

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KOJEISTOJEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSTEN KEHITTÄMINEN

TEKIJÄ

Heikkimatti Tossavainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Heikkimatti Tossavainen	
Työn nimi Kojeistojen käyttöönottotarkastusten kehittäminen	
Päiväys 14.12.2021	Sivumäärä/Liitteet 38/28
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Valmet Technologies Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä kojeistojen käyttöönottotarkastuksiin ja laatia asianmukaiset ohjeistukset, muistio ja käyttöönottotarkastuspöytäkirja englanniksi keskusvalmistuksessa suoritettavia vastaanottokoestuksia varten. Valmet Technologies Oy tarjosi minulle kyseistä aihetta eräessä projektissa havaittujen virheiden ja puutteiden pohjalta.</p> <p>Työssä perehdyttiin vastaanottokoestusten toimintatapoihin keskusvalmistuksessa sekä niihin liittyviin lainsäädännön ja standardien vaatimuksiin. Aineistoa työhön kerättiin kyselyllä Valmetin asiantuntijoille sekä keskustelemalla Valmetin sekä heidän yhteistyökumppaneidensa asiantuntijoiden kesken keskusvalmistusprosessista sekä siinä havaituista ongelmista. Opinnäytetyön aikana oltiin myös mukana keskusten vastaanottokoestuksessa keskusvalmistajan tiloissa keräämässä aineistoa työhön. Opinnäytetyön aihe rajattiin koskemaan kojeistojen vastaanottokoestuksia (FAT) keskusvalmistuksessa selkeyden ja tiukan aikataulun vuoksi. Työssä luotiin muistio, tarkastuspöytäkirja ja niihin liittyvät ohjeistukset englanniksi. Laaditut dokumentit arvioitiin työn tilaajalla, jonka jälkeen niihin tehtiin tarvittavat muutokset.</p> <p>Lopputuloksena saatiin selkeät ja helposti muokattavat tarkastusdokumentit, joita tarkastajat voivat hyödyntää keskusten vastaanottokoestuksissa kansainvälisissä Valmetin projekteissa. Asiakirjoja ei työn aikana päästy vielä hyödyntämään käytännössä, joten niihin voidaan tehdä mahdollisia muutoksia tarkastajien havaintojen pohjalta. Työn aikana havaittiin pääosan virheistä johtuvan inhimillistä virheistä suunnittelussa, jotka tulivat ilmi vastaanottokoestusten aikana. Jatkossa tulisi kiinnittää vielä enemmän huomiota suunnitteludokumentoinnin tarkastamiseen ja varmistaa, että kaikki projektin osapuolet ovat koko projektin ajan varmasti ajan tasalla, jotta virheet havaittaisiin jo varhaisessa vaiheessa.</p>	
Avainsanat Vastaanottokoestus, keskusvalmistus, käyttöönottotarkastus, dokumentointi	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author Heikkimatti Tossavainen	
Title of Thesis Development of Commissioning Inspections of Switchgears	
Date November 26, 2021	Pages/Appendices 38/28
Client Organisation /Partners Valmet Technologies Oy	
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to get acquainted with the commissioning inspections of switchgears and to draw up appropriate documents that include instructions, a memorandum, and a test protocol in English for acceptance tests in switchgear manufacturing. The thesis was commissioned by Valmet Technologies Oy based on the mistakes and shortcomings found in a project.</p> <p>The thesis began by getting acquainted with the methods of factory acceptance testing in switchgear manufacturing and the related requirements of legislation and standards. Material for the thesis was collected in a survey sent to Valmet's experts and in a discussion between Valmet's and their partners' experts about the switchgear manufacturing process and the problems found in it. Material for the thesis was also collected during the factory acceptance testing of switchboards at the switchboard manufacturer's facility. The topic of the thesis was limited to the factory acceptance testing (FAT) of switchgear in switchgear manufacturing due to strict schedule and clarity. Finally, the memorandum, inspection report and related instructions were created in English. The prepared documents were evaluated by the client, after that the necessary changes were made.</p> <p>The result of the thesis were clear and easy-to-edit inspection documents that can be used by inspectors in factory acceptance testing of switchgears at Valmet's international projects. The documents could not be tested in practice during the thesis project, so possible changes can be made to them based on the inspectors' findings. During the thesis project, it was detected that most of the mistakes were human design mistakes that were revealed during the factory acceptance tests. In the future, even more attention should be paid to examining the design documentation and ensuring that all parties involved in the project are kept up to date throughout the project so that mistakes are detected at an early stage.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Factory acceptance testing, switchgear manufacturing, commissioning inspection, documentation</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	VALMET TECHNOLOGIES OY	8
3	LAIT JA ASETUKSET	9
3.1	Sähkötyöturvallisuuslaki (1135/2016)	9
3.2	Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista (1434/2016)	10
4	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS	13
4.1	Aistinvarainen tarkastus	13
4.2	Testaus	14
4.3	Suojajohtimen jatkuvuus	15
4.4	Asennuksen eristysresistanssi	16
4.5	Suojaus SELV- tai PELV-järjestelmällä tai sähköisellä erotuksella	18
4.6	Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta	20
4.7	Lisäsuojauksen testaus	23
4.8	Dokumentointi	24
5	KÄYTTÖÖNOTTOKOESTUKSET	25
5.1	Vastaanottokoestus, FAT = Factory Acceptance Test.....	25
5.2	Käyttöönottokoestus, SAT = Site Acceptance Test	25
6	LÄHTÖTILANNE.....	26
7	ASIAKASPROJEKTIN JA KESKUSVALMISTUKSEN VAIHEET.....	27
8	FAT-OHJEISTUKSET	29
8.1	Aistinvarainen tarkastus	29
8.2	Testaukset.....	31
9	FAT-MUISTIO JA TARKASTUSPÖYTÄKIRJA	35
10	YHTEENVETO JA POHDINTA	36
	LÄHTEET	38
	LIITE 1: KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA ESIMERKKI.....	39
	LIITE 2: KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJAN TÄYTTÖOHJE	44
	LIITE 3: PERUSSUOJAUKSEN MENETELMÄT	49
	LIITE 4: PIENOISJÄNNITEJÄRJESTELMÄT SELV, PELV JA FELV.....	50
	LIITE 5: FAT MEMO	59

LIITE 6: FAT TEST PROTOCOL	65
----------------------------------	----

KUVALUETTELO

KUVA 1. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen (Saastamoinen & Saarelainen, 2012)	15
KUVA 2. Eristysresistanssin mittauksen vaiheet (Saastamoinen & Saarelainen, 2012)	16
KUVA 3. Eristysresistanssin mittaaminen (Saastamoinen & Saarelainen, 2012)	17
KUVA 4. SELV- ja PELV-järjestelmien eristysresistanssin mittaaminen (Saastamoinen & Saarelainen, 2012)	18
KUVA 5. Sähköinen erotus (Saastamoinen & Saarelainen, 2012)	19
KUVA 6. Silmukkaimpedanssin mittaus (D1-2017, 2018)	21
KUVA 7. Aistinvarainen tarkastus.....	30
KUVA 8. Ovien lukkojen testaus	31
KUVA 9. HIPOT-testi.....	32
KUVA 10. Sähköiset toimintatestit	33
KUVA 11. Testiohjelman asentaminen logiikoille	34

TAULUKKOLUETTELO

TAULUKKO 1. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot (Taulukko 6.1 SFS-käsikirja 600-1-1, 2017)	17
TAULUKKO 2. Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot (Taulukot 41.4a ja 41.4b D1-2017, Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 2018)	22
TAULUKKO 3. Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot (Taulukko 41.5 D1-2017, Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 2018)	22

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

Aistinvarainen tarkastus	Sähköasennuksen tutkiminen käyttäen kaikkia aisteja, joiden avulla todetaan asennuksen olevan tehty vaatimusten mukaisesti.
CENELEC	(European Committee for Electrotechnical Standardization) Eurooppalainen standardisoimisjärjestö
ELV	(Extra low voltage) Pienoisjännite
FAT	(Factory Acceptance Test) Vastaanottokeustus
HV	(High voltage) Suurjännite
IEC	(International Electrotechnical Commission) Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
LV	(Low voltage) Pienjännite
SAT	(Site Acceptance Test) Käyttöönottokeustus
Suojajohdin (PE-johdin)	(Protective earth) Johdin, jota käytetään jännitteisten osien maadoittamiseen

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on kojeistojen käyttöönottotarkastusten kehittäminen. Työn tilaajana toimii Valmet Technologies Oy, joka toimittaa monipuolisia teknologia- ja automaattioratkaisuita ja palveluita sellu-, paperi- ja energiateollisuuden tarpeisiin.

Työn lähtökohtana oli Valmetin asiakasprojektissa havaitut puutteet ja virheet sähkökuvissa, mikä johtui puutteellisista tarkastuksista keskusvalmistuksessa. Opinnäytetyö pohjautuu laeissa ja standardeissa määriteltyihin määräyksiin ja ohjeistuksiin, jotka esitellään teoriaosuudessa.

Käyttöönottotarkastukset ovat tärkeä osa asiakasprojekteissa ja niiden perusteellisella suorittamisella voidaan saada huomattavia säästöjä kustannuksissa, kun virheet havaitaan ajoissa ja niihin päästään heti puuttumaan. Asiakkaan suorittamia vastaanottotarkastuksia ei ole määrätty laissa tai määritelty standardeissa, mutta asiakas usein haluaa niillä varmistaa tuotteen olevan vaatimusten mukainen. Monet virheet ja puutteet havaitaan monesti vasta vastaanottokoestuksissa, joten tämä työvaihe on myös tärkeä osa projektia.

Työn aikana tutustutaan keskusvalmistukseen keskustoimittajan tiloissa ja kerätään aineistoa Valmetin asiantuntijoille laadittujen kyselyjen avulla sekä keskustellaan myös Valmetin yhteistyökumppaneiden kanssa, jotta nykyistä mallia saadaan kehitettyä paremmaksi.

Työn tavoitteena on laatia selkeät dokumentit englanniksi työn tilaajalle keskusvalmistuksen vastaanottokoestuksia (FAT) varten. Dokumentit sisältävät tarkastuspöytäkirjan sekä muistion ohjeistuksineen vastaanottokoestuksiin tarkastajien tueksi.

Työ rajataan selkeyden ja tiukan aikataulun vuoksi keskusvalmistuksessa suoritettaviin tehdastesteihin (FAT = Factory Acceptance Test). Työssä kuitenkin sivutaan lyhyesti tehtaalla suoritettava laitteiston käyttöönottotestejä (SAT = Site Acceptance Test).

2 VALMET TECHNOLOGIES OY

Valmetilla on yli 200 vuoden kokemus teollisuudesta ja nykyään Valmet on johtava yritys maailmalla teknologian, automaation ja palveluiden toimittajana ja kehittäjänä energia-, paperi- ja selluteollisuudessa. Valmetilla työskentelee 14 000 työntekijää ympäri maailmaa.

Valmetin tarjoamat palvelut kattavat kaiken kunnossapidosta tehtaiden ja voimalaitosten parannuksiin ja varaosiin. Kehittyneet automaatiotratkaisut sisältävät niin yksittäiset mittaukset kuin koko tehtaan kattavat avaimet käteen automaatioprojektit.

Liikevaihto oli vuonna 2020 noin 3,7 miljardia euroa. Pääkonttori sijaitsee Espoossa ja Valmetin osakkeet noteerataan Helsingin pörssissä. (Valmet, 2021)

Palvelut-liiketoimintalinja

Palvelut- ja liiketoimintalinja tarjoaa käyttötarkoitukseen sopivia luotettavuutta ja suorituskykyä parantavia joustavia palveluita. Tarjotut palvelut parantavat asiakkaiden tuotantoprosessien ympäristö ja kustannustehokkuutta sekä varmistavat niiden toiminnan ja turvallisuuden. (Valmet, 2021)

Automaatio-liiketoimintalinja

Automaatio- ja liiketoimintalinjan toimittamat automaatiotratkaisuihin kuuluvat niin yksittäiset mittaukset kuin myös tehdaslaajuiset prosessiautomaatiojärjestelmät. Ne maksimoivat asiakkaiden liiketoimintojen kannattavuuden ja vastuullisuuden tehostamalla raaka-aineiden kestäväää käyttöä sekä parantamalla tuotannon suorituskykyä, energia- ja kustannustehokkuutta. (Valmet, 2021)

Sellu ja energia -liiketoimintalinja

Sellu ja energia liiketoimintalinja ratkaisuja ja teknologiaa sellun ja energian tuotantoon sekä biomassan jalostukseen ja päästöjen hallintaan. Teknologia maksimoi uusiutuvien raaka-aineiden arvon, minimoivat ympäristövaikutukset ja tehostavat tuotantoa. (Valmet, 2021)

Paperit-liiketoimintalinja

Paperit-liiketoimintalinja toimittaa koneuusintoja, kokonaisia tuotantolinjoja ja komponentteja pehmopaperin, kartongin ja paperin valmistusprosesseihin. Valmetin tarjoama teknologia edistää ympäristö- ja prosessitehokkuutta, mahdollistaa joustavat muutokset tuotannossa ja ovat turvallisia sekä luotettavia. Ratkaisut ovat modularisoitu ja standardoitu mahdollisimman pitkälle. Ne ovat kustannustehokkaita ja helppokäyttöisiä. (Valmet, 2021)

3 LAIT JA ASETUKSET

Tässä luvussa käsitellään keskusvalmistuksessa huomioitavia lakeja ja direktiivejä. Nämä lait ja asetukset ovat käytössä Euroopan Unionin jäsenmaissa. Muissa maissa tulee ottaa huomioon aina kyseisen maan oma lainsäädäntö.

Lait on otettu Finlexin sivuilta Sähkötyöturvallisuuslaista (1135/2016) (Sähköturvallisuuslaki: 1135/2016, 2016) ja Valtioneuvoston asetuksesta sähkölaitteistoista (1434/2016) (Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistosta: 1434/2016, 2016).

3.1 Sähkötyöturvallisuuslaki (1135/2016)

1 §

Lain tarkoitus

Tämän lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitäminen turvallisena ja estää sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset sekä turvata sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen oikeudet. Lisäksi lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden vaatimustenmukaisuus ja vapaa liikkuvuus.

Tässä laissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavista vaatimuksista, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölaitteen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta.

Tällä lailla pannaan täytäntöön sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta (uudelleenlaadittu) annettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/30/EU, jäljempänä EMC-direktiivi, ja tietyllä jännitealueella toimivien sähkölaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta annettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/35/EU, jäljempänä pienjännitedirektiivi.

43 §

Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastus

Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastuksessa on riittävässä laajuudessa selvitetty, että siitä ei aiheudu 6 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä.

Käyttöönottotarkastus on tehtävä myös sähkölaitteiston muutos- ja laajennustöille. Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksesta. Jos rakentaja laiminlyö

velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan niistä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia tarkastuksesta.

Sähkölaitteiston rakentajan tulee laatia käyttöönottotarkastuksesta sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja vähäisiksi katsottavia töitä lukuun ottamatta. Näissäkin tapauksissa on sähkölaitteiston testausten tulokset kuitenkin tarvittaessa annettava laitteiston haltijalle.

Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sisällöstä sekä niistä vähäisiksi katsottavista töistä, joista pöytäkirjaa ei tarvitse tehdä.

45 §

Sähkölaitteiston varmennustarkastus

Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastuksen lisäksi varmennustarkastus, jos kyseessä on luokan 1, 2 tai 3 sähkölaitteisto. Varmennustarkastus on tehtävä myös sähkölaitteiston merkittävälle muutos- ja laajennustyölle.

Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston varmennustarkastuksesta. Jos rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan siitä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia tarkastuksesta.

Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin merkittäviksi katsottavista sähkölaitteiston muutos- ja laajennustöistä.

(Sähköturvallisuuslaki: 1135/2016, 2016)

3.2 Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista (1434/2016)

4 §

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sisältö

Sähköturvallisuuslain 43 §:ssä tarkoitetusta tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, sähkölaitteiston rakentajan ja sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, sovelletut standardit, mahdollisten poikkeamien osalta sähköturvallisuuslain 34 §:n mukaisen selvityksen olemassaolo, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja tai varmennettava se muulla vastaavalla luotettavalla tavalla.

5 §

Vähäisiksi katsottavat työt käyttöönottotarkastuksessa

Sähköturvallisuuslain 43 §:ssä tarkoitettua käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei edellytetä:

- 1) sellaisista sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä;
- 2) nimellijännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisten tai 120 voltin tasajännitteisten sähkölaitteistojen asennuksista;
-
- 3) yksittäisten komponenttien vaihdoista tai lisäyksistä taikka näihin verrattavista toimenpiteistä;
- 4) yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvistä muutostöistä enintään 1 000 voltin nimellijännitteellä;
-
- 5) nimellijännitteeltään enintään 1 000 voltin kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutostöistä, joissa kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta;
- 6) sellaisen tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista.

(Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistosta: 1434/2016, 2016)

6 §

Merkittäviksi katsottavat sähkölaitteiston muutos- ja laajennustyöt

Kysymyksessä ei katsota olevan sähköturvallisuuslain 45 §:ssä tarkoitettu merkittävä sähkölaitteiston muutostyö, kun:

- 1) kyse on 5 §:ssä tarkoitetuista sähköalan töistä;
- 2) muutos- tai laajennustyön kohteena olevan sähkölaitteiston nimellijännite on enintään 1 000 volttia sekä työalueen yliviltasuojan nimellis- tai asetteluvirta enintään 35 ampeeria, jos käytön johtajaa ei vaadita, ja muutoin 250 ampeeria;
- 3) muutos- tai laajennustyö kohdistuu kytkinlaitokseen eikä kytkinlaitoksen nimellisarvoja muuteta.

Muiden kuin 5 §:ssä tarkoitettujen muutos- tai laajennustöiden osalta kysymyksessä katsotaan kuitenkin olevan merkittävä sähkölaitteiston asennustyö, jos sähkölaitteisto sijaitsee, jos:

- 1) räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta annetun «valtioneuvoston» asetuksen (576/2003) liitteessä 1 tarkoitettujen tilaluokkien 0, 1, 20 tai 21 mukaisissa räjähdysvaarallisissa tiloissa;
- 2) räjähteiden valmistustiloissa;
- 3) sairaaloiden ja lääkäriasemien leikkaussaleissa.

Leikkaussalilla tarkoitetaan tilaa, jossa tehdään yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä.

(Sähköturvallisuuslaki: 1135/2016, 2016)

4 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Tässä luvussa käsitellään keskusvalmistuksen kannalta olennaisia sähkölaitteiston käyttöönottoon liittyviä SFS 6000 -standardin mukaisia tarkastuksia, jotka perustuvat Eurooppalaisiin CENELEC:n HD-asiakirjoihin sekä kansainvälisiin IEC-standardeihin. Pienjännitesähköasennuksia koskeva standardisarja perustuu pääosin eurooppalaisiin harmonisointiasiakirjoihin CENELEC HD 60364 Low-voltage electrical installations ja vastaavaan kansainväliseen standardisarjaan IEC 60364. Kansallisten standardien poikkeamat on erikseen ilmoitettu standardeissa.

Kaikki sähköasennukset tulee tarkastaa ennen käyttöönottoa asennuksen aikana ja/tai sen valmistuttua.

(SFS-käsikirja 600-1-1, 2017)

4.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen tarkastus tehdään ennen testauksia laitteiston ollessa jännitteettömänä sekä koko työsuorituksen aikana.

Aistinvaraisesti tarkastetaan kiinteän asennuksen osana olevista sähkölaitteista, että ne täyttävät laitestandardien turvallisuusvaatimukset, ovat valittu ja asennettu valmistajan ohjeiden sekä SFS 6000 standardin vaatimusten mukaan, eivätkä ole vaurioituneet näkyvästi vaaraa aiheuttavasti.

SFS 6000-6:2017 luvussa 6.4.2.3 määritellään seuraavat kohdat:

- a) sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät (SFS 6000-4-41)
- b) palosuojuksien käyttö ja toimenpiteet lämpövaikutuksilta suojaamiseksi (SFS 6000-4-42) sekä palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet (SFS 6000-5-52 luku 527)
- c) johtimien valinta kuormitettavuuden kannalta (SFS 6000-4-43 ja SFS 6000-5-52 luku 523)
- d) suoja- ja valvontalaitteiden valinta, asettelu, selektiivisyys ja yhteensopivuus (SFS 6000-5-53)
- e) sopivien ylijännitesuojien valinta, sijoitus ja asennus, silloin kun ne on vaadittu (SFS 6000-5-53 luku 534)
- f) erotus- ja kytkentälaitteiden valinta, sijoitus ja asennus (SFS 6000-53 luku 537)
- g) sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan (SFS 6000-4-42 kohta 422, SFS 6000-5-51 kohta 512.2 ja SFS 6000-8-804)
- h) nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnuksat (SFS 6000-5-51 kohta 514.3)
- i) piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo (SFS 6000-5-51 kohta 514.5)

- j) virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus (SFS 6000-5-51 luku 514)
- k) kaapelien ja johtimien päätteiden ja liitosten sopivuus (SFS 6000-5-52 luku 526)
- l) maadoituskytkentöjen, suojajohtimien ja niiden liitosten sopivuus (SFS 6000-5-54)
- m) sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila (SFS 6000-5-51 luvut 513 ja 514 ja SFS 6000-7-729)
- n) sähkömagneettisilta häiriöiltä suojaavat toimenpiteet (SFS 6000-4-44 luku 444)
- o) jännitteelle alttiiden osien kytkennät maadoitusjärjestelmään (SFS 6000-4-41 kohta 411)
- p) johtojärjestelmien valinta ja asentaminen (SFS 6000-5-52 luvut 521 ja 522)
- q) yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin ja äärijohtimen kytkentä lampunpitimen kantaosaan (SFS 6000-46 ja SFS 6000-5-53)

Tarkastuksen pitää täyttää myös kaikki erikoistilojen ja -asennusten erityisvaatimukset. (SFS-käsikirja 600-1-1, 2017)

4.2 Testaus

Tässä kohdassa esitellään SFS 6000-6:2017 luvussa 6.4.3 esitellyt testausmenetelmät. Myös muut menetelmät ovat sallittuja, jos niillä päästään vähintään yhtä luotettavaan tulokseen.

Mittaus- ja tarkastuslaitteet ja menetelmät on valittava SFS-EN 61557-standardisarjan asianomaisen osan mukaisesti. Muita mittalaitteita käytettäessä, niiden ominaisuudet ja turvallisuustaso eivät saa olla huonompia.

Seuraavat testit on tehtävä silloin, kun ne liittyvät tarkastettavaan työsuoritukseen. Testit tehdään mieluiten seuraavassa järjestyksessä:

- a) suojajohtimien jatkuvuus
- b) eristysresistanssi
- c) eristysresistanssin testaus, jolla varmistetaan SELV- ja PELV-piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus
- d) syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan varmistamisen testaus
- e) lisäsuojauksen tehokkuuden varmistamisen testaus
- f) kiertosuunnan mittaus
- g) toimintatestit
- h) jännitteenalenema.

Jos jossakin testissä havaitaan vika, tämä ja sitä edeltävät testit, joissa saatuun tulokseen havaittu vika on voinut vaikuttaa, on toistettava vian korjauksen jälkeen.

Jos testauksia tehdään räjähdysvaarallisessa tilassa, on käytettävä sopivia SFS-EN 60079-17 mukaisia turvatoimenpiteitä.

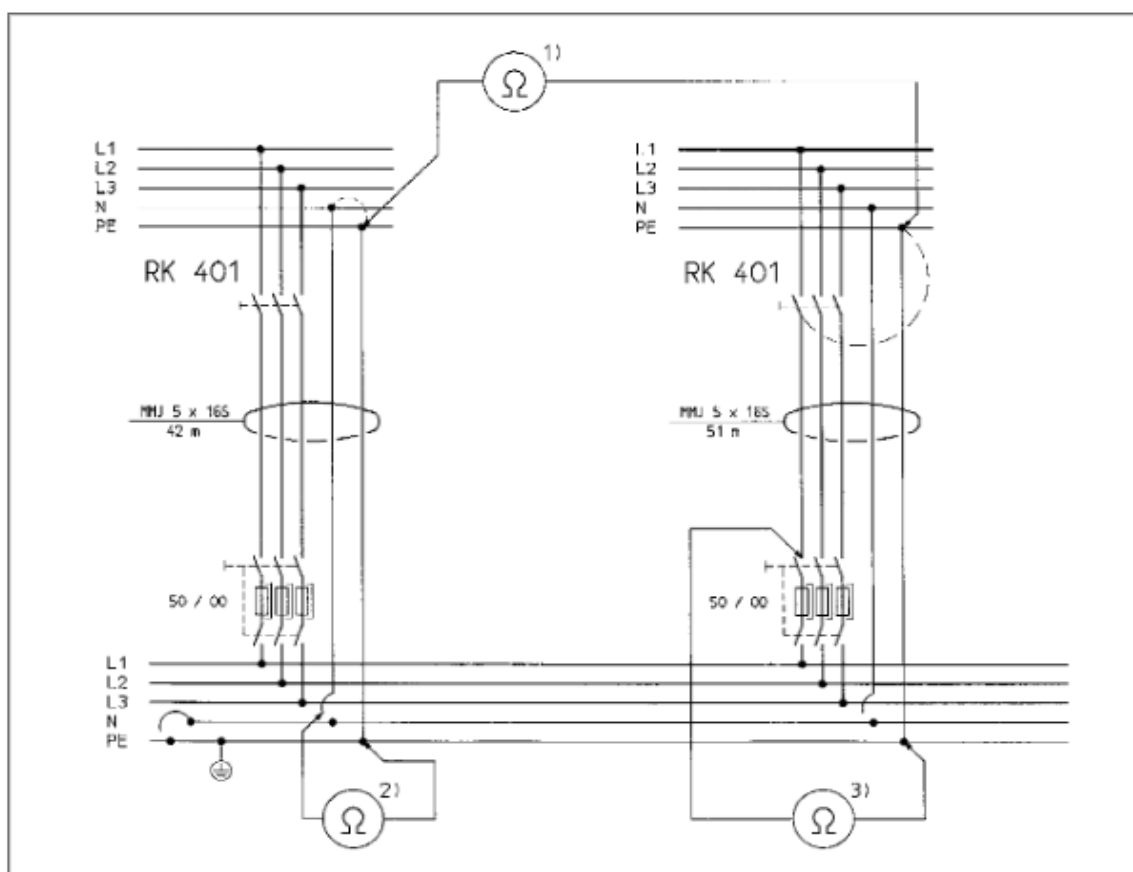
(SFS-käsikirja 600-1-1, 2017)

4.3 Suojajohtimen jatkuvuus

Johtimen ja liitosten johtaviin osiin jatkuvuus on testattava mittaamalla seuraavat resistanssit:

- suojajohtimet mukaan luettuna suojaavat potentiaalintasausjohtimet
- jännitteelle alttiit osat.

(SFS-käsikirja 600-1-1, 2017)



KUVA 1. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen (Saastamoinen & Saarelainen, 2012)

Testi suoritetaan jännitteettömänä mittaamalla jännitteelle alttiin osan, kuten pistorasian suojakoskettimen, kiinteästi asennetun sähkölaitteen johtavien osien tai potentiaalintasaukseen liitetyn osan sekä lähimpänä olevan pääpotentiaalintasaukseen liitetyn pisteen välinen suojajohtimen resistanssi kuvassa 1 esitellyllä tavalla.

(D1-2017, 2018)

4.4 Asennuksen eristysresistanssi

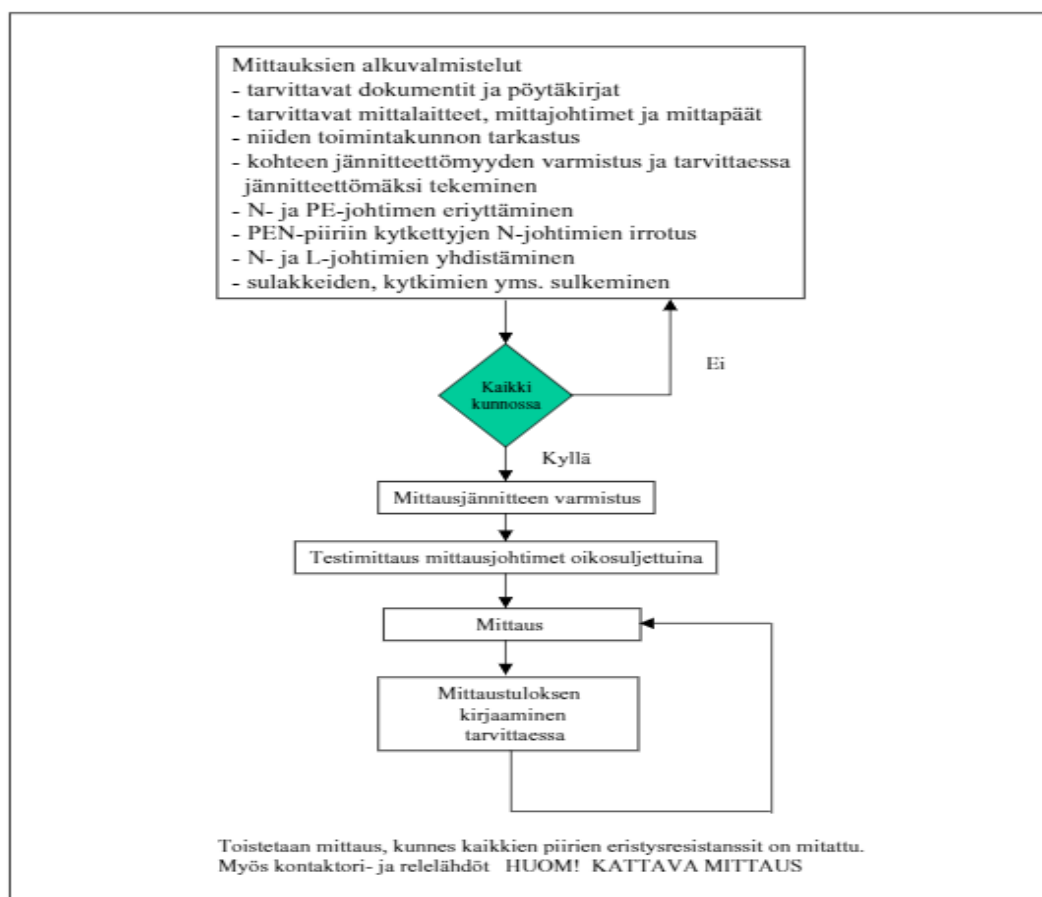
Mittauksen tarkoituksena on varmistaa jännitteisten osien riittävä eristys maasta.

Eristysresistanssi on mitattava seuraavasti:

- a) jännitteiset johtimien väliltä
- b) jännitteiset johtimet ja maadoitusjärjestelmään liitettyjen suojajohtimien välillä.

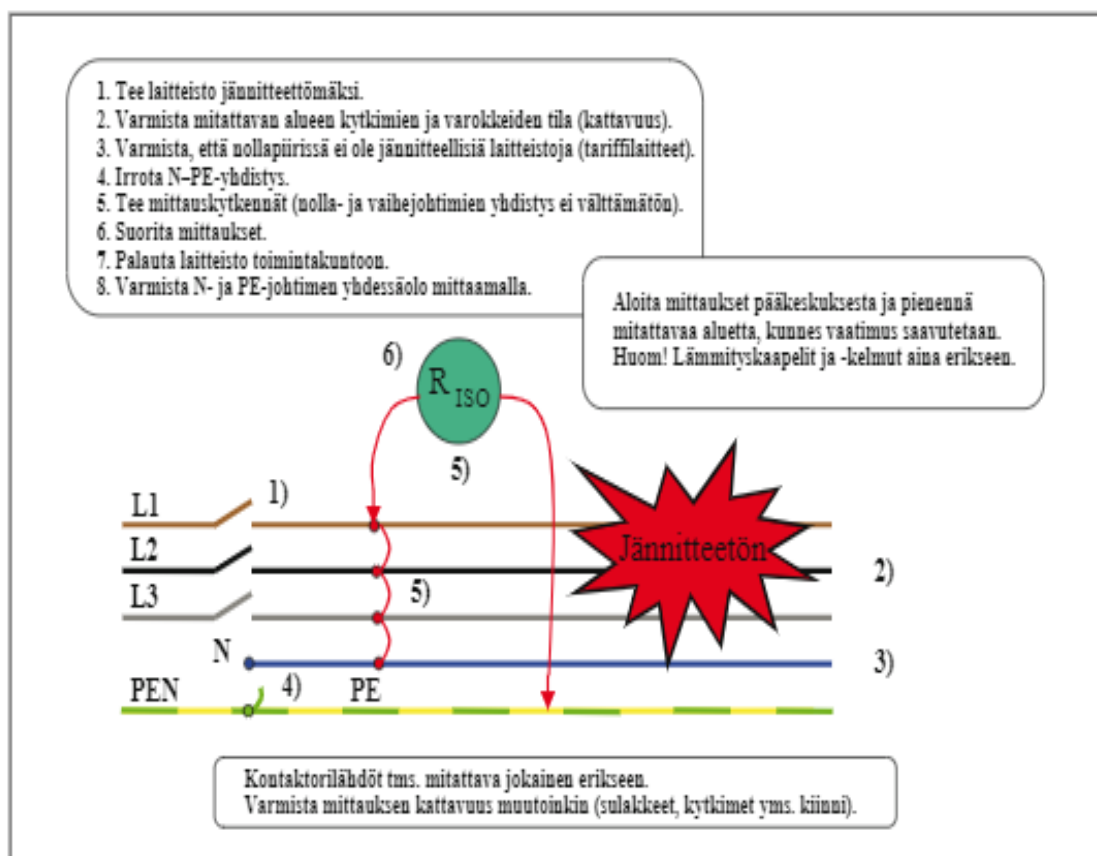
Käytännössä voi olla tarpeen suorittaa jännitteisten johtimien välinen mittaus asennuksen aikana ennen laitteiston kytkemistä.

Eristysresistanssi mitataan jännitteisten johtimien välillä vain silloin, kun se erikseen sovitaan esim. pääjohtojen osalta. Kuvassa 2 esitellään eristysresistanssimittauksen vaiheet.



KUVA 2. Eristysresistanssin mittauksen vaiheet (Saastamoinen & Saarelainen, 2012)

Jos piiri sisältää laitteita, jotka voivat vaikuttaa tuloksiin tai vahingoittua, mittaus suoritetaan yhteen kytkettyjen äärijohtimien ja nollajohtimen sekä maan väliltä kuvan 3 mukaan. Yleensä mittaus suoritetaan 500 V jännitteellä, mutta jos edellä mainittuja laitteita ei voida kohtuudella erottaa voidaan testaus suorittaa 250 V:n tasajännitteellä. Mittaustulosten tulee kuitenkin olla taulukon 1 mukaisia ja käytettävä mittausjännite tulee merkata tarkastuspöytäkirjaan.



KUVA 3. Eristysresistanssin mittaaminen (Saastamoinen & Saarelainen, 2012)

Eristysresistanssi on riittävän hyvä, jos eristysresistanssin arvo mitattuna taulukon 1 mukaisilla koejännitteillä on vähintään yhtä suuri kuin taulukossa 1 esitetyt arvot. Eristysresistanssi voidaan mitata pääkeskuksesta ja jokaisesta pääjohdosta erikseen kaikkien ryhmäjohtojen ollessa liitettynä, mutta sähkölaitteet erotettuna.

TAULUKKO 1. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot (Taulukko 6.1 SFS-käsikirja 600-1-1, 2017)

Virtapiirin jännitejärjestelmä tai nimellisjännite	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssin minimiarvo MΩ
SELV JA PELV	250	0,5
Enintään 500 V FELV mukaan luettuna	500	1,0
Yli 500 V	1000	1,0

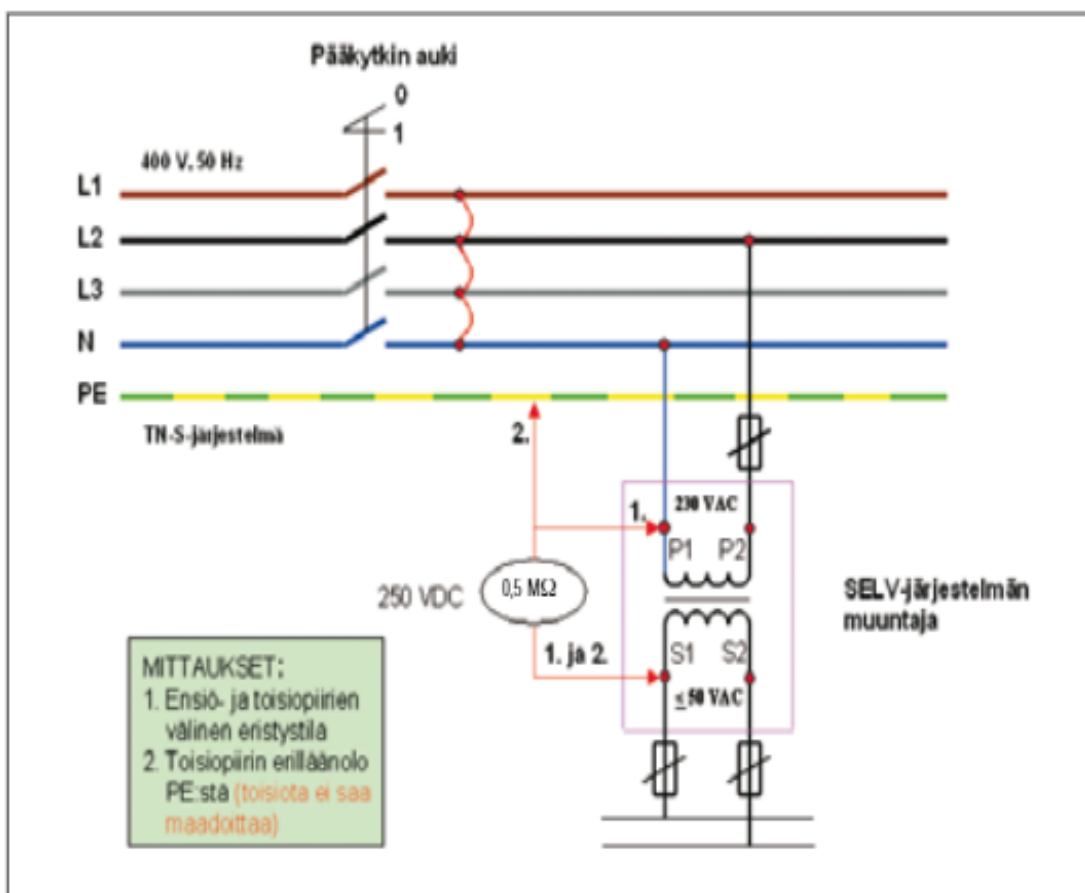
Taulukkoa 1 sovelletaan myös maadoittamattomien suojajohtimien ja maan välisen eristysresistanssin tarkastukseen.

FELV-piirit pitää testata niiden tehollisen syöttöpuolella käytettävän jännitteen mukaisella testijännitteellä.

(Saastamoinen & Saarelainen, 2012) ja (SFS-käsikirja 600-1-1, 2017)

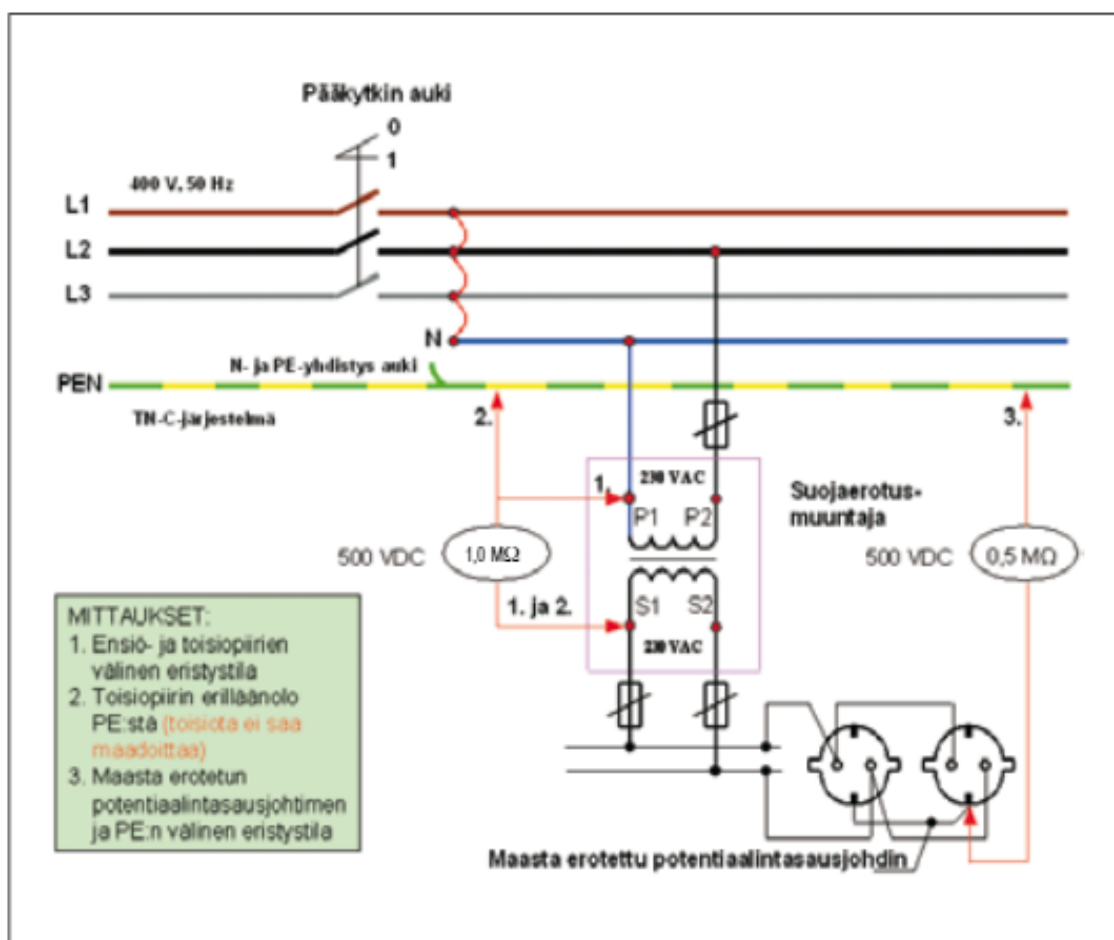
4.5 Suojaus SELV- tai PELV-järjestelmällä tai sähköisellä erotuksella

SELV- tai PELV-järjestelmissä käytetään pienenjännitettä ($U \leq 50 \text{ V AC}$ tai $\leq 120 \text{ V DC}$) (SFS-IEC 60449). Järjestelmät erotetaan suojaerotuksella muista piireistä ja peruseristyksellä muista SELV- tai PELV-järjestelmistä. SELV-järjestelmissä peruseristys SELV-järjestelmän ja maan välillä ja PELV-järjestelmässä voidaan toinen toisiopuolen navoista tai jännitteelle alttiit kosketeltavat osat yhdistävät suojamaadoitukseen. SELV- ja PELV-järjestelmien mittapiiri on esitelty kuvassa 4. Tarkemmat määritelmät löytyvät SFS 6000-4-41:2017 standardin luvusta 414.



KUVA 4. SELV- ja PELV-järjestelmien eristysresistanssin mittaaminen (Saastamoinen & Saarelainen, 2012)

Sähköinen erotus suoritetaan kuvan 5 osoittamalla tavalla. Sähköisessä erotuksessa perussuojaukseen käytetään jännitteisten osien peruseristystä, kotelointia tai suojuksia SFS 6000-4-41:2017 liitteen 41A (liite 3: Perussuojauksen menetelmät) mukaisesti ja vikasuojaukseen käytetään erotettujen osien yksinkertaista erotusta muista piireistä ja maasta.



KUVA 5. Sähköinen erotus (Saastamoinen & Saarelainen, 2012)

Jännite ei saa ylittää 500 V ja erotettua virtapiiriä tulee syöttää vähintään yksinkertaisen erotuksen antavan tehollähteen kautta. Sähköisesti erotetun virtapiirin jännitteisten osien erotus muiden virtapiirien jännitteisistä osista ja maasta tulee varmistaa mittaamalla.

Tarkemmat kuvaukset SELV, PELV ja FELV pienoisjännitejärjestelmistä on esitelty liitteessä 3.

Napaisuus tarkastetaan tarvittaessa asennuksen liittymiskohdassa ennen jännitteen kytkemistä ja monivaiheisissa piireissä kiertosuunta on myös tarkistettava.

(SFS-käsikirja 600-1-1, 2017) ja (Saastamoinen & Saarelainen, 2012)

4.6 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta

Vikasuojauksen toimivuus syötön automaattista poiskytkentää käytettäessä tarkastetaan alla esitetyillä menetelmillä. (SFS-käsikirja 600-1-1, 2017)

Yleisin menetelmä syötön automaattisen poiskytkennän varmistamiseen TN-järjestelmässä on vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen. Mittauksen perusteella määritellään vikatapauksessa syntyvä oikosulkuvirta ja verrataan saatua arvoa suojalaitteiden taulukkoarvoihin. Vaihtoehtoisesti riittää suojajohtimien jatkuvuuden tarkastaminen, jos impedanssin mittaaminen ei ole mahdollista edellyttäen, että vikavirtapiirien tai suojajohtimien resistanssia koskevat laskelmat ovat käytettävissä.

Suojalaitteiden ominaisuudet ja/tai tehokkuus on tarkastettava ylivirtasuojilla aistinvaraisella tarkastuksella tai muulla sopivalla menettelyllä ja vikavirtasuojilla aistinvaraisella tarkastuksella ja testaamalla. Vikavirtasuojauksella toteutetun syötön automaattisen poiskytkennän tehokkuus tulee tarkastaa käyttämällä sopivaa SFS-EN 61557-6 mukaista testauslaitetta. Laukaisun tulee tapahtua mitoitustoimintavirtaa $I_{\Delta n}$ pienemmällä tai yhtä suurella sinimuotoisella vikavirralla.

Vikavirtasuojauksella toteutetun vikasuojauksen silmukkaimpedanssia tai oikosulkuvirtaa ei tarvitse selvittää, mutta vikavirtasuojauksen toiminta täytyy aina todeta.

Suojajohtimen jatkuvuus on mitattava kohdassa 4.3 esitetyllä menetelmällä ennen vikavirtapiirin impedanssin mittaamista.

Silmukkaimpedanssin mittaaminen tehdään silmukkavastusmittarilla ryhmäjohton kauimmaisessa kohdassa kuvan 6 mukaisesti. Impedanssin sijasta voidaan vaihtoehtoisesti mitata vikavirtapiirin oikosulkuvirta. Mittalaite laskee oikosulkuvirran jännitteen ja impedanssin avulla muuntajan tähtipisteen kautta vaihe- ja maajohtimen välistä alla olevalla kaavalla.

$$I_k = \frac{U_v}{Z_s} \quad (1)$$

I_k = Oikosulkuvirta (A)

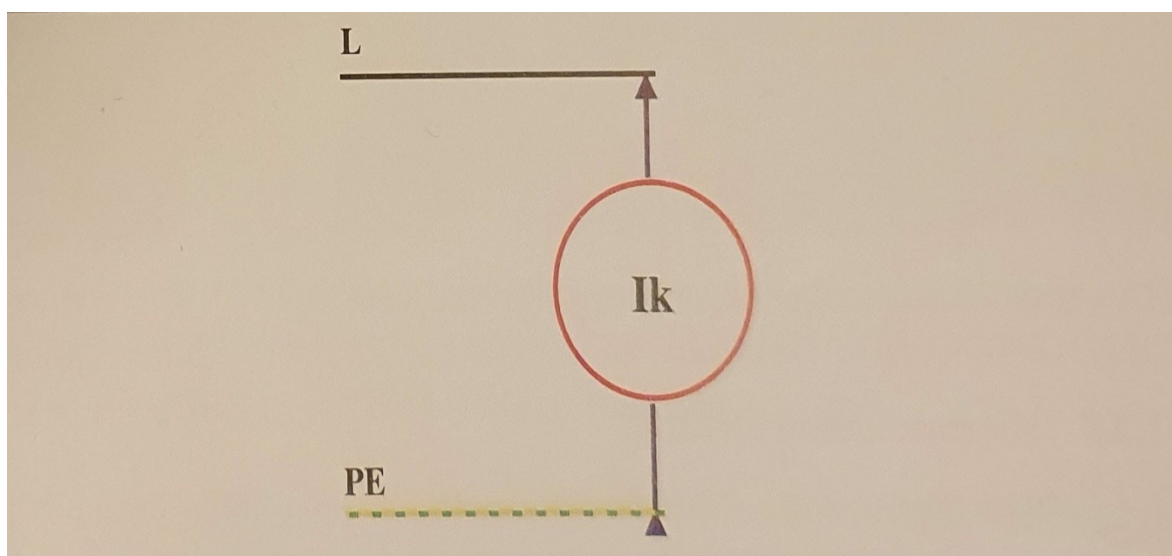
U_v = Vaihejännite (V)

Z_s = Silmukkaimpedanssi (Ω)

Mikäli mittauksessa käytetään oikosulkuvirran laskemiseen laskettua silmukkaimpedanssin arvoa, niin laskutoimituksessa käytetään 0,95 korjauskerrointa, jolla korjataan kytkentöjen aiheuttama impedanssi. Tällöin käytetään seuraavaa kaavaa:

$$I_k = \frac{U_v * 0,95}{Z_s} \quad (2)$$

Mittaus suoritetaan piirin nimellistaajuudella. Yleensä riittää, että mittaus tehdään jokaisesta keskuksista ja kunkin keskuksen epäedullisimmiksi arvioituista pisteistä. Mittaustuloksista voidaan päätellä, tapahtuuko nopea poiskytkentä kaikissa asennuksen kohdissa vai tarvitaanko lisämittauksia. Saatujen arvojen perusteella lisäysten ja laajennusten toteutustapa on tulevaisuudessa helppo päätellä.



KUVA 6. Silmukkaimpedanssin mittaus (D1-2017, 2018)

Suojausehtojen toteutumisen varmistamiseksi on selvítettävä pienin sallittu oikosulkuvirran arvo, jolla suojalaite toimii vaaditussa ajassa. Seuraavissa taulukoissa on esitelty pienimmät sallitut oikosulkuvirrat eri suojalaitteille eri toiminta-aikoina.

Mittaustemperatuurilla on alhaisempi kuin vikatilanteen lämpötila, joten mitattujen oikosulkuvirtojen tulee olla 25 % suurempia kuin suojalaitteiden toimintavirrat.

TAULUKKO 2. Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot (Taulukot 41.4a ja 41.4b D1-2017, Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 2018)

Nimellisvirta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	K-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	37,5	60	75	120	150	72	90
10	50	62,5	100	125	200	250	120	150
13	65	81,3	130	162,5	260	325	156	195
16	80	100	160	200	320	400	192	240
20	100	125	200	250	400	500	240	300
25	125	156,3	250	312,5	500	625	300	375
32	160	200	320	400	640	800	384	480
50	250	312,5	500	625	1000	1500	600	750
63	315	393,8	630	787,5	1260	1575	756	945
80	400	500	800	1000	1600	2000	960	1200
125	625	781,3	1250	1562,5	2500	3125	1500	1875

TAULUKKO 3. Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot (Taulukko 41.5 D1-2017, Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 2018)

Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80			425	531,3
100			580	725
125			715	893,8
160			950	1187,5
200			1250	1562,5
250			1650	2062,5
315			2200	2750
400			2840	3550
500			3800	4750
630			5100	6375

Haasteellisinta on selvittää suojattavan piirin oikosulkuvirran riittävyys. Tämä kannattaa selvittää jo suunnitteluvaiheessa, jolloin sitä ei välttämättä tarvitse mitata työn valmistuttua. Suojauksen korjaaminen voi myös jälkepäin olla työlästä.

Oikosulkuvirta tulee määrittää vaihe- ja suojajohtimen välisessä oikosulussa. Se voidaan joko mitata tai laskea. Laskentamenetelmät on määritelty IEC 909 standardissa.

(Saastamoinen & Saarelainen, 2012), (SFS-käsikirja 600-1-1, 2017) ja (D1-2017, 2018)

4.7 Lisäsuojauksen testaus

Lisäsuojauksen toiminta tarkastetaan sekä aistinvaraisesti, että testaamalla. Mittauksessa tulee käyttää SFS-EN 61557-6 standardin mukaista testilaitetta. Testauksessa tarkastetaan vikavirtasuojien testipainikkeen toiminta ja mitataan ettei vikavirtasuojan toimintavirta ylitä nimellistoimintavirtaa. Testauksessa suositellaan käytettäväksi niin sanottua ramppitestiä eli vikavirtasuojan todellinen toimintavirta mitataan nousevalla vikavirralla, jolloin varmistutaan myös, ettei vikavirtasuoja ole liian herkkätoiminen.

Joissain tapauksissa vaaditaan vikavirtasuojan toiminta-ajan mittaaminen, joten se on syytä suorittaa aina.

Toimintatesteillä tulee testata erilaisten laitteiden kuten keskusten, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteiden, hätäkytkentä- ja hätäpysäytyslaitteiden, eristystilan valvontalaitteiden asennus.

Jännitteenalenemaa ei yleensä käyttöönototarkastuksissa tarvitse selvittää, sillä standardissa ei ole sille vaatimusta. Tarkastus voidaan kuitenkin tehdä joko laskemalla tai mittaamalla, jos siitä on erikseen sovittu.

(Saastamoinen & Saarelainen, 2012), (SFS-käsikirja 600-1-1, 2017) ja (D1-2017, 2018)

4.8 Dokumentointi

Suomessa voimassa olevat käyttöönottotarkastuksen raportoinnin vaatimukset määritellään valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistosta (Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistosta: 1434/2016, 2016) 4 § ja 5 §:ssä.

Käyttöönottotarkastus tulee tehdä aina jokaisesta uudesta asennuksesta tai muutos- tai laajennustyöstä jo olemassa olevaan asennukseen asennuksen valmistuttua. Tarkastuksen tulee sisältää edellä luetellut aistinvaraiset tarkastukset, testit ja mittaukset.

Tarkastuspöytäkirjan sisältö on

- kohteen yksilöintitiedot
- selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta
- yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä
- tarkastusten ja testausten tulokset.

Pöytäkirjassa tulee olla ainakin seuraavat mittaustiedot:

- kaikki eristysresistanssimittausten tulokset
- silmukkaimpedanssimittausten kaikki tulokset
- vikavirtasuojien mittaustulokset
- jatkuvuusmittausten tulokset
- kiertosuunta keskuskohtaisesti.

Tarkastuspöytäkirja tulee varmentaa tarkastuksen tekijän allekirjoituksella tai muulla luotettavalla tavalla. Siinä tulee olla myös sähkötöiden johtajan yhteystiedot.

Jos SFS 6000 standardin vaatimuksista poiketaan, on olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttymisestä laadittava kirjallinen selvitys ennen sähkölaitteiston rakentamisen tai korjaamisen aloittamista. Selvitys on liitettävä sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan.

Tarkastuspöytäkirjasta ja sen täyttöohjeesta löytyvät ST-kortiston tarjoamat esimerkit liitteistä 1 ja 2.

(SFS-käsikirja 600-1-1, 2017) ja (D1-2017, 2018)

5 KÄYTTÖÖNOTTOKOESTUKSET

5.1 Vastaanottokeustus, FAT = Factory Acceptance Test

Vastaanottokeustus (FAT) on laitetoimittajan tiloissa suoritettava valinnainen vaihe, joka suoritetaan suunnittelun ja valmistuksen jälkeen sen varmistamiseksi, että laite noudattaa suunnittelumääräyksiä ja toimii oikein. Asiakkaat voivat halutessaan suorittaa FAT:n varmistaakseen, että komponentit ja säätimet toimivat tarpeen mukaan. Tehtaalla suoritettavalla testauksella on useita etuja, erityisesti se, että ongelmat tunnistetaan ennen laitteiden lähtöä tehtaalta.

(Central States Industrial, 2021)

5.2 Käyttöönottokeustus, SAT = Site Acceptance Test

Käyttöönottokeustus (SAT) suoritetaan laitteen toimituksen jälkeen asiakkaan tiloissa. Sen tarkoituksena on varmistaa, ettei laitteistoon ole tullut vaurioita tai muutoksia lähetysten aikana ja se toimii, kuten on tarkoitettu. Tämä prosessi sisältää tyypillisesti koneiden/laitteiden täydellisen toiminnallisen testauksen sen jälkeen, kun ne on asennettu ja integroitu tukijärjestelmiin.

(ACS, 2021)

Selkeyden vuoksi tässä työssä käytetään testeistä englanninkielisiä termejä, sillä SAT käännetään usein käyttöönottotestiksi ja tässä työssä perehdytään nimestä huolimatta tarkemmin FAT:iin.

6 LÄHTÖTILANNE

Olin mukana eräässä Valmetin projektissa Ruotsissa, jossa havaittiin virheitä ja puutteita teollisuuskäyttöön tarkoitettujen sähkökeskusten dokumentoinnissa. Näiden havaintojen perimmäisiä juurisyitä ja ratkaisuja lähdettiin kartoittamaan keskustelemalla työn tilaajan kanssa sekä haastatteleamalla eri asemassa toimivia Valmetin ja yhteistyökumppaneiden asiantuntijoita. Työn aikana käytiin myös tutustumassa Puolassa keskusvalmistajan tiloissa FAT:in.

Selvityksessä ilmeni, etteivät keskusvalmistajilla ole aina tarjolla kunnon tiloja tai valmiutta tarkastuksiin. Keskusvalmistaja ei ole käyttänyt tietokatkoksista johtuen viimeisimpiä kuvia ja listoja eikä keskuksia ole saatu tehtyä valmiiksi FAT:in tai ne ovat tehty huonosti. Huolelliseen testaukseen ei ole myöskään aina varattu riittävästi aikaa.

Työn tilaajalla ei ollut selkeää tarkastuslistaa, josta voitiin todeta keskusten olevan sellaisia kuin oli tilattu ja keskustoimittajan suorittaneen asianmukaiset testit, mittaukset ja tarkastukset. Työssä laaditaan työn tilaajalle yleispätevä tarkastuslista keskusten tarkastukseen, jota voidaan käyttää myös kansainvälisissä keskusvalmistusprojekteissa.

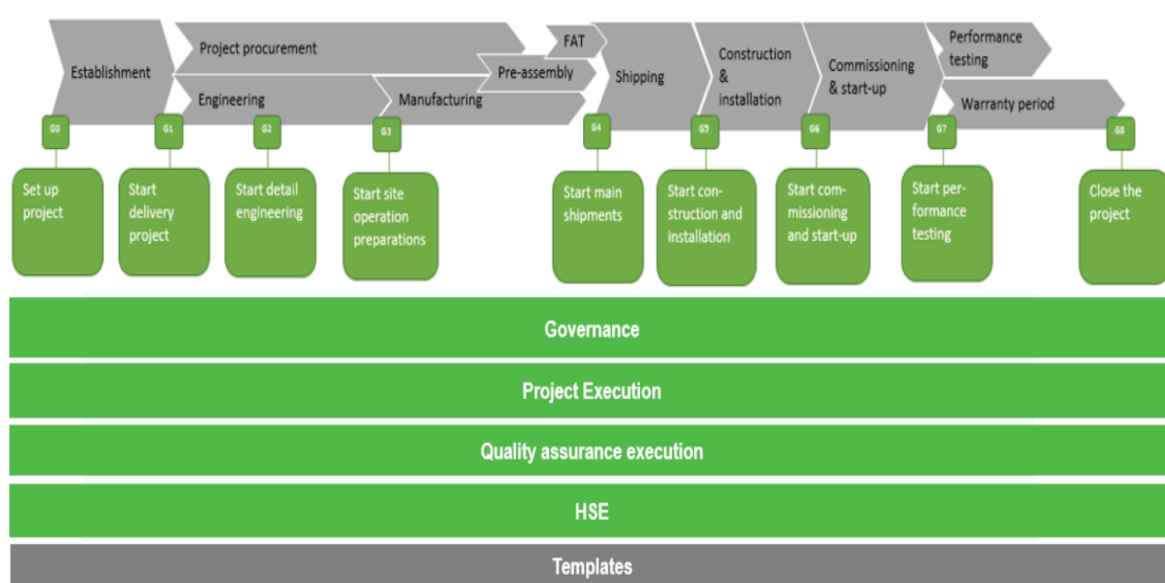
(Asiantuntijat, 2021)

7 ASIAKASPROJEKTIN JA KESKUSVALMISTUKSEN VAIHEET

Valmet on suuri kansainvälinen teknologia-alan yritys ja se on vakiinnuttanut vuosien saatossa laajan asiakaskunnan. Valmetin asiakkailta tulee ympäri maailman toimeksiantoja, joihin Valmet vastaa tarjoamalla kullekin asiakkaalle parhaiten asiakkaan tarpeita vastaavan ratkaisun.

Projektit voidaan jakaa karkeasti neljään eri vaiheeseen: esiselvitykseen, suunnitteluun, toteutukseen ja päättämiseen.

Valmetin asiakasprojektit etenevät pääpiirteittäin kaavion 1 mukaan.



KAAVIO 1. Projektin eteneminen (Valmet Sharepoint, 2021)

Toimeksiannon jälkeen tehdään syvempi selvitys pohjatiedoista ja projektin tavoitteista, jonka pohjalta voidaan laatia tarkempi projektisuunnitelma. Projektipäällikkö vastaa projektisuunnitelmasta eli siitä, miten projektin tavoitteet saavutetaan. Suunnitelmassa selviää henkilötasolla, kuka tekee mitään ja missä aikataulussa. Projekti ositetaan pienempiin osiin, jotta projektin kokonaisuuden hallitseminen on helpompaa ja jokainen osio aikataulutetaan ja resursoidaan. Alustava projektisuunnitelma ja tarjous hyväksytetään asiakkaalla. Muutostoiveet asiakkaan suunnalta ovat todennäköisiä.

Suunnittelijoiden saatua lopulliset tyyppikaaviot, kuormaluettelon ja suunnittelutiedot valmiiksi dokumentaatio hyväksytetään asiakkaalla ja keskusvalmistaja tilaa komponentit, joilla on pitkä toimitusaika. Asiakkaan hyväksytyä suunnitelmat valmistustietoihin tehdään muutoksia vain tapauskohtaisesti todellisten kustannusten mukaan. Tätä ennen komponenteille sovelletaan erillistä yksikköhinnastoa. Lopullisen dokumentaation valmistuttua keskusvalmistaja tilaa myös loput tarvittavat komponentit. Komponenttien saavuttua tehtaalle kokoonpanijat asentavat komponentit

keskuskaappeihin, jonka jälkeen keskusvalmistaja suorittaa valmiille keskuksille omat standardeissa määritellyt sisäiset tarkastukset ja testaukset (kappale 4 Käyttöönototarkastus). Asiakas suorittaa mahdollisesti keskuksille vielä oman vastaanottokoestuksensa eli FAT:n (kappale 5.1

Vastaanottokoestus, FAT = Factory Acceptance Test), jossa tarkastetaan keskuksia tarkasti läpi mahdollisten puutteiden ja vikojen osalta. Keskusvalmistaja korjaa kaikki omien ja ulkopuolisten tarkastajien havaitsemat muutokset, jonka jälkeen keskuksia pakataan ja lähetetään asiakkaalle.

Kuljetuksen jälkeen keskuksia asennetaan työmaalla ja mahdolliset loput puutteet korjataan, jos niitä ei ehditty tai ei ollut mahdollista korjata keskusvalmistajan tiloissa. Työmaalla varmistetaan käyttöönototesteillä (kappale 5.2 Käyttöönotto-koestus, SAT = Site Acceptance Test), että keskuksia toimivat myös työmaalla, kuten niiden tulee toimia.

Projektin seuranta on erityisen tärkeää, eli projektiryhmän on hyvä kokoontua säännöllisesti ja raportoida oman osuutensa edistymisestä projektipäällikölle. Yhteisiä seurantapalaveria on hyvä pitää riittävästi myös asiakkaan kanssa.

Projektin päättyessä pidetään projektiryhmän kanssa loppupalaveri ja lopulliset dokumentit arkistoidaan ja toimitetaan asiakkaalle. Laitteiston toiminnan tarkkailu jatkuu toki koko sen elinkaaren ajan. Takuuajan jälkeen projekti voidaan kuitenkin sulkea.

(Osuuskunta, 2021), (Valmet sharepoint, 2021) ja (Asiantuntijat, 2021)

8 FAT-OHJEISTUKSET

Tässä osiossa esitellään vastaanottokestuksen eli FAT:n (kappale 5.1) vaiheet ja ohjeistukset jokaiseen vaiheeseen, mitä tulee huomioida. Ohjeet esitellään sekä suomeksi että englanniksi. Englanninkielinen versio on kirjoitettu FAT-muistion sisälle (liite 4 FAT memo).

Keskusvalmistaja on suorittanut ennen vastaanottokestuksia kojeistolle standardeissa määritellyn käyttöönottotarkastuksen (kappale 4) ja laatinut tarkastuksesta pöytäkirjan, josta näkyvät saadut tulokset.

FAT:n suorittava henkilö laatii tarkastuksesta muistion tarkastusten aikana, jossa tulee esittää tietokentässä FAT:n suorittajan tiedot, päivämäärä, projektin tiedot, sekä vastaanottajat. Muistiossa esitellään FAT:ssa havaitut viat ja puutteet. Muistion alkuun kirjataan mahdolliset huomioonotettavat asiat. Muistio käydään lopuksi läpi FAT:n suorittajien, keskusvalmistajan ja työn tilaajan kesken.

8.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen tarkastus on isoin osuus tarkastuksissa, sillä siinä katsotaan koko tarkastuksen ajan kaikki visuaaliset virheet ja puutteet. Kuvassa 7 nähdään ettei kyseistä keskusta ole vielä saatu täysin valmiiksi tarkastuksia varten. Keskuksesta puuttuu vielä lähtöjä ja tekstikylttejä. Kaikki tällaiset kuvan mukaiset huomiot kirjataan muistioon ylös.



KUVA 7. Aistinvarainen tarkastus

Seuraavat kohdat tulee ottaa huomioon keskusten visuaalisessa tarkastuksessa:

- dokumentaation tarkistus ja on käytetty viimeisintä versiota
- keskuksessa pitää olla arvokilpi ja siitä löytyä kaikki vaadittavat tiedot ja tietojen oltava oikein
- keskusten tunnuksat ja kuvaukset on asennettu, ja ne ovat oikein asiakkaan vaatimusten ja suunnitelmien mukaisia
- komponentit ovat oikeat ja ovat merkattu asianmukaisesti
- PE-merkinnät löytyvät ovista ja maadoitusliittimiä on riittävästi kaapelikuiluissa
- PE/N-yhdistyksen merkintä löytyy ovista
- väyläkaapelointi merkintöineen
- kosketussuojat löytyvät ja asennetaan paikoilleen testauksen jälkeen

- liittimet ovat oikean kokoiset suunnitelluille kaapeleille ja liittimet ovat sijoiteltu siten, että kaapelointi on mahdollista
- syöttölaiteluettelot löytyvät ovien sisäpuolelta.

8.2 Testaukset

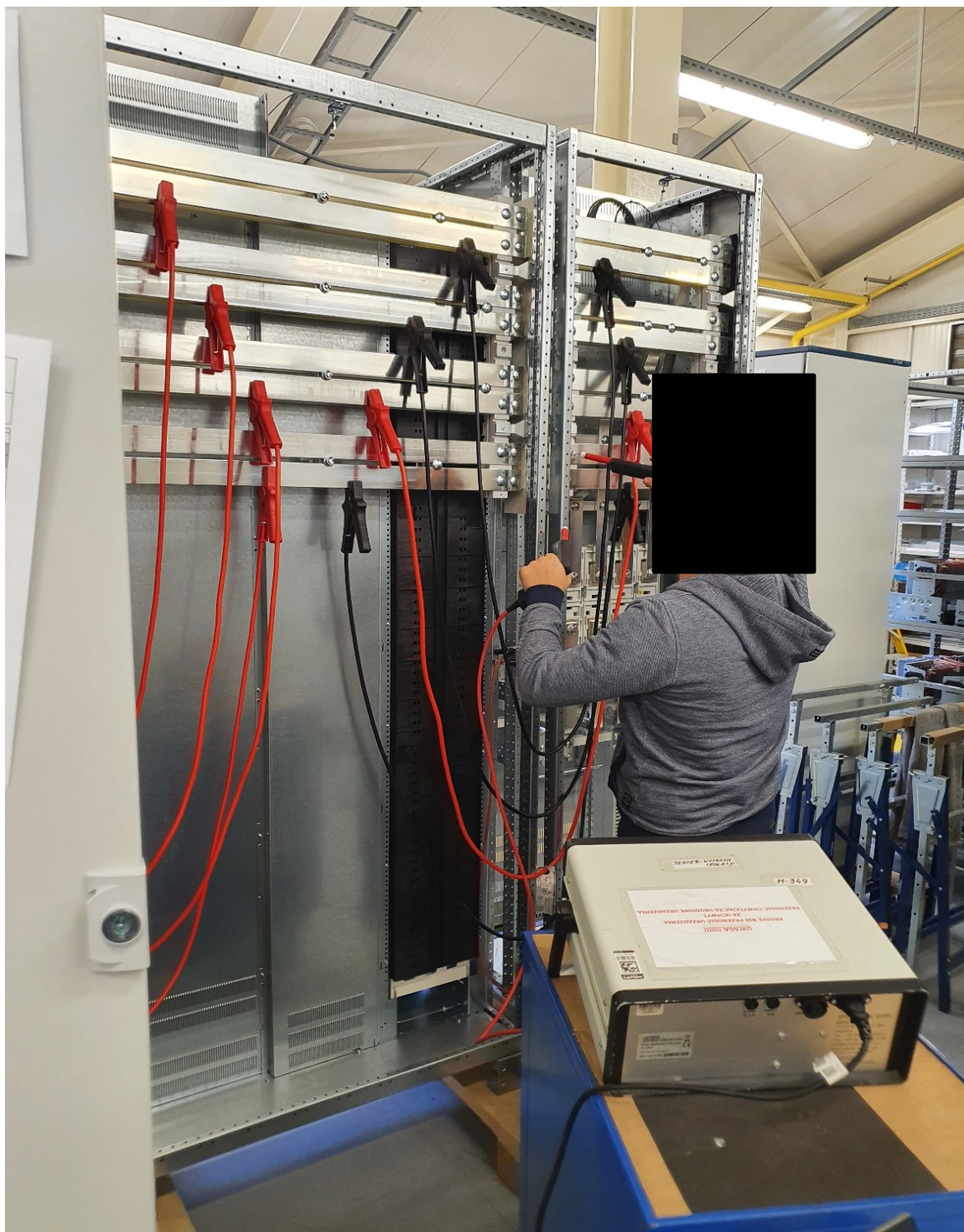
Keskuksille ja kojeistoille suoritetaan FAT:ssa erilaisia testejä, joilla varmistetaan laitteiston oikeaoppinen asennus ja oikeanlainen toiminta.

Ovien lukitukset ja lukkojen toiminta käydään kuvassa 8 läpi mekaanisesti. Oven lukituksen tulee toimia kytkimen ollessa kiinni asennossa. Oven lukot eivät saa olla liian tiukat ja oven tulee olla riittävän kireällä.



KUVA 8. Ovien lukkojen testaus

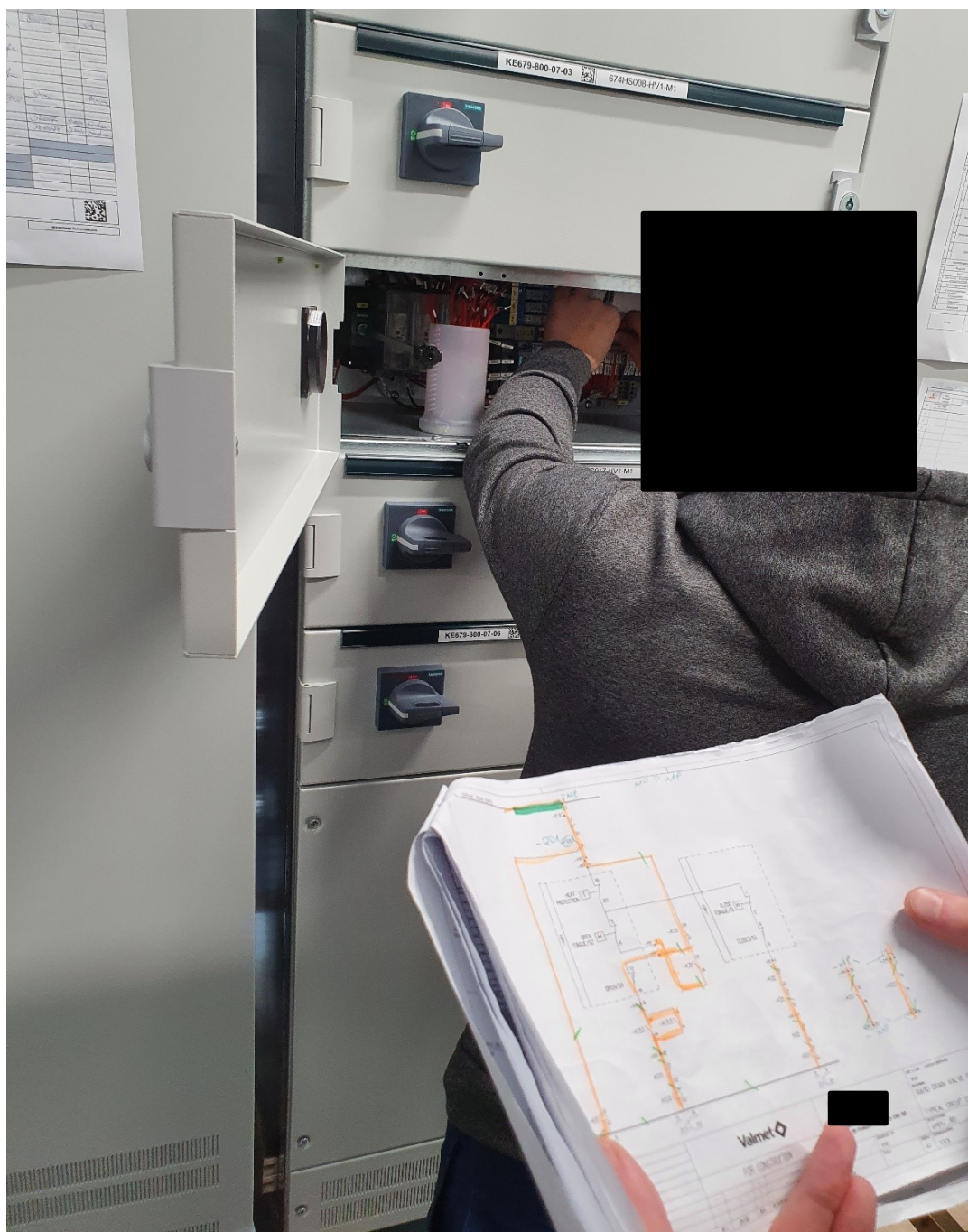
Sähkökestoisuus testataan kuvan 9 mukaisella tavalla rungon ja jokaisen vaiheen välillä ja sillä varmistetaan, ettei missään ole oikosulkua. Testaukseen käytetään korkeajännitetesteriä. Jännite on yleensä suuruudeltaan $2 * U + 1000 V$. U tarkoittaa keskuksen käyttöjännitettä. Testistä käytetään myös nimitystä HIPOT-testi.



KUVA 9. HIPOT-testi

Keskuksista käydään sähköiset toiminnot läpi, jotta varmistetaan keskuksen oikeanlaisesta toiminnasta. Kuvassa 10 käydään läpi piirikaavion mukaan moottorilähdön sähköisiä toimintoja, jotta

varmistetaan piirin oikeanlaiselta toiminnalta. Kaikkia samanlaisia lähtöjä ei tarvitse testata, jos lähtöjä on useita, vaan toimintatestit suoritetaan pistokokein muutamalle lähdölle.



KUVA 10. Sähköiset toimintatestit

Suoritettavat toimintatestit ovat

- syöttökentästä mitataan, että tuleva jännite ja virta ovat oikean suuruiset jokaisella vaiheella
- pääkytkimien, lamppujen ja releiden toiminta testataan
- maadoituskytkimien toiminta
- I/O-signaalit ja COM-signaalien testaaminen
- Mahdolliset muut toiminnot, kuten valokaarisuojaus tulee myös testata

- mittamuuntajien toiminta
- hätäseis-kytkinten toiminta
- moottorilähtöjen ohjaus- ja takaisinkytkentä signaalien toiminta.

Keskusvalmistaja asentaa logiikoille testiohjelman, jolla testataan väyläsignaalit. Kuvassa 11 asennetaan moottorinohjauslähdeille testiohjelmia Siemensin Tiaportal -ohjelmointityökalun avulla.



KUVA 11. Testiohjelman asentaminen logiikoille

9 FAT-MUISTIO JA TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Työn tilaajalle laadittiin heidän tarpeittensa mukainen muistio (liite 4 FAT memo) ja tarkastuslista (liite 5 FAT test protocol) englanniksi keskusvalmistuksen vastaanottokoestuksia varten. Muistioon on kirjattu myös ohjeet englanniksi tarkastusten suorittajien tueksi.

FAT-muistio laadittiin Puolassa keskusvalmistajan tiloissa suoritettuna vastaanottokoestuksen pohjalta. Tarkastusten suorittajien tueksi laadittiin ohjeistus englanniksi muistion sisälle Puolassa suoritettujen tarkastusten ja Valmetin asiantuntijoiden kommenttien perusteella. Pääpiirteittäin sama ohjeistus löytyy suomeksi tästä insinööriyöstä kappaleesta 8 FAT-ohjeistukset.

Muistiossa esitellään alussa tietokentässä muistion laatijan tiedot sekä muistion vastaanottajat. Muistioon kirjataan ylös tarkastettavat kohteet ja kaikki havaitut viat ja puutteet sekä muut mahdolliset kommentit. Tarkastusten lopuksi muistioon kirjatut havainnot käydään läpi tarkastajien, keskusvalmistajan ja projektin tilaajan kesken.

Tarkastajien tueksi tehtiin myös muistion ohelle tarkastuspöytäkirja englanniksi. Pöytäkirja toimii rasti ruutuun periaatteella ja siitä on nopea seurata tarkastettavat kohdat. Pöytäkirja on laadittu siten, että sitä voi helposti muokata kunkin tarkastuksen vaatimusten mukaiseksi.

10 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Valmet Technologies Oy:lle yhdenmukaiset tarkastusasiakirjat englanniksi teollisuuden sähkökeskusten vastaanottokoestuksia varten. Dokumentit sisältävät tarkastuspöytäkirjan ja muistion. Muistioon sisältyy ohjeistus vastaanottokoestusten suorittamista varten. Tuotoksen on tarkoitus toimia muistilistana kojeistojen vastaanottokoestuksia suorittaville työntekijöille. Uusien työntekijöiden perehdyttäminen tarkastuksiin on myös helpompaa yhtenäisten tarkastusdokumenttien avulla. Dokumentit soveltuvat pienjännitekojeistojen tarkastuksiin ja niitä voidaan tarpeen mukaan helposti muokata eri tarkastusten vaatimusten mukaan.

Dokumenttien laatiminen tuntui alkuun melko haasteelliselta, kun työn tekijällä ei ollut aiempaa kokemusta vastaanottokoestuksista tai prosessin kokonaisuudesta. Aineiston kerääminen ulkopuolisista tietolähteistä osoittautui myös melko vaikeaksi, kun avointa tietoa ei ollut kovin paljon saatavilla, vaan tarkastusdokumentit ovat yritysten sisäistä tietoa ja toimintamallit poikkeavat jonkin verran tarkastajien sekä yritysten omien käytäntöjen mukaan. Tarkoituksena olikin luoda yhtenäiset dokumenttipohjat tarkastajien tueksi eikä dokumentteja tarvinnut lopulta luoda täysin tyhjältä pohjalta, vaan Valmetin ja yhteistyökumppaneiden asiantuntijoilta löytyi aineistoa aiempien tarkastusten pohjalta yhtenäisten mallien luomiseksi. Insinööriyön aikana tarjoutui myös mahdollisuus lähteä mukaan vastaanottokoestuksiin keskusvalmistajan tiloihin Puolaan keräämään aineistoa työhön liittyen.

Työn aikataulu oli hyvin tiukka ja tämän vuoksi dokumenttien toimivuutta ei päässyt toteamaan käytännössä. Dokumentit on kuitenkin tarkistettu Valmetin asiantuntijoilla ja ne on todettu vaatimusten mukaisiksi. Niiden on tarkoitus tulla tarkastajien käyttöön tulevaisuudessa keskusvalmistusprojekteissa ja tarvittaessa niihin tehdään parannuksia havaintojen mukaan.

Työn aikana asiantuntijoiden kanssa käytyjen keskustelujen ja vastaanottokoestuksissa tehtyjen havaintojen pohjalta todettiin suurimpien epäkohtien löytyvän inhimillisistä virheistä suunnittelussa. Suuren ja nopeasti laajenevan organisaation ongelmana on usein kokonaisuuden hallinta. Jatkossa tulisi kiinnittää vielä enemmän huomiota perussuunnitteluun ja varmistaa, että kaikki projektin osapuolet ovat koko projektin ajan varmasti ajan tasalla, jotta virheet havaittaisiin jo varhaisessa vaiheessa.

Yrityksillä on jo olemassa omia pöytäkirja- ja muistiopohjia, joten tässä työssä laadituista dokumenteista ei työn tilaaja nähnyt kilpailijoiden saavan merkittävää kilpailuetua. Näin ollen kaikki laaditut asiakirjat esitetään julkisessa versiossa kokonaisuudessaan lopputyön liitteissä. Valmetin asiakkaat ja yhteistyökumppanit sekä kaikkien haastateltavien henkilöiden tiedot jätetään työssä julkaisematta salassapitosopimukseen vedoten. Tästä syystä kuvista on jouduttu peittämään kaikkien Valmetin yhteistyökumppaneiden ja asiakkaiden tiedot sekä henkilöiden kasvot.

Minulla ei ollut juurikaan aiempaa kokemusta aiheesta, joten työssä alkuun pääseminen oli hieman haastavaa, mutta asiantuntijat olivat tukena työn aikana ja kokonaisuudessaan opinnäytetyöprosessi

oli erittäin opettavainen. Pääsin työn aikana tutustumaan Valmetin kansainvälisiin projekteihin, joissa opin hahmottamaan kuinka asiakasprojektit etenevät toimeksiannon vastaanottamisesta valmiin tuotteen toimitukseen ja asentamiseen asiakkaalle. Tiukasta aikataulusta ja vähäisestä kokemuksesta huolimatta työlle asetettuihin tavoitteisiin päästiin aikataulun puitteissa. Kiitos tästä kuuluu Valmetin ja yhteistyökumppaneiden tarjoamalle tuelle ja mahdollisuuksille opinnäytetyöprosessin aikana.

LÄHTEET

ACS. (2021). Haettu 7. 10. 2021 osoitteesta ACS: <https://www.acscm.com/services/custom-equipment-process/site-acceptance-testing-sat/>

Asiantuntijat, V. (29. 10. 2021). Product Manager. (H. Tossavainen, Haastattelija)

Central States Industrial. (2021). Haettu 7. 10. 2021 osoitteesta Central States Industrial: <https://www.csidesigns.com/blog/articles/how-to-get-the-most-out-of-your-next-factory-acceptance-test>

D1-2017. (2018). Teoksessa *D1-2017, Käsikirja rakennusten sähköasennuksista*. Helsinki: Sähköinfo Oy.

Osuuskunta. (2021). Haettu 11. 11. 2021 osoitteesta Asiakasprojektin vaiheet: <http://www.nokkos.fi/opiskelijaosuuskunta/tekemisen-tavat/asiakasprojektin-vaiheet/>

Saastamoinen, A.;& Saarelainen, K. (2012). Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. ST-käsikirja 33. Teoksessa *Rakennusten sähköasennusten tarkastukset*. Espoo: Sähkötieto ry.

severi-sähköinfo. (7.. 10. 2021). Noudettu osoitteesta st-kortiston liitteet: <https://severi-sahkoinfo-fi.ezproxy.savonia.fi/Browse/Products#>

SFS-käsikirja 600-1-1. (2017). Teoksessa *Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-1: Yleisvaatimukset (SFS 6000 osat 1-6* (ss. 439-448). Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Sähköturvallisuuslaki: 1135/2016. (16. 12. 2016). Haettu 7. 10. 2021 osoitteesta Finlex: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

Valmet. (2021). Haettu 6. 10. 2021 osoitteesta Yritysesittely: <https://www.valmet.com/fi/>

Valmet sharepoint. (2021). Haettu 10. 11. 2021 osoitteesta Valmet sharepoint: <https://valmet.sharepoint.com/sites/flow-businessesandareas-pe/SitePages/Pulp-and-Energy-Project-Execution.aspx>

Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistosta: 1434/2016. (21. 12. 2016). Haettu 13. 10. 2021 osoitteesta Finlex: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161434>

LIITE 1: KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA ESIMERKKI

10/19/21, 12:57 PM

<https://sahkoinfo.epalvelu.fi/forms/ST-kortisto/644?token=kg3hwk2ljphbw5a4brewruip&doc=5946&ver=>

KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

ST 51.21.05

Liite 512105_ohje.pdf		
Pöytäkirjan nro _____		
Keskuksen nimi ja tunnus _____		
<input type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastus Mikä? _____ <input type="checkbox"/> Muu _____		
PERUSTIEDOT		
Sähkölaitteiston rakentaja		
Yritys _____		
Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
_____	_____	_____
Sähkötöiden johtaja		
Nimi	Puhelinnumero	
_____	_____	
Sähköpostiosoite		

Yhteyshenkilö		
Nimi	Puhelinnumero	
_____	_____	
Sähköpostiosoite		

Kohteen tiedot		
Työnumero	Nimi	
_____	_____	
Kohteen yksilöinti		

Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
_____	_____	_____
Tilaaava yritys		
Nimi		

Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
_____	_____	_____
Tilaaajan yhteyshenkilö		
Nimi	Puhelinnumero	
_____	_____	
Sähköpostiosoite		

<https://sahkoinfo.epalvelu.fi/forms/ST-kortisto/644?token=kg3hwk2ljphbw5a4brewruip&doc=5946&ver=>

1/5

1. AISTINVARAINEN TARKASTUSa) Sähköiskulta suojaus Kunnossa Ei sisälly

Huom!

b) Palosuojaus Kunnossa Ei sisälly

Huom!

c) Johtimet ja johtojärjestelmät Kunnossa Ei sisälly

Huom!

d) Suoja- ja valvontalaitteet Kunnossa Ei sisälly

Huom!

e) Ylijännitesuojat Kunnossa Ei sisälly

Huom!

f) Erotus- ja kytkentälaitteet Kunnossa Ei sisälly

Huom!

g) Sähkölaitteiden suojausmenetelmät Kunnossa Ei sisälly

Huom!

h) Nolla- ja suojajohtimien tunnuksot Kunnossa Ei sisälly

Huom!

i) Piirustukset, varoituskilvet jne. Kunnossa Ei sisälly

Huom!

j) Tunnistettavuus Kunnossa Ei sisälly

Huom!

k) Päätteet ja liitokset Kunnossa Ei sisälly

Huom!

l) Suoja- ja potentiaalintasausjohtimet Kunnossa Ei sisälly

Maadoituselektrodin rakenne:

 Perustusmaadoitus

Muu, mikä?

Perustelut

m) Sähkölaitteiston vaatima tila Kunnossa Ei sisälly

Huom!

n) Yksivaiheiset kytkinlaitteet Kunnossa Ei sisälly

Huom!

o) Erikoisliit Kunnossa Ei sisälly

Kohdetta koskevat erikoisliit:

Lääkintätila

Liite

Räjähdyksivaarallinen
tila

Liite

Liite

Lisätietoja:

2. SUOJAJOHTIMEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, MAADOITUS-, PÄÄ- JA LISÄPOTENTIAALINTASAJOHTIMET)

Todettu kaikista laitteista ja pistorasioista Suurin resistanssi Ω , ryhmässä _____

Jalkuvuus todettu vaatimusten mukaiseksi

Liitteet: _____

3. ERISTYSRESISTANSSI

Kohde Ryhmä nro $R_g/M\Omega$ Huom

Eristysresistanssit todettu vaatimusten mukaisiksi PE- ja N-johtimien yhdistys on palautettu mittausten jälkeen entiselleen Erikoistoimenpiteet mittausten suorittamisessa:

Liitteet: _____

4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

I_k / A Z_k / Ω Suojalaite In/A (suojalaitteet)

Keskus _____

Epäedullisin piste (0,4 s) _____

Epäedullisin piste (5,0 s) _____

Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu mittaamalla

Vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla

Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset

Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu laskemalla

Liitteet: _____

Vikavirtasuojat

Tyyppi ja käyttötarkoitus Ryhmä nro Nimellisarvo/mitattu arvo t/ms I_n/mA Painike-testaus

Toiminnot todettu standardien vaatimusten mukaisiksi

Liitteet: _____

Käyttötarkoitus: VS = vikasuojaus, LS = lisäsuojaus, PS = palosuojaus

5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS

Keskus 3-vaihepistorasiat Ei sisälly asennukseen

6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT

Koneet ja laitteet Toiminnalliset kokonaisuudet Ei sisälly asennukseen

7. JÄNNITTEENALENEMA

Suurin jännitteenalennema _____%

Saatu mittaamalla

Saatu laskemalla

8. EMC-SUOJAUS

- Kohteessa on käytetty TN-S -järjestelmää
- Maadoitukset ja potentiaalitasaukset on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti
- Asennuksissa on noudatettu laitevalmistajien ohjeita
- Laitelaitteissa on huomioitu asennusympäristön vaatimukset
- Kaapeleiden välyntä, sijoitus ja asentaminen on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti

Muuta, mitä?

Liitteet:

- Sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain 1135/2016 ja valtionneuvoston asetuksen (1436/2016) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset

9. HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE

- Kohteen kunnossapito-ohjelmaa Kohteessa on huolto- ja kunnossapito-ohjelmaa
- vaaditaan Kohteessa on käyttö-, huolto- ja kunnossapito-ohjeet
- ei vaadita Kohteessa on poistumisreititvalaistus
- Kohteessa on poistumisreititvalaistusta koskeva kunnossapito-ohjelmaa

10. SEURAAVA MÄÄRÄAJAISTARKASTUS

- Tarkastus: määräaikaistarkastuksen ajankohta _____
- vaaditaan
- ei vaadita

Huom!

11. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA NOUDATETUT STANDARDIT

Toteutuksessa on noudatettu standardikäsikirjoja SFS 600-1-1 ja SFS 600-1-2 ja

muuta, mitä?

- Kohde on todettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi

12. PALOVAROITTIMET

- Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin ei sisälly palovaroittimia.
- Vakuutamme, että asennetut palovaroittimet täyttävät niille säädöksissä ja määräyksissä asetetut vaatimukset (pelastustoimen laitelaki, asetus palovaroittimien teknisistä ominaisuuksista, sähköturvallisuussäädökset jne.) ja että ne on asennettu ao. suunnitelman mukaisesti.
- Palovaroittimen käyttö- ja huolto-ohjeet on luovutettu.

Selvitys kuinka palovaroittimien virran ja varavirran syöttö on toteutettu:

Lisätietoja:

- Palovaroittimien osalta on laadittu erillinen asennustodistus, jossa on mainittu edellä esitetyt asiat ja joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.

13. ECODSIGN ASETUKSEN 2015/1188 VAATIMUSTEN TÄYTTÄMINEN SÄHKÖLLÄ TOIMIVIEN TILALÄMMITTIMIEN OSALTA

Mikäli käyttöönotettavaan uudisrakentamis-, korjausrakentamis- tai huolto-kohteeseen on asennettu ihmisten käyttöön/lämpöviivyyteen tarkoitettuja sähköllä toimivia tilalämmittimiä kuten, vastuskaapeleilla toteutettuja lattialämmityksiä, kattolämmityksiä tai vastaavia rakenteeseen integroituja lämmittimiä, sähköpattereita, säteilylämmittimiä tai massavaraajia asetuksen 2015/1188 vaatimusten täyttämisen on osoitettava erillisellä pöytäkirjalla (ST 55.05.01).

- Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin ei sisälly asetuksen 2015/1188 piiriin kuuluvia sähkölämmittimiä
- Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin sisältyy asetuksen 2015/1188 piiriin kuuluvia sähkölämmittimiä, joiden vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi on laadittu erillinen pöytäkirja (ST 55.05.01), joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.

14. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)

Päiväys

Allekirjoitus ja nimen selvitys

Päiväys

Allekirjoitus ja nimen selvitys

Mittauksissa käytetyt mittalaitteet:

15. LUOVUTUSMERKINTÄ

a) Ilmoitus kohteen valmistumisesta

tehty:

Verkkoyhtiö

Verkkoyhtiön nimi

 b) Käytön opastus

Sovitu pidettäväksi pvm

 c) Käyttöönototarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen

Liitteet:

 d) Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu

Luettelo piirustuksista ja dokumenteista:

Lisätietoja:

Päiväys

Allekirjoitus ja nimen selvitys

16. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS

Olen vastaanottanut kohdassa 15, Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritukset. Pöytäkirja säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaitteiston käyttöajan.

Päiväys

Allekirjoitus ja nimen selvitys

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

LIITE 2: KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJAN TÄYTTÖOHJE

LIITE 1 1(4)

KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJAN TÄYTTÖOHJE

ST 51.21.05

YLEISTÄ

Pöytäkirjan "Aistinvarainen tarkastus" -osa on toimitettava työmaalle heti, kun kohde aloitetaan. Muut osat ehtivät käyttöön myöhemminkin. Sivut sidotaan toisiinsa ja järjestetään pöytäkirjanumeron avulla. Yleistietoja ei tarvitse toistaa.

Myös kohteeseen kuulumattomat aistinvaraisen tarkastuksen alakohdat (tarkastukset joita ko. kohteessa ei ole tehtävissä tai ei tarvitse tehdä) on merkittävä sarakkeeseen "Ei sisälly".

Keskeneräisessä työssä on varmennettava, että käyttöön ottamattomat asennukset jäävät turvalliseen kuntoon eikä niitä voida ottaa käyttöön maallikolle sallituilla toimenpiteillä.

Pöytäkirja ST 51.21.05 on tarkoitettu käytettäväksi kokonaisuuksien käyttöönottotarkastuspöytäkirjana. Pöytäkirja ST 51.21.06 on tarkoitettu lähinnä pienien korjaus-, muutos- tai laajennustöiden sekä osakokonaisuuksien käyttöönottotarkastuspöytäkirjaksi silloin, kun laajempaa versiota pidetään tarpeettoman laajana.

Pöytäkirjat täyttävät oikein käytettyinä ja täytettyinä sähköturvallisuuslain 1135/2016 sekä siihen liittyvien Valtioneuvoston asetusten (1434/2016, 1435/2016, 1436/2016, 1437/2016 ja 1439/2016) vaatimukset. Allekirjoitettu käyttöönottotarkastuspöytäkirja on luovutettava laitteiston haltijalle.

Pöytäkirjan numero

Annetaan pöytäkirjalle yksilöllinen numero, jolloin siihen on helpompi esim. viitata.

Keskuksen nimi ja tunnus

Kohtaan kirjoitetaan sen keskuksen nimi ja tunnus, josta lähteviä asennuksia tarkastus koskee (esim. Nousukeskus NK1).

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan täyttö

Merkitään, onko kyseessä käyttöönottotarkastus vai jokin muu tarkastus.

Valintaa "muu" on syytä tarkentaa kirjoittamalla tarkennus kohtaan "Mikä?", esim. "Kunnossapitotarkastus".

PERUSTIEDOT

Sähkölaitteiston rakentaja

Merkitään sen yrityksen tiedot, jonka nimissä tarkastuspöytäkirjasta ilmenevät sähköasennustyöt on tehty.

Katuosoite-, postinumero- ja postitoimipaikkatiedoiksi merkitään yrityksen työtä hoitaneen kiinteän toimipisteen tiedot.

Sähkölaitteiston rakentajan yhteyshenkilö

Merkitään sähkölaitteiston rakentajan yhteyshenkilönä

työssä toimineen henkilön nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.

Sähkötöiden johtaja

Sähkötöiden johtajan kohdalle merkitään työssä sähkötöiden johtajana toimineen henkilön nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.

Kohteen tiedot

Työnumerona voidaan käyttää sähkölaitteiston rakentajan kohdekohtaista työ- tai projektinumeroa tai näiden yhdistelmää.

Kirjoitetaan kohteen käyttötarkoitus ja nimi, esim. Asuinkerrostalo, As.Oy Sähkötele.

Kohteen nimessä ja yksilöinnissä käytetään tarvittavia lisätietoja, esim. onko kyseessä koko rakennus vai jokin sen osa. Tärkeää on, että rajausta tehdään riittävän tarkasti ja yksiselitteisesti vastuualueen rajaamiseksi. Tarvittaessa tarkempi rajausta kirjataan lisätietoihin ja/tai erilliseen liitteeseen.

Katuosoite ja postitoimipaikka kirjoitetaan rakentamisaikakohdan mukaisena.

Tilaava yritys

Merkitään sen yrityksen nimi, jonka nimissä tilaus on tehty.

Katuosoite-, postitoimipaikka- ja puhelinnumerotiedoiksi merkitään tilaavan yrityksen toimipisteen tiedot.

Tilaajan yhteyshenkilö

Merkitään tilaajan yhteyshenkilönä toimineen henkilön nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.

1 AISTINVARAINEN TARKASTUS

Jos kohde on tarkastettu ja kunnossa, riittää rasti asianomaiseen ruutuun. Mikäli alakohdan kirjainmerkinnällä ilmoitettu asia ei sisälly tarkastettavaan kohteeseen, rasti tetaan kyseinen kohta.

Havaitut puutteet merkitään Huom-sarakkeeseen tai erilliseen liitteeseen. Suluissa olevat viittaukset ovat standardin SFS 6000 vuoden 2017 painoksen asianomainen kohta, josta löytyy tarvittaessa lisätietoa.

a) Sähköiskulta suojaukseen käytetty menetelmä (osa 4-41)

- Perussuojauksen toimivuus varmistetaan aistinvaraisesti tutkimalla sellaisten suojuksien ja kotelointien olemassaolo, kiinnitys ja eheys yms., joiden tehtävänä on estää jännitteisen osan koskettaminen. Lisäksi tarkastetaan eri tiloista aiheutuvien kotelointiluokkavaatimusten täyttyminen. Myös käyttöön liittyvien varoituskilpien ja vastaavien olemassaolo on tarkastettava (liite 41A).

LIITE 1 2(4)

- Lisäsuojauksen olemassaolo varmistetaan kohteissa, joissa sitä tulee käyttää. Kohteista voidaan mainita mm. vikavirtasuojia pistorasia- ja lämmitysryhmissä tai palovaarallisten tilojen asennuksissa (liite 41X).
- b) Palosuojauksen käyttö ja muut palon leviämisen estämiseksi ja lämpövaikutuksilta suojaamiseksi tehdyt toimenpiteet (osa 4-42 ja luku 527)
- Tässä kohdassa kiinnitetään huomiota sähkölaitteiden läheisyydessä olevien materiaalien palamiseen, sytymiseen tai huononemiseen. Lisäksi tulee huomioida mahdollisten palovammojen riskin eliminointi sekä asennettujen laitteiden turvallisen toiminnan mahdollinen huonontuminen. Tässä kohdassa tulee tarkastaa myös johtojärjestelmien oikea valinta palon leviämisen estämiseksi samoin kuin läpiviennit yms. varsinkin eri palo-osastojen välisissä läpiviennissä.
- c) Johtimien valinta kuormittavuuden kannalta (Osa 4-43 ja luku 523) sekä johtojärjestelmien valinta ja asentaminen (luvut 521 ja 522)
- Todetaan ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksien olemassaolo sekä oikea sijoittelu. Varmistetaan suoja-laitteiden asetelut, selektiivisyys ja yhteensopivuus sekä kiinnitetään huomiota mahdollisiin johdintuoksien muutoksiin alkuperäiseen suunnitelmaan verrattuna erityisesti laskennallisten oikosulkuvirta- arvojen kannalta.
- d) Suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja asetelu (osa 5-53)
- Varmistetaan suoja-, erotus-, kytkentä- ja ohjauslaitteiden oikea valinta ja asennus.
- e) Ylijännitesuojien valinta, sijoitus ja asennus
- Varmistetaan ylijännitesuojien oikea valinta, sijoitus ja asennus, silloin kun ne on vaadittu (luku 534).
- f) Erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus (luku 537)
- Varmistetaan sähkölaitteiden tarvitsemien käyttö- ja ohjauslaitteiden sijainti, huollon aikana mahdollisesti tarvittavat poiskytkentälaitteet ja mahdolliset hätäkytkentälaitteet sekä näiden tarvitsemat kilvet ja käyttömerkinnät.
- g) Sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan (kohdat 422, 512.2 ja 522 sekä osa 804)
- Varmistetaan sähkölaitteiden ja asennuksen oikeellisuus tiloissa, joissa on käsiteltävistä tai varastoitavista materiaaleista johtuva palovaara. Tässä kohdassa varmistetaan myös uloskäytäviin tehtyjen sähköasennusten määräystenmukaisuus. Samoin varmistetaan, että ympäristön lämpötila, ulkoiset lämmönlähteet, veden esiintyminen, vieraat kiinteät aineet, korroosiota tai likaantumista aiheuttavat aineet, iskut, värähtelyt, muut mekaaniset rasitukset, kasvillisuus ja homekasvustot, eläimistön esiintyminen, auringon-säteily, seismiset vaikutukset, tuuli, käsiteltävien ja varastoitavien materiaalien luonne sekä rakenteiden suunnittelu on otettu huomioon sähkötarvikkeissa ja -asennuksissa.
- h) Nolla- ja suojajohtimien tunnuksukset (kohta 514.3)
- Selvitetään johdinvärien oikea ja standardien mukainen käyttö.
 - Muut merkinnät (N, PE yms.).
- i) Piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo (kohta 514.5)
- Tarkastetaan, että kaikki käytön, hoidon ja huollon tarvitsemat dokumentit, varoituskilvet yms. ovat kohteessa helposti saatavilla ja käytettävissä.
- j) Virtapiirin, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus (luku 514)
- Varmistetaan, että kohteessa on käyttäjän kannalta tarpeelliset merkinnät niin, että sähkölaitteiston turvallinen ja virheetön käyttö on mahdollista.
- k) Kaapelien ja johtimien päätteiden ja liittosten sopivuus (luku 526)
- Tarkastetaan, että liittokset on tehty oikein varustein ja menetelmin sekä toteutettu niitä mahdollisesti koskevien erityisohjeiden mukaisesti.
- l) Suojajohtimien, mukaan luettuna pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimien, olemassaolo ja sopivuus (osa 5-54)
- Varmistetaan maadoituselektrodin olemassaolo ja määräystenmukaisuus. Varmistetaan suojajohtimien poikkipinnat ja olemassaolo myös niissä asennuksissa, joissa suojajohdinta ei ensiasennuksen yhteydessä oteta käyttöön, mutta varaudutaan kuitenkin tulevaisuudessa mahdollisesti toteutettaviin muutoksiin (esim. suojausluokan II 2,5 A:n pistorasia-asennukset).
 - Kohtaan merkitään myös kohteessa käytetty maadoituselektrodirakenne. Mikäli kohteessa on käytetty muuta kuin perustusmaadoituselektrodiä, perustellaan muuntyyppisen maadoituselektrodirakenteen valinta.
- m) Sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila (luvut 513 ja 514 ja osa 7-729)
- Varmistetaan, että sähkölaitteiden ja niiden johdotusten ja liittosten luokse pääsee helposti myös myöhempää tarkastusta yms. toimenpidettä varten.
- n) Yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin (luku 537) ja äärijohtimen kytkentä lampunpitiimen kantaosaan (osa 4-46 ja osa 5-53)
- Jo asennusvaiheessa varmistetaan siitä, että yksinapaiset kytkimet on asennettu äärijohtimiin.
- o) Erikoistilat
- Mikäli kohteessa on SFS 6000:n osien 7 tai 8 mukaisia erikoistiloja tai räjähdysvaarallisia tiloja, varmistetaan niitä koskevien määräysten noudattaminen siltä osin kuin ne ovat aistinvaraisesti havaittavissa.
 - Kohdetta koskevat erikoistilat luetaan tässä kohdassa.

2 SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS

Suoritetaan kattava mittaus, jossa mitataan kaikkien PE-, PEN-, pääpotentiaalintasaus- ja lisäpotentiaalintasausjohtimien jatkuvuus. Mittaukset suoritetaan ja merkitään mittauspöytäkirjaan keskuskohtaisesti suoritetuiksi. Jos arvojen todetaan täyttävän vaatimukset, merkitään lisäksi rasti kyseiseen ruutuun. Erillisellä liitteellä kannattaa antaa

mittaustiedot silloin, jos asiakas edellyttää tällaisia tietoja. Aina kuitenkin merkitään suurin esiintynyt suojajohtimen resistanssiarvo ja sen esiintymispaikka riittävällä tarkkuudella.

3 ERISTYSRESISTANSSI

Mittaamalla varmistetaan kaikkien jännitteisten johtimien (L1, L2, L3 ja N) ja maadoitusjärjestelmään kytketyn suojajohtimen välinen eristysresistanssi. Tavanomaisissa tiloissa eristysresistanssi mitataan jännitteisten osien väliltä vain silloin, kun se erikseen sovitaan, esim. pääjohtojen osalta. Palovaarallisissa tiloissa suositellaan lisäksi mitattavaksi eristysresistanssi myös kaikkien jännitteisten johtimien väliltä. Mittaustulosten on täytettävä niitä koskevat vaatimukset, ennen kuin voidaan merkitä asennusten täyttävän standardien vaatimukset. Myös lattia- ja seinäpintojen resistanssi voidaan joutua erikoistapauksissa mittaamaan.

Mikäli mittauksen onnistumiseksi on jouduttu käyttämään erikoistoimenpiteitä, myös niistä on tehtävä merkintä mittauspöytäkirjaan. Tällaisia voivat olla esim. joidenkin laitteiden irrottaminen verkosta mittauksen ajaksi tai madalletun mittaajännitteen käyttäminen. Lämmityskaapeleista ja -kelmuista voidaan tässä kohden ilmoittaa myös muut asennusaikaisetkin tiedot, mutta ne voivat olla myös erillisinä liitteinä. Kyseiseen kohtaan kannattaa laittaa myös merkintä siitä, jos eristysresistanssin mittaus tehdään PEN-järjestelmään.

4 SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

Mittaessa silmukkaimpedanssin ja oikosulkuvirran arvot on nämä mittaukset tehtävä ja merkittävä pöytäkirjaan keskuskohtaisesti siten, että merkinnöistä selviävät sekä keskuksen että epäedullisimman pisteen arvot. Joissain tapauksissa näitä epäedullisimpia pisteitä voi löytyä useampia käytetyistä johdinpoikkipinnoista ja sulakkeista riippuen. Jos käytetään vain laskennallista varmistusta, on pöytäkirjan liitteenä oltava kyseiset laskutoimitukset ja mittausten osalta riittää suojajohtimien jatkuvuuden tarkastaminen. Kohdassa ilmoitetaan myös käytetyn suojalaitteen tyyppi ja nimellisarvo. Katkaisijoissa ilmoitetaan katkaisijan asetusarvot kohdassa "In/A (suojalaitteet)".

Jos suojausmenetelmän toimivuus on varmistettu mittaamalla vikavirtapiiriin impedanssi ja tarkastamalla käytettyjen suojalaitteiden ominaisuudet ja/tai tehokkuus vikavirtasuojan sijoituspisteessä tai sen jälkeen olevassa pisteessä, vikavirtasuojan jälkeisen asennuksen suojauskeinojen toiminnan varmistamiseen riittää suojajohtimien jatkuvuuden mittaus.

Vikavirtasuojien toiminnan oikeellisuus varmistetaan aistinvaraisella tarkastuksella ja testaamalla. Testipainikkeen toiminta varmistetaan painamalla testinappia ja mittaamalla todetaan vikavirtasuojan toimivuus nimellisvirraltaan. Mittaustuloksina esitetään toiminta-aika vikavirtasuojakohtaisesti silloin, kun se on vaatimuksena, ja muu toiminta varmistetaan standardien mukaisesti merkkamalla rasti kyseiseen ruutuun. Tyyppi- ja käyttötarkoitukseltaan merkitään esim. A/S/PS. Merkintä tarkoittaa, että kyseessä on A-tyyppiin selektiivinen vikavirtasuojia, jota käytetään palosuojaukseen.

5 KIERTOSUUNNAN TARKASTUS

Monivaiheisissa piireissä on mittauksin varmistettava kiertosuunnan säilyminen samana ja oikeana koko järjestelmässä. Pöytäkirjaan merkitään tarkastukset tehdyiksi keskuskohtaisesti valmiiksi vasta sitten, kun mittaukset on tehty niin keskukselta kuin siitä syötetyistä monivaiheisista pistorasioistakin.

6 TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT

Tehdään toimintatestit kaikille kytkin-, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteille ja vastaaville sen toteamiseksi, että ne on koottu, asennettu ja aseteltu oikein standardien vaatimusten mukaisesti. Tähän testiin kuuluvat myös toiminnallisten kokonaisuusien testaaminen, eikä pelkkä yksittäisten laitteiden testaus riitä. Kohdan testit kuitataan tehdyiksi vasta, kun kaikki testit toiminnallisine kokonaisuuksineen on toteutettu ja todettu laitteiden toimivan oikein.

7 JÄNNITTEENALENEMA

Vaadittaessa jännitteenalenema pitää tarkastaa mittaamalla tai laskemalla (liite 52G).

8 EMC-SUOJAUS

Kerrotaan, mitä menetelmiä on käytetty EMC-direktiivin vaatimusten täyttämiseksi. Tarvittaessa annetaan selvitys erillisen liitteen avulla. Tyypillisiä pienkohteissakin käytettäviä lisäsuojauksia voi esiintyä varsinkin taajuusmuuttajakäytöissä. Tällöin liitteessä selvitetään, mitä erikoisvaatimuksia laitevalmistaja on asennuksille asettanut (esim. häiriösuojatut symmetriset kaapelit taajuusmuuttajalta moottorille, EMC-vaatimukset täyttävät läpivientihokit, maadoituspannat yms.).

9 HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE

Merkitään rastilla, onko kohde sellainen, että tarvitaan erillinen huolto- ja kunnossapito-ohjelma, ja onko se valmiina vai riittävätkö huolto- ja kunnossapito-ohjeet, sekä ovatko ne käytettävissä. Mikäli kohteessa on poistumisreitivalaistus, on varmistettava, että sitä koskeva kunnossapito-ohjelma on laadittu.

10 SEURAAVA MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS

Mikäli kohdetta koskee lakisääteinen määräaikaistarkastus, merkitään tähän kohtaan seuraavan määräaikaistarkastuksen suoritusajankohta. Kun asennettava kohde liittyy vanhaan jo olemassa olevaan järjestelmään, voidaan tässä kohdassa esittää suosituksia mahdollisesti tarvittavista korjauksista ja parannuksista koskien aiemmin asennettua järjestelmää.

11 KOHTEEN TOTEUTUKSESSA NOUDATETUT STANDARDIT

Jos käytössä on muitakin standardeja tai direktiivien määräyksiä, voidaan ne lisätä tähän kohtaan. Mikäli on tehty standardista poikkeamia, myös ne tulee esittää tässä kohdassa. Muutos- ja laajennustöistä todetaan lisäksi, etteivät tehdyt asennukset heikennä aiempien asennusten

LIITE 1 4(4)

turvallisuutta. Jos tiedetään, minkä standardien tai määräysten mukaisesti aiemmat asennukset on tehty, merkitään tiedot tähän kohtaan. Myös tässä kohdassa tulee vielä rastimerkinnällä osoittaa, että mainittuja standardeja on kohteessa noudatettu.

12 PALOVAROITTIMET

Pöytäkirjan kohdassa "Sähkölaitteiston rakentaja" mainittu asennusliike vastaa siitä, että palovaroittimet asennetaan ao. suunnitelman sekä palovaroittimien asennusohjeen mukaisesti.

Rakennuksen käyttöönottokatselmuksen yhteydessä rakennusvalvontaviranomaiselle tulee esittää sähköasennusten käyttöönottotarkastuspöytäkirja tai erillinen asennustodistus, jossa mainitaan palovaroittimesta seuraavat asiat:

- vakuutus, että asennetut palovaroittimet täyttävät niille säädöksissä ja määräyksissä asetetut vaatimukset (pelastustoimen laitelaki, asetus palovaroittimien teknisistä ominaisuuksista, sähköturvallisuuksäädökset jne.) ja että ne on asennettu ao. suunnitelman mukaisesti
- asennettujen palovaroittimien virran ja varavirran syöttöjärjestelyt
- palovaroittimien käyttöönottotarkastuksen päivämäärä ja tarkastushavainnot
- asennuksista vastaavan henkilön allekirjoitus.

Palovaroittimien käyttö- ja huolto-ohjeet on liitettävä rakennuksen huoltokirjaan sekä luovutettava asunnon haltijalle.

Lisätietoa ST-kortista 062.50, Palovaroittimet.

13 ECODESIGN-ASETUKSEN 2015/1188 VAATIMUSTEN TÄYTTÄMINEN SÄHKÖLLÄ TOIMIVIEN TILALÄMMITTIMIEN OSALTA

Mikäli käyttöön otettavaan uudisrakentamis-, korjausrakentamis- tai huoltokohteeseen on asennettu ihmisten käyttöön/ lämpöihtiyyteen tarkoitettuja sähköllä toimivia tilalämmittimiä, kuten vastuskaapeleilla toteutettuja lattialämmityksiä, kattolämmityksiä tai vastaavia rakenteeseen integroituja lämmittimiä, sähköpattereita, säteilylämmittimiä tai massa-varaajia, asetuksen 2015/1188 vaatimusten täyttäminen on osoitettava erillisellä pöytäkirjalla (ST 55.05.01).

Lisätietoa ST-kortista 55.05 Ekosuunnitteludirektiivin 2009/125/EU sekä asetuksen 2015/1188 noudattaminen sähkölämmityksissä rakentamis- ja huoltokohteissa.

14 TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)

Pöytäkirjan allekirjoittaa tarkastuksen tekijä, tai jos tekijöitä on useampia, kaikki tekijät.

Mittauksissa käytetyt mittalaitteet yksilöidään tarkastuskohtaisesti niin, että on myöhemmin selvitettävissä, millä mittalaitteella mikin mittaus on tehty.

15 LUOVUTUSMERKINTÄ

Kohteesta tehdään ilmoitus verkkoyhtiölle. Käytön opastuskohtaan merkitään joko jo pidetyn opastuksen ollessa kyseessä rasti ruutuun tai myöhemmäksi sovitun opastuksen toteutuspäivämäärä. Luetellaan kaikki liitteinä pöytäkirjaan sisältyvä materiaali. Tällaisia liitteitä ovat esim. lämmityskelmuille ja -kaapeleille tehdyt asennusaikaiset tarkastukset. Myös muiden liitteiden, jotka on mainittu käyttöönottotarkastusten muissa kohdissa, tulee olla luetteloituina tässä kohdin.

Samoin piirustuksista ja dokumenteista luetellaan kaikki luovutettu materiaali. Merkitään päivämäärät, jolloin asennettua sähkölaitteistoa koskevat mittauspöytäkirjat, piirustukset ja muut dokumentit, kuten asennus-, huolto- ja käyttöohjeet, on luovutettu tilaajalle tai hänen edustajalleen. Allekirjoituksen tähän kohtaan laittaa se henkilö, joka on varmistanut asianomaisen kohdan paikkansa-pitävyyden.

16 TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS

Tähän kohtaan otetaan tilaajalta tai hänen valtuuttamaltaan edustajalta kuittaus, jolla hän varmistaa saaneensa luovutusmerkintöjen mukaiset materiaalit ja toiminnot.

MITTAUKSISSA TARVITTAVAA PERUSTIETOA

Kohta 2

Suojajohtimien jatkuvuusmittauksissa varmistetaan asennuksen suojajohtimien jatkuvuus. Mittalaitteen tulee täyttää Standardisarjan EN 61557 asianomaisen osan vaatimukset. Mittauskytkentä on oheisen kuvan 2a mukainen. Suurin resistanssiarvo saa olla esim. 0–2 Ω.

Kohta 3

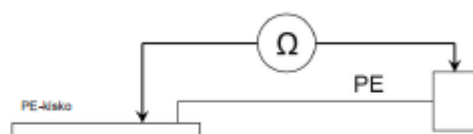
Mittalaitteen tulee täyttää Standardisarjan EN 61557 asianomaisen osan vaatimukset. Vaaditut koejännitteet ja eristysresistanssiarvot on esitetty taulukossa 3a. Jakelu-järjestelmästä riippuvat mittauskytkennät on esitetty kuvissa 3a ja b.

Taulukko 3a. Vaaditut koejännitteet ja eristysresistanssiarvot.

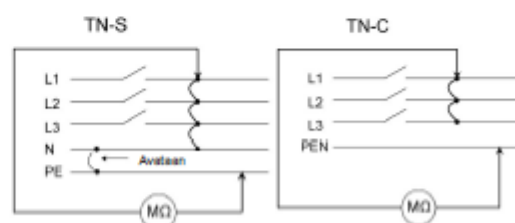
Nimellisjännite	Koejännite V	Eristysresistanssi MΩ
SELV ja PELV	250	≥ 0,5
Enintään 500 V	500	≥ 1,0
Enintään 500 V erikoistapauksessa	250	≥ 1,0
Yli 500 V	1000	≥ 1,0

Kohta 4

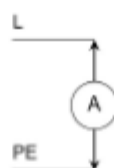
Syötön automaattinen poiskytkentä varmistetaan joko laskemalla tai mittaamalla pienin tai pienimmät esiintyvät oikosulkuvirrat (suojausten toimivuus tulee varmistaa kaikkien suojalaitteiden osalta erikseen tarvittaessa). Selvitettyä arvoa verrataan käytetyn suojalaitteen edellyttämään virtaan. Vaaditut arvot käyvät ilmi taulukosta 4a.



Kuva 2a. Jatkuvuusmittaus.



Kuva 3a. Mittauskytkennät.



Kuva 3b. Mittauskytkennät.

Taulukko 4a. Eri suojalaitteiden toimintarajavirrat.

Suojalaitteen nimellisvirta A	Suojalaitteiden toimintarajavirrat ja pienimmät hyväksyttävät mitaustulokset							
	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	Johdonsuojakatkaisijat			
					B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	46,5	58,2	–	–	30	37,5	60	75
10	82	102,5	–	–	50	62,5	100	125
16	110	137,5	–	–	80	100	160	200
20	145	181,3	–	–	100	125	200	250
25	180	225	110	137,5	125	156,3	250	312,5
32	270	337,5	150	187,5	160	200	320	400
50	470	587,5	250	312,5	250	312,5	500	625
63	550	687,5	320	400	315	393,8	630	787,5
80	840	1050	425	531,3	400	500	800	1000
125	1450	1812,5	715	893,8	625	781,3	1250	1562,5

Vikavirtasuojan toiminta varmistetaan sekä laitteen testauspainikkeesta että koestamalla laitteen toiminta nimellistoimintavirralla.

LIITE 3: PERUSSUOJAUKSEN MENETELMÄT

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS
FINNISH STANDARDS ASSOCIATION SFS

SFS 6000-4-41:2017
SFS 600-1-1

Liite 41A (velvoittava) Perussuojauksen menetelmät

HUOM. Perussuojauksen menetelmät saavat aikaan suojauksen normaalissa tilanteessa ja niitä sovelletaan määritellyissä tapauksissa osana valittua suojausmenetelmää.

41A.1 Jännitteisten osien peruseristys

HUOM. Eristykseen tarkoitus on estää jännitteisten osien koskettaminen.

Jännitteiset osat on kokonaan peitettävä eristyksellä, joka voidaan poistaa vain rikkomalla.

Laitteiden eristykseen on täytettävä kyseistä sähkölaitetta koskevan standardin vaatimukset.

41A.2 Suojukset ja kotelointi

HUOM. Suojuksien ja koteloinnin on tarkoitus estää jännitteisten osien koskettaminen.

41A.2.1

Jännitteisten osien on oltava vähintään kotelointiluokan IP2X tai IPXXB mukaisen suojauksen antavan kotelon sisällä tai suojuksen takana. Alhaisempi kotelointiluokka sallitaan, kun osia vaihdettaessa esiintyy suurempia aukkoja, esim. tietyissä lampunpitimissä, pistorasioissa ja varokkeissa tai tarvitaan suurempia aukkoja sähkölaitteen toiminnan vuoksi. Tällöin on

- ryhdyttävä sopiviin varotoimiin, joilla estetään ihmisiä tai kotieläimiä tahattomasti koskettamasta jännitteisiä osia
- varmistettava, niin pitkälle kuin on käytännöllistä, että ihmiset tietävät jännitteisten osien olevan kosketeltavissa aukon kautta eikä niitä tulisi koskettaa tahallisesti
- aukon pitää olla niin pieni kuin tarvitaan oikeaa toimintaa ja osien vaihtamista varten.

41A.2.2

Helposti kosketeltavien suojuksien ja koteloiden vaakasuorien yläpintojen pitää muodostaa vähintään kotelointiluokan IP4X tai IPXXD mukainen suojaus. Vaatimus ei koske laitestandardien mukaisia laitteita.

41A.2.3

Suojukset ja kotelot on kiinnitettävä lujasti paikoilleen ja niiden on oltava riittävän tukevia ja kestäviä, jotta vaadittu kotelointiluokka ja määrätty etäisyys jännitteisiin osiin normaaleissa käyttöolosuhteissa säilyy ottaen huomioon ulkoisten tekijöiden vaikutukset.

41A.2.4

Kun on tarpeen poistaa suojuksia tai avata kotelointia tai poistaa kotelon osia, se saa olla mahdollista ainoastaan

- käyttämällä avainta tai työkalua, tai
- sen jälkeen, kun syöttö suojuksella tai kotelolla suojattuihin jännitteisiin osiin on katkaistu, ja syötön jälleenkytkeminen on mahdollista vasta kun suojaus tai kotelo on asetettu takaisin paikoilleen, tai
- kun on olemassa vain avaimella tai työkalulla poistettavissa oleva välisuojaus, joka estää jännitteisten osien koskettamisen antamalla vähintään kotelointiluokan IP2X tai IPXXB mukaisen suojan.

41A.2.5

Jos suojuksen taakse tai kotelon sisälle on asennettu laitteita, joissa voi erottamisen jälkeen olla vaarallisia varauksia (kondensaattorit jne.), pitää olla varoituskilpi. Valokaaren sammuttamiseen, releiden toiminnan viivästyttämiseen jne. tarkoitettuja pieniä kondensaattoreita, ei pidetä vaarallisina.

HUOM. Tahatonta koskettamista ei pidetä vaarallisena, jos staattisesta varauksesta johtuva jännite laskee alle 120 V:iin tasajännitettä 5 sekunnissa syötöstä irti kytkemisen jälkeen.

89

LIITE 4: PIENOISJÄNNITEJÄRJESTELMÄT SELV, PELV JA FELV



© Sähkötieto ry. Kopioiminen sallittu omaan käyttöön.

ST 53.28

Laadittu 18.4.2019

(Korvaa kortin ST 53.28,
laadittu 16.3.2018)

PIENOISJÄNNITEJÄRJESTELMÄT SELV, PELV JA FELV

SISÄLLYS

- 1 JOHDANTO
- 2 PIENOISJÄNNITEJÄRJESTELMÄ SELV (Safety extra low-voltage)
 - 2.1 SELV-järjestelmiltä vaadittavat tekniset ominaisuudet
 - 2.2 SELV-järjestelmän sovellukset SFS 6000 -standardisarjassa (2017)
 - 2.3 SELV-järjestelmän sovellukset julkaisussa SFS-käsikirja 640, Sähkökeskukset (2016)
- 3 PIENOISJÄNNITEJÄRJESTELMÄ PELV (Protective extra low-voltage)
 - 3.1 PELV-järjestelmiltä vaadittavat tekniset ominaisuudet
 - 3.2 PELV-järjestelmän sovellukset SFS 6000 -standardisarjassa (2017)
 - 3.3 PELV-järjestelmän sovellukset SFS-EN 60204-1 -standardisarjassa koneiden sähkölaitteisto (2018)
 - 3.4 PELV-järjestelmän sovellukset julkaisussa SFS-käsikirja 640, Sähkökeskukset (2016)
- 4 PIENOISJÄNNITEJÄRJESTELMÄ FELV (Functional extra low-voltage)
 - 4.1 FELV-järjestelmiltä vaadittavat ominaisuudet
 - 4.2 FELV-järjestelmän sovellukset SFS 6000 -standardisarjassa (2017)
- 5 YLEISTÄ PIENOISJÄNNITEPIIREISTÄ
 - 5.1 Käyttöönottotarkastukset
 - 5.2 Sähkötyöturvallisuus
- 6 LÄHTEET

1 JOHDANTO

Pienoisjännitejärjestelmiä käytetään sähkölaitteiden ja -laitteistojen käyttövoimana sekä tietoteknisten järjestelmien, kiinteistö- ja teollisuusautomaation ja tietotekniikan sovelluksissa.

SELV- ja PELV-järjestelmät sopivat lähes kaikissa tapauksissa perus- ja vikasuojausmenetelmiksi. Poikkeuksen tästä muodostavat lääkitätilojen sähköasennukset sekä tietyt koneturvallisuusstandardin vaatimukset.

FELV-järjestelmiä käytetään silloin kun tarvitaan pienoisjännitettä, mutta SELV- tai PELV-järjestelmien rakennevaatimukset eivät toteudu tai niitä ei tarvita. FELV-järjestelmää ei voi käyttää perus- tai vikasuojausmenetelmänä.

Tässä ST-kortissa pienoisjännitejärjestelmiä tarkastellaan usean standardin näkökulmasta ja jokainen pienoisjännitejärjestelmä käsitellään omana kokonaisuutenaan.

2 PIENOISJÄNNITEJÄRJESTELMÄ SELV (Safety extra low-voltage)

SELV-järjestelmiä käytetään esimerkiksi LED-valaisinsovelluksissa, kiinteistöautomaatiojärjestelmissä sekä useissa SFS 6000 -standardisarjan määrittämissä laitteistoissa.

SELV-pienoisjännitejärjestelmän sähköiskulta suojaavat ominaisuudet perustuvat seuraaviin seikkoihin:

- järjestelmät toimivat enintään 50 V AC tai 120 V DC pienoisjännitteillä
- järjestelmät ovat suojaerotuksella erotettuna kaikista suurjännite-, pienjännite- ja FELV-piireistä
- järjestelmät erotetaan peruseristyksellä muista SELV-piireistä, PELV-piireistä ja maasta.

Näistä johtuen SELV-piirien jännite ei ylitä pienoisjännitteen arvoa

- normaaleissa olosuhteissa, kun järjestelmässä ei ole vikaa
- järjestelmään tulleen ensimmäisen (yhden) vian aikana
- muiden sähköpiirien aiheuttamien maasulkujen aikana.

2.1 SELV-järjestelmiltä vaadittavat tekniset ominaisuudet

a) SELV-järjestelmän teholahteet

SELV-järjestelmän teholahteiksi soveltuvat seuraavat vaihtoehtoiset siirrettävät tai kiinteästi asennetut laitteet:

- suojajännitemuuntaja, joka täyttää standardin EN 61558-2-6 vaatimukset
- edellisen turvallisuustasoa vastaava teholähde, kuten moottorigeneraattori
- paristo tai akku, jonka toiminta ei riipu pienjännitteisistä järjestelmistä tai FELV-piireistä (jos akkua ladataan, on latauslaitteen täytettävä suojaerotukselle asetetut vaatimukset)
- eräät elektroniset laitteet, jotka täyttävät laitestandardinsa vaatimukset ja joista ulostuleva jännite ei edes sisäisen vian aikana ylitä 50 V AC tai 120 V DC.

b) SELV-järjestelmän kaapelointi

SELV-järjestelmä erotetaan *suojaerotuksella* muista kuin SELV- tai PELV-järjestelmien piireistä. Suojaerotus toteutetaan valitsemalla jokin seuraavista tavoista:

- peruseristetyt johtimet päällystetään eristysaineisella vaipalla, kuten muovisukalla tai eristävällä koteloinnilla, esimerkiksi muovisella johdinkourulla
- johtimet erotetaan pienjännitepiirien johtimista maadoitettulla metallisuojuksella, kuten metallikourulla. SELV-piirin kaapeloinnissa voidaan käyttää myös maadoitettua metallista kosketussuojaa, esimerkiksi automaatiokaapelin maadoitusjohdinta.
- pienjännitejohtimet voivat olla samassa monijohdinkaapelissa tai muussa johdinten ryhmässä, jos SELV-piirien johtimet on eristetty jännitteeltään suurimman virtapiiriin mukaisesti
- eristetyt johtimet (300/500V) suojataan ei-metallisella johtokanavajärjestelmällä tai suoja-putkella. Sähkökeskuksessa tämä voi olla esimerkiksi muovinen johdinkouru.
- käytetään normaaleita, riittävällä mitoitusjännitteellä olevia vaipallisia asennuskaapeleita
- johtimet sijoitetaan fyysisesti erilleen muiden jännitejärjestelmien johtimista.

SELV-järjestelmä tulee erottaa *peruseristyksellä*

- jännitteisistä osista
- muista SELV- tai PELV-järjestelmistä
- maan potentiaalista.

HUOMAA! SELV-järjestelmässä ei ole perinteistä nolla- ja vaihejohdinta. Kumpikin johdin edustaa "vaihejohdinta". Siksi niiden johdinväreiksi tulee valita jokin vaiheväri.

Jos kyseessä on tasasähkölähde, suositellaan L (plus) -johtimen väriksi punaista ja L (miinus) -johtimen väriksi valkoista.

c) SELV-järjestelmän pistokytkimet

SELV-järjestelmän pistokytkimet ovat standardoituja (SFS 5798). Jos järjestelmä on pistokytkinliitännäinen, on seuraavien vaatimusten toteuduttava:

- pistotulpat eivät saa sopia muiden jännitejärjestelmien pistorasioihin
- pistorasioihin ei voi laittaa muiden jännitejärjestelmien pistotulppia
- pistotulppissa ja -rasioissa ei saa olla suojakosketinta.

d) SELV-järjestelmään kytkettävät laitteet

SELV-järjestelmän johtimia tai jännitteelle alltiita osia ei saa kytkeä maahan tai muiden piirin jännitteelle alltisiin osiin tai suojajohdinpireihin. Kokonaisuuden on oltava "kelluva" suhteessa ympäristöönsä.

Asennuksen yhteydessä onkin tarkastettava, että SELV-kokonaisuus ei joudu sattumalta tai tarkoituksellisesti kosketuksiin minkään muun jännitejärjestelmän kanssa. Tällöin suojaus sähköiskulta ei enää riippuisi pelkästään SELV-järjestelmän suojauksesta, vaan myös jonkin toisen sähköjärjestelmän jännitteelle alltiiden osien suojausmenetelmästä.

Tyypillinen sähkölaitteen yhteydessä käytettävä SELV-piiri on suojausluokan II virtalähde, jolla syötetään suojausluokan III laitetta, kuten matkapuhelinta, tietokonetta, käsityökaluja tai keuhonhoitolaitetta.

HUOMAA! SELV-järjestelmään voidaan liittää muitakin kuin suojausluokan III laitteita, mutta suojausluokan III laitteet saa liittää vain SELV- ja PELV-järjestelmiin.

e) SELV-järjestelmän perussuojaus

Jos SELV-järjestelmän nimellisjännite ylittää 25 V AC tai 60 V DC tai laite on upotettu veteen, on peruseristysty toteutettava niin, että jännitteisiä osia ei voi koskettaa. Jos käytetään suojuksia tai koteloiteja, on jännitteisten osien oltava suojattuna vähintään IP2X- tai IPXXB-rakenteilla.

Peruseristystä ei yleensä tarvita normaaleissa kuivissa olosuhteissa, jos nimellisjännite ei ylitä 25 V AC tai 60 V DC.

Peruseristystä ei vaadita kosteissa, märissä ja ulkotiloissa, jos SELV-järjestelmän nimellisjännite ei ylitä 12 V AC tai 30 V DC.

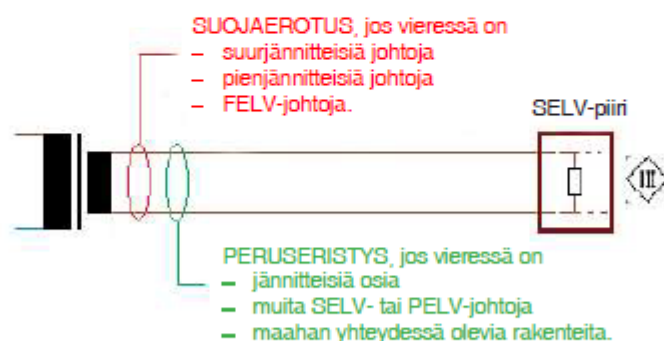
Peruseristämättömät sähköverkosta syötetyt SELV-järjestelmät ovat kuitenkin harvinaisia ja niiden käyttöä tulee tapauskohtaisesti harkita. Tällaisia voi esiintyä esimerkiksi valaistusjärjestelmissä ja joissain leikkikaluissa (auto- ja junanradat).

2.2 SELV-järjestelmän sovellukset SFS 6000 -standardisarjassa (2017)

- 414 Suojausmenetelmä – pienisjännite SELV ja PELV
- Liite 41X Lisäsuojauksen käyttö
- 422.3.11 Suojaus lämmön vaikutuksilta
- 528 Muiden laitteistojen läheisyys
- 551.3 Suojausmenetelmä – pienisjännite SELV ja PELV
- 559.8 Valaisinnäyttelyiden vikasuojaus
- 6. Tarkastukset
- 701 Kylpy- ja suihkutilat
- 702 Uima-altaat ja vastaavat
- 703 Saunat
- 704 Rakennustyömaat
- 705 Maa- ja puutarhatalouden tilat
- 706 Ahtaat johtavat tilat
- 710 Lääkintätilat
- 711 (711.55.07) Näyttelyt, esitykset ja näyttelyosastot
- 712 Aurinkosähköjärjestelmät
- 715 Pienisjännitteiset valaistusjärjestelmät
- 717 Liikkuvat tai siirrettävät laitteistot
- 721 Matkailuajoneuvojen sähköasennukset
- 740 Huvipuistot, tivolit, ...
- 802 Sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt
- 803 Sähkölaitteiden korjaamot ja laboratoriot
- 804 Kuivat, kosteat ja märät tilat sekä ulkotilat
- 813 Pistokytkimien valinta ja asentaminen

2.3 SELV-järjestelmän sovellukset julkaisussa SFS-käsikirja 640, Sähkökeskukset (2016)

- 5.6. Sähköiskulta suojaus
- 8.4.2 Perussuojaus
- 8.4.3 Vikasuojaus
- 8.4.6 Käyttö- ja huolto-olosuhteet
- 9.1.1 Yleistä, erillisten virtapiirien välinen etäisyys



Kuva 1. Periaatekuva SELV-järjestelmästä. Teholähteelle ja johdotukselle annetaan tietyt vaatimukset. Piirin laitteena voi olla suojausluokan III laite tai muu pienoisjännitteinen laite.

3 PIENOISJÄNNITEJÄRJESTELMÄ PELV (Protective extra low-voltage)

PELV-järjestelmiä käytetään useissa SFS 6000 -standardisarjan määrittämissä kohteissa. Niitä hyödynnetään myös valaistuksen ohjausjärjestelmissä, prosessi- ja kiinteistöautomaatiojärjestelmissä sekä erilaisten koneiden sähkölaitteistoissa.

PELV-jännitejärjestelmän sähköiskulta suojaavat ominaisuudet perustuvat seuraaviin seikkoihin:

- järjestelmät toimivat enintään 50 V AC tai 120 V DC pienoisjännitteillä
- järjestelmät ovat suojaerotuksella erotettuna kaikista suurjännite-, pienjännite- ja FELV-piireistä
- järjestelmät on erotettu peruseristyksellä muista PELV-piireistä ja SELV-piireistä.

Näistä johtuen PELV-järjestelmän jännite ei ylitä pienoisjännitteen arvoa

- normaaleissa olosuhteissa, kun järjestelmässä ei ole vikaa
- järjestelmään tulleen ensimmäisen (yhden) vian aikana.

HUOMAA! Pienoisjännitteen raja-arvo voi kuitenkin ylittyä muissa sähköpiireissä esiintyvien maasulkujen aikana.

HUOMAA! Koneturvallisuusstandardissa SFS-EN 60204-1 määritellään PELV-jännitteiden ylärajaksi 6-25 V AC tai 15-60 V DC riippuen tilojen olosuhteista ja jännitteisten osien suojauksesta.

3.1 PELV-järjestelmiltä vaadittavat tekniset ominaisuudet

a) PELV-järjestelmän tehollähteet

PELV-tehollähteiksi soveltuvat seuraavat siirrettävät tai kiinteästi asennetut laitteet:

- suojajännitemuuntaja, joka täyttää standardin EN 61558-2-6 vaatimukset
- edellisen turvallisuustasoa vastaava tehollähde, kuten moottorigeneraattori

- paristo tai akku, jonka toiminta ei riipu pienjännitteisistä tai FELV-järjestelmistä (jos akkua ladataan, on laturin täytettävä suojaerotukselle asetetut vaatimukset)
- eräät elektroniset laitteet, jotka täyttävät laitestandardinsa vaatimukset ja joista ulostuleva jännite ei edes sisäisen vian aikana ylitä 50 V AC tai 120 V DC.

b) PELV-järjestelmän kaapelointi ja johdotus

PELV-järjestelmä erotetaan *suojaerotuksella* muista kuin SELV- tai PELV-järjestelmien piireistä. Tämä toteutetaan valitsemalla jokin seuraavista tavoista:

- peruseristetyt johtimet päällystetään eristysaineisella vaipalla, kuten muovisukalla tai eristävällä koteloinnilla, esimerkiksi muovisella johdinkourulla
- johtimet erotetaan pienjännitepiirien johtimista maadoitetulla metallisuojuksella, kuten metallikourulla. PELV-järjestelmän kaapeloinnissa voidaan käyttää myös maadoitettua metallista kosketussuojaa, esimerkiksi instrumentointikaapelin maadoitusjohdinta.
- pienjännitejohtimia voi olla samassa monijohdinkaapelissa tai muussa johdinten ryhmässä, jos PELV-järjestelmän johtimet on eristetty jännitteeltään suurimman virtapiirin mukaisesti
- eristetyt johtimet (300/500V) suojataan ei-metallisella johtokanavajärjestelmällä tai suoja-putkella. Sähkökeskuksen sisällä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi muovista asennuskourua.
- käytetään normaaleita, riittäväällä mitoitusjännitteellä olevia vaipallisia asennuskaapeleita
- johtimet sijoitetaan fyysisesti erilleen muiden jännitejärjestelmien johtimista.

PELV-järjestelmä tulee erottaa *peruseristyksellä*

- jännitteisistä osista ja
- muista SELV- tai PELV-järjestelmistä.

HUOMAA! PELV-järjestelmässä on nolla- ja vaihejohdin. Niiden värit valitaan normaalin käytännön mukaisesti.

Jos kyseessä on tasasähkölähde, suositellaan L (plus) -johtimen väriksi punaista ja L (miinus) -johtimen väriksi valkoista.

c) PELV-järjestelmän pistokytkimet

PELV-järjestelmään ei ole standardoitu erityisiä pistokytkimisiä. Mikäli PELV-järjestelmä on pistokytkinliitännäinen, on seuraavien vaatimusten kuitenkin toteuduttava:

- pistotulpat eivät saa sopia muiden jännitejärjestelmien pistorasioihin
- pistorasioihin ei voi laittaa muiden jännitejärjestelmien pistotulppia
- pistotulppissa ja -rasioissa saa olla suojakosketin.

d) PELV-järjestelmään kytkettävät laitteet

PELV-järjestelmän virtapiiri voidaan tarvittaessa maadoittaa. Tämä voidaan tehdä yhdistämällä jännitelähde maahan tai maadoitettuun suojaohtimeen.

Myös syötettävien laitteiden jännitteelle alttiit osat voidaan maadoittaa. Eräissä tapauksissa, kuten leikkaussalivalaisimilla, tämä on myös vaatimus. Ne on liitettävä suojaavaan potentiaalintasaukseen. PELV-järjestelmän laitteet voivat olla myös suojamaadoitetun kotelon sisällä esimerkiksi koneissa ja keskuksissa, jolloin jännitteelle alttiit osat maadoittuvat.

HUOMAA! Jos PELV-järjestelmään liitetään suojausluokan III laitteita, niitä ei saa maadoittaa. Muita pienoisjännitteelle soveltuvia laitteita voidaan tarvittaessa maadoittaa.

e) PELV-järjestelmän perussuojaus

Jos PELV-järjestelmän nimellisjännite ylittää 25 V AC tai 60 V DC tai laite on upotettu veteen, on peruseristys toteutettava niin, että jännitteisiä osia ei voi koskettaa. Jos käytetään suojuksia tai koteloiteja, on jännitteisten osien oltava suojattuna vähintään IP2X- tai IPXXB-rakenteilla.

Peruseristystä ei yleensä tarvita normaaleissa kuivissa olosuhteissa, jos nimellisjännite ei ylitä 25 V AC tai 60 V DC ja jännitteelle alttiit osat tai jännitteiset osat on kytketty suojaohjimella päämaadoituskiskoon.

Peruseristystä ei vaadita kosteissa, märissä tai ulkotiloissa, jos PELV-järjestelmän nimellisjännite ei ylitä 12 V AC tai 30 V DC.

Peruseristämättömät sähköverkosta syötetyt PELV-järjestelmät ovat kuitenkin harvinaisia ja niiden käyttöä tulee tapauskohtaisesti harkita. Tällaisia voi esiintyä esimerkiksi valaistusjärjestelmissä.

3.2 PELV-järjestelmän sovellukset SFS 6000 -standardisarjassa (2017)

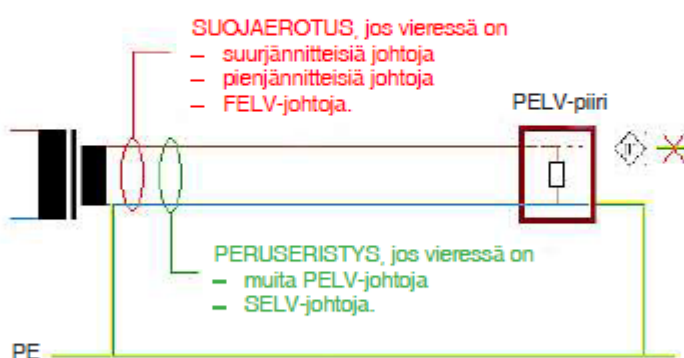
- 414 Suojausmenetelmä – pienisjännite SELV ja PELV
- Liite 41X Lisäsuojauksen käyttö
- 422.3.11 Suojaus lämmön vaikutuksilta
- 528 Muiden laitteistojen läheisyys
- 551.3 Suojausmenetelmä – pienisjännite SELV ja PELV
- 559.8 Valaisinnäyttelyiden vikasuojaus
- 6. Tarkastukset
- 701 Kylpy- ja suihkutilat
- 702 Uima-altaat ja vastaavat (PELV ei ole sallittu)
- 703 Saunat
- 704 Rakennustyömaat
- 705 Maa- ja puutarhatalouden tilat
- 706 Ahtaat johtavat tilat
- 710 Lääkintätilat
- 711 (711.55.06) Näyttelyt, esitykset ja näyttelyosastot
- 712 Aurinkosähköjärjestelmät
- 715 Pienisjännitteiset valaistusjärjestelmät
- 717 Liikkuvat tai siirrettävät laitteistot
- 721 Matkailuajoneuvojen sähköasennukset
- 740 Huvipuistot, tivolit, ...
- 802 Sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt
- 803 Sähkölaittekorjaamot ja laboratoriot
- 804 Kuivat, kosteat ja märät tilat sekä ulkotilat

3.3 PELV-järjestelmän sovellukset SFS-EN 60204-1 -standardisarjassa koneiden sähkölaitteisto (2018)

- 6.4 Suojaus käyttämällä PELV-jännitettä
- 12.3 Eristys
- 13.4.5 Pistokytkimet
- 15.1 Lisälaitteiden pistorasiat
- 18.2.2 Suojaavan potentiaalintasauksen piirin jatkuvuuden todentaminen

3.4 PELV-järjestelmän sovellukset julkaisussa SFS-käsikirja 640, Sähkökeskukset (2016)

- 8.4.2 Perussuojaus
- 8.4.3 Vikasuojaus
- 8.4.6 Käyttö- ja huolto-olosuhteet
- 9.1.1 Yleistä, erillisten virtapiirien välinen etäisyys



Kuva 2. Periaatekuva PELV-järjestelmästä. Teholähteelle ja johdotukselle annetaan tietyt vaatimukset. Jos piiriin laitteena on suojausluokan III laite, ei sitä saa maadoittaa.

4 PIENOISJÄNNITEJÄRJESTELMÄ FELV (Functional extra low-voltage)

Jos pienoisjännitettä ei tarvita perus- tai vikasuojauksen toteuttamiseen vaan pelkästään toiminnallisista syistä, voidaan käyttää FELV-pienoisjännitejärjestelmää.

FELV-pienoisjännitepiiriin voi muodostaa esimerkiksi sähkökeskukseen asennettu 230 V/24 V ohjauksjännitemuuntaja.

4.1 FELV-järjestelmiltä vaadittavat ominaisuudet

a) FELV-järjestelmän teholähteet

FELV-teholähteiksi soveltuvat laitteet:

- "tavallinen" muuntaja, jossa on vähintään yksinkertainen erotus eli peruseristys ensiö- ja toisiokäämien välillä, tai
- SELV- ja PELV-käyttöön tarkoitettut virtalähteet, joita ovat
 - suojajännitemuuntaja, joka täyttää standardin EN 61558-2-6 vaatimukset
 - edellisen turvallisuustasoa vastaava tehollähde, kuten moottorigeneraattori
 - paristo tai akku, jonka toiminta ei riipu pienjännitteisistä tai FELV-järjestelmistä (jos akkua ladataan, on laturin täytettävä suojaerotukselle asetetut vaatimukset)
 - eräät elektroniset laitteet, jotka täyttävät laitestandardinsa vaatimukset ja joista ulostuleva jännite ei edes sisäisen vian aikana ylitä 50 V AC tai 120 V DC.

HUOMAA! "Tavalliseksi" muuntajaksi ei hyväksytä esimerkiksi säästömuuntajaa ja potentimetriä. Näiden toisiopiiriin katsotaan kuuluvan ensiöpiireihin ja ne on suojattava kuten ensiöpiiriin laitteet.

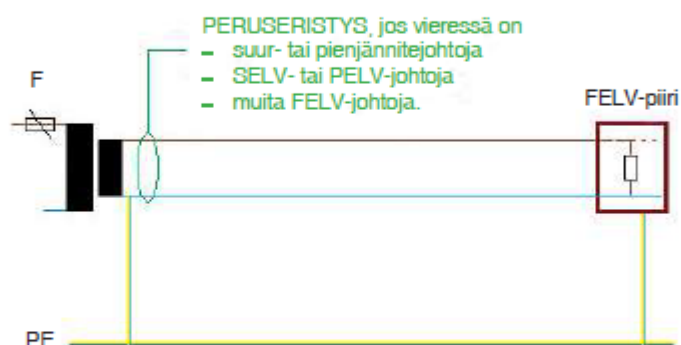
b) FELV-järjestelmän kaapelointi ja johdotus, perussuojaus

FELV-järjestelmän johtimien tulee olla peruseristettyjä, jotta jännitteisten osien koskettaminen estyy. Peruseristykseen on vastattava vähintään tehollähteen ensiöpiiriin nimellisjännitettä.

Johtimet voidaan myös asettaa hyvin kiinnitetyn suojuksen taakse tai kotelon sisään. Koteloitu-luokan tulee olla vähintään IP2X tai IPXXB.

HUOMAA! FELV-järjestelmässä on nolla- ja vaihejohtin. Niiden värit valitaan normaalin käytännön mukaisesti.

Jos kyseessä on tasasähkölähde, suositellaan L (plus) -johtimen väriksi punaista ja L (miinus) -johtimen väriksi valkoista.



Kuva 3. Periaatekuva FELV-järjestelmästä. Teholähteelle ja johdotukselle annetaan tietyt vaatimukset. Vikasuojauksen vuoksi on FELV-järjestelmään kytkettävä laite maadoitettava. Ensiöpiirissä tulee olla suoja-laite (F), joka toteuttaa syötön automaattisen poiskytkennän vaatimukset.

c) FELV-järjestelmän pistokytkimet

FELV-järjestelmään ei ole standardoitu erityisiä pistokytkimä. Mikäli FELV-järjestelmä on pistokytkinliitännäinen, on seuraavien vaatimusten kuitenkin toteuduttava:

- pistotulpat eivät saa sopia muiden jännitejärjestelmien pistorasioihin
- pistorasioihin ei voi laittaa muiden jännitejärjestelmien pistotulppia
- FELV- pistorasioissa pitää olla suojakoskettimet. Pistotulppien suojakoskettimien tarve riippuu liitettävästä laitteesta.

d) FELV-järjestelmään kytkettävät laitteet, vikasuojaus

Vikasuojauksen vuoksi on FELV-piirin laitteiden jännitteelle alttiit osat kytkettävä syöttävän ensiöpiirin suojamaadoitusjohtimeen. Tämä edellyttää myös, että ensiöpiirissä on käytössä syötön automaattinen poiskytkentä.

4.2 FELV-järjestelmän sovellukset SFS 6000 -standardisarjassa (2017)

- 411.7 Toiminnallinen pienoisjännite
- 551.3 Suojausmenetelmä – pienoisjännite SELV ja PELV (FELV huomautus)
- 6. Tarkastukset
- 710 Lääkintätilat (käyttö kielletty)
- 711 (711.55.07) Näyttelyt, esitykset ja näyttelyosastot

5 YLEISTÄ PIENOISJÄNNITEPIIREISTÄ

5.1 Käyttöönottotarkastukset

Kiinteästi asennetuille pienoisjännitteisille piireille tehdään käyttöönottotarkastukset SFS 6000-6 -osan mukaan.

Aistinvaraisessa tarkastuksessa todetaan, että käytettävät komponentit täyttävät asianmukaisten standardien vaatimukset. Ne on myös asennettu niin, että vaatimukset toteutuvat ja valmistajan asennusohjeet on huomioitu. Lisäksi todetaan, että rakenteet eivät ole vaaraa aiheuttavalla tavalla näkyvästi vaurioituneita.

Testauksissa tulee mitata vähintään seuraavat seikat:

- piirien suojajohtimien jatkuvuus silloin, kun niitä käytetään (PELV ja FELV)
- eristysresistanssi.

Elektronisten virtalähteiden yhteydessä tehtävissä mittauksissa on noudatettava laitteen valmistajan antamia testausohjeita:

- SELV-järjestelmän jännitteisten osien erotus muiden virtapiirien jännitteisistä osista ja maasta
- PELV-järjestelmän jännitteisten osien erotus muiden virtapiirien jännitteisistä osista.

Taulukko 1. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot.

Jännitejärjestelmä	Koejännite U / V DC	Eristysresistanssin minimiarvo R / MΩ
SELV	250	0,5
PELV	250	0,5
FELV	500	1,0

5.2 Sähkötyöturvallisuus

Pienoisjännitejärjestelmien kanssa työskenneltäessä on turvallisinta saattaa laitteisto jännitteettömäksi "viiden turvallisuussäännön" mukaisesti (ks. SFS 6002:6.2).

Pienoisjännitteillä ei tarvitse tehdä työmaadoitusta, ellei järjestelmän oikosulkuvirta ole niin suuri, että siitä aiheutuu vaaraa.

Jos SELV- ja PELV-järjestelmät ovat jännitteisiä, on käytettävä jännitetyövälineitä ja tarpeellisia ohjeistuksia. SELV-laitteistojen jännitteisissä osissa voidaan työskennellä ilman kosketussuojausta, mutta on huolehdittava siitä, että oikosulkua ei synny. Mikäli kohteet ovat suurivirtaisia (kuten akustot), on työ tehtävä jännitetyönä.

FELV-järjestelmien jännitetöissä sovelletaan pienjännitelaitteistoja koskevia vaatimuksia.

LÄHTEET

- SFS-EN 60204-1. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset; 6.4 (2018-10-19).
- SFS 6000. Pienjännitesähköasennukset; 411.7, 414 ja tekstissä mainitut kohdat (2017-08-18).
- SFS käsikirja 640. Sähkökeskukset; tekstissä mainitut kohdat (tammikuu 2016).
- SFS 6002. Sähkötyöturvallisuus; 6.2, 6.3.9, Y.2, Y.7, Y.8 (2015-03-16).
- SFS-EN 61140. Suojaus sähköiskulta – asennusten ja laitteiden yhteiset ominaisuudet; 5.2.6, 6.7, 6.8 (2017-12-28).

Kortin käsikirjoittaja: Markku Mäkinen, MJJMäkinen Osakeyhtiö

LIITE 5: FAT MEMO



1

Memo

Author

Click here to enter name.

Phone

Click here to enter business phone.

Mobile

Click here to enter mobile phone.

E-mail

Click here to enter email work.

Date

Click here to enter a date.

Project ID

Recipient

FAT name

1 General Issues/comments

- Comments

2 Position

2.1 Visual inspection

A visual inspection is the most significant part of the inspections, as it shows all visible mistakes and missing parts throughout the inspection.

The following points should be considered in the visual inspection of the switchgears:

- Documentation check and that the latest revision has been used

Memo

- A switchboard must have a rating plate and contain all required information and information must be correct
 - Tags and descriptions of switchgears have been installed and meet the customer's requirements and plans
 - Components are correct and marked correctly
 - PE markings can be found on the doors and there are enough earthing terminals in the cable shafts
 - The PE / N association mark can be found on the door
 - Profibus cables with markings
 - Touch protection covers can be found and installed after testing
 - The connectors are of the correct size for designed cables and connectors are positioned so that cabling is possible
 - Feeder lists can be found from the inside of cubicle doors.
-
- Compartment no
 - o Field no
 - Comments

2.2 Mechanical tests

Mechanical testing goes through door locking and locks. The door locking should operate with the switch in the closed position. The door locks must not be too tight, and the door must be sufficiently tight.

- Compartment no
 - o Field no
 - Comments

Memo

2.3 Electric test

The voltage withstand of the switchgears is tested on main rails between each phase and the frame so that there is no short circuit.

- Compartments no
 - o L1/L2/L3-Frame
 - Voltage (V)
 - o L2/L3/N-L1
 - Voltage (V)
 - o L3/N-L2
 - Voltage (V)
 - o N-L3
 - Voltage (V)

2.4 Electrical operations test

Electronic functions must go through the centers to ensure correct operation of the switchgear.

The functional tests to be performed are:

- Correct incoming voltage and current must be measured from each phase on supply field
- The function of main switches, lamps and relays is tested
- Operation of earthing switches
- Testing of I/O and COM signals
- Any other functions such as arc protection should also be tested
- Operation of measuring transformers
- Operation of the emergency stop switches
- Operation of motor output control and feedback signals.



Memo

- Incoming cubicle
 - o Multimeter
 - Voltage measurement test ok/comment
 - Current measurement test ok/comment
 - o Main CB opening and closing interlockings
 - Tests ok/comment
 - o Lamps, relays, and earthing releases
 - Test ok/comment
 - o I/O-signals and COM-signals
 - Tests ok/comment
 - o Other signal tests
 - Tests ok/comment
 - o Arc protection
 - Tests ok /comment
 - o Measuring transformer
 - Test ok/ comment



Memo

2.5 Ethernet test (profibus/profinet)

The switchgear manufacturer installs a test program for the logics to test the bus signals.

- Comments
-



Memo

- According to the internal tests – following tests were witnessed, and remarks are presented in the memo.


Test	Voltage withstand	Visual test	Breakers	Doors	Locking systems	Alarm & Signal test	Profinet	Other tests acc FAT plan
Position								

Attention! Remember to remove all guides before presenting the memo. All texts to be removed are marked with yellow color.

LIITE 6: FAT TEST PROTOCOL

Valmet Technologies Inc. Project:		TEST REPORT OF THE INTERLOCKINGS AND PROTECTION SYSTEMS				Date: Prepared by: Checked by:			
Position number	Object	Trip limit	Delay	Protection system	Testing method	SIS / DCS / PLC	Date	Tested by	Note
	Common inspection and devices ON								
Compartment No	Field No	Manufacturer report check							
Compartment No	Field No	Cabinet visual inspection							
Compartment No	Field No	Tension of busbar bolts and nuts			Using socket wrench				
Compartment No	Field No	Doors locking and locks mechanical test							
Compartment No	Field No	Continuity of Protective Earth (PE)			Must be below 0.5 Ω				
Compartment No	Field No	Insulation resistance test			Minimum value 0.5 MΩ				
Compartment No	Field No	Withstand test							
Compartment No	Field No	400 VAC circuit			Multimeter, comparing to wiring diagrams				
Compartment No	Field No	I/O card dip switch position			According to parameter excel sheet				
Compartment No	Field No	I/O card version			Version				
Compartment No	Field No	230 VAC circuit			Multimeter, comparing to wiring diagrams				
Compartment No	Field No	Lamps, socket and residual current test			Lamp is ON, residual current test button				
Compartment No	Field No	24 VDC circuit			Multimeter, comparing to wiring diagrams				
Compartment No	Field No	Devices ON			Circuit breakers one by one to ON state				
Compartment No	Field No	Power supply 24-25 VDC voltage adjust			Multimeter, measured on power supply and MHO rack				
Compartment No	Field No	Fans ON			Temperature switch bypass				
Compartment No	Field No	Compact breaker setpoints			According to circuit diagrams				
Compartment No	Field No	Motor circuit breaker setpoints			According to circuit diagrams				
Valmet DNA									
Compartment No	Field No	Process station initialization				DCS			
Compartment No	Field No	Bus test, application install			Test system, application install to process station	DCS			
Compartment No	Field No	Parameters			Parameter excel sheet	DCS			
Compartment No	Field No	Local BUI start-up			Application starts from memory card	DCS			
Control, alarms and interlocks									
Compartment No	Field No	Control voltage ON Light			Green light ON 1 = ON	DCS			
Compartment No	Field No	T/R oil level low			1 = OK, interlock, when circuit open	DCS			
Compartment No	Field No	T/R oil temperature over 80 °C	> 80 °C		1 = OK, alarm, when circuit open	DCS			
Compartment No	Field No	T/R oil pressure high	> 0.4 bar		1 = OK, interlock, when circuit open	DCS			
Compartment No	Field No	T/R oil temperature over 90 °C	> 90 °C		1 = OK, interlock, when circuit open	DCS			



Valmet Technologies Inc. Project:		TEST REPORT OF THE INTERLOCKINGS AND PROTECTION SYSTEMS				Date: Prepared by: Checked by:		Valmet 	
Position number	Object	Trip limit	Delay	Protection system	Testing method	SS / DCS / PLC	Date	Tested by	Note
Compartment No. Field No.	Grounding switch				0 = Grounded, 1 = OK, interlock, when circuit open	DCS			
Compartment No. Field No.	Safety switch				1 = Open, interlock, when circuit open	DCS			
Compartment No. Field No.	Thyristor bridge temperature over 70 °C	> 70 °C			1 = OK, alarm, when circuit open	DCS			
Compartment No. Field No.	Thyristor bridge temperature over 90 °C	> 90 °C			1 = OK, interlock, when circuit open	DCS			
Compartment No. Field No.	Overcurrent protection				1 = Tripped, interlock, when circuit closed, test button	DCS			
Compartment No. Field No.	Combust breaker status				1 = OK, status, when circuit open	DCS			
Compartment No. Field No.	Isoler protection relay				1 = OK, interlock, when circuit open	SS			
Compartment No. Field No.	Common interlocks and releases				Functional diagrams	DCS			
Compartment No. Field No.	Testing								
Compartment No. Field No.	Secondary voltage on display				Current source 0-400 uA	DCS			
Compartment No. Field No.	Secondary current on display				Voltage source 0-1 V	DCS			
Compartment No. Field No.	Thyristor ignition				Lamps ON, current with multimeter				
Compartment No. Field No.	Primary voltage transformer				Voltage on primary and secondary side				
Compartment No. Field No.	Primary voltage on display				DCS display, voltage with multimeter	DCS			
Compartment No. Field No.	Primary current on display				Test load, current with multimeter	DCS			
Compartment No. Field No.	I/O card LEDs				LED OK when running				
Compartment No. Field No.	Application controllers test				Output change with simulated measurements	DCS			
Compartment No. Field No.	mA simulation over SP				KV SP drops because secondary current	DCS			
Compartment No. Field No.	mV simulation below SP				KV SP rises because of SP/MIN controller	DCS			
Compartment No. Field No.	trigger angle max freewas KV SP				KV SP does not change	DCS			
Compartment No. Field No.	KV simulation O/F				area bring KV SP down	DCS			