

Ville Keränen

YKSIKÖTESTAUKSEN TOTEUTUS

Insinööriö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Syksy 2007



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Ville Keränen	
Työn nimi Yksikkötestauksen toteutus	
Vaihtoehtoiset ammattipinnot	Ohjaaja(t) Pekka Juntunen, Jarmo Kemppainen
	Toimeksiantaja Metso Automation Oy
Aika Syksy 2007	Sivumäärä ja liitteet 36 + 4
<p>Metso Automation, Kajaani on osa Metso Oyj:n konsernia. Kajaanisssa valmistetaan analysointilaitteita ja mittalaitteita paperin ja sellumassan laadun mittaamiseen. Insinöörityön aiheena oli vertailla kahta eri elektroniikkakorttien testausmenetelmää, joita yrityksessä on käytetty ja tehdä vertailun perusteella jatkokehitysehdotus siitä, miten testausta kannattaa tulevaisuudessa jatkaa. Tutkittavat testausmenetelmät olivat yksikkötestaus ja piikkipetitestausta.</p> <p>Elektroniikkakorttien testaus on erittäin tärkeä toimenpide valmistettaessa mittalaitteita paperi- ja selluteollisuuteen, koska testaamalla saatu tieto on hyvin oleellista yrityksen tuotekehityksen, prosessien tehokkuuden ja tuotteiden laadun kannalta. Tietoja eri testausmenetelmistä etsittiin kirjallisuudesta ja haastatteleamalla yrityksen työntekijöitä, jotka ovat olleet tekemisessä elektroniikkakorttien testauksen kanssa.</p> <p>Yrityksen käyttämät elektroniikkakortit testataan nykyään pääsääntöisesti yksikkötestausmenetelmällä. Osa yrityksen alihankkijoista testaa kuitenkin muutamaa yrityksen käyttämää elektroniikkakorttia edelleen piikkipetitesterillä. Piikkipetitestausta on aiemmin käytetty yrityksessä elektroniikkakorttien testaukseen enemmänkin, mutta siitä päätettiin luopua, koska se osoittautui mm. erittäin työlääksi ja hankalasti ylläpidettäväksi testausmenetelmäksi. Työn aikana selvitettiin mitä testausmenetelmää yrityksen kannattaa käyttää ja mitä asioita testauksessa voisi parantaa, jotta testauksen lopputuloksesta saataisiin mahdollisimman hyvä. Työn tuloksena selvisi, että yksikkötestaus on huomattavasti parempi vaihtoehto hoitaa yrityksen käyttämien elektroniikkakorttien testaus kuin piikkipetitestausta, koska elektroniikkakorttien sarjakokojen ollessa pieniä on yksikkötestaus huomattavasti edullisempi vaihtoehto. Lisäksi yksikkötestereiden valmistus ja ylläpito on paljon helpompaa kuin piikkipetitestereiden. Työn tuloksena syntyi myös useita jatkokehitysehdotuksia siitä, miten yksikkötestauksesta voidaan saada entistä parempaa.</p> <p>Piikkipetitestausta hyviä puolia on mm. se, että tällä testausmenetelmällä voidaan testata useita elektroniikkakortteja samanaikaisesti, jolloin testauksesta muodostuu erittäin nopeaa. Piikkipetitestausta myös kortin liittäminen testeriin on helppoa ja nopeaa. Yksikkötestauksen hyvinä puolina voidaan taas pitää mm. sitä, että testauskustannukset ovat suhteellisen pieniä ja yksikkötestereiden suunnittelu, valmistus ja ylläpito ovat suhteellisen helppoa verrattuna piikkipetitestereihin.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Testaus, Elektroniikkakortti, Piikkipetitestausta, Yksikkötestaus
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Ville Keränen	
Title Implementation of Unit Testing	
Optional Professional Studies	Instructor(s) Pekka Juntunen, Jarmo Kemppainen
	Commissioned by Metso Automation Ltd
Date Autumn 2007	Total Number of Pages and Appendices 36 plus 4 appendices
<p>Metso Automation Kajaani produces analyzers and sensors for pulp and paper industry. The company has used two types of methods of testing printed circuit boards (PCB): unit testing and the in-circuit test (ICT). The purpose of this Bachelor's thesis was to compare the two methods to work out a proposal for further development in testing.</p> <p>Testing PCBs is highly important in producing analyzers and sensors for pulp and paper industry. The information gained from testing is essential for the efficiency of research and development and the quality of the products. Testing also has significance on expenses in manufacturing. The study was conducted by searching information in literature and by interviewing employees who have tested PCBs.</p> <p>Nowadays testing PCBs is mainly performed by unit testing but earlier the company used ICT, too. It was found relatively expensive because of the small amount of products in the series as well as remarkably laborious and troublesome to maintain, so it was decided to give up. However, one of the company's subcontractors is still using ICT for a few of the PCBs. As a result of the thesis, it was worked out what method of testing would be profitable for the company to use and which aspects of testing could be improved in order to achieve the best outcome. For this company and its products, unit testing was found to be more fulfilling.</p> <p>The advantages of ICT are, for instance, the capability to test several PCBs simultaneously, which makes testing faster. Attaching the PCB into the device is also simple and quick. The best features of unit testing may be considered to be relatively low expenses and the fact that unit testing equipment is easier to design and manufacture.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TESTAUKSEN MERKITYS	3
2.1 Tuotannon näkökulma testauksen merkityksestä	3
2.2 Laadunvarmistus	4
2.3 Turvallisuus	5
2.4 Tuotekehityssykli ja tehokkuusajattelu	6
2.5 Tuotevastuu	7
3 YLEISIMMÄT TARKASTUS- JA TESTAUSTEKNIIKAT	8
3.1 Visuaalinen tarkastus	8
3.2 In-circuit- ja flying probe -testaus	10
3.3 MDA-tarkastus (Manufacturing Defect Analyzer)	11
3.4 X-ray-tarkastus	12
3.5 Funktionaalinen testaus	13
3.5.1 Lopputuotteen toiminnallinen testaus	14
3.5.2 Kortin testaus itse tuotteessa (Hot-mock-up)	14
3.5.3 Erillismittalaitteista tai mittauskorteista koottu testausjärjestelmä (Rack-and-Stack)	15
4 YRITYKSEN TESTAUSTARPEET	16
4.1 Taustatietoa työstä	16
4.2 Korttien testattavat ominaisuudet	16
4.3 Piikkipetitesterin toteutus ja kokemukset	19
4.4 Yksikkötesterin toteutus ja kokemukset	22
4.5 Yksikkötesterin toteutus	24
5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	31
5.1 Tulokset organisaation toiminnan kannalta	31
5.2 Tulokset toteutukseen käytetyn teknologian kannalta	32
6 JATKOKEHITYS	33
7 YHTEENVETO	35

LÄHTEET

36

LIITTEET

1 JOHDANTO

Elektroniikkakorttien valmistuksen tapahtuessa alihankkijalla pyritään ne myös testaamaan siellä. Tämä johtuu siitä, että elektroniikkakorteissa mahdollisesti esiintyvät viat saataisiin eliminoidua mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Vikojen korjaaminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa pienentää tuotteen valmistuskustannuksia merkittävästi.

Metso Automation, Kajaani on suunnitellut muutama vuosi sitten kalliin ja vaikeasti ylläpidettävän piikkipetitesterin ja on todettu, että se ei välttämättä ole paras ratkaisu tämän kaltaiseen korttien testaukseen. Metso Automation, Kajaanilla on tarve testata pieniä sarjoja joustavasti useassa paikassa. Tämän takia on lähdetty kehittämään yksikkötesterimallia, joita on myös tehty muutamia kappaleita.

Yksikkötesterimallin kehittämisen tarkoituksena on saada testerit mahdollisimman helposti ja edullisesti päivitettäviksi ja monistettaviksi, jotta testaus alihankkijalla olisi helppoa ja joustavaa. Yksikkötesterit ovat PC-pohjaisia testereitä, jossa testattava kortti yhdistetään tarvittavan ohiselektroniikan avulla tietokoneeseen ja tietokoneelle tehdyn testausohjelman avulla suoritetaan kortin testaus. Yksikkötestaukseen tutustuminen tapahtui piirikortteihin ja niille tehtyjen testereiden määrittelyä tutkimalla.

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia sekä piikkipetitestauksen että yksikkötestauksen hyviä ja huonoja puolia ja tehdä näiden asioiden perusteella johtopäätökset, kumpi testaustapa on Metso Automation, Kajaanin ja sen alihankkijoiden kannalta paras ratkaisu. Insinööriyön tekstissä Metso Automation Oy, Kajaani-tuotelinja on korvattu sanalla yritys, jotta teksti olisi helpommin luettavissa.

Metso Automation, Kajaani

Metso Automation, Kajaani kuuluu osana Metso Oyj:n konserniin. Metso Automation Oy:n prosessianalysaattori-liiketoiminnan juuret ovat syvällä sellu- ja paperiteollisuudessa ja se on yli 30-vuotisen historiansa aikana tullut maailman johtavaksi toimittajaksi omalla sektorillaan. Kajaani on tuonut markkinoille ensimmäisenä yli kaksikymmentä mittauksiin perustuvaa ratkaisua. [1.]

Kajaanin tuotevalikoimaan kuuluvat myös sakeuslähettimet ja niihin liittyvät ratkaisut. Metso Automation on näiden tuotteiden valmistamisesta yli 50 vuoden kokemus. Metso Automation on johtava toimittaja myös tällä alueella. Menestys perustuu muuttuviin asiakastarpeisiin vastaamaan tuotekehitykseen sekä tutkimus- ja yhteistyöprojekteihin asiakkaiden kanssa. [1.]

Alan tunnettu, rekisteröity tuotemerkki - Kajaani - on merkki, joka useilla sellu- ja paperitehtailla on jo standardiratkaisu valittaessa mittalaitteita [1].

2 TESTAUKSEN MERKITYS

2.1 Tuotannon näkökulma testauksen merkityksestä

Testauksen merkitys elektroniikkateollisuudessa kasvaa jatkuvasti, koska testaamalla saatu tieto on hyvin oleellista yrityksen tuotekehityksen, prosessien tehokkuuden ja tuotteiden laadun kannalta. Testauksen merkitys korostuu myös tuotteen valmistuskustannuksissa. Valmistuskustannukset pienenevät sitä enemmän, mitä aiemmin vika saadaan poistettua. [2.]

Elektroniikkateollisuudessa testauksen merkitys tuotannon kannalta on hyvin tärkeää. On tärkeää, että nykyaikaisilla testeillä pystytään havaitsemaan ja paikantamaan viat oikeaan kohteeseen erittäin tarkasti. Testauksen avulla pystytään kertomaan tuotannolle missä on ollut vikaa ja tuotanto voi näiden tietojen perusteella pyrkiä korjaamaan vian aiheuttajat. On myös paljon vikoja, kuten rikkinäiset komponentit, mitkä eivät ole tuotannossa syntyneitä, mutta testauksen avulla pyritään minimoimaan tuotannossa syntyvät viat.

Elektroniikkatuotteen ja varsinkin piirilevyjen valmistuksessa vikoja voi syntyä useassa eri vaiheessa. Vikoja voi syntyä esimerkiksi piirilevyn pastauksessa, komponenttien ladonnassa tai komponenttien juotosvaiheessa. Pastauksessa vikoja voi syntyä esimerkiksi jos pastamäärä on liian pieni tai suuri, komponenttien ladonnassa vikoja voi syntyä esimerkiksi jos komponentti menee väärinpäin, komponentti puuttuu tai piirilevylle ladotaan väärä komponentti. Näiden vikojen poistamiseksi, on piirilevyn testaus erittäin tärkeää. Esimerkiksi juotosvikoja syntyy helposti, jos juotoslämpötila on väärä. Vaikka juotoksessa on vikoja, ei sitä välttämättä näe päällepäin. Näiden vikojen korjaamiseksi tarvitaan erilaisia testejä. Juotoksessa ilmeneviä vikoja, joita ei välttämättä näe päällepäin voivat olla esimerkiksi tinasillat tai puuttuva pasta.

Nykyään elektroniikkateollisuudessa ja teollisuudessa yleensäkin käytetään paljon alihankkijoita tekemään esimerkiksi joku tietty osa tuotteesta. Tämän takia yritysten alihankkijoiden pitää huolehtia omien tuotteidensa riittävästä testauksesta ja varmistaa testaamalla oman toiminnan laatu ja mahdollisissa virhetapauksissa selvittää mistä virhe johtui. Alihankkijoita voi usein olla myös ketjussa useita, jolloin yksi alihankkija lähettää tuotteen toiselle ja toinen taas eteenpäin. Tällaisessa tilanteessa jokaisen tuotteeseen kunkin vaiheen suorittavan tekijän

tulisi testata oma osuutensa tuotteesta, jotta viat eivät siirry seuraavalle. Jos tuotteita ei testata kunnolla ja vikoja pääsee siirtymään seuraavaan vaiheeseen, on hankalaa sopia kuka maksaa tuotteen korjauksen. Tietyissä tilanteissa yrityksen alihankkija saattaa toimittaa samaa tuotetta useaan eri paikkaan ja tuotteeseen, jolloin testauksen merkitys kasvaa entisestään. Jos viallisia tuotteita pääsee useaan eri paikkaan, kasvavat kustannukset sitä mukaa mitä enemmän viallisia tuotteita on lähetetty. Tämän takia kaikki viat on pyrittävä saamaan kiinni testaamalla mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. On myös tilanteita, jolloin yritys ostaa tiettyjä tuotteita alihankkijalta omaan varastoon varaosiksi, jolloin tuotteen ostaja ei enää testaa ostettuja tuotteita. Tällöin alihankkijan täytyy testata myymänsä tuotteet huolellisesti, jotta yritys, joka tuotetta on ostanut, ei joudu tilanteeseen, jossa se vaihtaa johonkin laitteeseen viallisia osia.

2.2 Laadunvarmistus

Tuotteen testaus on yksi laadunvarmistuksen tärkeimmistä menetelmistä. Nykypäivänä testauksen merkitys vain kasvaa kasvamistaan, koska yritykset haluavat tarjota asiakkailleen entistä luotettavammin toimivia tuotteita. Tämän takia testaukseen ja testausprosessiin kohdistuu kokoajan suurempia kehityspaineita. Yrityksen täytyy panostaa laadunvarmistukseen hyvin paljon menestymisensä takia, sillä jos tuotteiden laatu on huono, ei yritys tule menestymään.

Tuotteen laadulla tarkoitetaan yleisesti tuotteen kykyä täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset. Elektroniikan tuotekehitys- ja valmistusprosessin laadulla on hyvin suuri merkitys asiakkaiden tarpeiden ja odotusten täyttymisen kannalta varsinaisen elektroniikkatuotteen laadun ohella. Tuotteiden toiminnan laatua voidaan varmistaa esimerkiksi laatuauditoinneilla, joita tekee joko asiakas tai virallinen sertifiointielin. Yleensä laatu varmistetaan kuitenkin usealla eri tavalla. Yleisesti laatuajattelua kuvaava tekijä on 0-virhetoleranssi, jolla tarkoitetaan sitä, että toiminnan ja tuotteen teknisen laadun osalta pyritään virheettömyyteen. [3.]

Elektroniikkatuotteiden valmistusvaiheessa laadun tarkkailussa on yleisesti kaksi perusmenetelmää, tuotteen testaaminen ja prosessin monitorointi. Testaamisella tarkoitetaan sitä, että tuotetta testataan ja tutkitaan esimerkiksi suorituskykytesteillä, joiden tarkoituksena on saada selville täyttääkö tuote sille asetetut suorituskykyspesifikaatiot. Prosessin monitoroinnilla taas pyritään havaitsemaan tuotteen valmistusprosessissa syntyneet viat ja paikantamaan viat oikeaan kohteeseen. [3.]

Laadun tarkkailun perusmenetelmien kustannukset riippuvat tuotteen monimutkaisuudesta. Yksinkertaisilla ja halvoilla tuotteilla toimii / ei toimi -testaaminen on halvempi vaihtoehto, kun taas tuotteiden monimutkaistessa testaaminen vaatii panostusta testauksen suunnitteluun ja testauslaitteisiin. Joissakin tapauksissa testauksen kustannukset ovat korkeammat kuin monitoroinnin kustannukset. Jos kyseessä on yksinkertainen elektroniikkakortti, jonka valmistussarja on pieni, voidaan testaaminen suorittaa loppukokoonpanossa, jolloin todetaan toimiiko kortti vai ei. Tässä tapauksessa viallisia kortteja ei ryhdytä edes korjaamaan. Kun kyseessä on monimutkaisempi kortti, ja valmistussarja on suuri, testaukseen täytyy panostaa huomattavasti enemmän, jolloin myös löydetyt viat korjataan. [3.]

2.3 Turvallisuus

Tuotteen testauksella on myös hyvin suuri merkitys turvallisuuden kannalta. Yrityksen täytyy olla varma että tuotteet ovat riittävän turvallisia käyttää. Turvallisuus täytyy ottaa eritoten huomioon, kun on kyse elektroniikasta ja sähköstä. Jos testauksessa esiintyy puutteita, voivat ne valmistajan kannalta epämiellyttävällä tavalla näkyä tuotteen ei-toivottuna ominaisuutena tai jopa vaarallisena toimintana. Turvallisuustestauksen tärkein tarkoitus on selvittää, että tuote on turvallinen. Testaamalla täytyy selvittää, että tuote on turvallinen esimerkiksi sähköiskun, palon, säteilyn tai mekaanisten tekijöiden varalta.

On selvää, että tuotteiden turvallisuuteen liittyvät tekijät ovat tärkeitä pyrittäessä säätelemään tapaturmariskejä. Kuitenkaan tuotteiden turvallisuustasoa nostamalla ei voida poistaa kaikkia tuotteen käyttöön liittyviä ongelmia ja riskejä. Tuotteiden turvallisuuteen vaikuttaa hyvin suurelta osin nopea tuotekehittely ja uusien tuotantomenetelmien käyttöönotto. [4.]

Sähkölaitteiden, kuten tässä tapauksessa elektroniikkakorttien turvallisuutta varten on määritetty pienjännitedirektiivi sekä EMC-direktiivi. Pienjännitedirektiivi koskee sähkölaitteita, joiden käyttöjännite on 50–1000 V vaihtojännitteellä ja 75–1500 V tasajännitteellä. Tämä direktiivi ei kuitenkaan koske kaikkia sähkölaitteita, koska osalle sähkölaitteista on olemassa omat direktiivit. [3.]

Turvalliset elektroniikkatuotteet eivät saa aiheuttaa esimerkiksi sähköisiä vaaroja tai ylikuumenemista, jolloin ne voisivat vahingoittaa käyttäjiä tai muita ihmisiä. Turvallisten elektro-

niikkatuotteiden valmistusmateriaalit eivät myöskään saa aiheuttaa vaaraa. Elektroniikkatuotteen turvallista käyttöä varten on oltava olemassa käyttö- ja huolto-ohjeet. Elektroniikkatuotteen turvallisuus voidaan selvittää erilaisilla testauksilla ja tarkastuksilla. [3.]

2.4 Tuotekehityssykli ja tehokkuusajattelu

Kun tuotteiden testauksesta on muodostunut entistäkin tärkeämpi asia yrityksille, täytyy yritysten pyrkiä saamaan tuotekehityssykli mahdollisimman lyhyeksi. Täytyy alkaa miettimään voiko jo olemassa olevaa testisuunnitelmaa hyödyntää jatkossa tuleviin testeihin. Vanhaa testisuunnitelmaa hyödyntämällä voidaan uusia testejä suunnitella ja toteuttaa hyvinkin nopeasti, jopa erilaisissa ympäristöissä.

Tuotekehityssykli täytyisi siis saada mahdollisimman lyhyeksi, jotta uusia tuotteita saataisiin markkinoille sopivin välein. Jos tuotteella on hyvin pitkä elinkaari, ja tuotekehityssykli on pitkä, täytyy uudistaa jo olemassa olevia tuotteita nykyaikaisemmaksi, koska tuotteiden elektroniikka ja komponentit vanhenevat. Vanhoja tuotteita uudistetaan myös sen takia, että asiakas haluaa esimerkiksi uusia tai nopeampia toimintoja tuotteeseen, tai asiakkaalla on itsellään nykyaikaisempaa tekniikkaa, johon vanhalla tekniikalla valmistettua tuotetta ei voi enää yhdistää. Tuotekehityssyklin ollessa pitkä kannattaa vanhoja tuotteita uudistaa myynnin edistämisen kannalta.

Tehokkuusajattelun yksi tärkeimmistä tavoitteista on saada uusia tuotteita markkinoille oikeaan aikaan, jotta kilpailijat eivät vie markkinoita. Tuotteen oikea-aikainen ajoittaminen markkinoille on hyvin tärkeää yrityksen menestymisen kannalta. Jotta tuotteiden valmistaminen olisi mahdollisimman tehokasta, täytyy jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon, miten tuote testataan ja kaikki uudet ratkaisut tulisi testata jo tuotekehitysvaiheessa ennen tuotteen tuoteistamista. Kun uudistetaan vanhaa laitetta, kannattaa mahdolliset vanhat hyvät ratkaisut kopioida suunnitteluvaiheessa uuteen tuotteeseen tai käyttää jonkin toisen tuotteen valmistusratkaisuja hyväksi jos mahdollista. Näin työmäärät vähenevät ja tuotteen valmistamisesta saadaan tehokkaampaa.

2.5 Tuotevastuu

Esimerkiksi puhuttaessa vikatilanteesta, siirtyy vastuu usein automaattisesti tuotteen valmistajalle, jonka seurauksena yrityksen maine voi olla vaakalaudalla. Valmistajan vastuu kattaa hyvin suuren osan tuotteen elinkaaresta, joten valmistajan täytyy olla varma tuotteen toimivuudesta ja luotettavuudesta. Valmistajan täytyy pyrkiä mahdollisimman luotettavaan lopputulokseen, jotta vikatilanteita ei syntyisi. Näihin tavoitteisiin päästään ainoastaan panostamalla riittävästi testaukseen.

Erilaisia vikatilanteita varten on määrätty tuotevastuulaki, jonka mukaan tuotteen valmistaja vastaa vahingosta, joka aiheutuu tuotteen puutteellisesta turvallisuudesta. Tuotevastuu astuu voimaan vasta siinä vaiheessa, kun tuotevahinko sattunut. Tuotevastuulla ei tarkoiteta kuitenkaan kaikkea sitä vastuuta, joka vahingon syntymisen jälkeen voidaan kohdistaa tuotteen valmistajaan. Tuotevastuulla tarkoitetaan vahingonkorvausvastuuta tuotevahingosta. Tuote ei ole turvallinen tai sitä pidetään turvallisuudeltaan puutteellisena, jos tuote ei ole niin turvallinen kuin on odotettu, ottaen huomioon kaikki seikat, kuten tuotteesta annetut tiedot tai ajankohta, jolloin tuote laskettiin markkinoille. [4.]

Tuotevastuulain mukaan on määritetty, että vikatilanteissa korvausvelvollinen on ensi kädessä tuotteen valmistaja, joka omalla toiminnallaan luo vahinkoriskin ja joka yleensä tuntee parhaiten tuotteen ominaisuudet ja päättää turvallisuuteen liittyvistä asioista. Kuitenkaan kaikissa tapauksissa tuotteen valmistaja ei ole vastuussa tuotteen aiheuttamista vahingoista. Esimerkiksi jos tuotteen käyttäjä aiheuttaa vahingon itselleen tai toiselle henkilölle, käyttämällä tuotetta virheellisesti vastoin käyttöohjeita ei tuotteen valmistaja ole vastuussa vahingosta. [4.]

3 YLEISIMMÄT TARKASTUS- JA TESTAUSTEKNIIKAT

Nykyään elektroniikkatuotteiden yleistyessä osaksi jokapäiväistä elämää, täytyy tuotteille määrittää testausstrategia jo tuotteen suunnitteluvaiheessa. Testausstrategian avulla tuotteen toiminta pyritään saamaan mahdollisimman luotettavaksi ja tuotteessa mahdollisesti ilmenevät viat helposti havaittaviksi. Testausstrategia kattaa elektroniikkatuotteen koko elinkaaren, tuotteen suunnittelusta tuotteen romuttamiseen asti. Suunniteltaessa tuotteelle testausstrategiaa, määritellään tuotteelle sellaiset testit, joiden avulla tuotteen koko elinkaaren aikaiset testit suoritetaan. Testauksen vaativuuteen ja testausstrategian suunnitteluun vaikuttaa hyvin suurelta osin asiakkaan vaatimukset.

Elektroniikkatuotteissa ilmenevät viat ja ongelmat syntyvät yleensä jo tuotteen valmistusvaiheessa. Näiden vikojen poistamiseksi tehdään eri testejä tuotteen valmistuksessa jokaisen eri valmistusvaiheen jälkeen. Jokaisen yksittäisen tuotteen kohdalla päätetään viasta riippuen tarvittavat korjausmenetelmät vian poistamiseksi. Vikoja voi syntyä esimerkiksi pastauksessa, komponenttien ladonnassa tai juottamisessa. Seuraavassa käsitellään lyhyesti yleisimpiä elektroniikkatuotteiden tarkastus- ja testaustekniikoita.

3.1 Visuaalinen tarkastus

Suuri osa elektroniikkakorttien valmistukseen kuluva ajasta voi johtua visuaalisesta tarkastuksesta. Visuaalista tarkastusta käytetään siis elektroniikkatuotteen valmistusvaiheessa. Kun tutkitaan esimerkiksi piirilevyjen pinnoitteita, läpivientejä tai juotosten laatua, voidaan huolellisella visuaalisella tarkastuksella parantaa saantoa merkittävästi. Visuaalinen tarkastus voi olla joko manuaalista tai automaattista. Tuotantomäärien ollessa pieniä käytetään yleisimmin manuaalista tarkastusta, kun taas automatisoidussa massatuotannossa tarvitaan tehokkaampaa automaattista tarkastusta. [3.]

Manuaalisesti tapahtuvan visuaalisen tarkastuksen tavoitteena on löytää helposti havaittavat valmistusviat kuten puuttuvat ja väärin asetellut komponentit. Menetelmä on nykypäivänä vielä hyvin yleisessä käytössä elektroniikkateollisuudessa vaikka automaattinen visuaalinen

tarkastus onkin astumassa sen edelle. Tämä johtuu siitä, että manuaalisen visuaalisen tarkastuksen luotettavuus heikkenee komponenttien koon ja pakkaustiheyden pienentyessä. [3.]

Manuaalisen tarkastuksen etuina voidaan pitää mm. tarkastuksen joustavuutta sekä edullista hintaa, koska tämän tarkastusmenetelmän kustannukset muodostuvat pääasiassa henkilöstön palkkakustannuksista [3].

Manuaalisen tarkastuksen huonoina puolina voidaan mainita mm. tarkastustulosten riippuvuus tarkastuksen suorittajasta ja tarkastusolosuhteista. Myös tiedonkeruu on huomattavasti hankalampaa kuin automaattisissa tarkastusjärjestelmissä. Huonona puolena on myös työvoimasta johtuvat korkeat kiinteät kustannukset. Manuaalinen tarkastus vaatii myös suoran näköyhteyden kohteeseen, eikä manuaalisella tarkastuksella voida suorittaa sähköisiä testejä. [3.]

Nykypäivänä automaattinen visuaalinen tarkastus on pikkuhiljaa korvaamassa manuaalista tarkastusta, koska komponentit pienentyvät ja piirilevyn pakkaustiheydet kasvavat. Automaattisen optisen tarkastuksen tarkoituksena on löytää elektroniikan valmistusprosessista johtuvia vikoja, kuten esimerkiksi puuttuvia ja väärin aseteltuja komponentteja tai oikosulkuja mahdollisimman tehokkaasti. Yleisimmin automaattista optista tarkastusta käytetään pastanpainossa, ladonnassa sekä juotosvaiheessa esiintyvien virheiden etsimiseen. [3.]

Piirilevyn monimutkaisuudesta riippuen jopa 30–50 % piirilevyn valmistukseen kuluva työstä voi johtua piirilevyn tarkastuksesta. Tämän takia on kehitetty optisia järjestelmiä yhdistettynä tietokonepohjaisiin systeemeihin, jotka ovat tehokkaita ja kustannuksiltaan edullisia ratkaisuja tarkastusten suorittamiseen. Automaattinen optinen tarkastus vähentää piirilevyn tarkastukseen kuluva työtä ja parantaa tiedon keruuta huomattavasti paremmin kuin manuaalinen tarkastus, sekä vähentää ihmisistä johtuvia inhimillisiä virheitä. [3.]

AOI-tarkastuksen (Automatic Optical Inspection) toimintaperiaatteena on, että tarkastettava pinta jaetaan tietyn kokoiisiin pikseleihin. Kootuista pikseleistä muodostetaan digitaalinen kuva, jota verrataan laskennallisiin suunnittelusääntöihin ja referenssikuvaan. Näiden tietojen perusteella järjestelmä löytää esimerkiksi vikoja, joissa johtimet ovat liian lähekkäin tai linjan leveys on liian pieni. [3.]

Yksi AOI-tarkastuksen eduista on, että tarkastuksella on mahdollista täydentää in-circuit testausta tai käyttää sitä yhdessä flying probe- ja funktionaalisen testauksen kanssa. Automaatti-

nen optinen tarkastus on myös nopea ja sillä on hyvä vian paikantamiskyky. Yhtenä hyvin merkittävänä etuna voidaan pitää myös sitä, että AOI-tarkastuksessa ei tarvita mitään liittyn- töjä. AOI-tarkastuksen kustannukset piirilevyä kohden ovat myös erittäin pienet ja vikapeitto on erittäin hyvä. [3.]

AOI-tarkastuksen huonoina puolina voidaan pitää mm. sitä, että sillä on huono juotosten laadun tarkastuskyky, ei voida suorittaa sähköisiä testejä, paljon virheellisiä tuloksia ja AOI havaitsee vain näkyvät kohteet eikä näe esimerkiksi komponenttien alle [3].

3.2 In-circuit- ja flying probe -testaus

In-circuit-testauksen tarkoituksena on valmistusperäisten virheiden etsiminen elektroniikka- tuotteesta. Testauksesta käytetään myös usein nimeä neulapetitestausta, koska siinä testattava tuote liitetään erilliseen neulapetiin, jonka avulla testaus tapahtuu. In-circuit-testerillä pystytään etsimään valmistusvirheitä analogia- ja digitaalitekniikalla toteutetuista korteista sekä korteista, jotka sisältävät molempia tekniikoita yhtä aikaa. Suurimmalla osalla in-circuit- testereistä pystytään myös ohjelmoimaan piirilevyllä olevia ohjelmoitavia piirejä. In-circuit- testauksen vian paikantamiskyky on erittäin hyvä muihin testausmenetelmiin verrattuna. [3.]

In-circuit-testauksen hyvinä puolina voidaan pitää mm. sitä, että testauskustannukset korttia kohden ovat pienet, soveltuu digitaali- ja analogiaelektroniikalle, on erittäin tehokas, havait- see nopeasti oikosulut sekä katkokset piirilevyllä ja piirilevyllä olevien piirien ohjelmointi on mahdollista [3].

Huonoja puolia in-circuit-testauksessa on taas mm. se, että ohjelmointiaika on pitkä, tarvi- taan suuria laiteinvestointeja ja liittyminen testattaviin kohteisiin vaikeutuu, jonka vuoksi tes- tauksen kattavuus pienenee [3].

Flying probe -testaus on periaatteeltaan melkein samanlaista kuin in-circuit-testaus, mutta flying probe -testauksessa ei tarvita erillistä neulapetiä testauksen suorittamiseen vaan testaus tapahtuu liikkuvien mittapäiden avulla. Liikkuvat mittapäät ohjelmoidaan suorittamaan halu- tut mittaukset halutusta kortin kohdasta. Flying probe -testaus soveltuu paremmin pienille protosarjoille kun taas in-circuit-testaus suurille sarjoille. Flying probe -testaus soveltuu erin- omaisesti tuotekehitysvaiheessa tapahtuvaan testaukseen, koska tuotekehitysvaiheessa tuot-

teisiin tulee paljon muutoksia ja flying probe -testaus vaatii vain tuotteeseen tehtyä muutosta vastaavan muutoksen tekemistä testausohjelmaan. Flying probe -testaus on mahdollista yhdistää AOI-tarkastuksen kanssa, jolloin AOI:lla tarkastetaan esimerkiksi juotosvirheitä tai komponenttien puuttumista ja flying probe -testerillä suoritetaan tarvittavat sähköiset testit. [3.]

Flying probe -testauksen hyviä puolia on mm. se, että ohjelmointi on helppoa ja nopeaa, erittäin hyvä vian paikantamiskyky, soveltuu hyvin pienille sarjoille ja protoille, pääsee helposti tarvittaviin testauspisteisiin ja on mekaanisesti erittäin tarkka [3].

Huonoina puolina voidaan pitää mm. testauksen hitautta, liikkuvan ja tarkan mekaniikan ylläpito on hankalaa, digitaalelektroniikan testaus on rajoitettua ja flying probe -testauksen hintaa [3].

3.3 MDA-tarkastus (Manufacturing Defect Analyzer)

Menetelmää käytetään yleensä korkeavolyymisen ja pienen tuotevalikoiman valmistusprosesseissa aiheutuvien vikojen etsimiseen. MDA-testerit ovat in-circuit-testerin tapaisia testereitä, mutta in-circuit-testerit ovat suhteellisen kalliita ja vaikeasti ohjelmoitavia, jonka takia on kehitetty MDA-testeri, joka on huomattavasti halvempi ja helpompi ohjelmoida. MDA-testerit eivät kuitenkaan ole yhtä tarkkoja kuin in-circuit-testerit, mutta ne soveltuvat paremmin suurivolyymiseen tuotantoon. MDA-testerit ovat myös nopeampia kuin AOI-laitteet, jonka vuoksi ne soveltuvat paremmin nopeatahtiseen tuotantoon. Muuten MDA- ja AOI-testerit ovat suurin piirtein samanveroisia. MDA-testereillä ei voida ohjelmoida piirejä testauksen aikana eikä se sovellu digitaalelektroniikan testaukseen. MDA-testerin liityntä testattavaan kohteeseen tapahtuu neulapedin avulla, mikä rajoittaa testauksen kattavuutta, koska tällöin ei päästä testaamaan kaikkia testauksen kannalta oleellisia kohteita. [3.]

MDA-testauksen etuja on mm. pienemmät investointikustannukset ja pienemmät ohjelmointi- ja ohjelman ylläpitokustannukset kuin in-circuit-testereillä, vian paikantaminen on helppoa, oikosulkujen ja katkosten testaus on nopeaa ja MDA on nopea ja tehokas [3].

MDA-testauksen huonoja puolia on mm. se, että se ei sovellu digitaalelektroniikan testaukseen, ei voida suorittaa toiminnallista testausta ja vikapeitto pienenee sen mukaan, kun liittyminen testattaviin kohteisiin vaikeutuu [3].

3.4 X-ray-tarkastus

X-ray-tarkastuksella voidaan etsiä piirilevyiltä sellaisia vikoja, jotka eivät ole nähtävissä paljailta silmillä tai muilla tarkastusmenetelmillä. Menetelmällä voidaan tarkastaa esimerkiksi juotoksia, jotka ovat BGA-komponenttien alla tai tutkia juotosten laatua. X-ray-tekniikan avulla voidaan myös mitata juotoksien paksuutta ja tilavuutta ja antaa mitattujen tietojen perusteella palautetta mahdollisista epäkohdista piirilevyn valmistuslinjalle. X-ray-tarkastusmenetelmä perustuu röntgensäteiden absorptioon raskasmetalleista, mutta tekniikkaa voidaan soveltaa myös nykyaikaiseen lyijyttömään elektroniikkateollisuuteen. X-ray-tarkastusta voidaan käyttää myös tarkasteltaessa mikropiirin lankojen liittämistä liitospintoihin tai tarkasteltaessa monikerrospiirilevyjen sisäisiä johdotuksia. [3.]

Yhdistettäessä AOI- ja x-ray-testaus, saadaan aikaan tehokas testausmenetelmä, joka parhaimmassa tapauksessa voi korvata sähköisen testauksen jopa kokonaan. Sähköinen testi saattaa hyväksyä huononkin juotoskytkennän, joka toimii sähköisessä testissä, mutta myöhemmin lopputuotteessa lopettaa toiminnan. Tällaista ongelmaa ei ilmene x-ray-tarkastuksella, koska sillä nähdään tarkasti jos juotoskytkentä on huono eikä tule kestäväksi pitkään. AOI- ja x-ray -testauksien yhdistämistä voidaan käyttää esimerkiksi siten, että käytetään molemmilla testausmenetelmillä saatuja tietoja hyväksi, jolloin myöhemmässä vaiheessa ei enää tarvitse tehdä oikosulkuihin, katkoksiin tai puuttuviin komponentteihin kohdistuvia testejä. Näin yhdistämällä näitä kahta eri testaustapaa, testauksen määrää voidaan vähentää ja valmistusprosessia nopeuttaa. [3.]

X-ray-tarkastuksen etuina voidaan pitää mm. sitä, että se soveltuu piilossa olevien kohteiden tarkastamiseen [3].

X-ray-tarkastuksen huonoina puolina voidaan pitää mm. sitä, että se on erittäin hidas, tuottaa paljon virheellisiä tuloksia, tarkastuskustannukset ovat korkeat ja automaattisen laitteen ohjelmointi on hidasta [3].

3.5 Funktionaalinen testaus

Funktionaalisen testauksen tarkoituksena on verifioida testattavan yksikön normaalia toimintaa siten, että yksikköön syötetään sen normaalia toimintaa vastaava heräte ja mitataan herätteen aikaansaama vaste. Tällä menetelmällä testataan toiminnallisia lohkoja normaaleilla reuliittimillä tai erillisten testiliittimien avulla. Funktionaalisen testauksen etuna on tehokas vikojen paljastamiskyky, mutta vikojen paikallistaminen on taas erittäin huono. [3.]

Digitaalielektroniiikan toiminnallinen testaus

Digitaalielektroniiikalla toimivat tuotteet, jotka eivät sisällä mikroprosessoria voidaan testata aiemmin mainitulla vaste-heräte -periaatteella, missä herätteenä toimivat erilaiset bittikuviot, joita vastaavat vasteet voidaan määritellä. Digitaalielektroniiikan testaukseen liittyy neljä erilaista parametria, joita ovat bittikuvio, ajoitustieto, signaalitasot ja ohjaus. Bittikuvioilla tarkoitetaan loogisia arvoja. Ajoitustietoa käytetään ilmaisemaan milloin pitää ohjata herätettä ja milloin mitata vastetta. Signaalitasoilla määritellään herätettä ja vastetta vastaavat jännitetasot. Ohjauksen avulla ohjataan taas testisekvenssien yksityiskohtaista toteuttamista. Elektroniikkatuotteet, jotka sisältävät mikroprosessorin ovat taas huomattavasti vaikeampia testata. Tällaisia mikroprosessoreita sisältäviä tuotteita voidaan testata esimerkiksi sisäänrakennetuilla testeillä, hot-mock-up-testeillä tai emulointiin perustuvilla testausmenetelmillä. [3.]

Analogiaelektroniiikan toiminnallinen testaus

Analogiaelektroniiikan toiminnallisen testauksen tarkoituksena on pyrkiä varmistamaan testattavan tuotteen oikea toimivuus kaikissa käyttöolosuhteissa. Kun testataan yksittäisiä elektroniikkakortteja, ei analogiaelektroniiikan toiminnallinen testaus poikkea juuri digitaalielektroniiikan toiminnallisesta testauksesta. Eli toiminta testataan syöttämällä korttiin tietty heräte ja mitataan herätteen aikaansaama vaste. Suurin ero analogiaelektroniiikan ja digitaalielektroniiikan testauksella on se, että analogiaelektroniiikassa herätteet ovat analogisia signaaleja. [3.]

3.5.1 Lopputuotteen toiminnallinen testaus

Toiminnallinen testaus tehdään valmiille tuotteelle kokoonpanon jälkeen, eli sille tuotteelle, joka myydään asiakkaalle. Tämä tapa on yleisin toiminnallisen testauksen muodoista ja se soveltuu parhaiten monimutkaisille pienivolyymisille tuotteille. Huonona puolena tässä testaustavassa on yleensä testin hitaus, jos tuotteessa on paljon vikoja. Testiä voidaan kuitenkin nopeuttaa kehittämällä tuotteeseen itsetestausfunktio ja vikadiagnostiikka. [3.]

Lopputuotteen toiminnallisen testauksen hyvinä puolina voidaan pitää mm. sitä, että tällä testaustavalla ei synny varsinaisia testerikustannuksia ja tällä testaustavalla voidaan varmistaa tuotteen suorituskyky [3].

Huonoja puolia lopputuotteen toiminnallisessa testauksessa on mm. se, että testi on usein erittäin hidas, vian paikallistaminen on huonoa, mahdollisten virheiden korjauskustannukset kasvavat suuriksi, on mahdollisuus vahingoittaa tuotetta ja tuotteen parametrien testaaminen on vaikeaa [3].

3.5.2 Kortin testaus itse tuotteessa (Hot-mock-up)

Tässä testaustavassa testerinä toimii itse lopputuote. Testi tapahtuu siten, että testattava yksikkö sijoitetaan lopputuotteeseen, jossa kaikki muut yksiköt ovat testattuja ja toimivia. Tätä testiä käytetään yleensä elektroniikkakorteille heti niiden valmistuttua. Testausta varten täytyy olla yksikkökohtainen testausohjelmisto ja se yleensä vaatii jonkin verran yksikkökohtaisen testerin modifiointia, jotta testaus voidaan suorittaa. Hot-mock-up-testerin valmistuskustannukset riippuvat testattavan tuotteen monimutkaisuudesta sekä yksikkökohtaisten testaus- ja diagnostiikkaohjelmien määrästä. Hot-mock-up-testaus vaatii yritykseltä erittäin ammattitaitoista henkilökuntaa ja paljon rahaa, koska testerin ylläpito ja kehittäminen ovat hankalaa ja kalliita. Tätä testaustapaa käytetään hyvin yleisesti suomalaisessa elektroniikkateollisuudessa. [3.]

Hot-mock-up-testauksen hyvinä puolina voidaan pitää mm. suhteellisen pieniä testerikustannuksia, vian paikallistaminen on parempaa kuin lopputuotteen toiminnallisessa testauksessa ja se paljastaa vialliset kortit tehokkaasti [3].

Huonoina puolina hot-mock-up-testauksessa voidaan pitää mm. sitä, että tuotteen parametrien testaus on hankalaa, testerin ja testattava yksikkö voi vahingoittua helposti ja ylläpito ja jatkokehittäminen ovat hankalaa [3].

3.5.3 Erillismittalaitteista tai mittauskorteista koottu testausjärjestelmä (Rack-and-Stack)

Rack-and-stack-testausjärjestelmä muodostetaan erillismittalaitteista, jotka kytketään esimerkiksi sarjaväylän avulla ohjausyksikköön, joka on usein tietokone. Nykyään on kehitetty myös rack-and-stack testereitä, joissa käytetään erillistä PXI-yksikköä, joka liitetään PCI-väylään. Rack-and-stack-testereillä käytettävä ohjelmisto tehdään ainoastaan kyseistä testerää varten, mutta ohjelmiston alustana voidaan käyttää joitain saatavilla olevia kaupallisia testauksenhallintaohjelmia. [3.]

Rack-and-stack-testauksen hyvinä puolina voidaan pitää mm. sitä, että erillismittalaitteiden suorituskyky ja luotettavuus ovat hyvät ja testerin soveltuvuus käyttötarkoitukseen on hyvä, koska testerit suunnitellaan yleensä täysin asiakaskohtaisesti [3].

Huonoina puolina rack-and-stack-testauksessa voidaan pitää mm. sitä, että tämä testausmalli on kallis, ylläpito ja jatkokehittäminen vaikeaa ja testereiden uudelleen rakentaminen eli monistaminen on erittäin vaikeaa [3].

4 YRITYKSEN TESTAUSTARPEET

4.1 Taustatietoa työstä

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää elektroniikkakorttien testaukseen käytettävien yksikkötestauksen ja piikkipetitestausten hyviä ja huonoja puolia sekä selvittää näiden tietojen perusteella, kumpi testausmenetelmä on yrityksen kannalta parempi vaihtoehto. Asiaa yritetään selvittää, koska muutamia vuosia sitten yritys on tehnyt kalliin ja vaikeasti ylläpidettävän piikkipetitesterin ja todennut ettei se välttämättä ole paras ratkaisu hoitaa korttien testausta. Se, miksi piikkipetitestausta ei välttämättä ole paras ratkaisu hoitaa korttien testausta, johtuu siitä, että yrityksellä on tarve testata pieniä sarjoja joustavasti useassa eri paikassa. Nykyään yrityksessä on alettu testata elektroniikkakortteja pääsääntöisesti yksikkötestausmenetelmällä ja halutaan selvittää onko se hyvä tapa hoitaa korttien testaus vai olisiko olemassa jokin parempi ratkaisu testauksen suorittamiseksi. Eräs yrityksen alihankkija testaa kuitenkin edelleen muutamia vanhoja kortteja piikkipetitesterillä. Tietoja yrityksen testausmenetelmistä on kerätty haastatteleamalla yrityksen työntekijöitä, jotka ovat olleet tekemisissä elektroniikkakorttien testauksen kanssa.

Yksikkötestaukseen tutustuminen toteutettiin eri elektroniikkakorttien ja yksikkötestereiden määrittelyihin tutustumalla sekä seuraamalla muutaman yksikkötesterin toimintaa käytännössä. Elektroniikkakorttien määrittelyistä saa selville, mitä asioita korteilta tulee testata, jonka perusteella riittävän kattava testerit voidaan suunnitella. Piikkipetitestaukseen tutustumista on toteutettu haastatteleamalla ihmisiä, jotka ovat perehtyneet aiheeseen ja olleet tekemisissä tämän testaustavan kanssa. Työssä kerrotaan myös useasta muusta testaustavasta ja siitä miten merkittävää testaus on tämän kaltaisessa yrityksessä.

4.2 Korttien testattavat ominaisuudet

Seuraavassa käydään läpi samalle platformille suunniteltujen piirikorttien testausmäärittelyitä eli kerrotaan mitä asioita yksikkötestereillä korteilta testataan. Osa korteilta testattavista asi-

oista testataan jokaiselta eri kortilta ja osa korttikohtaisesti. Vaikka useilta korteilta testataan samoja asioita kuin toiselta kortilta, täytyy jokaiselle erilaiselle kortille olla oma testausmäärittely ja jokaiselle kortille täytyy suunnitella oma testeri.

Jokainen elektroniikkakortti tarvitsee käyttöjännitteen toimiakseen, joten käyttöjännitteen testaus on hyvin tärkeä toimenpide. Käyttöjännitteet ovat korteista riippuvia ja ne voivat olla esimerkiksi +24V, +/- 12V tai +/- 5V.

Yksikkötestauksessa testattava kortti liitetään tietokoneeseen yleensä RS232-portin kautta, joten tämä portin testaus on hyvin tärkeää. Testattavalle kortille ladataan ohjelma RS232-portin kautta aina ennen testausta, joten portin toiminta tulee varmennettua samalla kertaa. Useat kortit sisältävät myös RS485-portin, jonka testaus on myös erittäin tärkeää. Nykyään lähes kaikki yrityksen käyttämät uudet kortit sisältävät CAN-väylän, jonka testaukseen on puututtu vasta uusimpien testereiden suunnittelussa. CAN-väylän testaus tulee suorittaa kaikilta niiltä korteilta, jotka sisältävät väylän.

Useilta yrityksen korteilta löytyy myös ns. vahtikoira, jonka toiminta täytyy myös testata. Vahtikoiran testaus suoritetaan testausohjelmaan tehtävällä ominaisuudella. Eräs korteilta testattava ominaisuus on reset-toiminto, jonka testaus voidaan suorittaa ulkoisella näppäimellä.

Yksi testattavista asioista on ID-siru, jonka toiminta voidaan testata lukemalla sirun sarjanumero testerin avulla. ID-sirua käytetään elektroniikkakorteilla, koska se sisältää kortin sähköisen sarjanumeron. Kun tarvitsee etsiä esimerkiksi jonkun tietyn kortin testiraporttia, voidaan ID-sirulta lukea kortin sarjanumero ja etsiä testiraportti sen perusteella. Testauksen jälkeen, testiraportille tulostuu automaattisesti kortin sarjanumero. Usein sirujen päällä on myös tarra, joka ilmoittaa kortin sarjanumeron, tarra saattaa kuitenkin irrota tai vaihtua, jolloin kortin sarjanumero voidaan tarkistaa sähköisesti ID-sirulta.

Korteista, jotka sisältävät pH-kanavan, täytyy kanava testata. pH-kanavan testaus suoritetaan kahdella eri menetelmällä, joista ensimmäisenä on eri vahvistuksien testaus, joka tapahtuu esimerkiksi kytkemällä sopiva jännite tuloon, jonka jälkeen vaihdetaan vahvistusta. Toisena pH-kanavien testauksessa on koko vahvistusalueen testaus, joka tapahtuu siten, että valitaan sopiva vahvistus ja vaihdellaan tulojännitettä $-xV \dots +xV$, joista yksi jännite on 0V.

Korteilta, jotka sisältävät PT-100 kanavan, voidaan kanavan testaus suorittaa esimerkiksi siten, että kalibrointi tehdään kahdella vastuksella. Näillä vastuksilla tarkistetaan, että saadut jännitteet ovat tiettyjen rajojen sisällä. Samalla tarkistuu kalibrointidatan tallennus ID-sirulle. Johtokykykanavan testaus korteilta, jotka kanavan sisältävät, tapahtuu kahdessa osassa; ensimmäisenä suoritetaan eri vahvistusalueen testaus ja toisena koko vahvistusalueen testaus. Kosteusantureita sisältäviltä korteilta täytyy antureiden toiminta testata.

Suurin osa yrityksen elektroniikkakorteista sisältää binäärilähtöjä ja -tuloja, jolloin ne pitää testata. Testaus voidaan suorittaa esimerkiksi siten, että syötetään lähtöihin binääriset bittikuviot 10101010 ja 01010101, jonka jälkeen mitataan bittikuvioiden aikaansaama vaste. Myös analogiatulojen testaus täytyy suorittaa suurimmalle osalle korteista, koska suurin osa korteista sisältää kyseisiä tuloja. Analogiatulojen testaus voidaan suorittaa esimerkiksi siten, että kytketään binäärilähtöjen ohjaamalla releillä analogiatuloihin kaksi erisuuruista jännitettä.

Korteilta ei voida testata aina kaikkia asioita pelkästään korttia varten tehdyn testerin avulla, vaan joissakin tapauksissa tarvitaan lisäksi testijä testin suorittamiseksi. Esimerkiksi testattaessa detektorien pimeävirtoja, tarvitaan testauksen suorittamiseksi erillistä testijää. Myös ledien ohjauksien toiminnan testauksessa ja ledivirtojen tarkastuksessa sekä detektorien toiminnan testauksessa tarvitaan erillistä testijää. Ledien ohjauksien, ledivirtojen ja detektorien toiminnan testaus tapahtuu siten, että ledivirroille määritellään raja-arvot, joiden sisällä ohjausvirtojen pitää olla. Tämän jälkeen ohjausvirrat tarkastetaan referenssikanavalta, jonka jälkeen ohjataan vuoronperään ledit päälle ja tarkastetaan, että kullakin detektorilla jännite nousee annettuihin raja-arvoihin.

Ledipaketin lämpötilan säädön testaus (=NTC-vastuksen toiminta ja Peltier-elementin toiminta) korteilta, jotka sisältävät ledipaketin tapahtuu siten, että ohjataan jäähdytys päälle ja seurataan, että lämpötila alkaa laskea. Tämän jälkeen ohjataan lämmitys päälle ja seurataan, että lämpötila alkaa nousta. Peltier ohjauksen testaus tapahtuu askeltamalla DAC- muuntimen lähtöjännitettä ylös- ja alaspäin ja seuraamalla lämpötilan muutosta.

Korteilta, jotka sisältävät EEPROM-muistia, testataan muistin kirjoitus- ja lukutoiminnot. Joiltakin korteilta testataan myös askelmoottoriohjaus ja pulssilaskuritulo. Testi tapahtuu siten, että askelmoottoriohjaus asetetaan päälle, jolloin lähtöön ohjautuu n. 900 kHz:n taajainen kanttipulssi. Signaalitulon ja signaalin A/D-muunnoksen testaus tapahtuu siten, että

aluksi luetaan signaalin nollassa, minkä jälkeen ohjataan analogialähtö päälle. Tämän jälkeen luetaan signaalin DC-arvo ja itse signaali.

Kaikki elektroniikkakortit sisältävät yleensä jonkinlaisen mikropiirin, joka täytyy ohjelmoida, jotta kortti toimii oikein ja suorittaa sille annetut tehtävät. Mikropiirin ohjelmointi on hyvin tärkeä toimenpide ja se tulee suorittaa aina ennen kortin testausta. Kun aletaan määrittellä kortin ohjelmaa, tulisi kortin testaukseen ottaa tarkasti huomioon, koska jos kortin ohjelmaan ei tehdä testausmahdollisuutta on testaus mahdoton suorittaa. Yksikkötestauksessa testaus suoritetaan RS-portin kautta ja jos esimerkiksi tiettyjä raakatuloksia halutaan ulos tätä kautta, tulee kortin ohjelmaan tehdä sellainen ominaisuus, että se on mahdollista.

Käytettäessä yksikkötestereitä korttien testaukseen, voidaan mikropiirien ohjelmointi suorittaa RS232-portin kautta samalla kun testattava kortti ja testeri liitetään tietokoneeseen. Näin ollen yksikkötestauksessa mikropiirin ohjelmoinnista ei synny varsinaisesti ylimääräistä työtä. Testattaessa kortteja piikkipetitesterillä, muodostuu mikropiirin ohjelmoinnista hieman ylimääräistä työtä, koska korttia ei voida ohjelmoida piikkipetitesterillä vaan ohjelmointi joudutaan suorittamaan erikseen tietokoneella ennen korttien asettamista testeriin.

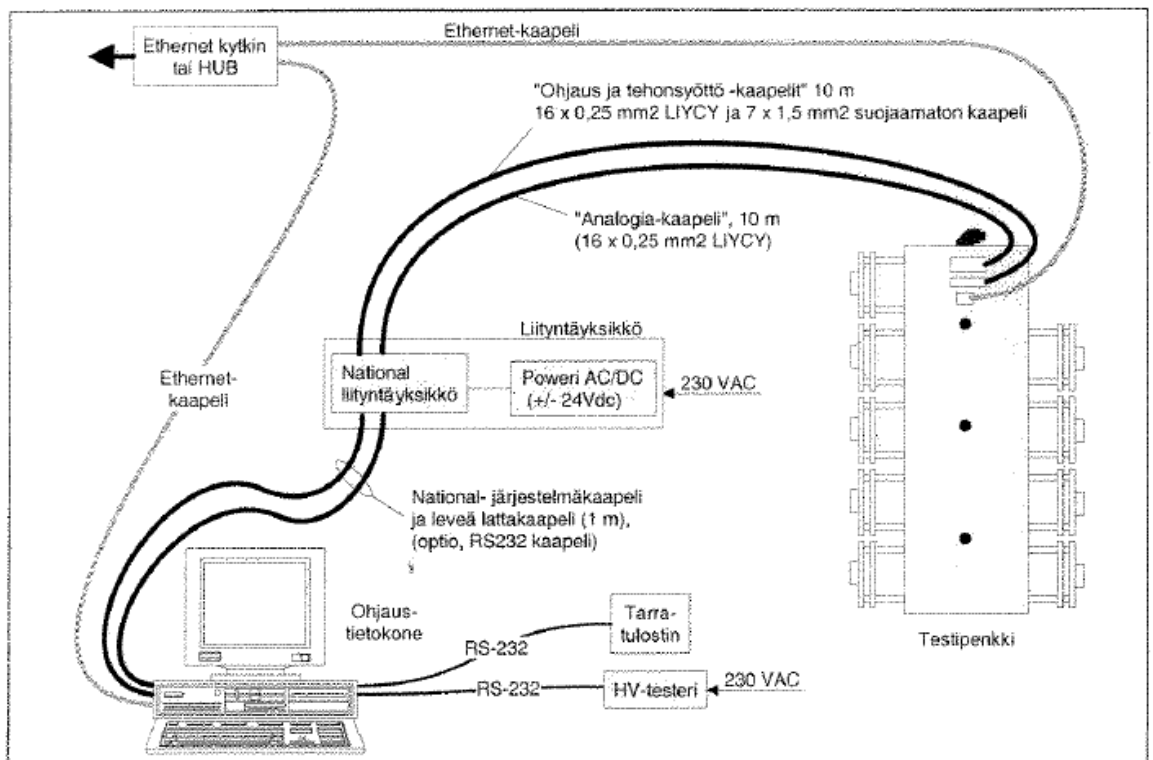
4.3 Piikkipetitesterin toteutus ja kokemukset

Yritys on aloittanut käyttämään piikkipetitestausta joillakin vanhoilla elektroniikkakorteilla jo 80-luvulla. Tällöin yrityksellä on ollut ns. oma testausosasto, joten testausta on voitu suorittaa paikan päällä yrityksessä. Nykyään erillisestä testausosastosta on luovuttu ja piikkipetitestausta ei käytetä itse yrityksessä, mutta yksi yrityksen alihankkijoista käyttää tätä testaustapaa muutaman eri kortin testaukseen. Uusien elektroniikkakorttien suunnittelussa kortin testausta ei kuitenkaan suunnitella tehtäväksi piikkipetitestauksella vaan uudet kortit testataan yksikkötestausmenetelmällä. Tässä kappaleessa selvitetään piikkipetitesterien käyttökokemuksia yrityksessä. Tiedot on kerätty haastattelemalla yrityksen työntekijöitä, jotka ovat olleet tekemisissä tämän testaustavan kanssa (Haastattelut suoritettu 17.10.2007) (liite 1).

Haastattelemalla yrityksen työntekijöitä, jotka ovat olleet tekemisissä piikkipetitestausten kanssa, selvitettiin mm se, että piikkipetitesteri on erittäin tehokas testaustapa varsinkin silloin, kun testataan suuria sarjoja. Piikkipetitesterillä voidaan testata useita kortteja samanai-

kaisesti, jolloin korttien testaus on erittäin nopeaa. Tässä testaustavassa myös kortin liittämisen testeriin on helppoa ja nopeaa.

Yrityksellä on kuitenkin tarve testata pieniä sarjoja joustavasti useassa eri paikassa, jolloin piikkipetitestausta ei välttämättä ole paras ratkaisu. Yrityksen työntekijöiden kokemuksen mukaan on todettu, että piikkipetitestausta on liian kallis ja monimutkainen menetelmä yrityksen suunnittelemissa korttien testauksessa, koska yrityksen käyttämien elektroniikkakorttien sarjat ovat niin pieniä. Testauksessa on muodostunut ongelmia esimerkiksi sellaisissa tapauksissa, missä jonkin piirilevyllä olevan komponentin jalat ovat vääntyneet, jolloin piikkipedin neulat eivät saaneet kontaktia korttiin. Ongelmaksi muodostui myös se, että jos piirilevyyn jouduttiin tekemään pienikin muutos, täytyy muutos tehdä myös neulapetiin, mikä on erittäin työlästä ja hankalaa. Muutosten teko testeriin on hankalaa varsinkin jos piikkipetitesterissä on useita neulapetejä eli testaan useita kortteja samanaikaisesti, jolloin mahdolliset muutokset täytyy tehdä jokaiseen testeriin olevaan neulapetiin. Kuvassa 1 on esitetty erään piikkipetitesterin testausjärjestelmä.



Kuva 1. Piikkipetitesterin testausjärjestelmä [5].

Piikkipetitesterit ovat mekaanisesti massiivisia, jonka vuoksi testerin suunnittelu ja ylläpito-prosessi on raskasta. Piikkipetitestausta hankaloittaa yrityksen testausprosessia myös sen takia, koska piikkipetitesteri luokitellaan ns. tuotteeksi, jonka vuoksi se vaatii yritykseltä huomatta-

vasti enemmän dokumentointia kuin yksikkötesterit. Koska piikkipetitesterit ovat mekaanisesti hyvin massiivisia, tarvitaan testerin suunnitteluun mekaniikan suunnittelijaa mitä ei tarvita yksikkötesterien suunnittelussa. Myös tämän vuoksi piikkipetitestauksesta on luovuttu. Piikkipetitestauksen ongelmana yrityksessä on ollut myös se, että piikkipedin suunnitteluun ja valmistukseen tarvitaan useita henkilöitä, mutta yksikkötesterin voi periaatteessa suunnitella ja valmistaa yksi henkilö. Kuvassa 2 on esitetty eräs yrityksen käyttämistä piikkipetitesteleistä.



Kuva 2. Piikkipetitesteri.

Näiden kokemusten perusteella yritys on päättänyt käyttämään yksikkötestereitä korttien testaukseen ja todennut, että yksikkötesterien testaustarkkuus on riittävä varmentamaan korttien toimivuus. Jos uusien korttien testausta alettaisiin kuitenkin suunnitella suoritettavaksi piikkipetitesterillä, tulisi testaus ja testerien ylläpito olla kokonaan alihankkijoille kuuluvaa työtä.

4.4 Yksikkötesterin toteutus ja kokemukset

Yrityksessä on alettu käyttämään yksikkötestausta, koska yrityksen käyttämien elektroniikkakorttien sarjakoot ovat niin pieniä, jonka vuoksi esimerkiksi piikkipetitestausten testauskustannukset kasvavat suuriksi. Yksikkötesterien suunnittelu ja valmistus tapahtuu itse yrityksessä, jonka jälkeen yritys toimittaa tarvittavat testerit alihankkijoille, jotka elektroniikkakortit valmistavat. Alihankkijat testaa valmistamiaan kortteja yksikkötestereillä ennen niiden toimittamista yritykseen. Yritys testaa alihankkijoiden toimittamia elektroniikkakortteja yksikkötestereillä myös itse ennen kuin kortit asetetaan asiakkaalle menevään lopputuotteeseen. Haastatella yrityksessä työskenteleviä henkilöitä, jotka ovat käyttäneet yksikkötestereitä, pyrittiin selvittämään onko nykyinen yksikkötestausmalli hyvä menetelmä hoitaa elektroniikkakorttien testaus ja onko nykyisten yksikkötesterien käyttö helppoa vai pitäisikö siihen tehdä jotain muutoksia (Haastattelut suoritettu 17 -18.10.2007) (liite 2). Haastatteluja tehtiin myös yrityksen osto-osaston kanssa eli henkilöiden kanssa, jotka hoitavat yksikkötestaukseen ja elektroniikkaan liittyvät hankinnat (Haastattelut suoritettu 23.10.2007) (liite 3).

Yksikkötesterien käyttäjien kokemukset

Henkilöt, jotka ovat hoitaneet testausta yrityksessä, olivat sitä mieltä, että yksikkötestaus on hyvä tapa hoitaa korttien testaus. Ongelmia testauksessa on ilmentynyt ainoastaan ensimmäisillä yrityksessä käytetyillä testereillä, mutta nykyiset testerit ovat toimineet moitteettomasti. Osa testereistä käyttäneistä henkilöistä oli kuitenkin sitä mieltä, että tiettyjä parannuksia testereihin voisi tehdä. Esimerkiksi testerien liittynöistä voisi tehdä yksinkertaisempia siten, että käytettäisiin isompia liittimiä, jolloin liittimien kappalemäärät vähentyisivät. Parannuksia voisi tehdä myös testereihin, joissa testaaja joutuu tekemään optiikan virityksiä testin aikana, koska nykyään tällaisten testereiden käyttäjän pitää tietää melko paljon optiikan testauksesta. Lisäksi testereissä, joissa on mukana optiikkaa, kuluu testaajalta n. 90 % testiin kuluvasta ajasta optiikan viritykseen. Tällaista testausta voisi helpottaa esimerkiksi siten, että testerin ohjelmasta tehtäisiin käyttäjää neuvova, jolloin periaatteessa kuka vain voisi suorittaa testausta yksikölle, jossa on mukana optiikkaa.

Yksikkötestauksessa tarvitaan aina tietokoneella tehtyä testausohjelmaa, jonka avulla testaaja suorittaa testin. Testausohjelman käyttöliittymän tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen,

jotta testaajan on helppo suorittaa tarvittavat testit. Yrityksen työntekijät, jotka testausta suorittavat olivat sitä mieltä, että nykyisten testerien käyttöliittymät ovat hyviä ja yksinkertaisia käyttää. Käyttöliittymä on kuitenkin hieman erilainen jokaisella eri testerillä ja joillakin kortteilla käyttöliittymän ulkonäkö saattaa muuttua paljonkin. Tämän vuoksi joillakin testereillä käyttöliittymän käyttäminen vaatii hieman enemmän työtä ja opettelua. Osa yrityksen testaajista oli sitä mieltä, että käyttöliittymään voisi tehdä kuitenkin pieniä parannuksia esimerkiksi selkeyttämällä käyttöliittymää siten, että kaikki käyttöliittymän painonapit ja toiminnot olisivat selkeämmin esillä eikä niitä tarvitsisi etsiä. Käyttöliittymään voisi tehdä myös sellaisen ominaisuuden, että testin jälkeen näytölle ilmestyisi testatun kortin layout ja muut tarvittavat dokumentit testattavasta kortista, eikä testin suorittajan täytyisi etsiä kortin dokumentteja monesta eri paikasta, jonka vuoksi ohjelman käyttö hankaloituu.

Testauksen jälkeen testiohjelma tulostaa raportin, mistä näkee testin tulokset. Yrityksen testaajat olivat tyytyväisiä ohjelman raportointiin ja heidän mielestään raportit ovat selkeitä ja testin tulokset ovat helposti luettavissa. Jos testattava kortti menee testistä läpi, niin testaajan täytyy tulostaa ns. laitekilpi kortista, missä näkyy mm. kortin sarjanumero. Tätä asiaa raportoinnista voisi parantaa sellaiseksi, että ohjelma tulostaisi laitekilven automaattisesti jos kortti läpäisee testin, eikä testerin käyttäjän tarvitsisi tehdä sitä erikseen.

Osto-osaston näkökulma yksikkötestauksesta

Yrityksen osto-osasto hoitaa tarvittavien elektroniikkakorttien oston alihankkijalta sekä hoitaa yksikkötestereiden valmistukseen tarvittavien materiaalien hankinnat. Yrityksen käyttämät elektroniikkakortit ostetaan alihankkijalta valmiiksi testattuina. Nykyään yrityksessä käy valittavan usein niin, että elektroniikkakortit kehittyvät, mutta korttien vaatimat testerit valmistuvat huomattavasti myöhemmin. Kysyttäessä yrityksen osto-osastolta, miten paljon tämä hankaloittaa elektroniikkakorttien hankintaprosessia, olivat työntekijät sitä mieltä, että se hankaloittaa ostoprosessia huomattavasti ja olisi paljon helpompaa, jos testerit valmistuisivat samaan aikaan uuden elektroniikkakortin kanssa. Testerien valmistuminen elektroniikkakorttien perässä, hankaloittaa ostoprosessia, koska osto-osasto ei voi hoitaa testerien tarvitsemien materiaalien ja elektroniikan ostoa ajoissa, jonka vuoksi elektroniikkakortteja ei voida testata heti niiden valmistuttua. Lisäksi se hankaloittaa ostoprosessia sen takia, että osto-osasto ei voi ostaa alihankkijalta elektroniikkakortteja valmiiksi testattuina, jos yritys ei ole pystynyt

toimittamaan heille tarvittavaa testeriä. Siinä tapauksessa, jos korttiin tulee jossain vaiheessa muutoksia, ei testerin tarvitse välttämättä olla valmis samaan aikaan uudistuneen kortin kanssa. Kuitenkin joskus käy myös niin, että elektroniikkakorttiin on tehty muutoksia ja vasta paljon myöhemmin on alettu miettimään, miten se vaikuttaa testeriin. Eli jos korttiin tulee muutoksia, ei testeriin tarvittavien muutosten tekoon saa mennä liian kauan.

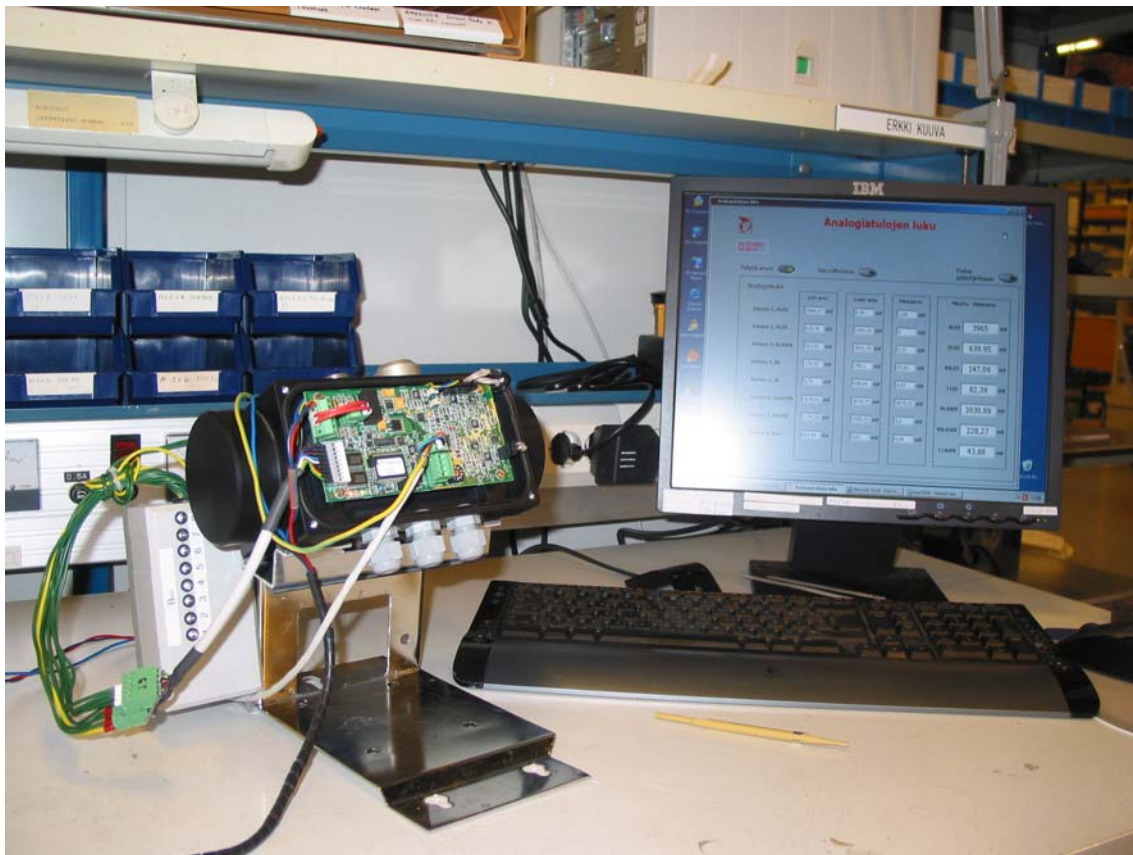
Osto-osaston työntekijät olivat myös sitä mieltä, että testerien suunnittelussa on paras käyttää elektroniikkakortin suunnittelijaa. Näin saadaan aikaan parempi lopputulos, kuin tapauksissa, jossa yrityksen alihankkija hoitaa testerin suunnittelun. Kortin suunnittelija tuntee kortin ominaisuudet kuitenkin paremmin kuin joku ulkopuolinen henkilö. Alihankkijaa voidaan kuitenkin käyttää testerien suunnittelussa, jos kortin suunnittelija tekee tarpeeksi tarkat spesifikaatiot kortin ominaisuuksista ja listaa tarkasti asiat, mitä kortilta pitää testata. Kysyttäessä ostos-työntekijöiltä mielipidettä siitä, onko yksikkötestaus hyvä menetelmä hoitaa korttien testaus, olivat he sitä mieltä, että näin pienillä kortti määrillä se on hyvä menetelmä ja huomattavasti parempi, kuin esimerkiksi piikkipetitestausta.

Osto-osaston mielestä yksikkötestausprosessia voisi parantaa siten, että testerit suunniteltaisiin riittävän aikaisessa vaiheessa, kun uusia elektroniikkakortteja suunnitellaan, jolloin testerit eivät jäisi jälkeen korttien kehittyessä. Kysyttäessä ostolta, voisiko elektroniikkakorttien suunnittelija tehdä jotain asioita paremmin helpottaakseen ostos-osaston töitä, olivat he sitä mieltä, että kortin suunnittelijan täytyisi ottaa testipisteet hyvin huomioon ja varmistaa, että kortilla on riittävästi testipisteitä. Lisäksi kortin suunnittelijoiden pitäisi varmistaa komponenttien saatavuus, ettei käy niin, että jonkin kortilla olevan komponentin saatavuus loppuu kesken. Samalla pitäisi varmistaa, että kortilla käytettyjä komponentteja saa usealta eri valmistajalta.

4.5 Yksikkötesterin toteutus

Yksikkötestaus koostuu testattavasta elektroniikkakortista, tietokoneesta ja oheiselektronikasta, mitä testerin valmistamiseen tarvitaan. Oheiselektronikka voi olla esimerkiksi kuormitusvastuksia ym. komponentteja, millä testattavan kortin toiminta saadaan todettua. Kuitenkaan kaikissa tapauksissa tietokone ja oheiselektronikka eivät riitä, vaan testausta varten täytyy valmistaa testijägi. Joissakin tapauksissa testin suorittamiseen tarvitaan esimerkiksi anturin

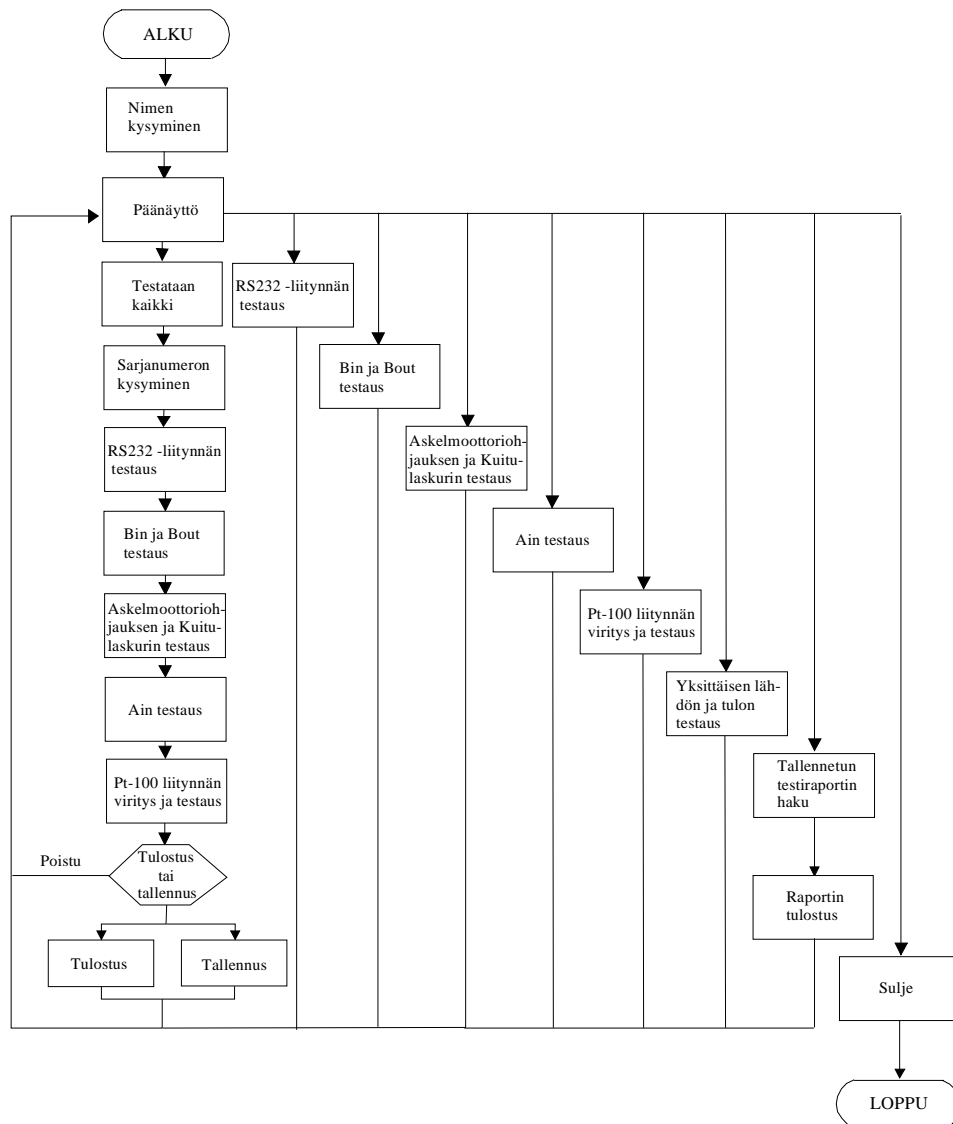
runkoa, johon testattava kortti kuuluu lopputuotteessa. Anturin runkoa voidaan tarvita esimerkiksi sellaisissa tapauksissa, kun kortilta täytyy testata optiikan toimintaa. On myös tapauksia, jossa kortti testataan jigien avulla, jolloin voidaan varmistaa kyseisen kortin toimivuus, mutta kortti ei välttämättä olekaan toiminut oikein kun se on asetettu lopputuotteena olevaan anturiin. Tällaisissa tapauksissa voisi olla hyvä ratkaisu testata kortti suoraan asiakkaalle menevässä anturissa, jolloin saataisiin varmistettua, että kyseinen kortti toimii kyseisessä anturissa. Kuvassa 3 on esimerkki yksikkötestausympäristöstä, jossa tarvitaan ohiselektronikkaa, tietokoneen ja testattavan kortin lisäksi myös testijigiä ja anturin runkoa.



Kuva 3. Yksikkötestauksen testausympäristö.

Käytettäessä jigii testauksen apuna on testiympäristö aina hieman erilainen, mistä johtuu se, että testi on vaikea kopioida eli käyttää samaa testiä jossain muualla. Jos kortin testauksen suorittamiseen tarvitaan lopputuotteena olevaa anturia, saattaa saman kortin testaus kahdessa samanlaisessa anturissa antaa erilaiset testaustulokset molemmissa antureissa. Tämän takia tapauksissa, joissa testauksen apuna tarvitaan lopputuotetta, pyritään testauksella varmistamaan, että testattava kortti mittaa tietyissä rajoissa, koska kortti joudutaan kuitenkin kalibroimaan asiakkaalle menevässä lopputuotteessa.

Yksikkötesterit ovat aina korttikohtaisia, eli jokaiselle erilaiselle kortille joudutaan suunnittelemaan uusi testeri ja uusi testiohjelma. Yksikkötestauksessa olisi kuitenkin hyvä pyrkiä sellaiseen ratkaisuun, jolloin voitaisiin käyttää mahdollisimman pitkälle samaa ohjelmistoa ja samaa testeriä. Testiohjelman teko on usein monimutkaista ja vaikeaa, minkä vuoksi tulisi pyrkiä hyödyntämään mahdollisuuksien mukaan vanhoja testiohjelmiä. Tämän vuoksi erittäin tärkeä osa yksikkötestausta, on tietokoneella oleva testausohjelma, jonka avulla testaus saadaan suoritettua. Testausohjelman avulla ohjataan kaikki toiminnot, mitä kortilta testataan ja ohjelman avulla luetaan näytölle testaustulokset. Testausohjelman tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen ja helppokäyttöinen, jotta testaajan olisi helppo suorittaa kortin testaus. Kuvassa 4 on esitetty erään testausohjelman toiminta vuokaaviona.



Kuva 4. Testausvuokaavio [6].

Haastatteleamalla testausohjelman tekijää eli ohjelmoijaa pyrittiin selvittämään, mitä asioita testausohjelmasta voisi tehdä paremmin ja mitä asioita vanhasta ohjelmasta voi hyödyntää suunniteltaessa uusia testereitä (Haastattelu suoritettu 8.10.2007) (liite 4). Ohjelmoijan mukaan yrityksen nykyiset elektroniikkakortit ovat liian erilaisia, jotta voitaisiin käyttää vanhaa ohjelmaa uudelle testerille. Nykyään vanhaa ohjelmaa käytetään kuitenkin pohjana suunniteltaessa uutta ohjelmaa uudelle testerille. Tietyissä tilanteissa osan ohjelmasta voi hyödyntää uudelle testerille, mutta ohjelma on käytävä läpi erittäin tarkasti. Esimerkiksi testaajalle näkyvä käyttöliittymä ja tulossivut voidaan hyödyntää tehtäessä ohjelmaa uudelle testerille. Kuitenkin käytettäessä vanhaa käyttöliittymää uudelle testerille, täytyy käyttöliittymään tehdä yleensä muutoksia. Yhden käyttöliittymän käyttö usean eri kortin testaukseen on myös erittäin hankalaa, koska tällaisessa tapauksessa itse ohjelmiston koko paisuisi liian suureksi ja ohjelmiston päivitys hankaloituisi.

Ohjelmoijan mielestä nykyinen yksikkötestausplatform on hyvä menetelmä hoitaa korttien testaus, mutta ohjelmistoa voisi hieman nykyaikaistaa. Ohjelmoijan mukaan testausohjelma pitäisi suunnitella ajan kanssa uudestaan eikä tehdä aina vanhan päälle ja uuden ohjelmiston suunnittelussa tulisi käyttää kokenutta ohjelmoijaa. Syy miksi uudet ohjelmat tehdään nykyään vanhan päälle, johtuu ajan puutteesta ja siitä, että on kuviteltu, että tällainen ratkaisu säästää aikaa. Aikaa ei kuitenkaan välttämättä säästetä, koska ohjelmat ja ohjelmointitavat kehittyvät, jolloin uusien ohjelmien teko vanhojen päälle saattaa aiheuttaa ongelmia ja hidastaa ohjelmien tekoa.

Jos ohjelmisto suunniteltaisiin kokonaan uudestaan, voisi se helpottaa testausohjelmien tekoa tulevaisuudessa merkittävästi, koska testausohjelman rakenteesta voitaisiin tehdä sellainen, että sitä voitaisiin hyödyntää paremmin useammilla testereillä. Nykyinen testausohjelmisto on tehty ns. silmukkarakenteella, minkä vuoksi ohjelmistoa on hankala hyödyntää usealla eri testerillä. Jos ohjelmisto suunniteltaisiin uusiksi, kannattaisi ohjelmiston pohjana käyttää ns. event-rakennetta, joka poikkeaa nykyisestä silmukkarakenteesta huomattavasti. Siirtymällä event-rakenteeseen olisi ohjelmiston ominaisuuksien hyödyntäminen tulevaisuudessa eri testerille paljon helpompaa. Ohjelmistoissa käytetään silmukkarakennetta sen takia, koska event-rakenne on suhteellisen uusi asia, eikä sitä ole ollut silloin kun ensimmäiset ohjelmat on tehty. Nykyiset ohjelmistot olisi myös hyvä pilkkoa pienempiin osiin eli aliohjelmiin, jolloin ohjelmiston uudelleen käytettävyyys uusille testereille helpottuisi huomattavasti.

Ohjelmiston silmukkarakennemalli, jota nykyään käytetään, toimii siten, että ohjelma pyörii kokoajan ns. silmukassa ja tarkistaa jatkuvasti, onko ohjelman käyttäjä antanut mitään kommentoa. Tästä voi syntyä ylimääräistä viivettä ohjelman toiminnalle ja tämän takia ohjelma tekee koko ajan turhaa työtä ja kuormittaa tietokonetta. Event-rakenteella ohjelman koodista saadaan yksinkertaisempi, tehokkaampi ja joustavampi. Event-rakenteella ohjelman käyttäjän toiminnot synkronoituvat paremmin, koska ohjelma tekee työtä vasta kun käyttäjä antaa jonkin komennon. Näin ollen ohjelman toimiessa event-rakenteella ohjelma ei tee turhaa työtä eikä näin ollen kuluta turhaan tietokoneen resursseja. Yhtenä event-rakenteen etuna voidaan pitää myös sitä, että tässä mallissa ohjelma suorittaa varmasti sille annetut toiminnot, kun taas silmukkarakenteessa silmukka saattaa jättää joitakin pieniä komentoja suorittamatta.

Nykyisessä testausohjelmistossa huonona puolena on myös tulosten raportointi. Ohjelmoijan kannalta raporttien muokkaus ja kopiointi on hankalaa, jonka vuoksi kannattaisi miettiä esimerkiksi html-pohjaa ja käyttää ohjelmiston omia raporttipohjia, jolloin raporttien kopiointi ja muokattavuus helpottuisi. Nykyään ohjelmistossa käytetään itse suunniteltua raportointia. Jos ohjelmistossa päätettäisiin ryhtyä käyttämään valmiita raporttipohjia, täytyisi raportointi tehdä alusta asti uudestaan.

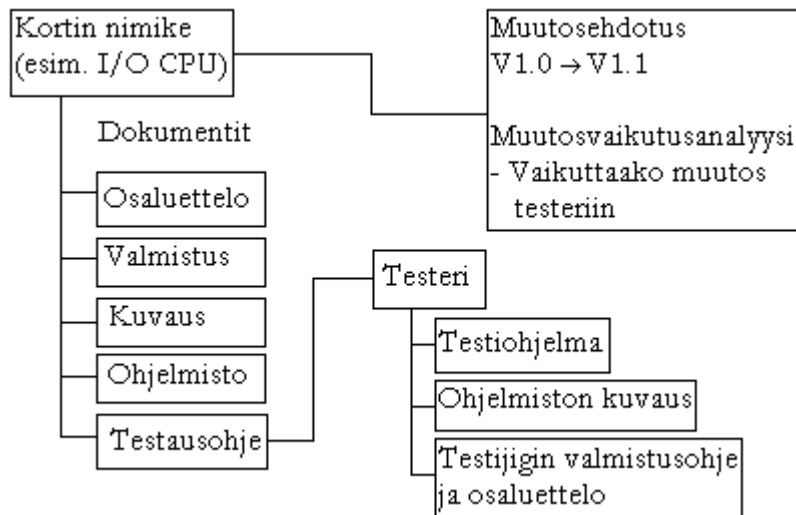
Nykyiset testausohjelmistot ja testerit ovat sellaisia, että kortin testaajan pitää vahtia testausprosessia kokoajan. Ohjelmistosta ja testeristä olisi hyvä saada sellainen että testerit laitetaan suorittamaan testi ja testin päätyttyä ohjelma ilmoittaa menikö testattava kortti testistä läpi vai ei, eikä testiä tarvitsisi seurata vierestä koko ajan. Jotta testereistä saataisiin tällaisia, vaatisi ne kuitenkin jonkin verran uutta laitteistoa.

Tärkein asia, mikä helpottaa testereiden suunnittelua ja testausohjelman tekoa on kuitenkin se että, elektroniikkakortin suunnittelijan tulisi kortin suunnitteluvaiheessa miettiä tarkasti, miten kortti tulee testata. Valitettavan usein tämä asia pääsee kuitenkin unohtumaan ja kortin testausta ruvetaan miettimään vasta siinä vaiheessa kun kortti on jo valmis. Jos kortin testausta ei mietitä kortin suunnitteluvaiheessa, vaikeutuu testaus tulevaisuudessa huomattavasti.

Testerien ylläpito

Testerien ylläpito on yksi asia, mikä vaatii paljon työtä yrityksessä. Yrityksen täytyy huolehtia, että testerit ovat aina ajan tasalla. Jos esimerkiksi johonkin elektroniikkakorttiin on tehty

muutoksia täytyy myös testeriin tehdä tarvittavat muutokset, jotta testaus voidaan suorittaa. Kuvassa 5 on esitetty kaavio yrityksen tuotetiedon hallinnasta, mistä näkee miten testerien ylläpidosta huolehditaan.



Kuva 5. Tuotetiedon hallinta.

Yrityksessä huolehditaan testerien ylläpidosta tuotetiedon hallinnan avulla. Tuotetiedon hallinta on järjestelmä, missä ylläpidetään kaikki tiedot elektroniikkakorteista sekä testereistä. Kun uusi elektroniikkakortti valmistuu, tallennetaan kortin nimike järjestelmään. Kortin nimikkeen alta löytyy dokumentteja, joista tarvittavat tiedot kortista löytyvät. Nimikkeen alta löytyy osaluettelo, tiedot kortin valmistuksesta, kuvaus kortista, kortin ohjelmisto ja kortin testausohje. Osaluettelosta selviää kaikki kortilla käytetyt komponentit ja tarvikkeet. Valmistus -kohdasta löytyy esimerkiksi komponenttien paikat piirilevyllä ym. tietoa piirilevystä. Kuvaus kohdasta löytyy kaikki kortilla olevat toiminnot ja kuvaukset kortin sähköisistä ominaisuuksista. Ohjelmisto kohdasta selviää, millainen on kortin mikropiirin sisältämä ohjelma. Testausohje kohdasta löytyy ohjeet, miten kortti tulee testata.

Testausohjeet -kohta on linkitetty paikkaan, mistä löytyvät tiedot kortin testeristä. Testeri -kohdasta löytyy tiedot testiohjelmasta, mistä selviää millainen ohjelmisto testerillä on. Testeri -kohdasta löytyy myös tarkka kuvaus ohjelmistosta. Lisäksi testeri -kohdasta selviää tarvittavan testijigin valmistusohje sekä osaluettelo testerin valmistukseen tarvittavista osista.

Kortin nimike on myös linkitetty kohtaan muutosehdotus. Jos korttiin tulee muutoksia, käynnistetään ns. muutoksenhallintaprosessi. Muutoksenhallintaprosessissa ensimmäisenä tehdään muutosehdotus eli kerrotaan mitä muutoksia kortille täytyy tehdä. Tämän jälkeen

tehdään muutosvaikutusanalyysi, mikä on valmis lomake, jossa kysytään useita kysymyksiä mm. siitä mikä muutos kortille pitää tehdä ja miten se vaikuttaa testeriin. Tuotetiedon hallinta on siis erittäin looginen järjestelmä, missä yhdestä paikasta saadaan helposti kortin nimikkeen perusteella kaikki tarvittavat tiedot kortista sekä testeristä ja näin ollen voidaan helposti seurata ja hoitaa testerien ylläpitoa.

5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tuloksena selvitettiin, kannattaako yrityksen käyttää elektroniikkakorttien testaukseen yksikkötestausmenetelmää vai piikkipetitestausta ja kannattaako valittuun testausmenetelmään tehdä mahdollisesti joitakin muutoksia, jotta testauksen laatu paranisi entisestään. Asiaa selvitettiin, koska elektroniikkakorttien testauksella on hyvin suuri merkitys tuotteen valmistuskustannuksissa. Lisäksi testaamalla saatu tieto on erittäin oleellista ja tärkeää mm. tuotekehityksen ja tuotteiden laadun kannalta. Koska testauksella on hyvin suuri merkitys yrityksen toiminnan kannalta, on erittäin tärkeää, että yrityksen käyttämä testausmenetelmä on sopiva täyttämään yrityksen vaatimat testaustarpeet. Työn tuloksena selvisi, että yksikkötestaus on tässä yrityksessä huomattavasti parempi menetelmä hoitaa elektroniikkakorttien testaus kuin piikkipetitestausta.

5.1 Tulokset organisaation toiminnan kannalta

Tuloksissa päädyttiin yksikkötestaukseen, koska yksikkötestereiden suunnittelu ja toteutus on helppoa, eikä se vaadi paljoa työtä, verrattuna piikkipetitestereiden suunnitteluun ja toteutukseen. Yksikkötestereiden suunnittelun ja valmistuksen voi hoitaa periaatteessa yksi henkilö, kun taas piikkipetitestereiden suunnittelu ja toteutus vaatii useita henkilöitä. Piikkipetitesterien suunnitteluun ja valmistukseen tarvitaan mekaniikan suunnittelijaa, joka hoitaa tarvittavien osien suunnittelun ja dokumentoinnin, testausohjelman tekijää, elektroniikan suunnittelijaa, joka hoitaa piikkipetitesterien sisäisten elektroniikkakorttien suunnittelun ja korttien kytkennät sekä testerin vaatiman oheiselektroniikan tekijää ja testerin sisältämien elektroniikkakorttien sisäisten ohjelmien tekijää. Yksikkötestereiden käyttö ja ylläpito on myös huomattavasti helpompaa, kuin piikkipetitestereiden. Piikkipetitesterit ovat mekaanisesti erittäin massiivisia, jonka vuoksi niiden ylläpito vaatii paljon työtä ja mekaniikan tuntemusta. Yksikkötesterit ovat taas hyvin yksinkertaisia, verrattuna piikkipetitestereihin, eikä niiden ylläpito vaadi erikoisosaamista. Myös muutosten teko yksikkötestereihin on helppoa, eikä vaadi paljoa työtä verrattuna piikkipetitestereihin. Muutosten teko yksikkötestereihin on myös paljon halvempaa kuin muutosten teko piikkipetitestereihin. Yrityksen osto-osaston kannalta on myös paljon parempi vaihtoehto käyttää elektroniikkakorttien testaukseen yksikkötestausta piikki-

petitestauksen sijaan. Tämä johtuu siitä, että yksikkötesterit ovat rakenteeltaan huomattavasti yksinkertaisempia, jonka vuoksi yksikkötestaukseen liittyvien materiaalien hankinta on helpompaa.

5.2 Tulokset toteutukseen käytetyn teknologian kannalta

Tiettyihin asioihin yksikkötestauksessa, voisi kuitenkin tehdä muutoksia, jotta testauksesta saataisiin entistä parempaa. Kaikki yrityksen käyttämät elektroniikkakortit sisältävät tiettyjä erikoisominaisuuksia, jonka vuoksi kaikilla korteilla on erilaiset testaustarpeet. Erilaisten testaustarpeiden vuoksi, jokaiselle elektroniikkakortille täytyy suunnitella ja valmistaa oma testeri. Tähän asiaan voisi kuitenkin kehittää ratkaisun, jolla yksikkötestereistä saataisiin sellaisia, että yhtä testeriä voitaisiin hyödyntää mahdollisimman paljon eri elektroniikkakorteilla. Tärkein kehitystarve yksikkötestauksessa on kuitenkin testausohjelmisto. Testausohjelmisto tulisi suunnitella kokonaan uudestaan, jolloin sen rakenne voitaisiin muuttaa sellaiseksi, että yhtä ohjelmistoa pystyttäisiin käyttämään usealla testerillä. Nykyisen ohjelmiston rakenteella, on ohjelmaa erittäin hankala hyödyntää usealla eri testerillä. Kehityksen tarpeessa on myös testeri, joissa testauksen aikana täytyy tehdä optiikan virityksiä. Nykyään testaajan täytyy tällaisissa tapauksissa tietää paljon optiikasta. Tällaisista testereistä tulisi kehittää sellaisia, että testaajan ei tarvitsisi olla optiikan ammattilainen, vaan testauksen voisi suorittaa periaatteessa kuka vaan.

6 JATKOKEHITYS

Työn tuloksena selvisi, että yksikkötestaus on tässä yrityksessä parempi menetelmä hoitaa elektroniikkakorttien testaus kuin piikkipetitestausta, mutta yksikkötestaukseen voitaisiin kuitenkin tehdä pieniä muutoksia, jolloin testauksesta saataisiin entistä tehokkaampaa. Seuraavassa, käsitellään jatkokehitysehdotuksia, joiden avulla yksikkötestausmenetelmää voitaisiin parantaa.

Osassa yrityksen käyttämistä yksikkötestereistä, testerin liittynät ovat hieman hankalia, koska liittimien kappalemäärät ovat suuria. Liittynöistä voisi tehdä yksinkertaisempia siten, että käytettäisiin isompia liittimiä, jolloin liittimien kappalemäärät vähentyisivät. Näin testattavan kortin liittäminen testeriin olisi helpompaa. Lisäksi elektroniikkakorttien suunnittelijoiden tulisi ottaa korttien testaus paremmin huomioon jo kortin suunnitteluvaiheessa varmistamalla, että kortilla on riittävästi testipisteitä. Elektroniikkakortin suunnittelijoiden tulisi myös alkaa suunnittelemaan tarvittavaa testeriä jo kortin suunnitteluvaiheessa, jotta testerit valmistuisivat samaan aikaan itse elektroniikkakortin kanssa. Yksikkötestausprosessia voisi parantaa myös siten, että elektroniikkakortin suunnittelija varmistaisi entistä paremmin kortilla käytettyjen komponenttien saatavuuden tulevaisuudessa jo kortin suunnitteluvaiheessa.

Tärkein uudistusta kaipaava tekijä yksikkötestauksessa on testausohjelmisto. Testausohjelmisto kannattaisi suunnitella ajan kanssa kokonaan uudestaan, jolloin ohjelmistoa voisi hyödyntää paremmin ja ohjelmasta saataisiin yhdenmukaisempi eri testereillä. Pilkkomalla ohjelmisto pienempiin osiin eli aliohjelmiin, pystytään ohjelmistoa hyödyntämään paremmin usealla eri testereillä. Nykyinen ohjelmisto on tehty silmukkarakenteella, mutta jos ohjelmisto tehdään kokonaan uusiksi, kannattaa ohjelmisto tehdä event-rakenteella, jonka avulla ohjelmistoa voi myös hyödyntää paremmin usealla eri testereillä. Myös testausohjelman tulosten raportointia kannattaisi uudistaa. Nykyisen testausohjelmiston tulosten raportointi on ohjelmoijan itse suunnittelema, jonka vuoksi raporttien muokkaus ja kopiointi on hankalaa. Tulosten raportoinnissa saataisiin parempaa käyttämällä raportin pohjina ohjelmiston omia html-pohjia. Testausohjelmistosta voisi tehdä myös testerin käyttäjää neuvova, eli ohjelmisto kertoisi testaajalle, mitä seuraavaksi tulee tehdä. Tällaista ominaisuutta tarvittaisiin ainakin tapauksissa, jossa testauksen mukana on optiikkaa, koska nykyään testauksessa, jossa on mukana optiikkaa, kuluu testaajalta noin 90 % testausajasta optiikan vuritykseen.

Yksikkötestereiden käyttöliittymään olisi myös hyvä tehdä pieniä muutoksia, esimerkiksi tekemällä käyttöliittymästä mahdollisimman yhdenmukainen kaikille eri testereille, jolloin uuden testerin käyttöä ei tarvitsisi opetella erikseen. Käyttöliittymää kannattaisi myös selkeyttää laittamalla kaikki käyttöliittymän painonapit ja toiminnot selkeästi esille. Yksikkötestereiden ohjelmistoa voisi parantaa myös siten, että kun kortin testaus on suoritettu, ohjelma kävisi automaattisesti hakemassa tietokannoista testatun kortin layoutin ja muut tarvittavat dokumentit, jolloin testin suorittajalle ei muodostuisi ylimääräistä työtä näiden toimenpiteiden tekemiseen.

Tietyissä tapauksissa elektroniikkakorttien testaus täytyy suorittaa yksikkötesterin lisäksi esimerkiksi lopputuotetta vastaavassa anturissa. Testauksen apuna käytetään yhtä anturin runkoa, missä kortit testataan. Tällaisissa tapauksissa testattu kortti ei välttämättä toimi oikein, kun se asetetaan asiakkaalle menevään anturiin vaikka se onkin toiminut oikein testissä. Testausta voitaisiin helpottaa ja testauksen työmäärää vähentää tällaisissa tapauksissa siten, että testattava kortti testattaisiin suoraan asiakkaalle menevässä anturissa.

Kaikilta yrityksen käyttämiltä elektroniikkakorteilta, testataan aina tietyt perusominaisuudet, kuten käyttöjännitteet. Näiden lisäksi, jokaisella eri kortilla on tietyt erikoisominaisuudet, jotka täytyy myös testata. Erikoisominaisuuksien vuoksi, jokaiselle eri kortille täytyy suunnitella oma testerit. Yksikkötestauksessa tulisi kuitenkin pyrkiä pääsemään sellaiseen lopputulokseen, jolloin yhtä testerit voitaisiin hyödyntää mahdollisimman paljon eri elektroniikkakorttien testaukseen. Jotta yhtä testerit voitaisiin hyödyntää paremmin usean eri kortin testauksessa, voisi ongelman ratkaista siten, että suunniteltaisiin yksi testerit ja testausohjelmisto, joilla testattaisiin jokaiselta eri kortilta pelkästään kortin perusominaisuudet, koska ne ovat jokaisella kortilla samat. Samaan testausohjelmistoon voitaisiin taas tehdä ominaisuus, jonka avulla jokaiselta eri elektroniikkakortilta voitaisiin testata sen vaatimat erikoisominaisuudet. Tällaisella ratkaisulla ei jokaiselle eri elektroniikkakortille tarvitsisi suunnitella uutta testerit alusta asti, vaan riittäisi, että kortin erikoisominaisuuksia varten suunniteltaisiin sen vaatima testerit. Näin saataisiin myös testerien suunnitteluun ja valmistukseen kuluvaa aikaa vähennettyä. Aikaa säästyisi myös ohjeistamalla koko yksikkötestaukseen liittyvä prosessi, esimerkiksi kuvaamalla testausprosessi vuokaavion avulla.

7 YHTEENVETO

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää yrityksen elektroniikkakorttien testaukseen käytettyjen piikkipetitestauksen ja yksikkötestauksen hyviä ja huonoja puolia, sekä tehdä näiden tietojen avulla päätös siitä, kumpaa testausmenetelmää yrityksen kannattaa käyttää. Valitusta testausmenetelmästä tuli myös tehdä jatkokehitysehdotuksia siitä, miten testausta voitaisiin parantaa.

Tietoja yksikkötestauksesta ja piikkipetitestauksesta kerättiin haastattelemalla yrityksen työntekijöitä, jotka ovat olleet tekemisissä näiden testausapojen kanssa. Näiden tietojen perusteella syntyi päätös siitä, kumpaa testausmenetelmää kannattaa käyttää ja mitä parannuksia valittuun testausmenetelmään voidaan tehdä.

Työn tuloksena selvisi, että yrityksen kannattaa hoitaa elektroniikkakorttien testaus yksikkötestausmenetelmällä, koska yrityksen käyttämien elektroniikkakorttien sarjakoot ovat niin pieniä, jolloin yksikkötestaus on edullinen ja järkevä tapa hoitaa testaus. Yksikkötestereiden suunnittelu, valmistus ja ylläpito on myös huomattavasti helpompaa kuin vastaavien asioiden hoito piikkipetitestereillä. Työn aikana selvisi myös useita jatkokehitysehdotuksia, joiden avulla yksikkötestauksesta voidaan saada entistä parempaa.

LÄHTEET

- 1 Metso Automation, Kajaani- tuotelinjan esittelyteksti, 2007. [WWW-dokumentti] <http://www.metsoautomation.com/automation/index.nsf/FR?ReadForm&ATL=/automation/pp_prod.nsf/WebWID/WTB-041109-2256F-FE0B8>. (Luettu 1.11.2007)
- 2 Kajaanin ammattikorkeakoulu, elektroniikan testauslaboratorion esittely, 2007, sivu päivitetty 12.3.2007. [WWW-dokumentti] <http://www.kajak.fi/suomeksi/tyoelamapalvelut/teknologian_testaus-_ja_tuotekehityspalvelut/elektroniikan_testauslaboratorio.iw3>.
- 3 Kinnunen, A. Elektroniikan testaustekniikan perusteet v1.4, 13.1.2004
- 4 Wilhelmsson, T. Rudanko, M. Tuotevastuu. 2004. Talentum, ISBN 952-14-0902-9.
- 5 Metso Automation, Kajaani-testi -testausjärjestelmä, asennus- ja käyttöohje.
- 6 Kempainen J. I/O CPU -kortin testausohjelma. 2004.

LIITTEET

1. Piikkipetitesterien toteutus ja kokemukset haastattelun, kysymykset.
2. Yksikkötesterien toteutus ja kokemukset haastattelun, kysymykset.
3. Osto-osaston näkökulma yksikkötestauksesta haastattelun, kysymykset.
4. Yksikkötesterien toteutus ohjelmoijan kannalta haastattelun, kysymykset.

Piikkipetitesterien toteutus ja kokemukset haastattelun kysymykset

1. Milloin piikkipetitestausta on alettu käyttämään elektroniikkakorttien testaukseen Metso Automation, Kajaanin yksikössä?
2. Mitä etuja/hyviä puolia piikkipetitestauksessa oli?
3. Mitä haittoja/huonoja puolia piikkipetitestauksessa oli?
4. Miksi piikkipetitestauksesta on päätetty luopua?
5. Miten ja missä piikkipetitestausta toteutettiin?
6. Kumpi menetelmä soveltuu paremmin ja miksi, yrityksen käyttämien elektroniikkakorttien testaukseen, yksikkötestaus vai piikkipetitestausta?
7. Käyttökokemuksia ja mielipiteitä, piikkipetitestauksesta?

Yksikkötesterien toteutus ja kokemukset haastattelun kysymykset

1. Onko nykyinen yksikkötestausmalli hyvä menetelmä hoitaa elektroniikkakorttien testaus?
2. Onko asioita mitä yksikkötestauksessa voisi tehdä paremmin, jos on niin mitä?
3. Onko yksikkötesterien käyttöliittymä riittävän selkeä ja helppokäyttöinen ja voisiko sitä jotenkin parantaa?
4. Onko yksikkötestauksen raportointi hyvää ja voisiko sitä jotenkin parantaa?
5. Käyttökokemuksia ja mielipiteitä, yksikkötestauksesta?

Osto-osaston näkökulma yksikkötestauksesta haastattelun kysymykset

1. Elektroniikkakortit kehittyvät, mutta tarvittavat testerit valmistuvat perässä. Miten paljon tämä hankaloittaa osto-osaston ostoprosessia?
2. Onko osto-osaston kannalta parempi vaihtoehto, että elektroniikkakortin suunnittelija suunnittelee kortin lisäksi, myös tarvittavan testerin, vai olisiko parempi jos yrityksen alihankkija hoitaisi testerien suunnittelun?
3. Osto-osaston mielipiteet, yksikkötestauksesta. Onko hyvä vai huono tapa hoitaa elektroniikkakorttien testaus?
4. Onko jotain asioita, mitä testerien suunnittelijoiden tulisi tehdä paremmin, jotta se helpottaisi ostoprosessia?
5. Olisiko parempi jos yrityksen testaustarpeet hoidettaisiin jollakin muulla menetelmällä yksikkötestauksen sijaan?

Yksikkötesterien toteutus ohjelmoijan kannalta haastattelun kysymykset

1. Kuinka helposti testausohjelmisto on hyödynnettävissä, suunniteltaessa uutta ohjelmaa uudelle testerille?
2. Kuinka paljon muutoksia vanha ohjelmisto vaatii, jos sitä käytetään uuden testerin ohjelmiston pohjana?
3. Millaisia nämä muutokset ovat?
4. Onko nykyinen ohjelmiston rakenne hyvä, suunniteltaessa testausohjelmistoa testerille?
5. Mitä asioita ohjelmoijan kannalta voisi parantaa yksikkötestauksessa?