	22
6	Sähköturvallisuuslakeja	24
7	Kokemuksia tarkastuksista	25
8	Yhteenveto	29
	Lähteet	30
	Liitteet: Metrel MI3102-mittarin tiivistetty käyttöohje	

Lyhenteet ja käsitteet

EMC-	Sähkömagneettinen yhteensopivuus.
L-johdin	Vaihe (L1, L2, L3) johdin, joka siirtää sähköenergiaa. Aina jännitteinen.
N-johdin	Järjestelmän nollapisteeseen sähköisesti yhdistetty johdin, joka kykenee osallistumaan sähköenergian siirtoon.
PE-	Johdin, jota käytetään suojauksen takia, esimerkiksi sähköiskulta suojaamiseen.
PELV-	Pienoisjännitejärjestelmä, jossa jännitteelle alttiita osia maadoitettu.
PEN-	Johdin, joka toimii samalla sekä suojamaadoitus- että nollajohtimena.
SELV-	Pienoisjännitejärjestelmä, joka on maasta erotettu.
SFS 6000-	Standardisarja, joka koskee pienjännitesähköasennuksia.
TN-S	Järjestelmä, jossa on koko järjestelmässä erillinen maadoitettu suojamaadoitusjohdin ja erillinen nollajohdin.

1 Johdanto

Insinööriyössä perehdytään sähköasennuksien käyttöönottotarkastukseen. Työn tarkoituksena on kertoa, mikä käyttöönottotarkastus on ja miksi tämänkaltainen tarkastus pitää suorittaa. Tavoitteena on koota kaikki tämän hetkisen standardin vaatimat käyttöönottotarkastukseen kuuluvat toimenpiteet ottaen huomioon aurinkosähköjärjestelmien tuomat lisäykset. Käyttöönottotarkastuksesta esitetään sen vaatimat suoritteet, jotta se on tehty oikein sekä esitellään, minkälaisia mittauksia ja niiden suoritustapoja tarkastuksessa täytyy tehdä. Tämän lisäksi kerrotaan, minkälainen pöytäkirja mittauksista tulisi tehdä. Työssä käydään myös läpi, minkälainen tarkastus aurinkosähköjärjestelmille täytyy tehdä, mikäli niitä on tarkastettavassa kohteessa.

Työssä esitellään muutamia sähköturvallisuuslakipykälä, jotka jokaisen sähköasentajan ja tarkastuksen tekijän olisi hyvä huomioida sekä listataan, minkälaisia mittalaitteita ja -välineitä pitää löytyä käyttöönottotarkastuksia suorittaessa. Lopussa kerrotaan insinööriyön kirjoittajan omakohtaisia esimerkkejä vuosien aikana vastaan tulleista virhekytkenöistä tarkastuksien yhteydessä.

2 Käyttöönottotarkastus

2.1 Käyttöönottotarkastuksen lähtökohdat

Käyttöönottotarkastuksella tarkoitetaan kaikissa uudis- ja remonttikohteissa suoritettavien sähköasennuksien tarkastuksia ennen käyttöönottoa. Käyttöönottotarkastuksen suorittaminen ja pöytäkirjan tekeminen takaavat käyttäjälle ja viranomaiselle, että asentaja on suorittanut tehdyt asennukset standardien mukaan. Oikeudellinen vastuu pöytäkirjan oikeellisuudesta on tarkastuksen suorittajalla. Tarkastuksissa on noudatettava sähköturvallisuuslain kohtaa 1135/2016 ja valtioneuvoston asettaman asetuksen sähkölaitteistoista 1434/2016 vaatimuksia.

Tarkastuksen tavoitteena on varmistaa käyttöönotettavien sähköasennuksien turvallisuus ja turvallisuusvaatimusten täyttyminen. Käyttöönottotarkastus tehdään aina ennen kuin uusi sähköasennus tai olemassa olevan asennuksen lisäys tai muutos otetaan käyttöön.

Standardin SFS 6000-6 osan 61 mukaan tehdyllä käyttöönottotarkastuksella täytetään kauppa- ja teollisuusministeriön sähkölaitteistojen turvallisuudesta antaman päätöksen (KTM 1193/1999) mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset. [1, s.10.]

Erikoistiloille on normaalin käyttöönottotarkastusta koskevan standardin lisäksi oma standardinsa, jossa on lisävaatimuksia, kuten esimerkiksi eristysresistanssien mittaus lattiasta ja seinistä sekä suojajohtimen jatkuvuusmittaus 10 ampeerin virralla. Tämänkaltaisia lisästandardeja vaativia erikoistiloja ovat lääkintätilat (standardi SFS 6000-7-710) ja räjähdysvaaralliset tilat (standardi SFS-EN 60079-17).

Kaikki lain edellyttämät tarkastukset on tehtävä myös niille asennuksille, jotka korjaavat, muuttavat tai lisäävät aiemmin tehtyjä sähkölaitteistojen asennuksia. Käyttötoimenpiteet samoin kuin vain vähäistä vaaraa aiheuttavien sähkötöiden tekeminen eivät edellytä kuitenkaan käyttöönottotarkastusta. [1, s.5.]

2.2 Vastuu asennuksista

Lain mukaan asennustöitä voivat suorittaa sähköasennuksia tekevät yhtiöt tai yksittäiset henkilöt, joilla on sähköturvallisuuslain edellyttämä sähköturvallisuustutkinto. Sähköasennuksia tehtäessä asentajan, sähkötöidenjohtajan ja käyttöönottotarkastajan tulee olla varma, että asennukset on tehty standardien edellyttämällä tavalla ja ettei niistä aiheudu vaaraa käyttäjälle töiden luovutuksen jälkeen. Asennuksien oikeellisuudesta vastaa aina suorittavan yhtiön sähkötöidenjohtaja, myös osa asennuksien oikeellisuudesta kuuluu käyttöönottotarkastuksen suorittajalle. Tästä johtuen käyttöönottotarkastus tulee suorittaa huolella ja tarkasti. Mikäli asennukset aiheuttavat hengenvaaran, oikeudellisesti asennuksista vastaavat sähkötöiden johtaja, käyttöönottotarkastuksen tekijät ja yrityksen johtaja. Lisäksi jos asennukselle on tehty varmennustarkastus, on tarkastuksen suorittanut henkilö omalta osaltaan vastuussa, jos asennuksissa on selkeä virhe, joka olisi pitänyt tarkastusta tehdessä huomata.

Asennuksien oikeudellisuusvastuu ei pääty kyseisistä asennuksista käyttöönottotarkastukseen ja mahdolliseen pakolliseen varmennustarkastukseen. Tästä syystä huolellisesti

tehdyn käyttöönottotarkastuksen tekeminen kannattaa aina, jotta mahdollisissa vikatapauksissa löytyy todisteita asennuksien oikeellisuudesta. Käyttöönottotarkastuksien yhteydessä asennuskuvien päivittäminen asennuksien mukaiseksi on hyvin tärkeää. Näin pystytään myös rajaamaan, mistä asennuksista alkuperäinen asennuksien tekijä on vastuussa, kun työ on luovutettu ja jos tilaaja tai käyttäjä teettää myöhemmin kohteeseen lisäasennuksia. Näin näistä töistä mahdollisesti virheellisten asennuksien takia tulevista reklamaatioista voidaan tarkistaa, ettei virheistä vastaa alkuperäinen urakoitsija. Lisäksi voidaan katsoa, ovatko mahdolliset uudet asennukset muuttaneet alkuperäisiä asennuksia niin oleellisesti, ettei enää pystytä varmasti todistamaan kuka nämä on tehnyt. Tällöin vastuu alkuperäisen urakoitsijan töiden oikeellisuudesta vähentyy.

Kun kohde luovutetaan tilaajalle tai käyttäjälle, on sähkölaitteiston haltija vastuussa laitteiston turvallisuudesta, joten hänen tulee huolehtia siitä, että laitteisto pysyy turvallisena ja sen kuntoa ja turvallisuutta on tarkkailtava. Sähkölaitteiston haltijan tulee luokan 2. ja 3. sähkölaitteistoissa laatia sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma ja huolehtia, että tätä noudatetaan. Puutteiden ja vikojen ilmetessä tulee nämä korjata mahdollisimman pian.

2.3 Tarkastuksen laajuus

Tarkastuksen laajuus määräytyy työn luonteen mukaan. Korjaus-, muutos- ja laajennustöissä käyttöönottotarkastus voi määräytyä alkuperäisen sähköasennuksen voimassa olevan standardin mukaan. Standardin 6000-6 kohdan 6.4 mukainen käyttöönottotarkastus täytyy suorittaa myös muutetuille ja laajennetuille asennuksille. Kohdan 6.4 mukainen tarkastus tulee suorittaa kaikille uudistuotannon asennuksille.

Sähköasennuksille, joissa korjataan asennuksia, suoritetaan käyttöönottotarkastus tapauskohtaisesti tarpeen mukaan. Pienemmissä korjaustöissä mittauksia sovelletaan. Sähköasennuksien korjaaminen tarkoittaa muun muassa pistorasioiden, valaisimien, kytkimien ja kaapeleiden vaihtamista olemassa olevien tilalle, joten näille ei vaadita standardin 6000-1-osan 6 mukaisen täydellisen tarkastuksen suorittamista. Korjaus-, muutos- ja laajennustöiden käyttöönottotarkastuksessa on myös käytävä läpi ne asennukset, joihin ei ole koskettu, mutta jotka sijaitsevat työskentelyalueella. Näin varmistutaan, että kokonaisuudessa kaikki kohteen asennukset ovat turvallisia.

2.4 Mittauspöytäkirja

Jokaisesta uudesta asennuksesta tai olemassa olevan asennuksen laajennuksesta tai muutoksesta on tehtävä käyttöönottotarkastuspöytäkirja asennusten valmistuttua. Poikkeuksen muodostaa kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä (KTM 517/1996) mainitut kohteet, joista ei tarkastuspöytäkirjaa edellytetä, ellei haltija sitä erikseen pyydä. Näissäkin tapauksissa sähköasennusten rakentajan on kuitenkin järkevää tehdä käyttöönottotarkastuspöytäkirja tekemänsä työn edellyttämässä laajuudessa ja riittävän tarkasti rajattuna, jotta myöhemminkin voidaan selvittää, mitkä asennukset kyseinen sähköurakoitsija on tehnyt. [1, s.38.]

Pöytäkirjasta täytyy standardien mukaan löytyä seuraavat tiedot [1, s.39.]:

- tarkastettavan laitteiston/kohteen yksilöintitiedot
- laitteiston tekijän yhteystiedot (urakoitsija, sähkötöiden johtaja)
- mittaustulokset mittauksista eriteltynä
- merkintä asennusten standardin ja säännösten täyttämät vaatimukset
- yksilöidyt tiedot testatuista piireistä ja testaustulokset
 - eristysresistanssimittaustulokset
 - kaikki kiinteät asennukset
 - jatkuvuusmittaustulokset
 - ei kaikkia mittaustuloksia vaan vaatimuksien täytyminen
 - syötön automaattisen poiskytkennän mittaustulokset
 - epäedullisimman pisteen tulos
 - oikosulkuvirtamittaustulokset
 - epäedullisimman pisteen tulos
 - vikavirtasuojakytkimien testaus kattavasti
 - jokaisen vikavirtasuojan tulos
 - kiertosuunnan tarkistamisen merkitseminen
 - toimitettujen laitteiden valmistajien vaatimat mittaukset tuloksineen
- merkinnät huolto- ja kunnossapito-ohjelman tarpeesta ja luovutuksesta
- seuraavista lakisääteisen määräaikaistarkastuksen suoritusajankohdista

- Ratkaisut EMC-direktiivin mukaisen asetuksen vaatimusten täyttämiseksi.

Lisäksi pöytäkirjasta täytyy löytyä tarkastajan tai tarkastajien allekirjoitukset, joilla vahvistetaan tarkastus tehdyksi.

Pöytäkirjassa olisi hyvä vielä sisältää muutamia asioita vaadittujen lisäksi:

- tieto palovaroittimista (asennuspäivä, testauspäivä)
- tiedot sähkökuvista.

2.5 Standardista poikkeaminen

Standardit ovat ohjeistuksia, joita tulisi noudattaa. Ne eivät kuitenkaan ole lakeja, joten niistä voi poiketa tietyin ehdoin. Sähköasennuksien määrittelevästä standardista voidaan poiketa, mikäli tehty poikkeama saavuttaa standardin vaatiman turvallisuustason.

Poikettaessa standardeista sähköturvallisuuslain 85 §:n nojalla on laadittavassa selvityksessä esitettävä [3, §8.]:

- 1) Turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi valitut ratkaisut;
- 2) Kuvaus siitä, miten ratkaisut täyttävät turvallisuusvaatimukset;
- 3) Selvityksen laatijan yksilöinti ja allekirjoitus.

3 Käyttöönottotarkastuksen suorittaminen

3.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraista tarkastusta suoritetaan käytännössä koko asennustyön ajan. Aistinvarainen tarkastus perustuu näkö-, kuulo- ja hajuaistien käyttöön, jossa havaintoja tehdään koko asennustyön ajan katsoen ettei virheitä löydy. Tarkastuksessa katsotaan yleisesti, että asennukset täyttävät standardin SFS 6000-1 mukaisen laadun. Tarvittaessa asennuksia korjataan, jos standardeissa havaitaan poikkeamia. Asennuksissa voi siis ilmetä standardista poikkeamia, mikä ei suoranaisesti ole laitonta, kunhan kohdassa 3.4 käytyt kohdat standardien poikkeamista huomioidaan.

Aistinvaraiseen tarkastukseen tulee sisältyä SFS 6000-6 kohdan 6.4.2.3 mukaan seuraavien kohtien tarkastaminen, silloin kun ne ovat aiheellisia [5, s.8.]:

- a) Sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät
(SFS 6000-4-41)

- b) Palosuojausten käyttö ja toimenpiteet lämpövaikutuksilta suojaamiseksi
(SFS 6000-4-42) sekä palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet
(SFS 6000-5-52 luku 527)

- c) Johtimien valinta kuormitettavuuden kannalta
(SFS 6000-4-43 ja SFS 6000-5-52 luku 523)

- d) Suoja- ja valvontalaitteiden valinta, asettelu, selektiivisyys ja yhteensopivuus
(SFS 6000-5-53)

- e) Sopivien ylijännitesuojien valinta, sijoitus ja asennus, silloin kun ne on vaadittu
(SFS 6000-5-53 luku 534)

- f) Erotus- ja kytkentälaitteiden valinta, sijoitus ja asennus
(SFS 6000-5-53 luku 537)
- g) Sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan
(SFS 6000-4-42 kohta 422, SFS 6000-5-51 kohta 512.2 ja SFS 6000-5-52 kohta 522, SFS 6000-8-804)

- h) Nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnuksat
(SFS 6000-5-51 kohta 514.3)

- i) Piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
(SFS 6000-5-51 kohta 514.5)

- j) Virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus
(SFS 6000-5-51 luku 514)

- k) Kaapelien ja johtimien päätteiden ja liitosten sopivuus

(SFS 6000-5-52 luku 526)

l) Maadoituskytkentöjen, suojajohtimien ja niiden liitosten sopivuus

(SFS 6000-5-54)

m) Sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila

(SFS 6000-5-51 luvut 513 ja 514 ja SFS 6000-7-729)

n) Sähkömagneettisilta häiriöiltä suojaavat toimenpiteet

(SFS 6000-4-44 luku 444)

o) Jännitteelle alttiiden osien kytkennät maadoitusjärjestelmään

(SFS 6000-4-41 kohta 411)

p) Johtojärjestelmien valinta ja asentaminen

(SFS 6000-5-52 luvut 521 ja 522)

q) Yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin ja äärijohtimen kytkentä lampunpitimen kantaosaan

(SFS 6000-46 ja SFS 6000-5-53).

Tarkastukseen pitää sisältyä kaikki erikoistilojen ja -asennusten erityisvaatimukset.

3.2 Eristysresistanssimittaus

Eristysresistanssimittauksella varmistetaan vaihejohtimien (L1, L2, L3) ja nollajohtimen (N) välinen eristysresistanssi maadoitusjohtimen (PE) välillä. Eristysresistanssin tulee mitattaessa vaadituilla jännitteillä olla vähintään taulukon 1 mukainen.

Taulukko 1. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot [1, s.24.]

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssi MΩ
SELV ja PELV	250	≥ 0,5
Enintään 500 V, edellä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	≥ 1,0
Yli 500 V	1 000	≥ 1,0

Jos mitattavat piirit sisältävät elektronisia laitteita, ylijännitesuojia tai muita laitteita, jotka todennäköisesti vaikuttavat testiin tai voivat rikkoutua testissä, on ne erotettava ennen eristysresistanssitestin suorittamista. Mikäli tällaisia laitteita ei voida kohtuudella erottaa, koejännite voidaan pienentää 250 V:n tasajännitteeseen, mutta eristysresistanssin arvon pitää olla edelleen vähintään 1 MΩ. Jos näin menetellään, siitä on tehtävä selvät merkinnät tarkastuspöytäkirjaan. [1, s.24.]

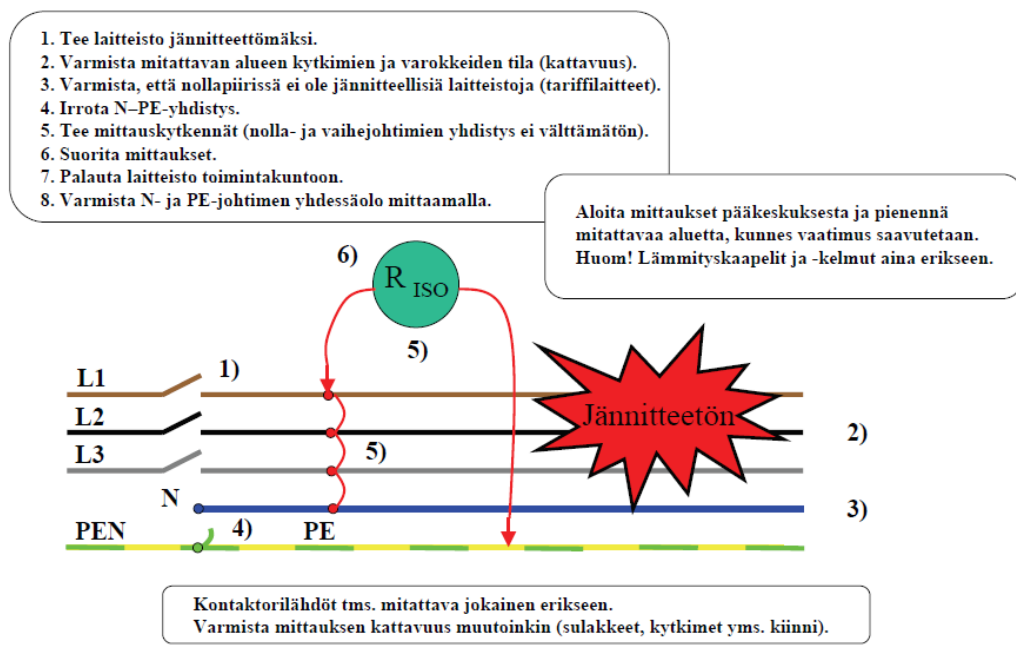
Eristysvastusmittauksen voi suorittaa yhdellä mittauksella isoissakin kohteissa. Mittauksen suorittaminen kannattaa aloittaa mitattavan kohteen pääkeskukselta, josta kohteesta riippuen jaetaan muihin alakeskuksiin. Mittauksen yksinkertaistamiseksi isoissa kohteissa, joissa on monta alakeskusta, kannattaa jakaa mittaukset keskuksien mukaan alueisiin.

Irrottamalla tai erottamalla PEN-johdin keskuksen maa- ja nollakiskosta, lisäksi PE- ja N-kiskojen erottamisella toisistaan saadaan suojajohdinpiiri puhtaaksi ja seuraavaksi voidaan suorittaa eristysvastusmittaus. Jos mittauksessa ei saada vaadittua mittaustulosta on mitattavan kohteen keskukselta lähteviä ryhmiä aloitettava mittaamaan läpi yksi kerrallaan, kunnes löydetään mahdollinen vika. Nämä mahdolliset viat eivät välttämättä ole laadultaan sellaisia, että niitä voisi huomata silmillä tai ne eivät aiheuta sulakkeiden pa-

lamista, mutta mitattaessa nämä viat löytyvät. Koneet ja laitteet voivat aiheuttaa sen ver-
ran vuotoa, etteivät vaaditut mittausarvot täyty, mutta jos tällaisia tapauksia tulee
ja nämä kuitenkin antavat jonkunlaisen mittaustuloksen, kirjataan ryhmät ja laitteet erik-
seen mittauspöytäkirjaan. Mittaukset täytyy asennuksista riippumatta saatava täyttä-
mään määritetyn vähimmäisarvon.

Lisäksi mitausta tehtäessä tulee varmistaa, että kaikki sulakkeet, johdonsuojakatkaisija,
vikavirtasuojat ynnä muut tällaiset ovat ON-asennossa, jotta mitaus tapahtuu
kaikkialta. Jos mitattavalla alueella on paljon releitä, kontakteita ja valaistuksen oh-
jaukseen tarkoitettuja sysäysreleitä, tulee nämäkin saada ON-asentoon. Jos tämä ei ole
mahdollista, täytyy ryhmät mitata erikseen. Lattialämmityskaapeleiden uudelleenmit-
tausta termostaattien jälkeen ei ole vaadittu, koska piirit tulee mitata jo asennusvai-
heessa.

Eristysresistanssimittaus tapa TN-S-järjestelmässä havainnollistetaan kuvassa 1. TN-S -
Järjestelmä on järjestelmä, jossa on koko järjestelmässä erillinen maadoitettu suojamaa-
doitusjohdin ja erillinen nollajohdin. Kuvassa myös yksinkertainen ohje mittauksen suo-
rittamiseen. SELV- ja PELV-piirien mitaus suoritetaan toisella tavalla.



Kuva 1. Eristysresistanssinmittaus ja yksinkertainen ohje mittauksen suorittamiseen. [1, s.25.]

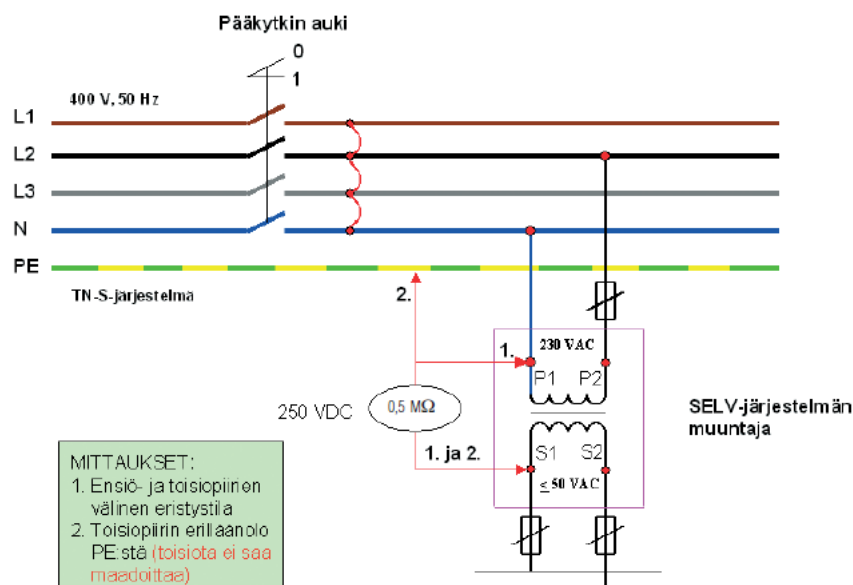
Eristysresistanssimittaus tulisi tehdä kaikille uusille asennuksille. Pöytäkirjoja ei jokaisesta asennuksesta vaadita, mutta mittaus tulee suorittaa, jotta asennuksien voidaan todeta olevan kunnossa.

3.3 SELV-, PELV- ja suojaerotetun järjestelmän eristysresistanssimittaukset

SELV- ja PELV-piirien eristysresistanssimittaus havainnollistetaan kuvissa 2 ja 3.

SELV-järjestelmässä suojauksena käytetään pienoisjännitteitä ($U \leq 50 \text{ VAC}$ tai $\leq 120 \text{ VDC}$). Tuotettaessa pienoisjännite normaalista sähköverkosta tulee käytettävän muuntajan täyttää suojaerotusmuuntajalta vaadittavat ominaisuudet. Käyttöönottomittauksessa tulee varmistaa ensiö- ja toisiopuolen erillään pysyminen sekä toisiopuolen erillään olo suojaadoituksesta. [1, s.27.]

Mitattaessa SELV-piiriä on käytettävä mittausjännitteenä taulukon 1 arvoa ja saatava vähintään resistanssiarvoksi $0,5 \text{ M}\Omega$.

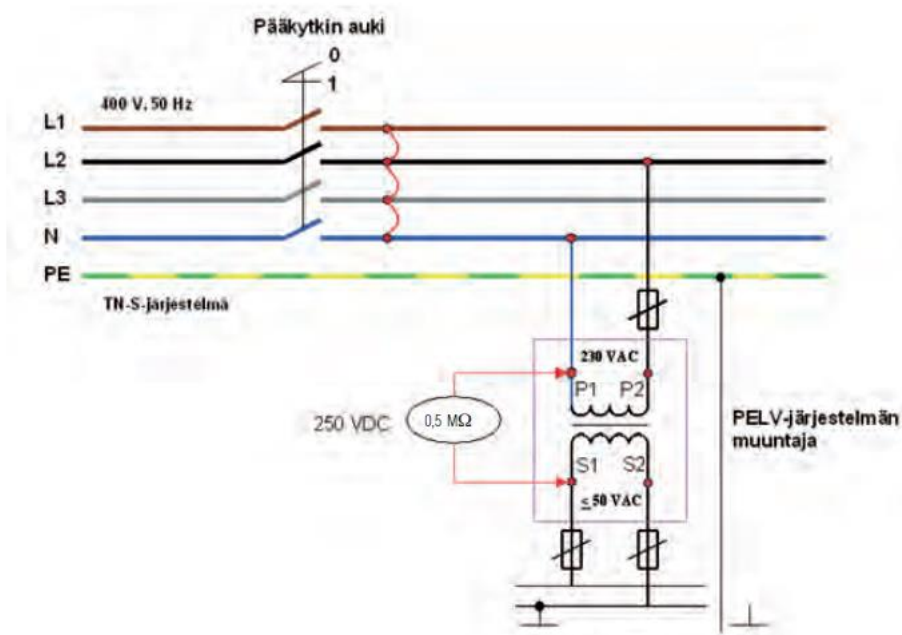


Kuva 2. SELV-järjestelmän eristysresistanssinmittaus. [1, s.26.]

PELV-järjestelmän suojauksena käytetään pienoisjännitettä ($U \leq 50 \text{ VAC}$ tai $\leq 120 \text{ VDC}$), kuten SELV-järjestelmässäkin. PELV-järjestelmässä voidaan kuitenkin toinen toisiopuo-

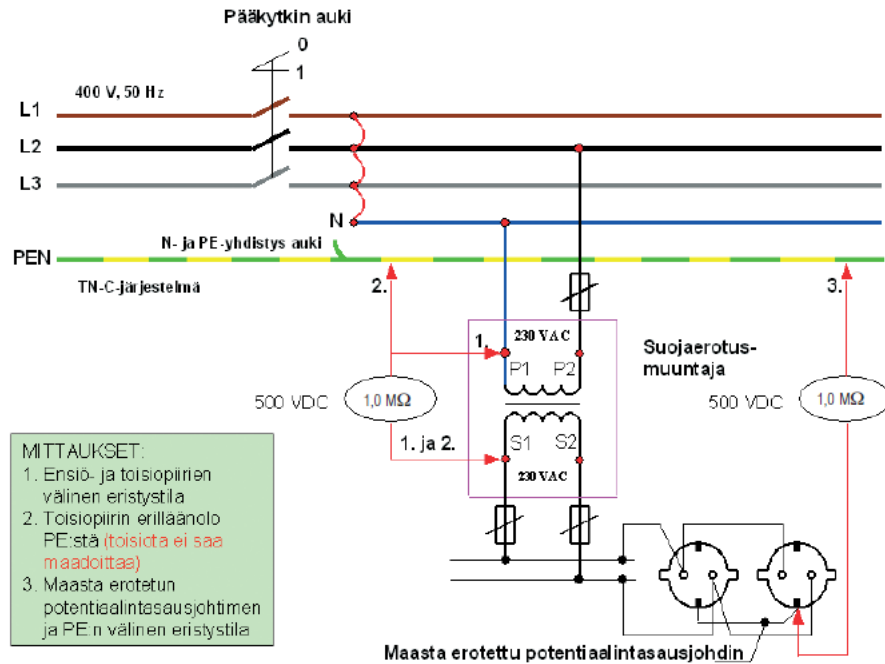
len navoista tai jännitteelle alttiit kosketeltavat osat yhdistävät suojamaadoitukseen. Tällöin mitataan vain muuntajan ensiö- ja toisiopuolien erillään olo kuten SELV-järjestelmässä. [1, s.27.]

Mitattaessa PELV-piiriä on käytettävä mittausjännitteenä taulukon 1 arvoa ja saatava vähintään resistanssiarvoksi $0,5 \text{ M}\Omega$.



Kuva 3. PELV-järjestelmän eristysresistanssinmittaus. [1. s.27.]

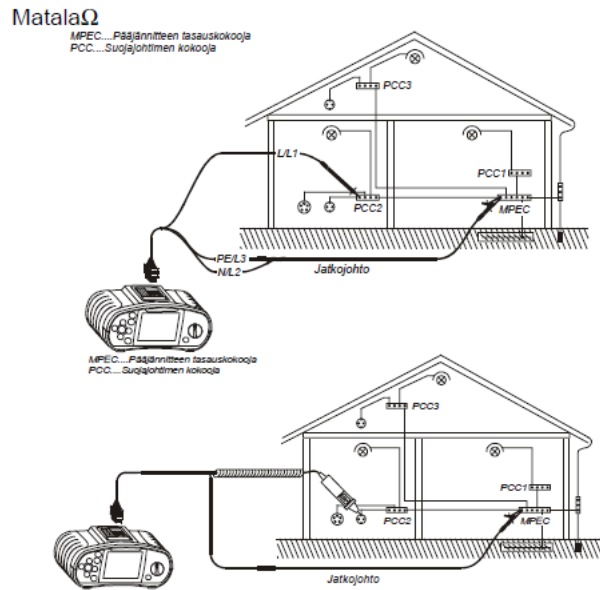
Suojaerotuksessa suojauksena käytetään virtapiirien galvaanista erotusta toisistaan. Jännite ensiö- ja toisiopuolilla on sama, yleensä 230 VAC. Tässä tapauksessa tulee mitataamalla varmistaa ensiö- ja toisiopuolen erillään olo sekä toisiopuolen erillään olosuojamaadoitetuista piireistä. Mittaukset tulee tehdä 500 V:n jännitteellä ja minimieristysresistanssin arvolla $R_e \geq 1,0 \text{ M}\Omega$. Kuvasta 4 näkee suojaerotetun järjestelmän esimerkin. [1, s.27.]



Kuva 4. Suojaerotetun järjestelmän eristysresistanssin mittaus. [1, s.27.]

3.4 Suojajohtimen jatkuvuus

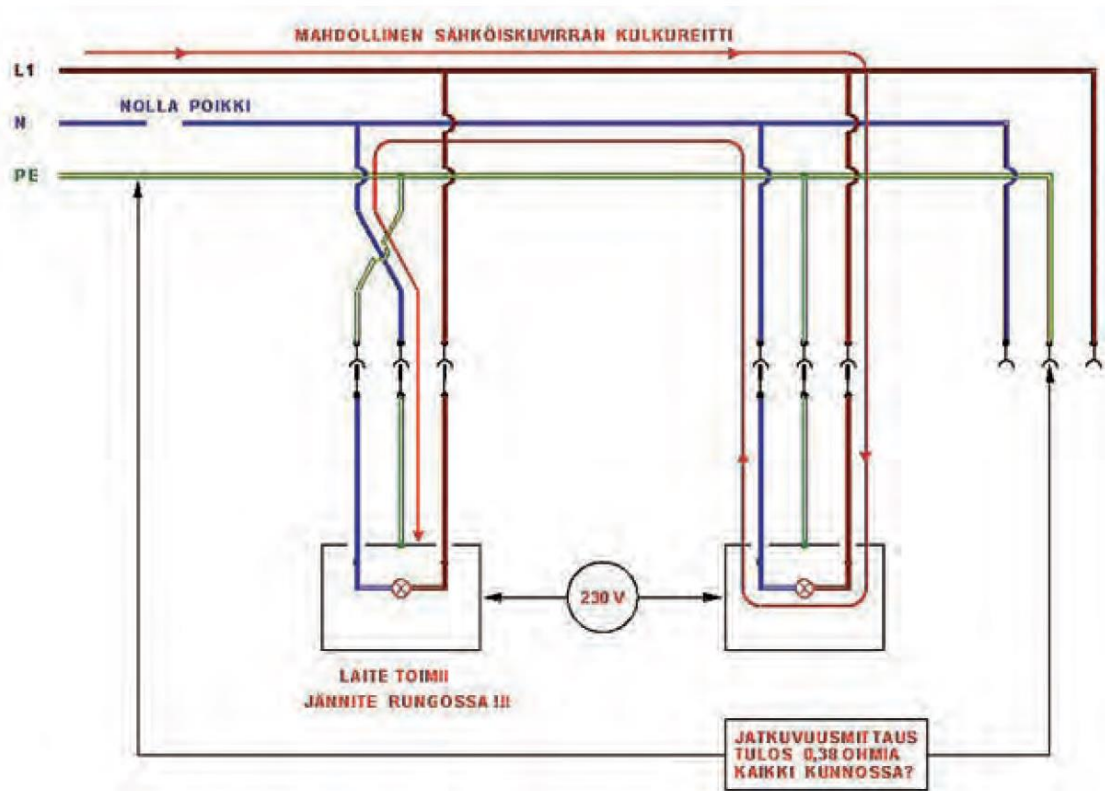
Suojajohtimen eli maadoituksen jatkuvuus tulisi mitata uudiskohteissa heti eristysresistanssimittauksen jälkeen eikä kuten standardissa 6000-6 ennen eristysvastusmittausta. Tämä tehdään sen vuoksi, että eristysresistanssia mitattaessa on jo erotettu syötön PEN-johdin pääkeskuksesta. Lisäksi PE- ja N-johdin on erotettu toisistaan kiskostossa eristysresistanssi mittausta varten. Näin saadaan aikaiseksi puhdas maadoituspiiri. Tämän jälkeen maadoituksen jatkuvuus on helppo mitata ja mahdolliset maadoittamattomat pisteet ja mahdolliset virhekytkennät löytyvät.



Kuva 5. Suojajohtimien jatkuvuusmittaus esimerkki. [7, s.8.]

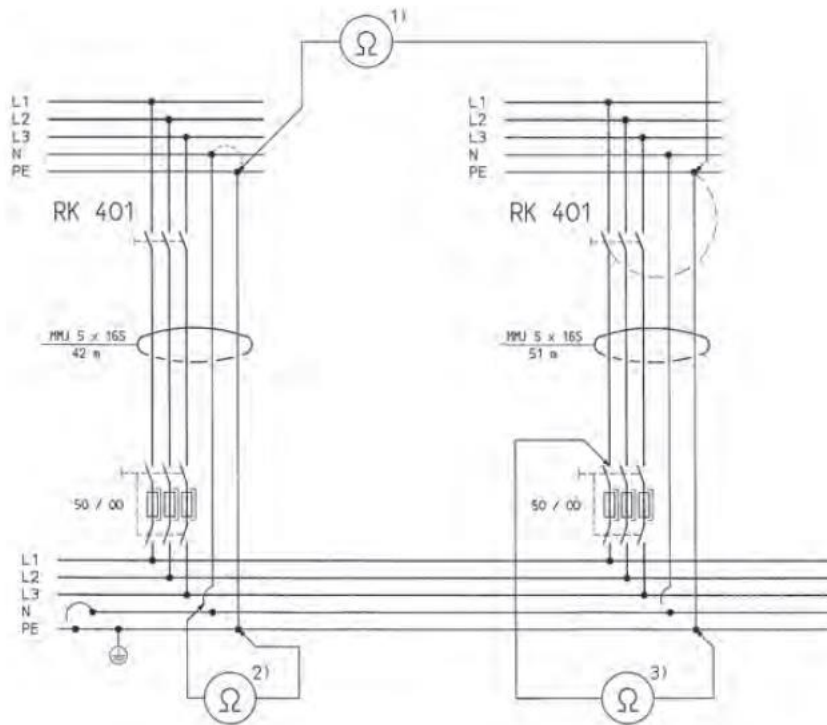
Maadoituksen jatkuvuus varmistetaan laitekohtaisesti mittaamalla jokainen maadoituspiste erikseen. Mittauksessa ei siis riitä, että mitataan ryhmien kauimmaiset pisteet vaan jokainen piste on erikseen käytävä läpi. Mittaamalla voidaan varmistaa, onko jokaisessa maadoituksen vaaditussa pisteessä maadoitus ja löytää mahdolliset väärät kytkennät, jotka voivat aiheuttaa hengenvaaraa.

N-johdon ja PE-johdon toisistaan erottaminen mittauksen ajaksi pois sulkee nollan ja maadoituksen sekoittuminen toisiinsa eikä tätä pysty mittareilla muuten havaitsemaan. Näiden kahden johdon väärin kytkentä on yleistä (kuva 6). Mittaustulokset ovat yleisesti arvojen välillä 0–2 Ω, mutta poikkeuksellisesti pitkillä johdinpituuksilla 2 Ω voi ylittyä. [1, s.19.]



Kuva 6. Suojajohtimen virhe kytkenä. [1, s.19.]

Suojajohtimien mittaukseen löytyy monenlaisia mittaustapoja. Kuvassa 7 on esitetty vaihtoehtoinen mittausmenetelmä.



Kuva 7. Suojajohtimien jatkuvuusmittaus erilainen tapa. [1, s.22.]

Eri johtimilla on erilaiset resistanssiarvot. Johtimen resistanssi riippuu johtimen materiaalista, pinta-alasta ja pituudesta. Taulukossa 2 on esitetty yleisimmät johdin tyypit materiaaleineen ja pinta-aloineen. Taulukossa johtimen resistanssi ilmoitetaan Ω metriä kohden.

Taulukko 2. Eri johtimien resistanssi arvoja metriä kohti. [1, s.19.]

Johdin- poikki- pinta-ala mm ²	Kuparijohdin		Alumiinijohdin	
	Resistanssi metriä kohti Ω	Resistanssi 100 metriä kohti / Ω	Resistanssi metriä kohti Ω	Resistanssi 100 metriä kohti / Ω
1,5	0,0115	1,15	–	–
2,5	0,0069	0,69	–	–
4	0,0043	0,43	–	–
6	0,0029	0,29	–	–
10	0,0017	0,17	–	–
16	0,0011	0,11	0,0018	0,18
21	0,0008	0,08	–	–
25	0,0007	0,07	0,0011	0,11
35	0,0005	0,05	0,0008	0,08
41	0,0004	0,04	–	–
50	0,00035	0,035	0,0006	0,06
57	0,0003	0,03	–	–
70	0,00025	0,025	0,0004	0,04
95	–	–	0,0003	0,03
120	–	–	0,00024	0,024
150	–	–	0,00019	0,019
185	–	–	0,00015	0,015

Lääkintätiloissa standardi 6000-7 vaatii mittaamaan suojajohtimien jatkuvuuden jokaisesta johtavasta pisteestä. Suojajohtimen jatkuvuus tulisi mitata 10 A:n virralla. Normaaleissa suojajohtimien jatkuvuus mittauksissa riittää 200 mA:n virta.

3.5 Kiertosuunnan tarkastaminen

Kolmivaihejärjestelmissä tarkistetaan aina kiertosuunta, vaikka mitattavassa kohteessa ei tulisikaan käyttöön laitteita, jotka vaativat oikean mukaisen vaihejärjestyksen. Kiertosuunnan oikeellisuus on helppo varmistaa 3-vaiheisesta pistorasiasta tähän mittaukseen tarkoitetulla testilaitteella. Jos testilaitteen käyttömahdollisuutta ei ole, niin mittauksen voi tehdä myös jännitteenkoettimella kuten esimerkiksi Fluke T150. Jännitteenkoettimella kiertosuunnan toteaminen on vaivattominta.

3.6 Syöttöjen automaattisen poiskytkennän mittaus

Tämän mittauksen suorittamisen voi toteuttaa samalla hetkellä, kun suorittaa vikavirtasuojakytkimien mittauksen, koska nykyisissä mittalaitteissa on ominaisuus, jolla oikosulkuvirrat pystytään mittaamaan myös vikavirtasuojien takaa. Tämän kaltaisen mittarin omistaessa säästää mittauksissa aikaa. Mitattaessa impedanssiarvoja vikavirtasuojan takana olevista ryhmistä voi tulla eteen tilanne, jossa mittauksilla ei saada aikaan vaadittua arvoa. Olen vuosien aikana mittauksia tehdessäni kohdannut tämänkaltaisia tilanteita ja testattua eri valmistajien vikavirtasuojia lopputulema on, että eri valmistajien vikavirtasuojat tavallaan vaimentavat impedanssin arvoa jopa puolet. Viimeisimmän kahden vuoden aikana tämän kaltaista ei enää ole tapahtunut. Joten vanhoihin asennuksiin lisäyksiä tehdessä voi tämän kaltainen ongelma tulla eteen mittauksia tehdessä. Taulukossa 3 on ilmoitettu vaaditut pienimmät oikosulkuvirta arvot eri tyyppisille johdonsuojakatkaisijoille.

Taulukko 3. Johdonsuojakatkaisijoiden automaattisen poiskytkennän pienimmät vaaditut oikosulkuvirta arvot. [1, s.33.]

Nimellis- virta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

Taulukossa 4 on ilmoitettu kahva- ja tulppasulakkeille pienimmät vaaditut oikosulkuvirta-arvot.

Taulukko 4. Gg-tyypin sulakkeiden pienimmät vaaditut oikosulkuvirta arvot. [1, s.33.]

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	85	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	287	359	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	10625	5100	6375

Standardi ei vaadi mittaamaan syötön automaattista poiskytkentää, jos tämä pystytään laskennallisilla tavoilla varmistamaan. Mittauksen suorittamista kuitenkin suositellaan, koska tällöin pystytään syötön automaattinen poiskytkentä varmistamaan käytännössä.

3.7 Vikavirtasuojakytkimien testaus

Jokainen vikavirtasuojaja on mitattava ja testattava. Vikavirtasuojista löytyy testauspainike, jota painamalla vikavirtasuojaja laukaisee itsensä. Jos painiketta painettaessa ei tapahdu mitään, vikavirtasuojaja on viallinen ja se tulee vaihtaa. Käyttäjän tulee tehdä tämä testaus noin kolmen kuukauden välein. Lisäksi vikavirtasuojajan toiminta testataan mittamalla, jolloin mittauksen toimintavirta tulisi olla 0.5-1-kertainen vikavirtasuojajan nimellisvirtaan nähden. Normaaleissa asennuksissa käytetty vikavirtasuojaja on arvoltaan 30 mA. Vikavirtasuojajaa mitattaessa tulee kirjata mittauksista ylös laukaisuaika, toimintavirta ja lisäksi vikavirtasuojajan ns. kilpiarvot.

3.8 Asennuksien toiminnallinen tarkastus

Kaikille asennuksille tulisi tehdä toiminnallinen tarkastus, jossa testataan asennetut laitteet kuten esimerkiksi kytkimet, pistorasiat ja valaisimet. Lisäksi suoritetaan kaikkien suojalaitteiden ja muuten säätöä tarvitsevien laitteiden asettelu vaadituille arvoille.

Laitteille on suoritettava toimintatestit, joiden avulla varmistetaan niiden olevan SFS 6000 asianomaisten vaatimusten mukaisesti oikein asennettu, kiinnitetty ja aseteltu. Esimerkkejä tällaisista laitteista ovat

- keskuksat, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteet
- hätäkytkentä- ja hätäpysäytyslaitteet
- eritystilän valvontalaitteet.

Suojalaitteille on tehtävä tarpeen mukaan toiminnalliset kokeet sen toteamiseksi, että ne on asennettu ja aseteltu oikein. Jos vikasuojaukseen ja/tai lisäsuojaukseen käytetään vikavirtasuojia, suojaan sisältyvän testilaitteen toiminta pitää varmistaa. [5, s.13.]

3.9 Napaisuus

Yksinapaisten kytkinlaitteiden asentaminen nollajohtimeen on kielletty. Tämän asian varmistaminen on standardissa määritelty käyttöönottotarkastukseen liittyväksi toimenpiteeksi. Käytännössä tämän asian varmistaminen on tehtävä kytkinlaitetta asennettaessa. Näin ollen tarkastuksen suorittaminen jää näissä tapauksissa kytkinlaitetta asentavan tai häntä valvovan henkilön tehtäväksi. [1, s.35.]

3.10 Teleasennuksien tarkistus

Teleasennuksien tarkistaminen ei kuulu sähköurakoitsijalle muutoin kuin silmämääräisesti, jos urakoitsijalla ei ole teleurakointiliiton hyväksyntää ja määrättyjä mittalaitteita. Muutoin asennukset ja mittaukset täytyy suorittaa tähän työhön erikoistuneella urakoitsijalla. Mittaustulokset olisivat järkevää liittää myös käyttöönottotarkastuspöytäkirjan liitteeksi.

4 Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottotarkastus

Mikrotuotannon yleistyessä eli pienvoimalat kuten tuuli- ja aurinkosähkövoimalat alkavat tulemaan koko ajan entistä enemmän kaikenlaisiin rakennuskohteisiin. Aurinkosähköjärjestelmille löytyy oma ST-käsikirja 40 Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Kyseisessä käsikirjassa kerrotaan, mitä mittauksia tulee tehdä, jos tarkastuksen kohde sisältää myös aurinkosähköjärjestelmän. Kyseiselle järjestelmälle täytyy tehdä myös käyttöönottotarkastus, joka aurinkosähköjärjestelmässä tarkoittaa paneelisto- ja vaihtosähköpiirin tarkistusta. Näistä aurinkosähköjärjestelmille tehtävistä mittauksista löytyy pöytäkirjamallit ST-kortistosta ST-55.36 ja ST-51.21.05.

Aurinkosähköjärjestelmän tarkistamiseen liittyy aina sähköiskun vaara, ja tämän takia on hyvä ymmärtää laitteiston toiminta ennen kuin aloittaa laitteiston tarkistuksen. Aurinkosähköjärjestelmissä, jotka ovat verkkoon liitetyissä rakennuksissa, täytyy vähintään invertterin syöttökaapeli tarkistaa vaihtosähköjärjestelmän puolelta, jos muihin vaihtosähkön asennuksiin ei suoriteta asennuksia. Pelkästään aurinkosähköjärjestelmällä toimivalla rakennuksella täytyy suorittaa normaali Standardin 6000-6 osan 6.4 mukainen käyttöönottotarkastus.

Paneeliston tarkastuksessa suoritettavia mittauksia:

- paneelien napaisuuden tarkastus
- paneeliketjujen avoimen piirin jännitteen (U_{oc}) mittaus
- paneeliketjujen oikosulkuvirran (I_{sc}) mittaus
- paneeliston eristysresistanssi
- paneeliston potentiaalintasauksen jatkuvuus.

Mittauksia varten tulisi olla aurinkoinen päivä ja paneelien tulisi pysyä samoissa olosuhteissa mittausten suorittamisen ajan.

Mittauksissa tarvittavat laitteet ovat

- säteilyvoimakkuuden mittari (W/m^2 , esimerkiksi mittari Tenmars TM-206)
- jännitemittari (esimerkiksi Fluke T150)
- virtapihtimittari (esimerkiksi Fluke 375 FC)

Mitattuja arvoja verrataan säteilyvoimakkuuden perusteella odotettavissa olevaan arvoon. STC-olosuhteissa säteilyvoimakkuudeksi oletetaan 1000 W/m^2 , ja mittaukset suositellaan tehtäväksi yli 750 W/m^2 :n säteilyvoimakkuuden aikaan. [7, s.112.]

Odotettavissa olevat arvot saadaan kaavoilla 1 ja 2:

$$\text{Odotettavissa oleva } I_{sc} = \frac{\text{Säteilyvoimakkuus}}{1000} \times I_{sc}(\text{STC}) \quad (1)$$

$$\text{Odotettavissa oleva } U_{oc} = \frac{\text{Säteilyvoimakkuus}}{1000} \times U_{oc}(\text{STC}) \quad (2)$$

Napaisuuden tarkastus ja avoimen piirin jännite U_{oc}

Napaisuuden tarkistus toteutuu avoimen piirin jännitteen U_{oc} -mittauksella. Avoin piiri mitataan paneeliketju kerrallaan siten, että ketjukaapelin päistä mitataan jännite ja verrataan mitattua arvoa odotettavissa olevaan arvoon. Jos mittausarvo poikkeaa yli 10 % odotetusta arvosta, on syytä epäillä väärää kytkentää tai muuta vikaa. Jos poikkeama löytyy, täytyy ketjun liitokset tarkistaa ja tarvittaessa mitata paneeli kerrallaan, jotta saadaan selville poikkeaman syy. Avoimen piirin jännite U_{oc} kannattaa mitata riittävän pienistä kokonaisuuksista: suurissa kokonaisuuksissa toleranssien ja olosuhteiden vaikutuksesta yhden paneelin puuttuminen tai väärä kytkentä voi jäädä kokonaan huomaamatta. Kirjaa tulos ja vertaa odotettavissa olevaan laskennalliseen arvoon. [7, s.111.]

Oikosulkuvirran I_{sc} -mittaus

Oikosulkuvirta voidaan kirjata valmistajan ilmoittaman maksimioikosulkuvirran perusteella laskennallisesti, sillä oikosulkuvirtamittaukseen liittyy suuret riskit. Mittaus voidaan toteuttaa rakentamalla oikosulun tekevä kuormankytkin väliaikaisesti. Mittaus toteutetaan oikosulkemalla paneeliketju ja mittaamalla virta pihtimittarin avulla. Mitattua arvoa verrataan odotettavissa olevaan arvoon, ja jos poikkeama on yli 10 %, on syytä tarkistaa paneelien toimivuus paneeli kerrallaan. Suurissa järjestelmissä virta voi nousta kymmeneen ampeereihin, joten tarvittaessa on harkinnan mukaan jaettava mittauksia pienempiin osiin. [7, s.112.]

Paneeliston eristysresistanssin mittauksen suoritus:

Testit tehdään jokaiselle paneeliketjulle erikseen ja tarvittaessa testit on voitava tehdä yksittäiselle paneelille. L (+) - ja L (-) -johtimet mitataan maata (telineet) vasten alle 10 kWp:n tehoisissa lohkoissa. Mittausarvon tulee täyttää taulukon 5 arvot.

Taulukko 5. Alle 10 kWp:n paneelistolohkon eristysresistanssin vaatimukset [7, s.112.].

Järjestelmän mitoitusjännite $U_{oc}(STC) \times 1,25$ V	Testijännite V	Vähimmäis- eristysresistanssi M Ω
<120	250	0,5
120–500	500	1
>500	1 000	1

5 Mittalaitteet

Sähköasennuksien käyttöönottotarkastuksia tehtäessä standardissa SFS 6000-6-61 on määritelty mittalaitteet enintään 1000 V:n laitteistoja tarkastaville. Tämä standardi on SFS 6000-standardisarjan osa, jossa käsitellään käyttöönottotarkastuksia.

Käytettävissä olevilla laitteilla on pystyttävä vähintään suorittamaan seuraavat tarkastukset:

- Suojajohtimien, PEN-johtimen ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuusmittaus.
- Asennuksien eristysresistanssi mittaus.
- SELV- ja PELV-piirien tai suojaerotettujen piirien erotus mittaus.
- Lattia- ja seinäpintojen resistanssi mittaus. Nämä mittaukset yleensä lääkintätiloissa tai sähkölaitelaboratorioissa/korjaamoissa.
- Syötön automaattinen poiskytkennän testaus (voi sisältää vikavirtapiirin impedanssi mittauksen, vikavirtasuojakytkimen toiminnan testaamisen ja TT-järjestelmässä myös maadoituselektrodin resistanssin mittauksen, TT-järjestelmää ei käytetä Suomessa)

- Napaisuustestaus.
- Jännitteenluku testaus. Ei suoriteta kovinkaan usein.
- Toiminnan testaus. Voi vaatia erikoismittalaitteita.

Pääsääntöisesti nykyään melkein kaikki vaadittavat mittaukset voidaan suorittaa yhdellä mittarilla. Muutama esimerkki henkilökohtaisesti hyviksi toteamistani mittareista on MET-REL MI3102- ja FLUKE 165X-sarjan mittarit.

Jokaisella käyttöönottotarkastuksia tekevällä pitäisi löytyä sähköturvallisuuslain (1135/216) 55 §:n mukaan tarvittavat mittalaitteet, jos he ovat toiminnanharjoittajia tai sellaisen palveluksessa. Turvallisuus- ja kemikaaliviraston Tukesin sähkötöitä tekevän ohjeistuksessa S1-, S2- ja S3-ryhmän urakoitsijoilla on tarpeellista olla seuraavat mittalaitteet [2, s.2]:

- yleismittari
- eristysresistanssin mittaustaite
- pihtiampeerimittari
- vaihejärjestyksen ilmaisim
- vikavirtasuojien toiminnan testaamiseen soveltuva mittalaite (EN 61557-6)
- suojavaadoituspiirien kunnon toteamiseen soveltuvat mittalaitteet
- oikosulkuvirran määrittämiseen soveltuvat mittalaitteet
- jännitteenkoetin

6 Sähköturvallisuuslakeja

Tässä luvussa käsitellään muutamia sähköturvallisuuslain pykäläiä, jotka on hyvä tietää, kun suorittaa sähköasennuksia ja käyttöönottotarkastuksia.

1.§ Lain tarkoitus

Tämän lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitäminen turvallisena ja estää sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset sekä turvata sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen oikeudet. Lisäksi lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden vaatimustenmukaisuus ja vapaa liikkuvuus.

Tässä laissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavista vaatimuksista, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölaitteen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta. [4, s.1.]

31.§ Sähkölaitteiston turvallisuusvaatimukset

Sähkölaitteisto on suunniteltava, rakennettava ja korjattava hyväturvallisuusteknisten käytännön mukaisesti ottaen huomioon 6.§:n 1. momentin kohdassa 1 säädetty vaatimukset.

Sen lisäksi, mitä 1. momentissa säädetään, sähkölaitteiston on täytettävä olennaiset turvallisuusvaatimukset. Olennaiset turvallisuusvaatimukset koskevat suojausta sähköiskulta, suojausta tulipaloa ja kuumuutta vastaan, suojausta muilta haittavaikutuksilta, erityislaitteistojen sekä erityisolosuhteiden vaatimuksia, eri laitteistojen keskinäistä yhteensopivuutta sekä muita olennaisia rakennevaatimuksia. Vaatimukset koskevat myös tarpeellisia merkintöjä ja asiakirjoja.

Sähkölaitteiston rakenteessa on otettava huomioon Suomessa vallitsevat olosuhteet ja noudatettavat asennustavat.

Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin sähkölaitteiston olennaisista turvallisuusvaatimuksista. [4, s.12.]

32.§ Turvallisuusvaatimusten täytyminen

Sähkölaitteiston katsotaan täyttävän 31.§:ssä tarkoitetut olennaiset turvallisuusvaatimukset, jos se suunnitellaan, rakennetaan ja korjataan soveltaen 33.§:ssä tarkoitettuja standardeja tai julkaisuja, joiden vastaavuus olennaisiin vaatimuksiin on vahvistettu 33.§:n mukaisesti.

Sähkölaitteiston olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttyminen on tarvittaessa 1 momentista poiketen mahdollista osoittaa noudattaen, mitä 34.§:ssä säädetään. [4, s.12.]

33.§ Sovellettavat standardit ja julkaisut

Sähköturvallisuusviranomaisen julkaisee luettelon niistä standardeista, joita noudattaen sähkölaitteiston katsotaan täyttävän tämän lain vaatimukset.

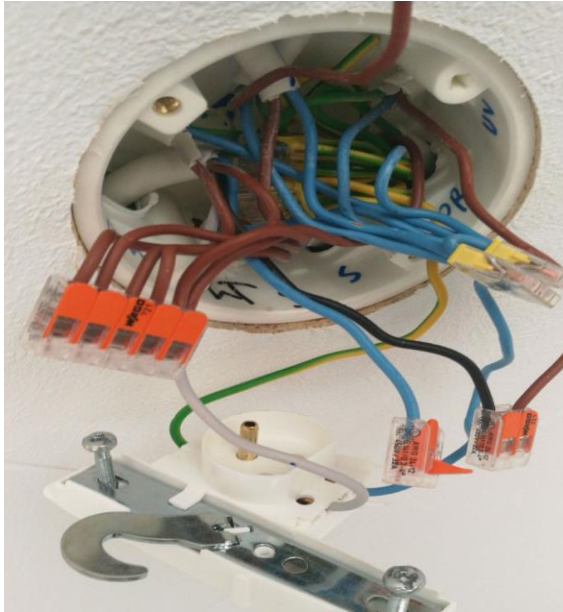
Jos standardeja ei tietyn sähkölaitteiston osalta ole laadittu, voidaan soveltaa standardeihin verrattavia julkaisuja, joiden vastaavuus olennaisiin turvallisuusvaatimuksiin on vahvistettu 1. momentin mukaisesti.

Standardin tai sen painoksen vaihtuessa sähköturvallisuusviranomaisen päivittää standardiluettelon. Luettelon päivityshetkellä rakenteilla oleva sähkölaitteisto voidaan rakentaa valmiiksi ja ottaa käyttöön edellisen standardin mukaisena kolmen vuoden kuluessa päiväyksestä. [4, s.12.]

7 Kokemuksia tarkastuksista

Seuraavassa käyn läpi asennusvirheitä, joita olen havainnut suorittamissani tarkastuksissa vuosien aikana. Työssä esitetyt kuvat ovat eräästä uudistuotantokohteesta kesältä 2017. Kohde oli 12 asunnon rivitalo erillisellä autokatoksella.

Kuvassa 9 esitellään rivitalotyömaalla sijainnut kattorasias, jossa asentaja on käyttänyt viisiosaista vipuliitintä, johon hän oli laittanut kuusi johdinta, vaikka liittimeen ei voi asentaa maksimissaan kuin viisi johdinta. Lisäksi rasiasta löytyi kahden viisiosaisen liittimen yhdistys, mikä ei ole suoranaisesti viallinen, mutta hyvän asennustavan vastainen. Kyseinen rasia löytyi, kun valopiste ei toiminut oikeasta kytkimestä. Löydöksen jälkeen kaikki jakorasiat päätettiin tarkistaa varmistaakseen, ettei kyseisenlaisia liitinasennuksia olisi enempää.



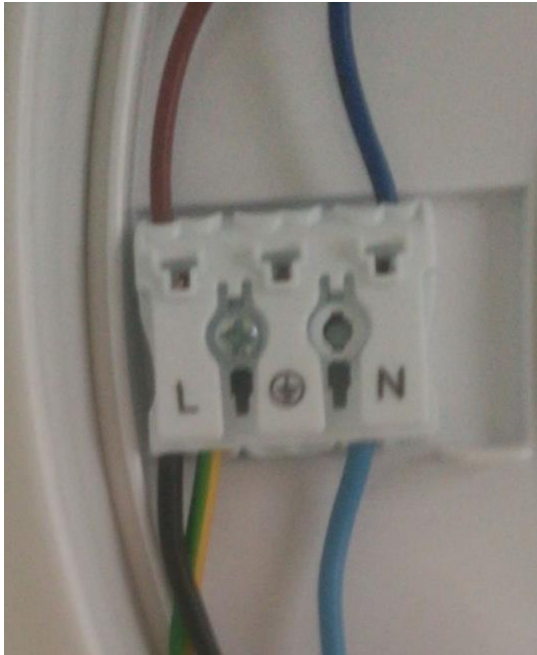
Kuva 9. Rivitalotyömaan kattovalopisteen jakorasia.

Kuvassa 10 oleva kytkentä löytyi suojojohdinten jatkuvuusmittauksissa. Kyseistä kytkentävirhettä ei olisi löytynyt, jos suojamaadoituspiiriä ei olisi tehty puhtaaksi niin kuin eristysresistanssimittauksessa tehdään. Irrotetulla suojojohdinpierillä pystytään varmistamaan, onko maadoitus kytketty maadoitukselle kuuluvalla paikalla ja ristikytkentä virheet löytyvät helposti. Kyseinen virhekytkentä voi olla käyttäjälle hengenvaarallinen.



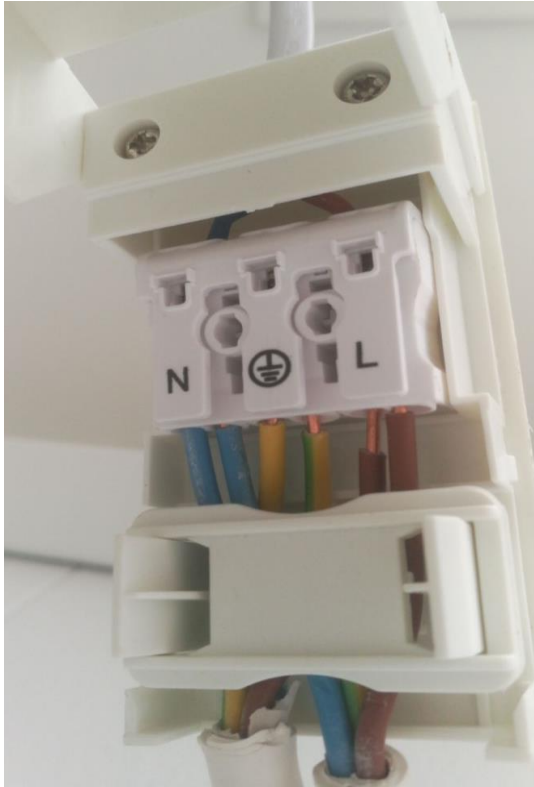
Kuva 10. Rivitalotyömaan virheellisesti kytketty ulkopistorasia.

Kuvan 11 virheellinen valaisinkytkentä paljastui, kun johdonsuojakatkaisija ei pysynyt päällä. Tämänkaltaisia kytkentöjä ei tule kovin usein vastaan. Kuvasta ilmenee, että suo-
jajohdin on laitettu vaihdejohtimen kanssa samaan liittimeen. Asentaja ei ole tarkistanut vielä kertaalleen johtimien kytkennän jälkeen, onko johtimet oikein niille tarkoitetuissa paikoissa ennen kuin on laittanut valaisimen kuvun paikoilleen.



Kuva 11. Rivitalotyömaan valaisinkytkentä.

Kuvassa 12 oleva spottivalaisimen virheellinen liitinrasian kytkentä löytyi, kun spotti ei syttynyt. Vaihejohdin (rus) oli irronnut liittimestä, ja näin ollen valaisin ei syttynyt palaamaan. Syy johtimen irtoamiseen saattoi olla johtimen asentaminen liittimeen huonosti, ja kuvasta voidaan huomata, ettei vedonpoistoa ole tehty oikein.



Kuva 12. Rivitalotyömaan spottivalaisimen kytkentärasia.

Listavioista tehtiin käyttöönottotarkastusta tehtäessä ja kuvien asennusvirheet korjattiin käyttöönottotarkastuksen jälkeen. Lopuksi todettiin asennukset standardin mukaisiksi ja turvallisiksi. Yleisimmät virheet ja puutteet, joita tarkastuksia tehdessä tulee vastaan, ovat yleensä irronnut johdin liittimestä tai unohtuneet kytkennät. Myös esimerkiksi ryhmämerkinnöissä on aika ajoin puutteita.

Nämä tyypilliset virheet, joita tarkastuksissa on löytynyt, ovat asentajien mukaan yleisesti selittyneet kiireisellä aikataululla. Kiireessä työtä tehtäessä ei tule niin hyvin suoritettua silmämääräistä tarkistusta, mikä on asentajan työssä hyvin tärkeää.

8 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli saada koottua tiiviiseen pakettiin käyttöönottotarkastuksen tarkoitus ja standardien vaatimat toimenpiteet tarkastusta suoritettaessa sekä käydä läpi suoritettavat mittaukset ja kertoa, miten nämä tulisi suorittaa. Työtä tehtäessä uutena asiana tuli vastaan aurinkosähköjärjestelmille suoritettavat mittaukset. Työssä esitettiin muutama sähköturvallisuuden lakipykälä ja vaadittavat mittalaitteet mittauksia suorittavalle henkilölle.

Työn lopussa esiteltiin muutamia esimerkkejä löytämistäni asennusvirheistä uudisrakennustyömaalta tarkastus vaiheessa kesältä 2017. Liitteissä on Metrelin MI 3102-mittarin tiivistetty käyttöopas, joten insinööri työ toimii asentajille opastavana ohjeena tarkastuksia vasta aloitettaessa ja suoritettaessa.


Lähteet

- 1 Saarelainen, Kimmo. Saastamoinen, Arto. 2012 uusittu 3.painos. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset ST-käsikirja 33. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 2 Urakoitsijan mittalaitteet. 5/2012. Verkkoaineisto. Sähköinfo Oy. <<https://severisahkoinfo-fi.ezproxy.metropolia.fi/item/2102?search=urakoitsijan%20mittalaitteet>>. Päivitetty 4/2017. Luettu 4.12.2017.
- 3 Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä 21.12.2016/1435. Verkkoaineisto. Tukes. <<http://plus.edilex.fi/content/tukes/fi/lainsaadanto/20161435/?toc=1>>. Luettu 4.12.2017.
- 4 Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135. Verkkoaineisto. Tukes. <<http://plus.edilex.fi/content/tukes/fi/lainsaadanto/20161135/?toc=1>>. Luettu 12.4.2017.
- 5 SFS-KÄSIKIRJA 6000-6:2017 Pienjännitesähköasennukset osa 6: tarkastukset. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 18.8.2017.
- 6 METREL MI3102 käyttöohje.
- 7 Lehto, Ina. Liuksiala, Lotta. Lähde, Petri. Olenius, Meri. Orrberg, Matti. Ylinen, Marko. 2017. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus ST-käsikirja 40. Espoo: Sähköinfo Oy.

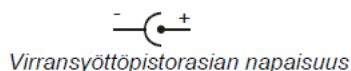
METREL MI3102 PIKAOHJE

Turvallisuus ja käyttökohdat

1.2. Paristot

-  Kun paristokennot ovat vaihdettava tai ennen kuin avaat paristo-/varoke-
osaston kannen, kytke kaikki laitteeseen liitetyt mittausvarusteet irti ja kytke
laite pois päältä. Laitteen sisällä on vaarallisia jännitteitä!
- Asenna kennot oikein. Muuten laite ei toimi ja paristot voivat purkautua
itsestään.
- Jos laitetta ei tulla käyttämään pitkään aikaan, irrota kaikki paristot paristo -
osastosta.
- Laitteessa voidaan käyttää alkali- tai uudelleen ladattavia Ni-Cd tai Ni-MH-
paristoja (koko AA). Käyttötunnit ovat määritelty 2100 mAh nimellistehon kennoille.
- Älä lataa uudelleen alkaliparistoja!

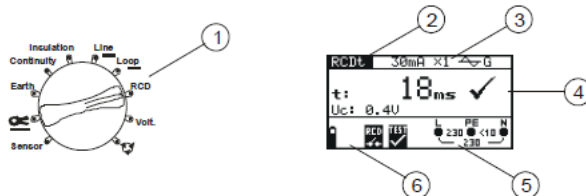
Paristot latautuvat aina kun virransyöttöadapteri on kytkettynä laitteeseen. Sisäänrakennetut suojauspiirit ohjaavat lataustoimintoja ja varmistavat paristoille suurimman mahdollisen käyttöiän. Virransyöttöpistorasian napaisuus on näytetty alla olevassa kuvassa.



Huomautus:

- Käytä vain testuslaitteen valmistajan tai jälleenmyyjän toimittamaa virransyöttö-
adapteria välttääksesi mahdollisen tulipalon tai sähköiskun!

2. Laitteen näyttö



Seloste:

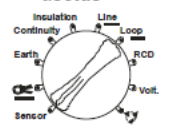
- 1 Päätoiminnon nimi.
- 2 Toiminnon tai alitoiminnon nimi.
- 3 Mittausparametrit ja raja-arvot.
- 4 Tuloskenttä.
Tässä kentässä näytetään pää- ja alitulokset yhdessä PASS/FAIL/ABORT - tilan kanssa.
- 5 Linjajännite ja päätemonitori.
- 6 Ilmoituskenttä.
Tässä kentässä näytetään pariston tila ja sen hetkiseen mittaukseen liittyvät varoitukset/ilmoitukset.

Mittaukset - Valaistus


3. Mittaukset

3.1. Valaistus

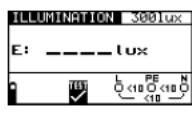
① Toiminnon asetus



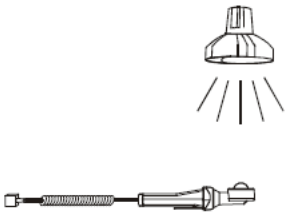
② Parametrien ja rajojen asetus




Matalan valaistusrajan arvo [≠lux asettaa rajan pois päältä, 0.1 + 20.0 klux]




③ Sijoituskaavio



④ LUX-mittarin anturin päällekytkentä. Paina  näppäintä.

⑤ Katso tulokset ja tallenna ne painamalla MEM -näppäintä.

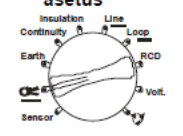


Näytetyt tulokset:
E: Valaistus


Mittaukset - TRMS - virta

3.2. TRMS - virta

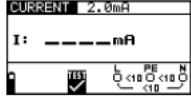
① Toiminnon asetus



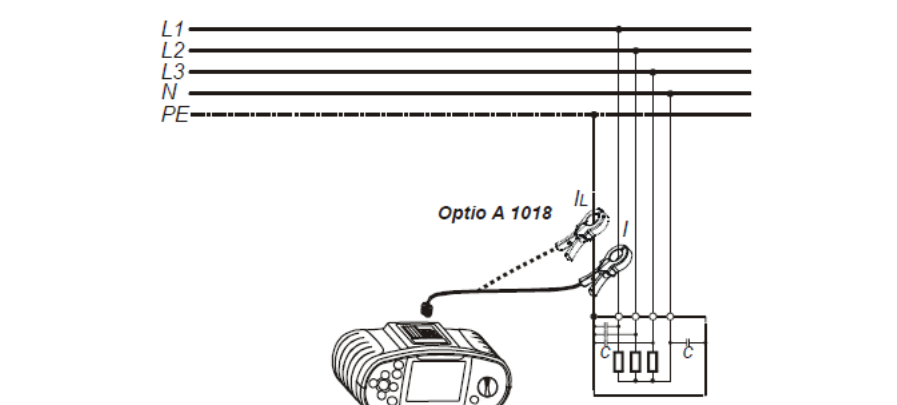
② Parametrien ja rajojen asetus



Korkean rajavirran arvo [\ast mA asettaa rajan pois päältä, 0.1mA \pm 100.0 mA]

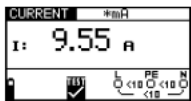


③ Kytentäkaavio



④ Paina  näppäintä.

⑤ Katso tulokset ja tallenna ne painamalla MEM - näppäintä.



Näytetyt tulokset:
I: TRMS - virta (tai TRMS- vuotovirta)

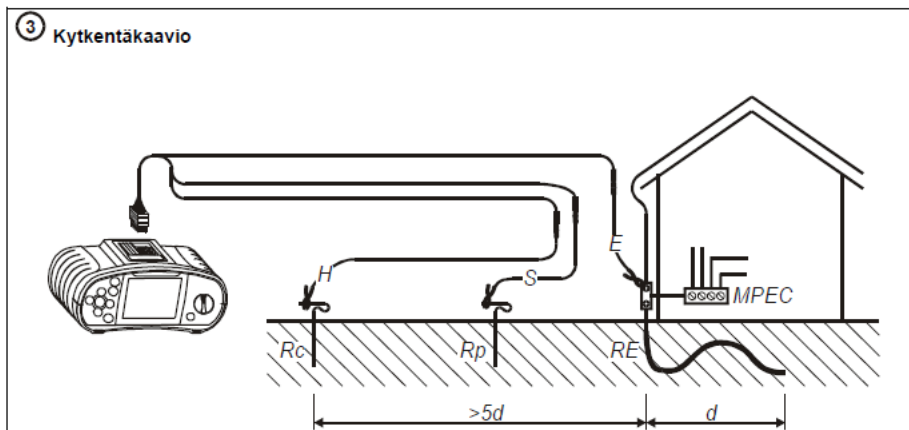
Mittaukset - Vastus maahan

3.3. Vastus maahan

① Toiminnon asetus

② Parametrien ja rajojen asetus

Korkea rajavastusarvo maahan [$\approx \Omega$ asettaa rajan pois päältä, $1 \Omega + 1666 \Omega$]



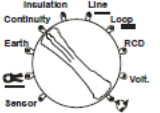


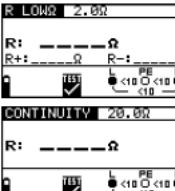
④ Paina näppäintä.

⑤ Katso tulokset ja tallenna ne painamalla MEM - näppäintä.

Näytetyt tulokset:
R: Vastus maahan
R_C: Apumaaelektroodin vastus
R_P: Anturin vastus

Mittaukset - Jatkuvuus

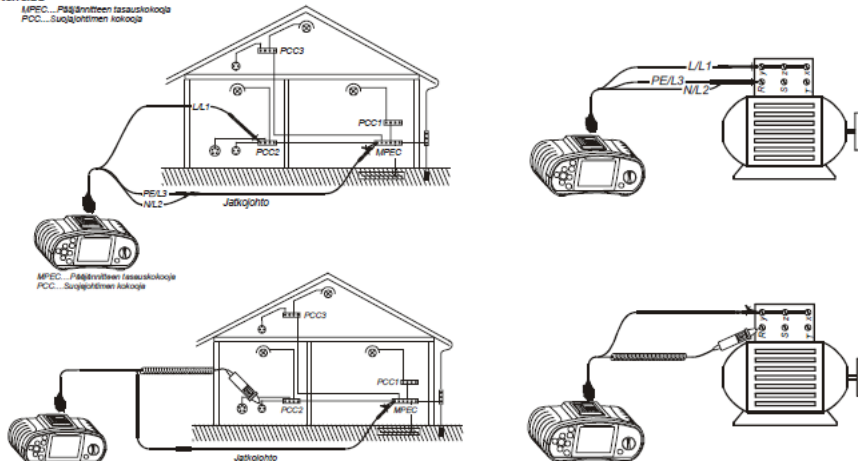
3.4. Jatkuvuus

<p>① Toiminnon asetus</p> 	<p>② Alitoiminnon asetus</p>  <p><input type="checkbox"/> Matala Ω</p> <p><input type="checkbox"/> Jatkuvuus</p>	<p>③ Parametrien ja rajojen asetus</p>  <p><input type="checkbox"/> Korkea rajavastus [*Ω asettaa rajan pois päältä 0.1 - 20.0 Ω]</p> 
---	---	--




④ Kytentäkaavio

Matala Ω Jatkuvuus



MPEC... Pääjännitteen tasausloikka
PCC... Suojajännitteen loikka



MPEC... Pääjännitteen tasausloikka
PCC... Suojajännitteen loikka

⑤ Paina  näppäintä. Käynnistä  näppäimellä. Paina  näppäintä uudelleen pysäyttääksesi mittauksen.

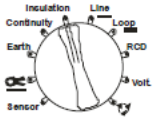
⑥ Katso tulokset ja tallenna ne painamalla MEM - näppäintä.

 <p>Näytetyt tulokset: R: Pää matalaΩ vastustulos R+: Matala Ω vastuksen alitulos positiivisella jännitteellä L - navassa R-: Matala Ω vastuksen alitulos positiivisella jännitteellä N - navassa</p>	 <p>Näytetyt tulokset: R: Pääjatkuvuuden vastustulos</p>
--	--


Mittaukset - Eristysvastus

3.5. Eristysvastus

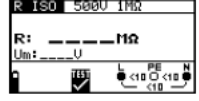
① Toiminnon asetus

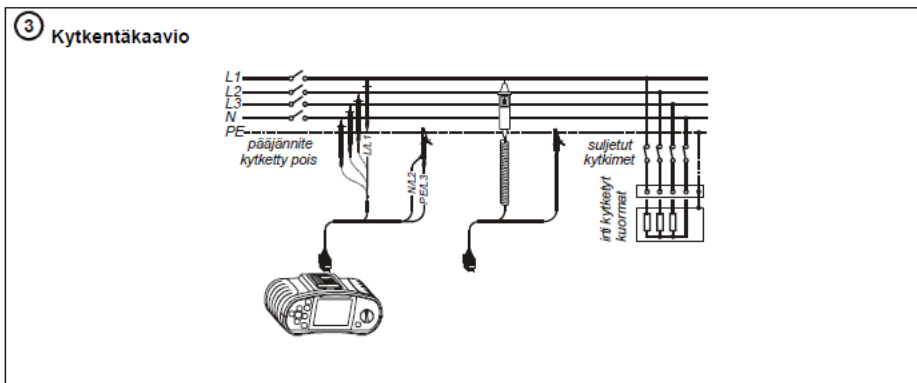



② Parametrien ja rajojen asetus




- Nimellinen testausjännite
[100 V_{DC} + 1000 V_{DC}]
- Matalan rajan vastusarvo
[*MΩ asettaa rajan pois päältä, 0.01 MΩ + 200 MΩ]





④ Paina ja pidä  näppäintä painettuna, kunnes tulos on vakautunut.

⑤ Katso tulokset ja tallenna ne painamalla MEM -näppäintä.



Näytetyt tulokset:
R: Eristysvastus
Um: Laitteen testausjännite

Mittaukset - Eristyksen valvonta IT-järjestelmissä

3.6. Eristyksen valvonta IT-järjestelmissä

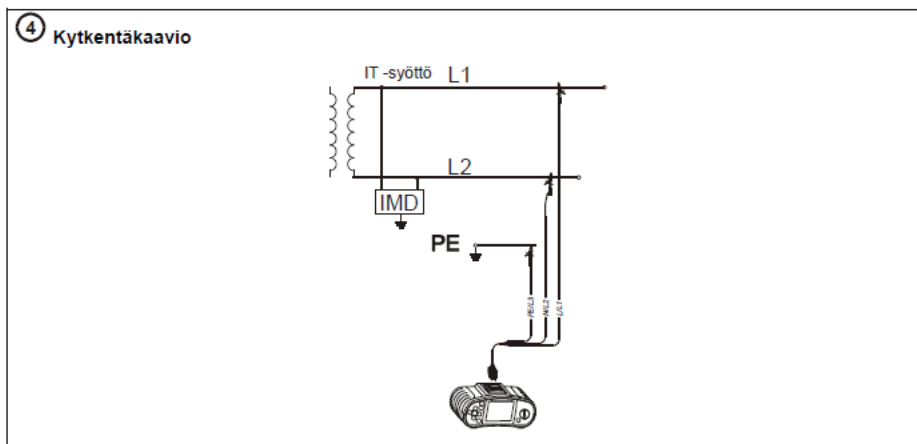
① Toiminnon asetus

② Aputoiminnon asetus

- Ensimmäinen vikavirta
- IMD - tarkastus

③ Parametrien ja rajojen asetus

- Ensimmäisen vikavirran korkearaja [%F asettaa rajan pois päältä 3.0 - 5.0 mA]



⑤ ISFL alioiminto:

Paina näppäintä.

IMD tarkastuksen alioiminto:

Paina näppäintä. Käytä < näppäintä vähentämään eristysvastusta, kunnes IMD hälyttää huonosta eristyksestä. Käytä ∇ näppäintä valitsemaan toinen jännitteinen linja (esim. L2). Käytä < näppäintä vähentämään eristysvastusta, kunnes IMD hälyttää huonosta eristyksestä.

Paina näppäintä uudelleen testauksen suorittamiseksi loppuun.

⑥ Katso tulokset ja tallenna ne painamalla MEM - näppäintä.

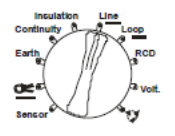
Näytetyt tulokset:
Isc1: Ensimmäinen vikavirta välillä L1 ja PE
Isc2: Ensimmäinen vikavirta välillä L2 ja PE

Näytetyt tulokset:
R1: Vikakynnyseristysvastus (L1-PE)
R2: Vikakynnyseristysvastus (L2-PE)
I1: Vuotovirta kynnyseristykselle (L1-PE)
I2: Vuotovirta kynnyseristykselle (L2-PE)


Mittaukset - Linjavastus ja PFC

3.7. Linjavastus (vaihe-nolla, vaihe- vaihe)

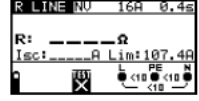
1 Toiminnon asetus



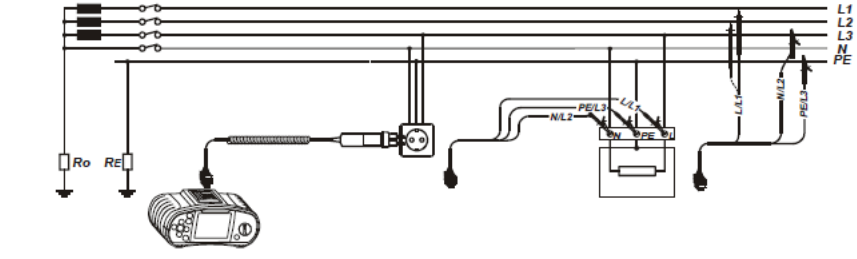
2 Parametrien ja rajojen asetus




- Varokkeen tyyppi [*F asettaa rajan pois päältä NV,gG,B,C, K, D]
- Varokkeen nimellisvirta [0.5 A + 1250 A]
- Varokkeen laukaisuaika [35 ms + 5 s]




3 Kytkentäkaavio



4 Paina  näppäintä.

5 Katso tulokset ja tallenna ne painamalla MEM - näppäintä.



Näytetyt tulokset:
R: Linjavastus
I_{sc}: Prospektiivinen oikosulkuvirta
Lim: Matalan rajan prospektiivinen oikosulkuvirran arvo (jos saatavana)

Mittaukset - Vikapiirin vastus ja RFC

3.8. Vikapiirin vastus

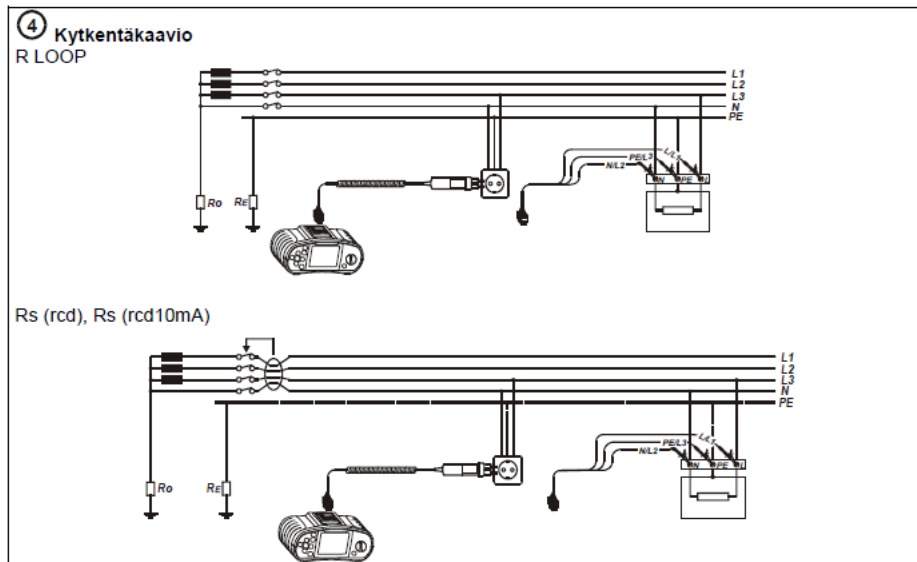
1 Toiminnon asetus

2 Alitoiminnon asetus

- R LOOP
- Rs(rcd)
- Rs(rcd10mA)

3 Parametrien ja rajojen asetus

- Varokkeen tyyppi [=F asettaa rajan pois NV, gG, B, C, K, D]
- Varokkeen nimellisvirta [0.5 A + 1250 A]
- Varokkeen laukaisuaika [35 ms + 5 s]



5 Paina näppäintä.

6 Katso tulokset ja tallenna ne painamalla MEM - näppäintä.

R LOOP INU 16A 0.4s

R: 0.42Ω ✓

Isc: 548A Lim:107.4A

Rs(rcd) INU 16A 0.4s

R: 0.42Ω ✓

Isc: 548A Lim:107.4A

Rs(rcd10mA) INU 16A 0.4s

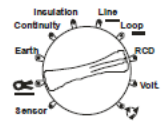
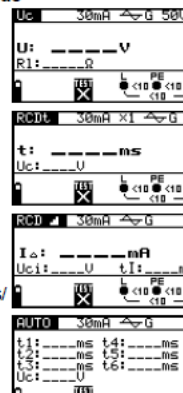
R: 0.42Ω ✓

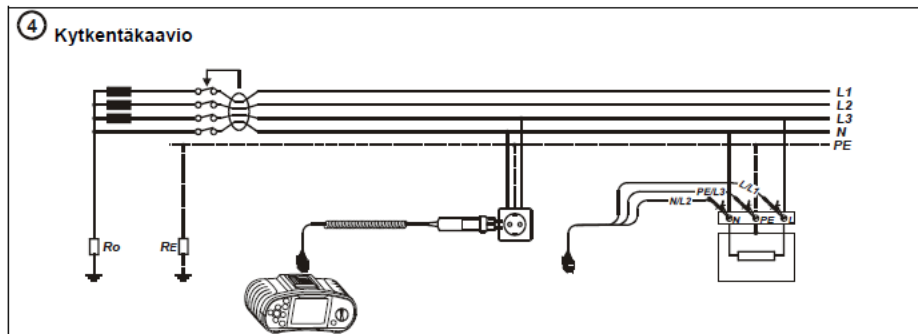
Isc: 548A Lim:107.4A

Näytetyt tulokset:
R: Vikapiirin vastus
Isc: Prospektiivinen vikavirta
Lim: Matalan rajan prospektiivinen oikosulkuvirran arvo (jos saatavana)

Mittaukset - RCD- testaus

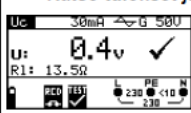
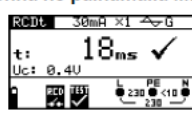

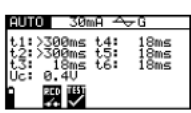
3.9. RCD- testaus

<p>① Toiminnon asetus</p> 	<p>② Alitoiminnon asetus</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Kosketusjännite <input type="checkbox"/> Laukaisuaika <input type="checkbox"/> Laukaisuvirta <input type="checkbox"/> RCD-autotesti 	<p>③ Parametrien ja rajojen asetus</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Rajakosketusjännite [25V, 50V] <input type="checkbox"/> Nimellinen erotus RCD-laukaisuvirta [10 mA ± 1000 mA] <input type="checkbox"/> Nimellinen erotus RCD-laukaisuvirran kertoja [$\times \frac{1}{2}$, $\times 1$, $\times 2$, $\times 5$] <input type="checkbox"/> Testausvirran käynn.napaisuus/ RCD- tyyppi [↻G, ↻G, ↻S, ↻S, ↻G, ↻G, ↻S, ↻S] 
---	--	--



⑤ Paina  näppäintä.

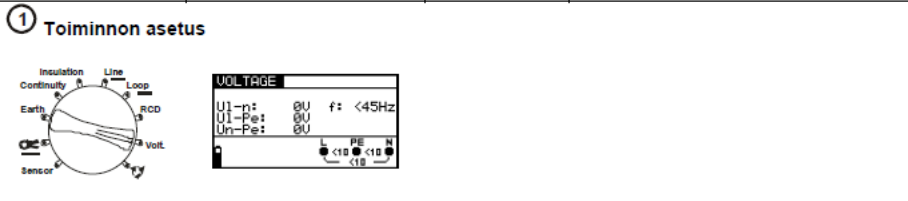
⑥ Katso tulokset ja tallenna ne painamalla MEM - näppäintä.

			
<p>Näytetyt tulokset: U_C: Kosketusjännite R_L: Vikapiirin vastus</p>	<p>Näytetyt tulokset: t: Laukaisuaika U_C: Kosketusjännite</p>	<p>Näytetyt tulokset: I_A: Laukaisuvirta U_C: Kosketusjännite t_i: Laukaisuaika</p>	<p>Näytetyt tulokset: U_C: Kosketusjännite t₁-t₆: Laukaisuajat</p>

Mittaukset - Jännite ja taajuus

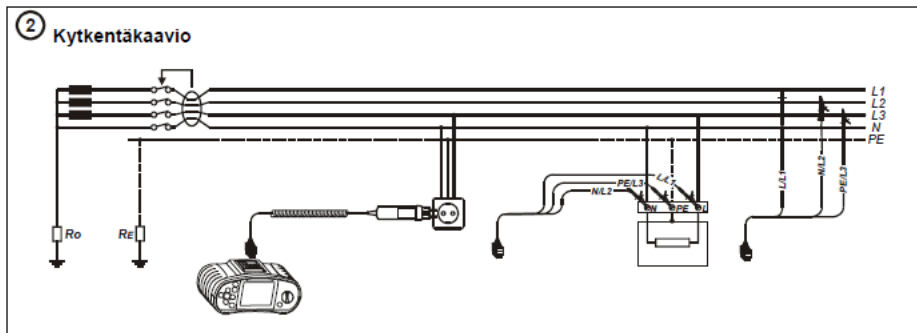
3.10. Jännite ja taajuus

① Toiminnon asetus



The diagram shows the meter's rotary switch with positions for Insulation, Continuity, Earth, RCD, Loop, Volt, and Sensor. The screenshot shows the VOLTAGE menu with the following settings:

VOLTAGE	
U1-n:	0U f: <45Hz
U1-pe:	0U
Un-pe:	0U
L	PE N
● <10	● <10
● <10	● <10



③ Katso tulokset ja tallenna ne painamalla MEM - näppäintä.

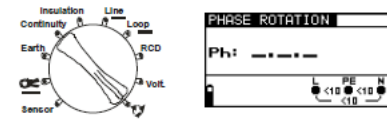
VOLTAGE		VOLTAGE	
U1-n:	230U f: 50.0Hz	U1-2:	398U f: 50.0Hz
U1-pe:	230U	U1-3:	398U
Un-pe:	0U	U2-3:	398U
L	PE N	L1	L3 L3
● 230	● <10	● 398	● 398
● 230	● <10	● 398	● 398

Näytetyt tulokset:
U1(1-n)(2): Jännite vaiheen ja nollajohtimien välillä (tai vaiheiden L1 ja L2 välillä)
U1(1-pe)(3): Jännite vaiheen ja suojausjohtimien välillä (tai vaiheiden L1 ja L3 välillä)
Un(2)-pe(3): Jännite nollajohtimien ja suojausjohtimien välillä (tai vaiheiden L2 ja L3 välillä)

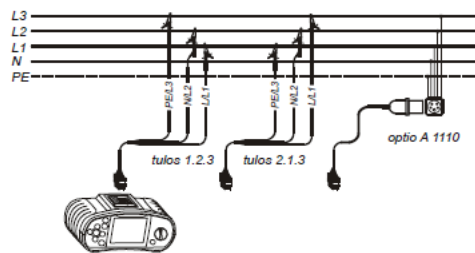
Mittaukset - Vaihejärjestys

3.11. Vaihejärjestys

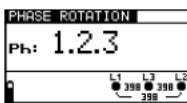
① Toiminnon asetus



② Kytentäkaavio



③ Katso tulokset ja tallenna ne painamalla MEM - näppäintä.



Näytetyt tulokset:
Ph: Vaihejärjestys
1.2.3: Oikea kytkentä
2.3.1: Virheellinen kytkentä
-.-.: Epäsäännölliset jännitteet


Huolto

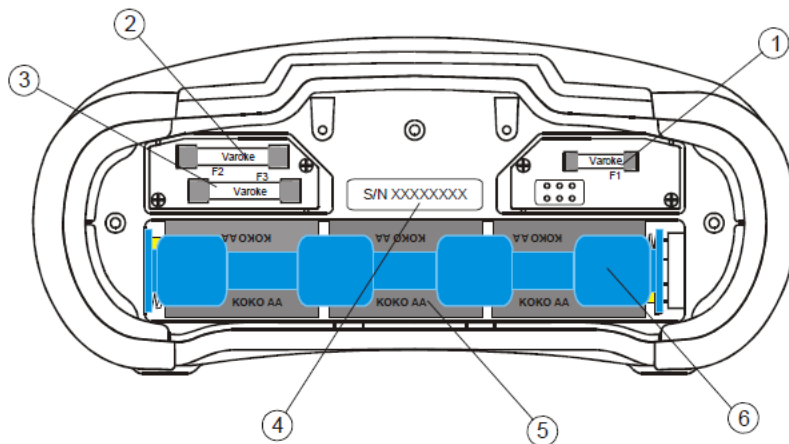
4. Huolto

4.1. Varokkeiden vaihto

- F1
M 0.315 A / 250 V, 20×5 mm
Tämä varoke suojaa matalavastustoiminnon sisäistä piiriä, jos testausanturit ovat kytketty erehdyksessä päävirransyöttöön.
- F2, F3
F 4 A / 500 V, 32×6.3 mm
Testausnapojen L/L1 ja N/L2 yleissyötön suojausvarokkeet.

Varoitukset:

-  Kytke irti kaikki mittausvarusteet ja kytke laite pois päältä ennen kuin avaat paristo-/varokeosaston kannen: vaarallinen jännite sisäpuolella!
- Vaihda palanut varoke vain alkuperäiseen, muuten laite voi vahingoittua ja käyttäjän turvallisuus voi heiketä!



Paristo- ja varokeosasto

Seloste:

- 1 Varoke F1.
- 2 Varoke F2.
- 3 Varoke F3.
- 4 Sarjanumerokilpi.
- 5 Paristot tai akut (koko AA).
- 6 Pariston pidin.