



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JOONA LEHTOVIRTA

Käyttöönottotarkastusten ja -mit- tausten digitalisointi

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIikka
2022

Tekijä Lehtovirta, Joonas	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2022
	Sivumäärä 39	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Käyttöönottotarkastusten ja –mittausten digitalisointi		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli digitalisoida käyttöönottotarkastusten ja –mittausten prosessi sekä tulosten tallennus hyödyntämällä Cimcorp Oy:n käyttämää toiminnanohjausjärjestelmää. Yrityksen alkuperäinen toimintatapa oli täysin manuaalinen ja suurin osa raporteista tulostettiin ensin paperille ja tämän jälkeen skannattiin taas sähköiseen muotoon dokumentoitavaksi. Työn tavoitteena oli nopeuttaa tätä prosessia sekä parantaa sen hallintaa.</p> <p>Työn aikana yrityksen käyttämään toiminnanohjausjärjestelmään luotiin uusi alusta tarkastus- ja mittauspöytäkirjoille. Työ toteutettiin yhteistyössä yrityksen IT-osaston kanssa. Lisäksi vanhojen tarkastuspöytäkirjojen sisältöjä verrattiin standardin antamiin ohjeisiin ja varmistettiin näin tarkastusprosessien olevan ajan tasalla.</p> <p>Työn edetessä kävi selväksi, että Cimcorp Oy:n käyttämät tarkastusprosessit olivat selkeitä ja ne oli saatu onnistuneesti sulautettua laitteiden valmistusprosesseihin. Myös tarkastusdokumenttien sisällöt vaikuttivat tarkkaan mietityiltä ja laadukkailta.</p> <p>Työn lopputuloksena järjestelmään saatiin rakennettua ensimmäinen versio uudesta raportoinnin tavasta. Alustan toimintaa ei kuitenkaan aikataulullisista syistä ehditty testata. Todennäköisesti siihen tehdään vielä paljon muutoksia ennen varsinaista käyttöönottoa. Tutkimustyön ja uuden alustan pohjalta on kuitenkin helppo jatkaa tätä kehitystyötä sekä käyttää apuna myös tulevissa tarkastus- tai laadunvalvonnan projekteissa.</p>		
Asiasanat Toiminnanohjausjärjestelmä, käyttöönottotarkastus		

Author Lehtovirta, Joonas	Type of Publication Bachelor's thesis	Date April 2022
	Number of pages 39	Language of publication: Finnish
Digitization of commissioning inspections and measurements		
Degree program Electrical and Automation engineering		
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to digitize the process of commissioning inspections and measurements along with its documentation by utilizing ERP system used by Cimcorp Oy. The company's original course was manual and most of the reports were printed on paper first and then scanned again for the computer to be documented. The aim of the thesis was to accelerate this process as well as improve its management.</p> <p>During the study, a new platform for inspection and measurement protocols was created in the ERP system. The work was carried out in cooperation with the company's IT department. In addition, the contents of the old protocols were compared with those provided by the standard and ensured that the inspection processes were up to date.</p> <p>As the work progressed, it became clear that the inspection processes used by Cimcorp Oy were clear and had been successfully embedded into the manufacturing processes of equipment. The contents of the documents also appeared to be carefully thought out and of high quality.</p> <p>As a result, the first version of the new way of reporting was built into the system. For scheduling reasons, the operation of the platform was not able to test. Most likely, there will be a lot more changes to it before the actual rollout. However, this research work and new platform makes it easy to continue this development and to be used in future inspection or quality control projects.</p>		
Key words Enterprise resource planning system, commissioning inspection		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 CIMCORP OY	7
3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA SOVELLETTAVAT STANDARDIT	8
3.1 Sähköturvallisuuslaki 1135/2016	8
3.2 Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta.....	8
3.3 SFS 6000-sarja	9
3.4 SFS-EN 60204-1	9
4 SÄHKÖLAITTEISTON TODENTAMINEN	10
4.1 Yleistä	10
4.2 Aistinvarainen tarkastus	11
4.3 Syötön automaattinen poiskytkentä	11
4.3.1 Testi 1 – Suojaavan potentiaalintasauksen piirin jatkuvuus	11
4.3.2 Testi 2 – Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuus.....	13
4.3.3 TN-järjestelmillä syötettyjen koneiden vikasuojaus.....	14
4.3.4 Ehdot syötön automaattiselle poiskytkennälle käyttämällä ylivirtasuojia	14
4.3.5 Ehdot suojaukselle, kun kosketusjännite pienennetään alle 50V	16
4.3.6 Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen.....	17
4.4 Eristysresistanssin testaus	19
4.5 Jännitetestit.....	20
4.6 Suojaus jäännösjännitteiltä.....	20
5 TOIMINNANOHJAUSJÄRJESTELMÄ	22
5.1 Yleisesti.....	22
5.2 IFS Applications.....	23
5.3 Cimcorpin ERP-järjestelmä	23
6 TARKASTUSTEN JA MITTAUSTEN DIGITALISOINTI.....	25
6.1 Tuotannossa tehtävät tarkastukset.....	25
6.1.1 Portaalirobotin tarkastaminen	25
6.2 Lopullinen käyttöönottotarkastus	28
6.3 Uuden alustan luominen.....	32
6.3.1 Valmistustilaukset.....	33
6.3.2 Control plan template	33
6.3.3 Templaten käyttöönotto	36
7 TYÖN TULOKSET JA YHTEENVETO.....	39
LÄHTEET	

LITTEET

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli digitalisoida käyttöönottotarkastusten ja –mittausten prosessi sekä tulosten tallennus hyödyntämällä Cimcorp Oy:n käyttämää toiminnanohjausjärjestelmää. Yrityksen alkuperäinen toimintatapa on ollut täysin manuaalinen. Suurin osa raporteista on ensin tulostettu paperille ja sen jälkeen taas skannattu tietokoneelle dokumentaatiota varten. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.) Työn tarkoituksena oli nopeuttaa ja selkeyttää tätä prosessia sekä parantaa sen hallintaa.

Cimcorpilla valmistettaville laiteille tehdään monia tarkastuksia sekä mittauksia projektin eri vaiheissa. Tarkastus- ja mittausprosessi perustuu osin konedirektiivin vaatimusten täyttämiseen ja osin kokemusperäisiin tuotteen käyttöönottoa nopeuttaviin toimintatapoihin. Tarkastuksilla pyritään varmistamaan laitteiden tasalaatuisuus sekä niiden turvallinen käyttäminen. Tarkastusten avulla myös valmistusprosessi ja laitteiden käyttöönotto nopeutuvat. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.) Mittausten digitalisoinnilla voidaan edelleen nopeuttaa ja parantaa tämän prosessin laatua.

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda uusi alusta tarkastus- ja mittausraporttien tallettamiseen. Lisäksi vanhojen mittauspöytäkirjojen sisältöä verrataan standardin antamiin ohjeisiin ja varmistetaan näin tarkastusprosessien olevan ajan tasalla. Uusi alusta luodaan yhdessä yrityksen IT-osaston kanssa. Työssä keskitytään vain koneiden sähkölaitteille tehtäviin käyttöönottotarkastuksiin sekä -mittauksiin. Jatkossa järjestelmän käyttö tulee olemaan vielä paljon monipuolisempaa ja sitä tullaan laajentamaan myös muihin tarkastuksiin (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022).

2 CIMCORP OY

Cimcorp Oy on maailman johtavia rengasteollisuuden automaatiojärjestelmien toimittajia. Rengasteollisuuden lisäksi Cimcorp toimittaa myös elintarviketeollisuuden ja vähittäiskaupan jakelun keräilyjärjestelmiä. Cimcorp-konserni kuuluu japanilaisen Murata Machinery, Ltd:n omistukseen. Cimcorp Oy:n pääkonttori sijaitsee Ulvilassa ja sillä on tytäryhtiöt Kanadassa, Yhdysvalloissa, Intiassa sekä Espanjassa. (Cimcorp Oy:n www-sivut 2021.)

3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA SOVELLETTAVAT STANDARDIT

Koneiden valmistajana Cimcorp Oy:n on noudatettava konedirektiivin 2006/42/EY asettamia vaatimuksia. Yrityksessä sovelletaan siis sähkölaitteiden suunnitteluun, rakentamiseen ja niiden todentamiseen koneiden sähköistyksen perusstandardia SFS-EN 60204-1. Apuna käytetään myös SFS 6000 –sarjan standardeja. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.) Standardit ovat tärkeitä työkaluja sähköasennusten suunnittelijoille ja niiden tekijöille. Niitä noudattamalla varmistetaan myös sähköturvallisuuslain vaatimusten täytyminen ja asennusten turvallisuus. (Suomen Standardisointisäätiön www-sivut 2021.)

3.1 Sähköturvallisuuslaki 1135/2016

Sähköturvallisuuden perusvaatimukset on annettu sähköturvallisuuslaissa. (STEK:n www-sivut 2022.) Lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiston sekä –laitteen turvallisuus ja estää sen käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset. Lain avulla varmistetaan myös sellaisten henkilöiden oikeudet, jotka ovat kärsineet sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheutuneista vahingoista. Lisäksi lain avulla varmistetaan sähkölaitteiden vapaa liikkuvuus ja vaatimustenmukaisuus EU:n sisällä. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, §1, §13.)

Laissa säädetään sähkölaitteistoille ja –laitteille asetettavista vaatimuksista sekä vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja niiden valvonnasta. Laissa säädetään myös vaatimukset sähköalan töille ja niiden valvonnalle sekä sähkölaitteiston tai –laitteen haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, §1.)

3.2 Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta

Valtioneuvoston asetus 400/2008 perustuu eurooppalaiseen konedirektiiviin 2006/42/EY. Asetuksessa säädetään koneiden rakentamiseen ja suunnitteluun liittyvistä turvallisuus- ja terveysturvallisuksista, niiden vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta, markkinoille saattamisesta sekä käyttöönotosta. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008, §1.)

3.3 SFS 6000-sarja

SFS 6000 on pienjännitesähköasennusten standardisarja, jossa esitetään sähköasennusten turvallisuuden perusvaatimukset ja periaatteet. Sarja sisältää yhteensä 39 yksittäistä standardia, joita noudattamalla sähköturvallisuuslain vaatimukset saadaan täytettyä. (Suomen Standardisoimisliiton www-sivut 2021.)

SFS 6000-6 standardissa esitetään vaatimukset sähköasennusten käyttöönottotarkastuksille sekä säännöllisin väliajoin tehtäville kunnossapitotarkastuksille. Standardin luvun 6.4 mukaan tehdyllä käyttöönottotarkastuksella täytetään kaikki olennaiset turvallisuusvaatimukset, mitkä on esitetty valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoista (1434/2016). (Uussilta 2018.)

3.4 SFS-EN 60204-1

Standardi SFS-EN 60204-1 määrittelee koneiden sähkölaitteistoille suosituksia ja vaatimuksia, joiden tarkoituksena on edistää henkilöiden ja omaisuuden turvallisuutta, ohjauksen ja sen toiminnan yhteensopivuutta sekä käytön ja huollon helppoutta. (SFS-EN 60204-1:2018, 9.)

SFS-EN 60204-1 sisältää eurooppalaisen standardin EN 60204-1:2018 englanninkielisen tekstin sekä suomenkielisen käännöksen tekstistä. Eurooppalainen standardi on vahvistettu suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi. (SFS-EN 60204-1:2018, 1.)

Standardia sovelletaan koneiden sähköisiin, elektronisiin ja ohjelmoitaviin elektroniisiin laitteisiin ja järjestelmiin, jotka eivät ole kannettavia toiminnan aikana, mukaan lukien koneryhmät, jotka toimivat yhdessä. Standardin kattama laitteisto alkaa koneen verkkoliitännäkohdasta. Soveltamisalaan kuuluvat sähkölaitteistot tai sähkölaitteistojen osat, jotka toimivat nimellisellä syöttöjännitteellä, joka ei ylitä vaihtosähköllä 1000 V eikä tasasähköllä 1500 V. Nimellistaajuus ei saa ylittää 200 Hz. (SFS-EN 60204-1:2018, 11.)

4 SÄHKÖLAITTEISTON TODENTAMINEN

4.1 Yleistä

Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa tarkastetaan, että laitteisto on määräysten mukainen ja turvallinen. Tämä edellyttää aistinvaraisia tarkastuksia sekä mittauksia ja toiminnallisia kokeita. Aistinvarainen tarkastus on jatkuvaa ja sitä tehdään koko asennustyön ajan. Mittaukset ja testaukset ajoittuvat taas asennustyön loppuvaiheeseen. Käyttöönottotarkastuksen tekee laitteiston rakentaja. (D1-2017, 61.1.)

Tietyille konetyypeille esitetään todentamisen laajuus niille tarkoitetuissa tuotestandardissa. Jos koneelle ei ole omaa tuotestandardia, todentamisen on sisällettävä SFS-EN 60204-1:2018 mukaan ainakin kohdat 1), 2), 3) ja 8). (SFS-EN 60204-1:2018, 88.)

- 1) Todennetaan sähkölaitteiston olevan teknisten asiakirjojen mukainen.
 - 2) Varmistetaan suojaavan potentiaalintasauspiirin jatkuvuus.
 - 3) Syötön automaattisen poiskytkennän ehtojen todentaminen (Jos vikasuojaus on toteutettu syötön automaattisella poiskytkennällä).
 - 4) Eristysresistanssimittaus.
 - 5) Jännitekoe.
 - 6) Suojaus jäännösjännitteiltä.
 - 7) Jos maavuotovirta missä tahansa sähkölaitteiston suojajohtimessa on suurempi kuin 10 mA, todennetaan standardin SFS-EN 60204-1 kohdan 8.2.6 vaatimusten täyttyminen.
 - 8) Toiminnalliset testit.
- (SFS-EN 60204-1:2018, 44, 88, 89.)

Testaukset suositellaan tehtäväksi yllä olevassa järjestyksessä. Mikäli järjestystä ei voida seurata, kohdat 1) ja 2) pitää suorittaa ensin. Jos todentamiseen sisältyy mittauksia, käyttöön suositellaan standardisarjan IEC 61557 mukaisia mittalaitteita. Todentamisen tulokset on myös dokumentoitava. (SFS-EN 60204-1:2018, 89.)

4.2 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen tarkastus on laajin käyttöönottotarkastusten osa-alueista. Se ajoittuu koko työsuorituksen ajalle työtehtävästä tai –paikasta riippumatta. Aistinvarainen tarkastus kohdistuu pääsääntöisesti merkintöihin, dokumentaatioon, kosketus- ja palo-suojaukseen sekä erilaisilta haitoilta suojautumiseen, kuten vesi tai mekaaninen haitta. Tarkastukseen sisältyy usein myös monia muita tapauskohtaisia vaatimuksia. (ST käsikirja 33 2018, 11.)

4.3 Syötön automaattinen poiskytkentä

SFS-EN 60204-1:2018 mukaan syötön automaattisen poiskytkennän ehdot todenne-taan kahdella testillä:

1. Suojaavan potentiaalintasauksen piirin jatkuvuuden todentaminen
2. Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuuden todentaminen

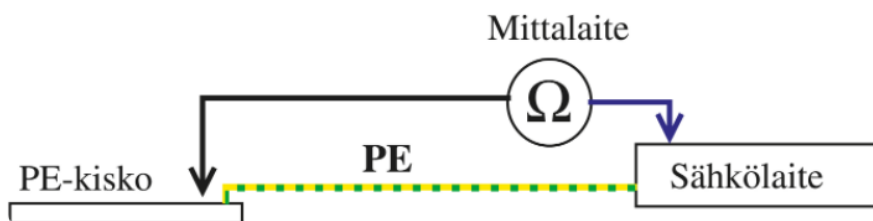
Jos sähkölaitteistossa on käytetty vikavirtasuojia, myös niiden toiminta on todennet-tava valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. (SFS-EN 60204-1:2018, 89.)

4.3.1 Testi 1 – Suojaavan potentiaalintasauksen piirin jatkuvuus

Testauksen tarkoituksena on varmistaa, että vikasuojauksen edellyttämät suojajohdin-piirit ovat jatkuvia ja niiden liitokset ovat kunnossa (D1-2017, 61.3.2). Suojajohtimiksi luokitellaan suojamaadoitusjohtimet, potentiaalintasausjohtimet, maadoitusjohtimet sekä PEN johtimet. Suojajohtimen jatkuvuus varmistetaan aina laitekohtaisesti, jolloin esimerkiksi ketjutetussa pistorasiaryhmässä mittaus suoritetaan ryhmän jokaiselta pis-torasialta. (ST käsikirja 33 2018, 19.)

Testaus tehdään jännitteettömänä mittaamalla ulkoisen suojajohtimen liittimen ja suo-jaavan potentiaalintasauksen piirin osan asiankuuluvan kohdan välinen resistanssi (SFS-EN 60204-1:2018, 89). Mittaus on mahdollista tehdä myös johtavasta laiterun-gosta (ST käsikirja 33 2018, 22). TN-S järjestelmässä suojamaadoitus- ja nollajohti-

men yhdistys on irrotettava mittauksen ajaksi. Tällä tavalla havaitaan nolla- ja suoja- maadoitusjohtimien vaihtuminen. (ST käsikirja 33 2018, 19.) Kuvassa 1 suojajohtimen jatkuvuuden mittaus.



Kuva 1. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus. (D1-2017, 61.3.2.)

Mittaus suoritetaan 0,2 – 10 A virralla. Mitä suuremmalla virralla mittaus suoritetaan, sitä tarkempia arvoja saadaan. Virtalähde tulee olla syöttöjännitteestä erotettu ja sen maksimi jännite kuormittamattomana on 24 V vaihto tai tasajännitettä. Mitatun resistanssin on oltava odotetulla alueella suojajohtimen pituudesta, poikkipinnasta ja materiaalista riippuen. (SFS-EN 60204-1:2018, 89.) ST käsikirjassa 33 on esitetty taulukko kupari- ja alumiinijohtimien tyypillisistä resistanssiarvoista pituusyksikköä kohti. Tämä esitettyinä taulukossa 1.

Taulukko 1. Kupari- ja alumiinijohtimien resistanssiarvoja. (ST käsikirja 33 2018, 21.)

Johdin- poikkipinta- ala mm ²	Kuparijohdin		Alumiinijohdin	
	Resistanssi metriä kohti Ω	Resistanssi 100 metriä kohti / Ω	Resistanssi metriä kohti Ω	Resistanssi 100 metriä kohti / Ω
1,5	0,0115	1,15	-	-
2,5	0,0069	0,69	-	-
4	0,0043	0,43	-	-
6	0,0029	0,29	-	-
10	0,0017	0,17	-	-
16	0,0011	0,11	0,0018	0,18
21	0,0008	0,08	-	-
25	0,0007	0,07	0,0011	0,11
35	0,0005	0,05	0,0008	0,08
41	0,0004	0,04	-	-
50	0,00035	0,035	0,0006	0,06
57	0,0003	0,03	-	-
70	0,00025	0,025	0,0004	0,04
95	-	-	0,0003	0,03
120	-	-	0,00024	0,024
150	-	-	0,00019	0,019
185	-	-	0,00015	0,015

4.3.2 Testi 2 – Vikavirtapiirin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuus

SFS-EN 60204-1:2018 mukaan syötön automaattisen poiskytkennän ehdot todenne-
taan seuraavilla toimenpiteillä:

- Syötön liitännät sekä ulkoisen suojajohtimen liitäntä koneeseen tarkastetaan.
- Vikavirtapiirin impedanssi todennetaan. Todentaminen voidaan tehdä joko laskennallisesti tai mittaamalla.
- Piiriin kuuluvien ylivirtasuojien asetteluarvot ja ominaisuudet varmistetaan vaatimusten mukaisiksi. Jos käytetään sähkökäyttöä (PDS), varmistetaan että suojalaitteiden asettelut ja ominaisuudet ovat muuttajan ja suojalaitteen valmistajien ohjeiden mukaisia.

(SFS-EN 60204-1:2018, 89, 90.)

4.3.3 TN-järjestelmillä syötettyjen koneiden vikasuojaus

Koneiden vikasuojaus on toteutettava ylivirtasuojalla, joka automaattisesti kytkee riittävän lyhyessä ajassa piirin tai laitteen syötön pois, kun tulee vika piirin tai laitteen jännitteelle alttiin osan välillä. Koneille, jotka eivät ole kädessä pidettäviä tai siirrettäviä, pidetään 5 s poiskytkentäaika riittävänä. Jos tätä poiskytkentäaika ei voida varmistaa, on tehtävä suojaava lisäpotentiaalintasaus, jolla varmistetaan kosketusjännitteiden olevan alle 50 V (AC) tai 120 V (DC). (SFS-EN 60204-1:2018, 93.) Taulukossa 2 on esitetty poiskytkentäajat piireille, jotka syöttävät suoraan tai pistorasian kautta kädessä pidettävää tai siirrettävää luokan 1 laitetta.

Taulukko 2. TN-järjestelmien pisimmät sallitut poiskytkentäajat. (SFS-EN 60204-1:2018, 93.)

50 V < U ₀ ≤ 120 V		120 V < U ₀ ≤ 230 V		230 V < U ₀ ≤ 400 V		U ₀ > 400 V	
s		s		s		s	
AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
0,8	HUOM 1.	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
U ₀ on nimellinen äärijohtimen ja maan välinen vaihto tai tasajännite. Jännitteen väliarvoille on käytettävä taulukon seuraavaksi suurempaa arvoa.							
HUOM 1. Poiskytkentä voidaan vaatia muusta syystä kuin sähköiskulta suojautumisen takia.							

4.3.4 Ehdot syötön automaattiselle poiskytkennälle käyttämällä ylivirtasuojia

Ylivirtasuojien ja silmukkaimpedanssien ominaisuuksien on oltava sellaisia, että missä tahansa laitteistossa tapahtuvan vian myötä, syötön automaattinen poiskytkentä tapahtuu määritellyssä ajassa (≤ 5 s tai \leq taulukon 2 mukaiset arvot). Tätä vaatimusta voidaan kuvata myös kaavalla 1. (SFS-EN 60204-1:2018, 93.)

$$Z_s \times I_a \leq U_0 \quad (1),$$

missä Z_s on vikavirtapiirin impedanssi sisältäen teholähteen sekä äärijohtimen ja suojaajohtimen vikapaikan ja teholähteen välillä. I_a on virta, joka aiheuttaa suojalaitteen laukeamisen määritellyssä ajassa ja U_0 on nimellinen vaihtojännite maahan. (SFS-EN 60204-1:2018, 93.)

Myös johtimien resistanssin kasvaminen vikavirran aiheuttaman lämpötilan nousun takia on otettava huomioon. (SFS-EN 60204-1:2018, 93.) Tämä voidaan esittää kaavan 2 avulla (SFS-EN 60204-1:2018, 94).

$$Z_s(n) \leq \frac{2}{3} \times \frac{U_0}{I_a} \quad (2),$$

missä $Z_s(n)$ on mitattu tai laskettu Z_s :n arvo normaaleissa käyttöolosuhteissa. (SFS-EN 60204-1:2018, 94.)

Käytännössä lämpötilan muutos on otettava huomioon kertomalla virran laskennallinen arvo kertoimella 1,5. Tässä kohtaa EN 60204-1 vaatimukset eroavat hieman SFS 6000 antamista vaatimuksista, missä muutoksen kertoimena käytetäänkin 1,25. Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty standardien EN 60204-1 sekä SFS 6000 vaatimat oikosulkuvirran laskennalliset ja mitatut arvot, kun syötön automaattinen poiskytkentä on toteutettu ylivirtasuojilla. (Tiainen 2021.)

Taulukko 3. Vaadittavat oikosulkuvirrat, kun käytetään B- ja C-tyypin johdonsuojakatkaisijoita. (Tiainen 2021.)

Nimellisvirta [A]	B-tyyppi 0,4 s ja 5s [A]	Vaadittu mitattu arvo [A] (SFS 6000)	Vaadittu mitattu arvo [A] (Koneet)	C-tyyppi 0,4 s ja 5s [A]	Vaadittu mitattu arvo [A] (SFS 6000)	Vaadittu mitattu arvo [A] (Koneet)
6	30	37,5	45	60	75	90
10	50	62,5	75	100	125	150
16	80	100	120	160	200	240
20	100	125	150	200	250	300
25	125	156,3	187,5	250	312,5	375
32	160	200	240	320	400	480
50	250	312,5	375	500	625	750
63	315	393,8	472,5	630	787,5	945
80	400	500	600	800	1000	1200
125	625	781,3	937,5	1250	1562,5	1875

Taulukko 4. Vaadittavat oikosulkuvirrat, kun käytetään gG-sulakkeita. (Tiainen 2021.)

Nimellis- virta [A]	gG-sulake 0,4 s [A]	Vaadittu mitattu arvo [A] (SFS 6000)	Vaadittu mitattu arvo [A] (Koneet)	gG-sulake 5 s [A]	Vaadittu mitattu arvo [A] (SFS 6000)	Vaadittu mitattu arvo [A] (Koneet)
2	16	20	24	9	11,3	13,5
4	32	40	48	18	22,5	27
6	46,5	58,2	69,8	28	35	42
10	82	102,5	123	46,5	58,1	69,8
16	110	137,5	165	65	81,3	97,5
20	145	181,3	217,5	85	106,3	127,5
25	180	225	270	110	137,5	165
32	270	337,5	405	150	187,5	225
35				165	206,3	247,5
40	315	393,8	472,5	190	237,5	285
50	470	587,5	705	250	312,5	375
63	550	687,5	825	320	400	480
80	840	1050	1260	425	531,3	637,5
100	1000	1250	1500	580	725	870
125	1450	1812,5	2175	715	893,8	1072,5
160	1600	2000	2400	950	1187,5	1425
200	2100	2625	3150	1250	1562,5	1875
250	2800	3500	4200	1650	2062,5	2475
315	3700	4625	5550	2200	2750	3300
400	4800	6000	7200	2840	3550	4260
500	6400	8000	9600	3800	4750	5700

4.3.5 Ehdot suojaukselle, kun kosketusjännite pienennetään alle 50V

Jos edellisen kohdan vaatimuksia ei pystytä täyttämään, on käytettävä lisäpotentiaalintasausta varmistamaan, ettei kosketusjännitteet ylitä 50V. Tämä saavutetaan, kun suojaavan potentiaalintasauksen impedanssi Z_{PE} on kaavan 3 mukainen. (SFS-EN 60204-1:2018, 94.)

$$Z_{PE} \leq \frac{50}{U_0} \times Z_S \quad (3),$$

missä Z_{PE} on minkä tahansa asennuksen kohdan ja koneen PE-liittimen välinen tai samanaikaisesti kosketeltavien jännitteelle alttiiden osien ja muiden johtavien osien välinen impedanssi. (SFS-EN 60204-1:2018, 94.)

Edellisen ehdon toteutuminen voidaan varmistaa myös testin 1 avulla. Ehto täyttyy, kun suojaavan potentiaalintasauksen piirin resistanssin mitattu arvo R_{PE} ei ylitä kaavan 4 osoittamaa arvoa. (SFS-EN 60204-1:2018, 94.)

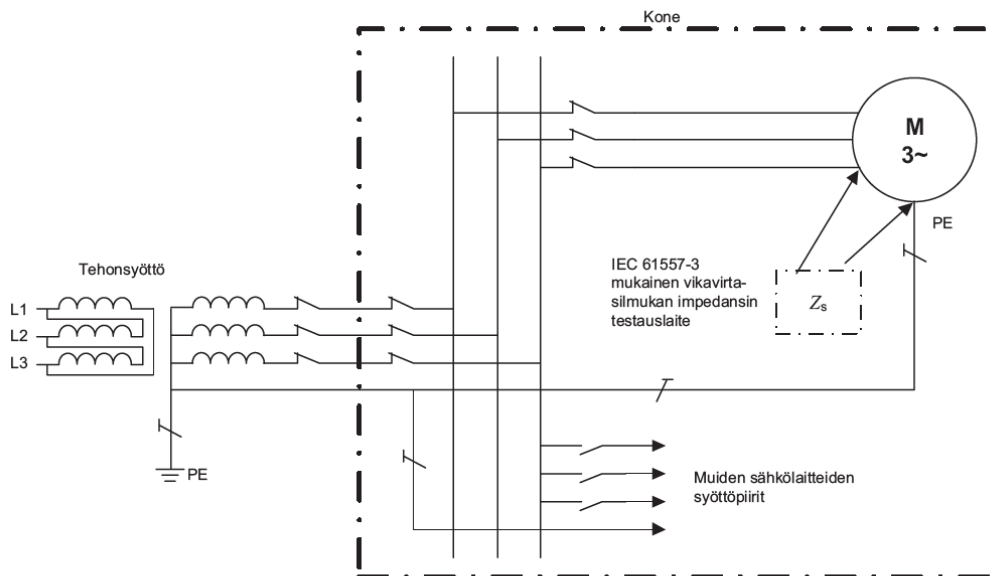
$$R_{PE} \leq \frac{50}{I_{a(5s)}} \quad (4),$$

missä $I_{a(5s)}$ on suojalaitteen 5s toiminta-aika. (SFS-EN 60204-1:2018, 94.)

4.3.6 Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen

Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen suositellaan tehtäväksi vain standardin IEC 61557-3 vaatimukset täyttävällä mittalaitteella. Laitteen valmistajan asiakirjoissa ilmoittamat tiedot tulosten tarkkuudesta ja noudatettavista menettelyistä on myös otettava huomioon. (SFS-EN 60204-1:2018, 95.)

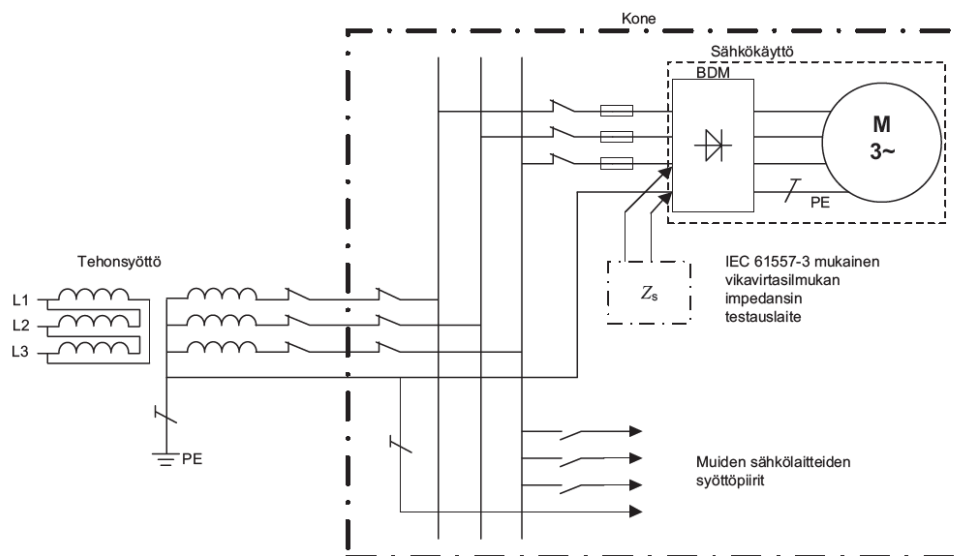
Mittaus suoritetaan koneen ollessa kytkettynä syöttöön. Syötöllä on oltava sama taajuus kuin asennuspaikalla. (SFS-EN 60204-1:2018, 95.) Ennen mittausta on varmistettava siitä, että suojajohtimenjatkuvuusmittaus on tehty. Suojajohdinpiirin katkosmittauksen aikana voi aiheuttaa vaarallisen tilanteen. (SFS-EN 60204-1:2018, 90.) Kuvassa 2 esimerkki vikavirtapiirin impedanssin mittaamisesta.



IEC

Kuva 2. Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen TN-järjestelmissä. (SFS-EN 60204-1:2018, 95.)

Jos asennukseen kuuluu sähkökäyttöjä (PDS) vikasuojauksen poiskytkentävaatimusten on täytettävä sähkökäytön perusmoduulin (BDM) syöttöliittimissä. (SFS-EN 60204-1:2018, 95.) Kuvassa 3 Esimerkki mittauksesta.

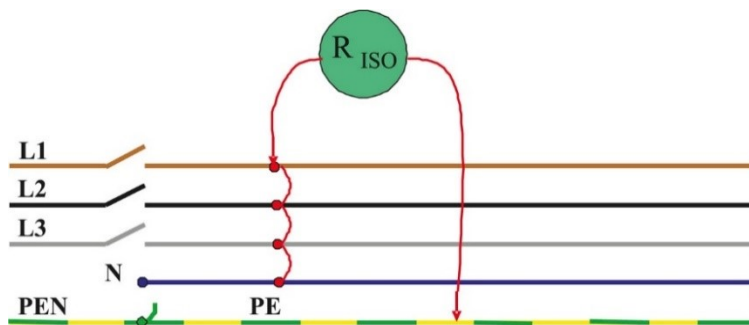


IEC

Kuva 3. Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen TN-järjestelmissä, kun käytetään sähkökäyttöjä. (SFS-EN 60204-1:2018, 96.)

4.4 Eristysresistanssin testaus

Eristysresistanssin mittauksella varmistetaan jännitteisten johtimien (vaiheet ja nolla) olevan riittävästi eristettyjä maasta. Mittaus tehdään jännitteettömänä eristysvastusmittarilla ennen laitteiston käyttöönottoa. (D1-2017, 61.3.3.) Mittauksen ajaksi äärijohtimet ja nollassa johtimet voidaan kytkeä yhteen, jolloin yhdellä mittauksella saadaan mitattua piirin kaikki johtimet kerrallaan (ST käsikirja 33 2018, 23). Ennen varsinaisia mittauksia on suositeltavaa tehdä testimittaus mittajohtimet oikosuljettuina. Näin varmistetaan mittausvälineiden oikea asennus ja kunto. (ST käsikirja 33 2018, 24.) Kuvassa 4 esimerkki mittauksesta.



Kuva 4. Eristysresistanssin mittaaminen. (D1-2017, 61.3.3.)

Periaatteessa pienissä sähköasennuksissa riittää, kun mittaus tehdään kerralla yhdestä pisteestä koko asennukselle. Normaalisti eristysresistanssin mittaus tehdään kuitenkin erikseen tietyille kokonaisuuksille. Jotta mittaus kattaisi laitteiston tai sen osan kokonaisuudessaan, on mitattavan alueen mekaanisten kytkimien ja katkaisijoiden oltava kiinni-asennossa sekä sulakkeiden oltava paikoillaan. Jos virtapiiri tai sen osa on varustettu esim. kontaktorilla, joka erottaa virtapiirin mittauspiiristä, on jälkeinen piiri mitattava erikseen. (D1-2017, 61.3.3.)

Jos koneen sähkölaitteistossa on ylijännitesuojia, niiden erottaminen tai mittausjännitteen alentaminen ylijännitesuojan toiminta arvoa pienemmäksi sallitaan. Mittausjännitettä ei kuitenkaan saa alentaa syöttöjännitteen (vaiheen ja nollan välistä) huippuarvoa pienemmäksi. (SFS-EN 60204-1:2018, 92.) Mittausta suoritettaessa on myös varottava vaurioittamasta mittauspiireissä olevia elektronisia laitteita. Tarvittaessa nämä laitteet voidaan irrottaa mittauksen ajaksi (D1-2017, 61.3.3.).

Mitattavan laitteiston pääpiirin johtimien ja suojaavan potentiaalintasauksen piirin välisen eristysresistanssin on oltava 500V tasajännitteellä mitattuna vähintään 1 M Ω . Tietyille osille, jotka sisältävät kiskostoja, laahauskisko- ja laahausjohtojärjestelmiä tai liukurenkaita, voidaan sallia pienempiäkin arvoja. Kuitenkin vähintään 50 k Ω . (SFS-EN 60204-1:2018, 92.)

4.5 Jännitetestit

Jännitetestissä on käytettävä EN 61180 (High-voltage test techniques for low-voltage equipment) mukaisia menetelmiä ja testilaitteita. (SFS-EN 60204-1:2018, 92.)

Ennen testausta erotetaan piiristä komponentit ja laitteet, jotka on mitoitettu siten, että ne eivät kestä jännitetestiiä. Myös ne laitteet, joille testi on jo tehty niitä koskevan tuotestandardin mukaisesti, voidaan irrottaa testauksen ajaksi. (SFS-EN 60204-1:2018, 92.)

Suurimman testijännitteen on oltava syötön mitoitusjännitteeseen verrattuna kaksinkertainen tai vähintään 1000 V. Testijännitteeksi valitaan vaihtoehtoista aina suurempi. Testijännitteen on vaikutettava pääpiirin johtimien ja suojajohdinpiirin välillä noin 1 s ajan. Jos vahingoittavaa läpilyöntiä ei tapahdu, standardin vaatimukset täyttyvät. (SFS-EN 60204-1:2018, 92.)

4.6 Suojaus jäännösjänniteiltä

Mikäli jännitteisten osien jäännösjännite on syötön katkaisun jälkeen suurempi kuin 60 V, on se purettava 5 sekunnin kuluessa katkaisusta 60 V:iin tai sen alle edellyttäen, ettei se häiritse laitteiston toimintaa. Tätä ei edellytetä, jos komponentin varaus on 60 μ C tai pienempi. (SFS-EN 60204-1:2018, 32.)

Mikäli pistotulpan tai vastaavan avaamisen jälkeen paljastuu kosketukselle alttiita johtimia, esimerkiksi tappeja, purkautumisaika 60 V ei saa ylittää 1 sekuntia, ellei niitä ole suojattu kosketukselta vähintään IP2X tai IPXXB mukaisesti. (SFS-EN 60204-1:2018, 32.)

Jos edellä mainittua purkautumisaikaa tai suojausluokkaa ei voida saavuttaa, on järjestettävä lisäerotuslaitteet tai tarkoituksenmukaiset varoituskilvet, joissa varoitetaan vaarasta ja ilmoitetaan vaadittava purkausaika. (SFS-EN 60204-1:2018, 32.) Jos laiteisto on sijoitettu paikkaan, johon kaikki henkilöt pääsevät, varoitukset eivät ole riittäviä. Tällöin vaaditaan vähintään kotelointiluokan IP4X tai IPXXD suojaus jännitteisten osien koskettamiselta. Taajuusmuuttajilla voi tyypillisesti olla yli 5 sekunnin purkausaika. (SFS-EN 60204-1:2018, 32, 33.)

5 TOIMINNANOHJAUSJÄRJESTELMÄ

5.1 Yleisesti

Toiminnanohjausjärjestelmät eli ERP-järjestelmät (Enterprise Resource Planning) on kehitetty yrityksen toiminnan ja resurssien suunnitteluun sekä hallintaan. (Itewikin [www-sivut 2021.](#)) Järjestelmän avulla voidaan hallita monia asioita, kuten yrityksen taloushallintoa, toimitusketjuja, toimintoja, kauppaa, raportointia, valmistusta, henkilöstöhallinnan toimintoja sekä integroida kaikki edellä mainitut. (Microsoftin [www-sivut 2021.](#))

Hyvä toiminnanohjausjärjestelmä tarjoaa yritykselle monenlaisia etuja:

1. Korkeammat tuotot: Järjestelmä yksinkertaistaa ja automatisoi liiketoiminnan ydinprosesseja, jolloin saavutetaan enemmän pienemmillä resursseilla.
2. Kattavammat tiedot: Käytetään vain yhtä keskitettyä tietolähdettä ja vastausten hankkiminen nopeutuu.
3. Nopeammat raportit: Taloudellisen raportoinnin ja tilinpäätösten prosessit nopeutuvat sekä tuloksien jakaminen helpottuu.
4. Pienemmät riskit: Järjestelmä maksimoi liiketoiminnan näkyvyyden ja hallinnan sekä varmistaa, että lakisääteisiä vaatimuksia noudatetaan.
5. Yksinkertaisempi tietotekniikka: Yrityksen IT-toimintoja voidaan yksinkertaistaa integroiduilla ERP-sovelluksilla, jotka käyttävät yhteistä tietokantaa.
6. Parantunut ketteryys: Reaaliaikaisen tiedon ja tehokkaiden toimintojen avulla voidaan nopeasti tunnistaa sekä reagoida uusiin mahdollisuuksiin.

(SAP:n [www-sivut 2022.](#))

Nykyaikaisia toiminnanohjausjärjestelmiä voidaan käyttää monella eri tavalla: yksityisessä tai julkisessa pilvessä, on-premise-ratkaisuna tai kahta edellistä ratkaisua yhdistelevässä hybridiskenaariossa. (SAP:n [www-sivut 2022.](#))

5.2 IFS Applications

IFS on yksi maailman johtavia toiminnanohjausjärjestelmien kehittäjiä ja toimittajia. (Itewikin www-sivut 2021.) Yritys työllistää yli 4000 työntekijää, jotka palvelevat maailmanlaajuisesti yli 10 000 asiakasta (IFS:n www-sivut 2021). Suomessa IFS:llä on toimipaikat Helsingissä, Oulussa, Tampereella sekä Turussa joissa työskentelee yhteensä 85 työntekijää (Itewikin www-sivut 2021).

IFS Applications tarjoaa modernin kokonaisratkaisun yrityksille, jotka toimivat globaalissa markkinaympäristössä. Ohjelmisto sopii erityisesti valmistavan teollisuuden sekä huolto- ja projektiliiketoiminnan aloille. (Aveson www-sivut 2021.) Ohjelmiston komponenttipohjainen arkkitehtuuri mahdollistaa sen, että jokaiselle asiakkaalle voidaan rakentaa juuri heidän teollisuuden alaansa palveleva ratkaisu (IFS:n www-sivut 2021).

5.3 Cimcorpin ERP-järjestelmä

Cimcorp käyttää toiminnanohjausjärjestelmänään IFS Applications 9 ohjelmistoa. Ohjelmisto on räätälöity juuri Cimcorpin tarpeita vastaavaksi ja toteutusta kutsutaankin yrityksen antamalla nimellä CIMO. CIMO on globaali ratkaisu ja sitä käytetään kaikissa Cimcorp -konserniin kuuluvissa tytäryhtiöissä. (Nurmi 2020.)

IFS Applications 9 on ohjelmiston viimeinen asiakaspohjainen käyttöliittymäversio (Nurmi 2020). Tällä hetkellä Cimcorpilla valmistaudutaan siirtymään uuteen selainpohjaiseen versioon IFS Cloudiin ja siksi myös opinnäytetyön toteutus ollaan tekevässä tälle uudelle versiolle.

Cimcorpin liiketoiminta on suuntautunut projektitoimituksiin, korkean teknologian valmistukseen, asiakastukeen sekä varaosamyyntiin. Prosessien määrä on yrityksen kokoon nähden siis melko suuri. Siksi myös IFS-moduuleita on käytössä normaalia enemmän. (Nurmi 2020.) Yrityksessä käytettävät moduulit:

- IFS Financials: yrityksen raha-asioiden hoitaminen.
- IFS Human Resources: henkilöstön tuntikirjaukset, palkanlaskenta yms.

- IFS Engineering: toimii yhteistyössä yrityksen PDM-ohjelmiston kanssa.
- IFS Projects: käytetään projektinhallintaan, kuten aikataulutusta ja budjetointia.
- IFS Manufacturing: erittäin kehittynyt tuotantoympäristö.
- IFS Supply Chain: hankintojen ja varaston älykäs optimointi.
- IFS Sales and Service: hallinnoi esimerkiksi palvelu- ja tukisopimuksia.
- IFS Maintenance: perustuu Equipment Object Register –rekisterin sekä tulevien IoT-ominaisuuksien hallintaan.

(Nurmi 2020.)

6 TARKASTUSTEN JA MITTAUSTEN DIGITALISOINTI

6.1 Tuotannossa tehtävät tarkastukset

Cimcorpin tuotannossa valmistettavat laitteet voidaan karkeasti jakaa kolmeen eri ryhmään: Portaalirobotteihin, monorail-vaunuihin sekä oheislaitteisiin. Jokaiselle ryhmälle on myös kehitetty oma tarkastusprosessinsa. Näin varmistetaan tuotannon, yksittäisten laitteiden sekä tarkastusten korkea laatu. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.) Opinnäytetyössä tarkastelu päätettiin supistaa vain portaaliroboteille tehtäviin tarkastuksiin.

Cimcorpin käyttöönottotarkastusten ja -mittausten raportointi toteutetaan tällä hetkellä toiminnanohjausjärjestelmän ulkopuolella. Tarkastus- ja mittaussprosessi aloitetaan heti tuotannossa sähkömekaanisen kokoonpanon jälkeen. Tällöin laitteiden suojajoh-
timien jatkuvuudet todennetaan ja moottorikaapeleiden eristysresistanssit mitataan. Lisäksi laitekohtaiset tarkastustoimenpiteet suoritetaan ja kuitataan tehdyiksi. Tulokset kirjataan laitteelle tulostettuun pöytäkirjaan, joka taas kopioidaan ja talletetaan projektikohtaisesti Cimcorpin dokumenttien hallintajärjestelmään. Myös keskusvalmistajan toimittamat tarkastuspöytäkirjat kopioidaan ja talletetaan edellä mainitulla tavalla. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.)

6.1.1 Portaalirobotin tarkastaminen

Portaalirobotin sähköasennuksen tarkastaminen etenee robotin tarkastusdokumentin mukaisesti. Dokumentti sisältää useita eri tarkastuskohtia, jotka kuitataan joko suoritetuiksi tai korjattaviksi. Samaan dokumenttiin kirjataan myös vaadittavat mittaustulokset. Portaalirobotin tarkastusdokumentti liitteissä 1 ja 2.

Mittalaitteena tarkastuksissa käytetään Beha-Amprobe Telaris ProInstall-100 asennustesteriä. Laite on paristokäyttöinen ja sillä voidaan mitata/testata seuraavia ominaisuuksia:

- Jännite ja taajuus.

- Eristysvastus (Testijännite 100-1000VDC).
 - Kontinuiteetti (Testivirta 210mA).
 - Silmukka-/linjavastus.
 - Vikavirtasuojat (Laukaisuaika ja -virta).
 - Vaihejärjestys.
- (Amprobe Test Tools 2013.)

Suojajohtimen jatkuvuus voidaan mitata vasta mittajohtimien nollaamisen jälkeen. Nollauksessa johtimien päät oikosuljetaan ja pidetään F3 painiketta pohjassa, kunnes COMP-ilmoitus tulee näytölle. Testeri mittaa johtimien vastuksen, laittaa tuloksen muistiin ja vähentää sen aina mittaustuloksista. (Amprobe Test Tools 2013.) Kuvassa 5 esimerkki mittajohtimien nollaamisesta.



Kuva 5. Mittajohtimien resistanssin nollaaminen. (Lehtovirta 2022.)

Suojajohtimen jatkuvuus mitataan robotin jokaiselta moottorilta, päätylevyistä sekä tarttujasta (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022). Kuvassa 6 esimerkki tästä mittauksesta.



Kuva 6. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen. (Lehtovirta 2022.)

Eristysresistanssin mittaus suoritetaan laitteen jokaiselle moottorikaapelille. Mittaus tehdään robotin ohjauskaapilla 500V testijännitteellä. Testerin maadoitusjohdin kytetään kaapin päämaadoituskiskoon ja toinen mittajohdin servokäytöstä irrotetun moottorikaapelin liittimeen. Kaapelin kolme vaihetta voidaan mitata joko yksitellen tai oikosulkemalla ne, jolloin testaus saadaan suoritettua yhdellä mittauksella. Tähän tarkoitukseen on valmistettu liittimelle vastakappale, jonka avulla oikosulkeminen käy vaivattomasti. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.) Kuvassa 7 moottorikaapelin eristysresistanssin mittaaminen ilman oikosulkevaa vastakappaletta.



Kuva 7. Moottorikaapeleiden eristysresistanssin mittaaminen. (Lehtovirta 2022.)

6.2 Lopullinen käyttöönottotarkastus

Lopullinen käyttöönottotarkastus tehdään asiakkaan tiloissa ennen laitteiden käyttöönottoa. Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksen tekee yleensä projektin vastaava sähköasentaja. Tarkastuksen tekijällä on oltava riittävä koulutuksen tai kokemuksen avulla hankittu ammattitaito mittausten suorittamiseksi sekä tulosten arvioimiseksi. Henkilön, joka nimeää käyttöönottotarkastuksen suorittajan, täytyy varmistua siitä, että nimetyllä henkilöllä on vaadittava ammattitaito ja välineet tarkastuksen suorittamiseksi. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.)

Ennen lopullista käyttöönottotarkastusta projektin sähkösuunnittelija esitäyttää raporttiin mitattavat ryhmät sekä suojalaitteiden tiedot. Tämä helpottaa ja nopeuttaa käyttöönottotarkastuksen tekemistä asennustyömaalla. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.) Lisäksi raporttiin kirjataan:

- Projektin tiedot (Projektinnumero, Asiakas).
- Laajuus (Alue, laitteen tunnus).

- Tarkoitus (Lopullinen käyttöönottotarkastus, osittainen tarkastus, huoltotarkastus).
 - Tarkastuksen tekijä.
 - Käytetyt mittalaitteet.
 - Projektipäällikön yhteystiedot.
- (D262246 2022.)

Tarkastuksen tekijä käy läpi raportin jokaisen tarkastuskohdan, suorittaa vaadittavat mittaukset ja kuittaa ne yksitellen joko hyväksytyksi tai hylätyksi rasti ruutuun periaatteella. Tarkat mittaustulokset kirjataan dokumentin liitteenä olevaan mittauspöytäkirjaan. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.)

Mittaukset tehdään standardin EN 60204-1 suosittelemassa järjestyksessä, sillä poikkeuksella, että eristysresistanssin mittausta suoritetaan ennen syötön automaattisen poiskytkennän todentamista. Syynä tähän on se, että vikavirtapiiriin impedanssi voidaan mitata vasta sähköjen kytkemisen jälkeen ja kuitenkin kaapeleiden eristeiden eheys olisi hyvä tarkastaa jo ennen tätä. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.)

Ensimmäisessä mittauksessa todennetaan suojajohtimien jatkuvuudet. Mittaus tehdään jännitteettömänä ennen sähköjen kytkemistä keskuksille. Jatkuvuus todennetaan aina jokaiselta ryhmän laitteelta ja saadut mittaustulokset kirjataan pöytäkirjaan keskuskohtaisesti. Jokaisesta syöttöryhmästä kirjataan vain huonoin mittaustulos. Cimcorpilla on tapana vetää kaikille laitteille myös 16mm² potentiaalintasausjohdin, joten mittaustulokset ovat usein erinomaisia. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.)

Tämän jälkeen suoritetaan kaikille keskuksista lähteville syöttökaapeleille eristysresistanssin mittausta. Myös tämä mittausta tehdään jännitteettömänä. Usein syöttökaapeleiden päät jätetään asennusvaiheessa vielä kytkemättä syöttävästä keskuksista, jotta niiden mittaaminen olisi helppoa. Samalla varmistetaan siitä, että mittausta suoritettua ennen sähköjen kytkemistä. Mittausta aloitettaessa varmistetaan, ettei piirissä ole kytkettynä herkkiä laitteita, joita testijännite voisi vaurioittaa. Myös sellaiset komponentit erotetaan piiristä, jotka voivat vääristää mittaustuloksia. Esimerkiksi kaikilta

taajuusmuuttajakäyttöiltä turvakytkimet on käännettävä auki asentoon ennen mittauksen suorittamista. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.)

Kun suojajohtimen jatkuvuus- ja eristysresistanssin mittaus on tehty sekä tulokset on todettu hyväksytyiksi, voidaan keskuksen sähkökoneet kytkeä päälle. Tässä vaiheessa on hyvä tarkastaa keskuksen syöttöliitintä vaiheiden kiertosuunnat. Jos kaikki näyttää olevan kunnossa, voidaan aloittaa syöttöryhmien oikosulkuvirtojen mittaukset. Mittauksella varmistetaan, että piirin poiskytkentä tapahtuu riittävän nopeassa ajassa. Esimerkiksi kuljetinryhmien syötöt saattavat olla reitistä riippuen yllättävän pitkiä, jolloin myös syötön impedanssi voi kasvaa liian suureksi. Mittaus suoritetaan aina ryhmän viimeiseltä laitteelta. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.) Kuvassa 8 esimerkki moottorin turvakytkimeltä tehtävästä mittauksesta.



Kuva 8. Oikosulkuvirran mittaaminen kuljetinryhmän viimeiseltä turvakytkimeltä. (Lehtovirta 2022.)

Mittaustulosta verrataan pöytäkirjan taulukossa olevaan arvoon. Tässä tapauksessa ryhmästä mitattu vaihe- ja suojajohtimen välinen impedanssi oli $0,57\Omega$ ja oikosulkuvirta 409A. Ryhmän suojalaitteena oli 18A moottorisuojakytkin, jonka magneettisen laukaisun rajaksi oli valmistaja ilmoittanut 223A. Kun otetaan huomioon vielä standardin EN 60204-1 mukainen vikavirran aiheuttama johtimien lämpeneminen, saadaan vaadituksi mitatuksi arvoksi lopulta 334,5A. Tulos on siis hyväksyttävä ja se voidaan kirjata pöytäkirjaan ilman korjaustoimenpiteitä.

Jos tulos on alle sallitun rajan, joudutaan miettimään erilaisia keinoja tilanteen korjaamiseksi. Tulosta voidaan parantaa joko impedanssia pienentämällä, vaihtamalla suojalaitteen tyyppiä tai pienentämällä sen nimellisvirtaa. Impedanssia voidaan pienentää esimerkiksi kasvattamalla johtimien poikkipinta-alaa tai lyhentämällä kaapelireittiä ja tällä tavalla myös kaapelin pituutta.

Lopuksi tarkastetaan vielä vikavirtasuojakytkimien toiminnat. Toiminta tarkastetaan ensin testipainikkeesta ja sen jälkeen mitataan vielä suojan toiminta-aika sekä –virta. Toimintavirta mitataan nousevalla vikavirralla. Tuloksen on oltava pienempi tai yhtä suuri kuin suojan nimellistoimintavirta. Mittaus suoritetaan ryhmän yhdeltä pistorasialta. Mittaustulokset kirjataan tarkastuspöytäkirjaan jokaisesta vikavirtasuojakytkimestä. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.) Kuvassa 9 esimerkki vikavirtakytkimen toimintavirran mittaamisesta.



Kuva 9. Vikavirtasuojakytkimen toimintavirran mittaaminen. (Lehtovirta 2022.)

Tarkastuksen jälkeen raportti toimitetaan liitteineen asennusvalvojalle (site manager), joka taas tallentaa ne järjestelmään dokumentoitavaksi. Asennusvalvoja huolehtii, että kaikki mittaukset ja tarkastukset on tehty ennen laitteiston käyttöönottoa. Mikäli mitaustulokset antavat aiheen olettaa, että mitattu sähkölaitteisto ei kaikilta osin täytä standardin EN 60204-1 vaatimuksia, täytyy sähkösuunnittelijan arvion mukaan käynnistää toimenpiteet tilanteen korjaamiseksi. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.)

6.3 Uuden alustan luominen

Kun vanha raportoinnin prosessi oli selvillä sekä niissä käytetyt dokumentit oli tutkittu huolella ja todettu standardin EN 60204-1 mukaisiksi, voitiin aloittaa uuden alustan suunnitteleminen. Tässä vaiheessa Cimcorpilla olikin jo osin otettu käyttöön ERP-järjestelmän uutta cloud-versiota. Tämä helpotti hieman käytännön toteutusta, sillä henkilökunnalla oli jo kokemusta käyttöliittymästä sekä sen eri ominaisuuksista. Toisaalta siirtyminen myös hankaloitti työn etenemistä. Uuden järjestelmän tuomat haasteet kuormittivat IT-osastoa niin paljon, ettei resursseja meinannut riittää opinnäytetyön kehittämiseen. Tästä johtuen installoinnissa tehtävät tarkastukset päätettiin toistaiseksi

jättää ulos testikannasta ja keskittyä vain tuotannossa tehtävien tarkastusten raportointiin.

6.3.1 Valmistustilaukset

Cimcorpin tuotannossa laitteiden kokoonpanoja hallitaan valmistustilauksien (Shop order) avulla. Ensin mekaniikka- ja sähkösuunnittelu tekevät koontinimikkeet tarvittavista osista ja kokoonpanoista, jonka jälkeen tuotantoinsinööri aikatauluttaa ja luo tarvittavat valmistustilaukset laitteelle. Valmistustilauksen reititystä hallitaan operaatioilla. Operaatiot suoritetaan aina yksi kerrallaan määritellyssä järjestyksessä. Kuvassa 10 esimerkki valmistustilaukselle kohdistetuista operaatioista. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.)

Operation No	Operation Seq No	Operation Description	Status	Operation Block ID	Work Center	Work Center Code	Preferred Resource	Sche... Reso...	Operation Qty	Completed Qty
10	10	Picking	Released		110 - Material Picking	Internal wo		110	1 pcs	0 pcs
20	20	Mech. assembly	Released		220 - Mech. assembly, MBR700+ 800+	Internal wo		220	1 pcs	0 pcs
30	30	El. assembly	Released		230 - El. assembly, MBR700+ 800+	Internal wo		230	1 pcs	0 pcs
35	35	Lifting	Released		220 - Mech. assembly, MBR700+ 800+	Internal wo		220	1 pcs	0 pcs
40	40	Device testing	Released		240 - Device testing, MBR700+ 800+	Internal wo		240	1 pcs	0 pcs
50	50	Mech. disassembly	Released		220 - Mech. assembly, MBR700+ 800+	Internal wo		220	1 pcs	0 pcs

Kuva 10. Valmistustilaukselle kohdistetut operaatiot. (CIMO 2022.)

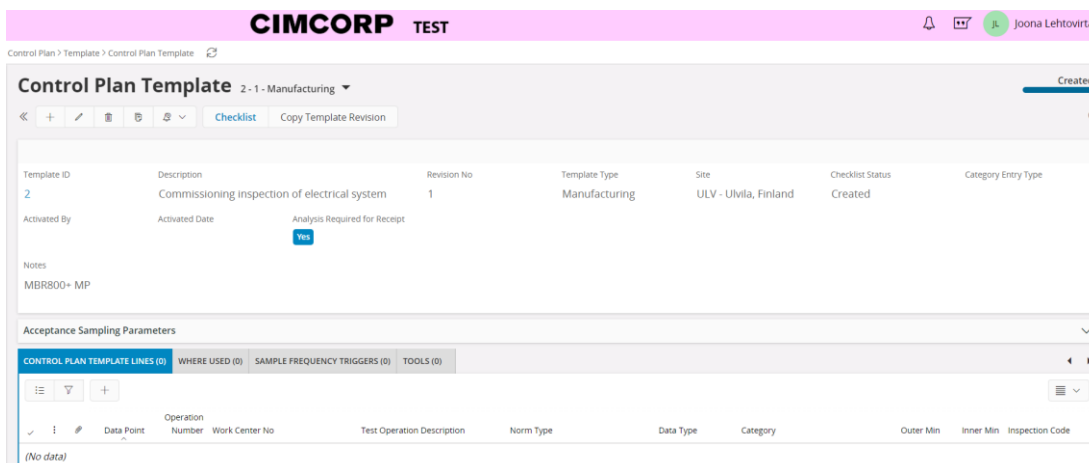
Kun operaatio saadaan valmiiksi, työntekijä kirjaa aktiviteetille työhön käytetyt tunnit ja sulkee operaation. Valmistustilaus voidaan sulkea vasta kun kaikki operaatiot on kuitattu valmiiksi. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.)

6.3.2 Control plan template

IFS:n ”Control plan” toimintoa voidaan käyttää esimerkiksi tuotannon laadunvalvontaan (IFS Cloud Documentation 2021). Cimcorpilla tätä ominaisuutta ei vielä ennen ollut hyödynnetty ja nyt sen toimintaa olikin tarkoitus testata opinnäytetyön yhtey-

dessä. Suunnitelmana oli luoda ensin ”Control plan template”, jonka avulla varsinainen ”Control plan” olisi helppo luoda, kopioida, muokata sekä revisioida. Työn apuna käytettiin IFS:n tarjoamaa dokumenttikirjastoa. Kirjastosta löytyy kattavat ohjeet ohjelmiston eri ominaisuuksien hyödyntämiseen.

Control plan templatien luominen aloitettiin CIMO:n ”Control plan template” välilehdeltä. Uuden templatien nimeksi annettiin: Commissioning inspection of electrical system. Nimen lisäksi templatelle kirjattiin myös ID-numero ja klikattiin ”Analysis required for receipt” kohta aktiiviseksi. Tämän jälkeen tehdyt muutokset tallennettiin. Kuvassa 11 näkymä Control plan template välilehdeltä.



Kuva 11. Control plan template. (CIMO 2022.)

Uudessa templatessa päätettiin käyttää pohjana MBR800+ MP robotin tarkastuslistaa, sen ollessa tuoteperheen vakiomalli. Varsinaiset tarkastukset lisättiin templatien ”Checklist” osioon ja kaikki tarvittavat mittaukset ”Control plan template lines” riveille. Ennen rivien luomista, mittauksia varten piti luoda järjestelmään myös niissä käytettävät yksiköt. Yksiköt lisättiin ”Norm type” välilehdeltä. Kuvassa 12 mittauksia varten lisätyt yksiköt.

Norm Type	Description	Unit of Measure	Validity
2	Resistance	MOhm	Active
1	Resistance	Ohm	Active

Kuva 12. Yksiköt ”Norm type” välilehdellä. (CIMO 2022.)

Seuraavaksi aloitettiin rivien lisääminen templatelle. Rivin ensimmäiseen kohtaan syötettiin operaation numero, johon tarkastus haluttiin yhdistää. Valmistustilauksen reitityksestä (routing operation number) täytyy löytyä myös tämä sama numero. Numeron avulla järjestelmä osaa yhdistää tarkastukset oikeisiin paikkoihin. (Cimcorp Oy henkilökohtainen tiedonanto 2022.) Seuraavassa kohdassa määriteltiin työpisteen numero (Work center no). Työpisteeksi määriteltiin MBR robottien sähköistyspaikka. Tämän jälkeen määriteltiin vielä: ”Test operation number” (missä järjestyksessä tarkastukset tehdään), ”Description” (tarkastuksen kuvaus) sekä ”Norm type” (mittausta vastaava yksikkö). Kuvassa 13 templatelle lisätyt rivit.

Operation Number	Work Center No	Test Operation No	Test Operation Description	Connected to Trigger	Connected to Tools	Media Required	Norm Type	Unit of Measure	Data Type	Outer Min	Nominal Value	Outer Max	Insp. Code	Inspection Description
20	230 - El. assembly, MBR700+ 800+	1	PE Continuity X1-Axis	No	No	No	1 - Resistance	Ohm	Variable	0	0	1	A	100% INSP
20	230 - El. assembly, MBR700+ 800+	2	PE Continuity X2-Axis	No	No	No	1 - Resistance	Ohm	Variable	0	0	1	A	100% INSP
20	230 - El. assembly, MBR700+ 800+	3	PE Continuity Y-Axis	No	No	No	1 - Resistance	Ohm	Variable	0	0	1	A	100% INSP
20	230 - El. assembly, MBR700+ 800+	4	PE Continuity Z-Axis	No	No	No	1 - Resistance	Ohm	Variable	0	0	1	A	100% INSP
20	230 - El. assembly, MBR700+ 800+	5	PE Continuity Gripper	No	No	No	1 - Resistance	Ohm	Variable	0	0	1	A	100% INSP
20	230 - El. assembly, MBR700+ 800+	6	Insulation resistance X1 Motor cable	No	No	No	2 - Resistance	MOhm	Variable	1	500	500	A	100% INSP
20	230 - El. assembly, MBR700+ 800+	7	Insulation resistance X2 Motor cable	No	No	No	2 - Resistance	MOhm	Variable	1	500	500	A	100% INSP
20	230 - El. assembly, MBR700+ 800+	8	Insulation resistance Y Motor cable	No	No	No	2 - Resistance	MOhm	Variable	1	500	500	A	100% INSP
20	230 - El. assembly, MBR700+ 800+	9	Insulation resistance Z Motor cable	No	No	No	2 - Resistance	MOhm	Variable	1	500	500	A	100% INSP

Kuva 13. Control plan template lines. (CIMO 2022.)

”Data type” kohtaan oli tarjolla kolmea eri vaihtoehtoa: ”Attribute”, ”Variable” ja ”Category”. Näistä vaihtoehdoista valittiin ”Variable”, jonka avulla pystyttiin määrittämään mittauksille raja-arvot. Tällä asetuksella mittauksille oli määriteltävä minimi- ja maksimiarvojen lisäksi myös nimellisarvot. (IFS Cloud Documentation 2021.) Suoja-johtimen jatkuvuuden mittauksiin laitettiin minimi- ja nimellisarvoiksi 0Ω sekä maksimiarvoiksi 1Ω . Eristysresistanssin mittauksiin laitettiin maksimi- ja nimellisarvoiksi

500MΩ sekä minimiarvoksi 1MΩ. Raja-arvot määriteltiin vanhojen mittaustulosten sekä standardin EN 60204-1 vaatimusten perusteella.

Viimeisessä kohdassa (Inspection code/description) tarkastuksille määriteltiin tarkastuksen tyyppi, eli miten tarkastusta tulisi käsitellä (Acceptance sampling). Tässä tapauksessa valittiin koodiksi A joka vastaa normaalia 100% tarkastusta.

Tämän jälkeen aloitettiin ”Checklist” rivien täyttäminen. Kaikki robotin tarkastukset kirjattiin riveille vanhan tarkastusdokumentin mukaan. Kuvassa 14 näkymä Checklist välilehdeltä.

CIMCORP TEST

Quality Management > Quality Control > Control Plan > Template > Control Plan Template > Checklist for Control Plan Template ID - 3 and Revision No - 1

Checklist for Control Plan Template ID - 3 and Revision No - 1

Template ID: 3, Template Revision No: 1

Approve All

Sequence No	Item Approved	Checklist Question	Checklist Comment	Approved By	Time Approved
1	<input type="checkbox"/>	Tests and measurements - Motor brakes are tested with brake release device			
2	<input type="checkbox"/>	Tests and measurements - Sensors are adjusted to correct distance and functions are tested			
3	<input type="checkbox"/>	Tests and measurements - Commissioning inspection carried out in accordance with document D262246			
4	<input type="checkbox"/>	Visual inspection - Cimcorp sticker is attached to the control cabinet			
5	<input type="checkbox"/>	Visual inspection - Main switch sign is attached to the control cabinet			
6	<input type="checkbox"/>	Visual inspection - Control cabinet ID sign is attached to the control cabinet			
7	<input type="checkbox"/>	Visual inspection - Fuse list is inside the control cabinet			
8	<input type="checkbox"/>	Visual inspection - All cables are marked with labels			
9	<input type="checkbox"/>	Visual inspection - All electrical elements are labeled with stickers			
10	<input type="checkbox"/>	Visual inspection - Cable connectors are tightened properly			
11	<input type="checkbox"/>	Visual inspection - Installation of conductors inside control cabinet (No loose connections, exposed coppers c			
12	<input type="checkbox"/>	Visual inspection - Connectors used in safety relays and servo controllers are properly attached			
13	<input type="checkbox"/>	Visual inspection - There are no tools on top of the robot bridge or control cabinet			
14	<input type="checkbox"/>	Visual inspection - Robot bridge and control cabinet vacuumed/cleaned from dust and metal chips			
15	<input type="checkbox"/>	Electrical assembly ready			
16	<input type="checkbox"/>	Bridge X1- and X2 end - Temperature transmitter range set to 0-100 c			

Kuva 14. Checklist for control plan template. (CIMO 2022.)

6.3.3 Templaten käyttöönotto

Kun kaikki tarkastukseen tarvittavat tiedot oli saatu syötettyä templatelle, voitiin seuraavaksi aloittaa sen käyttöönotto. Ensin kaikki checklist rivit piti hyväksyä, jotta template saatiin asetettua aktiiviseksi. Tämän jälkeen siirryttiin ”Apply control plan template” välilehdelle. Välilehden alavetovalikosta valittiin käytettävä template, vastuu henkilö sekä haluttu käyttöönottopäivä. Lisäksi piti valita kahdesta vaihtoehdosta

(”Copy” tai ”Reference”), miten uusi control plan tulisi luoda. ”Copy” vaihtoehdolla järjestelmä vain kopioi templatien sisällön, minkä jälkeen se on täysin riippumaton alkuperäisestä templatesta sekä sille tehdyistä muutoksista. ”Reference” vaihtoehto taas päivittää sisältöään aina kun alkuperäistä templatea päivitetään. (IFS Cloud Documentation 2021.) Kuvassa 15 näkymä ”Apply control plan template” välilehdeltä.

Kuva 15. Apply control plan template. (CIMO 2022.)

Seuraavalla sivulla valittiin tietokannasta kokoonpano, johon control plan haluttiin yhdistää. Kuvassa 16 Control planin yhdistäminen kokoonpanoon.

Include	Part	Planner	Inventory UoM	Catch UoM	Comm Group 1	Comm Group 2	Asset Class	Part Status
<input checked="" type="checkbox"/>	1021769 - BRIDGE UNIT MBR800+2-MP P20030 / X-X 13625	IA *- IFS APPLICATIONS	pcs		GEN90		K	A - ACTIVE

Kuva 16. Control planin yhdistäminen kokoonpanoon. (CIMO 2022.)

Kun kaikki kohdat saatiin hyväksytyä, järjestelmä avasi ”Control plan log” sivun. Sivulta nähdään kaikki control planiin liittyvät ilmoitukset. Tässä tapauksessa saatiin ilmoitus onnistuneesta control planin luomisesta ilman virheitä.

Näiden asetusten jälkeen järjestelmän pitäisi luoda aina automaattisesti valmistustilaukselle myös tarkastusoperaatio, kun edellä mainittu kokoonpano esiintyy valmis-

tustilauksessa. Tarkastusoperaatio sisältää kaikki templatelle määritellyt tarkastuskohdat. Tarkoituksena olisi, että operaatio voidaan sulkea vasta kun kaikki tarkastusrivit on saatu kuitattua. Näin varmistetaan, että laite lähtee linjastolta aina tarkastettuna.

7 TYÖN TULOKSET JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli digitalisoida Cimcorp Oy:n tuotannossa tehtävien tarkastusten prosessi sekä varmistaa, että nykyiset mittaus- ja tarkastustoimenpiteet vastasivat standardien antamia ohjeita. Työn aikana oli tarkoitus kehittää tarkastuksille uusi digitaalinen alusta yrityksen käytössä olevaan toiminnanohjausjärjestelmään. Uudesta digitaalisesta raportoinnin tavasta oli tarkoitus saada myös ensimmäinen versio valmiiksi opinnäytetyön aikana.

Työn edetessä voitiin todeta, että yrityksessä ollaan selvästi panostettu tuotteiden- sekä niiden tarkastusten laatuun. Cimcorpin tarkastusprosessi on selkeä ja se on onnistuneesti sulautettu laitteiden valmistusprosessiin. Myös tarkastusdokumenttien sisällöt vaikuttavat tarkkaan mietityiltä ja laadukkailta. Kaikki laitteille tehtävät käyttöönotto- mittaukset ja tarkastukset on laadittu standardin SFS-EN 60204-1 mukaan, eikä niissä vaikuta olevan mitään puutteita. Lisäksi tarkastusdokumenttien mukana toimitetaan aina ohje mittausten oikeaoppiseen suorittamiseen sekä tulosten tulkitsemiseen mittaustulosten minimoimiseksi.

Yksi työn tärkeimmistä tavoitteista oli kehittää raportoinnille uusi alusta käytössä olevaan toiminnanohjausjärjestelmään. Heti työn alussa huomattiin, että kehittäminen olisi haastavaa ilman IT-osaston jatkuvaa tukea. Osaston työkuormitus oli kuitenkin jo valmiiksi suuri, eikä uuden IFS Cloud-version käyttöönotto ainakaan helpottanut asiaa. Tästä syystä työn laajuutta päätettiin supistaa sellaiseksi, että se saataisiin tehtyä myös itsenäisesti ilman jatkuvaa IT-osaston tukea.

Työn aikana toiminnanohjausjärjestelmään saatiin kehitettyä ensimmäinen pohja tuotannon tarkastusten raportointiin. Pohjana käytettiin Cimcorpin portaalirobotin tarkastuslistaa. Uutta alustaa ei työn aikana kuitenkaan ehditty vielä testaamaan, joten lopputulosta joudutaan todennäköisesti vielä moneen kertaan muokkaamaan. Alusta ja käyttöliittymä vaikuttavat kyllä tähän tarkoitukseen sopivilta. Niiden avulla laitteiden tarkastusten raportointi, hallittavuus sekä valvonta tulevat varmasti helpottumaan. Opinnäytetyön pohjalta on hyvä jatkaa tätä kehitystyötä sekä käyttää apuna myös tulevaisuuden tarkastus- tai laadunvalvonnan projekteissa.

LÄHTEET

- Amprobe Test Tools. 2013. Telaris ProInstall-100 Käyttöohje. Viitattu 14.2.2022.
- Aveson www-sivut. Viitattu 23.9.2021. <https://aveso.fi/>
- Cimcorp Oy 2022. Ulvila. Henkilökohtainen tiedonanto 2022.
- Cimcorp Oy:n www-sivut. Viitattu 6.5.2021. <https://cimcorp.com/fi/>
- CIMO. 2022. Cimcorpin toiminnanohjausjärjestelmän käyttöliittymä. Viitattu 22.2.2022.
- D1-2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2019. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo. Viitattu 19.9.2021. <https://severi.sahkoinfo.fi/>
- D262246. Commissioning inspection of electrical systems. 2022. Pöytäkirja Cimcorp Oy. Viitattu 22.2.2022.
- IFS Cloud Documentation. 2021. Viitattu 16.2.2022. <https://docs.ifs.com/>
- IFS:n www-sivut. Viitattu 23.9.2021. <https://www.ifs.com/>
- Itewikin www-sivut. Viitattu 23.9.2021. <https://www.itewiki.fi/>
- Microsoftin www-sivut. Viitattu 22.9.2021. <https://dynamics.microsoft.com/fi-fi/>
- Nurmi, P. Cimcorp Oy:n intranet-sivut. 2020. Viitattu 26.9.2021.
- SAP:n www-sivut. Viitattu 9.1.2022. <https://www.sap.com/finland/index.html>
- SFS-EN 60204-1:2018. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS. Viitattu 19.9.2021. <https://online.sfs.fi/>
- ST käsikirja 33. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. 2018. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo. Viitattu 19.9.2021. <https://severi.sahkoinfo.fi/>
- STEK:n www-sivut. Viitattu 3.4.2022. <https://stek.fi/>
- Suomen Standardisoimisliiton www-sivut. Viitattu 6.9.2021. <https://sfs.fi/>
- Säköturvallisuuslaki 1135/2016. Annettu Helsingissä 16.12.2016.
- Tiainen, E. Sähköinfo Oy. 2021. Koneiden sähkölaitteisto standardin SFS-EN 60204-1 mukaan. Kurssi Cimcorp Oy:n koulutuspäivänä 21.4.2021.
- Uussilta, J. Inspecta Tarkastus Oy. 2018. Koneiden sähkölaitteistojen tarkastukset ja mittaukset. Koulutusmateriaali 20.3.2018.
- Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. Annettu 12.6.2008.

CIMCORP**SÄHKÖASENNUKSEN TARKISTUS, MBR 700+ ja 800+**

Projektin työnumero ja nimi	Valmistustilaisuus	Robotin tunnus

OHJE: Tämä dokumentti kulkee robotin mukana laitetestaukseen ja toimitetaan lopuksi arkistoitavaksi linjakokoonpanon oranssiin laatikkoon. Työohje windchillissä: MBR+ -sarjan portaalirobottien sähköasennukset D283768

X1- ja X2-päädyt

OK = Tarkistuskohte kunnossa F = Korjattava - = Ei ole

Kohde	OK	F	-	Huom nro.
Lämpötila-anturin mitta-alueen dipit on säädetty 0 - 100 c°				
Kaapelit eivät jää asennettavien suojusten väliin tai osu Y-liikkeen hinnaan				
Maadoitukset on tehty ja kiinnitys varmistettu				
Vedonpoistot on tehty ja kireys tarkistettu				

Tarttuja / kelkka

Kohde	OK	F	-	Huom nro.
Maadoitukset on tehty ja kiinnitys varmistettu				
Kaapelit eivät ole osu pystyliikkeen hammaskiiläihin, hankaa liikkuviin osiin tai jää liikkuvien osien väliin puristuksiin				

Energiansiirtoketjut

Kohde	OK	F	-	Huom nro.
Y-Ketjun kumit ovat paikoillaan				
Y- ja Z-ketjujen kaapeleiden ja letkujen kaaret ovat kunnossa				
Ketjujen vedonpoistot ovat kunnossa ja käytetty metallikielisiä nippusiteitä				

Laserit / QR-koodinlukija

Kohde	OK	F	-	Huom nro.
Maadoitukset on tehty ja kiinnitys varmistettu				
QR-koodinlukijan etäisyys on säädetty				
Laserit on parametroitu ja tarra kiinnitetty laserin viereen runkoon				

Anturit

Kohde	OK	F	-	Huom nro.
Velocity-anturin NPN kytkentä on huomioitu				
Ultraäänianturin asennuskorkeus on mekaniikkakuvaa vastaava				

Robotin ohjainkaappi

Kohde	OK	F	-	Huom nro.
Moottorikaapeleiden vedonpoistot on kunnossa				
Lämpötila-anturin mitta-alueen dipit on säädetty 0 - 100 c°				
Automaattisulakkeen F54 virtarajat on säädetty 1A = 4A, 2A = 4A				
Robotin kaapeleiden Roxtec-läpivienti on kiristetty				
X-ketjun harting-kytkentälevy on asennettu, kaapelit kytketty ja vedonpoistot tehty				

MITTAUKSET / TOIMINTAKOKEET

Kohde	OK	F	-	Huom nro
Jarrujen avautuminen testattu jarrunavaustyökälulla				
Anturit säädetty oikealle etäisyydelle ja toiminta testattu				
Käyttöönottomittaukset tehty ohjeen D124177 mukaisesti ja mittaustulokset ovat standardin SFS-EN 60204-1 puitteissa hyväksytyt				

Käyttöönottomittauksen tulokset

Kohde	Suojajohdinten jatkuvuus	Eristysvastus / MΩ	Jarrunavauskoe suoritettu	Huomautus nro.
M1 (X1)				
M2 (X2)				
M3 (Y)				
M4 (Z)			-	
M5 (G)			-	
Tarttuja			-	

Käytetty mittalaite

Laitetyyppi	Valmistaja	Malli
Asennustesteri		

Silmämääräiset tarkistukset

Kohde	OK	F	-	Huom nro
Ohjainkaapissa on paikoillaan Cimcorp-tarra				
Ohjainkaapissa on paikoillaan pääkytkinkytkin				
Ohjainkaapissa on paikoillaan robotin tunnuskilpi				
Sulakelista on paikoillaan kaapin sisäpuolella				
Kaapelimerkit ovat paikoillaan				
Laitte-, anturi ja moottoritarrat ovat paikoillaan				
Kaapeleiden liittimien kiristys on varmistettu				
Ohjainkaapissa johtimien asennus ok. Ei johdinkarvoja näkyvillä tai oikosulussa				
Ohjaimissa ja turvareleissa olevat pikaliittimet ovat kunnolla kiinni				
Sillan ja kaapin päälle ei ole jäänyt työkaluja tai asennustarvikkeita				
Silta ja kaappi on imuroitu sekä puhallettu puhtaaksi polystä ja metallilastusta				

HUOMIOT

Asia	Korjattu
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

KUITTAUS

	Pvm	Nimi
Sähköasennus valmis		

Tämä dokumentti kulkee robotin mukana laitetestaukseen ja toimitetaan lopuksi arkistotavaksi linjakokoonpanon oranssiin laatikkoon