



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Riku Kauppinen

TAAJUUSMUUTTAJAN TESTAUS

Testausvirheiden vähentäminen kappaletestauksessa

Tekniikka
2018

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Riku Kauppinen
Opinnäytetyön nimi	Taajuusmuuttajan testaus
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	63 + 3 liitettä
Ohjaaja	Timo Männistö

Tämä työ tehtiin Vaasassa sijaitsevaan taajuusmuuttajia valmistavaan yritykseen nimeltä Danfoss Drives. Työssä tutkittiin taajuusmuuttajan testausta ja siihen liittyviä ongelmatilanteita. Työn tarkoituksena oli keksiä ratkaisuja, kuinka virheellisten testauskytkentöjen määrää voitaisiin vähentää.

Työn teoriaosuudessa tutustutaan taajuusmuuttajaan, sen liitäntöihin ja taajuusmuuttajan testausstandardeihin sekä testilaitteiston standardeihin. Teoriaosuudessa käydään läpi myös virheen välttämisen (poka-yoke) menetelmiä sekä järjestyksen ja sen ylläpitämiseen tarkoitettua 5S-menetelmää.

Tuotannossa on kymmeniä erilaisia testereitä ja testattavia tuotteita. Tämä työ rajattiin yhteen testeriin. Testerin valinta tehtiin vikatilastoja tutkimalla sekä käyttäjäkyselyiden perusteella.

Työn tuloksena tehtiin uusi toimiva testauksen kytkentäratkaisu taajuusmuuttajalle. Toteutus on pääosin tehty 3D-tulostamalla. Ratkaisu paransi työergonomiaa ja vähensi kytkentöjen määrää testattavaan tuotteeseen. Lopputulosta voidaan soveltuvin osin hyödyntää myös muualla tuotannossa.

ABSTRACT

Author	Riku Kauppinen
Title	Production Testing for a Frequency Converter
Year	2018
Language	Finnish
Pages	63 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Timo Männistö

This thesis was done for the frequency converter manufacturer Danfoss Drives located in Vaasa, Finland. The thesis deals with the testing of frequency converters and faults occurring in the testing. The purpose of thesis was to find a solution how to reduce the number of the faulty test connections in the testing.

The theory part of the thesis includes an analysis of frequency converter, its electrical connections and testing standards for the frequency converter and testing equipment standards. The theory part also includes the basics of mistake proofing tools (poka-yoke) and work area order and standardization 5S methods.

The production area includes more than ten different type of testers. This thesis was limited into one testing device. Selecting the testing device for the thesis was done by investigating the production testing fault data and also through user surveys.

The outcome of the thesis was a testing connection solution for a frequency converter. The solution is made mainly by utilizing a 3D printing technology. The solution is better in ergonomics and additionally less connections are made to the device. The outcome can be utilized also in other locations in the production area in relevant areas.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

TERMIT JA LYHENTEET

1	JOHDANTO.....	11
	1.1 Työn teoriataustasta	11
	1.2 Rajaukset.....	12
2	DANFOSS.....	13
	2.1 Danfoss Drives.....	13
	2.2 Drives Finland.....	14
3	TAAJUUSMUUTTAJA.....	15
4	LIITÄNNÄT.....	17
	4.1 Piirikortilla oleva riviliitin	17
	4.2 Hauenleuka	17
	4.3 D-liitin.....	18
	4.4 4-johdinmittaus	19
5	STANDARDIT, DIREKTIIVIT JA MUUT MÄÄRÄYKSET.....	20
	5.1 Direktiivit.....	20
	5.2 Standardit	20
	5.3 Standarditasot.....	20
	5.4 Taajuusmuuttajassa käytettävät standardit ja direktiivit.....	21
	5.4.1 EU-direktiivit	22
	5.4.2 Testausstandardi (sähköturvallisuus)	23
	5.5 Testilaitteistossa käytettävät standardit.....	24
	5.5.1 Koneturvallisuus, koneiden sähkölaitteisto.....	24
	5.5.2 Pienjännitekeskukset.....	26
6	VIRHEET JA NIIDEN VÄLTTÄMINEN.....	28
	6.1 Virheen estäminen	28
	6.2 Järjestys.....	30

7	TUOTANNON VIKATILASTOT	33
	7.1 Prosessivirheet	33
	7.2 Materiaalivirheet	33
	7.3 Tuotantovirheet	33
	7.4 Vikatilastot	34
	7.5 Valinta	36
8	TUOTANNON TESTERIT	38
	8.1 Yleistä tuotannon testereistä	38
	8.2 T35-testeri	39
	8.3 Sähköturvallisuuksitestit	42
	8.4 Testerin liitännät	43
	8.5 Testausjärjestelyt	45
	8.5.1 Automaattinen testaus	45
	8.5.2 Sähköturvallisuuksitestit	46
	8.6 Ylläpito ja huolto	47
	8.6.1 Ylläpitotoimenpiteet	47
	8.6.2 Huoltotoimenpiteet	48
	8.6.3 Kalibroinnit	48
9	PROJEKTIN TUOTOKSET	49
	9.1 Kytkentäkonseptit	50
	9.1.1 Sarjaliikenne	50
	9.1.2 PCT-johtimet	50
	9.1.3 Syöttöjohtimet ja maadoitus	51
	9.1.4 Testausjohtimien pidike	51
	9.2 Laskeva väännin	52
	9.3 Kytkentäjärjestys	54
	9.4 Yhteenveto liitännöistä	55
10	KOEKÄYTTÖ	56
	10.1 Pilotoinnin tulokset	56
	10.2 Pilotoinnin analysointi ja toimenpiteet	57
	10.3 Lopputulokset	58
11	JOHTOPÄÄTÖKSET	60

11.1 Jatkokehitys.....	61
LÄHTEET.....	62

LIITTEET

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Tuotantoprosessi	11
Kuva 2. Danfoss slogan ja logo (www.danfoss.com)	13
Kuva 3. VLT-taajuusmuuttaja 1968	14
Kuva 4. Taajuusmuuttajan tehoyksikön pääpiirikuva (www.ee.co.za)	15
Kuva 5. Taajuusmuuttajan liitynnät (files.danfoss.com)	16
Kuva 6. Erilaisia riviliittimiä (www.asi-ez.com)	17
Kuva 7. Hauenleuka (info.muellerelectric.com)	18
Kuva 8. D-liittimet (www.indiamart.com)	19
Kuva 9. 4-johdinmittaus (www.allaboutcircuits.com)	19
Kuva 10. Standarditasot (www.sfs.fi)	21
Kuva 11. Vaatimuksenmukaisuusilmoitus VACON 100 (files.danfoss.com)	22
Kuva 12. Poka-yoke-esimerkki (2leanprincipals.files.wordpress.com)	28
Kuva 13. Kontaktitapa, poka-yoke (www.emsengineering.com)	30
Kuva 14. Työalueen 5S esimerkki ennen ja jälkeen (www.5stoday.com)	31
Kuva 15. Vikatyypit ja niiden osuudet tuotantolinjoittain	34
Kuva 16. Tuotantovirheiden osuus testatuista laitteista	35
Kuva 17. Kytkentävirheiden osuus tuotantovirheistä tuotantolinjoittain	35
Kuva 18. Kytkentävirheiden osuus testatuista laitteista	36
Kuva 19. Tutkittavan tuotantolinjan yksittäiset virhekytkennät testauksessa	37
Kuva 20. T35-testeri, yleiskuva	40
Kuva 21. Liittimet testattavaa laitetta varten	40
Kuva 22. Testerin takaosa	41
Kuva 23. Testerin takaosan käyttöpaneeli	42
Kuva 24. Sähköturvallisuustesterit	43
Kuva 25. PCT+ ja Sense+ liitännät	44
Kuva 26. Päävirtaliitännät L1-3, UVW, R+, R- ja PE sekä PCT-	44
Kuva 27. Sarjaliikennekaapeli	45
Kuva 28. Testi-PC-näkymä	46
Kuva 29. Maximo-ylläpitotyökalu	47
Kuva 30. Testerin liitäntäpinnien puhdistusta	48
Kuva 31. 3D-tulostettu adapterin osa 3D tulostimessa	49

Kuva 32. Sarjaliikenneadapteri	50
Kuva 33. PCT-adapteri	51
Kuva 34. Päävirtaliittimien adapteri	51
Kuva 35. Pidikkeet	52
Kuva 36. Tuotantolinja	53
Kuva 37. Atlas Copco 6000-älyväänninjärjestelmä (www.atlascopco.com)	54
Kuva 38. SOP-ohje testikytkenöistä	55
Kuva 39. Vapaa testeri ja laite kytkettynä testerille	55
Kuva 40. Virheiden osuus tyypeittäin pilottitesterillä	56
Kuva 41. Yksittäisten virheiden osuus pilottitesterillä sekä kaikilla testereillä ...	57
Kuva 42. Yksittäisten virheiden osuus pilottitesterillä testijakson jälkeen	59
Taulukko 1. Painikkeet ja merkkivalot	25

LIITELUETTELO

LIITE 1. Testausjärjestelmän piirikaavio

LIITE 2. Testiraportti

LIITE 3. Vikaraportti

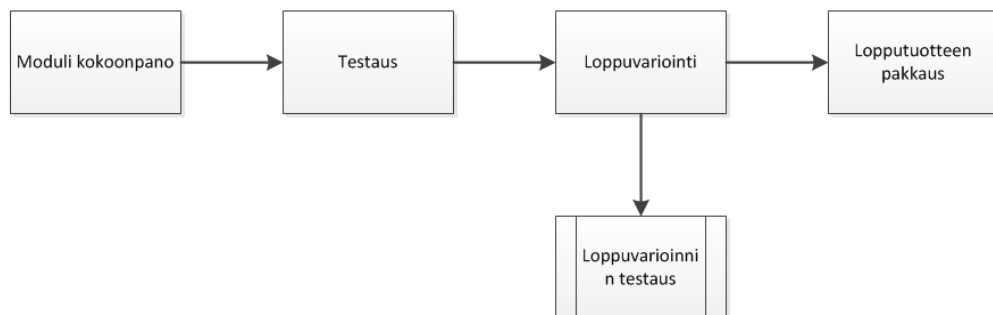
TERMIT JA LYHENTEET

R_{subject}	Mitattavan kohteen vastus / resistanssi
R_{wire}	Johtimen vastus / resistanssi
I	Sähkövirta / virta
V / U	Jännite
kV	Kilovoltti (1000 V)
VAC	Vaihtojännite
VDC	Tasajännite
Poka-Yoke	japanilainen virheenestämismenetelmä
ZQC	japanilainen laadunvarmistusmenetelmä (Zero Quality Control)
5S	japanilainen työpisteen järjestysmenetelmä
SOP	Standardoitu ohje
PE	Suojamaadoitus (-johdin)
PCT	Maadoitusvastustesti
HV	Korkea jännite
3D-tulostus	Lisäävä valmistusmenetelmä, jossa kappale valmistuu kerros kerroselta
Pilotointi	Koekäyttö

1 JOHDANTO

Jokainen taajuusmuuttaja käy läpi sähköturvallisuus- ja toiminnallisuustestit ennen toimitusta asiakkaalle. Testattavasta tuotteesta riippuen, testauksessa havaituista virheistä 5-40 % johtuu testauksen kytkentävirheistä. Työ tehtiin, koska tuotannon saantoa haluttiin parantaa testausvirheitä vähentämällä. Myös testaustapojen ja menetelmien yhtenäistäminen olisi suotavaa. Toivottavaa olisi myös, että työssä tutkittu testauskalusto toisi lisää uusia ideoita tuotannon testauksen kehitykseen.

Testaus on yksi tuotannon prosesseista (**Kuva 1.**). Jokainen taajuusmuuttaja käy läpi ennalta määrätyn testisekvenssin. Testauksella varmistetaan toimiva ja ennen kaikkea turvallinen laite asiakkaalle. Peruseriaate on se, että taajuusmuuttajan moduuliosa testataan ensin ja lopuksi testataan koko tuote ohjausosan kanssa. Jokaisen valmiin tuotteen mukana toimitetaan asiakkaalle kyseisen tuotteen testausraportti.



Kuva 1. Tuotantoprosessi

1.1 Työn teoriataustasta

Teoriaosuudessa käsitellään testattavaa tuotetta (taajuusmuuttaja), jotta lukijalle tulisi selväksi testattavan tuotteen perusominaisuudet. Myös tuotteessa käytettävien sähköisten liityntätyyppien taustat käydään läpi.

Testausstandardista saadaan taustatietoa, mitä ja miksi mitäkin asioita tulisi tämän tyyppisestä sähkölaitteesta testata. Testilaitteiston standardeista on poimittu joitain kohtia liityntien esimerkiksi johtimiin ja merkintöihin.

Varsinainen työn toteutus perustuu pitkälti virheenestämiseksiideologiaan (poka-yoke) ja työpisteen järjestykseen (5S), joten näistä on kuvattuna perusideat.

1.2 Rajaukset

Tässä työssä käsitellään vain yhden tuotteen testijärjestelmää ja tuotteen vikoja. Testijärjestelmää käsitellään enimmäkseen eri käyttäjäkuntien näkökulmista. Testijärjestelmän syvempi analyysi on jätetty pois.

2 DANFOSS

Danfoss on tanskalainen globaali teknologia yritys. Yritys on jaettu neljään, suunnilleen yhtä suureen teknologiasegmenttiin. Segmentit ovat; Danfoss Power Solutions (hydrauliikkajärjestelmät), Danfoss Cooling (jäähdytysjärjestelmät), Danfoss Drives (taajuusmuuttajat) ja Danfoss Heating (lämmitysjärjestelmät).

Yrityksen perusti Mads Clausen Nordborgissa Tanskassa vuonna 1933. Danfossin pääkonttori sijaitsee perustamispaikassa vielä tänäkin päivänä. Yritys on perheyri-tytys, jonka omistaa Clausenin suku sekä Clausen -säätiö. /1/

Yrityksen ensimmäinen tuote vuonna 1933 oli venttiili jääkaappeihin. Tänä päivänä yritys työllistää 26 645 henkilöä 72 tehtaassa ja yli 100:ssa myyntikonttorissa ympäri maailman. Kuvassa 2 on Danfossin logo. /2/

ENGINEERING
TOMORROW



Kuva 2. Danfoss slogan ja logo (www.danfoss.com)

2.1 Danfoss Drives

”Danfoss Drives keskittyy taajuusmuuttajiin, joita käytetään sähkömoottoreiden portaattomaan nopeudensäätöön. Olemme alan johtavia valmistajia maailmassa ja tavoitteenamme on osoittaa, että parempi huominen saavutetaan taajuusmuuttajien avulla. Se on juuri niin yksinkertaista ja kunnianhimoista.” /3/

Danfoss Drives yksikössä on 4700 työntekijää edustettuna yli sadassa maassa. Danfoss Drives keskittyy sata prosenttisesti taajuusmuuttajiin. Ensimmäisen sarjavalmisteen taajuusmuuttajan valmistus alkoi vuonna 1968 (**Kuva 3.**). /4/



Kuva 3. VLT-taajuusmuuttaja 1968

2.2 Drives Finland

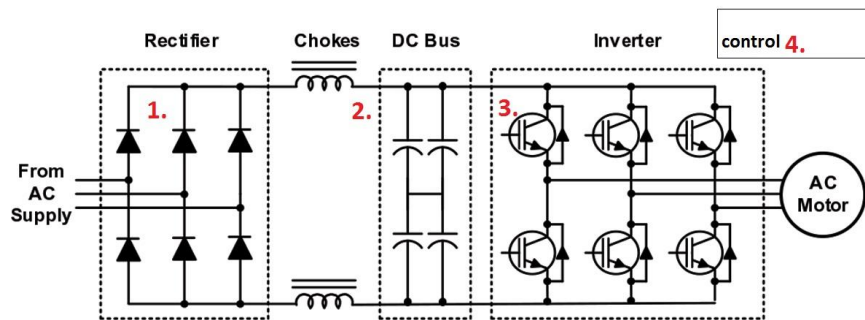
Tässä työssä tutkitaan Danfoss Drives-yksikön Vaasan (ennen Vacon Oyj) tehtaan tuotannon testausta. Vaasassa on noin 770 työntekijää, joista tuotannossa noin puolet. Tehdaspinta-alaa on 36 000 m². /5/

Vaasassa valmistetaan pääasiassa VACON 100 sekä VACON NX -tuotteita. Tehtaan tuotantokapasiteetti on noin 350 000 taajuusmuuttajaa vuodessa, joista jokainen kootaan, testataan, paketoidaan ja lopuksi toimitetaan asiakkaille. /5/

3 TAAJUUSMUUTTAJA

Taajuusmuuttaja on sähkömoottorin nopeutta ohjaava laite, jolla saavutetaan muun muassa parempi prosessin ohjaus, alhaisempi energiankulutus ja tehostunut energiantuotanto, moottorinohjaussovellusten vähäisempi mekaaninen rasitus ja erilaisten sähkömoottorisovellusten toiminnan optimointi. /6/

Taajuusmuuttajia käytetään moottoreiden säädön lisäksi energian muuntamiseen tarkoitetuissa sovelluksissa, esimerkiksi aurinkopaneelit, tuulivoimalat ja muut energialähteet, joissa taajuusmuuttajalla säädetään saatava jännite ja/tai taajuus halutunlaiseksi. /6/



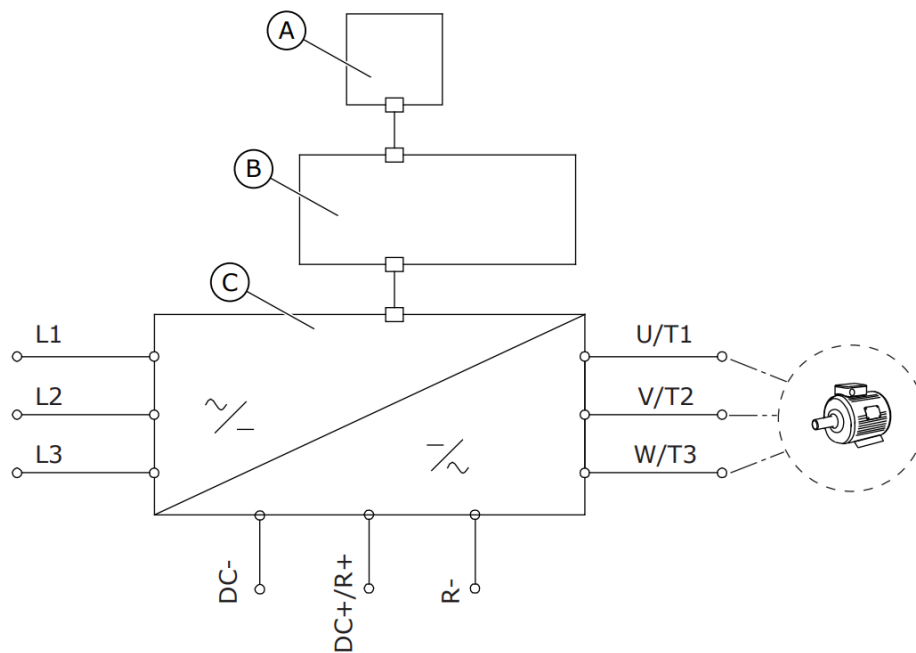
Kuva 4. Taajuusmuuttajan tehoyksikön pääpiirikuva (www.ee.co.za)

Jännitevälipiirillisen taajuusmuuttajan tehoyksikössä on neljä pääosaa (**Kuva 4**):

- Tasasuuntaaja muuttaa syöttöverkon kolmivaiheisen vaihtojännitteen tasajännitteeksi.
- Välipiiri varastoi tasajännitettä kondensaattoreihin.
- Vaihtosuuntaaja ohjaa moottorijännitteen taajuutta.
- Ohjauspiirien elektroniikka voi lähettää ja vastaanottaa viestejä tasasuuntaajaan, vaihtosuuntaajaan ja välipiirin välillä. /7/

Kuvassa 5 näkyy taajuusmuuttajan liittynät. A on käyttöpaneeli, B on ohjausyksikkö ja C tehoyksikkö. Osien A, B ja C välillä on sarjaliikenneyhteys.

Taajuusmuuttaja kytketään 3-vaihesähköverkkoon liittimillä L1, L2 ja L3. Ohjattava moottori kytketään liittimille U, V ja W. Vaihtoehtoinen jarruvastus kytketään liittimiin R+ ja R-. Jarruvastuksella voidaan pysäyttää nopeasti hidastuva moottori tehokkaammin, esimerkiksi nosturit tai hissit. Erikoistapauksissa voidaan kytkeytyä suoraan taajuusmuuttajan välipiiriin liittimistä DC- ja DC+ (tai B- ja B+). /8/



Kuva 5. Taajuusmuuttajan liitynnät (files.danfoss.com)

4 LIITÄNNÄT

Sähköisiä liitäntätyyppjejä on olemassa hyvin monia ja hyvin erilaisia. Tässä luvussa kuvaus niistä liitännöistä, joita käytetään tämän työn tutkimuskohteena olevassa tuotteessa.

4.1 Piirikortilla oleva riviliitin

Riviliitin on sähköinen liitäntä. Liitin koostuu kontaktipinnasta, ruuvista ja yleensä myös eristävästä kotelosta. Liittimen kontaktijalat juotetaan piirilevylle. Valmisteltu johto asennetaan riviliittimelle ja ruuvi kiristetään. Näin syntyy kontakti. Johdossa voi olla esimerkiksi puristusholkki johtimien päällä. Riviliittimen etuja ovat esimerkiksi, yksinkertainen ja helppo asennus peruskäsityökalujen avulla, alhainen kustannus, välttämättä ei tarvita vastaliitintä - pelkkä johdin riittää, piirikortille saadaan pieneen tilaan useita liitäntämahdollisuuksia. Kuvassa 6 näkyy erilaisia riviliittimiä. /9/



Kuva 6. Erilaisia riviliittimiä (www.asi-ez.com)

4.2 Hauenleuka

Mueller Electric Co. perustaja Ralph S. Mueller keksi “testi klipsin” vuonna 1908 (**Kuva 7.**). Hauenleuka (crocodile clip) on jousitoiminen, yksinkertainen, kahdesta osasta tehty liitin. Liittimen ylä- ja alapuoli painetaan käsin ja leuat vapautuvat. Kun ote vapautetaan liittimestä, liitin tarttuu kiinni kontaktiin. Liitintä käytetään

väliaikaisiin liitoksiin. Nimitys tulee liittimen ulkomuodosta, kontaktipinnat ovat sahalaitaiset. Tällä varmistetaan parempi pysyvyys kiinnityskohteessa. /10/



Kuva 7. Hauenleuka (info.muellerelectric.com)

4.3 D-liitin

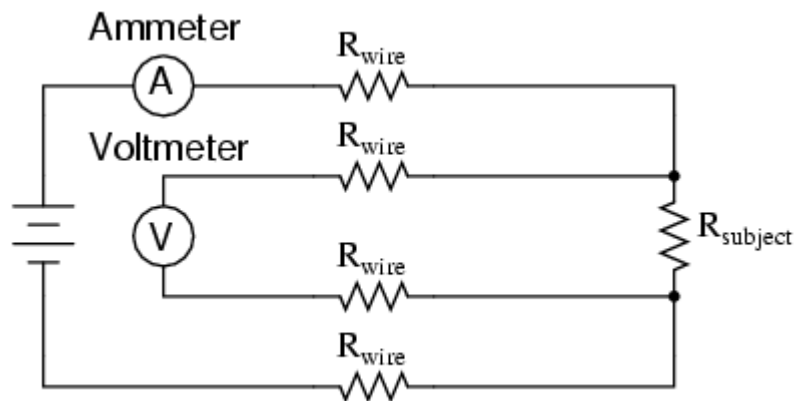
D-liitin on yksi yleisimmistä ja vanhimmista tietoliikenneliitännöistä. D-liitin kehitettiin alun perin lentokoneiden radioliittimeksi 50-luvulla, ja vuosikymmeniä myöhemmin liittimestä tuli yleisin käytössä oleva tiedonsiirtoliitin. D-liittimen nimi johtuu D kirjaimen muotoisesta liitännäkotelosta, joka puolestaan johtuu siitä, että kontaktit ovat kahdessa rivissä, joista toisessa on eri määrä kontaktipinnejä. Kuvassa 8 on erilaisia D-liittämiä. /11/



Kuva 8. D-liittimet (www.indiamart.com)

4.4 4-johdinmittaus

4-johdinmittauksen perusajatus on se, että eliminoidaan mittausjohtimien (R_{wire}) aiheuttama lisävastus lisäämällä toinen pari mittausjohtimia. Näin ollen saadaan aikaiseksi tarkemmat vastusmittaukset. Etenkin pieniä resistansseja mitattaessa johtimien aiheuttama vastus voi olla suurempi kuin itse mitattavan vastuksen.



Kuva 9. 4-johdinmittaus (www.allaboutcircuits.com)

$$R_{\text{subject}} = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Tarkkaan mittaukseen vaaditaan virtalähde, virtamittari (Ammeter) ja jännitemittari (Voltmeter) (**Kuva 9**). Todellisuudessa kaikki kolme ovat yhtä ja samaa mittausyksikköä ns. low ohm -mittareissa. Virtamittarilla mitataan mittavan kohteen läpi menevä virta (A) ja jännitemittarilla kohteen yli oleva jännitehäviö (U tai V). Mitattava vastusarvo (R_{subject}) saadaan laskettua Ohmin lain avulla. Vastusarvo saadaan laskettua kaavan 1 mukaan. Jännitemittauksen johtimissa kulkee hyvin pieni virta ja puolestaan virranmittauksessa paljon suurempi virta. Kyseistä kytkentää kutsutaan myös nimellä Kelvin-kytkentä. /12/

5 STANDARDIT, DIREKTIIVIT JA MUUT MÄÄRÄYKSET

Tässä osassa tutustutaan hiukan tarkemmin taajuusmuuttajan sähköturvallisuus-standardiin, jossa annetaan määrittäviä tuotteen testaukselle.

Standardeista on poimittu kohtia liittyen tuotteiden testaukseen sekä muuta yleistä tietoutta tämän työn laitteistoissa käytettävistä standardeista. Taajuusmuuttajassa käytetään eurooppalaisia EN-standardeja ja testauslaitteistossa kansainvälisten standardien SFS-versioita (Suomi).

Standardien käyttö on vapaaehtoista, toisin kuin lakien ja asetusten. Standardeja kuitenkin on syytä noudattaa ja jotkin standardit ovatkin määrätty pakollisiksi viranomaisten toimesta. Direktiivin ja standardin ero on esimerkiksi se, että EU-direktiivit asettavat ylätasoa vaatimuksia ja standardit tarjoavat teknisiä keinoja näiden vaatimusten toteuttamiseen. /13/

5.1 Direktiivit

EU-direktiivi on ohje, jonka mukaan EU-jäsenmaan on laadittava lakinsa. Jokainen maa saa itse valita miten se toteuttaa direktiivin määräykset. Direktiiveillä pyritään varmistamaan tuotteiden samanlainen laatu ja turvallisuus kaikissa EU-maissa. /14/

5.2 Standardit

Standardisointi on yhteisten toimintatapojen laatimista. Standardit on tarkoitettu helpottamaan viranomaisten, elinkeinoelämän ja kuluttajien elämää.

Standardisoinnilla lisätään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta, suojellaan kuluttajaa ja ympäristöä sekä helpotetaan kotimaista ja kansainvälistä kauppaa. Standardit ovat maksullisia julkaisuja, joita kuka tahansa voi hankkia ja käyttää. /15/

5.3 Standarditasot

Standardit voidaan jakaa kolmeen tasoon, joita ovat maailmanlaajuinen taso, Euroopan taso ja kansallinen taso. Maailmalajuisia tasojen ovat IEC (sähköala), ISO

(muut alat) ja ITU (teleala). Eurooppalaisia (EN) tasoja ovat GENELEC (sähköala), CEN (muut alat), ETSI (teleala). Kansallisella tasolla Suomessa on SESKO (sähköala), SFS (muut alat) ja Viestintävirasto (teleala) (**Kuva 10.**) /16/


	Sähköala	Muut alat	Teleala
Maailmanlaajuinen taso 	IEC International Electrotechnical Commission	ISO International Organization for Standardization	ITU International Telecommunication Union
Eurooppalainen taso 	CENELEC European Committee for Electrotechnical Standardization	CEN European Committee for Standardization	ETSI European Telecommunications Standards Institute
Kansallinen taso 	SESKO Sähkötekni- nen ala	SFS Suomen Standardi- soimiliitto SFS toimialayhteisöineen	Viestintävirasto Teleala

Kuva 10. Standarditasot (www.sfs.fi)

5.4 Taajuusmuuttajassa käytettävät standardit ja direktiivit

Taajuusmuuttajalle on oma sähköturvallisuusstandardi ja EMC-standardi. Lisäksi taajuusmuuttajassa käytetään haitallisten aineiden standardia (ROHS) sekä EU-direktiivejä.

Taajuusmuuttajalle tehdään kahdentyyppistä testausta, tyyppitestaus ja kappaletestaus. Nämä testaukset määritellään sähköturvallisuusstandardissa. EU-direktiivin mukaisesti sähkölaitteelle vaaditaan vaatimuksenmukaisuusilmoitus (**Kuva 11.**).


Danfoss A/S
 DK-6430 Nordborg
 Denmark
 CVR nr.: 26 16 57 15
 Telephone: +45 7488 2222
 Fax: +45 7449 9949

EU DECLARATION OF CONFORMITY
Danfoss A/S
 Vacon Ltd

declares under our sole responsibility that the

Product(s) VACON® 100 AC drive

Type(s) **Wall-Mounted Drives:**
 N0100 3L 0003 2...0310 2
 N0100 3L 0003 4...0310 4
 N0100 3L 0003 5...0310 5
 N0100 3L 0004 6...0208 6
 N0100 3L 0007 7...0208 7

IPO0 Drives:
 N0100 3L 0140 2...0310 2
 N0100 3L 0140 5...1180 5
 N0100 3L 0080 6...0820 6
 N0100 3L 0080 7...0820 7

Enclosed Drives:
 N0100 3L 0140 5...1180 5
 N0100 3L 0080 7...0820 7

Covered by this declaration is in conformity with the following directive(s), standard(s) or other normative document(s), provided that the product is used in accordance with our instructions.



Safety: EN 61800-5-1:2007
 EN 60204-1:2006+A1:2009 (as relevant)

EMC: EN 61800-3:2004+A1:2012

RoHS: EN 50581:2012

and conforms to the relevant safety provisions of Low Voltage Directive 2014/35/EU, EMC Directive 2014/30/EU and RoHS Directive 2011/65/EU.

The year the CE marking was affixed: 2009

Date: 18/7 2017	Issued by Signature:  Name: Michael Quitzau Title: Head of Standard & Decentral Drives	Date: 19/7 2017	Approved by Signature:  Name: Timo Kasi Title: VP, Design Center Finland and Italy
-----------------------	--	-----------------------	--

Danfoss only vouches for the correctness of the English version of this declaration. In the event of the declaration being translated into any other language, the translator concerned shall be liable for the correctness of the translation.

Document ID: 00737161 Revision, Sequence: A,1 Creator: Hankaniemi, Mikko #0319993#
 File Origin Date: 2017-07-17 File Last Modified: 2017-07-17

Kuva 11. Vaatimuksenmukaisuusilmoitus VACON 100 (files.danfoss.com)

5.4.1 EU-direktiivit

Pienjännitedirektiivin (low voltage directive 2014/35/EU) tarkoituksena on varmistaa, että markkinoille saatettu sähkölaite täyttää sille asetetut vaatimukset, joilla taataan laitteen käyttäjien turvallisuus. Direktiivi on tarkoitettu sähkölaitteille, jotka toimivat jännitealueella 50-1000 VAC tai 75-1500 VDC. Direktiivissä määritellään vaatimuksenmukaisuuden vaatimukset ja CE-merkinnän vaatimukset. Yhtenä esimerkkinä direktiivin vaatimuksista on se, että laitteen sarjanumero pitää löytyä jokaisesta tuotteesta. /17/

EMC-direktiivin (electromagnetic compatibility, 2014/30/EU) tarkoituksena on suojata radiotietoliikennettä, sähkö- ja tietoliikenneverkkoja sekä niihin liittyviä

laitteita sähkömagneettiselta häiriöltä. Sähkömagneettisella yhteensopivuudella saavutetaan samaan käyttöympäristöön tarkoitettujen laitteiden häiriötön toiminta. Direktiivi on tarkoitettu sovellettavaksi kaikissa sähkölaitteissa, pois lukien radio-laitteet, ilma-alukset ja radioamatöörien laitteet. /18/

5.4.2 Testausstandardi (sähköturvallisuus)

Taajuusmuuttajastandardissa EN 61800-5-1 käsitellään säädettävien sähkökäyttöjen turvallisuusvaatimuksia. Standardi kattaa DC-käytöt 1 kV asti ja AC-käytöt 35 kV asti.

Standardin kohdassa 4 käsitellään vaatimuksia muun muassa eristeille, maadoituksille, johdotuksille yleensä ja liittimille sähköiskun ennaltaehkäisemiseksi ja turvallisen tuotteen suunnittelemiseksi. Kohdassa 6 on vaatimuksia tuotteen dokumentaatiolle.

Standardin kohdassa 5 on testausvaatimukset säädettävälle sähkökäytölle. Testejä on kolmenlaisia, tyyppitestaus, kappaletestaus ja otantatestaus. Tyyppitestaus suoritetaan ennen tuotteen markkinoille saattamista. Tyyppitestauksella varmistetaan, että tuote täyttää standardin vaatimukset. Tyyppitestaukseen kuuluu yli 10 eri tyyppistä testausta, esimerkiksi useat erilaiset sähköiset testit, värinätestit, lämpötestit ja palotestit.

Kappaletestaus suoritetaan jokaiselle tuotteelle osana valmistusprosessia. Tällä varmistetaan, että tuote on valmistettu asianmukaisesti. Tällä taataan tuotteen toimivuus ja sähköturvallisuus. Kappaletestauksella varmennetaan myös osiltaan, että tuote täyttää myös valmistusprosessin jälkeen tyyppitestauksen vaatimukset.

Seuraavat testit kuuluvat sekä tyyppi että kappaletestaukseen.

- visuaalinen tarkastus
- AC tai DC -jännitetesti
- maadoitustesti
- hydrostaattinen painetesti (vain nestejäädysteiset tuotteet).

Standardin mukaan visuaalisessa tarkastuksessa tulee tarkastaa esimerkiksi tyyppikilpien oikeellisuus, varoituskilvet ja muut turvallisuuteen liittyvät asiat.

Jännitetesti tehdään siksi, että saadaan varmistus riittävästä ilmaväleistä ja riittävästä eristyksestä. Näin ollen saadaan varmistus siitä, että testattava tuote kestää turvallisesti ylijännitetilanteet. Jännitetesti tehdään testattavalle tuotteelle sopivalla jännitteellä. 300-600 VAC nimellisjännitteisillä tuotteilla testausjännite tulee olla vähintään 1800 VAC tai 2550 VDC ja 600-1000 VAC testausjännite tulee olla vähintään 2200 VAC tai 3110 VDC. Jännitetestin kesto tulee olla vähintään yksi (1) sekunti. Testi on läpäisty, jos läpilyöntejä ei tapahdu.

Suojamaadoitustestin tarkoitus on varmistaa, että suojamaapiirin jännite ei normaaleissa käyttöolosuhteissa nouse yli annettujen raja-arvojen. Testi tulee suorittaa vähintään 10 A virralla ja enintään 24 V jännitteellä. Jos testattavassa tuotteessa käytetään standardin määrittämää maadoitusjohtimen poikki-pinta-alaa, maadoitusimpedanssi ei saa ylittää arvoa 0,02 ohm. Muissa tapauksissa käytetään standardin kuvaajaa 7 kosketusjännitteen määrittämiseen. /19/

5.5 Testilaitteistossa käytettävät standardit

5.5.1 Koneturvallisuus, koneiden sähkölaitteisto

Standardi SFS-EN 60204-1 koskee koneita, joiden nimellisjännite on enintään 1000 VAC tai 1500 VDC. Standardi ei koske erikoisia laitteistoja, joita ovat muun muassa, ulkoilmassa käytettävät laitteet, räjähdysvaarallisia materiaaleja käytettävät laitteet, kaivoksissa käytettävät laitteistot, ompelukoneet ja nostokoneet.

Standardissa määritellään koneelle esimerkiksi sähkönsyöttöön liittyvät vaatimukset, sähkömagneettinen yhteensopivuus ja ympäristöolosuhdevaatimukset.

Syötön erotuskytkin on oltava jokaisessa syötössä. Standardissa määritetään myös minkä tyyppisiä kytkimiä tulee käyttää sekä miten kytkimet tulee tarkalleen ottaen toimia.

Hätäpysäytyspainikkeiden on oltava helposti tavoitettavissa ja niiden on oltava paikoissa, joissa hätäpysäytystä voidaan edellyttää.

Laitteisto on suunniteltava niin, että estetään henkilölle aiheutuva sähköiskun vaara suorasta tai epäsuorasta kosketuksesta Jännitteiset osat on sijoitettava koteloiden sisälle. Kotelo pitää täyttää standardin mukaiset IP-luokitukset. Vähintään IP2X tai IPXXB.

Taulukossa 1 on painikkeiden ja merkkivalojen suosituksia väreistä.

Taulukko 1. Painikkeet ja merkkivalot

Hätäseis	Punainen
Seis / Pois	Musta, Harmaa tai Valkoinen
Käynnistäminen / tavanomainen tila	Vihreä
Kuittaus	Sininen

Kaapelit on suunniteltava niin, että ne soveltuvat käyttöolosuhteisiin, esimerkiksi virta, mekaaninen rasitus yms. Suojajohtimien on oltava väritään KEVI, muilla johtimilla voidaan käyttää yleisiä värityksiä, esimerkiksi mustaa, ruskeaa ja niin edelleen.

Laitteessa on oltava asianmukaiset varoitusmerkinnät (salama, yms.). Tyypikilvessä on oltava ainakin valmistaja, sertifiointimerkki (jos on), sarjanumero, nimellinen oikosulkuvirta ja mitoitusjännite. Laitteesta on oltava myös tekninen dokumentaatio, piirikaaviot, yleiskaaviot, kuvaukset turvalaitteista yms. Sähkölaitteistolle on tehtävä eristysresistanssin mittaus, jännitekoee, suojaus jäännösjännitteeltä ja toiminnalliset testit. /14/

5.5.2 Pienjännitekeskukset

Standardi SFS-EN 60439-1 koskee keskuksia, jotka on tarkoitettu käytettäväksi enintään 1000 VAC tai 1500 VDC jännitealueella. Tämä standardi koskee myös sellaisia keskuksia, joita käytetään erikoisissa ympäristöoloissa, esimerkiksi nostimet, kotitaloudet, räjähdysvaaralliset tilat ja sähköenergian tuotanto. Keskuksessa saa käyttää vain sellaisia materiaaleja, jotka kestävät normaalin käyttöolosuhteen mekaaniset-, sähköiset- ja lämpörasitukset.

Liittimien on oltava sellaisia, että ulkoiset johtimet voidaan liittää tavalla (ruuvit, koskettimet jne.) jolla saadaan aikaan luotettava nimellisvirtaa sekä oikosulun kestävyttä vastaava koestuspaine. ”Johtimet eivät saa jäädä rasitukseen, joka lyhentäisi niiden normaalia käyttöikää”. Liittimissä on suositeltua käyttää IEC60445 mukaisia merkintöjä.

Suojaus sähköiskuilta tulee toteuttaa suojuksilla tai koteloinnilla. Kaikkien ulkopintojen on oltava kotelointiluokaltaan vähintään IP2X tai IPXXB. Jännitteisten osien ja niitä suojaavien mekaanisten suojusten välisten etäisyyksien on oltava standardissa määritettyjen etäisyyksien minimimitoissa.

Keskus pitää suunnitella siten, että valmistajan ja tilaajan sopimat tietyt toimenpiteet voidaan suorittaa, kun keskus on käytössä ja jännitteinen. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi

- silmämääräiset tarkastukset: kytkimet ja muut laitteet, releiden ja laukaisulaitteiden toimintamerkit, johdinliitokset ja merkinnät
- releiden ja laukaisulaitteiden asettelut ja kuittaukset
- sulakkeiden vaihto
- merkkilamppujen vaihto
- tietyt vianpaikallistamistoimenpiteet, esim. jännitteen ja virran mittaaminen.

Tyypitestillä todetaan, että keskus täyttää standardissa esitetyt vaatimukset. Tyypitestit sisältävät muun muassa seuraavanlaisia testejä; lämpenemistesti, jännitetestit, suojamaadoituspiirintehokkuuden testaus, kotelointiluokan tarkastus ja EMC-testaus. Standardissa on määritelty, miten edellä mainitut testit tulee suorittaa.

Kappaletestinä tehdään keskuksen ja sen johdotusten tarkastus, jännitetestaus ja suojausmenetelmien ja suojamaadoituspiirin sähköisen jatkuvuuden tarkastus. /20/

6 VIRHEET JA NIIDEN VÄLTÄMINEN

6.1 Virheen estäminen

Ihminen on taipuvainen tekemään virheitä. Työntekijöitä ei pitäisi syyttää virheistä, vaan virheiden tekemisen riski pitäisi aina pyrkiä poistamaan. Poka-yoke on tapa, jolla pyritään poistamaan ihmisen tekemiä virheitä työssä.

Poka-yoke-mallin taustalla on idea, jossa käyttäjältä pyritään vähentämään ulko-opetteluun tai tarkkaavaisuuteen perustuvat asiat. Näin ollen käyttäjän aivokapasiteettia ja tekemiseen käytettävää aikaa jää vapaaksi johonkin hyödyllisempään, esimerkiksi tuottavuuden parantamiseen ja uusien ideoiden luomiseen. /21/

Poka-yoke-menetelmiä on joka puolella ympärillämme. Esimerkiksi tietokoneen useimpia liittimiä ei saa asennettua väärinpäin ja palapelin palat menevät paikoilleen vain yhdellä tavalla. Tiskialtaan ylivuotoaukko estää vesivahingot, mikroaaltouuni ei käy, kun ovi on auki. Poka-yoke-toteutus on myös esimerkiksi liikennevalot, värit ja äänet kertovat kenen vuoro on ylittää tie. Kuvassa 12 esimerkkinä virtaliitin, jonka voi laittaa vain yhdellä tavalla kiinni.



Kuva 12. Poka-yoke-esimerkki (2leanprincipals.files.wordpress.com)

Vaikka poka-yoke-tyyppisiä menetelmiä on käytetty pitkään, vasta 80-luvulla japanilainen insinööri Shigeo Shingo valjasti tämän tavan osaksi keksimäänsä nolla-

virhe-laatuajattelua (ZQC, Zero Quality Control). Samalla hän keksi toimintatavalle nimen poka-yoke, joka on japania ja tarkoittaa virheiden välttämistä. /21/

Zero Quality Control on laadunvarmistustapa, jonka tavoite on nolla virhettä. ZQC perustuu ajatukseen, jossa viallisten valmisteiden tuottaminen estetään prosessissa vaikka ihminen tekisi virheen. Toisin sanoen ZQC on menetelmä, joka tekee prosessista virhevapaan. /21/

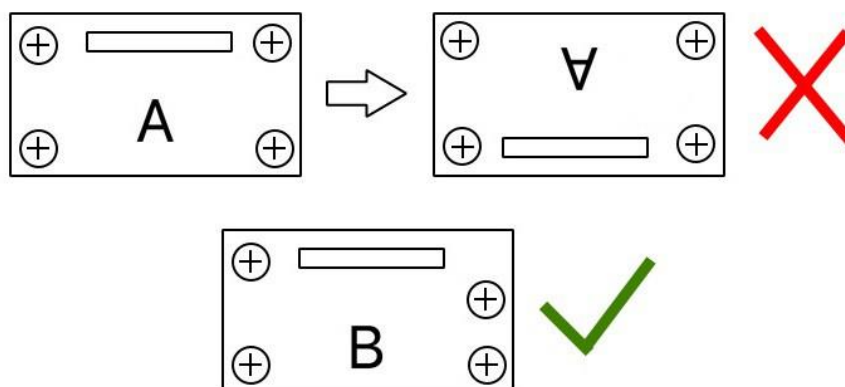
Virheettömät tuotteet ovat tärkeä osa asiakastyytyväisyyttä ja yrityksen mainetta. Esimerkiksi, jos loppukäyttäjä ostaa tuotteen jossa on vika, suurella todennäköisyydellä hän ei ehkä enää osta saman valmistajan tuotteita. Virheistä syntyy aina lisäkustannuksia, olivatpa ne sitten vain aikakustannuksia. Kaikki kustannukset laskevat tuottavuutta ja laskevat yrityksen kilpailukykyä. /21/

ZQC estää virheiden syntymisen yhdistämällä neljä elementtiä:

- Lähteen tarkistus, jossa tarkistetaan tekijät, jotka voivat aiheuttaa virheitä.
- Sadan prosentin tarkastus, käytetään prosessissa poka-yoke-menetelmiä automaattiselle tarkastukselle.
- Välitön toiminta, työ pysäytetään heti, jos virhe havaitaan. Työtä jatketaan vasta virheen korjaamisen jälkeen.
- Poka-yoke, käytetään prosessissa poka-yoke-menetelmiä, joilla eliminoidaan operaattorivirheet. /22/

Poka-yoke-menetelmiä on kahdenlaisia, ohjaus- ja varoitusmenetelmiä. Ohjausmenetelmät estävät virheen syntymisen. Esimerkiksi kone ei käynnisty, jos käsiteltävä osa ei ole kunnolla paikoillaan. Varoitusmenetelmät ilmoittavat käyttäjille mahdollisesta virheen syntymisestä. Esimerkiksi merkkivalot tai äänet tai johtojen värikoodaus ovat varoitustyyppisiä menetelmiä, jotka voivat estää virheiden syntymisen.

/22/



Kuva 13. Kontaktitapa, poka-yoke (www.emsengineering.com)

Lisäksi poka-yoke-käyttötavat voidaan jakaa toiminnan perusteella kolmeen tapaan, kontaktitavat, kiinteän arvon tavat ja liikkeentunnistustavat. Kontaktitapa tarkoittaa sitä, että tuote osuu fyysisesti johonkin. Esimerkiksi ohjauspinnit osassa, jotka varmistavat, että osa asentuu oikein päin (**Kuva 13.**). Kiinteän arvon tavat tarkoittavat kiinteää asetusarvoa laitteessa, esimerkiksi laskurit laitteessa, valo syttyy, kun ennalta määritelty kappalemäärä saavutetaan. Liikkeentunnistustapa on mekanismi, joka tunnistaa liikkeen tai askeleen prosessissa. Esimerkkinä valo-ohjausjärjestelmä sytyttää oikean komponentin kohdalle valon, kun tuotteen viivakoodi luetaan järjestelmään. /22/

6.2 Järjestys

5S on työskentely-ympäristöä koskeva järjestyksen toimintamalli. 5S on lähtöisin Japanin autoteollisuudesta, kuten monet muutkin kehitystyökalut, esimerkiksi jatkuvan parantamisen (kaizen) menetelmät. Kuvassa 14 on esimerkki työpisteestä ennen ja jälkeen 5S-menetelmää.



Kuva 14. Työalueen 5S esimerkki ennen ja jälkeen (www.5stoday.com)

Menetelmässä on viisi porrasta, jotka ovat seuraavat:

Sort – (Seiri)- Erottele. Poistetaan työpisteeltä tarpeettomat tavarat. Tällä toiminnalla vapautetaan tilaa ja poistetaan rikkoontuneita tai tarpeettomia työkaluja. /23/

Set In Order - (Seiton)- Yksinkertaista. Pyritään löytämään jäljelle jääneille asioille hyviä varastointimenetelmiä. Näitä voi olla esimerkiksi lattioiden maalaus, työpisteiden ja muiden alueiden rajaus, selkeät ja tyhjät käytävät, erilaiset säilytysmenetelmät ja roskakorit. Säilytettävälle asioille merkitään nimilaput (värikoodit ja paikkojen merkinnät) sekä erilaiset kyltit. /23/

Shine - (Seiso)- Puhdista. Puhdista työskentelypiste ja laitteet päivittäin. /23/

Standardize - (Seiketsu)- Systematisoi. Standardoidaan työpaikan parhaat käytännöt yhdessä työntekijöiden kanssa, esimerkiksi työpisteeseen kuuluvat työkalut, kuinka usein jätteet vietään pois, siivousaikataulu ja niin edelleen. /23/

Sustain - (Shitsuke)- Standardoi. Standardoi kaikki edelliset vaiheet toimintataivaksi, jota noudatetaan. /23/

5S-menetelmän yleisimpiä kompastuskiviä ovat esimerkiksi, että tapa nähdään vain pelkkänä siivousurakkana, ei anneta aikaa uudelle ajatusmallille, työntekijöiden taitoja ja luovuutta ei nähdä yrityksen tärkeimpänä voimavarana.

Kuitenkin hyvin toteutettuna 5S-menetelmä on elinehto nykypäivän yritysmaailmassa. 5S-toimintamalli voi esimerkiksi parantaa työssä viihtyvyyttä, lyhentää läpimenoaikoja, parantaa toiminnan laatua ja tuottavuutta, vähentää tapaturmariskejä ja vähentää poissaoloja. /23/

7 TUOTANNON VIKATILASTOT

Työn pohjaksi kerättiin vikatilastodataa tuotannon testauksen tietokannasta. Vikatilanteessa tuotantolinjan korjaaja analysoi ja tarvittaessa korjaa vikaantuneen tuotteen. Lopuksi vika kuitataan tietojärjestelmään. Tietokantaan tallentuu vikakoodi, vikadata ja korjaajan kirjaama viankuvaus.

Virheet on jaettu neljään eri kategoriaan; prosessi-, materiaali- ja tuotantovirheet sekä viat, joita ei ole kuitattu.

7.1 Prosessivirheet

Prosessivirheet liittyvät testijärjestelmän sisäisiin ongelmiin tai testijärjestelmän ja muiden atk-järjestelmien välisiin ongelmiin, esimerkiksi testilaitteistossa oleva rauta- tai ohjelmistopuolen vika. Usein prosessivirhe korjaantuu testaamalla laite uudestaan. Esimerkkejä prosessivirheiden vikakuvauksista:

”Ylijännite jarrutuksessa -> yritetään uudelleen”

”Taisi olla edelleen liian kylmä uuni -> Laitteen jäähdytys ja uudelleen testiin”

7.2 Materiaalivirheet

Materiaalivirheet koostuvat käytännössä taajuusmuuttajan komponenteissa olevista valmistusvioista, esimerkiksi piirikortit ja tehpuolihohteet. Esimerkkejä materiaalityyppien vikakuvauksista:

”Kontaktori SF jumittaa -> vaihdetaan kontaktori”

”Ei lataa sovellusta loppuun -> Control-kortti vaihdettu”

7.3 Tuotantovirheet

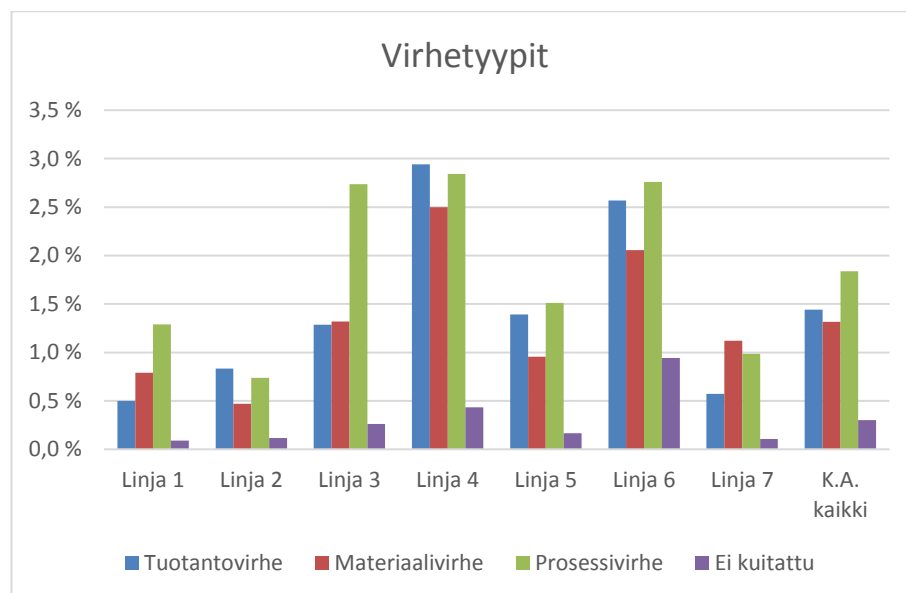
Tuotantovirheet ovat niin sanotusti oikeita virheitä, jotka tehdään tuotantosolussa, esimerkiksi testauksen kytkentävirheet ja kokoonpanovirheet. Esimerkkejä tuotantovirheiden vikakuvauksista:

”Väärä tehokortti asennettu”

”Latauskytkimen johto puuttuu laitteesta -> Johto lisätty”

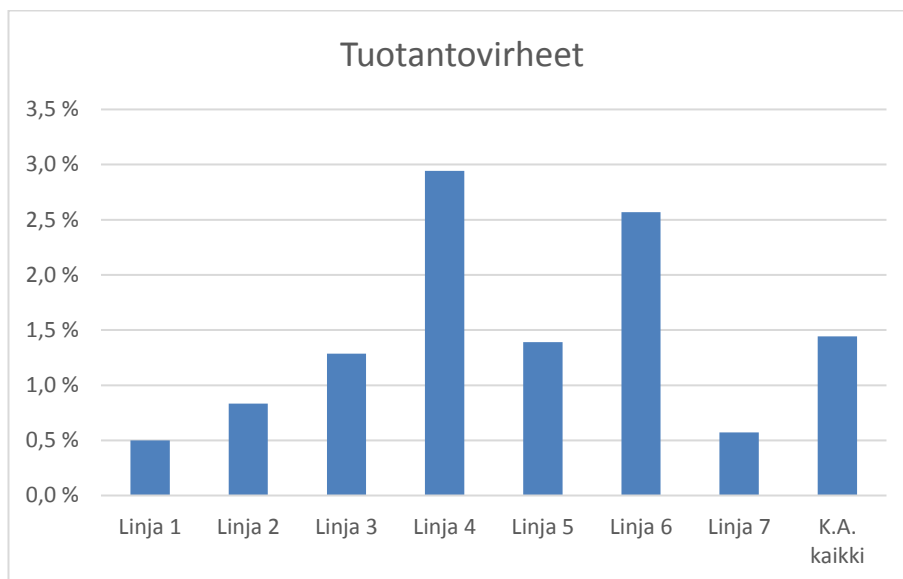
7.4 Vikatilastot

Vikatilastot on kerätty viikoilta 1-18 2018. Kuvassa 15 näkyy kuinka eri virhetyypit jakautuvat tuotantolinjoittain. Virheiden määrä on prosentteina testatuista laitteista. Näiden tilastojen valossa useilla linjoilla kaikki virhetyypit edustavat lähes yhtä suuria osuuksia. Joillakin linjoilla prosessivirheet nousevat suurimpaan rooliin ja keskiarvallisesti prosessivirheitä onkin eniten.

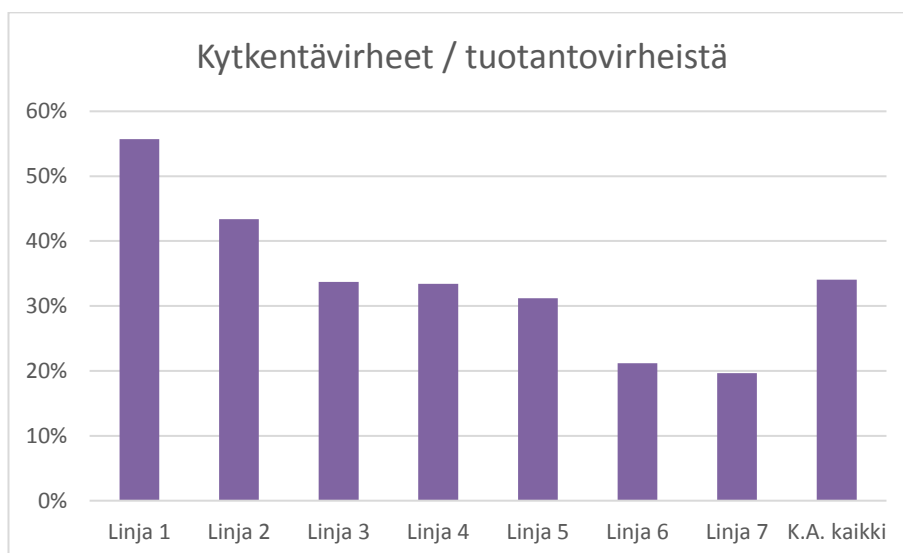


Kuva 15. Vikatyyppit ja niiden osuudet tuotantolinjoittain

Lähemmässä tarkastelussa ilmenee tuotantovirheiden osuudet tuotantolinjoittain (**Kuva 16**). Näiden tilastojen ja tuotantomäärien perusteella virheiden prosentuaalinen määrä on yleisesti ottaen kääntäen verrannollinen valmistettavien tuotteiden määrään. Kuvasta 17 nähdään miten kytkentävirheiden osuudet jakautuvat linjoittain. Linjat 7 ja 2 ovat tässä kohdassa yli linjojen keskiarvon (34 %).

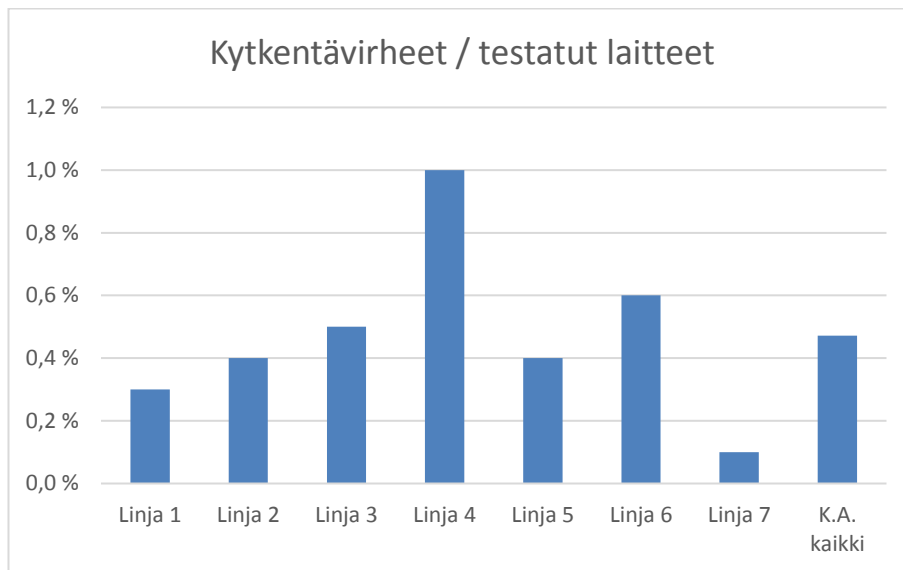


Kuva 16. Tuotantovirheiden osuus testatuista laitteista



Kuva 17. Kytkevirheiden osuus tuotantovirheistä tuotantolinjoittain

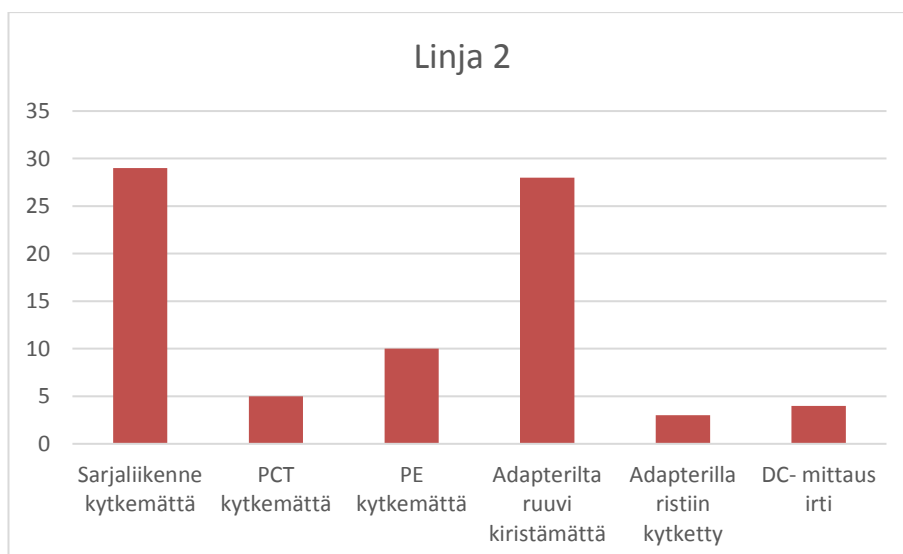
Kun tilannetta tarkastellaan kytkevirheet suhteutettuna testattuihin laitteisiin huomataan, että edellä mainitut linjat eivät olekaan tältä kantilta katsottuna enää kärjessä (**Kuva 18.**). Linja 4 on tässä kohdassa ensimmäisenä.



Kuva 18. Kytcentävirheiden osuus testatuista laitteista

7.5 Valinta

Vikatilastoja analysoimalla tehtiin päätös siitä, mikä yksittäinen tuote otetaan lähempään tarkasteluun. Valinta tehtiin osittain kuvan 17 tilastojen perusteella. Valintaan vaikutti myös tuotevolyymit ja käyttäjäkyselyt. Lähemmän tarkastelun kohteeksi valittiin linja 2. Linjalla on käytössä T35-testerit, joista lisää seuraavassa luvussa. Suurin osa virheistä johtuu inhimillisestä virheestä eli toisin sanoen operattori on unohtanut kytkeä johtimen. Kuvassa 19 näkyy yksittäiset kytcentävirheet valitulla testerillä.



Kuva 19. Tutkittavan tuotantolinjan yksittäiset virhekytkennät testauksessa

Vikojen selitys:

- Sarjaliikenne kytkemättä, sarjaliikennekaapeli kytkemättä testattavaan tuotteeseen tai sarjaliikennekaapeli huonosti kiinni testattavassa laitteessa.
- PCT kytkemättä, hauenleuka kytkemättä tai kytketty väärään kohtaan.
- PE kytkemättä, hauenleuka kytkemättä tai kiinnitetty väärään kohtaan.
- Adapterilta ruuvi kiristämättä, testattavan tuotteen päävirtaliittimien riviliittimiltä ruuvi tai ruuveja jäänyt kiristämättä.
- Adapterilla ristiinkytetty, testattavan tuotteen päävirtaliittimille kytkettävät johtimet kytketty ristiin.
- DC-mittaus irti, DC-miinus-johdin kytkemättä laitteeseen.

8 TUOTANNON TESTERIT

8.1 Yleistä tuotannon testereistä

Tuotannon testerit ovat suomalaiselta testausjärjestelmätoimittajalta. Testerit voidaan karkeasti jakaa toimintaperiaatteen mukaan moottori- ja muuntajatestereihin. Yleisellä tasolla toimintaperiaate näissä on sama, mutta pieniä eroja kuitenkin on. Muuntajatesterillä testauksen vaatimat komponentit saadaan käytännössä yhteen yksikköön, jonka testerivalmistaja kokoaa. Eli toisin sanoen testerit ovat lähes ”plug and play” -tyyppisiä. Moottoritestereillä moottorit ovat erillisessä tilassa moottorikentällä, johtuen moottorien suuresta melusta. Liitteessä 1 on periaatekuva moottoritestereistä.

Riippuen testereistä, keskimäärin noin 80 % osa energiasta kierrätetään eli syötetään takaisin yrityksen sähköverkkoon. Vain häviöt otetaan julkisesta sähköverkosta.

Testerit ovat pääosin automaattisia, pois lukien isoimmille tuotteille tehtävä erillinen esitestaus, joka sisältää osin myös manuaalista testausta. Automaattinen testaus tässä yhteydessä tarkoittaa sitä, että tuotteelle tehdään sen tyyppin/mallin perusteella järjestelmään ennalta määritelty testisekvenssi. Testisekvenssi sisältää kyseiselle tuotteelle sopivat testausparametrit.

Testattavan laitteen (DUT) kytkennät tehdään käsin sekä työkaluilla jokaisella testerillä. Automaattitesteri tekee testauksen aikana vaadittavat kytkentämuutokset testerin sisällä automaattisesti.

Testerit voidaan jakaa kolmeen kategoriaan: esitesterit, loppuvariointitesterit ja varsinaiset testerit. Esitesterillä ja loppuvariointitesterillä käytetään pieniä virtoja, kun taas varsinaisilla testereillä testataan tuotteet nimellisvirroilla ja jopa yli.

Pienet testerit sisältävät esitestauksen, joten erillistä esitestausta käytetään vain suuritehoisilla tuotteilla. Suuritehoisiin laitteisiin liittyy suuret virrat ja näin ollen suuremmat vauriot mahdollisissa vikatilanteissa. Esitestillä voidaan välttää suuritehoisten laitteiden tuhoutumiset sekä myös säästää aikaa laitteen testiin kytkennässä,

mikäli laitteessa olisi vika. Esitestaus suojaa myös itse testausjärjestelmää vikata-pauksissa.

Testerit on suurimmaksi osaksi nimetty niiden nimellisvirran perusteella. Esimerkiksi työn kohteena olevalla T35-testerillä voidaan testata maksimissaan nimellisvirraltaan 35 A tuotteita. Tuotteiden testausaika riippuu tuotteesta ja vaihtelee noin 10 minuutista 10 tuntiin. Jokaisesta testatusta laitteesta saadaan testausraportti, joka toimitetaan laitteen mukana asiakkaalle (LIITE 2).

8.2 T35-testeri

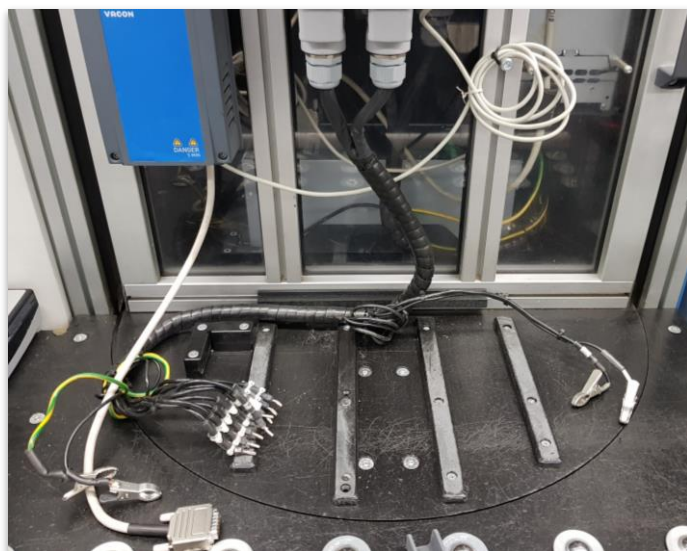
T35-testereitä on tuotannossa eniten, 24 kappaletta kolmella eri tuotantolinjalla. Kaikki 24 testeriä eivät ole täysin identtisiä, mutta perustoimintaperiaate on sama. Eroja on esimerkiksi fyysinen koko, sähköturvallisuustesterit ja lisäksi useita muita pieniä parannuksia uudemmissa testeriversioissa. Testerillä testataan 4-32 A nimellisvirrallisia tuotteita. Kuvassa 20 näkyy T35-testerikokonaisuus ja kuvassa 21 liitäntäjohdot testattavalle tuotteelle.

T35-testeri on automaattinen muuntajatesteri, jossa on 2 testipaikkaa. Kahden testipaikan etu on se, että sillä aikaa kun tuote 1 on testissä, voidaan toiseen testipaikkaan kytkeä ja valmistella tuote 2 valmiiksi. Kun tuote 1 on testattu, voidaan valmiiksi kytketty tuote 2 kääntää testiin ja aloittaa testaus välittömästi.

Testerin etuosassa ovat kaikki liitännät testattavalle laitteelle. Lisäksi etuosassa on käännön lukituskytkin ja hätäseis-painike. Myös testi PC on yksi osa testeriä.



Kuva 20. T35-testeri, yleiskuva



Kuva 21. Liittimet testattavaa laitetta varten



Kuva 22. Testerin takaosa

Kuvassa 22 ja 23 näkyy testerin takaosan kytkimet. Näitä ei tarvitse normaalissa käytössä operoida. Ylimpänä testerin pääkytkin (main switch), valaistukselle (light) ja lämmitykselle (heating) on omat kytkimensä. Keskellä näkyy käy-tilatieto (run), hätäseis-painike ja hätäseis-kuittauspainike. Lämmitykselle ja jäähtyökselle on omat mittauspaneelit. Kuvassa alimpana näkyy testerin sisäisen taajuusmuuttajan käyttöpaneeli.



Kuva 23. Testerin takaosan käyttöpaneeli

8.3 Sähköturvallisuustesterit

Sähköturvallisuustesterit ovat sisäänrakennettu osaksi laitteen testerää. Sähköturvallisuustesterit ovat kuitenkin tarvittaessa helppo irrottaa testeristä. Kuvassa 24 näkyy testerit, ylhäällä PCT-testeri (Protective Conductor Test) ja alhaalla HV-testeri (High Voltage).

HV- ja PCT-testissä käytettävät sähköturvallisuustesterit

- Finero FST-130 sähköturvatesteri
- Finero HV-MM86 mittausmoduuli



Kuva 24. Sähköturvallisuustesterit

8.4 Testerin liitännät

PCT- ja PE-johtimet kiinnitetään hauenleuoilla testattavaan tuotteeseen (**Kuvat 25-26**). Nämä neljä johdinta mahdollistavat tarkan resistanssin mittauksen. Nelijohdinmittauksessa käytetään PCT+, PCT-, Sense+ ja Sense- -johtimia. Sense- -johtimelle käytetään PE-johdinta.

Johtimet eivät saa osua toisiinsa ja lisäksi ne pitää kytkeä määrättyihin kohtiin. Tuotteessa on mahdollista kytkeä johtimet muoviosiin, jolloin vaadittavaa sähköistä kontaktia ei ole. Toinen virhemahdollisuus on hauenleukojen pysyvyys testattavassa tuotteessa, ja kolmas virhemahdollisuus on johtimien kiinnittämättä jättäminen.



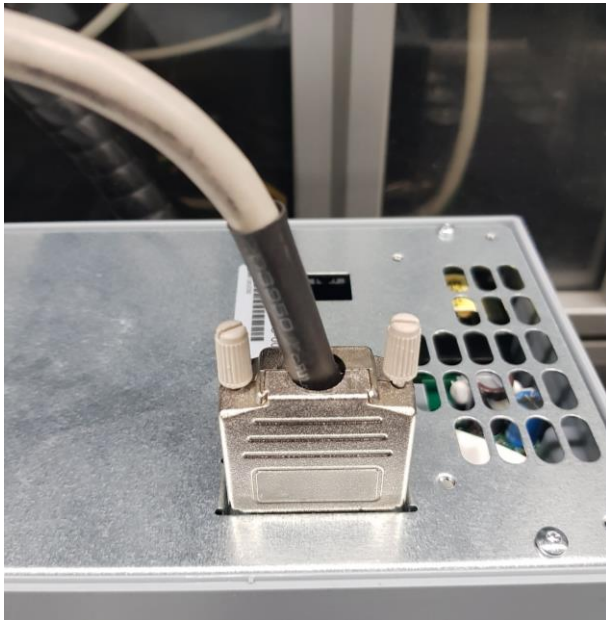
Kuva 25. PCT+ ja Sense+ liitännät

Päävirtaliitännät (**Kuva 26.**), testattavan tuotteen riviliittimille kytketään syöttökaapelit (L1, L2, L3), moottorikaapelit (U, V ja W) ja jarru/dc-johtimet (R+, R-, B). Riviliittimet kiristetään akkuvääntimellä noin 0,5 Nm momenttiin. Työkalun pää on talttatyypinen, mikä vastaa testattavan tuotteen riviliittimiä. Johtimien koko on 6 mm² ja ne on varustettu liitinholkeilla päistä sekä yhdistetty nippusiteilla osittain toisiinsa. Kaapelit jäävät satunnaisesti kiristämättä.



Kuva 26. Päävirtaliitännät L1-3, UVW, R+, R- ja PE sekä PCT-

Sarjaliikennekaapeli kytketään testattavan tuotteen päällä olevaan DA-15-liittimeen (**Kuva 27.**). Sarjakaapelia ei voi kytkeä väärinpäin, mutta sen pysyvyys testattavassa tuotteessa on erittäin huono.

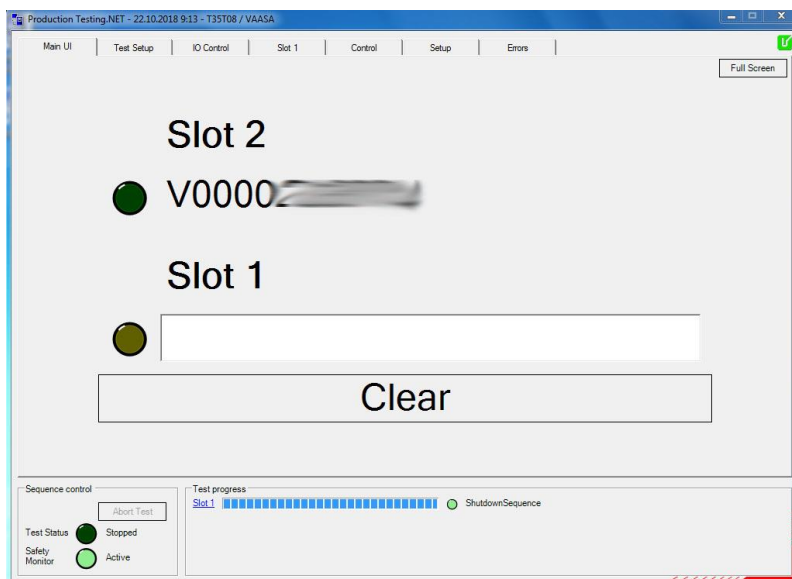


Kuva 27. Sarjaliikennekaapeli

8.5 Testausjärjestelyt

8.5.1 Automaattinen testaus

Kun testattavalle tuotteelle on tehty tarvittavat kytkennät, sen sarjanumero luetaan viivakoodinlukijalla testerin PC:lle (**Kuva 28.**) siihen paikkaan (Slot), johon testattava tuote on kytketty. Seuraavaksi vapautetaan kytkimestä pöydän lukitus ja käännetään testipöytää 180 astetta. Lopuksi kytkin käännetään lukitusasentoon, testaus käynnistyy.



Kuva 28. Testi-PC-näkymä

Testaussekvenssiin kuuluu sähköturvallisuustestien lisäksi muun muassa taajuusmuuttajan suojaustoimintoja testaavia testejä, esimerkiksi ylivirta- ja ylijännitetestit sekä vanhennusajo. Vanhennusajolla (Burn In) yritetään löytää piileviä vikoja, esimerkiksi piirikorteilta. Vanhennusta varten testerin lämpötila nostetaan +50 C asteeseen.

Jos testauksessa ilmenee jokin häiriö tai vikatilanne, keskeytyy testaus automaattisesti ja tapahtumasta tulostuu vikaraportti (LIITE 3). Vikatilanteesta tulee tieto linkorjaajien seurantaohjelmistoon.

Testerit ilmoittaa äänellä ja valoilla testin onnistumisen tai epäonnistumisen. Myös testi-PC:ltä ilmenee testauksen onnistuminen tai epäonnistuminen. Testin jälkeen ensimmäisenä tuote täytyy todeta jännitteettömäksi. Käytössä on jännitteenkoetin Benning Duspul 1000. Normaalisissa tilanteissa testerit purkaa testattavan tuotteen välipiirin kondensaattoreista jännitteen. Vikatilanteissa tai joissain muissa ennalta arvaamattomissa tilanteissa laitteeseen saattaa jäädä hengenvaarallinen jännite.

8.5.2 Sähköturvallisuustestit

Tuotteelle tehdään standardinmukaiset testit eli PCT-testi (maadoituksenjatkuvuustesti)- ja HV- (jännite / eristelujuustesti) testit. PCT-testissä testattavalle laitteelle

syötetään 12 VDC jännite ja noin 25 A virta ja mitataan maadoitusvastus. Raja-arvot ovat 0-200 mOhm.

HV-testissä laitteen vaiheliittimet oikosuljetaan ja mitataan testattavan laitteen mukaisella jännitteellä. HVAC-testissä, syötetään jännitettä noin 2000 VAC (500 V laitteet) ja mitataan vuotovirta (0,01-20 mA). HVAC-testi on ok, mikäli läpilyöntejä ei tapahdu.

8.6 Ylläpito ja huolto

Testausjärjestelmät vaativat ylläpitoimenpiteitä, jotka auttavat pitämään toimintavarmuuden ja turvallisuuden riittävän korkealla tasolla. Tehtaan testijärjestelmiin liittyviä tarkistuksia on yhteensä noin 2 900 kappaletta. Tarkastettavat ja/tai huollettavat kohdat löytyvät Maximo nimisestä ylläpitytyökalusta (**Kuva 29.**).

The screenshot displays the Maximo software interface for maintenance management. The main window shows a list of tasks with columns for ID, Name, Status, Priority, Location, and other details. The tasks listed include various electrical and mechanical components, such as power distribution units and control systems, all marked as 'OPERATION'.

ID	Nimi	Status	Paikka	Asennus	Yhteyshenkilö	Luokitus	Yhteyshenkilö
432274	Power Quark 240V/300V Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_27310	005	OPERATION	432241
432272	Power Quark 240V/300V Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_27310	005	OPERATION	432243
432270	Power Quark 240V/300V Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_27310	005	OPERATION	432245
432268	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432219
432266	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432221
432264	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432223
432262	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432225
432260	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432227
432258	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432229
432256	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432231
432254	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432233
432252	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432235
432250	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432237
432248	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432239
432246	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432241
432244	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432243
432242	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432245
432240	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432247
432238	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432249
432236	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432251
432234	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432253
432232	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432255
432230	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432257
432228	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432259
432226	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432261
432224	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432263
432222	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432265
432220	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432267
432218	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432269
432216	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432271
432214	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432273
432212	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432275
432210	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432277
432208	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432279
432206	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432281
432204	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432283
432202	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432285
432200	Power PCT 130 Sähkökaapeli	432220003	VRG MOP Tuusula	TE_25226	005	OPERATION	432287

Kuva 29. Maximo-ylläpitytyökalu

8.6.1 Ylläpitoimenpiteet

Viikkotason tarkastuksiin kuuluvat muun muassa jännitteenkoettimen testauslaitteen testaus ja jännitteenkoettimen testaus. Automaattitesterit imuroidaan määräjain. Testerin testausliityntään kertyy ajan saatossa epäpuhtauksia, joka heikentää sähköisiä kontakteja. Liittimet harjataan viikon välein (**Kuva 30.**). Testerit, joissa esiintyy rasvaa, pestään ESD-puhdistusaineella. Lisäksi kuukausittain tarkastetaan paineilimaliittimet vuotojen varalta.



Kuva 30. Testerin liitäntäpinnien puhdistusta

8.6.2 Huoltotoimenpiteet

3 kk huoltoon sisältyy esimerkiksi testikaapeleiden tarkastukset, mittajohtimien tarkastukset ja sarjaliikennekaapeleiden vaihto.

6 kk huoltoon kuuluu muun muassa testaustilan valaistuksen tarkastus, vikavirtasuojien koestus, hätäseispiirin koestus, turvarajojen koestus sekä työmaadoituksen koestus.

Vuosihuoltoon (12 kk) kuuluu sähkölaitteiden tarkastukset, esimerkiksi merkkivalot, kytkimet ja termostaatit. Lisäksi tarkastetaan tai mitataan esimerkiksi paineilmajärjestelmät, vikavirtasuojat, maadoitusjohtimien kunto, johtojen kiinnitykset sekä yleinen sähköturvallisuus. Myös testiuunien jäähdytys- ja lämmitystoiminta koestetaan.

8.6.3 Kalibroinnit

Testerit ja sähköturvallisuustesterit kalibroidaan vuoden välein. Yleismittarit puolestaan kalibroidaan kahden vuoden välein.

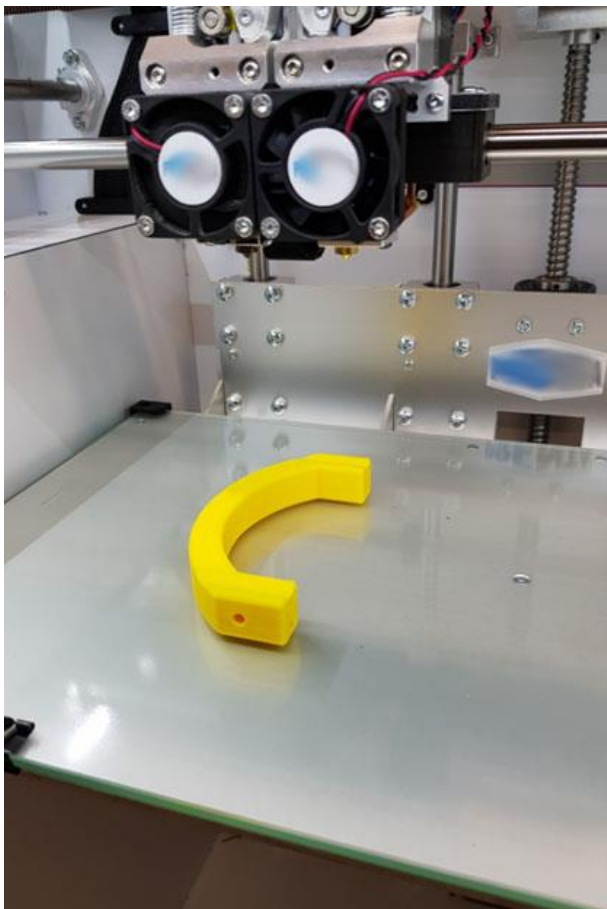
9 PROJEKTIN TUOTOKSET

Alkututkimuksen jälkeen työtä lähdettiin kehittämään seuraavilla ajatuksilla.

- Kytkenät pitäisi olla helppoja tehdä.
- Kytcentöjä pitäisi olla kappalemäärällisesti vähemmän, jos mahdollista.
- Kytcentäjohtimille pitäisi olla ennalta määrätyt paikat testerillä.

Testausadapterit suunniteltiin Autodesk Inventor-ohjelmalla. Suunnittelussa voitiin käyttää apuna testattavan tuotteen 3D-mallia ja näin ollen sovittaa testausosia jo ennen niiden varsinaista valmistamista. Joitakin tarvittavia komponentteja ei ollut saatavilla 3D-mallinnuksen piiriin, kuten johtimet ja muut testerin liittimet, jotka piti käsityönä mitata ja sovittaa.

Kaikki osat tulostettiin tuotannon omalla 3D-tulostimella (**Kuva 31.**).



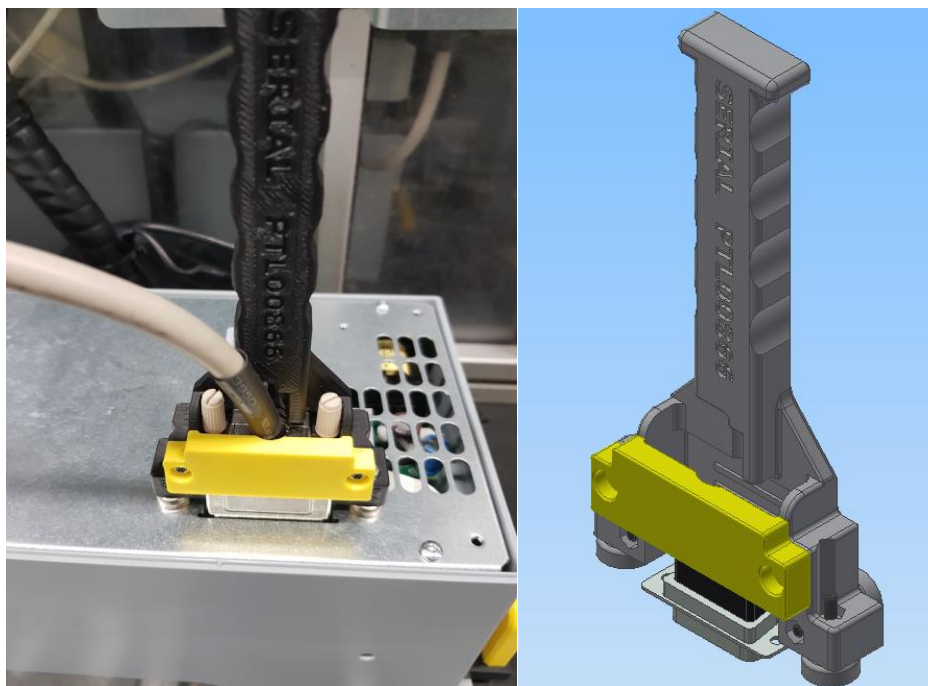
Kuva 31. 3D-tulostettu adapterin osa 3D tulostimessa

9.1 Kytöntäkonseptit

Kaikkiin testiadaptereihin tehtiin huomiovärillä osia, jotta adapterit erottuisivat harmaasta massasta ja näin ollen vältyttäisiin mahdollisilta unohduksilta kytkennöissä.

9.1.1 Sarjaliikenne

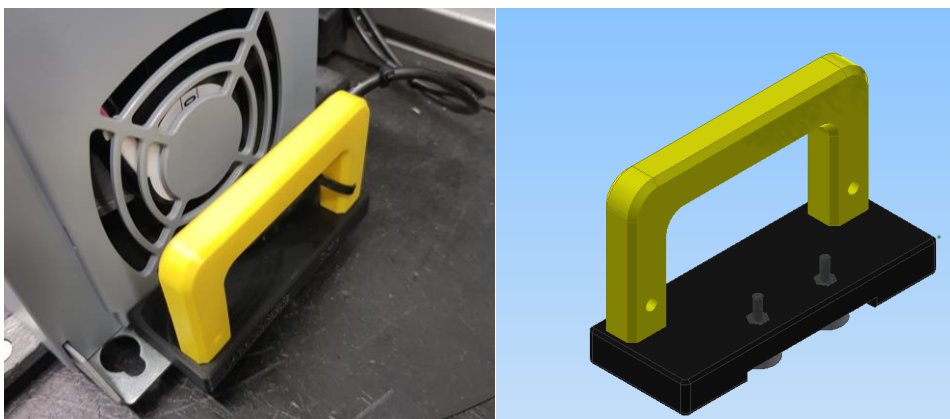
Sarjaliikennekaapelille suunniteltiin ergonominen kahva, jossa magneetit lukitsevat liittimen paikoilleen. Adapterin suunnittelussa otettiin huomioon se että, sen on tarkoitus olla yhteensopiva myös muiden tuotteiden kanssa, joten adapteri suunniteltiin fyysisesti pienimmälle V100-tuotteelle. Tästä seurasi se, että adapteria voidaan käyttää kaikissa V100-tuotteissa (**Kuva 32.**).



Kuva 32. Sarjaliikenneadapteri

9.1.2 PCT-johtimet

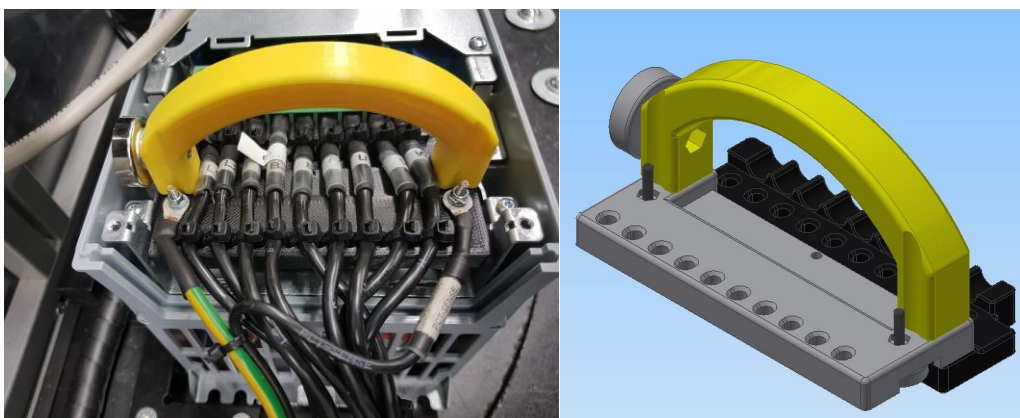
PCT+ ja Sense+ -johtimille tehtiin yhdistävä adapteri, jolla molemmat johtimet voidaan asentaa yhtäaikaaisesti. Adapteri vakioi myös johtimien sijainnin testattavassa laitteessa. Kiinnitys testattavaan tuotteeseen on magneeteilla (**Kuva 33.**).



Kuva 33. PCT-adapteri

9.1.3 Syöttöjohtimet ja maadoitus

Johtonipulle, joka sisältää kaikki päävirtakaapelit, tehtiin myös testiadapteri (**Kuva 34.**). Adapterissa on käyttökahva ja magneetti reunassa ripustamista varten. Samassa adapterissa on myös PCT- ja PE-johtimet, joita ei tarvitse erikseen kytkeä.

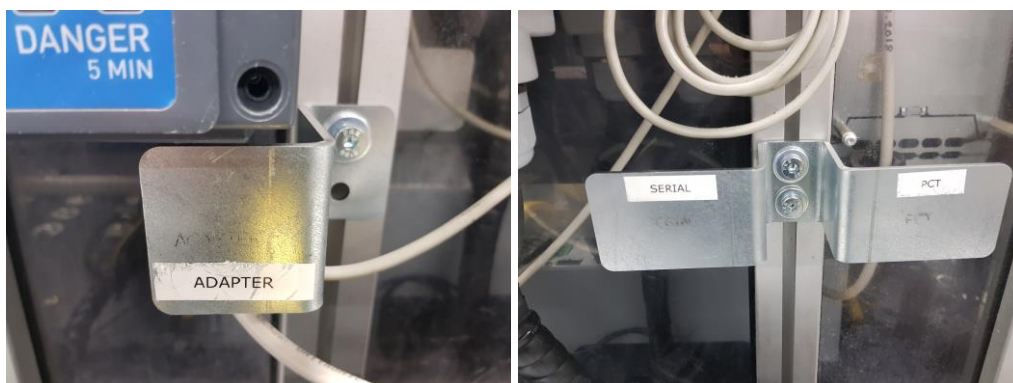


Kuva 34. Päävirtaliittimien adapteri

9.1.4 Testausjohtimien pidike

Testiadaptoreille suunniteltiin metalliset pidikkeet (**Kuva 35.**). Adapterit kiinnittyvät pidikkeisiin magneetilla, joten niiden asetteluun ei mene liikaa aikaa. Adapterit myös merkittiin niin, että ne vastaavat samoja merkintöjä pidikkeiden kanssa. Pi-

dikkeiden ja testerin luukun väliin laitettiin sähköä eristävät aluslevyt. Tällä varmistetaan se, että HV-testauksen aikana ei vahinkotapauksissa syntyisi vaurioita testijärjestelmään (testiadapteri jää pidikkeeseen testin ajaksi).

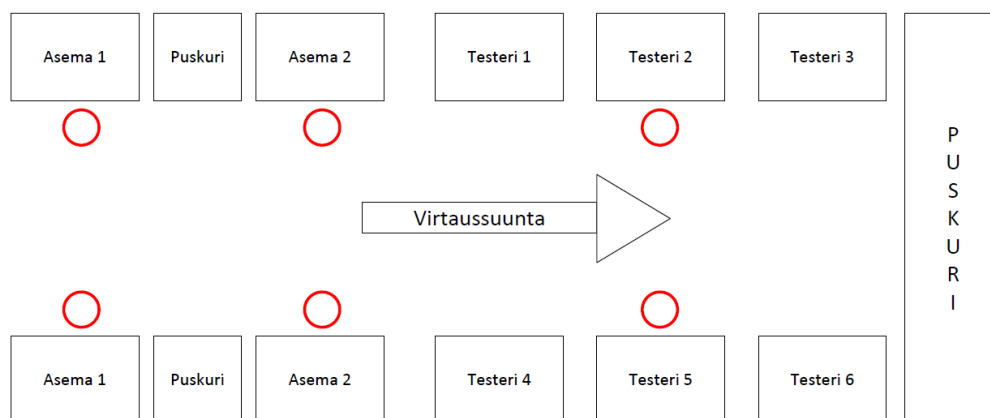


Kuva 35. Pidikkeet

9.2 Laskeva väännin

Yksi suurehko virhetyypin esiintyvyys oli ruuvien kiristämättä jättäminen riviliittimellä. Tuotantolinjalla on älykkäitä ruuvien vääntimiä käytössä, mutta ei testauksessa. Älyväännin mahdollistaa esimerkiksi ruuvien kiristysmomentin seurannan, ruuvien kierrosmäärän ja kiristyskertojen laskennan.

Markkinoilta ei tässä vaiheessa löytynyt vielä sopivaa niin sanottua ”vain laskevaa” akkukäyttöistä väännintä. Tämän tyyppiseen vääntimeen asetellaan ennalta kappalemäärä ja kone antaa äänimerkin, kun määrä on saavutettu. Tämän tyyppinen ratkaisu toisi varmuudella parannuksia testauslaatuun.



Kuva 36. Tuotantolinja

Kyseisellä tuotantolohkolla on käytännössä 2+2 kokoonpanopistettä sekä 3+3 testeriä. Tähän lohkoon suunniteltiin asennettavaksi Atlas Copco 6000-sarjan älyohjain (**Kuva 37.**) sekä 6 kappaletta langattomia vääntimiä. Vääntimistä 4 tulisi kokoonpanopisteille ja 2 väännintä testaukseen. Ruuvinvääntimet on merkattu kuvaan 36 punaisilla ympyröillä.

Atlas Copco 6000-järjestelmän keskeisimpiä ominaisuuksia:

- Yhdistää monia erilaisia työkalutyyppejä.
- WI-FI ja Bluetooth -yhteydet, myös langallinen liityntä.
- Virtuaaliasemat – 6 työkalua yhteen ohjaimen.
- Web HMI – helppokäyttöinen selainpohjainen etäyhteys.
- Tulokset, prosessitiedot ja ohjelmointi 7” kosketusnäytöllä.
- Erillinen tehtaan verkkoportti, kenttäväyläkorttipaikka, DIO ja avoin protokolla.
- Tukee suurinta osaa työkaluja (Atlas Copco:n valikoimasta).



Kuva 37. Atlas Copco 6000-älyväänninjärjestelmä (www.atlascopco.com)

Järjestelmän hinnan takia tämän työn puitteissa tämä järjestelmä jäi toteuttamatta. Työn tuoma ideointi voi kuitenkin olla hyödyksi tulevaisuudessa vastaavien ongelmien ratkaisuisissa. Älykkäät vääntimet ovatkin yksi erittäin toimiva poka-yoke ratkaisu.

9.3 Kytöntäjäjestys

Selkeyden vuoksi testerille tehtiin SOP (Standard Operating Procedure) -ohjeistus (**Kuva 38.**). SOP-ohjeistukset ovat yleisesti tuotannossa käytössä, joten oli johdonmukaista tehdä sellainen myös tälle testauskytkennälle.

Asennusjärjestykseksi sovittiin seuraava:

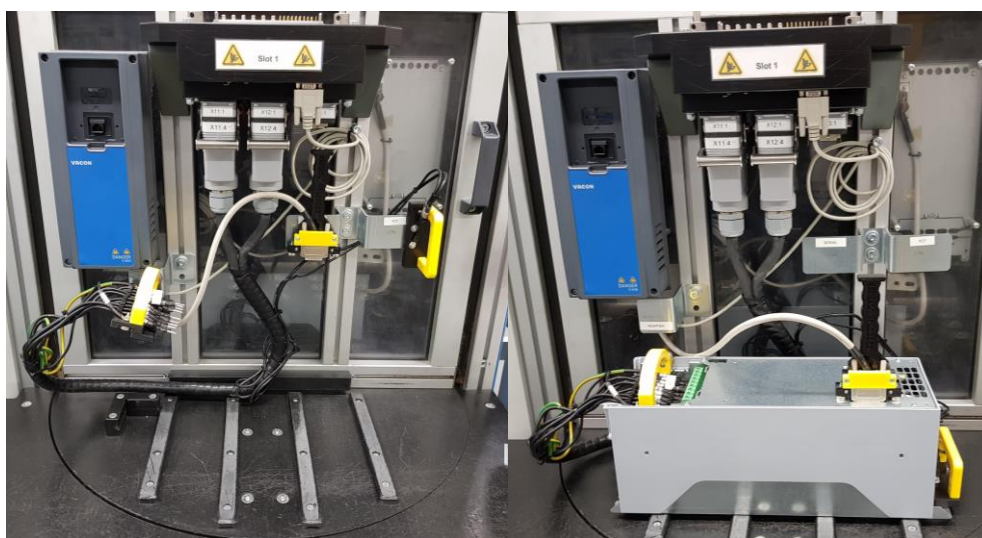
1. Aseta adapteri paikoilleen.
2. Kiristä riviliittimet.
3. Kytke sarjaliikenne.
4. Kytke PCT.
5. Käynnistä testaus.
6. Testin jälkeen totea jännitteettömyys.
7. Irrota adapterit ja aseta ne telineeseen.

Duofest		adapteri kytkentä						SOP
Tuote:	Työpiste:	Tehdas:	SOP ID:	Paiväys:	Tekijä:	Muokkaaja:	Hyväksynyt:	
Mi	Test	Vaasa		13.9.2018	Riku Kauppinen	Kauppinen Riku		
Vaiheika: 0:00:00	Kun työvaihe on aloitettu, se on tehtävä loppuun asti				Työohje tai muu dokumentti:			
Symbolit: + Turvallisuus ♦ Laatu ● Apu ▲ Huomio ⊕ Erityispiirteitä ▽ Avankohdan erityispiirteitä								
Num	Työvahe	Symb	Selite	Kuva				
1	Aseta adapteri paikalleen	▲	Huomioi B- johdin					
2	Kytke B- adapterilta riviliitinpaikkaan ja kytke kortille	▲	Vain 230 V ja 600 V laitteet					
3	Kiristä riviliittimet (8 tai 9 kpl)							
4	Kytke sarjaliikennekaapeli							
5	Kytke PCT laitteen puhallinpäähän							
6	Käynnistä testaus							
7	Testin jälkeen irrota adapterit ja aseta ne telineeseen	♦						
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								

Kuva 38. SOP-ohje testikytkennöistä

9.4 Yhteenveto liitännöistä

Kokonaisuutena kytkentöjen määrä saatiin vähennettyä seitsemästä (7) neljään (4). Myös adapterien pidikkeet toivat testijohtimille kaivattua selkeyttä. Kuvassa 39 vasemmalla vapaa testeri ja oikealla laite kytkettynä testerille. Adaptereiden asennus on myös melko nopea ja vaivaton toimenpide.



Kuva 39. Vapaa testeri ja laite kytkettynä testerille

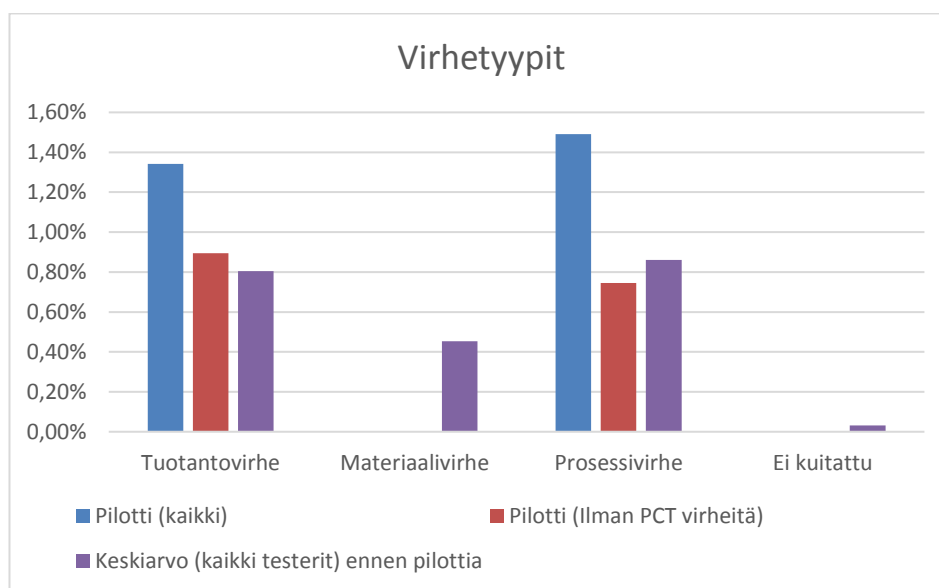
10 KOEKÄYTTÖ

Testausadapterikonseptia testattiin yhdellä testerillä, joka käsittää 2 testauspaikkaa. Pilottijakson pituus oli kymmenen viikkoa. Ensimmäisen viikon ajan adapterit olivat yhdessä testauspaikassa ja toisella viikolla adapterit asennettiin myös toiseen testauspaikkaan samalla testerillä. Ennen pilotoinnin aloitusta linjakorjaajien kanssa sovittiin, että he ilmoittavat mahdollisista poikkeamista testauksessa. Jos jotain ilmeni, muutokset adaptoreihin pyrittiin tekemään mahdollisimman nopealla aikataululla.

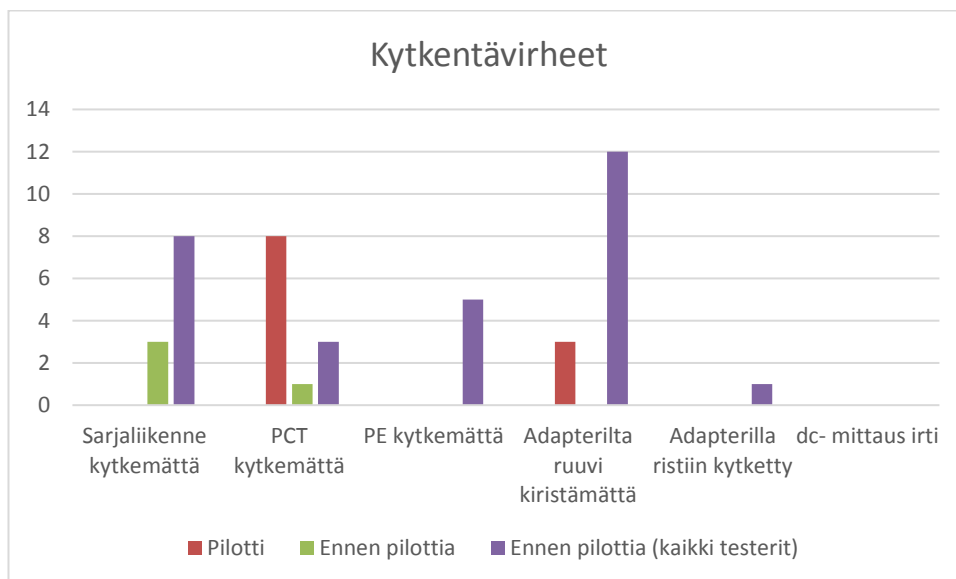
10.1 Pilotoinnin tulokset

Pilotin tulokset ovat viikoilta 35-43. Kuvissa 40 ja 41 näkyy vertailutilastot pilottitesteriltä sekä kaikilta testereiltä keskiarvo ennen pilottia. Pienen otannan takia mitarit eivät ole suoraan vertailukelpoisia, mutta antavat kuitenkin jotain kuvaa tilanteesta. Testereiden suuren määrän takia (12 kpl) satunnaisotannalla tietyllä testerillä saattaa olla monin kerroin jotain tiettyä virhettä verrattuna toiseen testeriin.

Testattuja laitteita kyseisellä pilottitesterillä oli noin 700 pilotoinnin aikana ja sama määrä tuloksissa myös sitä ennen. Keskiarvot kaikilta linjan 12 testeriltä ovat saman pituiselta ajalta ennen pilottia (12 500 laitetta).



Kuva 40. Virheiden osuus tyypeittäin pilottitesterillä



Kuva 41. Yksittäisten virheiden osuus pilottitesterillä sekä kaikilla testereillä

10.2 Pilotoinnin analysointi ja toimenpiteet

Pilotoinnin aikana tuli vastaan muutamia haasteita. Haasteista ensimmäisenä oli tulostettujen osien lämmönkestävyys. Kun juuri testattu laite otettiin irti testeistä, kohdistui adapterin muovisiin osiin irrotukseen vaadittava voima. Tämä voima väänsi lämpimiä osia ja ne eivät enää vastanneet alkuperäisiä. Tähän löydettiin ratkaisu tulostamalla adapteriosat korkean lämmönkeston materiaalista.

Pienet toleranssierot testattavan tuotteen metallirungossa estivät, ainakin osittain PCT-adapterin paikalleen menemisen satunnaisesti. Tämä korjattiin lisäämällä toleranssia adapteriin näiden kohtien lähellä. Tämänkin muutoksen jälkeen tuli vielä esiin muutamia virheitä ja juurisyiksi epäiltiin magneetteja. PCT-adapteriin vaihdettiin samat magneetit kuin pääadapterilla jo oli, koska niiden kanssa ei ollut havaittu mitään ongelmia. Tämän jälkeen edellä mainittua ongelmaa ei enää esiintynyt.

Erikokoisia magneetteja kokeiltiin jokaiseen konseptissa olleista osista. Tietyt magneetit olivat jossain kohdissa liian tehokkaita tai sitten liian heikkotehoisia. Näiden kokeiluiden perusteella tehtiin loppujen lopuksi sopivin kompromissi.

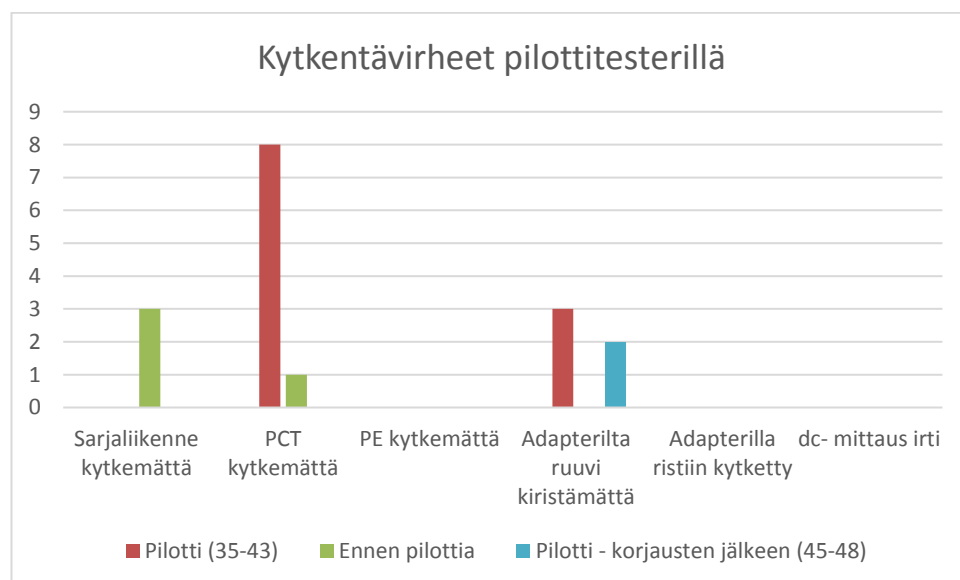
Tämän pilotoinnin aikana sarjaliikennekaapeli ei jäänyt kytkemättä kertaakaan. Adapterin värittys ja ennalta määritelty paikka varmasti auttoivat tähän alkuperäiseen ongelmaan. Kun PCT-viat voidaan kuitata korjatuiksi korjaustoimenpiteiden jälkeen, jäljelle jää enää satunnaisia ruuvien kiristämättä jäämisiä. Adaptereiden kytkemättä jättäminen jää tietenkin virhemahdollisuudeksi, mutta työssä tehdyillä ratkaisulla tämä mahdollisuus on pienempi kuin ennen.

Kokonaisuutena tämä konsepti oli käyttäjän näkökulmasta erittäin käyttökelpoinen. Adaptereista kerättiin käyttäjiltä kirjallista palautetta testijakson aikana ja kaikki palautteet olivat positiivisia.

”Hyvä ja helppokäyttöinen” ”Selkeä kokonaisuus”

10.3 Lopputulokset

Pilotoinnin jälkeen kerättiin vielä neljän viikon ajalta tuloksia lopullisesta testauskonseptista. Testattujen tuotteiden määrä oli 300 kpl. Kuvassa 42 näkyy virheiden määrät pilottitesterillä ennen pilottijaksoa, pilottijakson aikana sekä pilottijakson jälkeen.



Kuva 42. Yksittäisten virheiden osuus pilottitesterillä testijakson jälkeen

Ainoaksi virheeksi tämän mittausjakson aikana jäi riviliittimien ruuvien kiristämättä jättäminen. Tätä ongelmaa ei vielä tämän työn yhteydessä saatu ratkaistua, mutta tulevaisuudessa älyvääntimet voisivat mahdollistaa tämänkin virhetyypin eliminoimisen.

Yhteenvetona testiadapterikonsepti paransi käyttäjäergonomiaa, vähensi ulkoa muistettavien asioiden määrää sekä vähensi virheellisten kytkentöjen mahdollisuutta. Konsepti toi myös hieman parannusta tuotteen testiin kytkentäaikaan. Myös osa konseptin tuotoksista voidaan sellaisenaan kopioida muihin testijärjestelmiin.

11 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä päätavoitteena oli vähentää ihmisen tekemiä virheitä tuotannon testauksessa. Tätä ongelmaa lähdettiin purkamaan tutustumalla vikatilastoihin, jotka olivat allekirjoittaneelle täysin uusi tuttavuus. Melko alkuvaiheessa työtä kävi selväksi, että ratkaisuksi kokeillaan testausadaptereiden muokkaamista, ohjeiden, värien ja muiden melko yksinkertaisten ratkaisuiden hyödyntämistä.

Virheen estämisen menetelmiä en tuntenut kovinkaan hyvin ennen työn aloittamista, joten tämän työn ohessa sana poka-yoke tulikin aika hyvin tutuksi. Perusajatus on se, että estetään mahdollisuudet tehdä virheitä. Tämä on käytännössä aina mahdollista. Joskus kuitenkin kalliin järjestelmän tekeminen ei ole kannattavaa vaikka sillä saataisiinkin jokin virhe poistettua. Yleisesti ottaen edulliset ratkaisut kannattaa toteuttaa välittömästi. Kalliisiin ratkaisuihin voi miettiä edullisempia ja yksinkertaisia ratkaisuita.

Järjestyksen menetelmä 5S oli jo entuudestaan melko tuttua asiaa, jonka perusteella lähdinkin miettimään testauksen johtimille järjestelymenetelmää. Yksinkertaiset pidikkeet testausadaptereille toivat kaivattua selkeyttä testauspisteelle.

3D-tulostuksen jonkinasteinen hyödyntäminen työssä oli myös heti alun alkaen aika selvää. 3D-tulostaminen onkin hyvin nopea ja edullinen tapa kokeilla erilaisia prototyyppejä. 3D-tulostaminen mahdollistaa myös lopullisten osien valmistamisen, riippuen tulostusmateriaaleista ja tulostintyypeistä. Älykkäistä ruuvinvääntimistä oli hataraa tietoutta ennen työn tekemistä. Työn ohessa ilmeni, että vääntimiä voisi käyttää myös testauksessa. Älyjärjestelmät ovat yleisesti ottaen kalliita, mutta integroimalla testaus osaksi muuta tuotantoa, ei kustannus välttämättä testauksen kannalta nouse kohtuuttomaksi.

Työn lopputulos oli mielestäni onnistunut, eli asioihin saatiin kaivattua kehitystä. Kaikki työssä tehdyt ratkaisut parantavat testauksen laatua.

Ennen opinnäytetyön tekemistä minulla oli yleistason tietämystä tuotannon testauksesta. Työn jälkeen tietämys testauksesta lisääntyi entisestään. Testijärjestelmät

ovat pieni, mutta kuitenkin merkittävä osa tuotantoprosessia. Lakien ja standardien vaikutus tuotteiden testaukseen kävi myös selväksi. Nämä opitut asiat toimivat hyvänä taustatietona tulevaisuudessa omassa työssä ja työelämässä yleensä.

Vaikka olen aiemmin sisäistänyt, että yrityksessä kaikki toiminnot vaativat jatkuvaa kehitystä, niin tämän työn myötä vahvistui käsitys siitä, että myös tuotteiden testaus vaatii jatkuvaa kehitystä ja parannuksia. Työtä tehdessä selveni myös millaisia haasteita testauksen ylläpito, korjaajat, käyttäjät ja muut asiaan liittyvät henkilöt kohtaavat päivittäisessä työssä tuotannon testauksen parissa.

11.1 Jatkokehitys

Ensimmäiseksi pilotoinnin jälkeen konsepti on tarkoitus kopioida toisille samanlaisille testereille. Tämän jälkeen lähdetään tutkimaan näiden ideoiden käyttömahdollisuuksia muualla. Myös älyvääntimien käyttöä testauksessa varmasti otetaan harkintaan.

Tuotannon testausta kehitetään varmasti myös tulevaisuudessa. Ehkä jossain vaiheessa testiin kytkeminen voisi olla jopa kokonaan automaattinen. Eräs ongelma tälle ajatukselle kuitenkin on se, että testattava tuote tulisi myös suunnitella tätä ajatusta mukaillen. Itse asiassa tätä kirjoitettaessa tulevaisuuden taajuusmuuttajasukupolven tietyille tuotteille ollaankin tuomassa tulevaisuudessa automaattista koonpanoa sekä automaattista testausta.

Vikatilastoja tarkemmin tutkiessa löytyi eri tuotantolinjoilta useita TOP-kehityskohteita. Näistä osaan ehdittiin tekemään tämän työn sivussa ratkaisuja ja kokeiluja ja samanlainen kehitystyö jatkuu.

LÄHTEET

/1/ Danfoss kotisivut. Danfoss. Viitattu 5.9.2018.

<http://www.danfoss.fi/about/foundations/#/>

/2/ Danfoss kotisivut. Viitattu 5.9.2018.

<http://www.danfoss.fi/about/facts-and-history/#/> ”Introduction to Danfoss.pdf”

/3/ Danfoss ohjekirja. Viitattu 5.9.2018.

/4/ Danfoss webpage. About Danfoss Drives. Viitattu 5.9.2018.

<https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/drives/about-danfoss-drives>

/5/ Danfoss Suomi Intranet. Viitattu 7.8.3018.

/6/ Danfoss kotisivut. Viitattu 23.8.2018.

<http://drives.danfoss.fi/danfoss-drives/what-is-an-ac-drive/#/>

/7/ Taajuusmuuttajat: käyttö, asennus, häiriöt. 1997. Sähköinfo Oy

/8/ VACON 100 Wall Mounted Installation Manual. Rev. G.

/9/ RS Online webpage. Screw terminals. Viitattu 21.8.2018.

<https://uk.rs-online.com/web/c/connectors/terminals-splices/screw-terminals/>

/10/ Mueller Electric webpage. The complete guide to clips. Viitattu 21.8.2018.

<https://info.muellerelectric.com/the-complete-guide-to-clips>

/11/ ITT Cannon webpage. Cannon 100 years. Viitattu 21.8.2018.

<http://www.ittcannon.com/about/cannon-100-years/1950s/>

/12/ All about circuits webpage. Kelvin resistance measurement. Viitattu 11.9.2018.

<https://www.allaboutcircuits.com/textbook/direct-current/chpt-8/kelvin-resistance-measurement/>

/13/ Tukes kotisivut. Sähkölaitteiden valmistus, maahantuonti ja myynti. Viitattu 13.6.2018.

<https://tukes.fi/documents/5470659/6410920/Sahkolaitteiden-valmistus-maahan-tuonti-ja-myynti.pdf/62baf6c7-2560-438f-a6a2-b8c568c3c47c/Sahkolaitteiden-valmistus-maahantuonti-ja-myynti.pdf.pdf>

/14/ Euroopan parlamentin kotisivut. Toimintaperiaatteet. Viitattu 25.9.2018.

<http://europarlamenti.info/fi/Euroopan-unioni/toimintaperiaatteet>

/15/ SFS kotisivut. Avain standardien maailmaan. Viitattu 8.8.2018

https://www.sfs.fi/files/83/kk1_avain_standardien_maailmaan_web.pdf

/16/ EUR webpage. Legal. Viitattu 3.10.2018.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0035&from=EN>

/17/ EUR webpage. Legal. Viitattu 3.10.2018.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex:32014L0030>

/18/ EN 61800-5-1:2007 Adjustable speed electrical power drive systems - Part 5-1: Safety requirements - Electrical, thermal and energy

/19/ SFS-EN 60204-1:2006 Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset

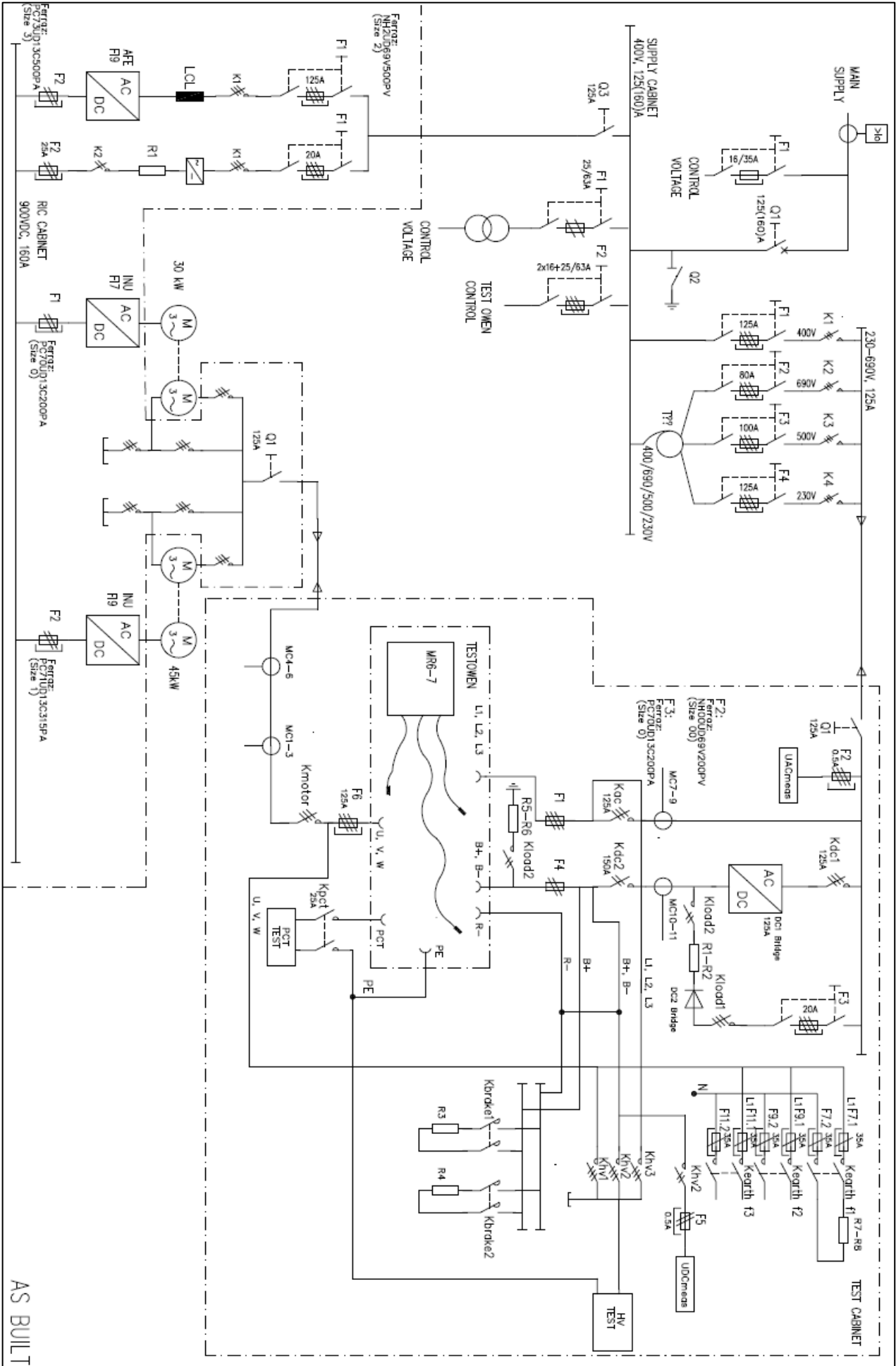
/20/ SFS-EN 60439-1 A1:2004 Jakokeskukset. Osa 1: Tyypitettävien ja osittain tyypitettävien keskusten vaatimukset

/21/ Productivity Press cop. 1988. Poka-yoke : improving product quality by preventing defects.

/22/ Productivity Press cop.1997. Mistake proofing for operators: The ZQC System.

/23/ MET. 2001. MET. 5S. Teknologiainfo Teknova Oy.

LIITE 1. Testausjärjestelmän piirikaavio



LIITE 2. Testiraportti

VACON OY

Member of the Danfoss Group
Runsorintie 7
VAASA
FINLAND

ENGINEERING
TOMORROW



TEST REPORT

Unit Type: VACON0100-3L-0018-7-FLOW+SBF4
+IP54+EMC4+WT04+EMAR+GNUL

Serial Number: V00 [REDACTED]

Power Unit V0000 [REDACTED]
Control Unit V0000 [REDACTED]

Test Data:

<u>Visual inspection</u>		PASS	[REDACTED].2018
<u>Protective conductor test / Earth continuity</u>		PASS	[REDACTED].2018
Current	25.04 A		
Voltage	12 V		
Resistance	0.5 mOhm		
Time	3 s		
<u>High Voltage insulation test</u>	2380 VAC 60 sec.	PASS	[REDACTED].2018
Leakage Current	10.72 mA		
Voltage	2381 Vac		
Time	60 s		
<u>Functional test</u>		PASS	[REDACTED].2018
OverCurrentTrip	PASS		
OverVoltageTrip	PASS		
1.5 Ih Current	39 A		
<u>Burn In</u>		PASS	[REDACTED].2018
Ih Current	27 A		
<u>Internal Brake Chopper test</u>		PASS	[REDACTED].2018

Total TestTime 43 min

Software:

Software Id: FW0159V021
Software lang.package: L001
Application Id:

The tests mentioned above have been conducted in accordance with the requirements of the IEC 61800-5-1 standard.

LIITE 3. Vikaraportti

VACON OYJ

FAILURE REPORT

Printed 27.9.2018 1/2

Serialnumber V000
 Typecode MR00235
 Burnintime 0h 0m

Pallet Id 2 Slot Id 1
 Software FW0072V029
 Test started 25.9.2018 6:46

Test: Electric Safety Tests

Step: H1

T35T07

Device faultcode: 0 No Fault
 Device subcode: 0 No SubFault
 Sequence fault: H1 Sequence interrupt - PCT Test
 Failed variable: Testapp. date: 11.9.2018
 End temperature: - Sequence: Testing sequence Vacon100 GP a (1.0.47)

P0:

Testpoint	LowLim	Measure	HighLim	Unit	Explanation	Time
P0_ODU_Down_Time	****	0	****			06:46:14

PCT: PCT Test

Testpoint	LowLim	Measure	HighLim	Unit	Explanation	Time
PCT_VOLT	****	12	****	V	PCT voltage	06:46:15
PCT_CURR	****	0.1	****	A	PCT current	06:46:16
PCT_RES	****	194	****	mOhm	PCT resistance	06:46:16
PCT_TESTTIME	****	0.3	****	s	PCT testtime	06:46:16

Final:

Testpoint	LowLim	Measure	HighLim	Unit	Explanation	Time
Final_Discharge_Time	****	0.36	****	s	FC capacitor discharging time before reaching 50 V	06:46:42
Final_LoopTransformerTemp	****	25	****			06:46:42
Final_SupplyTransformerTemp	****	27.5	****			06:46:42

VACON OYJ

FAILURE REPORT

Printed 27.9.2018 2/2

Serialnumber V000
 Typecode MR00235
 Burnintime 0h 0m

Pallet Id 2 Slot Id 1
 Software FW0072V029
 Test started 25.9.2018 6:46

Test: Electric Safety Tests

Step: H1

T35T07

Exception 06:46:16

Test failed. Safety tester: TEST FAILED! Low test voltage/current (PCT Results) (Retry :0) (Cycle: 0)

Exception 06:46:16

Failed to execute child task: PCT Results (Main Test Tasks (PCT)) (Retry :0) (Cycle: 0)

Exception 06:46:16

Failed to execute child task: Main Test Tasks (PCT) (PCT Test) (Retry :0) (Cycle: 0)

Exception 06:46:16

Failed to execute child task: PCT Test (Electric Safety Tests) (Retry :0) (Cycle: 0)