

Jani Kaipainen

TESTAUSKEHIKON JA RASITUSKARSINNAN
SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Elektroniikan tuotantotekniikan
koulutusohjelma
Kevät 2001

Osasto Tekniikka	Koulutusohjelma Elektroniikan tuotantotekniikka
Tekijä Jani Kaipainen	
Työn nimi Testauskehikon ja rasituskarsinnan suunnittelu ja toteutus	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Tuotantotekniikka	Ohjaaja(t) Heikki Savolainen Ari Kananen
Aika 10.05.01	Sivumäärä 58
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa Ponsse Oyj:n Kajaanin tehtaalla valmistettavan Opticontrol-järjestelmän tietokoneyksiköille testauskehikko ja rasituskarsintaohjelma. Testauskehikko toimii tietokoneyksiköistä muodostuvan järjestelmän liityntäyksikkönä lopputestauslaitteistossa ja osana rasituskarsinnassa tarvittavaa laitteistoa. Rasituskarsinnan merkitystä valmistusprosessissa käsiteltiin elektronisten tuotteiden tyypillisten vikaantumismekanismien ja elinkaaren eri vaiheisiin sijoittuvien vikojen pohjalta.</p> <p>Testauskehikon perusrakenteen valmistus toteutettiin alihankintana. Valmiit harvesterin ja kuormatraktorin testauskehikot ja liityntärajapinta lopputestauslaitteistoon esitellään. Rasituskarsinnan toteutus perustuu laitteistorajauksen puitteissa metsäkoneiden oletettuihin ilmastollisiin ympäristöolosuhteisiin.</p> <p>Työssä esitetyn rasituskarsinnan toimintamallin keskeisinä periaatteina voidaan pitää testauskohteen toiminnan varmistamista rasituskarsintaohjelman määrittämässä olosuhteissa, ja tiedonsaantia tuotteiden ja valmistusprosessin kehittämismahdollisuuksista karsinnassa mahdollisesti paljastuvien piilovikojen seurannan avulla.</p>	
Luottamuksellinen Ei	
Hakusanat Testauskehikko, Rasituskarsinta, Tietokoneyksikkö	
Säilytyspaikka Kajaanin AMK	



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

Kajaani Polytechnic

**ABSTRACT
FINAL YEAR PROJECT**

Faculty Faculty of Engineering	Degree programme Production Engineering
Author Jani Kaipainen	
Title Designing and Implementing a Testing Frame and a Stress Screening Program	
Optional professional studies Production Engineering	Instructor(s) / Supervisor(s) Heikki Savolainen Ari Kananen
Date 10.05.01	Total number of pages 58
Abstract <p>The purpose of this final year project was to design and implement a testing frame and a stress screening program for the computer units of the Ponsse Opticontrol system. The testing frame is part of the functional test equipment and it works there as a junction unit of the system. The frame is also part of the equipment required in stress screening.</p> <p>The basic structure of the testing frame was implemented by a subcontractor. Finished testing frames for harvesters and forwarders are presented in this study. The implementation of stress screening is based on the equipment that can be used and expected climatical circumstances of forest machines.</p> <p>The operations model for stress screening at the factory is also presented. The principle of this model is to confirm product functionality in circumstances defined by a stress screening program. Another major function is to gather information on unrevealed failures so that the product and manufacturing process can be improved.</p>	
Confidential No	
Keywords Testing frame, Stress screening, Computer unit	
Deposited at Kajaani Polytechnic	

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYSLUETTELO
MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Ponsse Oyj.....	8
1.2	Työn tausta.....	9
1.3	Tehtävän rajaus.....	10
2	ELEKTRONISTEN LAITTEIDEN VIKAANTUMINEN.....	11
2.1	Vikaantumisen rakenne.....	11
2.2	Vikaantumisen syy.....	12
2.3	Suunnitteluviat.....	12
2.4	Komponenttivialat.....	13
2.5	Tuotantoviat.....	15
2.5.1	Komponenttilevytaso.....	15
2.5.2	Yksikkö- ja moduulitaso.....	16
2.6	Rasitusten vaikutus.....	16
2.6.1	Lämpötila.....	16
2.6.2	Kosteus.....	17
2.6.3	Sähköinen rasitus.....	18
2.7	Vikaantuminen elinkaaren eri vaiheissa.....	18
3	YMPÄRISTÖRASITUSKARSINTA.....	20
3.1	Rasituskarsinnan tarkoitus.....	20

3.2	Rasituskarsinnan käytön perusteet.....	20
3.3	Rasituskarsinnan tasot ja suoritus.....	21
3.4	Rasituskarsinnan hyödyt	22
3.5	Rasituskarsintamenetelmiä	22
3.5.1	Matala lämpötila	25
3.5.2	Korkea lämpötila.....	26
3.5.3	Vaihteleva lämpötila	26
3.5.4	Kosteus	28
3.5.5	Sähköinen kuormitus.....	29
3.6	Rasituskarsintamenetelmien tehokkuus	29
4	TESTAUSKEHIKOT	31
4.1	Kehikkojen perusrakenteen suunnittelun perusteet.....	31
4.2	Testauskehikon perusrakenteen toteutuminen.....	33
4.3	Kuormatraktorin testauskehikko	35
4.4	Harvesterin testauskehikko	37
5	RASITUSKARSINTASUUNNITELMA	40
5.1	Rasituskarsinnan tavoitteet	40
5.2	Testauslaitteen määrittely.....	40
5.3	Rasitusaltistuksen valinnan perusteet	41
5.4	Karsinnan periaate	43
5.5	Rasituskarsintaohjelma	45
5.6	Karsinnan käytännöntoteutus	47
5.7	Rasituskarsinnan koeajo	49
5.7.1	Tulokset.....	49
5.7.2	Tulosten tarkastelu	51

6	RASITUSKARSINTAMENETELMÄN KEHITTÄMINEN.....	53
6.1	Ideat uudesta rasisuskarsinnasta.....	53
6.2	Uuden rasisuskarsinnan edut.....	54
7	YHTEENVETO	56
	LÄHDELUETTELO.....	57
	LIITTEET	

MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ

nopeutettu testi	testi, jossa käytetty rasitustaso on valittu suuremmaksi kuin käyttöolosuhteissa määritelty, accelerated test
karsintatesti	testi tai testisarja, jolla pyritään poistamaan vialliset kohteet tai kohteet, joissa todennäköisesti esiintyy varhaisvikoja, screening test
vioittumistapa	kuvaus, joka ilmaisee miten vikaantuminen tapahtuu, fault mode
vikamekanismi	fysikaalinen, kemiallinen tai muu tapahtumaketju, jonka tuloksena syntyy vika, failure mechanism
ESS	rasituskarsinta, Environmental Stress Screening
ESD	sähköstaattinen purkaus, electrostatic discharge
EOS	sähköinen ylikuormitus, electrical overstress
Mil-ESS	MIL-standardiin perustuva rasituskarsinta, Military Environmental Stress Screening
HALT	kiihdytetty rasitustestaus, Highly Accelerated Life Test
HASS	kiihdytetty rasituskarsinta, Highly Accelerated Stress Screen

1 JOHDANTO

Insinöörityö on tehty Ponsse Oyj:n Kajaanin tehtaalla, jossa valmistetaan tavaralajimenetelmän metsäkoneiden tietojärjestelmiä ja puunkorjuuseen liittyvää tietotekniikkaa. Tuotteisiin kuuluvat mm. Ponsse Opti -hakkuukoneen tietojärjestelmä, kuormainvaa'at sekä puunkorjuuseen liittyvät konttoriohjelmistot.

Tässä työssä on esitetty Kajaanin tehtaalla valmistettavan Opti-tietojärjestelmän rasisuskarsinnan sekä järjestelmään kuuluvien tietokoneyksikköjen testauskehikkojen suunnittelu ja toteutus. Testauskehikot tulevat toimimaan sekä järjestelmän liityntäyksikkönä lopputestauslaitteistoon että osana rasisuskarsinnassa tarvittavaa laitteistoa. Lisäksi työssä on rasisuskarsinnan luonteen ymmärtämiseksi käsitelty elektronisten laitteiden vikaantumista ja vikamekanismeja tuotteen suunnittelu- ja valmistusprosessin kannalta sekä eri ympäristörasitusten seurauksena.

1.1 Ponsse Oyj

Vuonna 1970 perustettu Ponsse-konserni suunnittelee, valmistaa ja markkinoi tavaralajimenetelmän metsäkoneita sekä puunkorjuuseen liittyvää tietotekniikkaa. Tavaralajimenetelmä on Pohjoismaissa kehitetty puunkorjuumenetelmä, jossa hakkuukone kaataa, karsii ja katkoo rungot käyttötarkoituksen mukaisiksi pölleiksi metsässä ja kuormatraktori kuljettaa ne tavaralajeittain tienvarteen.

Ponsse valmistaa itse kaikki koneiden keskeiset komponentit, kuten rungot, ohjaamot, nosturit, harvesteripäät ja tietotekniikan. Metsäkoneet suunnitellaan ja valmistetaan Ylä-Savossa Vieremällä ja puunkorjuun tietotekniikkalaitteet Kajaanissa.

[1]

Ponsse-konserniin kuuluvat:

- Emoyhtiö Ponsse Oyj Vieremältä sekä markkinointiyhtiöt:
- Ponsse AB Ruotsista
- Ponsse AS Norjasta

- Ponsse S.A. Ranskasta
- Ponsse USA, Inc. Amerikan Yhdysvalloista
- Ponsse UK Ltd. Iso-Britanniasta.

Vuonna 1999 konsernin liikevaihto oli 118,7 MEUR ja henkilöstön määrä keskimäärin 482. [2]

Ponsse Oyj Tietojärjestelmät on Kajaanissa toimiva emoyhtiön tulosvastuullinen yksikkö, joka on keskittynyt metsäkoneiden tietojärjestelmien, kuten Ponsse Optin sekä kuormatraktoreihin ja kuorma-autoihin suunnattujen kuormainvaakojen suunnitteluun ja tuotantoon. Muita Kajaanissa valmistettavia tuotteita ovat mm. Ponsse Caliper –mittasakset ja puunkorjuuseen liittyvät konttoriohjelmistot. [1, 2]

1.2 Työn tausta

Työ on osa kokonaisprojektia, joka syntyi tarpeesta testata uusi Ponsse Oyj:n tuotantoon ottama Opti-tietojärjestelmä. Opti-tietojärjestelmä perustuu OptiNet-verkkoon, joka koostuu useasta tietokoneyksiköstä, joista kukin ohjaa koneen eri toimintoja, kuten ajovoimansiirtoa tai hakkuupäätä. Kokonaisprojektin tavoitteeksi asetettiin Ponsse Opticontrol -järjestelmän yksikkö- ja lopputestaukseen tarvittavat laitteet ja ohjeet Kajaanin tehtaalle.

Tämän työn osalta päätös kokeilla ympäristörasituskarsintaa osana normaalia tuotantoprosessia sekä yleisesti mahdollisimman kattavan testauksen toteutus liittyy yrityksen asiakastyytyväisyyden hoitoon. Onnistuneella rasituskarsinnalla voidaan vaikuttaa tuotteiden takuuajan vikaantumisten vähenemiseen. Osaltaan se voi auttaa myös vikatietojen keräämisessä. Lisäksi maailmanlaajuisen toiminnan aiheuttamat vaatimukset erilaisten ilmastollisten ympäristöolosuhteiden pohjalta ovat vaikuttaneet tarpeeseen kokeilla karsintaa uudelle tuotteelle.

1.3 Tehtävän rajaus

Työn tavoitteena on suunnitella ja valmistaa Opticontrol-järjestelmän tietokoneyksiköille testauskehikko sen käytön asettamien vaatimusten pohjalta. Näitä vaatimuksia ovat kehikon liityntärajapinnan yhteensopivuus kokonaisprojektiin kuuluvan lopputestauslaitteiston kanssa, käyttömukavuus ja kehikon hyvä soveltuvuus käytettäväksi lämpötilaltaan ja kosteudeltaan muuttuvissa ympäristöolosuhteissa. Lisäksi työn tavoitteisiin sisältyy alustava suunnitelma ja käyttöönotto sääkaapissa tietokoneyksiköille toteutettavan ympäristörasituskarsinnan osalta.

Työ koostuu kahden, kuormatraktorin ja harvesterin tietokoneyksiköiden, prototyypin testauskehikon suunnittelusta ja valmistamisesta sekä järjestelmätason rasituskarsintamenetelmän valinnasta ja käyttöönotosta. Merkittävän osan työstä muodostaa suunnitelma rasituskarsinnan toteuttamisesta käytettävissä olevilla laitteilla, jotka käytännössä rajaavat karsinta-alueen lämpötiloihin ja sähköisiin rasituksiin sekä näiden yhdistelmiin perustuviin rasitusaltistuksiin.

Rasituskarsinnan osalta tässä työssä pyritään luomaan edellämainittujen rajausten sisällä yritykselle alustava rasituskarsinnan toimintamalli, jonka avulla saadaan todennäköisesti suurin vaikutus niiden varhaisvikojen paljastamiseen, jotka havaitaan normaalisti vasta tuotteen käyttöönotossa ja käytössä. Osaltaan toimintamallin tavoitteisiin liittyy myös karsinnan mahdollisesti paljastamien piilovikojen seuranta, jonka avulla voidaan saada edelleen tietoa mahdollisuuksista parantaa tuotteiden käytön alkuaian luotettavuutta. Lisäksi tehtävän piiriin kuuluu rasituskarsintasuorituksen sekä testauskehikkojen valmistuksen ohjeistus.

2 ELEKTRONISTEN LAITTEIDEN VIKAANTUMINEN

Mille tahansa tuotteelle on tärkeää, että se täyttää sille asetetut toiminta- ja suorituskykyvaatimukset ja suoriutuu tehtävästään myös käytännössä, ilman toimintahäiriöitä. Käyttäjän kannalta laitteen vikaantuminen on aina harmillista. Lisäksi vikaantuminen voi aiheuttaa suuriakin taloudellisia menetyksiä ja pahimmassa tapauksessa vaarantaa omaisuutta tai jopa ihmishenkiä.

Tuotteen vikaantuminen on ikävää myös sen valmistajan kannalta. Esimerkiksi elektroniikkalaitteille luvatus takuuajan aikana sattunut vikatapaus tietää valmistajalle kustannuksia, kun tuote joudutaan korjaamaan tai vaihtamaan uuteen. Usein vielä merkittävämpää on kuitenkin asiakkaiden mahdollisesti heikentynyt luottamus kyseistä tuotetta ja samalla sen valmistajaa kohtaan. Mielikuva huonosti valmistetusta tuotteesta tai huolimattomasta työstä vaikuttaa asiakkaan tuleviin ostopäätöksiin ja voi siten aiheuttaa valmistajalle hyvinkin suuria taloudellisia menetyksiä. [3]

2.1 Vikaantumisen rakenne

Elektronisten laitteiden vikaantumista tarkasteltaessa puhutaan useimmiten komponenttien vikaantumisesta, koska laitteen vikaantumisen voidaan katsoa aina johtuvan jonkin sen komponentin vikaantumisesta. Tällöin on kuitenkin käsitettävä komponentti perinteistä merkitystä laajemmin, siten että komponentin muodostaa mikä tahansa osa tai osakokonaisuus, jota ei voida (rikkomatta) jakaa edelleen pienempiin osiin. Komponenttia voidaan pitää vikaantuneena silloin, kun se ei pysty suoriutumaan normaalista tehtävästään.

Tuotantovaiheessa voidaan komponenttien viat luokitella niiden havaittavuuden perusteella kahteen luokkaan; havaittaviin ja piileviin vikoihin. Havaittava vika voi olla esimerkiksi väärä tai väärinpäin aseteltu komponentti. Tällaiset viat voidaan havaita tuotantotestauksessa joko tarkastuksella tai toiminnallisella testillä. Piilevät viat taas voivat olla heikkouksia, jotka eivät ole havaittavissa normaaleilla tarkas-

tuksilla tai testeillä ja saattavat tulla esiin vasta asiakkaalla käytön alkukauden viikoina esimerkiksi tuotteen joutuessa alttiiksi tietylle rasitukselle. Piilovikoja ovat esimerkiksi kylmä juotos ja sähköstaattisen purkauksen (electrostatic discharge, ESD) takia osittain vioittunut komponentti. [3, 4, 5]

2.2 Vikaantumisen syy

Käytönaikaisen vikaantumisen syyn perusteella komponenttien viat voidaan jakaa sisäisiin ja ulkoisiin vikoihin. Komponenttien sisäiset viat tulevat esiin spesifikaatio-rajoiden sisäpuolisissa olosuhteissa ja ne voivat aiheutua esimerkiksi komponentin suunnittelusta, materiaalista, valmistuksesta, kokoonpanosta, pakkauksesta tai testauksesta. Ulkoiset viat taas voivat aiheutua esimerkiksi ESD:sta, sähköisestä ylikuormituksesta (electrical overstress, EOS), käsittelystä korkeammilla kokoonpanotasoilla, mekaanisesta, kemiallisesta, termisestä tms. ylikuormituksesta tai virheellisestä käytöstä. [3, 6]

Seuraavassa on esitetty lähteen [7] mukaan tarkemmin ne elektronisten laitteiden tyypilliset vikaantumisen syyt eli vikamekanismit, joiden voidaan katsoa aiheuttavan tuotteen vikaantumisen.

2.3 Suunnitteluviat

Uuden laiteversion kyseessä ollessa on suunnitteluun voinut jäädä joitakin heikkouksia, joita tyypitestauksessa ei ole onnistuttu paljastamaan. Tyypillisiä ovat erilaisten toleranssien yhdistelmät jossain tietyssä lämpötilassa, huonosti spesifioidut komponenttiparametrit, todellisten käyttöolosuhteiden erot suunnittelussa käytettyihin olosuhteisiin nähden jne.

Ongelmia saattaa aiheutua myös siitä, että tuotantoerissä käytetyt komponentit eivät olekaan samanlaisia kuin prototyypeissä käytetyt, valmistaja on myöhemmin muuttanut komponentin valmistusprosessia tai on jouduttu vaihtamaan kompo-

nenttivalmistajaa. Tilanne on vastaava myös alihankintana teetettävien osien, moduulien ja suurempien laitekokonaisuuksien osalta.

Komponenttien väärinkäyttö aiheutuu myös usein virheellisestä suunnittelusta. Kyseessä voi olla esimerkiksi mitoitusvirhe, suojaus- tai maadoitusvirhe tai teknologian käyttäminen suorituskykynsä ääri rajoilla. Mitoitusvirheitä ovat mm. liian suuren jännitteen, virran tai tehon käyttäminen. Käyttöolosuhteissa esiintyvien olosuhteiden (lämpötila, kosteus jne.) vaikutus komponenttien ominaisuuksiin on myös huomioitava.

Suunnitteluvikoihin vaikuttavat erityisesti yrityksen suunnittelukulttuuri, suunnitteluohjeet, eri komponenttitekniikoiden käytösäännöt ja suunnittelun varmistamisessa käytettävien menetelmien tehokkuus. [7]

2.4 Komponenttivialat

Tässä komponenttivialoilla tarkoitetaan niitä komponenteissa esiintyviä vikoja, jotka aiheutuvat komponenttien oman valmistuksen tai suunnittelun heikkouksista (sisäiset vialat). Vioittuminen tapahtuu siitä huolimatta, että niitä käytetään spesifikaationsa mukaisesti oikein tai komponentin vika havaitaan jo heti tulotarkastuksessa tai käyttöönotettaessa (alkuvialliset komponentit).

Komponenttien valmistusprosessien hallinta on nykyään niin hyvä, että komponenttivialoja on yleensä erittäin vähän lukuunottamatta hyvin uusia komponentteja tai tekniikoita. Ajoittaiset valmistusongelmat tai tietyt kriittiset komponentit voivat myös aiheuttaa ongelmia. Tyypillisiä kriittisiä komponentteja ovat olleet ASIC-piirit, suurtaajuuskomponentit, tehokomponentit, induktiiviset komponentit ja liittimet.

Mikropiirien osalta on myös esitetty, että rappeutumisvikojen osuus kasvaa tultaessa lähemmäksi fysikaalisia rajoja virrantiheyksien, sähkökenttien ja lämmön tuoton kannalta.

Mikropiirien ja muiden puolijohdekomponenttien valmistuksessa prosessointivirheistä ja epäpuhtauksista voi aiheutua virheitä:

- itse puolijohdemateriaaliin (kidevirheet, epäpuhtaudet)
- pintaan ja eristekerrokseen (kuviointivirheet, kiinteät ja liikkuvat epäpuhtaudet, väärät kerrospaksuudet)
- metallointiin (kuviointivirheet, paksuusvaihtelut, metalloinnin kiderakenne, kontaktit)
- palan liitokseen ja johdinliitokseen
- kotelointiin (muovikoteloiden kosteudensieto, termiset ominaisuudet, mekaaniset ominaisuudet)

MOS-komponenttien tärkein vikamekanismi on hilaoksidin ajasta riippuva läpilyönti. Mikropiirien rakenteet ovat hyvin erilaisia ja niihin voi liittyä tyyppikohtaisia vikoja, kuten esimerkiksi tietyillä muistipiireillä varauksen katoaminen ns. kelluvalta hilalta.

Pintaliitettävien palavastusten ja -kondensaattorien viat liittyvät yleisimmin juotettavuusongelmiin (korkea lämpötila, juotosvirheet), lämpövaihteluiden sietoon ja komponenttilevyn taivutuksen sietoon. Korkea lämpötila, lämpötilan vaihtelut ja levyn taivutus kohdistavat palakomponentteihin mekaanisen jännityksen, joka voi aiheuttaa palan halkeamisen. Sama koskee muitakin pintaliitettäviä komponentteja, joilla ei ole johtimia (vain kontaktialueet) tai johtimet ovat lyhyet.

Elektrolyyttikondensaattoreiden ongelmia ovat elektrolyytin kuivuminen tai vuotaminen (märkä elektrolyytti) sekä elinikä varastoinnissa ja käytössä. Varastoinnin aikana anodin oksidikerros ohenee pienentäen jännitekestoisuutta (oksidikerros voidaan tosin muodostaa uudelleen). Elinikää rajoittavat mm. elektrolyytin epäpuhtaudet.

Liittimet ovat elektronisten järjestelmien herkimpiä osia. Niiden tärkeimpiä ominaisuuksia luotettavuuden kannalta ovat kulumiskestävyys, liittämismekanismi, kor-

roosionkesto ja mekaaninen stabiilisuus. Korroosionkestoon vaikuttavat käytetyt pinnoitteet ja koteloringon mahdollinen suojaava vaikutus. Kultapinnoite ei huokoisuutensa takia ole paras valinta hyvin korrosiivisiin olosuhteisiin. Parempi materiaali onkin tina-lyijypinnoite. Mekaaniseen stabiilisuuteen vaikuttaa mm. liitinjousen runkomateriaali ja mekaaninen rakenne. Jousivoimansa hyvin säilyttäviä materiaaleja ovat fosforipronssi ja berylliumkupari. [7]

2.5 Tuotantoviat

2.5.1 Komponenttilevytaso

Komponenttilevytasolla vikoja aiheutuu komponenttivikojen lisäksi komponenttiladonnan mekaanisista rasituksista, juotosprosessista, pesuprosesseista, väärin tai huonosti asennetuista komponenteista ja osista, virheellisestä käsittelystä (mekaaninen rasitus, staattinen sähkö), testauksen virheistä jne. Vauriot eivät aina heti ilmene vikana, vaan usein vasta myöhemmin käytössä, kun kosteus tai lämpötila pääsevät vaikuttamaan.

Komponenttiladonnassa käytettävät laitteet ja työkalukärjet aiheuttavat mm. mekaanisia iskuja, vääntöjä ja tärinää, jotka voivat vaurioittaa komponentteja. Lisäksi komponenttilevyn tuennasta riippuen se voi taipua komponentteja aseteltaessa, mikä vuorostaan aiheuttaa jännityksiä muualla levyllä.

Juotosprosessien korkea lämpötila saattaa vaurioittaa komponentteja (esim. isot muovikotelot voivat haljeta muovin sisältämän kosteuden takia, ns. popcorn-ilmiö), johtimien tai liitosalueiden väliin voi jäädä juotesiltoja, johtimia voi jäädä juottumatta johtimien taipumisen tai johtimien huonon kastumisen takia ja pienet palakomponentit voivat nousta pystyyn toisen liitosalueen varaan (ns. hautakivi-ilmiö). Liika juote palakomponentin juotoksessa tekee liitoksen herkemmäksi lämpövaihtelun aiheuttamalle palan halkeamiselle. Käytetystä juoksuotteesta ja pesuprosessista riippuen, voi komponenttilevyn pinnalle jäädä myös epäpuhtauksia. [7]

2.5.2 Yksikkö- ja moduulitaso

Yksikkö- ja moduulitasolla vikoja voi aiheutua mm. komponenttilevyjen taivuttamisesta tai muusta mekaanisesta vaurioittamisesta kokoonpanon yhteydessä, virheellisistä mekaniikkaosista, väärin tai huonosti kytketyistä johtimista tai liittimistä sekä muista huonoista kiinnityksistä ja tukiosista (löysät/liian tiukat kiinnitykset tai tuennat).

Virheellisestä käsittelystä aiheutuvia mekaanisia vaurioita ovat mm. johtimien vääntymiset, komponenttien ja osien irtoaminen tai niiden murtuminen.

Mikäli yksikköjen tai moduulien kokoonpanovaiheessa juotetaan osia kiinni, voi juotoslämpö vaurioittaa komponentteja, muita osia tai piirilevyä. Samoin on kokoonpanon yhteydessä huolehdittava siitä, etteivät komponenttilevy tai komponentit likaannu tai ettei levyille tai johtimien väliin jää johtavia kappaleita tai hiukkasia. Epäpuhtaudet voivat kasvattaa vuotovirtoja ja korroosioriskiä ja johtavat kappaleet voivat aiheuttaa oikosulun ja sen seurauksena muita vikoja.

Komponenttilevyt komponentteineen ovat myös tässä vaiheessa herkkiä staattiselle sähkölle, eikä komponenttilevyä, avoimia liittimiä yms. saa kosketella ilman asianmukaisia suojaustoimenpiteitä staattisen sähkön purkauksilta.

Yksikkö- ja moduulitason kokoonpanon jälkeen niitä yleensä testataan myös sähköisesti, jolloin virheelliset jännitteet tai jännitteiden kytkeminen väärässä järjestyksessä voivat aiheuttaa vikoja. [7]

2.6 Rasiusten vaikutus

2.6.1 Lämpötila

Korkea lämpötila nopeuttaa useita komponenttien vioittumismekanismeja. Komponenttilevytasolta aina järjestelmätasolle lämpötilan ja sen vaihteluiden huomattavimmat vaikutukset rakenteille ja osille ovat erilaisista lämpölaajenemiskertoimista

johtuvat mekaaniset jännitykset ja niistä johtuvat vauriot. Korkea ympäristölämpötila voi myös vaurioittaa tiettyjä materiaaleja (esimerkiksi muoveja) ja aiheuttaa komponenttilevyllä tai laitteen osissa yhdessä komponenttien oman tehonkulutuksen kanssa kuumia kohtia, joissa ylitetään suunnitellut maksimilämpötilat. Tästä voi seurata lämpötilan aiheuttamien vikojen lisäksi sellaisia parametrien muutoksia, jotka aiheuttavat virhetoimintoja.

Lämpötilan vaihteluihin liittyvät jännitykset voivat aiheuttaa mm. johdinliitosten, juotosten ja komponenttikoteloiden heikkenemistä.

Matalan lämpötilan aiheuttamat viat liittyvät usein kosteuden tiivistymiseen kylmimmille pinnoille, mikä kasvattaa vuotovirtoja ja lisää korroosioriskiä. Mikropiireillä ns. kuumiin elektroneihin liittyvät ongelmat voivat tulla esiin erityisesti matalassa lämpötilassa yhdessä korkean käyttöjännitteen kanssa. [7]

2.6.2 Kosteus

Suuri suhteellinen kosteus usein yhdessä epäpuhtauksien ja jännitteen kanssa aiheuttaa metalliosien ja metallisten pinnoitteiden korroosiota. Nykyiset komponenttien muovikotelot ovat yleensä laadultaan niin hyviä, että ennen kuin komponenteissa syntyy sisäisiä vikoja havaitaan mm. komponenttien johtimissa, johtimien välillä komponenttilevyllä, liittimissä, kytkimissä ja sähkömekaanisissa komponenteissa korroosiovaurioita.

Korroosio voi myös aiheuttaa komponenttien ylikuumentumista, heikentää sähkömagneettista suojausta ja huonontaa ulkonäköä. Komponenttikoteloiden ja jäähdytuselementtien oksidoituminen kasvattaa termistä resistanssia jopa kymmenkertaiseksi. Tämä voidaan välttää sopivilla pinnoitteilla ja käyttämällä riittävää puristusvoimaa. Sähkömagneettisen suojauksen heikkeneminen johtuu kotelo-rakenteiden eri osien välisten kontaktialueiden ja maadoituskontaktien oksidoitumisesta.

Korroosion välttämässä on tärkeää laitekotelon sisäilmaston hallinta (lämpötilojen tasainen jakauma, mahdollisesti lisälämmitys suhteellisen kosteuden alentamiseksi jne.). Samoin oikealla materiaalien, kotelotyypin (komponentit) ja erityisesti metallisten pinnoitteiden valinnalla ja mahdollisten lisäsuojusten käytöllä, esimerkiksi lakkaamalla komponentteily, voidaan parantaa korroosionsietoa. [7]

2.6.3 Sähköinen rasitus

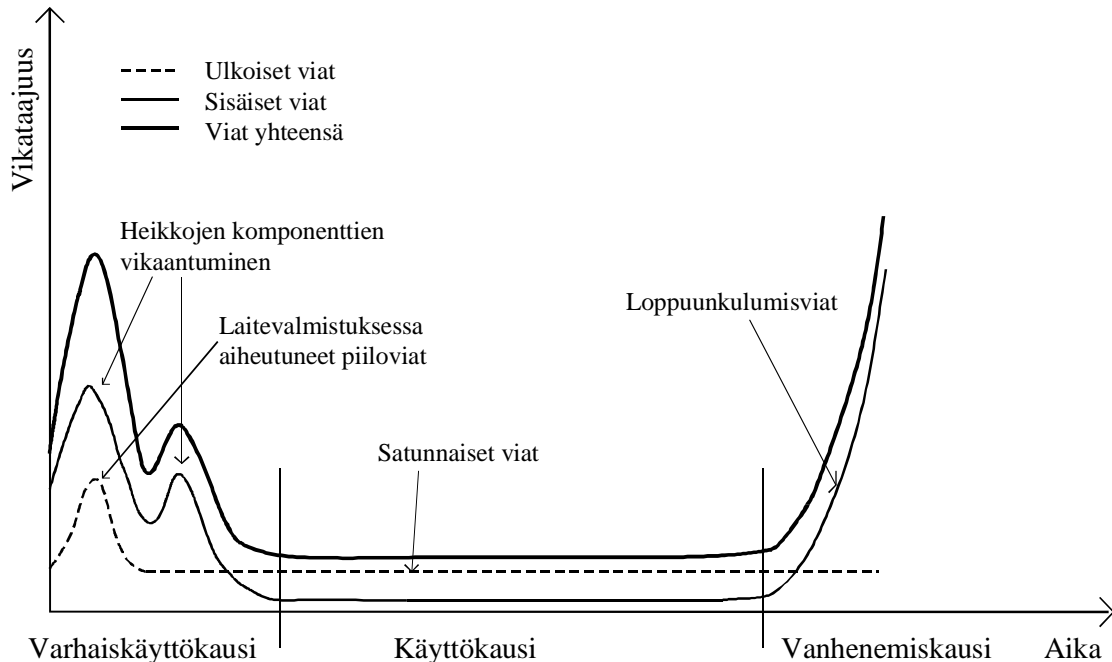
Liian suuri jännite saattaa aiheuttaa läpilyönnin komponentissa tai komponentteilyllä, johtimien välillä jne., jolloin läpilyönnin aiheuttama suuri virta voi tuhota komponentin tai aiheuttaa oikosulun tai katkoksen piirilevyille. Suuri jännite voi liittyä esimerkiksi testaukseen, vikatilanteeseen laitteessa, staattiseen sähkөөn, verkon häiriöihin jne.

Suuri virta voi tuhota johtimia, liitoksia tai komponenteissa niiden johtimia tai metallointia mikäli virrankesto ylitetään. Suuri tehonkulutus puolestaan nostaa komponenttien ja niiden ympäristön lämpötilaa, mikä voi aiheuttaa komponenttivikoja, mekaanisia jännityksiä ja vaurioita sekä komponenttien parametrimuutoksia yli spesifikaatorajojen.

Sähkömagneettiset häiriöt voivat aiheuttaa laitteissa toimintahäiriöitä. Ne aiheuttavat kuitenkin harvemmin pysyviä vikoja. [7]

2.7 Vikaantuminen elinkaaren eri vaiheissa

Tuotteen elinkaari voidaan jakaa varhaiskäyttökauteen (early life period), käyttökauteen (useful life period) ja vanhenemiskauteen (long-term wearout period) [6, 8]. Perinteisesti tuotteen vikaantumista kuvataan ns. kylpyammekäyrällä. Kuvassa 1 on Jensenin [6] esittämä käyrämuoto. Kuvaan on merkitty eri käyttökaudet ja piirretty erikseen sisäisten ja ulkoisten syiden aiheuttamat viat.



Kuva 1. Komponenttien vikaantuminen. [3].

Varhaiskäyttökaudella esiin tulevat viat (infant mortality failures) voivat olla sisäisiä tai ulkoisia. Sisäiset varhaiskäyttökauden viat aiheutuvat nk. heikkojen komponenttien vikaantumisesta. Nämä ovat komponenttien valmistusprosessissa, materiaaleissa tms. tapahtuneiden vaihteluiden takia jollakin tavalla kestävyydeltään pääpopulaatiosta poikkeavia komponentteja. Ulkoiset varhaiskäyttökauden viat taas voivat olla laitteen valmistuksen, käsittelyn tai testauksen aikana syntyneitä esimerkiksi ESD:sta tai mekaanisesta yllirasituksesta aiheutuneita piileviä vikoja. Varhaiskäyttökaudella voi esiintyä myös satunnaisia vikoja. Nämä ovat luonteeltaan ulkoisia ja aiheutuvat käyttöolosuhteiden satunnaisista kuormituspiikeistä. Käyttökauden aikana esiin tulevat viat (useful life failures) ovat enimmäkseen juuri satunnaisia. [3, 6, 8]

Mikäli komponenttia on käytetty suunnittelussa oikein ja käsitelty laitevalmistuksen yhteydessä asianmukaisesti, ovat vanhenemiskauden viat (wear-out failures) enimmäkseen sisäisiä ja aiheutuvat komponenttien luonnollisesta loppuunkulumisesta. Lisäksi vanhenemiskaudella esiintyy myös satunnaisia vikoja. [3, 6, 8]

3 YMPÄRISTÖRASITUSKARSINTA

Ympäristörasituskarsinta sai alkunsa avaruusohjelmien seurauksena 1960-luvulla päämääränään tuotteiden perimmäinen luotettavuus. 1970-luvulla puolustus-elektroniikkateollisuus omaksui rasituskarsinnan käyttöönsä tehokkaana osana elektronisten laitteiden luotettavuuden parantamisessa. Viime aikoina rasituskarsintaa on valikoiden sovellettu jo varsin yleisesti elektroniikkateollisuudessa. [9]

3.1 Rasituskarsinnan tarkoitus

Yleisesti kaikkien karsinnan muotojen tarkoituksena on muuttaa tuotteissa mahdollisesti olevat piilevät, ajoittaiset tai alkuvaiheessa esiintyvät viat ja virheet käytettävän rasituksen avulla havaittaviksi, jolloin ne voidaan löytää karsintavaiheen jälkeen suoritetulla tarkastuksella tai toiminnallisella testillä ja korjata. Mikäli karsintaa ei suoritettaisi, mahdolliset viat aiheuttaisivat hyvin todennäköisesti tuotteen viikaantumisen varhaiskäyttökaudella pian käyttöönoton jälkeen. Tuotteen elinkaarta ajatellen karsinnan tavoitteena on, että tehtaalta lähtiessään tuotteet olisivat jo siirtyneet kuvan 1 kylpyammekäyrässä nk. käyttökaudelle eli ajanjaksolle, jossa viikataajuus on vakio. [3, 7]

3.2 Rasituskarsinnan käytön perusteet

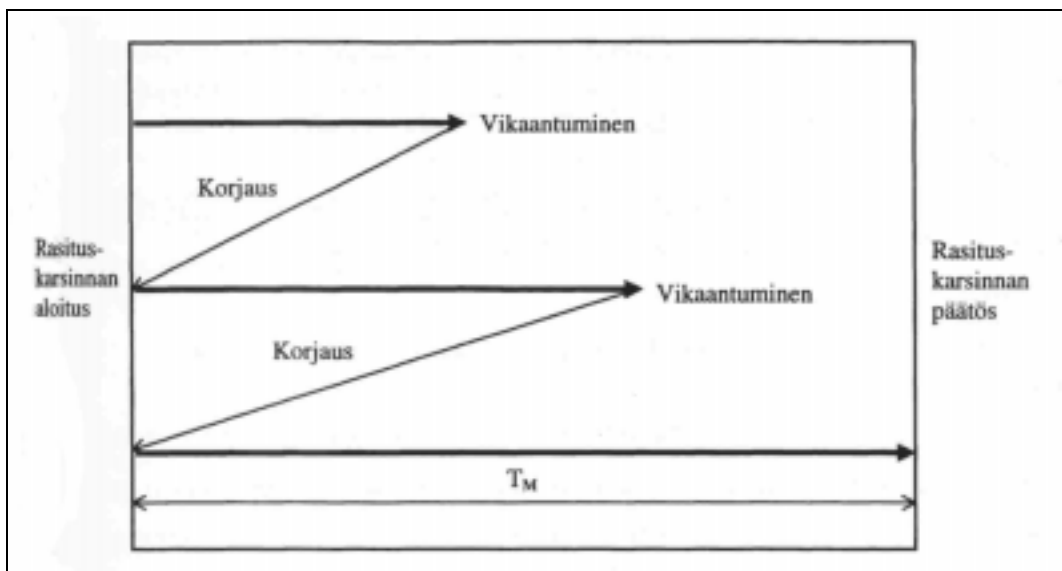
Rasituskarsinnan käyttö on perusteltua, jos tuotantoprosessi on sellainen, että siinä syntyy laitteeseen huomattavan paljon sellaisia piileviä vikamekanismeja (esim. juotosvikoja, tinasiltoja, lämpörasituksia, löysiä ruuvi kiinityksiä, mekaanisia vaurioita, likaantumista, ESD-vaurioita), jotka eivät paljastu tuotantotarkastuksilla. Toinen tärkeä syy rasituskarsinnan käyttöön on komponenteissa satunnaisesti esiintyvien varhaisvikojen tai heikkouksien paljastaminen.

Rasituskarsinnan käyttöä ja merkitystä on kuitenkin pyrittävä arvioimaan jatkuvasti. Testaustyyppisenä toimintana se ei tuo tuotteelle lisäarvoa ja lisäksi on huomattava, että millään yksittäisellä karsintamenetelmällä ei voida paljastaa kaikkia laitteen piileviä vikoja. Ensisijainen tehtävä on pyrkiä selvittämään, mitä tuotteen vi-

kaantumisen taustalla on. Mahdollisesti rasituskarsintaprosessin paljastamien tai muutoin havaittujen vikojen perussyöt (vikamekanismit) tulisi löytää ja korjata, jotta karsinnasta saataisiin täysi hyöty. Mikäli vikojen aiheuttajia ei selvitetä ja eliminoida, havaitaan samoja ongelmia jatkuvasti ja karsintaprosessi jättää tulevaisuudessaakin osan vioista paljastamatta. [7]

3.3 Rasituskarsinnan tasot ja suoritus

Rasituskarsintaa voidaan suorittaa eri kokoonpanotasolla. Komponenttien karsintaa suorittavat lähinnä komponenttivalmistajat osana omaa laadunvarmistustaan. Laittevalmistajat suorittavat karsintaa yleensä yksikkö- tai laitetasolla. Yksikkö- ja laitetason karsinta suoritetaan tavallisesti siten, että tuotetta rasitetaan, kunnes se on selvinnyt ennaltamäärätyn ajan vikaantumatta [7]. Rasitusaltistuksen aikana tuotteen toimintaa valvotaan ja mikäli vikoja esiintyy, tuote otetaan korjattavaksi. Korjauksen jälkeen tuote altistetaan uudelleen rasitukselle. Kun tuote on ollut rasituksessa yhtäjaksoisesti vaaditun ajan, se on valmis siirtymään seuraavalle tuotantotasolle, usein lopputestaukseen. Kuva 2 havainnollistaa vikaantumattoman ajan käsitettä.



Kuva 2. Sellaisen tuotteen rasituskarsinta, jossa esiintyy kaksi vikaantumista ennen kuin se selviää ns. vikaantumattoman ajan T_M . [7]

Rasitusaltistus ja jatkuva valvonta voidaan toteuttaa myös vaihtoehtoisilla tavoilla. Tällöin toiminnalliset testit suoritetaan ennen ja jälkeen altistuksen tai valvonta voidaan tehdä tiettyinä ajanhetkinä [7]. Kuvassa 2 esitetty tapa on kuitenkin suositeltavin, sillä jatkuva valvonta säästää rasituskarsinnassa tarvittavaa aikaa, kun tuotteen vikaantuminen havaitaan välittömästi.

3.4 Rasituskarsinnan hyödyt

Hyvin suunnitellun ja toteutetun rasituskarsinnan hyötyjä ovat ainakin seuraavat:

- Tuotteen elinkaaren kustannukset pienentyvät.
- Tuotteiden toimitusajat lyhentyvät.
- Tuotteen luotettavuus lisääntyy.
- Asiakastyytyväisyys lisääntyy.
- Kunnossapitokustannukset pienentyvät.
- Tuotteen tuotantoprosessi parantuu.

Rasituskarsinnasta saatava taloudellinen hyöty tulee usein ilmi vasta pitkällä aikavälillä, usein verrattaessa karsinnassa paljastuvien ja kentältä saatavien karsittavien varhaisvikojen (monesti takuu-aika) suhdetta. Tuotantoprosessissa rasituskarsinta toteutetaan tavallisesti piilevien ja kokoonpanosta johtuvien vikojen paljastamiseksi, mutta se voi olla tehokas myös suunnittelun puutteiden osoittamisessa. [7]

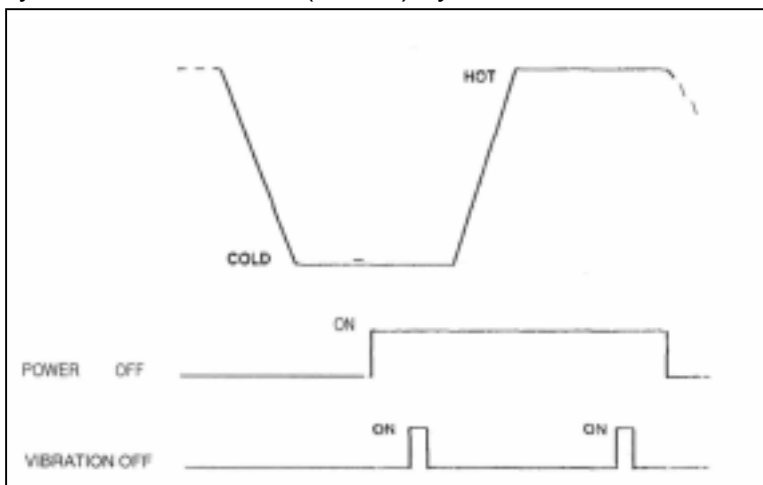
3.5 Rasituskarsintamenetelmiä

Nykyisin monet kehittyneet ja samalla varsin huomattavia kalustoinvestointeja vaativat rasituskarsintamenetelmät perustuvatkin eri ympäristötekijöiden yhdistelmiin. Valmistus- ja toimitusaika vaatimusten edelleen pienentyessä ovat nämä menetelmät monesti myös nopeutettuja. Nopeutetulla testauksella tai karsinnalla tarkoitetaan sellaista testiä, jossa käytetty rasitustaso on valittu suuremmaksi kuin käyttöolosuhteissa määriteltä [7]. Viitteessä [9] on esitelty ja vertailtu neljää edellämäi-

nitun kaltaista ympäristörasituskarsintamenetelmää (Environmental Stress Screening, ESS). Tämän tyyppisten menetelmien hahmottamiseksi on tässä lyhyesti esitelty vertailussa mukana olleet.

- Military Environmental Stress Screening (Mil-ESS)
 - Rasitustekijöinä vaihteleva lämpötila ja värinä.
- Highly Accelerated Life Test / Highly Accelerated Stress Screen (HALT/HASS)
 - Rasitustekijöinä nopea lämpötilan vaihtelu, värinä, jännite (ja taajuus).
- Electroynamics Accelerated Life Test / Accelerated Stress Screen (ED-ACLT/ACSS)
 - Rasitustekijöinä samat kuin edellisessä (HALT/HASS).
- Liquid ESS (LESS)
 - Rasitustekijänä erittäin nopea lämpötilan vaihtelu nestekylvyn avulla.

Edelliseen viitaten on kuvassa 3 esitetty esimerkkiluonteisesti tyypillinen kiihdytyn rasituskarsinnan (HASS) sykli.



Kuva 3. Tyypillinen HASS-sykli. [9]

Seuraavassa on esitelty tarkemmin niitä karsintamenetelmiä ja näistä tuotteelle aiheutuvia ympäristötekijöiden pääasiallisia vaikutuksia, jotka tämän työn sisältämän laitteistorajauksen puitteissa on mahdollista toteuttaa. Käytännössä näitä ovat sel-

laiset rasituskarsinnan muodot, jotka koostuvat ilmastollisista ympäristötekijöistä kuten lämpötila, lämpötilan muutosnopeus ja kosteus. Myös sähköisen rasituksen ja ilmastollisten tekijöiden yhdistelmien ja testisarjojen käyttö on mahdollista tämän työn puitteissa. Taulukossa 1 on esitetty lähteeseen [10] perustuen esimerkki testisarjasta, joka soveltuu useimmille laitetyypeille ja tuo esiin merkittävimmät ilmiöt.

Taulukko 1. Testisarjaesimerkki. [10]

Testi	Huomautuksia
A Kylmä B Kuiva Lämpö N Lämpötilan vaihtelu	Aiheuttaa mekaanisia rasituksia, jotka saattavat tehdä laitteen aremmaksi myöhemmille testeille.
E Isku tai jyskytys 1) F Tärinä 1)	Aiheuttavat mekaanisia rasituksia, jotka saattavat aiheuttaa heti vaurioita tai tehdä laitteen aremmaksi myöhemmille testeille
M Ilmanpaine D Vaihteleva kosteus C Jatkuva kosteus 2)	Paljastavat lämpötestien ja mekaanisten testien aiheuttamia vikoja.
K Korrosio 2) L Hiekka ja pöly 3)	Saattavat korostaa lämpötestien ja mekaanisten testien aiheuttamia vikoja.
- Kiinteiden esineiden tunkeutuminen - Veden tunkeutuminen	SFS 2972 (IEC 529) mukaisia testejä tulisi käyttää.
<p>Huom: 1) Testien E ja F järjestystä voidaan vaihtaa. 2) Kosteustesti ja korrosiotesti tulisi tehdä eri näytteille aina, kun se on mahdollista. 3) Näistä testeistä ei ole vielä standardia. (IEC-sarjoissa 68)</p>	

Muista kuin tässä esitellyistä eri rasituskarsinnan muodoista, käytöstä ja vaikuttavista tekijöistä kerrotaan viitteissä [4, 5, 6, 7, 10, 11].

3.5.1 Matala lämpötila

Jatkuvan matalan lämpötilan testausmenetelmissä testattava tuote altistetaan tietylle vakiolämpötilalle. Testin tavoitteena on määrittää ja varmistaa, kuinka komponentti, laite tai muu testauskohde toimii tai kestää varastointia alhaisessa lämpötilassa. Testi voidaan tehdä joko äkillisenä tai hitaalla lämpötilan muutoksella. Äkillistä muutosta tulee kuitenkin käyttää vain silloin, kun tiedetään ettei tämä ole vahingollinen testattavalle tuotteelle.

Periaatteena on, että tuote on testauskaappiin laitettaessa laboratorion lämpötilassa. Käytettäessä äkillistä lämpötilan muutosta on testauskaapissa spesifikaation määrittelemä lämpötila ja käytettäessä hidasta lämpötilan muutosta testauskaapissa on laboratorion lämpötila. Kun lämpötila on testauskaapissa stabiloitunut, pidetään tuotetta testiolosuhteissa ennalta määrätty aika. Yleensä lämpöä kehittämättömät tuotteet testataan virrattomina. Lämpöä kehittävät tuotteet voidaan testata joko virrallisena tai virrattomana. Tämä riippuu usein kuitenkin tuotteen ominaisuuksista ja mahdollisesti se on jo määritelty tuotespesifikaatiossa. [10]

Seuraavassa on esitetty matalan lämpötilan vaikutuksia tuotteessa.

Pääasialliset vaikutukset: [10]

- viskositeetin kasvu ja jähmettyminen
- jään muodostuminen
- haurastuminen
- kutistuminen
- mekaanisen lujuuden huononeminen

Tyypillisiä vikoja: [10]

- eristysvika
- halkeilu ja murtuminen
- tiivisteviat
- liikkuvien osien lisääntynyt kuluminen

3.5.2 Korkea lämpötila

Korkean lämpötilan testausmenetelmissä on tavoitteena määrittää ja varmistaa tuotteen kyky kestää korkeita lämpötiloja. Siinä menetelmä ja periaate on vastaava kuin matalan lämpötilan menetelmässä. Vain rasitustekijä on eri, eli tuotteen kokea korkea lämpötila. Monesti, käytettäessä korkean lämpötilan testausmenetelmää, näkee siitä myös käytettävän nimitystä vanhennus (burn-in).

Seuraavassa on esitetty korkean lämpötilan vaikutuksia tuotteessa.

- suojaamattomien pintojen oksidoituminen, josta seuraa huonoja kontakteja ja metallipintojen kiinnileikkautumista
- materiaalien välinen diffuusio, esim. komponentin ja juoteaineen välillä
- elektrolyyttien ja paristojen kuivuminen
- muoviosien pehmentyminen
- kemiallisten reaktioiden kiihtyminen
- osittain vaurioituneiden eristeiden läpilyönti. [7, 10]

Edellämainitut tasalämpökäsittelyt (matala ja korkea lämpötila) ovat suhteellisen halpoja rasituskarsintamenetelmiä, mutta hintaansa nähden tehokkuudeltaan varsin hyviä, mikäli tavoitteena on paljastaa komponenttivikoja. Menetelmällä ei sen sijaan juurikaan pystytä paljastamaan kokoonpano- ja liitäntävikoja. [11]

3.5.3 Vaihteleva lämpötila

Lämpötilan vaihtelu -testissä rasitusparametreja ovat seuraavat:

1. Ääriämpötilat
2. Ääriämpötilojen kesto
3. Lämpötilan muutosnopeus
4. Syklien lukumäärä

Vaihteleva lämpötila -karsinnan rasitustaso määräytyy lämpötilan ylä- ja ala-arvoista, lämpötilan muutosnopeudesta ja ylä- ja alalämpötilojen kestoista. Tämä karsintamenetelmä soveltuu sekä lämpöä tuottamattomille että lämpöä tuottaville tuotteille ja se on yhdistettävissä toiminnalliseen rasitukseen. Testijärjestelyssä on otettava huomioon ilman kierto nopeus, tuotteen muoto ja sijainti testikammiossa, jotta tuote voidaan altistaa lämpövaihtelulle hallitusti.

Lämpötilan muutos aiheuttaa mekaanisia rasituksia tuotteessa ja sen komponenteissa varsinkin, jos eri lämpölaajentumiskertoimisia materiaaleja on kontaktissa keskenään. Tällöin rasitukset riippuvat suorassa suhteessa lämpötilaeroon mutta eivät lämpötilan muutosnopeuteen. Siten ylä- ja alalämpötila määräävät keskeisesti rasitustason.

Jos tuote koostuu eri kokoisista ja muotoisista komponenteista, on niillä erilaiset termiset aikavakiot (lämpökapasiteetin ja termisen resistanssin tulo). Muutos-tilanteessa tällaisten osien välille muodostuu lämpötilaviive, joka on verrannollinen termisen aikavakion ja lämpötilan muutosnopeuden tuloon. Näin syntyy lämpötila-graduateja ja kuormituksia, jotka riippuvat ensisijassa lämpötilan muutosnopeudesta. Korkea muutosnopeus on tärkeää, jos heikot komponentit ovat pieniä. Samalla on varmistettava, että testikaapin ilman virtausnopeus on suuri.

Oloaika (lämpötilan stabiloitumisaika) määräytyy niiden komponenttien mukaan, joiden termisen aikavakio on suuri, koska tarkoitus on saada kaikki komponentit kokemaan ääriämpötilat. Jos heikot komponentit ovat suurikokoisia, on oloaika valittava suureksi. Oloaika ja lämpötilan muutosnopeus määräävät syklien lukumäärän aikayksikköä kohti. [7]

Vaihteleva lämpötila vaikuttaa tuotteeseen usealla tavalla:

- päällysteiden, materiaalien ja johtimien mikrohalkeamat
- huonojen liimaliitosten ja väärin niitattujen/pultattujen liitosten löystyminen
- huonojen juotosten kontaktiresistanssien lisääntyminen tai katkos
- hiukkaskontaminaatio. [7, 10]

3.5.4 Kosteus

Kosteuden pääasialliset vaikutukset, kun räsitusetekijänä suuri suhteellinen kosteus:
[7, 10]

- kosteuden imeytyminen ja tiivistyminen tuotteen pinnalla
- turpoaminen
- mekaanisen lujuuden huonontuminen
- kemialliset reaktiot kuten korroosio ja elektrolyysi
- eristeen johtokyvyn kasvaminen, pintaresistanssin pienentyminen

Tyypillisiä vikoja:

- mekaaniset viat
- murtumat
- eristysviat

Kosteuden pääasialliset vaikutukset, kun räsitusetekijänä pieni suhteellinen kosteus:
[10]

- kuivuminen, haurastuminen, kutistuminen
- mekaanisen lujuuden huonontuminen
- kosketinpintojen kulumisen lisääntyminen
- staattisen varauksen syntyminen

Tyypillisiä vikoja:

- ei-metallisten osien mekaaniset viat
- halkeilu
- sähköiset viat

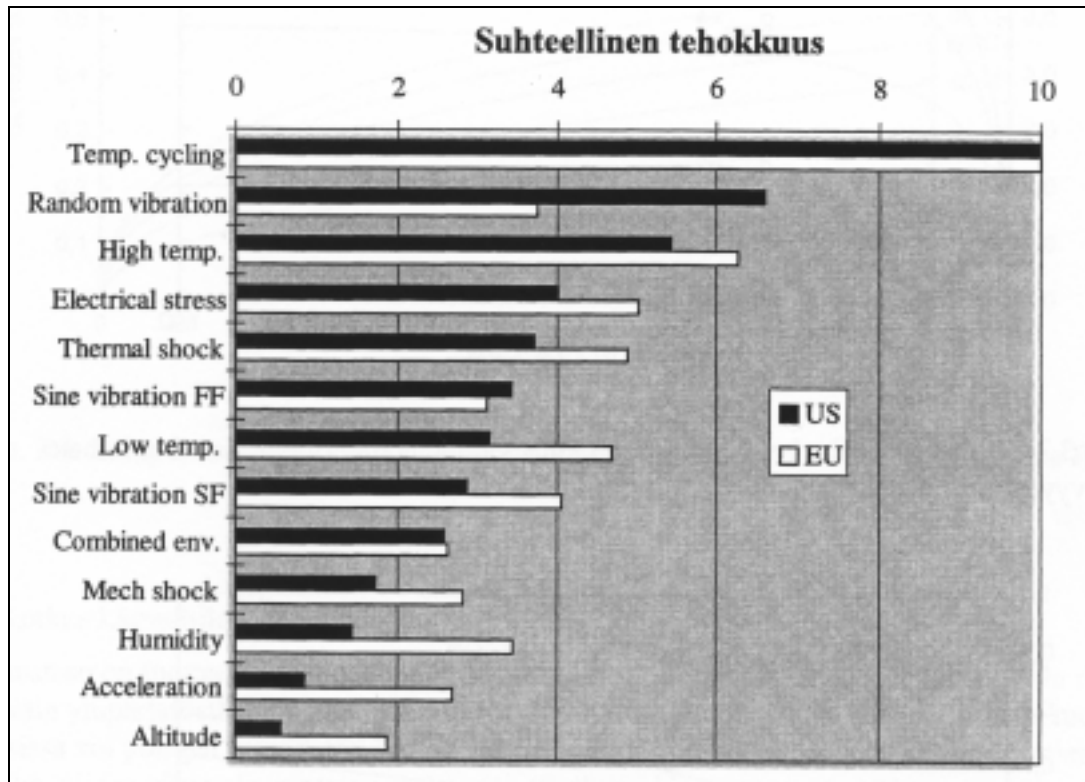
3.5.5 Sähköinen kuormitus

Sähköisessä kuormituksessa rasiustaso liittyy tuotteen toimintaan eikä sitä ole mahdollista määrittellä yleisesti. Rasitus voi koostua useista toimintaan tarvittavista tekijöistä kuten syöttöjännite ja –taajuus, lähtöteho, esijännite, kuormitettavuus ja jäähdytysväliaineen syöttö. Tietyissä tapauksissa kuormitus voidaan kohdentaa heikkoihin komponentteihin. Tämä rasitus voidaan yhdistää korkeaan lämpötilaan, jolloin lämpötila määrittää rasiustason.

Vaihtelevaa sähköistä kuormitusta käytetään usein vaihtelevan lämpötilan kanssa. Vaihteleva häviöteho synnyttää tuotteessa mekaanisia rasituksia, jotka voivat poiketa pelkän lämpötilan muutoksen aiheuttamista rasituksista. Vaihteleva sähköinen kuormitus voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Ajoitus on keskeinen tekijä rasiustsyklissä, varsinkin jos mukana on ympäristörasitus. [7]

3.6 Rasituskarsintamenetelmien tehokkuus

Viitteessä [7] on esitetty vertailu eri rasiustkarsintamenetelmien tehokkuuksista. Kuvassa 4, joka perustuu amerikkalaisiin (US) ja eurooppalaisiin (EU) kokemuksiin, on esitetty vertailun tulokset. Tehokkain rasiustmenetelmä on normeerattu arvoksi 10, jonka perusteella muut menetelmät ovat saaneet arvonsa.



Kuva 4. Rasituskarsintamenetelmien suhteellinen tehokkuus USA:ssa ja Euroopassa. [7, s.19]

Vaihteleva lämpötila on molempien tutkimusten mukaan tehokkain menetelmä. Amerikkalaisen tutkimuksen mukaan seuraavaksi tulee satunnaisvärähtely, mutta se on vasta kuudennella sijalla eurooppalaisessa tutkimuksessa. Syynä voi olla satunnaisvärähtelyn vähäinen käyttö Euroopassa ja sen edellyttämän testaus-suunnittelun puutteet. Korkean lämpötilan, sähköisen rasituksen ja termisen shokin osalta tutkimukset päätyvät yhteneviin tuloksiin. [7]

4 TESTAUSKEHIKOT

Tässä esitetty testauskehikkojen suunnittelu ja toteutus liittyy aiemmin mainittuihin kokonaisprojektin tavoitteisiin lopputestauslaitteiston ja rasisuskarsinnassa tarvittavan laitteiston osalta.

Testauskehikkojen tulisi täyttää seuraavat vaatimukset:

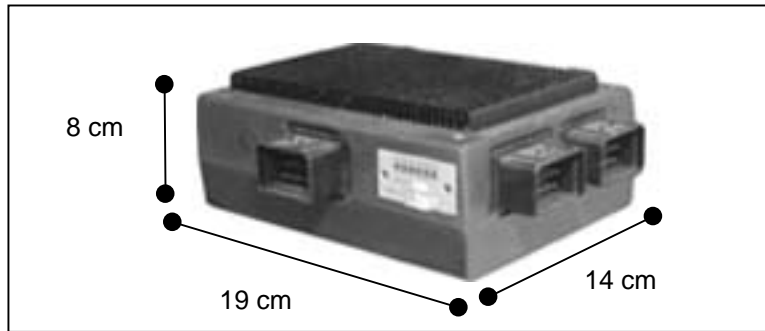
- Toimivat mekaanisesti ja sähköisesti (arcnet-verkko) yhdistävinä kehikkoina testattaville tietokoneyksiköille.
- Muodostavat tietokoneyksiköiden kanssa testattavan järjestelmän ja toimivat tämän järjestelmän liityntäyksikkönä lopputestauslaitteistoon.
- Ovat nopeita ja helppoja käyttää ja soveltuvat käytettäviksi sääkaapissa muuttuvissa ympäristöolosuhteissa.

Näiden pohjalta on tehtävä valintoja käytettävän materiaalin-, mekaniikan- ja lopputestauslaitteiston liityntärajapinnan toteutuksen osalta.

Periaatteellisena lähtökohtana testauskehikon suunnittelussa oli, että tuotannossa etenevän metsäkoneen tietojärjestelmän tietokoneyksiköitä voitaisiin kehikon avulla pitää lopputestaus- ja karsintavaiheessa yhtenä testattavana kokonaisuutena.

4.1 Kehikkojen perusrakenteen suunnittelun perusteet

Kehikoille haluttu mahdollisimman pieni fyysinen koko ja keveys sekä tietenkin siihen kiinnitettävät testattavat tietokoneyksiköt (kuva 5), kaapelointi, liittimet ja muut mahdolliset oheislaitteet olivat lähtökohtana kehikkojen mekaanisen rakenteen suhteen. Lisäksi sääkaapissa suoritettavan rasisuskarsinnan onnistuminen, lähinnä mahdollisimman vapaan ilmankierron osalta, tuli huomioida kehikkojen rakenteen avoimuutena.



Kuva 5. Tietokoneyksikköjen muoto. Kuvassa mototietokone (hakkuupää).

Käytettävän materiaalin määrittäminen

Käytännössä vaihtoehtoina olivat teräksestä ja alumiiniprofiileista valmistettavat runkovaihtoehdot. Materiaalina teräs on huomattavasti edullisempi, mutta kehikon käyttötarkoitukseen nähden se on turhan painava ja muunneltavuudeltaan heikko. Lisäksi teräs vaatisi valmistuksen yhteydessä hitsausta ja mahdollisesti maalauksen, mikä edelleen nostaisi tämän vaihtoehdon valmistuskustannuksia.

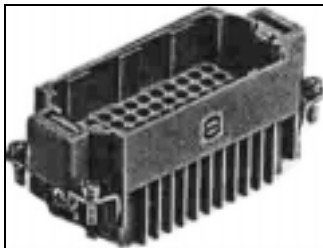
Aiempien hyvien kokemusten pohjalta kehikkojen rungon materiaaliksi valittiin alumiiniprofiili. Alumiiniprofiilin valintaa puolsivat sen hyvä kyky vastata asetettuihin vaatimuksiin. Valitun materiaalin hyviä ominaisuuksia tehtävänsä ovat ainakin:

- keveys ja tehtävään riittävä lujuus
- nopea reagointi lämpötilan muutoksiin ja hyvä korroosionkesto
- muunneltavuus ja oheislaitteiden helpot kiinnitettävyyismahdollisuudet.

Profiilien koon ja mitoituksen määrittäminen

Profiilien mitoituksessa keskeistä oli kehikkoon asennettavien tietokoneyksikköjen (kuva 5) määrä (kuormatraktorissa 3 kpl+näyttö ja harvesterissa 5 kpl), koko, muoto, paino ja siinä olevien liittimien sijainti ja määrä sekä tietenkin yksikköjen kiinnitys kehikkoon. Myös testauskehikolle valittava järjestelmän liityntärajapinta, sen koko, sijainti ja kiinnitys tuli huomioida.

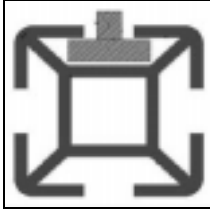
Tämän perusteella seuraavana oli vuorossa liityntärajoituksen, käytännössä sopivan kokoisen, riittävän moninapaisen ja tarpeeksi lujan liittimen valinta. Erityisesti liittimen valintaan vaikutti lopputestauksessa tarvittavien kontaktien määrä, mutta profiilin mitoituksen kannalta keskeistä oli liittimen vaatiman asennusaukon ja kiinnityksen mitat (liite A). Liittimen valinta suoritettiin yhdessä kokonaisprojektiin osallistuvien henkilöiden kanssa ja valinta kohdistui yrityksen jo muussa tuotannossa käyttämään Hartingin Han-DD 72 –moninapaliittimeen (kuva 6).



Kuva 6. Han-DD 72M –moninapaliitin ilman kontakteja.

4.2 Testauskehikon perusrakenteen toteutuminen

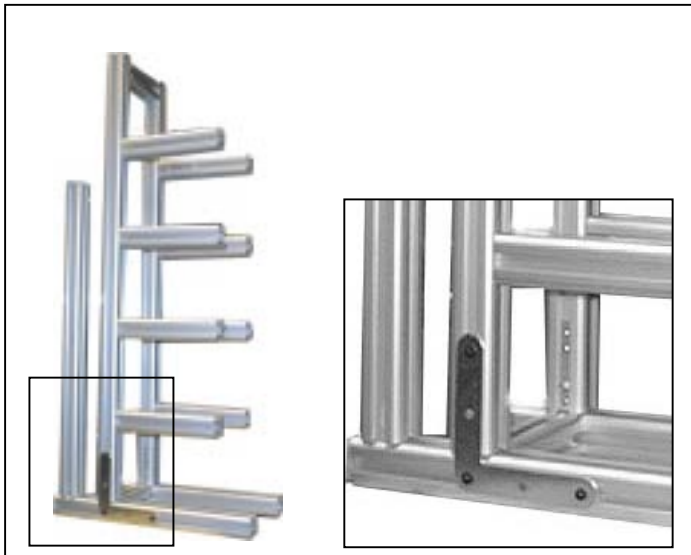
Kun edellä mainitut profiilin mitoitukseen vaikuttavat tekijät oli huomioitu, alkoi testauskehikkojen perusrakenne hahmottua. Tässä vaiheessa rakenteen materiaalina pidettiin noin 30×30 kokoista alumiiniprofiilia, jonka arvioitiin tuennasta ja rakenteesta riippuen kantavan kehikolle tulevat kuormitukset. Kehikkojen perusrunko mitoitettiin ja mallinnettiin (liitteet B ja C), ja näiden perusteella tehtiin tarjouspyynnöt kahdelle toimittajalle. Samalla pyydettiin vahvistus valmistajan kyseiseen rakenteeseen käyttämän profiilituennan kuormituksen kestosta. Valmistajan edustajalta [12] saadun vahvistuksen mukaan profiilin kiinnitysmekanismi tai tuenta kestää tietokoneyksiköiden painosta aiheutuvan kuormituksen ilman merkittävää taipumista. Saatujen tarjousten pohjalta suoritettiin tilaus, jonka perusteella kehikon runkomateriaaliksi määräytyi 30×30 MESSU-alumiiniprofiili. Kyseisen profiilin poikkipinnanmuoto on esitetty kuvassa 7. Lisäksi kuvassa on hahmoteltu periaatetta tietokoneyksiköiden kiinnittämisestä kehikkoon. Kiinnitys tapahtuu yksiköiden pohjassa oleviin upotettuihin muttereihin lisättävällä 6×12 uraruuvilla, joka toimii ohjaustappina ja ahdistuksena työntäessä yksikkö kehikkoon.



Kuva 7. Profiilin poikkipinnan muoto ja tietokoneyksikön kiinnitys profiiliin.

Myöhemmin havaittiin, että kehikon päärakennetta (kuva 8) joudutaan jäykistämään, johtuen tietokoneyksiköiden kuorman ja kehikon rakenteen epäsuotuisasta vaikutuksesta profiilin kiinnitysmekanismiin. Edellä mainittu vaikutus ilmeni kehikon turhana värähtelynä. Yksinkertainen ratkaisu ongelmaan on kuvassa 8 esitetty kulmatuki, joka on Pislä Oy:n sinkitystä teräksestä valmistama ikkunakulma 95×95×20.

Kulmatuki, samoin kuin kaikki muutkin runkoon asennettavat osat, kiinnitetään ruuveilla profiilin hahloon lisättyjä muttereita vasten. Kuvassa 8 on esitetty toteutunut testauskehikon perusrakenne ja päärakenteen stabiloiva kulmatuki.



Kuva 8. Testauskehikon perusrakenne ja kulmatuki.

4.3 Kuormatraktorin testauskehikko

Kuormatraktorin testauskehikko on tarkoitettu kuormatraktoreissa käytettävien yksiköiden

- näyttöyksikön
- penkki-
- kuormain- ja
- ajovoimansiirtotietokoneen

ja niiden muodostaman järjestelmän räkiksi sääkaapissa toteutettavaan rasisus-karsintaan ja liityntäyksiköksi lopputestauslaitteistoon.

Edellä esitelty testauskehikon perusrakenne on runkona lopullisen, kalustetun kuormatraktorin kehikon toteutumisessa. Lisäksi tarvitaan testattavien yksiköiden liitinmäärittelyt [13], joiden perusteella toteutetaan kaapelointi liityntäraajapinnan ja tietokoneyksiköiden välillä.

Liityntäraajapinnan määrittäminen

Kuormatraktorin tietokoneyksiköiden liitinmäärittelyjen [13] perusteella suoritettiin yhdessä lopputestauslaitteiston suunnittelijoiden kanssa päätelmät loppu-testauksessa tarvittavien ohjauksikäskyjen (input) ja toimilaitteiden (output) kytkentöjen määrästä. Näiden testattavien ominaisuuksien määrän pohjalta todettiin 72:n input- ja 72:n output –kontaktin riittävän. Näin ollen kuormatraktorin tietokoneyksiköiden kytkeminen lopputestauslaitteistoon tapahtuu kahdella Hartingin Han DD 72 -liittimellä. Ohjauspuolelle määriteltiin yksi DD 72F- (female) ja toimilaittepuolelle yksi DD 72M –liitin (male). Kuormatraktorin testauskehikon liitinmäärittelyt ja tietokoneyksiköiden välinen Arcnet-yhteys on esitetty liitteessä D.

Kaapeloinnin määrittäminen

Kaapeloinnissa, välillä Harting - tietokoneyksiköt, tulisi ottaa huomioon ainakin seuraavat asiat:

- kaapelin paksuus (sähkövirran kesto ja mekaaninen lujuus käytössä)
- kaapelin juoksutusreitit
- kaapelin ja kontaktin (pinni) hyvä liitos

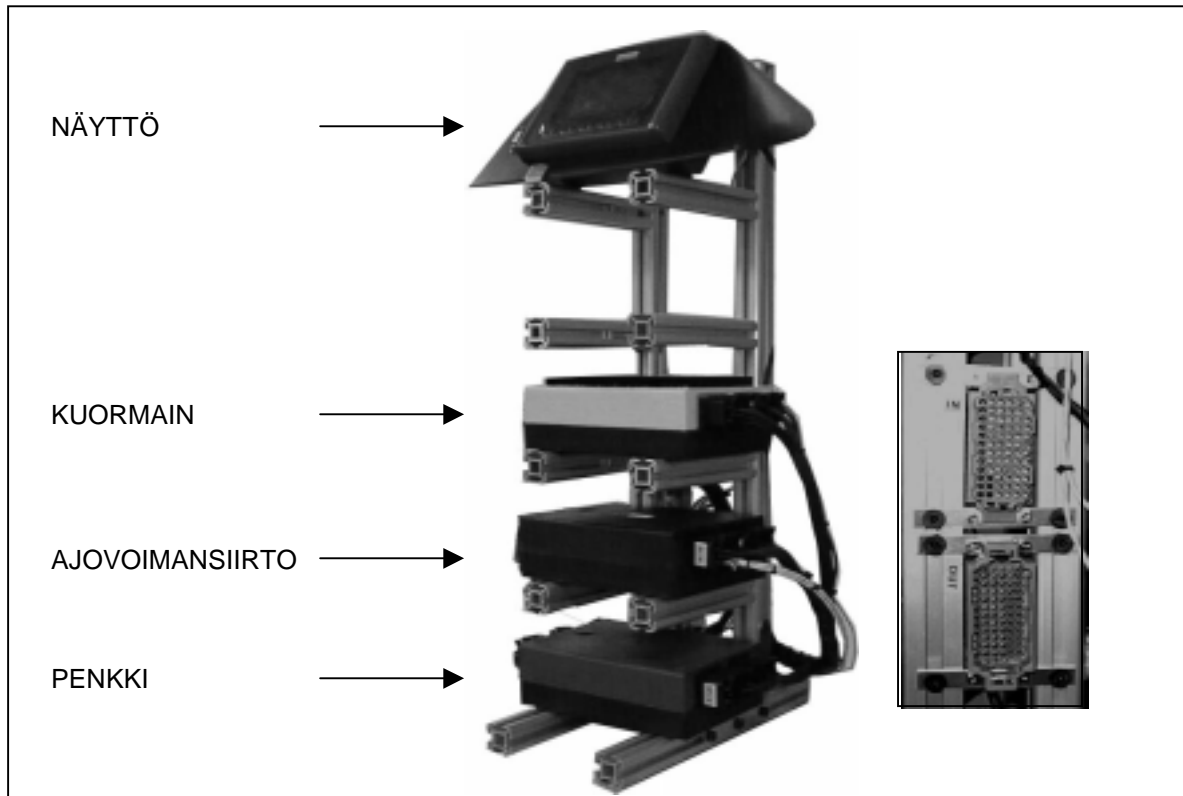
Testauskehikkojen työvälineluonteisuuden ja niiden arvioidun vähäisen valmistusmäärän vuoksi katsottiin, että kaapelien pituudet määräytyisivät valmistuksen yhteydessä. Tämän perusteella niitä ei yksilöidyllisesti dokumentoida, vaan pituus määräytyy kaapelienjuoksutusreitistä Harting-liittimien ja tietokoneyksiköiden testauskehikossa olevan osoitteen välillä. Käytännössä pituudet vaihtelevat välillä 30 - 80 cm. Lisäksi kokemus kuormatraktorin virran kulutuksesta ja liittimien käytön aiheuttamasta rasituksesta sekä kaapelille että liitoksille, johti kaapelipaksuuden 0,75 mm² valintaan. Näin ollen oli perusteltua, ettei erillisiä laskelmia kaapeloinnin osalta suoritettu. [14]

Kaapelien juoksutusreitti valittiin vapaaksi kuormatraktorin tietokoneyksiköiden vähyden vuoksi (3 kpl). Esimerkiksi kaapelikourun käyttö ei ollut järkevää tilaa vievänä rakenteena kehikossa, koska kaapelien juoksutus voitiin muulla tavoin säilyttää yksinkertaisena ja liittimet asiallisena käyttää. Tietokoneyksiköiden liittimet on yksilöity seuraavasti (taulukko 2):

Taulukko 2. Kuormatraktorin tietokoneyksikköjen liittimien tunnistus.

liitin \ tietokone	penkki	ajovoimansiirto	kuormain
1	P / J1	A / J1	K / J1
2	P / J2	A / J2	K / J2
3	P / J3		K / J3
4	P / J4	A / J4	K / J4
5	P / J5	A / J5	K / J5

Kuvassa 9 on esitetty valmis, tietokoneyksiköillä ja näytöllä kalustettu kuormatraktorin testauskehikko sekä kuva järjestelmän liityntärajpinnasta. Lisäksi kuvasta ilmenee testattavien yksiköiden paikat kehikossa.



Kuva 9. Kalustettu kuormatraktorin testauskehikko ja järjestelmän liityntärajpinta.

4.4 Harvesterin testauskehikko

Harvesterin testauskehikko on tarkoitettu harvestereissa käytettävien seuraavien yksiköiden

- penkki-
- kuormain-
- ajovoimansiirto-
- aktiivivaimennus- ja
- mototietokoneen (hakkuupää)

ja niiden muodostaman järjestelmän räkiksi sääkaapissa toteutettavaan rasituskarsintaan ja liityntäyksiköksi lopputestauslaitteistoon. Edellä mainittu järjestelmä (Opticontrol) sisältää myös OPTI-tietokoneen sekä näytön, mutta nämä yksiköt

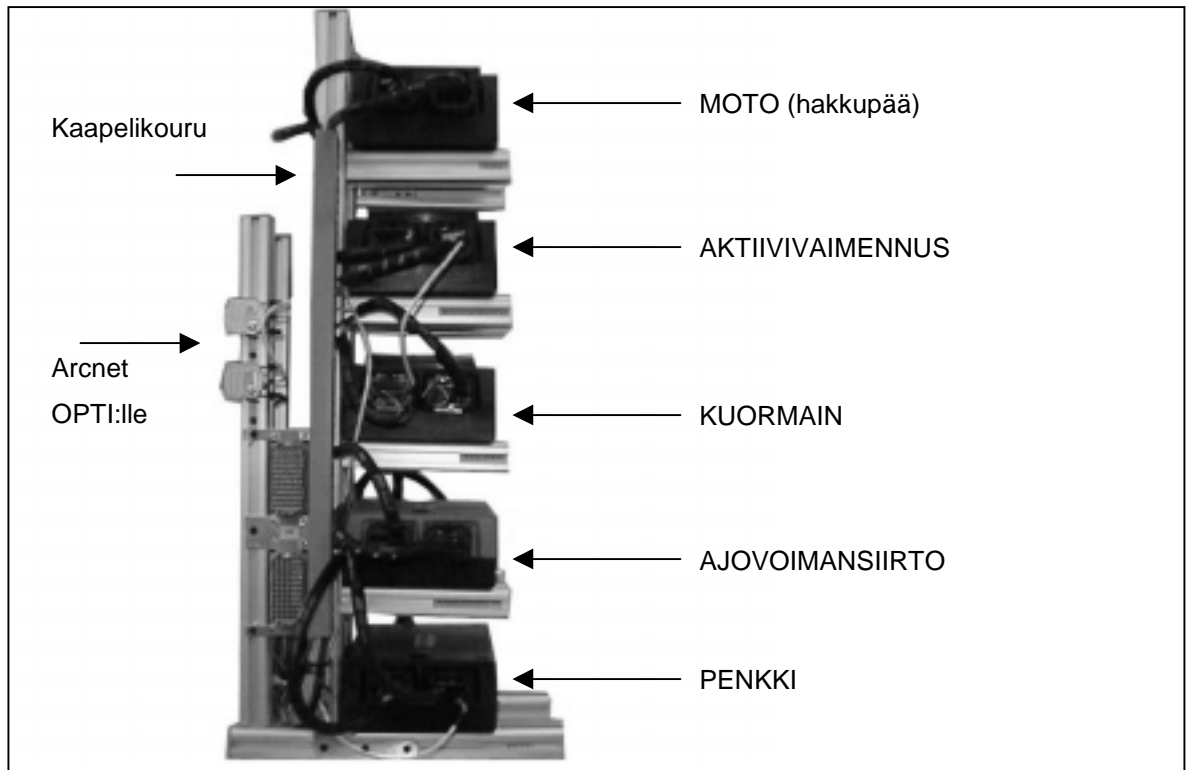
ovat osa lopputestauslaitteistoa, eivätkä näin ollen kuulu varsinaisen testauskehikon kalustukseen.

Harvesterin testauskehikon runko, liittimet ja kaapelin paksuus ovat vastaavat kuin kuormatraktorin kehikon, joten tässä ei käsitellä tarkemmin näiden valintaan vaikuttaneita tekijöitä. Harvesterin kehikkoon tarvittiin kuitenkin lisäyksiä testattavien tietokoneyksikköjen kasvaneen määrän (5 kpl) johdosta. Näiden lisäysten tarkemmat syyt ovat:

- suurempi määrä testattavia ominaisuuksia
- kaapelien ja tietokoneliittimien suurempi määrä

Edellä mainitut syyt vaikuttivat siihen, että liityntäraja-alueeseen tarvittiin kuormatraktoriin verrattuna huomattavasti suurempi määrä kontakteja sekä ohjaus- että toimilaittepuolelle. Opticontrol-järjestelmän liitinmäärittelyjen [13] ja testattavien ominaisuuksien perusteelle laskettiin, että 144 kontaktia sekä input- että output -puolelle riittäisi ja jäisi vielä riittävästi kapasiteettia mahdollisille tuleville lisäyksille [15]. Näin ollen kehikon liityntäraja-alueeksi määräytyi neljä Hartingin Han-DD 72 -tyypin liitintä. Ohjauspuolelle kaksi DD 72F- (female) ja toimilaittepuolelle kaksi DD 72M -liitintä (male). Harvesterin testauskehikon liitinmäärittelyt on esitetty liitteissä E, F ja G.

Kaapelien ja tietokoneliittimien kasvanut määrä aiheutti lähinnä käyttömukavuuden ja kehikon yleisen selvyuden kannalta sen, että kaapelien vapaasta juoksutuksesta luovuttiin. Testauskehikon pystyprofiileihin lisättiin kuvan 10 mukaisesti kaapelikourut, joiden avulla kaapelit voitiin juoksuttaa siististi kunkin tietokoneyksikön osoitteeseen testauskehikossa. Nämä osoitteet, testattavien yksiköiden paikat kehikossa, selviävät kuvasta 10.



Kuva 10. Harvesterin kalustettu testuskehikko.

Taulukossa 3 on esitetty harvesterin testuskehikon tietokoneyksikköjen liittimien tunnistus.

Taulukko 3. Harvesterin tietokoneyksikköjen liittimien tunnistus.

tietokone liitin	penkki	ajovoiman- siirto	kuormain	aktiivi- vaimennus	moto
1	P / J1	A / J1	K / J1	AV / J1	M / J1
2	P / J2	A / J2	K / J2	AV / J2	M / J2
3	P / J3	-	K / J3	-	M / J3
4	P / J4	A / J4	K / J4	AV / J4	M / J4
5	P / J5	A / J5	K / J5	AV / J5	M / J5

5 RASITUSKARSINTASUUNNITELMA

Tässä on käsitelty Ponsse Opti –tietojärjestelmän rasituskarsintaan vaikuttaneita tekijöitä ja esitetty suunnitelma karsinnan toteuttamisesta. Suunnitelmaan ja rasituskarsintaohjelmaan ovat keskeisesti vaikuttaneet seuraavat rajaukset:

- Lähtökohta, että rasituskarsinta suoritetaan järjestelmätasolla kokoonpanon viimeisenä vaiheena.
- Käytettävissä olevat laitteet (sääkaappi).
- Vikatietojen puute nk. heikoista komponenteista tai tuotantoprosessin synnyttämistä heikkouksista tuotteessa.
- Rasituskarsinnan tuotantoa ajallisesti kuormittava vaikutus mahdollisemman lyhyt (< 1vrk.).
- Yrityksen rasituskarsintakokemuksen puute (ja siitä oppiminen).

5.1 Rasituskarsinnan tavoitteet

Toteutettavan rasituskarsinnan tavoitteiksi asetettiin edellä mainitut rajaukset huomioiden sellaisen karsintaohjelman kehittäminen, jolla varmistetaan tuotteen toiminta määritellyissä ilmastollisissa ympäristöolosuhteissa. Luonnollisesti tavoitteisiin sisältyy myös komponenteista ja omasta tuotannosta peräisin olevien piilovikojen poistaminen. Lisäksi vikautumistapausten seuranta liittyy karsinnan jatkuvaan arviointiin ja tarpeellisuuden selvittämiseen, kun lisätietoa varhaisvioista tulee selville niin karsinnasta kuin kentältä.

5.2 Testauslaitteen määrittely

Testauskaappi on Arctest Oy:n valmistama sääkoestuskaappi, tyypiltään ARC/1500/-40+100/RH. Se on suunniteltu ja valmistettu erityisesti elektroniikkalaitteiden olosuhdetasaus- ja muutosajoihin. Käytettäessä kaappia suoratemperoinnilla, se mahdollistaa lämpötila-alueen käytön välillä -40...+100 °C, kaapin säätimeen (Jumo Dicon) ohjelmoitujen ohjelmien mukaisesti. Edellä mainitulla lämpö-

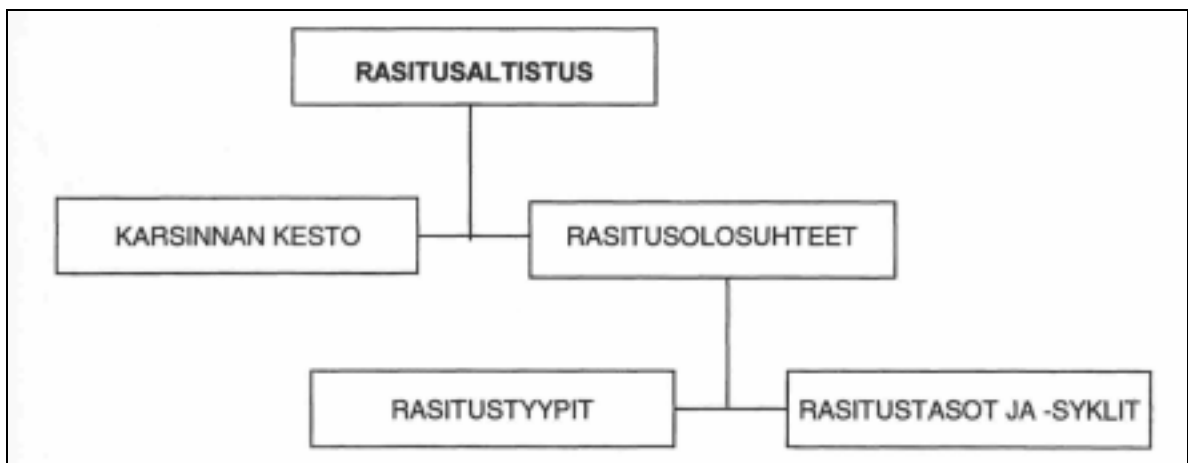
tila-alueella on kyseessä ajo ilman kosteuden säätöä. Kammiossa on hallittu lämpötila, mutta kosteus on kontrolloimaton.

Ajettaessa kaappia epäsuoralla temperoinnilla, on kyseessä ajo kosteuden säädöllä. Tällöin kostutin ja kuivauslaite ovat toiminnassa ja kammiossa on hallitut lämpötilat ja kosteus. Epäsuoralla temperoinnilla voidaan käyttää lämpötila-alueita +20...+100 °C ja kosteusalueita n. 50...98%RH. [16]

Testauskaapin aiemman vähäisen käytön vuoksi, sillä suoritettiin työalussa muutamia koeajoja. Tavoitteena oli mm. selvittää kaapin jäähdytys- ja lämmitysteho tulevaan karsintaan alustavasti suunnitellulla kuormalla. Koetuloksista laskettiin, että kaapilla saavutetaan hallittu lämpötilanmuutosnopeus 0,6 °C/min.

5.3 Rasitusaltistuksen valinnan perusteet

Tuotteen kokema rasitusaltistus koostuu karsinnan kestosta ja rasitusolosuhteista, jotka määräytyvät tasoista, sykleistä ja tyypeistä (kuva 11).



Kuva 11. Rasitusaltistuksen osatekijät. [7]

Tämän työn osalta keskeistä rasitusaltistuksen valinnassa ja määrittämisessä oli vikatietojen puute nk. heikoista komponenteista tai tuotantoprosessin synnyttämistä heikkouksista tuotteessa. Tämä aiheutti sen, että rasitusaltistusta ei voitu varmuudella kohdistaa tuotteen heikkouksiin (standardin IEC1163-19 mukainen

menettely). Tämän perusteella olikin luontevaa, että rasitusaltistuksen määrittämisen perusteiksi asetettiin testauslaite huomioiden sellaisten rasitusaltistuksen osatekijöiden käyttö, joka tuo esille merkittävimmät ilmiöt ja vastaa oletettua rasitusten esiintymisjärjestystä käytännön tilanteissa.

Ponsse-metsäkoneiden käyttöympäristön ja käytön perusteella voidaan katsoa rasitettavien tietokoneyksikköjen kokevan kaikkia keskeisempiä ilmastollisia rasituksia, kuten matala ja korkea lämpötila, lämpötilanvaihtelut ja kosteus. Lisäksi sähköinen rasitus yhdessä ilmastollisten tekijöiden kanssa on huomioitava.

Kohdan rasituskarsintamenetelmien tehokkuus (kuva 4), sekä edellä mainittujen rasitustekijöiden pohjalta valittiin rasitustyypeiksi matalan, korkean ja vaihtelevan lämpötilan testisarja. Testisarjan käyttö ei kuitenkaan tämän työn ajallisten rajausten takia sovellu kokonaisuudessaan osaksi normaalia tuotantoprosessia. Tämän perusteella koko testisarjanajo jätetään satunnaisesti suoritettavaksi ja tuotannonjohdon päätettäväksi. Varsinaiseksi tuotantoprosessiin sisällytettäväksi rasitustyyppiä valitaan vaihtelevan lämpötilan testi, joka suoritetaan jokaiselle järjestelmän tietokoneyksikölle. Seuraavassa esitetään kunkin kolmen rasitustyyppin rasitustasot ja -syklit.

Rasitustasojen ja -sykliä määrittäminen

Kaikkien kolmen lämpötestin ylä- ja alarajat pohjautuvat tietokoneyksiköissä käytettävien komponenttien spesifikaatioihin. Nämä järjestelmän rasituskarsinnassa käytettävät lämpötilarajat ovat -25 °C ja $+65\text{ °C}$. [14]

Vaihteleva lämpötila testi suoritetaan viitteessä 10 esitetyn standardin IEC 68-2-14 pohjalta seuraavasti. Rasitusparametrit, lämpötilan muutosnopeus, ääriämpötilojen kesto ja syklien lukumäärä määräytyvät standardiin pohjautuvilla valinnoilla. Koska kyseessä on järjestelmätason karsinta valitaan pieni lämpötilan muutosnopeus. Käytännössä tämä toteutuu jo käytettävän testauskaapin lämmitys- ja jäähdytys-

teho ominaisuuksilla, jotka mahdollistavat aiemmin selvinneen lämpötilan muutosnopeuden $0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

Ääriämpötilojen asettumisajoiksi valitaan järjestelmän suuren termisen massan takia 3 tuntia. Samalla tämän katsotaan ajavan myös pelkän matalan ja korkean lämpötilan vaikutuksia tuotteessa.

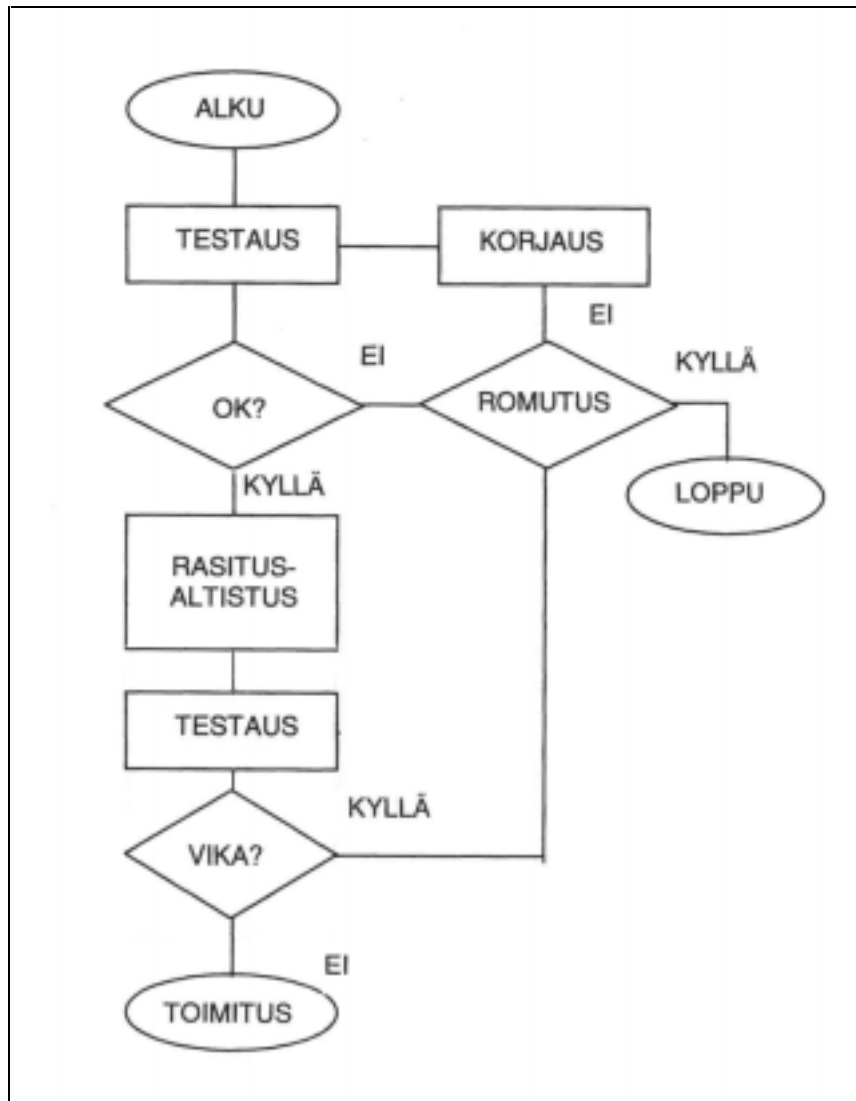
Syklien lukumääräksi standardi ilmoittaa 2 kappaletta. Kun edellisten parametrien perusteella voidaan laskea yhden syklin kestoksi 11 tuntia, määräytyy karsinnan kesto vaihtelevan lämpötilan osalta 22 tunniksi. Koko karsinnan ajan järjestelmää rasitetaan sähköisesti (syöttöjännite).

Karsinnan keston määrittäminen

Matalan ja korkean tasalämpökäsittelyn kesto pohjautuu kirjallisuudessa esiintulleisiin ja niiden perusteella sovittuihin aikoihin. Vaihtelevan lämpötilan osalta karsinnan kesto määräytyi aiemmin.

5.4 Karsinnan periaate

Kuvassa 12 on esitetty toteutettavan rasituskarsinnan peruseriaate. Tämän mukaan Opticontrol-järjestelmän on kestettävä määritellyissä olosuhteissa (rasitusaltistus) vikaantumaton jakso ennen kuin se voi edetä tuotannossa seuraavalle tuotantotasolle. Rasitusaltistuksen mahdollisesti esiintuomat viat havaitaan suorittamalla toiminnallinen testaus (järjestelmän lopputestausohjeiden mukaisesti) sekä ennen että jälkeen rasitusaltistuksen.



Kuva 12. Tietokoneyksikköjen rasituskarsinta.

Rasituskarsinnan aikana vikaantuneet kohteet korjataan vaihtamalla vikaantuneet komponentit. Tämän jälkeen rasitus aloitetaan alusta. Lisäksi mahdolliset viat kirjataan ylös voittumistavan, -mekanismin ja -syiden selvittämiseksi. Karsinnan läpäisseistä yksiköistä tehdään rasituskarsinnan suorittamisesta kertova merkintä testauspöytäkirjaan.

Seuraavassa on esitetty Ponsse Opti -tietojärjestelmän rasituskarsintaohjelma, josta vaihtelevan lämpötilan rasitus tulee osaksi normaalia tuotantoprosessia.

5.5 Rasituskarsintaohjelma

Ohjelman tavoitteena varmistaa tuotteen toiminta erilaisissa lämpötilaolosuhteissa, sekä tiedon hankkiminen vikautumistapauksista.

Testauskohde:

- Ponsse Opti -tietojärjestelmä (3 tai 5 tietokoneyksikköä)

Testauslaite:

- Sääkoestuskaappi ARC/1500/-40+100/RH

Testauksen tasot:

1. Matala lämpötila
2. Korkea lämpötila
3. Vaihteleva lämpötila

Vaihteleva lämpötila (taso 3) tulee osaksi normaalia tuotantoprosessia. Koko tai osittainen testisarjanajo on tuotannonjohdon päätettävissä.

1. Matala lämpötila

Vaihe 1	Syöttöjännite:	0 V
	Lämpötila:	-25 °C
	Testiaika:	4 h
Vaihe 2	Syöttöjännite:	24 V
	Lämpötila:	-25 °C
	Testiaika:	4 h

Testauskohde on testauskaappiin laitettaessa ympäristön lämpötilassa (~23 °C). Jatkettaessa testisarjaa tasolle 2, suoritetaan toiminnallinen testaus.

2. Korkea lämpötila

Vaihe 1	Syöttöjännite:	24 V
	Lämpötila:	65 °C
	Testiaika:	2 h
	Suoritetaan toiminnallinen testaus	
Vaihe 2	Syöttöjännite:	24 V
	Lämpötila:	65 °C
	Testiaika:	96 h

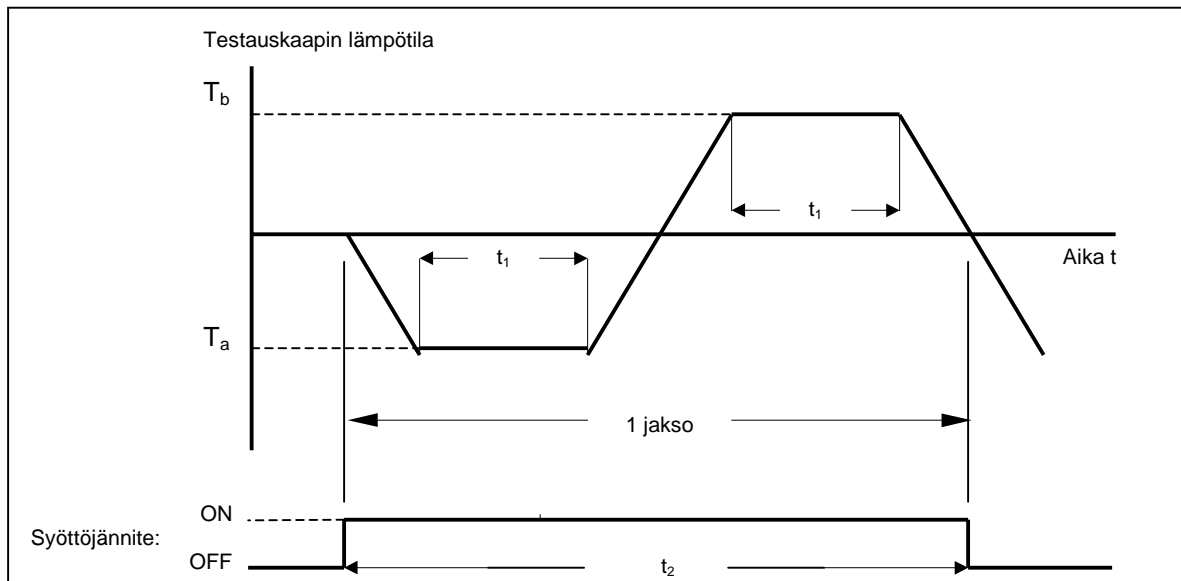
Testauskohde on testauskaappiin laitettaessa ympäristön lämpötilassa (~23 °C). Jatkettaessa testisarjaa tasolle 3, suoritetaan toiminnallinen testaus.

3. Vaihteleva lämpötila (osa tuotantoprosessia)

Vaihtelevan lämpötila -testin rasitusasteet on esitetty taulukossa 4. Kuvassa 13 on testijakson kuvaaja.

Taulukko 4. Vaihtelevan lämpötilan rasitusasteet.

Testi	Vaihteleva lämpötila	Sähköinen kuormitus
Rasitus		
Alalämpötila T_a	-25 °C	
Ylälämpötila T_b	65 °C	
Testiaika t_1	3 h	
Testiaika t_2		11 h
Lämpötilan muutosnopeus	0,6 °C/min	
Syöttöjännite		24 V
Jaksoja	2 kpl	

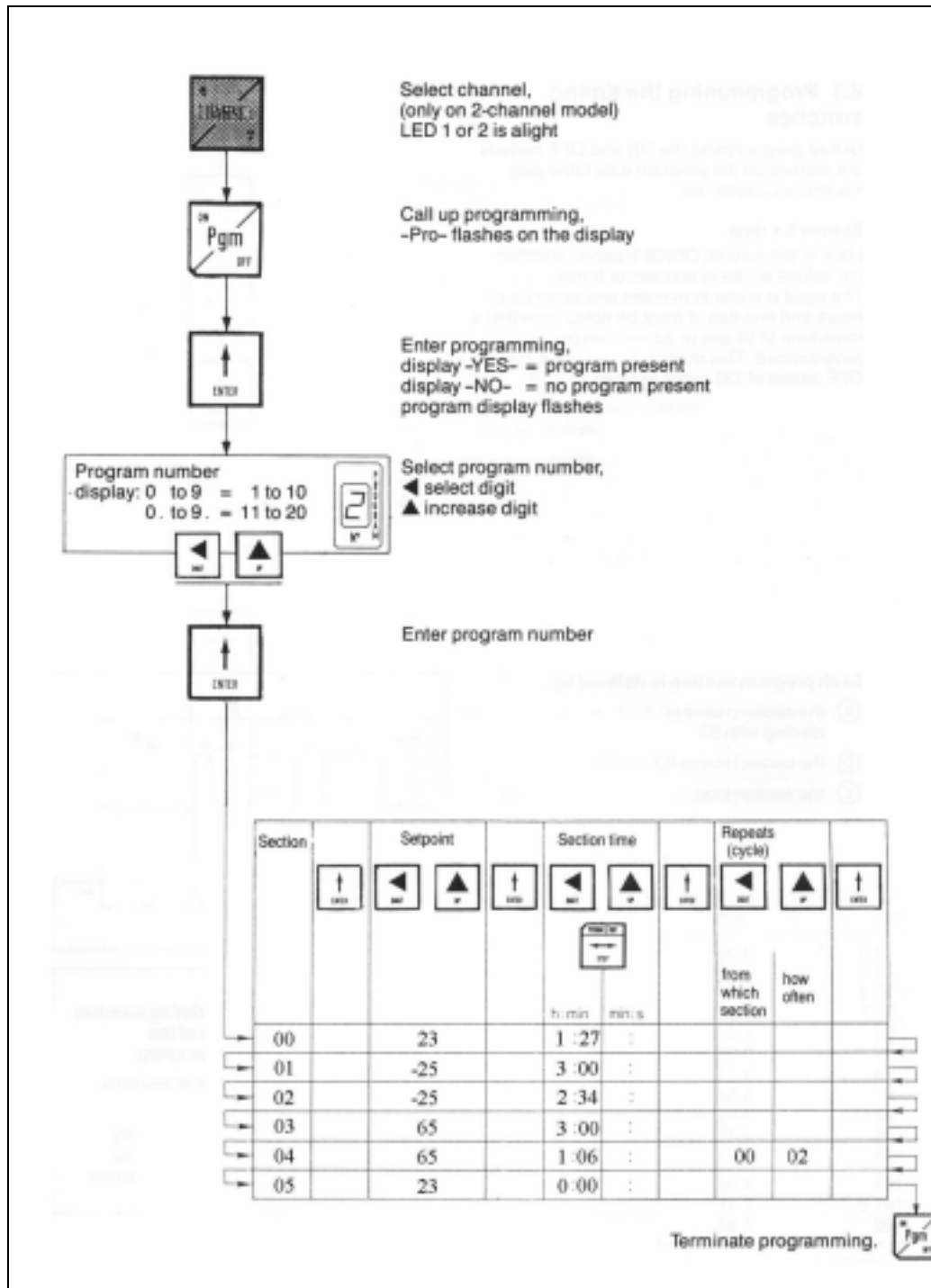


Kuva 13. Testijakson kuvaus.

Kuvauksen mukaan testauskohde on testauskaappiin laitettaessa ympäristön lämpötilassa ($\sim 23\text{ }^{\circ}\text{C}$).

5.6 Karsinnan käytännöntoteutus

Rasituskarsinnan suunnitelmaan pohjautuen tarvitaan tietokoneyksiköille 24V:n syöttöjännite ja testauskaapille vaihtelevan lämpötilan ajo-ohjelma. Syöttöjännite saadaan suoraan testauskaapin kautta juoksevasta 24V:n verkosta. Vaihtelevan lämpötilan ajo-ohjelma ohjelmoidaan testauskaapin säätimen (Jumo Dicon) käyttöohjeeseen [17] nojautuen kuvan 14 mukaisesti. Ohjelma on tallennettu kanavan 1 (channel no:) ohjelma numerolle 6 (program no:).



Kuva 14. Vaihtelevan lämpötilan rasisuskarsintaohjelma Jumo Dicon -säätimelle.

5.7 Rasituskarsinnan koeajo

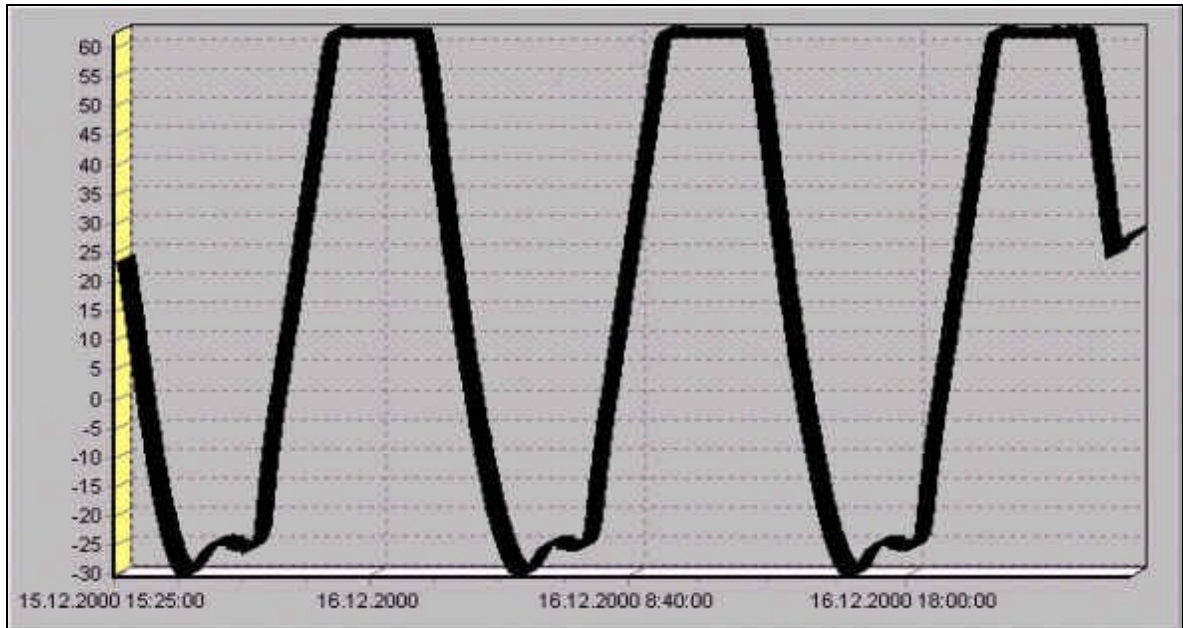
Koeajon tavoitteena oli varmistaa sääkaapin käyttäytyminen suunnitellun rasitusaltistuksen mukaan. Testattavana järjestelmänä käytettiin penkki-, ajovoimansiirto-, ja kuormainyksikköjen muodostamaa kuormatraktorin kalustusta, joka oli karsinnan periaatteen mukaan testattu ennen rasitusaltistusta.

Sääkaapin käyttäytymisen todentamiseen käytettiin Elcoplastin valmistamaa ElcoLog-lämpötilaloggeria, joka koostuu tallentimesta, lukulaitteesta ja ohjelmistosta. Tallentimen avulla saatiin kerättyä testijaksosta lämpötilatietoja aika-leimoineen, jotka voitiin testin päätyttyä lukulaitteen avulla siirtää tietokoneeseen nopeaa tarkastelua varten. Tallentimen näytteenottoväli asetettiin yhdeksi minuutiksi. Lisäksi testin aikana tallennettiin ajovoimansiirtoyksikön sisälämpötilan maksimi ja minimi arvoja Fluke-yleismittariin lisättävällä lämpöpariin perustuvalla elementillä.

Suunnitelman mukaan testattavat yksiköt siirrettiin testauskehikossa sääkaappiin ja niihin kytkettiin sähkövirta. Lämpötilaloggeri asetettiin keskelle testauskaappia yhdessä testattavien yksiköiden kanssa ja rasitusolosuhdeajo aloitettiin suunnitellun ohjelman mukaisesti.

5.7.1 Tulokset

Rasitusaltistuksen jälkeisellä testauskerralla todettiin yksiköiden toimivan. Kuvassa 16 on esitetty testijaksosta lämpötilaloggerilla kerätyt tiedot graafisena kuvaajana.



Kuva 16. Testijakson lämpötilaprofiili.

Lämpötilaloggerin keräämän tiedon perusteella saatiin vaihtelevan lämpötilan rasisitusparametreille seuraavat arvot:

- ilman maksimi lämpötila 62,5 °C
- ilman minimi lämpötila -30,5 °C
- alälämpötilan rasisitusaika 177 min, kun lämpötila yhden syklin aikana pienempi kuin -24,5 °C
- ylälämpötilan rasisitusaika 190 min, kun lämpötila yhden syklin aikana suurempi kuin 60 °C
- keskimääräinen lämpötilan muutosnopeus 0,6 °C/min

Fluke-yleismittarin tallentamat maksimi ja minimi lämpötilat ajovoimansiirtoyksikön sisällä olivat:

- maksimi 70 °C
- minimi -23 °C

5.7.2 Tulosten tarkastelu

Rasitettujen yksiköiden pienestä määrästä johtuen on mahdoton sanoa mitään rasitusolosuhteiden vaikutuksesta tuotteisiin, eikä tämä ollutkaan koeajon tavoitteena. Vasta useamman vastaavan järjestelmän ajon ja kentältä tulleiden vikatietojen perusteella voidaan perustellusti ottaa kantaa kyseisen järjestelmän viikaantumistodennäköisyyksiin rasituksessa ja rasituskarsintaohjelman tehokkuuteen paljastaa piileviä vikoja.

Koeajon tuloksista havaitaan, että täsmälleen suunniteltuihin arvoihin ja olosuhteisiin ei päästy, vaikkakin tulokset olivat varsin hyviä. Lämpötilaloggerilla saatu ilman maksimi lämpötila 62,5 °C, poikkeaa tavoitellusta (65 °C) vain vähän ja verrattuna saatuun tasaiseen ylälämpötilaprofiiliin, voidaan eron katsoa johtuvan sääkaapin lämpötila-anturin ja loggerin tarkkuuksista todellisiin arvoihin ja poikkeavista sijainneista kaapissa. Testattavan yksikön sisältä yleismittarin avulla saatu maksimitallennus 70 °C osoittaa sähköisen kuormituksen vaikutuksen lämpöä synnyttävään yksikköön. Vaikka tavoiteltu ylälämpötilaraja tältä osin ylitettiin, ei sen katsottu olevan yhden pisteen mittauksena perusteltu syy muuttaa rasitusolosuhteita.

Minimi lämpötilan osalta tulokset näyttävät poikkeavan huomattavasti enemmän suunnitellusta. Tämä tosin voi johtua jo pelkästään käytetystä loggerista, jonka ilmoitettu käyttölämpötila-alueen alaraja on -20 °C. Kuitenkin valmistajan edustajalta saadun vahvistuksen mukaan loggeria voidaan käyttää ja sitä on käytetty alle -30 °C lämpötiloissa, tosin samaa tarkkuutta sille ei enää luvata. Tulosten toistettavuuteen perustuen voidaan kuitenkin olettaa, että myös kaapin säätimessä on alalämpötilaan tullessa viivettä. Sääkaapissa olevan ilman alalämpötilan ylityksistä huolimatta rasitusvaikutus kuitenkin katsottiin toteutettavaksi perustuen yleismittarilla saatuun yksikön sisälämpötilan minimitallennukseen -23 °C.

Rasitusaikojen osalta suunnitellut tavoitteet (3 h) saavutettiin tuloksissa ilmenneiden ehtojen puitteissa ja nämä katsottiin riittävän rasitusajojen jatkamiseen suun-

nitelman mukaisesti. Lämpötilan muutosnopeuden osalta havaitaan, että tavoiteltu 0,6 °C/min saavutettiin, mutta pienuutensa takia tämä testauskaapin rajaama rasi-
tusparametri on tuskin kokonaisuuden kannalta merkittävä rasi-
tustekijä. Näin ollen
ylä- ja alalämpötila sekä oloaika määräävät keskeisesti rasi-
tustason.

6 RASITUSKARSINTAMENETELMÄN KEHITTÄMINEN

Tässä työssä luotiin Ponsen Kajaanin tehtaalle uusi rasituskarsintakäytäntö osana lopputestausta. Tässä on esitetty uuden toimintamallin keskeisimmät osat.

Periaatteena on jatkaa tietokoneyksiköiden osalta työssä esitetyn kaltaista rasitustoimintaa ja arvioida rasituskarsinnan tarpeellisuutta ja kykyä paljastaa piileviä vikoja saatavien tulosten perusteella. Mikäli myöhemmin havaitaan että, tuotteen varhaiskäyttökauden luotettavuus on kenttävikatietojen perusteella hyvä eikä karsinta toimi merkittävänä piilevien vikojen karsijana, voidaan 100-prosenttinen karsinta lopettaa ja siirtyä havainnoimaan varhaiskäyttökauden luotettavuutta satunnaisesti. Tällöin karsintaa suoritetaan ajoittaisina katselmuksina, joilla pyritään varmistamaan, ettei karsinnan lopettamisesta ole aiheutunut merkittävää varhaiskäyttökauden vikojen lisääntymistä eikä tuotteen valmistusprosessissa tai -materiaaleissa ole tapahtunut hälyttäviä muutoksia lopettamisen jälkeen.

Mikäli kenttävikatietojen seurannan perusteella kuitenkin havaitaan varhaiskäyttökauteen liittyviä piileviä vikoja, joita karsinta ei ole pystynyt paljastamaan, on syytä harkita uutta parannettua karsintaa. Seuraavassa on esitetty joitakin ideoita uudesta karsinnasta.

6.1 Ideat uudesta rasituskarsinnasta

Tässä työssä esitettyä karsintaa rajasivat melkoisesti työn lähtökohdat. Yrityksellä ei ollut aikaisempaa rasituskokemusta, eikä vikatietoja uuden tuotteen nk. heikoista komponenteista ollut vielä kentältä saatavissa. Samoin lähtökohdaksi asetettu järjestelmätason rasituskarsinta kokoonpanon viimeisenä vaiheena, sekä käytettävä testauskaappi mahdollisti lähinnä vain koko järjestelmän yleisen lämpöön ja sen vaihteluihin perustuvan rasituksen. Tämän perusteella on katsottu, että uuden rasituskarsinnan tulisi perustua myöhemmin saataviin varhaiskäyttökauden karsittaviin kenttävikoihin. Mikäli nämä viat vaatisivat paljastuakseen rasitusolosuhteiden

ja rasituksen keston muuttamista olisi perusteltua suorittaa karsinnan suunnittelu pohjautuen standardiin IEC1163-1 lähteen [7] mukaisesti.

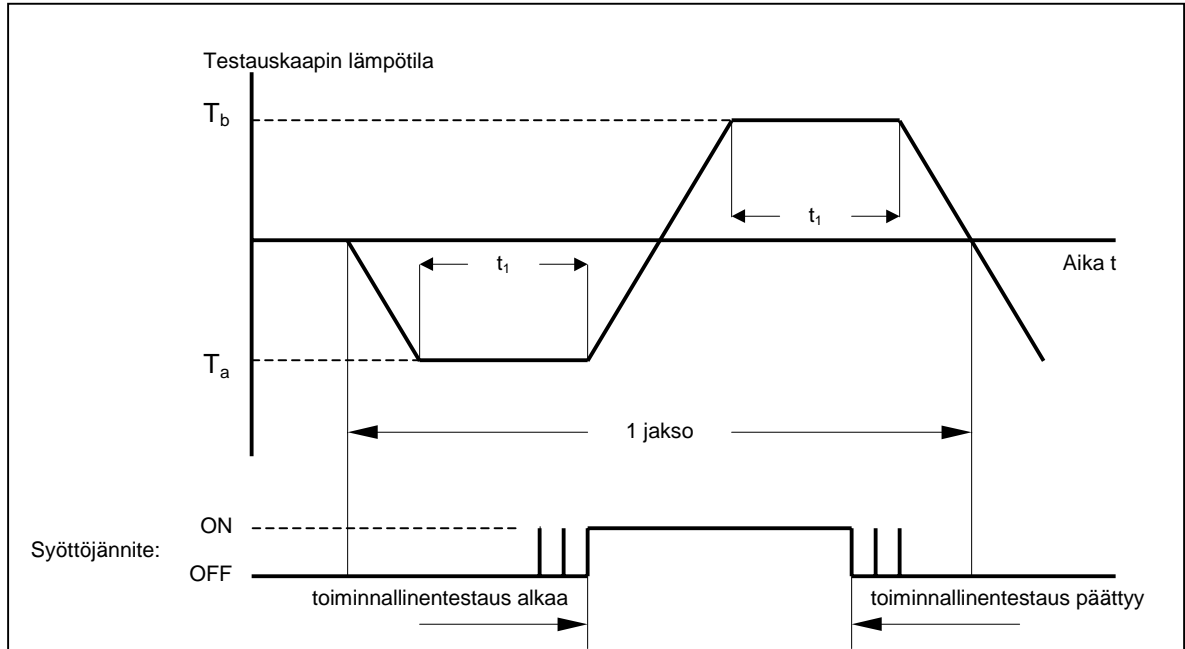
Tässä työssä suunniteltuun rasituskarsintaan on ajateltu toteutettavaksi seuraavanlaisia kehitystoimenpiteitä.

- Lisätään tietokone ohjaamaan sähköistä rasitusta, mm. järjestelmän käyttöjännitteen syklaus, sähkökatkot (resetoituminen), järjestelmän testausohjelma, jolloin tietokone valvoo ja rekisteröi testattavien yksiköiden toimintaa, hälytykset esim. liian korkeista lämpötiloista.
- Järjestelmän tietokoneyksiköt kytkettäisiin lopputestausta vastaavaan järjestelmään, jossa testattavilla yksiköillä olisi kuorma ja toiminnallista testausta ohjaisi lisätty tietokone.

6.2 Uuden rasituskarsinnan edut

Edellä mainituilla lisäyksillä saavutettaisiin seuraavia etuja. Tietokoneen avulla saadaan järjestelmälle jatkuva valvonta, joka säästää rasituskarsinnassa tarvittavaa aikaa, kun järjestelmän mahdollinen vikaantuminen havaitaan välittömästi. Käyttöjännitteen syklausella ja toiminnallisen testauksen aiheuttamalla kuormituksella tehostetaan rasitusvaikutusta.

Sähköisen kuormituksen sijoittuminen testijaksoon on esitetty kuvassa 17. Kuormituksen sijainti on tyypillinen viitteessä [9] esitetylle HASS–menetelmälle (Highly Accelerated Stress Screen). Sijainnilla saavutetaan rasitusta lisäävä vaikutus ainakin lämpötilan muutosnopeuteen, kun testattavien yksiköiden synnyttämä lämpö tehostaa vaihtelevan lämpötilan sykliä. Lisäksi kuvasta selviää järjestelmän sähkökatkot tai käynnistykset sekä toiminnallisen testauksen sijainti.



Kuva 17. Kehitystoimenpiteiden mukainen testijakso.

7 YHTEENVETO

Tässä työssä on käsitelty elektronisten laitteiden vikaantumista ja vikamekanismeja sekä rasituskarsintamenetelmiä, niiden tehokkuutta ja tarkoitusta alkuvuodellisten tuotteiden poistamiseksi tuotantoprosessista. Työssä on esitetty Ponsse Oyj:n Kajaanin tehtaalla valmistettavan Opti-tietojärjestelmän rasituskarsinnan sekä järjestelmään kuuluvien tietokoneyksikköjen testauskehikkojen suunnittelu ja toteutus.

Opti-tietojärjestelmän rasituskarsinta suunniteltiin työn rajausten puitteissa vastaamaan metsäkoneiden oletettuja ilmastollisia olosuhteita. Rasituskarsintaohjelma on kolmetasoinen testisarja, jossa käydään läpi keskeisimmät ilmastolliset olosuhteet. Vaihtelevan lämpötilan testi on osa normaalia tuotantoprosessia ja se toteutetaan 100-prosenttisesti kaikille tietokoneyksiköille. Koko testisarjanajoa käytetään silloin kun se vain suinkin on ajallisesti mahdollista ja se jätetään tuotannonjohdon päätettäväksi.

Tässä työssä esitetyn rasituskarsinnan toimintamallin keskeisinä periaatteina voidaan pitää testauskohteen toiminnan varmistamista rasituskarsintaohjelman määrittämissä olosuhteissa ja tiedonsaantia tuotteiden ja valmistusprosessin kehittämismahdollisuuksista karsinnassa mahdollisesti paljastuvien piilovikojen seurannan avulla. Lisäksi itse rasituskarsintaohjelman tarpeellisuutta ja tehokkuutta on pyrittävä jatkuvasti arvioimaan ja tarvittaessa sitä on muutettava.

Testauskehikot suunniteltiin niille asetettujen vaatimusten pohjalta, ja ne toimivat tietokoneyksiköistä muodostuvan järjestelmän liityntäyksikkönä lopputestauslaitteistoon ja osana rasituskarsinnassa tarvittavaa laitteistoa. Testauskehikkojen perusrakenne mallinnettiin, ja ne tilattiin valmiina alihankintana. Kehikoista kalustettiin kuormatraktorin ja harvesterin tietokoneyksiköiden liitinmäärittelyjen perusteella kaksi vastaavaa metsäkoneen tietojärjestelmää, joiden liityntärajapinta on määritetty. Testauskehikot on valmistettu ja dokumentoitu keskeisiltä osilta niin, että ne ovat myöhempiä muutoksia varten nopeasti muunneltavissa.

LÄHDELUETTELO

- 1 Ponsse yleistä. 6.2.2001 [WWW-dokumentti]
<http://www.ponsse.fi/yleistä>
- 2 Ponssen vuosikertomus 1999.
- 3 Kantola, Johanna. Vanhennus tietoliikennelaitteiden valmistuksessa. Oulun yliopisto, Sähkötekniikan osasto. 1996. Diplomityö. 58 s.
- 4 Weir E. (1995) What defects will screening find? Electronic Production, Environmental Test Supplement, Vol. 24 No. 7, July/August 1995, s 3-4.
- 5 Saari A. E., Schafer R. E. & VanDenBerg S. J. (1982) Stress Screening of Electronic Hardware, Report RADC-TR-82-87, Rome Air Development Center, 152 s.
- 6 Jensen F. (1995) Repairable Systems Reliability and Failure Data Analysis, Material of a course in reliability held in London, September 25 - 27, 1995.
- 7 Elektroniikan tutkimuksen ja kehityksen yhteistyöelin KOTEL ry. (1999) Rasituskarsinta (Reliability Stress Screening). Kotel 239, 58 s.
- 8 Ervamaa J., Mankamo T. & Suokas J. (1979) Luotettavuustekniikka. Insinööritieto Oy, Helsinki, 326 s
- 9 Mark Gibbel, Environmental Stress Screening 2000, Los Angeles, California, USA, May 1997. [WWW-dokumentti]
<http://www.jpl.nasa.gov/techreport/1997/97-0727.rfr.html>

- 10 Elektroniiikan tutkimuksen ja kehityksen yhteistyöelin KOTEL ry. (1989) Ympäristötestauskäsikirja (Environmental testing handbook). Kotel 203, 171 s.
- 11 Elektroniiikan tutkimuksen ja kehityksen yhteistyöelin KOTEL ry. (1986) Rasituskarsinta (Stress screen). Kotel 182, 33 s.
- 12 Maijala, Seppo. Messu Arvelin Oy. Puhelinkeskustelu. 18.10.2000.
- 13 Tietokoneyksikköjen liitinmäärittelyt. Ponsse, Kajaanin tehdas, 4.10.2000. Moniste.
- 14 Manninen, Matti. Elektroniiikan asiantuntija, Ponsse Kajaani. Keskustelu. 10.11.2000.
- 15 Moilanen, Markku. Testauksen asiantuntija, Ponsse Kajaani. Keskustelu. 17.11.2000.
- 16 Sääkoestuskaappi ARC/1500/-40+100/RH, käyttöohje. Arctest Oy.
- 17 Jumo Dicon PR, Operating instructions. Arctest Oy.

LIITTEET

Liite A Han 72 DD -liittimen vaatiman asennusaukon ja kiinnityksen mitat

Liite B Testauskehikon perusrakenteen mitoitus

Liite C Testauskehikon runko 3D

Liite D Kuormatraktorin testauskehikon liitinmäärittely

Liite E Harvesterin testauskehikon liitinmäärittely: Ohjaukset (input)

Liite F Harvesterin testauskehikon liitinmäärittely: Toimilaitteet (output)

Liite G Harvesterin ARCNET –verkko