



Ville Virolainen

Kokoonpanotyöhön perehdytys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

20.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Ville Virolainen
Otsikko:	Kokoonpanotyöhön perehdytys
Sivumäärä:	29 sivua
Aika:	20.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Opettaja Tuomas Leppänen Test Development Manager Janne Kuusivaara

Työn aiheena oli suunnitella työhön perehdytysmateriaali GPV Finlandin testauskehityksen kokoonpanotyöntekijöille. Työhön perehdyttämismateriaalin tarkoitus on tutustuttaa uudet työntekijät tuotannosta testaamiseen käytettäviin testifikstureiden kokoonpanoon ja rakenteeseen. Perehdytysmateriaalin tavoitteena on minimoida testilaittekoonnassa testifikstureiden kasauksessa tapahtuneita virheitä, joita uudet työntekijät tekevät kokemuksen puutteen takia.

Työssä tarkastellaan GPV:n toimintaa, miten piirilevyjä tuotannossa valmistetaan. Tarkastellaan myös tapoja, miten tuotannossa piirilevyjä voidaan testata toimivaksi. Tässä työssä tarkastellaan myös, miten testifiksturet tehdään aloittaen asiakkaan tilauksesta suunnitteluun, suunnittelusta kokoonpanoon ja kokoonpanon jälkeen ylösajoon. Testifikstureihin tutustumisen jälkeen perehdytään, millainen on hyvä perehdytysmateriaali, jonka jälkeen käydään läpi, millainen perehdytysmateriaali tehtiin GPV:n testifikstureiden kokoonpanoon.

Työn tuloksena valmistui perehdytysmateriaali testifikstureiden kokoonpanoon, jonka avulla voidaan tutustuttaa uudet työntekijät testifikstureiden rakenteeseen ja kuinka niitä kasataan.

Avainsanat: fiksture, piirilevy

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Ville Virolainen
Title: Orientation for fixture assembly
Number of Pages: 29 pages
Date: 20 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Engineering
Supervisors: Tuomas Leppänen, Senior Lecturer
Janne Kuusivaara, Test Development Manager

The purpose of this thesis work was to create an orientation material for printed circuit board test fixture assembly for a company called GPV Finland. This material is needed because there are frequent new employees in the test fixture assembly team and the company wants to minimize the effect of inexperienced assembly personnel.

This thesis clarifies electronic manufacturing at GPV, ways to do production testing, the purpose of production testing and how a test fixture works. How the process of test fixture goes through from customer's order to planning the fixture, to assembly, and finally debugging the fixture, is also considered. After that thesis discusses what makes a good orientation material and what kind of material was produced for the test fixture assembly team at GPV.

The result is an orientation material for test fixture assembly, helping to introduce new workers to the assembly of test fixtures.

Keywords: Test fixture, printed circuit board

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tuotantotestaus	2
2.1	Testauksen merkitys	2
2.2	Tuotannon testaamisen tapoja	3
2.2.1	Automated Optical Inspection	3
2.2.2	Röntgentarkastus	3
2.2.3	In Circuit Testing	4
2.2.4	Flying Probe	5
2.2.5	Functional Circuit Tester	5
3	GPV-tuotanto	6
3.1	Piirilevytuotannon linjasto	6
3.2	Testifikstureiden tuotanto	8
4	Testilaitteisto	11
4.1	Testiasema	11
4.2	Testifiksture	16
5	Fiksturen kokoonpano	17
5.1	Kokoonpanon työvaiheet	18
5.2	Useimmin esiintyvät virheet kokoonpanossa	21
6	Perehdytys ja työhön opastaminen	21
6.1	Perehdytys	21
6.2	Työhön opastus	22
6.3	Nykyinen perehdytys	23
6.4	Perehdytysmateriaali	23
7	Toteutuma	24
8	Yhteenveto	26
	Lähteet	1

Lyhenteet

- AC: *Alternate Current*. Vaihtovirta, sähkövirta, jonka suunta vaihtelee ajan funktiona.
- AOI: *Automated Optical Inspection*. Automaattinen optinen tarkistus, tuotannon testaamisen tapa, jossa kuvallisesti tarkistetaan tuote.
- CEM-1: *Composite Epoxy Material*. Komposiittiepoksi, materiaali, jota fiksturen kokoonpanossa käytetään.
- DAQ: *Data Acquisition*. Datan mittaamisjärjestelmä testitolpassa.
- DC: *Direct Current*. Tasavirta, sähkövirta jonka suunta ei muutu vaan kulkee samansuuntaisesti.
- DMM: *Digital Multimeter*. Digitaalinen yleismittari testitolpassa.
- DSO: *Digital Source Oscilloscope*. Digitaalinen oskilloskooppi testitolpassa.
- DUT: *Device Under Test*. Piirilevy, jota testataan testifiksturessa.
- EGS: *Electrical Grade Silicone*. Kemiallisesti puhdistettua silikonia, jota käytetään testifikstureissa.
- ELD: *Electronic Load*. Sähköinen kuormavastus testitolpassa.
- ESD: *Electrostatic Dissipative*. Sähköstaattinen purkaus, eli toisinsanoen hankaussähkö.
- FCT: *Functional Circuit Testing*. Toiminnallinen tapa testata piirilevyjä.

- GEN: *Functional Generator*. Funktiogeneraattori, jonka avulla voidaan luoda signaalimuotoja.
- ICT: *In Circuit Testing*. Piirilevyjen testaustapa, jossa mitataan määreitä piirilevyillä.
- LED: *Light Emitting Diode*. Valoa säteilevä diodi.
- PC: *Personal Computer*. Yleiskäyttöinen tietokone.
- PCBA: *Printed Circuit Board Assembly*. Piirilevy, joka yhdistää komponentit, jotka on piirilevyille asennettu.
- PDU: *Power Distribution Unit*. Tehonjakeluyksikkö, joka jakaa sähkövirtaa mittalaitteille.
- SMT: *Surface Mounted Technology*. Elektronisia pinta-asennettavia komponentteja.
- SMU: *Source Measure Unit*. Jännite- ja mittalähde, joita käytetään testitilpassa.
- SPI: *Solder Paste Inspection*. Juotostinan tulosteen tarkistava laite.
- USB: *Universal Serial Bus*. Sarjaväyläarkkitehtuuri, jonka avulla oheislaitteita voidaan liittää tietokoneeseen.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena on tehdä perehdytysmateriaali testifikstureiden kokoonpanoon GPV Finland Oy:lle. Materiaalin tavoite on helpottaa uusia työntekijöitä aloittamaan testifikstureiden kokoonpano, vähentää kokoonpanossa syntyviä virheitä ja tarjota tietoa testifikstureiden kokoonpanoon.

GPV Finland Oy on osa kansainvälistä GPV Groupia, joka on Euroopan suurin elektroniikan sopimusvalmistaja. GPV, alkuperäiseltä nimeltään Glostrup Plade Vaerksted, on perustettu vuonna 1961 Tanskassa ja myöhemmin levittänyt toimintaansa kolmeentoista maahan. Tammikuussa 2023 GPV Group yhdistyi Enics Groupin kanssa, jolloin Suomessa toiminut Enics Finland Oy tuli osaksi GPV Groupia. GPV tarjoaa asiakkailleen ratkaisuja, kuten uusien elektronisten tuotteiden suunnittelua, nopeaa prototyypivalmistusta, kaapelijärjestelmien valmistusta, elektroniikan sopimusvalmistusta ja testilaitteiden suunnittelua, kehitystä ja valmistusta.

GPV:n testauskehityksessä suunnitellaan ja rakennetaan ratkaisuja asiakkaiden elektronisten piirilevyjen automaattiseen testaamiseen. Rakennettavia testifikstureita käytetään helpottamaan ja nopeuttamaan tuotannossa valmistettujen piirilevyjen testaamista, varmistamaan valmistettujen piirilevyjen toimintaa ja laatua ja joissakin testifikstureissa ohjelmoimaan piirilevy testauksen yhteydessä. GPV:llä on useita asiakkaita elektroniikan alalla ja valmistettävien piirilevyjen käyttökohteet vaihtelevat, jolloin jokaisen testifiksturen kokoonpano ja asennettava laitteisto on erilainen.

Lohjan tehtaan kokoonpanotiimissä on viime vuosina työntekijöiden vaihtuvuus ollut yleistä eikä uusille työntekijöille ole ohjeistusta, miten testifikstureiden kokoonpano tehdään. Uusien työntekijöiden tekemissä ensimmäisissä testifikstureissa on useimmiten eniten virheitä, mutta virheiden määrä vähenee kokemuksen lisääntyessä. Ennen testifikstureiden asiakkaalle lähettämistä testifiksturet ylösajetaan ja ylösajon aikana kokoonpanossa syntyneet virheet paikannetaan ja

korjataan. Perehdytysmateriaalin tavoitteena on nopeuttaa sekä testifikstureiden kokoonpanoa ja ylösajoa siten, että testifikstureissa ei ole virheitä korjattavaksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on vähentää testifikstureiden kokoonpanossa syntyviä virheitä kunnollisen perehdytyksen ja ohjeistuksen avulla. Tarkoitus on tehdä perehdytys suunnitelma ja -materiaali perehdyttäjälle. Perehdytysmateriaali sisältää perehdytys suunnitelman, perehdytyslistan, jossa kirjattuna perehdytyksen aiheet, Power Point -esitys, havainnollistamaan perehdytystä ja esittelemään testifiksturen komponentteja ja ohje testifikstureiden kokoonpanoon, toimimaan apuna perehdyttäjälle ja yleisenä tietopankkina kokoonpanijoille testifikstureiden kokoonpanoon. Kokoonpano-ohjeen tavoite on olla niin kattava, että jos kokoonpanotyöntekijällä on kysymys testifiksturen kasaukseen liittyen, löytyisi tieto kokoonpano-ohjeesta.

2 Tuotantotestaus

Moderneissa piirilevyissä voi olla satoja tai jopa tuhansia pieniä komponentteja, jotka tuotannossa ladotaan ja juotetaan kiinni piirilevyyn. Vaikka nykyään piirilevyjen valmistuksen prosessi on pitkälti automatisoitu, virheitä voi syntyä. Piirilevyjen tuotantotestaaminen kattaa tapoja testata valmistettavien tuotteiden komponenttien ja ohjelmoitavien osien toimivuus erilaisilla metodeilla [1].

2.1 Testauksen merkitys

Tuotantotestaaminen on tapa varmistua piirilevyjen toimivuudesta ja valmistuksen laadun tasosta. Tuotteiden hyvällä laadulla täytetään asiakkaan vaatimukset, odotukset ja pidetään yllä positiivisia asiakassuhteita. Tuotantotestaamisen tavoitteena on minimoida korjauskustannuksia, estää virheellisten tuotteiden pääsy asiakkaille ja varmistaa, että asiakkaat saavat parhaimman mahdollisen tuotteen. [2.]

Yrityksen maine on suoraan verrannollinen sen tuottamien tuotteiden laadun kanssa. Laadukkailla tuotteilla varmistetaan yritykselle hyvä julkinen imago ja

varmistetaan, että asiakkaat voivat luottaa yrityksen tuottavan laatutuotteita heille. Käänteisesti huonolaatuisilla tuotteilla voi pilata yrityksen imagon ja maineen, jolloin jatkossa asiakkaat eivät halua tehdä yrityksen kanssa kauppaa. [1.]

Toinen syy tuotantotestaukseen on välttää viallisten tuotteiden takaisinkutsua, koska takaisinkutsuminen on kallista yritykselle, sekä sen maineelle että myös rahallisesti. Jos viallisille tuotteille on tehtävä takaisinkutsu, ovat tuotteiden viat huomattu vasta sen jälkeen, kun ne on toimitettu asiakkaalle. Takaisinkutsutut tuotteet on korvattava asiakkaalle ja vialliset tuotteet on korjattava. Tämän takia tuotteiden testaaminen ennen niiden lähettämistä asiakkaalle on tärkeää. [1.]

2.2 Tuotannon testaamisen tapoja

Piirilevyjen tuotantotestaamiseen on useita tapoja ja menetelmiä, miten tarkistaa valmistetut piirilevyt. Mikään yksittäinen testauksen tapa ei ole täysin varma. Käyttämällä kahta tai useampaa testaustapaa voidaan tuotetut piirilevyt tarkistaa kattavammin. Kattavammalla testauksella voidaan olla varmempia tuotettujen piirilevyjen toiminnasta ja laadusta.

2.2.1 Automated Optical Inspection

AOI (Automated Optical Inspection) -laitteen avulla piirilevy voidaan testata visuaalisesti suoraan tuotantolinjalla. AOI-laitteessa valaistaan piirilevy, otetaan siitä kuva, jota verrataan toimivan ja oikein rakennetun piirilevyn kuvaan [3].

AOI laitteet pystyvät huomaamaan virheitä, kuten komponenttien puuttumisen, komponentin väärinpäin asennuksen eli väärän polariteetin, oikosulkuja juotoksissa tai puuttuvia juotoksia. [4.]

2.2.2 Röntgentarkastus

X-ray-röntgentarkastuksessa piirilevyn tarkistava laite koostuu kolmesta perusosasta, katodisädeputkesta, joka tuottaa röntgensäteitä, alusta, joka liikuttaa

tarkistettavaa piirilevyä, jonka avulla piirilevy voidaan kuvata eri kulmista. Kolmas osa on tarkistaja, joka on asennettu katodisädeputken vastakkaiselle puolelle, mikä jättää piirilevyn katodisädeputken ja tarkistajan välille. Tarkistaja vastaanottaa röntgensäteet sen jälkeen, kun säteet ovat kulkeneet piirilevyn läpi. [5.]

Painavammat, tiheämmät aineet imevät itseensä enemmän röntgensäteitä tehden niistä helpommin kuvattavia, kun taas kevyemmät aineet ovat enemmän läpinäkyviä. Tämän eri materiaalien käyttäytymisen takia tarkistaja havaitsee eri määrän säteitä, joiden avulla pystytään luomaan kontrastinen kuva, jossa tiheämmät aineet näkyvät tummempina kuvassa. Piirilevyjen valmistuksessa käytetään usein raskaampia aineita, joten ne ovat helpompia nähdä röntgenkuvassa. [5.]

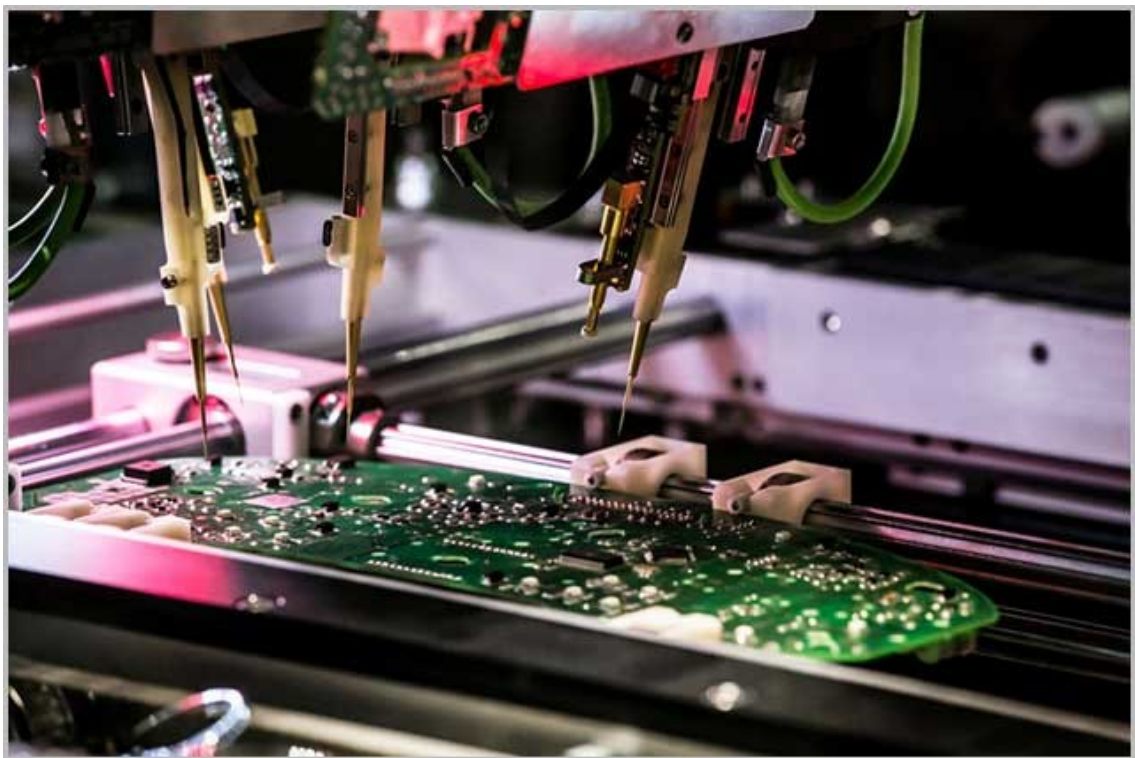
2.2.3 In Circuit Testing

ICT (In Circuit Tester) -testeri testaa piirilevyn komponentit erikseen ja tarkistaa komponenttien oikean paikan ja sen, komponentit täyttävät tuotannon kapasiteetin ja toiminnallisuuden. ICT-testaamisella voidaan todeta, että kaikki komponentit ovat paikoillaan ja voidaan todeta looginen toimivuus. Loogisella toimivuudella voidaan todeta, että piirilevy on kasattu oikein, mutta ICT-testauksessa ei todeta todellista toimivuutta, kuten FCT (Functional Circuit Tester) -testauksessa. ICT-testauksessa voidaan testata komponenttien toimivuus erikseen, ei kokonaisuutena. [6.]

ICT-testauksessa mitataan piirilevyn testipisteiden välisiä vastuksia ja kapasitansseja. Useimmiten ICT-testifiktoret ovat Bed of Nails-testifiktoreita, joissa kohdistetuilla jousikuormitetuilla POGO-neuloilla osutaan testattavan piirilevyn testipisteisiin. [7.]

2.2.4 Flying Probe

Flying Probe -testerin perusperiaate on sama kuin ICT-testerissä, jolloin mitataan vastuksia ja kapasitansseja. Toisin kuin ICT Bed of Nails -testifksturessa, Flying Probe -testerissä liikutellaan testipiikkejä kuin kuvassa 1, jotka liikkuvat piirilevyn eri testipisteiden välillä. Tämä tekee Flying Probe -testeristä monipuolisemman kuin Bed of Nails -testerin, koska tällaisella testerillä voidaan testata eri mallisia piirilevyjä. Flying probe -testerissä testipiikkien liikettä testipisteiden välillä ohjataan jokaiselle eri piirilevylle suunnitellulla omalla ohjelmistolla. [7.]



Kuva 1. Flying Probe -testerin. [8]

2.2.5 Functional Circuit Tester

FCT-testauksella varmistetaan piirilevyn eheys ja toiminnallisuus tarkistamalla kaikkien elementtien ja osien oikea kiinnitys suorittamalla käytännön testin piirilevylle. Käytännön testi tapahtuu kytkemällä jännitteitä, virtaa ja kuormia

piirilevyyden simuloimaan oikeita olosuhteita, johon piirilevy tullaan asentamaan ja käyttämään.

3 GPV-tuotanto

GPV tarjoaa asiakkailleen täydellisen elektronisen valmistamisen elinkaaren, mikä lähtee uuden tuotteen suunnittelusta, auttaen asiakasta suunnittelemaan tuotteen, joka vastaa heidän vaatimuksiaan. Suunnittelun jälkeen GPV järjestää komponenttien hankinnan, tuotteen tuotannon, kokoonpanon, testauksen ja viimeistelemällä tuotteen paketoinnin ja merkitsemisen.

3.1 Piirilevytuotannon linjasto

GPV:n tuotannossa piirilevyt rakennetaan automaattisella linjastolla, joka koostuu piirilevyn lastauskoneesta, pastakoneesta, Pick and Place -koneesta, uunista ja AOI-testeristä. Linjasto on havainnollistettu kuvassa 2.



Kuva 2. Tuotantolinjasto Elvan tehtaalla. [9]

Lastauskoneeseen asetetaan tyhjät piirilevyt sille suunnitellulla telineellä, jossa piirilevyt on kasattu päällekkäin loviin, kuten vanhoissa CD-telineissä. Lastauskone työntää piirilevyt linjastolle yksitellen ja piirilevyt siirtyvät ensimmäiseksi pastakoneeseen.

Solder-Paste Printer eli pastakoneen avulla tyhjille piirilevyille tulostetaan juotomateriaali kohtiin, joihin pintaliitoskomponentit kiinnitetään. Jokaista tuotettavaa piirilevyä varten on pastakoneeseen tehty sapluuna, joka asetetaan piirilevyn päälle. Sapluunan päälle asetetaan juotosmassaa, ja vetolasta pyyhkäisee massan sapluunan läpi piirilevyille. [10.]

Pastakoneen juotosmassa koostuu juotomateriaalista, joka on jauheena olevaa metalliseosta ja fluxista. Jauheinen metalliseos sisältää aina tinaa, ja metalliseos voi olla pelkkää tinaa, mutta siihen on yleensä lisätty joko lyijyä tai hopeaa. Fluxi eli juoksute on puhdistusaine, joka poistaa hapottumista juotospinnoilta, mikä auttaa juotosmassan liitoksia. Juoksute on yleensä mäntytervahartsia, synteettistä hartsia tai orgaanista happoa. [11.]

Pastakoneen jälkeen piirilevy siirtyy SPI (Solder Paste Inspection) -koneeseen, jossa tapahtuu ensimmäinen testaus, joka piirilevyille tehdään. SPI-kone tarkastaa visuaalisesti juotomateriaalin tulosteen korkeuden, volyymin ja kohdan. [12.]

SPI-koneen jälkeen piirilevy siirtyy linjastolla Pick and Place -koneeseen, jossa piirilevyille tulevat SMT:t (Surface Mounted Technology) eli pintaliitoskomponentit asetellaan. Komponentit laitetaan koneeseen isoissa komponenttikeloissa, josta Pick and Place -kone asettelee komponentit piirilevyille.

Komponenttien asettelun jälkeen piirilevy siirretään uuniin, jossa piirilevyä lämmitetään sulattaen juotospastan, joka liittää komponentit piirilevyyn. Piirilevyjen seuraava testauskohta on uunin jälkeen AOI-testeri, jossa SMT-komponenttien juotokset tarkistetaan visuaalisesti.

Linjastossa olevien testien avulla voidaan visuaalisesti tarkistaa piirilevyn kunto, mutta pelkästään visuaalisten testien avulla ei voida todeta piirilevyn toimintaa. Linjaston jälkeen piirilevyt siirretään niille varta vasten rakennettuihin FCT-testifikstureihin, kuten kuvassa 3, joiden avulla piirilevyille voidaan tehdä toiminnallinen testaus. GPV:llä rakennettavat ja käytettävät testerit on suunniteltu siten, että operaattorin eli henkilön, joka testaa piirilevyjä, on vain luettava piirilevyn sarjanumero, avata testifiksturen kansi, asetettava piirilevy fikstureen ja sulkea fiksturen kansi, jonka jälkeen testifiksture aloittaa piirilevyn testaamisen automaattisesti.



Kuva 3. FCT-testifiksture.

GPV:n tuotannossa käytettävät testifiksturet on suunniteltu Lohjan testauskehityksessä ja rakennettu testilaittekoonnassa. Lohjan testauskehityksen testilaittekoonnassa kokoonpannaan testifikstureita GPV:n omille tehtaalle käytettäväksi sisäisesti ja tehdään testifikstureita asiakkaiden omille tehtaalle.

3.2 Testifikstureiden tuotanto

Lohjan testauskehityksen piiriin kuuluu testaussuunnittelu, jossa suunnitellaan testifikstureiden mekaniikka, hardware-laitteisto ja software-ohjelmisto, ja testilaittekoonta, jossa suunnitellut fiksturet kasataan. Testifikstureita tehdään käytettäväksi sisäisesti GPV:n tehtailla, missä testifiksturelle suunniteltua piirilevyä

valmistetaan tai fiksture voidaan tehdä lähetettäväksi asiakkaalle heidän käyttöönsä omalle tehtaalle, jossa he valmistavat piirilevyjään.

Testifikstureiden valmistamisen prosessi alkaa asiakkaan piirilevyn testauksen tarpeesta, jolloin he lähettävät spesifikaation, johon on listattu jännitteet ja virrat, joita piirilevyn testaamisessa käytetään, miten piirilevyn kommunikointi toimii ja millaisia testejä piirilevylle tulee tehdä. Spesifikaation perusteella tehdään arvio, mitä laitteita testifikstureen tulee asentaa, jotta spesifikaation mukaiset testit voidaan tehdä ja tehdään arviot suunnittelun, kokoonpanon ja ylösajon ajallisesta kestosta. Arvioiden perusteella testifiksturesta tehdään asiakkaalle tarjous testilaitteiston hinnasta.

Asiakkaan hyväksytyä tarjous aloitetaan testifiksturen suunnittelu mekaniikan suunnittelulla. Mekaniikkasuunnittelijat suunnittelevat testifiksturen 3D-tulostettavat osat, miten HW-laitteisto, jota tarvitaan testauksessa, kiinnitetään testifikstureen ja suunnittelevat testifiksturen neula, liike ja painajalevyjen koneistuksen siten, että testattava piirilevy sopii testifikstureen. Koneistuksessa edellä mainittuja levyjä muokataan CNC (Computerised Numerical Control) -koneella, jyrsien ja poraten levyihin paikkoja, joista kiinnitykseen vaadittavat ruuvit kiinnitetään ja testifiksturen testineulat ja holkit kiinnitetään. Mekaniikkasuunnittelijat valmistavat 3D-kuvat koko testifiksturesta, kuvat 3D-osista ja BoM (Bill of Materials) -listan mekaanisista osista.

Mekaniikan suunnittelun aikana tai sen jälkeen aloitetaan testifiksturen hardware-laitteiston suunnittelu. Testattavasta piirilevystä ja asiakkaan vaatimuksista riippuen laitteistoon voi kuulua esimerkiksi automaattisia viivakoodinlukijoita, ohjelmointilaitteita ja RS-232 -konverttereita. Hardware-suunnittelijat tekevät laitteiston BoM-listan ja suunnittelevat johdotusdokumentit, joiden avulla kokoonpanotyöntekijä kokoonpanee testilaitteistot.

Hardware-suunnittelun rinnalla suunnitellaan testifiksturen DUT PCBA (Device Under Test, Printed Circuit Board Assembly) -piirilevyn layout-asettelukuva, siinä tapauksessa, jos testifikstureen on asennettava DUT PCBA -piirilevy.

Testifiksturen mekaniikka, hardware ja piirilevyn asettelukuvan suunnittelun jälkeen voidaan osalistojen perusteella ostaa vaadittavat komponentit testifiksturen kokoonpanoon. Hardware- ja asettelukuvan suunnittelun jälkeen voidaan aloittaa testilaitteiston software-ohjelmiston suunnittelu.

Testilaitteiden komponenttien saapumisen jälkeen voidaan aloittaa fiksturen kokoonpano sille luotujen dokumenttien perusteella.

Kokoonpanon valmistuttua aloitetaan fiksturen ylösajo, jonka aikana todetaan fiksturen toimivuus ja testausohjelmiston toimivuus käyttämällä Golden Sample -piirilevyjä, jotka ovat toimiviksi todettuja piirilevyjä ja ne ovat samanlaisia piirilevyjä kuin testifiksturella tullaan testaamaan. Ylösajon aikana käytetään software-suunnittelussa tehtyä testiohjelmistoa ja suoritetaan ohjelmiston testit Golden Sample -piirilevyille. Ylösajossa etsitään kaikki virheet, joita testaamisen aikana fikstureissa ja ohjelmistossa ilmenee, ja nämä virheet korjataan.

Virheiden toteamisen ja korjaamisen jälkeen testifiksturelle suoritetaan toistettavuus- ja uusittavuusmittaus (Gage repeatability and reproducibility, Gage R&R). Tämän menetelmän avulla todetaan, kuinka hyvin testifiksture pystyy toistamaan mittaukset (repeatability) ja ovatko tulokset riippuvaisia testifiksturea käytävästä operaattorista (reproducibility). Käytännössä tämä testi toteutetaan testaamalla viittä Golden Sample -piirilevyä viisikymmentä kertaa ja testin suorittaa kaksi eri operaattoria. [13.]

Ennen kuin testifiksture voidaan lähettää kohteeseen, pitää sille tehdä maadoituksen jatkuvuustesti, missä mitataan fiksturen maadoituksen toimivuus. Maadoituksen jatkuvuustesti tehdään erillisellä testerillä, joka syöttää maadoitusliittimiin virtaa, pitää virran päällä minuutin ajan, jonka aikana liittimistä mitataan maadoituksen vastus. Fiksturesta mitataan maadoituksen vastus kaikista paljaista metallisista kohdista fikstureissa, kuten fiksturen kahvoista. Mitattu arvo ei saa ylittää sataa milliohmia ja tämän avulla todennetaan, toimiiko fiksturen maadoitus vikatilanteessa.

Kun ylösajossa on todettu fiksturen toimivuus ja toistettavuusmittaukset ja tuotantotestit on tehty, fiksture voidaan lähettää, joko asiakkaalle tai GPV:n tehtaalte, jossa testattavaa piirilevyä valmistetaan.

4 Testilaitteisto

GPV:n testauskehityksessä testifikstureilla testattavien piirilevyjen käyttökohteet ovat monipuolisia, mitkä sisältävät esimerkiksi teollisuuden tekniikkaa, rakennustekniikkaa ja puhdastekniikkaa, joten testifikstureita rakennetaan moniin eri tarkoituksiin ja fikstureiden tarpeet ovat monipuolisia.

Tuotannon linjaston aikana piirilevyt tarkistetaan visuaalisesti, mutta GPV:llä rakennettavien testilaitteistojen avulla piirilevyille tehdään toiminnallinen testaus linjaston jälkeen. Toiminnallista testausta varten piirilevyyn tulee kytkeä jännitteitä, virtaa ja kuormia, joiden avulla piirilevyille voidaan luoda samanlaiset olosuhteet, kuin sillä käytännössä tulee olemaan. Testien aikana näitä rajoja voidaan testata ja todeta piirilevyn toiminta ääriolosuhteissa.

Toiminnallinen testaus vaatii mittalaitteita, kuten virtalähteitä, elektronisia kuormia, oskilloskooppeja ja muita laitteita testattavasta kohteesta riippuen. Nämä laitteet ovat kalliita ja kookkaita, joten kustannussyistä ja koon puolesta jokaiselle testattavalle piirilevyille näitä laitteita ei ole kannattavaa hankkia, vaan testaukseen suunniteltu laitteisto on modulaarinen siten, että testilaitteistoon kuuluu testiasema ja testifiksture. Testiasemaan on asennettu mittalaitteet ja testifiksture on erillinen laitteisto, joka on suunniteltu testaamaan yksittäistä piirilevyä. Tämän jaottelun avulla yhdellä testiasemalla pystytään testaamaan useampia piirilevyjä, kun testiasemalle pystyy laittamaan useamman testifiksture. Esimerkki testiasemasta on kuvassa 4.

4.1 Testiasema

Testiräkki tai testitolppa on palvelinkaappiin rakennettu laitteisto, joka on rakennettu pitämään sisällään FCT-testifikstureita varten tarvittavia mittalaitteita.

Mittalaitteisiin kuuluvat kaikki laitteet, joiden avulla testiasemasta pystytään syöttämään jännitteitä ja kuormia, ohjaamaan Input/Output-linjoja päälle tai pois, syöttämään funktiogeneraattorilta signaaleja ja oskilloskoopin avulla mitaamaan näitä signaaleja. GPV:n testauskehityksessä rakennetaan testirakkeja ja niitä on eri malleja, jotka riippuvat asiakkaan tarpeista ja tarvittavasta instrumentaatiosta.



Kuva 4. Esimerkki testiasemasta. [14]

Laitteistoa jotka kuuluvat testiasemaan:

- PDU (Power Distribution Unit) kytketään 3-vaihe verkkovirtaan ja PDU jakaa verkkovirran muille laitteille.
- Testeri PC ohjaa mittalaitteita ja tietokoneelle on asennettu mittalaitteiden ajurit ja ohjelmistot, joita tarvitaan testauksessa.
- DC Power Supply, tasavirtalähde, jonka avulla syötetään tasavirtaa ja jännitteitä fiksturelle.
- AC Power Supply, vaihtovirtalähde, jonka avulla syötetään vaihtovirtaa ja jännitteitä fiksturelle.
- DMM (Digital Multimeter), digitaalinen yleismittari, jonka avulla voidaan mitata fikstureissa ilmeneviä jännitteitä ja virtoja.
- SMU (Source Measure Unit) toimii sekä virtalähteenä että yleismittarina.
- GEN (Function Generator), funktiogeneraattori, jonka avulla voidaan luoda erilaisia aaltomuotoisia signaaleja.
- DSO (Digital Signal Oscilloscope), oskilloskooppi, jonka avulla voidaan mitata aaltomuotoisia signaaleja.
- ELD (Electronic Load), elektroninen kuorma, jonka avulla voidaan luoda kuormavastusta fikstureen.

PDU:hun kytketään 3-vaiheverkkovirta ja PDU syöttää testiaseman mittalaitteita ja testeritietokonetta. Kaikki mittalaitteet on kytketty testiaseman tietokoneeseen, jotta mittalaitteita voidaan ohjata automaattisesti tietokoneelta.

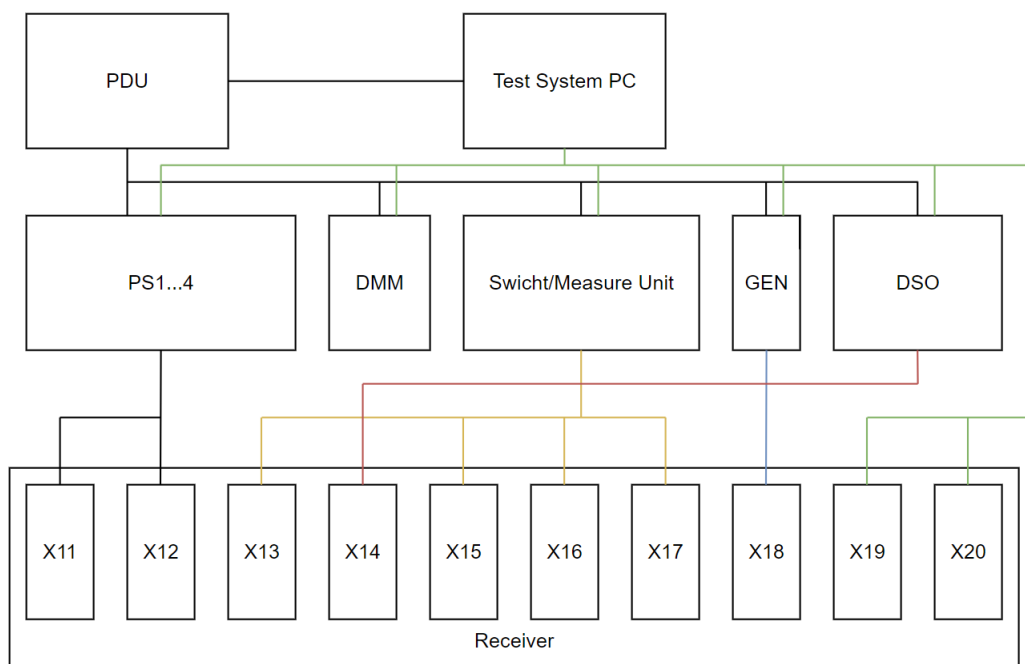
Mittalaitteiden ulostulot on kytketty testiräkin vastaanottimeen, johon testifixture kiinnitetään. Vastaanotin on Everett Charles Technologiesin valmistama

VGR12-vastaanotinpöytä, johon mahtuu kaksitoista liitinlohkoa, mutta GPV:n yleisimmässä testiasema kokoonpanossa vastaanottimeen liitinloikkoja kiinnitetään vain kymmenen.

Vastaanottimessa liitinloikkoja on kolmea erilaista:

- VGRCB-170H-signaalilohko
- VGRCB-32P-virtalohko
- VGRCB-32CPF-koaksaalilohko.

Erilaiset liitinloikot kytketään eri mittalaitteiden ulostuloihin ja jokaisessa saman mallin testiasemassa mittalaitteiden ulostulot on kytketty samoihin liitinloikoihin samoihin kohtiin. Tämän avulla jokainen testifiksture, joka on suunniteltu tietylle testiaseman mallille voidaan kytkeä mihin tahansa saman mallin testiasemaan ja vastaanotinpöydän avulla testifikstureiden vaihtaminen tolalla on helppoa ja nopeaa. Mittalaitteiden kytkentöjä havainnollistaa kuva 5.



Kuva 5. Havainnollistava kaavio mittalaitteiden kytkennöistä.

Testiasemassa olevassa testeritietokoneessa käytetään National Instrumentsin ohjelmistoja, joita ovat NI Max, TestStand ja LabVIEW.

NI Maxin avulla voidaan konfiguroida National Instrumentin laitteita ja ohjelmistoja, hallinnoida mittalaitteita, jotka on kiinnitetty testeritietokoneeseen, hallinnoida laitteita, jotka on kiinnitetty testifikstureen silloin, kun testifiksture on testiasemassa kiinni. [15.]

TestStandin avulla voidaan luoda ja käyttää automatisoituja testiohjelmia eli sekvenssejä, joissa suoritetaan testit, jotka on määritelty asiakkaan toimesta jokaiselle testattavalle piirilevyille ja TestStandin avulla näistä testeistä saadaan testiraportit jokaiselle piirilevyille. TestStandissa kutsutaan LabVIEW-ohjelmistolla tehtäviä .vi:tä, joilla kommunikoidaan ja ohjataan testattavia laitteita ja piirilevyjä. [16.]

LabVIEW-ohjelmisto on ohjelmistonkehitysalusta, jonka avulla luodaan sovelluksia datan hankintaan, instrumenttien ohjaukseen ja tehdasautomaatioon. LabVIEWin avulla luodaan graafisia ohjelmia, joiden avulla voidaan ohjata testiaseman mittalaitteiden signaaleja testifiksturessa. [17.]

4.2 Testifiksture

Jokainen testifiksture, joka testisuunnittelussa rakennetaan, on laitteistoltaan erilainen, mutta niissä on mekaanisia samanlaisuuksia. Suurin osa testifikstureista rakennetaan GPS Prueftechniksin fikstureihin, jotka ovat kuvan 6 mukaisia. Suurin osa fikstureista on Bed Of Nails -neulapetitestereitä.



Kuva 6. GPS Fiksturen runko. [18]

Fiksture koostuu vastaanottimesta, oheislaitteistosta, DUT PCBA:sta, Neulalevystä, Liikelevystä ja Painajalevystä. Kuten aikaisemmin mainittu fiksturen vastaanottimen liitinlohkot ovat vastakappaleita testiaseman vastaanottimelle ja niiden kautta fiksture saadaan liitettyä testiaseman mittalaitteisiin ja testiaseman tietokoneeseen. Liitinlohkoilta lähtevät johtimet liitetään, joko DUT PCBA:han tai johtimet juotetaan suoraan testiholkkeihin.

DUT PCBA on piirilevy, johon vastaanottimen liitinlohkoilta tulevat IO-johtimet, oskilloskoopin kaapelit ja virtajohdot liitetään ja DUT PCBA juotetaan neulalevyssä oleviin testiholkkeihin kiinni. DUT PCBA:n avulla yhdistetään testiräkki testattavan piirilevyn testipisteisiin neulalevyssä olevien testiholkkien ja holkeissa kiinnitettyjen testineulojen kautta. DUT PCBA -piirilevyllä on releitä, joita voidaan ohjata laittamalla SMU-mittalaitteesta jännitteitä päälle. Releitä ohjalla voidaan laittaa testipisteitä kiinni tietokoneelle, kiinnittää ohjelmointilaitteita testipisteisiin kiinni ja ohjata jännitteitä testipisteisiin.

Neulalevyssä oleviin testiholkkeihin kiinnitetään testineulat, jotka ovat jousitettuja neuloja, joiden avulla DUT PCBA saa yhteyden testattavaan piirilevyyn. Neulalevyn yläpuolella on liikelevy, jonka päälle piirilevy asetetaan testin ajaksi. Liikelevy on neulalevyn ja painajalevyn välissä sijaitseva levy, jonka päälle testattava piirilevy laitetaan testin ajaksi. Nimensä mukaisesti liikkuu ylös ja alas kiinnittäen testattavan piirilevyn testineuloihin. Fiksturen ylin kansi eli painajalevy painaa piirilevyn ja liikelevyn neulalevyä kohti painamalla piirilevyn testipisteet neulalevyssä oleviin neuloihin kiinni.

Fiksturen kannen alla olevaan tilaan asennetaan kaikki oheislaitteet, joita tarvitaan testaamiseen, kuten ohjelmointilaitteita, USB-hubeja ja RS-232-muuntajia.

5 Fiksturen kokoonpano

Jokainen testifiksture, joita testauskehityksen kokoonpanossa kasataan, on erilainen, mutta jokaisen fiksturen kokoonpanossa on samoja työvaiheita. Testauskehityksen kokoonpanossa kasattavat fiksturet voi luokitella kahteen alaryhmään, kehitysfikstureihin ja kopiofikstureihin. Kehitysfiksturet ovat täysin uusia testereitä, jolloin fiksture täytyy suunnitella ennen osien ostoja ja kokoonpanon aloitusta. Kopioprojektit ovat jo aikaisemmin suunniteltuja fikstureita, joko GPV:n toimesta tai jonkin muun valmistajan toimesta ja fiksturen ostanut asiakas toimittaa fiksturen dokumentaation.

Kehitys- ja kopiofiksturet voidaan luokitella myös DUT PCBA ja ilman DUT PCBA:ta fikstureihin. Näiden fikstureiden eroja ei päältä päin huomaa, mutta näiden luokittelujen, kopio, kehitys ja DUT PCBA välillä on suurimmat erot, kun fiksturea kasataan, mutta eroja tulee jo fiksturen dokumentaatiossa.

5.1 Kokoonpanon työvaiheet

Ennen kokoonpanon aloitusta kokoonpanija tarvitsee fiksturen dokumentaation. Tarvittaviin dokumentteihin kuuluu fiksturen 3D-kokoonpanokuva, Bill of Materials -Excel -lista, jossa fiksturen komponentit on listattuna ja fiksturen johdotuksen dokumentin joko johdotuskaavio, silloin kun fikstureen tulee DUT PCBA, ja jos fiksture tehdään ilman DUT PCBA:ta, johdotuksen dokumentti on johdotuslista, joka on Excel-dokumentti. Johdotuskaavio- ja lista-dokumentit eroavat siten, että johdotuskaavio on fiksturen johdotuskuva, jossa on visuaalisesti dokumentoitu fiksturen johdotukset vastaanottimen liitinlohkojen ja DUT PCBA:n välillä ja fiksturen sisäiset johdotukset. Johdotuslista dokumenteissa on Excel-taulukossa vain vastaanottimen liitinlohkon liittimen numero johtimen lähtöpisteenä ja päätepisteinä testipisteiden numero.

Fiksturen vastaanottimessa liitinlohkot on numeroitu samalla lailla kuin testiräkissä X11-X20 ja liitinlohkoja on kolmea eri mallia. Erimalliset liitinlohkot ja vastaanotin ovat kuvassa 7.



Kuva 7. Fiksturen vastaanotin ja erilaiset liitinlohkot, joita siihen kiinnitetään.

IO-lohkoissa on 170 erillistä pinniä, 17 päällekkäin kymmenessä rivissä. Näihin liitinlohkoihin voidaan kiinnittää valmiiksi tilattuja 17-johtimisia kaapeleita. IO-lohkon liittimen paikat on numeroitu lohkon liittimien rivin mukaan, eli jos

liitinlohkoon X15 pitää liittää kaapeli riville viisi dokumentaatioissa liittimen numero on X15-5. Siinä tapauksessa, jos valmiita 17-johtimisia kaapeleita ei käytetä, numeroidaan liittimen paikka käyttäen liitinlohkon liittimen numeroa. Liitinlohkon yksittäisten pinnien numerointi alkaa riviltä yksi, jossa on pinnien numerot 1-17, rivillä kaksi 18-34 ja niin edelleen.

Oskilloskoopin liitinlohkot ovat alunperin tyhjiä 32-paikkaisia lohkoja. Oskilloskoopin lohkon kiinnitetään koaksiaalikaapeleita, joihin on valmiiksi asennettu mini koaksiaaliliitin. Mini koaksiaaliliitin työnnetään oskilloskoopin lohkon tyhjään kohtaan, jolloin liittimen pää lukkiutuu paikoilleen. Oskilloskoopin lohkon numerointi on samanlainen kuin yksittäisten pinnien numerointi IO-lohkoissa. Oskilloskoopin lohkoissa on seitsemän pystyriviä ja joka toisessa pystyrivissä on viisi paikkaa koaksiaalikaapelille ja joka toisessa neljä paikkaa.

Power- eli virtalohkoissa, kuten oskilloskoopin lohkoissa on 32 paikkaa ja lohkon numerointi on samanlainen. Toisin kuin oskilloskoopin lohkoissa, virtalohkojen liittimet ovat valmiiksi kiinni lohkoissa, mutta lohkon kiinnitettävät johtimet tulee juottaa paikoilleen.

Neulalevy on CEM-1 (Composite Epoxy Material) kerroslaminoitu komposiittilevy, joka koostuu lasikuitupinnasta, epoksihartsista ja epoksi-paperiytimeistä [19].

Neulalevyyn kiinnitetään testineuloja varten testineulojen holkit. Yhdessä fikstureissa voi olla holkkeja ja neuloja useita satoja ja niitä voi olla eri mallisia. Neulalevyyn koneistetaan holkkeja varten reikiä, jotka on kohdistettu vastaamaan testattavan piirilevyn testipisteitä. Neulalevyyn tehdään yhtä monta reikää kuin on testipisteitä piirilevyllä, mutta testausta varten jokaista testipistettä ei tarvitse käyttää. Käyttämättömiin testipisteisiin ei liitetä holkkeja ja neuloja, jolloin neulalevyyn jää tyhjiä reikiä. Kokoonpanijan on löydettävä oikeiden holkkien paikat erillisestä neulakartasta. Holkit kiinnitetään painamalla ne läpi neulalevystä, kunnes holkeissa oleva kauluri on neulalevyä vasten. Neulalevyn kanteen tulee

myös kiinnittää jousia, jotka palauttavat liikelevyn yläasentoon, irti testineuloista, kun fiksturen kansi on auki.

Liikelevy on EGS (Electronic Grade Silicon) -materiaalista tehty levy, joka on kemiallisen prosessin avulla puhdistettua silikonia [20].

Liikelevyyn koneistetaan samoihin kohtiin reiät testineuloja varten, kuin neulalevyyn. Liikelevy kiinnitetään neulalevyn läpi liukutapeilla, joiden avulla liikelevy pysyy oikeassa kohdassa. Neulalevyn alapuolella on sormiruuvit, jotka estävät liikelevyä lähtemästä irti. Liikelevyyn tulee myös kiinnittää pieniä muovisia korokpaloja, joiden avulla testattava piirilevy ei lepää suoraan liikelevyn päällä, vaan niiden väliin jää aukko.

Painajalevy on ESD (Electrostatic Dissipative) -akryyllilasista tehty antistaattinen levy.

Riippuen fiksturesta ja siihen vaadittavasta laitteistosta painajalevyn kanteen kiinnitetään laitteistoa, kuten viivakoodinlukijoita, kameroita ja Feasa LED (Light Emitting Diode) -analysoijia. Painajalevyn kannelle kiinnitetään vain sellaisia laitteita, joiden on oltava testattavan piirilevyn yläpuolella. Painajalevyn alapuolelle kiinnitetään painajasormia, jotka kiinnitetään ruuvilla painajalevyn läpi ja niiden tarkoitus on painaa piirilevy kiinni testineuloihin.

DUT PCBA on piirilevy, joka tulee korotuspaloilla kiinni neulalevyn alapuolelle, ja piirilevyllä on samoissa kohdissa reiät kuin neula ja liikelevyissä. Neulalevyyn asennetut holkit tulevat piirilevyn läpi ja testiholkit tulee juottaa piirilevyyn kiinni. DUT PCBA:ssa on liittimet johdoille, jotka tulevat vastaanottimen liitinlohkoilta ja liittimet on numeroitu samoin kuin liitinlohkot eli ne menevät yksi yhteen. Kopiofikstureissa DUT PCBA -piirilevyyn on saatettu tehdä ReWork muokkauksia, jos muokkauksien tarve on huomattu aikaisemman kopion ylösajossa tai jos testattavasta piirilevystä on tullut uusi versio, joka ei toimi ilman muokkauksia. Tällöin kokoonpanijan on tehtävä tarvittavat muokkauksen DUT PCBA:han.

Fiksturen sisäpuolelle pohjaan kiinnitetään CEM-1-materiaalista tehty pohjalevy, jonka päälle fiksturen irralliset laitteet, kuten USB-hubit, RS-232-konvertterit ja riviliittimet kiinnitetään. Kopiofikstureita tehdessä on kokoonpanijan otettava huomioon aikaisempien kopioiden irrallisten laitteiden järjestys, koska kopiofikstureista halutaan tehdä mahdollisimman samanlaisia. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista, jos vanhan fiksturen laitteita ei enää myydä tai valmisteta.

5.2 Useimmin esiintyvät virheet kokoonpanossa

Suurin osa virheistä, joita kokoonpanon aikana tapahtuu, on huolimattomuusvirheitä, kuten puuttuvia hyppyliittimiä, juottamattomia neuloja tai ReWork-muokkaukset ovat jääneet tekemättä.

Maadoituksen jatkuvuustestissä saattaa usein esiintyä liian kovia vastuksia, jolloin korjaava toimenpide on tarkistaa fiksturen kahvojen ja maadoitusliittimien kontakti. Fiksturen maadoitus on liitetty virtaliitinlohkoon ja useimmiten fiksturen runkoon kahvojen liitoskohtaan on jäänyt maalia, jolloin kahvat eivät saa kunnolla kontaktia fiksturen runkoon.

6 Perehdytys ja työhön opastaminen

Hyvä perehdytys auttaa uutta työntekijää sopeutumaan uuteen työpaikkaan ja nopeuttaa työntekijää tuntemaan itsensä osaksi työyhteisöä [21].

6.1 Perehdytys

Perehdyttämiseen kuuluvat kaikki toimenpiteet, joiden avulla uusi työntekijä tutustutetaan uuteen työpaikkaan, työpaikan tavoille, kanssatyöntekijöihin ja työhön liittyviin odotuksiin [22]. Perehdytyksessä on kannattavaa kertoa yhteisten käytäntöjen ja tapojen merkityksestä, mikä vaikutus käytännöllä on työn sujuvuuteen ja työyhteisön toimintaan [21].

Työturvallisuuslain mukaan työnantajan on huolehdittava, että uusi työntekijä on tietoinen työpaikan haitta- ja vaaratekijöistä, kun otetaan huomioon työntekijän ammatillinen osaaminen ja työkokemus.

Työnantajan on huolehdittava, että työntekijä on riittävästi perehdytetty työhön, työpaikan olosuhteisiin, työ- ja tuotantomenetelmiin, työvälineisiin ja niiden käyttöön [23].

Työnantajan on annettava opetusta työn haittojen ja vaarojen estämiseen, välttääkseen työntekijälle mahdollisesti aiheutuvia vaaroja ja uhkia, jotka voivat aiheutua työstä [23].

Yhtenä osana perehdytystä on työntekijän työhön opastaminen. Työnopastukseen kuuluu kaikki ne toimenpiteet, joiden avulla työntekijälle opetetaan itse työntekoon liittyvät asiat, kuten työkokonaisuus, työn osat, sen vaiheet sekä tarvittava osaaminen ja tieto, mitä työntekoon vaaditaan. [22.]

6.2 Työhön opastus

Työhön opastus tai työnopastus pitää sisällään kaikki toimenpiteet, joiden avulla varmistetaan, että uusi työntekijä hallitsee työtehtävänsä, osaa käyttää työhön tarvittavia työkaluja ja osaa toimia poikkeustilanteissa. Työhön opastaminen on osa perehdytystä, jossa käsitellään käytännön asioita, joita uusi työntekijä tulee päivittäin tekemään omissa työtehtävissään. Jokainen uusi työntekijä on perehdytettävä ja opastettava työhönsä, ja kiinnittää erityisesti huomiota nuoriin ja uraansa aloittaviin työntekijöihin. Työhön opastaminen ei ole pelkästään uusille työntekijöille, vaan työhön perehdytystä tarvitaan myös silloin, kun työ on teki- jälle uusi, työtehtävät vaihtuvat, työmenetelmät muuttuvat tai silloin, kun työ toistuu harvoin. [24.]

6.3 Nykyinen perehdytys

Nykyinen perehdytyksen tilanne testauskehityksen kokoonpanijoilla on samanlainen kuin muillakin GPV:n Lohjan työntekijöillä.

Nykyinen perehdytysmateriaali on työpaikan perehdytyksen suhteen riittävä, mutta työnopastusmateriaalia ei kokoonpanotyöhön ole olemassa. Tämän työnopetusmateriaalin teko on tavoitteena tässä opinnäytetyössä.

Lohjan tehtaalla uudet työntekijät käyvät erillisen juotoskoulutuksen osana perehdytystä.

6.4 Perehdytysmateriaali

Nykyisen perehdytyksen perusteella työpaikkaan ja sen käytäntöihin liittyvää perehdytystä ei tarvitse tehdä uudestaan, vaan tavoitteena on tehdä työhön opastusmateriaali testauskehityksen kokoonpanijoille.

Työnopastusmateriaalia tehdessä on otettava huomioon uusien työntekijöiden aikaisempi kokemus tai sen puute, eli materiaalin on oltava tarpeeksi yksinkertainen ja lähteä nollakokemus pohjalta, jotta kokemattominkin työntekijä ymmärtää materiaalin perehtymisen jälkeen, miten testifiksturen kokoonpano tapahtuu.

Materiaalin tulee sisältää, mistä löytää jokaisen fiksturen dokumentaation, miten lukea dokumentaatiota, fiksturen rakenne, yleisimmät komponentit, joita fikstureissa käytetään ja miten käyttää erikoistyökaluja, joita kasauksessa tarvitaan.

Tehtävä työnopastusmateriaali ei pysty olemaan kokoonpano-ohje, koska fikstureiden laitteistoissa on eroja, koska eri fikstureissa testattavat piirilevyt ovat erilaisia. Työnopastusmateriaali tulee olla sopiva mahdollisimman monelle fiksturelle, joten se ei voi olla kokoonpano-ohje, joka käy jokaisen työvaiheen läpi.

7 Toteutuma

Perehdytysmateriaalin tekeminen aloitettiin tutustumalla fikstureihin ja kokoonpanotyöhön, tekemällä henkilökohtaisesti yhden fiksturen kokoonpano. Kokoonpanotyön avulla sai paremman käsityksen testifiksturen kokoonpanon prosessista ja selvisi tämän perehdytysmateriaalin tarve paremmin, koska joka kerta, kun kokoonpanossa ilmeni ongelma tai seuraava kokoonpanon vaihe oli epäselvä, oli kysyttävä apua toisilta kokoonpanijoilta, vieden heidän työaikaan ja keskittymistä työn alla olevien fikstureiden kokoonpanosta.

Fiksturen kokoonpanon jälkeen aloitin kirjoittamaan perehdytysmateriaalia, omien kokemusten pohjalta ja ennen pitkään perehdytysmateriaalista oli ensimmäinen versio valmis. Ensimmäinen versio piti sisällään ohjeita dokumentaation löytämiseen, dokumentaation lukemiseen, fiksturen kasauksen vaiheita ja ohjeita niihin. Kun perehdytysmateriaalista oli ensimmäinen versio valmis, se lähetettiin kokeneemmille kokoonpanotyöntekijöille luettavaksi ja kommentoitavaksi. Kommenttien avulla kartoitettiin, mitä kokoonpanijat olivat materiaalista mieltä ja mitä materiaalista puuttui. Kommenttien perusteella materiaalia muokattiin, millä lisättiin aiheita.

Perehdytysmateriaalin viimeisimmässä versiossa ohjeistetaan, mitä asioita projektin alussa tulee tehdä, tehdä projektiryhmä Teamsiin, etsiä fiksturen dokumentaatio, opetetaan lukemaan dokumentaatiota ja aloittaa kokoonpano materiaalien tarkastuksella. Projektin aloituksen jälkeen perehdytysmateriaalissa kerrotaan työvaiheittain fiksturen kokoonpanon vaiheet ja mitä laitteita ja komponentteja missäkin kokoonpanon vaiheessa fikstureen asennetaan. Työvaiheet on jaettu osiin fiksturen kokoonpanon vaiheita käyttäen vastaanottimeen, pohjaan, neula-, liike- ja painajalevyihin, DUT PCBA:han ja fiksturen johdotukseen. Lisäksi perehdytysmateriaaliin on erikseen käytävästä juotoskoulutuksesta tiivistelmä, jonka avulla voi kerrata juotoskoulutusta.

Perehdytysmateriaali on otettu käyttöön, kun kevään aikana testauskehityksessä aloitti kaksi uutta kesätyöntekijää. Kesätyöntekijät saivat

perehdytysmateriaalin luettavaksi, ennen kokoonpanotöiden aloittamista. Heidän antaman palautteen mukaan perehdytysmateriaali on hyödyllinen varsinkin, jos testifiksturet eivät ole alunperin tuttuja laitteistoja ja materiaalista saa hyvän käsityksen fikstureista ja miten kokoonpano tehdään.

Kesätyöntekijät ovat ehtineet olla töissä noin kuukauden ajan, jonka aikana kummatkin ovat ehtineet tehdä fiksturen kokoonpanon alusta loppuun. Fiksturen kokoonpanon jälkeen pyysin palautetta perehdytysmateriaalista, mitä siitä puuttui ja tämän palautteen perusteella materiaalia tulee taas päivittää.

Palautteen perusteella perehdytysmateriaalia tulee päivittää esittelemällä enemmän erikoistyökaluja, joita fikstureiden kasauksessa käytetään ja opastaa niiden käytössä. Joidenkin osien asennukseen liittyviä ohjeita tulisi lisätä ja perehdytysmateriaalista jäi kertomatta, mitä testifiksturet ovat ja mihin niitä käytetään ja perehdytysmateriaaliin olisi hyvä lisätä lista tekstissä käytettävistä lyhenteistä.

Nykyinen perehdytysmateriaali on ensimmäinen versio, joka on otettu käyttöön uusilla työntekijöillä ja sitä tullaan käyttämään ohjeistamaan uusia työntekijöitä myös jatkossa. Perehdytysmateriaalia tullaan varmasti päivittämään tulevaisuudessa, kun saadaan enemmän palautetta uusilta työntekijöiltä ja silloin, kun uusia käytäntöjä ja laitteita otetaan käyttöön testifikstureissa.

Perehdytysmateriaali on tarkoitus käyttää perehdytyksen yhteydessä, uudet työntekijät saavat materiaalin luettavaksi ennen kuin he pääsevät tekemään testifikstureiden kokoonpanotöitä.

Perehdytysmateriaalin valmistuttua on pohdittu esimiehen kanssa, onko tarpeellista sisällyttää ohjeistukset maadoituksen jatkuvuustestaukseen ja pitäisikö tehdä erillinen materiaali testiasemien kokoonpanoon, mutta tällä hetkellä sitä ei vielä nähty tarpeelliseksi.

8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tehdä perehdytysmateriaali testifikstureiden kokoonpanotyöhön uusille Lohjan testauskehityksen kokoonpanotyöntekijöille, nopeuttamaan fikstureiden kokoonpanotöiden aloittamiseen. Perehdytysmateriaalin tavoitteena oli auttaa uusia kokoonpanotyöntekijöitä ymmärtämään, millainen laite testifiksture on, minkälaisista osista se koostuu ja millaisia työvaiheita fikstureiden kasauksessa on. Henkilökohtaisesta kokemuksesta ennen työsuhteen alkamista GPV:llä omat kuvitelmani, millainen testifiksture on ja millainen se oikeasti on, erosivat toisistaan paljon. Mielestäni pääsin tavoitteeseen, sillä perehdytysmateriaali on ollut jo käytössä tämän kevään aikana uusilla testauskehityksen työntekijöillä ja heidän antaman palautteen mukaan perehdytysmateriaali auttoi ymmärtämään, mitä testifiksturet ovat.

GPV:lle tehtävä perehdytysmateriaalia tehtiin aina silloin, kun muilta ylösajoprojekteilta ehti, mutta koko materiaalin teko on kestänyt suunnilleen vuoden. Itse perehdytysmateriaalin teko oli helppoa silloin, kun oli aikaa, mutta tämän opinnäytetyön kirjoittaminen on ollut hitaampaa, koska en ole ollut varma, mistä kaikesta voi kirjoittaa. Jälkeenpäin ajateltuna olisi ollut nopeampaa kirjoittaa koululle opinnäytetyötä samalla, kun kirjoitti perehdytysmateriaalia.

Lähteet

- 1 The Essential Guide to Electronic Product Testing. 2022. Verkkoaineisto. Ignys. <<https://ignys.com/blog/guide-to-electronic-product-testing/>>. Luettu 10.4.2024.
- 2 Hakamäki, Petri Henri Mikael. 2010. Piirikorttien tuotantotestauslaitteiston määrittely ja kehitys. Insinööri työ. Vaasan Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 Siitonen, Paavo. 2022. Ultra Low Cost Platform. Bachelor's Thesis. Metropolia University of Applied Sciences. Theseus-tietokanta.
- 4 Vitoriano, Pedro M.A. 2016. 3D Solder Joint Reconstruction on SMD based on 2D Images. s. 1.
- 5 X-Ray Inspection. Verkkoaineisto. Electronic Manufacturing Services Group, INC. <<https://emsginc.com/resources/x-ray-pcb-inspection/>>. Luettu 12.4.2024.
- 6 What Is In-Circuit Testing? Verkkoaineisto. Electronic Manufacturing Services Group, INC. <<https://emsginc.com/resources/what-is-ict-testing/>>. Luettu 12.4.2024.
- 7 How Flying Probe Testing Works for PCB Assembly. 2020. Verkkoaineisto. Sierra Circuits. <<https://www.protoexpress.com/blog/how-flying-probe-testing-works-for-pcb-assembly/>>. Luettu 16.4.2024.
- 8 Kuva. <<https://www.ourpcb.com/flying-probe-test.html>>.
- 9 Kuva. <<https://gpv-group.com/wp-content/uploads/resized/2022/03/Elva-SMT-line-888x540-c-default.jpg>>.
- 10 Solder Paste Printing Process. Verkkoaineisto. Surface Mount Process. <<https://www.surfacemountprocess.com/solder-paste-printing-process.html>>. Luettu 19.4.2024.
- 11 Understanding What is Solder Paste. Verkkoaineisto. MGChemicals. <<https://mgchemicals.com/knowledgebase/white-papers/what-is-solder-paste/>>. Luettu 19.4.2024.
- 12 What Is a Solder Paste Machine. Verkkoaineisto. ASC International. <<https://www.ascinternational.com/solder-paste-inspection/what-is-a-solder-paste-inspection-machine/>>. Luettu 19.4.2024.

- 13 Kuusisto, Lauri. 2007. Gage R&R -menetelmän soveltaminen taajuusmuuttajan ohjauskortin funktionaalisessa testauksessa. Diplomityö. Teknillinen Korkeakoulu, Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto. Aaltodoc-tietokanta.
- 14 Kuva. <<https://automotive.softing.com/projects/test-units-test-systems/checkrack.html>>.
- 15 What is NI Measurement & Automation Explorer (NI MAX). 2023 . Verkkokoaineisto. National Instruments. <<https://www.ni.com/en/support/documentation/supplemental/21/what-is-ni-measurement---automation-explorer--ni-max--.html>>. Päivitetty 27.9.2023. Luettu 23.4.2024.
- 16 TestStand 101 – The Basics of TestStand for Automated Test. Verkkokoaineisto. S5 Solutions. <<https://www.s5solutions.com/teststand-basics.html>>. Luettu 23.4.2024.
- 17 LabVIEW 101 – The Basics of LabVIEW and Graphical Programming. Verkkokoaineisto. <<https://www.s5solutions.com/labview-graphical-programming.html>>. Luettu 23.4.2024.
- 18 Kuva. <<https://www.gps-prueftechnik.de/en/products-1/products/wa-m-1500/>>.
- 19 Electronics – Laminaatit elektroniikkateollisuuteen CEM-1. Verkkokoaineisto. Aikolon. <<https://www.aikolon.fi/tuotteet/komposiitit/cem-1>>. Luettu 24.4.2024.
- 20 7.10 Semiconductor Grade Silicon. Verkkokoaineisto. LibreTeksts Chemistry. <[https://chem.libreteksts.org/Bookshelves/Inorganic_Chemistry/Chemistry_of_the_Main_Group_Elements_\(Baron\)/07%3A_Group_14/7.10%3A_Semiconductor_Grade_Silicon](https://chem.libreteksts.org/Bookshelves/Inorganic_Chemistry/Chemistry_of_the_Main_Group_Elements_(Baron)/07%3A_Group_14/7.10%3A_Semiconductor_Grade_Silicon)>. Luettu 24.4.2024.
- 21 Kunnollinen perehdytys kannattaa aina. Verkkokoaineisto. Työterveyslaitos. <<https://www.ttl.fi/teemat/tyohyvinvointi-ja-tyokyky/tyoura/kunnollinen-perehdytys-kannattaa-aina>>. Luettu 25.4.2024.
- 22 Perehdyttäminen ja työnopastus – Ennakoivaa työsuojelua. Verkkokoaineisto. Työturvallisuuskeskus. <<https://ttk.fi/julkaisu/perehdyttaminen-ja-tyonopastus-ennakoivaa-tyosuojelua/>>. Luettu 25.4.2024.
- 23 Työturvallisuuslaki. 2002. Direktiivi 23.8.2002/738. Verkkokoaineisto. Finlex. <<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#L2P14>>. Luettu 25.4.2024.

- 24 Työnopastus on parasta ennakoivaa työturvallisuustoimintaa. Verkkoaineisto. Työhön opastaminen. <<https://www.tyohonopastaminen.fi/>>. Luettu 25.4.2024.