

Juho Seppälä

Teholähteen testausadapteri

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Juho Seppälä

Työn nimi: Teholähteen testausadapteri

Ohjaaja: Pasi Junell

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 43

Liitteiden lukumäärä: 2

Työn toimeksiantajana oli Powernet Oy. Yritys kehittää sekä toimittaa asiakas- ja projektikohtaisia ratkaisuja vaativiin teholähdesovelluksiin. Opinnäytetyön käsittelee tuotekehitysprojektina suunnitellun ja valmistettavan teholähteen testaamista. Tuotteen testausjärjestelmään sovittamista varten suunniteltiin tuotekohtainen testausadapteri.

Lopputuotteen tulee täyttää sille määritellyt ominaisuudet. Valmistajan kannalta laatu merkitsee tuotteen kykyä täyttää yleiset vaatimukset, mutta myös erityisesti asiakkaan toiveet. Visuaalisen tarkistamisen lisäksi lähes ainoa tapa varmistaa, että tuotannossa tuote on koottu oikein ja oikeista osista, on tehdä toiminnallinen testaus, jolla valmistaja voi osoittaa ominaisuuksien ja vaatimuksien täyttymisen. Toiminnallisessa testissä testattava tuote liitetään testausjärjestelmään adapterin liitinrajapinnan kautta. Rajapinnat ovat liitoksia ja johtimia, joissa resistanssi vastustaa sähköän kulkua aiheuttaen tehohäviön riippuen läpikulkevan virran suuruudesta. Tehohäviö ilmenee liitoksissa ja johtimissa lämpenemisenä.

Tuotekohtaisen testausadapterin suunnittelussa tutkittiin tuotteen ja adapterin rajapintaa ja valittiin liittimet. Adapterin mekaniikkaan sijoitetut ja piirilevyyn kiinnitetyt liittimet suunniteltiin lohkomaisen, muovi- ja metallimateriaaleista koostuvan, kerrosrakenteen sisään. Mekaniikan suunnitteluun kuului lineaarijohteilla liukuva tuotealustakelkka ja kelkan pohjalevy. Teholähteen kohdistamisen parantamiseksi testausalustaansa tehtiin muutos tuotteeseen. Käyttöönoton jälkeen tulisi testausjärjestelmän, johon myös testausadapteri osana kuuluu, toistokykyä seurata järjestelmällisesti säännöllisin väliajoin.

Avainsanat: testausjärjestelmä, testausadapteri, rajapinta, toistokyky, mekaniikka

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Juho Seppälä

Title of thesis: Testing adapter for power supply

Supervisor: Pasi Junell

Year: 2017

Number of pages: 43

Number of appendices: 2

The sponsor of the thesis work is Powernet Oy based in Vantaa, Finland. The Company develops and delivers custom design and project based solutions for demanding power conversion applications. The thesis consists of the testing of a power supply designed and manufactured in a product development project. A product specific testing adapter was designed to adjust the product into the testing system.

The product should fulfil the characteristics defined for it. From the manufacturers' point of view, quality not only means the product's ability to fulfil general requirements, but especially the customer expectations and needs. In addition to visual checking, almost the only way to guarantee the correct assembly of a product in a production line is to execute a functional test. It also enables the manufacturer to certify that the product fulfils the requirements. In a functional test, the product under test is connected to the testing system via the adapter's connector interface. Electrical resistance in contacting interfaces of joints and wires cause a power dissipation that is depending on current and the outcome is temperature.

In planning the product specific testing adapter, both the product's and the adapter's interfaces were examined, and the joints were chosen. The joints placed in the adapter's mechanics and attached in a printed circuit board were designed into a block-type layered structure consisting of plastic and metal materials. The tested supporting plate and its body sliding on linear guides were a part of the mechanic's design. A change was made in the product to improve the product alignment. The fidelity of the testing system, which the testing adapter is a part of, should be monitored regularly after the product implementation.

Keywords: testing system, testing adapter, connector interface, fidelity, mechanics

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	8
2 TESTAAMINEN TUOTTEEN LAADUNTARKKAILUNA.....	9
2.1 Toiminnallinen testaaminen	9
2.2 Standardit apuna.....	10
3 MITTALAITTEET JA MITTAUS.....	11
3.1 Mittausepävarmuus.....	11
3.2 Mittalaitteiden kalibrointi.....	12
4 TESTAUSRAJAPINTOJEN TUNNISTAMINEN.....	13
4.1 Johtimen resistanssi.....	13
4.2 Liittimen resistanssi.....	14
5 TESTAUSJÄRJESTELMÄN TOISTOKYKY	16
6 TEHOLÄHTEEN ADC8490 TOIMINTAPERIAATE	18
7 TEHOLÄHTEEN ADC8490 TESTAUSPROSESSI.....	20
8 LIITTIMIEN VALINTA TESTAUSADAPTERIIN	24
9 MEKANIIKAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	27
9.1 Testauspöytä ja -runko.....	28
9.2 Tuotealustakelkka ja pohjalevy	29
9.3 Tuotealusta ja tuote.....	30
9.4 Adapteri.....	31
9.5 Materiaalit	33
9.6 Valmistuksen tilaaminen	33
10 POHDINTA TYÖN KULUSTA JA ONNISTUMISESTA	35
LÄHTEET	37
LIITTEET	39

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Toteutuksen vaiheet.....	8
Kuvio 2. Voimalaitteiden ja voiman kalibrointi	12
Kuvio 3. Liittimen resistanssin lähteet kontaktipinnoilla.....	14
Kuvio 4. Kontaktiresistanssi liittimessä.	15
Kuvio 5. Kosketinresistanssin riippuvuus kosketusvoimasta.....	15
Kuvio 6. Mittausprosessi muuttuu ajan suhteen.....	16
Kuvio 7. Esimerkki arvoalueiden jakautumisesta	17
Kuvio 8. Laitteen kytkentäesimerkki.....	18
Kuvio 9. Laitteen lohkokaaavioesimerkki	19
Kuvio 10. Tuotteen testausprosessi.....	20
Kuvio 11. Laitteen poikkileikkaus ohjelmointiliitynnän kohdalta.	21
Kuvio 12. Etupaneelin liityntärajapinnat.	24
Kuvio 13. Liityntöihin valitut vastaliitin ja testausneula.....	25
Kuvio 14. Liitinresistanssin mittaus laiteliittimen ja vastaliittimen rajapinnasta.....	25
Kuvio 15. Mittalaitteiden sijoittelu liikuteltavaan ohjauskaappiin.....	27
Kuvio 16. Testausjärjestelmän LabView-ohjelmistosovelluksen käyttöliittymä.....	28
Kuvio 17. Tuotekohtaisen testausadapterikokoonpanon sijoittelu.....	29
Kuvio 18. Pohjalevyosa ja kelkkaosa koottuna.	29
Kuvio 19. Tuotealustaosa ja testattava tuote.	30
Kuvio 20. Adapterin osakokoonpano.	31

Kuvio 21. Adapterikokoonpanon kiinnitys pohjalevyyn.....	32
Taulukko 1. Tuoteturvallisuustestaus.....	21
Taulukko 2. Pienitehoinen toisiokoestus.....	22
Taulukko 3. Toiminnallinen testaus.....	23
Taulukko 4. Liitinresistanssien mittaustulokset käytettäessä 10 A virtaa.	26
Taulukko 5. Pituusmittojen sallitut poikkeamat	34
Taulukko 6. Suoruuden ja tasomaisuuden yleistoleranssit	34
Taulukko 7. Mitatut liitinresistanssit.....	35

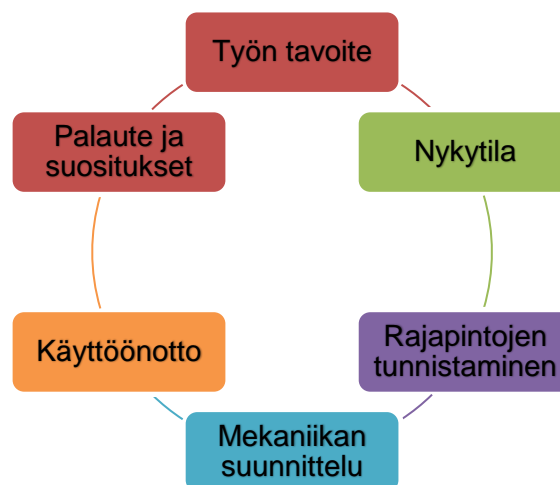
Käytetyt termit ja lyhenteet

Adapteri	Sovituslaite, joka mahdollistaa kahden tai useamman erityyppisen komponentin, liittimen tai eri tekniikkaa käyttävän laitteen liittämisen toisiinsa.
Kalibrointi	Testaus- ja mittauslaitteet on kalibroitava säännöllisesti siten, että kalibroinnit ovat jäljitettävissä kansallisiin mittanormaaleihin.
Anodisointi	Kappaleen pintaan kasvatetaan huokoinen ja kova alumiinioksidikerros. Anodisoitava esine laitetaan rikkihappoliuokseen anodiksi. Katodina toimii puhdas alumiinilevy.
Kuormaregulointi	Kytkenän kyky säilyttää ulostulojännitteensä kuormituksen muuttuessa.
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu. Sisältää muun muassa numeerista laskentaa, 2D-piirtämistä ja 3D-mallinnusta.
CAM	Kappaleiden työstössä CAD-mallien geometriatietojen siirtämistä yhdessä työkalujen, koneen ominaisuuksien ja työstettävän materiaalin kanssa NC-koodiksi.
Standardi	Yhteinen menettelytapa toistuvaan toimintaan. Standardit ovat luonteeltaan suosituksia mutta viranomaiset saattavat edellyttää niiden käyttöä. Standardi on kirjallinen julkaisu ja standardisoinnista huolehtivan viranomaisen, järjestön tai muun tunnustetun elimen hyväksymä.
NTC-vastus	Lämpötilan kasvaessa NTC-vastuksen resistanssi pienenee materiaalista riippuvalla tavalla.

1 JOHDANTO

Työn toimeksiantajana toimi Powernet Oy. Yritys kehittää sekä toimittaa asiakas- ja projektikohtaisia ratkaisuja vaativiin tehölähdesovelluksiin. Powernet Oy aloitti toimintansa 1990-luvun alussa ja on ollut siitä lähtien asiakkailleen luotettava ja ennakkoiva kumppani, joka tarjoaa tehokkaita ja luotettavia virtalähteitä, muuntimia sekä ammatillista teknistä tukea niin Suomessa kuin kansainvälisillä markkinoilla.

Työ käsitteli tuotekehitysprojektina asiakkaalle suunniteltavan ja valmistettavan tehölähteen testaamista. Tavoitteena oli tunnistaa edellä mainitun tehölähteen toiminnallisten vaatimuksien täyttävät rajapinnat ja laitteisto sekä suunnitella tuotekohtainen sovituslaite, jäljempänä testausadapteri, joka mahdollistaa tuotteen liittämisen testausjärjestelmään. Testausjärjestelmän mittalaitteet, ohjelmistosovellus, testauspöydän mekaniikka ja runko olivat tätä työtä aloitettaessa olemassa ja käytössä muille tuotteille. Testausadapterin kokoonpanon suunnittelun lähtökohtana oli tuotekohtainen mekaniikka nykyiseen testausjärjestelmään. Työn tuloksia tullaan hyödyntämään ensisijaisesti tämän työn case-tuotteella tuotekehityksessä ja tuotanto-testauksessa. Lopputuloksena syntyneen välineen käytöllä pyritään jatkuvan hyödyn saavuttamiseen ja osoittamiseen. Ratkaisuja voidaan ottaa käyttöön sellaisenaan tai soveltaa uusissa tuotekehitysprojekteissa. (Kuvio 1.)



Kuvio 1. Toteutuksen vaiheet.

2 TESTAAMINEN TUOTTEEN LAADUNTARKKAILUNA

Lopputuotteen tulee täyttää sille määritellyt ominaisuudet. Valmistajan kannalta laatu merkitsee tuotteen kykyä täyttää yleiset vaatimukset, mutta myös erityisesti asiakkaan toiveet. Yrityksillä on nykyään hyvin yleisesti käytössä laatujärjestelmä, jossa kuvataan yrityksen toimintatavat. Hyvään toimintatapojen kuvaukseen sisältyy tuotteen testaus, mittaus ja analysointi, joilla valmistaja voi osoittaa ominaisuuksien ja vaatimuksien täyttymisen.

2.1 Toiminnallinen testaaminen

Visuaalisen tarkastuksen lisäksi lähes ainoa tapa varmistaa, että tuotannossa tuote on koottu oikein ja oikeista osista, on tehdä toiminnallinen testaus. Useinkin tuotannon viimeisenä prosessivaiheena suoritettava automatisoitu toiminnallinen testaaminen yksinkertaistaa monia vaiheita sisältävän testauksen toteuttamista ja nopeuttaa läpimenoaikaa. Testausjärjestelmän keräämä ja tallettama mittaustieto on nopeasti hyödynnettävissä esimerkiksi myyntipakkaukseen liitettävänä testausraporttina. Kun testaustulokset talletetaan tuotteen sarjanumerokohtaisesti, on tiedoista apua mahdollista vika-analyysia tehtäessä. Usean laitteen testaustuloksista voidaan koostaa myös tilastollisia analyyssejä.

Yhä useammin tuotteet ovat sulautettuja järjestelmiä, joissa toimintojen ohjaamiseen käytetään mikro-ohjainta ja siihen ladattavaa ohjelmaa. Testaamisen vaiheeksi voidaan sisällyttää ohjelman siirtäminen tuotteeseen. Myös laitteen asetusten tekeminen ja kalibrointi, tai oikeammin sanottuna laitteen tekemien mittausten säätäminen näyttämään oikein, kuuluu testaamiseen.

Monissa tapauksissa hyvä toiminnallinen testi, jossa asianmukaisesti kerättyjen tietojen avulla valmistaja voi toimittaa tuotteen suoraan tuotantolinjalta, on perusteltavissa jopa huomattavin kustannussäästöin investoinnin takaisinmaksuaikalaskelmissa. Kun on tarve suurien määrien testaamiseen, yksi strategia on harkita ja valita toiminnallinen testausjärjestelmä, joka tukee tuotteiden rinnakkaista testaamista.

2.2 Standardit apuna

Tuotteen yleisissä vaatimuksissa viitataan usein standardeihin. Standardit ovat luonteeltaan suosituksia ja niiden käyttö on periaatteessa vapaaehtoista, mutta viranomaiset saattavat edellyttää niiden käyttämistä. Standardien mukaan valmistettu tuote hyväksytään kansainvälisille markkinoille, niiden avulla poistetaan kaupan esteitä. Standardisoinnin ansioista tuotteet, palvelut ja menetelmät sopivat siihen käyttöön ja niihin olosuhteisiin joihin ne on tarkoitettu. Sillä varmistetaan, että tuotteet ja järjestelmät sopivat toisiinsa ja toimivat yhdessä. Standardeissa määritellään myös ne mittaukset, joilla vaadittavat suureet tulee mitata. Tällaisia ovat esimerkiksi sähkökäyttöisten laitteiden ja koneiden turvallisuutta koskevat vaatimukset. Standardit julkaistaan asiakirjoina, joita kuka tahansa voi hankkia ja käyttää. Standardien käyttö ja hyödyntäminen on maksutonta, mutta hankinta on maksullista. (Standardi tutuksi 2017.)

Eri maissa standardointia hallinnoivat kansalliset standardointielimet, jotka vahvistavat ja julkaisevat kansallisia standardeja. Suomessa se on Suomen Standardisointiliitto SFS ry. SFS saattaa myös eurooppalaiset standardit vastaaviksi kansalliseksi standardeiksi. Eurooppalaisten standardointiorganisaatioita ovat:

- Cenelec, sähkötekniikan standardit
- ETSI, televiestinnän standardit
- CEN, kaikkien muiden alojen standardit.

3 MITTALAITTEET JA MITTAUS

Mittausta suunniteltaessa määritellään, mitä mitataan ja mitä ominaisuuksia mittauslaitteilta odotetaan. Mittalaitetta valittaessa tulee huolehtia siitä, että mittaukseen käytettävä laite on mahdollisimman sopiva kyseiseen tarkoitukseen. On myös varmistuttava, ettei itse mittauslaite häiritse mittaustapahtumaa ja aiheuta siten virheellistä mittaustulosta. Valintaa ja hankintapäätöstä tehtäessä tehdään vertailuja omien vaatimuksien ja myyjän antamien tietojen välillä tuotteen ominaisuuksista. Joskus on syytä pyytää myyjältä laitteen esittelyä tai mahdollista koekäyttöä ja saada näin lisätietoja mittalaitteen ominaisuuksista. Mittauksen suorittamisessa tulee tunnistaa, miten mittaus itsessään tehdään ja mitä kaikkea mittauskokonaisuuteen kuuluu. Mittausjärjestelmää on tarkasteltava kokonaisuudessaan ja varmistettava, että järjestelmällä on kyky tehdä vaadittava mittaus vaadittavalla mittausepävarmuudella. (Hiltunen 2011.)

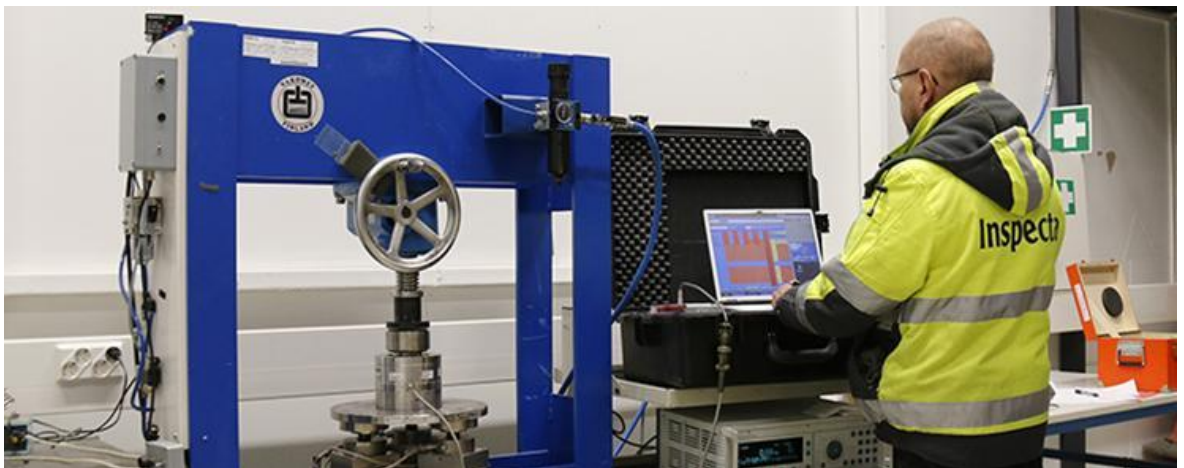
3.1 Mittausepävarmuus

Kun mittaustuloksia ilmoitettaessa mittausvirhettä ei tiedetä, käytetään mittausepävarmuutta. Mittausepävarmuus sisältää systemaattiset ja satunnaiset virheet. Jos ei tiedetä mittauksen mittausepävarmuutta tai ei osata ehkä arvioida sen suuruutta, ei todennäköisesti tiedetä, mitä mittaustulos tarkoittaa ja mistä se koostuu. Tulokseen voi vaikuttaa mitattava kohde ainoastaan tai osittain, mutta tulokseen voi vaikuttaa myös mittauslaite, sen häiriöt tai jopa sattuma. Mittausepävarmuuden arviointi voi perustua mihin tahansa sopivaan tilastolliseen menetelmään, esimerkiksi mittausarjan keskiarvon keskihajontaan. Mittausepävarmuutta on toistettavuus ja uusittavuus yhdessä (Mittaustekniikan perusteet luento 2014.)

3.2 Mittalaitteiden kalibrointi

Mittauksissa tarkkuus ja luotettavuus ovat keskeisimpiä tekijöitä. On tärkeää huolehtia tarkkuuden ylläpitämisestä säännöllisellä mittalaitteiden kalibroinnilla. Mittalaitteiden kalibrointiprosessissa mittalaitteen mittaussuureeseen verrannollista viestiä verrataan jäljitettäviin kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin. Mittaustulosten perusteella laitteelle laaditaan kalibrointitodistus, jossa ilmoitetaan mm. mitauslaitteen virheet ja kalibroinnin epävarmuus.

Akkreditoidulla laboratoriokalibroinnin mittauksilla saadaan erityisesti luotettavuutta, sillä akkreditointivaatimukset ja menettelyt perustuvat kansainvälisiin kriteereihin, joiden avulla toimijan pätevyys ja sen antamien todistusten uskottavuus voidaan luotettavasti jäljittää ja todeta. (Mittalaitteiden kalibrointi 2017.)



Kuvio 2. Voimalaitteiden ja voiman kalibrointi (Inspecta Oy).

Säännöllinen mittalaitteiden kalibrointi varmentaa mittausten tarkkuuden ja luotettavuuden sekä mittalaitteiston suorituskyvyn. Kalibrointia suositellaan suoritettavaksi yhden vuoden välein useimmille yleismittareille ja testereille. Tämä on usein myös organisaation laatujärjestelmän vaatimaa. Muistettava kuitenkin on, että kalibroinnilla ei voida parantaa mittalaitteen ominaisuuksia eikä poistaa epävarmuutta, joka aiheutuu laitteen käyttöympäristöstä.

4 TESTAUSRAJAPINTOJEN TUNNISTAMINEN

4.1 Johtimen resistanssi

Johtimen resistanssiin vaikuttaa sen materiaali, pituus, poikkipinta-ala ja ympäristön lämpötila. Kukin aine vastustaa sähkön kulkua sille ominaisella tavalla. Ominaisuutta kuvaa resistiivisyys ρ . Metallijohteen resistiivisyys riippuu lämpötilasta likimain yhtälön (1) mukaisesti

$$\rho = \rho_{20}(1 + \alpha\Delta t), \quad (1)$$

missä

ρ_{20} on johteen resistiivisyyden arvo $+20^{\circ}\text{C}$:ssa

α on resistiivisyyden lämpötilakerroin

Δt on lämpötilan muutos

Kuparille resistiivisyyden arvo $\rho_{20} = 1,678 \cdot 10^{-8} \Omega m$ ja resistiivisyyden lämpötilakerroin $\alpha = 6,8 \cdot 10^{-3} \frac{1}{K}$

Lämpötilan muutos saadaan kaavalla

$$\Delta t = t - 20K \quad (2)$$

Metallijohtimen resistanssi R riippuu lämpötilan lisäksi johtimen pituudesta l , sekä sen poikkipinta-alasta A . Johtimen resistanssi saadaan kaavalla

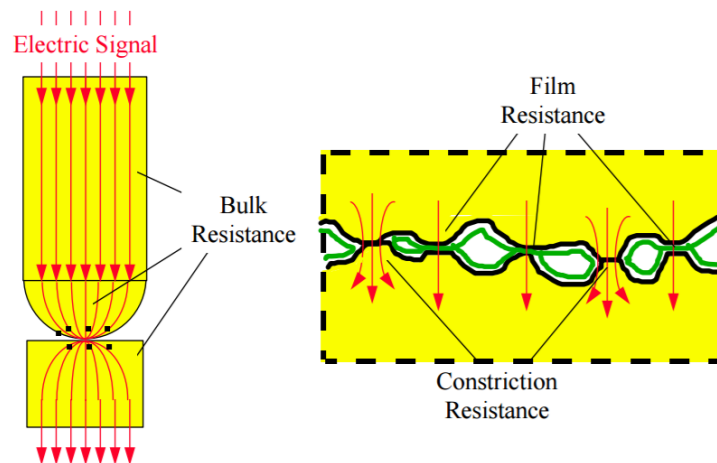
$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (3)$$

Sijoittamalla kaava (1) kaavaan (3), saadaan

$$R = \rho_{20} \frac{l}{A} (1 + \alpha\Delta t) \quad (4)$$

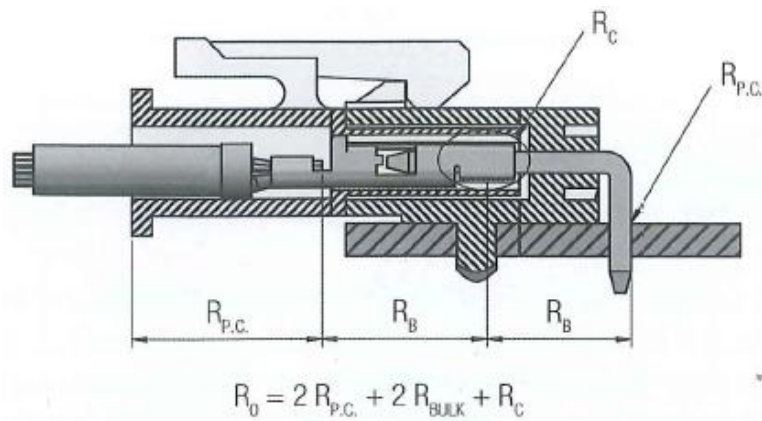
4.2 Liittimen resistanssi

Liittimen kontaktipinta on pistoliitinjärjestelmän ydin. Pistoliittimet ovat suunniteltu kuljettamaan sähkövirtaa tai signaaleja erotettavissa olevan liitännän yli niin vähin muutoksin signaaliin kuin mahdollista. Kuitenkin signaali menettää joitakin osia sen tehosta matkalla liittimessä.



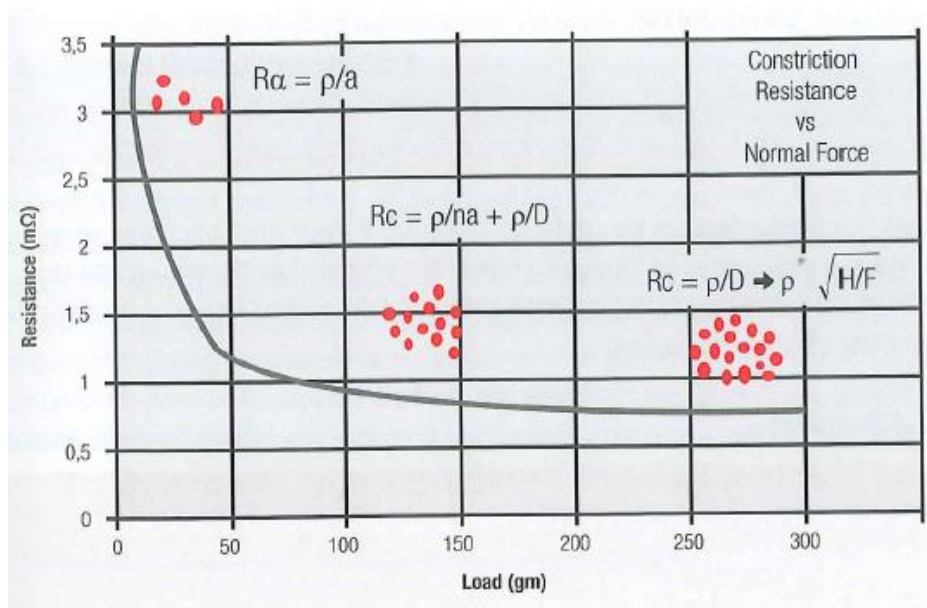
Kuvio 3. Liittimen resistanssin lähteet kontaktipinnoilla. (Gedeon 2009).

Kosketinresistanssi on muuttuva vastus, joka esiintyy kahden kosketuspinnan rajapinnassa. Pintaa, joka näkyy sileänä paljaalla silmällä katsottuna, lähemmin tarkastettaessa paljastuu pinnoilla olevan jonkin verran epätasaisuuksia, huippuja ja laaksoja. Vastinpinnat käyvät kosketuksiin toisiinsa vain, jos pinnan huiput vastaavat (Kuvio 3). Yhteenlaskettuna näiden huippujen pinta-ala on tyypillisesti paljon pienempi kuin kontaktipinnan näennäinen pinta-ala. Sähkövirran tulee 'puristautua' näiden vastusta aiheuttavien suppeiden rosoisuuksien (Constriction Resistance) läpi ylittääkseen rajapinnan. Materiaalin pintoihin syntyy myös ohuita kerroksia oksideja ja kertyy likaa, jotka muodostavat osaltaan vastusta (Film Resistance). Kosketinresistanssi on riippuvainen kosketusvoimasta kahden koskettavan pinnan välillä. (Gedeon 2009.)



Kuvio 4. Kontaktiresistanssi liittimessä.
(Mroczkowski 2012).

Liittimen pistokkeen materiaalin resistanssi (Bulk Resistance) on vakio riippuen materiaalista ja geometriasta. Liittimeen tulevassa johtimessa ja vastinosan liittokassa piirilevyyn muodostuu vakio resistanssi (Permanet Connection Resistance), joka riippuu käytössä olevasta liitinteknologiasta (Kuvio 4).

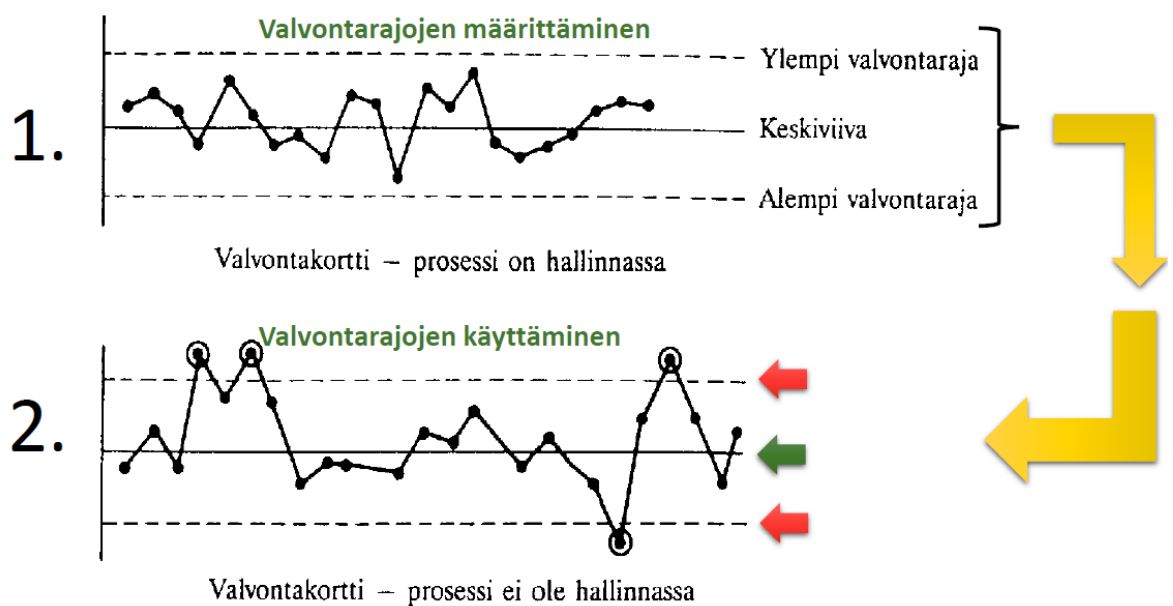


Kuvio 5. Kosketinresistanssin riippuvuus kosketusvoimasta
(Mroczkowski 2012).

Lisääntynyt voima mahdollistaa signaalin kulkea rajapinnan poikki paljon helpommin (Kuvio 5). Erittäin suurilla kosketuksen voimilla suurin osa kaikesta liittimen vastuksesta tulee tilavuusresistanssista. Vastus on melko stabiili, koska pieni muutos voimassa aiheuttaa suhteellisen vähäisen muutoksen kontaktiresistanssissa. (Mroczkowski 2012, 35.)

5 TESTAUSJÄRJESTELMÄN TOISTOKYKY

Testausjärjestelmän toistokyky tarkoittaa järjestelmän mittalaitteista johtuvaa vaihtelua. Toisin sanoen, miten samalla testausjärjestelmällä tehty testitapauksen mitaustulos toistettaessa poikkeaa eri mittauskerroilla. Uusittavuudella tarkoitetaan eri operaattorien mittauksien eroavaisuutta mitausten samaa testitapausta mitattaessa. Toistettavuus ja uusittavuus tutkimiseen käytetään Gage R&R -analyysiä. Se on tilastollinen menetelmä, jonka avulla mitataan mitaussysteemistä itsestään johutuva vaihtelu. Gage R&R -tutkimuksen työkaluna on olemassa esimerkiksi Minitab-ohjelmisto. (Hedman 2007, 25-26.)



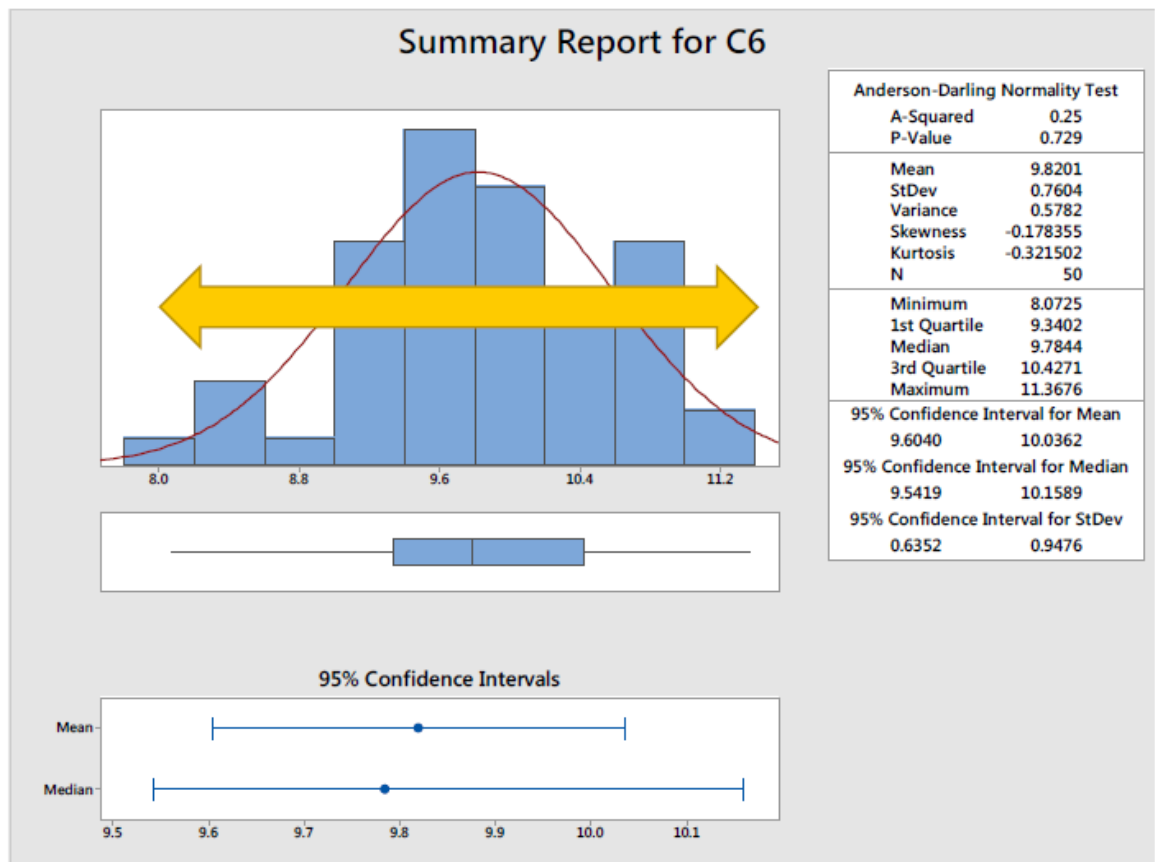
Kuvio 6. Mittausprosessi muuttuu ajan suhteen (Virtala 2015).

Menetelmällä pyritään osoittamaan, että mahdollinen vaihtelu johtuu suurimmilta osin mittausprosessista, eikä niinkään mittausjärjestelmästä (Kuvio 6). Jotta saadaan luotettavia tuloksia, on mittausprosessin oltava stabiili, eli prosessin vaihtelu koostuu tilastollisesta eli luonnollisesta vaihtelusta, ei erityisyyistä. (Hedman 2007, 25.)

Toistettavuuden ja uusittavuuden analysointiin valitaan

- kymmenen mitattavaa laitetta
- kaksi tai kolme operaattoria.
- Suoritetaan kaksi toistoa satunnaisessa mittausjärjestyksessä.

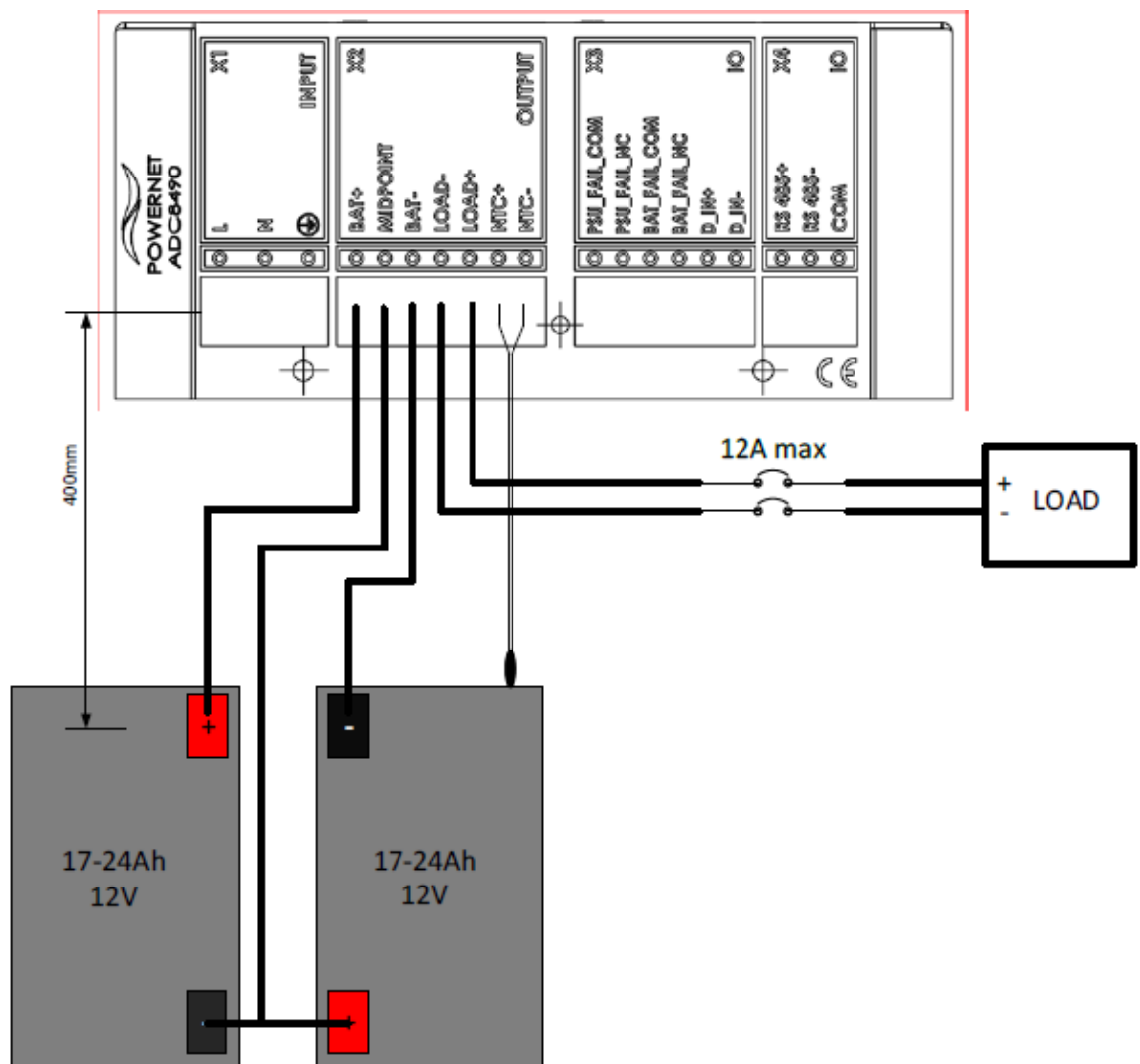
Laitteet (näytteet) on valittava niin, että niiden arvoalue edustaa tuotantotoimintaa jolloin mukana on pieniä arvoja, suuria arvoja ja keskisuuria arvoja (Virtala 2015).



Kuvio 7. Esimerkki arvoalueiden jakautumisesta (Virtala 2015).

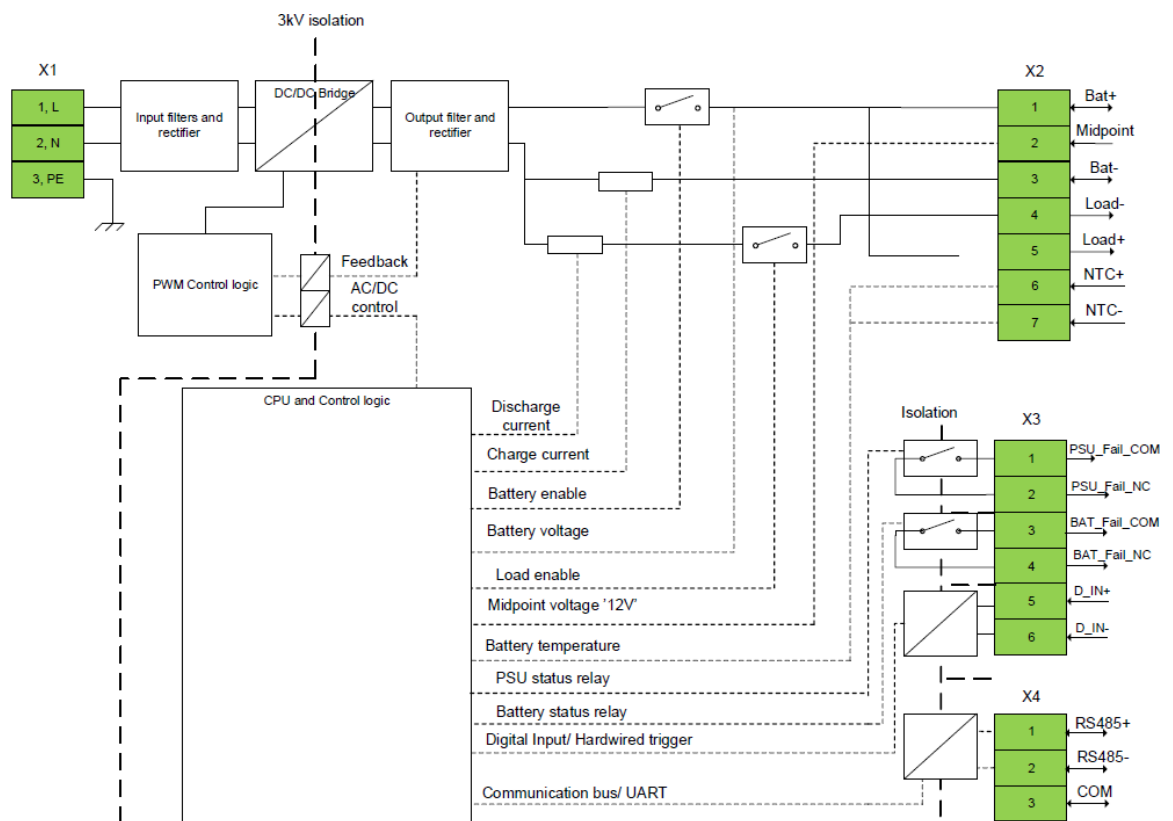
6 TEHOLÄHTEEN ADC8490 TOIMINTAPERIAATE

Tässä työssä testattavana laitteena on ADC8490. Laite on suunniteltu toimimaan DC-virtalähteenä ja 24 VDC akkukurina. Yhtenä sen ominaisuutena on valmius valvoa akun kuntoa. Laite voi toimittaa virtaa sekä 24 VDC / 24 Ah akkuun ja järjestelmän kuormaan. Toisin sanoen, laite lataa akkua ja samalla toimittaa järjestelmään kuorman vaatiman DC-tehon. Laitteen käyttöjännite on 230 VAC normaaliolosuhteissa. (Kuvio 8.)



Kuvio 8. Laitteen kytkentäesimerkki (Pownet Oy).

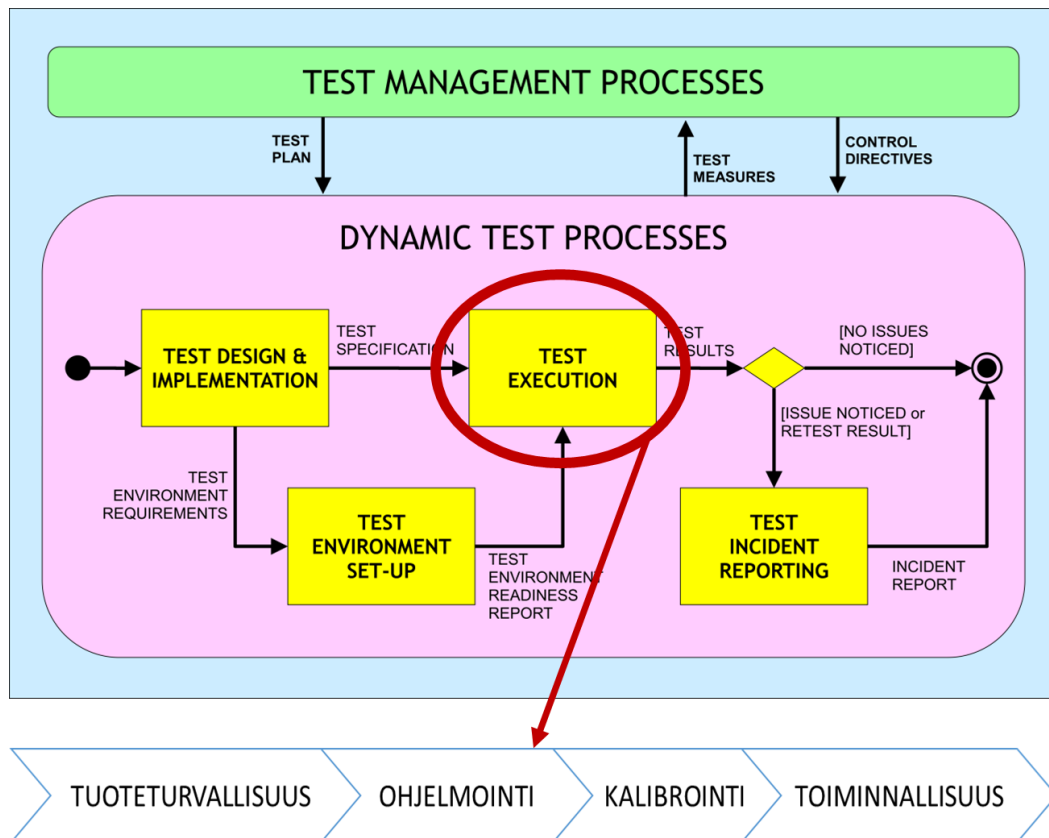
Jännitekatkoksen aikana laita saa käyttöjännitteensä akusta säilyttäen valvonta- ja kommunikaatio-ominaisuudet samalla, kun akkuun varattu energia tarjoaa järjestelmälle varakäyntiajan. Laitteen syväpurkusuoja suojaa akkua kytkemällä irti järjestelmän kuorman, mikäli akun jännite laskee alle ennalta määrätyn kynnyksen. Akun lämpötilaa valvotaan akkuun kiinnitetyllä NTC-vastuksella. Akun lämpötila vaikuttaa latausjännitteeseen ja -virtaan. Laitteen ja akun tilaa voidaan indikoida lähtötietona normaalisti suljettujen relekoskettimien kautta. Tulotietosignaaleilla voidaan aktivoida haluttu toiminto. Tiedonsiirtoväylänä on RS-485 sarjaliikenne, jonka kautta laitetta voidaan ohjata ja siirtää laitteen keräämää tietoa edelleen käytettäväksi. (Kuvio 9.)



Kuvio 9. Laitteen lohkokaavioesimerkki (Pownet Oy).

7 TEHOLÄHTEEN ADC8490 TESTAUSPROSESSI

Testausprosessina sovelletaan ohjelmistojen testauksen ISO/IEC 29119 standardin mukaista yleistä testausprosessia, joka soveltuu kaikkien organisaatioiden käyttöön kaikessa testauksessa (Kuvio 10).



Kuvio 10. Tuotteen testausprosessi.

Tuoteturvallisuuden testaaminen suoritetaan EN 60950 mukaisesti. Koska kyseessä on tuotantotestaus, voidaan testaus suorittaa käyttämällä tasajännitettä ja lyhyempää testausaikaa. (Taulukko 1.)

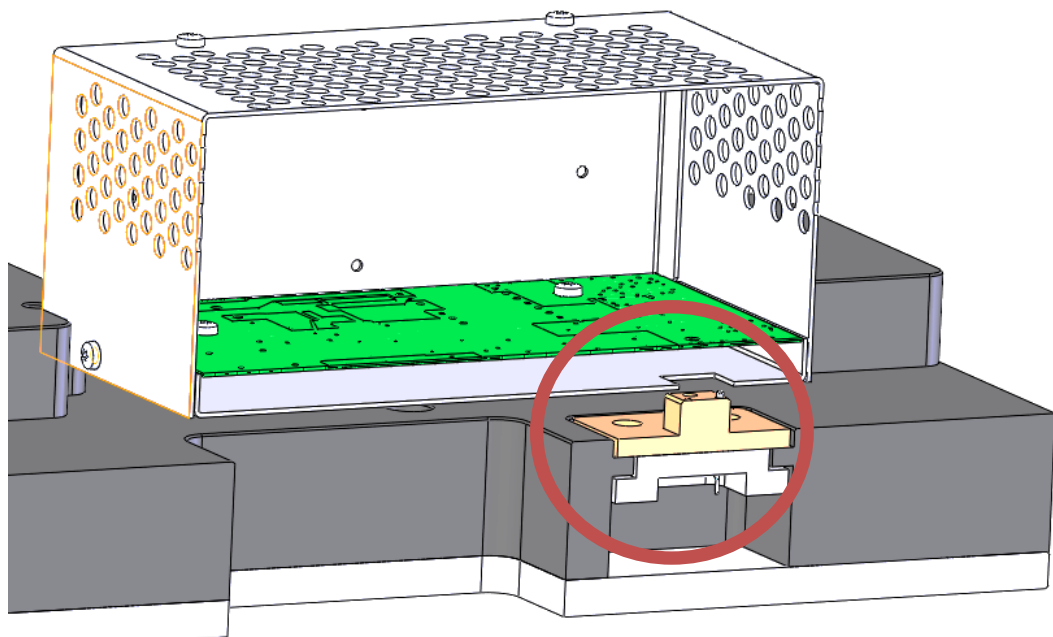
Taulukko 1. Tuoteturvallisuustestaus.

Luokka	Testi	Parametri	Rajapinta
Maadoitus	PE > runko	10VDC@20A	X1-3 > runko
Eristysvastus	Lähdöt, I/O > PE	$U_{rms}\sqrt{2}$	X2, X3, X4 > X1-3
Jännitelujuus	Tulo > PE, lähdöt, I/O	$U_{rms}\sqrt{2}$	X1-1, X1-2 > X1-3, X2, X3, X4

U_{rms} Testausjännitteenä käytettävän vaihtojännitteen tehollisarvo.

$U_{rms}\sqrt{2}$ Tasajännite, joka on vaihtojännitteen huippuarvo.

Ohjelman siirtäminen laitteen ohjaimen tapahtuu ohjelmointiliitynnän X400 kautta, joka sijaitsee piirilevyllä testattavan laitteen pohjassa (Kuvio 11). Liityntää varten on laitteen mekaniikassa suorakaiteen muotoinen ja 20 mm x 30 mm kokoinen aukko.



Kuvio 11. Laitteen poikkileikkaus ohjelmointiliitynnän kohdalta.

Toisiokoestuksen aikana akkuliitääntään kytketään pienitehoisen tasajännite, jolloin laitteen ohjain saa käyttöjännitteensä käynnistäen valvonta ja kommunikaatio toiminnot. Laitteen normaali käyttöjännite ei ole kytkettynä. Taulukossa 2 on esitetty toisiokoestuksen vaiheita.

Taulukko 2. Pienitehoinen toisiokoestus.

Luokka	Testi		Rajapinta
Laitte suljettu	Mittaa releiden tila	BOOL	X3-1(com) X3-2(nc) X3-3(com) X3-4(nc)
	Mittaa lähtödiodi	DC	X2-1(-) X2-3(+) X2-5(-) X2-4(+)
LV-käyttö	Kytke LV-jännite	DC	X2-1(+) X2-3(-)
	Mittaa syöttövirta	DC	
	Mittaa analogiajännite	DC	X2-6(+), X2-7(-)
Ohjelmointi	Lataa ohjelma	PRG	X400
Sarjaliikenne	Tunnista ACK	COM	X4-2 (-) X4-1(+)
Lämpötila	Kytke 10k Ω	IO	X2-6(+), X2-7(-)
	Lue ulkoinen lämpötila	COM	
	Lue sisäinen lämpötila	COM	
LED	Tunnista väri	RGB	LED > valokuitu
LV-käyttö	Poista LV-jännite	DC	X2-1(+) X2-3(-)

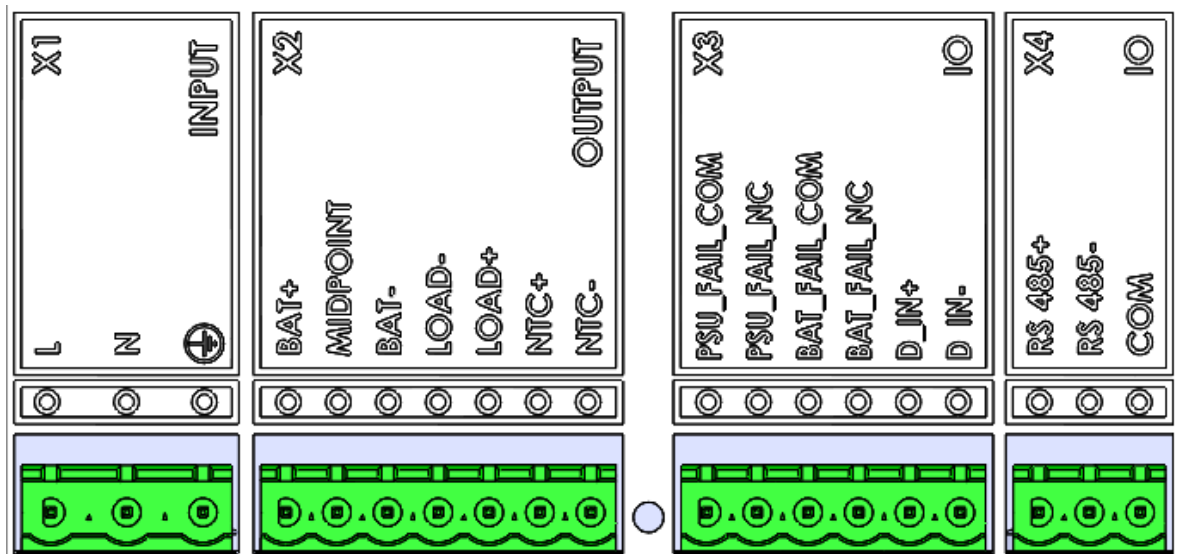
Taulukko 3 esittelee toiminnallisen testauksen vaiheita. Laitteen normaali käyttöjännite on kytkettynä toiminnallisen testin aikana. Laitte ohjataan testi-tilaan tiedonsiirtoväylän komennolla, jolloin haluttuja testitoimintoja voidaan ohjata komennoin. Viiritystoimenpiteillä laitteen suorituskyky säädetään käyttöön sopivaksi. Esimerkiksi virran mittaus ja jännitteen mittaus säädetään näyttämään oikein kalibroiduilla, vertailumittalaitteina toimivilla, virta- ja jännitelähteillä. Toiminnallisuuden testeillä varmistetaan, että laitteen ulostulo vastaa teholähteen spesifikaatiota. Esimerkiksi, kun rele on saanut ohjauksen ja koskettimien tila on asettunut tai lähtöjännite haluttu tai kuormaregulointi on vaadituissa rajoissa.

Taulukko 3. Toiminnallinen testaus.

Luokka	Testi		Rajapinta
AC-syöttö	Kytke jännite	AC	X1-1(L) X1-2(N)
Sarjaliikenne	Tunnista ACK	BUS	X4-2 (-) X4-1(+)
Lähtöjännite	Aseta lähtöjännite	DC	
	Kytke akkulähtö	BUS	X2-1(+) X2-3(-)
	Mittaa akkulähdön jännite	DC	
	Mittaa kuormalähdön jännite	DC	
	Kytke kuormalähtö	BUS	X2-5(+) X2-4(-)
	Mittaa kuormalähdön jännite	DC	
Virtamittauksen viritys, silmukka	Aseta vakiovirtakuorma akkulähtöön	DC	X2-1(+) X2-3(-)
	Aseta virran kalibrointipisteen arvo		
	Aseta vakiovirtakuorma kuormalähtöön	DC	X2-5(+) X2-4(-)
	Aseta virran virityspisteen arvo		
Jännitemittauksen viritys, silmukka	Aseta resistiivinen kuorma akkulähtöön	DC	
	Aseta jännitteen virityspisteen arvo	BUS	X2-1(+) X2-3(-)
	Mittaa akkulähdön jännite	DC	
	Säädä	BUS	
Herätegeneraattori	Aseta resistiivinen kuorma akkulähtöön	DC	X2-1(+) X2-3(-)
	Käynnistä laitteen heräte	BUS	
	Aktivoi laitteen liipaisu	BUS	X400-2
	Mittaa akkulähdön jännite	AC	X2-1(+) X2-3(-)
	Mittaa akkulähdön virta	AC	
	Mittaa taajuus	AC	
Heräteviritys	Aseta akkulähdön jännitetaso	COM	
	Käynnistä laitteen AC-mittaus	COM	
	Käynnistä signaaligeneraattori	EXT	X2-1(+) X2-3(-)
	Synkronoi signaaligeneraattori	EXT	X400-2
	Lue AC-jännite	BUS	
Syöttöjännitereguloinnin silmukka	Aseta tulojännite	AC	X1-1(L) X1-2(N)
	Mittaa lähtöjännite	DC	X2-1(+) X2-3(-)
Kuormareguloinnin silmukka	Aseta kuorma	DC	
	Mittaa lähtöjännite	DC	X2-5(+) X2-4(-)
	Mittaa lähtöteho	VA	
	Mittaa tuloteho	VA	X1-1(L) X1-2(N)
	Laske hyötysuhde	%	
	Laske kuormaregulointi	%	

8 LIITTIMIEN VALINTA TESTAUSADAPTERIIN

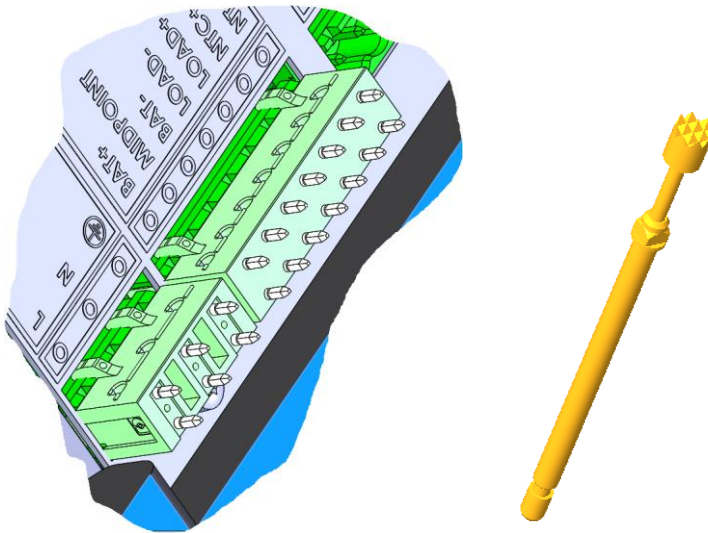
Teholähteen etupaneelin liitinrajapinnoissa X1, X2, X3 ja X4 on käytetty Phoenix MSTB piirilevyliittimiä, jotka ovat nimellisvirraltaan 12 A (Kuvio 12). Liittimet ovat johtimiltaan tinapinnoitteista kupariseosta. Vastaliittimiksi testausadapterista laitteen liittimiin X1 ja X2 valittiin kuvion 13 mukainen Phoenix ICV, joka on myöskin piirilevyliitin vastaavin ominaisuuksin. Valmistajan ilmoituksen mukaan liitinresistanssi liitinparille on 1,5 m Ω johdinpoikkipinta-alan ollessa 2,5 mm².



Kuvio 12. Etupaneelin liityntärajoitukset.

Liitinparin käyttämisen etuna on suuri virran kesto, pieni liitinresistanssi ja sen vähäinen muutos sadan kytkentä ja irrotuskerran jälkeen. Valmistajan ilmoittama liitinresistanssi on tällöin 2,0 m Ω . Liittimen kytkeminen paikoilleen vaatii voimaan noin 5 N ja irrottaminen noin 4 N liitin-napaa kohti. Esimerkiksi seitsemän napaisen liittimen kytkemiseksi paikoilleen tarvitaan voimaa noin 35 N ja irrottamiseksi noin 28 N.

Vaihtoehtona harkittiin käyttää suurivirtakestoisia testausneuloja, joidenka etuina olisivat suuri kytkentä ja irrotuskertojen määrä verrattuna liitinpariin, kytkemiseksi tarvittava pieni voima 1,5 N ja joustava kohdistaminen. Haittana on testausneulan ja liitin-navan kontaktipinnan muodostama pieni pinta-ala. Testausneulan tyypillinen resistanssi on noin 20 m Ω . Liittimissä X3 ja X4 soveltuu kuviossa 13 esitetyn testausneulan käyttäminen hyvin, koska liittimen navan kautta kulkevat virrat ovat hyvin pienet ja näin ollen myös rajoituksen häviöt.



Kuvio 13. Liityntöihin valitut vastaliitin ja testausneula.

Liitinresistanssi testattiin mittaamalla käyttäen 10 A virtaa edellä mainitun laiteliittimen ja vastaliittimen liitosrajapinnan läpi (Kuvio 14). Vertaileva mittaus suoritettiin samoilla arvoilla laiteliittimen ja testausneulan muodostaman liitosrajapinnan läpi. Mittalaitteena käytettiin Vitrek V74 sähköturvallisuuden mittalaitetta. Mittalaitteen mittausjohtimien resistanssi mitattiin ensin kytkemällä mittausjohtimien liittimet yhteen ja saatu mittaustuloksen arvo syötettiin johtimien kompensointiarvoksi mittalaitteen muistiin.



Kuvio 14. Liitinresistanssin mittaus laiteliittimen ja vastaliittimen rajapinnasta.

Taulukko 4. Liitinresistanssien mittaustulokset käytettäessä 10 A virtaa.

Liitos	Liitinresistanssi mΩ	
	mitattu	ilmoitettu
Liitin Phoenix MSTB 2,5/7-G-5,08 ja Liitin Phoenix ICV 2,5 HC/7-G-5,08	1,8	2,0
Liitin Phoenix MSTB 2,5/7-G-5,08 ja Testausneula Ingun GSK-100 306 130 A 1500	14,6	20

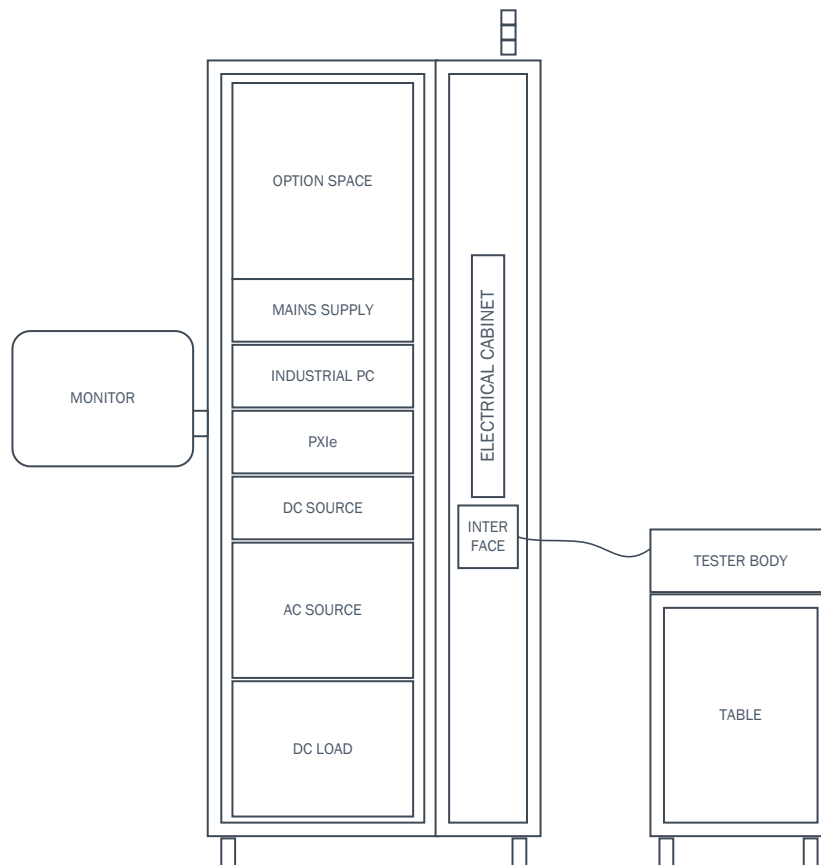
Mittaustuloksista voitiin todeta, että ne noudattivat kohtalaisen hyvin valmistajan antamia arvoja liitin-liitin liitoksen osalta (Taulukko 4). Liitoksen resistanssi on suurempi testausneulaa käytettäessä, tällöin 10 A virralla jännitehäviö liitoksen rajapinnassa muodostuu suuremmaksi kuin liitinparin. Liitoksessa resistanssi aiheuttaa kuormitusvirran neliöön verrannollisen tehon. Teho lämmittää liitosta ja lämpötilan muutos edelleen muuttaa materiaalin johteen resistiivisyyden arvoa.

Liittimistä mittausjärjestelmään liitettävien virtajohtimien pinta-alaksi valittiin 2,5 mm². Virtajohtimien pinta-alaa kasvattamalla ja pituutta optimoimalla voidaan pienentää niissä syntyvää häviötehoa. Koska liittimessä kontaktipinnat kuluvat ja kytkentäkertojen ollessa noin 1000, tulee huoltoimenpiteenä liittimet vaihtaa. Kytkentäkertojen kasvaessa kosketusvoima liittimessä pienenee ja liitinresistanssi kasvaa. Tuotteen lopputestaustuloksista tulisi seurata kulumisen aiheuttamaa muutosta mittaustuloksissa. Riippuen muutoksen suunnasta ja suuruudesta huolto-ohjetta tulee päivittää. Mittauksissa tulee käyttää, jos mahdollista, nelijohdinkytkentää. Virtajohtimet on hyvä pitää mahdollisimman lyhyinä ja johtimien pinta-ala suurena.

9 MEKANIIKAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Testausjärjestelmän mittalaitteet, ohjelmistosovellus, testauspöydän mekaniikka ja runko olivat tätä työtä aloitettaessa olemassa ja käytössä muille tuotteille. Testausadapterin kokoonpanon suunnittelun lähtökohtana oli tuotekohtainen mekaniikka nykyiseen testausjärjestelmään. Mekaniikan mallintamiseen käytettiin parametrissa SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmistoa. Ohjelmistoa käytetään hyvin erilaisien koneiden, laitteiden tai jonkin muun yksittäisen kappaleen suunnittelussa.

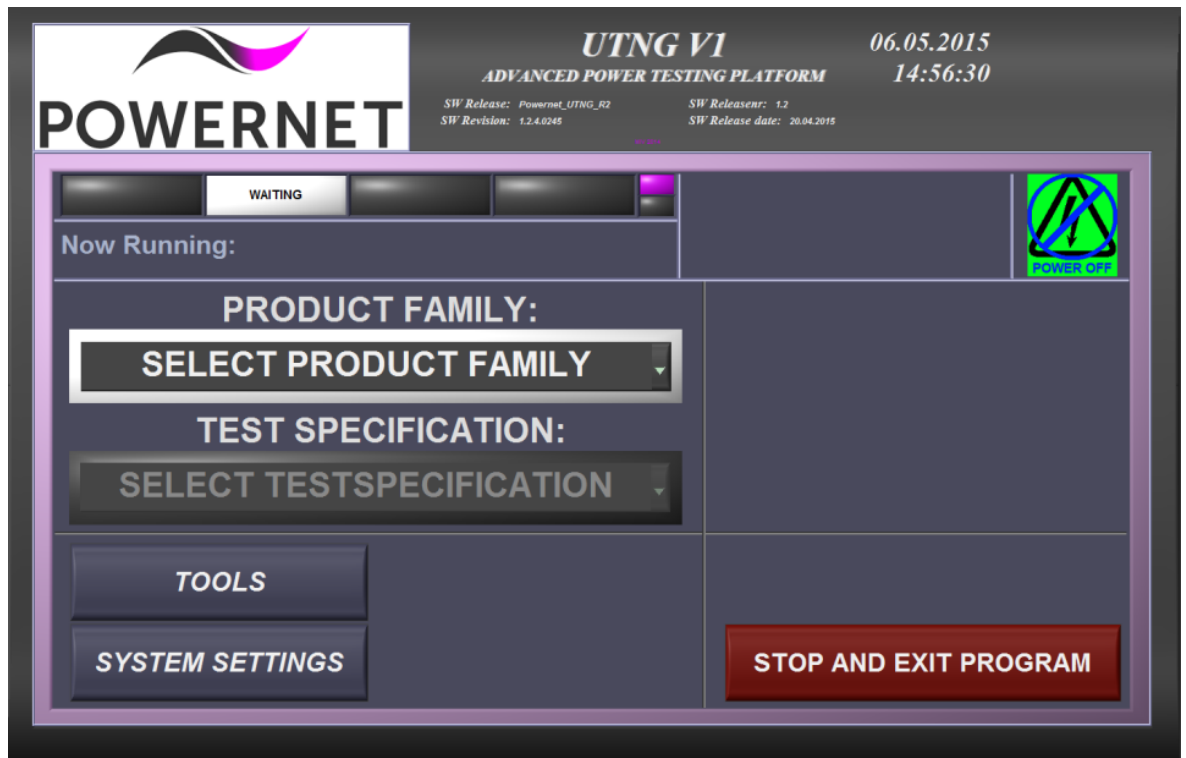
Testausjärjestelmän elektroniset mittalaitteet muodostuvat AC-teholähteestä, DC-teholähteistä, DC-kuormasta ja jännitemittareista.



Kuvio 15. Mittalaitteiden sijoittelu liikuteltavaan ohjauskaappiin.

Mittalaitteet ja ohjauskomponentit ovat sijoitettu liikuteltavaan ohjauskaappiin (Kuvio 15). Järjestelmän tulo- ja lähtöjännitteet ovat reititetty releiden avulla ja tarvittavat signaalit kytkettävissä I/O-korttien kautta. Nämä, tiedonsiirto ja ohjelmointiväylä liittyvät fyysisesti tuotekohtaisen adapterin kautta testattavaan tuotteeseen.

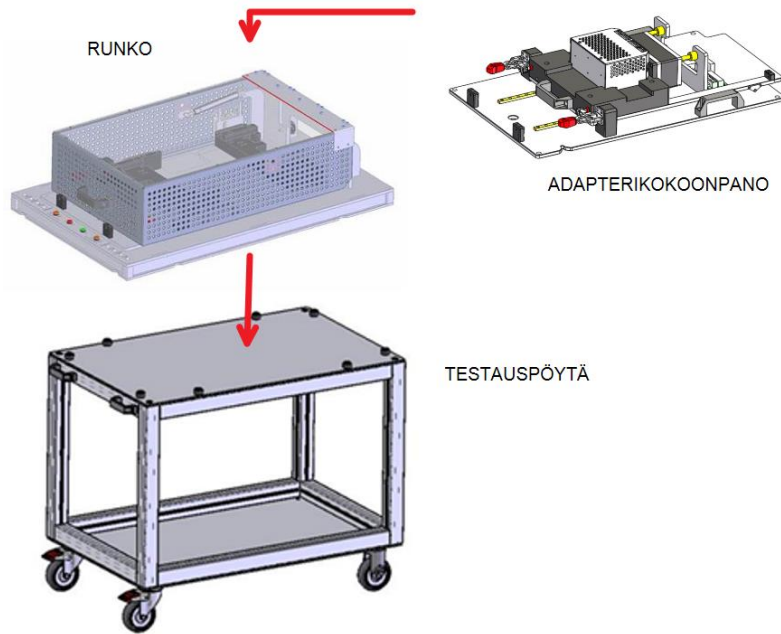
LabView-ohjelmistosovelluksella ohjataan järjestelmän logiikkaa ja toteutetaan tuotteen testaus-suunnitelman mukaiset sekvenssit (Kuvio 16). Testaustulokset tallentuvat tuotteen tunnistekohtaisesti raportointia ja myöhempää analysointia varten.



Kuvio 16. Testausjärjestelmän LabView-ohjelmistosovelluksen käyttöliittymä.

9.1 Testauspöytä ja -runko

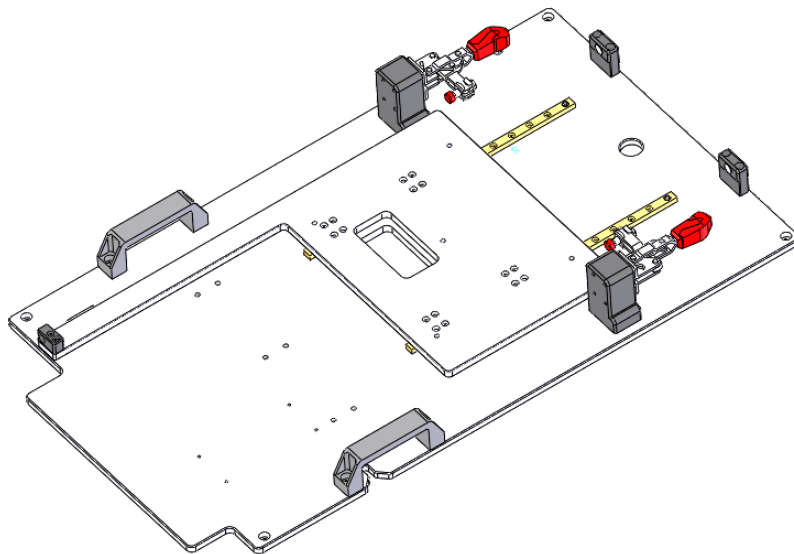
Tuotekohtainen testausadapterin kokoonpano asennetaan ja kohdistetaan testauspöydän päälle kiinteästi asennettuihin testerirungon kohdistustappeihin (Kuvio 17). Rungossa on saranoitu rei'itetystä ohutlevystä valmistettu kansi. Kansin kattaen täysin testattavan olevan laitteen. Kokoonpanon kelkan liikerajan tunnistava anturointi, käyttötoiminpiteiden painonapit ja merkkivalot sijaitsevat rungossa etureunassa. Rungon käyttötoimenpiteiden tarvitsemat ohjausjohtimet liitetään mittalaitekaapissa olevaan I/O-korttiin. Profiilirunkoisen testauspöydän alla on kiinteät ja kääntyvät pyörät.



Kuvio 17. Tuotekohtaisen testausadapterikokoonpanon sijoittelu.

9.2 Tuotealustakelkka ja pohjalevy

Pohjalevyosan ja kelkkaosan lähtökohdaksi valittiin mahdollisimman paljon mitoitetaan saman kokoiselle tuotteelle jo suunniteltu pohjalevyn mekaniikka ja tuoterakenne. Näin voitiin hyödyntää pohjalevyyn ja kelkkaan kiinnittyvät laakeroidut lineaarijohteet samoin kuin kelkan liikkeen rajaavat stopparit mitoituksineen (Kuvio 18).

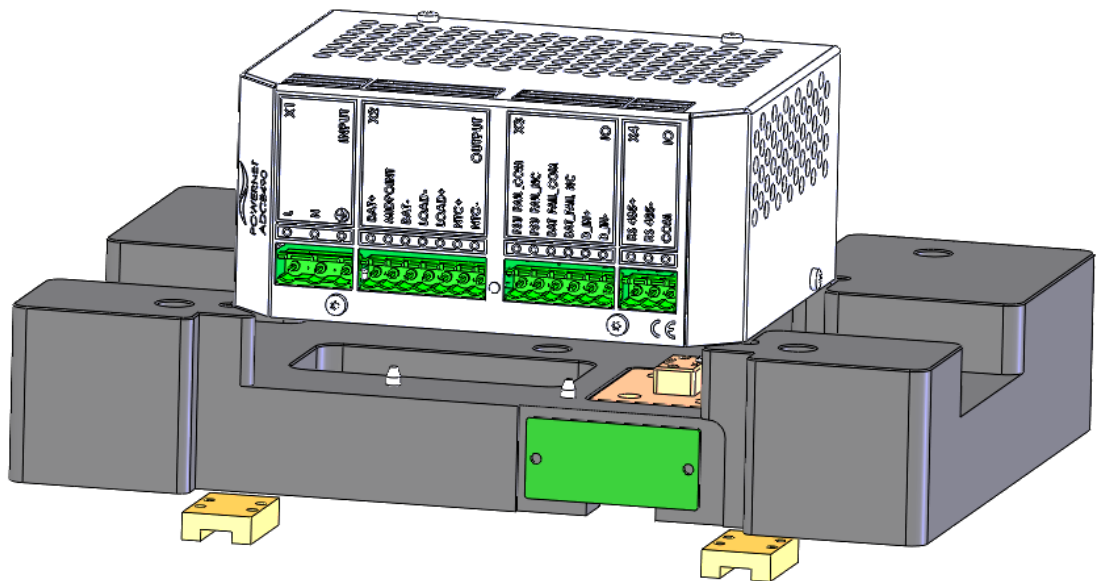


Kuvio 18. Pohjalevyosa ja kelkkaosa koottuna.

Pohjalevyyn ja kelkkaosaan lisättiin aukko viivakodinlukijan lukusäteelle. Testattavan tuotteen pohjaan kiinnitetään valmistusvaiheessa viivakooditunniste, jonka testausjärjestelmä lukee testausvaiheen alussa. Runko-osaa muutettiin myös siten, että rungon sisään asennettiin viivakodinlukija ja rungon kanteen aukko vastaavalle kohdalle kuin pohjalevyosassa.

9.3 Tuotealusta ja tuote

Tuotealustan tuli kiinnittyä kelkkaan ruuvein ja oltava tarvittaessa helposti irrotettavissa. Koska testattava tuote ei ollut kovinkaan korkea ja etäisyys rungon suojakan-teen oli riittävä, voitiin alustan materiaalin raaka-ainevahvuudeksi valita hyvin saatavilla oleva materiaalivahvuus. Tavoitteena oli alustaosa, joka olisi yhtenä koneis-tettuna kappaleena (Kuvio 19).



Kuvio 19. Tuotealustaosa ja testattava tuote.

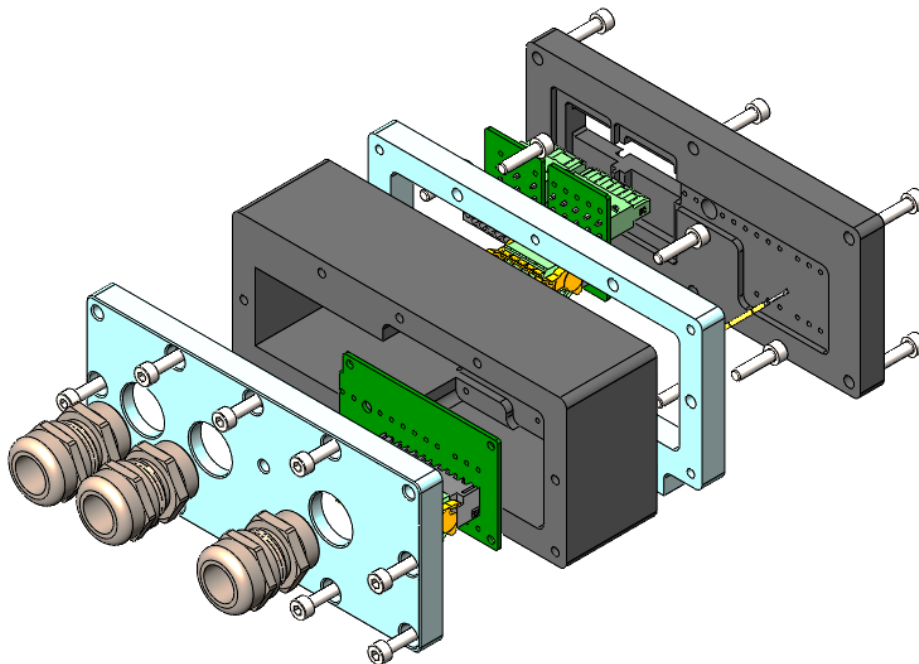
Tuotteen tuli asemoitua alustalle siten, että kelkan siirtyessä lineaarijohtimia myöten kytkentäkohtaan, liittimet muodostavat luotettavan kontaktin testausadapteriin. Teholähteen pohjalevyyn lisättiin reiät kohdistustapeille, joiden tarkoitus oli asemoida tuote alustaosaan oikealle kohdalle.

Kohdistusrei'istä toinen tehtiin ovaalin muotoiseksi, jotta tuotteen asennuksen tai irrotuksen aikana sallittaisiin poikkeama kohtisuoruudessa alustaan nähden ja välttäisiin takertumiselta kohdistustappeihin. Tuotealustaosa kiinnitettiin kelkkaan ruuvein, jotta se voidaan tarvittaessa vaihtaa.

9.4 Adapteri

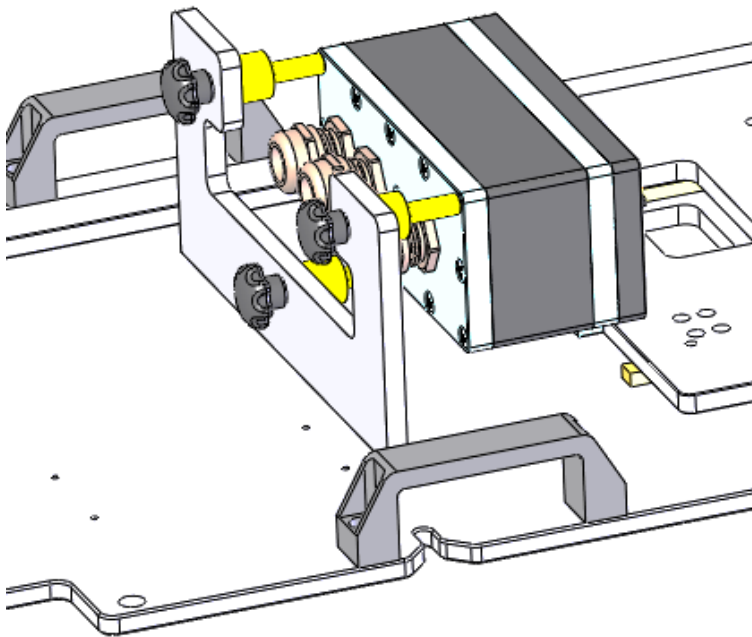
Testattava tuote liitettiin testausjärjestelmään adapterin liitinrajapinnan kautta. Liitoksiin, joissa kuljetetaan tehoa, valittiin liittintyyppinen kytkentä. Pienivirtaisiin liitoksiin käytettiin testausneuloilla toteutettua kytkentää. Valitsemalla liittimien ja testi-neulojen yhdistelmä, voitiin minimoida liittimissä syntyvä tehohäviö ja pienentää kytkentään ja irrotukseen tarvittavaa voimaa.

Liittimet ja testausneulat kiinnitettiin tinajuotoksella omiin erillisiin piirilevyihin, jotka sijoitettiin kosketukselta suojaan adapterin sisään. Liitinpiirilevyä ei kiinnitetty kiinteästi vaan ne saivat liikkua pienen, noin 1 mm, välyksen turvin mekaniikan sisällä. Välyys mahdollisti paremmin adapterin liittimien ja testattavan tuotteen liittimien mekaanisen kohdistumisen.



Kuvio 20. Adapterin osakokoonpano.

Mekaniikka suunniteltiin lohkomaiseksi, muovi- ja metallimateriaaleista koostuvaksi, kerrosrakenteeksi (Kuvio 20). Lohkot kiinnitettiin toisiinsa ruuvein huoltotoimien helpottamiseksi. Irrotettavien etu- ja takaosien ansiosta testineulojen ja liitinpiirilevyjen vaihtaminen tulisi näin olla helppoa. Piirilevyihin sijoitettiin irrotettavat liittimet mittalaitteille kytkettäville mittausjohtimille. Johtimien vedonpoistajana toimii takakanteen sijoitetut kolme M20 x 1,5 kierteellä olevaa läpivientiholkkia. Korkeuden hienosäätöä varten adapterin alle etummaiseen metallilohkoon varattiin säätöruuveille paikka.



Kuvio 21. Adapterikokoonpanon kiinnitys pohjalevyyn.

Kokoonpanon kiinnittämiseksi käytettiin kolmea sormiruuvia, jotka kierrettiin levyn läpi messingistä valmistettuihin tukiholkkeihin (Kuvio 21). Adapteri voidaan näin tarvittaessa irrottaa johtimineen tuotealustasta. Sormiruuvien kiinnityksen läpivientireikä tehtiin reilusti suuremmaksi, jotta tarvittavalle kohdistamiselle olisi liikkumavaraa. Tukiholkin leveämpään osaan upotettiin O-rengas, jonka tarkoituksena oli vastaanottaa ja vaimentaa iskuja sekä tuoda joustavuutta adapterin keskittämisessä tuotteeseen.

9.5 Materiaalit

Laitealustassa ja adapterissa käytettiin teknistä POM-C polyasetaalimuovia, jonka ominaisuuksia ovat:

- ominaispaino $1,42 \text{ g/cm}^3$
- käyttölämpötila-alue $-50 \dots +100 \text{ }^\circ\text{C}$
- yhdistettynä kovuus, jäykkyys sekä venyvyys
- vetolujuus 68 N/mm^2
- vähäinen kylmäviruminen
- hyvät kitka- ja liukuominaisuudet kitkakerroin $\mu = 0,2$
- hyvä muotostabiilitteetti
- ominaispiirteenä hyvä eristyskyky ja läpilyöntilujuus suuri
- voidaan työstää koneistamalla.

Materiaalia on saatavana levyinä, tankoina, putkina, mustana ja luonnonvärisenä. Saatavana on myös POM-C ESD90 antistaattista polyasetaalimuovia, jonka tekniset ominaisuudet vastaavat puhtaan POM-C:n ominaisuuksia.

Pohjalevyn ja adapterin metalliosien materiaalina käytettiin alumiinilevyä. Koneistuksen jälkeen alumiiniosien pintakäsittelyksi haluttiin anodisointi. Anodisoitu pinta on kova ja kulutusta kestävä. Anodisointi parantaa myös kappaleiden ulkonäköä ja pinta on helpompi pitää puhtaana. Nosto- ja vetokahvoiksi sekä lukitusmekaniikaksi valittiin hyvin yleisesti saatavilla olevia kaupallisia komponentteja.

9.6 Valmistuksen tilaaminen

Kokoonpanon osien valmistamisesta lähetettiin tarjouspyyntö Saloteam Oy:lle. Mallinnetun pääkokoonpanon tiedostot toimitettiin erikseen laskentaa ja valmistussuunnitelmaa varten. Tiedostohakemistosta poistettiin kaikki tarpeettomat osat ja kokoonpanot. Kaikilla osilla ja kokoonpanoilla sovittiin olevan minimissään täytetty osan nimitys kenttä. CAD-mallien geometriatiedoista osien valmistaja generoi CAM-ohjelmistolla työstökoneiden liikeradat.

Tiedostot päätettiin lähettää natiivina CAD-formaattina STEP-formaatin sijaan, koska heillä oli käytössä myöskin SolidWorks-suunnitteluohjelmisto ja yhteistyön nimissä se oli tässä tapauksessa joustavinta. Osista ei tehty erikseen 2D-mitoituspiirrustuksia. Ilman toleranssimerkintää oleville pituus- ja kulmamitoille käytettiin yleis-toleranssiluokkaa ISO 2768-m (Taulukko 5) ja suoruudelle ja tasomaisuudelle ISO 2768-K (Taulukko 6).

Taulukko 6. Pituusmittojen sallitut poikkeamat (SFS-EN ISO 22768-1:1993).

Toleranssiluokka		Sallitut poikkeamat nimellismita-alueella							
		> 0,5 ¹⁾ ≤ 3	> 3 ≤ 6	> 6 ≤ 30	> 30 ≤ 120	> 120 ≤ 400	> 400 ≤ 1 000	> 1 000 ≤ 2 000	> 2 000 ≤ 4 000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

¹⁾ Nimellismitoille < 0,5 mm, eromitat tulee merkitä vastaavan nimellismitan viereen.

Taulukko 7. Suoruuden ja tasomaisuuden yleistoleranssit (SFS-EN ISO 22768-2:1993).

Toleranssiluokka	Suoruus- ja tasomaisuustoleranssit nimellispituus-alueilla					
	≤ 10	> 10 ≤ 30	> 30 ≤ 100	> 100 ≤ 300	> 300 ≤ 1000	> 1000 ≤ 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

Ennen kaikkien tiedostojen siirtämistä Pack and Go -komennolla yhteen kansioon varmistettiin, ettei niissä ole virheilmoituksia tai varoituksia. Pakatun tiedostohakemiston koko muodostui kohtalaisen suureksi välittää tarjouspyynnön mukana sähköpostin liitteenä. Avuksi otettiin tiedostonjako- ja synkronointipalveluita tarjoava Dropbox, jonka kautta tiedostohakemisto jaettiin.

10 POHDINTA TYÖN KULUSTA JA ONNISTUMISESTA

Työssä keskityttiin teholähteen testaamisen rajapintoihin ja mekaniikkaan, joiden kautta tuote liittyy testausjärjestelmään. Taustalla testauksen toimintatapoihin, mittaukseseen ja analysointiin, joilla valmistaja voi osoittaa tuotteen ominaisuuksien ja vaatimuksien täyttymisen.

Toiminnallisten vaatimuksien huomioiminen sähköisissä liitoksissa toteutui mekaniikan suunnitelmissa valitsemalla tehohäviöiden minimoimiseksi virtajohtimiin liitin ja signaalijohtimiin kruunupäinen testausneula.

Taulukko 8. Mitatut liitinresistanssit.

Johtimet	Liitospari	Mitattu liitinresistanssi $m\Omega$
Virta	Liitin - Liitin	1,8
Signaali	Testausneula - Liitin	14,6

Valinnan perusteena oli liitoksen resistanssi, joka voitiin havaita jo valmistajan antamista tiedoista, mutta todettiin myös mittauksin (Taulukko 7). Valinta vaikutti testausadapterin suunnitteluun siten, että liittimen kiinnityksestä tulisi välyksellinen. Toisin sanoen liittimien sallitaan liikkua, sillä kohdistaminen tuotteeseen tapahtuu jokaisella kerralla hieman eri lailla. Testausneulat sijoitettiin sen sijaan kiinteästi ja niiden kohdistukseen liikkumavara toteutettiin suuremmilla neulojen ohjausrei'illä ja adapterin joustavalla kiinnityksellä. Teholähteen pohjalevyyn ehdotettiin lisättäväksi reiät kohdistustapeille, joiden tarkoitus oli asemoida teholähde alustaosaan oikealle kohdalle. Olemassa olevaa testerirungon mekaniikkaa muutettiin siten, että sen sisään asennettiin viivakoodinlukija.

Yhtenä tavoitteena työaikataulussa oli valmistaa ja koota osat valmiiksi testerimekaniikaksi. Asiakasprojektin aikataulu muuttui suunnitellusta, mutta todettakoon sen kuitenkin toteutuvan. Muutos tässä aikataulutuksessa lykkäsi testerimekaniikan sekä mittalaitteiden hankintojen aloittamista ja käyttöönottoa. Kokoonpanon mekaanisten osien valmistajalle ja mittalaitteiden toimittajille lähetettiin tarjouspyynnöt, joista osin saatiin hyväksyttävät tarjoukset.

Työn tuloksena syntyneitä ratkaisuja voidaan ottaa käyttöön sellaisenaan tai soveltaa uusissa tuotekehitysprojekteissa. Jatkossa tulee kuitenkin edetä hallituissa ja näkyvissä palasissa. Testausjärjestelmän rakenne ja dokumentit ovat syötettävä tuotetiedonhallintajärjestelmään, lisäksi tulevia jatkotoimenpiteitä ovat

- mekaniikan katselmointi, tilaaminen ja kokoonpano
- kytkentäkaavioiden tekeminen sähköisille osille
- johtimien asentaminen ja kytkeminen testausjärjestelmään
- käyttöohjeiden tekeminen.

Suosittelavaa on, että testausjärjestelmän toistokyky todennetaan ennen tuotantoon siirtoa ja toistetaan tuotteen ensimmäisen valmistuserän näytteillä, sillä lopputuloksena syntyneen välineen käytöllä pyritään jatkuvan hyödyn saavuttamiseen ja osoittamiseen. Käyttöönoton jälkeen testausjärjestelmän toistokykyä tulisi seurata järjestelmällisesti säännöllisin väliajoin.

Tämän lopputyöni aikana opin tiedostamaan testausvälineiden moninaisuuden ja kuvaamaan testiautomaation toteutuksen suhteen realistisia odotuksia. Kykenen selkeämmin arvioimaan omia valintojani hyötyjen ja kustannusten suhteen. Sain mahdollisuuden perehtyä itselleni uuteen mallinnustyökaluun ja sen ominaisuuksien käyttöön. Mielenkiintoni tilastollisten menetelmien käyttöä ja hyödyntämistä kohtaan kasvoi monin verroin. Lähimpinä yhteistyötahoina työni aikana olivat tuotekehityksessä suunnittelija-kollegat ja työyhteisössä työskentelevät, työni ohjaaja, sekä mekaniikan valmistuksen yhteistyöyritys.

LÄHTEET

- Björk, T. & Hautala P. 2014. Koneenosien suunnittelu. 6. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Gedeon, M. 2009. The Importance of Contact Force. [Verkkolehtiartikkeli]. Cleveland: Brush Wellman Inc. [Viitattu 18.2.2017]. Saatavana: <https://mation.com/~media/Files/PDFs/Alloy/Newsletters/Technical%20Tidbits/Issue%20No%2006%20-%20The%20Importance%20of%20Contact%20Force.pdf>
- Hedman, A. 2007. Tietokannan ja analysointityökalujen kehittäminen piirikorttien tuotantotestereille prosessinparannustarkoitukseen. Helsinki University of Technology: Sähkö- ja tietoliikennetekniikka. Diplomityö. [Viitattu 22.4.2017]. Saatavana: <http://lib.tkk.fi/Dipl/2007/urn009925.pdf>
- Hiltunen, E. & Linko, L. & Hemminki, S & Hägg, M. & Järvenpää, E. & Saarinen, P. & Simonen, S. & Kärhä, P. (toim.) 2011. [Verkkolehtiartikkeli]. Laadukkaan mitaamisen perusteet. Espoo: Metrologian neuvottelukunta. [Viitattu 23.4.2017] Saatavana: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/MIKES/2011-J4.pdf>
- Mittalaitteiden kalibrointi. 2017. [Verkkosivu]. Helsinki: Inspecta Oy. [Viitattu 14.2.2017]. Saatavana: <http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Testaus/Mittauslaitteiden-kalibrointi/?id=>
- Mittaustekniikan perusteet luento. 2014. [Verkkosivu]. Espoo: Aalto-yliopisto. [Viitattu 14.2.2017]. Saatavana: <http://metrology.tkk.fi/courses/s108-195/Luento6.pdf>
- Mroczkowski, R., Jugy, R. & Gerfer, A. 2012. Trilogy of connectors: Basic principles and connectors design explanations. 2nd Edition. Waldenburg: Wurth Elektronik eiSos GmbH & Co.
- PCB connectors. 2017. [Verkkosivu]. PA: Phoenix Contact. [Viitattu 14.2.2017]. Saatavana: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?uri=pxc-oc-item-detail:pid=1759062>
- Powernet Oy. Yrityksen sisäiset asiakirjat.
- SFS-EN 60204-1. 1993. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteet. Osa1. Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-EN 60950-1. 2002. Tietotekniikan laitteet. Turvallisuus. Osa 1. Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Standardi tutuksi. 2017. [Verkkosivu]. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. [Viitattu 8.1.2017]. Saatavana: http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi

Valtanen, E. 2009. Tekniikan taulukkokirja. 17. painos. Helsinki: Genesis-Kirjat Oy.

Virtala, P. 2015. [Verkkosivu]. Vertailutestien tulosten tulkinta. Destia. [Viitattu 22.4.2017]. Saatavana: <http://pank.fi/file/859/virtala.pdf>

LIITTEET

Liite 1. Smart Battery Charger Platform

Liite 2. Laitteen liitynnät

LIITE 1 Smart Battery Charger Platform



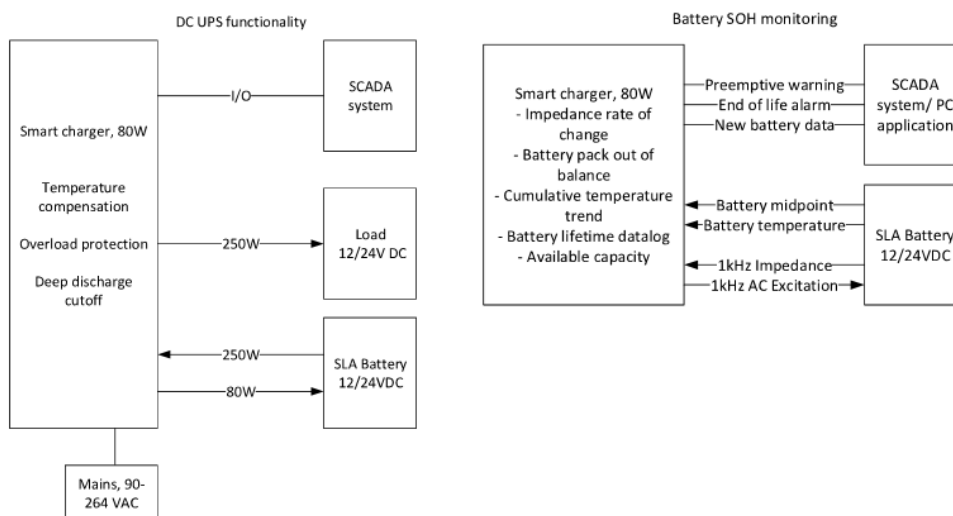
DATASHEET

SMART BATTERY CHARGER 80W SERIES

Battery charger and DC UPS 12/24 DC



- 24VDC systems, 12VDC optional • For Building-in installations • Dedicated battery and load terminals • Continuous SLA battery impedance monitoring for State-Of-Health estimate
- RS-485 Modbus interface for commissioning and remote control • 2 digital outputs for remote alarms, 1 digital input •
- Temperature compensation • Deep discharge prevention • Combined output current up to 12A, transients up to 50A • Deep discharge prevention • PC tool for remote monitoring, commissioning and firmware updates •



INPUT

Input voltage range	90...264 VAC
Frequency	45...65Hz
Efficiency ($U_{in} = 230$ VAC, 100% load)	82% - 85%
Safety	EN 60950 Class 1
Isolation:	input / ground input / output output / ground
EMC	EN 55022 class A
Inrush-current	Limited by NTC-resistor
Overvoltages	Protected by 72J VDR-resistor
Input fuse	T3A12
Approvals	CE-marking

OUTPUT

	12 V	24 V
Float Charging voltage (at 20°C)	13.65 V	27.3 V
Output adjustment (software controlled)	8...15 V	16...30 V
Ripple voltage ($f = 20$ Hz...300kHz, $T_{amb} = 25$ °C)	<60mV _{rms}	<60mV _{rms}
Load regulation ($I_{out} = 10$...100%)	± 1 %	± 0.5 %
Line regulation (U_{inmin} ... U_{inmax})	± 0.1 %	± 0.1 %
Output current at float charging voltage	5.86 A	2.9 A
Current limit, charger/ battery	6.8 A/ 12 A	3.4 A/ 12 A

BATTERY BACK-UP

	12 V	24 V
Battery capacity	up to 24Ah	up to 24Ah
Battery types	Sealed Lead Acid battery	Sealed Lead Acid battery
Temperature compensation for battery	NTC-resistor 10k	NTC-resistor 10k

INDICATIONS AND DIGITAL IO

Charger OK	Green LED is on
Relay 1 (configurable functionality)	Potential free open and closing relay contacts; Relay 24VDC/0.3A or 30VAC/0.5A
Relay 2 (configurable functionality)	Potential free open and closing relay contacts; Relay 24VDC/0.3A or 30VAC/0.5A
Digital input (configurable functionality)	Potential free optocoupler input; 24VDC
RS-485 serial port	Isolated 2-wire half duplex, external biasing and termination.

MECHANICS

Dimensions	66 x 148 x 113 [W x H x D mm]
Mounting	DIN rail with supplied clips
Weight	660g
Color	Black with white markings
Enclosure	Steel/ aluminium case IP21

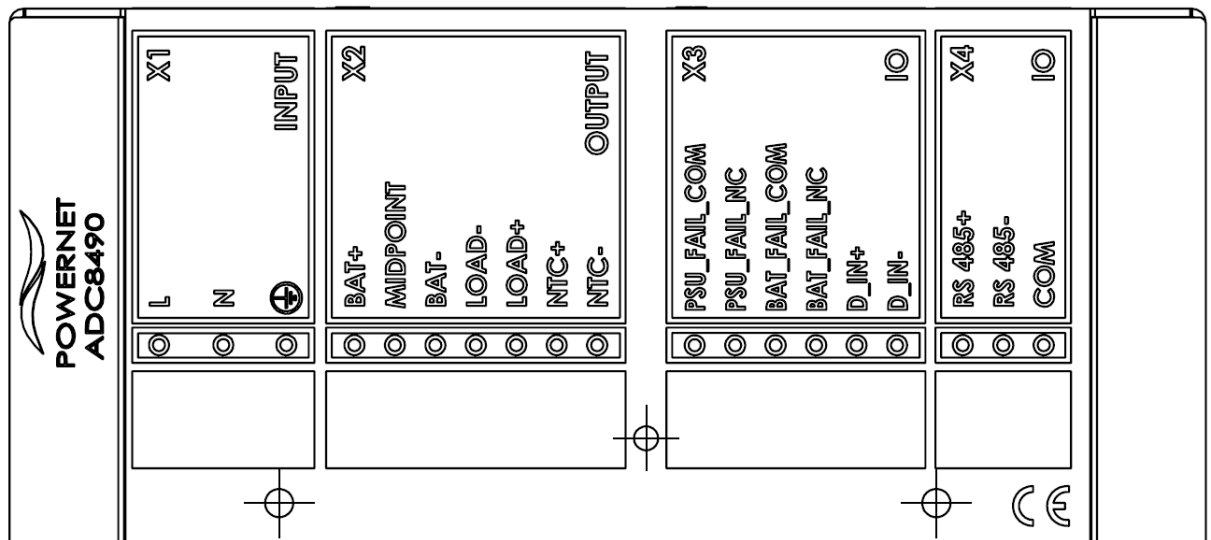
ENVIRONMENTAL

Operation temperature	-40°C...+70 °C, charger power derated above +55 °C Battery specific temperature limits adjustable from commissioning application
Humidity	95% RH IEC68-2-30
Ventilation	Natural convection

CONNECTORS

X1 Mains	2.5mm ² 3-pole screw terminal
X2 DC power	2.5 mm ² 7-pole screw terminal
X3 Digital IO	2.5 mm ² 6-pole screw terminal
X4 Serial bus	2.5 mm ² 3-pole screw terminal
	Temperature sensor (400mm) included in package

LIITE 2. Laitteen liitännät



Parameter	Value/range	Note
Input connector X1 (AC)	Phoenix GMSTB 2,5/ 3-G-7,62	Mating connector: Phoenix Contact GMSTB2.5/3-ST-7.62 Max. cable cross section 2.5 mm ²
Output connector X2 (DC)	Phoenix MSTB 2,5/ 7-G-5,08	Mating connector: MSTB2.5/7-ST-5,08 Max. cable cross section 2.5 mm ²
IO connector X3	Phoenix MSTB 2,5/ 6-G-5,08	Mating connector: MSTB2.5/6-ST-5,08 Max.cable cross section 2,5 mm ²
IO connector X4	Phoenix MSTB 2,5/ 3-G-5,08	Mating connector: MSTB2.5/3-ST-5,08 Max.cable cross section 2,5 mm ²

Pin-out X1

Parameter	Label	Value/range	Type	Note
AC-input	L	115/ 230 V _{AC}	Input	
AC-input	N	Neutral	Input	
Protective earth	⊕	Protective earth	Input	

Pin-out X2

Parameter	Label	Value/range	Type	Note
Battery pack +	BAT+	24 V _{DC}	Input/Output	
Battery pack midpoint	MIDPOINT	12 V _{DC}	Input	
Battery pack -	BAT-	GND	Common	
Load -	LOAD -	GND	Common	
Load +	LOAD +	24 V _{DC}	Output	
Temperature sensor +	NTC +	10kOhms at 20C	Input	Use specified temperature sensor.
Temperature sensor -	NTC -	GND	Common	

IO connector X3

Parameter	Label	Value/range	Type	Note
Status relay 1	PSU_FAIL_COM	common	Output	
Status relay 1	PSU_FAIL_NC	normally closed	Output	
Status relay 2	BAT_FAIL_COM	common	Output	
Status relay 2	BAT_FAIL_NC	normally closed	Output	
Digital input +	D_IN+	0....24V _{DC}	Input	
Digital input -	D_IN-	common to D_IN+	Input	

IO connector X4

Parameter	Label	Value/range	Type	Note
Differential data +	RS 485 +	+/-1.5V	Bi-directional data	Not terminated. Use external termination
Differential data -	RS 485 -	+/-1.5V	Bi-directional data	Not terminated. Use external termination
Data common	COM	common		Connect if applicable

LED status indicator

Led colour	Converter status
Green	Output is ON and no alarms are present
Blinking green	Battery test active
No colour	ADC8490 inactive or in power down mode.