

Jari Honkala

SEKOITUSLAITTEISTON VAATIMUKSEN MUKAISUUS TARKISTUS

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Toukokuu 2021**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2021	Tekijä/tekijät Jari Honkala
Koulutusohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
Työn nimi SEKOITUSLAITTEISTON VAATIMUKSEN MUKAISUUSTARKISTUS		
Työn ohjaaja Kari Saaranen	Sivumäärä 20 + 2	
Työelämäohjaaja Tuomas Tasala		
<p>Opinnäytetyössä tutkittiin, mitä vaatimuksia sähkölaitteen on täytettävä, jotta se on turvallinen ja on kansallisen lainsäädännön sekä Euroopan unionin direktiivien ja asetusten vaatimusten mukainen laite. Työn toimeksiantajana toimi Centria-ammattikorkeakoulu.</p> <p>Työssä suoritettiin vaatimuksen mukaisuustarkistus Centrian Kokkolan yksikön kemianlaboratoriossa sijaitsevalle sekoituslaitteistolle.</p> <p>Työn lopputuloksena syntyi sähkölaitteen vaatimusten mukaisuus tarkistusprotokolla sekä yleiskuva vaatimuksista sähkölaitteiden testaukseen, korjaukseen ja turvallisuuteen liittyen.</p>		
Asiasanat Käyttöönottotarkastus, Sähkölaitte, Sähkötyöturvallisuus		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2021	Author Jari Honkala
Degree programme Electrical and automation engineering		
Name of thesis CONFORMITY INSPECTION OF MIXING EQUIPMENT		
Instructor Kari Saaranen	Pages 20 + 2	
Supervisor Tuomas Tasala		
<p>The thesis examined the requirements an electrical device must meet in order to be safe and to comply with the national legislation, as well as with the directives and regulations of the European Union. The work was commissioned by Centria.</p> <p>In the thesis, a conformity check was performed for the mixing equipment located in the chemistry laboratory of Centria Kokkola unit.</p> <p>The result of the work was an electrical equipment conformity inspection report, as well as an overview of the requirements related to the testing, repair and safety of electrical equipment.</p>		

ABSTRACT

Key words

Commissioning inspection, Electrical equipment, Electrical safety

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

ATEX	ATmosphère EXplosive, räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävä laitteita koskeva lainsäädäntö.
EMC	Electromagnetic compatibility, sähkömagneettinen yhteensopivuus.
PELV	Protective extra low voltage, sähköjärjestelmä, jossa jännite ei voi ylittää pienoisjännitettä normaaliolosuhteissa ja yhden vian tapauksessa lukuun ottamatta maasulkua toisissa piireissä.
RoHS	The Restriction of the use of certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment, säädös, jolla rajoitetaan tiettyjen haitallisten aineiden käyttöä sähkö- ja elektroniikkalaitteissa.
SELV	Safety extra low voltage, sähköjärjestelmä, jossa jännite ei voi ylittää pienoisjännitettä normaaliolosuhteissa ja yhden vian tapauksessa mukaan luettuna maasulut toisissa piireissä

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 SÄHKÖLAITTEISTA YLEISESTI.....	2
2.1 Sähkölaitteen valmistaminen	2
2.2 Sähkötöitä tekevät henkilöt.....	2
3 SÄHKÖLAITTEIDEN RAKENNUS- JA HUOLTOTILOJEN VAATIMUKSET	3
3.1 Tilan perus- ja vikasuojaus	3
3.2 Tilan erotus- ja kytkentälaitteet	4
3.3 Tilan sähköjärjestelmien tunnistus ja ohjeistus	5
3.4 Tilaan tehtävät säännölliset tarkastukset	5
4 SÄHKÖLAITTEIDEN VAATIMUKSET JA OMINAISUUDET	6
4.1 Laiteryhmät	6
4.2 Perus- ja vikasuojausmenetelmät	6
4.3 Vikasuojaus.....	6
4.4 Suojausluokat	7
4.5 Kotelointiluokat.....	8
5 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS	9
6 SÄHKÖLAITTEEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS	10
6.1 Aistinvarainen tarkastus	10
6.2 Mittaukset	10
7 SEKOITUSLAITTEISTON VAATIMUKSEN MUKAISUUSTARKASTUS	12
7.1 Perus- ja vikasuojauksen tarkastus sekä muut tarkasteltavat kohteet.....	13
7.2 Suojajohtimen (PE) jatkuvuuden mittaus	14
7.3 Eristysresistanssin mittaus	16
7.4 Koekäyttö ja tarkastuspöytäkirja.....	18
8 YHTEENVETO	19
LÄHTEET	20
LIITTEET	
KUVAT	
KUVA 1. Sekoituslaitteisto.....	12
KUVA 2. Sekoituslaitteiston sisäisiä johdotuksia ja liitoksia	13
KUVA 3. Suojamaadoituspiirin mittaus pistotulpan ja laitteen suojamaadoitusliittimen väliltä	15
KUVA 4. Suojamaadoituspiirin mittaus pistotulpan ja sekoituslaitteiston moottorin rungon väliltä....	16
KUVA 5. Eristysresistanssin mittaus jännitteisen osan ja kosketeltavan osan väliltä	17
KUVA 6. Eristysresistanssin mittaus suojajohtimesta	18

1 JOHDANTO

Centria-ammattikorkeakoululla on opetus- ja tutkimuskäytössä paljon erilaisia itse rakennettuja sähkölaitteita. Ongelmana itse rakennettujen sähkölaitteiden kohdalla on kuitenkin ollut vaatimustenmukaisuudentarkistusten puuttuminen. Sähkölaitteiden vikaantuessa on niitä korjattaessa huomattu myös puute selkeistä yhtenäisistä ohjeista, joilla sähkölaitteiden turvallisuusvaatimukset täytyisivät. Tästä syntyi idea opinnäytetyöstä, jonka tavoitteena on yhtenäistää Centria-ammattikorkeakoulussa käytettäviä käytäntöjä sähkölaitteiden rakentamisessa, korjaamisessa ja huoltamisessa.

Opinnäytetyön alkuosassa perehdytään sähkölaitteiden rakennus- ja korjaustilojen vaatimuksiin, sähkölaitteiden testaukseen ja käyttöönottotarkastukseen, korjauksen tai huollon aikaiseen sähkötyöturvallisuuteen sekä sähkölaitteiden yleisiin vaatimuksiin ja ominaisuuksiin turvallisuuden kannalta. Opinnäytetyön loppuosassa suoritettiin Centrian Kokkolan yksikön kemian laboratoriotutkimuksissa käytettävään sekoituslaitteistoon vaatimustenmukaisuustarkistus, jolla selvitettiin täyttääkö sekoituslaitteisto sähkölaitteisiin liittyvät turvallisuusvaatimukset. Opinnäytetyön tuloksena syntyi vaatimustenmukaisuus tarkistuspöytäkirja. Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Centria-ammattikorkeakoulun käyttöön yhtenäinen tietopaketti sähkölaitteiden huolto ja rakennustilojen vaatimuksista sekä sähkölaitteen korjaukseen, kunnossapitoon ja huoltoon liittyvistä vaatimuksista.

Sähkölaitevaatimuksissa opinnäytetyön ulkopuolelle rajattiin EMC-, RoHS- ja ATEX-direktiivien vaatimukset, koska kyse ei ole kaupalliseen käyttöön saatettavista sähkölaitteista. Opinnäytetyössä käytettiin merkittävimpänä lähdekirjallisuutena pienjännitesähköasennukset SFS 6000 -standardisarjaa, Tukesin ohjeistusta, sähkötyöturvallisuuslakia sekä sähkölaitekorjaajan opasta. (Tukes 2020d; Tukes 2020e; Tukes 2020f.)

2 SÄHKÖLAITTEISTA YLEISESTI

Puutteellisesti tai huolimattomasti valmistettu tai korjattu sähkölaite voi aiheuttaa tulipalo tai sähköisku vaaran. Lainsäädäntö määrittelee standardien avulla hyvin tarkasti vaatimukset sähkölaitteiden valmistukselle ja korjaamiselle. Näitä vaatimuksia noudattamalla sähkölaite on terveydelle ja ympäristölle turvallinen.

2.1 Sähkölaitteen valmistaminen

Sähkölaitteiden vaatimukset on säädetty kansallisessa lainsäädännössä, Euroopan unionin direktiiveissä, päätöksissä sekä asetuksissa. Sähkölaitteen valmistusta koskevat tekniset yksityiskohdat löytyvät eurooppalaisista yhdenmukaistetuista standardeista. Suomessa sähköteknisestä standardisoinnista vastaa SESKO ry. Sähkö- ja elektroniikka-alan standardien julkaisuista huolehtii Suomen Standardisoiimisliitto SFS ry. (Tukes 2020a; SFS 2020.)

Sähkölaite täyttää sitä koskevat vaatimukset, kun se noudattaa laeissa ja asetuksissa määrättyjä vaatimuksia sekä on valmistettu ja testattu yhdenmukaisia standardeja noudattaen. Sähkölaitteen valmistuksessa standardien käyttö on vapaaehtoista ja vaatimusten täyttymisen voi osoittaa jollain muullakin tavalla. Helpointa se kuitenkin on, kun noudattaa sähkö- ja elektroniikka-alan standardeja. (Tukes 2020b.)

2.2 Sähkötöitä tekevät henkilöt

Sähkötyön perusvaatimus on, että henkilö on tehtävänsä ja sen sähköturvallisuusvaatimukseen perehtynyt tai niihin opastettu. Sähkötyöksi lasketaan sähkölaitteen korjaus- ja huoltotoimenpiteet ja tällöin edellytetään vähintään S3-sähköpätevyytystodistusta. Sähkölaitteen rakentaminen ei vaadi S3-sähköpätevyyttä. Jos sähkölaitteen korjausta ja huoltoa suoritetaan yrityksessä, riittää tällöin, että yrityksellä on palveluksessa yksi henkilö, jolla on S3-pätevyystodistus ja joka toimii sähkötöiden johtajana. Jos kyseessä ei ole yritystoiminta toimii sähkölaitetta korjaava tai huoltava henkilö itse sähkötöidenjohtajana, jolloin henkilöllä on oltava sähköpätevyys. (Tukes 2020c; Mäkinen 2018, 9-11.)

3 SÄHKÖLAITTEIDEN RAKENNUS- JA HUOLTOTILOJEN VAATIMUKSET

Tässä luvussa läpi käytävät asiat koskevat sähkölaitekorjaamoja, koulujen opetusikäisissä olevia sähkölaboratorioita tai vastaavia tiloja sekä tilaa, joissa sähkölaitetta korjataan käyttöpaikalla. Sähkölaitteiden rakennus- ja huoltotilaa koskevia vaatimuksia täytyy noudattaa silloin, kun tilassa esiintyy kosketeltavina jännitteisinä osina yli 50 VAC:n ja enintään 1000 VAC:n jännitteitä tai yli 120 VDC:n ja enintään 1500 VDC:n jännitteitä, sekä enintään 10kV:n suurjännitteitä, joissa kosketusvirta on enintään 10 mA. (SFS 6000-8-803:2017, 5.)

3.1 Tilan perus- ja vikasuojaus

Tilan perussuojauksella varmistetaan se, että henkilö ei pääse koskettamaan tilassa olevia jännitteisiä osia. Jännitteisten osien perussuojaus tilan kiinteissä asennuksissa toteutetaan eristyksen, koteloinnin ja suojusten avulla. Perussuojauksessa käytettävien koteloiden tai suojusten suojausluokka on oltava vähintään IP2X tai IPXXB. Kun kotelo tai suojus on helposti kosketeltavissa, tulee niiden vaakasuorien yläpintojen suojausluokka olla vähintään IP4X tai IPXXD. Koteloiden ja suojusten asennusten tulee olla tarpeeksi tukevia ja kestäviä. (SFS 6000-4-41:2017, 23.)

Tilanteessa, jossa korjaus- tai huoltotoimenpidettä ei voida tehdä täysin kosketukselta suojattuna, tulee perussuojauksena kuitenkin käyttää tilapäisiä suojuksia ja eristyskeinoja. Esimerkiksi kun sähkölaitetta korjataan tai huolletaan sen käyttöpaikalla normaalissa työskentelytilassa ja vaarallisiin jännitteisiin osiin on mahdollista koskettaa, tulee korjauksen kohteena oleva laite selkeästi merkitä jännitteestä varoittavilla kylteillä. Jos korjattava tai huollettava laite on iso, tulee se eristää erilliseksi alueeksi esimerkiksi lippusiimalla tai vastaavalla keinolla. Edellä mainituissa tilanteissakin on kuitenkin aina huolehdittava, että työskentelyssä käytettävien mittalaitteiden ja työvälineiden perussuojaus on kunnossa, niiden rakennestandardien mukaisesti. (SFS 6000-8-803:2017, 6.)

Sähkölaitekorjaamo- ja huoltotilojen sekä sähkölaboratorioiden kulkutiet on merkittävä kilvillä, jotka kieltävät asiattomien pääsyn tiloihin. Näissä tiloissa saavat oleskella vain ammattitaitoiset ja opastetut henkilöt. Maallikot voivat päästä tiloihin ammattitaitoisen tai opastetun henkilön valvonnassa. (SFS 6000-8-803:2017, 6.)

Tilan vikasuojauksella varmistetaan se, että henkilö ei saa vikaantuneesta laitteesta sähköiskua perussuojauksenkaan rikkouduttua. Vikasuojaus toteutetaan niin, että 1-3-vaiheiset, enintään 32 A, 230/400 V pistorasiat suojataan 30 mA:n vikavirtasuojalla tai suojaerotusmuuntajalla. Suojaerotusmuuntajaa käytettäessä, jokainen pistorasia on varustettava omalla suojaerotusmuuntajalla. Jos tilassa korjataan tai huolletaan nimellisvirraltaan yli 32 A:n 3-vaiheisia laitteita, tulee niitä varten käyttää 3-vaiheista suojaerotusmuuntajaa. (Mäkinen 2018, 11.)

Pienoisjännitteiset (korkeintaan 50 VAC tai 120 VDC) pistorasiat liitetään joko suojajännitemuuntajaan tai SELV-järjestelmään (maasta erotettu) tai PELV-järjestelmään (maadoitettu). SELV- ja PELV-järjestelmien pistotulpat ja pistorasiat eivät saa sopia muiden sähköjärjestelmien pistorasioihin ja pistotulppiin. SELV-järjestelmän pistorasiat- ja tulpat eivät saa sisältää suojakosketinta. (Mäkinen 2018, 11; SFS 6000-4-41:2017, 21.)

Tilan vikasuojaukselta voidaan täydentää huolehtimalla, että lattioiden ja työpöytien kosketeltavien pintojen resistanssi on vähintään 50 k Ω enintään 500 VAC:n nimellisjännitteellä, tai 100 k Ω kun nimellisjännite on yli 500 VAC ja enintään 1000 VAC tai yli 500 VDC ja enintään 1000 VDC. Jos mitattu resistanssi on edellisiä arvoja pienempi, pidetään rakenteita tällöin sähköä johtavina osina. Metalliset työpöytärungot ovat hyväksytyjä, jos niiden kautta ei ole johtavaa yhteyttä maahan. Lattian ja työpöytäpintojen eristyksen käyttöä ei lasketa vikasuojausmenetelmäksi, vaan se tuo lisää turvallisuutta muiden suojausmenetelmien rinnalle. (SFS 6000-8-803:2017, 6.)

3.2 Tilan erotus- ja kytkentälaitteet

Vaaratilanteen sattuessa erotus- ja kytkentälaitteilla saadaan katkaistua sähkön syöttö tietystä osasta tilaa tai koko tilasta. Erotuskytkimet katkaisevat jännitesyötön kaikista navoista. Hyväksyttäviä kytkimiä erotukseen ovat kytkimet luotettavalla asennonosoituksella, erotuslaitteiksi hyväksytyt katkaisijat, vikavirtasuojat, pistotulpat, pistorasiat, valaisinpistokytkimet, kojepistokkeet, varokkeet, sekä erilaiset varokkeen ja kytkimen yhdistelmät. Erotuskytkimen tulee kestää sen piirissä esiintyvät mahdolliset ylijännitteet. Kun korjaus- tai testaustilanteessa sähkölaite on kytkettynä sähköpiiriin, pitää piirissä olla aina myös erotuskytkin. Jos piirissä, johon korjattava sähkölaite on kytkettynä, esiintyy esimerkiksi 1000 VAC:n tai yli 1500 VDC:n jännite tai muu vaarallinen jännite, on laite työmaadoitettava ja merkittävä varoituskilvin, koska laitteeseen on mahdollisesti voinut jäädä vaarallisen korkea varaus. (Mäkinen 2018, 12-13; SFS 6000-8-803:2017, 8.)

Korjaamo- ja huoltotiloissa tulee olla myös riittävä määrä hätäseis-kytkimiä muiden erotuslaitteiden lisäksi. Näillä kytkimillä saadaan vaaratilanteen sattuessa nopeasti katkaistua sähkönsyöttö työskentelyalueelta. Kytkimet on sijoitettava tiloihin niin, että niihin päästään nopeasti ja esteettömästi käsiksi aina. Käyttäjien on pystyttävä myös tietämään, mikä kytkin vaikuttaa tilan mihinkin työskentelyalueeseen. Hätäseis-kytkimessä tulee olla punainen painike keltaisella taustalla ja kytkimen vapauttaminen ei saa kytkeä jännitettä uudelleen päälle. (Mäkinen 2018, 12-14; SFS 6000-8-803:2017, 8.)

3.3 Tilan sähköjärjestelmien tunnistus ja ohjeistus

Tilan sähköasennuksista on oltava saatavilla ajantasaiset dokumentit ja asiakirjat. Työskentelypaikoilla pistorasiat on merkittävä tiedoilla, joista käy ilmi rasian ryhmänumero, jännite, nimellisvirta, rasian suojaustapa sekä maininta, jos rasia ei kuulu hätäseis-suojan piiriin. Suositeltavaa olisi, jos työskentelypaikoilla olisi näkyvillä sähköjärjestelmästä kaaviot, mutta poikkeuksena ovat opetuskäytössä olevat sähkölaboratoriot, joissa se vaaditaan. (SFS 6000-8-803:2017, 8; Mäkinen 2018, 14.)

3.4 Tilaan tehtävät säännölliset tarkastukset

Tilan sähköasennusten käyttöönottotarkastusten lisäksi on laitteistolle suositeltavaa tehdä säännöllisesti kunnossapito- ja testaustarkastuksia. Tarkastuksia, joista on pidettävä kirjaa ovat vikavirtasuojien testaus ja tarkastus valmistajien ohjeita noudattaen. Vikavirtasuojat tulisi testata testilaitteella 2 vuoden välein. Hätäkytkinlaitteiden toiminta olisi testattava 1 vuoden välein, eristysresistanssin mittausta ja suojausjohtimien jatkuvuuden mittausta vähintään 5 vuoden välein. Kirjaa pidettävien tarkastusten lisäksi olisi laitteille ja kytkettäville johtimille hyvä tehdä silmämääräinen tarkistus aina ennen käyttöönottoa. (SFS 6000-8-803:2017, 8.)

4 SÄHKÖLAITTEIDEN VAATIMUKSET JA OMINAISUUDET

Sähkölaitteen perus- ja vikasuojauksen vaatimuksilla on suuri merkitys sähköturvallisuuden kannalta. Standardit määrittelevät millä tavoin laite tulee vikasuojata ja millaisia eri suojausluokkia sähkölaitteella on sähköiskua vastaan.

4.1 Laiteryhmät

Sähkölaitteiden ryhmittelyssä käytetään monta eri tapaa. Yksi tapa on ryhmitellä ne lämpölaitteiksi, moottorikäyttöisiksi laitteiksi sekä yhdistelmälaitteiksi. Lämpölaitteisiin kuuluvat laitteet, jotka sisältävät lämmitysvastuksia, mutta eivät moottoreita. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi kiukaat, ja lämminvesivaraajat. Moottorikäyttöisiin laitteisiin kuuluu laitteet, jotka ovat magneettikäyttöisiä tai sisältävät moottorin, mutta eivät lämmitysvastuksia. Yhdistelmälaitteisiin kuuluvat sähkölaitteet, jotka sisältävät moottoreita ja lämmitysvastuksia. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi kuumailmapuhaltimet ja kuivausrummut. (SFS-EN 60335-1, 17; Mäkinen 2018, 16.)

4.2 Perus- ja vikasuojausmenetelmät

Sähkölaitteen perussuojaus toteutetaan koteloinnin ja eristyksen avulla. Eristyksellä estetään jännitteisiä osia koskemasta laitteen rakenteisiin, kosketeltaviin osiin sekä toisiinsa. Sähkölaitteissa eristysaineena käytetään muovia ja kumia johtimissa sekä ilmaa ja keraamia komponenteissa ja liittimissä. Sähkölaitteen kotelointi suojaa ihmistä koskettamasta laitteen jännitteisiin osiin sekä suojaa sähkölaitetta vedeltä, pölyltä ja vierailta esineiltä. (Mäkinen 2018, 17.)

4.3 Vikasuojaus

Sähkölaitteiden vikasuojaus toteutetaan suojamaadoituksella, suojausluokan II mukaisella eristyksellä tai sähköisellä erotuksella. Pienoisjännitejärjestelmissä vikasuojauksena käytetään SELV- ja PELV-järjestelmiä. Suojamaadoituksessa sähkölaitteen metalliset jännitteille alttiiksi joutuvat osat liitetään suojamaadoitusjohtimella sähkölaitteen liitäntäjohtoon. Sähkölaite tulee suojamaadoitetuksi kiinteistön

maadoitusjärjestelmään, kun sähkölaite yhdistetään liitäntäjohdolla kiinteistön sähköverkkoon. Jos vi-
kasuojauksena käytetään sähkölaiteiden suojausluokan II mukaista kaksoiseristystä tai vahvistettua eris-
tystä, on sähkölaitteen täytettävä SFS 6000-4-41:2017 -standardin kohdassa 412.2 mainitut vaatimukset
sähkölaitteen merkintöjen ja koteloinnin osalta. (SFS 6000-4-41:2017, 16; Mäkinen 2018, 17.)

4.4 Suojausluokat

SFS-EN 60335-1 -standardi määrittelee sähkölaitteille suojausluokat. Suojausluokat määrittelevät sen,
kuinka laitteen suojaus sähköiskua vastaan on toteutettu. Suojausluokan 0 sähkölaite on suojattu säh-
köiskulta pelkällä peruseristyksellä. Sähkölaitteessa ei ole sähköjohtavista osista maadoitusta kiinteistön
sähköjärjestelmän maadoitusjärjestelmään. Peruseristyksen pettäessä on laitteen suoja sähköiskua vas-
taan riippuvainen ainoastaan laitteen ulkopuolisen ympäristön eristävydestä. 0-luokan pistotulppa sopii
ainoastaan 0-luokan pistorasioihin. (SFS-EN 60335-1, 14; Mäkinen 2018, 20.)

Suojausluokan 0I sähkölaite on kauttaaltaan peruseristetty ja se sisältää suojamaadoitusliittimen ilman
kytkentää. Laitteen liitäntäjohto ei sisällä suojajohdinta, eikä liitäntäjohtoon pistotulppa suojakosketinta.
0I-luokan sähkölaite on mahdollista muuttaa suojausluokan I laitteeksi laitteen sisäisten osien maadoi-
tuksella. (SFS-EN 60335-1, 15; Mäkinen 2018, 20.)

Suojausluokan I sähkölaite on peruseristyksen lisäksi suojamaadoitettu kiinteistön suojamaadoitusjär-
jestelmään. Sähkölaitteen peruseristyksen vioittuessa kosketeltavat osat eivät tule jännitteiseksi suoja-
maadoituksen ansiosta. Suojausluokan I sähkölaitetta ei saa liittää 0-luokan pistorasiaan. (SFS-EN
60335-1, 15; Mäkinen 2018, 21.)

Suojausluokan II sähkölaitteessa on peruseristyksen lisäksi kaksoiseristys tai vahvistettu eristys, mutta ei
suojamaadoitus mahdollisuutta. Peruseristyksen vioittuessa laitteen kaksoiseristys tai vahvistettu eristys
suoja sähköiskulta. Kaksoiseristykseen kuuluu peruseristyksen lisäksi lisäeristys, joka on tyypillisesti
täydellisesti jännitteiset osat eristävä kotelointi. Vahvistetussa eristyksessä jännitteinen osa on voitu va-
laa muovin sisään. Suojausluokan II sähkölaitteen tunnistaa merkistä, jossa on kaksi neliötä sisäkkäin.
(SFS-EN 60335-1, 15; Mäkinen 2018, 23.)

Suojausluokan III sähkölaitteet ovat pienoisjännitteellä toimivia laitteita, joissa jännite saa olla enintään 50 VAC tai 120 VDC, johtimien tai johtimen ja maan välillä. Näissä laitteissa käyttöjännite muodostetaan tyypillisesti suojajännitemuuntajan avulla. (Mäkinen 2018, 24.)

4.5 Kotelointiluokat

Kotelointiluokitus antaa tunnuksset ja vaatimukset erilaisissa käyttöympäristöissä käytettävien sähkölaitteiden koteloiden suojaavuudelle ulkoisilta vaikutuksilta. Kotelointiluokan tunnus on IP sekä kaksi numeroa. Ensimmäinen numero ilmaisee koteloiden suojaustason ulkoisilta esineiltä. Toinen numero ilmaisee koteloiden suojaustason vedeltä. Joskus numeroiden perässä voi olla vielä kirjaimia. Kirjaimia käytetään silloin, jos suojaus on parempi kuin ensimmäisen numeron antama suojaustaso tai jos laite on tiettyyn tarkoitukseen tehty. Sähkölaitetta rakennettaessa on aina otettava huomioon ympäristön aiheuttamat tekijät ja laitteen koteloinnin suojaus on toteutettava niin, että laitetta on turvallinen käyttää ja laite ei pääse vikaantumaan puutteellisen koteloinnin vuoksi. (Mäkinen 2018, 25; SFS 6000-4-41, 23.)

5 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS

Kaikkien henkilöiden, jotka korjaavat, huoltavat ja rakentavat sähkölaiteita, on oltava perehtyneitä työtä koskeviin säädöksiin, vaatimuksiin sekä oppilaitoksen tai yrityksen mahdollisiin ohjeisiin sekä noudatettava edellä mainittuja asioita. Huoltotilan kiinteät sähköasennukset perus- ja vikasuojauksiin on oltava kunnossa. Työkalujen ja mittalaitteiden on oltava ammattikäyttöön tarkoitettuja ja niin hyvin eristettyjä, että työskenneltäessä niissä ei ole näkyvissä sormella kosketeltavia metalliosia. Mittapäitä ja mittajohdota käytettäessä on huolehdittava siitä, että ne sopivat mitattavalle jännitteelle. Käytettävän mittapään ja mittajohdon ylijänniteluokan on oltava sama kuin mittalaitteen ylijänniteluokan. (SFS 6002:2015+A1:2018, 14; Mäkinen 2018, 27.)

Sähkölaitteiden huoltoa ja korjausta varten on oppilaitoksella oltava sähkötöidenjohtaja, jolla on vähintään S3 luokan sähköpätevyys. S3 sähköpätevyys oikeuttaa toimimaan korkeintaan 1000 VAC tai 1500 VDC sähkölaitteiden sähkötöidenjohtajana. Sähkötöidenjohtajan on huolehdittava, että sähkölaiteita korjaava tai huoltava henkilö on sähköalan ammattihenkilö tai niihin opastettu henkilö. Ammattihenkilöllä on sähköalan soveltuva koulutus ja riittävä kokemus. Ammattihenkilö saa tehdä ja valvoa itsenäisesti sähkölaitteiden huolto ja korjaustöitä sekä hän voi toimia sähkötöidenjohtajan nimeämänä sähkölaitteen korjaus- ja huoltotyön sähköturvallisuuden valvojana. Opastetulla henkilöllä ei ole sähköalan soveltuvaa koulutusta, mutta on saanut ammattihenkilöltä riittävän opastuksen turvallisen sähkötyön tekemiseen. Sähkötöidenjohtajan on valvottava, että sähkölaitteen huolto- ja korjaustöitä tekevillä on riittävä ammattitaito ja käytössään asianmukaiset työvälineet ja mittalaitteet. Sähkötöidenjohtaja päättää myös millaisia sähkötöitä opastettu henkilö voi tehdä. (SFS 6002:2015+A1:2018; Mäkinen 2018, 10-11.)

Esimerkiksi Centrian Kokkolan yksikön kemianlaboratorion sekoituslaitteiston korjausta ja huoltoa voi suorittaa itsenäisesti riittävän kokemuksen omaava sähköinsinööri, sähköasentaja tai sähkölaitekorjaaja. Jonkin muun alan ammattilainen, tai esimerkiksi kemiantekniikan opiskelija saa tehdä sähkötöidenjohtajan päätöksellä ainoastaan sellaisia huolto- ja korjaustöitä, joihin ammattihenkilö on antanut riittävän opastuksen. Sähköalan opiskelija tai juuri sähköalan tutkinnon suorittanut henkilö ilman vaadittavaa kokemusta kyseisestä sähkötyöstä ei voi työskennellä itsenäisesti, vaan sähkötöidenjohtajan on päätettävä millaisia sähkötöitä henkilö voi tehdä ja hänen on oltava ammattihenkilön toimesta riittävästi tehtävään opastettu. (SFS 6002:2015+A1:2018; Mäkinen 2018, 10-11.)

6 SÄHKÖLAITTEEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Rakennetulle, korjatulle tai huolletulle sähkölaitteelle on aina suoritettava käyttöönottotarkastus ennen ensimmäistä käyttöönottoa. Tarkastuksen avulla varmistetaan siitä, että laite toimii oikein ja on turvallinen käyttää.

6.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraisessa tarkastuksessa katsotaan, että sähkölaitteiston perus- ja vikasuojaus on kunnossa ulkoisesti ja sisäisesti. Perussuojauksen tarkastelussa katsotaan, että laitteen koteloointi ja liitoskaapelit läpivienteineen ovat kunnossa ja jännitteisiin tai muutoin vaaraa aiheuttaviin osiin ei ole mahdollisuutta käsin koskea. Lisäksi katsotaan, että johtimet ja niiden liitokset ovat kunnossa. Myös vedonpoistajien kireys tarkistetaan, samoin kuin se, että peruseristetyssä suojausluokan 0 sähkölaitteessa on 0 luokan pistotulppa. (Mäkinen 2018, 35.)

Vikasuojauksen tarkastelussa katsotaan, että laitteessa on suojausluokan mukainen kaapeli ja pistotulppa sekä että mahdollinen suojamaajohdin on kiinnitetty oikein ja tarpeeksi kireällä, eikä liittimissä ole havaittavissa hapettumaa. Kaksoiseristetyssä laitteessa katsotaan, että laitteen kaikki eristykset ovat kunnossa eikä niissä ole havaittavissa rakenteellisia muutoksia. Laitteen arvokilven sekä varoitus- ja ohjetekstien on oltava laitteessa kiinnitettynä ja niistä on oltava tiedot luettavissa. Kytkinten toimivuus on tarkastettava. Laitteen jäähdytysaukkojen on oltava auki ja puhtaat. Yleisesti on myös tarkistettava, että laitteiston on tarpeeksi puhdas ja että laitteeseen ei ole itse tehty minkäänlaisia rakennemuutoksia. (Mäkinen 2018, 35.)

6.2 Mittaukset

Ennen käyttöönottoa on rakennetulle tai korjatulle sähkölaitteelle tehtävä muutamia erilaisia mittauksia. Mittauksilla todetaan sähkölaitteen eristysten ja komponenttien kunnossa oleminen sekä vikasuojauksen toimivuus. Vikasuojauksen toimivuus todetaan mittaamalla sähkölaitteesta suojamaadoituspiiri. Sähkölaitteen eristysten ja komponenttien kunto todetaan tekemällä laitteelle jännitekoet tai mittaamalla joko eristysresistanssi, kosketusvirta tai suojajohtimen virta. Jos sähkölaitteeseen on korjauksessa lisätty tai

vaihdettu lämmitysvastuksia, moottori, käämityksiä tai muita vastaavanlaisia komponentteja, tulee laitteesta mitata sähkövirta ja sähköteho. Mittaustuloksia verrataan valmistajan antamiin arvoihin. Tarkastusten ja mittauksien jälkeen laite koekäytetään, jolla varmistetaan, että laite toimii oikealla tavalla. (Mäkinen 2018, 36-46.)

7 SEKOITUSLAITTEISTON VAATIMUKSENMUKAISUUSTARKASTUS

Vaatimustenmukaisuustarkistus suoritettiin Centrian Kokkolan yksikön kemianlaboratoriossa sijaitsevalle sekoituslaitteistolle. Sekoituslaitteistolla kemian- ja prosessiteknikan opiskelijat testasivat sekoitukseen liittyvää teoriaa käytännössä. Sekoituslaitteistolla (KUVA 1) tehtävää sekoitusprosessia muutettiin muuttamalla laitteiston moottorin pyörimisnopeutta kosketusnäytöltä ja vaihtamalla sekoitinlapalleja.

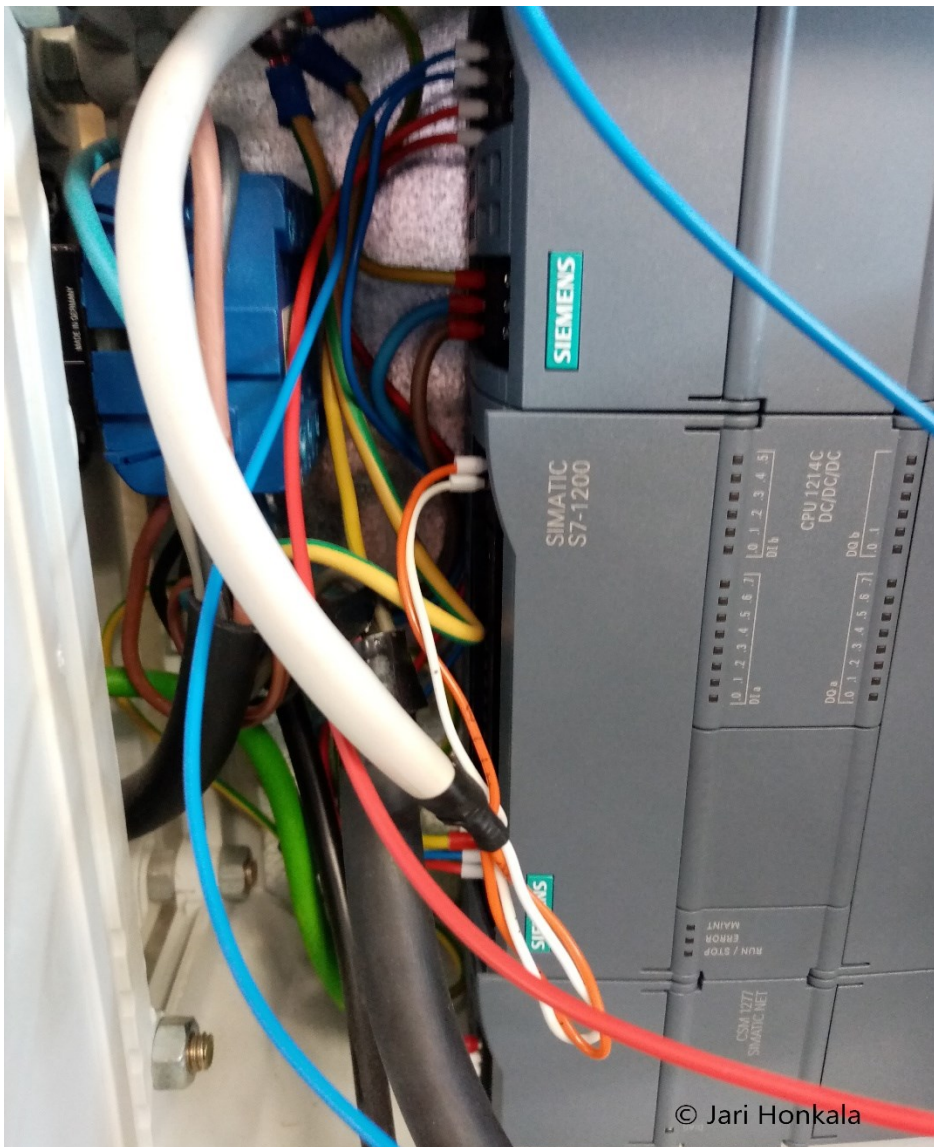


KUVA 1. Sekoituslaitteisto

Sekoituslaitteisto sisälsi logiikan, käyttöpaneelin, taajuusmuuttajan, vääntömittauslaitteiston, sähkömoottorin ja sekoitusastian. Moottorin tiedot olivat 0,55 kW/ 380 V/ 1,7 A.

7.1 Perus- ja vikasuojauksen tarkastus sekä muut tarkasteltavat kohteet

Perussuojauksen tarkastuksessa ei havaittu puutteita tai vikoja. Laitteen kotelo, liitoskaapelit ja läpivientiholkit olivat kunnossa. Jännitteiset osat eivät olleet sormin kosketeltavissa. Sisäiset johtimet ja liitokset olivat asianmukaiset (KUVA 2). Johtimet eivät olleet puristuksissa, eikä johdinsäikeitä havaittu. Vedonpoistajien kireys oli sopiva ja liitoskaapelien taivutussuojat olivat ehjiä. Sekoituslaitteiston vikasuojauksessa ei ollut huomautettavaa. Sekoituslaitteisto on suojamaadoitettu suojausluokan I laite, jossa oli siihen kuuluva luokan I pistotulppa sekä kaapeli, jossa oli kelta-vihreäraitainen suojamaadoitusjohdin. Laitteen ja pistotulpan suojamaadoitusliittimet olivat hapettumattomat ja riittävästi kiristettyjä. Suojamaadoitusjohdin oli kytketty sille tarkoitettuun liittimeen pistotulpassa ja laitteessa. Sekoituslaitteiston jäähdytysaukot olivat vapaat ja puhtaat. Laitteen moottorin arvokilpi sekä ohjetekstit olivat paikallaan ja tiedot niistä olivat luettavissa. Kytkimet liikkuivat ja toimivat asennonosoitusten mukaisella tavalla.



KUVA 2. Sekoituslaitteiston sisäisiä johdotuksia ja liitoksia

7.2 Suojajohtimen (PE) jatkuvuuden mittaus

Suojamaadoituspiirin mittaaminen suoritettiin Fluke 1664 FC sähkölaitetesterillä. Mittausvirran on oltava testissä vähintään 200 mA, ja koska sekoituslaitteiston liitosjohto oli alle 5 metriä, oli sallitun resistanssiarvon oltava alle 0.3 Ω . Liitosjohtimen pituudesta riippuen suojamaadoitusjohtimen suurin sallittu resistanssiarvo voi olla korkeintaan 1 Ω . Mittaus tehtiin pistotulpan suojamaadoitusliittimen ja laitteen suojamaadoitusliittimen väliltä sekä pistotulpan suojamaadoitusliittimen ja jännitteelle alttiiden kosketeltavien metalliosien väliltä. Mittausvirta testissä oli 250 mA ja tulos pistotulpan suojamaadoitus-

liittimen ja laitteen suojamaadoitusliittimen väliltä oli 0.15Ω (KUVA 3). Mittaustulos pistotulpan suojamaadoitusliittimen ja sekoituslaitteiston moottorin rungon väliltä oli 0.24Ω (KUVA 4). Mittaustulokset olivat alle sallitun raja-arvon ja näin ollen suojamaadoituspiiri todettiin toimivaksi. (Mäkinen 2018, 38.)



KUVA 3. Suojamaadoituspiirin mittausta pistotulpan ja laitteen suojamaadoitusliittimen väliltä



KUVA 4. Suojamaadoituspiirin mittaus pistotulpan ja sekoituslaitteiston moottorin rungon väliltä

7.3 Eristysresistanssin mittaus

Sekoituslaitteiston komponenttien ja rakenteiden eristysten kunnossa oleminen todettiin eristysresistanssi mittauksella. Koska kyseessä oli suojausluokan I sähkölaite, mitattiin eristysresistanssi jännitteisen osan ja kosketeltavan osan väliltä sekä suojavaajohtimesta. Mittauksessa kaikki laitteen kytkimet olivat kiinni. Mittausjännitteen on oltava vähintään 500 V tasajännitettä ja mittausvirran on oltava vähintään 1 mA. Vaadittava tulos I suojausluokan laitteelle ilman lämmityselementtiä on vähintään 1 M Ω .

Mittaus suoritettiin 519 V:n tasajännitteellä ja 1 mA:n mittausvirralla. Tulos jännitteisen osan ja kosketeltavien osan väliltä oli $6.82 \text{ M}\Omega$ (KUVA 5) ja suojajohtimesta $6.75 \text{ M}\Omega$ (KUVA 6). Mittaustulosten perusteella voitiin todeta sekoituslaitteiston eristysten olevan kunnossa. (Mäkinen 2018, 41.)



KUVA 5. Eristysresistanssin mittaus jännitteisen osan ja kosketeltavan osan väliltä



KUVA 6. Eristysresistanssin mittaus suojajohtimesta

7.4 Koekäyttö ja tarkastuspöytäkirja

Mittausten jälkeen laite koekäytettiin. Käytön aikana ei havaittu minkäänlaisia tavallisuudesta poikkeavaa laitteen toiminnassa kokonaisuudessaan. Vaatimuksenmukaisuustarkistuksesta täytettiin tarkastuspöytäkirja (LIITE 2).

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, mitä vaatimuksia sähkölaitteen on täytettävä, jotta se on turvallinen käyttää ja on lainsäädännön sekä asetusten vaatimustenmukainen laite. Tavoitteena oli saada tuotettua yhtenäinen ja selkeä tietopaketti Centria-ammattikorkeakoulun käyttöön sähkölaitteiden testaukseen, korjaukseen ja turvallisuusvaatimukseen liittyen. Mielestäni työssä saavutettiin asetetut tavoitteet varsin hyvin. Opinnäytetyö onnistui hyvin siihen nähden, että työssä käytettiin aineistona paljon standardeissa olevaa tietoa. Standardeista oli paikoitellen hankala saada jäsenneiltyä asia oikeanlaiseen muotoon opinnäytetyöhön. Työn tuloksena syntyi selkeä näkemys sähkölaitteeseen kohdistuvista vaatimuksista sekä tarkastuspöytäkirja (LIITE 1) sähkölaitteiden käyttöönottoa ja huoltoa varten. Pöytäkirjaa voidaan halutessaan käyttää Centrian omien sähkölaitteiden rakentamisen ja huoltamisen yhteydessä. Työssä tehty sekoituslaitteiston vaatimuksenmukaisuustarkistus oli hyvä esimerkki, miten asiat käytännössä tapahtuu. Kehitys- ja parannusideana Centrian sähkölaitteiden huoltoa ja kunnossapitoa ajatellen olisi hyvä harkita selkeän määräaikaistarkistusohjelman laatimista kaikille itse rakennetuille sähkölaitteille, jonka yhteydessä otettaisiin tarkastuspöytäkirja käyttöön. Pöytäkirjaa käytettäisiin myös uuden sähkölaitteen käyttöönottovaiheessa. Määräaikaistarkistukset lisääisivät sähkölaiteturvallisuutta sekä mahdollisesti pidentäisivät sähkölaitteen käyttöikä.

LÄHTEET

Mäkinen, M. 2018. Sähkölaitekorjaajan opas. 13.painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

SFS. 2020. Sähkö ja elektroniikka. Saatavissa: https://www.sfs.fi/aihealueet/sahko_ja_elektroniikka
Viitattu 21.4.2020

SFS 6000-4-41. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. 4.painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS 6000-8-803. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-803: Täydentävät vaatimukset. Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot. 4.painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 60335-1. 2013. Kotitalouksiin ja vastaaviin käyttöihin tarkoitettut sähkölaitteet. Turvallisuus. Osa 1: Yleiset vaatimukset. 4. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Tukes. 2020a. Valmistajan velvollisuudet. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/valmistajan-velvollisuudet> Viitattu 21.4.2020

Tukes. 2020b. Standardien asema vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/standardien-asema-vaatimustenmukaisuuden-osoittamisessa> Viitattu 21.4.2020

Tukes. 2020c. Sähkötyöt ja -urakointi. Saatavissa: <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/> Viitattu 22.4.2020

Tukes. 2020d. Sähkömagneettinen yhteensopivuus EMC. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkolaitteet/sahkomagneettinen-yhteensopivuus-emc> Viitattu 28.4.2020

Tukes. 2020e. Vaaralliset aineet sähkö- ja elektroniikkalaitteissa RoHS. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkolaitteet/sahkolaitteiden-vaatimuksia/vaaralliset-aineet-sahko-ja-elektroniikkalaitteissa-rohs> Viitattu 28.4.2020

Tukes. 2020f. Räjähdyksvaarallisten tilojen laitteet ATEX. Saatavissa: <https://tukes.fi/teollisuus/rajahdyksvaaralliset-tilat/rajahdyksvaarallisten-tilojen-laitteet-atex> Viitattu 28.4.2020

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Laite _____

Suojausluokka Suojamaadoitettu (Luokka I)
 Kaksoiseristetty (Luokka II)
 Pienoisjännite (Luokka III)

Mitoitusjännite _____ V **Teho** _____ W

Tarkastukset	Hyväksytty	Hylätty
Eristykset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kotelointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liitântäkaapeli	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Suojajohdin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Merkinnät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Suojamaadoitusjärjestelmän mittaus	Hyväksytty	Hylätty
Suojamaadoituspiiri _____ Ω	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sähkölaitteen eristystilan mittaus	Hyväksytty	Hylätty
(Valitse yksi alla olevista vaihtoehdoista)		
Eristysresistanssi _____ M Ω	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Suojajohtimen virta _____ mA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vuotovirta _____ mA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jännitekoe _____ kV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Koekäyttö

Pvm ____ / ____ / ____

Tarkistanut _____

Suojamaadoituspiirimittaus raja-arvot

Liitosjohdon pituus max. 5 m, sallittu resistanssi enintään 0,3 Ω .

Liitosjohdon ollessa yli 5 m, lisätään raja-arvoon 0,1 Ω jokaiselle alkavalle 7,5 m matkalle.

Suojamaajohtimen suurin sallittu resistanssi on 1 Ω .

Eristysresistanssimittaus raja-arvot

0 luokan laitteet, resistanssi vähintään 0,5 M Ω .

I luokan laitteet , resistanssi vähintään 1 M Ω .

I luokan laitteet lämmityselementillä resistanssi vähintään 0,3 M Ω . Jos resistanssi jää alle 0,3 M Ω , voidaan mittaus hyväksyä, mikäli suojajohtimen virta ei ylitä 1mA/kW. Suurin sallittu arvo tässä tapauksessa 10 mA.

II luokan laitteet, resistanssi vähintään 2 M Ω .

III luokan laitteet , resistanssi vähintään 0,25 M Ω .

Suojajohtimen virran mittaus raja-arvot

I luokan laitteet, virta enintään 3,5 mA.

I luokan laitteet lämmityselementillä, teho yli 3,5 kW, virta enintään 1 mA/kW. Suurin sallittu arvo tässä tapauksessa 10 mA.

Vuotovirran mittaus raja-arvot

II luokan laitteet, virta enintään 0,5 mA.

Jännitekoe

Koejännite 50 Hz siniaaltoa ja virta enintään 5 mA.

I luokan laitteet, koejännite 1000 VAC.

II luokan laitteet, koejännite 2500 VAC.

III luokan laitteet, koejännite 400 VAC.

Lähde: Mäkinen 2018, 41-46.

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Laite Sekoituslaitteisto

Suojausluokka Suojamaadoitettu (Luokka I)
 Kaksoiseristetty (Luokka II)
 Pienoisjännite (Luokka III)

Mitoitusjännite 380 V Teho 550 W

Tarkastukset	Hyväksytty	Hylätty
Eristykset	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kotelointi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liitäntäkaapeli	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Suojajohdin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Merkinnät	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Suojamaadoitusjärjestelmän mittaus	Hyväksytty	Hylätty
Suojamaadoituspiiri <u>0,24</u> Ω	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sähkölaitteen eristystilan mittaus	Hyväksytty	Hylätty
(Valitse yksi alla olevista vaihtoehtoista)		
Eristysresistanssi <u>6,82</u> MΩ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Suojajohtimen virta _____ mA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vuotovirta _____ mA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jännitekoe _____ kV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Koekäyttö Pvm 12 / 5 / 2020Tarkistanut J. Honk