



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

I/O-LIITYNTÖJEN JA KENTTÄVÄYLIIN KYTKETTYJEN LAITTEIDEN TESTAUSOHJEET

Teemu Matikka

Opinnäytetyö
Joulukuu 2018
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkövoimatekniikka

MATIKKA, TEEMU:

I/O-liityntöjen ja kenttäväyliin liitettyjen laitteiden testausohjeet

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 8 sivua
Joulukuu 2018

Tämä opinnäytetyön aihe on I/O-liityntöjen ja kenttäväyliin liitettyjen laitteiden testausohjeet. Työ tehtiin Valmet Automationille. I/O-liitynnät, I/O-laitteet ja kenttäväyliin liitetyt laitteet muodostavat Valmetin automaatiotoimitusten laitekokonaisuudet. Testausohjeiden tarkoitus on toimia yleisesti kattavina ohjeina tyypillisimmille projektitoimituksille. Laitteiston perusteellinen testaus on olennainen osa Valmetin projektin toimitusprosessia. Testausohjeilla pyritään tehostamaan laitteiston testausprosessia, ja varmistamaan turvallisuus.

Testaus tapahtuu kahdessa vaiheessa. Laitteistolle tehdään ensin tehdaskoestus Valmetin toimitiloissa. Laitteiston tehtaaseen asennuksen jälkeen suoritetaan käyttöönottotestaus. Tämä opinnäytetyö sisältää testausohjeet projektin molempiin vaiheisiin. Testausohjeiden laatimiseksi seurattiin usean projektin tehdaskoestusta ja yhden projektin käyttöönottotestausta.

Tuotetut testausohjeet ovat salassapidettäviä, ja ne jäävät Valmetin käyttöön. Opinnäytetyö ei sisällä testausohjeita. Tämän opinnäytetyön julkaistavassa raporttiosiossa käsitellään testausohjeiden tekoprosessi ja testausohjeiden sisältö yleisesti. Työhön kuuluu myös sähkötyöturvallisuuden huomioiminen tehdaskoestuksessa ja käyttöönotossa. Sähkötyöturvallisuuden varmistaminen huomioitiin testausohjeissa, ja sähkötyöturvallisuutta käsitellään raporttiosiossa. EU:n konedirektiivin ja siihen liittyvien standardien vaatimukset ovat myös osa tätä työtä. Direktiivin vaatimukset ohjasivat testausohjeiden laatimista, ja opinnäytetyöhön sisältyy direktiivissä käsitelty vikatilanneanalyysi.

Asiasanat: automaatio, I/O, kenttäväylä, tehdaskoestus, käyttöönottotestaus

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Electrical engineering
Power engineering

MATIKKA, TEEMU:

Testing manuals for I/O interfaces and devices connected to fieldbus

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 8 pages
December 2018

The topic of this thesis is Testing manuals for I/O interfaces and devices connected to fieldbus. Thesis was produced for Valmet Automation. Hardware of automation systems delivered by Valmet consists of I/O interfaces, I/O devices and devices connected to fieldbus. The purpose for testing manuals is to serve as universally comprehensive instructions for typical projects delivered by Valmet. Thorough testing of the hardware is essential part of the project delivery process of Valmet. Testing manuals aim at optimizing and securing the testing process of the hardware.

Testing is done in two parts. At first, factory acceptance testing is done in facility of Valmet. Site acceptance testing is done after hardware has been installed in factory. This thesis includes testing manuals for the both phases of testing. Factory acceptance testing of several projects and site acceptance testing of one project were observed to produce testing manuals.

Produced testing manuals are confidential and remain in the use of Valmet. Process of producing testing manuals and general content is included in published report of this thesis. Part of thesis was also electrical work safety in factory acceptance testing and deployment. Ensuring electrical work safety was acknowledged in testing manuals and electrical work safety is covered in report. Part of this thesis are also requirements of the European Union machinery directive and standards related to it. Requirements of the directive governed production of testing manuals. Requirements are also included in report. Failure mode and effects analysis of the directive is addressed in report.

Key words: automation, I/O, fieldbus, testing manuals, factory acceptance testing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	VALMET DNA -JÄRJESTELMÄ	9
3	VALMETIN SÄHKÖTURVALLISUUS	11
4	KONEDIREKTIIVI	18
5	FMEA-ANALYYSI	24
6	TEHDASKOESTUS	27
7	KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUS.....	32
8	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET.....	37
	LIITTEET	39

LYHENTEET JA TERMIT

FAT	Factory acceptance testing, tehdaskoestus
DCS	Distributed control system, prosessin hajautettu ohjausjärjestelmä
QCS	Quality control system, prosessin laadunvalvontaan käytetty järjestelmä
I/O	Input/Output, tiedonsiirron rajapinta automaatiossa
I/O-kortti	Tietoa vastaanottava tai lähetävä ohjelmoitava logiikkayksikkö
IBC	Prosessiväyläohjain
FMEA	Failure mode and effects analysis, analyysi vikatilanteista ja niiden vaikutuksista
DNA	Valmetin automaatiojärjestelmä
Projekti	Valmetin toimittama sovellus- ja järjestelmäkokonaisuus
Kenttä	Tehtaan prosessilaitteiston käsittävä ympäristö
Kenttäväylä	Prosessin laitteiston tiedonsiirtoväylä

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Valmet Automationille. Opinnäytetyö on kaksiosainen. Ensimmäisenä tavoitteena on tuottaa testausohjeet Valmet DNA-järjestelmän I/O-korteille, ja näiden ohjaamille kenttäväyliin liitetyille laitteille.

Valmetin Automation on sellu- ja paperiteollisuuden johtava automaatiotoimittaja. Automaation kasvutekijöinä toimivat nykyisessä markkinassa ikääntyvien koneiden uusimistarve, teollisen internetin kattavien ratkaisujen kysyntä ja uudet investoinnit sellu- ja paperitehtaisiin sekä voimalaitoksiin. Lisäksi Automaatio-liiketoiminnan kasvua tukevat vaatimukset raaka-aineiden säästöistä, prosessien mahdollisimman hyvistä hyötysuhteista ja kestävän kehityksen varmistamisesta.

Opinnäytetyönä suoritettava testausohjeiden tuottaminen pyrkii varmistamaan Valmetin strategisten tavoitteiden ja arvojen toteutuminen projektien toimitusketjussa. Tehdaskoestusta ja käyttöönottoa pyritään tehostamaan ja takaamaan näiden työvaiheiden työturvallisuus. Opinnäytetyön tavoite on kattavat ohjeet testausta suorittavan henkilöstön käyttöön. Testausmenetelmät nopeutuvat ja helpottuvat sekä työtapaaturmien riski poistuu tai pienenee. Asiakkaille tämä näkyy tehtaiden seisakkiajan minimoimisen kautta tulevana säästöinä ja koko projektin käyttöajan turvallisuuden parantumisena.

Testausohjeista on tarkoitus tehdä kattava, mutta vain yleisimmät I/O-korttityypit sisältävä. Kenttäväyliin liitettyjen laitteiden testausohjeissa käsitellään mallikohtaisesti muutama yleisin laite, ja kenttäväyliin liitettyjen laitteiden yleinen testausprosessi käydään läpi.

Testausohjeissa käsitellään Valmetin tiloissa tapahtuva tehdaskoestus ja projektin käyttöönottotestaus. Tiedot testausohjeisiin hankitaan Valmetin tehdaskoestustiloissa testausta seuraamalla ja dokumentoimalla. Työntekijöiden haastattelulla ja tiedonhaualla tietokannasta täydennetään tehdaskoestusta koskevia ohjeita. Käyttöönottovaiheen

testausohjeiden laatimiseksi osallistutaan yhden projektin käyttöönottoon, jonka aikana tapahtuvaa järjestelmän testaamista havainnoidaan ja dokumentoidaan.

Testausohjeita täydennetään ja tiivistetään opinnäytetyötä ohjaavien esimiesten kanssa käytyjen palaverien perusteella. Testausohjeiden tavoitteena on tiivis ja jatkossa täydennettävä asiakirja, joka helpottaa ja tehostaa projektin testaamiseen kuuluvia työvaiheita. Samalla on tavoitteena miettiä testausmenetelmien edelleen kehittämistä. Testausohjeasiakirjasta tulee salassapidettävä Valmetin oma asiakirja. Opinnäytetyön raporttiosassa käydään yleisesti läpi testausohjeiden ja testauksen kulku. Myös kehitysehdotukset sisällytetään raporttiosaan.

Opinnäytetyön toisena tavoitteena on perehtyä Valmetin nykyisiin sähköturvallisuusohjeisiin sekä tehdaskoestuksessa että projektin käyttöönotossa, ja EU:n konedirektiivin MD 2006/42/EC asettamiin vaatimuksiin. Testattavien laitteiden osalta tehdään standardin 60812 mukainen FMEA-riskianalyysi, jossa todetaan laitteiden mahdolliset häiriötoiminnot ja toimenpiteet niiden ehkäisemiseksi.

Sähköturvallisuusohjeiden standardienmukaisuutta ja yleistä pätevyyttä tutkitaan. Jos tarvetta ilmenee, tuotetaan uudet sähköturvallisuutta käsittelevät ohjeet. Uudet ohjeet voivat olla täydentäviä tai koko sähköturvamääräykset kattavia. Testausmenetelmien seurannassa tulleita havaintoja lisätään sähköturvallisuusohjeiden kehittämisosioon. Sähköturvallisuusosio sisällytetään raporttiosaan mahdollisuuksien mukaan. Sähköturvallisuus otetaan huomioon testausohjeissa, mutta laajempi käsittely ja kehitysideat olisi tavoitteena sisällyttää raporttiin siltä osin, kuin salassapitovaatimus sallii. Sähköturvallisuusosiossa pohditaan myös Valmetin projektien eri työvaiheiden sähköturvallisuusriskejä ja toimintamalleja niiden ehkäisemiseksi.

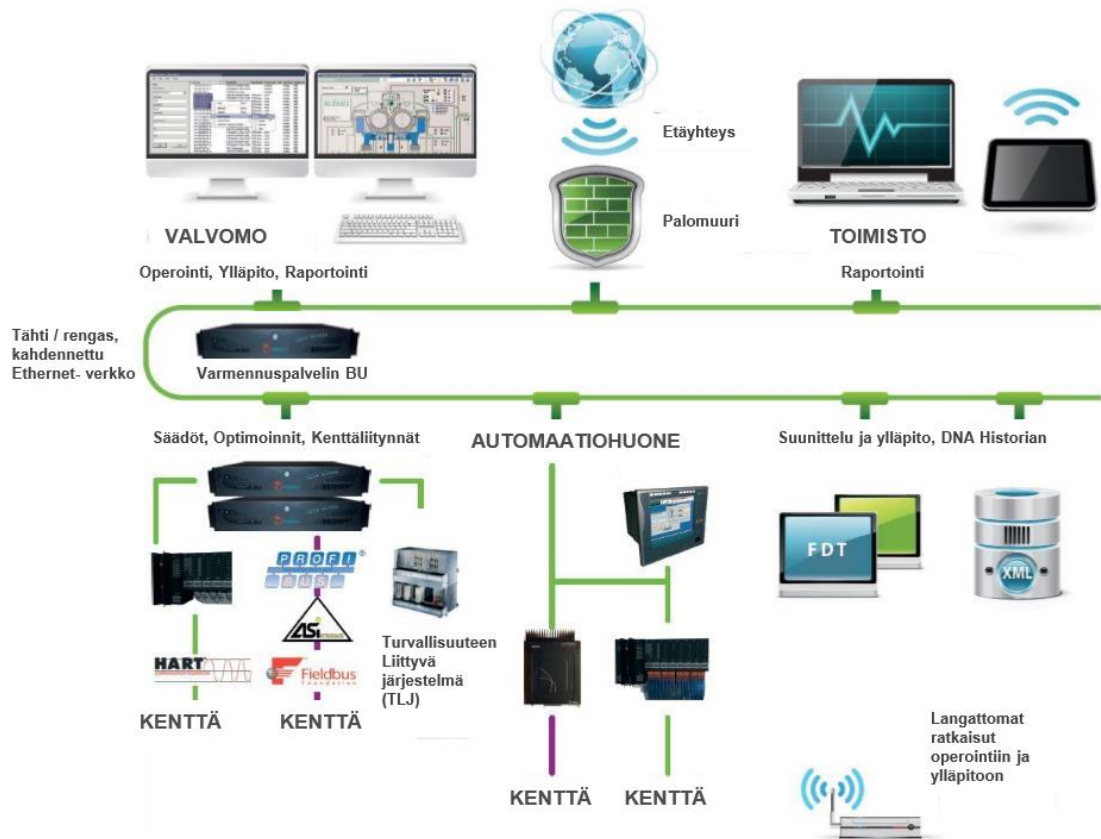
Vuoden 2006 EU:n konedirektiivi ja siitä johdetut standardit asettavat uusia vaatimuksia koneille ja niiden ohjauslaitteille. Direktiiviä käsitellään opinnäytetyön raporttiosassa, ja direktiivin vaatimukset huomioidaan testausohjeissa. Raporttiosaan tehdään direktiivin vaatima riskikartoitus koneiden käytön suhteen. Riskikartoituksen avulla pohditaan, kuinka testausmenetelmillä ja yleisillä toimintamalleilla riskien todennäköisyys saadaan mahdollisimman pieneksi. Tämän opinnäytetyön ohella Valmet

teettää kaksi muuta opinnäytetyötä testausohjeista, aiheina niissä ovat järjestelmä- ja kenttäväylätestaus.

2 VALMET DNA -JÄRJESTELMÄ

Valmetin nykyinen automaatiojärjestelmä tunnetaan nimellä Valmet DNA. Valmet DNA tarjoaa kattavan automaatio- ja tietojärjestelmän prosessien ohjaamiseksi. Valmet DNA:ssa yhdistyvät kaikki prosessin ohjaukseen, optimointiin ja valvontaan tarvittavat toiminnot. Se sisältää myös järjestelmän mekaanisen kunnonvalvonnan ja turvallisuusjärjestelmät. Käyttökohteet kattavat yksittäisen prosessinohjainlaitteen valvomo-ohjelmistona toimimisesta kokonaisen tehtaan käsittävään järjestelmään. Järjestelmän suunnittelua ovat ohjanneet vaatimukset korkeasta luotettavuudesta, käytön joustavuudesta, tarkasta analysoinnista ja raportoinnista sekä kehittyneistä ohjaustoiminnoista ja -algoritmeista. Valmet DNA:n kehityksessä on nojattu Valmetin yli 30 vuoden kokemukseen DCS-järjestelmien toimittamisesta. Valmet toimitti ensimmäisen Damatic Classic -automaatiojärjestelmän vuonna 1979. Automaatiojärjestelmän edeltävä versio Metso DNA vaihtui Valmet DNA:ksi 2015(Valmet DNA Collection 2017).

Valmet DNA -järjestelmän rakenteen muodostaa kahdennettu Ethernet-verkko, joka yhdistää valvonta- ja operointijärjestelmän, prosessinohjauslaitteet, suunnittelu ympäristön sekä varmennuksen. (KUVA 1.)



KUVA 1. Valmet DNA verkko(Valmet DNA Collection 2017).

Operointijärjestelmään kuuluu operointipalvelin, josta operointityöaseman kautta prosessia valvotaan ja ohjataan. Hälytyspalvelin kerää prosessin hälytystietoja ja lähettää ne operointipalvelimen kautta operointityöasemalle. Järjestelmän prosessi-, operointi- ja hälytyshistoria tallennetaan historiapalvelimelle. Prosessinohjauspalvelin liittää Valmet DNA-järjestelmän ohjattavaan prosessiin. Prosessinohjauspalvelimeen on kytketty I/O-laitteet ja muut järjestelmän kenttäväylälaitteet, joilla prosessia ohjataan. Suunnitteluympäristöön kuuluu suunnittelupalvelin ja suunnittelutyöasema. Varmennuspalvelimella on tallennettuna kaikkien järjestelmän asemien sovellukset, ja vikatilanteissa toimintahäiriöiselle asemalle ladataan automaattisesti tarvittava sovellus. Sovellusmuutokset tuodaan järjestelmään varmennuspalvelimen kautta(Valmet DNA Collection 2017).

3 VALMETIN SÄHKÖTURVALLISUUS


Valmetin projektien tehdaskoestus suoritetaan testausalueella, jonne on annettu tarkat sähkötyöturvallisuusohjeet työturvallisuuden varmistamiseksi. DCS-testialueen laitteistolle on annettu Valmetin testauslaitteistojen rakennevaatimukset -ohje, joka takaa sähkötyöturvallisuudesta annettujen standardien täyttymisen Valmetin testausalueen laitteiston osalta. Henkilöiden turvallisen työskentelyn varmistamiseksi on annettu DCS-testialueen sähköturvallisuusohje. Projektien testaaminen alkaa oman henkilöstön suorittamalla testauksella, jolla varmistetaan projektin laitteiston toiminta. Tämän jälkeen asiakkaat toteuttavat omat testinsä projektille testausalueella. Tämä menettely mahdollistaa käyttöönoton mahdollisimman nopean toteutuksen projektin kohteessa. Vaihtelevan sähkötyökokemuksen omaavien henkilöiden työskentely testausalueella asettaa korkeat vaatimukset testausalueen turvallisuudelle.

Valmetin testausalueen rakennevaatimukset -ohje koskee Valmet Automationin Tampereen testausalueen laitteistojen rakennetta ja turvaominaisuuksia sekä käytön vastuuta. Laitteisiin kuuluu projektitoimituksen kuuluvat laitteistot ja vain testausta varten hankitut testauslaitteet. Testauslaitteiston toimittanut haltija tai omistaja on vastuussa laitteen sähköturvallisuudesta. Joka projektille on nimetty testausalueen työnaikainen sähköturvallisuuden valvoja, joka huolehtii testausasennusten määräyksenmukaisuudesta ja sähkötyöturvallisuudesta (Valmetin testausalueen rakennevaatimukset).

Toimituskeskuksen integraattori vastaa testausasennusten valmisteluista ja käyttöönottotarkastuksesta. Toimituskeskusten integraattoreiden yhteystiedot löytyvät rakennevaatimuksien liitteistä. Integraattori luovuttaa valmiin asennuksen projektia testaavalle henkilöstölle. Laitteiston rakenne- ja suojaustoimenpiteet tulee olla valmiiksi asennettuna ja mitta- ja kytkentäpisteet helposti saatavilla ilman rakenteiden purkamista valmistajan tai kokoonpanijan toimesta. Laitteistot varustellaan testausta varten alihankkijoiden toimesta. Toimituskeskuksen integraattorin hyväksynnän edellytys on, että laitteistojen mukana on valmistajan tekemä kappaletestauspöytäkirja, joka noudattaa standardia SFS-EN 61439. Koneiden mukana tulee olla konedirektiivin

mukainen, tarvittavat testaukset osoittava tarkastuspöytäkirja(Valmetin testausalueen rakennevaatimukset).

Testauslaitteistojen tulee olla standardin SFS-EN 50191 mukaiset. Tehonsyöttöjen tulee täyttää standardi SFS-EN 6000 ja koneiden sähkölaitteistoja SFS-EN 60204. Rakennevaatimuksissa on lueteltu muut laitteistoja koskevat standardit, jotka perustuvat sähkölaitteistojen osalta pienjännitedirektiiviin LVD 2006/95/EY ja EMC-direktiiviin EMC 2004/108/EY. Testauslaitteistojen tehonsyöttö tulee tehdä pistoliittimin, ja tehonsyöttöjä ei saa koota enää testausalueella. Myös ohjausliitinten tulee olla mahdollisuuksien mukaan pistoliittimin toteutettuja. Laitteistojen tulee olla kosketussuojattuja, ja kaapeloinnit suositellaan tehtäväksi laitteen omia kaapeliläpivientejä hyödyntäen ja vedonpoistoilla varustettuna. Liitäntäkaapeleiden vaatimukset ovat kuvassa 2.



Standard voltages - Color codes according to IEC60309-1, -2

Position of earthing sleeve according to IEC 60309-2 (clock)	2P+E	3P+E	3P+N+E
1	<input type="checkbox"/> Optional voltage (not stated below)	<input type="checkbox"/> Optional voltage (not stated below)	<input type="checkbox"/> Optional voltage (not stated below)
2	<input type="checkbox"/> >50 V~ >300...500 Hz	<input type="checkbox"/> >50 V~ >300...500 Hz	<input type="checkbox"/> >50 V~ >300...500 Hz
3	<input type="checkbox"/> Not used	<input type="checkbox"/> 380 V~ 50 Hz, 440 V 60 Hz	<input type="checkbox"/> 220/380 V~ 50 Hz, 250/440 V 60 Hz
4	<input type="checkbox"/> 100...130 V~ 50 and 60 Hz	<input type="checkbox"/> 100...130 V~ 50 and 60 Hz	<input type="checkbox"/> 97/100...75/130 V~ 50 and 60 Hz
5	<input type="checkbox"/> Not used	<input type="checkbox"/> 600...890 V~ 50 and 60 Hz	<input type="checkbox"/> 347/600...400/900 V~ 50 and 60 Hz
6	<input type="checkbox"/> 200...250 V~ 50 and 60 Hz	<input type="checkbox"/> 380...415 V~ 50 and 60 Hz	<input type="checkbox"/> 200/240...340/415 V~ 50 and 60 Hz
7	<input type="checkbox"/> 480-500 V~ 90 and 60 Hz	<input type="checkbox"/> 480...300 V~ 50 and 60 Hz	<input type="checkbox"/> 277/480...288/300 V~ 50 and 60 Hz
8	<input type="checkbox"/> Not used	<input type="checkbox"/> 1000 V~ (for 63 A and 125 A)	<input type="checkbox"/> Not used
9	<input type="checkbox"/> 380...415 V~ 50 and 60 Hz	<input type="checkbox"/> 200...250 V~ 50 and 60 Hz	<input type="checkbox"/> 120/208...144/250 V~ 50 and 60 Hz
10	<input type="checkbox"/> >50 V~ 100...300 Hz	<input type="checkbox"/> >50 V~ 100...300 Hz	<input type="checkbox"/> >50 V~ 100...300 Hz
11 Mainly for marine installations	<input type="checkbox"/> Not used	<input type="checkbox"/> 440...460 V~ 50 Hz	<input type="checkbox"/> 250/440...265/460 V~ 60 Hz
12 Supply from isolating transformer	<input type="checkbox"/> Supply from isolating transformer	<input type="checkbox"/> Supply from isolating transformer	<input type="checkbox"/> Supply from isolating transformer

COLOUR CODES

For ease of identification of the various voltages and frequencies all CEE plugs and sockets are colour coded:

Rated operating voltage	Colour code
50-250V	White
40-50V	White
100-130V	Yellow
200-250V	Blue
360-480V	Red
500-1000V	Black
3-100-500 Hz	Green
no colour code	Grey

muutoin yksivaiheisissa voidaan käyttää schukotulppaa.



Liitäntäkaapeli tulee olla mitoitettu vähintään liitettävän (testauksessa käytettävän) kuorman mukaan, mieluummin kuitenkin syöttävän sulakkeen mukaan.

Kaapelina kumikaapeli (VSKB-A) tai pistokytkimen valmiskaapeli.

Liitosjohdon suosituspötkkipinnat ja syöttävä sulake:

110VAC	16A	2,5mm ²
200/110VAC	16A	2,5mm ²
230VAC	16A	2,5mm ²
400/230VAC	16A	2,5mm ²
400/230VAC	32A	6 mm ²
400/230VAC	63A	16 mm ²

KUVA 2. Liitäntäkaapeleiden vaatimukset(Valmet testauslaitteiston rakennevaatimukset).

Kosketussuojauksen tulee pysyä koko testauksen ajan. Testauskäytössä kuumenevat osat tulee olla kosketussuojattu(Valmetin testausalueen rakennevaatimukset).

Laitteistoille on annettu yleisten vaatimusten lisäksi laitetyyppikohtaiset vaatimukset. Automaatiokaapit, keskusket, kenttäkotelot, asennuslevyt ja erilliset moottorilähdöt tulee olla varustettuna kokoonpanokuvilla ja kytkentä- ja piirikaavioilla. Laitteissa on oltava potentiaalintasausjohdin. Potentiaalintasausjohdin vaaditaan myös moottoreilta, moottoriventtiileiltä, muuntajilta, toimilaitteilta, tajuusmuuttajilta, pehmokäynnistimiltä, servokäyttöiltä ja testauspöydiltä. Moottorikaapelin kytkentätapa on oltava merkittävä.

Moottorit on varustettava teknisillä tiedoilla, ja maksimiteho suoraan käynnistettäessä testausalueen verkossa on 3 kW/400 VAC. Jos moottori tai moottoriventtiili ei ole määrääkaistarkastusten piirissä, eristysvastus ja käämiresistanssi tulee olla mitattuna ja näkyvillä. Moottorit tulee olla asennettuna testauksen mahdollistavalle tukevalle alustalle, jossa akselinpää on suojattu. Muuntajien ja testaussalkkujen koteloituokka tulee olla IP3X. Testaussalkut eivät saa syöttää muita laitteita yli 50 V vaihtojännitteellä tai 120 V tasajännitteellä. Irralliset sähkökomponentit on asennettava maadoitettuun alustaan tai koteloon, ja niiden suojausluokan vähimmäisvaatimus on IP20. Työkalujen ja mittareiden tulee olla standardien mukaisia ja tarkastettuja. Vain jännitetyökalut ovat sallittuja (Valmetin testausalueen rakennevaatimukset).

Rakennevaatimuksissa on lueteltu ilman erillisjärjestelyjä saatavilla olevien jakelujännitteiden jännitetasot, virrat, jakelujärjestelmän kytkentätyyppi, vikavirtasuojaus ja sulaketyyppi. Pienjännitelähteiden on täytettävä standardin SFS-EN 6000-4-414 vaatimukset. Jännitteiset osat tulee olla kosketussuojattu koteloituokan IP23 mukaisesti. Yksivaiheinen syöttö on tarvittaessa varustettava napaisuuden kääntymisen estävällä pistotulpalla. Alle 10 ampeerin virran syöttävät 24 voltin tasajänniteliitännät voidaan tehdä ilman pistotulppaa. Liitäntäkaapeliin suositeltu mitoitus on syöttävän sulakkeen mukaan. Minimimitoitus liitäntäkaapeleille tulee olla kuorman mukainen. I/O-korttien testattavien toimintojen ja tilatietojen tulee olla kytkettynä riviliittimille. Laitteistoille on tehtävä kytkentäsuunnitelma erillisen sähkönsyötön vaatimien laitteistojen osalta. Kytkentäsuunnitelman pitää sisältää jännitesyötön ja ohjausten kytkentäkuvat, tekniset tiedot ja rakennepiirustukset (Valmetin testausalueen rakennevaatimukset).

DCS-testialueen sähkötyöturvallisuusohjeeseen perehtyminen on vaatimus testausalueella työskenteleville henkilöille. Testausalueelle pääsy on sallittu vain

ammattitaitoisille tai opastetuille henkilöille. Alueella oleskelevien maallikoiden tulee olla kyseisten henkilöiden valvomina. Jokaista testausalueella olevaa henkilöä koskee velvollisuus tutustua turvallisuusohjeeseen ja sen noudattamiseen. Jokaisella on myös velvollisuus ilmoittaa havaitsemistaan turvallisuuspuutteista. Alueella työskentelevillä henkilöillä tulee olla voimassa oleva hätäensiapu- ja alkusammutuskoulutus. Ensiapuvälineiden ja alkusammutuslaitteiden sijainti ja käyttö tulee testaushenkilöstön tiedossa(DCS testialueen sähkötyöturvallisuusohje).

Testausalueen sähkönsyöttö tapahtuu jakokeskuksista, joihin vikavirtasuojat on sijoitettu. Vikavirtasuojat ovat A-tyyppiä, ja niiden vikavirta-arvo on 30 mA. Vikavirtasuojien toiminta testataan vuosittain. Testausalueella on valmiiden testauslaitteiden sähkönsyöttöön tarkoitettuja vikavirtasuojamattomia pistorasioita, joiden käyttö muiden laitteiden sähkönsyöttöön on kielletty. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi tajuusmuuttajat, joiden vuotovirran suuruus ei mahdollista vikavirtasuojattua syöttöä(DCS testialueen sähkötyöturvallisuusohje).

Testausalueella tehtävät sähkötyöt ovat luvanvaraisia ja niiden tekeminen edellyttää sähköturvallisuusmääräysten mukaista pätevyyttä. Projekteille määritetään työaikainen sähkötyön valvoja, joka varmistaa testaukseen osallistuvan henkilöstön perehtymisen sähköturvallisuusohjeisiin, testauslaitteistoon, jännitejakeluun ja mahdollisiin vaaroihin. Toimituskeskuksen järjestelmäintegraattori valmistelee testauslaitteiston asennukset ja käyttöönottotarkastuksen. Tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja ja testauslaitteisto luovutetaan projektille. Testauslaitteiston sähköturvallisuusvastuu on projektilla testauksen ajan(DCS testialueen sähkötyöturvallisuusohje).

Sähkötyöhön käytettävien mittarien ja työkalujen tulee olla tarkoituksenmukaisia ja ehjiä. Mittarien tulee olla säännöllisesti tarkastettuja, ja niiden mittapäiden ja virtapihtien tulee olla standardien SFS-EN 61010-2-031 ja SFS-EN 61010-2-032 mukaisia. Sähkötyössä on mittarien ja työkalujen lisäksi tarvittaessa on käytettävä lisäsuojia, kuten lippusiimaa, lukkoja tai varoituskilpiä vaarallisen alueen eristämiseksi. Mittarit, työkalut ja suojaimet tarkastetaan vuosittain, ja lisäsuojat huolletaan suojaimen käyttöohjeen mukaisesti(DCS testialueen sähkötyöturvallisuusohje).

Testauslaitteiston mukana tulee olla kappaletestauspöytäkirja, josta selviää laitteiston standardienmukaisuus. Asennuksille tehdään sähköiset ja mekaaniset toimintakokeet sekä eristysvastusmittaus, ja suojajohtimille jatkuvuusmittaus. Mittaukset tehdään standardin SFS EN 6000-6 mukaisesti. Laitteistot tulee sijoittaa niille varatuille paikoille siten, että syöttökaapelit ja potentiaalintasausjohtimet eivät sijaitse kulkureiteillä. Kaappien potentiaalintasauksen kytkentään käytetään ensisijaisesti hyllyllä olevia johtimia, mutta tarvittaessa potentiaalintasauksen voi ketjuttaa kaapilta toiselle. Jos TE-maadoitusverkkoa ei ole saatavilla, TE:n tilalle kytketään aina PE-johdin. Maadoitusten jatkuvuusmittaukset mitataan kustakin syötöstä referenssipistettä vastaan, ja jatkuvuusmittauksen arvo ei saa olla yli yhden ohmin. Kytkentä jännitteiseksi tapahtuu testausalueen jännitekiskosta, ja syöttökiskon vaiheita on kuormitettava tasaisesti. Testausalueella on käytössä kahden eri jännitetason syöttökiskoja, jolloin laitteiston kytkentä oikeaan jännitetasoon tulee varmistaa. Syöttökaappeihin tapahtuu pistokytkimillä, jotka toimivat työkohtaisina erotuskytkiminä. Nimellisvirraltaan yli 16 ampeerin testauskytkentöjen erotuskytkin tulee olla koteloitu kytkinvaroke. Erotuskytkinten tulee olla helposti saatavilla. Jännitesyöttöä ei saa ketjuttaa kaapista toiseen, ja jännitteen kytkemisen merkiksi kaapissa tulee olla varoituskilpi(DCS testialueen sähkötyöturvallisuusohje).

Ennen testauksen aloittamista kaikkien testaukseen osallistuvien tulee olla tietoisia laitteistojen erotuskytkinten sijainnista. Työnaikainen sähköturvallisuuden valvoja opastaa testaushenkilöstöä ja varmistaa ohjeiden ja vaatimusten noudattamisen. Pelkkää sovellustestausta voidaan suorittaa ilman työnaikaista sähköturvallisuuden valvontaa. Sovellustestaus käsittää päätetyöskentelyn, asemien virtakytkinten ja kaappien pääkytkinten käyttö, väyläkaapeleiden kytkentä, I/O-kehikoiden kytkentä jännitteettömäksi sekä I/O-korttien vaihto. Jännitetyön tekeminen on kielletty testausalueella. Laitteistoon muutostöitä tehdessä tulee noudattaa standardinmukaista työskentely jännitteettömänä -menettelyä, johon kuuluu täydellinen erottaminen, jännitteen kytkemisen estäminen, jännitteettömyyden toteaminen ja lähellä olevien jännitteisten osien suojaus. Muutostyöt tulee päivittää käyttöönottopöytäkirjaan. Testauksen päätyttyä projekti luovuttaa testauslaitteiston toimituskeskukselle, jolle sähköturvallisuusvastuu siirtyy(DCS testialueen sähkötyöturvallisuusohje).

Testauksen aikana ei tehdä jännitetyötä. Työnaikaisen sähkötyön valvoja vastaa silti myös testaushenkilöstön riittävästä osaamisesta ja perehtymisestä ohjeisiin. Testaushenkilöstön työskentely testausalueella vaatii työnaikaisen sähkötyön valvojan läsnäolon, mikäli henkilö katsotaan maallikoksi sähköturvallisuuden osalta. Valmetilla testaushenkilöstön katsotaan omaavan riittävä pätevyys sähköturvallisuuden osalta, kun hänellä on vuosi työkokemusta testauksesta ja sähkötyöturvakortti. Kaikki itsenäiseen ja valvonnan alaiseen testaukseen osallistuvat henkilöt listataan projektin pöytäkirjaan. Kulkuoikeudet testausalueelle edellyttävät tarvetta testaustyöhön projektissa. Testaushenkilöstöltä vaadittu hätäensiapu- ja alkusammutuskoulutus takaavat henkilöstön oikean toiminnan hätätapauksissa (DCS testialueen sähkötyöturvallisuusohje).

Testausohjeiden käsittämä työskentely testausalueella tehdään pääsääntöisesti pienoisjännitteellä. Testauksen aikana mitataan ja tarvittaessa asennetaan 24 voltin tasajännitetason komponentteja. Tämä jännitetaso ei aiheuta hengenvaarallista kosketusjännitettä, mutta komponentti- tai työkaluvaurioita voi syntyä. Riittävän osaamisen vaatiminen tai valvojan läsnäolo ehkäisee virheellisen toiminnan sovellustestauksessa. Testausohjeet sisältävät yksikäsitteiset mittauspäivät kuhunkin mittaukseen, jolloin laiteviat estyvät testaustyössä. Myös mittareiden asetukset, napaisuus ja oikeat mittauspäiden liitinpisteet on käsitelty. Laitteistoa koekäytetään esimerkiksi taajuusmuuttajan ja moottorin kytkennällä. Nämä toimilaitteet ovat sähkötyöturvallisuusohjeiden mukaisesti kosketussuojattuja, ja niiden syöttö tapahtuu pistotulpin. Henkilöstön tulee olla tutustunut testauslaitteistoon ja tietää erotuskytkimen sijainti. Laitteet eristetään kytkennän jälkeen lippusiimalla lukuun ottamatta testauksen kannalta tarpeellisia ohjaus- tai mittalaitteita. Näitä ovat esimerkiksi parametrien syöttöön tai koneen käyntitietojen lukemiseen käytettävät laitteiden etupaneelit (DCS testialueen sähkötyöturvallisuusohje).

Valmetin sähköturvallisuusohjeet ovat kattavat ja pohjautuvat sähköturvallisuusstandardeihin. Ohjeissa viitataan standardeihin, joista voi tarvittaessa hakea täsmennystä ohjeistukseen. Ohjeissa mainittuja ensisijaisia laitteistorakenteita ja kytkentätapoja tulee noudattaa aina kun mahdollista, vaikka ohjeet sallivatkin niistä poikkeamisen. Testausohjeiden laadinnassa sähköturvallisuusohjeet otettiin huomioon niiltä osin, kun ne käsittävät testauksen aikaista toimintaa. Testaustyöskentelyn

vaatimuksena on kuitenkin sähköturvallisuusohjeisiin perehtyminen. Valtaosa sähköturvallisuusohjeista koskee testauslaitteiston asennusta ja purkamista sekä rakennevaatimuksia. Testausalueen sähköturvallisuusohjeet ovat testauksen aikaisen työskentelyn osalta riittävät, jotta sähköturvallisuusstandardien edellyttämä turvallinen työskentely toteutuu. Sähköturvallisuusvastuut ja laitteiston asennus ja käyttöönotto on tarkasti määritelty. Vastaavat henkilöt, käyttöönottotarkastukset ja moottorien mittaukset dokumentoidaan riittävästi.

Testaustyön sähköturvallisuusriskit tulevat lähinnä automaatiokaapin sisältämien jännitteisten osien ja testauksen aikana käytettävien testauslaitteistojen kytkentä ja käyttö. Automaatiokaapit on kosketussuojattu ja I/O-korttien käyttämä jännite on PELV-jännitettä. Automaatiokaapin asennuksen jälkeinen käyttöönottotarkastus varmistaa sähkönsyötön standardienmukaisuuden. Testauksen alkaessa tulisi kaapin käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan ja muihin mahdollisiin dokumentteihin perehtyä. Testaukseen liittyvien sähkölaitteistojen rakenteiden tuntemus auttaa turvallisuuden varmistamisessa. PELV-piirien eristäminen muista jänniteisistä piireistä sekä PELV-jännitelähteen nimellisjännite ja taso ovat olennaisimmat turvallisuuteen vaikuttavat seikat. Myös testauksessa käytettävien mittareiden ja työvälineiden vaatimuksenmukaisuus on turvallisen työskentelyn edellytys. Automaatiokaapin erotuskytkimen käytettävyys ja sijainti edistävät turvallisuutta.

4 KONEDIREKTIIVI

Tässä työssä tuotettujen testausohjeiden tavoitteena on varmistaa EU:n konedirektiivin täytyminen Valmetin projekteissa. 9. kesäkuuta 2006 julkaistu EU:n koneita säätelevä direktiivi MD 2006/42/EC tuli voimaan 21. lokakuuta 2009. Direktiivi ja siitä johdetut standardit EN ISO 12100:2010, EN 1037/A1:2008 ja EN 60204-1:2006 asettavat koneiden ohjauslaitteille turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia. Marraskuussa 2010 laadittu standardi ISO 12100:20110 käsittelee koneturvallisuuden kannalta koneiden yleisiä suunnitteluperiaatteita, riskin arviointia ja riskin pienentämistä. Standardi EN 1037 tuli voimaan lokakuussa 2008, ja se kattaa koneturvallisuuden vaatimukset odottamattoman käynnistymisen osalta. Koneiden sähkölaitteistojen yleiset vaatimukset on vahvistettu kesäkuussa 2006 standardissa EN 1037.

Ennen 2006 vuoden EU:n konedirektiivin laatimista koneiden ohjauksen turvallisuus taattiin toteuttamalla turvallisuuden kannalta kriittiset ohjaukset ja suojaukset mekaanisesti tai turvaluokitellulla järjestelmällä. Muu ohjaus voitiin toteuttaa luotettavaksi todetulla järjestelmällä. Uudet vaatimukset edellyttävät koneiden ohjaukseen liitettyjen turvaluokittelemattomien laitteiden ja järjestelmien turvallisuusriskien arviointia ja huomioimista. Valmet DNA -järjestelmän ja siihen liitettyjen laitteiden turvallisuusriskit pitää arvioida, ja koneen ja sen ohjauksen suunnittelussa tämä arviointi tulee huomioida. Valmetin projektien testausmenetelmät tulee suunnitella siten, että konedirektiivin vaatimusten täytyminen voidaan varmistaa. Testausohjeilla pystytään osoittamaan, että Valmetin ohjausjärjestelmätoimitukset täyttävät muuttuneet vaatimukset (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY).

Direktiivi pyrkii poistamaan koneenkäytön aiheuttamat riskit koko koneen oletetun käyttöajan aikana. Tähän kuuluu kaikki käyttöönotto- ja käytöstäpoistovaiheet kuljetuksineen. Testausohjeiden laatimisen pohjana olleissa projekteissa kenttäväyliin liitetyt laitteet toimitettiin ja asennettiin laitetoimittajien toimesta, joten testausohjeiden laadinnassa huomioidaan direktiivin vaatimukset vain käyttöönottotestauksen, käytön ja huollon osalta. Laitevalmistajan tulisi olla pyrkinyt minimoimaan ja poistamaan riskit mahdollisimman hyvin jo koneen suunnittelulla ja rakenteen toteutuksella. Valmistajan

tulee tehdä koneeseen tarvittavat suojaustoimenpiteet niiden riskien osalta, joita ei voida kokonaan poistaa. Myös koneen mahdollinen, ennakoitavissa oleva väärinkäyttö tulee ottaa riskien osalta huomioon. Jos suojaustoimenpiteet jäävät riskien osalta vajavaiseksi, se tulisi käydä ilmi valmistajan käyttöohjeista. Testausohjeiden perustana koneturvallisuuden osalta ovat valmistajan käyttöohjeet. Näistä tulisi käydä ilmi suojauksen vajavaisuudesta johtuvat jäännösriskit, konetta käyttävän henkilön koulutusvaatimus ja vaadittavat henkilönsuojausvälineet. Direktiivi vaatii koneiden ohjausjärjestelmän ehkäisevän vaaratilanteita. Vaaratilanteita ei saisi syntyä käyttörasituksista, laitteisto- tai ohjelmistovioista, ohjausjärjestelmän logiikan virheistä tai käyttäjän inhimillisestä erehdyksestä. Odottamaton käynnistys, koneen ominaisarvojen muutos sekä automaattisen ja manuaalisen pysäytyksen esteettömyys tulee huomioida ohjausjärjestelmän suunnittelussa ja rakenteessa (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY).

Konedirektiivistä johdettu standardi EN ISO 12100:2010 sisältää direktiivin edellyttämät ja periaatteet riskin arviointiin ja pienentämiseen. Standardissa on esitetty vaiheittainen strategia tämän tavoitteen saavuttamiseksi. Riskin arvioinnin ensimmäinen vaihe on koneen raja-arvojen määrittäminen. Raja-arvoilla määritetään, miltä osin koneeseen liittyviä riskejä tulee arvioida. Koneen käyttörajoihin sisältyy koneen käyttötavat ja niihin liittyvät henkilöt. Koneen käyttäjien osalta huomioidaan käyttäjien koulutustaso ja muut käyttöhenkilöstöön liittyvät vaatimukset. Myös koneelle altistuvat sivulliset henkilöt tulee huomioida. Raja-arvoihin kuuluvat myös koneen liikkeet ja ihmisen vuorovaikutuksen huomioivat tilarajat sekä koneen elinikään ja hultoväleihin liittyvät aikarajat. Raja-arvoihin voi kuulua myös koneen toimintaympäristö ja sen käsittelemä materiaali (SFS-EN ISO 12100 KONETURVALLISUUS. YLEISET SUUNNITTELUPERIAATTEET, RISKIN ARVIOINTI JA RISKIN PIENENTÄMINEN).

Vaarojen tunnistaminen voidaan toteuttaa, kun raja-arvot on määritetty. Vaarat tulee tunnistaa ihmisten vuorovaikutuksen, koneen toimintatilojen ja mahdollisen väärinkäytön osalta. Kun vaaratilanteet on tunnistettu, tulee riskien suuruus arvioida. Tässä huomioidaan riskin osatekijät, jotka koostuvat vahingon vakavuudesta ja esiintymistodennäköisyydestä. Riskin suuruuden arvioinnin perusteella arvioidaan riskin pienentämisen tarve. Riskin pienentämisellä pyritään poistamaan tai

minimoimaan vaaratilanteet niiden suuruuden mukaan. Ensisijaisesti riskejä tulee pienentää koneen rakenteen ja käytön suunnittelulla. Jäljelle jäävät riskit pyritään ehkäisemään suojaustoimenpitein. Koneen käyttöohjeilla pienennetään suunnittelusta ja suojaustoimenpiteistä jäävä jäännösriski(SFS-EN ISO 12100 KONETURVALLISUUS. YLEISET SUUNNITTELUPERIAATTEET, RISKIN ARVIOINTI JA RISKIN PIENENTÄMINEN).

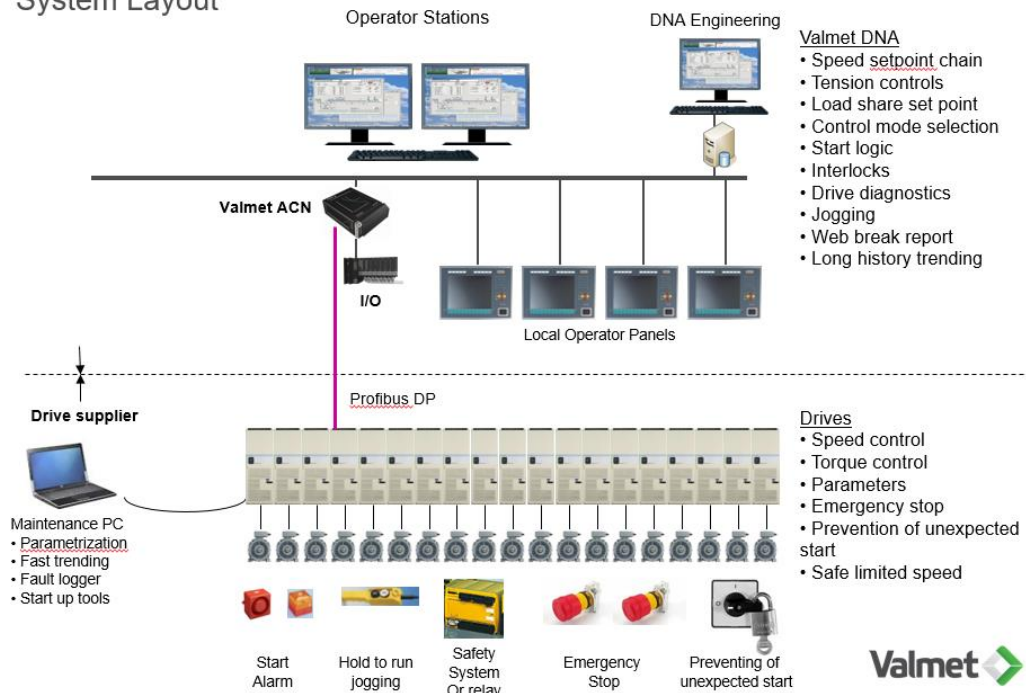
Standardi EN 1037/A1:2008 käsittelee konedirektiiviin sisältyvää odottamattoman käynnistykseen estämistä. Automaatio lisää riskejä koneen käynnistymiseen henkilöiden ollessa koneen vaikutusalueella. Vaaraa aiheuttavia tilanteita ovat esimerkiksi koneen käyttöönotto, kunnossapito, säätö, vianetsintä ja häiriönpoisto. Standardissa käsitellään koneen odottamattoman käynnistymisen estäviä rakenteellisia ominaisuuksia. Koneen erottaminen ja energian purkaminen ovat ensisijaisia keinoja päästä tähän tavoitteeseen. Erotuksen päällä pysyminen on voitava varmistaa lukituslaittein tai käyttämällä erotustapana esimerkiksi koneen vaara-alueella olevien henkilöiden välittömässä hallinnassa olevaa pistokytöntä. Koneen mekaanisiin osiin painovoiman tai jousen vaikutuksesta jäävä energia on oltava mahdollista purkaa. Jos energian purkaminen ei ole mahdollista, energia tulee pidättää lukittavilla pidätyslaitteilla mekaanisesti. Erottamiseen ja energian purkamiseen käytetyistä laitteista tulee käydä selkeästi ilmi laitteen asento. Jos erottaminen ja energian purkaminen eivät ole mahdollisia, tulee odottamattaon käynnistys estää muilla keinoin. Koneen ohjausjärjestelmän suunnittelulla voidaan ehkäistä odottamattoman käynnistyskäsky. Tehonsyötön häiriöt tai ulkoinen vaikutus eivät saa vaikuttaa ohjauslaitteen tilaan. Koneen ohjaimella tai erillisellä turvalaitteella annettava pysäytyskäsky tulee olla ensisijainen käynnistyskäskyyn nähden. Myös mekaanista irtikytkemistä tai koneen osien liikkumisen estämistä voidaan käyttää(SFS-EN 1307 + A1 KONETURVALLISUUS. ODOTTAMATTOMAN KÄYNNISTYMISEN ESTÄMINEN).

Standardi EN 60204-1:2006 käsittelee koneen sähkölaitteistoa. Koneen sähkölaitteistosta aiheutuvat riskit on huomioitava koneen riskien arvioinnissa. Standardista ilmenee sähkölaitteiston rakenteelliset ja toiminnalliset vaatimukset. Testausohjeiden kannalta oleellisia standardin kohtia ovat vaatimukset tasajännitesyötölle, syötön erotuskytkimille, PELV-jännitteelle, laitteiston suojaamiselle, ohjauspiireille ja ohjauslaitteille sekä tekniselle dokumentaatiolle. Tasasähköisen muuttajalaitesytön

tulee olla 90-110% nimellisjännitteestä. Erotuskytkinten tulee olla jokaisessa koneen syötössä. Erotuskytkimen tulee olla lukittava tai syöttökaapelin pistokytkin. Poiskytkentälaitteiston tulee estää odottamaton käynnistys ja olla sijoitukseltaan ja merkinnöiltään hallittavissa koneen huollon tai vastaavan toimenpiteen aikana. PELV-jännitepiirit on sähköisesti erotettava muista jännitteisistä piireistä. Jännitelähteen on oltava suojajännitemuuntaja ja nimellisjännite ei saa ylittää 60 voltin tasajännitetasoa. Yli 0,5 kilowatin tehoiset moottorit on suojattava ylikäynnistymiseltä ylikuormitussuojauksella, virtaa rajoittavalla suojauksella tai lämpötilasuojauksella. Jos vaaraa aiheuttava moottorin ylinopeus on mahdollista, moottori tulee varustaa ylinopeussuojauksella. Ohjauspiirin on mahdollistettava koneen toimintatavan valinta ilman koneen käynnistymistä. Useampia ohjauspaikkoja käytettäessä eri ohjauspaikkojen ohjaukset eivät saa aiheuttaa vaaratilanteita. Koneen turvatoimintojen ja suojausten päälläolo on varmistettava ennen käynnistystä lukituksilla. Pysähtymistoiminnon tulee olla ensisijainen käynnistystoimintoihin nähden, ja pysähtymisen aiheuttavien lukituslaitteiden tulee antaa ohjausjärjestelmän logiikalle tieto pysähtymisestä. Häätäpysäytyksen tulee olla ensisijainen kaikkeen muuhun ohjaukseen nähden. Kaikkien kiinteiden ja langattomien ohjauspaikkojen on mahdollistettava koneen pysäyttäminen. Koneen ohjauslaitteisiin samanaikaisen vaikuttamisen aiheuttamat vaaratilanteet on estettävä lukituksilla. Moottorin pyörimissuunnan vaihtuminen käytettäessä vastavirtajarrutusta on estettävä. Koneen kanssa on toimitettava piirikaaviot, käyttöohjeet ja kunnossapito-ohjeet (SFS-EN 1307 + A1 KONETURVALLISUUS. KONEIDEN SÄHKÖLAITTEISTO. OSA 1: YLEISET VAATIMUKSET).

Valmetin DNA-järjestelmän turvallisuus pyritään varmistamaan Valmet DNA Drive Controls Safety Features -dokumentin periaatteita noudattamalla. Dokumentti kuvaa paperikoneen järjestelmän turvaominaisuuksia. Kuvassa 3. on havainnollistettu järjestelmän turvallisuusominaisuuksia.

Valmet DNA Drive Controls System Layout

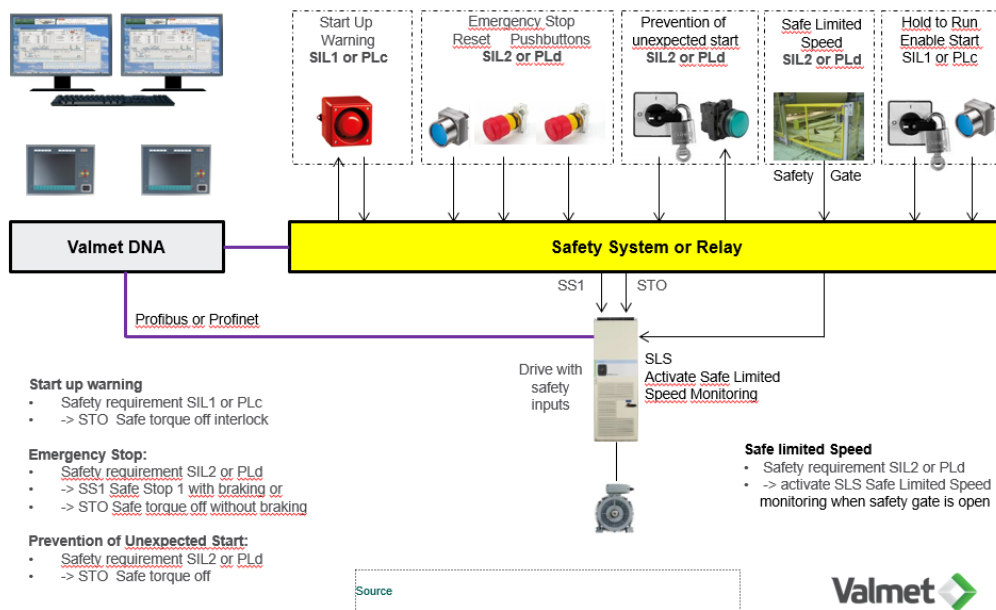


KUVA 3. Valmet DNA-järjestelmän rakennekuva (Valmet DNA Drive Controls Safety Features)

Dokumentti listaa turvallisuusominaisuuksiksi hätäpysäytysjärjestelmän, käynnistysvaroituksen, odottamattoman käynnistyksen estämisen, turvallisen ryömintänopeuden ja maksiminopeuden. Hätäpysäytyspainikkeiden enimmäisetäisyys koneen operaattorista on 15 metriä. Hätäpysäytyspainikkeet sijoitetaan jokaiseen ohjauspaikkaan, operointi- ja ajolinjastojen viereen, koneiden alle ja muihin enimmäisetäisyyden edellyttämiin paikkoihin. Ennen käynnistystä annetaan käynnistysvaroitusta valolla ja sireenillä. Käynnistysvaroituksen kesto on koneen luokituksesta riippuen 15-30 sekuntia. Operointinäytölle tulee tieto käynnistysvaroituksen päälläolosta. Odottamaton käynnistys estetään erottamisella ja energian purkamisella. Erottamislaitteet ovat lukittavia, ja energia puretaan alle yhden kilovoltin jännitetasolla vastusten tai kondensaattorien avulla.

Muut erotuslaitteiden vaatimukset ovat standardia EN ISO 60204 vastaavia. Ryömintänopeuden maksiminopeus on 15 metriä minuutissa, ja maksiminopeus on koneen valmistajan ilmoittaman mukainen. Kuvassa 4. on kuvattu turvajärjestelmän konseptia (Valmet DNA Drive Controls Safety Features).

Valmet DNA Drive Controls Safety Concept



KUVA 4. Valmetin DNA-järjestelmän turvallisuuskonsepti(Valmet DNA Drive Controls Safety Features).

Konedirektiivin vaatimukset pyritään toteuttamaan Valmetin turvallisuutta ohjaavan dokumentin ja testausohjeiden avulla. Testausohjeisiin sisällytetään toimenpiteitä, joilla varmistetaan koneen turvallisuus. I/O-testauksessa mitattava PELV-jännite tulee olla nimellisjännitteestä sallituissa rajoissa. Automaatiokaappien ja koneiden erotuskytkimet tarkastetaan. DNA-järjestelmän lukitukset turvallisuuden osalta testataan. Käynnistys ei saa onnistua turvalaitteiden ollessa pois päältä tai järjestelmän antaessa turvallisuuteen liittyvää hälytystä. Käynnistystä kokeillaan mahdollisuuksien mukaisesti eri turvalaitteiden ollessa päällä sekä hälytysten ja hätäpysäytyksen ollessa päällä. Käynnistettäessä käynnistysvaroituksen toiminta todetaan. Järjestelmän saamat tila- ja käyntitiedot jokaisesta järjestelmän osasta tarkastetaan. Ryömintänopeus ja maksiminopeus tarkastetaan. Moottorien lämpötila-, pyörintänopeus- ja virta-arvojen tulee vastata todellista. Mahdollisuuksien mukaan ylikuormitustilanteessa toimiminen kokeillaan. Jokaisen operointinäytön ja hätäpysäytyspainikkeen toiminta tarkastetaan. Järjestelmässä annetun pysäytyskäskyn tulee toimia eri ajotiloissa. Jarrutuksen tulee toimia suunnitellun mukaisesti, ja moottorien pyörimissuunnat eivät saa vaihtua(Valmet DNA Drive Controls Safety Features).

5 FMEA-ANALYYSI

Failure modes and effect analysis -menetelmä perustuu EU:n konedirektiivistä johdettuun standardiin SFS:EN 60812. Sitä käytetään järjestelmien mahdollisten vikatilanteiden ja niiden seurausten kartoitukseen. Analyysin avulla saavutetaan konedirektiivin vaatimukset riskien tunnistamisesta. FMEA-analyysia voidaan käyttää jo järjestelmän kehitysvaiheessa, jolloin analyysin avulla vikatilanteiden todennäköisyys saadaan suunnittelulla minimoitua. Vikatilanteiden kartoitus kehitysvaiheessa on myös kustannustehokkain tapa järjestelmän toimintavarmuuden parantamiseksi. Järjestelmän analysointi kehitysvaiheessa on jatkuva prosessi, ja analyysiä päivitetään vastaamaan järjestelmän sen hetkistä koostumusta. Myös valmiiseen järjestelmään tehtyä FMEA-analyysiä kannattaa täydentää, kun järjestelmän käyttö, testaus ja huolto tuottavat lisää tietoa(SFS-EN 60812 ANALYSIS TECHNIQUES FOR SYSTEM RELIABILITY – PROCEDURE FOR FAILURE MODE EFFECTS AND ANALYSIS).

FMEA-analyysissä kartoitetaan vikatilanteiden vakavuutta ja keinoja niiden ehkäisemiseksi. Myös vikojen esiintymistodennäköisyyttä pyritään arvioimaan. Analyysiä voi soveltaa yksittäisistä toimilaitteista ja sovelluskäskyistä alkaen isoihin järjestelmäkokonaisuuksiin. Analyysissä järjestelmä voidaan jakaa hierarkisesti toimilohkokaavoittain. Jaolla saadaan selvitettyä yksittäisen järjestelmän osan vikatilanteen vaikutus koko järjestelmän toimintaan. Näin saadaan arvioitua vikatilanteen seurauksen vakavuus. Jako auttaa myös arvioimaan järjestelmän laaja-alaisten toimintahäiriöiden todennäköisyyttä. Analyysin perusteella saadaan priorisoitua vikatilanteiden ehkäisyyn käytettävät resurssit ensisijaisesti järjestelmän toiminnan kannalta kriittisiin kohteisiin(SFS-EN 60812 ANALYSIS TECHNIQUES FOR SYSTEM RELIABILITY – PROCEDURE FOR FAILURE MODE EFFECTS AND ANALYSIS).

Tämän työn FMEA-analyysi tehtiin I/O-korttien ja niiden ohjaamien laitteiden osalta. Analyysi ei käsitä järjestelmää kokonaisuudessaan. Tästä johtuen toimilohkokaavio ei ole tarpeellinen. Analyysiä ei myöskään tehty vikatilanteiden esiintymistodennäköisyyksien osalta. I/O-korteille oli aiemmin tehty suppea FMEA-

analyysi, jota käytettiin analyysin lähdetietona. Analyysiä laajennettiin vikatilanteiden vaikutusten ja niitä ehkäisevien toimenpiteiden osalta. Analyysi on liitteessä 1.

FMEA-analyysi on toteutettu koskemaan yleisesti I/O-kortteja. Tarkempi analyysi tulisi tehdä projektikohtaisesti, jotta kortteihin liitetyt laitteet ja järjestelmän konfiguraatio olisi tiedossa. Järjestelmän lukitusten konfiguroinnilla saadaan estettyä toisistaan riippuvaisten laitteiden toiminta vikatilanteiden ilmetessä. Projektin I/O-laitteisto on kytkettynä päälle jatkuvasti useamman viikon aikana tehdaskoestuksen aikana. Tyypillisesti viallisissa korteissa tai prosessiväyläohjaimissa ilmenee toimintahäiriöitä heti käytön alussa. Jos I/O-kortti tai yksi sen kanavista vikaantuu, signaalin tila riippuu kortissa olevasta viasta. Prosessiväyläohjaimen vikaantuessa siihen liitettyjä I/O-kortteja ei voida ohjata, mutta kortit pysyvät toiminnassa. Korttien toiminta yhteyden katketessa voidaan konfiguroida järjestelmän tarpeiden mukaan. I/O-laitteistot on varustettu akulla ehkäisemään lyhyistä sähkönsyöttökatkoksista aiheutuvia toimintahäiriöitä. I/O-korteissa on sisäinen suojaus, joka katkaisee kanavan toiminnan oikosulun tullessa virtapiiriin. Kanavan virtapiirin katketessa signaali ei välity siihen liitettyyn laitteeseen.

Analoginen sisääntulokortti mittaa laitteelle tulevaa virtasignaalia. Kortin avulla järjestelmä saa tilatiedon toimilaitteen asennosta tai sen mittaamasta arvosta. Analoginen ulostulokortti syöttää kanaviin virtasignaalia, jolla ohjataan toimilaitteita. Vikatilanteissa järjestelmään tulee hälytys, ja signaalia ei voida lukea tai toimilaitetta ohjata. Järjestelmän toiminta vikatilanteissa voidaan konfiguroida korttiin liitetystä laitteesta riippuen. Jos signaalin syöttö järjestelmään tai toimilaitteen ohjaus on prosessin tai laitteiston kannalta kriittinen, järjestelmä voidaan konfiguroida katkaisemaan prosessi. Kriittisiä signaaleja ovat esimerkiksi moottorin lämpötilamittaus tai materiaalin virtausnopeus. Toimilaite saadaan tunnistamaan ulostulokortin vikaantuminen käyttämällä virtasignaalisissa 4 milliampeerin nollassa. Toimilaite voidaan konfiguroida asettumaan laitevaurioita ja vaaratilanteita ehkäisevään tilaan ohjauksen katketessa. Yleisesti laitteiden tulee pysähtyä, mutta savunpoistopumppu tai muu kriittinen toimilaite voidaan konfiguroida jäämään käymistilaan.

Digitaalisilla sisään- tai ulostulokorteilla luetaan tai syötetään kanavien virtapiirien tilatietoja. Vikatilanteissa järjestelmä hälyttää korttien vikaantumisesta, ja järjestelmän

ja kanavaan liitetyn laitteen toiminta konfiguroidaan tarpeen mukaan. Prosessin tulee pysähtyä, jos kriittisiä tilatietoja ei voida vastaanottaa tai lähettää. Ulostulokortin yhteyden katketessa kortti syöttää vikatilanteen edellyttämää signaalia.

6 TEHDASKOESTUS

Valmetin projekteille suoritetaan testausalueelle tehdaskoestus. Tehdaskoestus suoritetaan, kun projektin laitteistoistolle on tehty kokoonpano ja Valmet DNA-järjestelmä on asennettu projektin prosessiasemille. Laitteisto asennetaan ja sähköistetään alihankkijoiden toimesta, ja projekti luovutetaan testaushenkilöstölle. Osa testauksesta voidaan suorittaa jo ennen DNA-järjestelmän asennusta. Tehdaskoestuksen tarkoitus on varmistaa laitteiston rakenteen vastaavuus kytkentäkaavioihin sekä järjestelmän toiminta suunnitellusti. Tehdaskoestus tehdään Valmetin testaushenkilöstön toimesta. Testaushenkilöstöön kuuluu yleensä projektin suunnittelusta vastaavia henkilöitä. Tehdaskoestuksen päätyttyä järjestelmän testaus jatkuu projektin tilanneiden asiakkaiden toimesta. Tehdaskoestuksen tulee olla laitteiston osalta kattava ja kaikki ilmenneet puutteet ja vialliset toiminnot tulee korjata, jotta asiakkaiden suorittama testaus onnistuu häiriöttä. Tuotetut testausohjeet on tarkoitettu vain Valmetin testaushenkilöstölle.

Tehdaskoestuksen testausohjeiden laadinnassa keskeisimpänä pohjana oli UPM Kymin tehtaalle toimitettu projekti. Myös muiden projektien tehdaskoestusta seurattiin ohjeiden tuottamiseen. Kymin projektissa tehtaan toisen paperikoneen ohjaus uusittiin. Projektin laitteisto koostui DNA-järjestelmän sisältävistä prosessiasemista, niiden operointipäätteistä ja I/O-kortit sisältävästä automaatiokaapista. Automaatiokaapeissa oli myös I/O-korttikehikoiden virransyöttö- ja verkkolaitteet, eri mittausanturien tarvitsemat signaalinmuuntimet ja -vahvistimet sekä kenttäväylälaitteet. I/O-korttien lähtö- ja tulosignaali-kaapelit oli kytketty riviliittimiin tai mittausanturien signaalilaitteisiin. Tehdaskoestuksessa järjestelmän toiminta saadaan testattua tehtaan operaattorin käyttämältä operointinäytöltä automaatiokaapin riviliittimille. Jokainen projektissa käytettävä I/O-kortin kanava testattiin. Osa I/O-korteista tai korttien kanavista ei ollut käytössä projektissa. Näitä kanavia voidaan käyttää järjestelmän laajentamiseen myöhemmin. Projektin piirikaavioista tarkistettiin kanavan kytkentäpaikka riviliittimellä. Testauksessa käytettyjen simulointilaitteiden kalibroinnit tarkistettiin mittaamalla testauksen alussa.

Projektissa oli eri I/O-korttityyppejä käytössä. Analogiset sisääntulokortit mittaavat piirin tasavirran arvoa 4-20 milliampeerin välillä. I/O-kortti muuttaa signaalin binäärilukuarvoksi, joka luetaan DNA-järjestelmässä. Sisääntulokorteilla saadaan anturien mittauservoja, kuten moottorien käyntinopeuksia, luettua järjestelmään. Analogisten sisääntulokorttien kanavia testatessa riviliittimen liitännöihin simuloitiin milliampeerisimulaattorilla virta-arvoja, jotka vastasivat kortin vastaanottamia arvoja 0 ja 100 prosentin väliltä. DNA-järjestelmän operointipäätteeltä luettiin kanavaa vastaavan signaalin tila. Signaalin tila tarkistettiin myös ilman simulointia. Lisäksi kanavan toimintaa indikoivan led-valon toiminta I/O-kortissa tarkastettiin. Lämpötilan mittaukseen tarkoitettuihin analogisiin sisääntulokanaviin oli kytketty lämpötila-anturin resistanssisignaalin milliampeeriviestiksi muuttava signaalinmuunnin. Signaalinmuuntimeen kytkettiin säädettävä lämpötila-anturin resistanssiarvoja tuottava testilaitte, jolla kanavaan simuloitiin järjestelmän 0 ja 100 prosentin välisiä tasoja vastaavia arvoja. Testilaitteesta näkyi simuloitun resistanssiarvon vastaavuus lämpötilaan celsiusasteina. Analogiset ulostulokortit muuttavat järjestelmän lähettämän binäärisen ohjausviestin 0 ja 100 prosentin tasojen väliltä tasavirtaviestiksi. Kortin kanaviin syöttämä analoginen ohjausviesti on 4 ja 20 milliampeerin välillä. Korttien avulla järjestelmä pystyy ohjaamaan toimilaitteita portaattomasti, mikä on edellytys esimerkiksi venttiilin asennon säätämiseksi. Analogisten ulostulokanavien signaali saatiin simuloitua halutun tasoiseksi DNA-järjestelmästä. Kortin tuottaman ohjausviestin virta-arvon vastaavuus simuloituun tasoon mitattiin kanavasta yleismittarilla. Kanavaa vastaava led-valo kortissa indikoi kanavaan syötetyn ohjauksen päälläoloa.

Digitaalista sisääntulokorttia käytetään järjestelmän osien tilatietojen lukemiseen. Kanava mittaa piirin jatkuvuutta sisäisen virtarajoitetun jännitelähteen avulla 24 voltin tasajännitteellä. Korttityyppi on tarkoitettu kytkinten tilatietojen lukemiseen, ja kytkimen tilatieto syötetään järjestelmään binäärilukuarvona 0 tai 1. Korttia käytetään toimilaitteiden käynti- ja ohjaustietojen saamiseksi järjestelmään. Testaus tapahtui oikosulkemalla kanavan liittimet ja lukemalla kanavan tilatieto järjestelmästä. Kanavan tilatieto tarkistettiin myös avoimella piirillä. Kortin led-valon toiminnan vastaavuus tilatietoon tarkistettiin. Digitaaliset ulostulokortit syöttävät kanaviin piirin impedanssista riippuvaa, ohjearvoltaan 24 voltin virtarajoitettua ohjaussignaalia. Järjestelmä ohjaa kortin signaalia päälle ja pois binäärilukuarvolla. Korteilla voidaan

ohjata toimilaitteiden releitä tai välittää käyntikäskyjä ohjauspiireille. Korteja testatessa järjestelmästä simuloitiin kanavan ohjaus päälle, ja kanavan tila todettiin yleismittarin jatkuvuusmittauksella. Kanavan led-valon tuli toimia ohjauksen mukaan, ja kanava testattiin myös ohjauksen ollessa päältä pois.

Testaus suoritettiin projektin piirikaavion mukaisesti virtapiiri kerrallaan, ja piirikaavioihin merkittiin testattu piiri. Piirikaavioissa oli kuvattuna valmis projekti, joten riviliittimiin kytketyt järjestelmän osat jäivät tehdaskoestuksessa testaamatta. Testatut I/O-kanavat dokumentoitiin myös taulukkomuodossa Microsoft Excel - taulukkolaskentaohjelmaan tehtyyn projektin I/O-listaan. I/O-listaan dokumentoitiin testaajan nimi ja päivämäärä. Nämä dokumentit toimitettiin asiakkaille, kun tehdaskoestus saatiin päätökseen.

Osa I/O-koestuksesta suoritettiin ennen DNA-järjestelmän asennusta projektin prosessiasemiin. Signaalin simulointi testilaitteilla ja mittaus kanavista ei poikennut aiemmin kuvatuista testausmenetelmistä. DNA-järjestelmän sijasta käytettiin Windows-pohjaista I/O-selainta. Tietokone kytkettiin automaatiokaapin verkkoliitännään, ja I/O-selaimen ladattiin järjestelmän Excel-muotoinen I/O-lista. Selain muodosti järjestelmän rakenteen listan avulla. Selaimella päästiin lukemaan ja simuloimaan halutun I/O-kortin kanavien signaaleja. Myös tämä vaihtoehtoinen testaustapa sisällytettiin testausohjeisiin.

Tehdaskoestuksessa todettiin myös verkko- ja kenttäväyläkomponenttien toiminta. Varsinainen väylätestaus on erillinen prosessi, josta toteutettiin erilliset testausohjeet. Verkkolaitteiden toiminta kävi ilmi DNA-järjestelmän toiminnasta ja sen näyttämästä järjestelmän kokoonpanosta. Kun kenttäväylä oli testattu toimivaksi, siihen liitettiin projektin toimilaitteita vastaavat testauslaitteet. Projektin testilaitteet vastasivat suuruusluokkaa lukuunottamatta projektin ohjaamia kenttäväyliin liitettyjä laitteita tehtaalla. Testauksessa tehtaan vanhoja tasavirtamoottorikäyttöjä mallinnettiin ABB:n tasavirtamoottorien sähkönsyöttöön ja ohjaukseen tarkoitetulla laitteella. Testilaitteet tasasuuntasivat verkkovirran moottorille, ja ohjasi sitä kenttäväyläliitännän kautta tulleiden ohjauksikäskyjen mukaan. Tasavirtakäyttö kytkettiin kenttäväylään ja testausalueen sähkönsyöttöön ja käynnistettiin. Tasavirtakäyttö käynnistettiin ja parametrien asetus tarkastettiin. Testilaitteen laitepositio, tila ja muut ominaisuudet tarkistettiin DNA-

järjestelmästä, ja tasavirtakäytön ajamista kokeiltiin. Tasavirtakäyttöä ohjattiin molempiin suuntiin eri nopeuksilla. Tehtaalla olevia vaihtovirtakäyttöjä mallinnettiin ABB:n taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttaja ohjasi oikosulkumoottoria. Taajuusmuuttaja kytkettiin moottoriin, sähkönsyöttöön ja kenttäväylään. Taajuusmuuttajan parametrit aseteltiin käynnistettäessä vastaamaan haluttua laitetta DNA-järjestelmässä. Kenttäväylä mahdollistaa useiden käyttöjen liittämisen samaan väylään, joten laitteisiin on parametroitava oikea laitepositio. Kun taajuusmuuttajan tiedot olivat järjestelmässä oikein, laitetta testiajettiin eri ohjaustavoilla. Käytöstä riippuen järjestelmä voi ajaa käyttöä eri nopeusohjeilla tai momenttisäädöillä. Testausohjeisiin sisällytettiin kenttäväyliin liitettyjen laitteiden testausta projektin testaukseen käytettyjen testilaitteiden lisäksi yleisimpien käytössä olevien toimilaitteiden osalta. Tähän käytettiin pohjana Valmetin tietokannassa olevien valmistajien manuaaleja ja henkilöstön tekemiä testausohjeita.

Testausohjeiden laadinnassa tutustuttiin myös muihin projekteihin. Yksi testatuista projekteista oli Rauma 2, joka sisälsi vanhemman mallisarjan I/O-kortteja, joiden testausmenetelmät poikkesivat Kymin projektin testauksesta. Projektin I/O-kortit testattiin korttikehikon taakse kytkettävistä ristiinkytkentälevyistä. Korttien simulointiin järjestelmän puolelta käytettiin DNA-järjestelmästä poikkeavaa Binary Unit Explorer -sovellusta. Pääosin testausmenetelmät olivat samoja. Kanavien simulointiin käytettyjen liittimien positio ristiinkytkentälevyissä saatiin Valmetin tietokannasta. Näiden korttien testausmenetelmät ja ristiinkytkentälistat sisällytettiin testausohjeisiin. Testausohjeet kattavat myös muita nykyisen malliston I/O-korttityyppejä, joita ei ollut testattavassa projektissa. Analogiset sisään- ja ulostulokortit voivat toimia myös jänniteviestillä. Testatessa näitä kortteja signaalin simulointi ja mittaus eroavat virtaviestillä toimivista korteista. Digitaalisissa sisääntulokorteissa on hieman poikkeavuutta, jos kortti on tarkoitettu releen tilan tai napaisuudeltaan negatiivisen ohjausviestin lukemiseen. Digitaalisten ulostulokorttien tyypeissä on poikkeavuuksia releen syöttämän signaalin kuormitettavuuden mukaan. Osa korteista voi ohjata suoraan pienitehoisia toimilaitteita. Testausmenetelmät ovat digitaalisten I/O-korttien osalta kuitenkin yhtenäiset. Valmetin mallistossa on I/O-kortteja myös suoraan lämpötilamittaukseen ja taajuus- ja pulssisisääntulojen vastaanottoon. Testausohjeita ei tehty vielä kattamaan näitä korttityyppejä.

Tehdaskoestuksessa testauksen kulkua dokumentoitiin kirjallisesti ja kuvaamalla. Testaushenkilöstöä haastatteleamalla testauksen työvaiheita tarkennettiin. Käytettyihin testausvälineisiin ja niiden käyttöohjeisiin perehdyttiin testausohjeiden laatimisen kannalta. Ohjelmistojen käytön osalta lisätietoa haettiin Valmetin tietokannasta, jossa ovat kattavat ohjeet DNA-järjestelmän käyttöön. Valmetin tietokannasta haettiin myös kenttäväyliin liitettyjen laitteiden ja I/O-korttien manuaaleja ja henkilöstön tuottamia ohjeita. Testausohjeiden tarkoitus on olla yksiselitteisen tarkat, jotta testausvaihe sujuisi mahdollisimman turvallisesti ja tehokkaasti. Testausohjeiden selkeydellä pyritään helpottamaan testausta, vaikka testaushenkilöstön kokemus tehdaskoestuksesta olisikin vähäinen. Yleisin testauksessa tarvittava informaatio on testausohjeissa, jotta tietojen hakemisen tarve Valmetin tietokannasta testauksen aikana minimoituu. Testausohjeet on pyritty mahdollisuuksien mukaan yleistämään. Tällä saadaan vähennettyä eri I/O-korttityyppien ja kenttäväyliin liitettyjen laitteiden vaatimien testausmenetelmien määrää. Testausohjeet sisältävät testausta edeltävät toimenpiteet ja tarkistukset sekä testaukseen käytettävät dokumentit, työkalut ja mittalaitteet. Testaus ohjeistetaan vaiheittain ja tarvittaessa kuvallisen materiaalin tukemana.

7 KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUS

Käyttöönottotestaus suoritetaan asiakkaan tuotantotiloissa, kun projektin asennusvaihe on saatu loppuun. Prosessiteollisuudessa laitteiden käyttökapasiteetti pyritään maksimoimaan, joten laitteistoja uusittaessa tuotannon seisakkaika pyritään minimoimaan. Tämä asettaa haasteita käyttöönottotestaukselle. Testaaminen tulee suunnitella ja aikatauluttaa asiakkaan ja muiden projektin toimijoiden kanssa mahdollisimman tarkasti, jotta projektin käyttöönotto tapahtuisi aikataulun mukaisesti. Testaus pyritään aloittamaan heti, kun asennustyöt sen mahdollistavat. DNA-järjestelmä ja siihen liittyvät laitteet tulisi olla kytkettyinä ja toiminnassa, kun kenttälaitteiden toimittajat saavat laiteasennukset valmiiksi. I/O-testaus tehdään järjestelmän operointinäytön ja toimilaitteiden välillä varmistaen koko kytkennän toimivuus. Ohjauslaitteiden ja moottorien liitinrasioiden signaalin mittauksella ja simuloinnilla saadaan testattua järjestelmän toimivuus, jos laitteiden suora käyttö ei onnistu. Kun tuotantotilan laitteisto on käyttövalmiina, suoritetaan testiajo. Aluksi laitteiden käynnistyminen ja pysähtyminen sekä DNA-järjestelmän toimivuus testataan. Prosessin ajo normaalilla tuotantonopeudella suoritetaan tuotantotilojen ollessa valmiit prosessin käynnistämiseen. Osa testaushenkilöstöstä jää päivystämään projektille käyttöönoton jälkeen mahdollisten ongelmien varalta.

Osallistuin UPM Kymin paperitehtaan käyttöönottotestaukseen Kuusankoskella. Tehtaan toisen paperikoneen automaatiojärjestelmä ja moottorinohjaus uusittiin. Tehtaalla oli aikataulutettu viikon seisakki. Käyttöönoton aikataulua päivitettiin kahdesti päivässä käyttöönottoa suorittavien toimijoiden palavereissa. Käyttöönoton aikana tapahtunut paperikoneen mekaaninen huolto lisäsi toimijoiden yhteisen aikataulutuksen tärkeyttä. Ennen testauksen aloitusta testaushenkilöstö selvitti asennusta suorittaville toimijoille projektin asennuksessa ilmeneviä ongelmia ja suunnitelmasta poikkeamisen mahdollisuuksia. Projektin asennuksen osalta joitain muutoksia jouduttiin tekemään. Nämä muutokset eivät kuitenkaan vaikuttaneet projektin toiminnalliseen rakenteeseen. Projektin automaatiokaappi kytkettiin sähkötilaan paperikoneen moottorikäyttöjen kanssa. Tehdashallin puolella olevia testattavia laitteita olivat paperikoneen moottorit, venttiilit ja muut toimilaitteet, paperikoneen mittaus- ja

ohjauslaitteet sekä DNA-järjestelmän operointinäytöt. Operointinäyttöjä oli myös valvomossa. Projektin prosessiasemat olivat erillisessä sähkötilassa.

Testaus aloitettiin asennustöiden edettyä riittävästi. I/O-testauksessa projektin jokainen I/O-kanava testattiin. Testaus kattoi koko testattavan kanavan virtapiirin automaatiokaapilta I/O-korttiin kytkettyyn laitteeseen asti. Kanavan testaus tehtaan operointinäytöltä varmisti DNA-järjestelmän tiedonsiirtoreitin automaatiokaapilta prosessiasemien kautta operointinäytölle. Testaus vaati kaksi Valmetin testaushenkilöä ja tehtaalla sähkötöihin oikeutetun henkilön. Kanavien signaaleja luettiin ja simuloitiin DNA-järjestelmässä valvomon operointinäytöltä. Kytкимиä ja muita I/O-korttien kanaviin kytkettyjä laitteita käytettiin kentän puolelta mahdollisuuksien mukaan. Kommunikointi hoidettiin radiopuhelinliikenteellä, ja käyttöönottestauksen dokumentointi suoritettiin kirjaamalla testatut piirit kahdennettuihin piirikaavioihin kentän ja valvomon puolella. Kahdennetulla dokumentaatiolla estettiin kommunikaatiovirheistä aiheutuva puutteellinen testaus. Osa analogisista ulostulokanavista vaati kytkentöjen purkamista kentän puolella mittauksen suorittamiseksi. Moottorien lämpötila-antureiden ja muiden analogisten sisääntulokanavien simulointi vaati myös kytkentöjen purkamista. Kentällä olevien antureiden syöttämää signaalia testattiin mahdollisuuksien mukaan. Esimerkiksi moottoreita ei voitu vielä tässä vaiheessa ajaa, joten lämpötila-antureiden signaali testattiin vain tehtaan sisäilman lämpötilan osalta. Digitaalisten sisääntulo- ja ulostulokorttien signaalien mittaus ja simulointi vaati kytkentöjen purkamista, jos niihin kytketystä laitteistosta ei voitu todentaa tai simuloida signaalin tilaa.

I/O-testauksen jälkeen DNA-järjestelmän toiminta kaikissa tehtaan operointinäytöissä testattiin. Projektiin kuului myös tehtaan langaton verkko ja siihen liitetyt langattomat operointipäätteet. Näiden toiminta ja langattoman verkon kattavuus tehtaassa testattiin. Kun projektin kaikkien I/O-korttien kanavien virtapiirit ja toiminta DNA-järjestelmässä oli saatu testattua, voitiin aloittaa kenttävyöliin liitettyjen laitteiden testaus. Testauksen aloitus edellytti myös tehtaan muiden asennusten valmiutta. Paperikonetta päästiin ajamaan ryömintävauhtia käyttöönoton loppuvaiheessa. Paperikonetta ajettiin valvomon operointinäytöltä. Tehtaan kunnossapidon henkilö tarkkaili paperikoneen laitteiston toimintaa ja kommunikoi valvomon kanssa. Konetta käytettiin hiljaisilla nopeuksilla eri suuntiin ja pysähtymistä testattiin. DNA-järjestelmän nopeustietoja ja muita anturien

mittaamia suureita verrattiin todellisiin. Järjestelmän prosessinsäätöä, kuten nopeuden PID-säätimen toimintaa, tutkittiin mahdollisuuksien mukaan. Kun tehtaalla suoritettut asennus ja huoltotoimet oli saatu kokonaisuudessaan loppuun, paperikonetta päästiin koekäyttämään todellisilla tuotantonopeuksilla. Näin DNA-järjestelmän säädön toimivuutta ja moottorikäyttöjen pysähtymisominaisuuksia voitiin testata paremmin. Kun paperikone todettiin toimivaksi, käyttöönottovaihe päätettiin ja tehtaan tuotanto aloitettiin. Kokonaisuudessaan seisakki kesti noin viikon.

Käyttöönoton aikana tapahtuneesta testausta dokumentoitiin testausohjeiden tuottamista varten. Käyttöönototestaus noudattaa pääosin tehdaskoestusta. Käyttöönototestauksessa päästään kuitenkin testaamaan projektin laitteisto kokonaisuudessaan, ja simulointi testilaitteilla pyritään tässä vaiheessa korvaamaan projektin varsinaisella laitteistolla tehtäväksi. Kenttäväyliin liitettyjen laitteiden osalta käyttöönototestaus on huomattavasti kattavampi tehdaskoestukseen verrattuna. Käyttöönototestaus on kuitenkin hyvin projektiriippuvainen, ja testausohjeisiin tuotetut testausmenetelmät pyritään pitämään yleisesti kattavina.

8 POHDINTA

Valmetin toimittaman järjestelmän testaus on olennainen osa projektin toimitusta. Testauksella pyritään takaamaan DNA-järjestelmän häiriötön toiminta koko elinkaaren ajan. Testauksen suorittaminen kahdessa vaiheessa nopeuttaa käyttöönottoprosessia. Käyttöönoton aikana on myös hitaampi ja kalliimpi korjata ilmeneviä vikoja tai puutteita. Tehdaskoestuksella pyritään testaamaan järjestelmä mahdollisimman kattavasti. Kattavat testausohjeet edistävät tätä tavoitetta. Testausohjeilla saadaan varmistettua testauksen dokumentoinnin laatu. Molemmista testausvaiheista luovutetaan testauksen osoittava dokumentti, joka on osa projektitoimitusta. Tällä lisätään kokonaisvaltaista, laadukasta asiakaskokemusta. Testausohjeiden tavoitteena on myös testaushenkilöstön ja projektin koneita käyttävien henkilöiden turvallisuuden takaaminen koko testausprosessin ja projektin elinkaaren ajan.

Testausohjeet on tarkoitettu päivitettäväksi ja täydennettäväksi niiden käytöstä saatujen kokemusten perusteella. Testausohjeita ei ole vielä käytetty projekteissa. Testausohjeiden tavoitteiden täytyminen voidaan arvioida tulevan palautteen perusteella. Testausohjeiden tekeminen sujui I/O-korttien osalta hyvin. I/O-korteista oli tietoa saatavilla hyvin. Valmetin tietokannoista löytyi korttien osalta kattavat manuaalit, ja useamman projektin tehdaskoestukseen tutustuminen antoi kattavan pohjan ohjeiden toteutukseen. Eri korttityyppejä oli useita, mutta testausohjeista saatiin melko yhteneväiset eri korteille. I/O-korttien käyttöönototestauksen pohjana oli yksi käyttöönotto, mutta korttien osalta testaus ei ole merkittävästi projektiriippuvaista. Poikkeavuuksia tulee lähinnä kentällä olevista korttien mittauspisteistä. DNA-järjestelmän käyttöliittymän operointi on projektitoimituksesta riippumatonta.

Kenttäväyliin liitettyjen laitteiden testausohjeiden koostaminen oli vaativampaa. Tehdaskoestuksessa oli yksi kenttäväylän laitetestaus. Testaus oli melko suppea ja testatut laitteet eivät kattaneet täysin projektitoimituksen laitteita. Käyttöönototestauksessa päästiin testaamaan projektin todellisia laitteita kattavasti. Tämä testaus toimi enimmäkseen pohjana kenttäväyliin liitettyjen laitteiden testausohjeissa. Myös EU:n konedirektiivi oli tärkeänä aineistona, ja sen vaatimukset ohjasivat pitkälti testausmenetelmien suunnittelua. Valmistajien manuaaleista löytyi

paljon tietoa laitteiden käyttöönottoon, mutta varsinaisesta käyttöönottestauksesta tietoja oli vähäisesti. Sähkötyöturvallisuuden osalta testausohjeisiin sisällytettiin automaatiokaapin ja muiden testaukseen liittyvien sähkölaitteistojen rakenteisiin ja dokumentteihin perehtyminen ja oikeanlaisten työkalujen ja mittareiden käyttäminen. Testausohjeista käy ilmi I/O-korttien kytkentä ja oikeat mittauspikat.

Opinnäytetyön tekeminen antoi kattavan tuntemuksen Valmetin projektitoimituksiin. Projektien testauksen ja käyttöönoton vaiheista sai kokonaisvaltaisen kuvan. Testaustyöskentely auttoi saamaan perusteellisen kuvan koko automaatiokaapin laitteistosta, erityisesti I/O-korttien ja niiden väylälaitteiden rakenne ja toiminta tuli tutuksi. Työn tekemisessä pääsi perehtymään myös Valmetin DNA-järjestelmän toimintaan. Sähköturvallisuuden tarkastelu testaustyöskentelyn aikana kehitti sähköalan ammattiosaamista eritoten turvallisuuden ja standardien huomioimisen osalta. Konedirektiivin vaatimusten huomiointi testausohjeiden koostamisessa toi esille koneturvallisuuden nykyisiä vaatimuksia myös turvaluokittelemattomien laitteiden osalta. Työn aikainen dokumentaatio kehitti kirjallisen materiaalin tuottamisen osaamista yrityksen edellyttämän dokumentointimuodon mukaisesti. Ohjeiden laatiminen kehitti teknistä ajattelua huomioimaan käyttäjien mahdollisesti paljon vaihtelevan osaamistason. Kokonaisuudessaan opinnäytetyö kehitti sähkö- ja automaatioalan osaamista huomattavasti.

LÄHTEET

Valmet Oyj, 7.6.2017. Valmet About us. Valmetin yritysesittely. Valmetin intranetin Flow-tietokanta. <https://valmet.sharepoint.com/sites/flow/AboutUs>

Valmet Oyj, 2017. Valmet DNA Collection 2017. Technical manuals in intranet. Luettu heinäkuu 2018. Valmetin intranetin Flow-tietokanta.

<https://valmet.sharepoint.com/sites/flow/Businesses-and-Areas/Automation/products-and-offering/Pages/DNA-Material.aspx>

Valmet Oyj. 2018. Tilinpäätös 2017 ja tietoa sijoittajille. Luettu heinäkuu 2018. Grano Oy.

Valmet Oyj. 2018. Vuosikatsaus 2017. Luettu heinäkuu 2018. Grano Oy.

Valmet Oyj, 2017. Valmetin testausalueen rakennevaatimukset. Luettu heinäkuu 2018. Valmetin intranetin Flow-tietokanta.

<https://valmet.sharepoint.com/sites/flow/Businesses-and-Areas/Automation/products-and-offering/Pages/DNA-Material.aspx>

Valmet Oyj. 2018. DCS testialueen sähkötyöturvallisuusohje. Luettu heinäkuu 2018.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, annettu 17 päivänä toukokuuta 2006, koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta (uudelleenlaadittu) (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti). Luettu heinäkuu 2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex%3A32006L0042>

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry, 13.12.2010. SFS-EN ISO 12100 KONETURVALLISUUS. YLEISET SUUNNITTELUPERIAATTEET, RISKIN ARVIOINTI JA RISKIN PIENENTÄMINEN. Ladattu SFS Online-palvelusta (sop. nro) 29.06.2018. Lataaja: IP-käyttäjä. Vain Tampereen ammattikorkeakoulu Oy käyttöön. Luettu heinäkuu 2018.

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry, 13.10.2008. SFS-EN 1307 + A1 KONETURVALLISUUS. ODOTTAMATTOMAN KÄYNNISTYMISEN ESTÄMINEN. Ladattu SFS Online-palvelusta (sop. nro) 29.06.2018. Lataaja: IP-käyttäjä. Vain Tampereen ammattikorkeakoulu Oy käyttöön. Luettu heinäkuu 2018.

SESKO ry, 11.9.2006. SFS-EN 1307 + A1 KONETURVALLISUUS. KONEIDEN SÄHKÖLAITTEISTO. OSA 1: YLEISET VAATIMUKSET. Ladattu SFS Online-palvelusta (sop. nro) 29.06.2018. Lataaja: IP-käyttäjä. Vain Tampereen ammattikorkeakoulu Oy käyttöön. Luettu heinäkuu 2018.

Valmet Oyj, 2017. Valmet DNA Drive Controls Safety Features. Luettu heinäkuu 2018. Valmetin intranetin Flow-tietokanta.

<https://valmet.sharepoint.com/sites/flow/Businesses-and-Areas/Automation/products-and-offering/Pages/DNA-Material.aspx>

SESKO ry, 11.9.2006. SFS-EN 60812 ANALYSIS TECHNIQUES FOR SYSTEM RELIABILITY – PROCEDURE FOR FAILURE MODE EFFECTS AND ANALYSIS (FMEA) (IEC 60812:2006). Valmet Oyj:n verkkokäyttöön. Sopimus 187/2004. Luettu heinäkuu 2018.

LIITTEET

Liite 1. I/O-korttien FMEA-analyysi.

1(8)

Card type/ Failure mode	Effect on dis- played value	Effect on control loop	Effect on output	Alarm/ Detection method	Effect on controlled device	Prevention methods	Comments
Analog input unit/ Card fail- ure.	Configurable. Measurement val- ue is frozen or set to 0% or 100%. The displayed value is purple.	Defined in the applica- tion.		Alarm generat- ed/ Displayed value is purple.	State of the device is not recognized in DNA system.	Constant us- age during FAT. Flawed card typically fails during first few weeks in use.	If measured value is critical for the device or process cycle, control loop configuration must stop de- vice.
Analog input unit/ Power loss.	Configurable. Measurement val- ue is frozen or set to 0% or 100%. The displayed value is purple.	Defined in the applica- tion.		Alarm generat- ed/ I/O card signal lights are off and dis- played value is purple.	State of the device is not recognized in DNA system.	I/O cabinet back-up bat- tery/power source.	If measured value is critical for the device or process cycle, control loop configuration must stop de- vice.
Analog input unit/ Connection to IBC lost.	Configurable. Measurement val- ue is frozen or set to 0% or 100%. The displayed value is purple.	Defined in the applica- tion.		Alarm generat- ed/ I/O card signal lights are off and dis- played value is purple.	State of the device is not recognized in DNA system.	Constant us- age during FAT. Flawed IBC typically fails during first few weeks in use.	If measured value is critical for the device or process cycle, control loop configuration must stop de- vice.

2(8)

Card type/ Failure mode	Effect on displayed value	Effect on control loop	Effect on output	Alarm/ Detection method	Effect on controlled device	Prevention methods	Comments
Analog input unit/ One channel failure.	Configurable. Measurement value is frozen or set to 0% or 100%. The displayed value is purple.	Defined in the application.		Alarm generated/ Displayed value is purple.	State of the device is not recognized in DNA system.	Constant usage during FAT. Flawed channel typically fails during first few weeks in use.	If measured value is critical for the device or process cycle, control loop configuration must stop device.
Analog input unit/ Field circuit short circuit.	Configurable. Measurement value is frozen or set to 0% or 100%. The displayed value is purple.	Defined in the application.		Alarm generated/ Channel specific signal light is lit continuously red.	State of the device is not recognized in DNA system.	Channel wiring testing. I/O card internal protection.	If measured value is critical for the device or process cycle, control loop configuration must stop device.
Analog input unit/ Field circuit open circuit.	Configurable. Measurement value is frozen or set to 0% or 100%. The displayed value is purple.	Defined in the application.		Alarm generated/ Channel specific signal light is lit continuously red.	State of the device is not recognized in DNA system.	Channel wiring testing. Doubled channel wiring.	If measured value is critical for the device or process cycle, control loop configuration must stop device.

3(8)

Card type/ Failure mode	Effect on displayed value	Effect on control loop	Effect on output	Alarm/ Detection method	Effect on controlled device	Prevention methods	Comments
Analog output unit/Card failure.	Parameter specifies the feedback value to system. Value is frozen or set to 0% or 100%.	Configurable.	Output state unknown.	Alarm generated/ I/O card signal lights are off.	Device cannot be controlled. Device sets according to output signal.	Constant usage during FAT. Flawed card typically fails during first few weeks in use.	If operation of the device is critical for the process, control loop must stop process. Device should recognize card failure and set to default position.
Analog output unit/ Power loss.	Parameter specifies the feedback value to system. Value is frozen or set to 0% or 100%.	Configurable.	Output 0% (0 mA).	Alarm generated/ I/O card signal lights are off.	Device cannot be controlled. Device sets to 0% position.	I/O cabinet back-up battery/power source.	If operation of the device is critical for the process, control loop must stop process. Using output signal range of 4-20 mA. Device is configured to set to default position when signal is 0 mA. Default position is configured to prevent damage to device or process.

4(8)

Card type/ Failure mode	Effect on dis- played value	Effect on control loop	Effect on output	Alarm/ Detection method	Effect on controlled device	Prevention methods	Comments
Analog output unit/ Con- nection to IBC lost.	Parameter speci- fies the feedback value to system. Value is frozen or set to 0% or 100%.	Configurable.	Parameter specifies the output value. Output freezes or is set to failsafe value 0...100%. Failsafe state can be de- layed	Alarm generat- ed/ I/O card signal lights are off.	Device cannot be controlled. Device sets according to failsafe signal.	Constant usage during FAT. Flawed IBC typically fails during first few weeks in use.	If operation of the device is critical for the process, control loop must stop process. Fail- safe signal value must be configured to prevent damage to device or process.
Analog output unit/ One channel failure.	Parameter speci- fies the feedback value to system. Value is frozen or set to 0% or 100%.	Configurable.	Output state unknown.	Alarm generat- ed/ Channel specific signal light is off.	Device cannot be controlled. Device state sets accord- ing to output signal.	Constant usage during FAT. Flawed channel typi- cally fails during first few weeks in use.	If operation of the device is critical for the process, control loop must stop process. Device should recog- nize card fail- ure and set to default posi- tion.

5(8)

Card type/ Failure mode	Effect on displayed value	Effect on control loop	Effect on output	Alarm/ Detection method	Effect on controlled device	Prevention methods	Comments
Analog output unit/ Field circuit short circuit.	Parameter specifies the feedback value to system. Value is frozen or set to 0% or 100%.	Configurable.	Output 0% (0 mA).	Alarm generated. Channel specific signal light is lit continuously.	Device cannot be controlled. Device sets to 0% position.	Channel wiring testing. I/O card internal short circuit protection.	If operation of the device is critical for the process, control loop must stop process. Using output signal range of 4-20 mA. Device is configured to set to default position when signal is 0 mA. Default position is configured to prevent damage to device or process.

6(8)

Card type/ Failure mode	Effect on displayed value	Effect on control loop	Effect on output	Alarm/ Detection method	Effect on controlled device	Prevention methods	Comments
Analog output unit/ Field circuit open circuit.	Parameter specifies the feedback value to system. Value is frozen <i>or set to 0% or 100%.</i>	Configurable.	Output 0% (0 mA).	Alarm generated. Channel specific signal light is blinking red.	Device cannot be controlled. Device sets to 0% position.	Channel wiring testing. Doubled channel wiring.	If operation of the device is critical for the process, control loop must stop process. Using output signal range of 4-20 mA. Device is configured to set to default position when signal is 0 mA. Default position is configured to prevent damage to device or process.

7(8)

Card type/ Failure mode	Effect on dis- played value	Effect on control loop	Effect on output	Alarm/ Detection method	Effect on controlled device	Prevention methods	Comments
Digital input unit/ Card fail- ure.	Parameter speci- fies the input value. Value is frozen or set to 0 or 1.	Configurable.		Alarm gener- ated/ I/O card signal lights are off.	State of the device is not recognized in DNA system.	Constant usage during FAT. Flawed card typically fails during first few weeks in use.	If recognizing state of the device is criti- cal for the process, control loop must stop process.
Digital input unit/ Power loss.	Parameter speci- fies the input value. Value is frozen or set to 0 or 1.	Configurable.		Alarm gener- ated/ I/O card signal lights are off.	State of the device is not recognized in DNA system.	I/O cabinet back-up bat- tery/power source.	If recognizing state of the device is criti- cal for the process, control loop must stop process
Digital input unit/ Connection to IBC lost.	Parameter speci- fies the input value. Value is frozen or set to 0 or 1.	Configurable.		Alarm gener- ated/ I/O card signal lights are off.	State of the device is not recognized in DNA system.	Constant usage during FAT. Flawed IBC typically fails during first few weeks in use.	If recognizing state of the device is criti- cal for the process, control loop must stop process
Digital input unit/ One chan- nel failure.	Parameter speci- fies the input value. Value freezes or it is set to 0 or 1.	Configurable.		Alarm gener- ated/ channel specific signal light is off.	State of the device is not recognized in DNA system.	Channel wir- ing testing.	If recognizing state of the device is criti- cal for the process, control loop must stop process
Digital output unit/ Card failure.	Parameter speci- fies the feedback value to system. Value freezes or is set to 0 or 1.	Configurable.	Output state unknown.	Alarm gener- ated/ I/O card signal lights are off.	Device cannot be controlled. Device is set according to output sig- nal value.	Constant usage during FAT. Flawed card typically fails during first few weeks in use.	If operation of the device is critical for the process, control loop must stop process.

8(8)

Card type/ Failure mode	Effect on dis- played value	Effect on control loop	Effect on output	Alarm/ Detection method	Effect on controlled device	Prevention methods	Comments
Digital output unit/ Pow- er loss.	Parameter speci- fies the feedback value to system. Value freezes or is set to 0 or 1.	Configurable.	Output state 0	Alarm gener- ated/ I/O card signal lights are off.	Device cannot be controlled. Device sets to 0% posi- tion.	I/O cabinet back-up bat- tery/power source.	If operation of the device is critical for the process, control loop must stop process. 0% position of the device must be configured to prevent dam- age to device or process.
Digital output unit/ Con- nection to IBC loss.	Parameter speci- fies the feedback value to system. Value freezes or is set to 0 or 1.	Configurable.	Parameter specifies the output value. Output freezes or is set to failsafe value 0 or 1.	Alarm gener- ated/ I/O card signal lights are off.	Device cannot be controlled. Device sets according to failsafe signal value.	Constant usage during FAT. Flawed IBC typically fails during first few weeks in use.	If operation of the device is critical for the process, control loop must stop process. Fail- safe signal value must be configured to prevent dam- age to device or process.
Digital output unit/ One channel failure.	Parameter speci- fies the feedback value to system. Value freezes or is set to 0 or 1.	Configurable.	Output state unknown.	Alarm gener- ated/ Channel specific signal light is off.	Device cannot be controlled. Device is set according to output sig- nal value.	Constant usage during FAT. Flawed channel typi- cally fails during first few weeks in use.	If operation of the device is critical for the process, control loop must stop process.