

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Pertti Hyppänen

**Talotekniikan sähköasennusten tarkastukset ja mittaukset
käytännössä**

Insinööriyö 1.6.2009

Ohjaava opettaja: lehtori Matti Sundgren

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Pertti Hyppänen Talotekniikan sähköasennusten tarkastukset ja mittaukset käytännössä 68 sivua 1.6.2009
Koulutusohjelma	talotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaava opettaja	lehtori Matti Sundgren
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena on kuvata ja selventää talotekniikan sähköasennusten käyttöönottotarkastuksiin liittyvää lainsäädäntöä, tarkastuksien, mittauksien ja dokumentoinnin toteutusta. Työssä tuodaan esille tarkastus- ja mittaustoimenpiteiden suoritus riittävän luotettavalla ja mahdollisimman yksinkertaisella tavalla.</p> <p>Talotekniikan sähköasennusten käyttöönottotarkastuksia määrittelevät lait, asetukset ja standardit. Käyttöönottotarkastus on määrätty tehtäväksi ohjeessa KTMp 517 / 1996, ja niiden toteutusohjeet ovat SFS-standardissa 6000-6.</p> <p>Tarkastusten ja mittausten etukäteissuunnittelu on erittäin tärkeää. Suunnitteluun panostaminen helpottaa mittauksien tekemistä ja säästää aikaa ja resursseja.</p> <p>Tämän insinööriyön lopputuloksena syntyi tiivistetyt ohjeet kiinteistön sähköasennusten käyttöönottotarkastusten ja testausten suorittamiseksi.</p>	
Hakusanat	talotekniikka, käyttöönottotarkastus, sähköasennukset, mittaus

Author	Pertti Hyppänen
Title	Safety inspections and measurements of electrical installations in building services
Number of Pages	68
Date	1 June 2009
Degree Programme	Building Services Engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Supervisor	Matti Sundgren, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to describe and explain legislature related to the commissioning of electrical installations in building services, and implementation related to inspection, measurements and documentation. This thesis presents a simple and reliable way to complete the measurements and inspections.</p> <p>The commissioning inspection of electrical installations in building services are defined by laws, decrees and standards. Commissioning inspection is forced to be made by KTMP 517/1996 and instructions for implementation can be found in the SFS standard 6000-6.</p> <p>Planning measurements and inspections well in advance is very important. Investing in planning facilitates carrying out measurements and saves time and resources.</p> <p>The final result of this thesis is a set of instructions on the building safety commissioning inspections of an electrical installation.</p>	
Keywords	building services, commissioning inspections, electrical installation, measurement

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

<i>1 Johdanto</i>	6
<i>2 Lainsäädäntö ja tarkastukset</i>	7
2.1 Sähköturvallisuuslaki	7
2.1.1 Sähkölaitteiston käyttöönotto ja käyttö	8
2.1.2 Luokat	10
2.2 Tarkastukset	11
2.2.1 Käyttöönottotarkastus.....	11
2.2.2 Varmennustarkastus	11
2.2.3 Kunnossapitotarkastus.....	12
2.2.4 Määräaikaistarkastukset	13
2.3 Käyttöönottotarkastukset ja mittaukset	14
2.3.1 Aistinvarainen tarkastus	14
2.3.2 Suojajohtimen jatkuvuusmittaus	15
2.3.3 Eristysvastusmittaukset	17
2.3.4 Syötön automaattinen poiskytkentä.....	20
2.3.4 Vikavirtasuojakytkimen testaus.....	22
2.3.5 Kiertosuunnan tarkistus.....	23
2.3.6 Sähköinen erotus	24
<i>3 Mittalaitteet ja mittauksen apuvälineet</i>	25
<i>4 Mittaukset</i>	28
4.1 Jännitemittaus.....	28
4.2 Suojajohdon jatkuvuusmittaus	29
4.3 Eristysvastusmittaus	30
4.3 Silmukkaimpedanssimittaus ja oikosulkuvirtamittaus	32
4.4 Vikavirtasuojakytkin testaus	33
4.5 Kiertosuunnan testaus	34
4.6 Antenniverkon mittaus	35
4.7 Yleiskaapelointijärjestelmän mittaus.....	37
4.8 Äänentoistojärjestelmän kaiutinlinjan impedanssimittaus	40
4.9 Dokumentointi.....	41
<i>5 Talotekniikan sähköasennusten tarkastukset ja mittaukset käytännössä</i>	43
5.1 Kuvaus kohdetyömaasta.....	43
5.2 Tarkastusten ja mittausten suunnittelu	43
5.3 Tarkastusten ja mittausten toteutus sairaalan vuodeosaston laajennustyömaalla	45
5.4 Suojajohtimen jatkuvuusmittaus	48
5.5 Sähkölaitteiden ja asennusten eristystilan mittaaminen	51
5.6 Syötön automaattinen poiskytkentä.....	52
5.7 Vikavirtasuojakytkimen testaus	54
5.8 Kiertosuunnan testaus	55
5.9 Antenniverkon mittaus	56
5.10 Äänentoistojärjestelmän kaiutinlinjojen impedanssin mittaus	57
5.11 Yleiskaapelointijärjestelmän mittaus.....	57

6 Yhteenveto 60

Lähteet..... 61

Liitteet

Liite 1: Tarkastuspöytäkirjan, sähköasennusten käyttöönotto 63

Liite 2: ATK-mittauspöytäkirjan tuloste 67

Liite 3: Antenniverkon mittauspöytäkirja 68

1 Johdanto

Rakennusten talotekniikan sähköasennusten ja sähkölaitteiden osalta vaaditaan viranomaisten ja rakennuttajan taholta määrättyjä tarkastuksia ja mittauksia. Tarkastusten ja mittausten tarkoituksena on varmistaa sähköasennusten turvallisuustaso sellaiseksi, ettei niistä aiheudu vaaraa eikä häiriöitä käyttäjille ja rakennuksille.

Tämän insinööriyön tavoitteena on selventää talotekniikan käyttöönottotarkastuksessa tehtävien sähköasennusten tarkastuksien, mittausten ja dokumentointien toteutusta sekä selvittää tarkastuksiin ja mittauksiin liittyvää lainsäädäntöä.

Insinööriyössä keskitytään talotekniikan käyttöönottotarkastusten sähkömittauksiin. Työssä tarkastellaan tilanteita erilaisissa työmaaolosuhteissa, ja esitetään esimerkkejä mittauskohteista.

2 Lainsäädäntö ja tarkastukset

Talotekniikan sähköasennusten tarkistuksessa ja mittauksissa tulee huomioida toimialan keskeinen lainsäädäntö (taulukko 1). Lait ja asetukset sekä suositukset vaikuttavat olennaisesti tarkistusten ja mittausten toteuttamiseen.

Taulukko 1. Keskeinen tarkastuksia ohjaava lainsäädäntö, asetukset ja suositukset

Laki/asetus/säädös/suositus	Nro
Sähköturvallisuuslaki	410/1996 (muutokset 634/1999, 893/2001 kohta 26 ja 913/2002)
Sähköturvallisuusasetus	498/96
KTMp Sähköalan töistä	516/96
KTMp Sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä	517/96
KTMp Sähkölaitteistojen turvallisuudesta	1193/99 ja 1694/93
Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus	SFS 600
Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös	(517/1996 ja 30/2003)

2.1 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuslain toisen luvun viidennessä pykälässä todetaan, että sähkölaitteen ja laitteiston käytön pitämiseksi turvallisena ja sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitallisten vaikutusten estämiseksi sekä sähkölaitteen tai laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen aseman turvaamiseksi tässä laissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavista vaatimuksista, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja

vaatimustenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölaitteen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta (1, luku 1, § 1).

Edelleen todetaan, että sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. (1, luku 2, §5).

Sähköturvallisuuslaissa todetaan, että sähkölaitteiden korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteistojen rakennus-, korjaus-, huolto- ja käyttötöitä saa tehdä seuraavilla edellytyksillä:

1. Töitä johtamaan nimetään luonnollinen henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus (*töiden johtaja*).
2. Itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla luonnollisella henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito.
3. Käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset tilat ja työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset ja määräykset.

Töiden johtajaa ei vaadita ministeriön tarkemmin määäämissä kertaluonteisissa töissä tai töissä, joista voi aiheutua vain vähäinen 5 §:ssä tarkoitettu vaara tai häiriö. Ministeriö voi lisäksi määrätä, milloin töiden johtajaa ei vaadita käyttö- ja huoltotöissä (1, luku 3, § 8).

2.1.1 Sähkölaitteiston käyttöönotto ja käyttö

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi käyttöön ajankohtana, jolloin laitteistoon kytketään jännite sen käyttöä varten. Sähkölaitteiston käyttöönottona ei kuitenkaan pidetä sellaisia valvottuja käyttötilanteita, jotka ovat tarpeen laitteiston koekäytössä tai käyttöönottotarkastuksessa (1, luku 5, § 16).

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi varsinaiseen käyttötarkoitukseensa ajankohtana, jolloin tila, johon sähkölaitteisto on rakennettu, otetaan suunniteltuun käyttötarkoitukseensa tai toiminta, jota varten sähkölaitteisto on suunniteltu, alkaa (1, luku 5, § 16).

Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastuksessa on selvitetty, että siitä ei aiheudu 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä.

Ministeriö voi sähköturvallisuuden varmistamiseksi määrätä, että sähkölaitteistolle on lisäksi suoritettava varmennustarkastus ennen laitteiston ottamista varsinaiseen käyttötarkoitukseensa tai ministeriön määräämissä tapauksissa tämän ajankohdan jälkeen.

Varmennustarkastus voidaan ministeriön määräämissä tapauksissa korvata sähkölaitteiston rakentaneen tai rakentamisesta vastanneen sähköurakoitsijan varmennuksella. Oikeudesta suorittaa tällaisia varmennuksia säädetään 22 §:ssä.

Mitä momentissa 1 säädetään sähkölaitteiston käyttöönotosta, sovelletaan myös laitteistoon, johon on tehty oleellisia muutoksia (1, luku 5, § 17).

Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksesta, varmennustarkastuksesta ja ilmoituksen tekemisestä sähköturvallisuusviranomaiselle tai jakeluverkonhaltijalle. Jos rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan niistä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia tarkastuksista ja ilmoituksen tekemisestä (1, luku 5, § 19).

Edellä 1 momentista poiketen 18 §:n 2 momentissa tarkoitettun varmennustarkastusta koskevan ilmoituksen tekee tarkastuksen tekijä. Jos tämä laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimasta siitä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia ilmoituksen tekemisestä (1, luku 5, § 19).

Ministeriö voi määrätä, että tietyntyyliset sähkölaitteistot on määrääjain tarkastettava (*määräaikaistarkastus*). Sähkölaitteiston haltijan tulee huolehtia laitteiston määräaikaistarkastuksesta (1, luku 5, § 21).

Tavanomaisten rakennusten sähkölaitteistojen määräaikaistarkastusväli on 15 vuotta (luokka 1) ja vaativampien kohteiden 10 vuotta (luokka 2). Luokka 3:n tarkastukset on tehtävä viiden vuoden välein.

2.1.2 Luokat

Sähkölaitteiston luokitukset ovat seuraavat:

1a sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa

1b muuta kuin asuinrakennuksen sähkölaitteistoa, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3

1d sähkölaitteisto räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi vaatii ilmoitusta

2b lääkintätilojen sähkölaitteisto sellaisessa sairaalassa, terveyskeskuksessa tai yksi-tyisellä lääkäriasemalla, jossa ei tehdä yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä

2c sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1 000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1 000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja

2d sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehtojen summaa, on yli 1 600 kilovolttiampeeria

3a sähkölaitteisto räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi taikka räjähteen valmistus vaatii lupaa

3b lääkintätilojen sähkölaitteisto sellaisessa sairaalassa tai terveyskeskuksessa taikka sellaisella yksityisellä lääkäriasemalla, jossa tehdään yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä 3c verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muuta vastaavaa sähköverkkoa (2).

2.2 Tarkastukset

2.2.1 Käyttöönottotarkastus

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (517/1996) mukaan kaikille sähkölaitteistoille on tehtävä käyttöönottotarkastus, jossa riittävän laajasti varmistetaan, ettei laitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslain (410/96) 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa ja häiriötä (3, luku 2, § 3).

Käyttöönottotarkastuksen suorittaa asennusten tekijä ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa ja kirjaa tarkastuksen antamat tulokset käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan liitteineen, joihin on kirjattu testien ja mittausten tulokset. Lähes kaikista sähkölaitteistojen tarkastuksista on laadittava käyttöönottotarkastuspöytäkirja laitteiston haltian käyttöön. Pienemmistä sähköasennuksista, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä, ei pöytäkirjaa tarvitse laatia. Edellä mainituista pienistä töistä on testaustulokset tarvittaessa luovutettava laitteiston haltijalle. Käyttöönottotarkastusten suorittaminen huolellisesti on tärkeää myös sellaisissa tilanteissa, joissa ei ole määrätty tehtäväksi varmennustarkastusta, koska kyseinen tarkastus on ainoa tae asennuksen turvallisuudesta.

2.2.2 Varmennustarkastus

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (517/1996 muutos 30/2003) mukaan varmennustarkastus on tehtävä luokan 1-3 sähkölaitteistoille, jolla varmistetaan laitteiston sähköturvallisuus. Varmennustarkastusta ei tarvita, jos muutostyön kohteella on enintään 1000 V:n nimellisjännite ja työalueen ylivirtasuojan nimellis- tai asetteluvirta on enintään 35 A, jos käyttö- ja huoltotöiden johtajaa ei vaadita ja muutoin 250 A tai muutostyö kohdistuu kytkinlaitokseen, jonka nimellisarvoja ei muuteta (3, luku 2, § 5).

Varmennustarkastus on tehtävä kolmen kuukauden sisällä kohteen varsinaisesta käyttöönotosta, lukuun ottamatta vaativia erikoistiloja, eli luokan kolme sähkölaitteistoille, joille varmennustarkastus on tehtävä ennen laitteiston käyttöönottoa (3, luku 2, § 7). Varmennustarkastuksen tilaamisesta huolehtii asennuksien tekijä, eli urakoitsija, joka myös toimittaa tarkastuksen pöytäkirjan sähkölaitteiston haltijalle.

2.2.3 Kunnossapitotarkastus

Kunnossapitotarkastus suositellaan pidettäväksi jokaiselle sähköasennukselle säännöllisin määräajoin, sillä pyritään varmentamaan sähkölaitteiston kunnossapito ja turvallisuus sen käytössä. Kunnossapitotarkastuksessa tulee mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon edellisten tarkastuksien pöytäkirjat ja suositukset. Kunnossapitotarkastuksella ei voi kuitenkaan korvata lakisääteisiä määräaikaistarkastuksia (4, s. 35).

SFS 6000:n muutosten 2007 (6, s. 363) mukaan kunnossapitotarkastuksen suoritusiähyys on määriteltävä kaikille sähköasennuksille ottaen huomioon laitteiden ja asennusten tyypit ja asennuksen käyttö, kunnossapidon tiheys ja laatu sekä ulkoiset olosuhteet, joille asennus voi altistua.

Jos laitteisto normaalikäytössä on tehokkaan ennakoivassa kunnossapitojärjestelmässä, kunnossapitotarkastukset voidaan korvata ammattitaitoisten henkilöiden tekemällä asennuksen ja siihen liittyvien laitteiden jatkuvan valvonnan ja kunnossapidon menettelyllä. Menettely on dokumentoitava tarkoituksenmukaisesti.

Kunnossapitotarkastuksesta on laadittava tarkastuspöytäkirja, joka luovutetaan laitteiston haltijalle tai hänen edustalle mahdollisimman pian kun tarkastus on suoritettu. Jos laitteiston käyttöturvallisuudessa havaitaan oleellisia puutteita, tulee tarkastuksen tekijän informoida asennusten haltijaa välittömästi ja tarvittaessa kirjallisesti (4, s. 35).

2.2.4 Määräaikaistarkastukset

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 517/1996 ja 30/2003 12 § vaatii määräaikaistarkastukset tehtäväksi 5-15 vuoden välein sähkölaitteiston luokituksesta riippuen. Tarkastuksen suorittajan on laadittava tarkastuspöytäkirja, jonka hän luovuttaa laitteiston haltijalle (3). Määräaikaistarkastuksen luokat, kohteet, tarkastusvälit ja tarkastuksen tekijät on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Sähkölaitteistojen määräaikaistarkastukset (5).

Laitteistoluokka	Tarkastuksen kohde tai tila	Tarkastuksen tekijä	Määräaikaistarkastusväli
Luokka 3	a: Kemikaalilupaa edellyttävät räjähdysvaaralliset tilat (esim. kemianteollisuudessa) b: lääkintätilat leikkaussaleja sisältävissä sairaaloissa ja lääkäriasemilla c: verkkoyhtiöiden jakelu-, siirto- yms. verkot (esim. sähkö/energialaitokset)	valtuutettu laitos (a-c) valtuutettu tarkastaja (b ja c)	5 vuotta
Luokka 2	Muut lääkintätilat sairaaloissa ja lääkäriasemilla, suurjänniteliittyvät (esim. muuntamon omistavat) sekä yli 1600 kVA:n pienjänniteliittyvät (esim. suurteholiittymät)	valtuutettu laitos valtuutettu tarkastaja	10 vuotta
Luokka 1	Julkiset rakennukset, liike-, teollisuus-, maatalousrakennukset ja ulkoalueet (pääsulakkeet yli 35 A) ja ilmoituksenvaraiset räjähdysvaaralliset tilat (esim. bensiiniasemat) sekä asuinrakennuksissa olevat muut kuin asumista palvelevat tilat, mm. liiketilat, joiden pääsulakkeet yli 35 A.	valtuutettu laitos valtuutettu tarkastaja	15 vuotta

Määräaikaistarkastuksen (2, luku 3, § 13) tarkoituksena on varmistaa, että

- sähkölaitteisto on turvallinen ja laitteistolle on tehty huolto-ohjelman mukaiset toimenpiteet
- sähkölaitteiston käyttöön ja huoltoon tarvittavat kuvat, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä
- sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset pöytäkirjat.

Pääsääntöisesti tarkastukset on tehtävä julkisissa rakennuksissa, teollisuus-, liike-, maatalousrakennuksissa, joiden pääsulakkeet ylittää 35 A. Pelkästään asuinkäyttöön tarkoitettujen rakennuksien sähkölaitteille ei määräaikaistarkastusta vaadita.

2.3 Käyttöönottotarkastukset ja mittaukset

2.3.1 Aistinvarainen tarkastus

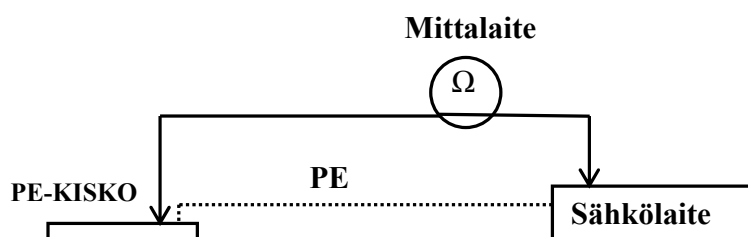
Aistinvarainen tarkastus on kokonaisvaltaista tarkkailua jokaisessa suoritettavassa sähköasennuksessa. Työsuorituksen aikana tai sen valmistuttua tulee kiinnittää huomiota sähkölaitteiston, asennuksien ja tilojen osalta vähintään seuraaviin asioihin

- suojaus sähköiskulta
- suojaus palo- ja lämpövaikutuksilta
- johtimien ja komponenttien valinta
- suoja- ja valvontalaitteiden valinta
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta
- erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja sijoitus
- nolla- ja suojajohtimien tunnuksot
- dokumentointi
- johtimien liitosten sopivuus
- erikoistilojen vaatimukset
- sähkölaitteiston käyttöolosuhteet
- huollon vaatima tila.

Usein sähköasennuksien tarkastukset mielletään tehtäväksi vasta sitten kun työ on suoritettu loppuun. Etenkin aistinvaraista tarkastusta täytyy suorittaa koko asennuksen ajan, jolloin havaitut puutteet ja virheet voidaan korjata välittömästi työn aikana. Aistinvarainen tarkastus suoritetaan ennen testauksia ja laitteiston käyttöönottoa. (6, s. 355)

2.3.2 Suojajohtimen jatkuvuusmittaus

Vikasuojauksen toimivuuden varmistamiseksi on suojajohtimen jatkuvuus tarkistettava koko suojajohdinpiirin matkalta. Hyväksyttävällä mittaustuloksella varmistetaan, että suoja johdin on kytketty oikein ja vikasuojaus tältä osin on toimiva. Lisäksi pitää varmistaa, että suoja- ja nollajohdin eivät ole vaihtaneet paikkaa. Testaus suoritetaan ennen jännitteen kytkemistä sähkölaitteistoon, ja jännitteettömyys on syytä tarkistaa luotettavalla jännitteen testauslaitteella ennen mittauksen aloittamista. (6, s. 356)

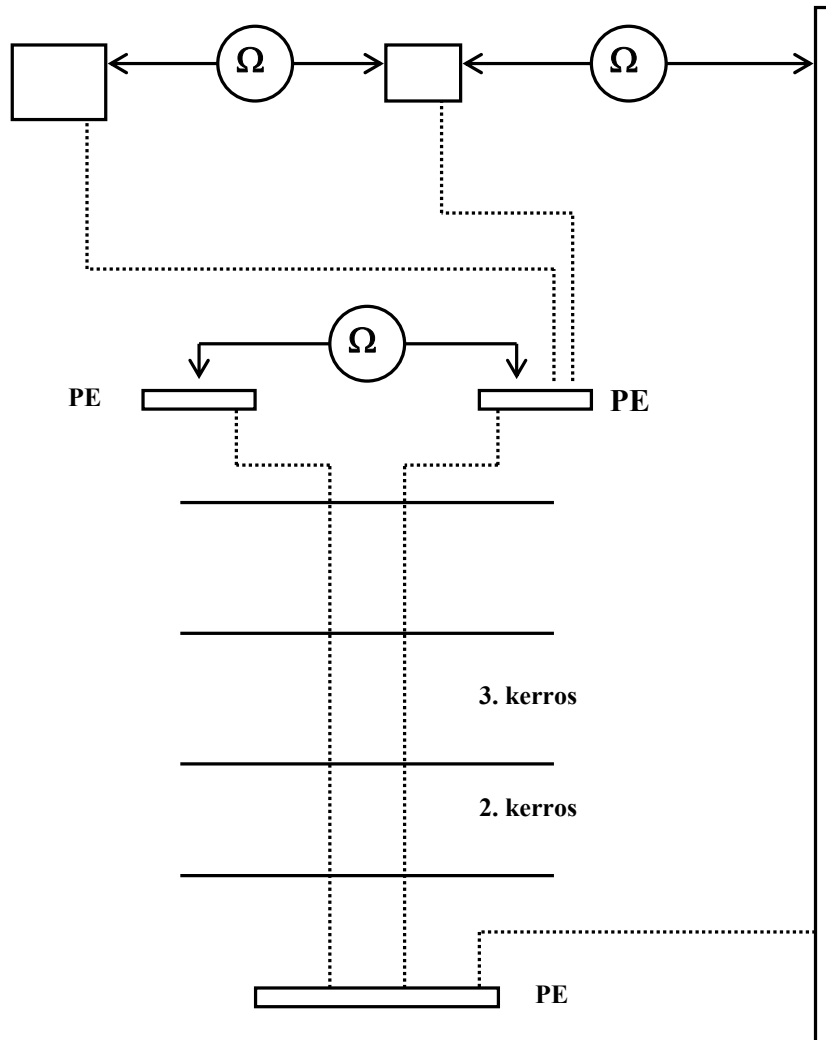


Kuva 1. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus (7, s. 13).

Itse testaus tehdään mittaamalla jännitteelle alttiin osan sekä näitä lähinnä olevan pääpotentiaalintasaukseen liitetyn pisteen välinen suojajohtimen resistanssi kuvan 1 mukaisesti. Mittaus on tehtävä kaikista asennuksen maadoitus-, suojamaadoitus-, PEN-, ja potentiaalintasausjohtimista, alkaen päämaadoituskiskosta.

Mittauksessa on käytettävä mittalaitetta, jonka testijännite on 4...24 V tasa- tai vaihtojännitteellä ja testivirta on 0,2 A. Resistanssiarvo pääpotentiaalintason ja mitattavan kohteen välillä saa olla suurimmillaan 0-2 Ω . Jos suojajohtimet ovat pitkiä,

mittausarvo voi olla suurempikin, edellyttäen että se täyttää automaattisen poiskytkennän ehdot.

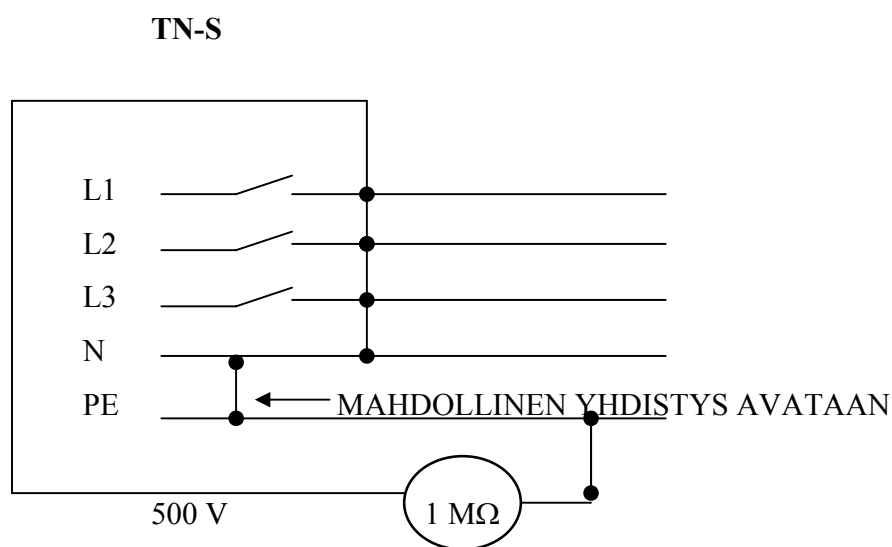


Kuva 2. PE-jatkuvuusmittauksessa voi käyttää apuna toisia suojajohtimia (7, s. 13).

Suojajohtimen jatkuvuusmittauksessa voidaan välttää pitkien ja hankalien apujohtimien käyttöä käyttämällä hyväksi toisia lähellä olevia suojajohtimia, kuten kuvassa 2 osoitetaan (7, s. 12).

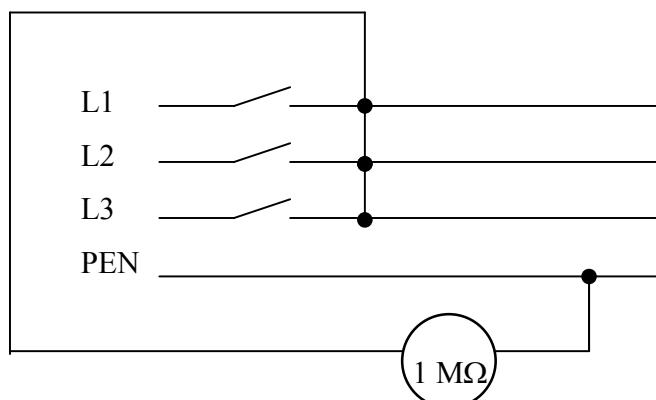
2.3.3 Eristysvastusmittaukset

Sähköasennusten eristysresistanssin mittauksella varmistetaan, että jännitteiset osat ovat riittävästi eristettyjä maasta. Ennen mittausta varmistetaan luotettavalla jännitteenkoettimella, että mitattava sähkölaitteisto on jännitteetön. Äärijohtimien ja nollajohtimen yhteys maasta erotetaan poistamalla suojamaadoituksen ja nollajohtimen yhdistys tai irrottamalla nollajohdin liittimestä.



Kuva 3. Mittaus TN-S-järjestelmässä (8, 2. 11).

Jos ryhmäkeskuksen pääkytkin on nelinapainen, kytkimen aukaisu riittää erottamaan suojamaadoituksen jännitteisistä johtimista.



Kuva 4. Mittaus TN-C-järjestelmässä (8, s. 11).

Eristysresistanssimittauksessa mittaus suoritetaan kaikkien jännitteisten johtimien ja suojajohtimen, joka on kytketty koko maadoitusjärjestelmään, väliltä. Tässä testissä äärijohtimet ja nollajohdin voidaan kytkeä yhteen, kuten kuvissa 3 ja 4 on esitetty.

230/400 V:n järjestelmissä eristysvastusmittaus toteutetaan 500 V:n jännitteellä ja eristystason minimivaatimus on 1 MΩ. Vaihe- ja nollajohtimien yhteen kytkeminen on välttämätöntä silloin, kun asennukseen kuuluu elektronisia laitteita, jotka vaurioituvat suurista mittausjännitteistä.

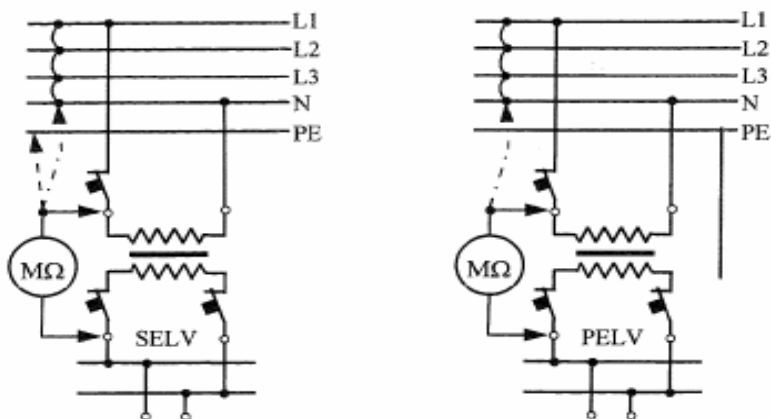
Ajan säästämiseksi testauksessa on syytä pyrkiä mittaamaan koko asennuksen eristysresistanssi kerralla. Jos yhdellä mittauksella saavutetaan riittävä eristystaso, on tarpeetonta mitata jokaista ryhmäkeskusta tai ryhmäjohtoa erikseen. Ryhmät, joissa on kontaktori tai rele, mitataan siten, että kontaktorin kärjet painetaan kiinni mittauksen ajaksi tai mitataan jokainen ryhmä erikseen. Myös vaihtokytkimellä varustetut piirit pitää mitata niin, että molemmat kytkennän piirit tulee mitatuiksi.

Kulutuskojeiden ei tulisi olla mittauksen aikana kytkettynä verkkoon, koska ne saattavat heikentää mittaustulosta merkittävästi. Eristysresistanssin arvon pitää kiinteässä asennuksessa olla vähintään 1 MΩ. Taulukossa 3 on esitetty eri järjestelmien virtapiireissä vaadittavat eristysresistanssin minimiarvot ja mittausjännitteet.

Taulukko 3. Vaaditut eristysresistanssin minimiarvot ja mittausjännitteet (6, s. 356).

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite DC V	Eristysresistanssi M Ω
SELV, PELV	250	$\geq 0,5$
Enintään 500 V, FELV mukaan luettuna	500	$\geq 1,0$
Yli 500 V	1000	$\geq 1,0$

SELV-järjestelmän mittauksessa varmistetaan, että sen jännitteiset osat ovat erossa muiden virtapiirien jännitteisistä osista ja maasta. PELV-järjestelmä eroaa SELV-järjestelmästä siten, että siinä varmistetaan järjestelmän jännitteisten osien erotus muiden virtapiirien jännitteisistä osista. Kuvassa 5 on esitetty edellä mainittujen järjestelmien eristysvastusmittaukset ja kytkennät. Mittaus toteutetaan 250 V:n jännitteellä ja minimivaatimus eristystasosta on 0,5 M Ω . (6, s. 356)



Kuva 5. SELV- ja PELV-piirien eristysresistanssin mittaus (11).

2.3.4 Syötön automaattinen poiskytkentä

Vikasuojauksen toimivuuden varmistamiseksi vaaditaan syötön automaattisen poiskytkennän testausta. Tämä testaus suoritetaan käyttämällä sopivaa EN 61557-4 -standardin mukaista mittalaitetta. Mittalaitteella mitataan sähköasennuksen kauimmaisten pisteiden silmukkaimpedanssi ja oikosulkuvirta. Mittauksessa saatuja arvoja verrataan suojalaitteen toiminta-arvoihin.

Taulukko 4. Automaattisen poiskytkennän vaatimat oikosulkuvirrat eri tyyppin johdonsuojakytkimillä (14).

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
A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120
10	50	62,5	100	125	140	175	200
16	80	100	160	200	224	280	320
20	100	125	200	250	280	350	400
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500
32	160	200	320	400	448	560	640
50	250	312,5	500	625	700	875	1000
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500

Taulukoissa 4 ja 5 esitetään, kuinka suuri oikosulkuvirran on vähintään oltava, jotta suojalaite toimisi ja suorittaisi automaattisen poiskytkennän riittävän nopeasti.

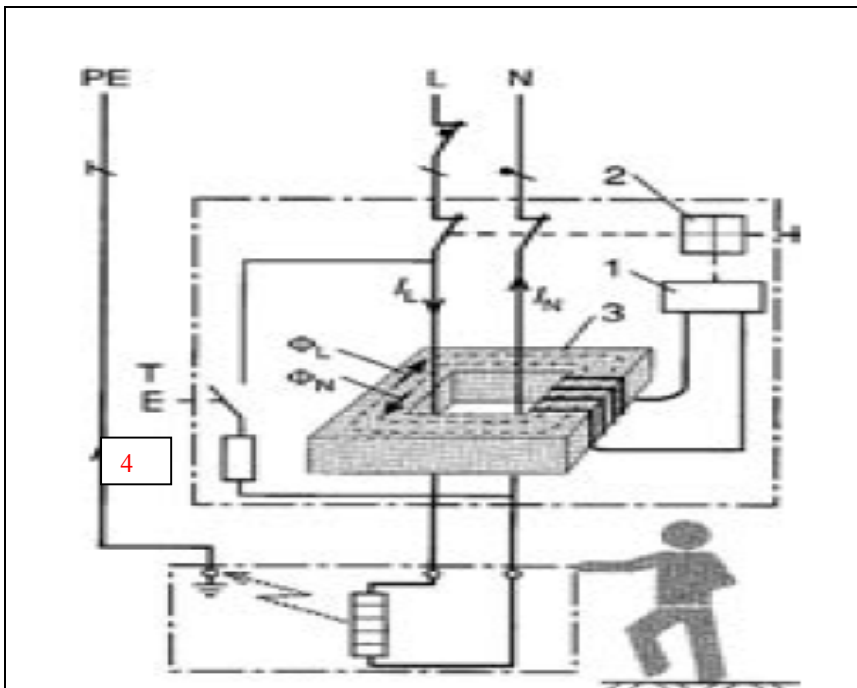
Automaattisen poiskytkennän yhteydessä testataan myös vikavirtasuojakytkimien toiminta.

Taulukko 5. Automaattisen poiskytkennän vaatimat oikosulkuvirrat gG-sulakkeilla (14).

Nimellis- virta 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

2.3.4 Vikavirtasuojakytkimen testaus

Vikavirtasuojan testaus aloitetaan painamalla suojakytkimen kuvassa 6 esitettyä testipainiketta 4, jolloin vikavirta suojan on lauettava.



Kuva 6. Vikavirtasuojakytkimen toimintaperiaate (9, s. 15).

Vikavirtasuojakytkimen toiminta todetaan myös asennustesterillä, jossa mittalaite aiheuttaa mittausta suoritettaessa vikavirran testattavaan piiriin ja laukaisee vikavirtasuojakytkimen. Vikavirtasuojakytkimen herkkyys testataan 0,5-kertaisella nimellistoimintavirralla, jolloin suojakytkin ei saa lauetta. Tällä testillä eliminoidaan turhat sähkökatkokset suojalaitteen valvomassa piirissä.

Sähköiskulta suojaukseen käytettävän vikavirtasuojan testauksessa suositellaan mitattavaksi myös vikavirtasuojan toiminta-aika. Jos asennuksessa käytetään vanhaa vikavirtasuojaa uudelleen tai tehdään muutoksia aiemmin asennetun vikavirtasuojan suojaamissa piireissä,

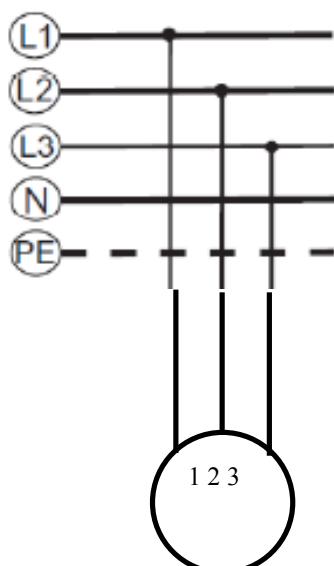
on vikavirtasuojan toiminta-aika varmistettava. Jos vikavirtasuojakytkintä käytetään 0,4 s poiskytkentäajan saavuttamiseksi on poiskytkentäaika aina mitattava.

Vikavirtasuojakytkimen laukaisuaika ja kosketusjännite voidaan mitata suojakytkimen nimellistoimintavirralla. Tässä testissä mittalaite testaa vakiotoimisen suojakytkimen toiminnan nimellisvikavirralla ja selektiivisen suojakytkimen 2-kertaisella nimellisvikavirralla.

Lisäksi suositellaan vikavirtasuojakytkimen mittausta nousevalla vikavirralla. Tässä testissä mittaus alkaa 0,3-kertaisella nimellisvikavirralla, jota mittalaite kasvattaa siihen asti, kunnes suojalaite laukeaa. (13, s. 27)

2.3.5 Kiertosuunnan tarkistus

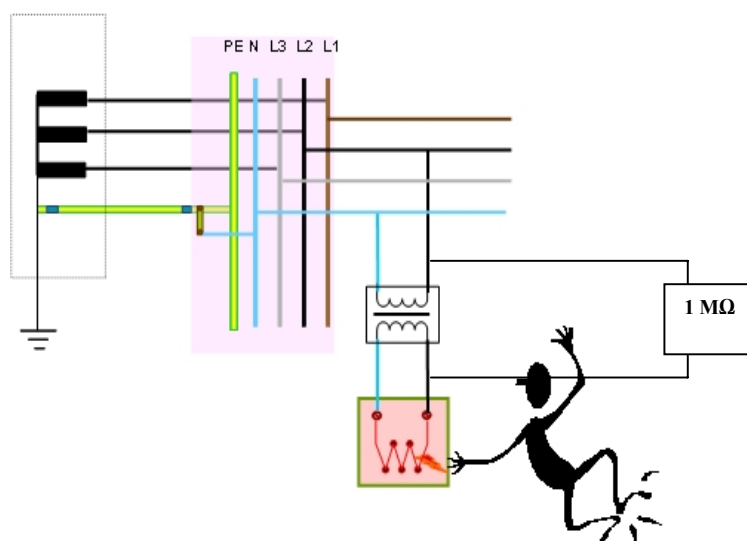
Kiertosuunnan tarkistus on tehtävä keskuskohtaisesti, jolla todetaan vaihejärjestyksen pysyminen samana kaikissa kiinteistön keskuksissa ja sähkölaitteissa. Kuvassa 7 on esitetty kiertosuunnan mittaus kytkentä.



Kuva 7. Kiertosuunnan tarkistus.

2.3.6 Sähköinen erotus

Sähköisessä erotuksessa sähkölaitetta syöttävä sähköverkon osa erotetaan maasta suojaerotusmuuntajan avulla, jolloin vikavirtapiiri ei muodostu käyttömaadoituksen kautta. Yleensä suojausmenetelmä rajoitetaan syöttämään vain yhtä laitetta. Sähköinen erotus eroaa suojaerotuksesta niin, että siinä edellytetään ensiö- ja toisiopuolen välillä vahvistettua eristystä ja sitä voidaan käyttää vikasuojausmenetelmänä tavanomaisissa tiloissa. 230/400V järjestelmissä eristysvastusmittaus toteutetaan 500 V jännitteellä ja eristystason minimivaatimus on 1 M Ω . Sähköisen erotuksen vikasuojausmenetelmä ja sen mittaus on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Sähköinen erotus (15).

3 Mittalaitteet ja mittauksen apuvälineet

Standardin SFS-6000-6 mukaisessa käyttöönottotarkastusmittauksissa käytetyn mittalaitteen vaatimukset määritellään standardissa EN 61557. Edellä mainitut mittaukset voidaan suorittaa käytännössä yhdellä mittalaitteella. Kuvassa 9 on esimerkki asennustesteristä, jonka ominaisuudet riittävät enintään 500 V:n sähkölaitteiston käyttöönottotarkastusmittauksiin.



Kuva 9. Käyttöönottotarkastukseen soveltuva asennustesteri (13).

Mittalaitteella voidaan suorittaa seuraavat mittaukset ja tarkastukset:

- jännitteen- ja taajuusmittaus
- pieni ohminen mittaus
- eristysvastusmittaus
- silmukkavastus- ja oikosulkuvirranmittaus
- vikavirtasuojajytkimen laukaisuaika-, laukaisujännite- ja kosketusjännitemittaus

- kiertosuunnan tarkastusmittaus
- pistorasioiden tarkastus.

Mittalaitteessa on n. 500 muistipaikkaa, joihin voidaan tallentaa kaikki mittaussuorituksen aikana saadut tulokset. Laitteen infrapunaliitäntän avulla tallennetut tulokset on mahdollista siirtää tietokoneelle muokattavaksi mittauspöytäkirjaa varten.

Mittalaitteen lisäksi käyttöönotto tarkastusmittausten suorittamiseen tarvitaan vähintään kolme kappaletta mittatestijohtoja ja mittauksiin soveltuvia mittakärkiä, esim. hauenleukapuristimia ja testauskärkiä. Mittapäiden ja johtojen tulee olla mittalaitteeseen soveltuvia ja testattuja, jolloin voidaan olla varmoja niiden turvallisuudesta. Kytkentöjen helpottamiseksi mittajohdot ja mittapäät ovat erivärisiä tai merkitty eri väreillä. Johdot ovat merkitty myös eri tunnuksilla, kuten esimerkiksi L1, L2, L3, N ja PE. Kuvassa 10 on esitetty käyttöönottomittauksissa tarvittavia mittajohtimia ja mittapäitä.



Kuva 10. Asennustesterin mittajohdot ja mittapäät.

Mittaustyön suoritukseen on usein välttämätöntä valita erilaisia apuvälineitä mitattavasta kohteesta riippuen. Apuvälineitä joudutaan usein käyttämään tilojen korkeuden, mitattavien pisteiden etäisyyden ja mittauskytkentöjen takia. Kun suoritetaan mittauksia korkeissa tiloissa, valitaan siihen turvallisuusmääräykset täyttävä ja tarkoitukseen sopiva teline tai

henkilönosturi. Kytkeäjohtimia on hyvä varata eristysvastusmittaukseen, niillä saadaan kytkettyä mitattavan johdon tai sähkölaitteen vaiheet ja nolla yhteen. Suojamaadoituksen jatkuvuusmittauksessa tarvitaan usein apujohdin, apujohdin on esitetty kuvassa 11.



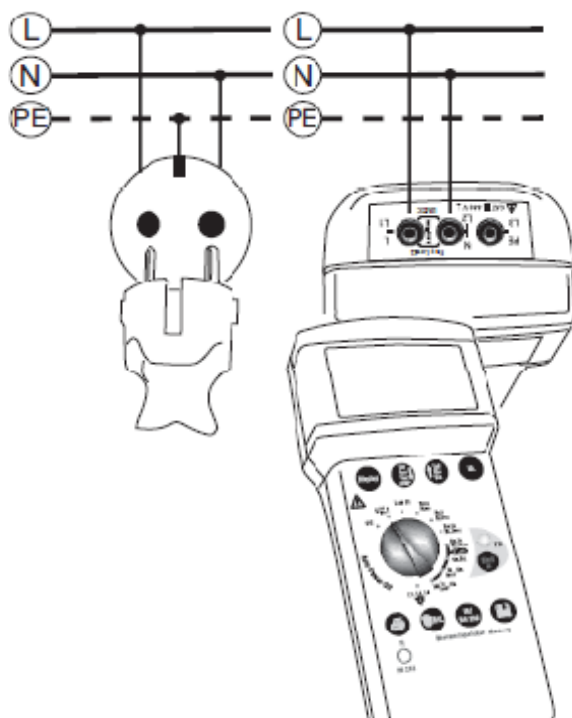
Kuva 11. Jatkuvuusmittauksen apujohdin.

4 Mittaukset

4.1 Jännitemittaus

Jännitteen mittauksessa käännetään mittalaitteen valintakytkin jännitteen mittaus asentoon, joka on yleensä ” VAC/DC ”. Mittajohdot kytketään testerin liittimiin ja samoin mittajohtojen toiset päät mitattavan laitteen vaihe- ja nollapisteisiin. Mittalaitteella voidaan mitata jännite myös suoraan pistorasiasta käyttämällä mittajohtoa, jossa on sukotulppa johdon toisessa päässä.

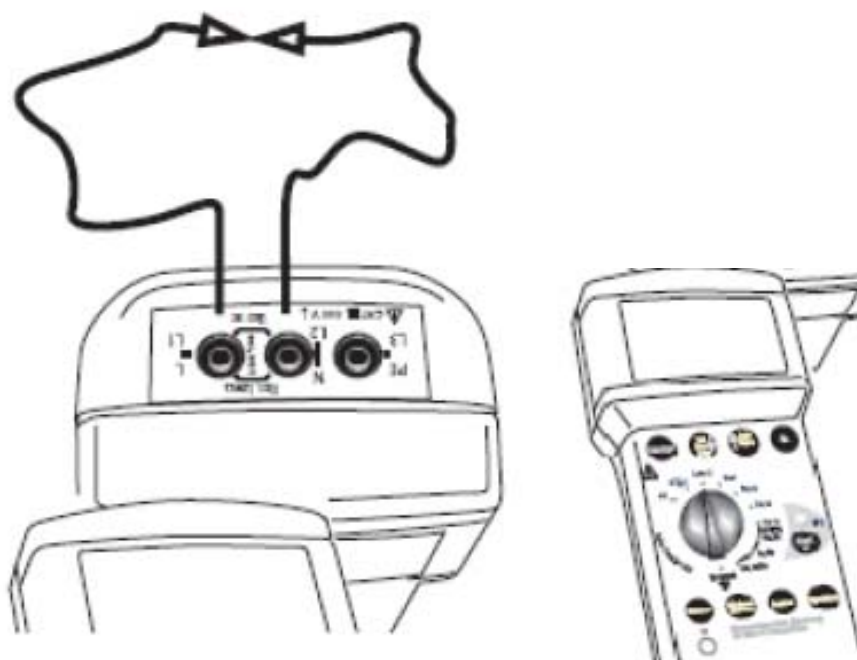
Mittaustuloksena voidaan lukea laitteen näytöstä mitattu jännite. Kuvassa 12 on esitetty jännitteen mittaus kytkentöineen.



Kuva 12. Jännitemittaus (13, s. 11).

4.2 Suojajohdon jatkuvuusmittaus

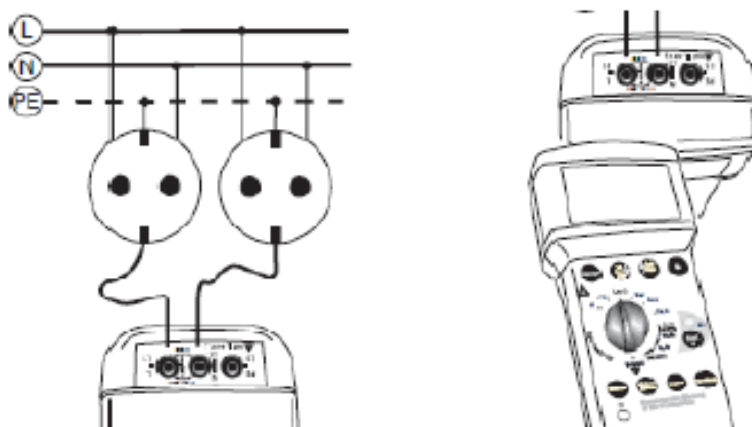
Ennen suojajohtimen jatkuvuuden mittausta on varmistettava, että mitattava asennus on jännitteetön. Mikäli joudutaan käyttämään pitkiä apujohtimia, on niiden aiheuttama ylimääräinen vastus kompensoitava mittaustuloksen oikeellisuuden varmistamiseksi. Apujohtimen kompensointi tehdään mittalaitteen valmistajan ohjeiden mukaan. Kompensoinnin onnistuessa mittalaitteen näyttöön tulee lukema 0.00Ω . Kuvassa 13 on esitetty mittausjohdon kompensointi kytkentöineen.



Kuva 13. Pitkien apujohtimien kompensointi (13, s. 12).

Kun apujohtimen kompensointi on suoritettu, voidaan aloittaa suojajohtimen jatkuvuuden mittaukset. Testerin näytöstä voidaan lukea mitattu tulos, jonka pitää olla luokkaa $0\text{--}2 \Omega$ (16, s. 18). Jos mitattu arvo on suurempi, tarkasta, että mittajohtimen ja mitatun pisteen pinnat ovat puhtaat ja kosketus on hyvä. Ellei mittaustulos edelleenkään ole hyväksyttävä, on vika paikannettava ja korjattava. Tarvittaessa mittaustulos tallennetaan laitteeseen tai kirjataan mittauspöytäkirjaan käsin. Jos mitattu tulos tallennetaan laitteen muistiin, kirjataan mitatun tallenteen numero ylös ja tieto mitä, mikä mittaus on kyseessä.

Pistorasioissa yleisempiä vikoja ovat kytkentävirhe tai huono kosketus, joka tulee esille etenkin jousiliittimillä varustetuissa pistorasioissa, ja nimenomaan pistorasioissa, jotka ovat ns. ketjutettuja pistorasioita. Kuvassa 14 on esitetty suojajohtimen jatkuvuusmittaus kytkentöineen.



Kuva 14. Suojajohtimen jatkuvuusmittaus (13, s. 11).

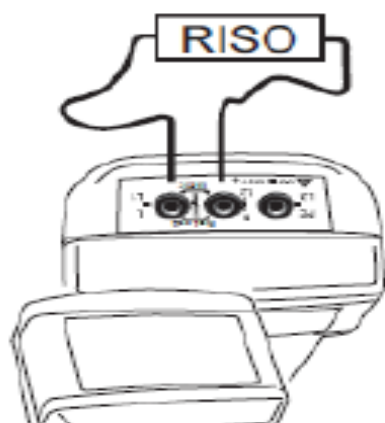
4.3 Eristysvastusmittaus

Ennen mittauksen aloittamista on varmistettava asennuksen jännitteettömyys ja se, että nolla on erossa suojamaadoituksesta. Suojamaan ja nollan erotus tehdään avaamalla N-PE - yhdistys tai irrottamalla syötön N-johdin liittimestä. Erotus voidaan tehdä myös avaamalla nollapiirin katkaisemalla nelinapainen kytkin. Tämän jälkeen kytketään äärijohtimet ja nollajohdin yhteen. Mittauksessa tulee ottaa huomioon, että sähkölaitteita ohjaavat kytkimet ja relekärjet ovat suljettuja mittausta suoritettaessa.

Mittaus suoritetaan yhteen kytkettyjen ääri- ja nollajohtimen ja PE:n väliltä. Hyväksyttävän mittaustuloksen arvo on oltava vähintään 1 M Ω , mitattaessa enintään 500 V:n järjestelmää. Jos mitattu arvo on alle 1 M Ω , etsitään arvoa heikentävä keskukselta lähtevä ryhmä irrottamalla keskuksen liittimistä ryhmä kerrallaan, kunnes mittaustulos nousee yli 1 M Ω :n. Kuvassa 15 on esitetty eristysvastusmittaus kytkentöineen

Etsiminen kannattaa aloittaa irrottamalla ensin PE-kiskosta ryhmän suojajohdin sellaisista ryhmistä, joissa ei ole ylijännitteestä vaurioituvia komponentteja. Tämä siksi, että jos laite saa suojajohtimen poistamisesta huolimatta kosketuksen maahan, saattaa herkästi vaurioitua komponentti vaurioitua.

Mittaustulos tallennetaan laitteeseen tai kirjataan mittauspöytäkirjaan käsin. Jos mitattu tulos tallennetaan laitteen muistiin, kirjataan mitatun tallenteen numero ylös ja mikä mittaus on kyseessä. Kun mittauksessa saadaan hyväksyttävä tulos, voidaan kytkeä keskuksen jännite.

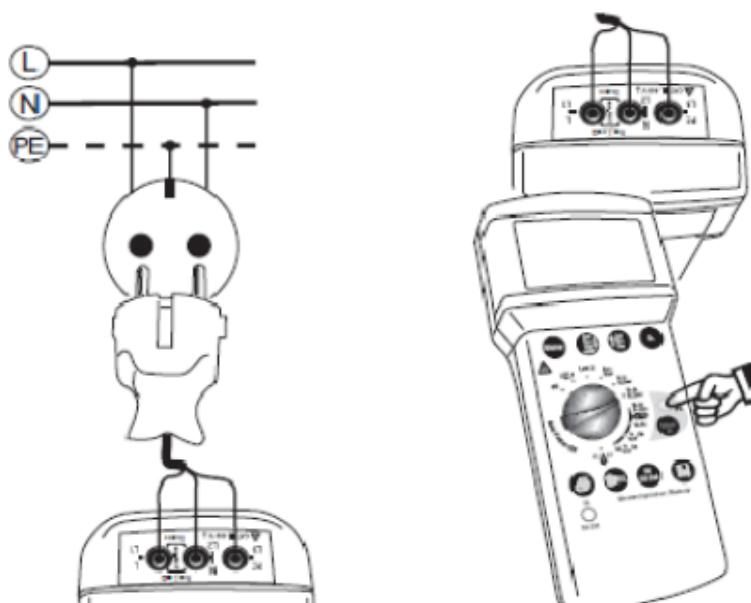


Kuva 15. Eristysvastusmittaus (13, s. 13).

4.3 Silmukkaimpedanssimittaus ja oikosulkuvirtamittaus

Mittaus suoritetaan kytkemällä mittajohtimet testuslaitteen liittimiin ja mittajohdon toisessa päässä oleva pistotulppa asetetaan mitattavaan pistorasiaan. Valintakytkin asetetaan silmukkaimpedanssimittaus asentoon. Mitattaessa ryhmää jossa on vikavirtasuojakytkin, asetetaan valintakytkin asentoon, joka ei laukaise vikavirtasuojakytkintä.

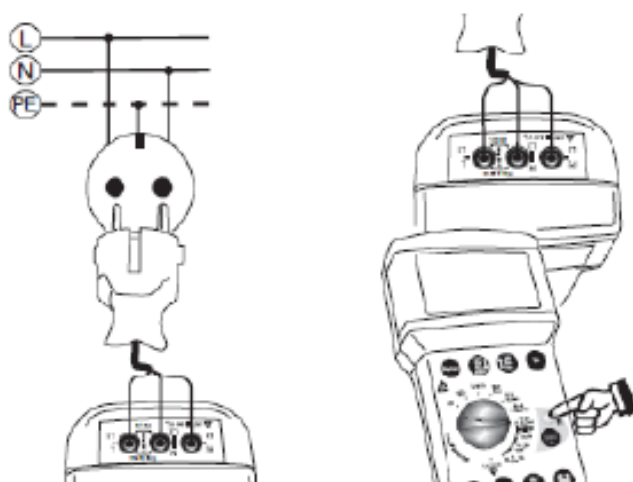
Kun mittaus on suoritettu, luetaan testilaitteen näytöstä mitatun ryhmän silmukan vastusarvo ja mittalaitteen laskennallisesti määrittämä oikosulkuvirta-arvo. Mittaustulos kirjataan mittauspöytäkirjaan tai tallennetaan mittalaitteeseen. Jos mitattu tulos tallennetaan laitteen muistiin, kirjataan mitatun tallenteen numero ylös ja mikä mittaus on kyseessä. Kuva 16 esittää silmukkaimpedanssin ja oikosulkuvirran mittausta.



Kuva 16. Silmukkaimpedanssin ja oikosulkuvirran mittaus (13, s. 15).

4.4 Vikavirtasuojakytkin testaus

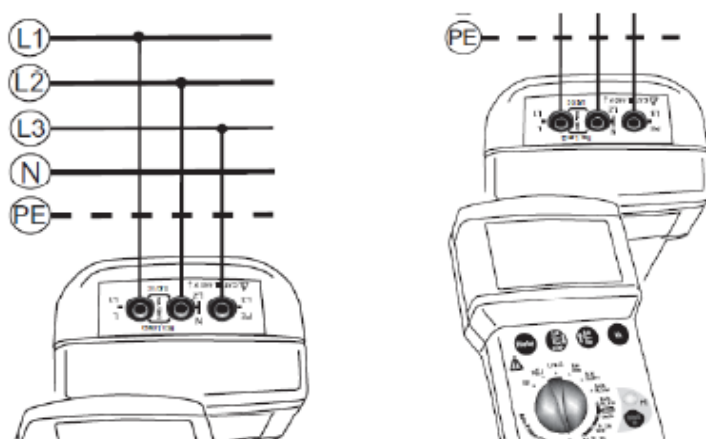
Vikavirtasuojakytkimen testauksella todetaan laitteen laukaisuaika, laukaisuvirta ja kosketusjännite. Mittalaitteen mittajohto ja kytkentä on sama kuin oikosulkuvirran mittauksessakin, ainoastaan valintakytkin vaihdetaan vikavirtasuojan testaus asentoon ja valitaan mitattavan suojakytkimen nimellisvirta. Kun mittaus on suoritettu, voidaan mittaustulos lukea testilaitteen näytöltä. Saadut mittausravot on mahdollista tallentaa mittalaitteeseen tai kirjata mittauspöytäkirjaan käsin. Jos mitattu tulos tallennetaan laitteen muistiin, kirjataan mitatun tallenteen numero ylös ja mikä mittaus on kyseessä. Kuvassa 17 on esitetty vikavirtasuojakytkimen testimittaus kytkentöineen.



Kuva 17. Vikavirtasuojakytkimen testaus (13, S. 16).

4.5 Kiertosuunnan testaus

Kiertosuunnan tarkistus on tehtävä keskuskohtaisesti, jotta todetaan vaihejärjestyksen pysyminen samana kaikissa kiinteistön keskuksissa ja niistä lähtevistä ryhmistä. Testaus suoritetaan esim. kytkemällä mittalaitteen johtimet keskuksen kolmivaihe-ryhmään ja toiset päät mittalaitteeseen. Valintakytkin käännetään kiertosuunnan mittausasentoon ja suoritetaan mittaus. Testerin näyttö osoittaa, onko kiertosuunta myötäpäivään vai vastapäivään.



Kuva 18. Kiertosuunnan testaus (13, s. 29).

Kiertosuunnan mittaus kannattaa aloittaa testaamalla mahdollisten keskuksista lähtevien kolmivaihepistorasioiden kiertosuunta. Jos kolmivaihepistorasioita on useampia, ja vaihejärjestys on oikea, on hyvin ilmeistä, että koko keskuksen vaihejärjestys on sama. Tämä voidaan tarkistaa mittaamalla kiertosuunta vielä pääkytkimeltä. Jos testauksessa todetaan vaihejärjestyksen muuttuneen, korjataan se oikeaksi vaihtamalla kahden vaihejohtimen paikkaa keskenään keskuksen pääkytkimellä. Vaihtoehtoisesti kiertosuunta on voinut vaihtua vain yhdessä ryhmässä, jolloin vaihejohtimet vaihdetaan vain kyseisestä ryhmästä. Kuvassa 18 on esitetty kiertosuunnan testimittauksen kytkentä.

4.6 Antenniverkon mittaus

Antenniverkon mittaus aloitetaan mittaamalla mittalähettimen antamat ulostulotasot eri taajuuksilla, esim. 47 Mhz, 471 Mhz ja 862 Mhz.

Mittalähettimen ulostulotasot voidaan säätää haluttuun arvoon, joka on n. 80–100 dB μ V. Mittaustulokset kirjataan mittauspöytäkirjaan. Tämän jälkeen mitataan jokainen antennipiste erikseen vastaavalla taajuusalueella, ja tulokset kirjataan mittauspöytäkirjaan. Pöytäkirjaan kirjattujen mittaustulosten perusteella pöytäkirjan laskentaohjelma laskee vaimennukset kullakin taajuudella ja alimman sekä ylimmän taajuuden vaimennusten välisen eron, eli kaltevuuden.

Taajuuksien 47–862 MHz:n kaapeliverkossa saa vaimennusero olla korkeintaan 42 dB ja kaltevuus korkeintaan 12 dB. Kuvassa on 19 esitetty yksittäisen antennipisteen mittaus.



Kuva 19. Antennipisteen mittaus.

Vaadittavat antennirasioiden signaalitasot ovat (17):

- analogiset TV-kanavat 60–80 dB μ V
- analogiset TV-kanavat kaapeliverkossa 77 dB μ V
- maanpäällinen, digi-TV, DVB-T 45–70 dB μ V
- kaapeliverkot, digi-TV, DVB-C 47–67 dB μ V
- satelliitti, digi - TV, DVB-S 47–77 dB μ V
- ULA 50–70 dB μ V

Maksimi tasoero antennirasioissa on 12 dB 47 (87,5)–862 MHz.

Taloverkon vaimennus:

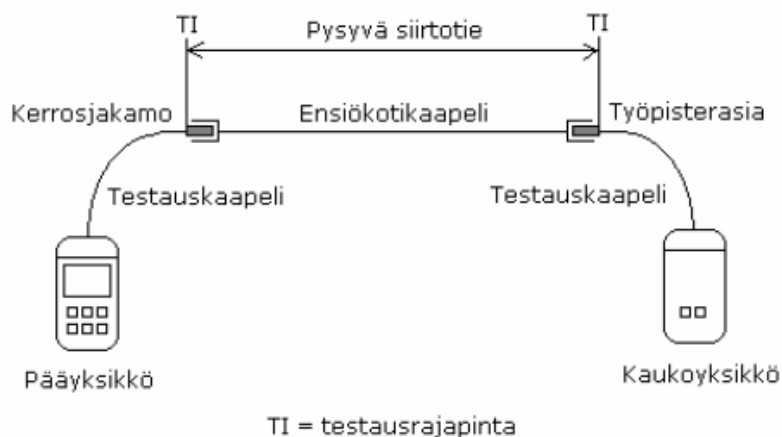
- Tähti 800 verkossa, (5 – 862 MHz), 20–40 dB
- Ketju 800 verkossa, (5 (47) –862 MHz) enintään 50 dB

Antennista saatava tulotaso päävahvistimella:

- analogiset TV-kanavat, vähintään 60 dB μ V
- digitaaliset TV-kanavat, vähintään 45 dB μ V
- radiolla, vähintään 54 dB μ V

4.7 Yleiskaapelointijärjestelmän mittaus

Testerin valikosta valitaan oikea spesifikaatio, esim. ISO/IEC 11801 Class E Permanent link, minkä jälkeen valitaan käytetyn kaapelin mukainen nopeuskerroin mittalaitteeseen.



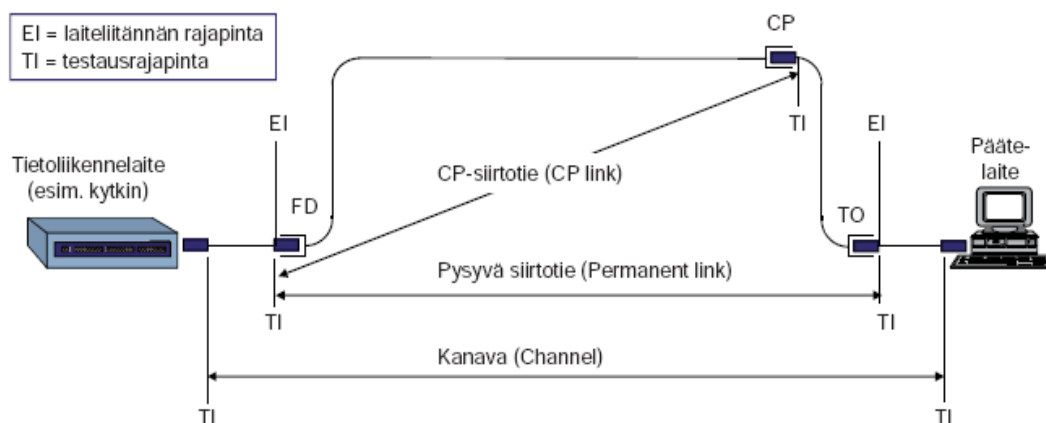
Kuva 20. Pysyvän siirtotien mittaus (16, s. 22).

Mittaus aloitetaan kytkemällä laitteen pääyksikkö kerrosjakamon RJ45-liittimeen kyseiseen mittaukseen tarkoitetulla mittapäällä, ja kaukoyksikkö kytketään mittapään avulla työpisteen RJ45-liittimeen. Kuitukaapeleiden mittaus tapahtuu käytännössä samalla tavalla ja samalla laitteella kuin parikaapelin mittauskin, ainoastaan kuitukaapelin mittauksessa käytettävät mittapäät ovat erilaiset.

Mittalaite ilmoittaa laitteen näytössä tuloksen, josta käy ilmi, onko testi hyväksytty vai hylätty. Käytetyssä mittalaitteessa hyväksytty tulos näkyi raportissa merkinnällä ”Pass” ja hylätty merkinnällä ”Fail”. Jos mittaustulos oli lähempänä hyväksymis- tai hylkäämisrajaa, kuin testerin tarkkuus tulee näyttöön merkki ” Pass* ” tai ” Fail* ”, jotka ovat ns. rajatuloksia (12, s. 236). Kuitukaapelin mittaustuloksen laite ilmoittaa myös hyväksyttynä tai hylättyinä, mutta mittaa ainoastaan kuitukaapelin vaimennuksen. Kuvassa 20 on esitetty yleiskaapeloinnin pysyvän siirtotien mittaus.

Jokaisen ATK-pisteen mittauksen jälkeen tulos tallennetaan laitteelle, josta ne puretaan tietokoneelle. Tietokoneelle asennettu ohjelma käsittelee tallennetut mittaustulokset ja muuttaa ne pdf-muotoon. Mittaustulosten määrä kasvaa helposti hyvin suureksi, jolloin tulosteidenkin määrä on suuri, on tulosten säilyttämisen ja myöhemmän tarkastelun kannalta syytä luovuttaa ne sähköisessä muodossa. Liitteessä 2 on esitetty ATK-pisteen mittauspöytäkirja tuloste.

Yleiskaapeloinnin toteutuksessa olennainen asia on varmistaa kanavan suorituskyky, joka määrää tietoliikennesovelluksen toimivuuden. Järjestelmän toimivuus varmistetaan noudattamalla standardin EN 50173-1 määrittelemiä siirtoteknisiä vaatimuksia kanaville ja siirtoteille. Yleiskaapelointi ei kuitenkaan ole sovelluksesta riippuvainen, jonka vuoksi on määritelty sovelluksesta riippumaton hyväksymisperuste siirtotielle, eli pysyvän siirtotien suorituskyky. Järjestelmän toimivuuden edellytyksenä on kuitenkin, että pysyvän siirtotien lisäksi laitekaapelit ovat standardin vaatimukset täyttäviä. Kuvassa 21 on esitetty yleiskaapelointijärjestelmän käsitteet kanava, pysyvä siirtotie ja CP-siirtotie. (12, s. 61)



Kuva 21. Kanava, pysyvä siirtotie ja CP-siirtotie (12, s 59).

Kanavat ja pysyväsiirtotie parikaapelin osalta luokitellaan suorituskyvyn perusteella useampaan luokkaan. Luokkien D, E ja F vaatimukset on määritelty kerroskaapeloinnin osalta siten, että ne täyttyvät käyttämällä vastaavien kategorioiden 5, 6 ja 7 edellyttämiä kaapeleita ja liitostarvikkeita. Tämän lisäksi asennus on tehtävä standardin ohjeita noudattaen ja ammattitaidolla. Taulukossa 6 on esitetty ylärajataajuudet eri siirtoteiden luokille ja niitä vastaavat rakenneosien kategoriat. (12, s. 63)

Taulukko 6. Parikaapeloinnin luokat ja luokkia vastaavat rakenneosien kategoriat (12, s. 62).

Parikaapeloinnin kanavan tai pysyvän siirtotien luokka	Vastaava kaapelin, liittimen ja kytkentäkaapelin kategoria	Ylärajataajuus
ICT-sovellukset kaikissa kiinteistöissä		
A	–	100 kHz
B	–	1 MHz
C	–	16 MHz
D	5	100 MHz
E	6	250 MHz
E _A	6 _A	500 MHz
F	7	600 MHz
F _A	7 _A	1000 MHz
BCT-sovellukset (antennijärjestelmät) kodeissa		
BCT-B	BCT-B	1000 MHz
CCCB-sovellukset (talotekniikka) kodeissa		
CCCB	CCCB	100 KHz

Pääasiassa runkokaapeloinnissa käytetty optinen kuitukaapelointi on jaettu luokkiin, jotka perustuvat saavutettavaan kanavapituuteen. Luokkien vaatimuksiin vaikuttaa myös kuidun kategoria ja haluttu tietoliikennesovellus.

Taulukossa 7 on esitetty optisen kaapeloinnin luokat ja niihin soveltuvien kaapeleiden tyypit sekä niillä saavutettavat kanavapituudet.

Taulukko 7. Optisen kaapeloinnin luokat, kuitutyypit ja saavutettavat kanavapituudet (12, s. 93).

Optisen kaapeloinnin luokka	Valittavissa olevat kuitutyypit (kategoriat)	Saavutettava kanavapituus
Tietoliikennesovellukset kaikissa kiinteistöissä (kvartsikuidut)		
OF-300	OM1, OM2, OM3, OS1, OS2	300 m
OF-500	OM1, OM2, OM3, OS1, OS2	500 m
OF-2000	OM1, OM2, OM3, OS1, OS2	2000 m
OF-5000	OS1, OS2	5000 m
OF-10000	OS1, OS2	10000 m
Tietoliikennesovellukset teollisuuskiinteistöissä (muovikuidut)		
OF-25	OP1, OP2	25 m
OF-50	OP1, OP2	50 m
OF-100	OP1, OP2, OH1	100 m
OF-200	OP2, OH1	200 m

4.8 Äänentoistojärjestelmän kaiutinlinjan impedanssimittaus

Äänentoistojärjestelmän kaiutinlinjat mitataan linjakohtaisesti kuvassa 22 esitettyllä impedanssimittalaitteella.

Ennen työn suoritusta mittalaite kalibroidaan laittamalla mittarin johtimet yhteen ja säädetään näytön osoitin nolllakohtaan. Mittarin antama lukema, ($x \Omega$), riippuu linjan pituudesta ja kaiutinmäärästä sekä siitä, kuinka suuriohminen kaiutin on kyseessä.

Pakkosyöttölinja, eli linja jossa on säädin, mitataan samalla tavoin, mutta lisäksi painetaan äänentoistolaitteen kuulutuspainiketta.

Mittaustuloksen perusteella voidaan todeta, että kaiuttimet oli kytketty oikein ja tarkastaa kaiuttimien lukumäärä. Jos kaiutinlinjat ovat pitkiä ja asennettavia kaiuttimia paljon, on virhekytkentöjen mahdollisuus hyvinkin suuri ja näin ollen mahdollisen vian haku saattaa olla työlästä.



Kuva 22. Äänentoistojärjestelmän kaiutinlinjan mittaus.

4.9 Dokumentointi

Sähkölaitteiston tekijä on velvollinen laatimaan tekemistään asennuksista käyttöönottopöytäkirjan. Pöytäkirjasta tulee ilmetä tarkastetun laitteiston tiedot sekä laitteiston rakentajan yhteystiedot. Lisäksi pöytäkirjassa on todettava, täyttyykö asennuksissa standardien ja säännösten vaatimukset. Tarkastuksen tuloksista on kerrottava tiedot testatuista piireistä ja testaustuloksista. Tarkastuksen lähtökohtana on se, että tarkastukset tehdään keskuskohtaisesti.

Käyttöönottopöytäkirjassa on esitettävä vähintään seuraavat testitulokset (4, s. 34):

- eristystilan mittaustulokset eriteltyinä
- kiinteät asennukset
- kytkinlaitteen takaiset asennukset
- lämmityskaapeli-asennukset,
- SELV- ja PELV -järjestelmien asennukset ja
- sähköisen erotuksen sekä suojaerotetut asennukset
- oikosulkuvirtamittaukset keskusalueittain epäedullisemmissä pisteissä
- vikavirtasuojien toiminnan testaus toiminta-aikoiheen
- kiertosuunnan mittaus keskuskohtaisesti.

Jatkuvuusmittaukset todetaan tehdyiksi keskusalueittain. Mittaustuloksia ei tarvitse kirjata, mutta on todettava mittaustulosten perusteella vaatimusten täytyminen. Liitteessä 1 on esitetty ST-kortiston 51.21.05 käyttöönottopöytäkirja.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan lisäksi rakennuttajalle luovutettavia asiakirjoja ovat

- mittaustulokset eristysvastus-, oikosulkuvirta- ja vikavirtasuojakytkinmittauksista kirjattuna erilliseen pöytäkirjaan
- antennimittausten mittauspöytäkirjat
- yleiskaapelointimittauspöytäkirjat
- loppupiirustukset.

Liitteessä 2 on esitetty yleiskaapeloinnin mittauspöytäkirjan tuloste ja liitteessä 3 antenniverkon mittauspöytäkirja. Yleiskaapeloinnin mittauspöytäkirja on mittalaitteen PC-ohjelman tuottama tuloste. Antenniverkon mittauspöytäkirja on excel taulukko, johon kirjataan mittaustulokset, joiden perusteella taulukko laskee antennipisteen vaimennuksen ja kaltevuuden eri taajuuksien välillä.

5 Talotekniikan sähköasennusten tarkastukset ja mittaukset käytännössä

5.1 Kuvaus kohdetyömaasta

Kohdetyömaa on sairaalan laajennusosa, joka rakennettiin vanhan osan yhteyteen.

Laajennusosaan sisältyi

- seitsemän vuodeosastoa
- lattiapinta-ala n. 7000 neliötä
- kaksi viisikerroksista siipeä joita yhdistää n. 12 metriä korkea aulatila
- uusia vuodeosastoja 12, joissa potilashuoneita yhteensä on 110 kappaletta.

Uusiin tiloihin tehtiin myös suurkeittiö ja ruokala, kolme ilmanvaihtokonehuonetta, kolme väestönsuojaa, korjaamo sekä erilaisia teknisiä- ja varastotiloja. Osa potilashuoneista on kahden hengen huoneita. Varavoimakonetta ei kiinteistöön rakennettu, ainoastaan varavoimakeskus, jota syötetään tarvittaessa erillisellä siirrettävällä varavoimakoneella.

Jonkinlaisen kuvan kohteen käyttöönottomittausten määrästä antaa seuraavat asiat:

- valaisimia n. 2700
- pääkeskuksen lisäksi 28 ryhmäkeskusta
- potilaspaikkoja 122
- ristikytkentäkaappeja 14
- äänentoistojärjestelmä
- antennijärjestelmä.

5.2 Tarkastusten ja mittausten suunnittelu

Mittaussuorituksen huolellinen suunnittelu helpotti mittauksien tekemistä ja säästi aikaa itse mittauksen suorituksessa. Ensimmäiseksi tutustuttiin kohteen sähköpiirustuksiin ja suunniteltiin mittausjärjestys, eli mitä mitataan, miten mitataan, milloin mitataan ja kuka mittauksen suorittaa. On myös tärkeää miettiä, millaisia apuvälineitä mittaajalla on hyvä

olla mukana mittaustyön suorittamiseksi. Pääosin mittauksissa tarvittavat välineet olivat samat, mutta erilaisissa kiinteistöissä tarvittavat apuvälineet eroavat paljonkin toisistaan. Erot apuvälineiden osalta ovat lähinnä tarvittavien telineiden valinnassa, eli riittävätkö tikkaat tai telineet, vai tarvitaanko henkilönosturi.

Mittauksista suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen oli kaikkein suurin työ, joten sen suunnitteluun käytetty aika ei mennyt hukkaan. Jatkuvuusmittauksissa mittaajaa työllistää mitattavien pisteiden suuri määrä ja niiden sijainti.

Eristysvastusmittauksia suunniteltaessa huomioitiin mitattavissa ryhmissä olevat laitteet, jotka ovat herkkiä vaurioitumaan liian suuresta mittausjännitteestä. Näitä laitteita ovat muun muassa elektroniset liitäntälaitteet, taajuusmuuttajat ja elektronisia komponentteja sisältävät mittalaitteet. Varmin tapa selvittää asia oli olla yhteydessä laitetoimittajiin tai laitevalmistajiin.

Silmukkaimpedanssin, oikosulkuvirran mittauksen ja vikavirtasuojakytkimen testauksen suorittamista helpotettiin määrittelemällä mitattavat pisteet ja merkitsemällä ne työpiirustuksiin valmiiksi.

Koska mittalaitteen tallennusmahdollisuutta ei käytetty, täytettiin mittaustulosten kirjaamiseen tarvittavat pöytäkirjapohjat niin pitkälle, kun se mitattavasta keskusalueesta riippuen oli tarkoituksen mukaista. Esitäytetyt mittauspöytäkirjat helpottivat mittaustulosten kirjaamista ja osaltaan ohjasivat mittausten etenemistä. Lisäksi pöytäkirjojen täyttö toimistolla oli helpompaa kuin työmaa olosuhteissa, joten sekin helpotti mittaamista ja säästi aikaa.

5.3 Tarkastusten ja mittausten toteutus sairaalan vuodeosaston laajennustyömaalla

Aistinvaraista tarkastusta tehtiin koko ajan työmaan asennustapahtumien edetessä.

Käytännössä ammattimies tekee kyseistä tarkastusta automaattisesti eikä miellä sitä tarkastustoimenpiteeksi. Aistivarainen tarkastus ei kuitenkaan ole pelkästään asentajan tehtävä, sillä asennustapojen ja asennettavien laitteiden valvontaa tekee myös sähkötöistä vastaava työnjohtaja sekä sähkötöiden valvoja.

Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus oli tällaisessa kohteessa hyvin suuritöinen, koska mitattavia pisteitä oli suuri määrä ja mitattava alue laaja. Rakennukseen oli rakennettu erillinen potentiaalintasausjärjestelmä, joka oli asennettu päämaadoituskiskolta jokaiseen ryhmäkeskustilaan sijoitettuun potentiaalintasauskiskoon.

Mittaukset aloitettiin pääkeskustilassa sijaitsevalta päämaadoituskiskolta, tällä varmistettiin maadoituskiskojen välinen yhteys. Koska kiskojen välimatkat olivat pitkät, käytettiin mittauksessa apuna ryhmäkeskuksen nousujohdon suojamaadoitusjohdinta.

Kun potentiaalintasauskiskojen välinen yhteys oli todettu, mitattiin jatkuvuus keskusalueittain. Suojajohtimen jatkuvuus varmistettiin jokaisesta suojamaadoitetusta laitteesta ja sähköpisteestä. Valaisimia ja muita ylempänä sijaitsevia mitattavia pisteitä mitattaessa käytettiin mittaajan jatkona teleskooppisauvaa, jonka kärkeen kiinnitettiin mittapää. Tämä helpotti mittaajan työtä niin fyysisesti kuin ajallisestikin. Korkeissa tiloissa mittaaja joutui käyttämään telinettä tai henkilönostinta. Korkeissa tiloissa olevien ryhmien mittaukset onkin hyvä tehdä heti, kun asennus niiltä osin on valmis.

Valaisimien suojamaadoituksen toteaminen on usein hankalaa, koska metallista valmistettu valaisimen runko on osittain eristävän maalikerroksen peittämä ja heijastin on eristävää ainetta. Mittausta helpottaisi, jos valaisinvalmistaja ottaisi asian huomioon valaisinrunkoa valmistaessa ja jättäisi runkoon huomaamattoman mittauspisteen.

Potilashuoneiden vuoteiden hoitoalueelle asennetuille sähkölaitteille ja johtaville rakenteille vaaditaan lisäpotentiaalintasaus. Ryhmäkeskustilassa olevan maadoituskiskon ja potilashuoneessa olevaan potilaskouruun asennetun maadoituskiskon välinen yhteys todettiin mittaamalla, kuten myös kouruun sijoitetun maadoituskiskon ja jokaisen maadoitetun pisteen välinen yhteys erikseen. Edellä mainittuja maadoitettuja pisteitä olivat kourussa olevat pistorasiaryhmät, huoneen kattovalaisin, pistorasiakouru ja lämmityspatteri.

Lisäpotentiaalintauspisteiden sijoitukseen tulee kiinnittää huomiota, koska mittaus suoritetaan vasta, kun huonetilat ovat aivan valmiit. Usein mittauspisteet pyritään sijoittamaan mahdollisimman huomaamattomaan paikkaan, kuten alas lasketun katon sisään. Jokaiselle pisteelle tulee kuitenkin päästä rakennusvaiheen jälkeenkin tarkistusmittausten yhteydessä, koska maadoitettujen pisteiden kunnossapitotarkastus on tehtävä kuuden vuoden välein. (6, s. 450).

Hoitoalueella olevat pistorasiaryhmät joihin lisäpotentiaalintausausta ei ole tehty saattavat olla ongelmallisia, koska mittaustulos saa olla korkeintaan $0,1 \Omega$. Niissä ryhmissä johtavuutta voidaan parantaa käyttämällä ruuviliittimillä varustettuja pistorasioita, joissa liitos on parempi kuin jousiliitinrasioissa. Maadoitettujen pistorasioiden N- ja PE-johtimen oikea kytkentä todettiin varmimmin irrottamalla jatkuvuusmittauksen ajaksi ryhmän N-johdin ryhmäkeskuksen liittimeltä. Jos kytkentä olisi ollut väärä, se olisi ilmennyt testattaessa pistorasia testerillä, koska testeri olisi laukaissut vikavirtasuojan.

Eristysvastusmittauksia tehtiin tarpeen mukaan työmaan asennusten edetessä, näin välttyttiin ikäviltä yllätyksiltä asennuksien valmistuttua. Isommissa rakennuskohteissa pääkeskus on usein niin suuri, että se toimitetaan asennuspaikalle useammassa osassa. Näin tapahtui myös tässä kohteessa. Keskuksen kokoamisen jälkeen keskuksen eristysvastus mitattiin, mittauksella varmistuttiin keskuksen eristystilan olevan kunnossa. Myös kokonaisina toimitetut keskuksat kannattaa mitata heti asennuksen jälkeen, sillä kuljetuksen yhteydessä on saattanut syntyä vaurioita, jotka heikentävät keskuksen eristystilaa.

Nousukaapeleiden eristysvastus mitattiin pääkeskukseen kytkennän yhteydessä, vaikka niitä ei ollut vielä kytketty ryhmäkeskukseen. Nousukaapelit vedetään usein koneellisesti, jolloin kaapelin pinta voi vaurioitua sen osuessa johonkin terävään kulmaan, tai kaapelin eristysominaisuudet saattavat muuttua liian kovasta vedosta.

Lämmityskaapeleita asennettaessa mitattiin kaapelin silmukka ja eristysvastus ennen valua, sekä asennuksen että valun jälkeen. Asennuksen jälkeen mittauksella varmistuttiin, ettei lämmityskaapeli ollut vaurioitunut asennuksen yhteydessä ja mahdolliset liitokset olivat kunnossa. Heti valun jälkeen mittaus taas varmisti sen, ettei kaapeli ollut vaurioitunut valun yhteydessä. Mittaustulokset kirjattiin kaapelin mukana tulleeseen pöytäkirjaan. Lämmityskaapelin mittauspöytäkirja esitetty on liitteessä 3.

Koska tässä kuvattu kohde oli laajennustyömaa ja kiinteistön liittymä siirrettiin uuden rakennuksen pääkeskukseen, tehtiin eristysvastusmittaukset useammassa osassa. Uudisrakennuksen pääkeskus mitattiin ensimmäisessä vaiheessa kokonaisuudessaan lukuun ottamatta kiinteistökeskusosasta lähteviä ryhmiä. Nousukaapelit vanhalle pääkeskukselle mitattiin omana mittauksena ennen kuin ne kytkettiin vanhaan keskukseen. Tämä siksi, että sairaalan vanhan osan vuodeosastot olivat toiminnassa ja sähkökatkosaika oli minimoitava huolellisella valmistautumisella.

Kun potentiaalintasausjohtimen johtavuus vanhalle pääkeskukselle oli mitattu ja todettu määräysten mukaiseksi, voitiin kytkeä jännite uuteen pääkeskukseen. Tämän jälkeen mitattiin suurin oikosulkuvirta liittymän luona ja kirjattiin se pöytäkirjaan.



Kuva 23. Kiertosuunnan testaus.

Kiertosuunnan tarkistus tehtiin pääkeskuksessa olevasta voimapistoriasta kuvassa 23 esitetyllä kiertosuuntamittarilla.

5.4 Suojajohtimen jatkuvuusmittaus

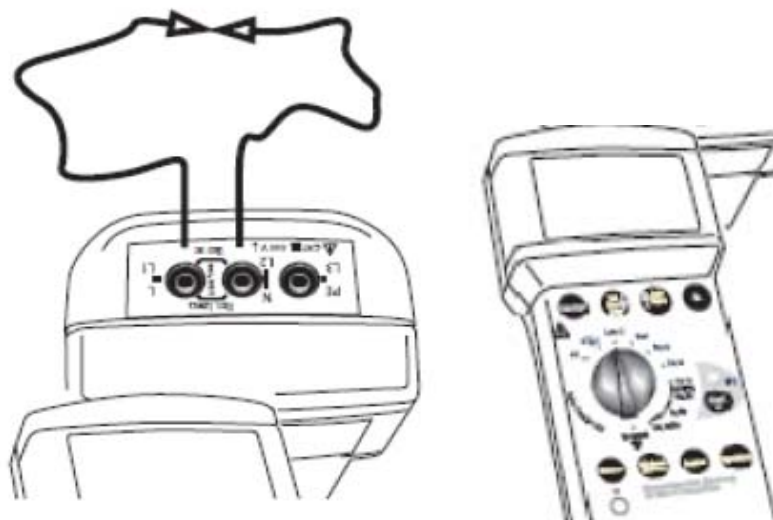
Uudisosan asennusten valmistuttua tehtiin varsinaiset käyttöönottotarkastukset ja mittaukset keskusalueittain. Mittaukset suoritettiin aloittaen mittaamalla ensin suojajohtimen jatkuvuus ja sen jälkeen asennusten eristystila. Edellä mainittu mittausjärjestys valittiin lähinnä sen vuoksi, että jatkuvuusmittauksissa ilmenneet viat saatiin korjatuksi ennen eristysvastuksen mittausta. Näin välttyttiin turhilta mittauskerroilta.

Osastojen ryhmäkeskukset olivat nelinapaisella pääkytkimellä, joten N- ja PE-johdin saatiin erotetuksi toisistaan kääntämällä pääkytkin auki asentoon. Ennen mittausten aloittamista varmistuttiin luotettavalla jännitteenkoettimella tai yleismittarilla asennusten jännitteettömyys. Mittausalueen laajuuden vuoksi suojajohtimen jatkuvuuden mittauksessa

käytettiin noin 30 m:n pituista apujohdinta. Apujohdon toinen pää kytkettiin ryhmäkeskustilassa olevaan potentiaalintasauskiskoon ja toinen pää mittalaitteen johtimeen.

Apujohtimesta aiheutuva ylimääräinen vastus kompensoitiin mittaustuloksen oikeellisuuden varmistamiseksi. Käytössä olleessa Unitest Telaris 0100 plus asennustesterillä kompensointi tehtiin liittämällä apujohdon toinen pää L1-liittimeen ja mittalaitteen L2-liittimessä oleva mittapää potentiaalintasauskiskoon, johon aiemmin kytkettiin apujohdon toinen pää.

Mittalaitteen aluevalitsin käännettiin resistanssimittaus asentoon ja painettiin kompensointipainiketta. Kompensoinnin onnistuessa mittalaitteen näytöstä luettiin lukema 0.00Ω . Lisäksi mittalaite antoi äänimerkin. Kuvassa 24 on esitetty mittausjohdon kompensointi edellä mainitulla mittalaitteella.



Kuva 24. Mittausjohdon kompensointi Unistes Telaris 01001 plus-asennustesterillä (13, s. 12).

Kun mittalaitteen kalibrointi oli tehty, aloitettiin mittaustyö. Suojajohtimen jatkuvuus varmistettiin jokaisen suojamaadoitetun sähkölaitteen tai sähköpisteen ja potentiaalintasauskiskon välinen yhteys.

Mittaustuloksen on yleensä oltava pienempi kuin 2Ω , ja potilashuoneissa hoitoalueelle sijoittuvat pisteet eivät saa olla arvoa $0,2 \Omega$ suurempi. Johtavuuden mittauksessa saaduista mittaustuloksista ei välttämättä tarvitse tehdä pöytäkirjaa.

Lisäpotentiaalilin tasausjohtimien johtavuus mitattiin jokainen piste erikseen, ja jokainen mitattu arvo merkittiin esitetyyn pöytäkirjaan huonekohtaisesti. Mittaustulos ei ollut yhdessäkään mittauksessa $0,1 \Omega$ suurempi. Tässä yhteydessä saatiin myös varmistetuksi, että lisäpotentiaalilin tasausjohtimien merkinnät kiskon päässä olivat oikeat.

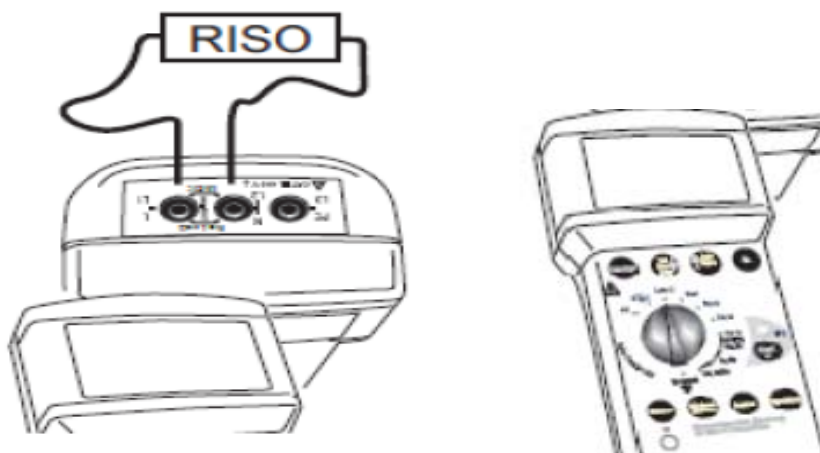
Jatkuvuusmittauksessa havaitut virheet ja puutteet kirjattiin muistiin mittauksen edetessä, jotta kaikki viat tulevat korjattua. Havaitut virheet korjattiin ennen eristysvastusmittausta, koska kytkentämuutoksen jälkeen on aina eristystila todettava uudestaan. Yleisimmät korjaustoimenpiteet johtuivat kytkentävirheestä, jossa maadoitetun pistorasian N- ja PE-johdin vaihtoi paikkaa tai PE-johtimen liitos jousiliittimillä varustetuissa pistorasioissa ei ollut riittävän hyvä.

Jousiliitoksen hieman heikko kosketus vaikutti mittaustulokseen niin vähän, että se tuotti ongelmia ainoastaan potilashuoneiden hoitoalueella olevissa pistorasioissa, koska niissä vaatimustaso oli suurempi. Joidenkin valaisimien suojaamaadoituksen toteamisessa oli vaikeuksia löytää valaisimesta sellainen piste, joka olisi johtava. Se oli hankalaa erityisesti kuvullisissa loistevalaisimissa, joissa kupu estää mittauspään viemisen valaisimen rungon sisäosiin ja valaisinrungon maalikerros on sen verran eristävä, ettei hyväksyttävää mittaustulosta saa aikaiseksi.

5.5 Sähkölaitteiden ja asennusten eristystilan mittaaminen

Seuraavaksi todettiin keskusalueen laitteiden ja asennusten eristystila. Mittauksia ennen kytkettiin keskuksen kaikki vaihejohtimet ja N-johdin yhteen. Tällä toimenpiteellä estettiin elektronisia komponentteja sisältävien laitteiden vaurioituminen, joita on valaisimissa jotka on varustettu elektronisella liitäntälaitteella, ja potilashuoneiden pistorasiakouruissa olevat heikkovirtalaitteet.

Valaisinryhmät, jotka ovat ns. kontaktorilähtöjä, mitattiin jokainen ryhmä erikseen tai painettiin kontaktorin kärjet kiinni mittauksen ajaksi. Koska keskuksen pääkytkin oli auki-asennossa, ja kytkin oli nelinapainen, eli se katkaisi myös N-johtimen, oli se erossa PE-johtimesta. Se varmistettiin vielä yleismittaria käyttäen. Johdonsuoja-automaatit käännettiin kiinni-asentoon, näin saatiin myös ryhmien vaihejohtimet mittauksen piiriin. Mittajohtimet kytkettiin testauslaitteen L1- ja L2-liittämiin ja keskuksen N- ja PE-liittämiin ja valintakytkin eristysvastusmittaus asentoon. Mittausjännitteeksi valittiin 500 V. Kuvassa 25 on esitetty eristysvastusmittaus.



Kuva 25. Eristysvastusmittaus (13, s 13).

Mittaus aloitettiin painamalla ”START”-painiketta. Mittalaitteen antama suurin arvo on 199.9 M Ω , jolloin mittaustulos on erityisen hyvä. Hyväksyttävän mittaustuloksen arvo on oltava vähintään 1 M Ω . Jos mitattu arvo on alle 1 M Ω , etsitään arvoa heikentävä

keskuksesta lähtevä ryhmä irrottamalla keskuksen liittimistä ryhmä kerrallaan, niin kauan kunnes mittausta arvo nousee yli 1 M Ω . Etsiminen kannattaa aloittaa irrottamalla ensin ryhmien PE-kiskosta ryhmän suojajohdin sellaisista ryhmistä, joissa ei ole ylijännitteestä vaurioituvia komponentteja.

Kun eristysvastusmittauksen mittauksessa saavutettiin hyväksyttävä arvo, kirjattiin mittaustulos pöytäkirjaan ja purettiin mittausta varten tehdyt kytkennät. Tämän jälkeen kytkettiin keskuksen jännite, joka varmistetaan luotettavalla jännitteenkoettimella.

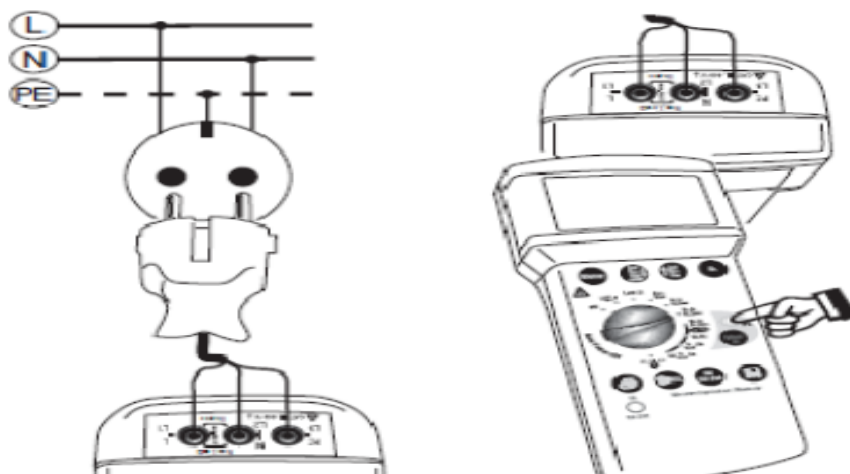
Eristysvastusmittauksissa havaittuja vikoja aiheutti enimmäkseen elektronisilla liitäntälaitteilla varustetut valaisimet, joiden eristystaso oli hieman heikko. Lisäksi valaisimen kasausvaiheessa oli vaihejohdin jäänyt puristuksiin kytkentätilan kannen ja valaisimen rungon väliin, jolloin eristystaso asennuksessa heikkeni alle vaaditun 1 M Ω .

5.6 Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattisen poiskytkennän tarkistus tehtiin mittaamalla keskusalueen ryhmien kauimpana olevasta pistorasiasta. Mittalaite mittaa ryhmän äärijohtimen ja suojajohtimen välisen silmukan impedanssin, jonka perusteella TELARIS-0100 plus -testauslaite määrittää laskennallisesti ryhmän oikosulkuvirran.

Mittaus suoritettiin kytkemällä mittajohtimet testauslaitteen L1-, N- ja PE-liittämiin ja mittajohdon toisessa päässä oleva pistotulppa asetettiin mitattavaan pistorasiaan.

Valintakytkin asetettiin asentoon ”Ri Ik”. Mitattaessa ryhmää, jossa on vikavirtasuojakytkin, valintakytkin asetettiin asentoon ”Rs Ik”, jolloin mittaus ei laukaise vikavirtasuojaa. Kuvassa 26 on esitetty silmukkaimpedanssin ja oikosulkuvirran mittaus.



Kuva 26. Oikosulkuvirran ja silmukkaimpedanssin mittaus (13, s. 15).

Mittaus käynnistyi painettaessa ”START”-painiketta. Testilaitteen näytöstä luettiin mitatun ryhmän silmukan vastusarvo ja mittalaitteen määrittämä oikosulkuvirta-arvo, jotka kirjattiin pöytäkirjaan.

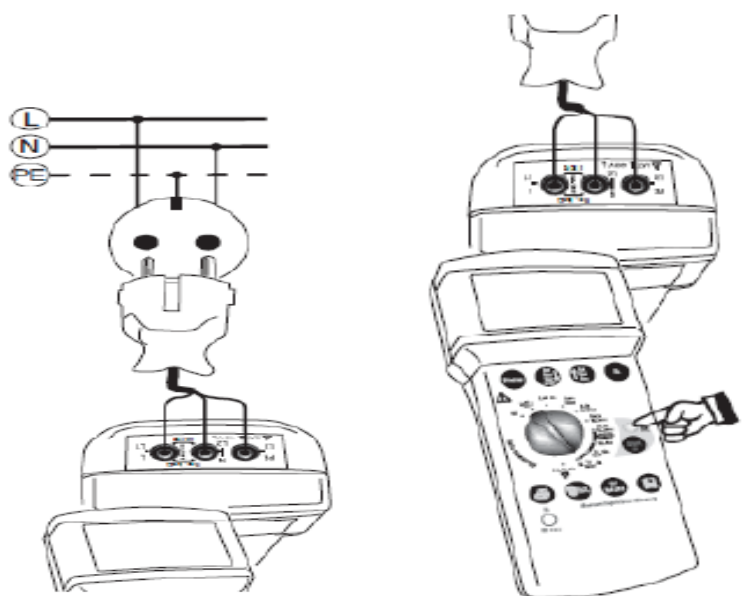
Saatuja mittaustuloksia verrattiin taulukossa 4 esitettyihin johdonsuojien vaatimiin oikosulkuvirtoihin. Vastaavasti jos kyseessä on tulppasulakkeet, mittaustuloksia verrataan taulukon 5 mukaan.

Oikosulkuvirtojen mittaustuloksiin vaikutti epäedullisesti kytkentäpintojen likaisuus. Pistorasioiden maadoitusliuskoissa oli maalia tai rakennuspölyä, joka saattoi vaikuttaa ratkaisevasti mittaustuloksiin.

5.7 Vikavirtasuojakytkimen testaus

Vikavirtasuojakytkimien testaus aloitettiin testaamalla jokainen keskuksessa ja käytössä olevan vikavirtasuoja manuaalisesti painamalla testipainiketta, jolloin laitteen tulee toimia, ja katkaista jännite kyseisestä piiristä. Telaris-testilaitteella todetaan vikavirtasuojakytkimen laukaisuaika ja kosketusjännite. Mittalaitteen mittajohto ja kytkentä on sama kuin oikosulkuvirran mittauksessakin, ainoastaan valintakytkin vaihdetaan asentoon ”RCD” ja nuolinäppäimellä valitaan mitattavan suojakytkimen nimellisvirta. Mittaustulos saadaan näyttöön painamalla ”START”-painiketta. Saadut arvot kirjataan mittauspöytäkirjaan.

Koska potilashuoneiden kaikki ryhmät oli varustettu vikavirtasuojakytkimillä (kuva 27), niiden määrä oli hyvin huomattava, joten käytimme mittaustyössä kahta henkilöä. Toinen kiersi ryhmiä läpi testauslaitteen kanssa ja toinen oli keskuksella seuraamassa laitteen toimintaa ja palautti vikavirtasuojalaitteen takaisin normaali tilaan. Käytössämme oli myös radiopuhelimet, joka helpotti kommunikointia testaajien välillä. Näin saimme myös varmuuden keskuksen nimikoinnin paikkansapitävyydestä.



Kuva 27. Vikavirtasuojakytkimen laukaisuaajan ja kosketusjännitteen mittaus (13, s. 26).

Vikavirtasuojakytkin testaus osoitti, että niiden toimintavarmuus oli erittäin hyvää luokkaa. Laitteiden suuresta määrästä huolimatta oli viallisia häviävän vähän, ja nekin olivat pääosin mekaanisia vikoja.

KytKentävirhe löytyi ainoastaan yhdestä ryhmästä, jossa N-johdin oli kytketty suoraan N-kiskoon, eikä kiertänyt vikavirtasuojakytkimen läpi niin kuin sen olisi pitänyt mennä.

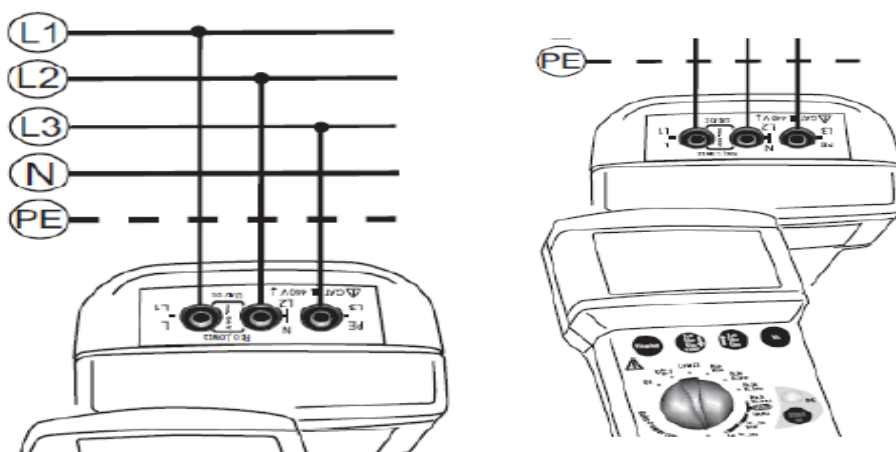
KytKentävirhe johtui keskusvalmistajan kytkennöistä.

5.8 Kiertosuunnan testaus

Kiertosuunnan tarkistus on tehtävä keskuskohtaisesti, jotta todetaan vaihejärjestyksen pysymisen samana kaikissa kiinteistön keskuksissa. Käytännössä se säilyykin, koska kaapeleiden johtimet kytketään määrättyssä värijärjestyksessä.

Testaus suoritettiin kytkemällä mittalaitteen johtimet varalla olevaan kolmivaihe ryhmään, näin saimme tehdä kytkentätyön jännitteettömään liittimeen johdonsuojakytkimen ollessa auki.

Laitteeseen johtimet kytkettiin liittimiin L1, L2 sekä L3, ja valintakytkin asentoon kello kuusi, jossa on kiertosuunnan symboli. Painettaessa ”START”-painiketta näyttöön ilmestyy numerot 1, 2 ja 3 kiertosuunnan ollessa oikealle ja 2,1 ja 3 kiertosuunnan ollessa vasemmalle. Kuvassa 28 on esitetty mittauksen kytkentä.



Kuva 28. Kiertosuunnan tarkistusmittaus (13., s 29).

5.9 Antenniverkon mittaus

Antennijärjestelmän toimivuus todetaan suunnitteluvaiheessa laskemalla antenniverkon komponenttien aiheuttamat vaimennukset. Lisäksi verkon valmistuttua mitataan jokainen antennipiste eri kanavien taajuuksilla. Testauksen edellytyksenä on, että verkkoon syötetään signaali joko järjestelmäkohtaisella antennilla tai kaapeliverkossa, jossa signaalin syöttää verkkoon kaapeliyhtiö. Signaalia voidaan syöttää myös kohinageneraattorilla.

Mittaus aloitettiin mittaamalla vahvistimen antama ulostulotaso taajuuksilla 47 Mhz, 471 Mhz ja 862 Mhz. Mittaustulokset kirjattiin pöytäkirjaan kohtaan lähtötasot K2, K21 ja K69. Tämän jälkeen mitattiin jokainen antennipiste erikseen vastaavilla taajuusalueilla, ja tulokset kirjattiin mittauspöytäkirjaan. Pöytäkirjaan kirjattujen mittaustulosten perusteella laskentaohjelma laski valmiiksi vaimennukset kullakin taajuudella ja alimman sekä ylimmän taajuuden vaimennusten välisen eron, eli kaltevuuden. Mittaukset suoritettiin jokaisesta antennipistorasiasta, jotta saatiin varmuus verkon täydellisestä toimivuudesta. Liitteessä yhdeksän on esitetty kohteen osa-alueen mittaustulokset.

Suunnitelmat kohteessa antennijärjestelmän osalta oli laskennallisesti oikeat, yhtä antennihaaraa lukuun ottamatta. Koska antennipiste oli kaapeloitu Tellu 13-kaapelilla, ja

sen pituus oli noin 80 m, sen vaimennus nousi niin suureksi, ettei mittaustulos täyttänyt vaatimuksia. Vian korjaamiseksi jouduttiin vaihtamaan pisteelle Tellu 7-kaapeli, jonka vaimennus oli pienempi.

5.10 Äänentoistojärjestelmän kaiutinlinjojen impedanssin mittaus

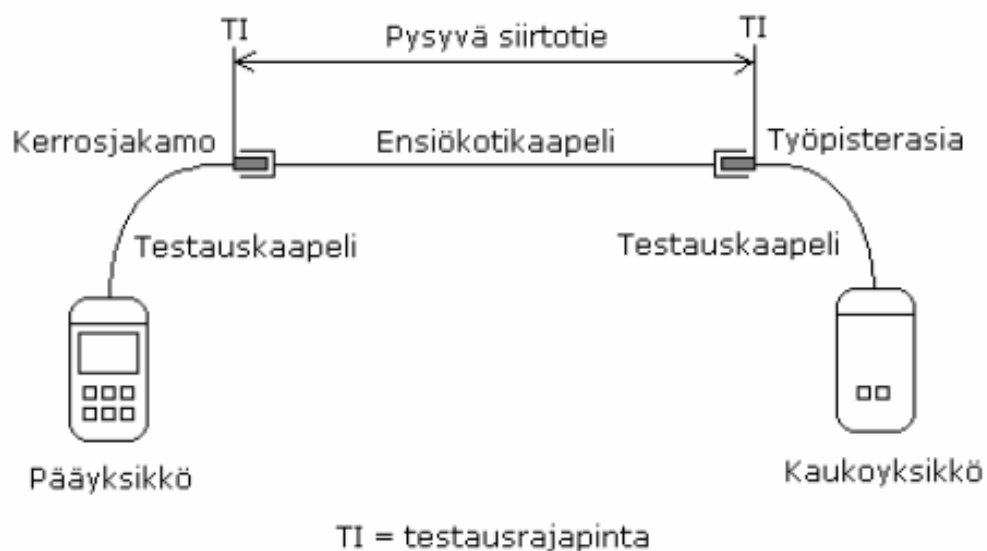
Äänentoistojärjestelmän toimivuuden varmistamiseksi suoritettiin kaiutinlinjojen impedanssimittaus. Mittaustuloksen perusteella todettiin, että kaiuttimet oli kytketty oikein ja että kaiuttimien lukumäärä oli suunnitelmien mukainen. Koska kaiutinlinjat olivat pitkiä ja asennettavia kaiuttimia paljon, oli virhekytkentöjen mahdollisuus hyvinkin suuri.

5.11 Yleiskaapelointijärjestelmän mittaus

Yleiskaapelointijärjestelmä kaapelointi oli toteutettu CAT6-kategorian kaapeleilla ja runkokaapelointi valokuitukaapelilla. Mittaukset aloitettiin mittaamalla ristikytkentä kaappien välisistä runkokaapeleista. Kuidut mitattiin testerillä yksisuuntaisesti, koska kaapeleissa oli liittämistarvikkeet vain molemmissa päissä.

Valokuitukaapeleiden hitsaukset oli tehty erittäin hyvin ja tarvikkeet olivat hyvä laatuista, koska mittaustuloksissa saadut kaapeleiden vaimennukset olivat alle sallittujen maksimiarvojen.

Kerroskaapeloinnin mittaukset suoritettiin ns. pysyvän siirtotien osalta, eli mitattiin jokainen piste kerrosjakamon paneelissa olevan RJ-45-liittimen ja työpisteessä sijaitsevan RJ-45-liittimen välinen yhteys standardien vaatimusten mukaiseksi. Kuvassa 29 on esitetty eri mittaustapojen testauskoonpanoja.



Kuva 29. Yleiskaapelointijärjestelmän pysyvän siirtotien testauskoonpano (16, s. 22).

Mittauksessa käytettiin Fluke Osp-4x00/LT-mittalaitetta. Testerin valikosta valittiin oikea spesifikaatio, joka tässä tapauksessa oli ISO/IEC 11801 Class E Permanent link.

Seuraavaksi määriteltiin käytetyn kaapelin mukainen nopeuskerroin mittalaitteeseen.

Varsinainen mittaus aloitettiin kytkemällä laitteen pääyksikkö kerrosjakamon RJ45-liittimeen kyseiseen mittaukseen tarkoitetulla mittapäällä ja kaukoyksikkö kytkettiin mittapään avulla työpisteen RJ45-liittimeen. Mittalaite ilmoittaa laitteen näytössä tuloksen, josta käy ilmi, onko testi hyväksytty vai hylätty. Hyväksytty tulos näkyi raportissa merkinnällä ” Pass” ja hylätty merkinnällä ”Fail”. Jos mittaustulos oli lähempänä hyväksymis- tai hylkäämisrajaa kuin testerin tarkkuus, tuli näyttöön merkki ” Pass* ” tai ” Fail* ”, jotka ovat ns. rajatuloksia. (12, s.236)

Testauksen suorittamisen jälkeen mittauksen tulokset tallennettiin laitteelle, josta ne purettiin tietokoneelle. Raportit luovutettiin rakennuttajalle sähköisessä muodossa.

Hylättyjen mittaustulosten määrä ei ollut kovinkaan suuri huomioon ottaen kohteen laajuuden. Korjattavien asennusten syitä oli vialliset RJ45-liittimet, kaapelia asennettaessa liian kireälle vedetyt nippusiteet ja väliseiniä tehdessä vaurioituneet kaapelit.

6 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä keskityttiin kuvaamaan talotekniikan käyttöönottotarkastusten sähkömittauksia, niihin vaikuttavaa lainsäädäntöä ja asetuksia sekä ohjeita, mittareita ja mittaustekniikkaa. Työssä kuvattiin sairaalan vuodeosaston laajennustyömaan osalta suoritettuja käyttöönottotarkastuksia ja niihin liittyviä mittauksia. Työssä pyrittiin tuomaan esille tarkastus- ja mittaustoimenpiteiden suoritus mahdollisimman luotettavalla ja yksinkertaisella tavalla. Lait, asetukset ja ohjeet määrittelevät tarkasti talotekniikan sähköasennusten tarkastuksia ja mittauksia ja vaikuttavat olennaisesti tarkastusten ja mittausten toteuttamiseen.

Insinööriyössä kuvatun kohdetyömaan mittauksia tehtäessä havaittiin, kuinka suuri merkitys on mittausten etukäteissuunnittelulla; mitä mitataan, miten mitataan, koska mitataan ja kuka mittauksen suorittaa. Mittauksia suunniteltaessa oli haasteena lähdeaineiston laajuus, tiivistettyä tietoa talotekniikan käyttöönottotarkastusten sähkömittauksista oli vaikea löytää. Tämä johtui joko puutteellisista tiedonhankintamenetelmistä tai siitä, ettei tiivistettyä tietopakettia/ohjetta ole. Huolellinen suunnittelu helpottaa mittausten tekemistä ja säästää aikaa itse mittausten suorituksessa.

Eristysvastusmittauksia tehtäessä tulee kiinnittää huomiota laitteisiin, jotka ovat herkkiä vaurioitumaan liian suuresta mittausjännitteestä. Näin vältetään laitteistojen vaurioituminen. Esimerkkikohteen pistorasioiden mittaaminen aiheutti ongelmia, koska jousiliittimillä varustettujen pistorasioiden suojamaadoituksen johtavuus oli joissakin ryhmissä riittämätön. Ongelma ratkaistiin vaihtamalla pistorasiat ruuviliittimillä varustettuihin pistorasioihin. Valaisimien johtavuusmittauksissa havaittiin ongelmia, koska metallista valmistettu valaisimen runko oli osittain eristävän maalikerroksen peittämä ja heijastin oli eristävää ainetta. Näin ollen valaisimen pintamateriaalit olivat niin eristäviä, että johtavaa pistettä oli vaikea löytää. Valaisinvalmistajien tulisi valmistusvaiheessa jättää valaisimiin mittauspiste, tämä nopeuttaisi huomattavasti mittaamista.

Lähteet

- 1 Sähköturvallisuuslaki 410/1996 (muutokset 634/1999, 893/2001 kohta 26 ja 913/2002)
- 2 Sähkötarkastukset. (WWW.dokumentti). <http://www.em-sahkopalvelut.fi/palvelut>.
Luettu 29.2.2009.
- 3 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös (517/1996 ja 30/2003).
- 4 Tiainen Esa, Saastamoinen Arto, Sähköinfo Oy, Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto Oy, SFS 6000 muutokset 2007.
- 5 Tarkastustoiminta. (WWW-dokumentti).
http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/mat_esite2008.pdf.
Luettu 21.4.2009
- 6 Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus. SFS-käsikirja 600. Suomen standardisoimisliitto ry, 2007.
- 7 Kamppi, Jari. Sähköasennusten tarkastukset. Insinööriyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, 2005.
- 8 Niemi, Harri. Käyttöönottotarkastukset. Teknikkotyö. Mikkelin ammatti-instituutti, 1999.
- 9 Työturvallisuus. (www.dokumentti).
<http://www.sedu.fi/tyoturvallisuus/mukana/sahko>. Luettu 20.4.-25.5.2009.
- 10 Vikavirtasuojan testaus. (WWW.dokumentti). <http://www.stul.fi>. Luettu 20.4.-25.5.2009.

- 11 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähköturvallisuuden edistämiskeskus ry. Julkaisu D1-22002, 2005.
- 12 Yleiskaapelointijärjestelmät. ST-käsikirja 16, 2008.
- 13 Unites BEHA, käyttöohje.
- 14 Sundgren Matti, Käyttöönottotarkastukset, luentomateriaali.
- 15 Tarkastusmittaus. (WWW.dokumentti). <http://www.amk.fi/opintojaksot>. Luettu 28.5.2009.
- 16 Järvinen, Olli. Omakotitalon kotiverkko. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, 2008.
- 17 Asuinkiinteistön tietoverkko-opas. Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijoiden liitto, 2001.
- 18 Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. ST-käsikirja 33, 2007



ST 51.21.05

1 (4)

Pöytäkirjan nro _____

**KÄYTTÖÖNOTTO-
TARKASTUSPÖYTÄKIRJA**

Käyttöönottotarkastuksen osatarkastus <input type="checkbox"/>			
Käyttöönottotarkastus <input type="checkbox"/>			
Muu <input type="checkbox"/>			
PERUSTIEDOT			
Kohteen tiedot	Työnumero	Kohteen nimi ja yksilöinti	Osoite ja postitoimipaikka
Sähkölaitteiston rakentaja	Rakentajan nimi	Osoite ja postitoimipaikka	
	Sähkötöiden johtaja		
	Puhelinnumero	Sähköpostiosoite	
1. AISTINVARAINEN TARKASTUS			
Koko kohde <input type="checkbox"/> Vain kyseinen keskusalue <input type="checkbox"/>			
a)	Sähköiskulta suojaus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom! _____		
b)	Palosuojaus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom! _____		
c)	Johtimien valinta	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom! _____		
d)	Suoja-, käyttö- ja valvontalaitteet	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom! _____		
e)	Erotus- ja kytkentälaitteet	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom! _____		
f)	Sähkölaitteiden suojausmenetelmät	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom! _____		
g)	Nolla- ja suojajohtimien tunnuksot	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom! _____		
h)	Yksivaiheiset kytkinlaitteet	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom! _____		
i)	Dokumentit, varoituskilvet yms.	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom! _____		
j)	Tunnistettavuus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom! _____		
k)	Johtimien liitosten sopivuus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom! _____		

2 (4)

Pöytäkirjan nro _____

1. AISTINVARAINEN TARKASTUS (jatkuu)

l) Suojajohtimien olemassa olo Kunnossa Ei sisälly
 Maadoituselektrodin rakenne:
 Perustusmaadoitus
 Muu, mikä? _____
 Perustelut _____

m) Sähkölaitteiston vaatima tila Kunnossa Ei sisälly
 Huom! _____

n) Erikoistilat Kunnossa Ei sisälly
 Kohdetta koskevat erikoistilat:
 Lääkintatila Liite _____
 Räjähdyshaarallinen tila Liite _____
 Liite _____

KESKUKSEN NIMI JA TUNNUS:

2. SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, maadoitus-, pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimet)

Todettu kaikista laitteista ja pistorasioista Suurin resistanssi _____ Ω , ryhmässä _____
 Jatkuvuus todettu vaatimusten mukaiseksi
 Liitteet: _____

3. ERISTYSRESISTANSSI

Kohde	Ryhmä nro	$R_e/M\Omega$	Huom	Kohde	Ryhmä nro	$R_e/M\Omega$	Huom

Lisää rivi Poista viimeinen rivi

Eristysresistanssit todettu vaatimusten mukaisiksi
 Erikoistoimenpiteet mittausten suorittamisessa: _____
 Liitteet: _____

4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

	I_k/A	Z_k/Ω	Suojalaite	In/A (suojalaitteet)
Keskus				
Epäedullisin piste (0,4 s)				
Epäedullisin piste (5,0 s)				

Lisää rivi Poista viimeinen rivi

Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu mittaamalla
 Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu laskemalla
 Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset

Liitteet: _____

Vikavirtasuojat

Tyyppi ja käyttö-tarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/mitattu arvo		Painike-testaus	Tyyppi ja käyttö-tarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/mitattu arvo		Painike-testaus
		t/ms	$I_{\Delta n}$				t/ms	$I_{\Delta n}$	

Lisää rivi Poista viimeinen rivi

Toiminnot todettu standardien vaatimusten mukaisiksi Käyttötarkoitus: VS = vikasuojaus, LS = lisäsuojaus, PS = palosuojaus
 Liitteet: _____

3 (4)

Pöytäkirjan nro _____



5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS	
Keskus <input type="checkbox"/>	3-vaihepistorasiat <input type="checkbox"/> Ei sisälly asennukseen <input type="checkbox"/>
6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT	
Koneet ja laitteet <input type="checkbox"/>	Toiminnalliset kokonaisuudet <input type="checkbox"/> Ei sisälly asennukseen <input type="checkbox"/>
7. EMC-SUOJAUS	
EMC-suojauksen toteuttamiseksi on kohteessa käytetty seuraavia menetelmiä	
TN-S-järjestelmä <input type="checkbox"/>	
Muuta, mitä? _____	
Liitteet: _____	
Sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain ja valtioneuvoston asetuksen (1466/2007) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset <input type="checkbox"/>	
8. HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE	
Kohteen kunnossapito-ohjelma vaaditaan <input type="checkbox"/>	
ei vaadita <input type="checkbox"/>	
Kohteessa on huolto- ja kunnossapito-ohjelma <input type="checkbox"/>	
Kohteessa on käyttö-, huolto- ja kunnossapito-ohjeet <input type="checkbox"/>	
Kohteessa on poistumisreitivalaistus <input type="checkbox"/>	Kohteessa on poistumisreitivalaistusta koskeva kunnossapito-ohjelma <input type="checkbox"/>
9. SEURAAVA MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS	
Kohde: vaaditaan <input type="checkbox"/>	määräaikaistarkastuksen ajankohta _____
ei vaadita <input type="checkbox"/>	
Huom! _____	
10. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA KÄYTETYT STANDARDIT	
Toteutuksessa on käytetty standardikäsi kirjaa SFS 600/20 _____ ja	
muuta, mitä? _____	
Kohde on todettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi <input type="checkbox"/>	
11. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)	
<input type="button" value="Lisää tarkastuksen tekijöitä"/> <input type="button" value="Poista tarkastuksen tekijöitä"/>	
Päiväys	Päiväys
Allekirjoitus ja nimen selvennys	Allekirjoitus ja nimen selvennys
Mittauksissa käytetyt mittalaitteet:	

4 (4)

Pöytäkirjan nro _____

12. LUOVUTUSMERKINTÄ	
a)	Ilmoitus kohteen valmistumisesta tehty: Verkkooyhtiö <input type="checkbox"/> Verkkooyhtiön nimi _____ TUKES <input type="checkbox"/>
b)	Käytön opastus <input type="checkbox"/> Sovittu pidettäväksi pvm ____ 20__
c)	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen <input type="checkbox"/> Liitteet: _____
d)	Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu <input type="checkbox"/> Luettelo piirrustuksista ja dokumenteista:
Lisätietoja:	
Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvennys
13. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS	
Olen vastaanottanut kohdassa 12, Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritukset. Pöytäkirja säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaitteiston käyttöajan.	
Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvennys

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan täyttöohje, ks. liite 1.
Mittauksissa tarvittavaa perustietoa, ks. liite 2.

Cable ID: ATK 1

Date / Time: 29.05.2009 13:22:26
Headroom: 3.4 dB (NEXT 36-45)
Test Limit: TIA Cat 5e Perm. Link
 Cable Type: UTP 100 Ohm Cat 5e
 Fault Anomaly Threshold: 15%

Operator: KYLLIKKI
 Software Version: 3.925
 Limits Version: 5.17
 NVP: 69.0%
 Shield Test: N/A

Test Summary: PASS

Model: DSP-4000
 Main S/N: 7483012
 Remote S/N: 7483012
 Main Adapter: LIA 101
 Remote Adapter: LIA 101


Wire Map 1 2 3 4 5 6 7 8 S

PASS

```

                | | | | | | | |
                1 2 3 4 5 6 7 8
            
```

Length (m), Limit 90.0	[Pair 45]	5.4
Prop. Delay (ns), Limit 498	[Pair 12]	27
Delay Skew (ns), Limit 44	[Pair 12]	1
Resistance (ohms)		N/A
Insertion Loss Margin (dB)	[Pair 36]	19.4
Frequency (MHz)	[Pair 36]	100.0
Limit (dB)	[Pair 36]	21.0



	Worst Case Margin		Worst Case Value	
PASS	MAIN	SR	MAIN	SR
Worst Pair	36-45	36-45	36-45	36-45
NEXT (dB)	3.9	3.4	4.0	3.5
Freq. (MHz)	98.2	98.2	99.2	99.4
Limit (dB)	32.5	32.5	32.4	32.4
Worst Pair	36	36	36	36
PS NEXT (dB)	6.6	5.2	6.7	5.2
Freq. (MHz)	99.4	99.4	99.6	99.4
Limit (dB)	29.4	29.4	29.3	29.4

PASS	MAIN	SR	MAIN	SR
Worst Pair	36-78	36-78	36-78	36-78
ACR-F (dB)	16.5	16.4	17.6	17.4
Freq. (MHz)	1.1	1.1	93.4	92.8
Limit (dB)	57.8	57.8	19.2	19.3
Worst Pair	78	78	78	78
PS ACR-F (dB)	18.2	18.5	19.8	20.3
Freq. (MHz)	1.3	1.0	94.4	100.0
Limit (dB)	53.4	55.6	16.1	15.6

PASS	MAIN	SR	MAIN	SR
Worst Pair	36-45	36-45	36-45	36-45
ACR-N (dB)	12.3	11.6	23.4	23.0
Freq. (MHz)	2.3	2.5	99.2	99.4
Limit (dB)	55.6	55.0	11.5	11.4
Worst Pair	36	36	36	36
PS ACR-N (dB)	14.3	14.2	26.0	24.6
Freq. (MHz)	2.9	2.8	99.6	99.4
Limit (dB)	50.7	51.0	8.4	8.4

PASS	MAIN	SR	MAIN	SR
Worst Pair	36	45	36	45
RL (dB)	23.7	28.7	23.7	28.7
Freq. (MHz)	100.0	100.0	100.0	100.0
Limit (dB)	0.0	0.0	0.0	0.0

Compliant Network Standards:

10BASE-T	100BASE-TX	100BASE-T4
100BASE-T	ATM-25	ATM-51
ATM-155	100VG-AnyLan	TR-4
TR-16 Active	TR-16 Passive	

LinkWare Version 4.0

			Lähtötasot				
Kohde			K2 = 99				
Tekijä			K21 = 97				
Pvm			K69 = 94				
Mittauspiste	K2=47Mhz		K21=471Mhz		K69=862Mhz		Kaltevuus 47-862Mhz
	Arvo	Vaimennus	Arvo	Vaimennus	Arvo	Vaimennus	
B 4.045	69,3	30	66,5	31	58,6	35	5
B 4.046	70,8	29	66,4	31	58,6	35	6
B 4.048	70	29	67,1	30	58,3	36	7
B 4.050	70,5	29	67,5	30	59,5	34	5
B 4.052	69,8	30	67,3	30	58,5	35	6
B 4.057	70,2	29	66,2	31	58,3	36	6
B 4.058	70,3	29	66,7	31	59,2	35	5
B 4.061	71,3	28	67,5	30	60,1	34	6
B 4.065	70,8	29	65,8	31	57,1	37	8
B 3.045	71,1	28	66,6	31	58,4	35	7
B 3.046	72	27	67,3	30	60,1	34	6
B 3.048	71,4	28	67,5	30	59,7	34	6
B 3.050	71,9	28	67,8	29	59,7	34	7
B 3.052	72	27	67,1	30	59,7	34	7
B 3.057	70,4	29	66,5	31	58,5	35	6
B 3.058	70,9	29	67,5	30	58,9	35	6
B 3.061	70	29	67,7	30	60,5	33	4
B 3.065	71	28	66,4	31	58,1	36	8
B 2.045	72,4	27	68,1	29	61,2	33	6
B 2.046	72,9	27	67,9	29	61,9	32	5
B 2.048	71,5	28	67,2	30	61,9	32	4
B 2.050	71,6	28	67,5	30	62,1	32	4
B 2.052	70,9	29	67,3	30	60,6	33	5
B 2.057	71,4	28	67,1	30	60,7	33	5
B 2.058	71,6	28	67,2	30	60,7	33	5