

**KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU
TEKNIikka**

Koskenvuori Tomi

Sähköturvallisuusmittaukset sähkökonekorjaamoissa

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Sähkövoimatekniikka
Kemi 2010

ALKUSANAT

Tätä työtä tehdessä koin kehittyväni monella tapaa insinöörille tärkeillä osaamisalueilla. Työ oli mielenkiintoinen ja haastava ja sen tekeminen oli antoisaa.

Kiitän Sähköhuolto Tissari Oy:n koko henkilökuntaa työn tekemisen tukemisesta sekä erityisesti Jorma Tissaria, joka on vuosien aikana opettanut minulle sähköstä hyvin paljon ja Antti Thitziä, joka osallistui pohdintoihini hitsauskoneiden turvallisuusmittauksista.

Kiitän myös suuresti Juha ja Anne Kärkeä, jotka järjestivät minulle majoituksen aina koulunkäyntiviikonlopuiksi. Ilman sitä, ei insinööriopinnoistani olisi tullut mitään. KFD!

Kaikkein suurin kiitos kuuluu vaimolleni Heini Koskenvuorelle, joka on jaksanut tukea ja auttaa minua koko insinöörikoulutukseni ajan. Kiitos.

Kuopiossa 11.5.2010

Tomi Koskenvuori

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Tomi Koskenvuori
Opinnäytetyön nimi	Sähköturvallisuusmittaukset sähkökonekorjaamoissa
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	11.5.2010
sivumäärä	43 + 9 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Insinööri Antero Martimo
Yritys	Sähköhuolto Tissari Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Toimitusjohtaja Jorma Tissari

Työn tarkoituksena oli tehdä selvitys viranomaisten vaatimuksista ja ohjeista koskien sähkökonekorjaamon korjattujen ja huollettujen sähkölaitteiden sähköturvallisuusmittauksia ja muodostaa näiden ohjeiden pohjalta ohjeistus, kuinka sähkökonekorjaamossa nämä mittaukset toteutetaan sekä rakentaa tarvittavat sähköturvallisuusmittauspisteet mittauksien suorittamista varten. Tarkoituksena oli myös ideoida, kuinka mittauksia voitaisiin tulevaisuudessa kehittää. Työ tehtiin Sähköhuolto Tissari Oy:n tilauksesta, ja työn tuloksena syntynyt ohjeistus on suunniteltu työn tilaajan käyttöön, mutta se on sovellettavissa myös muihin sähkökonekorjaamoihin.

Työ aloitettiin selvittämällä työn tilaajan vaatimukset työlle sekä selvittämällä muut seikat, jotka vaikuttavat työn lopputulokseen. Tämän jälkeen tutustuttiin sähköturvallisuuslainsäädäntöön ja -asetuksiin sekä eri viranomaisohjeisiin, joita sähköturvallisuusmittauksista on julkaistu. Tämän jälkeen perehdyttiin keskeisesti työn aihepiiriin kuuluviin ohjeisiin ja standardeihin tarkemmin. Lieväksi ongelmaksi muodostui osan ohjeistuksen ylimalkaisuus, joka jätti tulkinnan varaa tarkkojen vaatimusten suhteen. Tämän takia otettiin yhteyttä suoraan sähköturvallisuusviranomaiseen ja pyydettiin tarkennusta. Sähköturvallisuusviranomaisen vastauksien ja ohjeiden tarkemman tutkimisen jälkeen saatiin kuitenkin muodostettua kattava kuva vaadituista sähköturvallisuusmittauksista ja niiden suorittamistavoista sekä siitä, miten tehdyt mittaukset tulee dokumentoida.

Tämän jälkeen rakennettiin Sähköhuolto Tissari Oy:n tiloihin sähköturvallisuusmittauspisteet, joissa pystyttiin toteuttamaan viranomaisten vaatimusten mukaiset sähköturvallisuusmittaukset. Sähköturvallisuusmittauspisteet varusteltiin asianmukaisilla mittalaitteilla ja tarvikkeilla. Tämän lisäksi laadittiin näiden sähköturvallisuusmittauspisteiden käyttöä varten erilliset ohjeet. Lopuksi mietittiin mahdollisia kehitysideoita sähköturvallisuusmittausten suhteen.

Asiasanat: sähkölaitteet, sähköturvallisuus, mittaus, korjaamot.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Tomi Koskenvuori
Title	Electrical Safety Measurements in Electric Tool Repair Shops
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	11 May 2010
Pages	43 + 9 appendixes
Instructor	Antero Martimo, BEng
Company	Sähköhuolto Tissari Oy
Supervisor from Company	Jorma Tissari, CEO

The purpose of this study was to examine the official requirements for electrical safety measurements that are performed in electric tool repairs shops for repaired electrical appliances. The aim was also to build necessary electrical safety measurement facilities and create written instructions on how to perform the required measurements. Finally there were also a plan to create some ideas on how to develop the measurements even further. The work was commissioned by Sähköhuolto Tissari Oy, and the created instructions were written for the commissioning party but they can be applied to any electric tool repair shop.

The work was started by listing all the requirements that the commissioning party had for the work and also all other things that would affect the outcome of the work. Then electric safety legislation and necessary official instructions were researched. After that, the most important instructions and standards were studied with more attention in detail. Some minor problems were encountered as some of the official instructions were too indefinite and left room for interpretation. Because of that the Electrical safety official was contacted by email for clarification. With reply from the official and some interpretation of the instructions, a clear vision of the required electrical safety measurements was achieved.

After that the electrical safety measurement facilities were built and furnished with the required electrical safety measuring equipment. The instructions on how to use the facilities were also written down. Finally some ideas on how to develop the measurements were contemplated.

Keywords: electrical appliances, electrical safety, measurement, repair shop.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	VI
1. JOHDANTO	1
2. MIKSI SÄHKÖTURVALLISUUSMITTAUKSIEN TARVE TULEE SELVITTÄÄ ..	2
2.1. Työnantajan tarpeet	2
2.2. Henkilökohtainen mielenkiinto	2
3. SÄHKÖTURVALLISUUSMITTAUKSIIN VAIKUTTAVAT ASIAT	4
3.1. Viranomaiset, lait ja ohjeet	4
3.1.1. Sähköturvallisuutta koskeva lainsäädäntö	4
3.1.2. Sähkölaitteiden ja sähkökäytön turvallisuuteen liittyvä päätökset	4
3.1.3. Sähköturvallisuuteen liittyvät muut lait, asetukset ja päätökset	5
3.1.4. Sähköturvallisuutta koskevat standardit ja muut ohjeet	5
3.2. Työnantajan toiminnalliset vaatimukset	6
3.3. Laaturjestelmä ja dokumentointi	7
4. SÄHKÖTURVALLISUUSMITTAUSTEN TEORIA	8
4.1. Sähkövirran vaikutus ihmiskehoon	8
4.2. Suojamaajohtimen jatkuvuuden mittaaminen	9
4.3. Eristysvastusmittaus	11
5. LAKIEN, ASETUSTEN JA OHJEIDEN ASETTAMAT VAATIMUKSET SÄHKÖTURVALLISUUSMITTAUKSILLE	15
5.1. Suomen lain vaatimukset	15
5.2. Standardien vaatimukset	16
5.2.1. Koneet	16
5.2.2. Hitsauskoneet	16
5.3. Muut vaatimukset ja ohjeet	21
5.3.1. Sähkölaitekorjaajan opas, ST-ohjeisto 6	21
5.3.2. Sähköturvallisuusviranomaisen näkemykset dokumentoinnista	24
6. MITTAUSPAIKAT JA VARUSTEET	26
6.1. Käsityökalujen ja muiden koneiden turvallisuusmittauspaikka	26
6.2. Hitsauskoneiden turvallisuusmittauspaikka	28
7. MITTAUSOHJEET JA NIIDEN SISÄLTÖ	30
7.1. Ohjeiden soveltaminen käytännön työhön	30
7.1.1. Kaarihitsauslaitteiden standardin soveltaminen käytäntöön	30
7.1.2. Muiden laitteiden ohjeistuksen soveltaminen käytäntöön	31
7.2. Lopulliset turvallisuusmittausohjeet ja perustelut	32
7.2.1. Hitsauskoneet	32
7.2.2. Eristysluokka I (suojamaadoitetut laitteet)	34
7.2.3. Muut laitteet	35
8. MITTAUSMENETELMIEN KEHITTÄMINEN	37
8.1. Mittalaitteiden luotettavuuden valvonta	37
8.2. Mittaustulosten arkistointi	38
9. YHTEENVETO	40

10.	LÄHDELUETTELO	41
11.	LIITELUETTELO	42

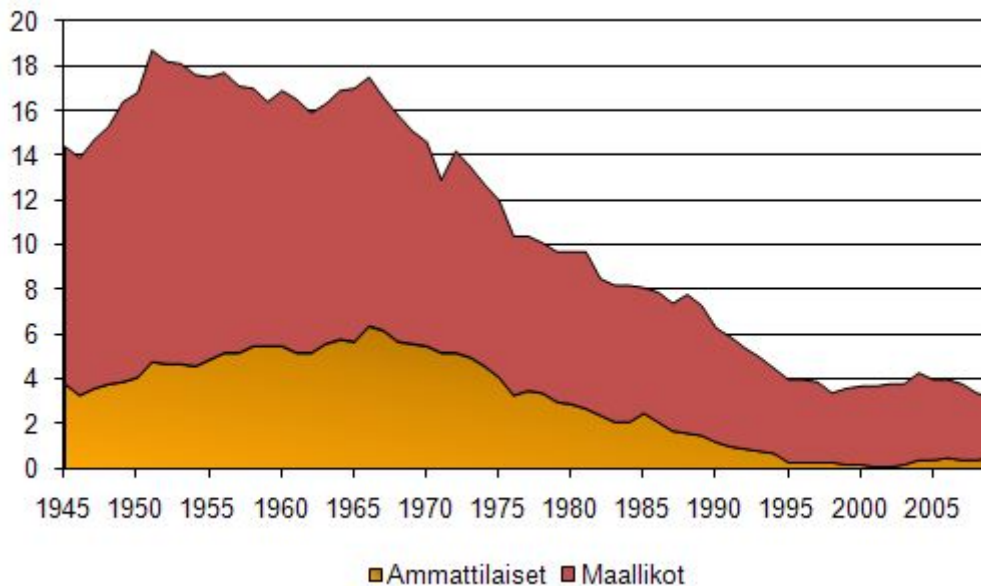
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

Tyhjäkäyntijännite Hitsausvirtalähteen hitsausvirtanapojen väliltä mitattavissa oleva jännite koneen ollessa päällä ilman että sillä hitsataan

VRD Voltage Reducing Device, hitsausvirtalähteen turvalaite, joka rajoittaa hitsausvirtalähteen tyhjäkäyntijännitettä, mikäli hitsausvirtapiiri sulkeutuu muusta syystä kuin hitsauksen takia.

1. JOHDANTO

Sähköalalla toimiessa turvallisuustekijät ovat tärkeitä. Lainsäädännöllä, standardeilla ja ohjeilla pyritään lisäämään turvallisuutta ja vähentämään tapaturmia. Kuten kuvasta 1 näkyy, sähkötapaturmat ovat vähentyneet pitkällä aikavälillä, vaikka erilaisten sähkölaitteiden käyttö on yhteiskunnassa kasvanut viime vuosikymmeninä. Kuvassa on esitetty kullakin vuodella kymmenen viimeksi kuluneen vuoden tapaturmien keskiarvo.



Kuva 1. Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat 1945-2009 /6/

Sähköturvallisuuteen liittyviä määräyksiä ja ohjeita annetaan useissa eri laeissa. Lisäksi sähköturvallisuuteen vaikuttavat olennaisesti erilaiset standardit ja valvontaviranomaisten antamat ohjeet. Oman lisänsä asiaan antavat EU:n myötä tulleet direktiivit sekä erilaiset vapaaehtoiset standardointijärjestelmät. Siksi sähköturvallisuuteen liittyviä ohjeita löytyy useasta eri lähteestä ja kokonaiskäsityksen muodostaminen saattaa välillä olla hankalaa.

Hyvän sähköturvallisuustason ylläpito sähkökonekorjaamossa voidaan jakaa kahteen eri osa-alueeseen: sähkötyöturvallisuuteen ja sähkölaitteiden turvallisuuteen. Sähkötyöturvallisuuteen kuuluvat olennaisena osana itse korjaamotilojen sähkö- ja muu työturvallisuus, kuten keskuksien vikavirtasuojat ja muut suojalaitteet, opasteet ja esteet, jotka estävät sivullisten pääsyn työalueelle, hyvät ohjeistukset ja työtavat sekä tietysti työntekijöiden ajantasainen koulutus. Itse sähkölaitteiden turvallisuudella tarkoitetaan korjattavien ja korjattujen, asiakkaiden omistamien sähkölaitteiden sähköturvallisuutta ja sitä, miten tätä turvallisuutta ylläpidetään ja valvotaan.

2. MIKSI SÄHKÖTURVALLISUUSMITTAUKSIEN TARVE TULEE SELVITTÄÄ

2.1. Työnantajan tarpeet

Koska sähkökonekorjaamon korjaamien koneiden tulee toimia luotettavasti ja turvallisesti sen jälkeen, kun ne on luovutettu niiden omistajille, on työnantajani Sähköhuolto Tissari Oy jo usean vuoden ajan suorittanut korjatuille koneille säännöllisiä sähköturvallisuuksmittauksia. Nämä mittaukset ovat perustuneet pääosin Tukesilta saatuihin suullisiin ja mittalaittevalmistajilta saatuihin kirjallisiin ohjeisiin, eikä niiden ajantasaisuudesta ja oikeellisuudesta ole ollut täyttä varmuutta. Tämän takia korjatuille laitteille on yleensä varmuuden vuoksi suoritettu useita, ehkä jopa päällekkäisiä mittauksia, jotta sähköturvallisuuden tasosta on voitu olla varmoja. Tämän takia on näiden mittausten tarpeellisuus selvitettävä ja hankittava tieto, mitkä mittaukset ovat tarpeellisia millekin koneelle ja minkälaisilla mittareilla kyseiset mittaukset tulee suorittaa.

Myös uusi vuonna 2009 julkaistu standardi hitsauskoneiden korjausten jälkeisistä sähköturvallisuuksmittauksista tulee ottaa huomioon, sillä sen vaikutuksia korjaamotyöskentelyyn Sähköhuolto Tissarilla ei ole vielä laajemmin perehdytty.

Koska mittaukset tulee suorittaa kaikille korjatuille ja huolletuille koneille, eikä mittaustyötä useinkaan voi laskuttaa erillisenä osana asiakkaalta, tulee suoritettavat mittaukset kyetä tekemään mahdollisimman nopeasti, kuitenkin niiden luotettavuuden kärsimättä. Tämän takia tulee korjaamotiloihin rakentaa eri koneiden sähköturvallisuuksmittauksia varten mittauspisteet ja varustaa nämä pisteet turvallisuusmittauksiin sopivilla mittalaitteilla ja lisätarvikkeilla. Laitteilla tulee tietysti pystyä suorittamaan mittaukset lakien, asetusten ja viranomaisohjeiden mukaisesti.

Tämän lisäksi tarvittavista mittauksista ja niiden toteuttamistavasta tulee laatia dokumentit työnantajan laatujärjestelmää varten sekä erilliset yksiselitteiset ohjeet itse mittauspaikeille. Koneiden korjaajat suorittavat mittaukset ohjeiden mukaan. Tietysti mittauksia suorittava henkilökunta tulee kouluttaa mittalaitteiden ja tarvikkeiden käytössä. Tämän lisäksi tulee selvittää, minkälaisia vaatimuksia viranomaisilla on dokumentoinnin suhteen, eli tarvitseeko jokainen erillinen mittaus dokumentoida ja arkistoida vai riittääkö se, että itse mittauksien suorittaminen on ohjeistettu ja näiden ohjeiden noudattamista valvotaan.

2.2. Henkilökohtainen mielenkiinto

Toimittuani yli kymmenen vuotta sähkökonekorjaamoalalla kahden eri työnantajan palveluksessa olen nähnyt korjattavia koneita laidasta laitaan. Näkemieni koneiden sähköturvallisuuden taso on ollut yhtä kirjava. Tämän takia tiedostan sähköturvallisuuden

ja sen valvomisen tärkeyden. Koska olen aina suhtautunut työhöni hyvin organisoidusti ja olen mielelläni dokumentoinut tietoni eri työni osa-alueista, jotta myös työtoveri voivat näitä tietoja hyödyntää, näen tämän työn luonnollisena jatkeena sen, että dokumentoin myös näiden turvallisuusmittauksien tarpeen ja suorittamisen.

Henkilökohtaisesti nämä mittaukset nousivat myös uuteen valoon suorittaessani sähköinsinööri (AMK) opintoja Kemi-Tornion ammattikorkeakoulussa ja huomatessani että itse mittauksista, niiden suorittamisesta ja dokumentoinnista ei ole paljoa valmista kirjallista materiaalia saatavilla, eikä erillisiä viranomaisohjeita ole paljoa. Tämän takia päätin, että sähkökorjaamon sähköturvallisuusmittauksista tulee tehdä laajempi selvitys, jotta saisin selkeän kuvan vastuista ja velvollisuuksista, jotka niitä sääntelevät.

3. SÄHKÖTURVALLISUUSMITTAUKSIIN VAIKUTTAVAT ASIAT

3.1. Viranomaiset, lait ja ohjeet

Sähkölaitteiden turvallisuus kuuluu Työ- ja elinkeinoministeriön (entinen Kauppa- ja teollisuusministeriö) toiminta-alaan ja se on määrännyt Turvatekniikan keskuksen (Tukes) sähköturvallisuusviranomaiseksi valvomaan ja ohjeistamaan asioissa, jotka koskevat sähköturvallisuutta. /1/

3.1.1. Sähköturvallisuutta koskeva lainsäädäntö

Sähköturvallisuudesta on määrätty useissa laeissa. Tärkein näistä on Sähköturvallisuuslaki 410/1996. Laissa määritellään sähkölaitteet ja niiden osat, sähköverkot sekä viestintäverkot ja näiden häiriöt. Laissa määritellään myös mm. urakoitsijat, tarkastuslaitokset ja sähköturvallisuusviranomaiset sekä paljon muita sähköalaan liittyviä perustermejä. Laissa myös määritellään, mitä ovat sähköalan työt ja mitä pätevyyskysymyksiä ja ilmoituksia niiden tekemiseen vaaditaan. Laista löytyvät myös ohjeet sähkölaitteiden turvallisuudesta, sen varmentamisesta, sekä koko sähköalan valvonnasta. Vaikka laki määrittelee lähes kaiken tarpeellisen alaan liittyvän, ovat määräykset ympäröiväisiä. Lain useissa kohdissa lukee, että ministeriö tai jokin muu ministeriön määräämä viranomainen antaa tarkempia määräyksiä asiaan liittyen. /1/

Sähköturvallisuusasetus 498/1996 määrittää Sähköturvallisuuslain nojalla tarkemmin tarkastus- ja valtuutettujen laitosten sekä muiden vastaavien toimijoiden nimeämistä sekä ulottaa sähköturvallisuuslain koskemaan hissien turvallisuutta. Asetus myös määrää, ettei sähköturvallisuuslakia sovelleta sähköllä toimivien koneiden tai terveydenhuollon laitteiden turvallisuuteen, joista valtioneuvosto on antanut omat erilliset päätökset. /1/

3.1.2. Sähkölaitteiden ja sähkönkäytön turvallisuuteen liittyvä päätökset

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös Sähkölaitteistojen turvallisuudesta 1193/1999 antaa jo paljon tarkempia ja teknisempiä määräyksiä itse sähkölaitteista ja niiden käytön turvallisuudesta. Tarkemmat määritelmät eristeistä, johtimista ja vikavirroista kerrotaan kuitenkin vain siten, että esim. ilmajohtimien etäisyyksien tulee olla riittävä tai että maakaapelin tulee kestää muodostuvat vikavirrat. Nämä määritelmät toki tarkentavat sähköturvallisuutta ja antavat jo erittäin hyvän pohjan sähköturvallisuuden edistämiseksi, mutta ohjeistus on kuitenkin liian ylimalkaista, jotta sen perusteella erillistä sähköturvallisuuden mittausta tai rekisteröintiä voitaisiin ruveta suorittamaan. /1/

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös Sähkölaitteiden turvallisuudesta 1694/1993 määrää pääosin markkinoille tuotavien sähkölaitteiden turvallisuudesta ja niiden

merkitsemisestä, sekä CE-merkin käytöstä. Tärkeä kohta tässä päätöksessä on määrittäminen sähkölaitteen vaatimuksenmukaisuusvakuutuksesta ja tähän liittyvistä asiakirjoista. /1/

3.1.3. Sähköturvallisuuteen liittyvät muut lait, asetukset ja päätökset

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 516/1996 antaa tarkempia määritteitä siitä, minkälaiset ovat pätevyysvaatimukset erilaisiin sähkötöihin ja milloin töille tulee määrätä sähkötöiden johtaja ja kuka johtajana voi toimia. Päätöksessä on myös määräykset siitä, milloin sähkölaitteistolle tulee määrätä käytön johtaja ja kuka voi toimia käytönjohtajana. Päätöksessä on myös annettu määräyksiä siitä, mitkä asiat ovat sähkötöiden johtajan vastuulla. Päätös on selkeä ja kattaa sekä sähköasennustyöt että erikseen myös korjaustyöt. /1/

Tuotevastuulaki 694/1990 määrää henkilölle tai omaisuudelle aiheutuvan vahingon korvaamisesta. Tämän lain piiriin kuuluvat myös sähkölaitteet. Vaikka laissa ei suoraan puhutakaan sähköturvallisuudesta, on sen sisältö tärkeää, kun pohditaan sähköturvallisuuden vaikutusta ja eri toimijoiden vastuita. Tuotevastuulaki määrää suhteellisen kattavan vastuun sähkölaitteiden myyjälle, maahantuojalle ja valmistajalle sähkölaitteen vioista johtuvista vahingoista. Laki kuitenkin määrää, että vian ja vahingon syy-seuraussuhde on pystyttävä näyttämään toteen. /4/

Asetus 917/1996 sekä päätös 918/1996 Räjähdyksivaarallisiin ilmaseoksiin tarkoitettuista laitteista ja suojausjärjestelmistä koskevat myös sähkölaitteita ja määrittävät, että tällaiset laitteet on tarkastettava ennen markkinoille saattamista tai käyttöönottoa. Tämä on olennaisesti tiukempi vaatimus kuin tavallisissa sähkölaitteissa, joissa riittää pelkkä vaatimuksenmukaisuusvakuutus. /4/

3.1.4. Sähköturvallisuutta koskevat standardit ja muut ohjeet

Koska lainsäädäntö, asetukset ja päätökset eivät tarkalleen määritä sähköturvallisuuden teknisiä vaatimuksia, on asiasta julkaistu useita eri SFS-standardeja, joista löytyvät tarkemmat tekniset määritteet laitteiden ominaisuuksille. Taulukossa 1 on listattuna tärkeimmät standardit koneiden sähköturvallisuuteen liittyen. /3/

Taulukko 1, Sähkölaitteiden turvallisuutta koskevat standardit /3/

SFS 6000-8-803	Pienjännitesähköasennukset. Osa 8: Eräitä asennuksia koskevat täydentävät vaatimukset. Luku 803: Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot
SFS 6000-8-812	Pienjännitesähköasennukset. Osa 8: Eräitä asennuksia koskevat täydentävät vaatimukset. Luku 812: Pistoliittimen asennus ja käyttö
SFS 6000-8-813	Pienjännitesähköasennukset. Osa 8: Eräitä asennuksia koskevat täydentävät vaatimukset. Luku 813: Pistokytkimet
SFS 6002	Sähkötyöturvallisuus
SFS-EN 60204-1	Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1. Yleiset vaatimukset
SFS-EN 60309-2	Teollisuuskäyttöön tarkoitetut voimapistokytkimet. Harmonisoitujen rakenteiden vaatimukset
SFS-EN 60335-1	Kotitaloussähkölaitteiden ja vastaavien turvallisuus. Osa 1. Yleiset vaatimukset.

SFS-alkuiset standardit ovat Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n julkaisemia suomalaisia virallisia standardeja ja SFS-EN-alkuiset standardit ovat SFS ry:n julkaisemia ja kääntämiä eurooppalaisia standardeja, jotka ovat voimassa samanlaisina koko EU:n alueella.

Näistä standardeista löytyy kaikki tarpeellinen tieto, mitä tulee käytettävien ja korjattavien sähkölaitteiden sähköturvallisuuteen ja sen mittaamiseen. Standardeista on poimittu tietoja useisiin muihin julkaisuihin, joista parhaiten yksittäisenä julkaisuna korjaamoalan sähköturvallisuuteen perehtyvää henkilöä palvelee Sähkölaitekorjaajan opas 2007. Opas on kuitenkin ylimalkainen joltain osin, eikä anna tarkkoja vaatimuksia siitä, miten tietyissä tilanteissa tulee sähköturvallisuus mitaten varmentaa ja minkälaista dokumentointikäytäntöä viranomaiset vaativat tai suosittelevat.

Yllämainittujen standardien lisäksi vuonna 2009 julkaistiin standardi SFS-EN 60974-4 Kaarihitsauslaitteet. Osa 4: Huoltotoimenpiteiden jälkeinen tarkastus ja testaus, joka käsittelee kattavasti erilaisille hitsauslaitteille korjauksen tai huollon jälkeen tehtäviä sähköturvallisuusmittauksia ja tarkastuksia. Standardista löytyvät myös ohjeet mittausten dokumentoinnille, mutta se ei erikseen ota kantaa dokumentoitujen mittausten arkistointiin.

3.2. Työnantajan toiminnalliset vaatimukset

Koska sähköturvallisuusmittaukset tulee tietenkin suorittaa kaikille korjatuille koneille, tulee mahdolliset mittaukset pystyä suorittamaan tehokkaasti mahdollisimman lyhyessä ajassa. Usein koneet korjataan joko kustannusarvion tai erikseen etukäteen sovitun työaikaveloituksen perusteella, joka ei aina mahdollista mittaustyöajan laskuttamista erikseen. Vaikka mittaustyö voitaisiinkin laskuttaa, täytyy korjaamotoiminnankin nykypäivänä olla kilpailukykyistä myös hinnoittelun suhteen. Tämän takia ei ole

perusteltua laskuttaa jokaiselta asiakkaalta puolta tuntia lisätyötä vain sen takia, että koneelle tehtävät sähköturvallisuusmittaukset on organisoitu huonosti. Edellä mainittujen seikkojen lisäksi mittaukset pitää pystyä suorittamaan luotettavasti useita kertoja päivässä ja usean asentajan toimesta mahdollisimman luotettavasti. Tämä tarkoittaa siis sitä, että työntekijöille annettavien ohjeiden tulee olla mahdollisimman selkeät, yksinkertaiset ja yksiselitteiset.

3.3. Laatujärjestelmä ja dokumentointi

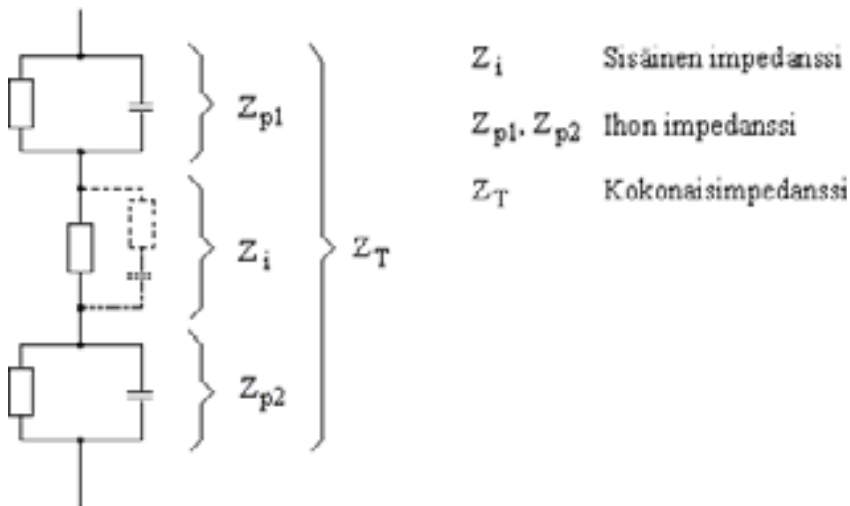
Turvallisuusmittausten suorittaminen tulisi ohjeistaa ja dokumentoida viranomaisten vaatimusten mukaan. Se pitääkö mittauksien tuloksista mahdollisesti pitää erillistä arkistoa, tulee selvittää, koska tällä seikalla on suuri vaikutus mittausten aiheuttamaan työmäärään. Myös laatujärjestelmää varten tulee itse ohjeistus olla dokumentoitu, jotta korjaamotyöskentelyn prosessikuvaukset säilyvät laatukäsikirjassa ajantasaisina.

Itse ohjeet tulee myös kirjoittaa ja korjaajat tulee perehdyttää niiden käyttöön. Erilliset ohjelaput tulee kirjoittaa ja sijoittaa hyvin näkyvälle paikalle turvallisuusmittauspisteiden lähelle. Mahdolliset koneiden mukaan tulevat dokumenttipohjat tulee myös luoda, jotta niitä voidaan heti käyttää, kun ohjeita ruvetaan toteuttamaan käytännön työssä.

4. SÄHKÖTURVALLISUUSMITTAUSTEN TEORIA

4.1. Sähkövirran vaikutus ihmiskehoon

Säköturvallisuusmittausten teoriaan olennaisena osana kuuluu sähkövirran vaikutus ihmiskehoon. Sähköturvallisuusmittauksillahan pyritään pienentämään sitä riskiä, että sähkölaitteen käyttäjä tai jokin sivullinen joutuu osaksi virtapiiriä tai tämän tapahtuessa pyritään vähentämään sähköön haitallista vaikutusta ihmiskehoon. Sähkövirran haitalliset vaikutukset ihmiskehoon riippuvat pääosin ihmiskehon läpi kulkevan virran suuruudesta ja kestoajasta. Ihmiskehon eri osat muodostavat sen läpi kulkevalle sähkövirralle tietynsuuruisen impedanssin, jossa on pääosin resistiivisiä ja kapasitiivisia komponentteja. Kuvassa 2 on ihmiskehon impedanssin sijaiskytkentä. /2/



Kuva 2. Ihmiskehon impedanssin sijaiskytkentä /2/

Kuvassa esitettyjen impedanssien arvot riippuvat monista tekijöistä, kuten virtatiestä, virran suuruudesta ja vaikutusajasta sekä taajuudesta, kosketusjännitteestä, kosketuspaineesta, kosketuspinta-alasta, ihon kosteudesta ja henkilön iästä. Yleisesti voidaan kuitenkin sanoa, että ihmiskehon impedanssi on pääosin resistiivinen ja virtateillä käsi-käsi ja käsi-jalka suurilla kosketuspinta-aloilla impedanssin arvo on noin 1 - 2 k Ω . Ihon impedanssi alkaa oikosulkeutua yleensä noin 50 V:a suuremmilla jännitteillä ja 230 V:n jännitteellä se on lähes kokonaan oikosulussa, jolloin virtatiehen vaikuttavat ainoastaan kosketusimpedanssi ja kehon sisäinen impedanssi. /2/

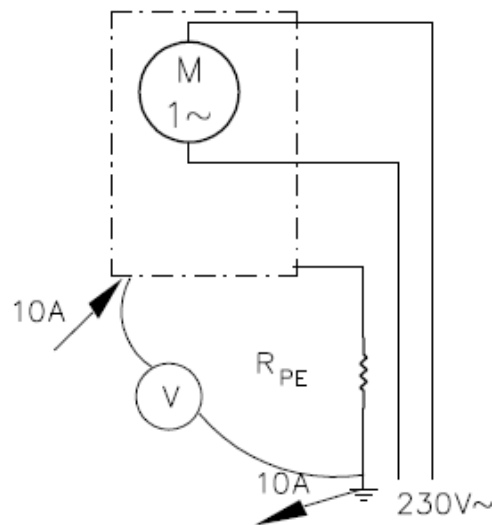
Sähkövirran vaikutuksen vaarallisuus riippuu kehon läpi kulkevan sähkövirran voimakkuudesta. Sähköturvallisuuden näkökohdasta tärkeimpänä arvona on sydänkammiovärinä alin raja-arvo 30 mA, mutta on huomioitavaa, että 10 mA:n kohdalla on jo kouristusraja, jolloin henkilö ei välttämättä pysty enää päästämään irti jännitteellisestä kappaleesta, josta sähkövirta virtaa hänen kehoonsa. Sydänkammiovärinän raja riippuu suuresti myös fysiologisista tekijöistä ja sinimuotoisella vaihtovirralla

erityisesti virran vaikutusajasta. Mikäli vaikutusaika on yli yhden sydänjakson, eli yli 0,8 s, voi jo 40 – 50 mA:n virta aiheuttaa kammiovärinän, mutta mikäli vaikutusaika on vain esimerkiksi 0,1 s, vaaditaan huomattavasti suurempi 500 mA:n virta samaan vaikutukseen. /2/

Sydänkammiovärinän katsotaan olevan pääasiallinen syy kuolemaan johtaneissa sähkötapaturmissa, joten on mielekästä tarkastella sähköturvallisuustutkimuksia juuri tämän raja-arvon kautta. /2/

4.2. Suojamaajohtimen jatkuvuuden mittaus

Suojamaajohtimen jatkuvuuden mittauksessa suojamaadoitetun sähkölaitteen johtavaan johtavaan rungon ja verkkoliitäntäkaapelin suojamaakoskettimen välille asetetaan testijännite, joka saa aikaan 10 A virran rungosta suojamaajohtimen läpi suojamaakoskettimeen. Mittalaite mittaa jännitteen kuvan 3 mukaisesti virran syöttöpisteistä ja käytetystä virrasta ja jännitteestä voidaan Ohmin lain avulla laskea sähkölaitteen suojamaajohtimen vastus.



Kuva 3. Suojamaajohtimen vastuksen mittaus

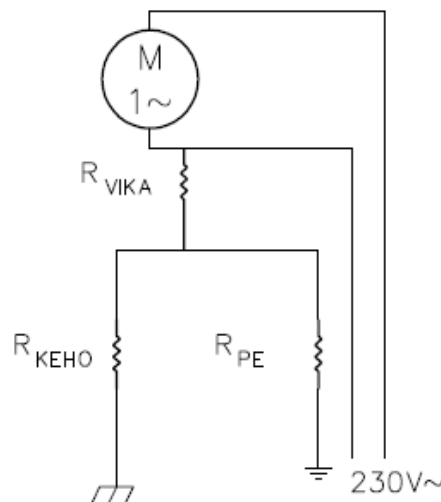
Alla on esimerkki suojamaajohtimen vastuksen mittauksesta ja Ohmin lain (1) käytöstä vastuksen määrittämiseksi, kun mitattu jännite mittapäiden välillä on 2,9 V.

$$\begin{aligned}
 I &= 10\text{A} \\
 U &= 2,9\text{V} \\
 U &= RI \Leftrightarrow R = \frac{U}{I} \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2,9V}{10A} = \underline{\underline{0,29\Omega}}$$

Suojamaajohtimen mittauksessa käytetään 10 A:n testivirtaa, sillä tällä tavoin suojamaajohtimen todellinen virranjohtokyky tulee mitattua. Mikäli suojamaajohtimessa tai sen liittimissä olisi jokin vika, ja taipuisan liitäntäjohdon useampisäikeisestä johdosta suurin osa olisi poikki, saattaisi pienellä testivirralla mitatessa resistanssi olla kuitenkin riittävän pieni ja johdin todettaisiin ehjäksi. Vian kuitenkin tapahtuessa ja suuren vikavirran kulkiessa enää muutama säikeen läpi lämpenisivät ne niin paljon, että johdin sulaisi lopullisesti poikki ja suojamaajohtimen tarjoama suoja ei toimisi. Koska mittaus tehdään 10 A:n virralla, tällaiset ongelmat paljastuvat testivirran sulattaessa muutaman säikeen liitokset poikki.

Ehjä ja riittävän pienen resistanssin omaava suojamaajohdin tarjoaa hyvän suojan eristevikoja vastaan kahdella eri tavalla. Ensisijaisesti se tarjoaa matalavastuiseksi kulkureitin vikavirralla maapisteeseen, joka takaa sen, että sähkölaitteen syöttöä suojaava sulake laukeaa ennalta määrättyjen ehtojen mukaan. Toissijaisesti se laskee sähkölaitteen kuoren kosketusjännitettä ja suojaa näin laitetta kädessään pitävää henkilöä vaaralliselta vikavirralla. Kuvassa 4 on esitetty tilanne, jossa suojamaadoitetun laitteen eriste vikaantuu ja jännitteellisten osien ja koneen rungon väliin jää vain vikapaikan vastus R_{VIKA} . Tämän vastuksen läpi koneen jännitteellisistä osista pääsee vikavirta kulkeutumaan sekä laitteen suojamaajohtimen R_{PE} läpi ja laitetta kädessään pitävän henkilön R_{PE} läpi maahan. Kuvan 4 alla on esimerkkilaskelma laitteen rungon kosketusjännitteestä ja mahdollisesta henkilön läpi kulkevasta vikavirrasta. Laskelmat on tehty pelkästään resistansseilla, sillä ihmiskehon ja suojamaajohtimen impedanssi on pääosin resistiivistä.



Kuva 4. Eristysvika suojamaadoitetussa laitteessa

$$R_{PE} = 0,29\Omega \quad R_{KEHO} = 1000\Omega$$

$$R_{VIKA} = 2,5\Omega$$

$$U = 230V$$

$$R_{ULKO} = \frac{1}{\frac{1}{R_{PE}} + \frac{1}{R_{KEHO}}} = \frac{1}{\frac{1}{0,29\Omega} + \frac{1}{1000\Omega}} = 0,29\Omega$$

$$R_{\Sigma} = R_{VIKA} + R_{ULKO} = 2,5\Omega + 0,29\Omega = 2,79\Omega$$

$$I_{VIKA} = \frac{U}{R_{\Sigma}} = \frac{230V}{2,79\Omega} = 82,44A$$

Kun vikavirta on selvillä, voidaan laitteen rungon ja maan välinen potentiaali laskea.

$$U_{RUNKO} = R_{ULKO} \cdot I_{VIKA} = 0,29\Omega \cdot 82,44A = 23,91V$$

Kuten nähdään, on kosketusjännite selvästi alle 50 V, joten sähkölaitetta kädessään pitävä henkilö olisi turvassa. Tämän suuruinen jännite ei välttämättä edes aiheuttaisi virran kulkeutumista henkilön läpi maahan, mutta mikäli niin kävisi, voidaan henkilön läpi johtuva virta laskea seuraavasti.

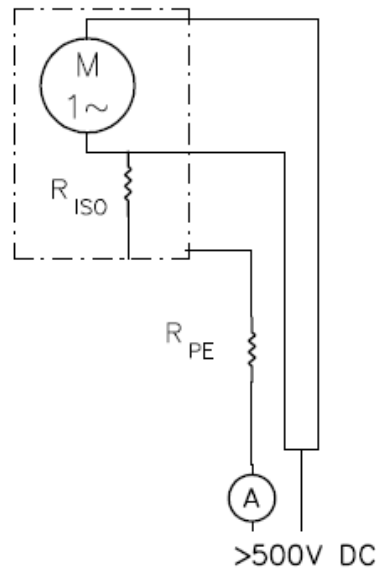
$$I_{KEHO} = \frac{U_{RUNKO}}{R_{KEHO}} = \frac{23,91V}{1000\Omega} = 23,91mA$$

Virta jää siis alle 30 mA:n, eli sydänkammiovärinän virtarajan alle. Vikavirran ollessa yli 82 A toteutuu 10 A:n gG-sulakkeella suojatun pistorasian poiskytketymisehto ja vikavirta katkeaa alle 0,4 sekunnissa. Mikäli eristevian vastus R_{VIKA} olisi pienempi, kasvaisi toki kosketusjännite, mutta samalla kasvaisi vikavirta, joka tietysti aiheuttaisi sulakkeen nopeamman poiskytketymisen, joka taas vähentäisi korkeammasta kosketusjännitteestä johtuvan suuremman kehon läpi kulkevan vikavirran vaikutusta. Täten voidaankin todeta, että toimiva suojamaadoitus on hyvä tapa suojata sähkölaitetta käyttävää henkilöä vikatapauksessa ja suojamaadoituksen toimivuus voidaan todeta yksinkertaisesti mittaamalla suojamaajohtimen vastus R_{PE} .

4.3. Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittauksessa mitataan sähkölaitteen sisällä olevien jännitteellisten osien ja sähkölaitteen ulkopuolella olevien kosketeltavien osien välinen vastus. Mittaus suoritetaan asettamalla sähkölaitteen sisällä olevien normaalisti jännitteellisten osien ja laitteen ulkopuolella olevien kosketeltavien osien välille vähintään 500 V:n tasajännite, ja tämän jälkeen mitataan tämän jännitteen yli, eli eristeen läpi kulkeva virta. Mittauksessa käytetään yleensä apuna sähkölaitteen omia syöttökaapelin johtimia. Yksinkertaisin tapa mitata luokan I, eli suojamaadoitetun laitteen, eristysvastus, on ohjata sähkölaitteen pääkytkin päälle ja asettaa yli 500 V:n tasajännite yhteen kytkettyjen nolla- ja vaihejohtimen sekä suojamaajohtimen välille. Tämän jälkeen mitataan piirissä kulkeva virta, ja testijännitteestä ja mitatusta virrasta voidaan laskea Ohmin lain avulla eristeen vastus. Mittauksessa tulee kuitenkin huomioida se, että mittaukseen tulee mukaan myös rinnan olevien nolla- ja vaihejohtimien sekä näiden ja eristyksen kanssa sarjassa olevan

suojamaajohtimen vastus. Nämä vastukset kuitenkin ovat yleensä luokkaa $0,1 - 0,3 \Omega$, kun taas kunnossa olevat eristeet ovat luokkaa $100 - 1000 M\Omega$, joten edellä mainittujen johtimien vastuksella ei ole merkitystä lopulliseen mittaustulokseen. Kuvassa 5 on kaaviokuva eristysvastuksen mittauksesta suojamaadoitetusta sähkölaitteesta.

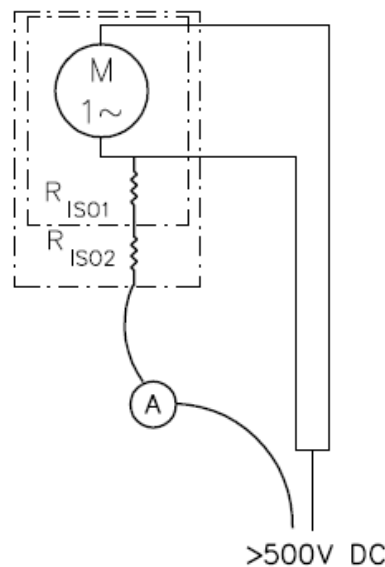


Kuva 5. Suojamaadoitetun laitteen eristysvastusmittaus

Luokan 0 ja II sähkölaitteista eristysvastus mitataan myös sähkölaitteen sisäisten normaalisti jännitteelle alttiiden osien ja laitteen ulkokuoren kosketeltavien osien välillä. Kaikissa näissä laitteissa ei aina ole kokonaan johtavasta aineesta tehty kuori, mutta usein laitteista löytyy useitakin kosketeltavia johtavia kappaleita, kuten rungon osia tai kiinnitysruuveja. Tällöin yli 500 V:n tasajännite asetetaan laitteen sisäisten normaalisti jännitteellisten osien ja näiden johtavien osien välille ja mittaus suoritetaan samoin kuin luokan I laitteille. Tässäkin mittaustavassa mukaan tulee laitteen syöttökaapelin nolla- ja vaihejohtimen vastus, mutta niitä ei tarvitse huomioida samasta syystä kuin luokan I laitteilla. Kuvassa 6 on kaaviokuva eristysvastuksen mittauksesta luokan II eli kaksoiseristetystä laitteesta. Eristysvastus saadaan laskettua Ohmin lain avulla seuraavasti mitatusta virrasta.

$$I_{ISO} = 5 \mu A \qquad U_{TEST} = 505V \quad U_{TEST} = R_{ISO} \cdot I_{ISO} \Leftrightarrow R_{ISO} = \frac{U_{TEST}}{I_{ISO}}$$

$$R_{ISO} = \frac{U_{TEST}}{I_{ISO}} = \frac{505V}{5 \cdot 10^{-6} A} = 101 M\Omega$$



Kuva 6. Luokan II sähkölaitteen eristysvastuksen mittaus

Luokan II laitteissa eristys on yleensä rakennettu niin, että yksinkertaisen eristevian sattuessa laitteen lisäeristys suojaa vielä käyttäjää laitteen sisällä olevalta jännitteeltä. Esimerkkinä tästä toimii vaikka muovikuorinen sähköpora, jonka hiiliharjamoottorin ankkurin käämitys on eristetty ankkurin dynamolevyhäkistä käämin eristelakalla. Tämän lisäksi itse dynamolevyhäkki on eristetty omalla eristeellään ankkurin akselista, joten ankkurin käämityksen eristyksen vioittuessa suojaa dynamolevynhäkin ja ankkurin akselin välinen eriste ankkurin akselia ja tätä kautta poran kosketeltavissa olevaa istukkaa muuttumasta jännitteelliseksi. Yleensä tällaisessa tilanteessa koneen moottori lopettaa toimimasta, joten koneen käyttö lopetetaan ja se toimitetaan huoltoon.

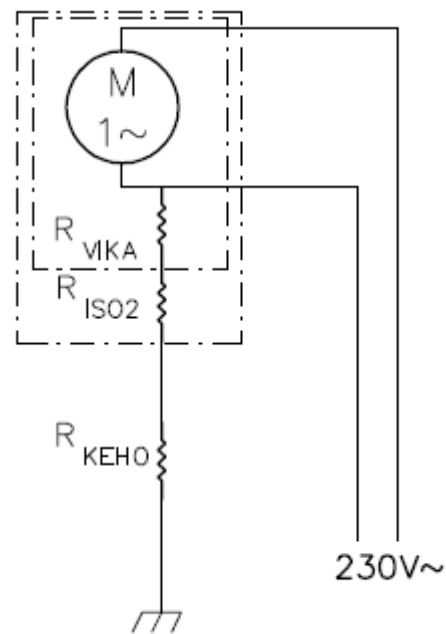
Hyvä kaksoiseristys antaa siis hyvän suojan haitallista jännitettä vastaan. Jos tarkastellaan tilannetta, jossa kaksoiseristetyn laitteen toinen eristekerros vikaantuu ja oletetaan, että eristyksen vahvuus on jakautunut tasan molempien kerrosten välille, voidaan kuvan 7 mukaisesta tilanteesta laskea henkilöön vaikuttava mahdollinen kosketusjännite ja henkilön kehon läpi kulkeva vikavirta.

$$R_{KEHO} = 1000\Omega \quad R_{VIKA} = 2,5\Omega \quad U = 230V$$

$$R_{ISO2} = \frac{1}{2} R_{ISO} = \frac{1}{2} \cdot 101M\Omega = 50,5M\Omega$$

$$I_{VIKA} = \frac{U}{R_{\Sigma}} = \frac{U}{R_{VIKA} + R_{ISO} + R_{KEHO}} = \frac{230V}{2,5\Omega + 50,5 \cdot 10^6\Omega + 1000\Omega} = 4,55\mu A$$

$$U_{KEHO} = R_{KEHO} \cdot I_{VIKA} = 1000\Omega \cdot 4,55\mu A = 4,55mV$$



Kuva 7. Vikatilanne kaksoeristetyssä sähkölaitteessa

Kuten lopputuloksesta huomataan, toisen eristeen vioituessa laitetta pitelevään henkilöön kohdistuu häviävän pieni kosketusjännite ja vielä pienempi virta. Tämä jännite ja virta eivät ole missään muodossa vaarallisia, ja eivät täten voi vahingoittaa laitteen käyttäjää.

5. LAKIEN, ASETUSTEN JA OHJEIDEN ASETTAMAT VAATIMUKSET SÄHKÖTURVALLISUUSMITTAUKSILLE

5.1. Suomen lain vaatimukset

Sähköturvallisuuslain 1996/410 5§ määrää, että sähkölaitteet on korjattava niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle, tai omaisuudelle vaaraa
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

Sähköturvallisuuslaissa siis yksiselitteisesti määrätään, että sähkölaitteiden korjaaminen tulee suorittaa siten, että korjatuista laitteista ei aiheudu vaaraa niiden käyttäjille. Mitään ohjeita siitä, kuinka tästä tulee varmistua, ei kuitenkaan laissa ole. /1/

Tämän lisäksi lain 13§ määrää, että vastuu sähkölaitteen turvallisuudesta on sen markkinoille tuojalla. Tämä siis tarkoittaa sitä, että markkinoille ei saa saattaa tuotteita, jotka ovat sähköturvallisuuden näkökulmasta vaarallisia. Tämä ei tietenkään poista vastuuta koneen korjaajalta, mutta perusoletuksena on, että kone on sähköturvallinen sen tullessa markkinoille. 13§ ja 14§ yhdessä määräävät kuitenkin, että yleisesti sähkölaitteilla ei ole ennakkotarkastusta, joten niitä ei tarvitse tarkastuttaa millään tarkastuslaitoksella ennen markkinoille tuloa, ellei sähköturvallisuusviranomaisen tätä tarkastusta erikseen määrää. /1/

Sähköturvallisuuslain 38§ määrää kuitenkin, että sähkölaitteen haltija on tuottamuksesta riippumatta korvausvelvollinen sähkölaitteen aiheuttamasta sähkövahingosta. Lain 44§ kuitenkin mainitaan, että tämä laki ei rajoita vahinkoa kärsineen oikeutta saada korvausta muiden sopimuksien tai esimerkiksi vahingonkorvauslain perusteella. Täten voi olettaa, että ainakin osa korjatun koneen sähköturvallisuuden vastuusta koneen luovutushetkellä kuuluu korjaajalle. /1/

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 516/1996 määrää, että sähkötöiden johtajalla on vastuu siitä, että sähkötöitä tehdessä noudatetaan sähköturvallisuuslakia ja että koneita toisille luovutettaessa ne ovat siinä kunnossa kuin sähköturvallisuuslaki ja sen nojalla annetut säännöt ja määräykset vaativat. Tämä kohta siis selkeästi määrää, että korjauksia ja huoltoja tekevän tahon sähkötöiden johtaja on vastuussa siitä, että laitteiden sähköturvallisuus on sillä tasolla, joka on erikseen standardeissa ja ohjeissa määrätty sillä hetkellä, kun laite luovutetaan sen haltijalle. /1/

5.2. Standardien vaatimukset

5.2.1. Koneet

Yleisesti sähkölaitteille on vahvistettu sähköturvallisuusviranomaisen toimesta muutamia standardeja, jotka vaikuttavat suoraan niiden sähköturvallisuuteen. Näistä hyvinä esimerkkeinä ovat:

- SFS-EN 60335-1 Kotitaloussähkölaitteiden ja vastaavien turvallisuus. Osa 1: Yleiset vaatimukset
- SFS-EN 60204-1 Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset
- SFS-EN 60745-1 Hand-held motor-operated electric tools. Safety. Part 1: General requirements.

Kyseiset standardit koskevat laitteiden sähköturvallisuutta kokonaisuutena, ja niiden täyttäminen on ehdoton edellytys sille, että laite voidaan ylipäänsä tuoda markkinoille. Näissä standardeissa ei kuitenkaan ole käytännön ohjeita korjattujen sähkölaitteiden turvallisuuden määrittämiseen, vaan ne on tarkoitettu ohjeiksi laitteita suunnitteleville ja valmistaville tahoille. /4/

Yleisesti sähkölaitteille ei ole julkaistu erillistä standardia koskien niiden huollon ja korjauksen jälkeistä sähköturvallisuuden mittausta. Sähkötieto ry on kuitenkin kerännyt yhteen eri valmistusstandardeista ohjeita ja mittauksia, jolla korjattujen laitteiden sähköturvallisuus voidaan varmistaa ja julkaissut näistä yhteenvedon osana Sähkölaittekorjaajan opastaan. /3/

5.2.2. Hitsauskoneet

Hitsauskoneiden huollon ja korjauksen jälkeisiin turvallisuusmittauksiin on julkaistu oma standardinsa SFS-EN 60974-4 Kaarihitsauslaitteet. Osa 4: Huoltotoimenpiteiden jälkeinen tarkastus ja testaus. Tämä standardi määrittelee huoltotoimenpiteiden jälkeiset turvallisuusmittaukset kattavasti hitsausvirtalähteille ja niihin rinnastettaville leikkausprosesseissa käytettäville virtalähteille, jotka on valmistettu standardin IEC 60974-1 mukaan. /5/

Standardi määrää kaikille huolletuille ja korjatuille hitsausvirtalähteille tehtäväksi tietyt ennalta määrätyt mittaukset. Pakollisiin mittauksiin kuuluvat laitteen suojamaajohtimen vastuksen mittaus ja tyhjäkäyntijännitteen mittaus. Näiden lisäksi laitteille on pakollista suorittaa joko eristysvastusmittaus tai vuotovirtamittaus sen mukaan, kumman laitteen korjaaja näkee soveltuvammaksi koneelle. /5/

Suojamaajohtimen vastuksen mittauksella varmistetaan, että koneen eristyksen vioittuessa ja koneen rungon muuttuessa jännitteelliseksi suojamaajohdin kykenee kuljettamaan riittävän ison vikavirran, jotta laitetta suojaava sulake, johdonsuoja-automaatti tai

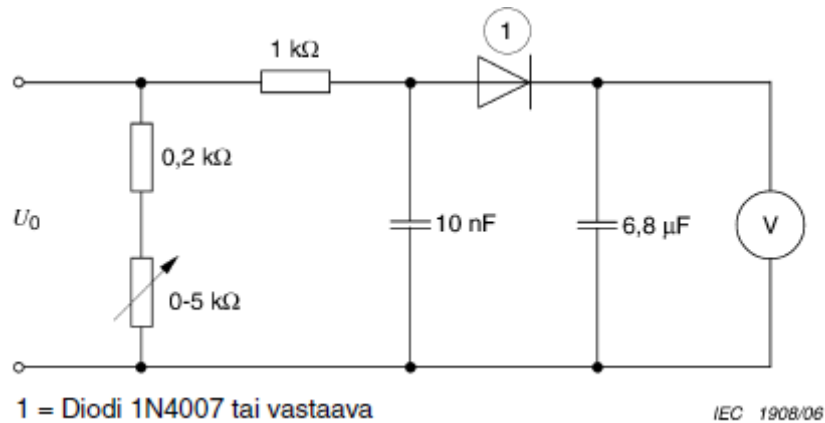
vikavirtasuoja laukeaa riittävän nopeasti. Suojamaajohtimen riittävän pieni vastus varmistaa sen, että vikatilanteessa koneen kuoren kosketusjännite ei kasva liian suureksi. Mittaus suoritetaan siten, että laitteen syöttökaapelin suojamaajohtimen vastus mitataan syöttämällä sen läpi hetken aikaa 10 A:n virta, jonka aikana syöttökaapelin pistokkeen suojamaakoskettimen ja laitteen paljaiden metalliosien välisen jännitehäviön avulla lasketaan näiden välisen piirin aiheuttama vastus Ohmin laista johdetun kaavan (2) avulla. /5/

$$R_{PE} = \frac{U}{I} \quad (2)$$

Kaapelin ollessa 5 m pituinen tai lyhyempi saa vastus olla korkeintaan 0,3 Ω. Mikäli syöttökaapeli on pidempi, lisätään raja-arvoon 0,1 Ω jokaista 7,5 m kohden. Syöttökaapelin suojamaajohtimen vastus ei saa kuitenkaan koskaan olla 1,0 Ω suurempi. Mittauksen aikana suojamaajohdinta tulee liikuttaa ja taivuttaa erityisesti kaapelin läpiviennin kohdalta, jotta mahdolliset viat voidaan löytää. /5/

Tyhjäkäyntijännitteen mittauksella varmistetaan, että hitsausvirtalähteen hitsauspiiriin ei tule liian suurta jännitettä. Tämä on tärkeää, sillä hitsaaja tai muu henkilö hitsauspaikan lähellä saattaa altistua tahattomasti tälle jännitteelle, joten jännitteen täytyy olla riittävän matala ollakseen vaaraton tällaisissa tapauksissa. Erityisen vaaralliseksi hitsauspiirin jännite voi muodostua, jos hitsausta suoritetaan kosteissa olosuhteissa tai esimerkiksi johtavasta materiaalista tehdyn kappaleen sisällä. Tällaisia tilanteita varten joissain hitsauskoneissa on VRD eli tyhjäkäyntijännitteenrajoitin. Tyhjäkäyntijännitteen rajoitin aktivoituu, kun hitsausvirtalähteen hitsauspiirin napojen välinen resistanssi kasvaa 200 Ω tai yli, mikä siis vastaa tilannetta, jossa hitsauselektrodi ei ole kiinni työkappaleessa, mutta hitsauspiiri sulkeutuu jostakin muusta syystä. /5/

Tyhjäkäyntijännitteenmittaus tulee suorittaa kaikille hitsausvirtalähteille ja sen raja-arvoksi on määrätty valmistajan arvokilpeen kirjaama arvo. Tätä kirjattua jännitettä kone ei saa tyhjäkäyntitilassa ylittää, kun sitä syötetään nimellisjännitteellä ja taajuudella. Koneissa joissa on VRD eli tyhjäkäyntijännitteen rajoitin, tulee mitata myös rajoittimen toiminta, eli tarkastaa, että tyhjäkäyntijännite laskee valmistajan ilmoittamaan arvoon rajoittimen ollessa aktiivinen. Tämä yleensä tarkoittaa, että tyhjäkäyntijännite laskee noin 30 – 35 voltin jännitteeseen. Tyhjäkäyntijännitettä ei voida kuitenkaan mitata suoraan yleismittarilla, vaan mittaus tulee suorittaa kuvan 8 mukaisella kytkennällä. /5/



Kuva 8. Tyhjäkäyntijännitteen mittauskytkentä /5/

Kytken U_0 -liittimet kytketään hitsausvirtalähteeseen ja kytkennän V-jännitemittarin kohdalle kytketään tehollisarvoja mittaava yleismittari. Tällöin kytkentä vaimentaa pois vaarattomat pulssit, jotka voisivat häiritä mittausta, mutta jotka eivät itse vaikuta tyhjäkäyntijännitteen teholliseen arvoon. /5/

Eristysvastuksen mittauksella varmistetaan siitä, että koneen eri sähköiset piirit ovat eristetty riittävän hyvin toisistaan, eikä sähköisen läpilyönnin vaaraa synny. Eristys täytyy mitata erikseen virtalähteen syöttöpiiriin ja hitsauspiiriin väliltä, syöttöpiiriin ja suojamaadoituspiiriin väliltä sekä hitsauspiiriin ja suojamaadoituspiiriin väliltä. Eristysvastus mitataan käyttäen vähintään 500 V:n tasajännitettä. Taulukossa 2 löytyvät näiden piirien välisten vastusten raja-arvot. /5/

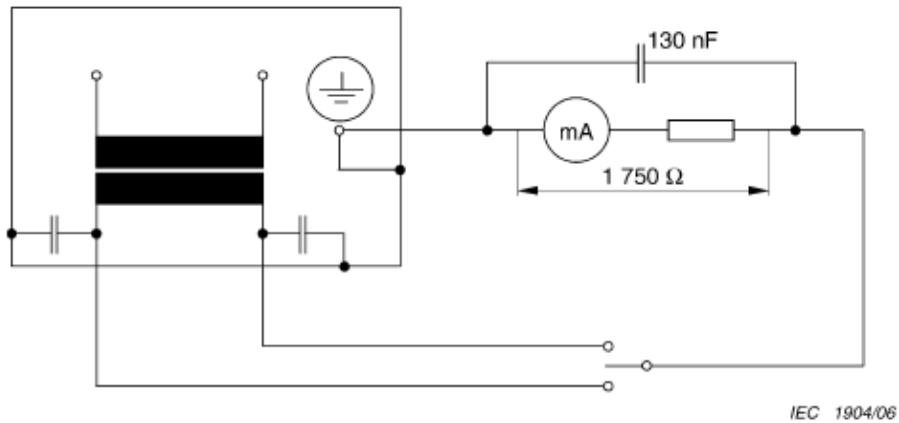
Taulukko 2. Eristysvastusten raja-arvot

Syöttöpiiristä hitsauspiiriin	5,0 MΩ
Hitsauspiiristä suojamaadoituspiiriin	2,5 MΩ
Syöttöpiiristä suojamaadoituspiiriin	2,5 MΩ

Eristysvastusmittaukset tulee suorittaa siten, että hitsausvirtalähteestä on irrotettu poltin ja mahdollisesta vesijäähdytyslaitteesta on poistettu vesi. /5/

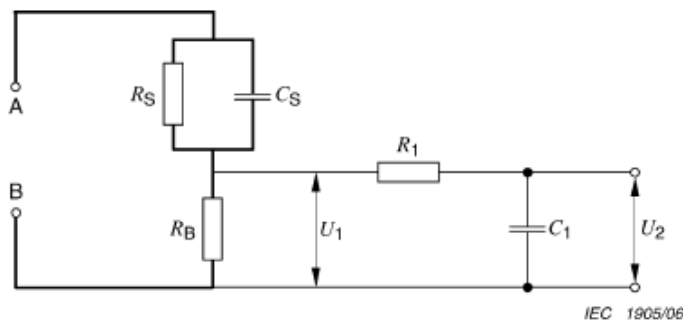
Hitsausvirtalähteen vuotovirtamittauksen tarkoitus on sama kuin eristysvastusmittauksen, eli varmistaa virtalähteen eristeiden kunto. Se on vaihtoehtoinen eristysvastusmittauksen kanssa, eli vain toinen näistä mittauksista on pakollista suorittaa hitsausvirtalähteelle. Tämä valinta jätetään korjaajan tehtäväksi. Korjaaja itse voi tehdä valinnan, kumpi mittaus on soveltuvampi koneelle esimerkiksi sillä perusteella, mitä mittalaitteita korjaajalla on käytössä. Mikäli hitsausvirtalähteen vuotovirta päätetään mitata, tulee sekä hitsauspiiriin että syöttöpiiriin vuotovirta mitata erikseen. /5/

Hitsauspiiriin vuotovirran mittaus tulee suorittaa kuvan 9 mukaisella kytkennällä hitsausvirtaliittimien ja koneen suojamaadoitusliittimen väliltä koneen ollessa tyhjäkäynnillä nimellisellä jännitteellä. Vuotovirta ei saa olla suurempi kuin 10 mA (AC, tehollisarvo). /5/



Kuva 9. Hitsauspiirin vuotovirran mittauskytkentä /5/

Syöttöpiirin vuotovirta mitataan kuvan 10 mukaisella kytkennällä koneen ollessa tyhjäkäynnissä nimellisellä syöttöjännitteellä. Syöttöpiirin vuotovirtaa mitattaessa tulee virtalähde olla eristettynä maatasosta ja se tulee olla maadoitettu ainoastaan mittauskomponenttien kautta. Häiriönpoistokondensaattoreita ei saa kytkeä irti. /5/



Merkkien selitykset

A, B	Testipäätteet	C_S	0,22 μF
R_S	1 500 Ω	R_1	10 000 Ω
R_B	500 Ω	C_1	0,022 μF

Kuva 10. Syöttöpiirin vuotovirran mittaus /5/

Mitatuista arvoista saadaan laskettua syöttöpiirin vuotovirta kaavan (3) avulla

$$I_{PE} = \frac{U_2}{R_B} \quad (3)$$

Syöttöpiirin vuotovirta saa korkeintaan olla

- 5 mA, jos virtalähde on kytketty pistotulpalla ja sen nimellisvirta on korkeintaan 32 A

- 10 mA, jos virtalähde on kytketty pistotulpalla ja sen nimellisvirta on enemmän kuin 32 A
- 10 mA, jos laite on kytketty kiinteästi verkkoon, mutta sen suojamaajohtimelle ei ole tehty mitään erityistoimenpiteitä
- 5 % nimellisestä syöttövirrasta, jos laite on kytketty kiinteästi verkkoon ja sen suojamaajohdin on vahvistettu.

Näiden sähköisten mittausten lisäksi standardi määrää virtalähteille tehtäväksi toimintatestit, joissa virtalähteiden turvallisuus tarkastetaan. Toimintatesteihin kuuluu tarkistus siitä, että laitteen toiminta on sen mukainen, mitä laitteen valmistaja on sille suunnitellut, tarkastus siitä, että laitteen on/off-kytkin katkaisee kaikki ei maadoitetut syöttöjohtimet, tarkastus siitä, että laitteen mahdollinen tyhjäkäyntijännitteen rajoitin toimii, tarkastus siitä, että laitteen mahdolliset magneettiventtiilit toimivat oikein sekä tarkastus siitä, että laitteen merkkivalot toimivat oikein. Nämä kaikki toiminnalliset testit varmistavat sen, että konetta on turvallista käyttää siihen tarkoitukseen, johon se on suunniteltu. Testit on kuitenkin mielekästä suorittaa osittain konetta korjattaessa ja osittain käyttötuesta tehdessä, eli ennen varsinaisia sähköturvallisuusmittauksia. /5/

Kaikista tehdyistä mittauksista ja testeistä tulee kirjata merkintä ylös erilliseen mittaus- ja testauspöytäkirjaan. Pöytäkirjasta tulee ilmetä vähintään

- testatun virtalähteen tiedot (merkki ja malli sekä mahdollinen sarjanumero)
- testausajankohta (päivämäärä)
- testaustulokset
- allekirjoitus, testauksen tekijä sekä hänen organisaationsa tunniste
- käytetty testauslaitteisto.

Pöytäkirjassa tulee ehdottomasti olla maininta kaikista vaatimuksen mukaisista testeistä ja maininta, jos jokin näistä on jätetty tekemättä. Pöytäkirjan lisäksi itse virtalähteeseen tulee tehdä merkintä, josta käy ilmi, että se on läpäissyt testit sekä selvitys päivästä, jolloin testit on tehty. /5/

Mittausohjetta tulee standardin mukaan myös soveltaa hitsausvirtalähteille, joita ei ole valmistettu kyseisen standardin mukaan esimerkiksi sen takia, että virtalähde on niin vanha, ettei sitä valmistettaessa standardia IEC 60974-1 ollut vielä julkaistu. Näissä tapauksissa standardista poikkeamat tulee dokumentoida ja niiden vaikutus virtalähteen sähköturvallisuuden tasoon tulee arvioida ja tarpeen mukaan suositella virtalähteen haltijalle teettäväksi toimenpiteet, joilla standardin mukaisuus saavutetaan. /5/

Kokonaisuudessaan standardi SFS-EN 60974-4 Kaarihitsauslaitteet. Osa 4: Huoltotoimenpiteiden jälkeinen tarkastus ja testaus antaa hyvän ja kattavan ohjeistuksen siitä, mitä mittauksia huolletuille ja korjatuille laitteille tulee tehdä. Ohjeet ovat riittävän yksityiskohtaisia ja tarkkaan määriteltyjä, jotta tulkinnan varaa ei jää siitä, miten korjaajan tulee toimia. Myös ehdotus dokumentoinnista on esitetty selkeästi. Tehdyn dokumentoinnin säilytykselle ei ole erikseen määrätty mitään ohjeita, eli standardi ei kerro riittääkö se, että tehty mittauspöytäkirja luovutetaan laitteen haltijalle, vai tuleeko mittauksen tekijän arkistoida mittaustulokset jotenkin.

5.3. Muut vaatimukset ja ohjeet

5.3.1. Sähkölaitekorjaajan opas, ST-ohjeisto 6

Kaikkien muiden kuin hitsausvirtalähteiden ja niihin verrattavien laitteiden korjaus ja huoltotoimenpiteiden jälkeisille sähköturvallisuusmittauksille löytyvät ohjeet Sähkötietoyrityksen julkaisemasta Sähkölaitekorjaajan opas ST-ohjeisto 6 -julkaisusta. Tietysti tämä opas koskee myös hitsausvirtalähteitä, mutta niiden sähköturvallisuusmittaukset on käsitelty tarkemmin ja kattavammin jo omassa standardissaan, mutta koska muille laitteille ei erillistä sähköturvallisuusmittausstandardia ole, täyttää Sähkölaitekorjaajan opas tämän aukon. Julkaisu sisältää myös muita yleisiä ohjeita sähkölaitteiden turvalliseen huoltoon ja korjaukseen. Ohje ei kuitenkaan sisällä tarkkaa erittelyä siitä, mitä mittauksia tarkalleen vaaditaan korjatuille ja huolletuille koneille tehtäväksi, tai miten nämä mittaukset tulisi dokumentoida. Ohjeen avulla voidaan kuitenkin päätellä tarvittavat mittaukset ja niiden vaatimukset korjaamolle. /3/

Sähkölaitekorjaajan opas esittää, että kaikille korjatuille ja huolletuille koneille tehdään aina silmämääräinen sähköturvallisuustarkastus ja suojajohtimen tarkastus. Näiden lisäksi opas suosittelee korjatuille laitteille tehtäväksi korjaajan oman harkinnan mukaan eristystilan mittauksen, joko suorittamalla eristysvastusmittaus tai vuotovirta ja sähkölujuustesti. /3/

Silmämääräisessä sähköturvallisuustarkastuksessa, joka osin suoritetaan jo konetta korjattaessa, varmistetaan, että koneen eristeet ja ilmvälit ovat riittävät ja sellaiset kuin laitteen valmistaja on niiden tarkoittanut olevan. Samalla tarkastetaan, että erityisesti koneen liitäntäjohtimen vedonpoisto ja mahdollinen murtumissuoja ovat kunnossa. Luokan I-sähkölaitteen ollessa kyseessä tarkastetaan myös, että laitteen suojamaajohdin on kytketty siten, että vedonpoiston pettäessä ja liitäntäjohtimen irrotessa koneesta suojamaajohdin irtoaa aina viimeisenä johtimena. Tämä varmistaa vikatilanteessakin sähköturvallisuuden säilymisen. /3/

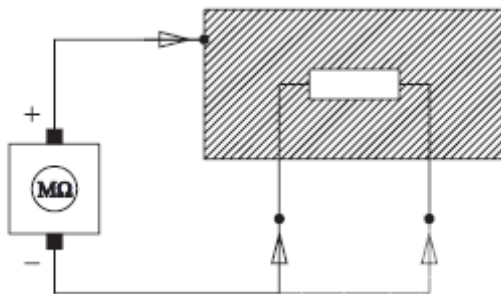
Suojamaajohtimen jatkuvuus tulee mitata aina, kun suojausluokan I sähkölaitteen liitäntäkaapeli on vaihdettu tai suojamaadoituspiiriin on kohdistunut korjaus- tai huoltotoimenpiteitä. Mittauksella varmistetaan, että kaikki kosketeltavissa olevat jännitteelle alttiit osat ovat luotettavasti liitetty suojamaadoituspiiriin ja sitä kautta liitäntäjohtimen suojamaadoituskoskettimeen. Mittaus suoritetaan siten, että suojajohtimen läpi johdetaan laitteen mukaan riittävän suuri 1-10 A:n mittausvirta ja virran johtimeen aiheuttama jännitteen alenema mitataan. Tämän jännitteen aleneman ja Ohmin laista johdetun kaavan (2) avulla voidaan laskea suojajohtimen vastus. Vastuksen suurin sallittu arvo on korkeintaan $0,3 \Omega$ liitoskaapelin ollessa korkeintaan 5 m pituinen. Jokaiset 5 lisämetriä kaapelissa lisää raja-arvoa $0,12 \Omega$. Mitään ehdotonta yläraja-arvoa ei siis ole määritetty mielivaltaisen pitkälle kaapelille. /3/

Suojamaajohtimen jatkuvuutta mitattaessa tulee varmistua siitä, ettei mitattavan laitteen rungolla ja maapotentiaalilla ole muuta johtavaa yhteyttä esim. kaasu- tai vesiliitännän

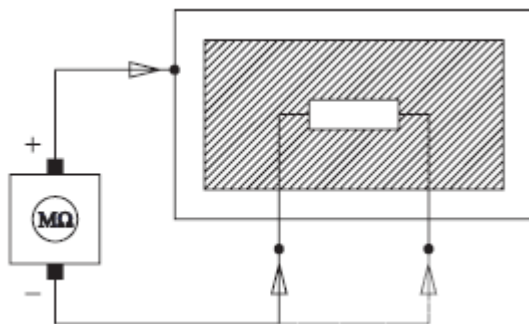
kautta, joka saattaisi antaa väärän tuloksen suojamaajohtimen vastuksen mittaukselle. Mittauksen aikana olisi myös suositeltavaa liikuttaa kaapelia, jotta mahdolliset heikommat kohdat tai katkenneet johtimet paljastuisivat muuttuvana jännitteen alenemana tai vastuksena. /3/

Laitteen eristystilan mittaamiselle ei esitetä niin tarkkoja vaatimuksia kuin suojamaajohtimen jatkuvuuden mittaamiselle. Ohjeistossa sanotaan, että korjattujen laitteiden eristystilan mittaamiselle ei aseteta yhtä ankaria vaatimuksia kuin uusille laitteille. Mittausten ja niistä saatujen arvojen tulee kuitenkin olla riittäviä varmistaakseen koneen turvallisen käytön ottaen huomioon sen iän ja tulevan käytön. Mikäli laitteeseen on käytetty pelkästään tehdasmaisesti valmistettuja ja testattuja osia, riittää koneelle tehtäväksi eristysvastusmittaus jännitekokeella, muutoin tulee suorittaa myös vuotovirran mittaus ja sähkölujuustesti. /3/

Eristysvastuksen mittaus suoritetaan siten, että minuutin koekäytön jälkeen koneen jännitteelliset osat ja koneen ulkokuoren väliset eristeet altistetaan vähintään 500 V:n tasajännitteelle ja tämän tasajännitteen avulla mitataan eristeen vastuksen arvo. Eristysvastusmittaus tulisi suorittaa vedenpitäville eli IP-luokan IPX7 ja IPX8 siten, että ne ovat kokonaan veden peittämiä. Mittausta tulee suorittaa siten, että koneen kaikki kytkimet ovat päällä-asennossa ja mahdolliset lämpötilansäätimet on käännetty mahdollisimman suurelle asetukselle. Kuvassa 11 on esitetty eristysvastuksen mittaus luokan I sähkölaitteelle ja kuvassa 12 on esitetty eristysvastuksen mittaus luokan II sähkölaitteelle (kaksoiseristetty). /3/



Kuva 11. Eristysvastuksen mittaus luokan I laitteelle /3/



Kuva 12. Eristysvastuksen mittaus luokan II laitteelle /3/

Taulukossa 3 ovat vastuksen pienimmät sallitut arvot riippuen koneen suojausluokasta.

Taulukko 3. Eristysvastuksen pienimmät sallitut arvot /3/

Peruseristetty laite (luokka 0 ja I)	0,5 MΩ
Kaksoiseristetty laite (luokka II)	2,0 MΩ

Vuotovirran mittaus tulee ohjeen mukaan suorittaa laitteille, jotka on korjattu käyttäen muita kuin tehdasmaisesti valmistettuja ja testattuja osia, eli esimerkiksi silloin, kun moottorin käämitys on tehty itse. Vuotovirran mittaaminen suoritetaan huoneenlämmössä ja testattava laite ei saa olla kytkettynä syöttöön. Laitteen suojaimpedanssi tulee kytkeä irti laitteen jännitteellisistä osista ennen mittauksen suorittamista. Vuotovirta mitataan kohdistamalla koejännite laitteen jännitteellisten osien ja laitteen kosketeltavien metalliosien välille, jotka on yhdistetty toisiinsa 20 cm x 10 cm metallifoliolla, jota tarpeen mukaan liikutetaan koneen kuorta pitkin siten, että kaikki osat tulee testattua. Koejännitteenä käytetään yksivaiheisilla laitteilla laitteen mitoitusjännitettä kerrottuna 1,06 ja kolmivaiheisilla laitteilla laitteen mitoitusjännitettä jaettuna $\sqrt{3}$ ja kerrottuna 1,06. Vuotovirta mitataan 5 s:n kuluttua koejännitteen kytkemisen jälkeen. Vuotovirta ei saa ylittää taulukossa 4 annettuja arvoja. /3/

Taulukko 4. Vuotovirran suurimmat sallitut arvot /3/

Suojausluokan I ja III (pienoisjännite) laitteet	0,5 mA
Siirrettävät suojausluokan I laitteet	0,75 mA
Kiinteät suojausluokan I moottorikäyttöiset laitteet	3,5 mA
Kiinteät suojausluokan I lämpölaitteet ($P \leq 1kW$)	0,75 mA
Kiinteät suojausluokan I lämpölaitteet ($P > 1kW$)	0,75 mA / kW
	max. 5 mA
Suojausluokan II laitteet	0,25 mA

Vuotovirran suurin sallittu arvo lämpölaitteille siis riippuu osaksi laitteen mitoitustehosta, mutta sille on kuitenkin määrätty absoluuttiseksi raja-arvoksi 5 mA. Taulukon 3 arvot kaksinkertaistetaan myös, mikäli

- laitteen kaikissa ohjauslaitteissa on auki asento kaikissa navoissa
- laitteessa ei ole muuta ohjauslaitetta kuin lämpötilan rajoitin
- laitteen missään lämpötilansäätimissä, lämpötilanvalvojissa ja tehonsäätimissä ei ole auki asentoa
- laitteessa on radiohäiriösuodattimia (mikäli suodatin on kytketty irti, taulukon 3 arvo pätee sellaisenaan).

Laitteille, jotka ovat sekä lämpölaitteita että moottorikäyttöisiä laitteita, käytetään rajana korkeampaa arvoa. /3/

Välittömästi vuotovirtamittauksen jälkeen tulee suorittaa jännitelujuustesti, jossa laitteen eristys saatetaan pääosin sinimuotoisen taajuudeltaan joko 50 Hz tai 60 Hz olevan vaihtojännitteen alaiseksi ja jonka arvo ja kohdistamiskohdat on lueteltu taulukossa 5. /3/

Taulukko 5. Jännitelujuustestin koejännite ja kohdistus /3/

Kohdistuspaikat	Testijännite V		
	Luokan 0 laitteet, luokan I laitteet ja luokan II laitteet		Luokan III
	Mitoitusjännite		
	≤ 150 V	> 150 V	
Jännitteisten osien ja jännitteisistä osista erotettujen kosketeltavien metalliosien välille			
– peruseristyksellä	800	1 000	400
– kaksoiseristyksellä tai vahvistetulla eristyksellä ^{a,b}	2 000	2 500	–

a. Tätä testiä ei sovelleta luokan 0 laitteisiin.

b. Luokan I laitteilla tätä testiä ei tehdä osille, jotka ovat luokan II rakennetta, mikäli testiä ei pidetä tarpeellisena.

Mittauksen aikana mittauspiirin virta ei saa normaaleille laitteilla kasvaa yli 5 mA:n. Laitteille, joilla vuotovirrat ovat suuret, tämä arvo on 30 mA. Jos virta ylittää laitteelle määrätyn arvon, katsotaan, että laite ei läpäise testiä. Eristys voidaan mitata myös tasajännitteellä, joka on 1,5-kertainen taulukon 5 arvoihin verrattuna. /3/

Ohjeistossa ei ole erikseen mainintaa siitä, miten nämä suoritettavat mittaukset tulisi dokumentoida, mutta ohjeiston lopussa on korjauksia koskeva lomakemalli, jossa on esitetty myös nämä vaaditut mittaukset ja tilaa mittaustulosten kirjaamiseen. On oletettavaa, että ohjeisto viittaa, että lomakemallin tiedot sisällään pitämä dokumentti tulisi luovuttaa laitteen haltijalle, mutta mitään viittausta siihen, tulisiko mittaajan itse arkistoida tulokset, ei ohjeistossa ole.

5.3.2. Sähköturvallisuusviranomaisen näkemys dokumentoinnista

Koska korjattujen sähkölaitteiden turvallisuusmittauksia koskevat standardit ja ohjeet eivät sisältäneet tarkkaa ohjeistusta suoritettujen mittausten dokumentoinnista, päätettiin lähestyä sähköturvallisuusviranomaista eli Tukesia sähköpostitse ja kysyä heidän kantaansa asiaan. Tukesille lähetetyssä sähköpostissa kysyttiin Tukesin kantaa pääasiallisesta kolmeen eri asiaan.

Ensimmäinen kysymys koski sitä, voiko laitteen haltijalle tehtävän ilmoituksen tehdyistä sähköturvallisuusmittauksista tehdä vapaamuotoisella dokumentilla. Tämä asia on olennainen, sillä hitsauslaitteiden huollon ja korjauksen jälkeisiä turvallisuusmittauksia koskevassa standardissa on esitetty vaatimus, että mittauksista on tehtävä aina

mittauspöytäkirja, jossa tulokset esitetään ja standardin liitteissä on esitetty erillinen mittauspöytäkirja, mutta se on merkattu tekstillä ”OPASTAVA”, eli se ei sen takia ole velvoittava. Samoin ST-ohjeisto 6:n liitteistä löytyy korjauksia koskeva lomakemalli, johon ei erikseen viitata tekstissä.

Toinen kysymys koski sitä, tarvitseeko turvallisuusmittauksien todelliset mittausarvot dokumentoida vai riittääkö, että tieto siitä, että läpäisikö jokin laite tietyn testin vai ei, kirjataan ylös mahdolliseen mittauspöytäkirjaan. Tämä kysymys on merkityksellinen sen takia, koska mittauspöytäkirjan tai asiakkaalle menevän mittausilmoituksen täyttäminen on merkittävästi nopeampaa, mikäli sen voi täyttää rasti ruutuun periaatteella testien läpäisyn osalta verrattuna siihen, että jokaisen testin antama numeroarvo joudutaan merkitsemään erikseen ylös paperille.

Kolmas kysymys koski sitä, onko laitteita huoltavalla ja niille sähköturvallisuusmittauksia tekevällä taholla velvoitetta arkistoida tekemiensä mittauksien tuloksia myöhempää tarkastelua varten. Tämä on hyvin tärkeä kysymys sen takia, että kaikkien mittaus tulosten ja pöytäkirjojen arkistointi merkitsisi työmäärän lisääntymistä jokaista konetta kohden merkittävästi sekä erillisen arkistointijärjestelmän perustamista.

Tukesin vastaus oli pitkälti sen mukainen kuin oli odotettukin. Itse mittaukset tulee suorittaa ja näin todeta korjattujen ja huollettujen laitteiden sähköturvallisuus. Mittaukset tulee suorittaa standardien ja ohjeiden mukaisesti. Itse dokumentointi on suositeltavaa, sillä dokumentoinnilla voidaan osoittaa asiakkaalle että tarvittavat mittaukset on suoritettu. Tukesin kannan mukaan myös arkistointi olisi suositeltavaa, sillä siten voidaan myös jälkikäteen osoittaa, että laitteet olivat sähköturvallisuuden kannalta kunnossa, kun ne luovutettiin asiakkaalle. Tukesin vastauksen perusteella dokumentointi ja näiden dokumenttien arkistointi ei kuitenkaan ollut pakollista, joten laitteita huoltava ja korjaava taho voi tässä soveltaa omaa harkintaansa. /7/

Koska Tukesin näkemyksen mukaan mittauksissa tulee noudattaa annettuja ohjeita ja standardeja, mutta dokumentointi on vain suositeltavaa, antaa se hyvän mahdollisuuden soveltaa dokumentointikäytäntö joustavaksi ja mahdollisimman vähän itse korjaus-, huolto- ja mittaustyöstä aikaa pois vieväksi. Tukesin näkemys ei tietenkään poista hitsauslaitteiden standardissa esitettyä ehdotonta vaatimusta dokumentoinnista, mutta se antaa mahdollisuuden siihen, että muiden laitteiden osalta voidaan soveltaa kevyempää käytäntöä, jolla asiakkaalle ilmoitetaan se, että hänen omistamansa laitteen sähköturvallisuus on mitattu ja laite on läpäissyt testit. Tähän voidaan soveltaa esimerkiksi itse laitteeseen kiinnitettävää tarraa tai korttia, johon merkitään laitteelle suoritettut testit, niiden läpäisy tai hylkäys sekä testauspäivämäärä. Tällainen tarra tai kortti täyttäisi myös hitsauslaitteiden standardissa mainitun vaatimuksen itse mitatun laitteen merkitsemisestä.

6. MITTAUSPAIKAT JA VARUSTEET

Koska vaatimuksen mukaiset mittaukset vaativat niihin suunnitellut mittalaitteet, eikä usealle eri korjaajalle ole kustannustehokasta hankkia henkilökohtaisia mittalaitteita turvallisuusmittausten suorittamiseen, päätettiin mittaukset hoitaa keskitetysti. Hitsauskoneiden ja muiden koneiden mittausvaatimusten erilaisuuden vuoksi päätettiin valmistaa kaksi erillistä mittauspaikkaa, toinen käsityökaluille ja toinen hitsauskoneille. Mittauspisteet kuitenkin suunniteltiin niin, että myös hitsauskoneiden mittauspisteessä voidaan suorittaa muiden koneiden mittaukset, mikä vähentää ruuhkautumista varsinaisella muiden koneiden mittauspisteellä.

Mittauspisteet rakennettiin omana työnä ja niiden sijoittelu suunniteltiin yhdessä niitä käyttämään tulevien työntekijöiden kanssa. Tarkoitus oli, että mittauspisteiden käyttö olisi helppo ja luonnollinen osa korjausprosessia, eikä hidastaisi koneiden läpimenoaikoja kovin paljoa.

6.1. Käsityökalujen ja muiden koneiden turvallisuusmittauspaikka

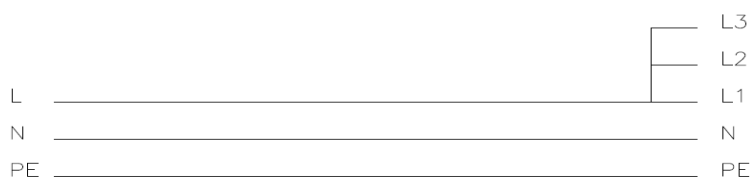
Käsityökalujen ja muiden koneiden turvallisuusmittauspaikka rakennettiin käsityökalukorjauspisteiden välittömään läheisyyteen siten, että miltään niistä pisteistä ei olisi yli 5 m matkaa mittauspisteelle. Lyhyt matka käsityökalupisteille oli tärkeää, sillä määrällisesti juuri käsityökaluille tehdään eniten turvallisuusmittauksia, joten ajallinen säästö olisi suurin juuri näiden koneiden osalta. Mittauspaikka sijoitettiin myös hyvin lähelle teollisuuskoneiden ja pumppujen korjauspisteitä ja näiltä pisteiltä oli leveä kulkureitti suoraan mittauspaikalle, jotta korjattujen koneiden kuljettaminen koneen omilla pyörillä, pumppukärryllä tai pyörin varustetulla korjauspöydällä mittauspisteelle olisi helppoa.



Kuva 13. Käsityökalujen ja muiden koneiden turvallisuusmittauspiste

Kuva 13 on otettu valmiista käsityökalujen ja muiden koneiden turvallisuusmittauspisteestä ja siinä pöydän keskellä näkyy mittauksien suorittamiseen tarkoitettu Beha Machine Master -mittalaite, jolla voidaan toteuttaa kaikki vaaditut mittaukset. Mittalaitteessa on kuvassa kiinni Commander 1 -mittausanturi, jolla suoritetaan mittaukset koneille, jotka on kytketty omalla verkkokaapelillaan mittalaitteeseen. Pöydän yläpuolella keskellä roikkuu Commander 2 -mittausanturi, jolla voidaan mitata laitteita, joissa verkko- tai syöttökaapeli ei ole kiinni. Pöydän yläpuolisissa koukuissa oikealla näkyy nippu erilaisia sovitinkaapeleita ja adaptereja, joilla erilaisilla pistotulpilla olevat laitteet voidaan helposti ilman työkaluja liittää mittalaitteeseen.

Kolmivaiheisten laitteiden mittauksiin käytetään adaptereja, joissa laitteen kolme vaihejohtinta on kytketty yhteen ja liitetty mittariin menevään vaihejohtimeen kuvan 14 mukaisesti.



Kuva 14. Adapterin kytkentäkaavio

6.2. Hitsauskoneiden turvallisuusmittauspaikka

Hitsauskoneiden turvallisuusmittauksia varten rakennettiin omalla työllä erillinen siirrettävä kehikko, joka hitsattiin itse kasaan neliömäisestä teräsputkesta ja maalautettiin erikseen automaalaamossa. Kehikkoon asennettiin vielä pyörät sen liikuttelun helpottamiseksi. Kehikko varusteltiin pöytätasolla ja erillisillä hyllytasoilla, joihin asennettiin sekä turvallisuusmittauslaitteet että muitakin testilaitteita, joita käytetään päivittäin hitsauskoneiden korjaamisessa ja testaamisessa. Siirrettävän kehyksen sijoituspaikaksi valittiin hitsauskoneiden korjauspisteiden välitön läheisyys. Tarvittaessa hitsauskoneiden turvallisuusmittauspisteelle kuitenkin pystyy tuomaan muitakin koneita turvallisuusmittausta varten, mikä vähentää toisen pisteen ruuhkautumisen riskiä. Tarvittaessa myös koko pisteen pystyy siirtämään pyörillä varustetun kehyksensä avulla toiseen paikkaan työtiloissa tai vaikka suoraan asiakkaan tiloihin, jos testauksen tarve ilmenee esimerkiksi vuosikalibrointeja tehdessä.



Kuva 15. Hitsauskoneiden turvallisuusmittauspiste

Kuva 15 on otettu valmiista hitsauskoneiden turvallisuusmittauspisteestä. Pöydällä avoimena on Beha Unitest -mittauslaite turvallisuusmittausten eristysvastus- ja maajohtimen jatkuvuus- sekä vuotovirtamittauksiin. Vasemmassa ylänurkassa näkyy erillinen Gossen Metrawatt Secuload -mittari, joka on tehty varta vasten hitsausvirtalähteen tyhjäkäyntijännitteen mittaamiseen ja toteuttaa suoraan kuvan 2 mukaisen kytkennän hitsausvirtalähteen tyhjäkäyntimittausta varten. Pisteessä on myös muita varusteita pääosin hitsauskoneiden ja muiden elektronisten laitteiden vian etsintään ja testaamiseen. Ylähyllyllä keskellä löytyy milliohmimittari ja vasemmassa laidassa takometri, keskimmaisella hyllyllä ovat vasemmalla tyristoritesteri, keskellä laboratoriovirtalähde ja oikealla hitsausvirtalähteiden kaukosäätimien ja polttimien testilaite. Pöytätasolla vasemmalla on säätömuuntajalla varustettuna tasavirta- ja vaihtovirta-olosuhteilla sekä jännite- ja virtamittareilla varustettu keskus. Pisteessä on vielä kuvan ulkopuolella keuhkon alatasolla Esab Checkmaster -hitsausvirtalähteiden kuormitusvastusyksikkö, jota voidaan käyttää hitsauskoneiden kalibrointiin ja validointiin.

Myös hitsauskoneiden turvallisuusmittauspiste varusteltiin samanlaisilla testauskaapeleilla kuin käsityökalujen ja muiden koneiden turvallisuusmittauspiste itse mittaustyön helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi.

7. MITTAUSOHJEET JA NIIDEN SISÄLTÖ

7.1. Ohjeiden soveltaminen käytännön työhön

Vaikka ST-ohjeisto 6 Sähkölaitekorjaajan opas sekä standardi SFS-EN 60974-4 kaarihitsauslaitteiden turvallisuusmittauksista antavat molemmat vaihtoehtoja tehtävien mittausten suorittamiseen sekä niiden dokumentointiin, ei ole mielekäästä pohtia jokaisen korjattavan laitteen kohdalla erikseen, mitä mittauksia kannattaisi tehdä ja millä tavalla mittaukset kannattaisi dokumentoida. Mittauksia ja dokumentointia varten tulee määritellä selkeät ohjeet ja valintakriteerit, jonka mukaan mittaukset ja dokumentointi suoritetaan joka kerta.

Koska sähköturvallisuusmittausten suorittaminen tulee ohjeistaa mahdollisimman yksiselitteisesti ja tarkkaan ja koska erilaisia laitteita koskevat erilaiset ohjeet, tulee laitteet luokitella selkeästi siten, että tulkinnan varaa ei jää siitä, minkä ohjeen mukaan kunkin koneen sähköturvallisuusmittaukset tulee suorittaa.

Selkeä ja yksiselitteinen jaottelu muodostuu suoraan siitä, että kaarihitsauslaitteita koskevat eri ohjeet kuin muita laitteita. Tämä määrittää selkeästi sen, että kaarihitsauslaitteille tulee olla oma ohjeensa, jonka mukaan niiden korjauksen ja huollon jälkeiset sähköturvallisuusmittaukset ja mittausten dokumentointi suoritetaan. Tämä tarkoittaa myös sitä, että muille laitteille ja koneille tulee määrittää omat ohjeensa.

7.1.1. Kaarihitsauslaitteiden standardin soveltaminen käytäntöön

Laitteiden jako kaarihitsauslaitteisiin ja muihin laitteisiin on ehdoton, sillä kaarihitsauslaitteiden oma standardi määrittää niille omat turvallisuusmittaukset, joita ei voi soveltaa muihin laitteisiin. Tämän takia kaarihitsauslaitteet tulee luokitella ohjeistuksessa omaksi ryhmäkseen.

Kaarihitsauslaitteiden huollonjälkeinen turvallisuusmittausstandardi antaa mahdollisuuden sille, että huoltaja itse päättää, suorittaako hän laitteelle eristysvastus- vai vuotovirtatestin. Kuitenkin näistä testeistä eristysvastusmittaus on selkeästi suoraviihaisempi tehdä, eikä sen tekemiseen tarvita erillistä mittauskytkentää, vaan mittaus voidaan helposti suorittaa Behan Machine Master- tai Beha Unitest- mittalaitteen eristysvastuksen mittaukseen tarkoitetulla toiminnolla. Tämän takia on perusteltua, että vain eristysvastusmittausta käytetään ohjeissa.

Koska standardin vaatimukseen kuuluu, että tehdyistä mittauksista tehdään pöytäkirja, mutta pöytäkirjan muotoa ei ole määrätty, todettiin, että on selkeämpää, että mittauksia varten työn tilaajalle tehdään oma kaarihitsauslaitteiden turvallisuusmittauspöytäkirja, jota käytetään mittauksissa. Koska Tukesin näkemyksen mukaan dokumentointi on vapaaehtoista, eikä itse standardissa vaadita, että pöytäkirjaan kirjataan numeeriset

tulokset, on selkeintä, että pöytäkirjaan kirjataan vain tehdyt mittaukset ja mittauksen lopputulos, eli se läpäisikö laite mittaukset vai ei. Loppujen lopuksi pöytäkirja on tarkoitettu kuitenkin pääosin laitteen haltijan käyttöön. Laitteen haltija on suurimmassa osassa tapauksista maallikko sähköturvallisuuden suhteen, eikä tekisi mitään tiedolla itse mittausrvoista. Joissakin tilanteissa ne jopa saattaisivat hämmentää häntä. Lomakkeen malli on liitteessä 6.

Standardin vaatimus itse virtalähteen merkinnästä toteutettiin liittämällä koneeseen kuminauhalla kiiltäväpintainen pahvikortti, johon kirjoitetaan käsin koneen tiedot, testauspäivämäärä sekä testien lopputulokset. Kortti suunniteltiin sellaiseksi, että se kelpaa käytettäväksi myös muillekin kuin kaarihitsauslaitteille. Kortin malli on liitteessä 5.

7.1.2. Muiden laitteiden ohjeistuksen soveltaminen käytäntöön

Koska kaarihitsauslaitteille tarvittiin oma turvallisuusmittausohjeistus niiden oman standardin vaatimuksesta, täytyy siis muille laitteille tehdä oma ohjeistuksensa. Muille laitteille ohjeistusta suunniteltaessa suurimmat eroavaisuudet laitteissa turvallisuusmittausten suhteen tulevat esiin siinä, mikä laitteen eristysluokka on. Luokan I laitteille, joissa siis on suojamaajohdin, tulee suorittaa suojamaajohtimen jatkuvuusmittaus, mitä ei tarvitse, eikä edes voida suorittaa luokan 0 ja II laitteille, sillä niissä ei suojamaajohdinta ole. Toinen olennainen ero eristysluokkien välillä on se, mikä on pienin sallittu suojaeristyksen vastuksen arvo. Luokan II laitteillehan vaaditaan eristysvastuksen arvoa 2,0 M Ω , kun taas luokan 0 ja I laitteille riittää 0,5 M Ω . Myös se, tarvitseeko vuotovirta- ja sähkölujuustestiä tehdä, vaikuttaa ohjeistukseen.

Mikäli koneet jaotellaan ohjeistuksessa kahteen kategoriaan, eli esim. luokan I laitteen (suojavaadoitetut) ja muut laitteet, voidaan ohjeistusta yksinkertaistaa merkittävästi. Tällöin luokan I laitteille ohjeistetaan ensin suojamaajohtimen jatkuvuuden mittaus ja sen jälkeen eristysvastusmittaus, kun taas muille laitteille ohjeistetaan pelkästään eristysvastusmittaus. Koska koneiden korjaamiseen käytetään vain tehdasvalmisteisia korkealaatuisia sähkötöihin tarkoitettuja komponentteja, ei korjauksen jälkeistä vuotovirta- ja sähkölujuustestiä tarvitse tehdä. Ne harvat tapaukset, joissa moottorin käämi joudutaan käämimään, suoritetaan käämintä alihankintatyönä sähkömoottorien käämintään erikoistuneella ammattiliikkeellä, joka tarpeen tullen testaa käämimänsä moottorin vuotovirran ja sähkölujuuden.

Ohjeet luokan I laitteille ja muille laitteille eivät siis eroa toisistaan muuten kuin suojamaajohtimen jatkuvuusmittauksen osalta ja eristysvastuksen raja-arvon osalta. Koska nämä molemmat laitekategoriat kuitenkin tullaan testaamaan samalla testipisteellä, voi eri eristysvastuksen raja-arvo tuottaa ongelmia, koska jokaisella mittauksella tulee muistaa tarkastaa, että testilaitteen raja-arvo on säädetty oikeaksi. Ongelma voidaan poistaa, mikäli päätetään, että molemmille laitekategorioille käytetään samaa eristysvastuksen vaatimusta, joka valitaan luokan II vaatimuksen mukaan. Tämä saa aikaan toki sen, että myös luokan I laitteet mitataan vaativammalla arvolla, mutta mikään ei estä vaatimasta korjattujen koneiden sähköturvallisuudelta korkeampaa tasoa kuin mikä ehdoton minimi on. Toisaalta turvallisuusmittauksia satunnaisesti tehdessä on aikaisemmin huomattu, että sekä luokan I

että luokan II laitteilla, joissa eristys on kunnossa, antaa mittaus eristysvastuksen arvoksi yli 1000 M Ω , mikä on moninkertaisesti yli kummankin luokan raja-arvon. Tästä voidaan päätellä, että mikäli luokan I sähkölaitteen eristysvastus olisi yli 0,5 M Ω , mutta alle 2,0 M Ω , olisi koneen eristeet syytä tarkistaa, sillä kunnossa ollessaan eristyksen vastusarvo olisi merkittävästi korkeampi.

7.2. Lopulliset turvallisuusmittausohjeet ja perustelut

Seuraavissa kappaleissa ovat lopulliset turvallisuusmittausohjeet ja niiden perustelut. Sähköturvallisuusmittauspaikoille tulevat mittausohjeet ilman perusteluja löytyvät liitteistä 1, 2 ja 3. Mittausohjeet perustuvat tässä työssä tehtyihin selvityksiin sekä käytännön testauksiin, joita on suoritettu normaalin huoltotyön yhteydessä. Mittausohjeet on tarkoitettu ammattitaitoisille sähkökonekorjaajille, jotka on perehdytetty mittalaitteiden oikeaan käyttöön. Tämän takia ohjeet eivät sisällä tarkempaa ohjeistusta itse mittalaitteen käyttöön, vaan ainoastaan olennaisen tiedon siitä, mitä turvallisuusmittauksia millekin koneelle tulee suorittaa.

7.2.1. Hitsauskoneet

- 1. Testikäytä kone ja varmista, että se on siinä kunnossa, että se voidaan luovuttaa asiakkaalle.**
Sähköturvallisuusmittauksen tulee olla viimeinen toimenpide, joka koneelle suoritetaan, jotta koneen turvallisuudesta voidaan olla varmoja luovutushetkellä. Kone tulee sen takia korjata kuntoon ennen mittauksia ja mahdollisuuksien mukaan myös testikäyttää.
- 2. Kytke laitteen hitsausvirtaliittimiin SECULOAD-tyhjäkäyntijännitteen mittapiiri ja kytke yleismittari SECULOADiin.**
SECULOAD-tyhjäkäyntijännitteen mittari helpottaa mittauksen suorittamista
- 3. Kytke yleismittari tasajännitteen mittaukseen ja kytke MIN/MAX-toiminta päälle.**
Koska tarkoituksena on mitata, ettei tyhjäkäyntijännite ylitä tyyppikilvessä olevaa arvoa, tulee mittarin tallentaa muistiin korkein jännitteen arvo, joka mittausjaksolla koneen hitsausvirtaliittimien välillä on.
- 4. Käynnistä hitsauskone ja paina SECULOADin start-nappi alas, kunnes stop-ledi syttyy. Lue tämän jälkeen tyhjäkäyntijännitteen maksimi-arvo yleismittarin MAX muistista.**
SECULOAD-mittari kuormittaa automaattisesti hitsauskoneetta muuttamalla vastustaan ja näin hitsauskoneen ohjauspiiri joutuu säätämään koneen toimintaan. Yleismittarin MAX-toiminto rekisteröi korkeimman jännitteen arvon, joka automaattisen testijakson aikana havaitaan.
- 5. Tarkasta, että tyhjäkäyntijännitteen arvo ei ylitä tyyppikilpeen merkittyä arvoa ja että koneen mahdollinen VRD-toiminta aktivoituu testatessa.**

Standardi määrää, ettei tyhjäkäyntijännitteen huippuarvo saa ylittää tyyppikilpeen leimattua arvoa. Testijakson aikana hitsauspiirin resistanssi vaihtelee 200 Ω ja 5 k Ω välillä, joten koneen VRD-toiminnan tulee olla aktiivinen.

6. **Tee merkintä mittapöytäkirjaan testin tuloksesta.**
Standardi vaatii, että tulokset kirjataan ylös.
7. **Sammuta laite, irrota SECULOAD ja kytke laite irti sähkönsyötöstä.**
Loput testit suoritetaan testattava laite jännitteettömänä.
8. **Kytke laitteen pistotulppa Beha Unitest pistokkeeseen. Käytä tarvittaessa adapteria.**
Yksivaiheinen hitauskone kytketään suoraan mittalaitteen pistorasiaan, mutta kolmivaiheinen kone liitetään käyttäen adapteria, joka yhdistää kaikki vaihejohtimet yhteen. Täten kaikkien vaihejohtimien ja rungon/hitsauspiirin välinen eristysvastus voidaan mitata yhdellä kerralla.
9. **Käännä Unitest-mittari asentoon R_{PE} 10A~.**
Valitaan mittaukseksi suojamaajohtimen jatkuvuusmittaus 10 A:n testivirralla.
10. **Vie Unitest-mittarin mittapää koneen runkoon ja paina Prüftaste-nappi pohjaan.**
Mittaus suoritetaan mittarin pistorasian suojamaakoskettimien ja koneen rungossa kiinni olevan mittapään väliltä.
11. **Liikutele koneen syöttökaapelia, ja valvo samalla, että Unitest-mittarin näyttämä vastuksen arvo ei nouse yli 0,3 Ω :n.**
Koska kaapelissa voi olla säikeitä poikki ehjän eristeen alta, mahdolliset viat saadaan esille liikuttelemalla kaapelia. Standardi määrää, ettei suojamaajohtimen vastus saa ylittää arvoa 0,3 Ω .
12. **Tee merkintä mittauspöytäkirjaan mittauksen tuloksesta.**
Standardi vaatii, että tulokset kirjataan ylös.
13. **Käännä Unitest-laitteen kytkin asentoon R_{iso}.**
Valitaan mittaukseksi eristysvastusmittaus 500 V:n jännitteellä.
14. **Käännä koneen käyttökytkin päälle asentoon ja pakota mahdollinen pääkontaktori pohjaan eristysvastusten mittauksen ajaksi.**
Koska useissa hitsauslaitteissa päävirtapiirissä on kontaktori, pitää se saattaa johtavaan tilaan, jotta testijännite pääsee päämuuntajalle ja eristysvastusmittaus antaa oikean tuloksen.
15. **Aktivoi Unitest-mittarin testauspää painamalla Prüftaste-nappi pohjaan**
Mittari käynnistetään mittauksia varten.
16. **Pidä Prüftaste-nappi pohjassa ja mittaa koneen syöttöpiirin ja rungon välinen eristysvastus. Vastuksen tulee olla vähintään 2,5 M Ω .**
Ensin mitataan eristysvastuksen arvo mittalaitteen pistorasian vaiheliittimen ja koneen rungossa kiinni olevan mittapään väliltä. Standardi määrää, ettei vastuksen arvo saa olla alle 2,5 M Ω .
17. **Mittaa tämän jälkeen koneen syöttöpiirin ja hitsauspiirin välinen eristysvastus viemällä mittapää hitsausliittimeen. Vastuksen tulee olla vähintään 5 M Ω .**

Tämän jälkeen mitataan eristysvastuksen arvo mittalaitteen pistorasian vaiheliittimen ja hitsauspiirissä kiinni olevan mittapään väliltä. Standardi määrää, ettei vastuksen arvo saa olla alle 5 M Ω .

18. **Kytke laite irti Unitest-mittarista, ja ota Unitest-mittarin toinenkin mittapää käyttöön ja mittaa koneen hitsauspiirin ja rungon välinen eristysvastus, jonka tulee olla vähintään 2,5 M Ω .**

Hitsauspiirin ja rungon välistä eristysvastusta ei voi mitata käyttäen mittalaitteen omaa pistorasiaa, joten kone irrotetaan siitä ja käyttöön otetaan mittalaitteen molemmat mittapää. Eristysvastuksen arvo mitataan hitsauspiirissä kiinni olevan ja rungossa kiinni olevan mittapäiden väliltä. Standardi määrää, että eristysvastuksen tulee olla vähintään 2,5 M Ω .

19. **Tee merkinnät mittauspöytäkirjaan mittausten tuloksista.**

Standardi vaatii, että tulokset kirjataan ylös.

20. **Täytä konekortti mittaustulosten mukaan.**

Standardi vaatii, että myös itse koneeseen liitetään kortti, johon on merkitty, milloin kone on testattu ja että se on läpäissyt tehdyt testit.

HUOM!!! Jos laite ei läpäise jotain testiä, tulee laitteen vika korjata ennen koneen luovuttamista asiakkaalle.

7.2.2. Eristysluokka I (suojamaadoitetut laitteet)

1. **Testikäytä kone ja varmista, että se on siinä kunnossa, että se voidaan luovuttaa asiakkaalle.**

Sähköturvallisuusmittauksen tulee olla viimeinen toimenpide, joka koneelle suoritetaan, jotta koneen turvallisuudesta voidaan olla varmoja luovutushetkellä. Kone tulee sen takia korjata kuntoon ennen mittauksia ja mahdollisuuksien mukaan myös testikäyttää.

2. **Kytke laitteen pistotulppa Beha Machine Masterin pistokkeeseen. Käytä tarvittaessa adapteria.**

Mittaukset suoritetaan testattava laite jännitteettömänä. Yksivaiheinen laite kytketään suoraan mittalaitteen pistorasiaan, mutta kolmivaiheinen laite liitetään käyttäen adapteria, joka yhdistää kaikki vaihejohtimet yhteen. Täten kaikkien vaihejohtimien ja rungon välinen eristysvastus voidaan mitata yhdellä kerralla.

3. **Käännä Machine Masterin kytkin asentoon R_{PE} 10 A.**

Valitaan mittaukseksi suojamaajohtimen jatkuvuusmittaus 10 A:n testivirralla.

4. **Vie Commander 1 -mittapää koneen runkoon ja paina Activate-nappi pohjaan.**

Mittaus suoritetaan mittarin pistorasian suojamaakoskettimien ja koneen rungossa kiinni olevan mittapään väliltä.

5. **Liikuttele koneen syöttökaapelia ja valvo mittarin näytöltä, ettei vastus nouse yli 0,3 Ω .**

Koska kaapelissa voi olla säikeitä poikki ehjän eristeen alta, mahdolliset viat saadaan esille liikuttelemalla kaapelia. Standardi määrää, ettei suojamaajohtimen vastus saa ylittää arvoa $0,3 \Omega$.

6. **Käännä Machine Masterin kytkin asentoon R_{ins} 500 V.**
Valitaan mittaukseksi eristysvastusmittaus 500 V:n jännitteellä.
7. **Lukitse koneen käyttökytkin päälle-asentoon.**
Koska sähkölaitteissa on lähes aina virtakytkin, tulee se lukita päälle-asentoon, jotta testijännite pääsee koneen kaikkiin normaalisti jännitteellisiin osiin.
8. **Aktivoi mittaus painamalla mittarin START/STOP-nappia.**
Mittauksessa hyödynnetään äsken ehjäksi todettua suojamaajohtinta siten, että mittalaite automaattisesti mittaa eristysvastuksen arvon koneen jännitteellisten osien ja rungon väliltä käyttäen laitteen verkkokaapelin vaihe- ja nollajohtinta sekä suojamaajohtinta.
9. **Lue eristysvastuksen arvo näytöltä. Varmista, että se on yli $2 M\Omega$.**
Ohjeet määräävät, että eristysvastuksen tulee olla vähintään $0,5 M\Omega$, mutta mittalaitteen käytön yksinkertaistamiseksi on päätetty käyttää raja-arvoa $2 M\Omega$. Tämä sen takia, koska samalla mittarilla mitataan sekä suojamaadoitettuja laitteita että kaksoiseristettyjä laitteita, eikä näiden mittausten välissä tarvitse vaihtaa koneen mittarin raja-arvoja. Tämä vähentää merkittävästi riskiä mitata vahingossa kaksoiseristettyä konetta liian pienellä, suojamaadoitetun koneen raja-arvolla.
10. **Tee mittausten mukaiset merkinnät konekorttiin.**
Konekortilla välitetään asiakkaalle tieto siitä, että kone on läpäissyt turvallisuustestit.

HUOM!!! Jos laite ei läpäise jotain testiä, tulee laitteen vika korjata ennen koneen luovuttamista asiakkaalle.

7.2.3. Muut laitteet

1. **Testikäytä kone ja varmista, että se on siinä kunnossa, että se voidaan luovuttaa asiakkaalle.**
Sähköturvallisuusmittauksen tulee olla viimeinen toimenpide, joka koneelle suoritetaan, jotta koneen turvallisuudesta voidaan olla varmoja luovutushetkellä. Kone tulee sen takia korjata kuntoon ennen mittauksia ja mahdollisuuksien mukaan myös testikäyttää.
2. **Kytke laitteen pistotulppa Beha Machine Masterin pistokkeeseen.**
Tähän kategoriaan kuuluu vain yksivaiheisia laitteita, sillä kaikki kolmivaiheiset laitteet ovat suojamaadoitettuja. Tämän takia erillistä adapteria ei tarvita.
3. **Käännä Machine Masterin kytkin asentoon R_{ins} 500 V.**
Valitaan mittaukseksi eristysvastusmittaus 500 V:n jännitteellä
4. **Lukitse koneen käyttökytkin päälle asentoon.**

Koska sähkölaitteissa on lähes aina virtakytkin, tulee se lukita päälle-
asentoon, jotta testijännite pääsee koneen kaikkiin normaalisti jännitteellisiin
osiin.

5. **Aktivoi Commander 1 -testipää painamalla Activate nappi pohjaan.**
Käynnistetään mittalaite.
6. **Pidä Activate-nappi pohjassa ja käy kaikki laitteen kosketeltavissa
olevat johtavat osat läpi.**
Koska laitteessa ei ole suojamaajohdinta, joka olisi yhdistettynä laitteen
jännitteelle alttiisiin osiin, tulee kaikki johtavat ja kosketeltavissa olevat osat
käydä läpi mittapäällä. Näin voidaan varmistua, että eristysvastus on riittävä
koko koneessa.
7. **Varmista että Machine Master näyttää, että eristysvastus on koko ajan
yli 2 MΩ.**
Ohjeet määräävät että eristysvastuksen tulee olla vähintään 2 MΩ.
8. **Tee mittauksen mukainen merkintä konekorttiin.**
Konekortilla välitetään asiakkaalle tieto siitä, että kone on läpäissyt
turvallisuustestit.

**HUOM!!! Jos laite ei läpäise jotain testiä, tulee laitteen vika korjata ennen koneen
luovuttamista asiakkaalle.**

8. MITTAUSMENETELMIEN KEHITTÄMINEN

8.1. Mittalaitteiden luotettavuuden valvonta

Vaikka sähköturvallisuusmittauksiin käytettäviä mittareita käytetään suhteellisen turvallisissa ja puhtaissa olosuhteissa firman omissa tiloissa, on olemassa aina riski, että vuosittaisten kalibrointien välissä mittalaitteen näyttämä arvo saattaa ruveta poikkeamaan mitatusta todellisesta arvosta, ilman että mittalaite itse antaa siitä minkäänlaista ilmoitusta. Tällaisessa tilanteessa mittalaite antaa joko virheellisesti kunnossa olevalle laitteelle tuloksen, jonka mukaan kone tulisi hylätä tai vialliselle koneelle tuloksen, jonka mukaan se läpäisee testin. Mikäli virhetulos tulee laitteelle, joka on kunnossa ja joka testin hylkäämisen takia korjataan uudelleen, paljastuu todennäköisesti mittalaitteen virhe, sillä uusintakorjauksessahan ei tällöin löydy mitään vikaa, joka tulisi korjata.

Mikäli vika kuitenkin ilmenee laitteen kohdalla, joka ei jostain syystä läpäisisi turvallisuustestiä esim. heikentyneen eristyksen takia, mutta mittalaite kuitenkin osoittaisi koneen olevan turvallinen, saattaa asiakkaalle päätyä kone, jonka sähköturvallisuus ei olisikaan vaatimusten mukainen. Tämän todennäköisyys on toki häviävän pieni, sillä sähkölaitteen on korjannut sähkökonekorjaamisen ammattilainen, joka on korjauksessa käyttänyt vain tehdasvalmistettuja osia. Jos kuitenkin ammattitaitoiselta korjaajalta olisi jäänyt huomaamatta esim. johtimen viallinen eriste rungon kiinnitysruuvien vieressä ja sähköturvallisuusmittausta tehdessä mittalaite olisikin viallinen, on riski siihen, että asiakkaalle päätyy vaarallinen kone, todellinen. Tämän takia mittalaitteiden mittaustulosten luotettavuutta tulisi valvoa tulevaisuudessa.

Yksi tapa toteuttaa tämä valvonta olisi mitata säännöllisesti jonkin korjatun koneen sähköturvallisuusmittaukset molempien testauspaikkojen mittareilla ja näin todeta, että molemmat mittarit antavat saman tuloksen ja täten ovat kunnossa. Toisaalta on mahdollista, että molemmat mittarit ovat viallisia ja antavat väärän tuloksen, mutta todennäköisyys molempien mittareiden vikaantumiseen samalla tavalla testimittausten välissä on äärimmäisen pieni, joten tällä menetelmällä mittareiden mittaustulosten luotettavuus paranisi merkittävästi. Sopivaksi aikaväliksi voisi valita esim. viikon, jolloin ylimääräisiä mittauksia ei kertyisi kalibrointien välillä vuodessa kuin 52 kappaletta, joten yrityksen kannattavuus ei kärsisi tästä lisämittaamisesta merkittäväksi.

Mittaukset tulisi tietysti dokumentoida, jotta niiden suorittamista voitaisiin valvoa. Dokumentointia varten voisi käyttää erillistä lomaketta, johon täytettäisiin mittauksen suorittamisen päivämäärä ja kellon aika, mittauksen suorittaja ja testattavat mittarit. Nykytilanteessa mitattaisiin tietysti molemmat mittarit toisiaan vastaan, mutta mikäli mittareiden määrä kasvaa yrityksen toiminnan mahdollisesti laajentuessa, tulisi tietysti kaikki mittarit testata keskenään. Kaikkia mittareita ei tarvitsisi tietenkään mitata kaikkia mittareita vastaan, vaan jokin mittari esimerkiksi uusi, voitaisiin valita referenssimittariksi, jota vastaan muut mittarit varmennettaisiin. Jokaiselle mittarille pidettäisiin silloin tietysti omaa kirjanpitoa mittarin varmistusmittauksista. Esimerkki mahdollisesta varmistusmittauspöytäkirjasta on liitteessä 7. Tällaista pöytäkirjaa käyttämällä olisi

helppoa suorittaa mittareiden varmistusmittaukset ja seurata niiden suorittamista säännöllisesti.

Mikäli eristysvastuksen varmistusmittattaisiin täysin ehjästä koneesta, saattaisi ongelmaksi muodostua se, että mittarit näyttäisivät näille laitteille eristysvastuksen arvoksi yleensä lukemaa $> 1000 \text{ M}\Omega$. Tämä lukema ei paljastaisi mittareissa vikaa, joka aiheuttaisi pientä heittoa mittaustuloksissa. Mikäli toinen mittari esim. näyttäisi systemaattisesti $3 \text{ M}\Omega$ liian isoa vastusarvoa, saattaisi se saada esimerkiksi $0,3 \text{ M}\Omega$ eristysvastuksen näyttämään vaikkapa $3,3 \text{ M}\Omega$ eristysvastukselta. Näin pieni heitto ei näkyisi, mikäli testimittauksessa käytetty eristys olisi arvoltaan yli $1000 \text{ M}\Omega$. Tämän takia eristysvastuksen varmistusmittausta suorittaessa olisi suositeltavaa käyttää testikoneena laitetta, jonka eristeet ovat vialliset, mutta eivät kuitenkaan niin huonossa kunnossa, että runko olisi suoraan oikosulussa jännitteisten osien kanssa. Täten mittarien arvot olisivat kokoluokassa $0,1 - 0,5 \text{ M}\Omega$, ja mahdolliset virheet olisi helpompi huomata. Tällaisia koneita tulee kuitenkin hyvin harvoin vastaan korjattuja koneita mitattaessa, joten jonkinlainen testimittauskone olisi hyvä rakentaa esim. vanhoista hieman runkoon vuotavista lämmitysvastuselementeistä.

Edellisen kaltaista ongelmaahan ei esiintyisi suojajohtimen jatkuvuutta mitatessa, sillä silloin arvot ehjilläkin koneilla liikkuvat luokassa $0,1-0,3 \text{ }\Omega$, joten pienetkin turvallisuuteen vaikuttavat heitot voidaan havaita helposti.

8.2. Mittaustulosten arkistointi

Se että mittaukset tehdään kaikille koneille ja se, että mittalaitteet varmistus mitataan viikoittain vuosittaisten kalibrointien välissä, olisi hyvä pohja luotettaville sähköturvallisuusmittauksille tulevaisuudessa. Mikäli menetelmiä haluttaisiin kehittää vielä pidemmälle, olisi loogista ottaa käyttöön mittaustulosten rekisteröinti ja arkistointi. Itse mittauservojen rekisteröinti ei välttämättä olisi mielekäästä, sillä esim. eristysvastuksen arvothan ehjillä koneilla olisivat poikkeuksetta $> 1000 \text{ M}\Omega$, joten pelkkä merkintä mittauksen suorittamisesta ja sen läpäisystä riittäisi.

Mittauksia rekisteröitäessä ja arkistoitaessa tärkeää kuitenkin olisi merkitä ylös mittauservojen ja käytetty mittalaite. Tämä mahdollistaisi sen, että mikäli mittalaitteiden viikoittaisissa testeissä havaittaisiin mittalaitteen toiminnassa virhe, voitaisiin edellisen tarkistusmittauksen jälkeen tällä mittarilla mitatut koneet tarpeen mukaan kutsua uudelleen mitattavaksi, mikäli olisi epäilyksiä niiden turvallisuudesta.

Mittaustulosten rekisteröinti ja arkistointi olisi helpointa toteuttaa yrityksessä olevan huollonseurantajärjestelmään lisättävällä valintataulukolla, jolla huollettavan koneen ATK-järjestelmään rekisteröityä tilaa ”KESKEN”-tilaa ”VALMIS”-tilaksi muuttaessa syötettäisiin hiirellä klikattavilla valintaruuduilla tehdyt testit ja näiden läpäisy sekä valittaisiin käytetty mittalaite suoraan valikosta. Kellonaika ja päivämäärä rekisteröityvät työmääräimelle automaattisesti tilaa muuttaessa. Kun mittaustiedot tällä tavalla syötettäisiin suoraan tietokantaan ja näin linkitettäisiin taloushallintajärjestelmän

työmääräimiin, olisi mittareitten vikatilanteissa helppoa hakea tietyllä aikavälillä ja tietyllä mittarilla mitatut koneet suoraan siihen tarkoitukseen räätälöidyllä raportilla. Koska huollonseurantajärjestelmä on yrityksen itse kehittämä, on sen räätälöinti omaan käyttöön helppoa. Myös raporttien luominen taloushallintajärjestelmästä onnistuu siihen erikseen hankitulla työkalulla.

9. YHTEENVETO

Työn tehtävänä oli selvittää viranomaisten vaatimukset sähkökonekorjaamossa suoritettaville sähköturvallisuusmittauksille ja tehdä näiden pohjalta ohjeistus sähköturvallisuusmittausten suorittamiseen. Työn tarkoituksena oli myös valmistaa erilliset sähköturvallisuusmittauspaikat työn tilaajan toimitiloihin. Tarkoitus oli myös suunnitella sähköturvallisuusmittauksien kehittämistä tulevaisuudessa.

Vaikka työn aihealue oli suhteellisen tarkkaan rajattu, yllätti tiedon hajanaisuus ja jopa vajaavuus lähdemateriaalia etsittäessä ja tutkittaessa. Toki itse mittausten sähkötekniinen teoria oli hyvin selkeä kokonaisuus. Vaikka tilanne muodostuikin hieman haastavaksi, saatiin olennaisimmat dokumentit työn tekemistä varten valittua ja niiden avulla itse työn kirjallinen lopputulos suhteellisen hyväksi. Dokumentointivaatimusten tarkentaminen Tukesilta selkeytti myös työn lopputulosta merkittävästi.

Toisaalta itse sähköturvallisuusmittauspisteiden rakentaminen sujui ongelmitta ja ohjeistus niiden käyttämiseen syntyi suhteellisen helposti valikoidun lähdemateriaalin perusteella. Vaikka pisteet rakennettiin puhtaasti tilaajaan käyttöön, pystyy työn kirjallista osaa hyödyntämään helpostikin muissa vastaavissa yrityksissä.

Myös tulevaisuuden kehitysmahdollisuuksia pystyttiin kartoittamaan mielekkäästi, ja mahdollisia tulevaisuudessa toteutettavia sähköturvallisuusmittausten parannuksia pystyttiin suunnittelemaan suhteellisen yksityiskohtaisesti. Olisikin suositeltavaa, että nämä kehitysideat otettaisiin käyttöön mahdollisimman pian.

Työ oli kokonaisuudessaan haastava ja mielenkiintoinen ja sen tekemisessä onnistuttiin mielestäni hyvin.

10. LÄHDELUETTELO

- /1/ Ahokas, Inka-Liisa, (päätoimittaja), Sähköalan säännökset 2005, Henkilö- ja yritysarviointi Seti, 2005
- /2/ Korpinen, Leena, Sähkövoimatekniikkaopus, [PDF-dokumentti], http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/7sahkoturvallisuus.pdf, 10.5.2010
- /3/ Saastamoinen, Arto, (päätoimittaja) Sähkölaitekorjaajan opas, ST-ohjeisto 6, 4., korjattu painos, Sähköinfo Oy, 2007
- /4/ Simonen, Seppo; Sähkölaitteiden direktiivinen turvallisuus, Otatieto, 2001
- /5/ Suomen Standardoimisliitto, SFS-EN 60974-4 KAARIHITSAUSLAITTEET. OSA 4: HUOLTOTOIMENPITEIDEN JÄLKEINEN TARKASTUS JA TESTAUS, Suomen Standardoimisliitto, 2007
- /6/ Tukes, Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat 1945-2009, [jpg-kuva], <http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Rekisterit/sahko-ja-hissit-rekisterit/sahkotaturmat/>, 7.4.2010
- /7/ Öhman, Leila, Turvallisuusinsinöörin haastattelu sähköpostitse, Tukes, 11.3.2010

11. LIITELUETTELO

- LIITE 1 Mittausohje kaarihitsauslaitteille
- LIITE 2 Mittausohje luokan I sähkölaitteille
- LIITE 3 Mittausohje muille sähkölaitteille
- LIITE 4 Tukes sähköpostihaastattelu
- LIITE 5 Konekorttimalli
- LIITE 6 Kaarihitsauslaitteiden pöytäkirjan malli
- LIITE 7 Varmistusmittausten pöytäkirjan malli

LIITE 1 Mittausohje kaarihitsauslaitteille

1. Testikäytä kone ja varmista, että se on siinä kunnossa, että se voidaan luovuttaa asiakkaalle.
2. Kytke laitteen hitsausvirtaliittimiin Secuload - tyhjäkäyntijännitteenmittapiiri ja kytke yleismittari Seculoadiin.
3. Kytke yleismittari tasajännitteen mittaukseen ja kytke MIN/MAX-toiminta päälle.
4. Käynnistä hitsauskone ja paina seculoadin start-nappi alas, kunnes stop-ledi syttyy. Lue tämän jälkeen tyhjäkäyntijännitteen maksimiarvo yleismittarin MAX-muistista.
5. Tarkasta, että tyhjäkäyntijännitteen arvo ei ylitä tyyppikilpeen merkittyä arvoa ja että koneen mahdollinen VRD-toiminta aktivoituu testatessa.
6. Tee merkintä mittapöytäkirjaan testin tuloksesta.
7. Sammuta laite, irrota secuload ja kytke laite irti sähkönsyötöstä.
8. Kytke laitteen pistotulppa Beha Unitest pistokkeeseen. Käytä tarvittaessa adapteria.
9. Käännä Unitest-mittari asentoon $R_{PE} 10A\sim$.
10. Vie Unitest-mittarin mittapää koneen runkoon ja paina Prüftaste-nappi pohjaan.
11. Liikuttele koneen syöttökaapelia, ja valvo samalla, että Unitest-mittarin näyttämä vastuksen arvo ei nouse yli $0,3 \Omega:n$.
12. Tee merkintä mittauspöytäkirjaan mittauksen tuloksesta.
13. Käännä Unitest-laitteen kytkin asentoon R_{iso} .
14. Käännä koneen käyttökytkin päälle-asentoon ja pakota mahdollinen pääkontaktori pohjaan eristysvastusten mittauksen ajaksi.
15. Aktivoi Unitest-mittarin testauspää painamalla Prüftaste-nappi pohjaan
16. Pidä Prüftaste-nappi pohjassa ja mittaa koneen syöttöpiirin ja rungon välinen eristysvastus. Vastuksen tulee olla vähintään $2,5 M\Omega$.
17. Mittaa tämän jälkeen koneen syöttöpiirin ja hitsauspiirin välinen eristysvastus viemällä mittapää hitsausliittimeen. Vastuksen tulee olla vähintään $5 M\Omega$.
18. Kytke laite irti Unitest-mittarista, ja ota Unitest-mittarin toinenkin mittapää käyttöön ja mittaa koneen hitsauspiirin ja rungon välinen eristysvastus, jonka tulee olla vähintään $2,5 M\Omega$.
19. Tee merkinnät mittauspöytäkirjaan mittausten tuloksista.
20. Täytä konekortti mittaustulosten mukaan.

HUOM!!! Jos laite ei läpäise jotain testiä, tulee laitteen vika korjata ennen koneen luovuttamista asiakkaalle.

LIITE 2 Mittausohje luokan I sähkölaitteille

1. Testikäytä kone ja varmista, että se on siinä kunnossa, että se voidaan luovuttaa asiakkaalle.
2. Kytke laitteen pistotulppa Beha Machine Masterin pistokkeeseen. Käytä tarvittaessa adapteria.
3. Käännä Machine Masterin kytkin asentoon R_{PE} 10A.
4. Vie Commander 1 -mittapää koneen runkoon ja paina Activate-nappi pohjaan.
5. Liikuttele koneen syöttökaapelia ja valvo mittarin näytöltä, ettei vastus nouse yli $0,3 \Omega$:n.
6. Käännä Machine Masterin kytkin asentoon R_{ins} 500V.
7. Lukitse koneen käyttökytkin päälle-asentoon.
8. Aktivoi mittaus painamalla mittarin START/STOP-nappia.
9. Lue eristysvastuksen arvo näytöltä, varmista että se on yli $2 M\Omega$.
10. Tee mittausten mukaiset merkinnät konekorttiin.

HUOM!!! Jos laite ei läpäise jotain testiä, tulee laitteen vika korjata ennen koneen luovuttamista asiakkaalle.

LIITE 3 Mittausohje muille sähkölaitteille

1. **Testikäytä kone ja varmista, että se on siinä kunnossa, että se voidaan luovuttaa asiakkaalle.**
2. **Kytke laitteen pistotulppa Beha Machine Masterin pistokkeeseen. Käytä tarvittaessa adapteria.**
3. **Käännä Machine Masterin kytkin asentoon R_{ins} 500V.**
4. **Lukitse koneen käyttökytkin päälle-asentoon.**
5. **Aktivoi Commander 1 -testipää painamalla Activate-nappi pohjaan.**
6. **Pidä Activate-nappi pohjassa ja käy kaikki laitteen kosketeltavissa olevat johtavat osat läpi.**
7. **Varmista että Machine Master näyttää, että eristysvastus on koko ajan yli 2 M Ω .**
8. **Tee mittauksen mukainen merkintä konekorttiin.**

HUOM!!! Jos laite ei läpäise jotain testiä, tulee laitteen vika korjata ennen koneen luovuttamista asiakkaalle.

LIITE 4 Tukes sähköpostihaastattelu

Hei

Kiitos kysymyksestä.

Asiaa on säädelty sähkölain §§:ssä 5 ja 8 sekä Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen §:ssä 5

Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410: Alla otteet kyseisistä säädösten kohdista. Korjaustöitä on ohjeistettu Sähkölaitekorjaajan oppaassa ja standardeissa.

Niitä noudattamalla sähköturvallisuuden taso toteutuu ja säädösten vaatimukset täyttyvät. Tietyt mittaukset korjauksen jälkeen on tehtävä. Dokumentointi mittauksista on suositeltavaa, koska niiden avulla pystyy asiakkaalle ja tulokset arkistoimalla tarvittaessa myös muulloin osoittamaan, että sähkölaite on ollut turvallinen korjauksen jälkeen ja asiakkaalle luovutettaessa.

Sähköturvallisuuden taso

5 §

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä; sekä
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

Jos sähkölaite tai -laitteisto ei täytä 1 momentin edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille eikä ottaa käyttöön. (21.12.2007/1465)

Sähköalan työt

8 §

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; sekä
- 3) käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset tilat ja työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset ja määräykset.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 5.7.1996/516:

5 §

Sähkötöiden johtajan on huolehdittava siitä, että

- 1) sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia (410/96) sekä sen nojalla annettuja säännöksiä ja määräyksiä,
- 2) sähkölaitteet ja -laitteistot ovat sähköturvallisuuslaissa sekä sen nojalla annetuissa säännöksissä ja määräyksissä edellytetyssä kunnossa ennen käyttöönottoa tai toiselle luovuttamista sekä
- 3) sähkötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi opastetut tehtäviinsä.

Leila Öhman
Turvallisuusinsinööri
puh. 010 6052 592
fax 010 6052 466
Tukes (Turvatekniikan keskus)
Lönnrotinkatu 37, PL 123
00180 HELSINKI

-----Alkuperäinen viesti-----

Lähtettäjä: Tomi Koskenvuori [mailto:tomi.koskenvuori@sht.fi]

Lähetetty: 9. maaliskuuta 2010 20:14

Vastaanottaja: Tiainen Olli

Aihe: Kysymys koskien korjattujen sähkölaitteiden sähköturvallisuusmittausten dokumentointia

Hyvää Päivää

Olen tekemässä Insinööriyötäni Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan yksikössä aiheena Sähköturvallisuusmittaukset sähkökonekorjaamossa. Työssä käydään läpi vaatimuksia sähkökonekorjaamon sähköturvallisuusmittauksille ja muodostetaan näistä erilliset ohjeet turvallisuusmittausten suorittamiselle päivittäisessä työssä, sekä rakennetaan turvallisuusmittaus pisteet.

Lähdemateriaalinia toimii mm. Sähkölaittekorjaajan opas ST-Ohjeisto 6 ja standardi SFS-EN 60974-4 Kaarihitsauslaitteet. Osa 4:

Huoltotoimenpiteiden jälkeinen tarkastus ja testaus. Nämä sisältävät suhteellisen kattavasti tarvittavat mittaukset ja menetelmät niiden suorittamiseen.

Kaarihitsauslaitteiden standardista löytyy ohjeistus siitä että sähköturvallisuusmittausten tulokset tulee dokumentoida esim. standardista löytyvällä mallikaavakkeella. Sähkölaittekorjaajan oppaassa

ei ole tällaista vaatimusta ole, vaikkakin mallikaavake korjatuille koneille on, josta löytyy eriteltyt kohdat sähköturvallisuusmittauksille. Haluaisinkin nyt kysyä sähköturvallisuusviranomaisen kantaa kolmeen asiaan, koskien sähköturvallisuusmitausten dokumentointia.

1. Koska on oletettavaa, että myös Sähkölaitekorjaajan opas tarkoittaa että sähköturvallisuusmitausten tulokset saatetaan laitteen haltijan tiettoon, voidaanko tieto siirtää vapaamuotoisesti, esim. korjattuun laitteeseen liitettävällä erillisellä huoltokortilla, josta käy ilmi päivämäärä, tehdyt mittaukset ja se onko laite läpäissyt kyseisen mittauksen?
2. Riittääkö että laitteen haltijalle ilmoitetaan, että laite on läpäissyt testin, vai tuleeko testin numeraalinen tulos myös ilmoittaa asiakkaalle? Esim. hitsauskonestandardin esimerkkikaavakkeessa on omat kohtansa mittausarvoille, mutta kyseessä on liite, joka on merkitty opastavaksi.
3. Tuleeko sähkölaitteiden korjaajan ehdottomasti arkistoida tehdyt testit ja/tai niiden tulokset, vai riittääkö se, että testien suorittaminen on ohjeistettu ja niiden suorittamista valvotaan, sekä testien tulokset ilmoitetaan korjattujen laitteiden haltijoille?

Vastaustanne odottaen.

Kiitos.

LIITE 5 Konekorttimalli

		HUOLTOKORTTI		Kone/ Tyyppi	
				Asiakas	
Suoritetut turvallisuustestit		OK	Hylätty	Pvm. / /	
Tyhjäkäyntijännite		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Eristysvastusmittaus 500V		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Suojamaajohtimen testaus 10A		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

		Poijutie 3, 70460 KUOPIO Puh. 017-264 8500 Fax 017-261 3328	

LIITE 6 Kaarihitsauslaitteiden pöytäkirjan malli

Yritys:		Sijainti:	
Laite:	Tyyppi:		S/N:
Valmistaja:			Suojausluokka:
Testauslaitteisto:			

SILMÄMÄÄRÄINEN TARKASTUS <input type="checkbox"/> OK		
SÄHKÖINEN TESTAUS	Raja	Hyväksytty / Hylätty
Suojamaadoitusjohtimen resistanssi	$\leq 0,3 \Omega$	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
Eristysvastus		
Syöttöpiiri/ Hitsauspiiri (500 Vdc)	$\geq 5 M\Omega$	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
Hitsauspiiri/ Suojamaadoituspiiri (500 Vdc)	$\geq 2,5 M\Omega$	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
Syöttöpiiri/ Suojamaadoituspiiri (500 Vdc)	$\geq 2,5 M\Omega$	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
Tyhjäkäyntijännite		
Ilman VRD-toimintaa	$V_{PEAK} \leq \text{___} \text{ Vdc}$	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
VRD-toiminta aktivoituna	$V_{PEAK} \leq 35 \text{ Vdc}$	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
Sähköinen testaus <input type="checkbox"/> OK		
TOIMINTATESTI <input type="checkbox"/> OK		
Huomiot:		
Päiväys:		
Testannut:	Allekirjoitus:	
Testausyritys: SÄHKÖHUOLTO TISSARI OY POIJUTIE 3 70101 KUOPIO WWW.SHT.FI 017-2648500		

LIITE 7 Varmistumittauspöytäkirjan malli



Sähköturvallisuusmittareiden varmistusmittaukset

Päivämäärä:		Kellonaika:
Mittari 1 (referenssi):	Mittari 2 (mitattava):	Eristysvastus: ___/___
Mitattava kohde		Suojajohdin: ___/___
Huomioitavaa		

Päivämäärä:		Kellonaika:
Mittari 1 (referenssi):	Mittari 2 (mitattava):	Eristysvastus: ___/___
Mitattava kohde		Suojajohdin: ___/___
Huomioitavaa		

Päivämäärä:		Kellonaika:
Mittari 1 (referenssi):	Mittari 2 (mitattava):	Eristysvastus: ___/___
Mitattava kohde		Suojajohdin: ___/___
Huomioitavaa		

Päivämäärä:		Kellonaika:
Mittari 1 (referenssi):	Mittari 2 (mitattava):	Eristysvastus: ___/___
Mitattava kohde		Suojajohdin: ___/___
Huomioitavaa		

Päivämäärä:		Kellonaika:
Mittari 1 (referenssi):	Mittari 2 (mitattava):	Eristysvastus: ___/___
Mitattava kohde		Suojajohdin: ___/___
Huomioitavaa		

Päivämäärä:		Kellonaika:
Mittari 1 (referenssi):	Mittari 2 (mitattava):	Eristysvastus: ___/___
Mitattava kohde		Suojajohdin: ___/___
Huomioitavaa		

Päivämäärä:		Kellonaika:
Mittari 1 (referenssi):	Mittari 2 (mitattava):	Eristysvastus: ___/___
Mitattava kohde		Suojajohdin: ___/___
Huomioitavaa		