

Harri Oikarinen

AJONEUVOTIETOKONEEN TESTAA- MISEN SUUNNITTELU

Insinööri (AMK),

tietotekniikka

Kevät 2016



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Tekijä(t): Oikarinen Harri

Työn nimi: Ajoneuvotietokoneen testaamisen suunnittelu

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), tietotekniikka

Asiasanat: Ajoneuvotietokone, Standardi, Olosuhdetestaus, Olosuhdekaappi

Sunit Oy on Kajaanilainen tietotekniikka-alan yritys, joka valmistaa ajoneuvoon asennettavia tietokoneita ja näiden oheislaitteita. Tämän insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella Sunit Oy:n valmistaman ajoneuvotietokoneen testaaminen olosuhteiden aiheuttamille häiriöille sekä sähkömagneettisille häiriöille. Insinööriyössä lisäksi suoritettiin työprosessin mahdollistama määrä testauksia. Testaussuunnitelman tulisi sisältää yhdessä dokumentissa kaikki tarvittava tieto, jonka testaukset suorittava tarvitsee. Testauksen suorituksessa käytettiin Sunit Oy:n omaa olosuhdekaappia.

Testien valmistelussa täytyi rakentaa tarvittava liitinadapteri, jotta jo käytössä olleita testausjärjestelmiä voitaisiin soveltaa mahdollisimman pitkälle. Testaussuunnitelman tekemisen ohessa työssä perehdyttiin uuden Sunit Oy:n ajoneuvotietokoneomallin ominaisuuksiin ja varsinkin siihen, miten kyseisiä ominaisuuksien toiminta testataan.

Työn lopputuloksena oli valmis testaussuunnitelma, jonka paikkansapitävyyttä testattiin suorittamalla niin monta testausta olosuhdekaapissa kuin oli mahdollista. Testaussuunnitelmaa voidaan hyödyntää loppujen testauksen suorittamisessa tälle kyseiselle tietokoneomallille, sekä pienin tarkistuksin myöskin tuleville malleille.

ABSTRACT

Author(s): Oikarinen Harri

Title of the Publication: Test Plan for a Vehicle Computer

Degree Title: Engineer, Information Technology

Keywords: Vehicle Computer, Environmental Testing, Environmental Chamber, Standard

The aim of the thesis was to design an environmental test plan for a computer installed in a vehicle. The commissioner of this thesis was Sunit Oy, a company specialized in information technology and based in Kajaani. The test plan included climate testing, shock testing and electric testing. The plan also covered chemical testing and electromagnetic compatibility testing, all found in the same easily modified document. In addition to the planning of the tests, the thesis consisted of the execution of some of the planned tests.

The test plan was composed by using different standards as source material. The tests were executed by using an environmental chamber owned by Sunit Oy. The execution of the all planned tests was not possible because of the shortage of time. In the beginning of the project it was necessary to be familiarized with the new vehicle computer model.

The final result of this thesis was a complete test plan. The functionality of this test plan was confirmed by performing some of the planned tests. The thesis produced a document which can be used by the company for the future needs in production testing.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Sunit Oy:ltä Jussi Rytilahtea insinööriyön aiheesta ja työni valvomisesta. Lisäksi haluan kiittää Kajaanin ammattikorkeakoululta Asko Kinnusta työn valvomisesta ja Eero Soinista työn kielellisestä ohjauksesta.

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO..... | 1 |
| 2 ISO 16750 STANDARDI..... | 2 |
| 3 EMC–STANDARDI UN E/ECE/324/ADD.9/REV.5 | 3 |
| 4 TESTAUSRAJOJEN VALINTA..... | 4 |
| 4.1 Elektroniset häiriöt..... | 4 |
| 4.2 Mekaanisten häiriöiden testaus | 5 |
| 4.3 Ilmaston aiheuttamien häiriöiden testaus | 6 |
| 4.4 Kemikaalien aiheuttamien häiriöiden testaus | 7 |
| 4.5 EMC-häiriöiden testaus, E/ECE/324/Addendum 9/Regulation No.10...8 | |
| 5 TESTAUSSUUNNITELMA | 9 |
| 5.1 Elektronisten häiriöiden testaus..... | 11 |
| 5.2 Mekaanisten häiriöiden testaus | 20 |
| 5.3 Ilmaston aiheuttamien häiriöiden testaus | 24 |
| 5.4 Kemikaalien aiheuttamien häiriöiden testaus | 31 |
| 5.5 Sähkömagneettisten häiriöiden (EMI, Electromagnetic interference) testaus..... | 34 |
| 6 TESTIEN SUORITTAMINEN JA TULOKSET..... | 46 |
| 6.1 Testien valmistelu..... | 46 |
| 6.2 Alhaisen lämpötilan testaukset..... | 50 |
| 6.3 Kosteustesti..... | 51 |
| 6.4 Suurten lämpötilojen testaukset | 52 |
| 7 YHTEENVETO | 54 |
| LÄHTEET | 55 |
| LIITTEET | |

SYMBOLILUETTELO

| | |
|------------|---|
| PSD | Kiihtyvyysspektrin tiheystaso |
| REESS | Rechargeable energy storage systems, ladattava energianvarastointijärjestelmä |
| RT | Huoneen lämpötila (23 ± 5) °C |
| T_{\max} | Suurin käyttölämpötila |
| U_A | Käyttöjännite, kun ajoneuvon latausgeneraattori on käynnissä |
| U_B | Käyttöjännite, kun ajoneuvon latausgeneraattori ei ole käynnissä |

1 JOHDANTO

Elektronisia laitteita tarvitaan ja käytetään monenlaisissa olosuhteissa, joissa laite altistuu monenlaisille olosuhteiden ja muiden laitteiden aiheuttamille häiriöille. Ajoneuvoon kiinteästi asennettavat tietokoneet eivät poikkea tästä vaan pikemminkin ne altistuvat useammille ja rankemmille häiriöille, kuin esimerkiksi sisätiloissa käytettävät pöytä-tietokoneet.

Ajoneuvossa laitteet altistuvat värinöille, erilaisille sääolosuhteille, erilaisille kemikaaleille sekä muiden elektronisten laitteiden aiheuttamille sähkömagneettisille häiriöille. Nämä asiat tulee ottaa huomioon laitteen tuotekehityksessä. Tästä syystä ennen markkinoille pääsyä laitteet tulee testata näitä häiriöitä varten, jottei loppuasiakkaalla tulisi näiden häiriöiden aiheuttamia ongelmia.

Sunit Oy on kajaanilainen yritys, joka on perustettu vuonna 1996. Yritys suunnittelee, valmistaa ja markkinoi ajoneuvotietokoneita, -telematiikkaa ja -paikannusteknologioita. Yritys suunnittelee ja valmistaa ajoneuvotietojärjestelmiä ja -telematiikkaa myös ajoneuvoteollisuudelle. [1]

Asiakkaita Sunit Oy:llä on ympäri maailmaa, joten yrityksen valmistamien laitteet altistuvat moniin erilaisiin olosuhteisiin. Yritykselle laadun ylläpito on tärkeässä asemassa, joten laitteet testataan ISO 16750 standardin mukaisesti. Testausten suoritusta helpottaa se, että yritys on hankkinut tuotekehitykseen kaksi olosuhdekaappia.

Tämän insinööriyön tavoitteena oli koota eri standardeista yksi testaussuunnitelma, jossa on riittävät tiedot ajoneuvotietokoneen monimuotoiseen testaukseen. Testaussuunnitelmaa tullaan käyttämään tulevaisuudessa kehitettävien ajoneuvotietokoneiden testaukseen. Työssä suoritettiin tuotekehitysvaiheessa olevalle tietokoneelle niin monta testausta testaussuunnitelman mukaisesti, kuin rajallisen aikataulun puitteissa oli mahdollista.

2 ISO 16750 STANDARDI

ISO (International Organization for Standardization) on itsenäinen, kansainvälinen ja hallituksista riippumaton organisaatio. ISO tuo yhteen monilta aloilta asiantuntijoita, jotka kehittävät vapaaehtoisesti yksimielisiä ja kilpailukykyisiä kansainvälisiä standardeja, jotka tukevat innovaatioita sekä tuottavat ratkaisuja maailmanlaajuisiin haasteisiin. Organisaation pääpaikkana toimii Sveitsissä sijaitseva Geneven kaupunki.

Organisaatio perustettiin vuonna 1946, kun 25 maan delegaatiot tapasivat Lontoossa ja päättivät perustaa kansainvälisen standardiorganisaation. ISO on julkaissut yli 19000 kansainvälistä standardia, jotka käsittävät melkein kaikki teknologian ja valmistuksen näkökohdat. Tänä päivänä organisaatioon kuuluu 162 maata ja pääpaikassa työskentelee vakituisesti 150 henkilöä. [2]

ISO 16750 standardin kehitti tekninen komitea ISO/TC 22, Road vehicles, alakomitea SC3, Electrical and electronic equipment. Standardi sisältää viisi osaa: Osa 1 - Yleistä, osa 2 - elektroniset häiriöt, osa 3 - mekaaniset häiriöt, osa 4 - ilmaston häiriöt ja osa 5 - kemikaaliset häiriöt. Standardin tarkoituksena avustaa sen käyttäjää järjestelmällisesti määrittellä sekä soveltaa joukko kansainvälisesti hyväksytyjä ympäristöolosuhteita, testauksia ja käyttövaatimuksia, jotka perustuvat ennakoituihin oikeassa ympäristössä tapahtuviin olosuhteisiin, joihin laite altistuu elinkaarensa aikana.

Standardin kehittämisessä on otettu huomioon seuraavat ympäristöolosuhteet: maailman maantiede ja ilmasto, ajoneuvon tyyppi, ajoneuvon käyttöolosuhteet ja käyttötarkoitus, laitteen elinkaari, ajoneuvon käyttöjännite, laitteen kiinnityspaikka ajoneuvossa. Nämä kaikki vaikuttavat siihen, mitä testauksia ja miten suuria testausarvoja laitteeseen altistetaan [3].

3 EMC–STANDARDI UN E/ECE/324/ADD.9/REV.5

YK – yhdistyneet kansakunnat on maailmalaajuinen hallitusten välinen yhteistyöjärjestö. YK perustettiin 24. lokakuuta 1945 Kansainliiton korvaajaksi. Järjestö perustettiin edistämään kansainvälistä rauhaa ja turvallisuutta, oikeudenmukaisuutta sekä ihmisoikeuksia [4].

UNECE on Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomissio, joka on Yhdistyneiden kansakuntien alueellinen komissio. Komissio toimii YK:n talous- ja sosiaalineuvoston alaisena. Komissio perustettiin 1947 edistämään YK:n jäsenmaiden välistä taloudellista yhteistyötä. Komissioon kuuluu 56 jäsenmaata, Euroopan maiden lisäksi Yhdysvallat, Kanada, Israel ja Keski-Aasian tasavallat. UNECE määrittelee myös kansainvälisiä normeja, standardeja sekä sopimuksia, jotka lisäävät kansainvälistä yhteistyötä [5].

UNECE:n määräys numero 10, lisäys numero 9 kertoo ajoneuvojen, ajoneuvojen osien ja lisälaitteiden sähkömagneettisen yhteensopivuuden määräyksistä [6].

4 TESTAUSRajojen VALINTA

Standardeissa kerrotut testaukset ovat monikäyttöisiä eli samoja standardoituja testauksia voidaan soveltaa moniin eri käyttöolosuhteisiin tarkoitettuihin laitteisiin. Tästä syystä tulee testattavaan laitteisiin sopivat testausrajat selvittää ennen testausten suunnittelemisen aloittamista. Testaussuunnitelmassa tulee selvittää lisäksi myös, mitkä kaikki testaukset ovat tarpeellisia. Standardeissa mainitaan monia erilaisia testauksia, joita kaikkia ei tarvitse suorittaa kaikille laitteille. Testausrajoihin vaikuttavat testattavan laitteen markkinamaiden ympäristöolot, ajoneuvon tyyppi, laitteen elinikä, ajoneuvosta saatava käyttöjännite sekä laitteen asennuspaikka ajoneuvossa. Jos testaussuunnitelmassa ei ole erikseen määritelty, tulee testaukset suorittaa huoneenlämmössä (RT) ja suhteellisen kosteuden ollessa 25 % ja 75 % välillä.

4.1 Elektroniset häiriöt

Taulukossa 1 näkyy sovellettavat käyttöjänniterajat laitteisiin, joiden nimellinen käyttöjännite on määritelty arvoon 12 voltia. Kun taas taulukossa 2 näkyy käyttöjänniterajat laitteisiin, joiden nimellinen käyttöjännite on määritelty arvoon 24 voltia.

Taulukko 1. Käyttöjänniterajat laitteisiin, joilla nimellinen käyttöjännite on 12 V [7]

| Koodi | Pienin käyttöjännite (V) | Suurin käyttöjännite (V) |
|-------|--------------------------|--------------------------|
| A | 6 | 16 |
| B | 8 | 16 |
| C | 9 | 16 |
| D | 10,5 | 16 |

Taulukko 2. Käyttöjänniterajat laitteisiin, joilla nimellinen käyttöjännite on 24 V [7]

| Koodi | Pienin käyttöjännite (V) | Suurin käyttöjännite (V) |
|-------|--------------------------|--------------------------|
| E | 10 | 32 |
| F | 16 | 32 |
| G | 22 | 32 |
| H | 18 | 32 |

Tässä testaussuunnitelmassa käytettävä Sunitin ajoneuvotietokone on tarkoitettu toimivaksi ajoneuvoissa, joissa nimellinen käyttöjännite on 12 V (henkilöauto), sekä myöskin ajoneuvoissa, joissa nimellinen käyttöjännite on 24 V (kuorma-auto), tästä syystä valitaan taulukosta 1 koodi C pienimmän käyttöjännitteen osalta sekä taulukosta 2 koodi E suurimman käyttöjännitteen osalta. Täten varmistetaan laitteen testauksen riittävyys molemmilla tarkoitetuilla ajoneuvotyypeillä aiheutuvilla häiriöillä. Laitteen suurin käyttölämpötila (T_{max}) on 75 °C, koska laite asennetaan ajoneuvon matkustamoon, jossa lämpötila voi nousta hyvin korkealle lämpimän ilmaston maissa. Yhtäaikaista tasa- sekä vaihtojännitteen standardissa mainituksi ankaruustasoksi valitaan 2, koska vaihtojännitteen peak-to-peak-jännitteeksi riittää 4 V.

4.2 Mekaanisten häiriöiden testaus

Testattavaan laitteeseen suoritettavat mekaanisen rasitusten testaukset riippuvat laitteen asennuspaikasta. Sunit Oy:n ajoneuvotietokone asennetaan ajoneuvon ohjaamoon ilman tarkempia vaatimuksia. Tästä syystä laitteelle tulee tehdä seuraavat mekaanisen rasituksen testaukset:

- Test IV, Henkilöauton jousitettu kuorma (ajoneuvon kori), ISO 16750-3-2012, kohta 4.1.2.4
- Test VII, Kuorma-auton jousitettu kuorma (ajoneuvon kori), ISO 16750-3-2012, kohta 4.1.2.7
- Mechanical shock, Ajoneuvon koriin asennettavien laitteiden testaus, ISO 16750-3-2012, kohta 4.2.2
- Free fall, Vapaa pudotus, ISO 16750-3-2012, kohta 5.3

4.3 Ilmaston aiheuttamien häiriöiden testaus

Testattavaan laitteeseen suoritettavat ilmaston aiheuttamien rasitusten testaukset riippuvat laitteen asennuspaikasta, sekä mahdollisten asiakkaiden sääoloista. Sunit Oy:n ajoneuvotietokone asennetaan ajoneuvon ohjaamoon ilman tarkempia vaatimuksia. Matalimmaksi käyttölämpötilaksi valittiin -40 °C ja suurimmaksi 75 °C. Jaksollisessa lämpötilavaihtelussa käytetään erittäin kuumalla lisäjaksolla (hot-soak) varustettua versiota kyseisestä testauksesta. Laitteelle tulee tehdä seuraavat ilmaston aiheuttamien rasituksen testaukset:

- Alhaisen lämpötilan testaukset, ISO 16750-4-2010, kohta 5.1.1
- Suuren lämpötilan testaukset, ISO 16750-4-2010, kohta 5.1.2
- Lämpötilaportaikko, ISO 16750-4-2010, kohta 5.2
- Jaksollinen lämpötilavaihtelu, ISO 16750-4-2010, kohta 5.3.1
- Nopea lämpötilamuutos, ISO 16750-4-2010, kohta 5.3.2
- Jaksollinen kostea lämpö, ISO 16750-4-2010, kohta 5.6.2.2
- Kaste, ISO 16750-4-2010, kohta 5.6.2.4
- Tasainen kostea lämpö, 5.7
- Pöly, 5.10

4.4 Kemikaalien aiheuttamien häiriöiden testaus

Testattavaan laitteeseen suoritettavat kemikaalien aiheuttamien rasitusten testaukset riippuvat laitteen asennuspaikasta. Testattavan laitteen tulee kestää niitä kemikaaleja, joihin laite voi altistua normaalissa käyttö-oloissa. Sunit Oy:n ajoneuvotietokone asennetaan ajoneuvon ohjaamoon ilman tarkempia vaatimuksia. Testattavat kemikaalit, niiden altistamisen tavat sekä altistamisen kesto näkyvät taulukossa 3.

Taulukko 3. Testattavat kemikaalit ja niiden altistamistapa sekä kesto [8]

| Kemikaali | Altistumisen tapa | Altistumisen kesto |
|---|--|--------------------|
| Akkuvesi | Pyyhkiminen ja kastaminen | 22 tuntia |
| Sisätilojen puhdistusaine | Ruiskuttaminen ja pyyhkiminen | 2 tuntia |
| Lasin puhdistusaine | Ruiskuttaminen ja pyyhkiminen | 2 tuntia |
| Asetoni | Ruiskuttaminen, siveleminen ja pyyhkiminen | 10 minuuttia |
| Ammoniakkia sisältävä pesuaine | Siveleminen, pyyhkiminen ja kastaminen | 22 tuntia |
| Denaturoitu alkoholi | Ruiskuttaminen, siveleminen, pyyhkiminen, kaataminen ja kastaminen | 10 minuuttia |
| Synteettinen sylki | Siveleminen, pyyhkiminen ja kastaminen | 22 tuntia |
| Kosmeettinen kemikaali esim. käsivoide | Siveleminen ja pyyhkiminen | 22 tuntia |
| Juoma, joka sisältää kofeiinia sekä sokeria | Pyyhkiminen ja kaataminen | 22 tuntia |
| Kerma | Pyyhkiminen ja kaataminen | 22 tuntia |

4.5 EMC-häiriöiden testaus, E/ECE/324/Addendum 9/Regulation No.10

Sunit Oy:n ajoneuvotietokone on jälkikäteen asennettava ajoneuvoon asennettava laite, jolla on ajoneuvon immunitettiin vaikuttavia toimintoja, joka tarkoittaa että laite kytketään ajoneuvon toimintaan kriittisesti vaikuttaviin johdotuksiin (esim. CAN-väylä). Tästä syystä laite tarvitsee tyyppihyväksynnän, joka suoritetaan Trafifin valvonnan alaisena Suomessa. Laitteen sähkömagneettisten säteilyjen immunitettiin tarvitsee myöskin testata. Laitteeseen ei sovelleta REESS latauslaitteelle tarvittavia lisävaatimuksia, koska testattavaa laitetta ei käytetä ladattavien energian säilöntä järjestelmien (REESS) lataukseen. Testattava laite tulee kytkeä sellaiseen toiminta-tilaan, mikä simuloi tyyppillistä asennusta ajoneuvoon.

Testauksessa mitataan laitteen muodostamia säteileviä ja johtuvia säteilypäästöjä. Myös laitteen säteilevien ja johtuvien säteilyhäiriöiden sietokyky tulee testata. Sunit Oy:n ajoneuvotietokone on tarkoitettu toimimaan sekä 12 V, että 24 V käyttöjännitteellä. Sen vuoksi johtuvien transient-häiriöiden testauskohdassa testataan sekä 12 V, että 24 V käyttöjännitteellä muodostuvat häiriöt.

Laite tulee testata seuraavilla testeillä:

- Laitteen tuottamien laajakaistaisten EMC-säteilyjen mittaaminen, kohta 6.5
- Laitteen tuottamien kapeakaistaisten EMC-säteilyjen mittaaminen, kohta 6.6
- Laitteen tuottamien johtuvien häiriöiden mittaaminen, kohta 6.7
- Sähkömagneettisten häiriöiden immunitetin testaaminen, kohta 6.8
- Johtuvien häiriöiden immunitetin testaaminen, kohta 6.9

5 TESTAUSSUUNNITELMA

Testaussuunnitelmassa keskitytään ympäristön aiheuttamien häiriöiden testaamiseen. Testaukset ovat ISO 16750-standardien mukaisia. Testaussuunnitelmassa testattavana laitteena on Sunit Oy:n valmistama ajoneuvoon kiinteästi asennettava tietokone. Testaussuunnitelman tarkoituksena on saada yhtenäinen dokumentti, jota voidaan yrityksessä käyttää testien tekemisessä jatkossakin.

Testaussuunnitelmassa käytettiin ennalta määritettyjä toimintatiloja, joiden määrittymykset ovat seuraavat:

- Toimintatila 1.
 - Laitteeseen ei ole kytketty käyttöjännitettä.
 - Toimintatila 1.1: laitteeseen ei ole kytketty kaapeleita.
 - Toimintatila 1.2: laitteeseen on kytketty kaapelit, jotka simuloivat ajoneuvoon asennusta.

- Toimintatila 2.
 - Laitteeseen on kytketty käyttöjännite U_B ja kaikki asennuskaapelit ovat kytketty.
 - Toimintatila 2.1: laitteen toimintoja ei ole aktivoitu.
 - Toimintatila 2.2: laite on tyyppillisessä käyttökunnossa ja tyyppilliset toiminnot aktivoitu.

- Toimintatila 3.
 - Laitteeseen on kytketty käyttöjännite U_A ja kaikki asennuskaapelit ovat kytketty.
 - Toimintatila 3.1: laitteen toimintoja ei ole aktivoitu.

- Toimintatila 3.2: laite on tyypillisessä käyttökunnossa ja tyypilliset toiminnot aktivoitu.

Testaussuunnitelmassa käytettiin ennalta määritettyjä toiminnallisuuden testauksia, jotka ovat joko osittainen tai täydellinen. Osittaisessa toiminnollisuuden testauksessa suoritetaan testattavassa laitteessa ne toiminnot, jotka ovat tärkeitä testattavan laitteen käytön kannalta. Osittainen toiminnollisuuden testaus tulee pysyä suorittamaan kesken testauksen. Täydellisessä toiminnollisuuden testauksessa suoritetaan testattavan laitteen kaikki toiminnot. Täydellinen toiminnollisuuden testaus on tarkoitettu suoritettavaksi ympäristötestausten ennen ja jälkeen.

Testaussuunnitelmassa käytettiin ennalta määritettyjä toiminnallisen tilan määrittelyjä, jotka ovat seuraavanlaisia:

- Luokka A
 - Kaikki laitteen toiminnot toimivat suunnitellusti testauksen aikana ja jälkeen.
- Luokka B
 - Kaikki laitteen toiminnot toimivat suunnitellusti testauksen aikana. Kuitenkin yksi tai useampi toiminto voi ylittää annetut toleranssit. Kaikki toiminnot palautuvat automaattisesti testauksen jälkeen normaaliin toimintaan. Muistitoiminnot tulee pysyä Luokan A mukaisena.
- Luokka C
 - Yksi tai useampi toiminto ei suoriudu kuten suunniteltu testauksen aikana, mutta palautuu automaattisesti suunniteltuun toimintaan testauksen jälkeen
- Luokka D
 - Yksi tai useampi toiminto ei suoriudu kuten suunniteltu testauksen aikana ja palautuu suunniteltuun toimintaan testauksen jälkeen vasta kun laite käynnistetään uudelleen.

- Luokka E
 - o Yksi tai useampi toiminto ei suoriudu kuten suunniteltu testauksen aikana ja jälkeen. Laitetta ei voi palauttaa normaaliin toimintaansa ilman korjaustoimenpiteitä tai laitteen vaihtotoimenpiteellä.

EMC-testaus suoritetaan Yhdistyneiden Kansakuntien säännöksen E/ECE/324/add.9/rev.5 mukaan.

5.1 Elektronisten häiriöiden testaus

5.1.1 Käyttöjännitteen testaus

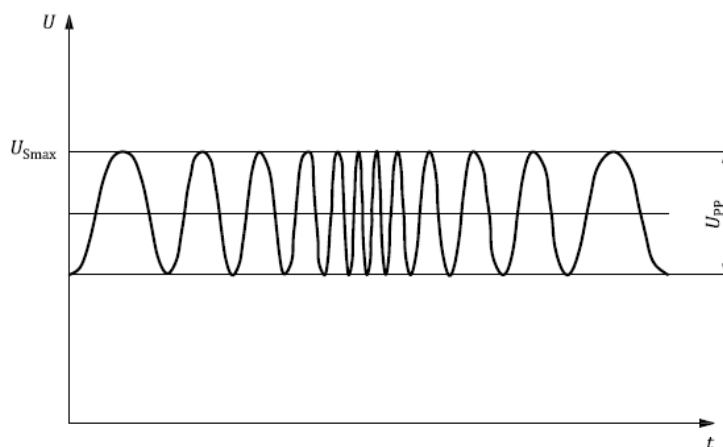
Testaus suoritetaan ISO 16750–2:2012 – Standardin kohdan 4.2 mukaan. Tämän testauksen tarkoituksena on selvittää laitteen toimivuus pienimmällä, että suurimmalla spesifioidulla käyttöjännitteellä, jotka ovat tälle laitteelle 9 V ja 32 V. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 1 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittelyn mukaisina.

5.1.2 Ylijännite

Testaus suoritetaan ISO 16750–2:2012 – Standardin kohdan 4.3 mukaan. Tämä testaus suoritetaan lämpötilassa $T_{\max} - 20\text{ °C} = 55\text{ °C}$. Tämä testaus simuloi tilannetta, kun latausgeneraattori hajoaa ja generaattorin ulostulojännite kasvaa normaalia jännitettä korkeammaksi. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 2 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrittelyn mukaisina.

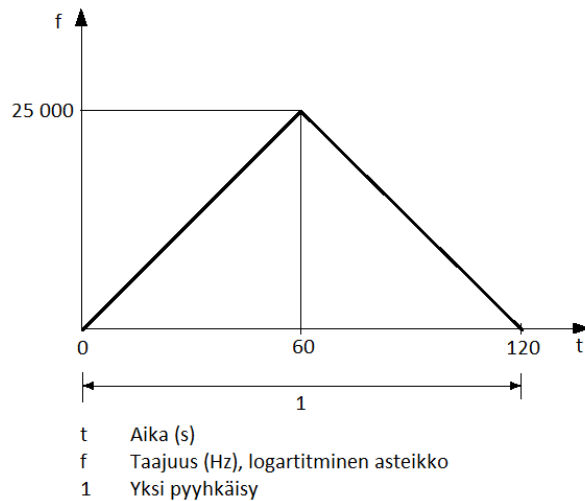
5.1.3 Yhtäaikainen tasa- sekä vaihtojännite

Testaus suoritetaan ISO 16750–2:2012 – Standardin kohdan 4.4 mukaan. Tämä testaus simuloi tasajännitegeneraattorista jäljelle jäävää vaihtojännitettä. Jännitelähteen sisäinen resistanssi tulee olla 50 mΩ ja 100 mΩ välillä, taajuusalueen tulee olla 50 Hz ja 25 kHz välillä. Vaihtojännitteen peak-to-peak-jännite on 4 V, sekä vaihtojännitteen muoto näkyy kuvassa 1. Taajuuspyyhkäisyn tyyppinä on logaritminen, kolmiomainen pyyhkäisy (kuva 2). Pyyhkäisyn kestona on 120 s, pyyhkäisujen määrä on 5. Kuvassa 3 näkyy testauslaitteiston sijoittelu ja kytkentä. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 3 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittelyn mukaisina.

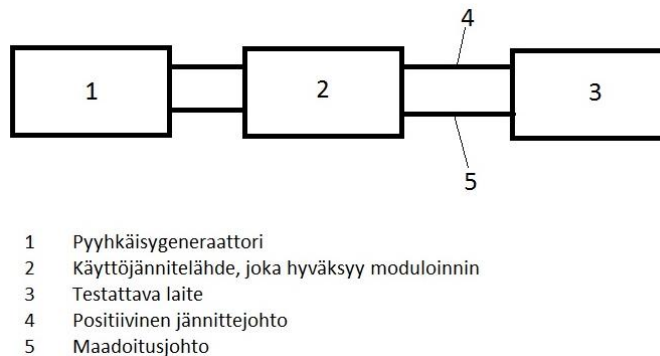


| | |
|-------------------|----------------------------------|
| t | Aika |
| U | Testauksen käyttöjännite |
| U _{pp} | Peak-to-peak-jännite |
| U _{Smax} | Suurin mahdollinen käyttöjännite |

Kuva 1. Yhtäaikaisen tasa- ja vaihtojännitteen muoto [7].



Kuva 2. Yhden taajuuspyyhkäisyn muoto [7].



Kuva 3. Yhtäaikaisen tasa- ja vaihtojännitteen testauslaitteisto.

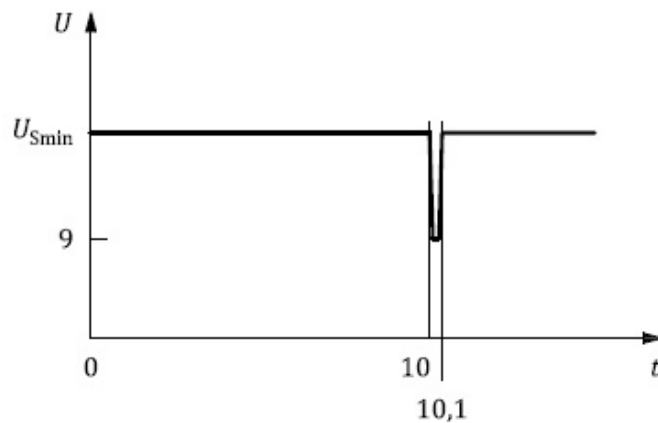
5.1.4 Hidas käyttöjännitteen vähentyminen ja lisääntyminen

Testaus suoritetaan ISO 16750–2:2012 – Standardin kohdan 4.5 mukaan. Tämä testaus simuloi asteittaista akun purkautumista sekä varautumista. Jännitteen muuttumisnopeutena käytetään $(0,5 \pm 0,1)$ V/min tai tasaisia 25 mV portaita. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 4 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan D määrittelyn mukaisina.

5.1.5 Käyttöjännitteen katkot

Käyttöjännitteen hetkellinen pudotus

Testaus suoritetaan ISO 16750–2:2012 – Standardin kohdan 4.6 mukaan. Tämän testin tarkoituksena on simuloida sulakkeen palamista jossain toisessa virtapiirissä. Kuvassa 4 näkyy laitteeseen altistettava pulssi, jonka nousu- ja laskuajan tulee olla enimmillään 10 ms. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 5 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan B määrittelyn mukaisina.

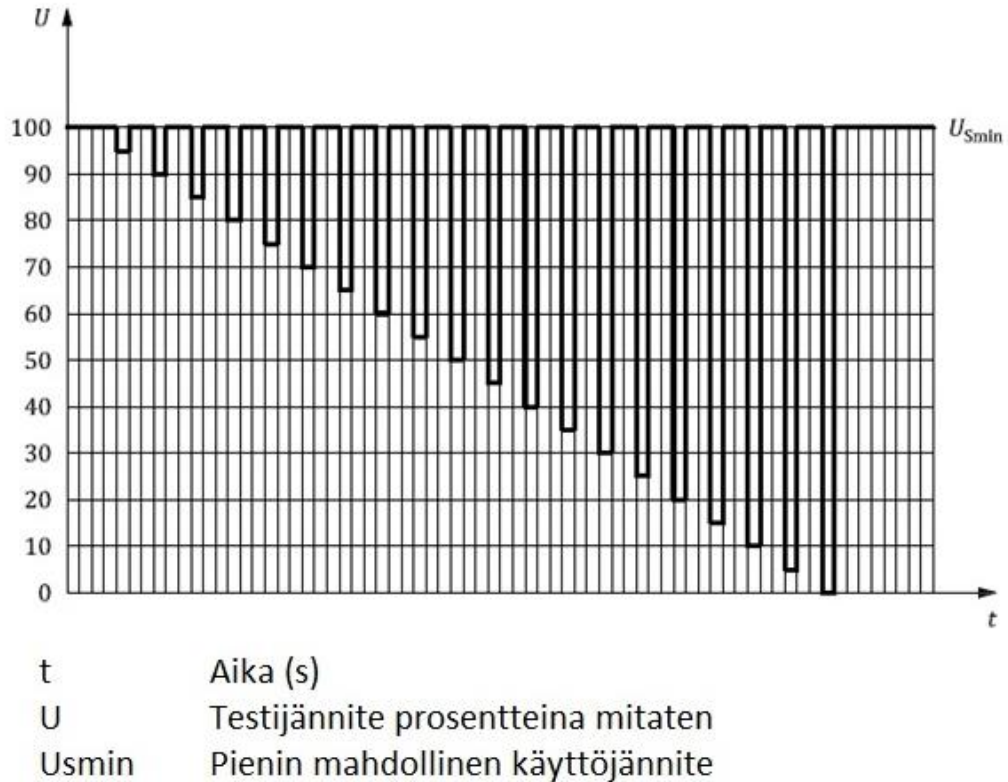


| | |
|-------------------|----------------------------------|
| t | Aika (s) |
| U | Testijännite (V) |
| U _{Smin} | Pienin mahdollinen käyttöjännite |

Kuva 4. Käyttöjännitteen hetkellisen pudotuksen muoto [7]

Uudelleenkäynnistymis-käyttäytyminen jännitteen hetkellisessä pudotuksessa

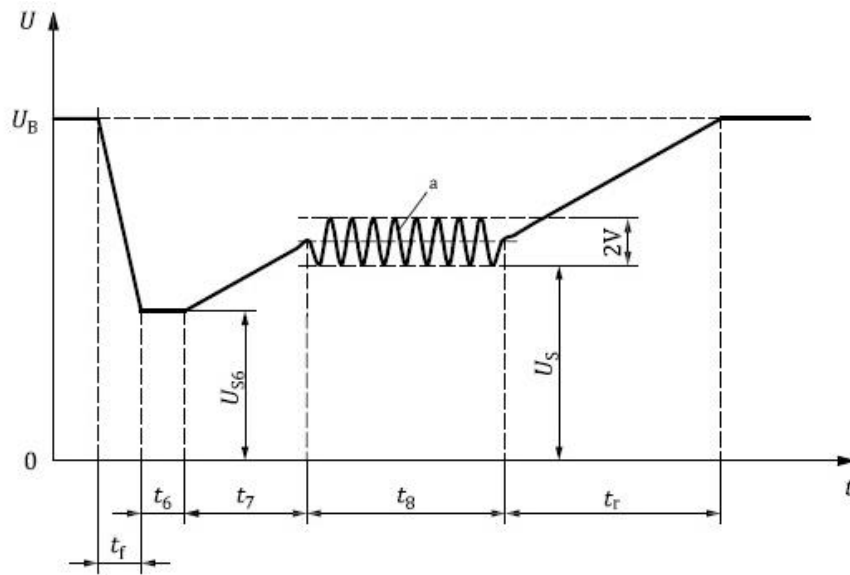
Testaus suoritetaan ISO 16750–2:2012 – Standardin kohdan 4.6 mukaan. Tämän testauksen tarkoituksena on saada selville testattavan laitteen uudelleenkäynnistymis-käyttäytyminen erilaisissa jännitteen hetkellisissä pudotuksissa. Käyttöjännitteen profiili näkyy kuvassa 5. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 6 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrittelyn mukaisina.



Kuva 5. Käyttöjännite-profiili uudelleenkäynnistymis-testauksessa [7]

Aloitusprofiili

Tämän testauksen tarkoituksena on tarkastaa testattavan laitteen käyttäytyminen ajoneuvon käynnistymisvaiheessa. Kuvassa 6 ja taulukossa 3 esitellään laitteeseen altistettava aloitusprofiili. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 7 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen toimintojen, jotka ovat tärkeitä ajoneuvon käynnistymisen aikana, tulee pysyä luokan A määrittämisen mukaisina. Kaikkien muiden laitteen toimintojen tulee pysyä taulukon 3 mukaisina.



| | |
|--|--|
| t | Aika |
| U | Testausjännite |
| t _f | Pienentyvä jännite (s) |
| t _r | Nouseva jännite (s) |
| t ₆ , t ₇ , t ₈ | Signaalin kestoparametrit |
| U _b | Käyttöjännite, kun ajoneuvon generaattori ei ole toiminnassa |
| U _s | Käyttöjännite |
| U _{s6} | Käyttöjännite t ₆ :n aikana |

Kuva 6. Aloitusprofiili [7]

Taulukko 3. Aloitusprofiilin parametrit [7]

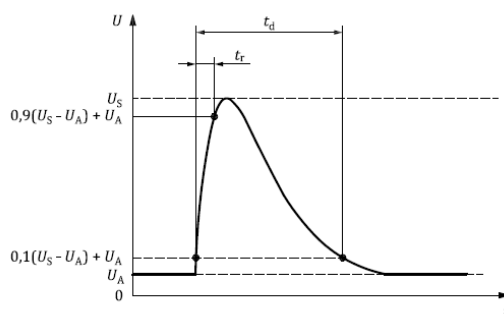
| Parametrit | | Testauksen taso | | | |
|--------------------------|-----------------|-----------------|--------|------|--------|
| | | I | II | III | IV |
| Jännite (V) | U _{s6} | 8 | 4,5 | 3 | 6 |
| | U _{s6} | 9,5 | 6,5 | 5 | 6,5 |
| Kesto (ms) | t _f | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | t ₆ | 15 | 15 | 15 | 15 |
| | t ₇ | 50 | 50 | 50 | 50 |
| | t ₈ | 1000 | 10 000 | 1000 | 10 000 |
| | t _r | 40 | 100 | 100 | 100 |
| Ominaisuusluokkavaatimus | | B | C | C | C |

Latausjännitteen tyhjennys (Load Dump)

Tämän testauksen tarkoituksena on simuloida sitä, kun tyhjentynyt akku kytketään pois ajoneuvon virtapiiristä, mutta latausgeneraattori jatkaa virransyöttöä ja virtapiirin on kytketty laitteita. Tämä testaus on kaksiosainen, testiosa A:n tarkoituksena on testata laitteen toimintaa, kun ajoneuvon generaattorissa ei ole keskitettyä suojausta latausjännitteen tyhjennykselle, ja testiosa B:n tarkoituksena testataan toiminta silloin, kun generaattorissa on keskitetty suoja. Kuvassa 7 ja 8, sekä taulukossa 4 esitellään laitteeseen altistettavat signaalit. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 8 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrittelyn mukaisina.

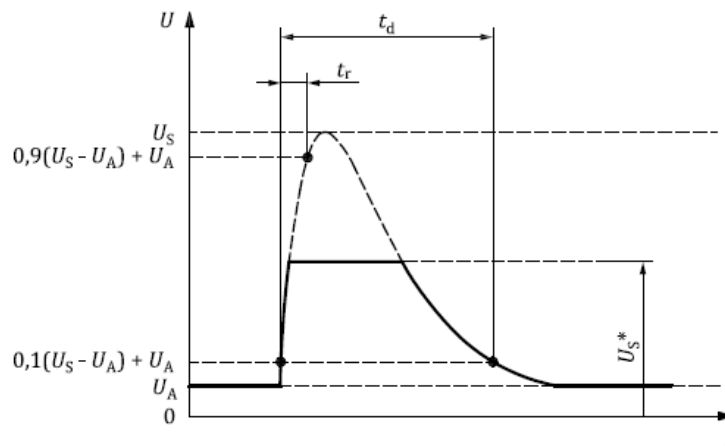
Taulukko 4. Testiosien A ja B testisignaalien parametrit [7]

| Parametri | Testiosa | |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| | A | B |
| U_s^a (V) | $151 \leq U_s \leq 202$ | $151 \leq U_s \leq 202$ |
| R_i^a (Ω) | $1 \leq R_i \leq 8$ | $1 \leq R_i \leq 8$ |
| t_d (ms) | $100 \leq t_d \leq 350$ | $100 \leq t_d \leq 350$ |
| t_r (ms) | 10 | 10 |
| U_s^* | | 58 |



- t Aika
- U Testausjännite
- t_d Pulssin kesto
- t_r Nouseva jännite
- U_a Käyttöjännite generaattorin ollessa toiminnassa
- U_s Käyttöjännite

Kuva 7. Testiosa A:n testisignaali [7]



| | |
|------------------|---|
| t | Aika |
| U | Testausjännite |
| t _d | Pulssin kesto |
| t _r | Nouseva jännite |
| U _A | Käyttöjännite generaattorin ollessa toiminnassa |
| U _S | Käyttöjännite |
| U _S * | Käyttöjännite keskitetyllä suojauksella |

Kuva 8. Testiosa B:n testisignaali [7]

5.1.6 Väärinpäin kytketty käyttöjännite

Testaus suoritetaan ISO 16750–2:2012 – Standardin kohdan 4.7 mukaan. Tällä testauksella tarkastetaan testattavan laitteen kyky kestää väärinpäin kytketty käyttöjännite ajoneuvon akkuun, esimerkiksi kun ajoneuvoon käytetään ulkopuolista käynnistysapua. Tätä testausta ei voi käyttää generaattoreihin. Laite tulee kytkeä ajoneuvoasennusta vastaavalla tavalla, mutta ilman ajoneuvon generaattoria ja akkua. Sulakkeen asentaminen on tärkeää. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 9 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrityksen mukaisina, kun palanut sulake on vaihdettu.

5.1.7 Käyttöjännitteen offset

Testaus suoritetaan ISO 16750–2:2012 – Standardin kohdan 4.8 mukaan. Tämä testaus simuloi tilannetta, jolloin on olemassa kaksi tai useampi käyttöjännitteen reittiä, jolloin näiden reittien välille voi syntyä offset-jännitettä. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 10 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrityksen mukaisina.

5.1.8 Avoimen kytkennän testaukset

Yksittäisen linjan häiriö

Testaus suoritetaan ISO 16750–2:2012 – Standardin kohdan 4.9 mukaan. Tämä testaus simuloi avoimen kontaktin tapausta. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 11 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrityksen mukaisina.

Monen linjan häiriö

Testaus suoritetaan ISO 16750–2:2012 – Standardin kohdan 4.9 mukaan. Tämä testaus simuloi tilannetta, kun testattavaa laitetta kohtaa tilanne, jolloin monta laitteeseen kytkettyä johtoa irtoaa nopeasti. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 12 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrityksen mukaisina.

Oikosulun suojaus

Testaus suoritetaan ISO 16750–2:2012 – Standardin kohdan 4.10 mukaan. Tämä testaus simuloi testattavan laitteen ulos- ja sisääntuloportteihin tapahtuvaa oikosulkua. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 13 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrityksen mukaisina.

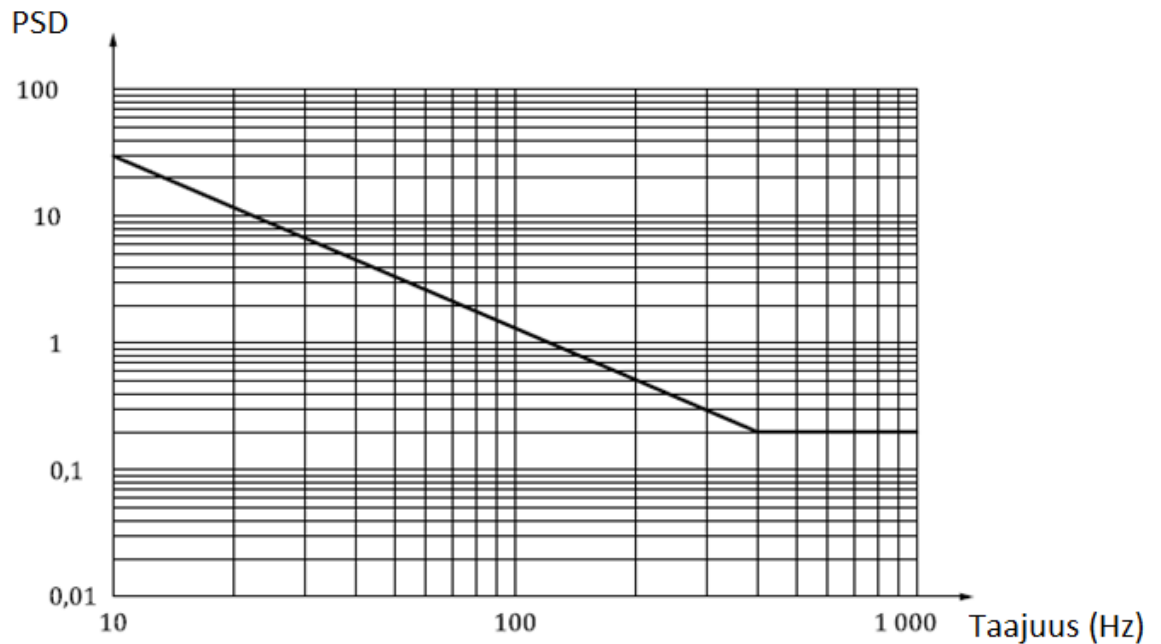
5.2 Mekaanisten häiriöiden testaus

5.2.1 Testaus IV henkilöauton jousitettuun kuormaan aiheutuvat mekaaniset rasitukset (ajoneuvon kori)

Testaus suoritetaan ISO 16750–3:2012 – Standardin kohdan 4.1.2.4 mukaan. Tämän testauksen tarkoituksena on tarkistaa testattavan laitteen selviytyminen henkilöauton koriin aiheutuvasta värinästä. Koriin aiheutuva värinä on sattumanvaraista värinää, joka aiheutuu epätasaisella tiellä ajamisesta. Pääasiallinen epäonnistuminen tässä testissä johtuu väsymisestä johtuvasta hajoamisesta. Tärinän PSD-arvot, jotka tarkoittavat tehosppektritiheyttä (Power Spectral Density), verrattuna taajuuteen näkyvät kuvasta 9 ja taulukosta 5. Kiihtyvyyden tehollisarvon (RMS) tulee olla $27,1 \text{ m/s}^2$. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 14 kerrotulla tavalla. Rikkoutumista ei tule esiintyä. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittelyn mukaisina, kun on käytössä toimintatila 3.2, muutoin toimintojen tulee pysyä luokan C mukaisina.

Taulukko 5. Arvot PSD-kiihtyvyydelle sekä taajuudelle [9]

| Taajuus (Hz) | PSD [$(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$] |
|--------------|--------------------------------------|
| 10 | 30 |
| 400 | 0,2 |
| 1000 | 0,2 |



Kuva 9. PSD-kiihtyvyyssarvot verrattuna taajuuteen [9]

5.2.2 Testaus VII kuorma-auton jousitettuun kuormaan aiheutuvat mekaaniset rasitukset (ajoneuvon kori)

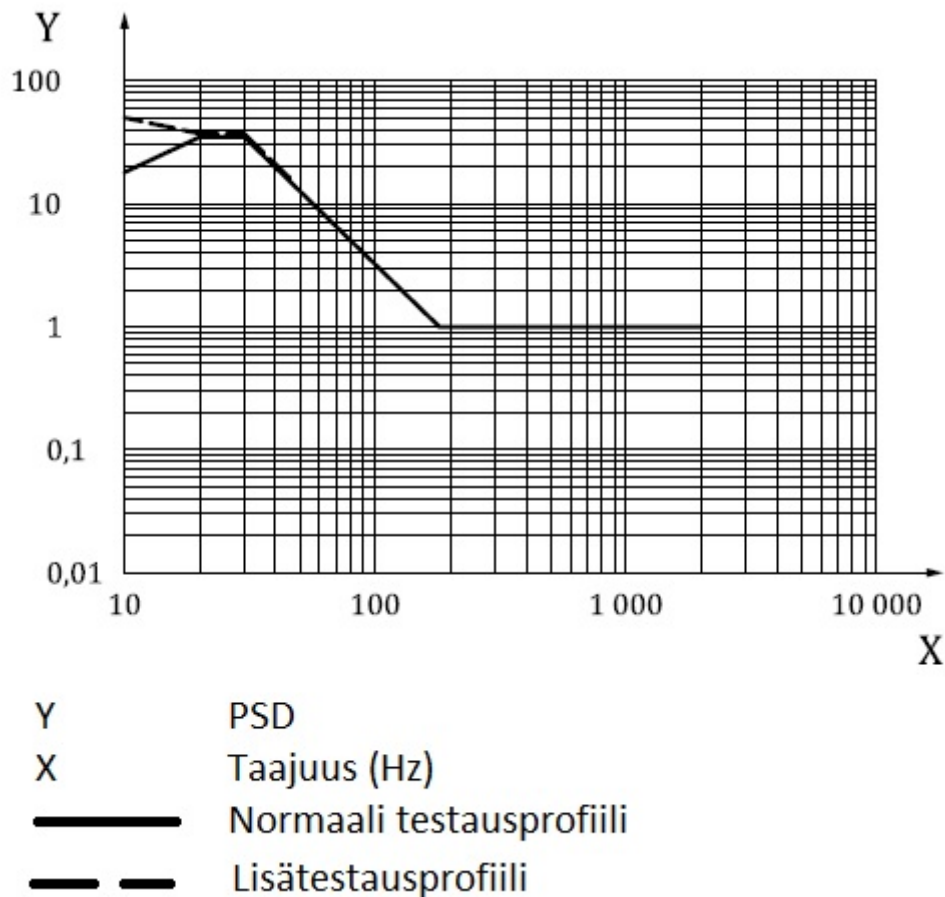
Testaus suoritetaan ISO 16750–3:2012 – Standardin kohdan 4.1.2.7 mukaan. Tämän testauksen tarkoituksena on tarkistaa testattavan laitteen selviytyminen kuorma-auton koriin aiheutuvasta värinästä. Koriin aiheutuva värinä on sattumanvaraista värinää, joka aiheutuu epätasaisella tiellä ajamisesta. Pääasiallinen epäonnistuminen tässä testissä johtuu väsymisestä johtuvasta hajoamisesta. Tärinän PSD-arvot, jotka tarkoittavat tehosppektritiheyttä (Power Spectral Density), verrattuna taajuuteen näkyvät kuvasta 10 ja taulukoista 6 ja 7. Kiihtyvyyden tehollisarvon (RMS) tulee olla $57,9 \text{ m/s}^2$. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 15 kerrotulla tavalla. Rikkoutumista ei tule esiintyä. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrityksen mukaisina, kun on käytössä toimintatila 3.2, muutoin toimintojen tulee pysyä luokan C mukaisina.

Taulukko 6. Arvot PSD-kiihtyvyydelle sekä taajuudelle [9]

| Taajuus (Hz) | PSD $[(m/s^2)^2/Hz]$ |
|--------------|----------------------|
| 10 | 18 |
| 20 | 36 |
| 30 | 36 |
| 180 | 1 |
| 2000 | 1 |

Taulukko 7. Arvot PSD-kiihtyvyydelle sekä taajuudelle [9]

| Taajuus (Hz) | PSD $[(m/s^2)^2/Hz]$ |
|--------------|----------------------|
| 10 | 50 |
| 20 | 36 |
| 30 | 36 |
| 45 | 16 |



Kuva 10. PSD-kiihtyvyyssarvot verrattuna taajuuteen [9]

5.2.3 Mekaaninen iskutestaus laitteille, jotka asennetaan ajoneuvon koriin

Testaus suoritetaan ISO 16750–3:2012 – Standardin kohdan 4.2.2 mukaan. Tämä testaus simuloi tilannetta, kun ajoneuvon koriin tai runkoon aiheutuu isku. Isku aiheutuu esimerkiksi tilanteesta, jolloin ajoneuvo ajaa reunakivetyksen yli suurella nopeudella. Epäonnistuminen tässä testauksessa johtuu mekaanisesta vaurioitumisesta, esimerkiksi piirilevystä irronneesta komponentista. Tärinäpulsstin muoto on puoli-sinimuotoinen. Kiihtyvyyden arvo tulee olla 500 m/s^2 ja iskun keston tulee olla 6 ms. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 16 kerrotulla tavalla. Rikkoutumista ei tule esiintyä. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittelyn mukaisina.

5.2.4 Vapaa pudotus

Testaus suoritetaan ISO 16750–3:2012 – Standardin kohdan 4.3 mukaan. Tämän testauksen tarkoituksena on tarkistaa testattavan laitteen kestävyys vapaan pudotuksen jälkeen. Laitte voi pudota lattialle käsittelyn aikana (esimerkiksi ajoneuvoon asennuksen aikana). Jos laite on silminnähden vaurioitunut pudotuksen jälkeen, se tulee vaihtaa. Mutta jos se ei ole silminnähden vaurioitunut, laite tullaan asentamaan ajoneuvoon, jolloin laitteen tulee toimia täydellisesti. Epäonnistuminen tässä testauksessa johtuu mekaanisesta vaurioitumisesta, esimerkiksi piirilevystä irronneesta komponentista. Laitteen toimintatila on 1.1. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 17 kerrotulla tavalla. Piilossa olevat vauriot eivät ole sallittuja. Pienet vauriot kotelossa ovat sallittuja, kunhan se ei vaikuta laitteen toimintakykyyn. Laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrittelyn mukaisina.

5.3 Ilmaston aiheuttamien häiriöiden testaus

5.3.1 Alhaisen lämpötilan testaukset

Varasto-testaus

Testaus suoritetaan ISO 16750–4:2010 – Standardin kohdan 5.1.1 mukaan. Tämä testaus simuloi tilannetta, jossa testattava laite altistuu alhaisiin lämpötiloihin ilman sähköistä toimintaa, kuten esimerkiksi laitteen kuljetuksen aikana. Tässä testissä epäonnistuminen aiheutuu huonosta pakkasen kestosta. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 18 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrittelyn mukaisina.

Käyttö-testaus

Testaus suoritetaan ISO 16750–4:2010 – Standardin kohdan 5.1.1 mukaan. Tämä testaus simuloi tilannetta, jossa testattava laite altistuu alhaisiin lämpötiloihin laitteen ollessa sähköisesti käytössä. Tässä testissä epäonnistuminen aiheutuu jonkun komponentin huonosta pakkasen kestosta. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 19 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittelyn mukaisina.

5.3.2 Suuren lämpötilan testaukset

Varasto-testaus

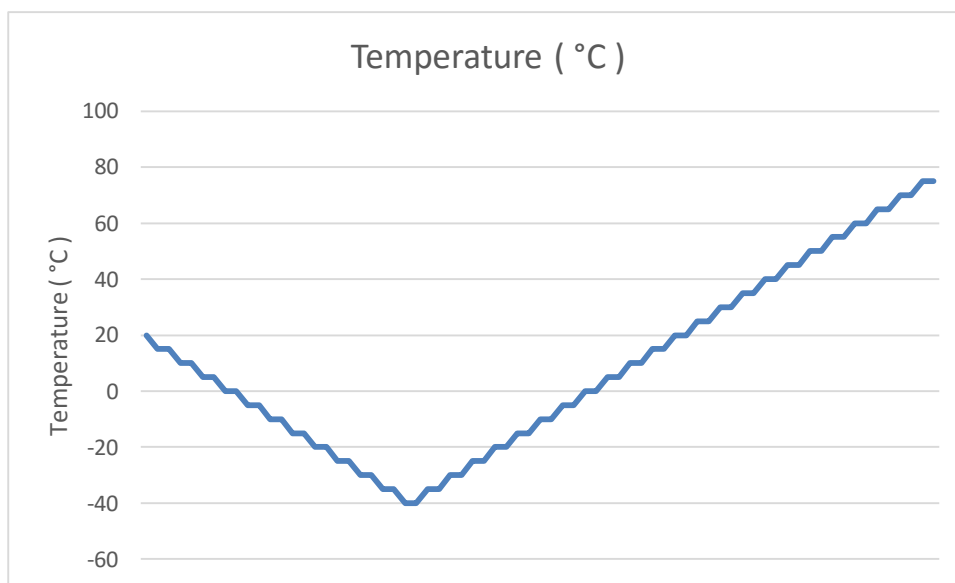
Testaus suoritetaan ISO 16750–4:2010 – Standardin kohdan 5.1.2 mukaan. Tämä testaus simuloi tilannetta, jossa testattava laite altistuu isoihin lämpötiloihin ilman sähköistä toimintaa, kuten esimerkiksi laitteen kuljetuksen aikana. Tässä testissä epäonnistuminen aiheutuu huonosta korkean lämpötilan kestosta. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 20 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrittelyn mukaisina.

Käyttö-testaus

Testaus suoritetaan ISO 16750–4:2010 – Standardin kohdan 5.1.2 mukaan. Tämä testaus simuloi tilannetta, jossa testattava laite altistuu korkeisiin lämpötiloihin laitteen ollessa sähköisesti käytössä. Tässä testissä epäonnistuminen aiheutuu jonkun komponentin huonosta korkean lämpötilan kestosta. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 21 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittelyn mukaisina.

5.3.3 Lämpötilan asteittainen testaus

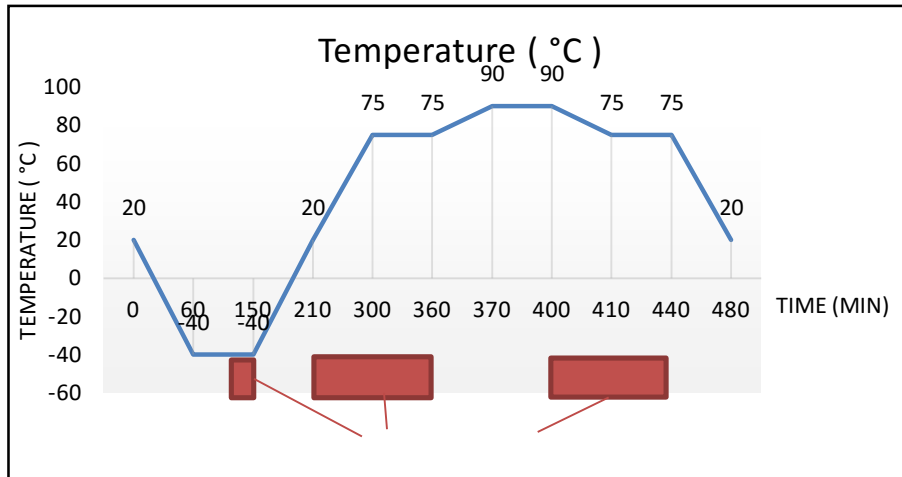
Testaus suoritetaan ISO 16750–4:2010 – Standardin kohdan 5.2 mukaan. Tässä testauksessa tarkistetaan testattavan laitteen kyky toimia monissa eri lämpötiloissa. Käytettävät lämpötila-asteleet ovat nähtävillä kuvassa 11. Jokaisella uudella lämpötilalla tulee suorittaa osittainen Toiminnallisuuden testaus sekä minimi-että maksimikäyttöjännitteellä. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 22 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittelyn mukaisina.



Kuva 11. Lämpötila-asteleet

5.3.4 Jaksollinen lämpötilavaihtelu

Testaus suoritetaan ISO 16750–4:2010 – Standardin kohdan 5.3.1 mukaan. Tässä testauksessa varmistetaan testattavan laitteen kyky kestää vaihtelevia lämpötiloja. Yhden jakson profiili sekä toiminnallisuuden testausten ajankohdat ovat nähtävissä kuvassa 12. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 23 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittelyn mukaisina.



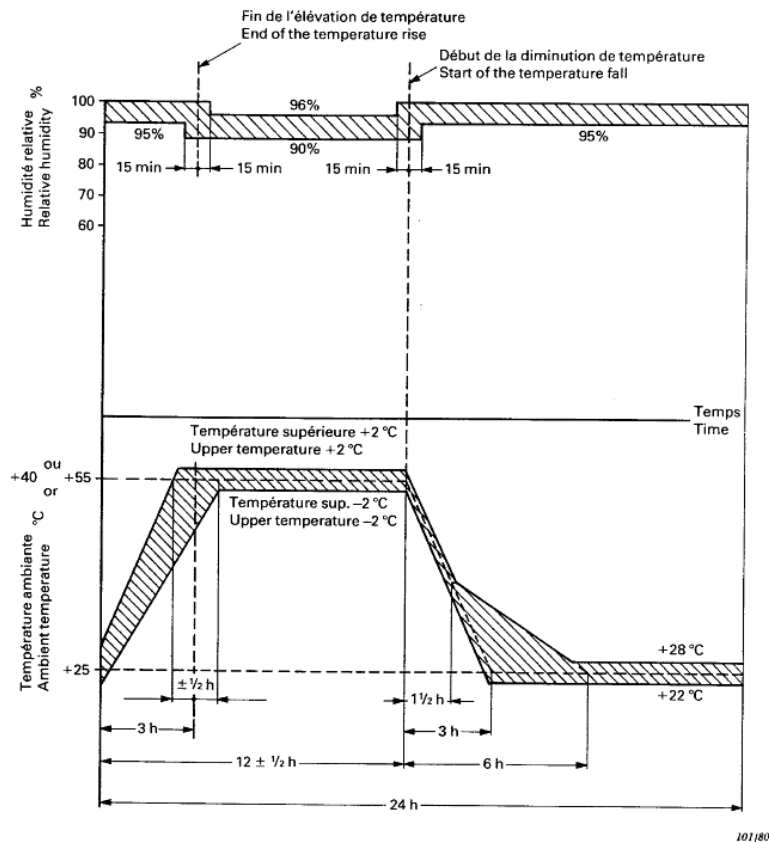
Kuva 12. Yhden jakson lämpötilaprofiili sekä toiminnallisuuden testauksen ajankohdat

5.3.5 Nopea lämpötilamuutos

Testaus suoritetaan ISO 16750–4:2010 – Standardin kohdan 5.3.2 mukaan. Tämä on nopeutettu testaus, joka simuloi ajoneuvossa monta kertaa tapahtuvia pieniä lämpötilamuutoksia. Tämä testaus luo mekaanisia rikkoutumisia, joten sähköistä toimintaa ei tarvita. Testauksessa olosuhdekaapin vaihto toiseen tulee suorittaa alle 3 minuutissa. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 24 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrityksen mukaisina.

5.3.6 Jaksollinen kostea lämpö

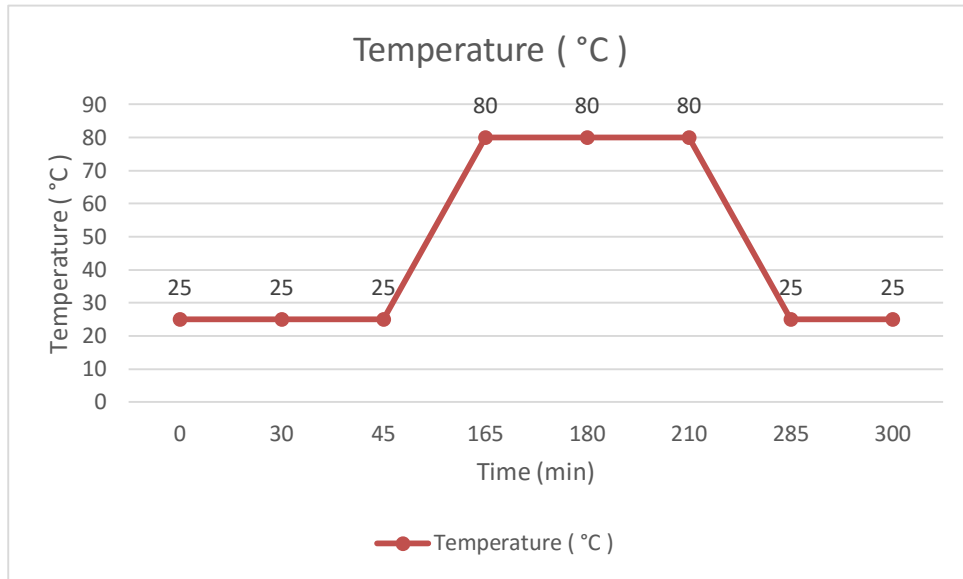
Testaus suoritetaan ISO 16750–4:2010 – Standardin kohdan 5.6.2.2 mukaan. Tässä testauksessa testataan laitteen kykyä toimia jaksollisessa suuressa ilman-kosteudessa. Yleisin epäonnistumisen syy on sähköisten komponenttien rikkoutuminen kosteudesta johtuen. Yhden jakson lämpötila- ja kosteusarvot näkyvät kuvassa 13. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 25 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksissa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrityksen mukaisina.



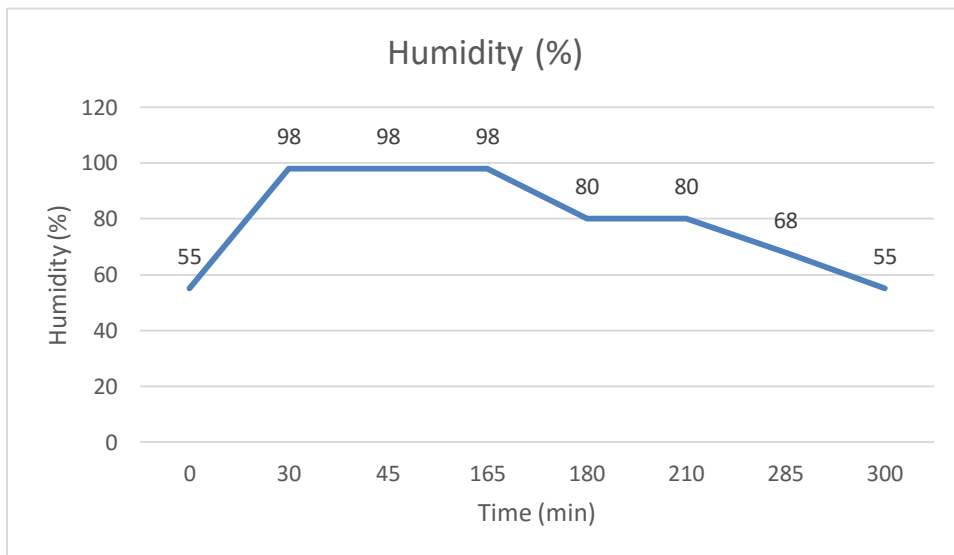
Kuva 13. Yksi lämpötila- ja kosteus-jakso [10].

5.3.7 Kosteustesti

Testaus suoritetaan ISO 16750–4:2010 – Standardin kohdan 5.6.2.4 mukaan. Tässä testauksessa testataan laitteen kykyä suoriutua korkeasta lämpötilasta sekä kosteudesta. Kuvissa 14 ja 15 kuvataan yhden jakson lämpötila- ja kosteusarvot. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 26 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan B määrittämisen mukaisina.



Kuva 14. Yhden jakson lämpötila-arvot.



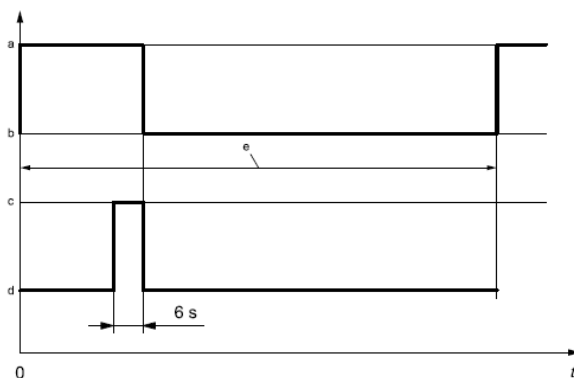
Kuva 15. Yhden jakson kosteuden arvot.

5.3.8 Tasainen kostea lämpö

Testaus suoritetaan ISO 16750–4:2010 – Standardin kohdan 5.7 mukaan. Tässä testauksessa testataan laitteen kykyä toimia tasaisessa suuressa ilmankosteudessa. Yleisin epäonnistumisen syy on sähköisten komponenttien rikkoutuminen kosteudesta johtuen. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 27 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittelyn mukaisina.

5.3.9 Pöly

Testaus suoritetaan ISO 16750–4:2010 – Standardin kohdan 5.10 mukaan. Tämän testauksen tarkoituksena on simuloida pölyn tunkeutumista testattavan laitteen koteloinnin sisälle. Pölysekoituksen tulee olla seuraava: 50 % painosta tulee olla kalkkikiveä, 50 % painosta lentotuhkaa. Lentotuhkan rakeitten koko tulee olla seuraava: 33 % painosta tulee olla pienempää tai yhtä suurta kuin $32\ \mu\text{m}$, 67 % tulee olla $32\ \mu\text{m}$ ja $250\ \mu\text{m}$ välillä. Kuvassa 16 kuvataan yksi altistusjakso. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 28 kerrotulla tavalla. Toiminnallisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittelyn mukaisina.



- t Aika minuuteissa
- a Laite toiminta-tilassa 3.2
- b Laite toiminta-tilassa 1.2
- c Pölyn altistus pois päältä
- d Pölyn altistus päällä
- e Yksi jakso

Kuva 16. Pölytestauksen yhden jakson kuvaus [11].

5.4 Kemikaalien aiheuttamien häiriöiden testaus

Nämä testaukset suoritetaan ISO 16750–5 – Standardin mukaan. Kemikaalien aiheuttamien häiriöiden testaukset suoritetaan 25 °C asteessa. Lisäksi myös kemikaalien lämpötila tulee olla 25 °C. Näiden testausten tarkoituksena on varmistaa testattavan laitteen kesto erilaisille kemikaaleille, joille laite voi altistua ajoneuvossa.

5.4.1 Akkuvesi

Ennen testiä tehtävässä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittymisen mukaisina. Ennen testiä suoritettavassa visuaalisessa tarkastuksessa ei tule olla havaittavissa ongelmia. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 29 kerrotulla tavalla. Testin jälkeisessä visuaalisessa tarkastuksessa tulee laitteen etiketit ja muut merkinnät pysyä luettavissa. Testin jälkeisessä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrittymisen mukaisina.

5.4.2 Sisätilojen puhdistusaine

Ennen testiä tehtävässä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittymisen mukaisina. Ennen testiä suoritettavassa visuaalisessa tarkastuksessa ei tule olla havaittavissa ongelmia. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 30 kerrotulla tavalla. Testin jälkeisessä visuaalisessa tarkastuksessa tulee laitteen etiketit ja muut merkinnät pysyä luettavissa. Testin jälkeisessä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrittymisen mukaisina.

5.4.3 Lasinpuhdistusaine

Ennen testiä tehtävässä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrityksen mukaisina. Ennen testiä suoritettavassa visuaalisessa tarkastuksessa ei tule olla havaittavissa ongelmia. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 31 kerrotulla tavalla. Testin jälkeisessä visuaalisessa tarkastuksessa tulee laitteen etiketit ja muut merkinnät pysyä luettavissa. Testin jälkeisessä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrityksen mukaisina.

5.4.4 Asetoni

Ennen testiä tehtävässä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrityksen mukaisina. Ennen testiä suoritettavassa visuaalisessa tarkastuksessa ei tule olla havaittavissa ongelmia. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 32 kerrotulla tavalla. Testin jälkeisessä visuaalisessa tarkastuksessa tulee laitteen etiketit ja muut merkinnät pysyä luettavissa. Testin jälkeisessä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrityksen mukaisina.

5.4.5 Ammoniakkia sisältävä pesuaine

Ennen testiä tehtävässä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrityksen mukaisina. Ennen testiä suoritettavassa visuaalisessa tarkastuksessa ei tule olla havaittavissa ongelmia. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 33 kerrotulla tavalla. Testin jälkeisessä visuaalisessa tarkastuksessa tulee laitteen etiketit ja muut merkinnät pysyä luettavissa. Testin jälkeisessä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrityksen mukaisina.

5.4.6 Denaturoitu alkoholi

Ennen testiä tehtävässä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrityksen mukaisina. Ennen testiä suoritettavassa visuaalisessa tarkastuksessa ei tule olla havaittavissa ongelmia. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 34 kerrotulla tavalla. Testin jälkeisessä visuaalisessa tarkastuksessa tulee laitteen etiketit ja muut merkinnät pysyä luettavissa. Testin jälkeisessä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrityksen mukaisina.

5.4.7 Synteettinen sylki

Ennen testiä tehtävässä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrityksen mukaisina. Ennen testiä suoritettavassa visuaalisessa tarkastuksessa ei tule olla havaittavissa ongelmia. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 35 kerrotulla tavalla. Testin jälkeisessä visuaalisessa tarkastuksessa tulee laitteen etiketit ja muut merkinnät pysyä luettavissa. Testin jälkeisessä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrityksen mukaisina.

5.4.8 Kosmeettinen kemikaali, esim. käsivoide

Ennen testiä tehtävässä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrityksen mukaisina. Ennen testiä suoritettavassa visuaalisessa tarkastuksessa ei tule olla havaittavissa ongelmia. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 36 kerrotulla tavalla. Testin jälkeisessä visuaalisessa tarkastuksessa tulee laitteen etiketit ja muut merkinnät pysyä luettavissa. Testin jälkeisessä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrityksen mukaisina.

5.4.9 Juoma, joka sisältää kofeiinia ja sokeria

Ennen testiä tehtävässä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittymisen mukaisina. Ennen testiä suoritettavassa visuaalisessa tarkastuksessa ei tule olla havaittavissa ongelmia. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 37 kerrotulla tavalla. Testin jälkeisessä visuaalisessa tarkastuksessa tulee laitteen etiketit ja muut merkinnät pysyä luettavissa. Testin jälkeisessä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrittymisen mukaisina.

5.4.10 Kerma

Ennen testiä tehtävässä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan A määrittymisen mukaisina. Ennen testiä suoritettavassa visuaalisessa tarkastuksessa ei tule olla havaittavissa ongelmia. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 38 kerrotulla tavalla. Testin jälkeisessä visuaalisessa tarkastuksessa tulee laitteen etiketit ja muut merkinnät pysyä luettavissa. Testin jälkeisessä toiminnollisuuden testauksessa laitteen kaikkien toimintojen tulee pysyä luokan C määrittymisen mukaisina.

5.5 Sähkömagneettisten häiriöiden (EMI, Electromagnetic interference) testaus

5.5.1 Laitteen tuottamien laajakaistaisten sähkömagneettisten häiriöiden (EMI, Electromagnetic interference) mittaus

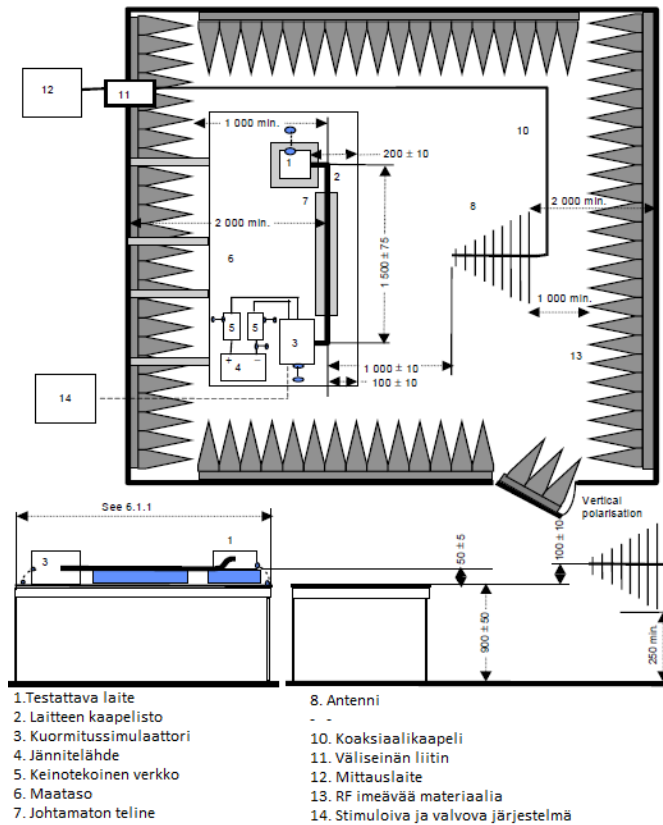
Tämän testauksen tarkoituksena on mitata testattavan laitteen aiheuttamaa laajakaistaista häiriösäteilyä. Testaus suoritetaan CISPR 25-standardin osion 6.4 ALSE-metodin mukaan. Testattavan laitteen tulee olla testauksen aikana toimintatilassa 3.2. Laitteen käyttövirran tulee olla vähintään 80 % nimellisvirrasta. Mittauk-

set tulee tehdä myös ennen ja jälkeen varsinaisen testauksen, jotta saataisiin varmuus siitä, että testausympäristössä ei ole liikaa ulkoisia häiriöitä. Ulkoiset häiriöt tulee olla vähintään 6 dB pienempi kuin taulukossa 8 annetut häiriöiden rajat.

Laitteen johdotuksen tulee olla enintään 2000 mm pitkä. Kuormitussimulaattorin tulee olla maatasolla. Laite sekä laitteen johdotus tulee asettaa ei-johtavasta materiaalista valmistetulle telineelle, jonka korkeus on 50 mm maatasosta. Mittaava antenni tulee sijoittaa niin, että antennin keskusta on 100 mm etäisyydellä maatason korkeudesta. Taulukossa 8 annetaan häiriöiden rajat, yli 30 MHz taajuudella raja vähenee logaritmisesti 75 MHz asti, yli 75 MHz taajuudella raja kasvaa logaritmisesti 400 MHz asti. Kuvassa 17 näkyy laitteen asennus testahuoneeseen. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 39 mainitulla tavalla. Mikäli sallitut rajat ylittyvät, tulee tutkia lähemmin, jotta saadaan varmuus, että testattava laite on syy-pää rajojen ylitykseen.

Taulukko 8. Sallitut häiriörajat [6]

| Häiriön määrä dB μ V/m | Häiriön taajuus MHz |
|-------------------------------|------------------------|
| 62 | 30 |
| 52 | 75 |
| 63 | 400 |
| 63 | 1000 |



Kuva 17. Laajakaistaisten ja kapeakaistaisten häiriösäteilyjen mittaus [12].

5.5.2 Laitteen tuottamien kapeakaistaisten sähkömagneettisten häiriöiden (EMI, Electromagnetic interference) mittaus

Tämän testauksen tarkoituksena on mitata testattavan laitteen aiheuttamaa kapeakaistaista häiriösäteilyä. Testaus suoritetaan CISPR 25-standardin osion 6.4 ALSE-metodin mukaan. Testattavan laitteen tulee olla testauksen aikana toimintatilassa 3.2. Mittaukset tulee tehdä myös ennen ja jälkeen varsinaisen testauksen, jotta saataisiin varmuus siitä, että testausympäristössä ei ole liikaa ulkoisia häiriöitä. Ulkoiset häiriöt tulee olla vähintään 6 dB pienempi kuin taulukossa 9 annetut häiriöiden rajat.

Laitteen johdotuksen tulee olla enintään 2000 mm pitkä. Kuormitussimulaattorin tulee olla maatasolla. Laite sekä laitteen johdotus tulee asettaa ei-johtavasta materiaalista valmistetulle telineelle, jonka korkeus on 50 mm maatasosta. Mittaava

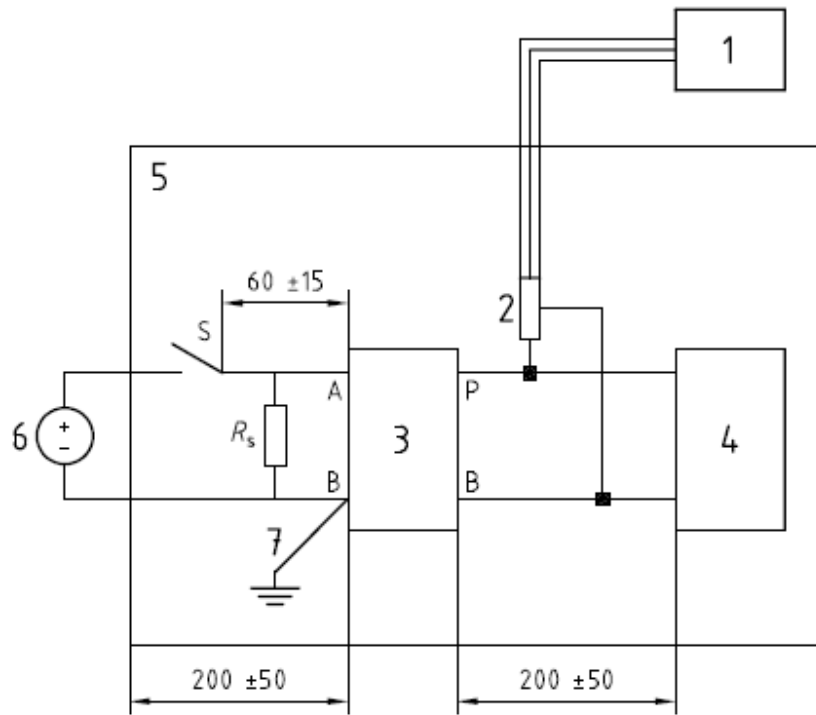
antenni tulee sijoittaa niin, että antennin keskusta on 100 mm etäisyydellä maata-son korkeudesta. Taulukossa 9 annetaan häiriöiden rajat, yli 30 MHz taajuudella raja vähenee logaritmisesti 75 MHz asti, yli 75 MHz taajuudella raja kasvaa logaritmisesti 400 MHz asti. Kuvassa 17 näkyy laitteen asennus testaushuoneeseen. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 40 mainitulla tavalla. Mikäli sallitut rajat ylittyvät, tulee tutkia lähemmin, jotta saadaan varmuus, että testattava laite on syy-pää rajojen ylitykseen.

Taulukko 9. Sallitut häiriörajat [6]

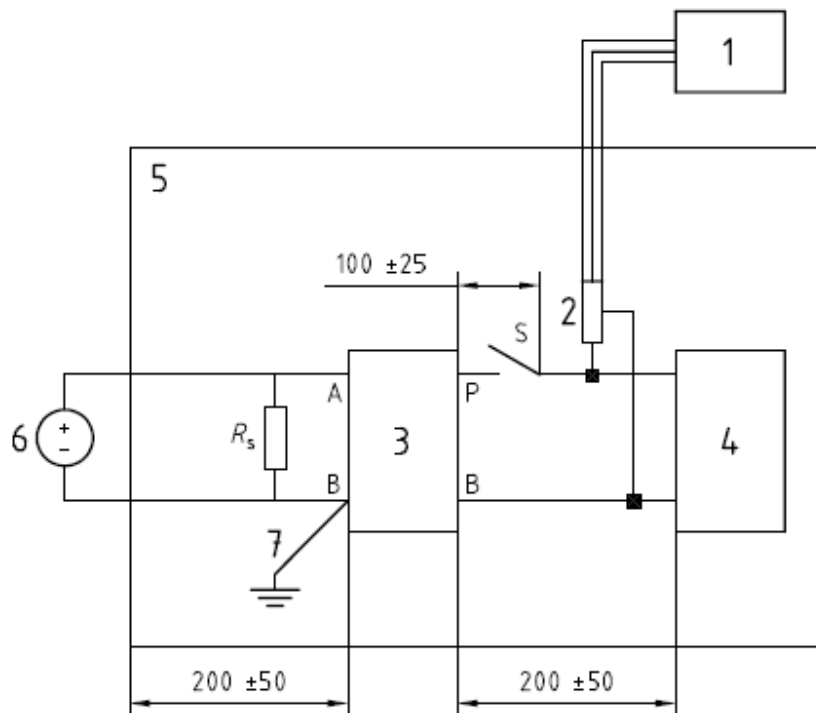
| Häiriön määrä dB μ V/m | Häiriön taajuus MHz |
|-------------------------------|------------------------|
| 52 | 30 |
| 42 | 75 |
| 53 | 400 |
| 53 | 1000 |

5.5.3 Laitteen tuottamien johtuvien häiriöiden mittaus

Tämän testauksen tarkoituksena on testata, että laite ei synnytä sallittua enemmän johtuvia häiriöitä. Häiriöpulssien sallitut rajat näkyvät taulukossa 10. Testauskytkentä näkyy kuvassa 18. Kaapelien tulee olla laitteen normaalit asennuskaapelit. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 41 mainitulla tavalla.



a) Hitaat pulssit (millisekunteja tai hitaammat)



b) Nopeat pulssit (nanosekunneista mikrosekunneihin)

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Oskilloskooppi | 5. Maataso |
| 2. Jännitekoetin | 6. Käyttöjännitelähde |
| 3. Testikytkentä | 7. Maajohto |
| 4. Testattava laite | |

Kuva 18. Testauskytkentä [13]

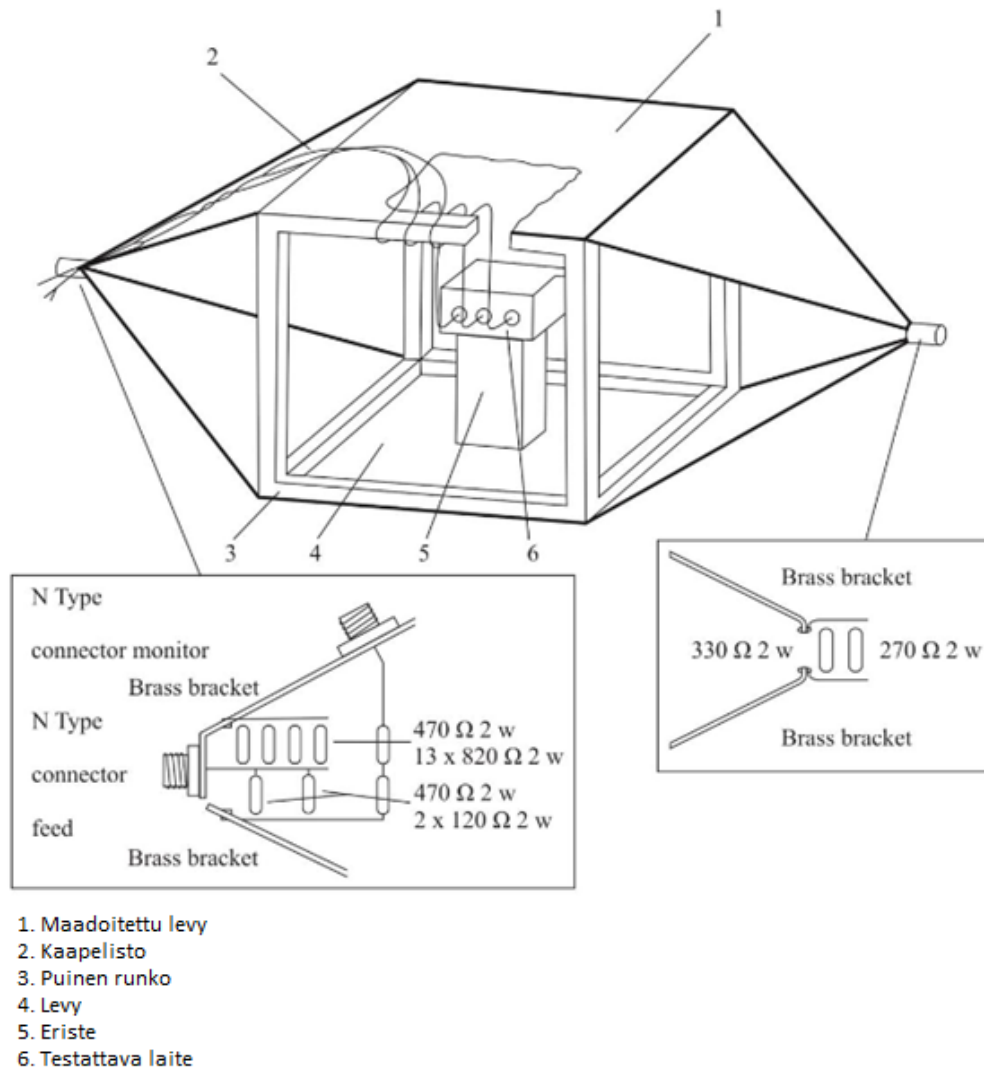
Taulukko 10 Johtuvien häiriöiden rajat [6]

| | Suurin sallittu häiriöpulssin amplitudi | |
|---------------------------|---|-----------------|
| Häiriöpulssin polaarisuus | 12 V laitteille | 24 V laitteille |
| Positiivinen | +75 V | +150 V |
| Negatiivinen | -100 V | -450 V |

5.5.4 Sähkömagneettisten häiriöiden siedon (immuniteetin) testaaminen.

Tämän testauksen tarkoituksena on selvittää testattavan laitteen riittävä immuni-
teetti muiden laitteiden aiheuttamalle sähkömagneettiselle häiriölle. Testausmeto-
dina käytetään 800mm liuskajohto-metodia. Testausrajat ovat 15 V/m yli 90 % taa-
juusalueesta 20 – 2000 MHz ja minimissään 12,5 V/m koko edellä mainitulla taa-
juusalueella. Liuskajohto-testauksessa käytetään kahta samansuuntaista metalli-
levyä joiden välissä tulee olla 800 mm tila. Testattava laite sijoitetaan levyjen puo-
liväliin.

Testauskoonpanon tulee olla vähintään kahden metrin päässä seinistä ja kai-
kista metallisista suojista. Kuvassa 19 näkyy testikoonpano. Testaus suoriteta-
aan liitteessä 1 kohdassa 42 mainitulla tavalla.



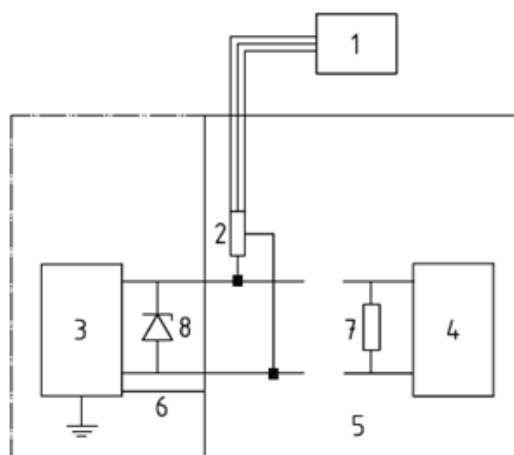
Kuva 19. Testikoonpano [6]

5.5.5 Johtuvien häiriöiden siedon (immunitetin) testaaminen

Tämän testauksen tarkoituksena on testata, että laiteella on riittävä immunitetti johtuvia häiriöitä vastaan. Testipulssit altistetaan käyttöjännitejohtoihin. Taulukossa 11 näkyy laitteen toimintojen vaatimukset testipulssittain. Kuvassa 20 näkyy testikoonpanot. Käytettävät testipulssit näkyvät kuvissa 21, 22, 23, 24, 25 ja 26. Testipulssien 1, 2a ja 2b parametrit näkyvät taulukossa 12. Taulukossa 13 näkyy testipulssien 3a, 3b ja 4 parametrit. Testaus suoritetaan liitteessä 1 kohdassa 43 mainitulla tavalla.

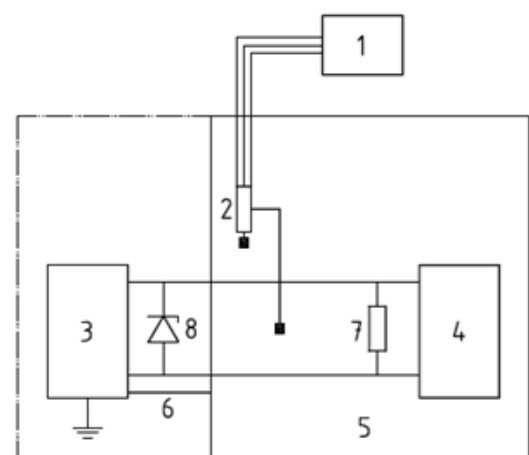
Taulukko 11. Toiminnollisuuden vaatimukset [13]

| Testipulssi | Toimintojen vaatimusluokka |
|-------------|----------------------------|
| 1 | C |
| 2a | B |
| 2b | C |
| 3a/3b | A |
| 4 | C |



a) Säädettävä pulssi

1. Oskilloskooppi
2. Jännitekoetin
3. Pulssigeneraattori
4. Testattava laite



b) Pulssi injektio

5. Maataso
6. Maajohto
7. Valinnainen vastus
8. Valinnainen diodisilta

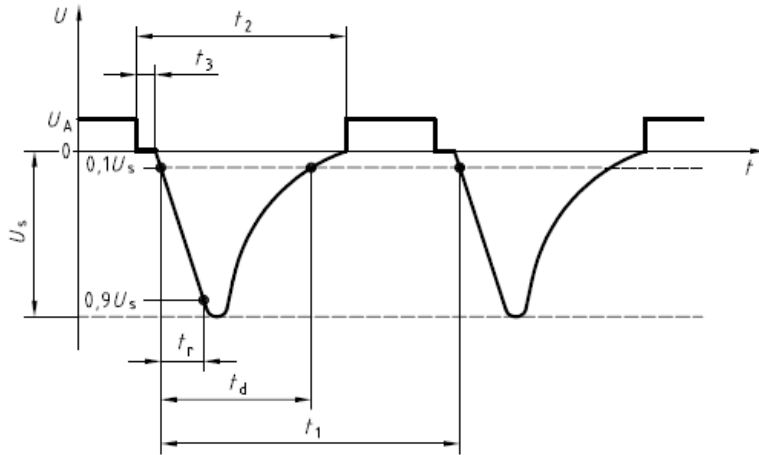
Kuva 20. Testikokoonpanot [13]

Taulukko 12. Testipulssien 1, 2a ja 2b parametrit [13]

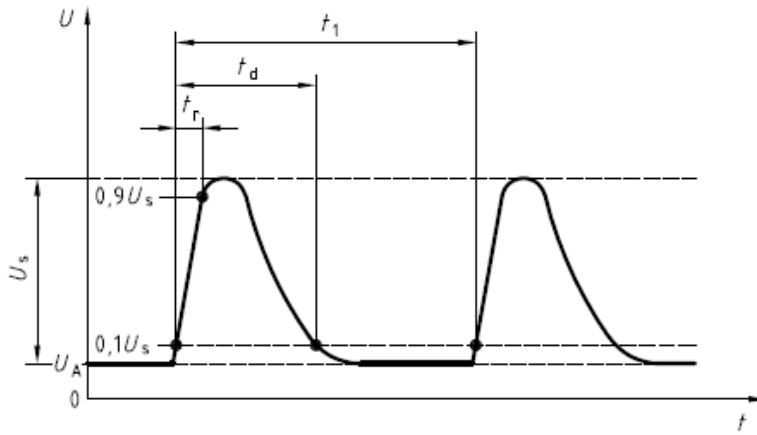
| Parametri | Testipulssi | | | | | |
|-----------|---------------|----------------|--------------|------|-----------------------------|------|
| | Pulssi 1 | | Pulssi 2a | | Pulssi 2b | |
| | 12 V | 24 V | 12 V | 24 V | 12 V | 24 V |
| U_s | -75 to -100 V | -450 to -600 V | +37 to +50 V | | 10 V | 20 V |
| R_i | 10 Ω | 50 Ω | 2 Ω | | 0 Ω to 0,05 Ω | |
| t_d | 2 ms | 1 ms | 0,05 ms | | 0,2 s to 2 s | |
| t_r | 1 μ s | 1 μ s | 1 μ s | | 1 ms +- 0,5 ms | |
| t_1^a | 0,5 s to 5 s | | 0,2 s to 5 s | | | |
| t_2 | 200 ms | | | | | |
| t_3^b | < 100 μ s | | | | | |
| t_{12} | | | | | 1 ms +- 0,5 ms | |
| t_6 | | | | | 1 ms +- 0,5 ms | |

Taulukko 13. Testipulssien 3a, 3b ja 4 parametrit [13]

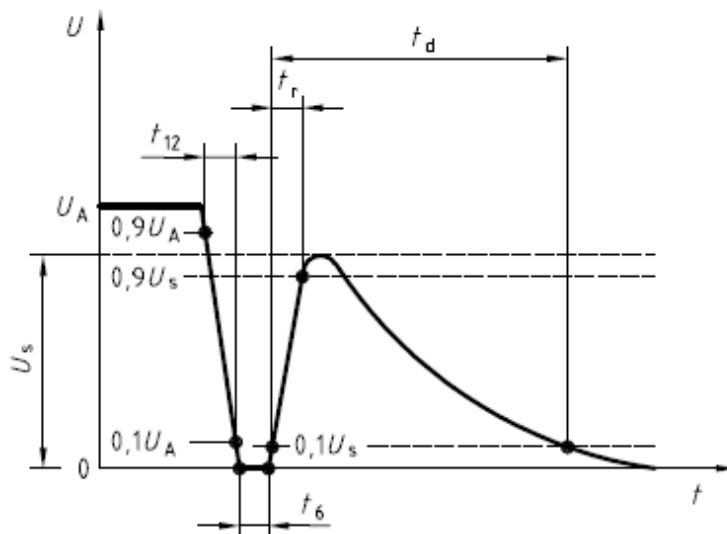
| Parametri | Testipulssi | | | | | |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------|
| | Pulssi 3a | | Pulssi 3b | | Pulssi 4 | |
| | 12 V | 24 V | 12 V | 24 V | 12 V | 24 V |
| U_s | -112 to -150 V | -150 to -200 V | +75 to +100 V | +150 to +200 V | -6 to -7 V | -12 to -16 V |
| R_i | 50 Ω | | 50 Ω | | 0 Ω to 0,02 Ω | |
| t_d | 0,1 μ s | | 0,1 μ s | | | |
| t_r | 5 ns +- 1,5 ns | | 5 ns +- 1,5 ns | | | |
| t_1 | 100 μ s | | 100 μ s | | | |
| t_4 | 10 ms | | 10 ms | | | |
| t_5 | 90 ms | | 90 ms | | | |
| U_a | | | | | -2,5 to -6 V | -5 to -12 V |
| t_7 | | | | | 15 ms to 40 ms | 50 ms to 100 ms |
| t_8 | | | | | <50 ms | |
| t_9 | | | | | 0,5 s to 20 s | |
| t_{10} | | | | | 5 ms | 10 ms |
| t_{11} | | | | | 5 ms to 100 ms | 10 ms to 100 ms |



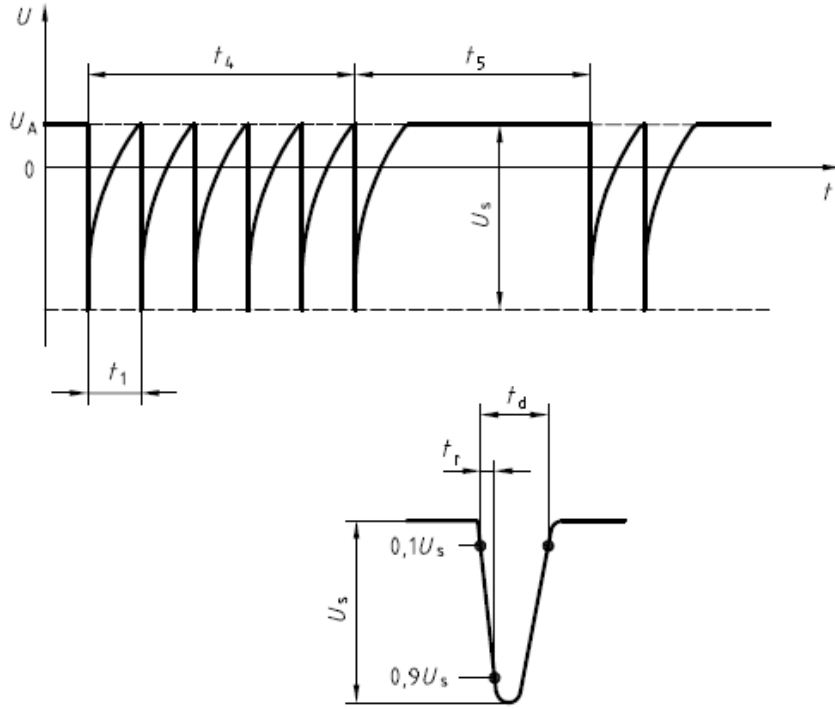
Kuva 21. Testipulssin 1 muoto [13]



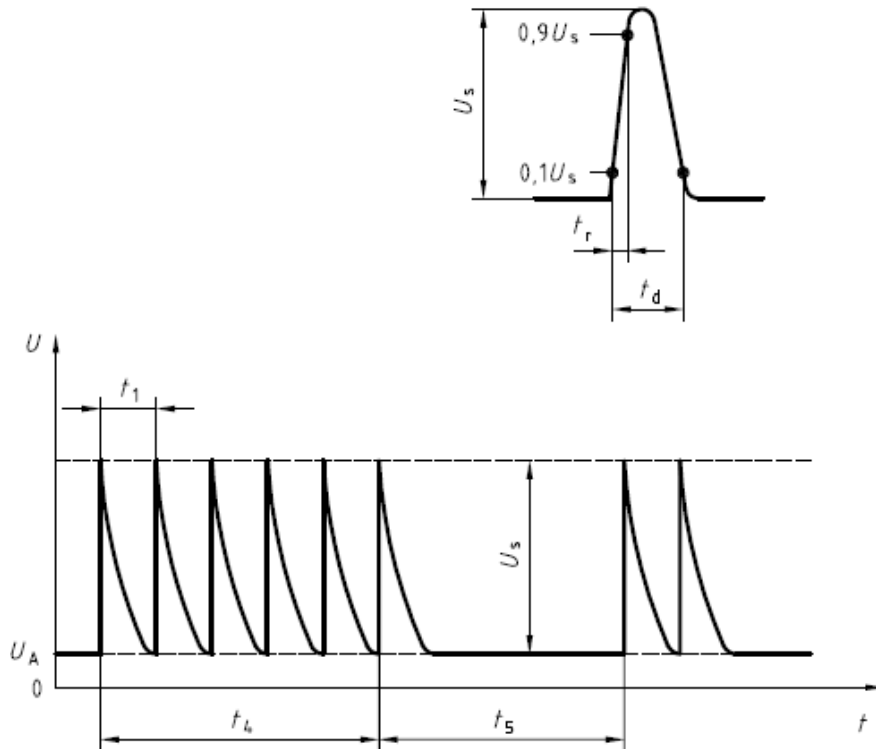
Kuva 22. Testipulssin 2a muoto [13]



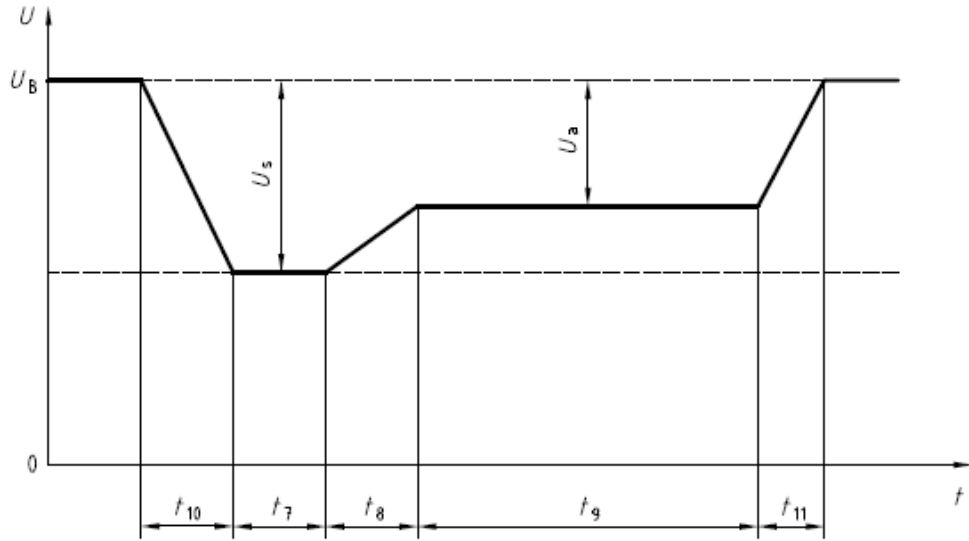
Kuva 23. Testipulssin 2b muoto [13]



Kuva 24. Testipulssin 3a muoto [13]



Kuva 25. Testipulssin 3b muoto [13]



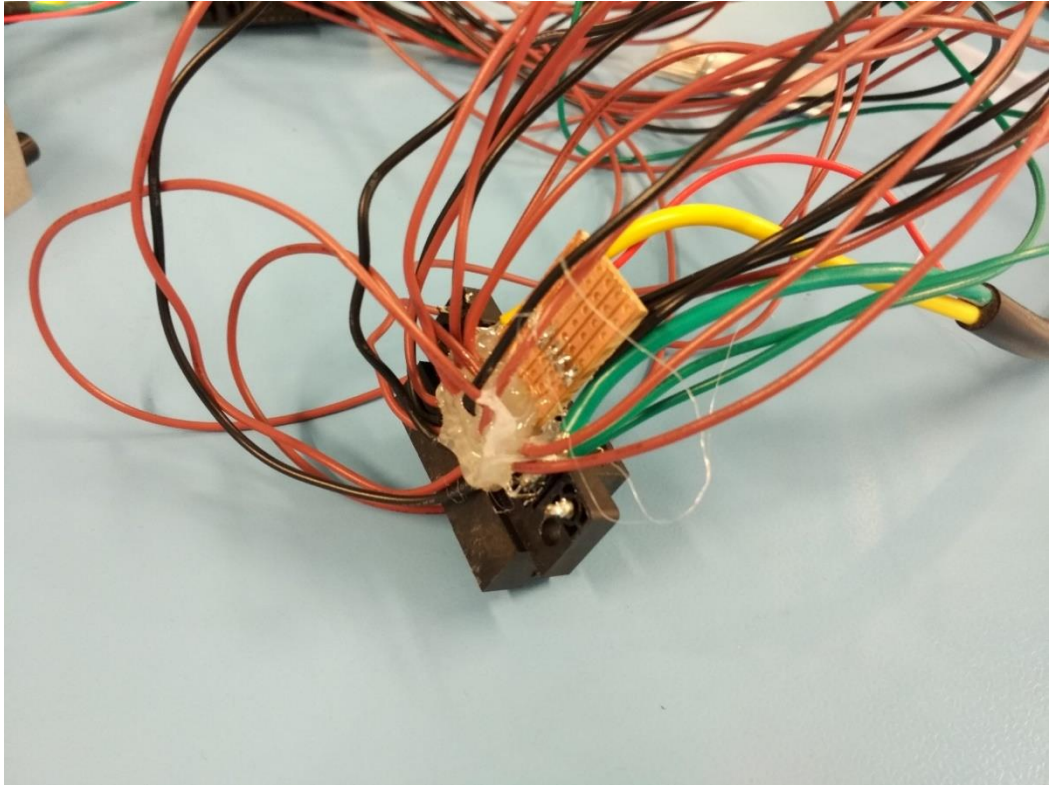
Kuva 26. Testipulssin 4 muoto [13]

6 TESTIEN SUORITTAMINEN JA TULOKSET

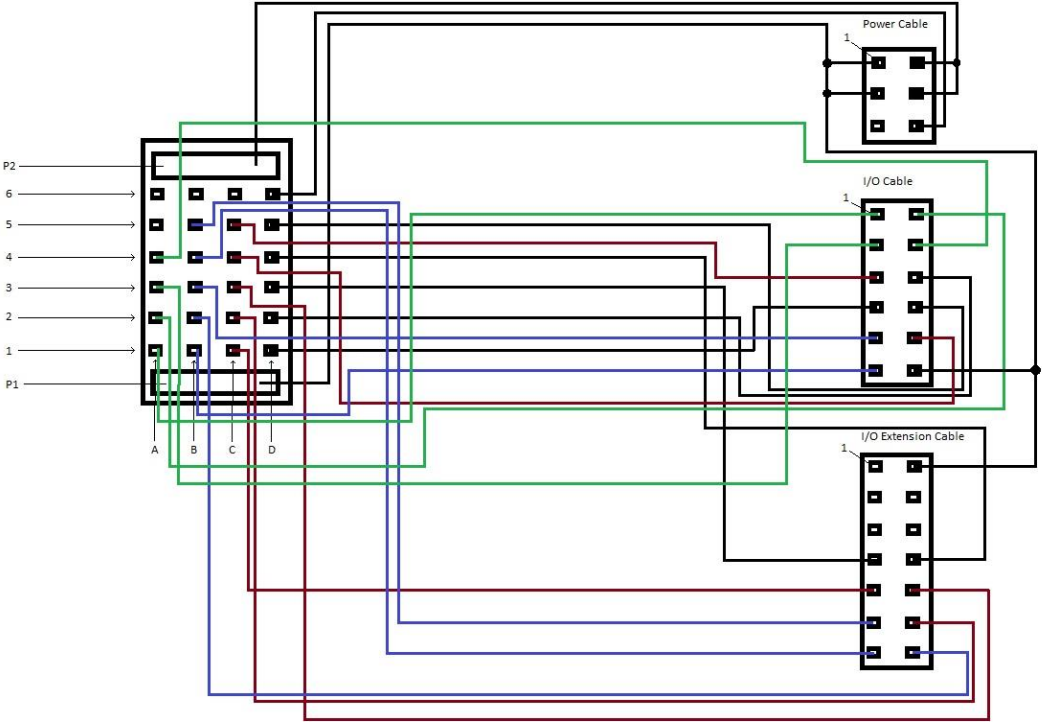
6.1 Testien valmistelu

Ennen testien suorittamista täytyi ensin tutustua uuteen ajoneuvotietokone-malliin. Tietokoneeseen täytyi asentaa muutama ohjelma, joilla eri ominaisuuksien toiminta voidaan tarkastaa. Aikaisemmissa malleissa käytettyä ulkopuolista testauslaatikkoa ei voitu käyttää suoraan uudessa tietokoneessa, koska vanhassa koneessa käyttäjännite-johdot sekä I/O-johdot olivat samassa liittimessä, mutta uudessa koneessa ne ovat jaettu kolmeen erilliseen liittimeen, joista kahta käytetään kyseisessä koneessa. Jotta samaa testauslaatikkoa voitaisiin käyttää, rakennettiin väliin adapteri (Kuva 27).

Adapterin piirikaavio on nähtävissä kuvassa 28. Taulukossa 14 näkyy vanhan liittimen pinnijärjestys. Taulukossa 15 näkyy uuden virtaliittimen pinnijärjestys. Taulukossa 16 näkyy uuden I/O-liittimen pinnijärjestys. Taulukossa 17 näkyy uuden I/O lisäliittimen pinnijärjestys. I/O lisäliitintä ei käytetä tämän tietokoneen yhteydessä. Lisäksi testauslaatikon kameran käyttäjännitejohto tuli kiinnittää suoraan käyttäjännitteeseen. Aikaisemmassa koneessa kameran käyttäjännite saatiin liittimestä jota ei ole uudessa koneessa.



Kuva 27. Rakennettu adapteri.



Kuva 28. Adapterin piirikaavio

Taulukko 14. Vanhan liittimen pinnijärjestys

| Pinni | Signaalin nimi | Merkintä | Väri |
|-------|------------------|--------------|-----------|
| P2 | POWER IN | PWR IN | KELTAINEN |
| D1 | DIGITAL OUTPUT 1 | DO1 | MUSTA |
| D2 | DIGITAL OUTPUT 2 | DO2 | MUSTA |
| D3 | DIGITAL OUTPUT 3 | DO3 | MUSTA |
| D4 | DIGITAL OUTPUT 4 | DO4 | MUSTA |
| D5 | DIGITAL INPUT 6 | DI6/ALARM IN | RUSKEA |
| D6 | IGNITION | IGN | PUNAINEN |
| C1 | DIGITAL INPUT 1 | DI1 | RUSKEA |
| C2 | DIGITAL INPUT 2 | DI2 | RUSKEA |
| C3 | DIGITAL INPUT 3 | DI3 | RUSKEA |
| C4 | DIGITAL INPUT 4 | DI4/DIR IN | RUSKEA |
| C5 | DIGITAL INPUT 5 | DI5/SPEED IN | RUSKEA |
| C6 | SPEAKER L+ | D.LS+ | RUSKEA |
| B1 | ANALOG INPUT 1 | AI1 | RUSKEA |
| B2 | ANALOG INPUT 2 | AI2 | RUSKEA |
| B3 | ANALOG GROUND | A REF | MUSTA |
| B4 | ANALOG INPUT 3 | AI3 | RUSKEA |
| B5 | ANALOG INPUT 4 | AI4 | RUSKEA |
| B6 | SPEAKER L- | D.LS- | MUSTA |
| A1 | CAN1 LOW | CAN1 L | MUSTA |
| A2 | CAN1 HIGH | CAN1 H | RUSKEA |
| A3 | CAN2 LOW | CAN2 L | MUSTA |
| A4 | CAN2 HIGH | CAN2 H | RUSKEA |
| A5 | SPEAKER R- | C3.RS- | MUSTA |
| A6 | SPEAKER R+ | C3.RS+ | RUSKEA |
| P1 | POWER GROUND | GND | VIHREÄ |

Taulukko 15. Uuden virtaliittimen pinnijärjestys

| Pinni | Signaalin nimi | Merkintä | Väri |
|-------|----------------|----------|-----------|
| 1 | POWER GROUND | GND | VIHREÄ |
| 2 | POWER GROUND | GND | VIHREÄ |
| 3 | NC | | |
| 4 | POWER IN | PWR IN | KELTAINEN |
| 5 | POWER IN | PWR IN | KELTAINEN |
| 6 | IGNITION | IGN | PUNAINEN |

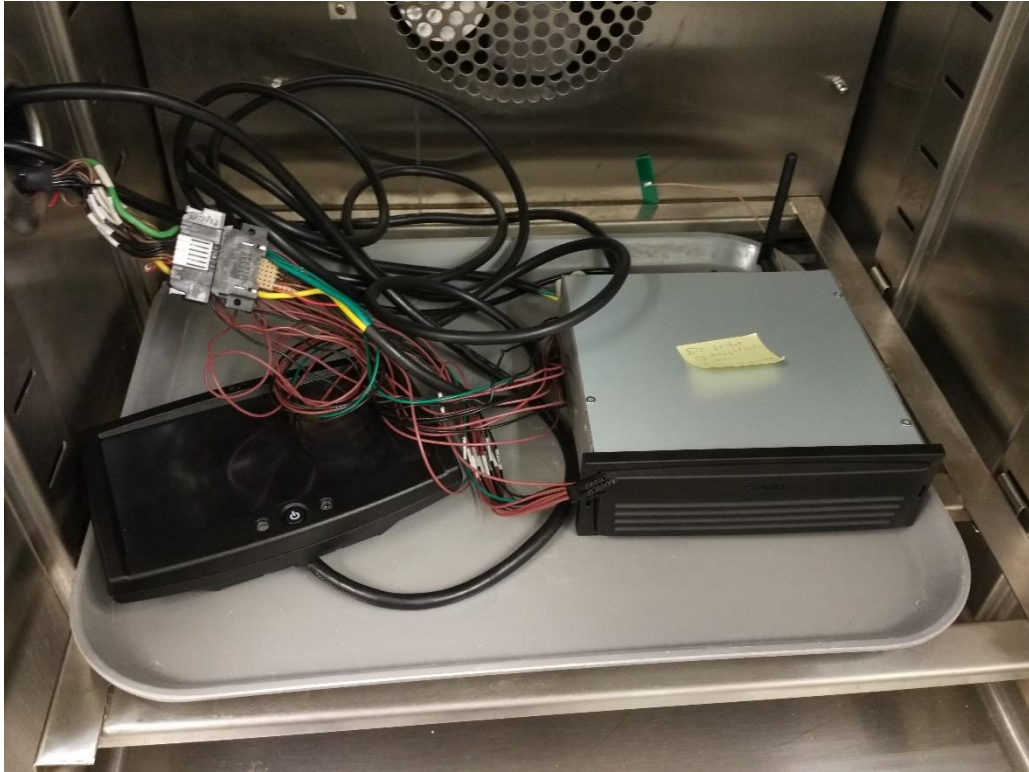
Taulukko 16. Uuden I/O-liittimen pinnijärjestys

| Pinni | Signaalin nimi | Merkintä | Väri |
|-------|------------------|--------------|--------|
| 1 | CAN1 LOW | CAN1 L | MUSTA |
| 2 | CAN2 LOW | CAN2 L | MUSTA |
| 3 | DIGITAL INPUT 5 | DI5/SPEED IN | RUSKEA |
| 4 | DIGITAL OUTPUT 1 | DO1 | MUSTA |
| 5 | ANALOG GROUND | A REF | MUSTA |
| 6 | ANALOG INPUT 1 | AI1 | RUSKEA |
| 7 | CAN1 HIGH | CAN1 H | RUSKEA |
| 8 | CAN 2 HIGH | CAN2 H | RUSKEA |
| 9 | DIGITAL OUTPUT 2 | DO2 | MUSTA |
| 10 | DIGITAL INPUT 6 | DI6/ALARM IN | RUSKEA |
| 11 | DIGITAL INPUT 4 | DI4/DIR IN | RUSKEA |
| 12 | GROUND | GND | VIHREÄ |

Taulukko 17. Uuden I/O-lisäliittimen pinnijärjestys

| Pinni | Signaalin nimi | Merkintä | Väri |
|-------|------------------|----------|--------|
| 1 | NC | | |
| 2 | NC | | |
| 3 | NC | | |
| 4 | DIGITAL OUTPUT 3 | DO3 | MUSTA |
| 5 | DIGITAL INPUT 1 | DI1 | RUSKEA |
| 6 | ANALOG INPUT 4 | AI4 | RUSKEA |
| 7 | ANALOG INPUT 3 | AI3 | RUSKEA |
| 8 | GROUND | GND | VIHREÄ |
| 9 | NC | | |
| 10 | NC | | |
| 11 | DIGITAL OUTPUT 4 | DO4 | MUSTA |
| 12 | DIGITAL INPUT 3 | DI3 | RUSKEA |
| 13 | DIGITAL INPUT 2 | DI2 | RUSKEA |
| 14 | ANALOG INPUT 2 | AI2 | RUSKEA |

Laite asennettiin olosuhdekaappiin ilmaston aiheuttamien häiriöiden testausta varten. Kaapin sisällä on tietokone itse ja tarvittava kaapelisto kulkee kaapin läpivienistä ulkopuolelle, jonne on asetettu testauslaatikko, näyttö, näppäimistö sekä CAN-väylän testaukseen tarvittava työkalu. Kaapin sisäpuolen asettelu näkyy kuvassa 29.



Kuva 29. Testattavan laitteen asennus olosuhdekaappiin.

6.2 Alhaisen lämpötilan testaukset

6.2.1 Varasto-testaus

Testaus suoritettiin tämän opinnäytetyön kohdassa 5.3.1 mainitulla tavalla. Mielestäni tässä testauksessa on altistus aika liian lyhyt, jotta laitteen todellinen pakasenkesto varastoinnissa saataisiin varmistettua. Oikeasti laite altistuu kuljetuksen ja varastoinnin aikana pitempikestoiseen pakkaseen esimerkiksi merikonteissa merellä seilattaessa. Mutta toisaalta tässä testauksessa paljastuu, jos joku yksittäinen komponentti on huonolaatuinen tai osittain rikkoutunut, jolloin tällainen pakkaseen altistaminen voi rikkoa kyseisen komponentin kokonaan, jolloin voidaan tarkistaa muissa laitteissa käytetyt komponentit, jotta asiakkaalle ei tulisi huonolaatuista tietokonetta, joka rikkoutuu pakkasilla.

Tämä testaus suoritettiin Sunit Oy:n olosuhdekaapissa. Testaus kesti 24 tuntia ja testin jälkeen suoritettiin täydellinen toiminnallisuuden testaus. Laitteen kaikki toiminnot toimi niin kuin pitääkin, eli toiminnot pysyivät luokan A mukaisina, vaikka vaatimuksena olikin luokan C mukaisena pysyminen. Tästä voidaan päätellä, että laitteessa on käytetty riittävän pakkaskestoisia komponentteja ja laitteen suunnittelu on toimiva tältä osin.

6.2.2 Käyttö-testaus

Testaus suoritettiin tämän opinnäytetyön kohdassa 5.3.1 mainitulla tavalla. Tähän testaukseen pätee sama kuin varasto-testaukseen, eli oikeassa elämässä pakka-
selle altistusaika on useasti isompi kuin 24 tuntia, koska monissa maissa autoa käytetään myös kovissa pakkasissa ja kovat pakkaset voivat kestää monta päivää.

Tämä testaus suoritettiin Sunit Oy:n olosuhdekaapissa. Testaus kesti 24 tuntia ja testin jälkeen suoritettiin täydellinen toiminnallisuuden testaus. Laitteen kaikki toiminnot toimi niin kuin pitääkin, eli toiminnot pysyivät luokan A mukaisina, joka oli myös testauksen vaatimuksena. Tästä voidaan päätellä, että laitteessa on käytetty riittävän pakkaskestoisia komponentteja ja laitteen suunnittelu on toimiva tältä osin. Testauksesta voidaan päätellä että laitetta voidaan varmasti käyttää isossakin pakkasessa.

6.3 Kosteustesti

Testaus suoritettiin tämän opinnäytetyön kohdassa 5.3.7 mainitulla tavalla. Tässä testauksessa on tarkoitus varmistaa, että laite kestää kovaa suhteellista ilmankosteutta. Mielestäni tässä testauksessa annettu syklien määrä on riittävä, sillä tarkoituksena ei ole testata korroosiota, vaan komponenttien yleistä kosteuden ja kosteudenvaihteluiden kestävyyttä. Oikeassa elämässä toki laite altistuu pitempiketoiselle kosteudelle joissakin maanosissa, kuten esimerkiksi sademetsissä.

Tämä testaus suoritettiin Sunit Oy:n olosuhdekaapissa. Testaus kesti 25 tuntia ja testin jälkeen suoritettiin täydellinen toiminnallisuuden testaus. Laitteen kaikki toiminnot toimi niin kuin pitääkin, eli toiminnot pysyivät luokan A mukaisina. Testauksen vaatimuksena oli että laitteen kaikki toiminnot pysyvät luokan B mukaisina. Testauksen tulos antaa varmuuden komponenttien sekä laitteen riittävästä koskeudenkestosta.

6.4 Suurten lämpötilojen testaukset

6.4.1 Varasto-testaus

Testaus suoritettiin tämän opinnäytetyön kohdassa 5.3.2 mainitulla tavalla. Mielestäni tässä testauksessa altistus aika ei ole liian lyhyt ja tällä testauksella saadaan laitteen lämpötilankestosta varastoinnissa suuntaa antavaa tietoa. Oikeasti laite altistuu kuitenkin kuljetuksen ja varastoinnin aikana pitempikestoiseen korkeisiin lämpötiloihin esimerkiksi merikonteissa merellä seilattaessa.

Tämä testaus suoritettiin Sunit Oy:n olosuhdekaapissa. Testaus kesti 24 tuntia ja testin jälkeen suoritettiin täydellinen toiminnallisuuden testaus. Laitteen kaikki toiminnot toimi niin kuin pitääkin, eli toiminnot pysyivät luokan A mukaisina, vaikka vaatimuksena olikin luokan C mukaisena pysyminen. Tästä voidaan päätellä, että laitteessa on käytetty riittävän korkeiden lämpötilojen kestäviä komponentteja ja laitteen suunnittelu on toimiva tältä osin.

6.4.2 Käyttö-testaus

Testaus suoritettiin tämän opinnäytetyön kohdassa 5.3.2 mainitulla tavalla. Tähän testaukseen pätee sama kuin varasto-testaukseen, eli oikeassa elämässä korkeiden lämpötilojen altistus aika on useasti isompi kuin 96 tuntia, koska monissa maissa autoa käytetään myös korkeissa lämpötiloissa ja korkeat lämpötilat voivat

kestää monta viikkoa. Mutta korkeiden lämpötilojen testauksessa on huomattavasti pitemmät altistusajat kuin alhaisissa lämpötiloissa. Tästä syystä laitteen korkeiden lämpötilojen kestosta saadaan suurempi varmuus.

Tämä testaus suoritettiin Sunit Oy:n olosuhdekaapissa. Testaus kesti 96 tuntia ja testin jälkeen suoritettiin täydellinen toiminnallisuuden testaus. Laitteen kaikki toiminnot toimi niin kuin pitääkin, eli toiminnot pysyivät luokan A mukaisina, joka oli myös testauksen vaatimuksena. Tästä voidaan päätellä, että laitteessa on käytetty riittävän korkeiden lämpötilojen kestäviä komponentteja ja laitteen suunnittelu on toimiva tältä osin. Testauksesta voidaan päätellä että laitetta voidaan varmasti käyttää pitkiäkin jaksoja isoissakin lämpötiloissa.

7 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tavoitteena oli koota eri standardeista testaussuunnitelma, jossa olisi kaikki tarvittava tieto monimuotoisten testien suoritukseen. Alun perin tarkoituksena oli suorittaa suunnitelmassa mainitut testaukset kokonaisuudessaan. Tämä kuitenkin osoittautui mahdottomaksi jo aikaisessa vaiheessa, koska testauksia on suuri määrä sekä joidenkin testausten kesto on monia päiviä, jopa viikkoja. Tästä syystä aikaisessa vaiheessa tehtiin päätös, että pääpaino on testaussuunnitelman teossa ja testauksia suoritetaan niin monta kuin mahdollista aikataulun puitteissa. Testaussuunnitelma on täysin valmis ja sitä voidaan käyttää niin kyseisen suunnitelman kohteena olevan ajoneuvotietokoneen testauksessa, kuin tulevaisuudessa suunniteltavien ajoneuvotietokoneiden testauksessa, kunhan testausrajat tarkistetaan vastaamaan kyseisten tietokoneiden vaatimuksia.

Henkilökohtaisina tavoitteina työssä oli hankkia kokemusta tuotekehityksessä toimimisesta ja teknisten dokumenttien lukemisesta ja ymmärtämisestä. Henkilökohtaiset tavoitteet täyttyivät todella hyvin ja työn tekeminen oli hyvää jatkoa kyseisessä yrityksessä suorittamalle työssäoppimisjaksolle. Tässä työssä erityisesti tuli ilmi riittävän dokumentoinnin tärkeys. Insinööriyön tekeminen oli kokemuksena erittäin opettavainen, jossa opin varsinkin itsenäistä tekemistä, mutta kuitenkin tarvittaessa opastuksen kysymistä. Opinnäytetyön aiheen hankkiminen yritykseltä antaa arvokasta ja tärkeää kokemusta yritysmaailmasta ja työskentelystä yrityksessä.

LÄHTEET

- (1) Tietoja Sunit Oy:sta. Available at: <http://www.sunit.fi/fi/aboutus.php?page=6>. Accessed 4/15, 2016.
- (2) Tietoja ISO-organisaatiosta. Available at: <http://www.iso.org/iso/home/about.htm>. Accessed 2/7, 2016.
- (3) ISO 16750-1. : ISO; 2006.
- (4) Tietoja YK:sta. Available at: <http://www.un.org/en/about-un/index.html>. Accessed 2/21, 2016.
- (5) Tietoja UNECE-organisaatiosta. Available at: <http://www.unece.org/mission.html>. Accessed 2/28, 2016.
- (6) UNECE Addendum 9: Regulation No.10, Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility. Revision 4 ed.: UNECE; 2012.
- (7) ISO 16750-2. : ISO; 2012.
- (8) ISO 16750-5. : ISO; 2010.
- (9) ISO 16750-3. : ISO; 2012.
- (10) IEC 60068-2-30. : IEC.
- (11) ISO 16750-4. : ISO; 2010.
- (12) CISPR 25 - Radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles, boats, and on devices – Limits and methods of measurement. : CISPR.
- (13) ISO 7637-2. : ISO; 2004.

LIITTEET

Testausten suoritusohjeet

1. Käyttöjännitteen testaus

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Laitteen käyttöjännite-johtoihin kytketään 9 V.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus toimintatilassa 3.2.
- Laitteen käyttöjännite-johtoihin kytketään 32 V.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus toimintatilassa 3.2.

2. Ylijännite

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Aseta testattava laite sääkaappiin ja kytke käyttöjännite-johdot kiinni.
- Aseta sääkaapin lämpötilaksi 55 °C.
- Laita laitteen käyttöjännitteeksi 36 V ja pidä tämä jännite 60 minuutin ajan.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

3. Päällekkäinen vaihtojännite

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Kytke testauslaitteisto kuvan 3 mukaisesti.
- Aseta tasajännitteen arvoksi 32 V.
- Aseta vaihtojännitteen peak-to-peak-arvoksi 4 V.
- Suorita kuvien 1 ja 2 mukainen vaihtojännite-pyyhkäisy. Suorita pyyhkäisy 5 kertaa tauotta.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

4. Hidas käyttöjännitteen vähentyminen ja lisääntyminen

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Kytke laitteen kaikki käyttöjännitejohdot virtalähteeseen. Aseta käyttöjännite arvoon 9V.
- Pienennä käyttöjännitettä arvoon 0 V muuttumisnopeuden mukaisella nopeudella.
- Suurena käyttöjännitettä arvoon 9 V muuttumisnopeuden mukaisella nopeudella.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

5. Käyttöjännitteen hetkellinen pudotus

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Kytke laitteen kaikki käyttöjännitejohdot virtalähteeseen. Aseta käyttöjännite arvoon 9V.
- Aseta kuvan 4 mukainen pulssi laitteeseen.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus

6. Uudelleenkäynnistymis-käyttäytyminen jännitteen hetkellisessä pudotuksessa

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Kytke laitteen kaikki käyttöjännitejohdot virtalähteeseen. Aseta käyttöjännite arvoon 9V.
- Vähennä käyttöjännitettä 5 %, pidä tätä jännitettä 5s.
- Lisää käyttöjännite arvoon 9 V, pidä tätä jännitettä vähintään 10s.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Suorita testauskohdat 2-4 lisäten joka kerralla pudotusta 5 % kunnes jännite on 0 V.

- Lisää käyttöjännite arvoon 9 V.

7. Aloitusprofiili

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Kytke testattavan laitteen kaikki käyttöjännitejohdot virtalähteeseen.
- Aseta virtalähteestä tulemaan kuvan 6 ja taulukon 3 mukainen aloitusprofiili.
- Toista testauksen edellinen kohta 10 kertaa, toistojen välissä käytetään taukoa, jonka pituus on 1 ja 2 sekunnin välillä.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

8. Latausjännitteen tyhjennys (Load Dump)

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Kytke laitteen kaikki käyttöjännitejohdot virtalähteeseen.
- Aseta virtalähteestä tulemaan kuvan 7 ja taulukon 4 (testiosa A) mukainen testisignaali.
- Toteuta testauksen edellinen kohta 10 kertaa pitäen välissä 1 minuutin tauko.
- Aseta virtalähteestä tulemaan kuvan 8 ja taulukon 4 (testiosa B) mukainen testisignaali.
- Toteuta testauksen edellinen kohta 5 kertaa pitäen välissä 1 minuutin tauko.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

9. Väärinpäin kytketty käyttöjännite

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Kytke testattava laite kuten se on tämän dokumentin kohdassa 5.1.6 kerrottu
- Kytke laitteen käyttöjännitejohtoihin väärinpäin 28 V jännite. Kesto 60 s.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus sulakkeen uusimisen jälkeen.

10. Käyttöjännitteen offset

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Kytke testattava laite kuten se olisi ajoneuvossa kiinni.
- Lisää yhteen maadoitusjohtoon 1 V jännite.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Toista testauksen askeleet 2 ja 3 laitteen jokaiseen maadoitusjohtoon erikseen.

11. Avoimen kytkennän testaukset, Yksittäisen linjan häiriö

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Kytke ja käytä testattavaa laitetta kuten on tarkoitettu.
- Irrota kytkennästä yksi johto. Kesto 10 s
- Seuraa laitteen käyttäytymistä.
- Kytke irrotettu johto uudelleen laitteeseen kiinni.
- Seuraa laitteen käyttäytymistä.
- Toista testauksen kohdat 2-4 kaikkiin laitteen johtoihin.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

12. Avoimen kytkennän testaukset, Monen linjan häiriö

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Kytke ja käytä testattavaa laitetta kuten on tarkoitettu.
- Irroita testattava laite kytkennästä. Kesto 10 s.
- Seuraa laitteen käyttäytymistä.
- Kytke laite uudelleen kiinni kytkentään.
- Seuraa laitteen käyttäytymistä.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

13. Oikosulun suojaus

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Kytke käyttöjännite ja maadoitusjohdot kiinni.
- Kytke kaikkiin käytössä oleviin ulos- ja sisääntuloportteihin 32 V jännite. Kesto 60 s.
- Kytke käytössä oleviin sisääntuloportteihin 32 V jännite. Kesto 60 s.
- Ota laitteesta käyttöjännitejohdot pois.
- Kytke kaikkiin käytössä oleviin ulos- ja sisääntuloportteihin 32 V jännite. Kesto 60 s.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

14. Testaus IV henkilöauton jousitettuun kuormaan aiheutuvat mekaaniset rasitukset (ajoneuvon kori)

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Kiinnitä testattava laite tärinäpöytään.
- Altista testattavaan laitteeseen edellä, kuvassa 9 ja taulukossa 5 kuvattua tärinää.
- Suorita testaus laitteen joka tasolle. Testauksen kesto 8 h/taso.

- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

15. Testaus VII kuorma-auton jousitettuun kuormaan aiheutuvat mekaaniset rasitukset (ajoneuvon kori)

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Kiinnitä testattava laite tärinäpöytään.
- Altista testattavaan laitteeseen edellä, kuvassa 10 ja taulukoissa 6 ja 7 kuvattua tärinää.
- Suorita testaus laitteen joka tasolle. Testauksen kesto 32 h/taso.
- Suorita lisättestausprofiili joka näkyy kuvassa 10. PSD-arvot verrattuna taajuuteen näkyvät taulukosta 7. r.m.s kiihtyvyys tulee olla $33,7 \text{ m/s}^2$.
- Suorita testaus laitteen joka tasolle. Testauksen kesto 32 h/taso.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

16. Mekaaninen iskutestaus laitteille, jotka asennetaan ajoneuvon koriin

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Kiinnitä testattava laite tärinäpöytään
- Kytke laite toimintatilaan 3.2.
- Suorita tässä dokumentissa kuvattu puoli-sini isku, kesto 6 ms
- Suorita edellinen kohta 10 kertaa jokaisesta suunnasta.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

17. Vapaa pudotus

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Pudota laite numero 1 etulevy alaspäin 1 metrin korkeudelta betonilattiaan tai teräslevylle.

- Pudota laite numero 1 etulevy ylöspäin 1 metrin korkeudelta betonilattiaan tai teräslevylle.
- Pudota laite numero 2 alapuoli alaspäin 1 metrin korkeudelta betonilattiaan tai teräslevylle.
- Pudota laite numero 2 alapuoli ylöspäin 1 metrin korkeudelta betonilattiaan tai teräslevylle.
- Pudota laite numero 3 vasenpuoli (etulevystäpäin katsottuna) ylöspäin 1 metrin korkeudelta betonilattiaan tai teräslevylle.
- Pudota laite numero 3 vasenpuoli (etulevystäpäin katsottuna) alaspäin 1 metrin korkeudelta betonilattiaan tai teräslevylle.
- Laitteet tulee tarkistaa visuaalisesti pudotusten jälkeen
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

18. Alhaisen lämpötilan testaukset, varasto

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Laita testattava laite olosuhdekaappiin toiminta-tilassa 1.1.
- Aseta olosuhdekaapin lämpötilaksi -40 °C.
- Pidä tämä lämpötila 24 tunnin ajan.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

19. Alhaisen lämpötilan testaukset, käyttö

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Laita testattava laite olosuhdekaappiin toiminta-tilassa 3.2.
- Aseta olosuhdekaapin lämpötilaksi -40 °C.
- Pidä tämä lämpötila 24 tunnin ajan. Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus ennen testauksen päättymistä.

20. Suuren lämpötilan testaukset, varasto

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Laita testattava laite olosuhdekaappiin toiminta-tilassa 1.1.
- Aseta olosuhdekaapin lämpötilaksi 85 °C.
- Pidä tämä lämpötila 48 tunnin ajan.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

21. Suuren lämpötilan testaukset, käyttö

. Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Laita testattava laite olosuhdekaappiin toiminta-tilassa 3.2.
- Aseta olosuhdekaapin lämpötilaksi 75 °C.
- Pidä tämä lämpötila 96 tunnin ajan. Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus ennen testauksen päättymistä.

22. Lämpötilan asteittainen testaus

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Aseta laite olosuhdekaappiin toiminta-tilassa 3.1.
- Laita kaapin lämpötilaksi 20 °C.
- Vähennä lämpötilaa 5 °C:n askelissa kunnes lämpötila on -40 °C.
- Lisää lämpötilaa 5 °C:n askelissa kunnes lämpötila on 75 °C
- Suorita jokaisella uudella lämpötilalla osittainen toiminnallisuuden testaus toiminta-tilassa 3.2, käyttäen ensiksi käyttöjännitteenä 9 V sekä sen jälkeen käyttöjännitteenä 32 V.

23. Jaksollinen lämpötilavaihtelu

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Aseta laite olosuhdekaappiin toiminta-tilassa 3.1.
- Aloita jakso lämpötilassa 20 °C
- Vähennä olosuhdekaapin lämpötilaksi -40 °C 60 minuutissa aloituksen jälkeen.
- Kun -40 °C on saavutettu, suorita osittainen toiminnallisuuden testaus toiminta-tilassa 3.2.
- Käyttötestauksen jälkeen aseta toiminta-tilaksi 3.1.
- Pidä tämä lämpötila, kunnes aloituksesta on kulunut 150 minuuttia.
- Lisää kaapin lämpötilaksi 20 °C 210 minuutissa aloituksen jälkeen.
- Aloita osittainen toiminnallisuuden testaus toiminta-tilassa 3.2.
- Lisää kaapin lämpötilaksi 75 °C 300 minuutissa aloituksen jälkeen.
- Pidä tämä lämpötila, kunnes aloituksesta on kulunut 360 minuuttia.
- Lopeta osittainen toiminnallisuuden testaus ja aseta toiminta-tilaksi 3.1.
- Lisää kaapin lämpötilaksi 90 °C 370 minuutissa aloituksen jälkeen.
- Pidä tämä lämpötila, kunnes aloituksesta on kulunut 400 minuuttia.
- Vähennä olosuhdekaapin lämpötilaksi 75 °C 410 minuutissa aloituksen jälkeen.
- Aloita osittainen toiminnallisuuden testaus toiminta-tilassa 3.2.
- Pidä tämä lämpötila, kunnes aloituksesta on kulunut 440 minuuttia.
- Lopeta osittainen toiminnallisuuden testaus ja aseta toiminta-tilaksi 3.1.
- Vähennä olosuhdekaapin lämpötilaksi 20 °C 480 minuutissa aloituksen jälkeen. Jakso päättyy.
- Suorita edellä ja kuvassa 12 kuvattu jakso 30 kertaa.

- Suorita huoneenlämmössä täydellinen toiminnallisuuden testaus.

24. Nopea lämpötilamuutos

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Laita testattavan laitteen toiminta-tilaksi 1.1.
- Aseta olosuhdekaapin numero 1 lämpötilaksi 75 °C.
- Aseta olosuhdekaapin numero 2 lämpötilaksi -40 °C.
- Aloita jakso laittamalla testattava laite olosuhdekaappiin numero 1.
- Pidä laite olosuhdekaapissa numero 1 60 minuutin ajan.
- Laita testattava laite olosuhdekaappiin numero 2.
- Pidä laite olosuhdekaapissa numero 2 60 minuutin ajan.
- Laita testattava laite olosuhdekaappiin numero 1. Jakso päättyy
- Suorita tämä jakso 100 kertaa
- Suorita huoneenlämmössä täydellinen toiminnallisuuden testaus.

25. Jaksollinen kostea lämpö

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Aseta laite olosuhdekaappiin toiminta-tilassa 3.1.
- Aseta olosuhdekaapin lämpötilaksi 55 °C, aikaa muutokseen pitää kulua 3 tuntia ± 30 minuuttia. Kosteuden tulee olla vähintään 95 % lämpötilamuutoksen ajan, paitsi viimeisellä 15 minuutilla se tulee olla vähintään 90 %.
- Suorita osittainen toiminnallisuuden testaus toiminta-tilassa 3.2, kun 55 °C lämpötila on saavutettu.

- Pidä tämä lämpötila 12 tunnin (\pm 30 minuuttia) ajan. Kosteus tulee olla 93 ± 3 %, paitsi ensimmäisellä ja viimeisellä 15 minuutilla se tulee olla 90 % ja 100 % välillä.
- Vähennä lämpötilaa huoneenlämpötilaksi, muutos tulee tapahtua 3 ja 6 tunnin välillä. Kosteuden tulee olla vähintään 95 % lämpötilamuutoksen ajan, paitsi ensimmäisellä 15 minuutilla se tulee olla vähintään 90 %.
- Pidä huoneenlämpötilaa yllä ja kosteutta vähintään 95 %, kunnes 24 tunnin jakson kesto on saavutettu
- Suorita edellä ja kuvassa 13 kuvattu jakso 6 kertaa
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

26. Kosteustesti

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Aseta laite olosuhdekaappiin toiminta-tilassa 3.1.
- Jakson aluksi aseta olosuhdekaapin kosteudeksi 55 %.
- Lisää kosteutta arvoon 98 %, muutokseen tulee kulua 30 minuuttia.
- Pidä lämpötilana 25 °C, kunnes jakson alusta on kulunut 45 minuuttia.
- Lisää lämpötilaa arvoon 80 °C, kunnes jakson alusta on kulunut 165 minuuttia.
- Pidä kosteutena 98 %, kunnes jakson alusta on kulunut 165 minuuttia.
- Vähennä kosteutta arvoon 80 %, kunnes jakson alusta on kulunut 180 minuuttia.
- Pidä lämpötilana 80 °C ja kosteutena 80 %, kunnes jakson alusta on kulunut 210 minuuttia.
- Vähennä kosteutta arvoon 55 %, kunnes jakson alusta on kulunut 300 minuuttia.

- Vähennä lämpötilaa arvoon 25 °C, kunnes jakson alusta on kulunut 285 minuuttia.
- Pidä kosteutena 25 °C, kunnes jakson alusta on kulunut 300 minuuttia.
- Suorita edellä ja kuvissa 14 ja 15 kuvattu jakso 5 kertaa.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus toiminta-tilassa 3.2.

27. Tasainen kostea lämpö

Testaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- Aseta laite olosuhdekaappiin toiminta-tilassa 3.1.
- Aseta olosuhdekaapin lämpötilaksi 40 °C ja kosteudeksi 85 %.
- Pidä nämä arvot 20 päivän ja 23 tunnin ajan.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus toiminta-tilassa 3.2, kesto 1 tunti.

28. Pöly

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Aseta testattava laite pölykammioon. Toimintatila 3.2.
- Jakso alkaa. Pidä pölyn altistus pois päältä. Kesto 4 minuuttia 54 sekuntia.
- Aloita pölyn altistus. Kesto 6 sekuntia.
- Lopeta pölyn altistus, sekä aseta testattavan laitteen toiminta-tilaksi 1.2. Kesto 15 minuuttia.
- Jakso päättyy.
- Suorita yllä ja kuvassa 16 kuvattu jakso 20 kertaa.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

29. Akkuvesi

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Suorita visuaalinen tarkastus, sekä täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Pyyhi testattavaa laitetta pyyhkeellä, johon on altistettu akkuvettä.
- Kasta testattava laite akkuveteen.
- Anna laitteen kuivua itsekseen, laitetta voidaan kiertää akselinsa ympäri, jotta kuivuminen olisi mahdollista. Kesto 22 tuntia.
- Suorita visuaalinen tarkastus.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

30. Sisätilojen puhdistusaine

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Suorita visuaalinen tarkastus, sekä täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Ruiskuta testattavaa laitetta sisätilojen puhdistusaineella.
- Pyyhi testattavaa laitetta pyyhkeellä, johon on altistettu sisätilojen puhdistusainetta.
- Anna laitteen kuivua itsekseen, laitetta voidaan kiertää akselinsa ympäri, jotta kuivuminen olisi mahdollista. Kesto 2 tuntia.
- Suorita visuaalinen tarkastus.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

31. Lasinpuhdistusaine

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Suorita visuaalinen tarkastus, sekä täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Ruiskuta testattavaa laitetta lasinpuhdistusaineella.

- Pyyhi testattavaa laitetta pyyhkeellä, johon on altistettu lasinpuhdistusainetta.
- Anna laitteen kuivua itsekseen, laitetta voidaan kiertää akselinsa ympäri, jotta kuivuminen olisi mahdollista. Kesto 2 tuntia.
- Suorita visuaalinen tarkastus.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

32. Asetoni

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Suorita visuaalinen tarkastus, sekä täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Ruiskuta testattavaa laitetta asetonilla.
- Sivele testattavaa laitetta asetonilla.
- Pyyhi testattavaa laitetta pyyhkeellä, johon on altistettu asetonia.
- Anna laitteen kuivua itsekseen, laitetta voidaan kiertää akselinsa ympäri, jotta kuivuminen olisi mahdollista. Kesto 10 minuuttia.
- Suorita visuaalinen tarkastus.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

33. Ammoniakkia sisältävä pesuaine

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Suorita visuaalinen tarkastus, sekä täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Sivele testattavaan laitteeseen ammoniakkia sisältävää pesuainetta.
- Pyyhi testattavaa laitetta pyyhkeellä, johon on altistettu ammoniakkia sisältävää pesuainetta.
- Kasta testattava laite ammoniakkia sisältävään pesuaineeseen.

- Anna laitteen kuivua itsekseen, laitetta voidaan kiertää akselinsa ympäri, jotta kuivuminen olisi mahdollista. Kesto 22 tuntia.
- Suorita visuaalinen tarkastus.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

34. Denaturoitu alkoholi

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Suorita visuaalinen tarkastus, sekä täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Ruiskuta testattavaa laitetta denaturoidulla alkoholilla.
- Sivele testattavaa laitetta denaturoidulla alkoholilla.
- Pyyhi testattavaa laitetta pyyhkeellä, johon on altistettu denaturoitua alkoholia.
- Kaada testattavan laitteen päälle denaturoitua alkoholia.
- Kasta testattava laite denaturoidussa alkoholissa.
- Anna laitteen kuivua itsekseen, laitetta voidaan kiertää akselinsa ympäri, jotta kuivuminen olisi mahdollista. Kesto 10 minuuttia.
- Suorita visuaalinen tarkastus.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

35. Synteettinen sylki

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Suorita visuaalinen tarkastus, sekä täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Sivele testattavaan laitteeseen synteettistä sylkeä.
- Pyyhi testattavaa laitetta pyyhkeellä, johon on altistettu synteettistä sylkeä.
- Kasta testattava laite synteettiseen sylkeen.

- Anna laitteen kuivua itsekseen, laitetta voidaan kiertää akselinsa ympäri, jotta kuivuminen olisi mahdollista. Kesto 22 tuntia.
- Suorita visuaalinen tarkastus.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

36. Kosmeettinen kemikaali, esim. käsivoide

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Suorita visuaalinen tarkastus, sekä täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Sivele testattavaan laitteeseen kosmeettista kemikaalia.
- Pyyhi testattavaa laitetta pyyhkeellä, johon on altistettu kosmeettista kemikaalia.
- Anna laitteen kuivua itsekseen, laitetta voidaan kiertää akselinsa ympäri, jotta kuivuminen olisi mahdollista. Kesto 22 tuntia.
- Suorita visuaalinen tarkastus.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

37. Juoma, joka sisältää kofeiinia ja sokeria

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Suorita visuaalinen tarkastus, sekä täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Pyyhi testattavaa laitetta pyyhkeellä, johon on altistettu kofeiinia ja sokeria sisältävää juomaa.
- Kaada testattavan laitteen päälle kofeiinia ja sokeria sisältävää juomaa.
- Anna laitteen kuivua itsekseen, laitetta voidaan kiertää akselinsa ympäri, jotta kuivuminen olisi mahdollista. Kesto 22 tuntia.
- Suorita visuaalinen tarkastus.

- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

38. Kerma

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Suorita visuaalinen tarkastus, sekä täydellinen toiminnallisuuden testaus.
- Pyyhi testattavaa laitetta pyyhkeellä, johon on altistettu kermaa.
- Kaada testattavan laitteen päälle kermaa.
- Anna laitteen kuivua itsekseen, laitetta voidaan kiertää akselinsa ympäri, jotta kuivuminen olisi mahdollista. Kesto 22 tuntia.
- Suorita visuaalinen tarkastus.
- Suorita täydellinen toiminnallisuuden testaus.

39. Laitteen tuottamien laajakaistaisten EMC-säteilyjen mittaus

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Aseta laite testaushuoneeseen kuvan 17 mukaisesti, aseta toimintatilaksi 3.2.
- Suorita mittaukset quasi-peak – ilmaisinta käyttäen.
- Mittaa 30 MHz – 1 GHz taajuudet antenni sekä vertikaalisessa, että horisontaalisessa asennossa.

40. Laitteen tuottamien kapeakaistaisten EMC-säteilyjen mittaus

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Aseta laite testaushuoneeseen kuvan 17 mukaisesti, aseta toimintatilaksi 3.2.
- Suorita mittaukset keskiarvo – ilmaisinta käyttäen.

- Mittaa 30 MHz – 1 GHz taajuudet antenni sekä vertikaalisessa, että horisontaalisessa asennossa.

41. Laitteen tuottamien johtuvien häiriöiden mittaaminen

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Kytke laite testikytkentään (Kuva 18)
- Kytke oskilloskooppi mahdollisimman lähelle laitteen käyttöjännitteen terminaalia
- Mittaa toistuvat transientit kytkimen S ollessa suljettuna
- Avaa kytkin S ja aloita ei-toistuvien transienttien mittaaminen

42. Sähkömagneettisten häiriöiden immunitetin testaaminen.

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Aseta testikokoonpano (Kuva 19) testaushuoneeseen
- Aseta testattava laite toimintatilaan 3.2
- Altista testattava laite tässä dokumentissa spesifikoitulla häiriösignaalilla

43. Johtuvien häiriöiden immunitetin testaaminen

Testaus suoritetaan seuraavasti:

- Kytke testattava laite toimintatilassa 3.2 kuvan 20 mukaisesti
- Aseta testipulssi 1 testattavan laitteen käyttöjännitelinjoihin
- Suorita täydellinen toiminnollisuuden testaus
- Aseta testipulssi 2a testattavan laitteen käyttöjännitelinjoihin
- Suorita täydellinen toiminnollisuuden testaus
- Aseta testipulssi 2b testattavan laitteen käyttöjännitelinjoihin

- Suorita täydellinen toiminnollisuuden testaus
- Aseta testipulssi 3a testattavan laitteen käyttöjännitelinjoihin
- Suorita täydellinen toiminnollisuuden testaus
- Aseta testipulssi 3b testattavan laitteen käyttöjännitelinjoihin
- Suorita täydellinen toiminnollisuuden testaus
- Aseta testipulssi 4 testattavan laitteen käyttöjännitelinjoihin
- Suorita täydellinen toiminnollisuuden testaus

