



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Uusitupa

SÄHKÖKONETURVALLISUUS ELIN- TARVIKETEOLLISUUDESSA

Tekniikka
2016

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Antti Uusitupa
Opinnäytetyön nimi	Sähkökoneturvallisuus elintarviketeollisuudessa
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	63 + 3 liitettä
Ohjaaja	Timo Männistö

Tämä työ tehtiin Atria Oyj:n tuotantolaitosten huollosta vastaavalle Atria-Tekniikka Oy:lle. Elintarviketuotantolaitoksessa on suuria eroja tuotantotilojen välillä olosuhteiden asettamissa vaatimuksissa sähkölaitteille. Lisäksi yhdessä tilassa olevat laitteet voivat joutua vaihtelevien olosuhteiden alaisiksi päivittäisen happamalla tai emäksisillä pesuaineilla tehtävän pesun johdosta. Happamat ja emäksiset olosuhteet edistävät korroosioreaktioita.

Sähkölaiteturvallisuuden varmistamiseksi laitteille on Atrialla tehtävä aistinvarainen tarkastus, suojauksen ehtojen todentaminen, laitteen eristysresistanssin mittaus sekä toiminnalliset kokeet. Lisäksi laitteille on hyvä tehdä, mikäli mahdollista, jännitekoe ja jäännösjännitetestaus.

Mittauksien lisäksi työssä luotiin konemittauksille pöytäkirja ja sen täyttöohje. Pöytäkirja suunniteltiin standardin SFS-EN 60204-1 kohtaa 18 mukailevaksi, jolloin mittaukset tulee tehtyä oikeassa järjestyksessä. Mittauksille suunniteltiin ja rakennettiin vielä harjoitusalue, jossa voidaan harjoitella kone- ja asennusmittauksia, sekä mahdollisesti tulevaisuudessa järjestää muuta koulutusta.

Työssä käydään vielä pintapuolisesti läpi EMC:n huomioiminen Atrialla, sekä SFS 6002:n mukainen työturvallisuuteen liittyvä turvallisuusvastuun määräytyminen käytettäessä esim. ulkoista urakoitsijaa.

Lopputuloksena saatiin mittaustuloksia Metrel Multiservicer MI 2170-konetesterillä sekä Metrel EurotestXE 3102-asennustesterillä. Huomattiin, että suojajohdinpiirin jatkuvuuden mittauksessa tarkemman ja luotettavamman tuloksen saa käytettäessä konetesteriä, joka käyttää mittaussvirtana 10 A virtaa. Toisaalta asennustesterin tuottama 0,2 A virta on turvallisempi koneille, joissa on herkkiä komponentteja.

ABSTRACT

Author	Antti Uusitupa
Title	Safety of Electrical Machinery in Food Industry
Year	2016
Language	Finnish
Pages	63 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Timo Männistö

The thesis was made for the Atria-Tekniikka Oy which is responsible for the maintenance at Atria Oyj's production facilities. In the food industry there are great differences in requirements for electrical machinery between different production conditions. Additionally, it is possible that the machine is under heavy stress caused by the acidic or alkaline detergents.

To ensure the safety of the electrical machinery, a testing must be performed. The testing includes: sensory based inspection, verifying the conditions for protection by automatic disconnection, testing the insulation resistance and functionality testing. In addition to previous tests, it is recommended to perform, if possible, a voltage test and test the protection against residual voltage.

In addition to the measurements mentioned above, a form and filling instructions for measurement records were created. The form was planned according to part 18 in the SFS-EN 60204-1 standard, which ensures the correct order of the measurements. To practice these measurements a practice area was planned and built where it is possible to practice the machine tests as well as electrical installation tests. The practice area could also be the ideal location to arrange additional training in the future. Additionally, the thesis includes a basic overview of how EMC has been taken into account at Atria, as well as the responsibility of the job safety according to the SFS 6002, when using for example an outside contractor. The measurements were done using the Metrel Multiservicer MI 2170 machine testing instrument as well as the Metrel EurotestXE MI 3102 electric installation testing instrument.

As a conclusion, it was noticed that when testing the continuity of the protective bonding circuit, the machine testing instrument gives more accurate and more reliable result. The reason is that MI 2170 uses the measuring current of 10 A, compared to the MI 3102 which uses 0.2 A measuring current. On the other hand, as MI 3102 uses lower measuring current, it becomes less hazardous to machines that contains sensitive parts.

Keywords	Safety of electric machines, protective conductor circuit, machine measurements
----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	11
2	ATRIA OYJ.....	12
3	TUOTANTO-OLOSUHTEIDEN HAITAT JA VAATIMUKSET	13
	3.1 Yleistä	13
	3.2 Korroosio	13
	3.3 Sähkölaitteiden suojausluokat.....	15
	3.4 Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi).....	17
	3.5 Tilaluokat teollisuudessa.....	19
	3.6 Suojajohdinpiiri.....	20
	3.7 Johdonsuojat	21
	3.8 Vikavirtasuojakytin.....	22
	3.9 Suojaerotusmuuntaja.....	23
	3.10 Standardien mukaiset tarkastukset tuotantotilojen olosuhteissa	23
	3.10.1 Aistinvarainen tarkastus	24
	3.10.2 Syötön automaattisella poiskytkennällä toteutetun kosketusjännitesuojauksen ehtojen todentaminen	25
	3.10.3 Eristysresistanssin mittaus	27
	3.10.4 Jännitekoe.....	28
	3.10.5 Suojaus jäännösjännitteiltä.....	29
	3.10.6 Toimintakokeet	29
	3.11 Atrialla vaadittavat mittaukset ja mittausvaatimukset	29
	3.12 Vaatimukset sähkölaitekorjaamoiden ja laboratorioiden asennuksille ...	30
4	MITTAUSLAITTEET	31
	4.1 Yleistä	31
	4.2 Metrel MultiServicer MI 2170 -konetesteri.....	31
	4.3 Metrel EurotestXE MI 3102 -asennustesteri.....	32
	4.4 Mittausten suorittaminen ja mittauskytkennät	33
	4.4.1 Suojajohdinpiirin jatkuvuuden todentaminen	33

4.4.2	Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuuden todentaminen.....	35
4.4.3	Eristysresistanssin mittaaminen	37
4.4.4	Jännitekoe 1000 V.....	39
4.4.5	Suojaus jäännösjännitteiltä.....	41
4.4.6	Toimintakoe	42
5	MITTAUKSET.....	44
5.1	Vannesaha.....	44
5.2	Induktioliesi	45
5.3	Hihnakuuljetin.....	45
5.4	Sikateurastamon SFK -sähkökeskusten sähköasennusmittaukset	46
5.5	Mittauspöytäkirja	47
6	HARJOITUSALUE KONEMITTAUKSILLE	49
7	SÄHKÖMAGNEETTINEN YHTEENSOPIVUUS (EMC).....	58
7.1	Yleistä	58
7.2	EMC-mittaukset Atrian näkökulmasta	59
8	SFS 6002 MUKAINEN TYÖTURVALLISUUSVASTUUN MÄÄRÄYTYMINEN	60
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	61
	LÄHTEET.....	62
	LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Nurmon tehdasalue. /1/.....	12
Kuvio 2. Korroosioparin muodostama suljettu virtapiiri. /2/	14
Kuvio 3. Luokan 1 laitteen tunnus. /4/	16
Kuvio 4. Luokan 2 laitteen tunnus. /4/	16
Kuvio 5. Luokan 3 laitteen tunnus. /4/	17
Kuvio 6. Standardin IEC 60417-5019 mukainen tunnus suojajohtimen liittämiseen. /7/.....	21
Kuvio 7. Vikavirtasuojan toimintaperiaate. /8/.....	23
Kuvio 8. Metrel MultiServicer MI 2170 –konetesteri.....	32
Kuvio 9. Metrel EurotestXE MI 3102 –asennustesteri.....	33
Kuvio 10. Suojajohdinsiirin jatkuvuuden varmistamiseen käytetty mittauskytkentä. /14/.....	34
Kuvio 11. Mittajohtimien kytkentä suojajohdinsiirin jatkuvuuden varmistamiseksi. /14/	35
Kuvio 12. Asennustesterin kytkeminen virtapiiriin. /15/	36
Kuvio 13. Vikavirtasuojan mittauksen esimerkkitulokset. /15/.....	37
Kuvio 14. Eristysresistanssin mittaamiseen käytetty mittauskytkentä. /14/.....	38
Kuvio 15. Johtimien kytkentä eristysresistanssin mittauksessa. /14/	39
Kuvio 16. Jännitekokeessa käytetty mittauskytkentä. /14/	40
Kuvio 17. Mittausjohtimien kytkentä jännitekokeessa. /14/	41
Kuvio 18. Purkautumisajan mittaamiseen käytetty mittauskytkentä. /14/	41
Kuvio 19. Odotettu vaihejännite sekä mahdollinen testijännite. /14/.....	42
Kuvio 20. Mittauskytkentä toimintamittauksille. /14/.....	43
Kuvio 21. Automaattisulake asennettuna virtalähteen syötön eteen sekä kytkin. 46	
Kuvio 22. Harjoituspaikka.....	49
Kuvio 23. Mittauspaikan päävirtapiiri.....	50
Kuvio 24. Etukotelo.....	51
Kuvio 25. Kaapelien kytkentäkotelo.	52
Kuvio 26. Turvareleen ohjausvirtapiiri.....	54
Kuvio 27. Moottorikeskus ja moottori.	55
Kuvio 28. Mitattavat moottorit.....	56

Kuvio 29. Harjoituspaikalle asennettava keskus.	57
Kuvio 30. Tehtävien jako. /17/	60
Taulukko 1. Metallien galvaaninen jännitesarja. /2/	14
Taulukko 2. IP-koodin ensimmäisen tunnusnumeron merkitys. /5/	17
Taulukko 3. IP-koodin toisen tunnusnumeron merkitys. /5/	18
Taulukko 4. IP-koodin lisäkirjaimen merkitys. /5/	19
Taulukko 5. IP-koodin täydennyskirjaimen merkitys. /5/	19
Taulukko 6. Suojajohdinpiirin suurin sallittu resistanssi ja jännitteenalenema konemittauksissa verrattaessa johtimen pinta-alaan 10 A virralla. /9/.....	26
Taulukko 7. Suojalaitteiden toimintavirrat ja pienimmät hyväksyttävät mittaustulokset. /12/	27
Taulukko 8. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot korjatussa laitteessa. /9/	28
Taulukko 9. Suojajohdinpiirin resistanssi sekä eristysresistanssi eri mittalaitteilla.	44
Taulukko 10. Eristysresistanssimittauksen tulokset.	45
Taulukko 11. Käyttöönottomittausten tulokset ennen lisämaadoituksen lisäämistä.....	47
Taulukko 12. Kytkenäkotelon ja pistorasiakeskuksen mittaustulokset.	53

LIITELUETTELO

LIITE 1. Mittauspöytäkirja konemittauksille sekä täyttöohje

LIITE 2. Kuvia harjoituspaikasta

LIITE 3. Harjoituspaikan päävirtapiiri sekä turvareleen ohjausvirtapiiri

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

2004/108/EY	Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi
A	Ampeeri
AC	Vaihtovirta (alternative current)
c	Jännitekerroin
DC	Tasavirta (direct current)
Dyn11	Muuntajan kytkentä
EMI	Sähkömagneettinen häiriö (electromagnetic interference)
EMC	Sähkömagneettinen yhteensopivuus (electromagnetic compatibility)
EN 50081-1	Electromagnetic compatibility. Generic emission standard. Residential, commercial and light industry
EN 61000-6-1	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6: Generic Standards
EN 61010-1	Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use - Part 1: General Requirements
EN 61557-4	Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V a.c. and 1500 V d.c. Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures. Resistance of earth connection and equipotential bonding
EN 61558-2-4	Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V - Part 2-4: Particular requirements and tests for isolating transformers and power supply units incorporating isolating transformers
I_k	Oikosulkuvirta
I_P	Prospektiivinen oikosulkuvirta
I_Δ	Katkaisuvirta
$I_{\Delta N}$	Vikavirtasuojan mitoitusvirta
IEC 60417-5019	Suojamaadoituksen standardinmukainen symboli

IEC 61180-2	High-voltage test techniques for low-voltage equipment - Part 2: Test equipment
IP-koodi	Sähkölaitteen koteloitiluokka (International Protection)
kVA	Kilovolttiampeeri
L	Vaihejohdin
m	Metri
MMJ 3x1,5 S	Asennuskaapeli
N	Nollajohdin
PE	Suojamaa (protective earth)
PEN-johdin	Yhdistetty nolla- ja PE-johdin
s	Sekunti
SFS 600-1	SFS käsikirja
SFS 6000-4-41	SFS käsikirja. Osa 4-53: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta
SFS 6000-5-53	SFS käsikirja. Osa 5-53: sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus
SFS 6000-6	SFS käsikirja. Osa 6: Tarkastukset
SFS 6000-8-803	SFS käsikirja. Osa 8-803: Täydentävät vaatimukset. Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot
SFS 6002	Sähkötyöturvallisuus
SFS-EN 60204-1	Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset
tI	Katkaisuaika
TN-C –järjestelmä	Jakelujärjestelmä, jossa yhdistetty nolla- ja PE-johdin koko järjestelmässä
True RMS	Virran todellinen tehollisarvo
U_{ci}	Kosketusjännite
U_N	Nimellinen jännite
V	Voltti
Z_k	Vikavirtapiirin impedanssi
Ω	Ohmi

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Atria Oyj:n Nurmon tuotantolaitoksella Atria-Tekniikka Oy:lle. Atria-Tekniikka Oy vastaa Atria Oyj:n tuotantolaitosten huollosta. Työn tarkoituksena oli perehtyä sähkölaiteturvallisuuteen, ja turvallisuuteen liittyviin mittauksiin elintarviketeollisuuden tuotanto-olosuhteissa.

Elintarviketeollisuuden tuotanto-olosuhteet asettavat sähkölaitteille haastavat vaatimukset. Teollisuuden eri osastojen välillä on suuria eroja laitteiden käyttöympäristöissä. Atrialla on monia kosteita tiloja, joissa laitteita pestään emäksisillä tai happamilla pesuaineita, jolloin korroosion esiintymiselle on tarjolla lähes ihanneolosuhteet. Toisaalta jotkin tilat ovat jatkuvasti kuivia, eikä sähkölaitteille ole mitään olosuhteellisia erityisvaatimuksia.

Opinnäytetyössä perehdyttiin sähkölaitteille suoritettaviin standardin SFS-EN 60204-1 mukaisiin käyttöönottomittauksiin, jotka on suoritettava laitteille esim. korjauksen jälkeen. Tärkeimmät turvallisuuteen liittyvät mittaukset ovat suojajohdinpäihin jatkuvuus sekä laitteen eristysresistanssi. Vaikka Atrialla Eristysresistanssi mitataan aina, standardin 60204-1 mukaan sen mittaaminen ei ole aina pakollista.

Työssä käydään läpi Metrel MultiServicer MI 2170 –konetesterin sekä Metrel EurotestXE MI 3102 –asennustesterin käyttöä standardin mukaisissa mittauksissa. Lisäksi työssä luotiin konemittauksille mittauspöytäkirja sekä pöytäkirjan täyttöohjeet.

Mittauksille suunniteltiin ja rakennettiin lisäksi harjoitusalue, jossa huoltohenkilökunta voi käydä harjoittelemassa mittauksien tekemistä. Harjoitusalueen suunnittelussa noudatettiin Standardin SFS 6000-8-803 mukaisia vaatimuksia sähkölaitteiden ja laboratorioden asennuksille.

Työssä käydään vielä lyhyesti läpi EMC ja sen huomioiminen Atrialla, sekä sähköturvallisuusvastuun määräytyminen käyttäessä esim. ulkoista urakoitsijaa.

2 ATRIA OYJ

Atria Oyj on suomalainen elintarvikealan yritys. Atria on yksi johtavista ruoka-alan yrityksistä Pohjoismaissa, Venäjällä ja Baltian alueella. Liikevaihdoltaan Atria-konserni on suurin lihanjalostaja Suomessa. Vuonna 2015 Atrian liikevaihto oli 1340 miljoonaa euroa. Atrian palveluksessa oli keskimäärin 4271 henkilöä vuonna 2015. Konserni jakautuu neljään liiketoiminta-alueeseen, jotka ovat Atria Suomi, Atria Skandinavia, Atria Venäjä sekä Atria Baltia.

Atria Suomi jakautuu useisiin konserniyrityksiin, kuten A-Pekoni Nurmo Oy, A-Sikateurastamo Oy, Atria-Chick Oy ja Atria-Tekniikka Oy. Tämä opinnäytetyö on tehty Atria-Tekniikka Oy:lle Nurmon tuotantolaitoksella. Atria-Tekniikka Oy vastaa tuotantolaitosten huollosta ja kunnossapidosta.

Atria Suomella on toimipaikat Nurmossa, Kuopiossa, Kauhajoella, Forssassa, Jyväskylässä ja Sahalahdessa. Nurmon tuotantolaitos koostuu sikalinjasta, johon kuuluu teurastamo ja leikkaamo, lihavalmistetehtaasta, ateriatehtaasta, siipikarjajaksiköstä sekä logistiikkakeskuksesta. Kuviossa 1 on Nurmon tehdasalue. /1/



Kuvio 1. Nurmon tehdasalue. /1/

3 TUOTANTO-OLOSUHTEIDEN HAITAT JA VAATIMUKSET

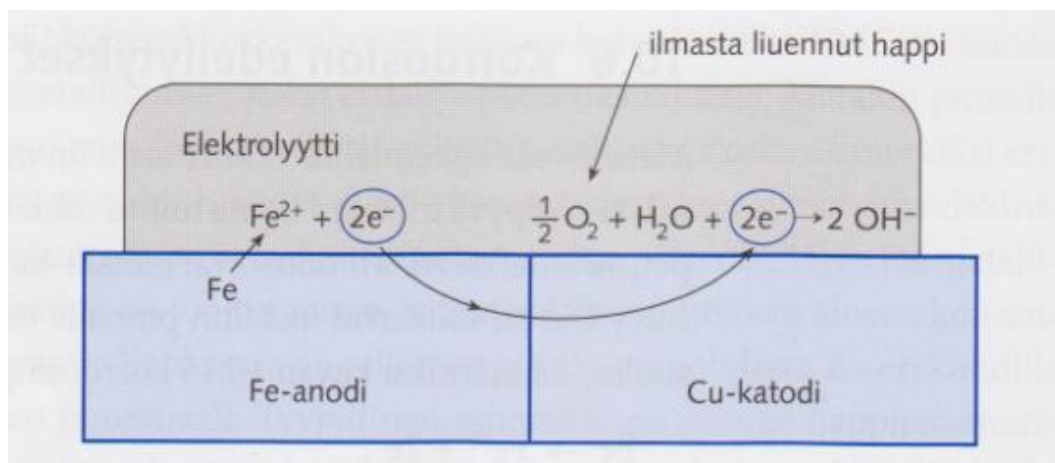
3.1 Yleistä

Elintarviketeollisuuden toimintaympäristö asettaa käytettävät sähkölaitteet suuren rasituksen alaiseksi. Sähkölaitteet ovat ympärivuorokautisessa rasituksessa. Rasitusta aiheuttavat esimerkiksi jatkuva kosteus, tietyissä tiloissa vaihteleva lämpötila sekä emäksiset tai happamat pesuaineet. Erityisesti kosteus on huomioonotettava tekijä, koska korroosioreaktiot ovat vesiliuoksessa tapahtuvia sähkökemiallisia reaktioita. Korroosion aiheuttaman liitosten löystymisen johdosta, sähkölaitteiden maadoitusten toiminta sekä suojajohdinpiirin jatkuvuus on varmistettava.

Seuraavissa kappaleissa kerrotaan korroosioreaktioista ja niiden synnystä sekä käsitellään teollisuuden ja sähkölaitteiden luokituksia. Lisäksi selvitetään standardien vaatimuksia suojajohdinpiirille ja mittauksille. Tämän jälkeen käydään pääpiirteisesti läpi johdonsuojat, vikavirtasuojat ja suojaerotusmuuntaja sekä käsitellään Atrian standardeista poikkeavia mittaavaatimuksia. Lopuksi tarkastellaan laboratorioille ja sähkökorjaamoille asetettuja vaatimuksia, joita sovelletaan harjoituspaikan suunnittelussa.

3.2 Korroosio

Korroosio tarkoittaa ympäristön aiheuttamaa syöpymistä metalleissa. Korroosioreaktiot ovat vesiliuoksessa tapahtuvia sähkökemiallisia reaktioita. Metalleilla vesi esiintyy pinnalle muodostuvana kondenssivetenä, vesikerroksena, jossa korroosioilmiöt tapahtuvat. Tiivistyneeseen vesikerrokseen liukenee metallin pinnalta epäpuhtauksia, kuten suoloja, jolloin vesiliuoksesta tulee johtava elektrolyytti. Täysin puhdas vesi on huono elektrolyytti, sillä se johtaa huonosti sähköä. Se ei myöskään sisällä anodireaktiolle tärkeitä aineita. Korroosiopari muodostuu kahden eri potentiaalissa olevan metalliosan välille. Korroosiopari voi syntyä kahden eri metallin välille niiden ollessa sähköisessä kosketuksessa toisiinsa (**Kuvio 2.**), tai saman metallin kahden eri potentiaalilin välille. /2/



Kuvio 2. Korroosioparin muodostama suljettu virtapiiri. /2/

Kuviossa 2 on korroosioparin muodostama suljettu virtapiiri ja sen aiheuttama sähkökemiallinen reaktio. Kuviossa 2 epäjalompi metalli rauta toimii anodina, jolloin siinä tapahtuu hapettuminen, eli se syöpyy. Katodina toimivalla kuparilla puolestaan tapahtuu pelkistyminen, jolloin sen pinnalle kertyy metallia. /2/

Taulukossa 1 on metallien galvaaninen jännitesarja. Galvaanisen korroosion todennäköisyys kasvaa sitä suuremmaksi mitä suurempi on toisiaan koskettavien materiaalien jalousero, kun sitä mitataan käyttäen galvaanista jännitesarjaa. Jalompi metalli toimii katodina ja epäjalompi toimii anodina. /3/

Taulukko 1. Metallien galvaaninen jännitesarja. /2/

←Epäjaloin														Jaloin→											
Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Cd	Co	Ni	Sn	Pb	H	Cu	Hg	Ag	Pd	Pt	Au				

Riski korroosioon on suuri, erityisesti sähkömekaniikassa, sillä liittimet, releet, kytkimet ja muut komponentit ja liitännät sekä piirilevyjen johdinkuviot sisältävät suuren määrän sähköisiä kontakteja. Lisäksi elektroniikassa on teknisten seikkojen vuoksi, käytettävä erilaisia materiaaleja, joiden välille on saatava sähköinen kontakti, jolloin galvaanisen korroosion edellytykset ovat olemassa. Eräs keino kor-

roosioriskin pienentämiseksi on minimoida käytettävien sähkömekaanisten liitosten, erityisesti avattavien ja suojaamattomien liitosten määrä. /3/

Sähkölaitteiden kotelojen sisäosat ja elektroniikkaosat on hyvä pitää mahdollisimman kuivina kaikissa tilanteissa, sillä veden läsnäolo lisää aina huomattavasti korroosioriskiä. Vesi saa myös pintojen eristyksen huononemaan. Paras ratkaisu onkin suhteellisen tiivis laitekotelo. On myös tärkeää estää kotelon sisällä tapahtuva veden kondensoituminen, jottei vettä tipahda komponenttilevyihin, liittimiin eikä johtimiin. Kotelot ja kytkimet on hyvä suunnitella niin, ettei vesi jää seisomaan samaan kohtaan pitkäksi aikaa. /3/

Tässä työssä tarkastellaan lähinnä johtimissa ja liitoksissa, erityisesti suojahdinpiirissä, esiintyvää korroosiota. Korroosio saa johtimiin ja liitoksiin aikaan epäjatkuvuuskohdan, jolloin johtimen resistanssi nousee liian suureksi.

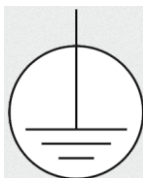
3.3 Sähkölaitteiden suojausluokat

Sähkölaitteet jaetaan niissä käytettävän suojauksen perusteella neljään luokkaan: 0, 1, 2 ja 3. Luokitus perustuu tapaan, jolla sähkölaitteet on suojattu vikatapauksen aiheuttamalta mahdolliselta sähköiskuvaaralta.

Luokan 0 laitteet ovat ns. peruseristettyjä. Luokan 0 laitteet kytketään pistorasiaan maadoittamattomalla pistokkeella. Mikäli peruseristys pettää, suojaus perustuu siihen, että laitteen käyttöympäristö on eristävä eikä maapotentiaalia ole. Sähköiskua ei voi saada, vaikka rungossa olisikin vikatilanteessa jännite. Tämä on käytännössä vaikea toteuttaa, eikä luokan 0 uusia laitteita ole enää myynnissä.

Luokan 1 laitteet ovat peruseristyksen lisäksi suojattu sähköiskulta suojamaadoituksen avulla. Laitteiden runko sekä kaikki kosketeltavat metalliosat on yhdistetty maapotentiaaliin. Näin saadaan tasoitettua rungon ja maan väliset jännite-erot, jotka voivat aiheuttaa vaarallisia sähköiskuja. Lisäksi sähkölaitteeseen mahdollisesti tuleva eristysvika aiheuttaa niin suuren virran, että syöttävää johtoa suojaava sulake toimii nopeasti ja katkaisee virran. Mikäli jännitteellisten osien eristys vuo-

taa, virta kulkeutuu suojajohdinpiiriin kautta maahan ja saa mahdollisen vikavirtasuojakytkimen havahtumaan. Kuviossa 3 on luokan 1 laitteen tunnus. /4/



Kuvio 3. Luokan 1 laitteen tunnus. /4/

Luokan 2 laitteet on peruseristyksen lisäksi suojattu lisäeristyksellä. Lisäeristyksen tarkoituksena on estää jännitteen pääsy kosketeltaviin osiin peruseristyksen peittäessä. Laitteita kutsutaan suojaeristetyiksi laitteiksi, ja ne ovat suoraa verkkovirtaa käyttävistä laitteista turvallisimpia. Suojaeristetyn laitteen tunnistaa sen litteästä pistotulpasta sekä laitteessa olevasta kahdesta sisäkkäisestä neliöstä (**Kuvio 4.**). /4/



Kuvio 4. Luokan 2 laitteen tunnus. /4/

Luokan 3 laitteissa käytetään pienoisjännitettä, joka on korkeintaan 50 V vaihtojännitettä tai 120 V tasajännitettä. Yleisimmin käytetty jännite on 12 V tai 24 V. Pienoisjännite saadaan aikaan pienoisjännitemuuntajalla, joka voidaan liittää sekä tavalliseen että maadoitettuun pistorasiaan. Pienoisjännitteinen laite on aina sähköturvallinen, sillä sen jännite on niin pieni, ettei siitä voi saada havaittavaa sähköiskua. Laitteen tunnistaa kuvion 5 merkistä, jossa on kaksi vaakunakehyksen

sisällä toisensa leikkaavaa ympyrää. Pienoisjännitteistä laitetta kutsutaan myös suojajännitteiseksi laitteeksi. /4/



Kuvio 5. Luokan 3 laitteen tunnus. /4/

3.4 Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi)

IP-koodi on sähkölaitteiden kotelointiluokitusjärjestelmä, joka määrittelee sähkölaitteen tiiviyyden. IP-koodi (International Protection) muodostuu tavallisesti kirjaimista "IP" ja kirjaimia seuraavista kahdesta tunnusnumerosta. Ensimmäinen tunnusnumero kertoo miten kotelointi suojaa ihmisiä koskettamasta vaarallisia osia sekä suojauksesta vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsylvä (Taulukko 2.). /5/

Taulukko 2. IP-koodin ensimmäisen tunnusnumeron merkitys. /5/

Osat	Numerot tai kirjaimet	Merkitys <i>laitesuojauksessa</i>	Merkitys <i>henkilösuojauksessa</i>
Kirjaimet	IP	–	–
Ensimmäinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6	Suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsylvä (suojaamaton) Kun halkaisija ≥ 50 mm Kun halkaisija $\geq 12,5$ mm Kun halkaisija $\geq 2,5$ mm Kun halkaisija $\geq 1,0$ mm pölysuojatusti pölytiivisti	Vaaralliset osat suojattu koskettamiselta (suojaamaton) nyrkiltä sormelta työkalulta langalta langalta langalta

Toinen tunnusnumero kertoo puolestaan suojauksesta veden sisäänpääsyn haitalliselta vaikutukselta (**Taulukko 3.**). Vaikka laite täyttäisi suojausluokat IPX7 tai IPX8, se ei välttämättä tarkoita laitteen sietävän paineellisia vesisuihkuja. /5/

Taulukko 3. IP-koodin toisen tunnusnumeron merkitys. /5/

Toinen tunnusnumero	IP	Suojattu veden sisäänpääsyn haitalliselta vaikutukselta
	0	(suojaamaton)
	1	pystysuoraan tippuvalta vedeltä
	2	tippuvalta vedeltä (laitteen kallistus 15°)
	3	satavalta vedeltä
	4	roiskuvalta vedeltä
	5	vesisuihkulta
	6	voimakkaalta vesisuihkulta
	7	lyhytaikaiselta upotukselta
	8	jatkuvalta upotukselta
	9	korkeapaineinen ja korkean lämpötilan omaava vesisuihku

Tunnusnumeroiden jälkeen voidaan vielä käyttää lisäkirjainta sekä täydentävää kirjainta. Lisäkirjain ilmaisee sähkölaitteen suojauksen koskettamiselta taulukon 4 mukaisesti. Taulukossa 5 nähdään täydennyskirjainten merkitys. Taulukon 4 lisäkirjainta käytetään vain, jos todellinen suojaus koskettamiselta on parempi kuin ensimmäisellä tunnusnumerolla ilmoitettu tai, jos vain vaarallisten osien suojaus koskettamiselta ilmoitetaan ja ensimmäinen tunnusnumero on korvattu kirjaimella X. /5/

Taulukko 4. IP-koodin lisäkirjaimen merkitys. /5/

Lisäkirjain	Suojausominaisuus	
	Lyhyt kuvaus	Määritelmä
A	Suojattu nyrkillä koskettamiselta	Pallomaisella halkaisijaltaan 50 mm etäisyyskoettimella on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista
B	Suojattu sormella koskettamiselta	Halkaisijaltaan 12 mm ja pituudeltaan 80 mm olevalla nivelsormella on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista
C	Suojattu työkalulla koskettamiselta	Halkaisijaltaan 2,5 mm ja pituudeltaan 100 mm olevalla etäisyyskoettimella on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista
D	Suojattu langalla koskettamiselta	Halkaisijaltaan 1,0 mm ja pituudeltaan 100 mm olevalla etäisyyskoettimella on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista

Taulukko 5. IP-koodin täydennyskirjaimen merkitys. /5/

Kirjain	Merkitys
H	Suurjännitelaitte
M	Laitteen vesisuojaus on testattu laitteen liikuteltavien osien liikkuesssa
S	Laitteen vesisuojaus on testattu laitteen liikuteltavien osien ollessa paikoillaan
W	Laite on sopiva käytettäväksi erikseen määritellyissä sääolosuhteissa ja se on varustettu lisäominaisuudella tai käsittelyllä

3.5 Tilaluokat teollisuudessa

Kuiva tila on huone tai osa huonetta, jossa seiniin, kattoon tai laitteiden pinnalle ei tiivisty kosteutta. Kuiva tila on lämpöeristetty sekä käytön aikana lämmitetty. Esimerkiksi valvomot, sähköpääkeskustilat ja muuntamot ovat kuivia tiloja. Kuivissa tiloissa voidaan käyttää laitteita, jotka ovat suojaamattomia veden sisäänpääsystä. Laitteilla on oltava vähintään IP20-luokan kotelointi.

Kosteassa tilassa taas seiniin, kattoon ja sähkölaitteiden pinnalle tiivistyy kosteutta. Kosteassa tilassa ei kuitenkaan yleensä esiinny vettä pisaroina. Esimerkiksi

eristämättömät kylmät ulkovarastot ovat kosteita tiloja. Kosteassa tilassa käytetään vähintään IPX1-luokan laitteita.

Märkä tila on huone tai osa huonetta, jossa seiniin, kattoon tai laitteiden pinnalle tiivistyy vesipisaroita. Märässä tilassa sähkölaite voi olla muutenkin kosketuksissa veden kanssa. Atriolla, esimerkiksi sikateurastamossa, joudutaan pesemään sähkölaitteita päivittäin suoralla pesuaineita sisältävällä vesisuihkulla. Märissä tiloissa käytetään yleensä IPX5-luokan laitteita, joissain tapauksissa myös IPX4-luokan suojaus riittää.

Ulkotilassa sähköasennukset ovat myös alttiita kosteudelle. Sateet ja tuuli aiheuttavat ulkotiloissa kosteutta. Ulkotiloissa sähköasennukset on hyvä suojata esimerkiksi katoksilla tai lipoilla. Esimerkiksi suojaamattomat autokatokset ovat ulkotiloja. Ulkotilojen pistorasioissa on oltava suojamaadoitus ja ne on varustettava vikavirtasuojakytkimellä. Ulkotiloissa käytettävien laitteiden suojuoluokitus on oltava vähintään IPX3, yleensä kuitenkin IPX4.

Palovaarallisissa tiloissa käsitellään tai varastoidaan palovaarallista materiaalia. Esimerkiksi puuteollisuuden tilat, joissa käsitellään paloherkkää puupölyä, ovat palovaarallisia tiloja. Myös kohteet, joissa on korkealämpötilaisia prosessin osia, kuten sähkölämmitin, ovat palovaarallisia tiloja.

Syövyttäviä aineita sisältävissä tiloissa käsitellään syövyttäviä nesteitä, kaasuja tai vastaavia aineita. Syövyttävät aineet voivat vaikuttaa sähkölaitteen eristystilaan ja ne voivat haitata laitteen toimintaa.

Räjähdyksivaarallisissa tiloissa on mahdollista, että ympäristöön vapautuu palavia nesteitä, kaasuja tai höyryjä, jotka saattavat muodostaa ilman kanssa räjähdysvaarallisen seoksen. Tiloja, joissa on hienojakoisen pölyn ja ilman seosta, joka voi aiheuttaa räjähdysvaaran, sanotaan **pölyräjähdysvaarallisiksi tiloiksi**. /6/

3.6 Suojajohdinpiiri

Suojajohdinpiiri koostuu suojajohtimista ja kaikista sähkölaitteen jännitteelle alttiista osista. Suojajohtimia käytetään jännitteelle alttiiden johtavien osien, muiden

johtavien osien sekä päämaadoitusliittimen välisiin kytkentöihin. Suojajohdinpiiri suojaa sähköiskulta eristysvian sattuessa johtamalla vikavirran maahan, jolloin oikein mitoitetut suojalaitteet katkaisevat virran. Suojajohdinpiirin jatkuvuus on edellytyksenä vikasuojauksen toiminnalle. /7/

Suojajohdinpiiriin ei saa kytkeä kytkinlaitteita tai ylivirtasuojia eikä suojajohdinpiirissä saa olla mitään laitetta joka katkaisisi piirin. Suojajohtimet liitetään vain niille tarkoitettuihin liitäntäpisteisiin. Liitäntäpisteet merkitään käyttäen kuviossa 6 olevaa standardin IEC 60417-5019 (DB:2002-10) mukaista tunnusta, tai kirjaimia PE, tai kelta–vihreää väriä. Paras vaihtoehto on käyttää tunnusta ja kelta–vihreää väriä. Piireissä, joissa on suojaus toteutettu käyttäen sähköistä erotusta, kuten SELV ja suojaerotetut piirit, suojajohtimia ei saa yhdistää suojajohdinpiiriin. /7/



Kuvio 6. Standardin IEC 60417-5019 mukainen tunnus suojajohtimen liittämiseen. /7/

Standardi SFS-EN 60204-1 kertoo suojajohdinpiirin jatkuvuudesta: "Kytkeä- ja yhdistyspisteet on suunniteltava niin, etteivät mekaaniset, kemialliset tai sähkökemialliset vaikutukset heikennä niiden kuormitettavuutta. Alumiinisia koteloita ja alumiini- tai alumiiniseosjohtimia käytettäessä olisi kiinnitettävä erityistä huomiota elektrolyyttisen korroosion aiheuttamiin ongelmiin." /7/

3.7 Johdonsuojat

Johdonsuojia käytetään yleensä ylikuormitus- sekä oikosulkusuojaukseen. Ylikuormitussuojauksessa suojalaite, kuten sulake tai johdonsuojakatkaisija, suojaa

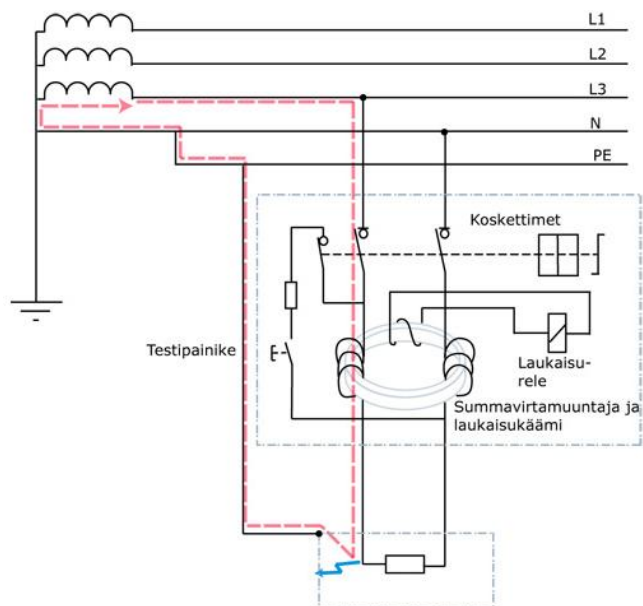
ryhmää liian suurelta kuormitukselta. Ylikuormitussuojauksessa suojalaite suojaa ryhmää termisesti.

Ylivirtasuojauksessa suojalaite suojaa ryhmää maa- ja oikosulun aiheuttamilta oikosulkuvirroilta. Oikosulkusuojauksessa suojalaitteen on toimittava nopeasti ja sen virran katkaisukyvyyn on oltava suuri. Suojalaite mitoitetaan nimellisvirran, nimellisjännitteen, katkaisukyvyyn sekä tärkeimpänä pienimmän toimintavirran mukaan.

Johdonsuojakatkaisijoille on monta tyyppiä, joita käytetään erilaisten sähkölaitteiden suojaukseen. Yleisimmät tyypit ovat B, C ja D. B-tyypin johdonsuojakatkaisijoita käytetään resistiivisten kuormien, kuten valaisimien suojaukseen. C-tyypin johdonsuojakatkaisija on kaikkein yleisin ja sitä käytetään, kun suojauksella ei ole mitään erityisvaatimuksia. D-tyypin johdonsuojakatkaisijoita käytetään suurissa moottoreissa, joilla on suuret käynnistysvirrat. /8/

3.8 Vikavirtasuojakytkin

Vikavirtasuojakytkin on summavirtamuuntaja, joka mittaa sen läpi kuormaan menevän ja tulevan virran summaa suuntineen ja katkaisee virtapiirin, mikäli summavirta poikkeaa mitoitusvirrasta. Kuviossa 7 on vikavirtasuojakytkimen toimintaperiaate. Vikavirtasuojakytkin suojaa johtavan johtimen ja maapotentiaalin välisiltä vioilta, mutta se ei anna suojaa kahden jännitteisen johtimen välisille vioille. Vikavirtasuojien mahdolliset mitoitusvirrat ovat 10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA, tai 500 mA. Tavallisissa maallikoiden käyttämissä pistorasioissa on enintään 30 mA mitoitusvirta. Vikavirtasuojia voidaan käyttää maadoitetuissa verkkojärjestelmissä. Vikavirtasuojia ei tarvita suojaerotetussa vikavirtapiirissä, koska suojaerotetussa virtapiirissä vaihejohtimen ja maan välillä ei voi kulkea vikavirtaa. /8/



Kuvio 7. Vikavirtasuojan toimintaperiaate. /8/

3.9 Suojaerotusmuuntaja

Suojaerotusmuuntaja on kuin mikä tahansa tavallinen muuntaja, lisättynä vahvistetulla eristyksellä ensiön ja toision välillä. Suojaerotusmuuntaja ei muunna jännitettä, vaan sen tarkoituksena on erottaa ensiö- ja toisiopiirit galvaanisesti toisistaan. Toisiopiiriä ei saa maadoittaa. Näin saadaan aikaan syöttävästä järjestelmästä ja maasta erotettu virtapiiri. Kosketettaessa virtapiirin jännitteiseen johtimeen, johtimen ja maan välille ei synny jännite-eroa, koska virralla ei ole paluujohdinta. Suojaerotusmuuntajalla suositellaan syötettävän vain yhtä sähkölaitetta. Liitättäessä useampia laitteita suojaerotettuun virtapiiriin, on rinnakkaisten laitteiden jännitteelle alttiit osat yhdistettävä toisiinsa maasta erotetuilla ja eristetyillä potentiaalintasausjohtimilla.

3.10 Standardien mukaiset tarkastukset tuotantotilojen olosuhteissa

Standardi SFS-EN 60204-1 antaa koneen sähkölaitteiston todentamiselle yleiset vaatimukset:

- 1) aistinvarainen tarkastus

- 2) syötön automaattisella poiskytkennällä toteutetun kosketusjännitesuojauksen ehtojen todentaminen
- 3) eristysresistanssin mittaaminen
- 4) jännitekoe
- 5) suojaus jäännösjännitteiltä
- 6) toimintakokeet.

Standardin mukaan laajuus eri konetyyppien todentamiselle annetaan niiden laitekohtaisissa standardeissa. Jos koneelle ei kuitenkaan ole sille tarkoitettua tuotestandardia, todentamisen on sisällettävä aina kohdat 1), 2) ja 6) ja se saattaa sisältää yhden tai useamman kohdista 3), 4) ja 5). Standardin SFS-EN 60204-1 mukaan, eristysresistanssin mittaaminen ei ole aina pakollinen, kun taas SFS 6000 mukaan, eristysresistanssin mittaaminen on aina pakollista. On kuitenkin suositeltavaa mitata eristysresistanssi aina myös koneissa. Atrialla eristysresistanssin mittaaminen on pakollista. /7/

3.10.1 Aistinvarainen tarkastus

Standardin SFS 6000-6 mukaan aistinvarainen tarkastus on yleensä tehtävä ennen mittauksia koko asennuksen ollessa jännitteettömänä. Aistinvaraista tarkastusta kuitenkin tehdään koko asennuksen ajan sitä mukaan, kun asennus etenee. Aistinvaraisessa tarkastuksessa todennetaan sähkölaitteiston olevan teknillisen dokumentaation mukainen. /9/

Sähkölaitteiden korjaajan opas antaa ohjeet yksittäisen laitteen aistinvaraisen tarkastuksen suorittamiseen. Oppaan mukaan on silmämääräisesti tarkastettava, ettei laitteen kotelo, kuori, vaippa eikä liitäntäkaapeli ole vahingoittunut. Jännitteiset osat eivät saa olla kosketeltavissa eikä niiden eristys saa olla muuten heikentynyt. Eriytyisesti on otettava huomioon eristykset ja eristysaineosat, jotka paljastuvat korjauksen yhteydessä sekä suoritettaessa korjauksia suojausluokan II, eli suojaeristetyille laitteille. Johdinliitoksessa johdinsäie tai -lanka ei saa jäädä liitoksen ulko-

puolelle kosketeltavaksi eikä se saa aiheuttaa eristyksen oikosulkemista. On lisäksi huolehdittava, ettei johtimia ole jäänyt puristuksiin kiinnitettäessä eri osia paikoilleen. Johtimille suositellaan käytettäväksi pääteholkkeja.

On tarkastettava silmämääräisesti, ettei liitänkäapelissa ole silmin havaittavia vaurioita. On tarkastettava mahdollisesti vaihdetun kaapelin olevan tyyppiltään ja poikkipinta-alaltaan asianmukainen. Vedonpoistimen ja mahdollisen murtumis-suojan kunto on tarkastettava silmämääräisesti ja mahdollisesti käsin kokeilemalla.

Liittäessä esimerkiksi syöttöä on varmistettava, että mahdollinen vetorasitus kohdistuu viimeisenä kelta-vihreään suojajohtimeen. Suojajohdin on tästä syystä jätettävä muita pidemmäksi. Keltavihreää johdinta ei saa käyttää missään muussa tarkoituksessa kuin suojajohtimena. Korjauksen yhteydessä on tarkastettava, että suojajohdin on oikein kytketty ja että liitin on oikein merkitty. Suojajohtimen kunto on tarkastettava silmämääräisesti koko pituudeltaan, siinä määrin kuin se voidaan tehdä purkamatta laitetta lisää. /10/

Erityisesti tuotantotilojen olosuhteissa on tehtävä huolellinen aistinvarainen tarkastus korroosioreaktioiden havaitsemiseksi. Tuotantotiloissa on pidettävä huolta, ettei korjaustyö heikennä sähkölaitteen IP-luokitusta.

3.10.2 Syötön automaattisella poiskytkennällä toteutetun kosketusjännitesuojauksen ehtojen todentaminen

Ensimmäisenä mittauksena koneille on tehtävä Standardin SFS-EN 60204-1 mukainen **koe 1 – suojajohdinpiirin jatkuvuuden todentaminen**. Standardin SFS-EN 60204-1 mukaan lisättäessä tai poistettaessa sähkökoneita suojajohdinpiiristä on varmistettava, että suojajohdinpiirin jatkuvuus säilyy muuttumattomana. Jatkuvuuden tarkastamiseksi on PE-liittimen ja kunkin suojajohdinpiirin osan asiankuuluvan kohdan välinen resistanssi mitattava. Resistanssia mitattaessa on käytettävä virtaa, joka on vähintään 0,2 A ja noin 10 A välillä. Virtalähteen on oltava syöttöjännitteestä erotettu pienoisjännite (SFS 6000-4-41 /11/), tässä tapauksessa Metrel MI 2170-konetesteri, jonka jännite kuormittamattomana on 24 V a.c. tai

d.c. Käytännössä, kun käytetään Metrel MI 2170-konetesteriä, testivirtana käytetään 10 A, sillä mittauksen tarkkuus lisääntyy testivirran kasvaessa. Resistanssin on oltava taulukon 6 osoittamalla alueella. Resistanssi riippuu käytetyn johtimen materiaalista, pinta-alasta sekä pituudesta. Taulukon 6 arvot koskevat enintään 5 m:n pituisia laitteiden kiinteitä liitäntäpisteitä. Kaapelin ollessa pidempi kuin 5 m, saa resistanssiarvo nousta 0,12 Ω kutakin 5 lisämetriä kohden. /7/

Sähköasennusmittauksissa suojajohdinpiirin resistanssin enimmäisarvona pidetään noin 1 Ω . Pitkillä johdoilla resistanssi voi olla suurempikin. Resistanssin on kuitenkin oltava tarpeeksi pieni, jotta automaattisen poiskytkennän ehdot täyttyvät.

Taulukko 6. Suojajohdinpiirin suurin sallittu resistanssi ja jännitteenalenema kokenemittauksissa verrattaessa johtimen pinta-alaan 10 A virralla. /9/

Johtimen poikkipinta-ala	Suurin sallittu jännitehäviö	Suurin sallittu suojajohdinpiirin resistanssi
0,5 mm ²	≤ 5,0 V	0,50 Ω
0,75 mm ²	≤ 5,0 V	0,50 Ω
1,0 mm ²	≤ 3,3 V	0,30 Ω
1,5 mm ²	≤ 2,6 V	0,26 Ω
2,5 mm ²	≤ 1,9 V	0,19 Ω
4 mm ²	≤ 1,4 V	0,14 Ω
>6 mm ²	≤ 1,0 V	0,10 Ω

Suojajohdinpiirin jatkuvuuden todentamisen jälkeen on laitteille standardin SFS-EN 60204-1 mukaan tehtävä **koe 2 - Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuuden todentaminen**. Kokeessa syötön liitännät ja ulkoisen suojajohtimen liitäntä koneen PE-liittimeen on todennettava tarkastamalla. Syötön automaattisen poiskytkennän ehtojen todentaminen on toteutettava todentamalla vikavirtapiirin impedanssi laskennallisesti tai mittaamalla sekä varmistamalla piiriin kuuluvien suojalaitteiden ominaisuuksien riittävyys, kuten katkaisijoiden asetteluarvot ja sulakkeiden nimellisvirrat. Suojajohdinpiirin jatkuvuus on varmistettava ennen vikavirtapiirin impedanssin mittaamista. Taulukossa 7 on suojalait-

teiden toimintavirrat ja pienimmät hyväksyttävät mittaustulokset. Koneille pois-
kytkentäaika katsotaan riittävän lyhyeksi, kun se ei ylitä 5 sekuntia. Mikäli ryhmä
syöttää kädessä pidettävää tai siirrettävää luokan 1 laitetta, poiskytkentäajan on
oltava alle 0,4 sekuntia. /7/

Taulukko 7. Suojalaitteiden toimintavirrat ja pienimmät hyväksyttävät mittaustu-
lokset. /12/

Suojalait- teen nimellis- virta A	Sulake				Johdonsuojakatkaisijat					
	gG- sula- ke 0,4 s A	Vaadit- tu mitattu arvo A	gG- sula- ke 5,0 s A	Vaadit- tu mitattu arvo A	B- tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadit- tu mitattu arvo A	C- tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadit- tu mitattu arvo A	D- tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadit- tu mitattu arvo A
6,0	46,5	58,2	28,0	35,0	30,0	37,5	60,0	75,0	120,0	150,0
10,0	82,0	18,5	46,5	58,1	50,0	62,5	100,0	125,0	200,0	250,0
16,0	110,0	137,5	65,0	81,3	80,0	100,0	160,0	200,0	320,0	400,0
20,0	145,0	181,3	85,0	106,3	100,0	125,0	200,0	250,0	400,0	500,0
25,0	180,0	225,0	110,0	137,5	125,0	156,3	250,0	312,5	500,0	625,0
32,0	270,0	337,5	150,0	187,5	160,0	200,0	320,0	400,0	640,0	800,0
50,0	470,0	587,5	250,0	312,5	250,0	312,5	500,0	625,0	1000, 0	1250,0
63,0	550,0	687,5	320,0	400,0	315,0	393,8	630,0	787,5	1260, 0	1575,0
80,0	840,0	1050,0	425,0	531,3	400,0	500,0	800,0	1000,0	1600, 0	2000,0
125,0	1450, 0	1812,5	715,0	893,8	625,0	781,3	1250, 0	1562,5	2500, 0	3125,0

3.10.3 Eristysresistanssin mittaus

Eristysresistanssi mitataan suojajohdinpiirin, mukaan luettuna maadoitetun run-
gon, ja jokaisen pääpiirin vaihejohtimen sekä nollajohtimen väliltä. Mittaus suori-
tetaan laitteen ollessa erotettuna syötöstä. Yleensä mittaus suoritetaan asennuksen
syöttöpisteessä. Eristysresistanssimittauksessa jännitteiset johtimet voidaan kytkeä
yhteen. Nollajohdin on mittauksen aikana oltava erotettuna suojajohtimesta. TN-C
-järjestelmässä, jossa on yhteinen suoja- ja nollajohdin, eristysresistanssi mitataan
vaiheiden ja PEN-johtimen väliltä.

Standardin SFS-EN 60204-1 mukaan, pääpiirien ja suojajohdinpiirin välisen resistanssin on oltava uusilla koneilla vähintään 1 M Ω mitattuna 500 V tasajännitteellä. Sähkölaitekorjaajan oppaan mukaan, mitatun resistanssin on oltava korjatussa laitteessa taulukon 8 osoittamalla alueella. Kaikkien kytkimien, säätimien ja muiden laitteiden on oltava kiinni-asennossa, jotta kaikki eristykset olisivat mukana mittauksessa. Eristysresistanssimittarin antaman tasajännitteen on 0,5 M Ω kuormitusvastuksella oltava vähintään 500 V. /7/, /9/

Taulukko 8. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot korjatussa laitteessa. /9/

Koestettava eristys	Eristysresistanssi
Peruseristys	0,5 M Ω
Vahvistettu eristys	2,0 M Ω

3.10.4 Jännitekoee

Standardin SFS-EN 60204-1 mukaan, jännitekoee tulisi tehdä standardin IEC 61180-2 mukaisella mittalaitteella. Metrel MultiServicer MI 2170 –konetesteri on standardin mukainen mittalaite. Jännitekoetta tehtäessä komponentit, jotka eivät mitoituksensa vuoksi kestä jännitekoetta, on erotettava kokeen ajaksi.

Standardi SFS-EN 60204-1 kertoo jännitekoekkeesta seuraavaa: ”Suurimman koejännitteen on oltava arvoltaan kaksinkertainen laitteiston mitoitusjännitteeseen nähden tai vähintään 1 000 V, jos kaksinkertainen mitoitusjännite on alle 1 000 V. Suurimman koejännitteen on vaikutettava pääpiirin johtimien ja suojajohdinpiirin välillä noin 1 sekunnin ajan. Vaatimukset on täytetty kun läpilyöntiä ei tapahdu.”

/7/

3.10.5 Suojaus jännösjännitteiltä

Standardin SFS-EN 60204-1 mukaan jännitteisten osien jännösjännite, mikäli se syötön katkaisun jälkeen on suurempi kuin 60 V, on purettava 60 V:n tai sen alle 5 sekunnin kuluttua syötön katkaisusta edellyttäen, ettei se häiritse laitteiston toimintaa. Mikäli purkautumisnopeus häiritsee laitteiston toimintaa, on vaarasta ilmoitettava ja mainittava aika, jonka jälkeen kotelo voidaan avata. /7/

3.10.6 Toimintakokeet

Standardin SFS-EN 60204-1 mukaan sähkölaitteiston toiminnot on testattava. Sähköturvallisuuteen kuuluvat toiminnot, kuten maasulun ilmaisuus, on myös testattava. Laitteiden, joissa on kolmivaiheinen moottori, korjauksissa on vaihejärjestyksen muuttumattomana pysymisestä huolehdittava ja siitä varmistuttava tekemällä toiminnallinen koe. /7/

Standardikäsi­kirjan SFS 600-1 osa 6: Tarkastukset, antaa ohjeet sähköasennusten toimintatesteille. Käsi­kirjan mukaan kytkin-, käyttö-, ohjaus-, ja lukituslaitteille on tehtävä toimintatestit sen toteamiseksi, että ne on asennettu oikein ja standardin vaatimusten mukaisesti. Standardin mukaan myös suojalaitteille on tehtävä tarpeen mukaan toiminnalliset kokeet, jotta varmistetaan niiden oikeellinen asennus. /9/

3.11 Atrialla vaadittavat mittaukset ja mittausvaatimukset

Tärkeimmät koneille tehtävät mittaukset korjauksen jälkeen ovat suojajohdinpiirin jatkuvuuden mittaaminen sekä eristysresistanssin mittaaminen. Näillä mittauksilla varmistetaan laitteen turvallinen käyttö korjauksen jälkeen, sillä tuotannonaikaisen korjauksen on oltava nopea eikä tuotanto saa seisahtua pitkäksi aikaa. Tuotannon tauottua on hyvä tehdä laajemmat testit, kuten jännite­koe ja jännös­jännitetaus. Tavallisesti laitteille pitää tehdä vuotovirran mitta­us ja jännite­koe, mikäli laitteeseen on liitetty muita kuin tehdasmaisesti valmistettuja ja testattuja osia.

Sähköasennuksille tehtävissä mittauksissa mitataan suojajohdinpiirin jatkuvuuden ja eristysresistanssin lisäksi oikosulkuvirta epäedullisimmassa pisteessä, vikavir-

tapiirin silmukkaimpedanssi, vikavirtasuojan toiminta sekä mahdollisesti asennuksen napaisuus sekä EMC-arvo.

Atrialla suojajohdinpiirin resistanssin raja-arvoksi on määritelty 1Ω , arvon ylittyessä on suojajohtimen pinta-alaa lisättävä. Eristysresistanssin raja-arvoksi taas on määritelty $1 M\Omega$, johtuen vaikeista olosuhteista. Alle $1 M\Omega$ eristysresistanssilla vuotovirta saattaa kasvaa niin suureksi, että vikavirtasuojia katkaisee virran.

3.12 Vaatimukset sähkölaittekorjaamoiden ja laboratorioiden asennuksille

Harjoitusalue mittauksille suunniteltiin standardin SFS 6000-8-803 mukaisesti. Standardi määrittelee vaatimukset sähkölaittekorjaamoiden sekä laboratorioiden sähköasennuksille. Standardin mukaan sähkölaittekorjaamoissa ja opetusikäyttöissä olevissa laboratorioissa käytettävillä laitteilla on aina järjestettävä SFS 6000-4-41 mukainen vikasuojaus. Vikasuojauksena voidaan käyttää joko pienisjännitettä, suojaerotusta tai syötön automaattista poiskytkentää käyttäen lisäsuojauksena mitoitustoimintavirralltaan enintään 30 mA vikavirtasuojaa. Käytettäessä suojaerotusta suojaerotusmuuntajan on oltava standardin EN 61558-2-4 mukainen ja se pitää varustaa oikosulkusuojauksella ja poiskytkevällä tai hälyttävällä ylikuormitus-suojalla.

Standardin mukaan työskentelyalueelta on voitava katkaista jännitteet SFS 600-5-53 kohdan 537.2.2 mukaisella erotuskytkimellä. Sähkökorjaamoissa ja laboratorioissa on oltava hätäkytkentää varten laitteet, joilla voidaan nopeasti kytkeä jännitteet pois työskentelyalueelta. Hätäkytkentään käytettävän kytkimen on oltava helposti luoksepäästävissä ja sen on oltava helposti tunnistettavissa oleva punainen kytkin keltaisella taustalla. Mikäli syötetään tilapäiskytkentäisiä virtapiirejä, pitää kytkentöjen läheisyydessä olla erotuskytkin. Erotuskytkimessä on oltava yksiselitteinen asennonosoitus, ja sillä on voitava tehdä kytkennät jännitteettömiksi. /13/

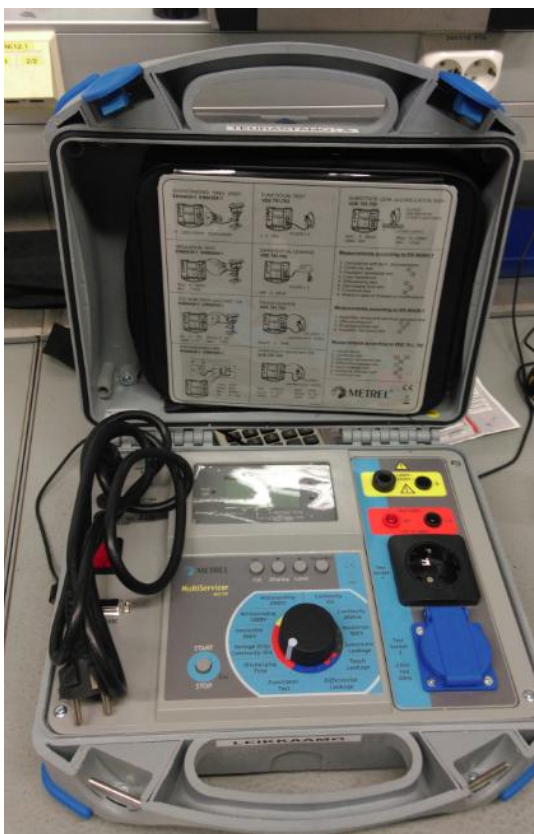
4 MITTAUSLAITTEET

4.1 Yleistä

Tässä osiossa keskitytään mittauksissa käytettyjen mittauslaitteiden ja mittausten esittelyyn. Asennustesteri Metrel EurotestXE MI 3102 on Atrialla lähes jokapäiväisessä käytössä, joten sen käyttö ja mittaustoiminnot ovat tuttuja. Mittauksista käydään läpi vikavirtapiirin impedanssin mittaus ja vikavirtasuojakytkimen testaus. Muut asennustesterin toiminnot käydään vain pintapuolisesti läpi. Suuremman huomion vie Metrel MultiServicer MI 2170 –konetesteri, jonka käyttötaidossa ja toimintojen tuntemuksessa on parantamisen varaa. Konetesterin mittaukset ja mitauskytkennät käydään yksityiskohtaisesti läpi. Mittaukset käydään läpi kohdan 3.10 mukaisessa järjestyksessä.

4.2 Metrel MultiServicer MI 2170 -konetesteri

Kuviossa 8 on Metrel Multiservicer MI2170 –konetesteri. Laite on suunniteltu standardien EN 61010-1, EN 50081-1 ja EN 61000-6-1 mukaisesti, eli laitteessa on otettu huomioon sähkömagneettinen yhteensopivuus ja se on soveltuva laboratoriokäyttöön. Metrel Multiservicer MI2170 –konetesterillä voidaan tehdä kaikki standardin EN 60204-1 –mukaiset laitteiston todentamiseen liittyvät mittaukset, pois lukien vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuuden todentaminen, nämä mittaukset voidaan tehdä Metrel EurotestXE MI3102 –asennustesterillä. /14/



Kuvio 8. Metrel MultiServicer MI 2170 –konetesteri.

4.3 Metrel EurotestXE MI 3102 -asennustesteri

Sähköasennusmittauksiin Atrialla käytetään Metrel EurotestXE MI 3102 – asennustesteriä (**Kuvio 9.**). Kaikissa Atrian yksiköissä on käytössä sama mittalaite. Testerit on helppokäyttöinen ja monipuolinen mittalaite kaikkiin sähköasennusmittauksiin. Laitteella voidaan tehdä seuraavia mittauksia: jännitteen ja sen taajuuden mittaus, jatkuvuuden mittaus, eristysresistanssin mittaus, vikavirtasuojajytkimen toiminnan testaus, vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen, linjaimpedanssin mittaaminen, vaihejärjestyksen tarkastaminen, resistanssin mittaaminen maahan, True RMS-virran mittaaminen sekä valon voimakkuuden mittaaminen. /15/

Suojajohdinpiirin jatkuvuuden mittauksessa Metrel EurotestXE MI 3102 käyttää mittaussvirtana 0,2 A. Mittausvirta on standardin EN 61557-4 mukaan riittävä säh-

köasennusmittauksille, mutta mitattaessa sähkölaitteita mittauksen tarkkuus on huomattavasti heikompi kuin 10 A virralla. Eristysvastusmittauksessa asennustesteri pystyy mittaamaan resistanssia 999 M Ω :n saakka. /15/



Kuvio 9. Metrel EurotestXE MI 3102 –asennustesteri.

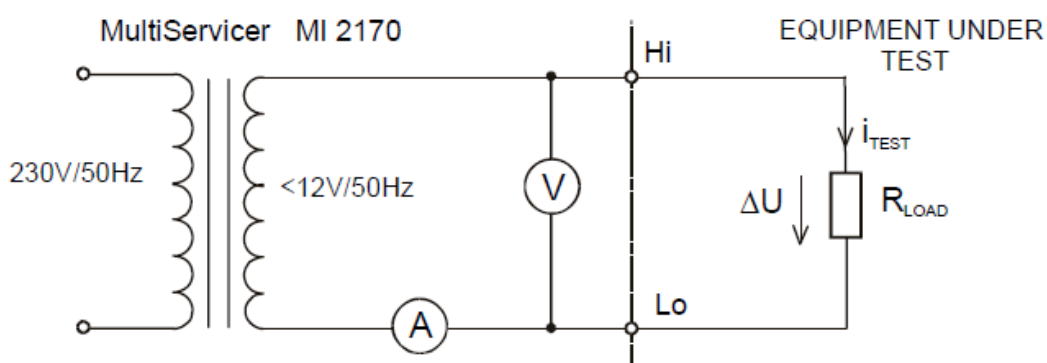
4.4 Mittausten suorittaminen ja mittauskytkennät

4.4.1 Suojajohdinpiirin jatkuvuuden todentaminen

Suojajohdinpiirin jatkuvuus voidaan mitata Metrel MultiServicer MI 2170 -konetesterillä joko jännitteenaleneman tai resistanssin perusteella. Mittauskytkentä on täysin sama molemmilla tavoilla. Seuraavassa jatkuvuus mitataan resistanssin perusteella.

Suojajohdinpiirin jatkuvuuden todentamiseen käytettiin kuvion 10 mukaista mittauskytkentää. Ensiksi valittiin kiertokytkimellä ”voltage drop/continuity 10 A” –asento. Tämän jälkeen valittiin ”display”-näppäimellä ”continuity 10 A”. Seuraavaksi valittiin resistanssin raja-arvo. Konetesterissä resistanssin raja-arvoiksi voitiin valita 0,1 Ω , 0,2 Ω , 0,3 Ω , 0,5 Ω , 1,0 Ω tai 1,5 Ω . Johtimien poikkipinta-alan

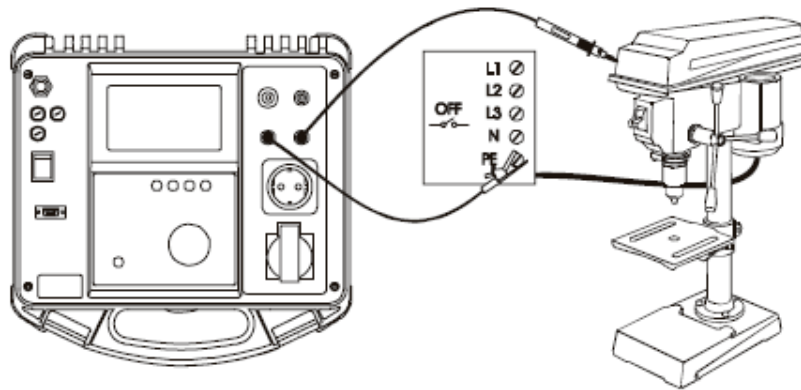
ollessa 1,5 mm raja-arvoksi valittiin 0,3 Ω . Raja-arvon valinnan jälkeen oikosuljettiin testijohtimien mittapäät ja painamalla ”cal”-näppäimestä kalibroitiin testijohtimien resistanssi, jottei se vaikuttaisi testituloksiin. Kalibrointi testattiin vielä oikosulkemalla mittapäät ja painamalla ”start/stop”-näppäintä, jolloin resistanssin arvoksi saatiin 0 Ω . Mitattaessa suojajohdinpiirin jatkuvuutta konetesterillä, on tarkastettava mittajohdinkelan virrankestoisuus. Konetesterillä voidaan mitata jatkuvuus myös käyttämällä 0,2 A virtaa. /14/



Kuvio 10. Suojajohdinpiirin jatkuvuuden varmistamiseen käytetty mittauskytkentä. /14/

Mittausjohtimet kytkettiin kuvion 11 mukaisesti, ensiksi PE-johtimeen ja sen jälkeen laitteen runkoon. Mittaus aloitettiin painamalla ”start/stop” -näppäintä, jolloin ”test on” -merkkivalo syttyi ja paloi, kunnes ajastin lopetti mittauksen. Testeri ilmoitti mittauksen jälkeen, oliko tulos hyväksytty vai ei, eli oliko resistanssi alle määritetyn raja-arvon.

Mittauslaitteessa on myös mahdollisuus automaattiseen testiin. Tällöin ”display”-näppäimellä valitaan ”continuity 10 A -auto”, jolloin mittajohdimeissa on jatkuvasi pieni jännite, ja pieni virta johtimien välillä käynnistää mittauksen. Laite aloittaa automaattisesti mittauksen johtimien kytkemisen jälkeen. Kun ajastin on lopettanut mittauksen, voidaan tehdä uusi mittaus sulkemalla virtapiiri uudelleen. Koneen näyttämä tulos on kaikista mittaustuloksista epäedullisin. /14/



Kuvio 11. Mittajohtimien kytkentä suojajohdinpiiriin jatkuvuuden varmistamiseksi. /14/

4.4.2 Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuuden todentaminen

Mittauksessa mitataan vikavirtapiiriin, eli vaihe- ja PE-johtimen, impedanssin suuruus Metrel EurotestXE MI 3102 –asennustesterillä. Asennustesteri laskee impedanssin ja jännitteen avulla prospektiivisen oikosulkuvirran kaavan 1 mukaan.

$$I_p = \frac{U_N * c}{Z_k}, \text{ jossa } I_p = \text{prospektiivinen oikosulkuvirta} \quad (1)$$

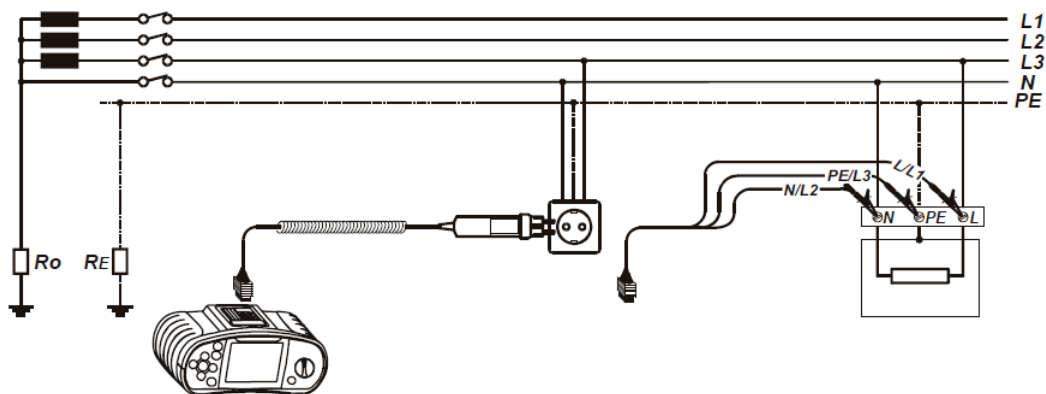
U_N = nimellinen jännite

c = jännitekerroin

Z_k = vikavirtapiirin impedanssi

Metrel EurotestXE MI 3102 –asennustesterissä on vikavirtapiirin impedanssin mittaukselle mahdollisuus valita kaksi alafunktiota: ”Z PIIRI”, jossa impedanssi mitataan piiristä missä ei ole vikavirtasuojakytkintä, ja ”Zs(rcd)” piirille, jossa on vikavirtasuojakytkin.

Mittaus aloitetaan valitsemalla kiertokytkimellä ”Piiri”-asento, jonka jälkeen valitaan nuolinäppäimillä vikavirtapiiriin impedanssi –alafunktio. Seuraavaksi asetetaan sulakkeen tyyppi, nimellisvirta, katkaisuaika sekä prospektiivisen virran skaalauskerroin. Asennustesteri voidaan kytkeä virtapiiriin kuvion 12 mukaisesti joko suoraan pistorasiaan kytkettävällä pistokkeella tai mittausjohdoilla. Laite ilmoittaa mahdolliset varoitukset ja jännitteen ennen mittausta. Mikäli kaikki on kunnossa, mittaus aloitetaan painamalla ”TEST”-näppäintä. Mittauksen jälkeen laite ilmoittaa mitatun impedanssin, prospektiivisen oikosulkuvirran, johdon-suojan pienimmän hyväksytyin oikosulkuvirran sekä tuloksen hyväksytyksi tai hylätyksi tulemisen. Mikäli piirissä on vikavirtasuojakytkin, se laukeaa mittauksen aikana. /15/



Kuvio 12. Asennustesterin kytkeminen virtapiiriin. /15/

Valitsemalla mittauksen alafunktioksi ”Zs(rcd)”-toiminnon, voidaan impedanssi mitata laukaisematta mahdollista vikavirtasuojakytkintä. Mittauksessa asennustesteri käyttää pientä mittausvirtaa. Mittaus tehdään muuten täysin samoin kuin edellä.

Vikavirtasuojien testauksessa Metrel EurotestXE MI 3102 –asennustesterillä voidaan käyttää seuraavia alafunktioita: kosketusjännitteen mittaus, laukaisuajan mittaus, laukaisuvirran mittaus sekä vikavirtasuojan automaattinen testaus. Asennus-

testeriin voidaan parametroida kosketusjännitteen suuruus, vikavirtasuojakytkimen nimellinen laukaisuvirta, laukaisuvirran kerroin, vikavirtasuojakytkimen tyyppi ja testivirran aloituspolariteetti. /15/

Laukaisuvirran mittaukseen asennustesteri käyttää nousevaa vuotovirtaa. Mittauksen alettua laite nostaa testivirtaa aloittaen $0,2xI_{\Delta N}$ ja päättyen $1,1xI_{\Delta N}$. Laite nostaa vikavirtaa, kunnes vikavirtasuojakytkin laukeaa. /15/

Mittaus aloitetaan valitsemalla kiertokytkimellä RCD-funktio. Asennustesteri yhdistetään mitattavaan pistorasiaan suoraan Shuko-mittauskaapelilla tai kolmiosaisella testijohdolla, kuten silmukkaimpedanssin mittauksessa. Tämän jälkeen valitaan I_{Δ} -toiminto nuolinäppäimillä. Nuolinäppäimillä voidaan valita nimellisvikavirta, vikavirtasuojan tyyppi sekä testivirran aloituspolariteetti. Tulokset näkyvät kuvion 13 mukaisessa näytössä. Kuviossa 13 I_{Δ} on katkaisuvirta, U_{ci} on kosketusjännite ja t_I on katkaisuaika. Kuvassa näkyvät myös valittu mittaustyyppi, nimellisuotovirta, mittauksen aloituspolariteetti sekä valittu vikavirtasuojan tyyppi. /15/

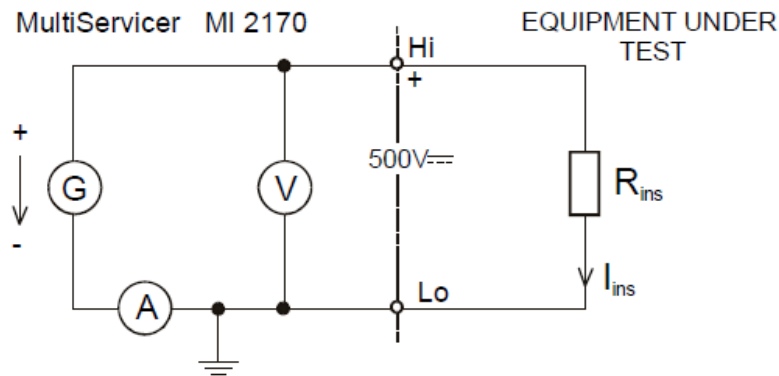


Kuvio 13. Vikavirtasuojan mittauksen esimerkkitulokset. /15/

4.4.3 Eristysresistanssin mittaaminen

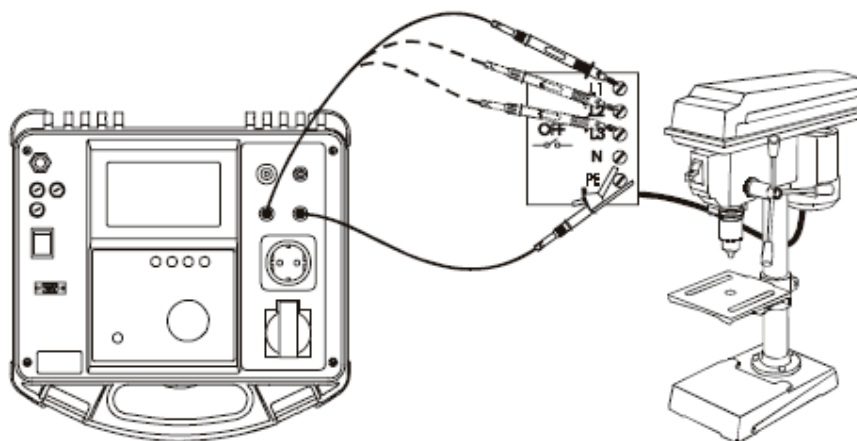
Eristysresistanssin mittaamiseen Metrel MultiServicer MI 2170 -konetesterillä käytettiin kuvion 14 mukaista mittauskytkentää. Eristysresistanssin mittaamiseksi kiertokytkimellä valittiin ”insulation 500 V” -asento. Seuraavaksi asetettiin resistanssin raja-arvo pitämällä ”limit”-näppäintä pohjassa. Standardin SFS-EN 60204-1 mukaan, pääpiirien johtimien ja suojajohdinpiirin välisen eristysresis-

tanssin on oltava vähintään 1 M Ω uusilla laitteilla ja 0,5 M Ω korjatuilla laitteilla mitattuna 500 V tasajännitteellä. /14/



Kuvio 14. Eristysresistanssin mittaamiseen käytetty mittauskytkentä. /14/

Johtimet kytkettiin kuvion 15 mukaisesti laitteeseen ja mittauskohteeseen. Resistanssi pitää mitata kaikkien vaihejohtimien ja PE-johtimen väliltä sekä nollajohdinten ja PE-johtimen väliltä. Testaus aloitettiin painamalla ”start/stop” –näppäintä. Lopuksi mittari ilmoitti mitatun eristysresistanssin ja tuloksen hyväksytyksi tai hylätyksi tulemisen. Tulos oli mahdollista tallentaa painamalla ”save”-näppäintä.

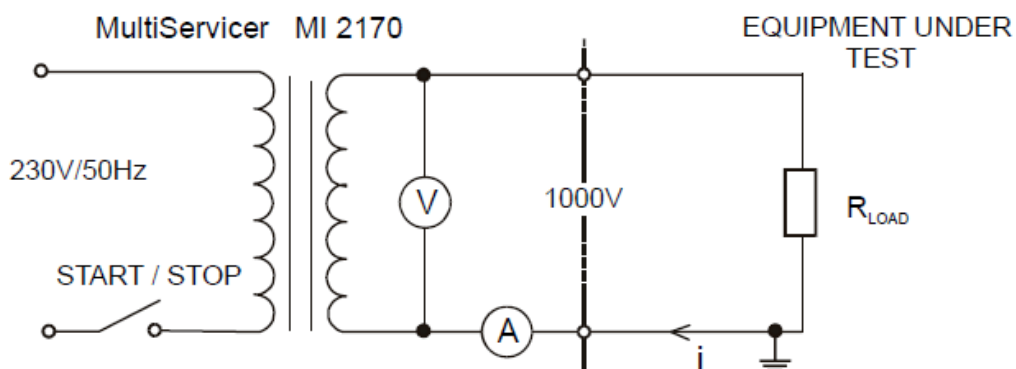


Kuvio 15. Johtimien kytkentä eristysresistanssin mittauksessa. /14/

Pääpiirin johtimien eristysresistanssi PE -johdinta vasten voitiin myös mitata käyttämällä adapteria, jossa voimapistorasian kolme vaihetta oli yhdistetty samaan pisteeseen ja adapterin toisessa päässä oli mittausvastakkeeseen 1 sopiva pistotulppa. Tällöin kiertokytkin asetettiin ”insulation 500 V” –asentoon, jossa käytössä oli mittausvastake 1. Näin testeri antoi pääpiirin johtimien ja PE-liittimen välisen eristysresistanssin. Kuitenkin, jos mittaustulos ei ollut odotetulla alueella, eristysresistanssi oli mitattava jokaisen vaiheen ja maan sekä nollan ja maan väliltä vikakohtaan selvittämiseksi. /14/

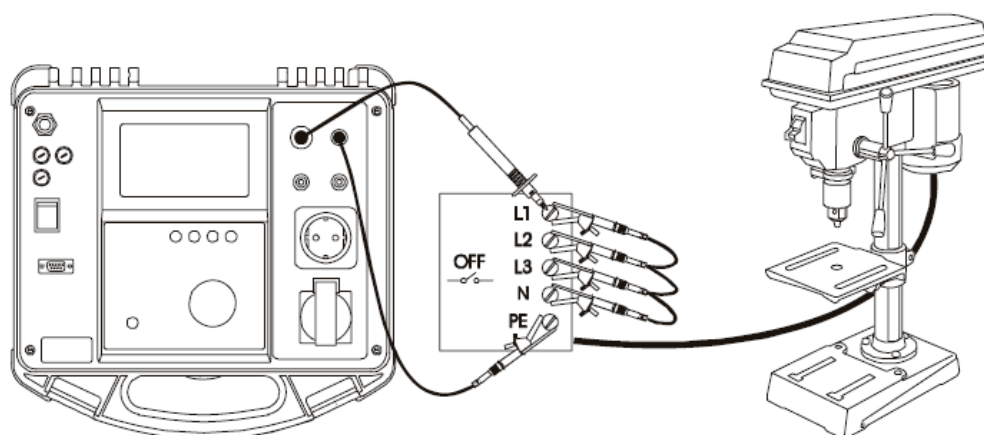
4.4.4 Jännitekoe 1000 V

Metrel MultiServicer MI 2170 –konetesterillä tehtävässä jännitekokeessa käytettiin 1000 V koejännitettä, joka vaikutti pääpiirin johtimien ja suojajohdinpiirin johtimen välillä noin 1 sekunnin ajan. Mikäli vuotovirta ylitti 5 mA, läpilyönti katsottiin tapahtuneeksi. Koe oli hyväksytty, jollei läpilyöntiä tapahtunut. Jännitekokeessa käytettiin kuvion 16 mukaista mittauskytkentää.



Kuvio 16. Jännitekokeessa käytetty mittauskytkentä. /14/

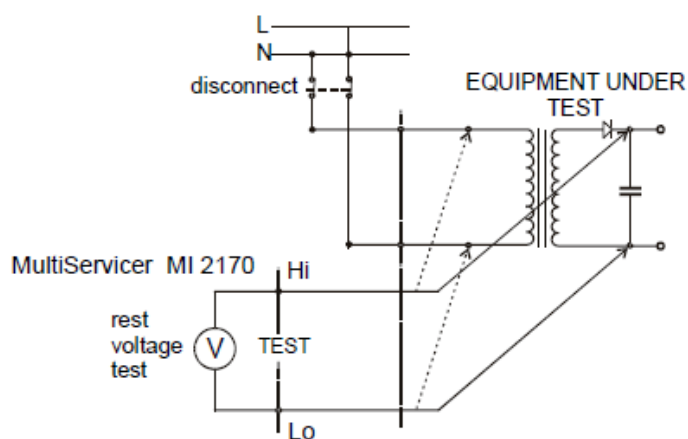
Jännitekokeen tekemiseksi valittiin kiertokytkimellä ”whitstanding 1000 V” – asento. Seuraavaksi valittiin ”limit”-näppäintä käyttäen katkaisuvirta, eli vuotovirta, jonka ylittyessä mittauksen tulos on automaattisesti hylätty. Mittauskytkimet kytkettiin mittalaitteeseen kuvion 17 mukaisesti käyttäen jännitekestoisuusliittimiä. Mittaus aloitettiin pitämällä ”start/stop” -painiketta pohjassa. Mittauksen aikana ”test on” –merkkivalo paloi ja laite antoi äänimerkkejä. Mittaus loppui, kun ”start/stop”-näppäin vapautettiin. Hyväksytyyn mittauksen jälkeen mittausvirran tai jännitteen arvo saatiin näkyviin painamalla ”display”-näppäintä. Konetesterillä voidaan tehdä jännitekoe myös 2500 V:n jännitteellä. /14/



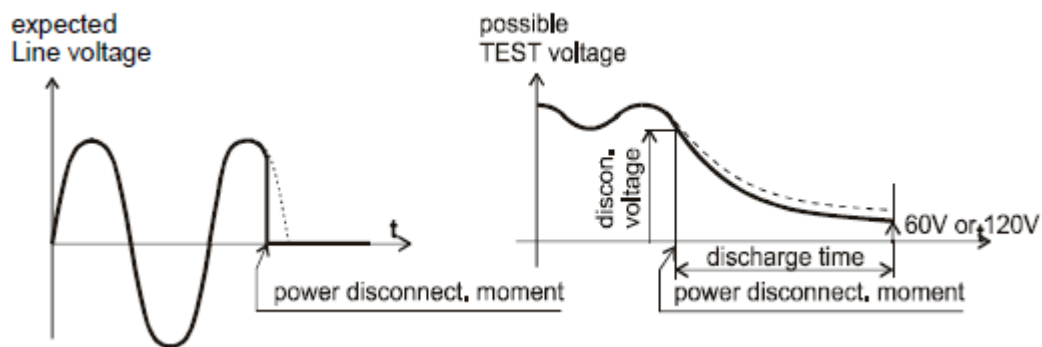
Kuvio 17. Mittausjohtimien kytkentä jännitekokeessa. /14/

4.4.5 Suojaus jäännösjännitteiltä

Purkautumisajan mittaamiseen Metrel MultiServicer MI 2170 -konetesterillä käytettiin kuvion 18 mukaista mittauskytkentää. Mittaus tehtiin laitteen ollessa jännitteisenä, jonka jälkeen jännite katkaistiin. Mikäli katkaisujännite oli tarpeeksi korkea, konetesteri suoritti mittauksen. Kuviossa 19 nähdään odotettu vaihejännite sekä mahdollinen testijännite.



Kuvio 18. Purkautumisajan mittaamiseen käytetty mittauskytkentä. /14/

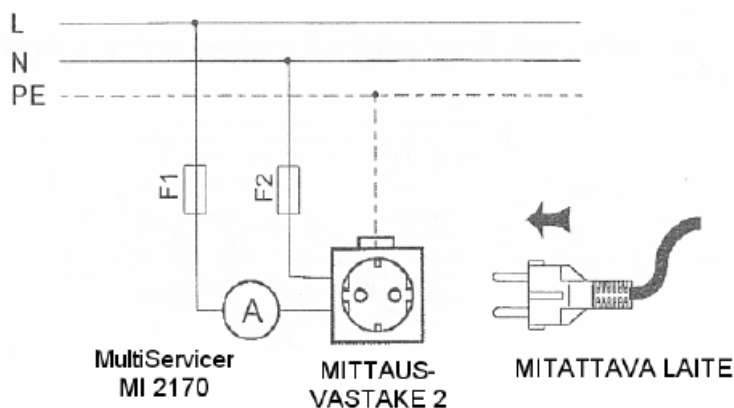


Kuvio 19. Odotettu vaihejännite sekä mahdollinen testijännite. /14/

Mittaus tehtiin valitsemalla ensiksi kiertokytkimellä ”discharging time” –asento. Jonkin ajan kuluttua Metrel MultiServicer MI 2170 –konetesteri alkoi näyttää laitteeseen kytketyn jännitteen tehollisarvoa (true RMS). Seuraavaksi valittiin 60 V tai 120 V toiminto ”display”-näppäintä painamalla. ”Limit”-näppäimellä valittiin purkautumisajan raja-arvo. Vaihtoehtoina oli 1 tai 5 sekuntia. Konetesteri valmistettiin verkkojännitteen katkaisuun painamalla ”start/stop” -näppäintä, jolloin laitteen näyttöön ilmestyi valmiuden ilmoittava teksti ”rdY”. Mikäli verkkotulossa oli väärä jännite, näyttöön ilmestyi teksti ”LoU”. Mikäli katkaisun jälkeen mitattu jännite oli kelvollinen, laitteen näyttöön ilmestyi teksti ”StA”. Jos jännite ei ollut tarpeeksi korkea, laite näytti tuloksen 0,0 s ja hyväksymismerkki alkoi vilkkua. Tulos 0,0 s voitiin hyväksyä, mikäli vajaa jännite toistui 5-10 kertaa. Jos katkaisulaitetta ei aktivoitu 10 sekunnin sisällä, tai jos purkautumisaika oli yli 10 sekuntia, laite näytti tuloksen out. /14/

4.4.6 Toimintakoe

Konetesterillä voidaan tehdä myös toiminnalliset kokeet suojausluokan 1 ja 2 laitteille, joita syötetään yksivaiheisista pistorasioista. Konetesteri mittaa tällöin laitteen ottamaa virtaa toimintatestejä tehdessä. Kuviossa 20 on toimintamittauksen mittauskytkentä.



Kuvio 20. Mittauskytkentä toimintamittauksille. /14/

Toimintamittauksen tekeminen aloitettiin valitsemalla kiertokytkimellä ”functional test” –asento. Tämän jälkeen asetettiin virran raja-arvo painamalla ”limit”-näppäin pohjaan. Mahdolliset asetettavat raja-arvot ovat 0,5 A, 1,0 A, 2,0 A, 5,0 A, 10,0 A ja 15 A. Raja-arvojen asettamisen jälkeen käynnistettiin mittaus painamalla ”start/stop” –näppäintä, jolloin ”test on” -merkkivalo syttyi, ja paloi mittauksen ajan. Mittauksen aikana mittausvastake 2 on kytkettynä rinnan verkkojänniteliittimen kanssa. Toimintamittauksen jälkeen konetesteri ilmoitti, oliko mittaus tulos hyväksytty. /14/

5 MITTAUKSET

5.1 Vannesaha

Aluksi tehtiin koemittauksia käytöstä poistetulle vannesahalle. Heti suojajohdinpiirin jatkuvuuden testauksessa havaittiin suuria eroja testilaitteiden välillä. Metrel MultiServicer MI 2170 –konetesterin syöttäessä 10 A testivirtaa sen tarkkuus oli huomattavasti parempi, kun taas vastaavasti Metrel EurotestXE MI 3102 -asennustesterin syöttäessä 200 mA virtaa sen mittaustulokset vaihtelivat huomattavasti. Taulukossa 9 on nähtävissä mitatut suojajohdinpiirin resistanssi sekä eristysresistanssi.

Taulukko 9. Suojajohdinpiirin resistanssi sekä eristysresistanssi eri mittalaitteilla.

Mittalaite	Metrel MultiServicer MI 2170	Metrel MI 3102	
Suojajohdinpiirin resistanssi	Kannen ruuvi	0.155 Ω	0.42 Ω
	Leikkaustaso	0.156 Ω	0.38 Ω
	Alaosan ruuvi	0.243 Ω	2.4 Ω
		0.110 Ω	4.4 Ω
Eristysresistanssi	PE-1. vaihe	>20 MΩ	> 1 MΩ
	PE-2. vaihe	>20 MΩ	> 1 MΩ
	PE-3. vaihe	>20 MΩ	> 1 MΩ
	PE-Nolla	>20 MΩ	> 1 MΩ

Tuloksista nähdään kuinka testivirta vaikuttaa mittauksiin. Esimerkiksi alaosan ruuvin resistanssiksi Metrel MI 3102 ilmoitti 4,4 Ω, joka taulukon 6 mukaan on aivan liian suuri arvo suojajohdinpiirille. Mittaustulos oli niin suuri, että voidaan epäillä oliko mittaus onnistunut. Metrel MultiServicer MI 2170 –konetesteri ilmoitti vastaavaksi arvoksi 0,110 Ω. Tuloksista voidaan päätellä, kuinka mittaavirran suuruus vaikuttaa mittauksen tarkkuuteen. Pienellä virralla tulokset myös heittelivät rajusti.

Vannesahasta mitattiin vielä vuotovirta. Vuotovirran mittaamiseen käytettiin adapteria, jolla saatiin mitattua kolmivaiheisen vannesahan vuotovirta käyttäen Metrel MultiServicer MI 2170 –konetesterin mittausvastaketta 1. Vuotovirraksi saatiin toistuvasti, niin kontaktori auki kuin kiinni, 0,07 mA. Vuotovirta oli hyväksytyllä alueella.

5.2 Induktioliesi

Tuotekehityksen koekeittiöltä oli tullut ilmoitus mahdollisesta sähköiskusta, joka oli saatu induktioliedestä. Liedestä, joka oli erotettu syötöstä, mitattiin suojajohdinpiirin jatkuvuus sekä eristysresistanssi käyttäen Metrel MultiServicer MI 2170 –konetesteriä. Jatkuvuudeksi saatiin keskuksen ja lieden rungon välille 0,59 Ω . Mitatut eristysresistanssit olivat vaatimusten mukaisia ja ne ovat nähtävissä taulukossa 10.

Taulukko 10. Eristysresistanssimittauksen tulokset.

	Eristysresistanssi
PE-1. vaihe	1,32 M Ω
PE-2. vaihe	1,32 M Ω
PE-3. vaihe	1,33 M Ω

Tuloksista ei selvinnyt mitään hälyttävää, joka voisi aiheuttaa sähköiskuja. Liedelle tehtiin vielä toiminnalliset kokeet, ja kaikki neljä levyä toimivat kunnolla. Myöskään rungon ja suojamaan välillä ei ollut jännitettä. Liedelle ei tehty jännitekoetta herkän elektroniikan vuoksi, joten vuotovirran suuruutta ei mitattu.

5.3 Hihnakuuljetin

Logistiikka-yksikössä Nurmon tuotantolaitoksella mitattiin hihnakuuljettimen suojajohdinpiirin jatkuvuus sekä eristysresistanssi. Kuuljettimen suojajohdinpiirin jatkuvuuden mittauksessa jouduttiin käyttämään 50 m mittauskaapelia, jolloin oli muistettava nollata mittajohdon resistanssi ennen mittausta. Jatkuvuuden resistanssiksi saatiin keskuksen maadoituskiskon ja moottorin rungon välille 0,02 Ω .

Eristysresistansseiksi moottorikeskuksesta mitattaessa saatiin vaiheiden ja suojamaan sekä nollan ja suojamaan väliltä $>1000 \text{ M}\Omega$. Mittaustulokset olivat hyväksytyllä alueella. Mittaukset suoritettiin Metrel MI 3102 –asennustesterillä.

5.4 Sikateurastamon SFK -sähkökeskusten sähköasennusmittaukset

Atrian sikateurastamossa tiedonsiirtoon laitteiden välillä käytetään valokuitua, jonka topologia on rengasmainen. Sikateurastamon SFK–jakokeskuksissa on virtalähde, joka syöttää virtaa kytkimelle. Asennustyönä virtalähteille lisättiin kuvion 21 mukaisesti 6 A automaattisulakkeet etukojeiksi.



Kuvio 21. Automaattisulake asennettuna virtalähteen syötön eteen sekä kytkin.

Asennuksenjälkeisissä käyttöönottomittauksissa saatiin taulukon 11 mukaiset tulokset. Eristysresistanssin mittauksessa kaikista keskuksista mitattiin L-PE, N-PE ja L-N välinen resistanssi, joista epäedullisin tulos on merkitty taulukkoon 11. Tuloksista nähdään kuinka keskuksissa 3 ja 7 suojajohdinpiirin resistanssit ovat yli 1Ω , jolloin niitä pidetään rajan ylittävinä tuloksina. Resistanssin suuruus selittyy

keskusten välisten suojajohtimien pituuksilla, jotka voivat olla satoja metrejä. Ongelman ratkaisemiseksi liitettiin keskuksiin lisämaadoitus, jolla saatiin resistanssit pienennettyä. Keskuksien 3 ja 7 uusiksi resistanssin arvoiksi saatiin 0,03 Ω ja 0,07 Ω . Pääkeskuksessa ylivirtasuojana toimii 3 A automaattisulake, jolloin taulukon 10 oikosulkuvirrat ovat riittävät. Mittaukset tehtiin Metrel MI 3102 – asennustesterillä.

Taulukko 11. Käyttöönottomittausten tulokset ennen lisämaadoituksen lisäämistä.

Keskus	Suojajohdinpiirin jatkuvuus	Eristysresistanssi	Oikosulkuvirta	Silmukkaimpedanssi
SFKNET 1	0,22 Ω	88 M Ω	83,7 A	2,75 Ω
SFKNET 2	0,76 Ω	93 M Ω	71,7 A	3,21 Ω
SFKNET 3	1,05 Ω	93 M Ω	81,0 A	2,81 Ω
SFKNET 4	0,69 Ω	97 M Ω	137,0 A	1,67 Ω
SFKNET 5	0,07 Ω	92 M Ω	559,0 A	0,41 Ω
SFKNET 6	0,63 Ω	92 M Ω	147,0 A	1,56 Ω
SFKNET 7	1,28 Ω	99 M Ω	67,0 A	3,44 Ω
SFKNET 8	0,54 Ω	91 M Ω	70,8 A	3,25 Ω

5.5 Mittauspöytäkirja

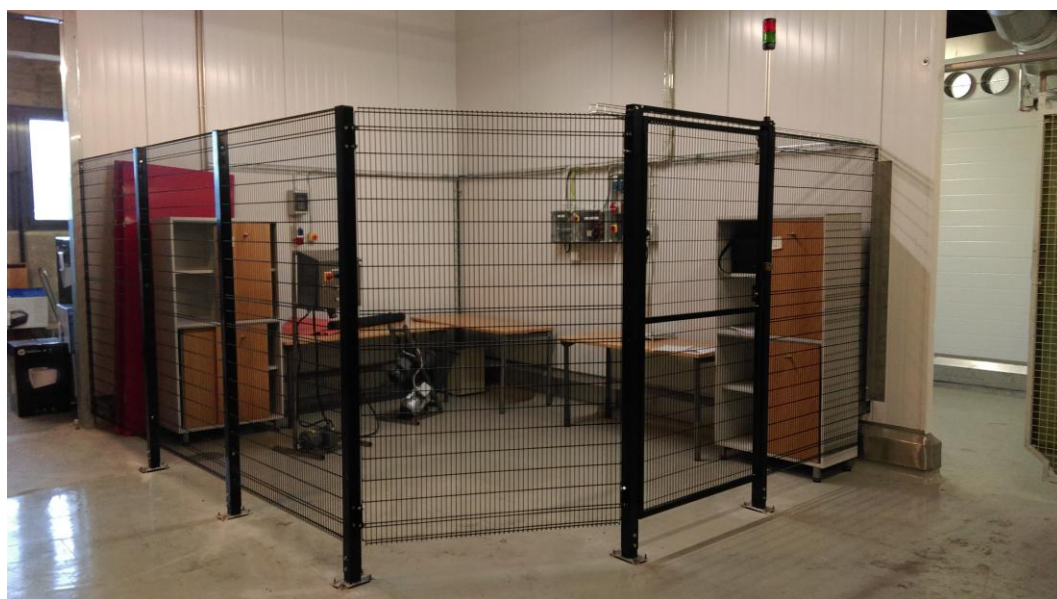
Mittauksiin tutustumisen jälkeen alkoi mittauksille sopivan mittauspöytäkirjan valmistelu. Mittauksille oli jo olemassa oleva mittauspöytäkirja, mutta sitä haluttiin parannella ja sille haluttiin tehdä kätevät täyttöohjeet. Mittauspöytäkirja haluttiin standardin SFS-EN 60204-1 kohtaa 18 mukailevaksi, siksi konemittauspöytäkirja seuraa kappaleen 3.10 tarkastusjärjestystä. Pöytäkirjaan haluttiin lisäksi osio EMC-mittauksille tulevaisuutta silmällä pitäen.

Pöytäkirjasta saatiin kompakti kahdelle sivulle sopiva versio. Pöytäkirjassa on mainittu lähdemateriaalina käytetyt standardit ja ohjeistukset, jolloin voidaan tar-

kastaa mittausvaatimusten paikkansapitävyys sekä muistella mittauksien tekemistä. Mittauspöytäkirja sekä sen täyttöohjeet ovat nähtävissä liitteessä 1.

6 HARJOITUSALUE KONEMITTAUKSILLE

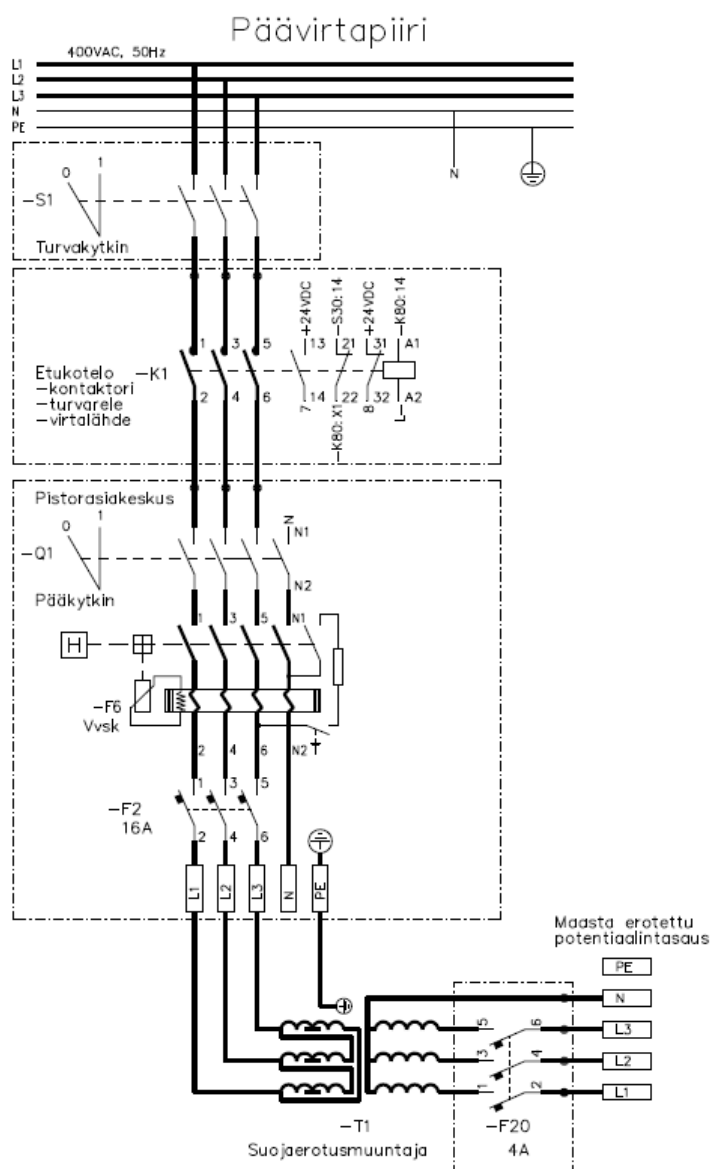
Atrialla käyttöönottomittaukset tehdään pääosin asennustesterillä, jolloin konetesterin käyttö on jäänyt vähäiseksi, eikä sen käyttäminen ole yhtä sujuvaa kuin asennustesterin käyttö. Tämän takia päätettiin tehdä konetesterin käyttöön ja konemittausten harjoittelulle soveltuva alue, jota voidaan käyttää myös asennustesterin käytön harjoitteluun. Harjoittelualueesta oli määrä tulla pysyvä paikka konetesterin käytön ja konemittausten harjoittelulle, sekä tulevaisuudessa tilaa on tarkoitus käyttää myös muuhun koulutustarkoitukseen, kuten mm. perustason jännitetyöt. Harjoituspaikan kytkennöistä ja kytkentöjen muuttamisesta haluttiin tehdä mahdollisimman todenmukaisia ja kenttäolosuhteita vastaavia. Harjoituspaikka on nähtävissä kuviossa 22.



Kuvio 22. Harjoituspaikka.

Kuviossa 23 on mittauspaikan päävirtapiiri. Sähkönsyöttö toteutettiin turvakytkimen kautta, jolla koko asennus saatiin irrotettua syötöstä. Turvakytkimeltä syöttö meni etukotelossa olevalle kontaktorille. Kontaktoria ohjattiin turvareleellä, johon oli kytketty hätäseis-piiri (**Kuvio 26.**). Kontaktori, turvarele sekä turvareleen 24

VDC -jännitelähde sijoitettiin erilliseen etukoteloon (**Kuvio 24**). Etukotelosta syötettiin pistorasiakeskusta, jossa oli pääkytkin, vikavirtasuojakytkin sekä 16 A sulakkeet.



Kuvio 23. Mittauspaikan päävirtapiiri.



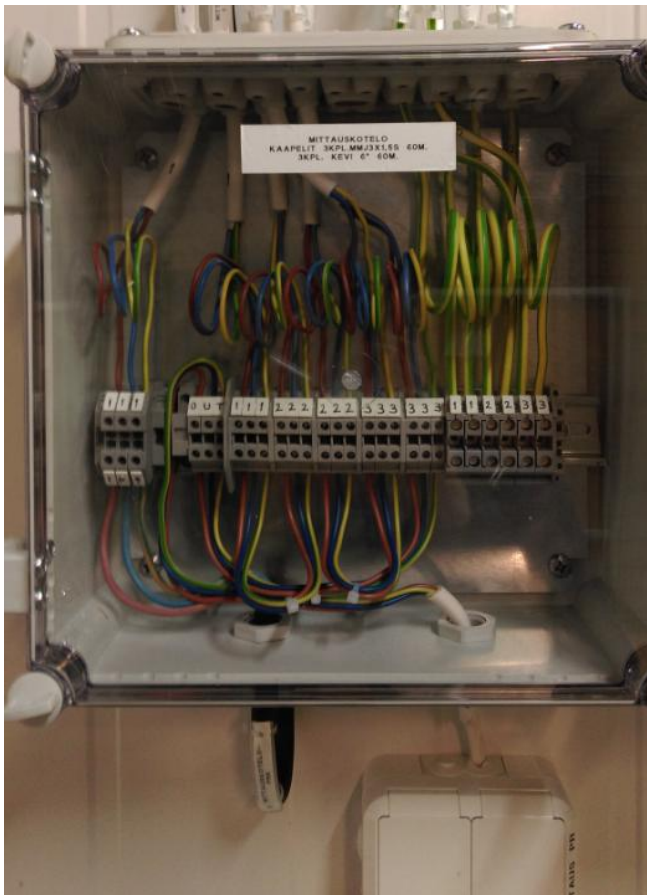
Kuvio 24. Etukotelo.

Halusimme mittauspaikalle erillisen suojaerotetun virtapiirin konemittauksia ja jännitetyöharjoittelua varten sekä tavallisen pistorasiakeskuksen, jolle voidaan tehdä asennustesterillä tehtäviä mittauksia. Päätimme kytkeä suojaerotusmuuntajan kuvion 23 mukaisesti puolikiinteällä asennuksella pistorasiakeskukseen.

Suojaerotusmuuntaja oli Dyn11 –kytkentäinen, muuntajan teho oli 3 kVA ja sen nimellisvirta oli 4,33 A. Muuntajalta syöttö menee 4 A sulakkeiden kautta kombipistorasialle. Pistorasiaan voidaan sitten kytkeä koneita mittauksia varten.

Sähköasennusmittauksia varten vedettiin lisäksi 3 lenkkiä MMJ 3x1,5 S –kaapelia noin 30 metriä pitkän kaapelihyllyn toiseen päähän ja takaisin. Kaapelien päät vedettiin kytkentäkotelossa oleville riviliittimille (**Kuvio 25.**). Syöttö koteloon toteutettiin pistorasiakeskukselta puolikiinteästi pistotulpan kautta. Kotelolta otettiin sitten lähtö kotelon alla olevalle kaksiosaiselle yksivaihepistorasialle. Kotelossa olevilla riviliittimillä saatiin näin muutettua johtopituutta helpoilla kytkentämuu-

toksilla, ja nähtiin käytännössä, miten kaapelin pituus vaikutti oikosulkuvirtaan ja vikavirtasuojan toimintaan. Etäisyyttä voitiin muuttaa 60 metrin, 120 metrin ja 180 metrin välillä. Lisäksi kotelossa oli mahdollisuus kytkeä 6 mm² PE -johtoa MMJ -kaapelin rinnalle, jotta nähtiin käytännössä suojajohtimen pinta-alan vaikutus suojajohdinpiirin resistanssiin ja oikosulkuvirtaan.



Kuvio 25. Kaapelien kytkentäkotelo.

Taulukossa 12 on kytkentäkotelon alapuolella olevan yksivaihepistorasian mitta-
 arsvot eri johdonpituuksilla sekä suoraan pistorasiakeskuksesta mitatut arvot.
 Vertaamalla mittaustuloksia taulukon 7 sallittuihin arvoihin huomattiin, että oi-
 kosulkuvirrat kytkentäkotelon alla olevasta yksivaihepistorasiasta eivät olleet riit-
 täviä 16 A:n C-tyyppin johdonsuojakatkaisijalle 1,5 mm² MMJ-kaapelilla. Taulu-

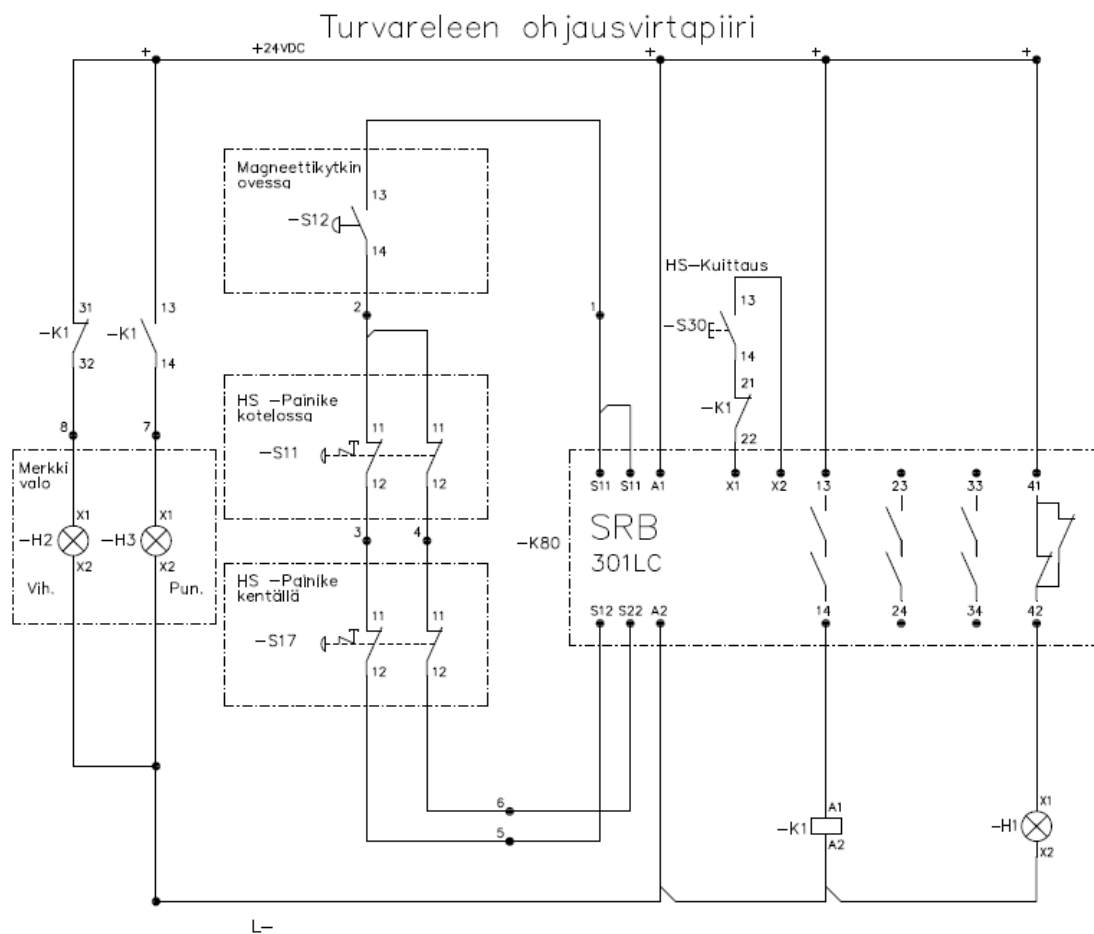
koista 7 ja 12 nähdään, että vaikka 60 m pituisen kaapelin suojajohtimen rinnalle lisättiin 6 mm² PE-johdin suojajohdinpiirin resistanssi pieneni, mutta oikosulkuvirta ei vielääkään riittänyt laukaisemaan johdonsuojakatkaisijaa. Ongelma voitaisiin ratkaista käyttämällä pienempää johdonsuojakatkaisijaa, tai käyttämällä pinta-alaltaan suurempaa kaapelia. Pistorasiakeskuksesta suoraan mitatut arvot puolestaan olivat riittäviä.

Taulukko 12. Kyt Kentäkotelon ja pistorasiakeskuksen mittaustulokset.

Mittauspaikka	Eristys-resistanssi	Suojajohdinpiirin resistanssi	Syötön automaattinen poiskytkentä		Vikavirtasuojaja		
			Oikosulkuvirta, I_k	Silmuk-kaimpe-danssi, Z_k	Nimellis-arvo, I_n/Δ_n	Mitattu arvo, I_Δ	Laukaisuaika
180 M	98,7 M Ω	2,24 Ω	50,2 A	4,58 Ω	30 mA	24 mA	19 ms
180 M + 6 mm ² PE	97,0 M Ω	0,58 Ω	80,7 A	2,85 Ω	30 mA	24 mA	19 ms
120 M	135,1 M Ω	1,50 Ω	69,5 A	3,31 Ω	30 mA	24 mA	19 ms
120 M + 6 mm ² PE	135,5 M Ω	0,38 Ω	108,0 A	2,12 Ω	30 mA	24 mA	19 ms
60 M	224,1 M Ω	0,79 Ω	119,0 A	1,94 Ω	30 mA	24 mA	19 ms
60 M + 6 mm ² PE	222,9 M Ω	0,20 Ω	165,0 A	1,39 Ω	30 mA	24 mA	19 ms
Pistorasiakeskus	684 M Ω	0,08 Ω	502,0 A	0,45 Ω	30 mA	24 mA	19 ms

Mittaustulokset ovat sinänsä hyviä harjoitteluun. Mittauspaikalle olisi hyvä tulevaisuudessa lisätä samanlainen kytkentäkotelo, mutta 2,5 mm² kaapelilla. Tällöin nähtäisiin konkreettisesti kaapelin pinta-alan vaikutus oikosulkusuojaukseen.

Kuviossa 26 on Schmersal SRB 301LC –turvareleen ohjausvirtapiiri. Hätäseispiiriin kuului kaksi hätäseis-kytkintä, joista toinen oli etukotelossa ja toinen suojajerotetun kombipistorasian läheisyydessä seinällä. Piiriin kuului myös sulkeutuva magneettikytkin ovessa, joka katkaisi jännitteen kun ovi testausalueelle avattiin, eikä jännitettä voitu kytkeä oven ollessa auki. Etukotelossa oli lisäksi painonappi, joka hätäseis-piirin toimimisen jälkeen oli kuitattava ennen kuin jännitteen sai kytkettyä takaisin päälle. Etukontactori ohjasi vielä oven päällä sijaitsevaa punavihreää ”majakkaa” joka ilmoitti jännitteellisyden.



Kuvio 26. Turvareleen ohjausvirtapiiri.

Pistorasiakeskuksesta tai suojaerotetusta kombipistorasiasta voitiin syöttää virtaa kuvion 27 mukaiselle moottorikeskukselle, joka sisälsi pienen taajuusmuuttajan suunnanvaihtoa varten. Moottorikeskus pyöritti sitten pientä oikosulkumoottoria, jonka perässä ei ollut kuormaa. Oikosulkumoottorille ja keskukselle voitiin tehdä konemittauksia sekä voitiin harjoitella esim. taajuusmuuttajan ohittamista mittauksien ajaksi.



Kuvio 27. Moottorikeskus ja moottori.

Lisäksi harjoitustilaan rakennettiin teline, jossa oli kiinni 3 moottoria (**Kuvio 28.**). Moottoreihin ei syötetty sähköä vaan moottoreissa oli kiinni ainoastaan johdot konemittauksia varten. Yksi telineessä olevista moottoreista oli täysin ehjä, jolloin mittaustuloksista näki moottoreille hyväksyttävät arvot. Toisessa moottorissa suojajohdinpiirin jatkuvuus sekä eristysresistanssi olivat sallitulla alueella, mutta tehtäessä jännitekestoisuusmittauksia, vuotovirta oli liian suuri. Kolmannessa moottorissa oli suojajohdinpiirin jatkuvuus sallitulla alueella, mutta eristysresistanssi oli jokaisen käämin välillä 0Ω . Moottorin eristykset olivat täysin palaneet.



Kuvio 28. Mitattavat moottorit.

Mittauspaikalle tullaan vielä asentamaan kuvion 29 mukainen suurempi prosessikeskus. Keskuksen syöttö toteutetaan suojaerotusmuuntajan kautta. Tällöin keskuksessa voidaan harjoitella esimerkiksi perustason jännitetyötä.



Kuvio 29. Harjoituspaikalle asennettava keskus.

7 SÄHKÖMAGNEETTINEN YHTEENSOPIVUUS (EMC)

7.1 Yleistä

Sähkömagneettisia häiriöitä voi aiheutua matkapuhelimista, sähköenergian jakelulinjoista, tietokoneiden verkko-osista ja teollisuuden sähköisistä tehonohjausjärjestelmistä. Elektronisten laitteiden määrän lisääntyessä teollisuudessa, toimistoissa ja kotitalouksissa sekä langaton viestintä lisäävät sähkömagneettista säteilyä. Tästä syystä sähkömagneettista säteilyä on alettu rajoittaa lainsäädännöllä. Euroopan parlamentti ja neuvosto on antanut sitovan EMC-direktiivin (2004/108/EY), joka koskee kaikkia jäsenmaita. Direktiivistä on johdettu kansalliset lait ja standardit.

Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta 27.12.2007/1466 antaa seuraavat sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat olennaiset vaatimukset:

”1. Suojausvaatimukset

Laite ja laitteisto on suunniteltava ja valmistettava ajankohdan tekniikan taso huomioon ottaen siten, että:

- a) laitteen ja laitteistojen aiheuttama sähkömagneettinen häiriö ei ylitä tasoa, jolla radio- ja telelaitteet eivät voi toimia tarkoitetulla tavalla;
- b) laitteen ja laitteistojen sille tarkoitetussa käytössä odotettavissa oleva sähkömagneettisen häiriön sieto on sellainen, että laitteiston toiminta ei häiriinny kohtuuttomasti.

2. Kiinteitä asennuksia koskevat erityisvaatimukset

Kiinteässä asennuksessa on noudatettava hyviä teknisiä käytäntöjä ja otettava huomioon komponenttien aiottua käyttötarkoitusta koskevat tiedot siten, että 1 kohdassa esitetyt suojausvaatimukset täyttyvät. Käytetyt hyvät tekniset käytännöt on kirjattava ja haltijan on säilytettävä asiakirjat sähköturvallisuusviranomaisen saatavilla tarkastusta varten niin kauan kuin asennus on käytössä.

3. Vaatimuksenmukaisuusolettama

Sähkölaitteen ja -laitteiston katsotaan olevan vaatimustenmukainen, jos sitä valmistettaessa on noudatettu kaikkia sitä koskevia yhdenmukaistettuja standardeja. Standardien käyttö ei ole pakollista.” /16/

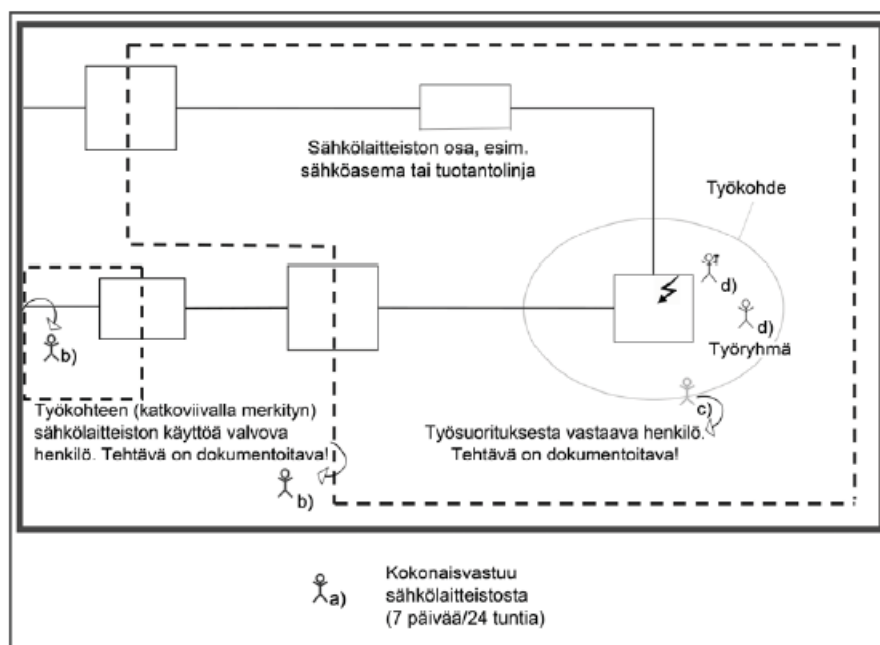
7.2 EMC-mittaukset Atrian näkökulmasta

Atrialla on alettu keräämään mittaustuloksia liittyen sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen. Atrialla suuret kylmäkoneet voivat tuottaa suuria määriä sähkömagneettista säteilyä. Mitkään standardit eivät vielä EMC –mittauksia vaadi, mutta hyvin suurella todennäköisyydellä tulevaisuudessa EMC –mittauksia aletaan vaatia. Tästä syystä mittauspöytäkirjoihin lisättiin osio EMC –mittausten dokumentointia ja tietojen keräämistä varten.

8 SFS 6002 MUKAINEN TYÖTURVALLISUUSVASTUUN MÄÄRÄYTYMINEN

Sähköturvallisuusstandardi SFS 6002 antaa esimerkin tehtävien jaosta. Kuviossa 28 on yleinen kaavio, josta nähdään standardin mukainen vastuun määräytyminen. Kuvion 30 mukaan, kun kyseessä on suuri yritys tai teollisuusyritys, työtä tekevästä työryhmästä, johon kuuluu vähintään kaksi henkilöä, on nimettävä työsuorituksesta vastaava henkilö. Nimetyllä henkilöllä on vastuu työryhmästä sekä työkohteesta. Työsuorituksesta vastaavan henkilön tehtävä on dokumentoitava.

Lisäksi on nimettävä työkohteen sähkölaitteiston käyttöä valvova henkilö, jolla on vastuu sähkölaitteiston osasta, esimerkiksi sähköasemasta tai tuotantolinjasta. Myös käyttöä valvovan henkilön tehtävä on dokumentoitava. Työsuorituksesta vastaavan henkilön on saatava lupa työn aloittamiseen käyttöä valvovalta henkilöltä. /17/



Kuvio 30. Tehtävien jako. /17/

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä päästiin hyvin perille konemittauksista, ja niiden taustalla vaikuttavista standardeista, sekä teoriasta mittauksien takana. Testilaitteet tulivat tutuiksi lukuisien testien johdosta, joita kaikkia ei ole tässä työssä mainittu. Tuli myös huomattua, kuinka huoltomiesten tietotaso mittauksista vaihtelee eri osastojen välillä.

Harjoituspaikka mittauksille ei kuulunut alkuperäiseen työsuunnitelmaan, kuitenkin työn edetessä sen suunnittelusta ja valmistelusta kasvoi opinnäytetyön aikaa vievin osa. Toisaalta harjoituspaikkaan liittyvistä asioista tuli opittua lopulta kaikkein eniten. Esim. johdon pituuksien sekä suojajohdinpiirin resistanssin vaikutuksista ylivirtasuojan valintaan. Harjoituspaikasta on suojaerotetun piirin vuoksi tulevaisuudessa vielä hyötyä. Sinne ollaan siirtämässä suurempaa prosessikeskusta, jossa voi harjoitella esim. jännitetyötä.

Mittauspöytäkirjan suunnittelussa opittiin standardien ja teorian lisäksi enemmän Wordin käyttöä sekä pöytäkirjan pienten asioiden viilausta. Lopputuloksena saatiin kompakti kahdelle sivulle sopiva mittauspöytäkirja, jossa on noudatettu standardin SFS-EN 60204-1 kohdan 18 mukaista tarkastusjärjestystä. Pöytäkirjaan on pyritty lisäämään mittaustulosten rajoina toimivien arvojen lähdetekstit. Tällöin mittauksia tekevä asentaja voi tarkastaa tarkemmat mittaavaatimukset, sekä muistella mittausten tekemistä. Mittauspöytäkirjaa tullaan käyttämään Atrian sähkökorjaamoilla mittaustulosten dokumentointiin.

Opinnäytetyön alussa tehtiin suuntaa antava aikataulu, jossa pääpiirteittäin pysyttiin. Aikatauluun ei alun perin kuulunut mittausta paikan suunnittelu eikä rakentaminen, mutta lopulta mittausta paikkaan liittyvät työt eivät venyttäneet aikataulua.

Sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen tullaan jatkossa palaamaan ja EMI:n mittauksia tullaan lisäämään. EMC:n käsittely jäi kuitenkin tässä opinnäytetyössä vähemmälle.

LÄHTEET

- /1/ Atria Oyj yhteystiedot. Atrian verkkosivut. Viitattu 5.4.2016.
<https://www.atria.fi/konserni/yritys/yhteystiedot/>
- /2/ Antila, A-M., Karppinen, M., Leskelä, M., Mölsä, H. & Pohjakallio, M. 2010. Tekniikan kemia. 10.-12. painos. Helsinki. Edita.
- /3/ Hienonen, R. & Lahtinen, R. 2007. Korroosio ja ilmastolliset vaikutukset elektroniikassa. Espoo 2007. VTT Publications 623. Viitattu 25.1.2016.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2007/P623.pdf>
- /4/ Sähkölaitteiden suojausluokat. Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus ry. Viitattu 21.3.2016. http://www.stek.fi/Sahkojarjestelmat/Sahkoasennuksen_suojaus/fi_FI/Sahkolaitteiden_suojausluokat/
- /5/ SFS-EN 60529 + A1. Degrees of protection provided by enclosures (IP code)
- /6/ Kallio, R., Mäkinen, M. & Tantarimäki, R. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. 1. painos. Keuruu. Otava.
- /7/ SFS-EN 60204-1. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset
- /8/ Harsia, P. 2008. Virtuaali AMK verkkosivut. Viitattu 14.4.2016.
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383.html>
- /9/ SFS 6000-6. 2012. Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset. 1. painos. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- /10/ Saastamoinen, A. Sähkölaittekorjaajan opas. 8. uusittu painos. Espoo 2011. Sähköinfo Oy.
- /11/ SFS 6000-4-41. 2012. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41. Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskuilta. 1. painos. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- /12/ Tiainen, E. 2012. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 19., uudistettu painos. Espoo 2012. Sähköinfo Oy.
- /13/ SFS 6000-8-83. 2012. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-803. Täydentävät vaatimukset. Sähkölaittekorjaamot ja laboratoriot. 1. painos. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- /14/ Metrel MultiServicer MI 2170, MI2171. Konetesterin käyttöohje.
- /15/ Metrel EurotestLITE/EASI/XE MI 3002/MI 3100/MI 3102 Instruction manual. Versio 3.1. Viitattu 11.4.2016. http://www.metrel.si/fileadmin/BA-ZA_od_Damijan_Dolinar/Metrel/Navodila_instrumentov/Instruments/

MI_3100_EurotestEASI/Ang/MI_3002_EurotestLITE_MI_3100_EurotestEASI_MI_3102_EurotestXE_ANG_HW_3_Ver_3.1_20_750_131.pdf

/16/ Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta. 27.12.2007/1466.

/17/ SFS 6002. 2015. Sähkötyöturvallisuus. 3. painos. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS.

SÄHKÖLAITTEEN MITTAUS- JA TESTAUSPÖYTÄKIRJA

Antti Uusitupa 18.4.2016
 ver. 2

Pöytäkirja No:	Tilaaja (hlö/osasto):	Työkohte:				
Sähkölaitteiston rakentaja:	Projekti No:	Työ No:				
Konepaikka No:	Sarjanumero:	Valm. vuosi:				
Mallimerkintä:	Nimellisjännite (V):	Teho (W):				
Sähkötöiden johtaja: Ville Pohto	Sähköpostiosoite: Ville.Pohto@Atria.com	Puhelin No: 0400-471334				
Suojausluokka:	Suojamaadoitettu (luokka 1) <input type="checkbox"/>	Suojaeristetty (luokka 2) <input type="checkbox"/>	Suojajännitteinen (luokka 3) <input type="checkbox"/>			
Työn kuvaus/vikaselostus:						
Lisätietoja:						
Suoritetut työt:						
Koneen sähköturvallisuuden testaus SFS-EN 60204-1 kohdan 18 mukaisesti ja Atria Suomi Oy:n sähkötyöturvallisuusohjeistus SÄH-010						
Peruste:	Uusi kone <input type="checkbox"/>	Korjaus <input type="checkbox"/>	Laajennus <input type="checkbox"/>	Muutos <input type="checkbox"/>	Määräaikaistarkastus <input type="checkbox"/>	Tarkastus <input type="checkbox"/>
1. Aistinvarainen tarkastus						
KONEEN PERUSTIEDOT:	Kunnossa	Ei kunnossa	Ei sisälly koneeseen	Ei tarkastettu	Suositellaan toimenpidettä	
Konekilpi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
CE-merkintä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Käyttö- ja kunnossapito-ohjeet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Yleinen kunto (letkut, kaapelit, johdot)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
HALLINTALAITTEET:						
Hallintalaitteiden merkinnät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Energian syötön katkaisu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Käynnistysohjaimet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pysäytysohjaimet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Hätäpysäytyslaitteet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Valintakytkimet (auto/käsi)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TURVALAITTEIDEN TARKISTUS:						
Silmämääräinen tarkastus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Suojuksien kiinnitys (myös kaapelikourut)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Avattavat suojukset (toimint.kytk.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Turvalliset ja turvatoiminnot (turvakytkimet)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Uudelleenkäynnistys (kuittaukset)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
OHJAUSJÄRJESTELMÄ:						
Toiminnallinen testaus ja tarkastus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ohjaus- ja sähkölaitekaappi (tuuletus, tiiveys, EMC)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Käytön opastus	Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>		Sovittu pidettäväksi pvm. _____			
2. Suojauksen ehtojen todentaminen						
A) Suojajohtimen jatkuvuuden todentaminen resistanssin perusteella						
Johtimen poikkipinta-ala	Suurin mitattu suojajohdinpiirin resistanssi, Ω (max. 1 Ω)			Mittauspaikka		
Mittaustulokset ilmoitettu liitteessä: _____						
Suojajohtimen jatkuvuus suojajohdinpiirin resistanssin perusteella vaatimusten mukainen				Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>		
B) Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuuden todentaminen					Vikavirtasuojaus	
Sulake / johdonsuojakatkaisija	Mitattu impedanssi, Ω	Mitattu oikosulkuvirta, kA	Sallittu oikosulkuvirta, kA	Vikavirtasuojatyyppi: _____		
				Mittaustulokset ilmoitettu liitteessä: _____		
Mittaustulokset ilmoitettu liitteessä: _____						
Vikavirtapiirin impedanssi ja ylivirtasuojan soveltuvuus mittausten perusteella vaatimusten mukaisia				Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>		

SÄHKÖLAITTEEN MITTAUS- JA TESTAUSPÖYTÄKIRJA

Antti Uusitupa 18.4.2016
 ver. 2

3. Eristysvastusmittaus		
Mittausjännite 500 V	Mittaava alue	Eristysresistanssi / MΩ (min. 1MΩ)
Mittaustulokset ilmoitettu liitteessä: _____		
Eristysvastusmittaustulokset vaatimusten mukaisia Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>		

4. Jänniteko		
	Koetta ei suoritettu <input type="checkbox"/>	
Testijännite 1000 V Huom VAARA!	Todettu vuotovirta	mA
Jänniteko vaatimusten mukainen Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>		

5. Jännösjännitetestaus		
	Koetta ei suoritettu <input type="checkbox"/>	
Jännösjännitteen arvo 1 s katkaisusta	V	Jännösjännitteen arvo 5 s katkaisusta V
Jännösjännitetestaus vaatimusten mukainen Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>		

6. Toiminnalliset kokeet	

7. EMC –suojaus		Tarkastusta ei suoritettu <input type="checkbox"/>	Mitattu EMC-arvo, µT	Mittaustulokset ilmoitettu liitteessä: _____
Maadoitukset ja potentiaalintasaukset on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti	<input type="checkbox"/>			
Kaapeleiden valinta, sijoittelu ja asentaminen on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti	<input type="checkbox"/>			
Laite- ja komponenttivalinnoissa on huomioitu asennusympäristön vaatimukset		<input type="checkbox"/>		
Kone täyttää standardin SFS-EN 60204-1 kohdan 4.4.2, standardin SFS 6000-4-44 sekä ST-kortin ST 51.02 mukaiset vaatimukset EMC-suojauksessa			Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>	

8. Käytetyt mittalaitteet			
Metrel MultiServicer MI 2170 <input type="checkbox"/>	Metrel EurotestXE MI 3102 <input type="checkbox"/>	Unitest Telaris 0100 plus <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Muu mittalaite	Valmistaja	Tyyppi	Kalibrointi voimassa
Laitteen toimintakoe: Laitte toimii normaalisti <input type="checkbox"/>		Laitteen toiminnassa on puutteita <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Laitteen korjaaja on ilmoittanut, että laite ei ole siinä havaittujen puutteiden vuoksi turvallisessa käyttökunnossa			
Selvitys mahdollisista puutteista:			

9. Mittausten tekijä(t)	
Päiväys	Päiväys
Allekirjoitus	Allekirjoitus
Nimen selvitys	Nimen selvitys

Täyttöohjeet konemittauksille

Kohta 2. Suojauksen ehtojen todentaminen**A) Suojajohtimen jatkuvuuden todentaminen resistanssin perusteella**

Jatkuvuusmittauksessa varmistetaan asennuksen suojajohtimien ja potentiaalintasausjohtimien sekä PEN-johtimien jatkuvuus. Suurin resistanssiarvo saa olla 1,0 Ω.

Mittaus suoritetaan jännitteettömänä.

B) Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuuden todentaminen

Syötön automaattisen poiskytkennän toimivuus varmistetaan mittaamalla pienin oikosulkuvirta tai toteamalla vastaavat arvot suunnitelmista. Selvitettyä arvoa verrataan suojalaitteen edellyttämään virtaan. Vaaditut arvot käyvät ilmi taulukosta, mittaamalla saadun arvon tulee olla 25% suojalaitteen toimintavirtaa suurempi.

Mittaus suoritetaan jännitteellisenä.

HUOM. **Koe A** on tehtävä aina ennen kuin **koe B** tehdään mittaamalla.

Suojalaitteiden toimintavirrat ja pienimmät hyväksyttävät mittaustulokset

Suojalaitteen nimellisvirta	Sulake				Johdonsuojakatkaisijat					
	gG-sulake 0.4s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5.0s	Vaadittu mitattu arvo	B-tyyppi 0.4s ja 5.0s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0.4s ja 5.0s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0.4s ja 5.0s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	46.5	58.2	28	35	30	37.5	60	75	120	150
10	82	102.5	46.5	58.2	50	62.5	100	125	200	250
16	110	137.5	65	81.3	80	100	160	200	320	400
20	145	181.3	85	106.3	100	125	200	250	400	500
25	180	225	110	137.5	125	156.3	250	312.5	500	625
32	270	337.5	150	187.5	160	200	320	400	640	800
50	470	587.5	250	312.5	250	312.5	500	625	1000	1250
63	550	687.5	320	400	315	393.8	630	787.5	1260	1575
80	840	1050	425	531.3	400	500	800	1000	1600	2000
125	1450	1812.5	715	893.8	625	781.3	1250	1562.5	2500	3125

Kohta. 3 Eristysvastusmittaus

Mitattaessa eristysresistanssia TN-S järjestelmästä, tulee PE ja N- johtimien välinen yhdistys irrottaa mittauksen ajaksi, yhdistys tulee kiinnittää takaisin mittauksen jälkeen.

Mikäli koneen sähkölaitteistossa on ylijännitesuojia, jotka todennäköisesti toimivat mittauksen aikana, sallitaan joko niiden irrottaminen tai mittausjännitteen alentaminen ylijännitesuojan toiminta-arvoa pienemmäksi, mutta ei syötön vaihejännitteen huippuarvoa pienemmäksi.

Mittaus suoritetaan jännitteettömänä.

Vaaditut resistanssiarvot taulukossa.

Virtapiirin nimellisyännite V	Koestusyännite VDC	Eristysresistanssi MΩ
SELV ja PELV piirit	250	> 0.25
Enintään 500 V (myös FELV)	500	> 1.0
Yli 500 V	1000	> 1.0

Kohta 4. Jännitekoe

Komponentit, jotka eivät kestä mitoituksensa vuoksi jännitekoetta, on erotettava kokeen ajaksi. Suurimman koejännitteen oltava vähintään 1000 V. Läpilyöntiä ei saa tapahtua. Läpilyönti katsotaan tapahtuneeksi, kun testipiirin virta ylittää 5 mA.

Koe tehdään syötöstä irrotettuna.

Kohta 5. Jännösjännitetestaus

Mikäli jännite on syötön katkaisun jälkeen >60 V, sen on purkaututtava ≤60 V 5 sekunnin kuluttua syötön katkaisusta edellyttäen, ettei se häiritse laitteiston toimintaa.





