

**Jari Vähäylkkä**

**SELVITYS TAAJUUSMUUTTAJAN LAAJENNUSKORTTI-  
EN SÄHKÖTURVALLISUUSTESTAUKSESTA**

**Opinnäytetyö  
KESKIPOHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikka  
Toukokuu 2010**

## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Yksikkö</b> Ylivieskan yksikkö	<b>Aika</b> Toukokuu 2010	<b>Tekijä/tekijät</b> Jari Vähäylikkä
<b>Koulutusohjelma</b> Sähkötekniikka		
<b>Työn nimi</b> Selvitys taajuusmuuttajan laajennuskorttien sähköturvallisuustestauksesta		
<b>Työn ohjaaja</b> Lehtori Hannu Puomio	<b>Sivumäärä</b> 37+3 liitettä	
<b>Työelämäohjaaja</b> Janne Pakkala		
<p>Työn tavoitteena oli tehdä selvitys Vaconin taajuusmuuttajien laajennuskorttien sähköturvallisuustestauksesta. Pääasiallinen tehtävä oli selvittää mitä vaatimuksia standardit asettavat testaukselle ja miten testaus toteutetaan. Testauslaitteistoa varten kartoitettiin mahdolliset laitetuimittajat. Toteutus ei kuulunut opinnäytetyöhön, mutta sen seuranta kyllä.</p> <p>Työssä painotettiin testauksen sähköturvallisuutta, mistä on myös tehty selvitys. Lisäksi laajennuskorteille tehtiin testausspesifointi, josta ilmenee testauksen yksityiskohdat ja testattavat kortit.</p> <p>Selvityksen perusteella rakennetulla testausjärjestelmällä voidaan nyt tuotannossa testata kaikki laajennuskortit, jotka voivat vikaantuessaan aiheuttaa sähköturvallisuusriskin. Pienillä investoinneilla testausjärjestelmällä voidaan testata myös uudet kortit.</p>		
<b>Asiasanat</b> Fixtuuri, hipot, sähköturvallisuus, testaus.		

**ABSTRACT**

<b>CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b> Ylivieska	<b>Date</b> May 2010	<b>Author</b> Jari Vähäyjylkkä
<b>Degree programme</b> Electrical Engineering		
<b>Name of thesis</b> Electrical safety test research for frequency converter's PCboards		
<b>Instructor</b> Janne Pakkala		<b>Pages</b> 37+3 appendices
<b>Supervisor</b> Hannu Puomio		
<p>The subject of this final project was to research electrical safety testing of Vacon PC boards for frequency converters. The main goal was to find out what kinds of demands the standards sets for testing and how the test is going to be executed. The potential suppliers for the testing equipment were surveyed. The actual testing was not a part of the thesis. However, the project included follow-up monitoring.</p> <p>In the test the emphasis was on electrical safety and it was also surveyed in the thesis. In addition, test specification was made for the PC boards to be tested including details of the test and boards.</p> <p>The electrical safety testing system built on the basis of the research results can be used in to the production line for testing all the PC boards that can cause a potential electrical safety risk in case of faults. With small investments new boards can also be tested with the same system.</p>		
<b>Key words</b> Electrical safety, fixture, hipot, testing.		

## **ESIPUHE**

Tämä opinnäytetyö on tehty taajuusmuuttajavalmistaja Vaconille taajuusmuuttajien laajennuskorttien sähköturvallisuustestausta varten keväällä 2010.

Haluan kiittää Vaconin elektroniikkatiimiä mahdollisuudesta tähän opinnäytetyöhön ja erityisesti elektroniikan tuotekehityspäällikköä Janne Pakkalaa työn erittäin hyvästä ohjauksesta ja auttamisesta. Suuret kiitokset myös PKC Electronicsin testaustiimille hyvin sujuneesta yhteistyöstä ja saamastani avusta. Kiitokset myös työn valvojalle Hannu Puomiolle opinnäytetyöhön liittyvistä neuvoista ja ohjeistuksesta.

<b>TIIVISTELMÄ</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>ESIPUHE</b>	
<b>SISÄLLYS</b>	
<b>LIITELUETTELO</b>	
<b>KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET</b>	
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 TOIMEKSIANTO JA TAVOITTEET</b>	<b>3</b>
2.1 Opinnäytetyön tavoitteet	3
2.2 Toimeksiantajan esittely	3
<b>3 TIETOA TAAJUUSMUUTTAJISTA</b>	<b>5</b>
3.1 Taajuusmuuttajan rakenne	6
3.2 Optiokortit	8
<b>4 TESTAUS TUOTANNOSSA</b>	<b>10</b>
4.1 Piirikorttien testaus	10
4.2 Funktionaalinen testaus	11
4.3 Hipot -testaus	11
4.4 Neulapeti	12
4.5 Tuotteen sertifiointi	13
<b>5 SÄHKÖTURVALLISUUS</b>	<b>16</b>
5.1 Yleinen sähköturvallisuus	16
5.2 Sähköturvallisuus hipot -testauksessa	17
<b>6 HIPOT -TESTAUKSEN SELVITYS</b>	<b>20</b>
6.1 Selvitys laitetoimittajista	20
6.2 Testattavien korttien selvitys	21
6.3 Testauksen määrittely	22
6.3.1 Standardit ja ohjeet	22
6.3.2 Testausarvot	23
6.4 Testausjärjestelmä	25
6.4.1 Testilaitte ja tasasuuntausyksikkö	27
6.4.2 Testausalusta	27
6.4.3 Adapteri	30
6.5 Spesifiointi	32
6.6 Testauksen suorittaminen	33
<b>7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA</b>	<b>34</b>

**LÄHTEET**

**LIIKTEET**

## **LIITELUETTELO**

- Liite 1: Sähköturvallisuustesterin teknisiä tietoja
- Liite 2: Testausalustan suunnittelukuvia
- Liite 3: Hipot -testausohje laajennuskorteille

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

cm	senttimetri
DUT	Device Under Test
EMC	electromagnetic compability
EN	European Norm
Hipot	High potential
Hz	hertsi
IEC	International Electrotechnical Commission
KTM	Kauppa- ja teollisuusministeriö
kW	kilowatti
mA	milliampeeri
MW	megawatti
NTC	Negative Temperature Coefficient
PLC	Programmable Logic Controller
PTC	Positive Temperature Coefficient
SFS	Suomen standardisoimisliitto
TUKES	Turvatekniikan keskus
UL	Underwriters Laboratories Inc.
V	voltti
VAC	voltti (alternating current)
VDC	voltti (direct current)



## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö sai alkunsa kesällä 2009, kun Vaconilta otettiin yhteyttä ja tiedusteltiin kiinnostuksesta mahdolliseen opinnäytetyöhön. Olin aiemmin samana vuonna lähettänyt yritykseen kesätyöhakemuksen, jossa olin ilmaissut kiinnostukseni mahdollisia opinnäytetyöaiheita kohtaan. Vacon on globaali kotimainen taajuusmuuttajavalmistaja, jolla on pitkät perinteet taajuusmuuttajien suunnittelusta ja valmistuksesta. Kävin tutustumassa aiheeseen yrityksen pääkonttorissa Vaasassa ja minulle kerrottiin tarkemmat tiedot mahdollisesta työstä. Aihealue ei ollut minulle entuudestaan tuttu, mutta kiinnostuin aiheesta ja päätin ottaa työn vastaan.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään Vaconin taajuusmuuttajien laajennuskorttien (optiokortti) sähköturvallisuustestaukseen liittyviä teknisiä yksityiskohtia ja turvallisuusasioita. Selvityksessä kartoitetaan myös mahdolliset laitetoimittajat testauslaitteistolle. Yrityksen taajuusmuuttajien ohjauspiiriin on mahdollista liittää I/O -kortteja (optiokortteja) osana ohjausta. Näitä optiokortteja valmistaa Vaconin alihankkija PKC Electronics (PKCE), joka on osa PKC Groupia. PKCEn pääkonttori sijaitsee Raahessa. Optiokortteja ei ole tähän saakka testattu tuotannossa sähköturvallisuuden osalta. Vacon haluaa näille korteille sähköturvallisuustestauksen osana tuotantoa varmistaakseen niiden sähköturvallisuuden sekä parantaa niiden laatua. Tämä opinnäytetyö on projektiluonteinen selvitystyö.

Kirjallisuuteen on tutustuttu oleellisilta osin teoriaosuuksissa ja Internet -lähteisiin harkitusti. Teokset liittyvät taajuusmuuttajan teoriaan ja rakenteeseen sekä yleiseen sähköturvallisuuteen. Internet -lähteistä on haettu tietoa pääasiassa yrityksestä ja heidän tuotteista. Lisäksi työssä on käytetty sähköpostin välityksellä saatua materiaalia.

Koska kyseessä on sähköturvallisuuteen liittyvä projekti, on työssä painotettu sähköturvallisuuden merkitystä. Ensimmäinen luku antaa kokonaiskuvan aiheesta ja sen taustoista. Toinen luku esittelee toimeksiantajan ja antaa tarkemman kuvan aiheesta ja sen toteutuksesta. Kolmas luku tutustuttaa lukijan taajuusmuuttajiin sen rakenteisiin. Lisäksi käsitellään tarkemmin testauksen kohteena olevia optiokortteja. Neljännessä luvussa tutustutaan tuotannossa tehtäviin testauksiin. Viidennessä luvussa keskitytään sähköturvallisuusasioi-

hin ja kerrotaan mistä sähköturvallisuustestauksessa on kysymys. Kuudennessa luvussa kerrotaan varsinaisen selvitystyön toteutuksesta ja testausvaiheen vaikutuksista koko tuotantoon. Seitsemännessä luvussa pohditaan opinnäytetyön työprosessia ja arvioidaan työn onnistumista.

## 2 TOIMEKSIANTO JA TAVOITTEET

### 2.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Tavoitteena on tehdä Vaconille selvitystyö optiokorttien sähköturvallisuustestauksesta. Tarkemmin kyseessä on high potential (hipot)- eli jännitelujuustestaus. Selvityksessä kartoitetaan mahdolliset alihankkijat testauslaitteille, testauksen tekniset yksityiskohdat, sähköturvallisuusasiat ja seurataan työn toteutusta. Lisäksi optiokorttien testaukselle tehdään spesifiointi eli kirjoitetaan tietokanta, josta selviää testauksen yksityiskohdat ja testattavat optiokortit. Tarkoitus on saada yritykselle testauslaitteisto optiokorttien tuotantolinjalle Raaheen, Kostamukselle (Venäjä) ja Suzhou'un (Kiina).

Toimeksiantajan antamat tehtävät:

- Tarpeiden määrittäminen
- Testausalustojen kartoitus
- Tarjouspyynnöt
- 1. Toimitusprojekti

Tarpeiden määrittämisellä selvitetään millainen laitteisto testaukseen tarvitaan ja mitä vaatimuksia standardit asettavat. Testausalustojen kartoituksessa selvitetään mahdolliset laite-toimittajat ja perehdytään laitteiden rakenteeseen. Tarjouspyynnöt lähetetään valitulle laite-toimittajalle. Lisäksi seurataan laitteiden suunnittelua ja rakentamista. Lopuksi tehdään selvitys testauksen vaikutuksesta tuotantoon. Miten testaus vaikuttaa tuotantoaikoihin ja kuinka suuri vaikutus sillä on kustannuksiin ja hintoihin. Tavoitteena on, että testaus ei vaikuttaisi optiokorttien hintaan merkittävästi.

### 2.2 Toimeksiantajan esittely

Vacon Oyj on globaali suomalainen taajuusmuuttajavalmistaja, jonka tuotekehitys- ja tuotantoyksiköt sijaitsevat Suomessa, Yhdysvalloissa, Kiinassa ja Italiassa. Myyntitoimistoja on yli 25 maassa. Vacon kehittää, valmistaa ja toimittaa laadukkaita, asiakasläheisiä palve-

luja ja tuotteita. Näin varmistetaan asiakastyytyväisyys ja yrityksen menestys. Vacon panostaa vahvasti tutkimukseen ja tuotekehitykseen, mikä takaa johtavan markkina-aseman alalla.

Vacon Oyj perustettiin Vaasassa 9.11.1993 kolmentoista ABB Industry Oy:n avainhenkilön toimesta. Yrityksen nimi oli alun perin Vaasa Control Oy, joka vuonna 2000 muutettiin Vacon Oyj:ksi. Perustajajäsenillä oli yhteensä yli sadan vuoden kokemus taajuusmuuttaja-alalta. He aloittivat ensimmäisen tuotesukupolven, Vacon CX:n suunnittelun syksyllä 1993.

Vacon CX tuli markkinoille vuonna 1995 ja sen ensimmäinen ostaja oli yksi Suomen vanhimmista sahoista, Porissa toimiva Seikun saha. Seikun saha oli ensimmäisiä ostajia myös Vaconin seuraavalle tuoteryhmälle, Vacon NX:lle. Sahan perusteena ostaa Vaconin taajuusmuuttajia oli niiden luvattu laatu ja ympärivuorokautinen huoltopalvelu.

Vaconin yksi tärkeimmistä päämääristä on mahdollisimman kattavan jakeluverkoston luominen. Ensimmäinen jakelijana toiminut yritys vuodesta 1994 oli Alankomaalainen PCS Control Systems Oy, joka ryhtyi käyttämään Vacon CX:ää järjestelmätoimituksissaan.

Vaconin ensimmäinen tytäryhtiö Vacon GmbH perustettiin Saksaan vuonna 1995 ja sen jälkeen tytäryhtiöitä ja edustustoja on rakennettu päämarkkina-alueille parhaan asiakaspalvelun takaamiseksi. Vacon GmbH toimii nykyään läheisessä yhteistyössä muun muassa saksalaisen paperikoneyhtiö Voith Paper Automationin kanssa.

Vuonna 2008 yhdysvaltalainen taajuusmuuttajavalmistaja TB Wood's siirtyi osaksi Vaconin liiketoimintaa. TB Wood's oli toiminut yhteistyössä Vaconin kanssa jo vuodesta 1995.

Nykyään yrityksessä työskentelee maailmanlaajuisesti noin 1200 henkilöä.

Vaconin taajuusmuuttajavalikoima on erittäin laaja, 0,25 kW:sta 5 MW:iin, mikä takaa laajan asiakaskunnan. Vaconin tuotteet ovat usein asiakaskohtaisesti räätälöityjä, jolloin jokainen asiakas saa varmasti järjestelmäänsä sopivan ja toimivan laitteen.

Vaconin liikevaihto vuonna 2008 oli noin 290 miljoonaa euroa ja kasvua on tapahtunut vuosi vuodelta enemmän. (Vacon 2009)

### 3 TIETOA TAAJUUSMUUTTAJISTA

Taajuusmuuttajat ovat kehittyneet nopeasti sen jälkeen, kun ne tulivat markkinoille 1960-luvun lopussa, lähinnä mikroprosessori- ja puolijohdetekniikan kehityksen ja hintojen puotamisen myötä. Taajuusmuuttajien peruseriaate on kuitenkin pysynyt samana. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 1997, 11.)

Taajuusmuuttaja on laite, joka nimensä mukaisesti muuttaa sähköän taajuutta tehoelektro- niikan avulla. Taajuusmuuttajaa käytetään eniten sähkömoottorinohjaukseen, johon se alun perin on suunniteltu. Kolmivaiheisen sähkömoottorin pyörimisnopeus riippuu verkon taajuudesta. Jos sähkömoottori kytketään suoraan verkkoon, pyörii se verkon taajuuden mukaisella nopeudella. Normaalisti nopeutta on säädetty erilaisilla vaihteistoilla.

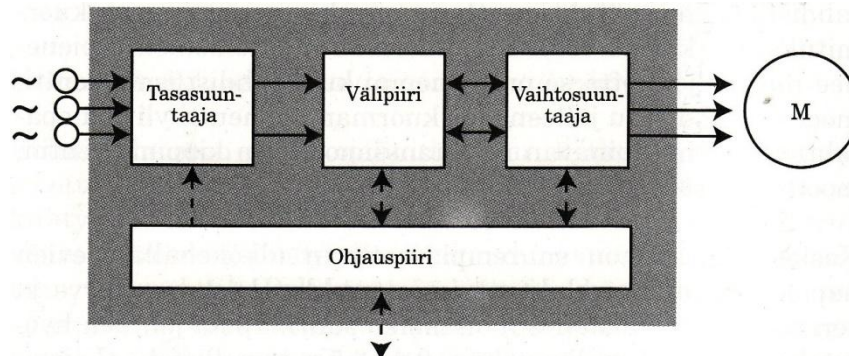
Taajuusmuuttaja mahdollistaa portaattoman nopeuden säädön muuttamalla moottorille syötettävän vaihtosähköän taajuutta. Nopeuden muuttamisen lisäksi taajuusmuuttaja säästää huomattavasti energiaa, kun moottoria käytetään aina prosessin edellyttämällä nopeudella. Erityisesti huomattavia säästöjä saadaan pumppu- ja puhallinkäytöissä sekä kaasun tai nesteen virtauksen säädössä. Virtausta voidaan säätää pumpun pyörimisnopeutta alentamalla sen sijaan, että käytettäisiin kuristimia.

Kolmas etu taajuusmuuttajilla on, että ne mahdollistavat pehmeän käynnistyksen ja säädettävät kiihdytys- ja hidastusajat, mikä pienentää sähköverkon ja käyttölaiteistojen rasituk- sia. Muita etuja on hyvä kauko-ohjausmahdollisuus, tietokoneliitännä ja yksinkertainen rakenne. Haittapuolena on tehoelektroniikka, joka hajotessaan voi aiheuttaa pitkiäkin käyt- tökeskeytyksiä ja toiseksi se aiheuttaa verkkoon harmonisia yliaaltoja, jotka voivat häiritä muita verkon laitteita. (Wikipedia 2010.)

Vaconin taajuusmuuttajavalikoima on laaja. Se ulottuu 0,25 kW:sta 5 MW:iin saakka. Tuo- teperheeseen kuuluu esimerkiksi yleiskäyttöön sopiva Vacon NXL, monikäyttöön sopiva Vacon NXS ja teollisuuskäyttöön soveltuva Vacon NXP. Yhteistä Vaconin taajuusmuutta- jille on niiden modulaarinen rakenne, mikä mahdollistaa sopivuuden käyttökohteesta riip- pumatta. Moduuleista ohjausyksikköjä on saatavissa kolmea erilaista, jäähdytysmenetelmiä on kaksi ja paikkoja viidelle eri optiokortille. Poikkeuksena Vacon NXL -sarja jossa on vain yksi korttipaikka. Lisäksi on saatavilla erilaisia kenttäasennussarjoja ja käyttöpaneel- leita. (Vacon 2010.)

### 3.1 Taajuusmuuttajan rakenne

Taajuusmuuttajissa on neljä pääosaa, jotka on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Taajuusmuuttajan neljä pääosaa. (Danfoss drives A/S 2000, 52.)

Taajuusmuuttajaa syötetään yksi- tai kolmivaiheisella vaihtovirralla, joka tasasuuntaajalla muutetaan sykkiväksi tasasähköksi puolijohteiden avulla. Puolijohteina käytetään joko diodeja, tyristoreja tai näiden yhdistelmää. Tasasuuntaajia on kahta tyyppiä, ohjaamattomia ja ohjattuja. Jos tasasuuntaajassa käytetään vain diodeja, nimitetään sitä ohjaamattomaksi, koska diodi sallii virran kulun vain yhteen suuntaan. Virran voimakkuutta ei voi säätää kuten muissa puolijohdetyypeissä. Jos taas käytetään vain tyristoreja, sitä nimitetään koko-aalto-ohjatuksi tasasuuntaajaksi. Nyt virran voimakkuutta voidaan säätää. Diodien ja tyristorien yhdistelmästä käytetään nimitystä puoliaaltotasasuuntaaja, jota ei yleensä käytetä taajuusmuuttajissa. Ohjaamattomaan tasasuuntaajaan verrattuna ohjattu aiheuttaa häiriöitä sähköverkossa, koska tyristoreilla toteutettu tasasuuntaaja ottaa loisivirran, kun tyristorit ovat johtavina lyhyin aikaväleihin. Tämän vuoksi tyristoreja käytetäänkin yleensä vain vaihtosuuntaajissa. Etuna ohjatuille tasasuuntaajalle on ohjauksen lisäksi se, että välipiiriin syötetty jarrutusenergia voidaan siirtää takaisin sähköverkkoon. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 1997, 13; Danfoss 2000, 52, 54–58.)

Välipiiriä voidaan pitää energiavarastona, josta moottori ottaa tarvitsemansa energian vaihtosuuntaajan välityksellä. Välipiirejä on kolmea eri tyyppiä: näistä ensimmäinen muuntaa tasasuuntaajan jännitteen tasavirraksi, toinen tasaa sykkivän tasajännitteen ja lähettää sen vaihtosuuntaajaan sekä kolmas muuttaa tasasuuntaajan vakiotasajännitteen muuttuvaksi vaihtojännitteeksi. Neljäntenä tyyppinä voidaan pitää käämin ja kondensaattorin muodostamaa suodatinta, joka tasaa tasasuuntaajasta tulevan sykkivän tasajännitteen. Käytetty

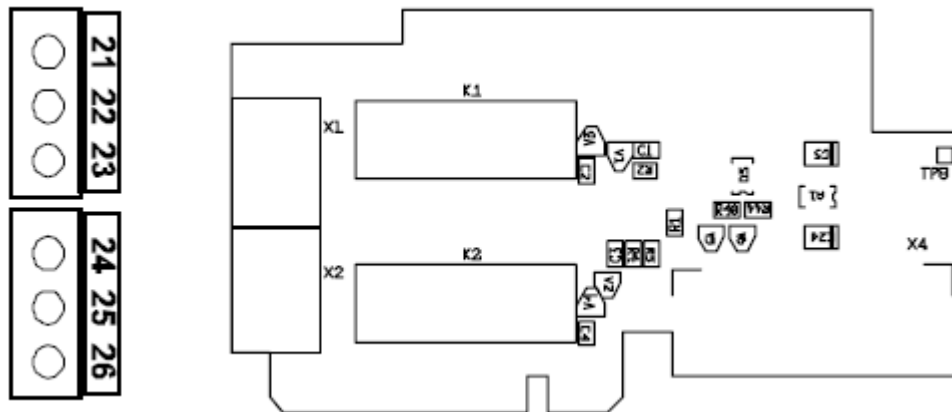
piirityyppi riippuu tasasuuntaajan ja vaihtosuuntaajan tyypistä. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 1997, 16–17; Danfoss 2000, 59–61.)

Vaihtosuuntaaja on taajuusmuuttajan viimeinen osa ennen moottoriin liittämistä. Se huolehtii, että moottorin syöttö on aina vaihtovirtaa eli virralla on aina taajuus. Lähtöjännite sopeutetaan moottorin kuormitukseen, jolloin moottori toimii aina nimellistoimintapisteessään. Näin moottorin magnetointi on aina optimaalinen ja hyötysuhde korkea. Vaihtosuuntaajalla voi olla erilaisia toimintoja. Kun vaihtosuuntaaja saa muuttuvan virran tai jännitteen, sen tarvitsee vaikuttaa vain taajuuteen. Mikäli jännite on vakio, tulee vaihtosuuntaajan ohjata jännitteen taajuuden lisäksi sen amplitudia. Vakiotasajännite voidaan myös muuttaa muuttuvaksi vaihtojännitteeksi. Vaihtojännitteeksi muuttaminen tapahtuu diodien, tyristorien tai niiden yhdistelmän avulla. Nykyisin käytetään kuitenkin pääasiassa transistoreja, koska ne voivat siirtyä estotilaan milloin tahansa, kun taas tyristorit eivät vaihda tilaa ennen kuin jännite käy seuraavan kerran nollan kautta. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 1997, 18–21; Danfoss 2000, 62–65.)

Ohjauspiiri tai ohjauskortti on taajuusmuuttajan neljäs pääosa, joka ohjaa taajuusmuuttajan tasasuuntaajaa, välipiiriä ja vaihtosuuntaajaa sekä vastaanottaa viestejä siihen liitetyiltä laitteilta tai lähettää niitä muille laitteille. Viestejä voi antaa käyttäjä ohjauspaneelin kautta tai ylemmän tason PLC- ohjaus. Viestit ovat analogisia tai digitaalisia tuloja tai lähtöjä. Ohjauspiirissä voi olla kiinteästi näitä tuloja ja lähtöjä tai sitten voidaan käyttää optiokortteja, joissa on tarkoitukseen sopivia tuloja ja lähtöjä. Optiokortit liitetään ohjauskorttiin ja niitä voidaan lisätä tai poistaa tarpeen mukaan. Optiokorttien etuna on monipuolisuus, jolloin taajuusmuuttajaan voidaan lisätä laitteita tai antureita ilman että sen ohjauskorttia tai koko taajuusmuuttajaa tarvitsee vaihtaa.

### 3.2 Optiokortit

Sähköturvallisuustestauksen kohteena on Vacon NX- sarjan taajuusmuuttajien optiokortteja. Optiokortit ovat asiakaskohtaisia ja niillä voidaan lisätä taajuusmuuttajien käytettävissä olevia tuloja ja lähtöjä, minkä ansiosta laitteen käyttömahdollisuudet kasvavat. Optiokortteilla on analogia- ja digitaaliliityntöjen lisäksi kenttäväyläominaisuuksia ja sovelluskoh-  
taisia lisätoimintoja. Jokainen kortti voidaan määrittellä käyttötarkoitukseen sopivaksi.

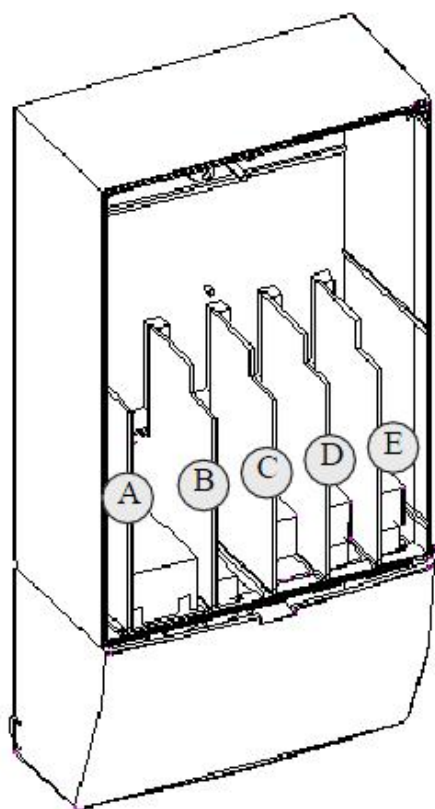


KUVIO 2. Vacon NX -taajuusmuuttajan OPT-A2 optiokortti, jossa on kaksi relelähtöä. (Vacon 2007, 24.)

Optiokortit liitetään niiden taajuusmuuttajan ohjauskortin korttipaikkoihin, joita on 5 kpl (A-E). Optiokortin tyypistä riippuu mihin korttipaikkaan sen voi asentaa. Kortit voidaan jakaa neljään pääryhmään (A-D) (Vacon 2007, 4-6.):

- A-ryhmään kuuluu peruskortit, joita käytetään perus tulo- ja lähtösignaalien vastaanottamiseen ja lähettämiseen. Kortit voidaan liittää korttipaikkoihin A, B, C tai D.
- B-ryhmään kuuluu I/O -laajennuskortteja, jotka voidaan liittää korttipaikkoihin A, B tai C.
- C-ryhmään kuuluu kenttäväyläkortteja, jotka voidaan liittää korttipaikkoihin D tai E.
- D-ryhmään kuuluu sovitinkortteja, joissa on optinen kuitusovitin. Kortit voidaan liittää korttipaikkoihin D tai E.





KUVIO 3. Ohjauskortin korttipaikat optiokorteille (Vacon NXS ja Vacon NXP). (Vacon 2007, 4.)

Asiakas liittää anturien kaapelit ja ohjauskaapelit optiokorteissa oleviin ruuviliittimiin (KUVIO 2). Kuviossa 3 nähdään optiokortit asennettuna (vasen kuva) taajuusmuuttajan korttipaikkoihin. Optiokortti liitetään piikkirimaliittimillä taajuusmuuttajan ohjauskorttiin (oikea kuva).

## 4 TESTAUS TUOTANNOSSA

Tuotannossa tapahtuvan testauksen ensisijainen tavoite on pysäyttää valmistusvirheelliset laitteet ennen kuin ne päätyvät asiakkaalle. Testauksen perusasioita ovat seuraavat: testaus-suunnitelma, dokumentointi ja analysointi. Testaussuunnitelma tulisi kehittää yhdessä tuotekehityksen kanssa, jotta testistä saataisiin mahdollisimman tarkka ja kattava. Testaus-suunnitelmasta selviää mitä testataan millä ja miten, sekä kuka testauksesta on vastuussa.

Testausraportissa määritellään testauskohde, testaaja, testausolot, lopputulokset ja toimenpiteet. Raportti on säilytettävä tulevaisuuden ongelmien varalta. Lopuksi testausraportti on analysoitava, minkä laatupäällikkö yleensä suorittaa ja tekee mahdolliset korjaukset prosessiin. Rakentava palaute on myös tärkeää eli jos asiakas palauttaa vialliseksi määrittelemän tuotteen on hänen selvitettävä missä ja miten vika ilmeni. (Tuominen, Partanen, Ikonen 2000, 4.)

### 4.1 Piirikorttien testaus

Ennen asiakkaalle toimittamista piirikorteille suoritetaan lukuisia eri testauksia, joilla varmistetaan, että kortit ovat ehjiä ja ne toimivat tarkoituksen mukaisesti. Vialliset tuotteet voivat aiheuttaa vaaratilanteita, mutta pääasiassa niistä aiheutuu taloudellisia kustannuksia niin valmistajalle kuin asiakkaalle. Yleisesti voidaan sanoa, että mitä myöhemmässä vaiheessa vika ilmenee, sitä kalliimmaksi sen korjaaminen tulee. Testauksia suoritetaan kahdessa eri vaiheessa: suunnittelun yhteydessä ja tuotannossa. Suunnitteluvaiheen testauksissa varmennetaan simulointien, EMC-, ja rasiustestien avulla, että laite toimii tarkoitettusti ja se täyttää asetetut vaatimukset. Nämä testit paljastavat mahdolliset suunnitteluvirheet, joita ei enää tuotannossa selvitetä. Tuotannossa karsitaan vialliset yksilöt pois nopeilla rutiinitesteillä. Jokaista testausta varten laaditaan suunnitelma ja mittaustulokset kirjataan ylös. Testaus on olennainen osa laatuja järjestelmiä, joita sovelletaan jokaisessa nykyaikaisessa tehtaassa. (Tuominen 2000, 2.)

Optiokorteille suoritettaviin testeihin kuuluu optinen tarkistus, röntgentarkistus, in-circuit -testaus ja funktionaalinen testaus. Testauksiin lisätään hipot -testausyksikkö tämän opinäytetyön yhteydessä. Optisella tarkistuksella ja röntgentarkistuksella etsitään juotosvikoja

piirikortilta ja tarkistetaan komponenttien sijainnit piirikortilla. In-circuit -testauksella mitataan piirikortin komponenttien sähköiset arvot mittauspäillä tai neulapedin avulla.

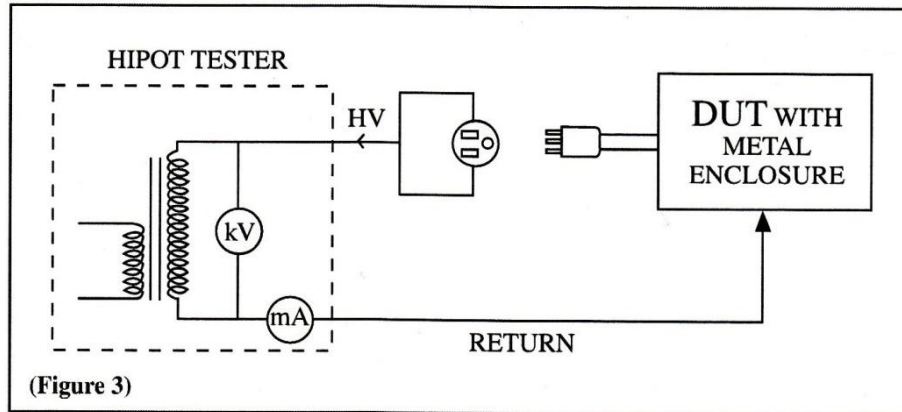
## 4.2 Funktionaalinen testaus

Funktionaalilla testauksella todetaan piirikortin tarkoituksenmukainen toiminta. Yleensä funktionaalinen testaus suoritetaan tuotantoprosessin loppupäässä, mutta esimerkiksi modulaarisessa tuotannossa testaus saatetaan tehdä moduulilinjaston loppupäässä. Testaajana voi olla ihminen tai tietokone. Testaaja käy läpi kaikki piirikortin mahdolliset toiminnot ja toteaa niiden toimivuuden. Funktionaaliseen testiin liittyy usein simulaattori, joka generoi piirikortille normaalitoiminnassa tarvittavia anturitietoja. (Tuominen 2000, 6.)

## 4.3 Hipot -testaus

Hipot -testi on eristeen jännitelujuustesti, jossa testattavan laitteen eristystä kuormitetaan huomattavasti normaalia toimintajännitettä korkeammalla jännitteellä. Oletuksena on, että jos eristys kestää määrätyn ajan korkeampaa jännitettä, kestää se myös normaalissa käytössä. Ympäristön vaikutukset laitteeseen, kuten kosteus, lika ja värinä voivat aiheuttaa läpilyöntejä virheellisten materiaalien tai työvirheen takia. Hipot -testi paljastaa laitteesta seuraavat viat, joita ei muilla testauksilla havaita:

- Heikot eristemateriaalit
- Aukot eristeessä
- Komponenttien väli riittämätön
- Vaurioitunut eriste



KUVIO 4. Hipot -testauksen periaate. Vasemmalla on testauslaite ja oikealla testattava laite (DUT). (Associated Research Incorporated 2004, 7.)

Eristeen pettäminen voidaan havaita kolmella eri tavalla. Ensimmäinen tapa on seurata, ilmeneekö testauksen aikana valokaarta eristeen yli. Testauslaitteiston käyttäjästä riippuen valokaarta ei useinkaan näe paljain silmin ellei se ole riittävän suuri. Toinen tapa havaita eristeen pettäminen on seurata jännitemittaria. Mikäli jännite alkaa testin aikana laskea, on eriste todennäköisesti pettänyt. Monissa uusissa testilaitteissa käytetään jännitteen automaattista säätöä eli laite pyrkii pitämään jännitteen säädetyssä arvossa, jolloin pettämistä ei voi todeta. Lisäksi testausajat ovat monesti hyvin lyhyitä, jolloin jännitteen muutosta ei ehdittäisi edes havaita. Käytetyin tapa eristeen pettämissä toteamiseen on seurata vuotovirtaa. Eristeen läpi kulkevan virran kasvaminen on merkki eristeauriosta. Testilaitteissa on usein säädettävä vuotovirran liipaisu-arvo eli virran arvo, jolla laite keskeyttää testauksen ja ilmoittaa viallisesta eristyksestä.

#### 4.4 Neulapeti

Menetelmät, joilla perinteisiä erilliskomponentein kasattuja piirilevyjä testattiin, eivät enää nykyään ole useinkaan järkeviä. Integroitujen piirien tapauksessa "testaus piirilevyllä" on lähestulkoon mahdotonta ja muutenkin virtojen pienentyessä on usein haasteellista mitata laitetta, ilman että mittaus itsessään ei muuttaisi tuloksia. (Tuominen 2000, 4.)

Perinteistä analogista piirilevyjen testaustekniikkaa edustavat Bed of Nails eli niin sanotut neulapetitesterit. Neulapedissä on sananmukaisesti alusta, johon on tapauskohtaisesti asennettu piikkejä, joiden avulla liitytään piirilevyn haluttuun juotoskohtaan. Yksittäinen kortti

imetään paineilmalla neulapetiä vasten, ja tietyn testaussekvenssin mukaisesti neulojen välillä tehdään sähköisiä testejä. Etuna neulapetitesteillä on se, että vika voidaan paikallistaa hyvinkin tarkasti johonkin komponenttiin. Haittapuolena on se, että piirilevy pitää irrottaa asennuksesta ja etenkin suurilla korteilla aikaa kuluu runsaasti. Toinen haittapuoli on se että komponenttien fyysinen koko menee jo niin pieneksi, ettei välttämättä ole mekaanisesti mahdollista kohdistaa neulaa mitättömän pieneen testipisteeseen. (Tuominen 2000, 6.)

#### **4.5 Tuotteen sertifiointi**

Sertifikaatilla tarkoitetaan tuotteen arvioinnin eli auditoinnin jälkeen myönnettävää todistusta siitä, että kyseinen tuote on läpäissyt sille asetetut standardien mukaiset vaatimukset sähköturvallisuustestauksessa. Sertifikaatin perusteella voidaan olettaa, että tuotteen turvallisuus on varmistettu. Sertifiointiin liittyvät myös tuotannon jälkeiset pistokokeet markkinoilla oleville tuotteille. Sertifiointeja voidaan hakea sertifiointielimiltä, joiden merkkien käyttöoikeus tuotteille halutaan saada. Sertifioinnissa sertifiointielin myöntää tuotteelle sertifikaatin, joka perustuu tuotetta koskevan turvallisuusstandardin vaatimukset täyttäviin testaustuloksiin. Lisä sertifiointielin myöntää tuotteelle sertifiointimerkin käyttöoikeuden. (Nurmi 2003, 44.)

Testattaville optiokorteille haetaan sertifikaattia, kun testauslaitteistot on saatu asennettua tuotantolinjoille ja niiden toimivuus on testattu. Sertifikaattia hakee Vacon Oyj.

Sertifiointimerkkejä on sekä kansallisia että laajempia talousalueita koskevia esimerkiksi yleiseurooppalaisia. Sertifiointimerkkien käytöllä on merkitystä markkinointivälineenä. Niillä voidaan osoittaa, että tuote on kolmannen osapuolen testaama ja täyttää sitä koskevat turvallisuusvaatimukset. (Nurmi 2003, 44.)



Keymark-tunnus. Merkkiin liitetty numero yksilöi sertifiointiyrityksen



ENEC-merkki koskee valaisimia ja valaisintarvikkeita. Merkkiin liitetty numero yksilöi sertifiointiyrityksen



HAR-sertifiointimerkki koskee kaapeleita



CCA EMC-merkki ilmaisee tuotteen täyttävän sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset

Yleiseurooppalaiseen tuotesertifiointimerkkiin liittyy yleensä myös sertifiointin myöntäneen sertifiointielimen tunnus.

KUVIO 5. Esimerkkejä yleiseurooppalaisista sertifiointimerkeistä. (Nurmi 2003, 46.)

	SGS Fimko, Suomi
	UL International DEMKO, Tanska
	NEMKO, Norja
	SEMKO, Ruotsi
	VDE, Saksa
	IMQ, Italia
	ÖVE, Itävalta
	CEBEC, Belgia
	CSA, Kanada
	Underwriters Laboratories Inc., USA
	GOST R, Venäjä. GOST R -sertifiointiin liittyy myös sertifiointin myöntäneen organisaation tunnus (esim. MF 01).
<b>MF 01</b>	

KUVIO 6. Esimerkkejä kansallisista sertifiointimerkeistä. (Nurmi 2003, 47.)

## 5 SÄHKÖTURVALLISUUS

### 5.1 Yleinen sähköturvallisuus

Suomessa sähköturvallisuusasiat kuuluvat kauppaja- ja teollisuusministeriön (KTM) hallinnonalaan. KTM ja sen alaisuudessa toimiva Turvatekniikan keskus (TUKES) huolehtivat sähköturvallisuuden viranomaistehtävistä. TUKESille kuuluu sähkölaitteiden ja -tarvikkeiden sekä sähkölaitteistojen ja hissien turvallisuusvalvonta. Myös sähköurakoinnin sekä sähköalan henkilöpätevyyksien arviointilaitosten ja kaupallisen tarkastustoiminnan valvonta kuuluu TUKESille. (Nurmi & Simonen 2003, 27.)

Sähköturvallisuuden kannalta keskeisimmät sähköturvallisuussäädökset ovat sähköturvallisuuslaki, sähköturvallisuusasetus ja näihin liittyvät KTM:n päätökset. Sädökset antavat selvät ja vaativat tavoitteet sähköturvallisuustyölle. Niiden mukaan sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

- niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä; sekä
- niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti. (Nurmi 2003, 11, 20.)

Monet standardit ja lait vaikuttavat sähkölaitteiston turvallisuuteen:

Sähkölaitteiden ja -laitteistojen turvallisuuteen voidaan vaikuttaa tuoteryhmäkohtaisten standardien ja asennusstandardien avulla sekä tuotetta ja laitteistoa suunniteltaessa että valmistettaessa. Myös sähkötyöturvallisuuden varmistamisessa ovat työturvallisuusstandardien ohjeet tärkeitä. Turvallisuus riippuu monista eri tekijöistä, myös käyttäjistä. Epätarkoituksenmukaisilla käyttötavoilla tai laiminlyömyllä laitteen tai laitteiston kunnossapito voidaan aiheuttaa hyvin kohtalokkaita seurauksia. (Nurmi 2003, 12.)

Tuotekohtaiset turvallisuusstandardit määrittelevät turvallisuutta koskevat perusvaatimukset tuotteelle ja sen tuotannon laadunvarmistukselle. Viranomaiset käyttävät näiden stan-



dardien vaatimuksia perustana tuotteen turvallisuutta koskevissa päätöksissä. Kansainvälisille markkinoille tuotteitaan myyvältä yritykseltä edellytetään, että tuotteet täyttävät niitä koskevien standardien ja direktiivien vaatimukset. Myös tuotannolta saatetaan edellyttää laadunhallintaa koskevien standardien vaatimukset täyttävää toiminnanhallintajärjestelmää. (Nurmi 2003, 25.)

## **5.2 Sähköturvallisuus hipot -testauksessa**

Hipot -testaus on rutiini tuotantolinjalla suoritettava testaus, missä jokainen tuotannossa oleva laite testataan mahdollisten eristevikojen varalta. Testilaitteiston käyttäjälle ei saa missään vaiheessa aiheutua sähköiskun vaaraa normaalissa testauksen suorituksessa ja hänen tulee olla koulutettu työhönsä. Hänen tulee tietää testaukseen liittyvät riskit ja käyttää suojarusteita. Käyttäjän koulutustarve riippuu testausjärjestelmän kokoonpanosta ja siihen liittyvistä riskeistä. Mikäli mahdollista, työympäristössä ei saa olla esillä jännitteisiä osia ja testattava laite tulee suojata niin, ettei siihen voi testauksen aikana koskea. Mikäli jännitteisiä osia ei voi täysin suojata kosketukselta, täytyy käyttäjä kouluttaa tunnistamaan nämä osat. Työnantajan vastuu on huolehtia käyttäjän riittävästä pätevyydestä ja kouluttamisesta. Lisäksi työnantajan kuuluu huolehtia työympäristön ja laitteiden turvallisuudesta. (Davis 2002, 1.)

Riittävän pätevyyden omaavan käyttäjän on oltava tietoinen ainakin seuraavista sähköturvallisuuden liittyvistä asioista:

1. Käyttäjällä on oltava perustietämys sähkötekniikan suureista ja siitä miten ne liittyvät toisiinsa. Käyttäjän on myös ymmärrettävä käsitteenä johteet, eristeet ja maadoitusjärjestelmät.
2. Käyttäjän on tiedettävä miten testauslaitteita käytetään ja miten testaus suoritetaan. Lisäksi käyttäjän on oltava tietoinen testaukseen liittyvistä riskeistä ja jännitteisistä osista.
3. Käyttäjän on oltava tietoinen käytettävistä jännitteistä ja turvaväleistä.

4. Käyttäjän on ymmärrettävä tietyt sähköenergiaan liittyvät vaarat. Käyttäjä on koulutettava työtehtäviin ja menettelytapoihin turvallisessa ympäristössä ennen varsinaista työtä. Työntekijät tulee kouluttaa tunnistamaan sähköön liittyvät vaaratekijät ja ymmärtämään niistä aiheutuvat loukkautumiset.
5. Käyttäjän on tiedettävä sähkötapaturman vakavuuteen liittyvät päätekijät:
  - A) Virran voimakkuus.
  - B) Virtatie.
  - C) Virran vaikutusaika.
  - D) Tasa- vai vaihtovirta.
6. Käyttäjän on tiedettävä miten erisuuruiset virrat vaikuttavat ihmiseen:
  - A) 0,5 - 1,5 mA: havaitsemiskynnys.
  - B) 1,5 - 7,5 mA: pistelyä, lihassärkyä ja kouristelua.
  - C) 7,5 - 24 mA: kouristuskyynnys, otetta ei voi irrottaa.
  - D) 24 - 50 mA: tajuttomuutta, lihasvaurioita, sydänhäiriöitä.
  - E) 50 - 3000 mA: sydänkammiovärinä, hengityksen ja sydämen pysähtyminen.
  - F) 3000 - mA: yli 1000 V. Sydämen välitön pysähtyminen, ulkoisia ja sisäisiä palovammoja, kudonvaurioita ja myrkytys kehon nesteiden elektrolyyttisen hajoamisen seurauksena.
7. Käyttäjän, joka työskentelee lähellä jännitteisiä osia, tulee osata irrottaa turvallisesti jännitteisissä osissa kiinni oleva henkilö.
8. Käyttäjän tulee tietää, että testauksessa käytetään säädettävää jännitelähdettä. Lisäksi hänen tulee huomioida, että virta kulkee maahan mitä tahansa lyhintä johtavaa reittiä pitkin. Testattavaan laitteeseen koskettaminen testauksen aikana voi aiheuttaa vaarallisen sähköiskun.
9. Käyttäjän on ymmärrettävä, että testattavan laitteen kuori voi tulla jännitteiseksi testauksen aikana, mikäli kuorta ei ole maadoitettu.

10. Käyttäjän tulee osata purkaa laitteen varaus testauksen jälkeen. Jännitelujuustestauksessa testattavaan laitteeseen voi jäädä varaus vaikka käytettäisiin vaihtojännitettä. Tästä syystä testattavaa laitetta ei saa kytkeä irti testin aikana. (Associated Research Incorporated 2004, 2-3; Laininen, 2008.)

PKCE:llä noudatetaan muun muassa seuraavia turvallisuuteen liittyviä standardeja.

SFS-käsikirja 93-2 Koneiden turvallisuus, osa 2:

- SFS-EN 294: Turvaetäisyydet, joilla estetään yläraajojen ulottuminen vaaravyöhykkeelle.
- SFS-EN 349: Vähimmäisetäisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi.
- SFS-EN 954-1: Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet (ISO 13849-1:1999).

## 6 HIPOT -TESTAUKSEN SELVITYS

### 6.1 Selvitys laitetoimittajista

Ensimmäinen tehtävä opinnäytetyössä oli selvittää laitetoimittajia, jotka voisivat rakentaa ja toimittaa hipot -testaukseen vaadittavat laitteet. Selvityksessä haettiin internetistä testauslaitteiden valmistajia hakusanojen avulla. Lisäksi Vaconilla oli jo muutama laitetoimittaja yhteistyökumppanina ja heihin otettiin yhteyttä ensisijaisesti. Mahdollisia laitetoimittajia olivat Testnova Kyröskoskelta, Testcom Kokkolasta, Finero Helsingistä, PKC Electronics Raahesta ja Trextech Oy Huittisista. Laitetoimittajilta tiedusteltavia asioita olivat:

- testauslaitteet hipot -testaukseen
- testauslaitteiden hinnat
- volyymit
- toimitusajat

Laitetoimittajalta tuli löytyä testauksen vaatimusten mukainen testilaitte hipot -testaukseen. Lisäksi, heillä tuli olla tietotaitoa rakentaa testausalusta optiokortteja varten ja resursseja monistaa se. Toimitusajan tuli olla lyhyt johtuen tiukasta aikataulusta. Laitteiden hinnat ja töiden kustannukset olivat yksi merkittävimmistä tekijöistä laitetoimittajaa valittaessa.

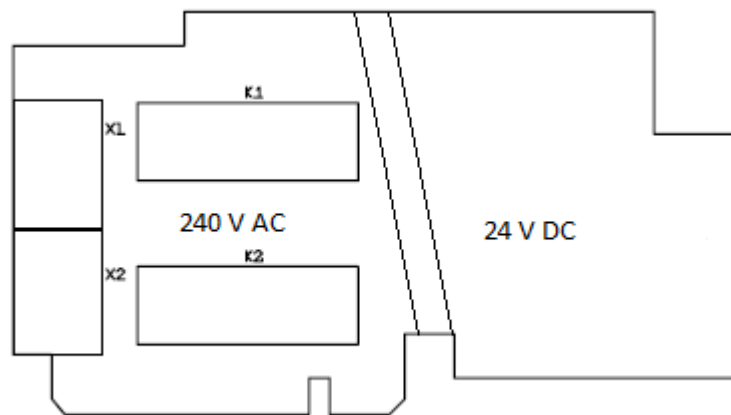
Testnova, Testcom, Finero ja PKCE olivat varteenotettavimpia laitetoimittajia, sillä Vaconilla on ollut aiempaa yhteistyökokemusta heidän kanssaan. Näistä PKCE oli käytännössä jo valittu laitetoimittajaksi, koska heillä valmistettiin kyseessä olevat optiokortit ja heillä oli valmiina kaikki tiedot optiokorteista, mikä säästäisi paljon aikaa. Lisäksi oli mahdollisuus käyttää heidän testilaitteitaan testauksessa, jolloin kustannuksissa säästettäisiin. Hankintaan tulisi vain fixtuuri, adapterit ja niiden suunnittelu. Muita laitetoimittajia vain verrattiin PKCE:hen, jos heillä olisi ollut parempi tarjous. Koska parempia tarjouksia ei saatu kilpailevilta toimittajilta, päädyimme tilaamaan laitteet PKCE:ltä ja heille lähetettiin asiaa tarjouspyyntö.

## 6.2 Testattavien korttien selvitys

Testaukseen tulevien korttien määrityksessä lähtökohtana oli ottaa huomioon kortit, jotka liitetään 240 VAC -piiriin. Näihin kuuluu releohjaus-, termistori- ja lämpöanturikortteja sekä kortit, joissa on 42 - 240 VAC tuloliityntä.

- Releohjauskortit on tarkoitettu ohjaamaan esimerkiksi moottorin kontaktoria releen avulla.
- Termistorikortit mittaavat siihen liitetyn laitteen, esimerkiksi moottorin, tietyn osan lämpötilaa PTC- tai NTC-vastuksen avulla.
- Toinen mahdollinen lämpötilaa tarkkaileva liityntä optiokortilla on pt-100 -anturia varten.

Kuviossa 7 on esimerkki optiokortista, joka vaatii sähköturvallisuustestauksen. Testauksessa kuormitetaan 240 VAC ja 24 VDC -piirin välistä eristystä. Lisäksi testataan releiden K1 ja K2 välinen eristys.



KUVIO 7. Reletyyppinen optiokortti, jossa on 240 VAC ja 24 VDC -piiri.

Korttien selvitystä varten Vaconilta saatiin lista, josta ilmeni kunkin kortin tekniset tiedot. Listasta tuli poimia kortit, jotka sisälsivät edellä mainittuja ominaisuuksia. Kun laite tai laitteisto liitetään yleiseen sähköverkkoon, on olemassa aina sähkötapaturman vaara. Edellä mainitun tyyppiset optiokortit voidaan liittää yleiseen sähköverkkoon, jolloin ne voivat vioituessaan aiheuttaa käyttäjälle sähkötapaturman tai sen vaaran. Viat pyritään sähkötur-

vallisuustestauksessa havaitsemaan etukäteen, jolloin tapaturman riskiä voidaan huomattavasti pienentää.

Testattavien korttien määrää todennäköisesti lisääntyy tulevaisuudessa, jolloin kullekin uudelle kortille voidaan tarpeen vaatiessa suunnitella ja rakentaa oma adapteri fixtuuria varten. Adapterit ovat huomattavasti edullisempia suunnitella ja valmistaa kuin kokonainen fixtuuri.

### **6.3 Testauksen määrittely**

Testaus on suoritettava mahdollisimman pienin kustannuksin eli testausta suunniteltaessa on pysyttävä kohtuuden rajoissa. Testausta määriteltäessä on selvitettävä mitkä standardit liittyvät kyseiseen tuotteeseen ja millaisia laitteita testauksessa tullaan käyttämään. Lisäksi on pohdittava sopivinta sijoituskohtaa testaukselle tuotannossa. Sijoituskohta tulee olla mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tuotantoa. Mahdolliset viat voidaan näin havaita ennen kuin tuotantoa jatketaan ja pitää korjauskulut mahdollisimman pieninä. (Tuominen 2000, 5.)

#### **6.3.1 Standardit ja ohjeet**

Standardi on jonkin standardoimisjärjestön määritelmä siitä, miten jokin asia tulisi tehdä tai valmistaa. Standardeilla lisätään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta, suojellaan ympäristöä ja helpotetaan kotimaista ja kansainvälistä kauppaa. Standardit laaditaan kaikkien asianosaisten yhteistyönä työryhmissä ja komiteoissa, ja työn tulokset julkaistaan asiakirjoina. Asiakirjat ovat kaikkien saatavilla. Standardit ovat luonteeltaan suosituksia ja niiden käyttö on paitsi vapaaehtoista myös ilmaista.

Oleellisin asia selvitystyössä on määrittää mitä standardeja on otettava huomioon testausta määriteltäessä. Standardit määrittelevät vaatimukset testauksen arvoista ja suorittamisesta. Taajuusmuuttajien testausta käsittelee IEC 61800 Nopeussäädetyt sähkökäytöt -standardi. Sen osa 5-1 käsittelee laitteiden turvallisuusvaatimuksia. Osasta selviää käytettävät testausarvot jännitteille (KUVIO 8) ja testauksen suorittamiseen liittyviä asioita kuten tes-

tausajat. Toinen turvallisuutta käsittelevä standardi on Underwriters Laboratories Inc. standardi UL 508C Power Conversion Equipment. Tämä standardi määrittelee turvallisuusvaatimuksia laitteille, jotka muuttavat sähkömoottorille syötettävän sähköön taajuutta ja/tai jännitettä. Edellä mainituista standardeista on koottu Vaconilla yhteinen suunnitteluohje taajuusmuuttajille. Ohjeessa määritellään tarkat ohjeet sähköturvallisuudelle suunniteltaessa taajuusmuuttajia. Lisäksi ohjeessa on tiedot taajuusmuuttajille suoritettavista testauksista. Hipot -testaukseen sovelletaan kyseisen ohjeen ilmoittamia arvoja. Ne ovat hieman suurempia kuin mitä edellä mainitussa standardissa määritellään. Suurempi jännitearvo takaa sen, että testaus täyttää varmasti sille asetetut vaatimukset.

### 6.3.2 Testausarvot

Testausta varten on otettava selvää testausjännitteen arvoista, vuotovirran arvoista ja testausajoista. Ne yhdessä määrittelevät testauksen luonteen. Koska kyseessä on sähköturvallisuustestaukseen liittyvä rutiinitesti, ovat testausajat lyhyitä, jännitteet suuria ja vuotovirrat pieniä.

Testausjännite on testauksen oleellisin suure. Sille on standardissa määritelty tarkat rajat, jotka riippuvat testattavan laitteen käyttöjännitteestä. Testausjännitteet ovat testattavasta laitteesta riippuen alle kilovoltista useaan kilovolttiin. Jännitteen suuruuden määrittelee yleensä laitteen suunnittelija, joka noudattaa tiettyjä ohjearvoja ja standardeja. Pääsääntöisesti testausjännite on kaksi kertaa laitteen käyttöjännite lisättynä yhdellä kilovoltilla. Esimerkiksi 240 voltin käyttöjännitteellä testausjännitteeksi saadaan,  $2 \times 240 \text{ V} + 1000 \text{ V} = 1480 \text{ V}$ . Testausjännite riippuu myös käyttöympäristöstä. Lääketieteellisiä laitteita, jotka ovat suoraan yhteydessä potilaaseen, on käytettävä 4000 voltin testausjännitettä. (Associated Research Incorporated 2004, 8.)

Column 1 System voltage (see 4.3.6.2.1)	2		3 <sup>b</sup>	
	Voltage for type testing circuits with basic insulation, and for all routine testing		Voltage for type testing circuits with protective separation, and between circuits and accessible surfaces (non- conductive or conductive but not connected to protective earth, protective class II according to 4.3.5.6)	
(V)	a.c. r.m.s. <sup>a</sup> (V)	d.c. (V)	a.c. r.m.s. (V)	d.c. (V)
≤ 50	1 250	1 770	2 500	3 540
100	1 300	1 840	2 600	3 680
150	1 350	1 910	2 700	3 820
300	1 500	2 120	3 000	4 240
600	1 800	2 550	3 600	5 090
1 000	2 200	3 110	4 400	6 220

NOTE Interpolation is permitted.

<sup>a</sup> Corresponding to 1 200 V + system voltage.

<sup>b</sup> A voltage source with a short-circuit current of at least 0,1 A according to 5.2.2.2 of IEC 61180-1 is used for this test.

KUVIO 8. Testijännite (AC ja DC) piireille, jotka on liitetty suoraan pienjänniteverkkoon. (IEC 61800-5-1)

Jokaisessa testattavassa laitteessa on jonkin verran kapasitiivisia komponentteja, jotka täytyy ottaa huomioon testauksessa. Vuotovirta koostuu normaalisti vain reaaliosasta, koska eriste on pääosin resistiivistä. Vaihtojännite suurikapasitiivisessa piirissä saa vuotovirran reaktiivisen osan kasvamaan suureksi, jolloin testauslaite ilmoittaa viallisesta eristyksestä, vaikka todellisuudessa se on ehjä. Vuotovirran reaktiivinen osa voidaan ottaa huomioon testauksessa siihen soveltuvalla testauslaitteella, joka osaa erottaa virran osat toisistaan. Testilaitteen täytyy myös olla suuritehoinen, jotta se kykenee käsittelemään suuria virtoja. Tämä lisää käyttäjän turvallisuusriskiä, minkä vuoksi suuritehoisten testauslaitteiden käyttöä ei suositella. (Associated Research Incorporated 2004, 8, 13.)

Vuotovirralla tarkoitetaan virtaa, joka kulkee laitteen eristeiden läpi. Vuotovirtaa esiintyy sähkölaitteissa aina jonkin verran, koska eristeiden resistanssi ei ole ääretön. Se, kuinka suuri vuotovirran arvo on tietyllä jännitteen arvolla, määrittelee eristyksen kestävyden. Eristeen kestävyttä mitataan hipot -testauksessa suurilla jännitteiden arvoilla, jotta varmistetaan eristeiden kestävyys normaalilla käyttöjännitteellä. Testausta varten asetetaan vuotovirralla raja-arvo, joka on yleensä vain muutaman milliampeerin suuruinen. Jos vuotovirran arvo ylittää sille asetetun raja-arvon, tuote hylätään. Raja-arvot määritellään standardeissa joko taulukoituina arvoina tai sitten todetaan vain, että läpilyöntiä ei saa tapah-



tua. Jos jännite ylittää eristeen kestokyvyn, tapahtuu läpilyönti. Läpilyönnissä eristeen läpi tai sen yli muodostuu ionisaation johdosta virtatie (valokaari), jossa virran suuruus kasvaa nopeasti hyvin suureksi. Tällöin eriste saa yleensä pysyviä vaurioita ja tuote hylätään.

Testausajalla tarkoitetaan tässä yhteydessä aikaa, jolloin tuotteeseen syötetään testausjännite. Kuten edellä mainittiin, testausaika on lyhyt. Hipot -testauksessa tuotteelle voidaan suorittaa tyyppitesti ja/tai rutiinitesti. Tyyppitestin kesto on tyyppillisesti 5 sekuntia ja rutiinitestin  $\geq 1$  sekunti. Tässä sähköturvallisuustestauksessa suoritetaan vain rutiinitesti.

#### **6.4 Testausjärjestelmä**

Testausjärjestelmään sisältyy useita laitteita, joten on järkevää sijoittaa ne yhteen kokonaisuuteen, jota on helppo liikuttaa ja huoltaa. PKCE:llä on käytössä heidän omia standardikokoisia laitatorneja, joita he käyttävät tuotannossaan. Hipot -testausta varten käyttöön saatiin kyseisiä laitatorneja. PKCE toimittaa Raaheen ja Kostamukseen laitetornit laitteineen, mutta Suzhouun toimitetaan vain suunnitelmat testauslaitteistosta, jonka he rakentavat itse.

Kuviossa 9 on selvityksen perusteella PKCE:n rakentama laitetorni, joka sisältää tasasuuntausyksikön, suurjännitetesterin, maadoituksen jatkuvuuden testilaitteen, releyksikön, fixtuurikelkan, tietokoneen, dataloggerin ja tehonlähteen. Lisäksi laitetorniin kuuluu turvallisuutta lisääviä suojalaitteita, kuten lukittavat ovet, turvakytkimet ja valomajakka. Lisäksi laitetorniin on lisätty useita varoitustarroja.



KUVIO 9. Laitetorni.

Tietokoneen näyttö on sijoitettu laitetornin oikealle puolelle ja näppäimistö sekä hiiri erilliselle tasolle. Tasolle on myös sijoitettu turvakytin, joka toimii myös pääkytkimenä. Testausta ohjataan näppäimistön ja hiiren avulla. Testaukselle tehtiin oma tietokoneohjelma. Ohjelmaan syötetään halutut testausarvot ja raja-arvot. Ohjelma välittää nämä tiedot eteenpäin testilaitteelle, joka suorittaa testauksen. Testaustulokset voidaan nähdä välittömästi tietokoneen näytöltä, jolloin testauksessa ollut kortti voidaan laittaa eteenpäin tuotannossa tai viedä tarkistettavaksi mikäli testi hylätään. Testaustulokset tallennetaan erillisen serverin tietokantaan, josta niitä voidaan myöhemmin tarkastella myös etänä.

### 6.4.1 Testilaite ja tasasuuntausyksikkö

Testilaite suorittaa testauksen tietokoneen ohjelman mukaisesti. Sen tehtävä on nostaa testausjännite halutun suuruiseksi ja syöttää se testattavaan piiriin. Jännite voi olla tasa- tai vaihtojännitettä valinnan mukaan ja sen suuruus on tavallisesti usean kilovoltin luokkaa. Tässä testauksessa testilaitteena käytetään PKCE:n omistamaa Fineron HV-5000-1 suurjännitetesteriä. Sen testausjännite voidaan valita väliltä 0...5000 V AC. Jännitteen taajuus on 50 Hz. Vuotovirran raja-arvo on aseteltavissa väliltä 0...100 mA.

Testerin yhteydessä voidaan käyttää tasasuuntausyksikköä, joka tasasuuntaa vaihtojännitteen tasajännitteeksi. Testauksessa voidaan näin käyttää myös tasajännitettä mikäli testattava laite niin edellyttää. Testausjärjestelmään otettiin mukaan Fineron HV-7000-DC tasasuuntausyksikkö mahdollisia tulevaisuuden tarpeita varten. Myös tasasuuntausyksikön omistaa PKCE.

### 6.4.2 Testausalusta

Testausalusta eli fixtuuri on laite, johon testattava laite asennetaan. Fixtuuri voi olla rakenteeltaan suljettava tai avoin. Sähköturvallisuustestauksessa pyritään rakentamaan mahdollisimman turvallinen fixtuuri, jotta välttyttäisiin erityisesti sähkötapaturmilta.

Kuviossa 11 on optiokorttien jännitelujuustestausta varten rakennettu fixtuuri ylhäältä päin kuvattuna. Siitä puuttuu korttikohtainen adapteri, joka liitetään fixtuuriin keskellä olevaan syvennykseen. Sähköinen liitäntä tapahtuu kahden piikkirimaliittimen avulla. Oikealla oleva liitin on jännitelujuustestausta varten ja vasemmalla puolella oleva maadoituksen jatkuvuustestausta varten. Maadoituksen jatkuvuuden testausta ei vaadita optiokorteille, mutta fixtuuriin ajateltiin laittaa valmius siihen, koska sen lisääminen myöhemmässä vaiheessa on kallista. Fixtuurin leveys on noin 50 cm ja pituus noin 60 cm. Fixtuuri työnnetään testauksen ajaksi sille tarkoitettuun laitetorniin kelkan avulla (KUVIO 12).

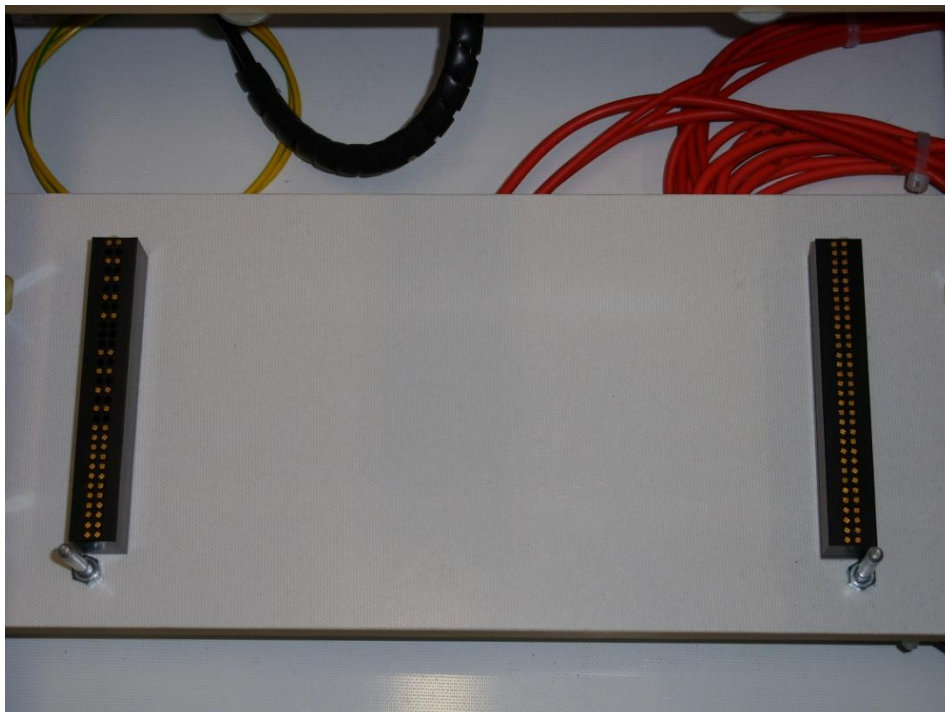
Fixtuurin päällä olevan alumiiniseen kehikkoon asennetaan läpinäkyvä muovilevy (KUVIO 13), jonka muoviset tapit painavat testattavan optiokortin neulapetiä vasten testauksen aikana. Kehikko toimii fixtuurin sisällä olevan 24 voltin paineilmaventtiilin avulla, jota

ohjataan fixtuurin päällä vasemmassa alanurkassa olevan nostokytkimen avulla. Vetämällä kytkin ylös, kehikko laskee alas ja taas painamalla kytkintä alas kehikko nousee ylös.

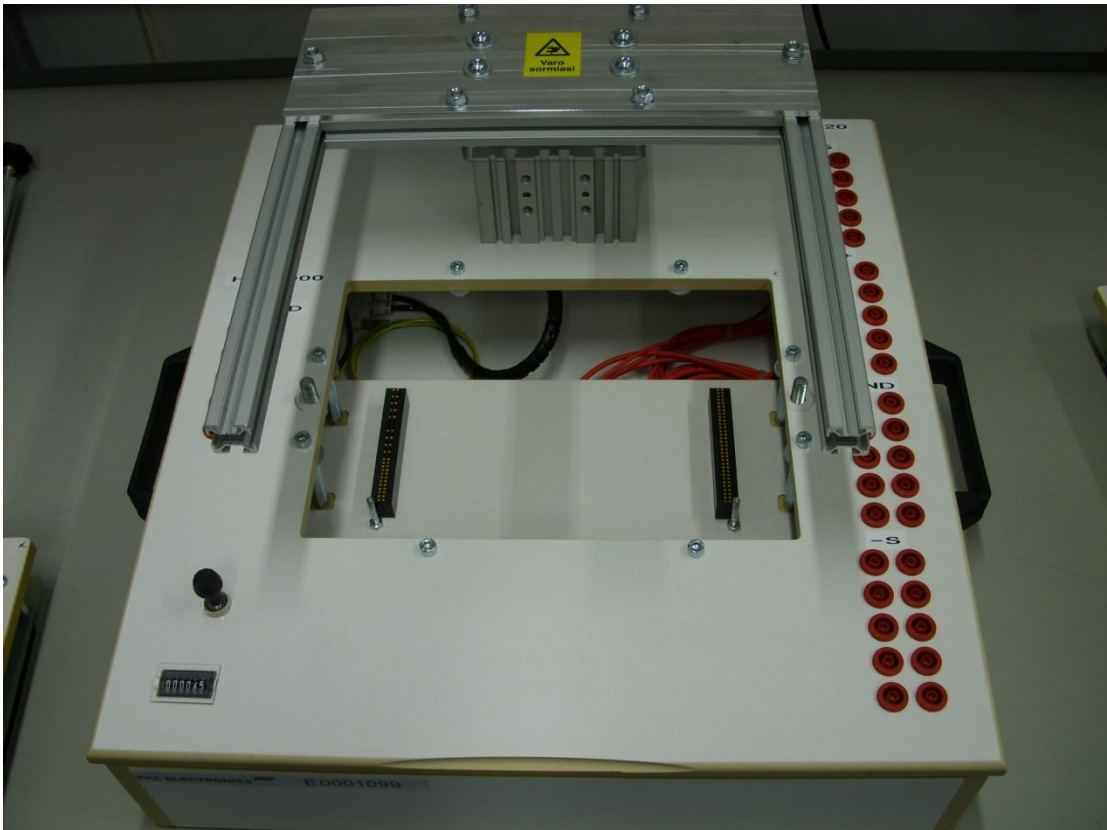
Aivan fixtuurin vasemmassa alanurkassa on laskuri, joka laskee fixtuurilla suoritettujen testausten määrää. Sen avulla voidaan seurata fixtuurin käyttöastetta ja määritellä sopivat huoltovälit. Huoltovälejä ei vielä alkuvaiheessa voida asettaa, koska ei tiedetä kuinka monta testausta voidaan suorittaa ennen huollon tarvetta. Arvioiden mukaan tarvitaan ainakin 10 000 testauskertaa ennen huoltoa. Huollossa muun muassa vaihdetaan liittimiä tarpeen mukaan ja tarkistetaan paineilmaventtiilin kunto. Vuosittain testilaitteille tehdään myös kalibrointi, jolla varmistetaan arvojen paikkansapitävyys minimoimalla mittausvirheet.

Johtimina jännitetestauksessa käytetään korkeajännitejohtimia, joiden eristys kestää korkeita jännitteitä. Korkea jännite otettiin huomioon myös fixtuurin ja adapterin liittimissä (KUVIO 10). Piikkiriman jännitepiikit valittiin siten, että rinnakkaiset piikit kytkettiin yhteen ja välistä poistettiin aina yksi piikkipari eristysvälin riittävyyden varmistamiseksi.

Maadoituksen jatkuvuustestausta varten käytössä on korkeita virtoja kestäviä johtimia, sillä jatkuvuustestauksessa virrat ovat jopa 25 ampeerin luokkaa. Jotta piikkiriman piikit kestäisivät näin suuria virtoja, kytkettiin yhteen aina 4 piikkiä kerrallaan.



KUVIO 10. Fixtuurin piikkirimaliittimet adapterille.



KUVIO 11. Fixtuuri ilman korttikohtaista adapteria.

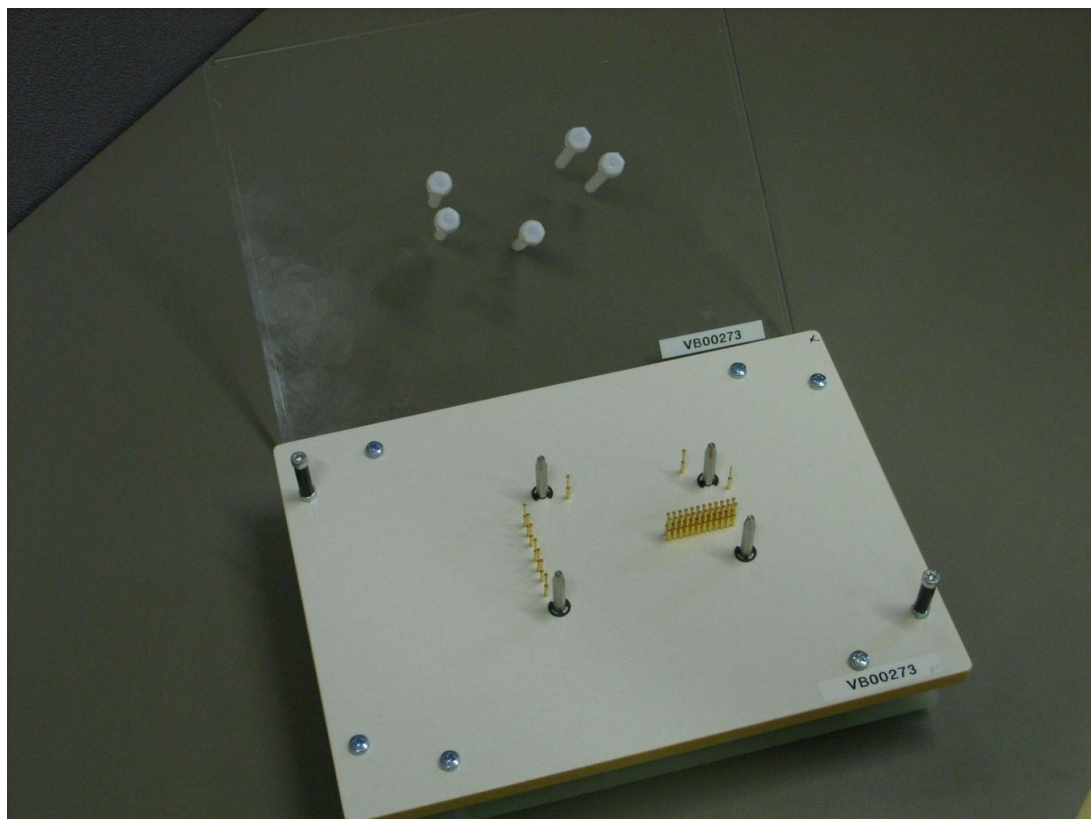


KUVIO 12. Fixtuuri asennettuna testaustorniin ja adapteri OPT-A2 optiokortille.

Fixtuurin vasemmassa laidassa on 5 kappaletta (punaisia) korkeajänniteliityntöjä, joihin testijännite syötetään testilaitteesta. Optiokorttien testausta varten käyttöön riittää vain yksi liitäntä. Muita liityntöjä voidaan käyttää myöhemmin, mikäli tarve vaatii. Oikeassa laidassa on liitynnät maadoituksen jatkuvuustestausta varten.

### 6.4.3 Adapteri

Adapteri on korttikohtainen sovitinkappale, jonka avulla kortti liitetään fixtuuriin. Jokaiselle kortille on sopiva adapteri, mutta osalle korteista sopii myös sama adapteri. Adapterit ovat kooltaan noin 15 x 20 cm ja materiaali on sama kuin fixtuurissa. Sähköinen liityntä fixtuuriin tapahtuu edellä mainittujen piikkirimojen avulla. Piikkirimat ovat sijoitettu adapterin pohjaan. Kortteihin liittymistä varten adaptereissa käytetään neuloja (KUVIO 12), joita vasten testattavat kortit painetaan. Kortti asetetaan kohdistuspiikkien avulla adapterin päälle. Asettelussa ei käytetä minkäänlaista lukitusta, jolloin myös aikaa säästyy testauksessa.



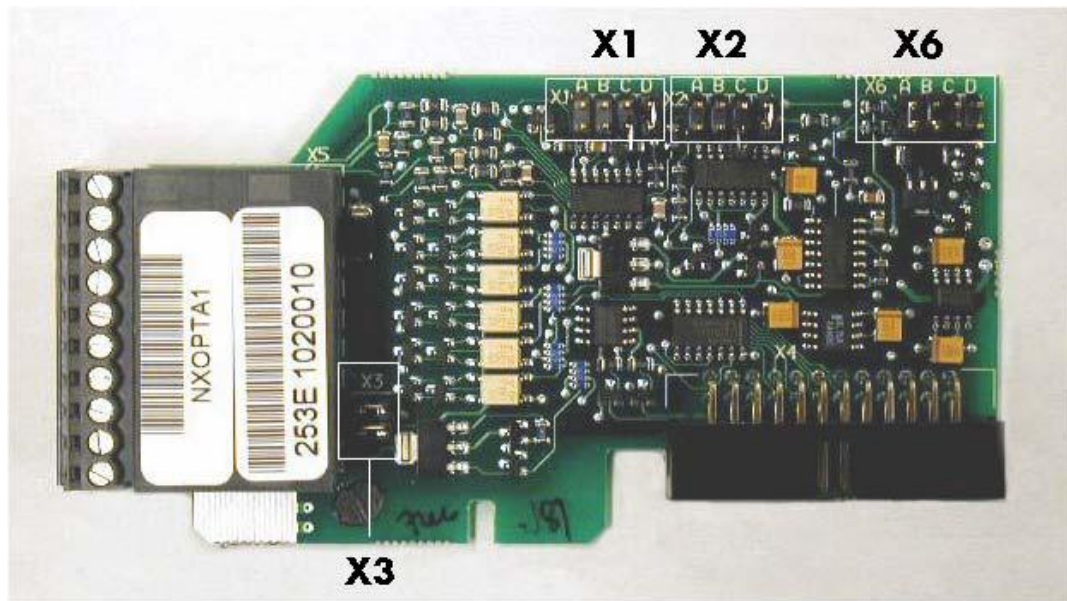
KUVIO 13. Adapteri OPT-A2 optiokortille. Testipiikit (pienimmät) liittävät kortin testipisteet testauslaitteeseen.



KUVIO 14. OPT-A2 optiokortin adapteri sivusta katsottuna.

Optiokortti on koottu pintaliitoskomponenteista, joten ainut helppo keino liittyä korttiin on käyttää neulapetiä tai kortin liityntärajojapintoja. Optiokorttien testaukseen neulapeti soveltuu parhaiten, koska tuote on pienikokoinen piirilevy. Korttia on helppo käsitellä ja sitä ei tarvitse mitenkään purkaa ennen testausta.

Korteista on määritelty testausta varten testipisteet, joihin testausjännite syötetään. Testauksessa yksinkertaisesti maadoitetaan toinen virtapiiri ja toiseen syötetään testijännite. Ei ole väliä kumpaan piiriin jännite kytketään, sillä tulos on aina sama. Suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa maadoitus kytketään optiokortin asiakasliityntään ja testijännite ohjauskortin ja optiokortin väliseen liitinrajapintaan. Molemmissa liitynnöissä liittimien päät yhdistetään. Kuviossa 15 on OPT-A1 optiokortti, jolle ei tehdä jännitelujuustestausta, mutta kuvasta nähdään käytettävien testipisteiden sijainti. Kortin vasemmassa reunassa on ruuviliittimin varustettu asiakasliitinrajapinta ja oikeassa alareunassa alaspäin suunnattu ohjauskortin ja optiokortin liitinrajapinta.



KUVIO 15. OPT-A1 optiokortti yläpuolelta kuvattuna. (Vacon 2007, 20.)

## 6.5 Spesifiointi

Kaikilla optiokorteilla on olemassa tietokanta, joka sisältää kaiken tiedon kortin valmistuksesta ja siihen liittyvistä testauksista. Yksi opinnäytetyöhön liittyvistä tehtävistä oli tehdä spesifiointi korteille eli määrittää tiedot hipot -testauksesta.

Pohjana tässä tehtävässä käytin yritykseltä saatua valmista pohjaa erityyppisestä testauksesta. Tiedosto on Microsoft Word 2003 tekstitiedosto, joka sisältää kansilehden, sisällyksen ja tiedot testauksesta. Tiedot sisältävät kuvauksen testauksesta, vaatimukset, testausarvot sekä jokaiselle testattavalle kortille kohdan, josta selviää testipisteet. Yleensä jokaiselle kortille määritellään oma yksittäinen spesifiointi kustakin testauksesta, mutta tässä tapauksessa itse testauksen sisältö on sen verran suppea, johtuen testipisteiden määrästä, että samaa tiedostoa käytetään jokaiselle kortille.



## 6.6 Testauksen suorittaminen

Optiokorttien jännitelujuustestauksen suorittaa tuotannossa työskentelevä testaja. Testajalle annetaan testausta varten tehty ohjeistus, johon on selvitetty testauksen valmistelu, testaus ja jälkitoimenpiteet. Ohje on esitetty liitteessä 3.

Testauksesta vastaavan työnjohtajan on varmistettava, että testaja on ymmärtänyt ohjeen ja hallitsee laitteiden sekä ohjelman käytön. Mikäli testaja on epävarma testauksen suorittamisen toimenpiteistä, on hänen otettava yhteyttä testauksen opastajaan. Testaus aloitetaan kytkemällä virta kaikkiin laitteisiin HÄTÄ SEIS -painikkeella. Testajan on erikseen varmistettava, että kaikki laitteet ovat päällä. Tietokone käynnistetään erikseen. Tietokoneelta käynnistetään testausohjelma HiTest, jonka tuotevalikosta valitaan testattava tuote. Testaus aloitetaan klikkaamalla ohjelman START -painiketta. Tämän jälkeen ohjelmaan syötetään jäljitettävyyserkintä kortista viivakoodinlukijalla. Seuraavaksi kortti asetetaan fixtuurissa olevaan adapteriin. Paininlevy lasketaan alas nostamalla fixtuurissa olevaa nostokytkintä. Kelkka työnnetään laitetonin sisään ja testaus alkaa klikkaamalla jäljitettävyyserkintä ikkunan OK -painiketta. (Hi-Pot testausohje. 2010, 2)

Ohjelma ilmoittaa testauksen onnistuneen näyttämällä % -merkin kaikissa testausvaiheissa. Kelkka otetaan ulos laitetonista ja paininlevy nostetaan painamalla nostokytkintä. Hyväksytyt kortit välitetään eteenpäin tuotannossa. Jos testaus syystä tai toisesta epäonnistui, syttyy punainen valo laitetonin valomajakassa ja summeri soi. Ohjelma ilmoittaa virheen  $\surd$ -merkillä epäonnistuneen testausvaiheen kohdalla. Testausta jatketaan lukemalla seuraavan kortin jäljitettävyyserkintä. Testaustulokset tallentuvat automaattisesti erilliseen serveriin verkon välityksellä. (Hi-Pot testausohje. 2010, 2)

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä tehtiin selvitys sähköturvallisuustestauksesta Vaconin optiokorteille. Selvityksessä kartoitettiin mahdolliset laitetoimittajat testausta varten, testattavat optiokortit, testauksen vaatimukset turvallisuudelle ja testausarvoille, testauslaitteiden rakenne ja toiminta, testauksen ja testauslaitteiden kustannukset. Lisäksi testattaville optiokorteille tehtiin spesifointi. Opinnäytetyön aikana rakennettiin testauslaitteisto testausta varten PKCE:llä Raahessa, minkä seuranta oli myös osa työtä.

Laitetoimittajien kartoituksessa oli määrä selvittää Suomessa toimivia potentiaalisia testauslaittevalmistajia, joilta testauslaitteet voitaisiin tilata. Selville saatiin kattavasti eri toimittajia, joiden antamia tietoja laitteista, hinnoista ja toimitusajoista. Vertailun perusteella tultiin siihen tulokseen, että PKCE on paras valinta laitetoimittajaksi. Perusteena oli, että heillä oli tiedot kaikista optiokorteista entuudestaan ja he kykenivät tekemään laitteiston kilpailukykyisimpään hintaan. Hintaan vaikutti merkittävästi se, että testauksessa pystyttiin käyttämään heidän testilaitteitaan, jolloin tilaukseen tuli vain fixtuurien ja adaptereiden suunnittelu ja valmistus.

Testattavien optiokorttien selvitys oli helpoin osa opinnäytetyötä, sillä Vaconilla oli valmis lista optiokorteista, josta selvisi niiden tyyppi ja ominaisuudet. Listasta poimitut kortit toimitettiin PKCE:lle ja he pystyivät tekemään adapterit optiokorteille omilla tiedoillaan.

Testauksen vaatimukset olivat opinnäytetyön vaativin osa. Selvitettäessä testausarvoja jouduttiin ottamaan selvää useista standardeista, jotka määrittelevät vaatimukset testaukselle. Testausarvot valittiin siten, että ne varmasti täyttivät kaikkien standardien vaatimukset, jolloin testaustuloksille ei jäänyt tulkinnanvaraa. Ongelmana tässä selvityksessä oli se, että standardien lukemiseen ei ollut mahdollisuutta muuten kuin Vaconin toimipaikalla, joten tässä päädyttiin tekemään niin, että Vaconilta toimitettiin osia standardeista, joista testausarvot voitiin lukea ja toimittaa PKCE:lle.

Turvallisuuteen liittyvistä asioista saatiin kattava englanninkielinen tietolähde eräältä laitetoimittajalta, joka toimitti sen laitetietojen yhteydessä. Tiedoista selvisi paljon hipot - testauksen turvallisuuteen liittyviä asioita, joista opinnäytetyöhön kerättiin oleellimmat

asiat. Lisäksi turvallisuusosioon lisättiin myös yleiseen sähköturvallisuuteen liittyviä asioita kuten sähköiskun vaikutuksista ihmiseen.

Testauslaitteen rakennetta pohdittiin pitkään, johtuen optiokorttien erilaisuudesta. Päädyimme käyttämään korttikohtaisia adaptereita, jolloin fixtuureja riittäisi yksi kappale. Adapterit olivat suhteessa halpoja ja ne oli nopea vaihtaa optiokortin vaihtuessa tuotannossa. Korttiin liityntä tuotti myös ongelmia, sillä kortti oli voitava vaihtaa mahdollisimman nopeasti seuraavaan, jotta tuotanto ei hidastuisi kohtuuttomasti. Parhaaksi tavaksi osoittautui käyttää alapuolista liityntää korttien testipisteisiin neulapedin avulla.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin, kun selvityksen perusteella rakennettiin onnistuneesti hipot -testausjärjestelmä Vaconin optiokorttien tuotantolinjalle. Aikataulussa ei ihan päästy tavoitteeseen, sillä testausjärjestelmän tuli olla alkuperäisten suunnitelmien mukaan valmis jo vuoden 2009 loppuun mennessä. Opinnäytetyöhön oli kuitenkin varattu aikaa vielä kevät 2010, joten työ ehdittiin saattaa hyvin loppuun, mutta tuotannollisia vaikutuksia ei ehditty tutkia. Opinnäytetyön tekeminen onnistui etätyöstä huolimatta sujuvasti, vaikka paikan päällä Vaasassa ja Raahessa työ olisi saattanut edetä nopeammin. Yhteistyö Vaconin ja PKCE:n kanssa sujui ongelmitta. Aineistoa olisi voinut olla enemmän, mutta sitä oli hyvin rajatusti tarjolla niin kirjastossa kuin internetissäkin. Kokonaisuutena työ onnistui hyvin.

## LÄHTEET

Associated Research Incorporated. 2004. The Operator's Guide to Electrical Safety Compliance Testing.

Danfoss drives A/S. 2000. Tietämisen arvoista asiaa taajuudenmuuttajista.

Davis. 2002. Dielectric Withstand Testing In A Production Environment.

Hi-Pot testausohje. 2010. PKC Electronics Oy.

IEC 61800-5-1. Adjustable speed electrical power drive systems. 2007. International electrotechnical commission.

Laininen. 2007. Sähköturvallisuus ja sähkötekniikan työt -opintojakson luentomuistiinpanoja. Savonia ammattikorkeakoulu.

Nurmi, Simonen. 2003. Sähköturvallisuuden varmistaminen. Otatieto: Oy Yliopistokustannus University Press Finland Ltd.

Suomen sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry. 1997. Taajuusmuuttajat. Espoo: Sähköinfo Oy.

Taajuusmuuttaja. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Taajuusmuuttaja>. Luettu 19.1.2010.

Tuominen, Partanen, Ikonen. 2000. Testaus, TKK-Sovelletun elektroniikan laboratorio.

Tuotteet. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vacon.fi/Default.aspx?id=461920>.

Luettu 12.1.2010.

Vacon. 2007. Käyttöohje, NX taajuusmuuttajat, perus – I/O-kortit, I/O-laajennuskortit, sovitinkortit.

Vacon lyhyesti. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.vacon.fi/Default.aspx?id=461919>. Luettu 15.9.2009

## **Sähköturvallisuustesteri (Finero / PKC)**

Voidaan suorittaa jännitelujuustestaus (AC / DC)  
ja maajohtavuustesti

Suoritusarvot testausjärjestelmän mittalaitteilla

### **Suurjännitetesteri HV-5000-1**

Koestusjännite 0 V...5000 VAC / 50 Hz  
Koestusvirran raja-arvo asetettavissa 0 m  
A...100 mA

### **Suurjännitetesterin tasasuuntausyksikkö HV-7000-DC**

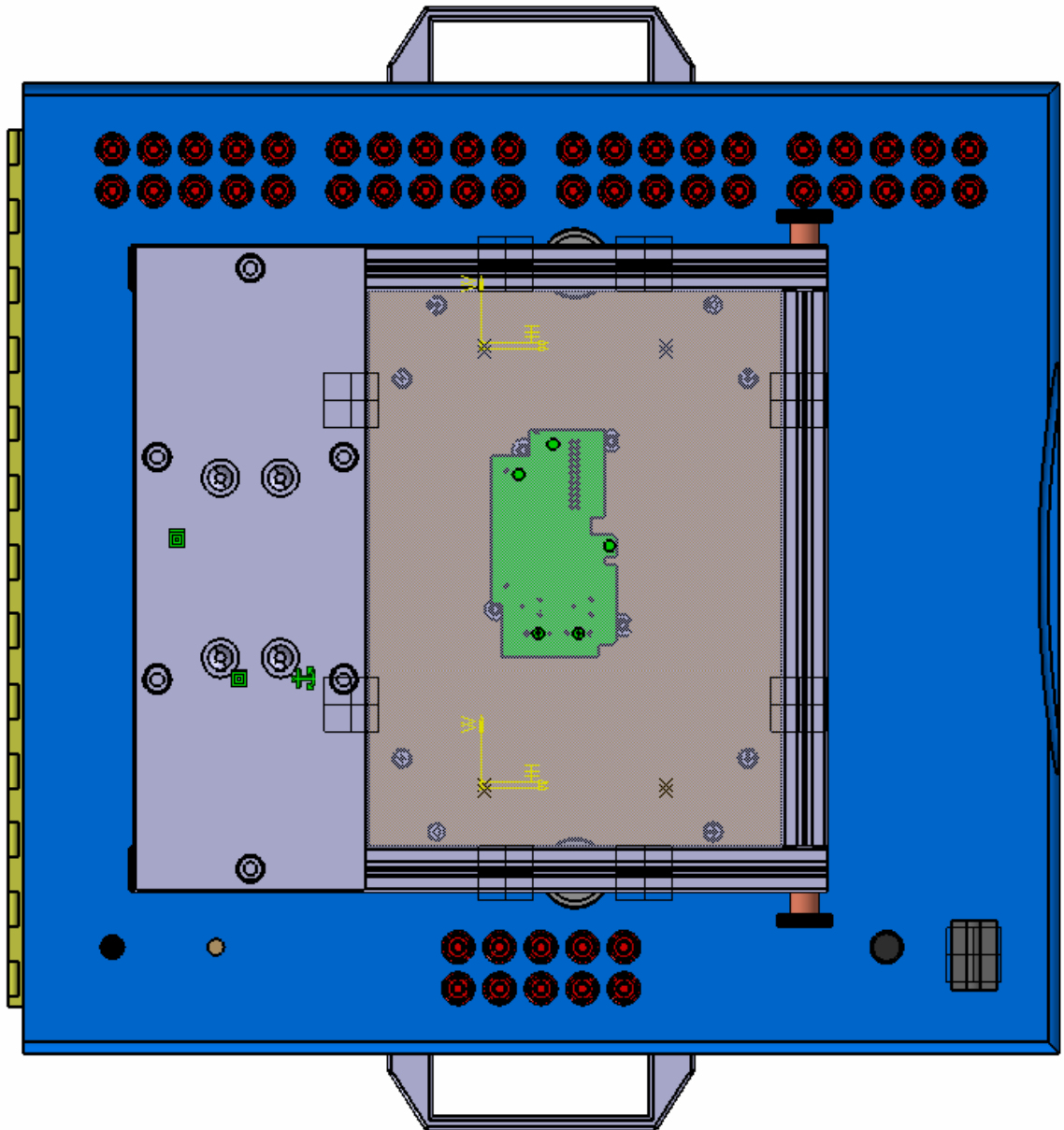
Käytetään yhdessä suurjännitetesterin  
HV-5000-1 kanssa tasajännitteellä tehtä-  
vissä jännitelujuustesteissä

### **Maadoituksen jatkuvuuden (maadoitusresis- tanssin) testilaitte PCT-25**

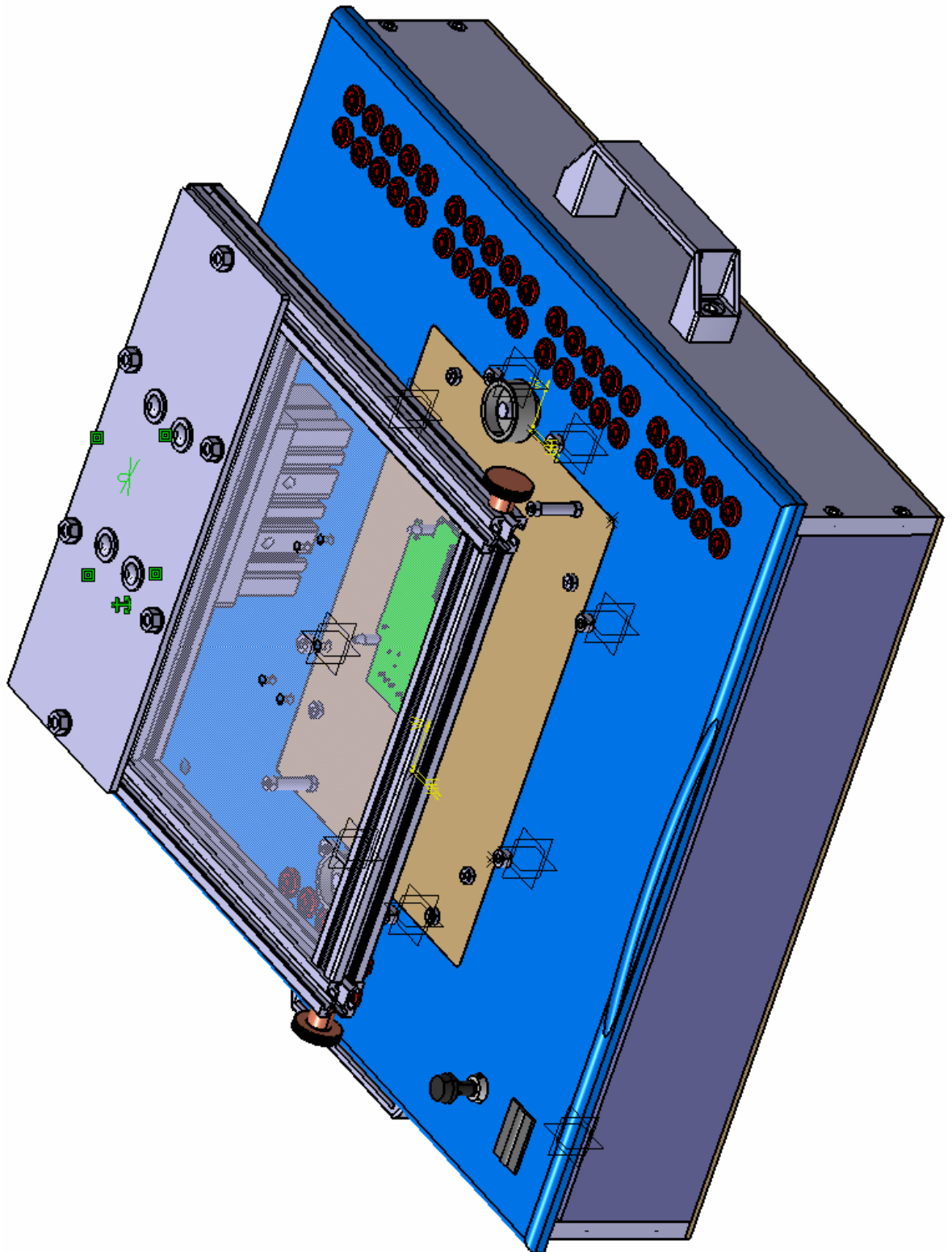
Mittausalue 0...0,5 ohm  
Koestusvirta valittavissa 10 A tai 25 A  
Raja-arvon asetus 0...0,5 ohm

Kaikki testitulokset talletetaan tietokantaan

## SUUNNITTELUKUVIA TESTAUSALUSTASTA

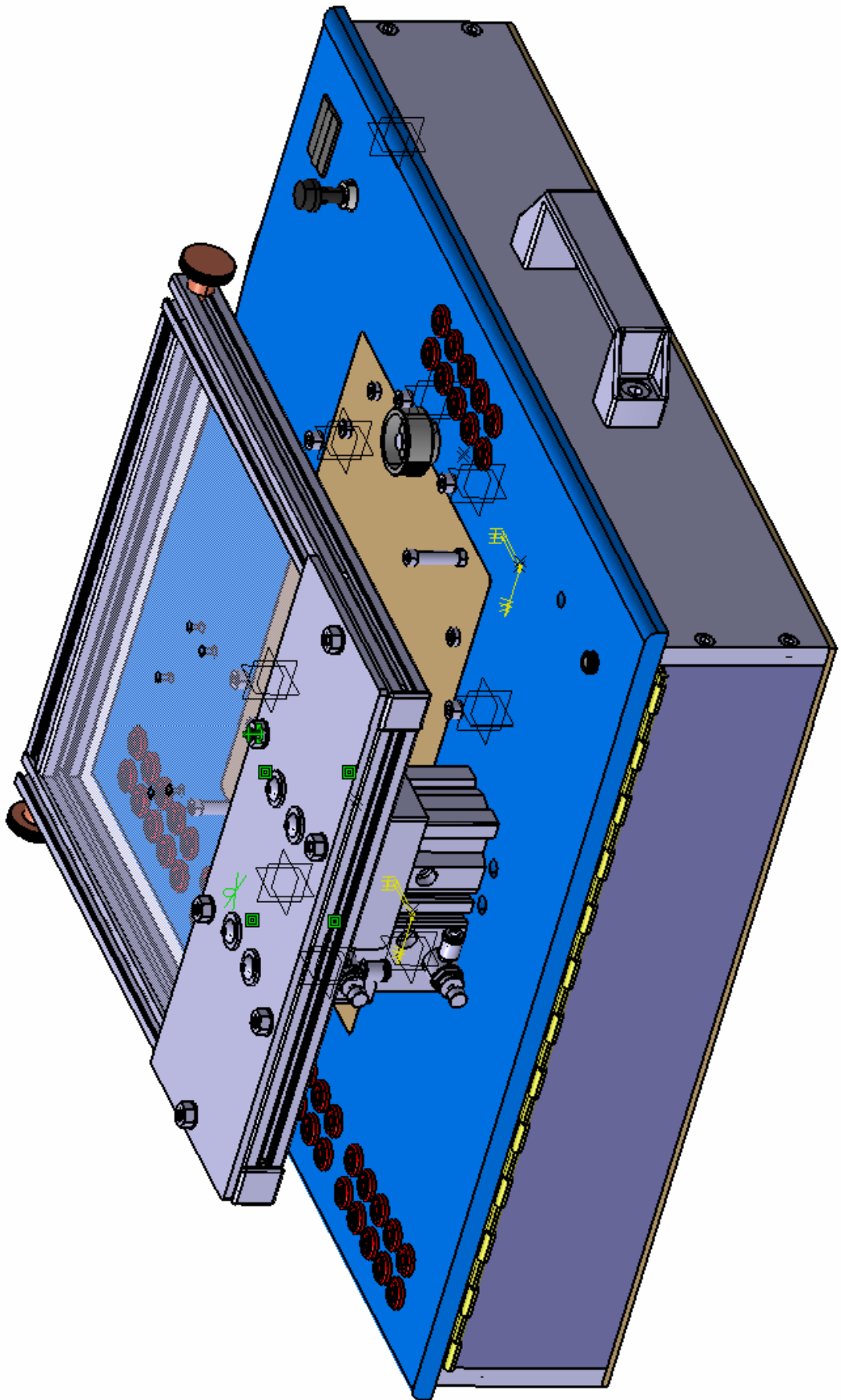


KUVA 1. Testausalusta ylhäältä.



KUVA 2. Testausalusta edestä.





KUVA 3. Testausalusta takaa.

**PKC Electronics Oy**

Dokumenttiluokka  
Dokumenttikoodi  
Revisio  
Päivämäärä  
Sivut  
Company Confidential

TYÖOHJE  
C-72-  
1.0  
26.03.2010  
Sivu 1/5

---

**HI-POT TESTAUSOHJE XXX****Logfile** Wise tehdasjärjestelmä

<b>Muutoshistoria</b>	Versio	Date	Laatija	Muutokset
	1.0	26.03.2010	TLi	Ensimmäinen julkaisu

**Jakelu** Wise tehdasjärjestelmä

## HI-POT TESTAUSOHJE XXX

1. **TAVOITE JA LAAJUUS** Tämä dokumentti ohjeistaa XXX Oyj:n tuotteen XXX Hi-Pot testauksen.
2. **VASTUU JA ALKUPERÄ** Työnjohtaja vastaa siitä, että työohje on ymmärretty oikein. Työohje perustuu asiakkaan tuotespesifikaatioon sekä HiTest- testausohjelman käyttöön.
3. **TYÖNKUVAUS**
- 3.1 KÄYTTÖTURVALLISUUS**
- ❖ Työpöydällä on hätäkatkaisija jota **painamalla** testeri sammuu.
  - ❖ Pidä HV –mittalaitteiden ovi lukittuna.
- 3.2 TESTAUKSEN ALOITTAMINEN JA LOPETTAMINEN**
- ❖ Kun testaat kortteja ensimmäisiä kertoja tai olet vähänkin epävarma testauksesta, ota yhteys opastajaan.
  - ❖ Tarkista, että testerissä on oikea alusta ja kansi testattavalle kortille.
  - ❖ Kytke käyttöjännitteet päälle kaikkiin mittalaitteisiin HÄTÄ SEIS painikkeesta ja tarkasta että valot syttyvät kaikkiin mittalaitteisiin. Käynnistä tietokone.
  - ❖ Lopeta testaus sammuttamalla mittalaitteet HÄTÄ SEIS painikkeesta sekä sulkemalla testausohjelma ohjelman ylävalikosta ja lopuksi sulje tietokone.
- 3.4 TESTAUS**
- ❖ Käynnistä Windowsin työpöydältä HiTest –testausohjelma tuplaklikkaamalla kuvaketta
    - Valitse tuotekohtainen testausjono ylävalikosta
      - Product => tuote
    - Ohjelma pyytää syöttämään aspo –numeron
    - Aloita testaus painamalla START-nappia
    - Lue tuotteen jäljitettävyyserkin viivakoodilukijalla
    - Aseta kortti jigiiin
      - Nostamalla jigissä olevasta mustasta painikkeesta kansi laskeutuu
      - Työnnä kelkka testerin sisään
    - Kuittaa jäljitettävyyserkin pyytävä ikkuna OK:lla
    - Testaus alkaa
  - ❖ Jos kaikki testauskohdat ovat % (OK)
    - Avaa kelkka ja nosta kansi nostamalla mustasta painikkeesta
    - Toimita OK –kortit sovittuun hyllyyn.
  - ❖ Jos jokin testauskohta on √ (viallinen), sumneri soi ja punainen valo palaa testaustorin katolla ja mittalaitteessa.
    - Kokeile testata kortti uudestaan, jos kortti edelleen viallinen toimita kortti korjaukseen
  - ❖ Jatka testausta lukemalla seuraavan kortin jäljitettävyyserkin
4. **ARKISTOITAVAT TIEDOSTOT** Testaustulokset tallentuvat automaattisesti verkkoon.
5. **LIITTEET** Ei liitteitä