

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tutkintotyö

Jari Kamppi

SÄHKÖASENNUSTEN TARKASTUKSET

Työn valvoja Pirkko Harsia

Työn teettäjä Tampereen ammattikorkeakoulu

Tampere 2005

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

Kamppi, Jari	Sähköasennusten tarkastukset
Tutkintotyö	41 sivua + 1 liitesivu
Työn ohjaaja	Pirkko Harsia
Työn teettäjä	Tampereen Ammattikorkeakoulu
Hakusanat	tarkastusmittaukset

TIIVISTELMÄ

Sähköasennusten tarkastukset ovat ensimmäinen askel kohti sähköasennusten käyttöönottoa. Vain näin voidaan varmistua sähkölaitteistojen käytön turvallisuudesta ja taata niiden luotettava toiminta. On tärkeää, että asennukset tarkastetaan määräysten mukaisesti jokaisessa työkohteessa.

Työn tarkoituksena oli tarkastella tarkastusmittausten kulkua sekä kuvata mittauskytkentöjä ja mittausympäristöä. Tarkastusmittausten tekoa seurattiin Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriossa.

Tulokseksi saatiin kuvaus tarkastusmittauslaboratoriotyön suorituksesta.

Tätä kuvausta voidaan käyttää tarkastusmittauksiin ja laboratorioympäristöön tutustumiseen ennen varsinaista työn suoritusta.

TAMPERE POLYTECHNIC

Electrical Engineering

Building services engineering

Kamppi, Jari Safety inspections of an electrical installation

Engineering Thesis 41 pages, 1 appendice

Thesis Supervisor Pirkko Harsia

Commissioning Company Tampere Polytechnic

ABSTRACT

The safety inspections of an electrical installation are the first steps towards starting their usage. Only by doing the inspections properly can we be assured of safety and guarantee trustworthy activity of installations. It is important that the electrical installations are inspected in accordance with regulations. The aim of this work was to examine how the safety inspections are performed and describe the necessary wirings and working environment. The work process was observed in the electrical laboratory of Tampere polytechnic. The result is an illustration how the safety inspections of an electrical installation can be done in a laboratory environment. This can be used to become acquainted with the safety inspections in advance before the actual laboratory work.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ ABSTRACT

1 JOHDANTO.....	6
2. SÄHKÖTARKASTUSTEN SYYT.....	7
2.1 Tarkastukset sähköturvallisuuslainsäädännössä.....	7
2.1.1 Sähkölaitteistojen tarkastusten tekijät.....	7
2.2 Rakennusvaiheen tarkastukset.....	9
2.2.1 Käyttöönottotarkastus.....	9
2.2.2 Varmennustarkastus.....	9
2.3 Sähköasennusten käyttö ja ylläpito.....	9
2.3.1 Määräaikaistarkastukset.....	10
2.3.2 Määräaikaistarkastuksen kohteet.....	11
3 TARKASTUSMITTAUKSET.....	11
3.1 Silmämääräiset tarkastukset.....	11
3.2 Jatkuvuusmittaukset.....	12
3.3 Eristysresistanssin mittaukset.....	14
3.3.1 Eristysresistanssin mittauskytkennät.....	16
3.3.2 Lämmityskaapelit.....	21
3.3.3 Lattia- ja seinäpintojen resistanssit.....	21
3.4 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta.....	22
3.5 Vikavirtasuojakytkimen testaaminen.....	26
4 TARKASTUSMITTAUKSET SIMULOINTIYMPÄRISTÖSSÄ.....	28
4.1 Yleistä.....	28
4.2 Tarkastus silmämääräisesti.....	28
4.3 Eristysresistanssin mittaustilanne.....	31
4.3.1 Eristysresistanssin mittaus keskukselta.....	31
4.3.2 Lämmityskaapelin eristysresistanssin mittaus.....	33
4.4 Jatkuvuusmittaus.....	34
4.5 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta.....	38
4.6 Vikavirtasuojakytkimen testaus.....	39

5. YHTEENVETO	41
LÄHTEET	42
LIITTEET	

1. Suurennotukset kuvista 20 ja 21.

1 JOHDANTO

Sähköasennusten tarkastuksilla on tarkoitus turvata sekä tarkastettava kohde että sen käyttäjät. Jokaiselle uudelle asennukselle on tehtävä vähintään käyttöönottotarkastus ja suuremmille kohteille myös viranomaisten valtuuttaman puolueettomat tarkastajan tekemä varmennustarkastus. Tietyille asennuksille on suoritettava myös määräaikaistarkastuksia määrätyn väliajoin.

Tämän työn tarkoituksena on tarkastella yleisesti, mitä sähköasennusten tarkastuksiin kuuluu sekä kuvata mittauskytkentöjä ja mittausympäristöä käyttöönottotarkastukseen kuuluvista tarkastusmittauksista.

Kaikessa toiminnassa voidaan pyrkiä tekemään parannuksia ja lisäämään tehokkuutta. Tämä pätee myös opiskelussa. Laboratoriotyön tekeminen on usein hyvin kiireistä. Jos tehtävään pystyy edes jollain tasolla tutustumaan etukäteen, saadaan työtilanteessa mahdollisesti enemmän aikaiseksi. Tästä työstä on toivottavasti apua alan opiskelijoille tulevaisuudessa. Työn tuloksia on tarkoitus hyödyntää Virtuaali-AMK:n sähköpätevyystuotantorenkään aineistossa.

2. SÄHKÖTARKASTUSTEN SYYT

2.1 Tarkastukset sähköturvallisuuslainsäädännössä /1/

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi käyttöön ajankohtana, jolloin laitteistoon kytketään jännite sen käyttöä varten. Sähkölaitteiston käyttöönottona ei kuitenkaan pidetä sellaisia valvottuja käyttötilanteita, jotka ovat tarpeen laitteiston koekäytössä tai käyttöönottotarkastuksessa. Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastuksessa on selvitetty, että siitä ei aiheudu vaaraa tai häiriötä.

Ministeriö voi sähköturvallisuuden varmistamiseksi määrätä, että sähkölaitteistolle on lisäksi suoritettava varmennustarkastus. Varmennustarkastus voidaan ministeriön määräämissä tapauksissa korvata sähkölaitteiston rakentaneen tai rakentamisesta vastanneen sähköurakoitsijan varmennuksella. Sähkölaitteistoille tehdyistä varmennus- ja määräaikaistarkastuksista on tehtävä ministeriön määräämissä tapauksissa ilmoitus sähköturvallisuusviranomaisen tai sen jakeluverkonhaltijan rekisteriin.

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

Ministeriö voi määrätä, että tietynlaiset sähkölaitteistot on määräajoin tarkastettava (määräaikaistarkastus). Sähkölaitteiston haltijan tulee huolehtia laitteiston määräaikaistarkastuksesta.

2.1.1 Sähkölaitteistojen tarkastusten tekijät

Varmennusoikeuden myöntämisen edellytyksenä on, että

1) sähköurakoitsijalla on käytettävissään riittävästi ammattitaitoista henkilöstöä, jolla on tämän lain 8 §:n 1 momentin 2 kohdan mukainen riittävä kelpoisuus tai ammattitaito sekä perehtyneisyys tarkastustehtäviin

2) sähköurakoitsijalla on käytettävissään asentamiensa sähkölaitteistojen turvallisuuden varmentamisen edellyttämät laitteet, välineet ja järjestelmät

3) sähköurakoitsijalla on puolueettomasti ja luotettavasti arvioitu ja valvottu järjestelmä, jolla toiminnan laatu varmistetaan sähköturvallisuuden osalta, sekä asianmukaiset ohjeet toimintaa ja sen seuranta varten. /1/.

Varmennusoikeuden saanut sähköurakoitsija voi käyttää ulkopuolisia aliurakointipalveluja. Sähköurakoitsija vastaa aliurakoitsijalla teettämästään työstä. Sähkölaitteistojen varmennus- ja määräaikaistarkastuksia voi tehdä valtuutettuna tarkastajana toimiva luonnollinen henkilö tai valtuutettu laitos, siten kuin ministeriö tarkemmin määrää. Sähköturvallisuusviranomaisen myöntää oikeuden toimia valtuutettuna tarkastajana sekä peruuttaa sen. Sähköturvallisuusviranomaisen on valvottava valtuutettujen tarkastajien toimintaa sekä määräjain varmistettava, että säädetyt vaatimukset täyttyvät. /1/.

Valtuutetun tarkastajan tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

- 1) tarkastaja on tarkastustehtäviä koskevassa toiminnassaan riippumaton ja puolueeton
- 2) tarkastajalla on riittävä ammattitaito ja kokemus
- 3) tarkastajalla on käytössään toiminnan edellyttämät laitteet, välineet ja järjestelmät
- 4) tarkastaja osoittaa luotettavasti, miten hän varmistaa toimintansa laadun sähköturvallisuuden osalta
- 5) tarkastajalla on toiminnan laajuus ja luonne huomioon ottaen riittävä vakuutus toiminnasta aiheutuvien vahinkojen korvaamiseksi. /1/.

Varmennustarkastuksia ei siis suorita viranomainen, vaan viranomaiselta toimintaoikeudet saaneet valtuutetut laitokset ja valtuutetut tarkastajat. Valtuutettujen laitosten ja tarkastajien lista löytyy mm. TUKESin internet-kotisivuilta osoitteesta:

http://www.tukes.fi/sahko_ ja_hissit/rekisterit/sahko_ ja_hissit_rekisterit.html

2.2 Rakennusvaiheen tarkastukset

2.2.1 Käyttöönottotarkastus /2/

Tekijän on tehtävä jokaiselle rakentamalleen sähköasennukselle käyttöönottotarkastus. Siinä todetaan erilaisten mittausten ja testien sekä silmämääräisen tarkastuksen avulla, että asennukset on toteutettu oikein ja että ne ovat turvalliset.

Käyttöönottotarkastus tehdään ennen asennuksen tai sen osan käyttöönottoa. Tarkastuksesta laaditaan sähköasennuksen haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja aivan vähäisiä töitä lukuun ottamatta. Pöytäkirjan liitteenä esitetään mittausten ja testien tulokset.

2.2.2 Varmennustarkastus /2/

Omakoti- ja paritaloa laajemmille sähköasennuksille sekä erityistiloille on tehtävä urakoitsijan käyttöönottotarkastuksen lisäksi puolueettoman osapuolen suorittama varmennustarkastus. Varmennustarkastuksessa todetaan, että urakoitsija on suorittanut asianmukaisen käyttöönottotarkastuksen, ja varmistaudutaan sähköasennusten turvallisuudesta esimerkiksi pistokokein.

Varmennustarkastus voidaan vaativia erikoistiloja lukuun ottamatta tehdä yleensä kolmen kuukauden kuluessa sähköasennusten lopullisesta käyttöönotosta. Sähköurakoitsijan on huolehdittava varmennustarkastuksen tilaamisesta. Suoritetun tarkastuksen tuloksista annetaan tarkastustodistus sähköasennusten haltijalle.

Mikäli sähköurakoitsijalle on myönnetty oman työn varmennusoikeus, ei ulkopuolisen suorittamaa varmennustarkastusta sähkölaitteistolle tarvita muissa kuin vaativissa erikoistiloissa. Sähköurakoitsijan oman työn varmennusoikeuden edellytyksistä keskeisin on puolueettomasti arvioitu ja valvottu laatujärjestelmä.

2.3 Sähköasennusten käyttö ja ylläpito /2/

Sähköasennusten ja niihin liitettyjen sähkölaitteiden haltija on vastuussa siitä, että sähkölaitteistoa käytetään turvallisesti ja että se säilyy turvallisena koko käyttöikänsä.

Sähkölaitteiston turvallisuuteen liittyviä asioita ja määrävälein huollettavia osia varten on laitteiston haltijan laadittava ennalta huolto- ja kunnossapito-ohjelma.

Sähkölaitteiston määräaikaistarkastuksia on tehtävä tavanomaisille liike-, toimisto- ja teollisuusrakennuksille, suurille maatalouden tuotantorakennuksille sekä näitä vaativammille sähkölaitteistoille. Määräaikaistarkastuksen tilaaminen on sähkölaitteiston haltijan tehtävä.

Sähkölaitteistot on jaettu säädöksissä kolmeen eri luokkaan, joiden perusteella määräytyy mm. määräaikaistarkastusten aikaväli. Se on yleensä 15 tai 10 vuotta sekä vaativissa erityistiloissa ja verkonhaltijoiden verkoissa 5 vuotta. Niille sähkölaitteistoille, jotka olivat aiemmin määräaikaistarkastusvelvoitteen ulkopuolella, tuli ensimmäinen määräaikaistarkastus yleensä tehdä viimeistään 31.12.1999, mikäli laitteiston ikä sitä edellytti.

2.3.1 Määräaikaistarkastukset /3/

Määräaikaistarkastuksessa varmistetaan sähkölaitteistojen kunnosta ja käytön turvallisuudesta. Tarkastuksella ehkäistään sähkövahinkojen, esimerkiksi sähköpalojen riskejä. Samalla pyritään varmistamaan, ettei sähkön käyttöön tule laitteistohäiriöistä johtuvia katkoksia. Määräaikaistarkastuksesta huolehtiminen voi vaikuttaa myös laitteiston haltijan vakuutusturvaan ja vahingonkorvausvastuuseen.

Määräaikaistarkastuksessa varmistaudutaan siitä, että

- sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet
- sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset ja ohjeet ovat käytettävissä
- sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on olemassa asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat.

2.3.2 Määräaikaistarkastusten kohteet /3/

Määräaikaistarkastus on tehtävä julkisissa rakennuksissa sekä liike-, teollisuus- ja maatalousrakennuksissa, joissa pääsulakkeet ovat yli 35 A (taulukko 1). Myös asuinrakennusten osana oleville sulakerajan ylittävälle liiketiloille on tehtävä tarkastus. Asuinrakennusten asuintiloille määräaikaistarkastus ei ole pakollinen, suositeltava kylläkin. Tavanomaisten liike- ja teollisuusrakennusten tarkastusväli on 15 vuotta.

Taulukko 1. Määräaikaistarkastusten kohteet /3/

Laitteistoluokka	Tarkastuksen kohde tai tila	Tarkastuksen tekijä	Tarkastusväli
Luokka 3	kemikaalilupaa edellyttävät räjähdysvaaralliset tilat lääkintätilat leikkaussaleja sisältävissä sairaaloissa ja lääkäriasemilla sekä verkkoyhtiöiden sähköverkot	<ul style="list-style-type: none">• valtuutettu laitos • valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja	5 vuotta
Luokka 2	Suurjänniteliittyvät ja yli 1600 kVA:n pienjänniteliittyvät, muut lääkitätilat	<ul style="list-style-type: none">• valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja	10 vuotta
Luokka 1	muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jossa pääsulakkeet tms. ovat yli 35 A (mm. julkiset rakennukset, liike-, teollisuus- ja maatalousrakennukset, ulkoilualueet) sekä ilmoituksenvaraiset räjähdysvaaralliset tilat	<ul style="list-style-type: none">• valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. (30.4.2004 asti myös sähköasennusurakoitsija tai pätevyystodistuksen haltija)	15 vuotta

3. TARKASTUSMITTAUKSET

3.1 Silmämääräiset tarkastukset /4/

Tarkastustyötä tehtäessä sähköturvallisuusmielessä on käyttöönottotarkastuksen tekijän saatava varmuus siitä, että tehty asennustyö täyttää seuraavat vaatimukset:

- Asennettu laitteisto täyttää olennaiset turvallisuusvaatimukset.
- Asennetun laitteiston käyttö ja huolto on turvallista.
- Asennettu laitteisto toimii siten, kuin on tarkoitettu.

- Asennettu laitteisto ei häiritse muita laitteistoja ja se on asennettu siten, että se ei kohtuuttomasti häiriinny muista laitteistoista.

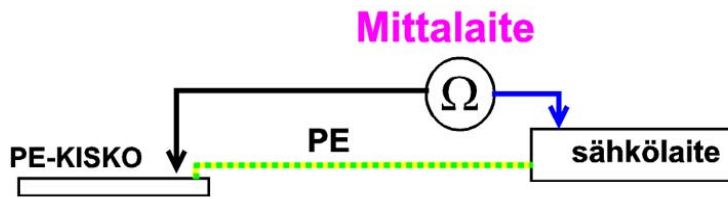
Sähköturvallisuuden tarkastustyössä keskitytään erityisesti sähköiskuvaaran ja palovaaran aiheuttamiin riskeihin. Toisaalta selvitetään laitteiston käyttötoimenpiteiden turvallisuus. SFS 6000 kohdan 611.2 mukaisesti on silmämääräisessä tarkastuksessa todettava kiinteiden asennusten vaatimustenmukaisuus, oikeat laitevalinnat ja asennustavat sekä laitteiden eheys asennuksen jälkeen.

3.2 Jatkuvuusmittaukset

Mittauksen tarkoituksena on varmistua siitä, että kosketusjännitesuojaus toimii heti kun jännite kytketään laitteistoon. Samalla varmistutaan siitä, että N- ja PE-johtimet eivät ole vaihtaneet paikkaa keskenään. Testaus suoritetaan jännitteettömään laitteistoon eli ennen kuin laitteistoon kytketään jännite ensimmäistäkään kertaa. /4/.

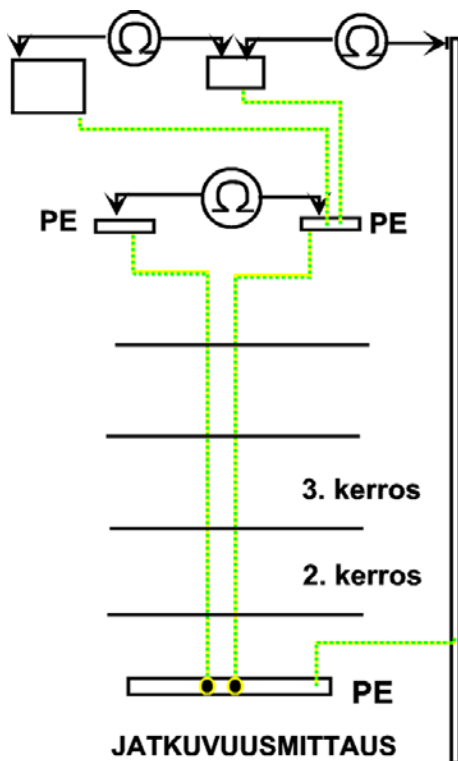
Standardissa suositellaan käytettäväksi 4–24 V jännitettä ja 0,2 A:n virtaa, mutta ehdoton vaatimus se ei ole. Mittauksissa kannattaa käyttää suosituksen mukaista asennustesteriä. Mittaus suoritetaan tavallisesti tasajännitteellä. /4/.

Mittauksen tulee kattaa kaikki asennuksen maadoitus-, suojamaadoitus-, PEN- tai potentiaalintasausjohtimet alkaen päämaadoituskiskosta ja maadoituselektrodista. Mittaus etenee keskuskohtaisesti siten, että pääkeskuksen jälkeen mitataan ensin nousujohdon suojamaadoitusjohtimen jatkuvuus. Tämän mittauksen jälkeen todettuna referenssimäärä, seuraavia mittauksia silmällä pitäen, voidaan pitää mitattavan jakokeskuksen nousujohdon suojamaadoitusjohdinta. Kun kaapelin suojamaadoitusjohdin on kytketty, voidaan mittaukset suorittaa alkaen kyseisen jakokeskuksen suojamaadoituskiskosta. /4/.



Kuva 1. Jatkuvuusmittaus tehdään apujohtimia käyttäen kaikista sähkölaitteista. Suurin mitattu arvo esitetään käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa. Mittausvirtana suositellaan käytettäväksi vähintään 200 mA virtaa. /5/.

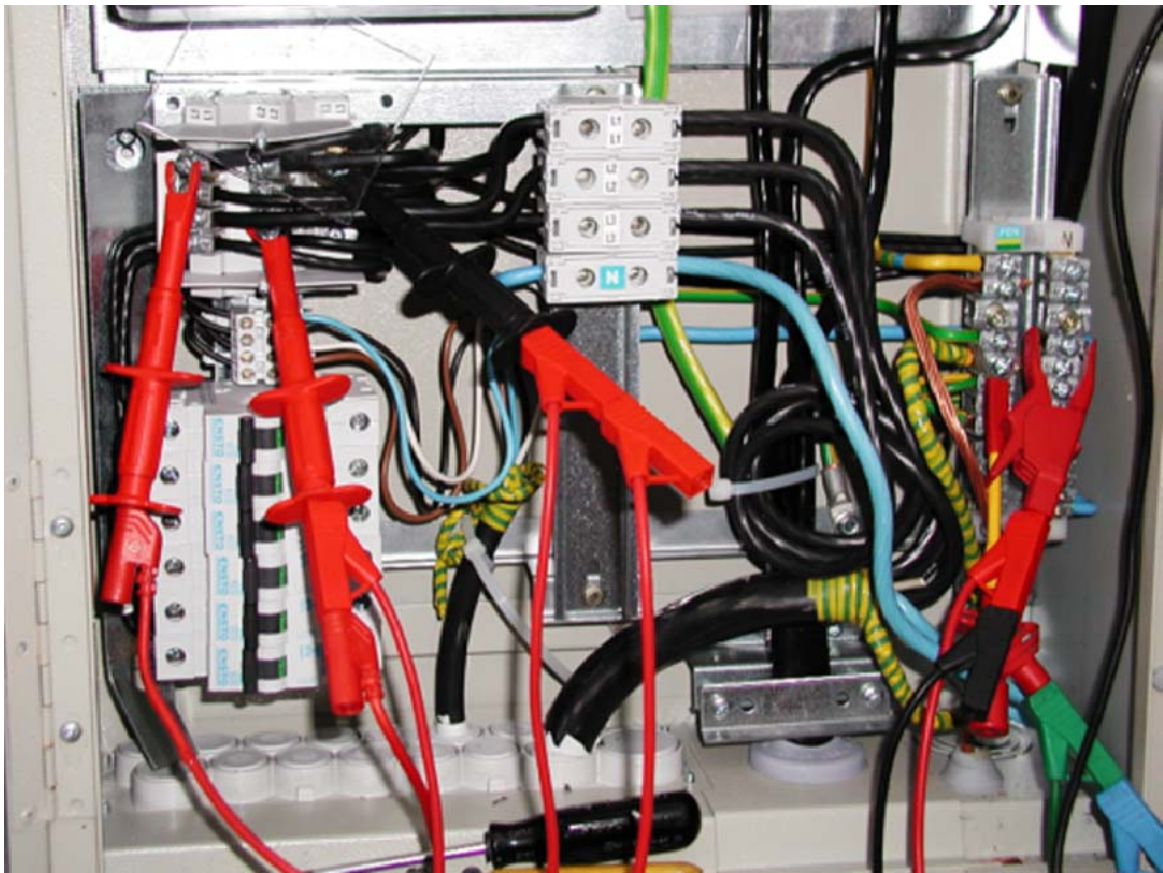
Laitteiden suojamaadoitusjohtimien jatkuvuus testataan yksinkertaisesti apuelektrodi, toista lähelle tulevaa suojajohdinta, potentiaalintasausjohdinta tai mitattavan kaapelin N-johdinta apuna käyttäen. Jälkimmäisessä tapauksessa kaapelin N- ja PE-johtimien välinen eristystila on silloin ensin mitattu ja tämän jälkeen on varmistuttava N- ja PE-johtimien keskinäisestä yhteydestä kaapelin alkupäässä TN-S-järjestelmän keskuksessa. Mittausperiaate 2-johdinmittaukseen on esitetty kuvassa 1. /4/.



Kuva 2. Mittauksessa voidaan käyttää apuna muita suojajohtimia. Mittausjohtimien resistanssit tulee vähentää mittaustuloksesta. /5/

Ryhmäjohtoalueella hyväksyttävä mittausarvo on 0,1–3 ohmiin. Poikkeavan suuret arvot mittauksissa on aina huomioitava ja tarvittaessa erikseen tarkistettava silmukkaimpedanssi-mittauksella myöhemmissä mittauksissa. /4/.

3.3 Eristysresistanssin mittaukset



Kuva 3. Eristysresistanssin mittaus keskuksessa. /5/

Eristysresistanssi on mitattava kaikkien jännitteisten johtimien ja maan väliltä. /6/

Sähkölaitteistossa on paljon sellaisia osia, joiden mittauksia ei voi jättää asennustyön loppuun, vaan ne tehdään muun asennustyön ohessa. Syynä voivat olla liitokset, joita ei voi avata tai peittyvät asennukset. /4/.

Mittauskytkennän tekeminen aloitetaan erottamalla nollapiiri kelluvaksi. Kelluva piiri tarkoittaa sitä, että se ei ole galvaanisessa yhteydessä maapotentiaaliin. Se voidaan tehdä joko avaamalla 4-napainen pääkytkin, avaamalla N-PE-yhdistys tai irrottamalla syötön nollajohdin. /4/.

Vaativuutena on varmistua asennuksen jännitteisten osien eristystilasta maata vasten. Tarkoituksena on varmistua eristystilan riittävydestä ja

- ettei eristystila ole heikentynyt asennustyön aikana (esim. lattialämmitys)
- ettei N- ja PE-johdinta ole kytketty yhteen niiden eriyttämispisteen jälkeen
- ettei SELV-, PELV-, FELV-, suojaerotettu- tai vikavirtasuojattu piiri ole yhteydessä muihin piireihin. /4/.

Eristystilamittaus tehdään erillisellä eristysvastusmittarilla tai asennustesterillä jännitteettömässä laitteistossa. Mittaus suoritetaan taulukon (taulukko 2) mukaisilla jännitteillä ja se voidaan tehdä ilman pistotulppaliitäntäisiä kulutuskojeita. Niitä ei kuitenkaan ole tarpeen irrottaa verkosta, ellei ole vaaraa, että ne vaurioituvat mittausjännitteestä. Toinen syy irrotukseen voi olla se, ettei muutoin saada hyväksyttävää eristystilan arvoa. /4/.

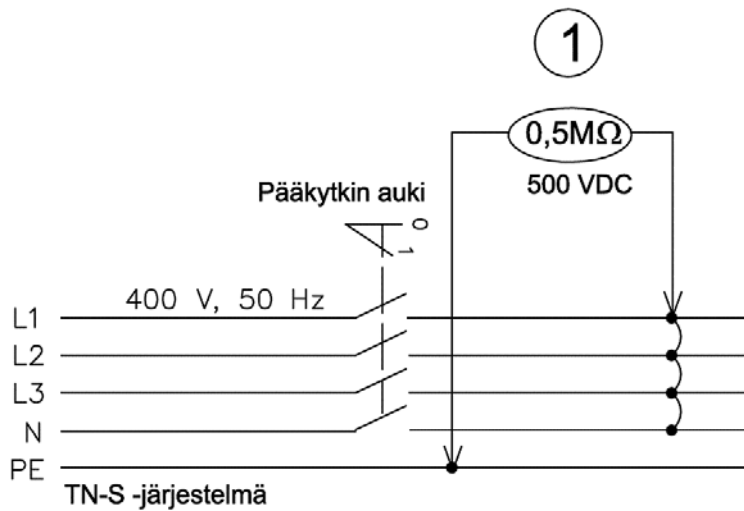
Testauslaitteen on kyettävä syöttämään taulukon (taulukko 2) mukaisella jännitteellä 1 mA virta. /6/.

Taulukko 2. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot. /4/

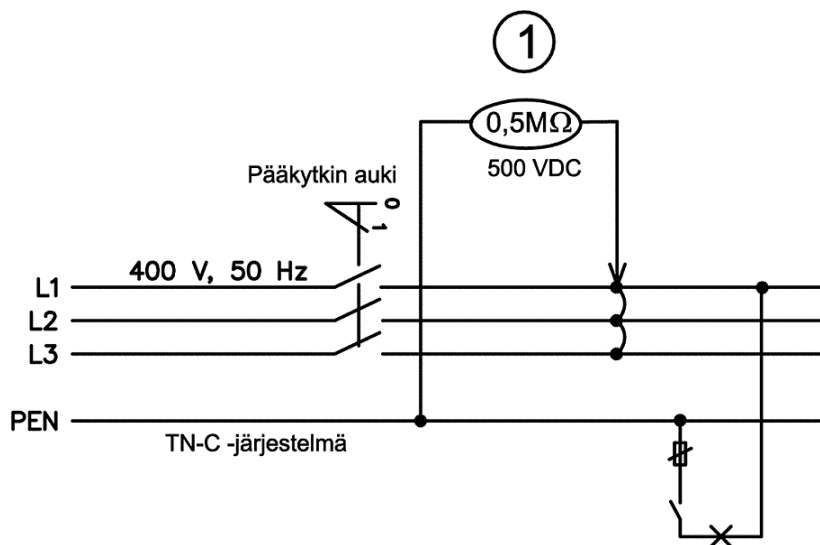
Virtapiirin nimellijännite V	Koejännite VDC	Eristysresistanssi vähintään MΩ
SELV- ja PELV-piirit	250	0,25
Enintään 500 V piirit yllä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	0,50
Yli 500 V virtapiirit	1000	1,0

3.3.1 Eristysresistanssin mittauskytkenät

Mittaus 1. Jakokeskuksen ja siihen suoraan kytkettyjen sähköasennusten eristystila. (kuvat 4 ja 5) /4/.



Kuva 4. Eristysresistanssimittaus TN-S-järjestelmässä. Mittaustuloksen tulee olla vähintään 0,5 MΩ. /5/

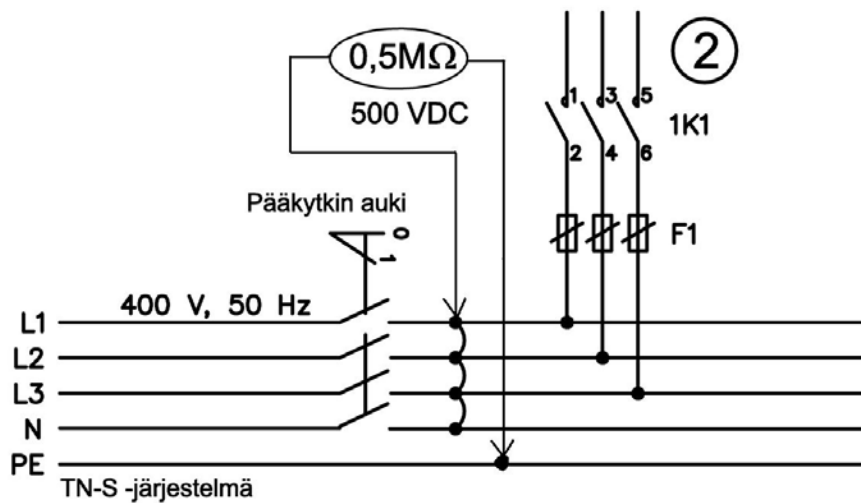


Kuva 5. Eristysresistanssimittaus TN-C-järjestelmässä. Mittausjännite 230/400 asennuksissa on 500 V. /5/

Periaatteessa yksi mittaus voi kattaa asennukset kokonaisuudessaan. Mittaus tehdään tällöin yleensä pääkeskuksesta, esimerkiksi kohteissa joissa myös nousut ovat TN-S (5-johdin) järjestelmän mukaiset, ks. kuva (kuva 4). Normaalisti eristysvastusvaatimukset eivät täyty mittaamalla koko asennus kerralla, vaan mittaus täytyy tehdä mittaamalla erikseen tietyt kokonaisuudet, esimerkiksi keskuskohtaisesti tai virtapiirikohtaisesti. Näin joudutaan tekemään aina silloin, kun osa sähkölaitteistosta otetaan käyttöön ennen laitteiston lopullista valmistumista. Muita syitä useampaan mittaukseen ovat kontaktorilähdöt, lämmityskaapeliasennukset jne. /4/.

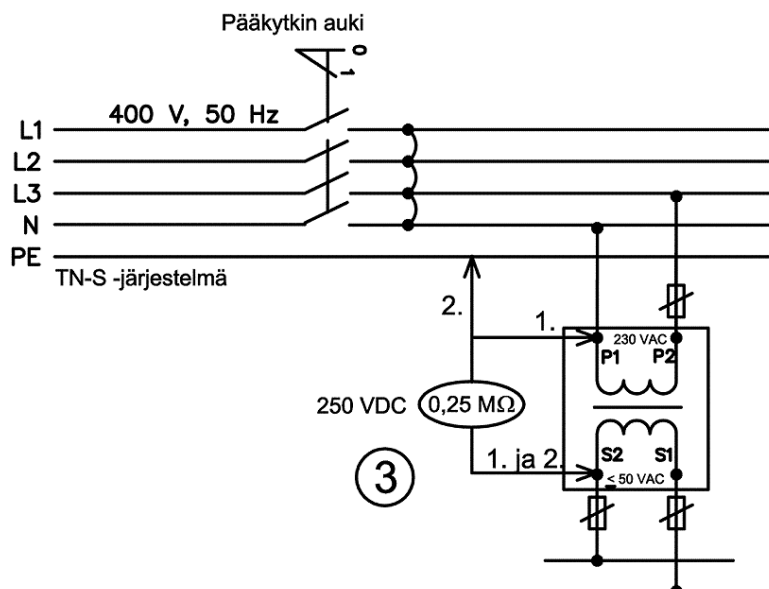
Mittaus 2. Kontaktorilla ja pitovirtareleillä varustetut virtapiirit mitataan aina erikseen. (Kuva 6.) Myös askeltavat releet mitataan erikseen, ellei niitä ole voitu luotettavasti askeltaa kiinniasentoon edellisen mittauksen ajaksi. Mittaus suoritetaan siten, että kontaktorin tai releen kärjet painetaan kiinni esimerkiksi ruuvitaltalla ja suoritetaan mittaus. /4/.

Mikäli keskuksessa on releitä, joiden kärkiä ei päästä sulkemaan, on piirustuksista selvitettävä koskettimien asennuksen puoleinen liitin. Mittaus suoritetaan tästä liittimestä siten, että liitin on mittauksen ajan kytkettynä myös nollapiiriin. Helpoiten tämä onnistuu lisäämällä edelliseen mittauskytkentään yksi johdin, joka on toisesta päästään jossakin vaiheessa tai nollajohtimessa kiinni ja toinen pää kytketään releen mitattavaan liittimeen. /4/.



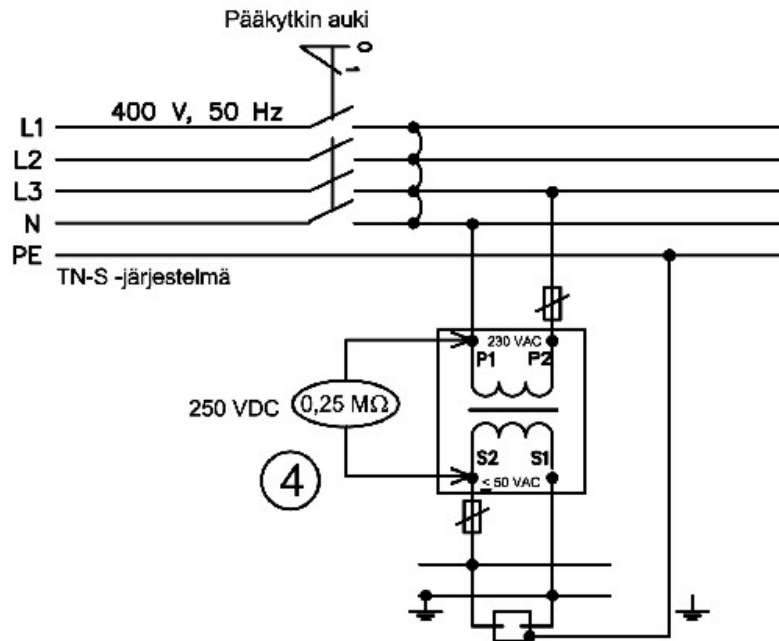
Kuva 6. Kontaktoreilla ja pitovirtareleillä varustetut virtapiirit. Kontaktorin tai releen kärjet painetaan mittauksessa kiinni. /5/

Mittaus 3. SELV-järjestelmien (enintään 50 VAC tai 120 VDC) eristystila pitää mitata seuraavasti. Aluksi (1) mitataan ensiö- ja tai toisiopiirien välinen eristystila sen selvittämiseksi, etteivät johtojärjestelmät ole yhteydessä toisiinsa. Toiseksi on selvitetävä, että SELV-järjestelmä täyttää vaatimuksen, että toisiopiirin laitteita ei ole kytketty suojamaadoitukseen. /4/.



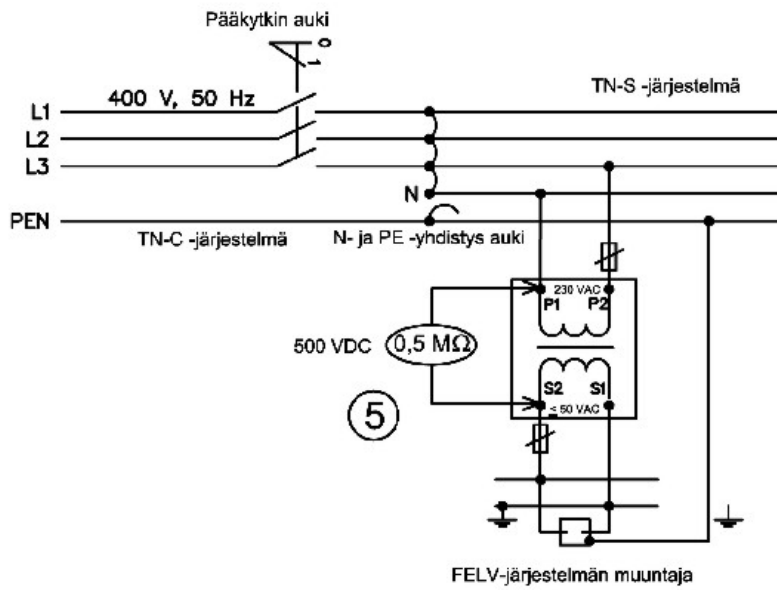
Kuva 7. SELV-järjestelmien eristysresistanssimittaus. Mittaus tehdään 250 V jännitteellä ja vaadittu eristystaso on 250 kΩ. /5/

Mittaus 4 koskee PELV-järjestelmiä (enintään 50 VAC tai 120 VDC), ja se suoritetaan aivan kuten SELV-järjestelmässäkin. /4/.



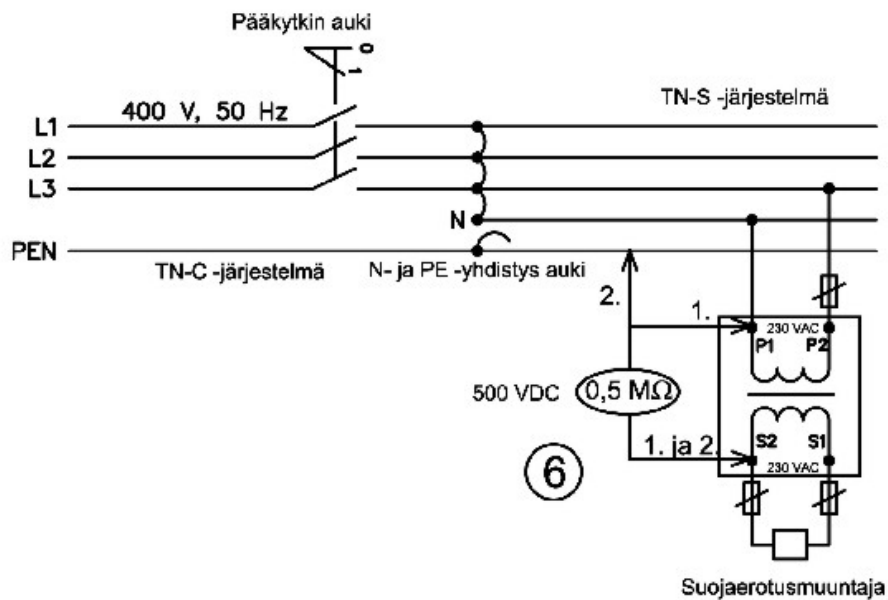
Kuva 8. PELV -järjestelmien eristysresistanssimittaus. Mittaus tehdään 250V jännitteellä ja vaadittu eristystaso on 250 kΩ. /4/

Mittaus 5 koskee FELV-järjestelmiä ja se poikkeaa edellisistä sikäli, että mittausjännite on jälleen 500 VDC ja eristystilavaatimus 0,5 MΩ. Perusteena on se, että FELV-järjestelmän mukainen muuntaja ei täytä suojaerotusvaatimusta eli ensiöpuolen jännite voi siirtyä vikatauksessa toisiopuolelle. /4/.



Kuva 9. FELV-järjestelmien eristysresistanssimittaus. Mittaus tehdään 500 V jännitteellä ja vaadittu eristystaso on 0,5 MΩ. /4/

Mittaus 6 koskee suojaerotettuja piirejä. /4/.

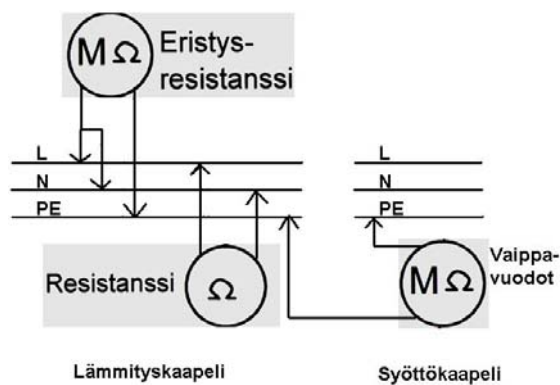


Kuva 10. Suojaerotetun piirin mittaus /4/

3.3.2 Lämmityskaapelit

Lämmityskaapelien ja -kelmujen eristystilamittaukset ja silmukkaresistanssi- mittaukset tehdään heti asennustyön valmistuttua sekä lattiavalun tai verhoilun jälkeen. Tarvittavat mittaukset ovat 1) L+N eristystila maata vasten 2) syötön PE:n ja lämmityskaapelin suojapalmikon välinen eristystila (huom. vaippavauriot) sekä 3) kaapelin silmukkavastus. Tarvittavat mittaukset on esitetty kuvassa 11. /4/.

Lattialämmityskaapeli-asennusten eristystilavaatimukset ovat samat kuin syöttävän johtojärjestelmän eli mittaus suoritetaan verkkojännitteeseen kytkettävien kaapeleiden osalta 500 voltilla ja eristystilan tulee olla vähintään 0,5 M Ω . /4/.



Kuva 11. Lattialämmityskaapelin mittaukset tehdään aina erikseen, ennen asennusta ja asennuksen jälkeen.

3.3.3 Lattia ja seinäpintojen resistanssi

Suomessa ei käyttöpaikan eristämistä yleensä hyväksytä suojausmenetelmäksi. Siksi lattia- ja seinäpintojen resistanssimittauksia ei juurikaan tarvitse tehdä tavallisissa kohteissa. Sen sijaan sähkökonekorjaamoissa, sähkölaboratoriotiloissa jne., joissa vaaditaan eristävää lattiamateriaalia, nämä mittaukset on tehtävä. /4/ .

3.4 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta /4/

Tarkoituksena on selvittää kosketusjännitesuojauksen toiminta. Tämä tarkoittaa suojausta sähköiskulta silloin, kun johtava osa on tullut vian takia jännitteiseksi. Asetetut vaatimukset täyttyvät, kun vian aiheuttama vaarallinen kosketusjännite kytkeytyy automaattisesti pois tietyssä ajassa tai vian aiheuttama kosketusjännite rajoitetaan kosketusjännitteen kannalta vaarattomaan arvoon.

Jatkuvuuden ja eristysresistanssin mittauksissa nolla- ja PE-johtimien välinen yhdyskisko avattiin (tai nollajohdin irrotettiin) ja nyt se pitää olla jälleen paikoillaan.

Käytössä oleva jakelujärjestelmä määrää, miten vaatimusten täytyminen todetaan. Vaatimuksenmukaisuus on todettava seuraavasti:

TN-järjestelmissä

- mittaamalla vikapiirin impedanssi (612.6.3) tai suojajohtimen resistanssi tai laskemalla ja näin määritellä vikapaikassa esiintyvä pienin odotettavissa oleva oikosulkuvirta I_k
- tarkastamalla käytettyjen suojalaitteiden ominaisuudet (esim. silmämääräisesti katkaisijoiden virta-asettelut ja sulakkeiden nimellisvirrat ja testaamalla vikavirtasuojakytkimet), jolloin varmistutaan, että oikosulkuvirta riittää laukaisemaan virtapiirin suojalaitteen vaaditussa ajassa.

Käytännön mittaustyöt tehdään asennustesterillä tai erityisellä silmukkaimpedanssin mittauslaitteella. /4/.

Taulukko 3. Pisimmät poiskytkentäajat TN-S järjestelmässä eri nimellisjännitteillä. /4/

U_o V	Poiskytkentäaika s
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Taulukon (taulukko 3) arvot koskevat poiskytkentäaikoja sellaisissa ryhmäjohdoissa, joilla syötetään suoraan tai pistorasian kautta kädessä pidettäviä tai käytön aikana siirrettäviä luokan 1 laitteita. Sen sijaan ryhmäjohdoille, jotka syöttävät vain kiinteitä asennuksia, sallitaan pidempi poiskytkentäaika. Kiinteillä asennuksilla, kuten mm. pääjohdoilla, sallitaan 5 s poiskytkentäaika.

Mittaus suoritetaan sähköverkon syötön kannalta epäedullisimmista pisteistä, kuten jokaisen ryhmäjohtokoon, suojalaitteeseen ja -tyypin pisimmän ryhmän päästä ja kunkin keskuksen kiskostosta.

Asennustesteri mittaa vikapiirin impedanssin ja laskee siitä lasketun odotettavissa olevan oikosulkuvirran. Saatua arvoa on aina verrattava taulukkoarvoihin erilaisilla suojalaitteilla. (Taulukot 4 ja 5.)

Mittaukset aloitetaan siitä pisteestä, jossa oletetaan esiintyvän ao. jakokeskuksen ja koko asennuksen pienin vikapiirin virta. Mittauksia jatketaan vastaavasti seuraavaksi pienimmän poikkipinnan osalta esim. pistorasiaryhmästä.

Taulukko 4. Vaadittavat mitatut oikosulkuvirrat käytettäessä johdonsuojakatkaisijoita. /4/

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	38	60	75
10	50	63	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	157	250	313
32	160	200	320	400
50	250	313	500	625
63	315	394	630	788
80	400	500	800	1000
125	625	782	1250	1563

Taulukko 5. Vaadittavat mitatut oikosulkuvirrat käytettäessä gG -sulakkeita. /4/

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille 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		20		
4	16	40	9	11,3
6	32	58,2	18	22,5
10	46,5	103	28	35
16	82	138	47	59
20	110	182	65	82
25	145	225	85	107
32	180	338	110	138
35	270	359	150	188
40	287	394	165	207
50	315	588	190	238
63	470	688	250	313
80	550	1 050	320	400
100	840	1 250	425	532
125	1 000	1 813	580	725
160	1 450	2 000	715	894
200	1 600	2 625	950	1 188
250	2 100	3 500	1 250	1 563
315	2 800	4 625	1 650	2 063
400	3 700	6 000	2 200	2 750
500	4 800	8 000	2 840	3 550
630	6 400	10 625	3 800	4 750
800	8 500	7 000	5 100	6 375
1 000		9 500		
1 250		13 000		



Kuva 12. Pienimmän oikosulkuvirran mittaaminen on helpointa tehdä pistorasiasta. /5/



Kuva 13. Suurin oikosulkuvirta on syytä mitata pääkeskuksesta. Tällä mittauksella selvitetään, ovatko asennuksen kojeet riittävän oikosulkukestoisia. /5/

3.5 Vikavirtasuojakytkimen testaaminen /4/

Asennusstandardin vaatimukset vikavirtasuojakytkimen koestamisessa täyttyvät, kun varmistetaan vikavirtasuojakytkimen toiminnasta enintään nimellistoimintavirralla. Hyvä asennus- ja mittauskäytäntö voisivat kuitenkin edellyttää myös kahta muuta arviointia:

1) Testipainikkeen toiminnan koestaminen

Tämä on erityisen tärkeää kolmivaiheisilla vikavirta-suojakytkimellä silloin, kun vain osa vaiheista on käytössä. Testipainikkeen toimintaan tarvitaan joissakin malleissa jännite vähintään kahteen vaiheeseen vikavirtasuojakytkimen etupuolella. Tarvittavat vaiheet voi selvittää vikavirtasuojakytkimen päällä olevasta kaaviosta. Helpoin tapa on tietenkin kytkeä jännite kaikkiin vaiheisiin joka tapauksessa.

2) Vikavirtasuojakytkimen koestaminen 0,5-kertaisella nimellistoimintavirralla

Vikavirtasuojakytkin ei saa rakennestandardinsa mukaan toimia vielä tällä virralla. Mikäli näin käy, se on liian herkkä ja voi aiheuttaa tarpeettomia käyttökeskeytyksiä.

Tavallisin koestustapa on tehdä nimellisillä toimintavirralla. Tätä käytettäessä mittalaite aiheuttaa asennustesterin napin painalluksella valitun nimellisen vikavirran mitattavaan piiriin. Vikavirtasuojakytkimen toimittua voidaan mittalaitteen näytöltä lukea laukaisuaika ja kosketusjännite. Eräs koestustapa on nousevalla vikavirralla tapahtuva laukaisu jossa mittalaite muodostaa verkkoon nousevan vikavirran, joka on (0,3–1,3) nimellistoimintavirrasta. Kun mittausjakso on aloitettu, kasvaa mittalaitteen muodostama vikavirta arvosta, joka on 0,3 kertaa vikavirtasuojakytkimen nimellisvikavirta siihen saakka kunnes vikavirtasuojakytkin laukeaa.



Kuva 14. Vikavirtasuojajkytkimen toiminta koestetaan ensin testipainikkeesta. /5/



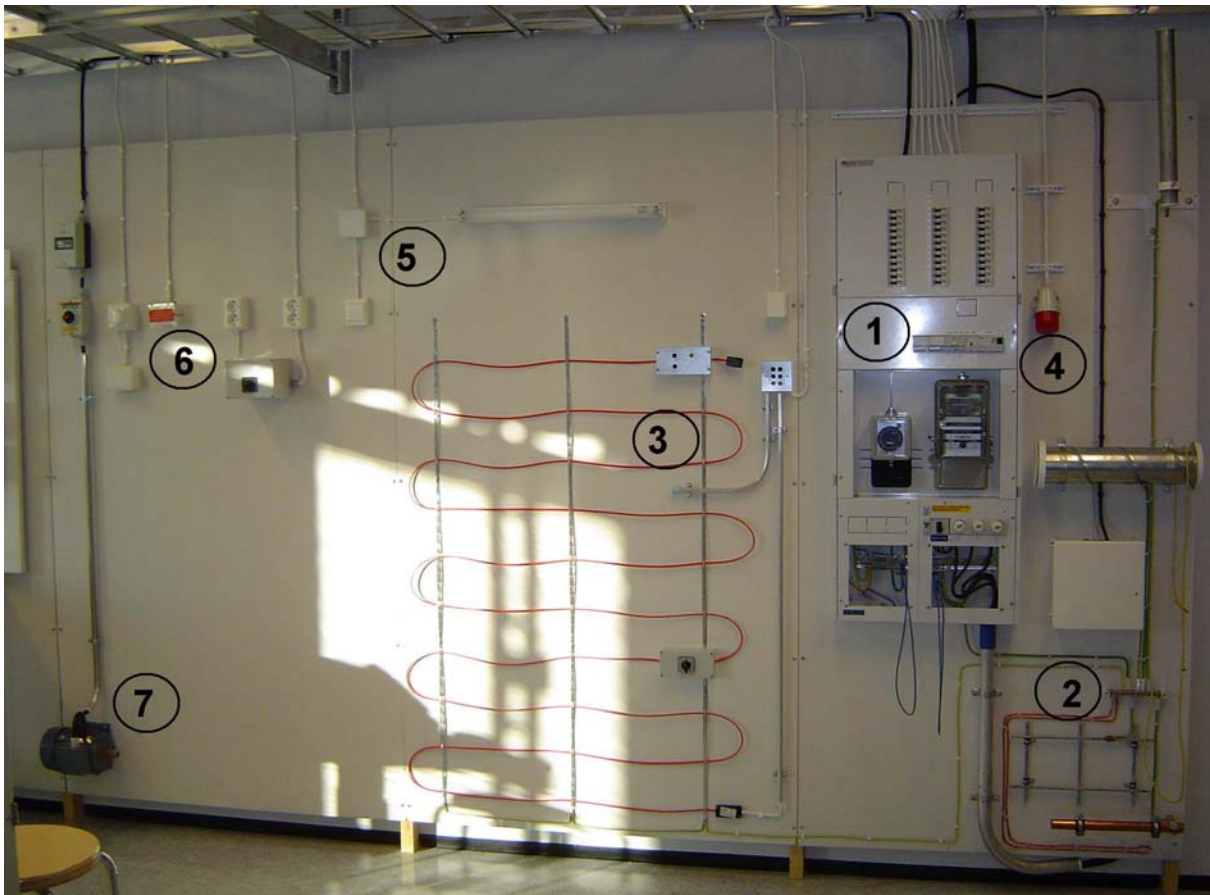
Kuva 15. Vikavirtasuojajkytkimen testaus /5/

4. TARKASTUSMITTAUKSET SIMULOINTIYMPÄRISTÖSSÄ

4.1 Yleistä

SFS-6000 tarkastusmittaukset -laboratoriotyö kuuluu mm. talotekniikan suuntautumisvaihtoehdon suoritettavaan opintojaksoon Tarkastusmittaukset. Työssä käytettävän tarkastusmittauksien simulointiympäristön avulla voidaan harjoitella mittauksien tekemistä valvotusti laboratorioympäristössä. Simulointiympäristö kuvaa rakennuksen sähköasennusta.

Kuvan (kuva 16) simulointiympäristössä on mm: 1) keskus, 2) maadoitukset, 3) lattialämmityskaapeli 4) 3-vaihepistorasia, 5) valaisinryhmä, 6) pistorasiaryhmiä, 7) moottorikäyttö.



Kuva 16. Tarkastusmittaus sähkölaboratoriossa

4.2 Tarkastus silmämääräisesti

Tarkastus on syytä aloittaa tarkastamalla järjestelmän jännitteettömyys esimerkiksi yleismittarilla. Kun kohde on todettu jännitteettömäksi, voidaan keskus avata ja tutustua silmämääräisesti asennettujen laitteiden merkintöihin. Vertaamalla tehtyä asennusta järjestelmästä piirrettyihin dokumentteihin nähdään mahdolliset virhekytkennät ja muut poikkeavuudet. Kuvassa 17 on simulointiseinän pääkeskuksesta poistettu peitelevy ja keskus näkyy avattuna.



Kuva 17. Järjestelmän keskus



Kuva 18. Profitest mittalaitteisto

Ennen mittauksia kannattaa tutustua tarkemmin käytettävään mittalaitteistoon. Kuvan 18 Profitest 0100S -mittalaitteella voidaan suorittaa kaikki tarkastusmittauksissa vaadittavat mittaukset.

Tarvittava mittaus valitaan laitteiston kyljessä olevalla valitsimella (1). Laitteiston päällä olevilla painikkeilla (2) voidaan selata valikoita, tarkastella mm. käytettävää mittauskytkentää sekä aloittaa mittaus. Mittauskytkennät ja tulokset luetaan näytöltä (3). Laitteistoon löytyy erilaisia mittapäitä (4) eri mittauksia varten. Mittaus voidaan tehdä myös vaihtoehtoisesti painamalla mittapäissä olevaa start-painiketta itse laitteessa olevan painikkeen sijasta. Näin työskentely laitteiston kanssa helpottuu. (Kuva 18.)

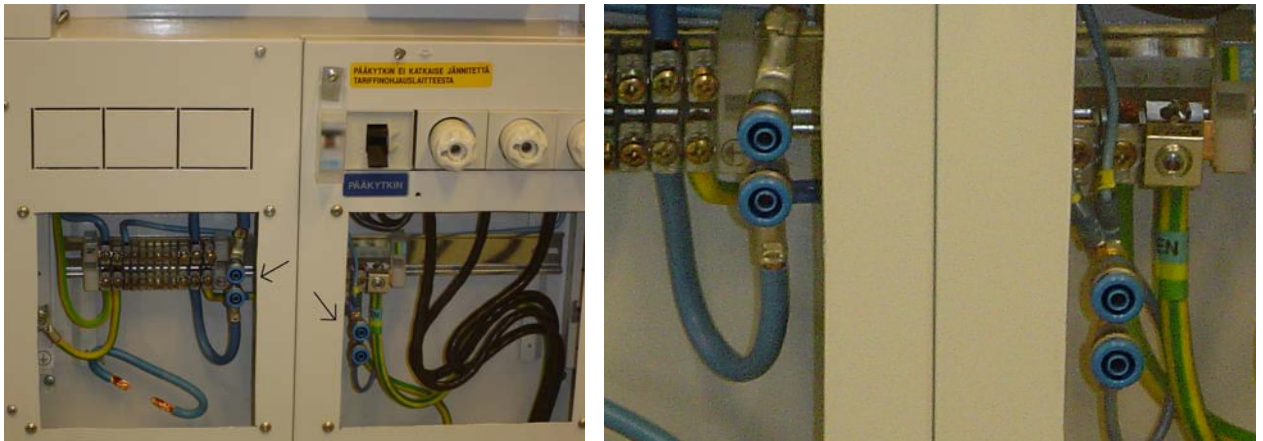
Mittalaitteiston ohjekirjaa kannattaa pitää mukana mittauksissa, jos laite ei ole ennalta täysin tuttu. Mittalaitteiston ohjekirjaan voi tutustua Internetissä esimerkiksi osoitteessa: <http://www.kontram.fi/mittaustekniikka/tuotteet/Ohjeet/GossenMetrawatt/Profitest%20100S-II.pdf>

4.3 Eristysresistanssin mittaustilanne

4.3.1 Eristysresistanssin mittaus keskukselta

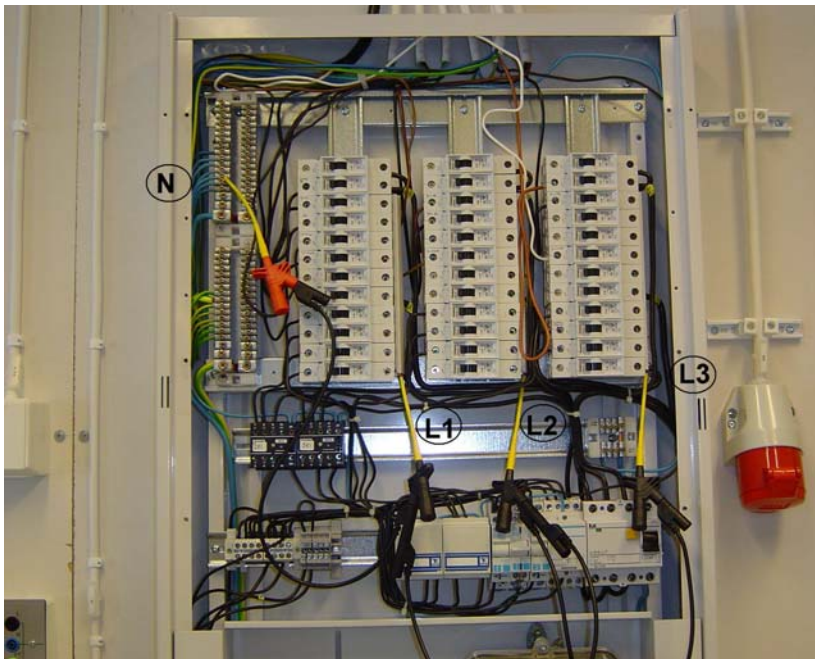
Useimmiten asennus- ja muut virheet tulevat parhaiten esille eristysresistanssin mittauksessa. Jos jatkuvuuden mittaus suoritetaan ensimmäisenä, on se uusittava mahdollisen eristysresistanssimittauksessa havaittavan vian korjaamisen jälkeen. Mitattaessa siis eristysresistanssi ensimmäisenä mittauksena säästyään mahdollisesti uudelleenmittaukselta.

Eristysresistanssin mittauksessa on N- ja PE-kiskojen yhdistys oltava irrotettuna. Simulointiseinässä tämä tapahtuu helposti irrottamalla tarkoitusta varten asennetut johtimet keskukselta. Yhdistyskaapelit ovat irrotettuna kuvassa (kuvat 19.1 ja 19.2) nuolien osoittamasta kohdista. Kuvassa 16 johtimet ovat kiinnitettyinä paikoilleen. Kaikki asennukseen tehtävät muutokset pitää muistaa korjata tehtyjen mittausten jälkeen.

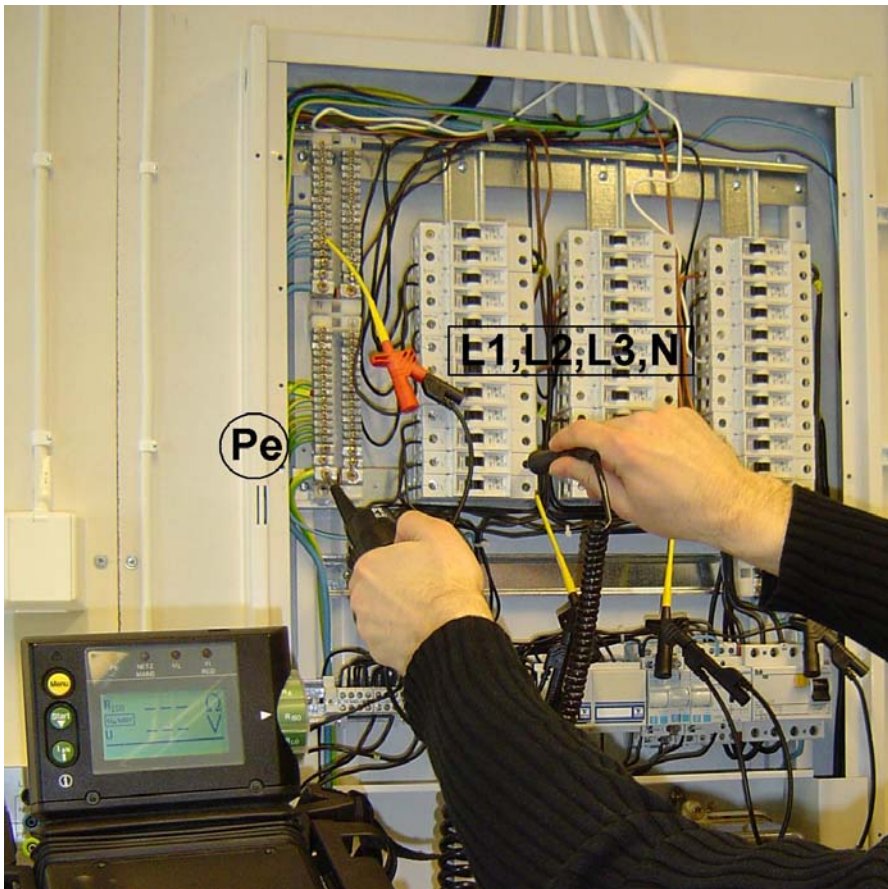


Kuvat 19.1 ja 19.2. Nollapiirin erotus kelluvaksi

Eristysresistanssin mittauksessa yhdistetään sekä vaiheet (L1, L2, L3) että nollakisko (N) keskenään. Yhdistys tehdään kytkennän (kuva 4) mukaisesti ja se näkyy valmiina kuvassa (kuva 20).



Kuva 20. L1, L2, L3, N - yhdistys



Kuva 21. Eristysresistanssin mittaus kesuksesta

Varsinainen eristysresistanssin mittaus suoritetaan yhdistettyjen vaiheiden ja nollankiskon sekä Pe -kiskon väliltä. Mittaustilanne näkyy kuvassa (kuva 21). Mittapään johtimet asetetaan tukevasti paikoilleen jonka jälkeen suoritetaan mittaus painamalla start -painiketta joko mittapästä tai itse laitteesta. Mittaustoiminnon valitsin on asennossa R_{ISO} . Kuvista 20 ja 21 on suurennokset liitteessä 1.

4.3.2 Lämmityskaapelin eristysresistanssin mittaus

Lämmityskaapeli-asennuksien eristysresistanssi on mitattava erikseen omana mittauksenaan. Normaalisti mittaus voidaan suorittaa esimerkiksi termostaatin asennusrasialta, simulointiseinällä mittauspaikat on asennettu valmiiksi. Mittaus tapahtuu kytkennän (kuva 11) mukaisesti ja mittaustapahtuma näkyy kuvasta (kuva 22). Mittapään johtimet on asennettuna mittauspaikan L – PE -johtimien välille, jonka jälkeen start-painike aloittaa mittauksen.



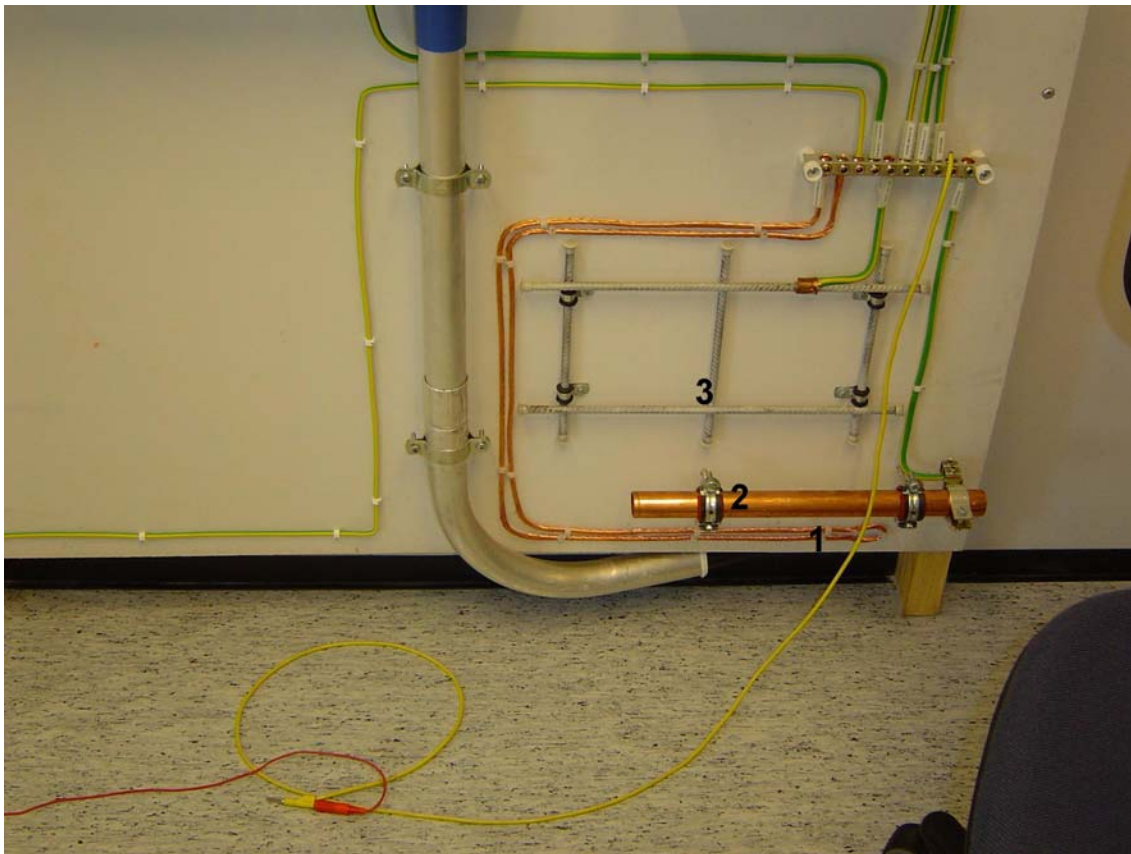
Kuva 22. Eristysresistanssin mittaus lämmityskaapelista

4.4 Jatkuvuusmittaus

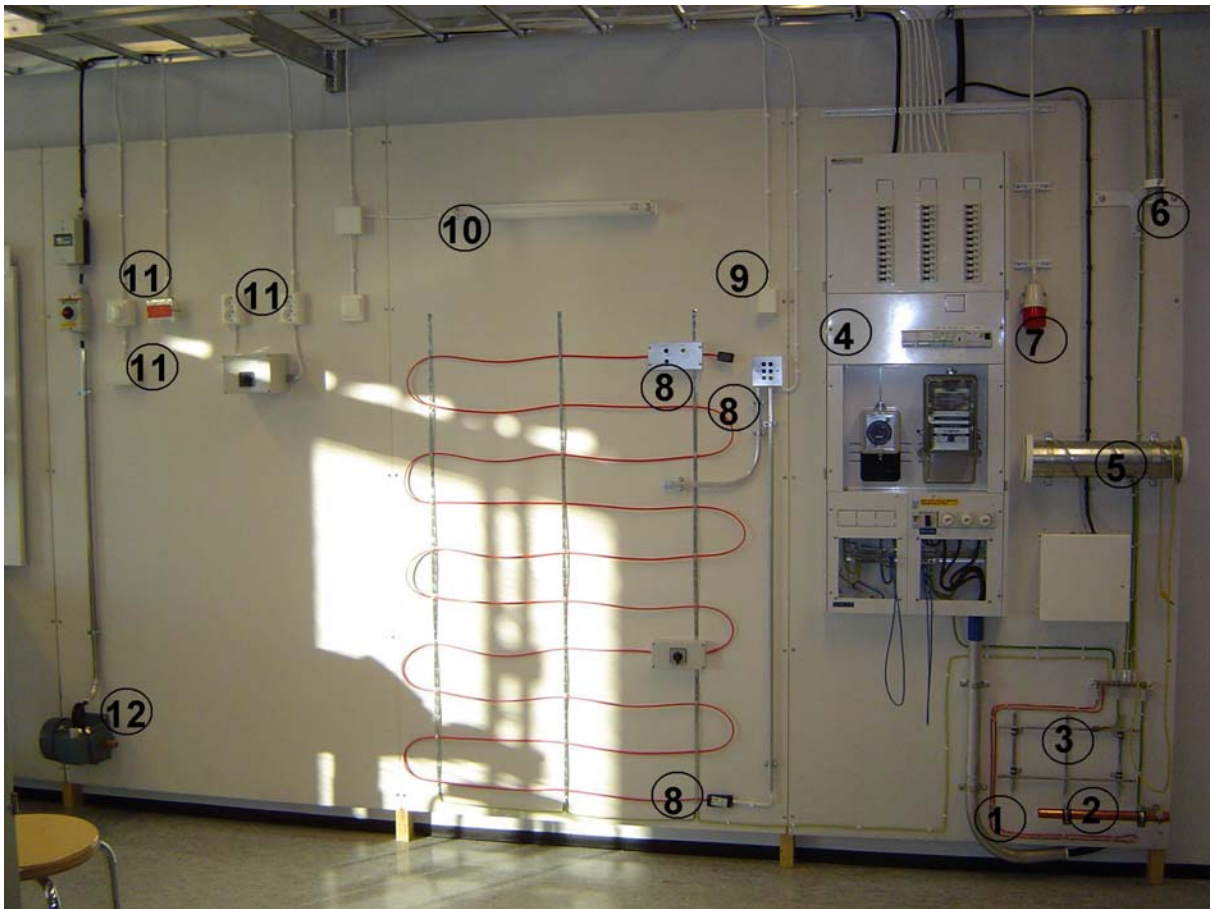


Kuva 23. Jatkuvuusmittaus

Suojajohtimen jatkuvuus testataan kytkennän (kuva 1) mukaisesti. Apujohtin on kiinni päämaadoituskiskossa (kuva 24) ja mittalaitteen mittapäätä siirretään mitattaviin kohteisiin kuten esimerkikuvassa (kuva 23). Käytettävän apujohtimen vaikutus on otettava huomioon ja siitä aiheutuvan lisävastuksen määrä voidaan mitata esimerkiksi erikseen yleismittarilla ja huomioida myöhemmin tuloksia tarkasteltaessa. Mittaustoiminnon valitsin on asennossa R_{LO} . Kuvassa (kuva 24) näkyvät päämaadoituskiskossa kiinni olevat maadoituselektrodi (1), putkistot (2) sekä raudoitukset (3).



Kuva 24. Apujohtimen kiinnitys



Kuva 25. Mitattavat jatkuvuus pisteet

Suojajohtimen jatkuvuus mitataan simulointiseinästä useasta eri pisteestä, joita näkyy kuvassa 25: 1. maadoituselektrodi, 2. vesiputkisto, 3. raudoitukset, 4. keskuksen runko sekä pe -kisko, 5. ilmastointiputket, 6. ulkoantenni, 7. 3-vaihepistorasia, 8. lattialämmityskaapeli ja sen kiinnitys, 9. pistorasiaryhmä, 10. valaisinryhmä, 11. pistorasiaryhmät, 12. moottorikäyttö. Kuvasta poiketen mittauksessa ei keskuksen alaosassa N-PE-yhdistysjohtimia ole kiinnitettynä. (vertaa kuvaan 19) Jos mittaustulos ylittää 1Ω , on kyseinen mittauskohhta syytä mitata uudelleen. Tuloksen ollessa suurempi kuin 1Ω on suojajohtimen jatkuvuudessa mahdollisesti vikaa.



Kuva 26. Suojajohtimen jatkuvuusmittaus ilmastointikanavasta



Kuva 27. Lämmityskaapelin suojajohtimen mittaus.

Lämmityskaapelin jatkuvuusmittaus voidaan tehdä simulointiseinällä kuvan 27 mukaisella tavalla. Lämmityskaapelin ulkovaipan eristys tarkistetaan mittaamalla eristys- resistanssi ryhmäjohdon suojajohtimen ja lämmityskaapelin suojajohtimen välillä. Normaalisti lämmityskaapelin mittaus kuuluu rakennusaikaisiin mittauksiin, jolloin lämmityskaapeli on tarpeen mitata useaan kertaan, ennen asennusta, asennuksen jälkeen ja pinnoitteen asennuksen jälkeen.

4.5 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta

Ennen mittausta on PEN-yhdistys kytkettävä järjestelmän keskukselta takaisin yhteen ja tarkistettava niiden yhteys maapotentiaaliin. Sulakkeiden ja johdonsuoja-automaattien testaus tapahtuu oikosulkuvirran mittauksella. Mittaus tapahtuu verkkojännitteen ollessa kytkettynä. Mittauslaitteisto näyttää oikosulkuvirran arvon suoraan, jonka jälkeen vertaamalla tuloksia vaadittuihin taulukoiden 4 ja 5 arvoihin, nähdään toimiiko syötön automaattinen poiskytkentä tarvittaessa. Mittaus aloitetaan keskuksen pääsulakkeiden mittauksella, jonka jälkeen mitattavina ovat johdonsuoja-automaatit. Mittaustilanne näkyy kuvasta 28. Mittalaite on kytketty pistorasiaan tarkoitukseen sopivalla mittapäällä ja mittaus käynnistyy start-nappia painamalla. Mittaustoiminnon valitsin on asennossa R_{SCHL}/R_{LOOP} .



Kuva 28. Oikosulkuvirran mittaus

4.6 Vikavirtasuojajytkimen testaus



Kuva 29. Vikavirtasuojajytkimen testaaminen

Vikavirtasuojajytkimen toiminta voidaan tarkistaa aluksi painamalla vikavirtasuojajytkimestä löytyvää testauspainiketta (kuva 14). Vikavirtasuojajytkimen laukaisuaika saadaan selville

myös mittalaitteistolla suorittamalla mittaus nimellisvirralla. Mittauksen tuloksena saadaan vikavirtasuojakytkimen laukeamiseen kulunut aika. Kuvassa 29 on mittausjärjestely vikavirtasuojakytkimen testaukseen.

Vikavirtasuojakytkimiä on olemassa A-, B- ja AC-tyyppisiä. Vikavirtasuojakytkimien rakennetta koskevien standardien (SFS-EN 61008, 61009 ja 60947-2 Appendix B) mukaan niiden pisin sallittu toiminta-aika nimellistoimintavirrallansa on enintään 300 ms. /4/.

5. YHTEENVETO

Tämän työn tuloksena syntyi kuvaus sähköasennusten tarkastuksista. Tarkemmin perehdyttiin käyttöönottotarkastuksissa tehtäviin tarkastusmittauksiin, tarkastusmittauksien mittauskytkentöihin sekä mittausympäristöön. Tarkastusmittausten tekemistä voitiin seurata Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriossa.

Tarkastusmittauksen tekojärjestyksessä oli standardien sekä käytännön tekemisen välillä eroavaisuus. SFS-standardi suosittelee mittausten aloittamista suojajohtimen jatkuvuusmittauksella. Useimmiten asennus- ja muut virheet tulevat kuitenkin parhaiten esille eristysresistanssin mittauksessa. Jos jatkuvuuden mittaus suoritetaan ensimmäisen, on se uusittava mahdollisen eristysresistanssi- mittauksessa havaittavan vian korjaamisen jälkeen. Mitattaessa siis eristysresistanssi ensimmäisenä mittauksena säästytään mahdollisesti uudelleenmittaukselta.

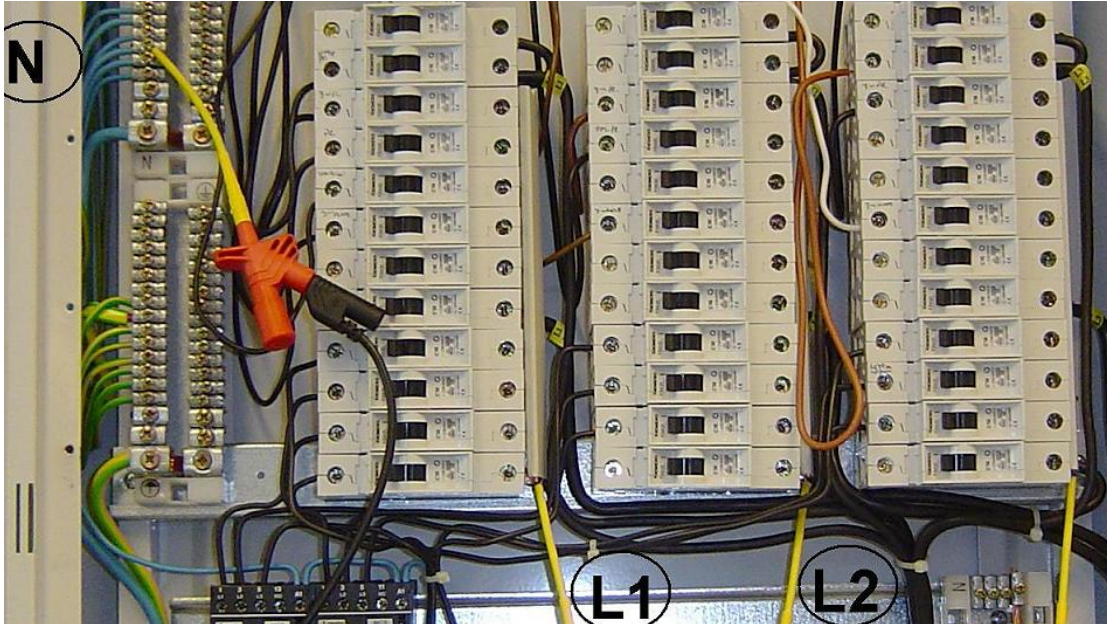
Toinen huomio koski terminologiaa. Syötön automaattisen poiskytkennän toimintaa testaavissa mittauksissa puhutaan silmukkaimpedanssin mittauksista sekä silmukkaresistanssin mittauksesta joilla tarkoitetaan samaa mittausta. Nämä kaksi termiä vaihtelevat lähteittäin, jopa muuttuen perättäisissä lauseissa. Kun tutustuu aiheeseen ensimmäistä kertaa, saattavat nämä terminologia vaihdokset aiheuttaa jonkinasteista sekaannusta.

Sähköasennusten tarkastuksien kuvaamisessa onnistuttiin hyvin. Tarkastusmittausten kulku saatiin dokumentoitua ja mittauksen kulkua selvennettiin kuvin ja selityksin.

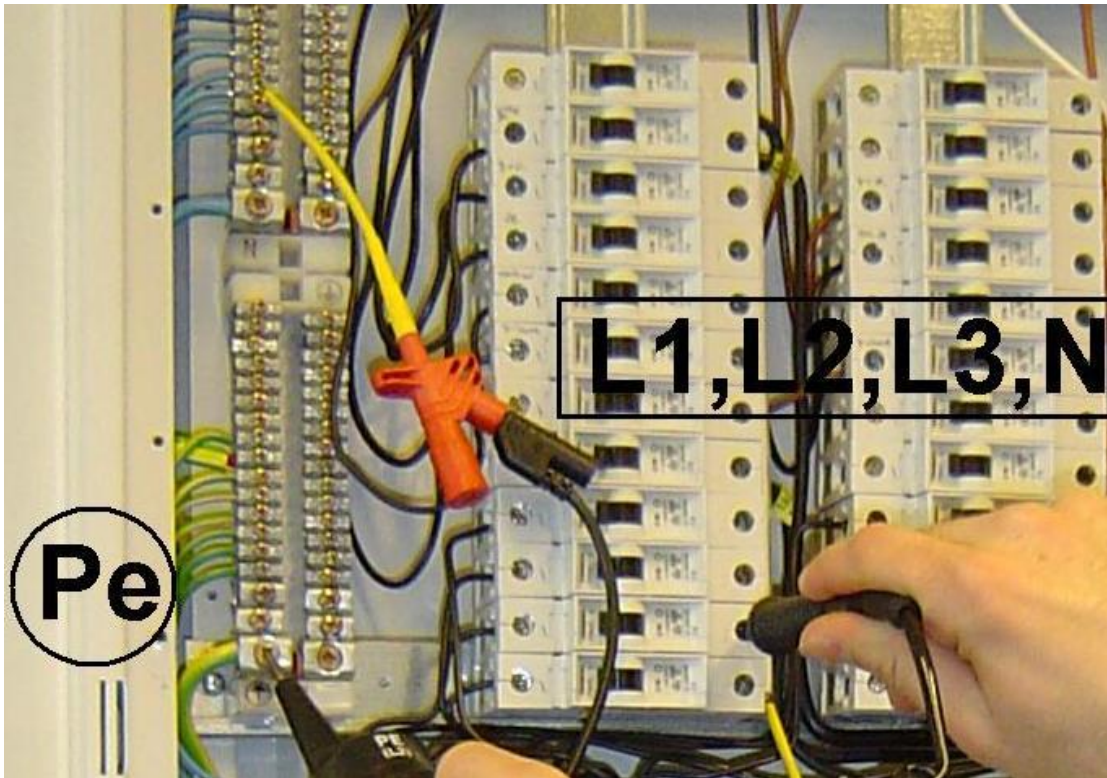
LÄHTEET

- 1 Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410. [www-sivu]. [viitattu 15.11.2004] Saatavissa:
[http://palvelu.edita.fi/dynaweb/tukes/tukes/sturva/@ebt-link?showtoc=false;root=idmatch\(id,sk0410.996](http://palvelu.edita.fi/dynaweb/tukes/tukes/sturva/@ebt-link?showtoc=false;root=idmatch(id,sk0410.996)
- 2 TUKES. [www-sivu]. [viitattu 15.11.2004] Saatavissa:
http://www.tukes.fi/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/sahkoasennusten_turvallisuu.html#3
- 3 TUKES. [www-sivu]. [viitattu 15.11.2004] Saatavissa:
http://www.tukes.fi/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/sahkoasennusten_maaraikainstarkastukset.html
- 4 ST -käsikirja 33. Rakennusten sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2001
- 5 Sähkö -ja teleurakoitsijaliitto. Sähköturvallisuusmääräykset kuvina 2003
- 6 SFS 144. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. Suomen standardoimisliitto ry 2002
- 7 Profitest 0100s –mittalaitteen käyttöohje
- 8 Tarkastusmittaukset -opintotojakson luentomateriaali

Kuvat 20 ja 21 suurennettuna LIITE 1



Suurennos kuvasta 20. L1, L2, L3, N –yhdistys.



Suurennos kuvasta 21. Eristysresistanssin mittaus keskuksessa.