



# Testiohjelman laatiminen automaattitesterille

Eeva Koivula

OPINNÄYTETYÖ  
Marraskuu 2023

Sähkövoima- ja automaatiotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkövoima- ja automaatiotekniikka

KOIVULA, EEVA:  
Testiohjelman laatiminen automaattitesterille

Opinnäytetyö 43 sivua, joista liitteitä 14 sivua  
Marraskuu 2023

---

Opinnäytetyössä otettiin käyttöön asiakkaan vaatimustenmukainen automaattitesteri ja luotiin personoituja testiohjelmia elektromekaanisille laitteille, jotka voidaan korvata tarvittaessa toisella samanlaisella yksilöllä. Elektromekaaninen laite on nimeltään Line Replaceable Unit (LRU). Ennen opinnäytetyön aloitusta automaattitesterille oli jo tehty päätason testijohdinsarjat ja automaattitesteri oltiin yleisellä tasolla otettu käyttöön. Tässä työssä käyttöönotto viimeisteltiin tekemällä LRU:ille laitekohtaisia testiohjelmia. Tämä opinnäytetyö rajattiin viiden LRU:n testiohjelman luomiseen.

Opinnäytetyön aiheenantaja oli Senop Oy. Yrityksellä on käytössä Cablesan series 90 HV -automaattitesteri, jota käytetään yhteensopivan Test Rite -sovelluksen kanssa. Työssä tutustuttiin kokonaisvaltaisesti automaattitesteriin ja suunniteltiin toimivia tapoja tehdä testiohjelmia. Työhön kuului LRU:n toiminnallisuuden, sähköisten komponenttien ja johdotuskaavioiden ymmärtäminen. Jokainen testiohjelma luotiin yksilöidysti ja testattiin tuotannossa. Opinnäytetyö pitää sisällään testijohdinsarjojen komponenttien tunnistamisen, komponenttien tilaamisen ja johdinsarjojen tilaamisen alihankkijalta. Testaustyön etenemisestä raportoitiin myös asiakkaalle.

Testaustyön alussa saatiin asiakkaalta alkuperehdytys automaattitesterin ohjelmointiin, minkä jälkeen ohjelmointityötä jatkettiin kahden henkilön työryhmässä. Suunnitteluun ja testiohjelmien käyttöönottoon osallistui lisäksi Senop Oy:n järjestelmäasiantuntija. Tulevaisuudessa automaattitesteriä on tarkoitus käyttää uusienkin LRU:iden testauksessa, joten testiohjelmien luominen jatkuu tulevaisuudessa.

---

Asiasanat: automaatiojärjestelmät, testaaminen, ohjelmointi

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering

KOIVULA, EEVA:  
Creating an Individual Test Program for an Automatic Wiring Tester

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 14 pages  
November 2023

---

This thesis was commissioned by Senop Oy. The purpose of thesis was to deploy the automatic wiring tester according to the customer's requirements and to develop an individual test program for each LRU (Line Replaceable Unit). Before starting the thesis, the automatic tester had been taken into use on a general level. This thesis work was limited to the creation of five LRU test programs.

Senop Oy uses a Cablesan series 90 HV automatic tester, which was used with the compatible Test Rite application. The work involved getting to know the automatic tester in a full-scale manner and designing functional ways of creating test programs. The work included understanding LRU functionality, electrical components and wiring diagrams. The work included identifying the components of test wiring harnesses, ordering components and ordering wiring harnesses from a subcontractor. The progress of the work was also reported to the customer.

At the beginning of the work, the customer provided initial orientation to the programming of the automatic wiring tester, after which the programming work continued in a two-person working group. In the future, the automatic tester will be used in testing new LRUs, so the creation of test programs will continue in the future.

---

Key words: automation systems, electrical testing, programming

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TYÖN TAUSTAA .....	7
2.1	Senop Oy .....	7
2.2	Asiakkaan vaatimukset testaamiselle.....	7
2.3	LRU-kohtaiset johtosarjat.....	10
3	TESTAUKSEN TAUSTAA .....	12
3.1	Automaattitestaus .....	12
3.2	Nyquistin teoreema .....	13
3.3	IEC 61340-5-1:2016 -standardi.....	13
4	TYÖN SUORITTAMINEN .....	15
4.1	Laite 1 .....	15
4.2	Laitteet 2 ja 3.....	17
4.3	Laite 4 .....	20
4.4	Laite 5 .....	22
4.5	ECO-muutokset.....	24
4.6	Testiohjelman käyttöönotto .....	25
4.7	Kehitystyön jatkaminen tulevaisuudessa.....	26
5	YHTEENVETO .....	27
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET .....	30
	Liite 1. Työohje automaattitesterin käytöstä.....	30

**LYHENTEET JA TERMIT**

LRU	Line ReplaceableUnit
ECO	Engineering Change Order
TPR	Test Procedure
WD	Wiring Diagram
ESD	Electrostatic Discharge
EPA	ESD Protected Area
PIM	Physical Interface Module
CAD	Computer-Aided Design
BOM	Bill of material
HARNESS	A series of wires
ASSY	Assembly drawing
CB	Circuit Breaker
DMM	Digital Multi Meter
N/A	Not Applicable
UUT	Unit Under Test
TP	Test Point
TB	Terminal Block
ATE	Automatic Test Equipment

## 1 JOHDANTO

Senop Oy:n integrointiyksikössä tarjotaan joustavasti asiakkaan tarpeisiin soveltuvia sähköisiä järjestelmiä. Senop Oy tarjoaa integrointipalvelut, muutoshallintapalvelut ja järjestelmien testaamisen asiakkaan tarpeiden mukaan. Integrointiyksikön toiminta on projektiluonteista. Senop Oy:n toiminta perustuu siihen, että toimitaan tarkkaan asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Asiakkaan päivittäessä dokumentaatiotaan, käynnistyy muutoshallinta.

Järjestelmäkokonaisuuksien testaaminen ja vaatimustenmukaisen testaamisen noudattamisen valvominen on Senop Oy:n vastuulla. Yksittäiset sähköiset laitteet eli LRU:t ovat osa isompaa sähköistä järjestelmää. Jokainen laite testataan erikseen ja lisäksi osana isompaa järjestelmää. Laitekohtainen testaaminen tehdään manuaalisesti tai yksilöidyillä testilaitteilla. Asiakkaan vaatimuksen mukaisesti manuaalisesti testattavat laitteet testataan jatkossa automaattitesterillä.

Ensin automaattitesteri ja siihen liittyvät hankinnat aloitettiin yleisellä tasolla. Sen jälkeen tilattiin alihankkijoilta laitekohtaiset päätason testijohdinsarjat ja niihin sisältyvät komponentit. Tämän jälkeen automaattitesterin käyttöönottoa jatkettiin ohjelmoimalla yksilöityjä testiohjelmia automaattitesterin sovellukseen.

Automaattitesterivaatimus otettiin käyttöön vaiheittain. Jokainen LRU vaatii yksityiskohtaisen johdotuskaavion tarkastelun, komponenttiymmärryksen ja toiminnallisuuden hahmottamisen ennen kuin testiohjelmaa voi alkaa luomaan. Testiohjelmaa luotiin johdotuskaavion perusteella ja ohjelmaa testattiin ohjelmoinnin aikana useasti kyseisellä LRU:lla ja lopuksi hyväksytysti läpäissyt testiohjelma otettiin käyttöön.

Tämä opinnäytetyö on rajattu viiden eri LRU:n testiohjelmaan. Laitteita on paljon enemmän, joten ohjelmointityö ja automaattitesteriin liittyvä muutostenhallinta jatkuvat tämänkin jälkeen.

## 2 TYÖN TAUSTAA

### 2.1 Senop Oy

Senop Oy on suomalainen puolustus- ja turvallisuusalan korkealaatuisten pimeänäköratkaisujen ja vaativien järjestelmäintegroitipalveluiden tuottaja sekä turvallisen viranomais- ja ammattilaisviestinnän asiantuntija. Senop Oy toimii 80 vuoden kokemuksella viidessä eri toimipaikassa Suomessa. Yritys on 100 % Millog-yhtiöiden omistama. Yritys tarjoaa vaativiin käyttöympäristöihin suunniteltuja suorituskykyisiä pimeänäkölaitteita, optroniikkaa ja tietoturvallisia viestintäratkaisuja sekä vaativia järjestelmäintegroitipalveluja puolustus- ja turvallisuusalan toimijoille sekä kriittisen infrastruktuurin organisaatioille. (Senop yritysesittely 2023.)

Integroitiiyksikössä kehitetään, suunnitellaan ja valmistetaan siirrettäviä järjestelmäkalustoja sekä ajoneuvopohjaisia ratkaisuja puolustus- ja turvallisuusosalalle. Palveluihin kuuluu hankinnat, järjestelmäintegrointi ja testaus. (Senop yritysesittely 2023.) Järjestelmätestaus suoritetaan kokonaisuudelle, joka koostuu muun muassa yksittäisistä LRU:ista. Jokaiselle LRU:lle on määritetty yksilöity TPR eli testiproseduuri.

### 2.2 Asiakkaan vaatimukset testaamiselle

Sähköisen järjestelmätestauksen lisäksi jokaiselle LRU:lle suoritetaan yksityiskohtaisesti määritelty testiproseduuri, TPR. TPR sisältää jatkuvuuden ja eristysvastuksen mittaamista sekä toiminnallista testaamista. TPR:ään lisättiin kohta, jossa tietyt testin vaiheet pyydetään tekemään automaattitesterillä. Kuvassa 1 näkyy ote eräästä TPR:stä. Aikaisemmin kyseinen testi suoritettiin yleismittarilla.

## 4.2 Automatic Wiring Test

**Disclaimer:** There may be voltage sensitive components that will take damage from an Automatic Wiring Test. Some components may have been forgotten, or added to UUT, without being mentioned in this test. Ensure that no components take damage from the test.

	Description	Requirement	Measurement Result	Check
1.	Perform automatic wiring check.  All connections shall be tested and verified in accordance with Production requirements for electro mechanical assemblies A144933[3] §3.7.1 & §3.7.2, test method 2. Every system state must be tested and verified.	PASS		

## 4.3 Test Termination

	Description	Requirement	Measurement Result	Check
1.	Complete paperwork.	N/A	N/A	
2.	Send unit to next step in production.	N/A	N/A	
3.	Clean up.	N/A	N/A	

## 5. NOTES

### 5.1 Acronyms and Abbreviations

Table 6 Acronyms and Abbreviations

Acronyms and Abbreviations	Definition
ASSY	Assembly drawing
CB	Circuit Breaker
DC	Direct Current
DMM	Digital Multi Meter
ESD	Electro Static Discharge
N/A	Not Applicable
UUT	Unit Under Test
WD	Wiring Diagram

KUVA 1. Ote erään laitteen TPR:stä.

Kuvan 1 TPR:n alussa pyydetään huomioimaan jännitteelle herkät komponentit, jotka saattavat vahingoittua automaattitesterikäytössä. Tämän takia automaattitesterin käyttöä sovellettiin rajoitetusti osaan LRU:ita. TPR:n johdantokappa-



leessa esitetään vaatimus automaattitesterin käytöstä. Lopussa on listaus käytössä olevista kirjainlyhenteistä. Kyseisessä projektissa kaikki asiakkaan dokumentaatio on englanniksi.

Vaatimustenmukaisen testaamisen noudattaminen on Senop Oy:n vastuulla. Automaattitesteri ja siihen liittyvät hankinnat aloitettiin vuonna 2022. Prosessi on ollut pitkä. Hankintojen toimitusaikatauluihin on vaikuttanut maailmanlaajuinen komponenttipula, mikä on pitkittänyt materiaalien saatavuutta. Automaattitesteriksi valittiin Cablesan SERIES 90 HV (kuva 2), jota käytetään yhdessä TestRite-ohjelmiston kanssa. Automaattitesterin käyttöönoton yhteydessä tehtiin Senop Oy:n sisäinen ohjeistus automaattitesterin käytöstä (LIITE 1).

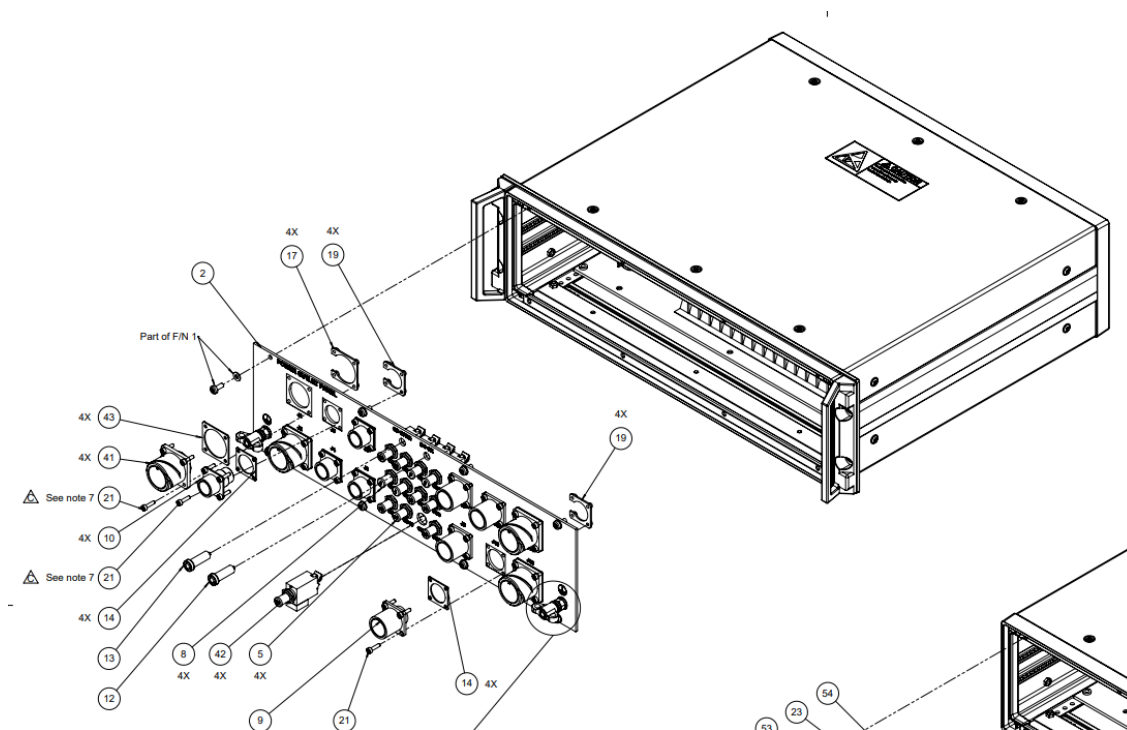


KUVA 2. Automaattitesterilaitteisto.

Kuvassa 2 näkyy sininen automaattitesteri ja siihen liitetty tietokone, jonka ohjelmalla testiohjelmat laadittiin. Testiohjelman lopuksi laitteesta tulostuu testiraportti, joka ilmoittaa, onko testi PASS eli hyväksytty vai ei.

### 2.3 LRU-kohtaiset johtosarjat

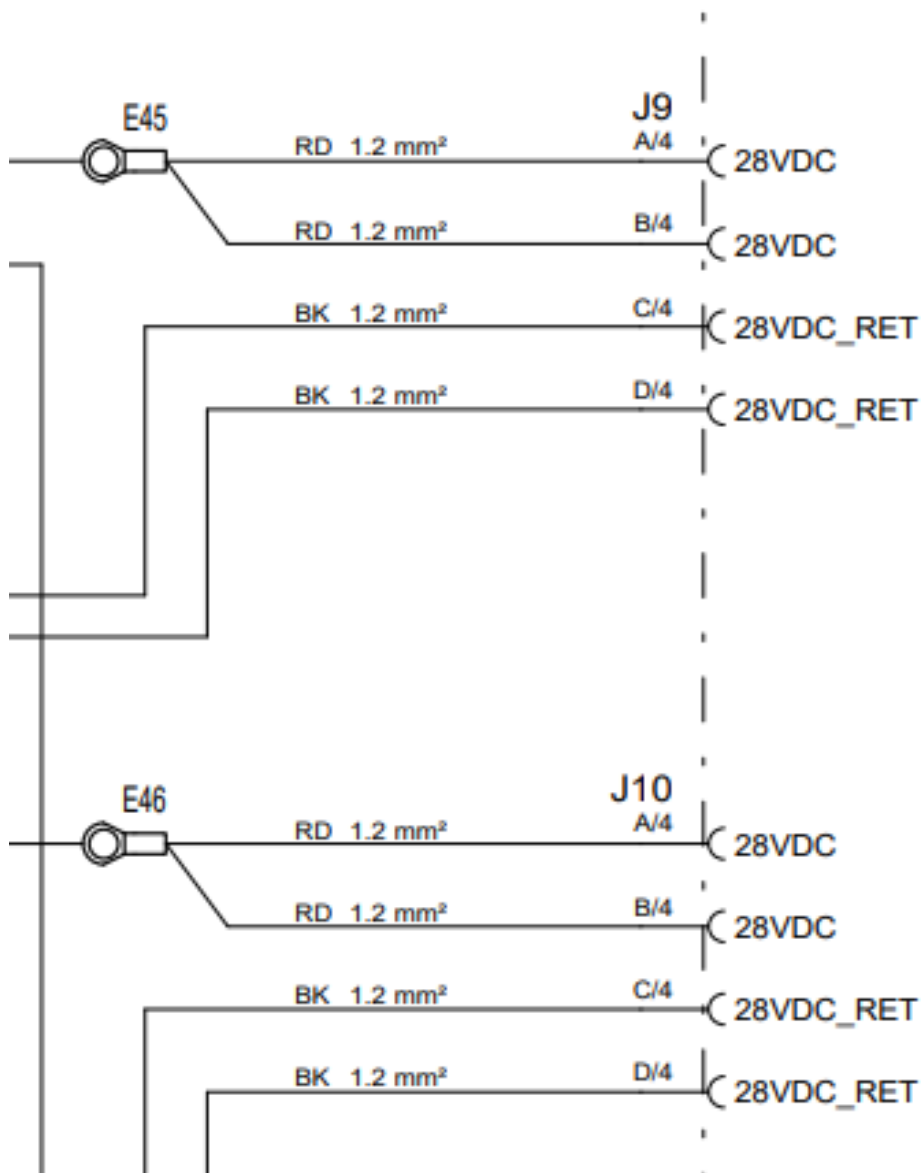
Alan arkaluonteisuuden ja salassapitovelvollisuuden vuoksi tässä työssä LRU:ista käytetään yleisellä tasolla nimitystä laite tai LRU ja yksilöidysti puhutaan laite 1, laite 2, laite 3 jne. Yksilöidyt päätason testaamiseen käytettävät johtosarjat eli testiharnessit hankittiin alihankkijalta. Alihankkija valmisti johtosarjat ohjeiden mukaisesti. Laitekohtaisista tiedoista saatiin tieto testijohdinsarjoihin tarvittavista liittimistä ja vastaliittimistä. Laitteen Assembly- eli ASSY-piirustuksen ja osaluettelon eli Bill Of Material -listauksen (BOM) perusteella selvitettiin laitteessa käytetyt liittimet ja liitinvalmistajan dataluettelosta tarvittavat vastaliittimet. Wiring diagrammista (WD) eli laitteen johdotuskaaviosta saatiin liitinten kontaktitiedot, minkä perusteella alihankkija ohjeistettiin valmistamaan johtosarjat. Kuvissa 3–5 näkyy LRU:n ASSY-piirustusta, BOM:ia ja johdotuskaaviota.



KUVA 3. ASSY-piirustus.

CIRCUIT BREAKER 483-G111-K1M1-A1S1Z-5A 5A T	4.0	EA	CB3-CB6
Connector D38999/20WC4SN 4 Contacts Female Crimp	4.0	EA	J7-J10
CONNECTOR 851-02R12-3S-50 3 CONTACTS FEMALE CRIMP	4.0	EA	J3-J6

KUVA 4. LRU:n osaluetteloa.



KUVA 5. Liitinten J9 + J10 kontaktitiedot.

Päätason testijohdinsarjat tilattiin alihankkijalta kaikkiin sen hetkisiin tiedossa oleviin laitteisiin. Yhteensä valmistettiin 13 kpl johtosarjoja, joiden pituudeksi määritettiin 2 metriä, jotta UUT:n eli testattavan laitteen (Unit under Test) ja automaattitesterin väliin jää tarpeeksi välimatkaa.

### 3 TESTAUKSEN TAUSTAA

#### 3.1 Automaattitestausta

Automatisoitu testaus voi tarkoittaa eri asioita eri henkilöillä. Joidenkin mielestä termi tarkoittaa testilähtöistä ohjelmistokehitystä. Toisten mielestä se tarkoittaa automaattisessa testauksessa käytettävää työkalua. Osa ajattelee, että termi on suorituskkytestausta tai pelkästään toiminnallista testausta. (Dustin, Garrett & Gauf 2009, 3.)

Automaattitestausta on kasvava trendi ohjelmistopuolella ja laitteiden toiminnallisessa testauksessa. Laitteet ja ohjelmistot ovat monimutkaistuneet, minkä seurauksena automatisoitu testaus on järkevä ratkaisu testauksen toteuttamiseen niin, että ohjelmiston tai laitteen verifiointi voidaan suorittaa laadullisesti ja ajallisesti järkevällä tasolla. Automaattitestauksella pyritään varmistamaan, että järjestelmästä ei löydy epäkohtia.

Elektroniset testilaitteet ovat kehittyneet valtavasti perusmittarien ja perusoskiloskooppien ajoista lähtien. Aiemmin laitteiden testaus oli yksinkertaista. Tyypillisesti muutaman riippumattoman analogisen mittasuureen, esimerkiksi jännitteen ja virran amplitudin mittaamista (Brindley 1991, preface). Kun tietokonetta käytetään ohjaamaan yhtä tai useampaa ohjelmoitavaa automaattista testauslaitetta, tuloksena oleva järjestelmä tunnetaan automaattisena testilaitteistona (Brindley 1991, chapter 1).

Automatisoidulla testaamisella pyritään säästämään aikaa ja rahaa sekä mahdollisesti takaamaan laatu. Ihmiselle puuduttavat testit voidaan suorittaa automatisoidusti, millä voidaan välttää huolimattomuudesta johtuvia virheitä. (Broekman & Notenboom 2002, 217.)

### 3.2 Nyquistin teoreema

Automaattitestauksen yhtenä perustana voidaan pitää Nyquistin teoreemaa. Harry Nyquist oli viestintäinsinööri, joka esitti vuonna 1928 teoreeman, jota kutsutaan tänä päivänä Nyquist-nopeudeksi. Teoreema piti sisällään käsityksen siitä, kuinka nopeat tietyn ominaisuuden omaavat pulssit voidaan lähettää niin, että niiden kaistanleveys on edelleen herzeinä. (Dasalukunte 2014, 1–2)

Nyquistin teoreeman mukaan signaalista pitää ottaa näytteitä taajuudella, joka on suurempi kuin kaksinkertainen alkuperäisessä signaalissa esiintyvään suurimpaan taajuuteen nähden. Jos näytteitä otetaan liian harvakseltaan näytteenotto-taajuutta korkeampitaajuiset komponentit laskostuvat alempitaajuisien signaalien päälle. Tällöin näytteestä ei saada enää muodostettua alkuperäistä signaalia, vaan signaali on "vääristynyt". Siksi ennen näytteenottoa on tärkeää käyttää ali-päästösuodatinta, joka poistaa signaalin mahdollisesti sisältämät liian korkeat taajuudet. (Syahputa, Zarlis & Beny 2019, 2-5)

### 3.3 IEC 61340-5-1:2016 -standardi

LRU:t ovat elektromekaanisia laitteita, joiden käsittelyyn sovelletaan standardia IEC 61340-5-1:2016. IEC (International Electrotechnical Commission) on maailmanlaajuinen standardisoimisjärjestö, jonka muodostavat kaikki kansalliset sähkötekniset komiteat (IEC National Committees). IEC:n tarkoituksena on edistää kansainvälistä yhteistyötä kaikissa sähkö- ja elektroniikka-alan standardisointiin liittyvissä kysymyksissä. Tätä standardin IEC 61340 osaa sovelletaan toimintoihin, jotka liittyvät sähköstaattisille purkauksille alttiiden sähkö- ja elektroniikka-komponenttien, kokonaisuuksien ja laitteiden valmistukseen, valmistusprosesseihin, kokoonpanoon, asennukseen, pakkaamiseen, merkitsemiseen, huoltoon, testaamiseen, tarkistamiseen tai kuljetukseen. (SFS 61340/2016, s. 4, 8)

LRU:t sijaitsevat Senop Oy:n tiloissa olevalla EPA-alueella (ESD Protected Area). Työskentelyyn vaaditaan ESD (Electrostatic Discharge) -jalkineet. Ennen työskentelyn alettua, henkilö testataan ESD-jalkineen testiasemalla. Standardin IEC 61340-5-1:2016 Liite A:ssa ohjeistetaan testausmenetelmät. Työntekijän on seistävä toinen jalka johtavalla jalkine-elektrodilla. Käsikosketuslevyä painamalla

on varmistettava, että henkilö-jalkine-järjestelmän resistanssiarvo on hyväksyttävien raja-arvojen sisällä. (IEC 61340-5-1 -standardi s. 20) Kuvassa 6 näkyy Senop Oy tiloissa olevan EPA-alueen testiasema.



KUVA 6. EPA-alueen testiasema.

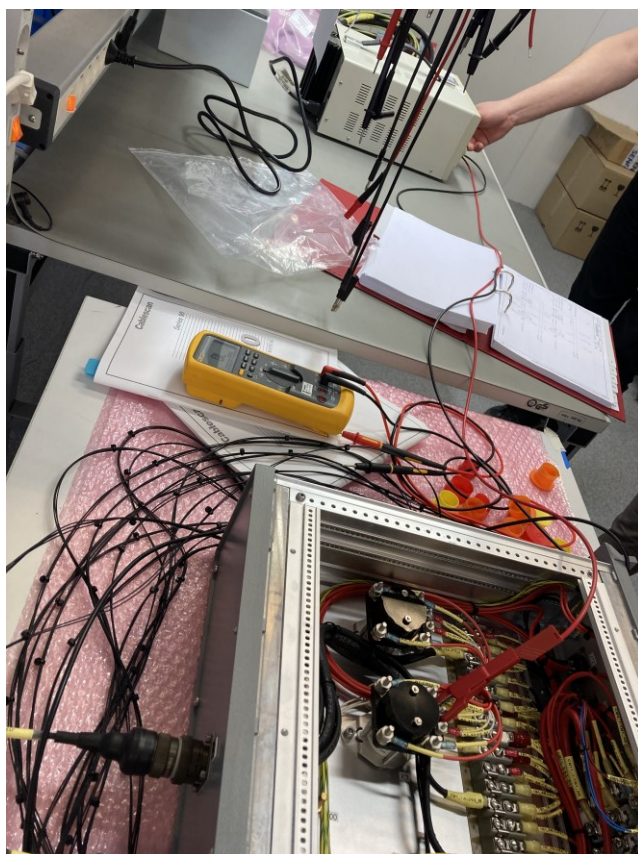
Ennen jokaista laitetestausta kaikkien työryhmäläisten kengät testattiin yllä olevan kuvan mukaisessa testiasemassa. Lisäksi testipöydälle asetettiin erillinen ESD-suojattu alusta, joka maadoitettiin.



## 4 TYÖN SUORITTAMINEN

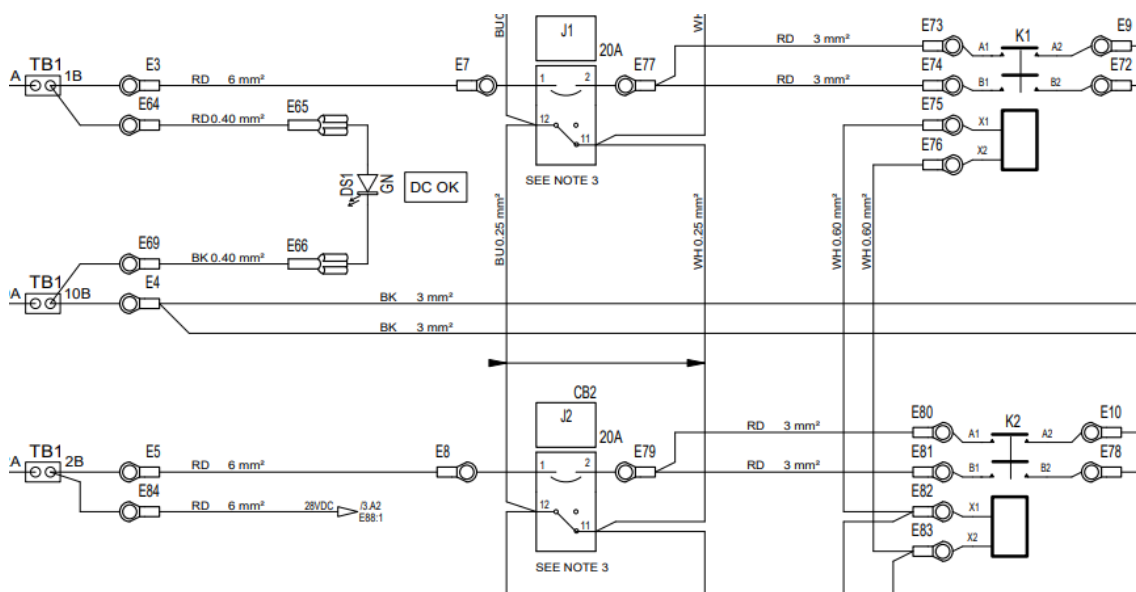
### 4.1 Laite 1

Ensimmäisen laitteen testiohjelman luominen aloitettiin asiakkaan kanssa yhteistyössä. Ohjelmointi aloitettiin asiakkaan perehdytyksellä, minkä jälkeen Senop Oy suoritti ohjelmoinnin loppuun. Laitteeseen oli valmistettu johdotussarja, jonka välityksellä laite kytkettiin automaattitesteriin. Laite 1 sisältää erilaisia sähköisiä komponentteja, jotka otettiin ohjelmoinnissa huomioon. Kelaä aktivoitiin ulkoisella jännitelähteellä, jotta sähköiset piirit saatiin testattua oikein. Yleismittarilla tarkistettiin syöttöjännite ja mittari myös hyödynnettiin ongelmanratkaisussa. Kondensaattori aiheutti lukuisia haasteita, koska varautunut sähkö tuotti vääriä tuloksia testiohjelmaan. Haasteet ratkaistiin asettamalla raja-arvot sopiviksi testiohjelmaan. Laite maadoitettiin erilliseen testipisteeseen. Kuvassa 7 näkyy automaattitesteriin kytketty laite, jännitteensyöttölaite, yleismittari ja laitteen teknisiä piirustuksia.



KUVA 7. Laite 1 kytkettynä automaattitesteriin ja testauksen apulaitteistoa.

Johdotuskaaviota seuraamalla suoritettiin testiohjelman luominen. Laite 1:n johdotuskaavio on 8-sivuinen. Kuvassa 8 näkyy siitä ote.



KUVA 8. Ote laite 1:n johdotuskaaviosta.

Jokainen sähköinen piiri ja yhteys huomioitiin. Välillä testiohjelmaa kokeiltiin, minkä jälkeen ratkaistiin ongelmia ja korjattiin virheitä. Johdotuskaaviota pitää ymmärtää laitteen toiminnallisuuden kannalta. Joka hetki piti miettiä, mitä oltiin testaamassa. Testiohjelmaan luodaan jokainen sähköinen yhteys. Sen lisäksi siihen lisätään toiminnallisia ohjeita esimerkiksi sulakkeen toiminnan testaamisesta, mikä tarkoittaa käytännössä kytkinten painamista ohjatulla hetkellä. Testiohjelma etenee sekvensseittäin, minkä jälkeen testiohjelman hyväksytyn suorittamisen jälkeen tulostuu laite- ja sarjanumerokohtainen testiraportti. Kuvassa 9 näkyy laitteen LED-lamppujen toimivuuden testaamista.





KUVA 9. Laite 1:n LED-lamppujen testaamista.

Testiohjelman yhteydessä varmistettiin kaikkien kytkimien ja sulakkeiden toiminta. Kytchentävirheet poissuljettiin sulakkeiden eriaikaisella testaamisella.

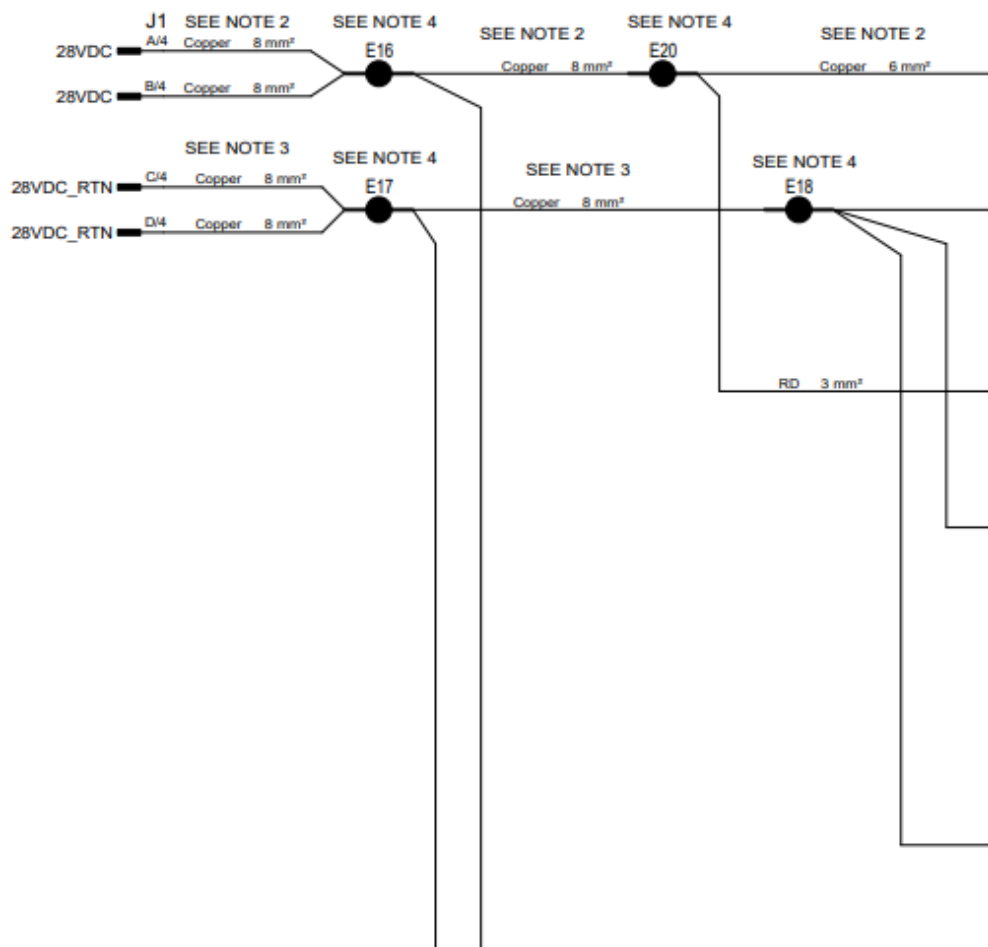
## 4.2 Laitteet 2 ja 3

Laitteiden 2 ja 3 johdotuskaaviot ovat melko yksinkertaisia eivätkä laitteet sisällä sähköisiä komponentteja. Huolimatta laitteiden yksinkertaisuudesta, testiohjelmien luominen vei paljon aikaa. Kaikki kytchentävirheiden mahdollisuudet poissuljettiin ja sähköisten piirien kaikki mahdolliset kombinaatiot ohjelmoitiin testiohjelmaan. Molemmissa LRU:issa on manuaalisia kytkimiä, joiden toiminta varmistettiin ohjelmoinnissa. Kuvassa 10 näkyy ote laite 2:n testiohjelmasta.

12		J2-1	J2-7	(2 Ohm)
13		J2-4	J2-5	(2 Ohm)
14		J2-1	J2-2	9.5M Ohm
15		J2-1	J2-8	9.5M Ohm
16		J2-2	J2-8	9.5M Ohm
17		J2-2	J1-A	9.5M Ohm
18				Push CB Main Displa...
19		J2-1	J1-A	2 Ohm
20				Pull CB Main Display ...
21				Push CB SUL/Utility IN
22		J2-2	J1-A	2 Ohm
23				Pull CB SUL/Utility O...
24				Push CB Spare IN.
25		J1-A	J2-8	2 Ohm
26				Pull ALL CB's OUT.

KUVA 10. Ote laite 2:n testiohjelmasta.

Kuvassa 10 oikeassa sarakeessa näkyy testiohjelmaa asetettuja raja-arvoja. 2 Ohmin raja-arvo on määritetty laitekohtaisessa TPR:ssä. 9,5 megaohmin raja-arvo on Test Rite -ohjelman yläraja, joka tarkoittaa ääretöntä. Lukema kuvaa ja sillä testataan mahdollista poikkiolevaa yhteyttä. Kuvassa 11 näkyy osa laitteen 2 johdotuskaaviosta. Kuvassa 12 laite 2 on kytkettynä automaattitesteriin. LRU on maadoitettu ja maadoituskaapelille on valittu testipiste automaattitesteristä ja se on ohjelmoitu testiohjelmiaan.



KUVA 11. Osa laitteen 2 johdotuskaaviosta.

Kuvan 11 johdotuskaavio on yksinkertainen. Ohjelmoinnin edetessä kuitenkin huomattiin, että kaikkien sähköisten piirien huomioiminen tekee testiohjelmasta melko pitkän. Laite 2:n testiohjelmaan tehtiin korjauksia, kun huomattiin, että kaikkia virhekytkentöjä ei ollut poissuljettu testiohjelmassa.



KUVA 12. Laite 2 kytkettynä automaattitesteriin.

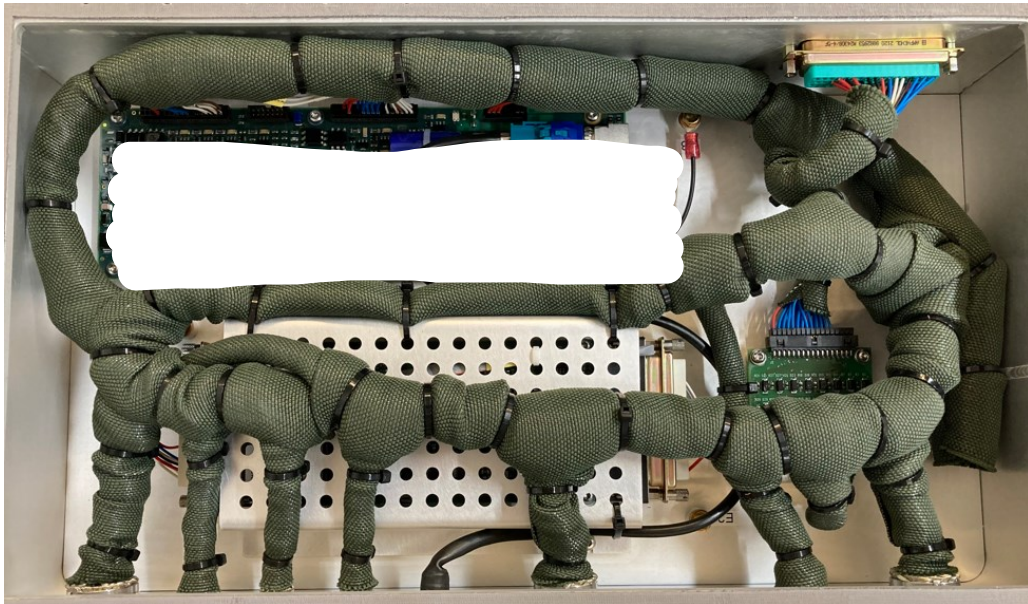
Kuvan 12 taka-alalla näkyy paneeli, jossa on viisi kappaletta testipisteliittimiä. Niitä on yhtä aikaa käytössä vaihteleva määrä riippuen testattavan LRU:n monimutkaisuudesta. Laite 2:ssa on käytössä vain yksi testipisteliitin, koska laitteessa on vain yksi liitäntä.

### 4.3 Laite 4

Laite 4 on kokonaisuudessaan erittäin monimutkainen sisältäen lukuisia sähköisiä komponentteja. Sähköisten piirien ohjelmoiminen testiohjelmaan on lähes mahdotonta. Laite 4 testataan erillisellä testilaitteella, ei automaattitesterillä.

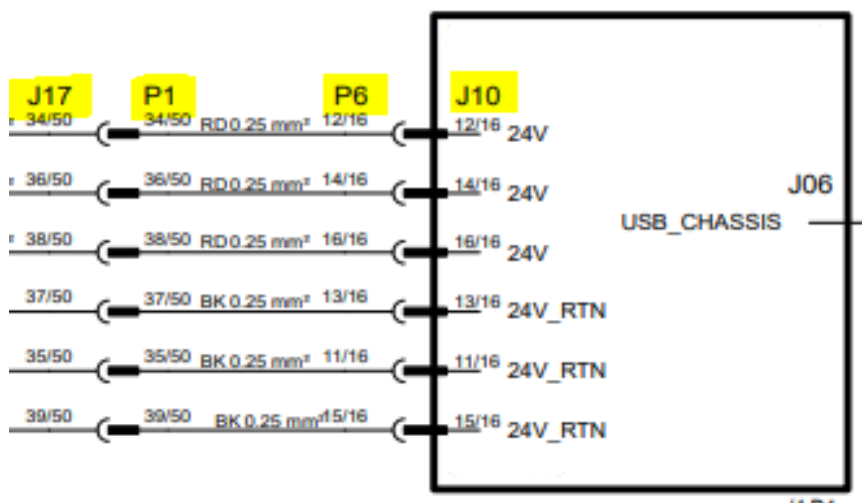


Laite 4 sisältää myös erillisen johtosarjan, joka näkyy kuvassa 13. Sisäinen johtosarja eli harness päätettiin testata automaattitesterillä. Harnessin johdotuksen voi testata yleismittarilla, mutta sen testaaminen automaattitesterillä säästää aikaa ja ehkäisee ihmisen aiheuttamaa mittavirhettä.



KUVA 13. Laite 4:n sisäinen johtosarja.

Laite 4:n sisäiselle harnessille ei vielä ollut hankittu testijohdinsarjaa. Johdinsarjan tilaaminen alkoi sillä, että ensin selvitettiin kaikki tarvittavat liittimet laite 4:n ASSY-kuvasta, BOM:ista ja WD:stä. Laite 4:n johdotuskaaviosta katsomalla lisättiin harnessin kaikki liittimet ja niille selvitettiin vastaliittimet. Kuvassa 14 näkyy liittimet P1 ja P6, joille selvitettiin vastaliittimet valmistajan dataluettelosta.



KUVA 14. Ote laite 4 johdotuskaaviosta.

Haasteeksi muodostui se, että vastaliittimet ovat piirilevyihin asennettavia liittimiä, joiden johdottamisen ja juottamisen onnistuminen ei ollut varmaa. Alihankkijalta saadun varmistuksen jälkeen liitinhankinnat voitiin aloittaa. Alihankkijalle tehtiin lista liittimistä ja ohjeistus siitä, mitkä liitinpinnit johdotettiin. Johdinsarjan pituudeksi määritettiin sama 2 m kuin edellisissäkin johdinsarjoissa. Kuvassa 14 on ote laite 4:n johdotuskaaviosta, jonka perusteella juotettavat kontaktit listattiin alihankkijalle.

Laite 4:n testijohdinsarjaan tuli yhteensä 10 liittintä ja 199 juotettavaa pinniä. Lisäksi testijohdinsarjan valmistajaa ohjeistettiin lisäämään johtosarjaan kietaisumerkinnot. Laite 4:n sisäisen johtosarjan testiohjelman luominen saatiin osittain valmiiksi syksyn 2023 aikana. Testiohjelman suorittamisen testaaminen tehdään loppuun vuoden 2023 aikana.

#### **4.4 Laite 5**

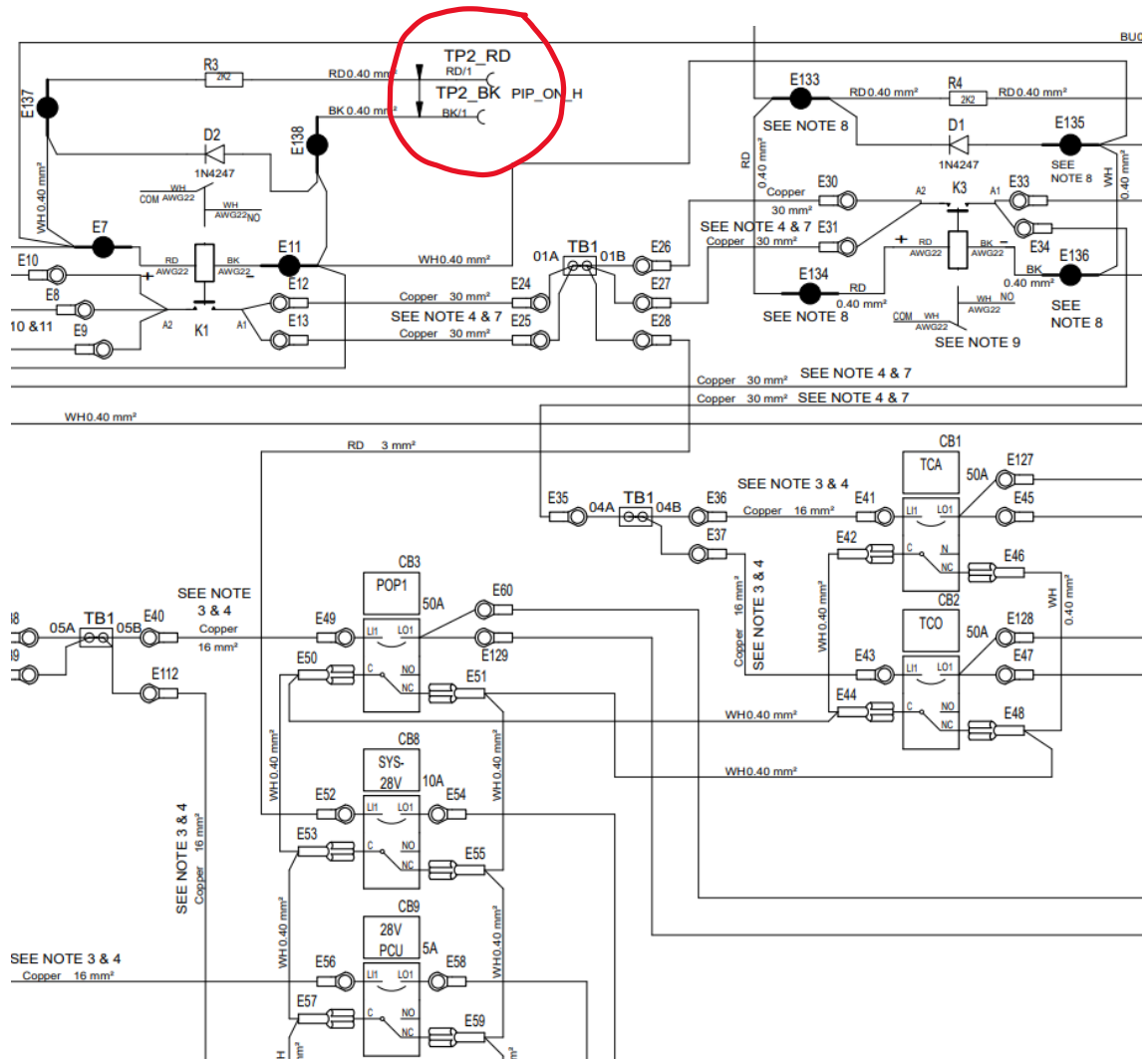
Laite 5 sisältää kontaktoreita. Niitä ei testiohjelmassa aktivoitu ulkoisella jännitelähteellä. Yhteys kontaktoreiden kytkinten välillä ratkaistiin liittämällä liitäntäjohdot simuloimaan yhtyettä. Tällä tyylillä kontaktoreiden toimivuutta ei pystytä varmistamaan. Kontaktoreiden toimivuus testataan järjestelmätestauksen yhteydessä.

Laite 5:n testijohdinsarjan testipisteet olivat listattuna Exceliin. Testipisteet kirjattiin testiohjelmaan. Huomattiin, että kirjauksissa oli ristiriitoja. Testipisteet tarkistettiin yleismittarilla ja tehtiin korjaukset testiohjelmaan. Kuvassa 15 tarkastetaan yleismittarilla laite 5:n testijohdinsarjan testipisteitä.



KUVA 15. Laite 5:n testijohdinsarjan testipisteiden selvittämistä.

Laite 5:lle luotiin testiohjelma johdotuskaavion avulla. Kuvassa 16 ylhäällä näkyy merkintä TP2\_RD ja TP2\_BK. LRU:t ovat suljettuja laitteita. TP eli Test Point mahdollistaa laitteen sähköisen piirin tarkastelun laitteen ulkopuolelta. Testipisteitä ei tarvinnut huomioida automaattitesteriohjelmassa. Johdotuskaaviossa näkyvät TB-merkinnät tarkoittavat Terminal Block – eli riviliitinyhteyksiä. Yhteydet huomioitiin ohjelmoinnissa.



KUVA 16. Laite 5:n johdotuskaaviota.

Laite 5:n testiohjelma pystyttiin luomaan loppuun johdotuskaavion avulla. Testiohjelman suorittaminen ja siihen tehtävät korjaukset vaativat LRU:n, joka yhdistetään automaattitesteriin. Senop Oy saa laitteen 5 loppuvuoden 2023 aikana, minkä jälkeen testiohjelman käyttöönotto suoritetaan loppuun.

#### 4.5 ECO-muutokset

ECO eli Engineering Change Order tarkoittaa suunnittelun muutosmääräyksiä. Pienet muutokset, kuten varoitustarramuutokset, sekä isot muutokset, kuten komponentti- ja kytkentämuutokset tuodaan julki ECO-prosessin kautta. Asiakkaan toimittama ECO sisältää kaiken tarvittavan tiedon muutoksen sisällöstä ja päivitettyt datapaketit.



LRU:ihin ECO:illa on hyvin usein vaikutusta. Komponentti- ja kytkentämuutokset vaikuttavat automaattisesti laitekohtaiseen testiohjelmaan. Sen seurauksena testiohjelmaa päivitetään tai mahdollisesti tehdään kokonaan uusi ohjelma tarpeen mukaan.

Syksyn 2023 aikana laite 3 revisioitui ja laitteen WD:hen eli johdotuskaavioon tuli ECO. Tämän seurauksena testiohjelma tarkastettiin ja tehtiin tarvittavat päivitykset.

#### **4.6 Testiohjelman käyttöönotto**

Valmiin testiohjelman käyttöönotto etenee vaiheittain. Testiohjelmaa luodaan johdotuskaavion perusteella. Lopullinen hyväksyntä ohjelmalle saadaan vasta, kun sitä on testattu käytännössä LRU:n kanssa. Senop Oy vastaa ensimmäisestä testaamisesta jokaisen LRU:n kohdalla. Tämän jälkeen testiohjelmat ja automaattitesteri luovutetaan alihankkijoille, jotka hyödyntävät jatkossa automaattitestausta laitevalmistuksen yhteydessä. Vielä sen jälkeen loppukäyttäjiltä kerätään palautetta ohjelman käytettävyydestä ja ymmärrettävyydestä, minkä jälkeen tehdään tarvittaessa parannuksia testiohjelmiin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda viidelle LRU:lle testiohjelma, testata ne, tehdä parannuksia ja saada tehtyä käyttöönotto. Tavoite täytettiin osittain kesän ja syksyn 2023 aikana. Laite 4:n ja 5:n automaattitestausta otetaan käyttöön vuoden 2023 loppuun mennessä.

#### 4.7 Kehitystyön jatkaminen tulevaisuudessa

Senopin integroimissa järjestelmissä voi olla kymmeniä yksittäisiä LRU:ita. Uusien projektien myötä tulee uusia laitteita. Testiohjelmien luominen on aikaa vievää työtä. Lisäksi ECO-muutosten yhteydessä vaaditut toimenpiteet takaavat sen, että testiohjelmien luominen ja päivittäminen automaattitesteriin jatkuu pitkään. Jokaisen ECO-muutoksen yhteydessä testiohjelman paikkansapitävyyttä pitää tarkastella erikseen. Tämä opinnäytetyö on rajattu aikataulullisista syistä viiteen eri laitteeseen.

Laite 4:n kohdalla osa testiohjelmasta jäi kesken liittyen testijohdinsarjojen lisähankintoihin, joita ei ehditty saattamaan opinnäytetyöprosessin aikana loppuun. Testijohtimet hankitaan myöhemmin ja testiohjelmasta tullaan päivittämään.

Alati muuttuvassa ja kehittyvässä automaatiotekniikan maailmassa myös automaattitestausta ohjelmistoinen ja laitteistoinen tulee varmasti muuttumaan tulevaisuudessa. Silloin testiohjelmien luomista tarkkaillaan uudelleen ja tehdään päivityksiä työtapoihin ja -välineisiin.

## 5 YHTEENVETO

Senop Oy:n integrointiyksikön yksi toiminnan kulmakivistä on asiakkaan vaatimuksenmukainen toiminta niin hankinnoissa, integrointityössä kuin testauksessa. LRU:iden testiproseduureihin lisätty vaatimus automaattitesterin käytöstä ja sen noudattaminen on Senop Oy:n vastuulla. Automaattitesterin käyttöönotto aloitettiin vuonna 2022. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli jatkaa käyttöönottoa luomalla yksilöity testiohjelma viidelle laitteelle.

Jokainen LRU sisältää erilaisia komponentteja ja on sähköisten toimintojen osalta yksilöllinen. Testiohjelman luominen on hidasta eikä siihen ole yhtä oikeaa ratkaisua. Testiohjelman luodessa muodostuu henkilökohtainen käsiala, jota voi ulkopuolisen olla haastavaa ymmärtää. Testiohjelmien luomiseen valittiin kahden henkilön työryhmä, jotta yrityksessä on useampi aiheesta syvemmin ymmärtävä henkilö. Työryhmän kesken ohjelmoinnin käsiala muodostui yhteiseksi ja alussa sovittiin peruseriaatteista, jotka toistuivat kaikissa testiohjelmissa.

Opinnäytetyöprosessi ei ainoastaan sisältänyt testiohjelmien laatimista vaan lisäsi laajasti ymmärrystä sähköisistä komponenteista, liittimistä ja niiden teknisistä tuoteoppaista. Kaikille automaattitestattaville laitteille oli jo tilattu alihankkijalta testijohdinsarjat. Niiden lisäksi laite 4:lle hankittiin toinen testijohdinsarja. Työvaihe, jossa listattiin johdinsarjaan tarvittavat liittimet ja liittinten juotettavat pinnit oli aikaa vievää, mutta erittäin opettavaista.

Testiohjelmien laatiminen yksinkertaiseltakin tuntuvaan johdotuskaavioon vei paljon aikaa ja vaati useita korjauksia testiohjelmaan. Useiden LRU:iden kohdalla eteen tuli haasteita liittyen sähköisten piirierien käyttäytymiseen ja siellä oleviin komponentteihin. Ei ole yhtä oikeaa tapaa selvittää haasteet vaan jokainen testiohjelma käsiteltiin yksilöidysti.

Opinnäytetyöprosessin alussa määritellyt tavoitteet saavutettiin suurimmaksi osaksi. Viiden laitteen testiohjelma saatiin laadittua lähes valmiiksi. Testiohjel-

mien käyttöönotto suoritetaan loppuun vuoden 2023 aikana. Lisäksi testiohjelmien laatiminen lopuille LRU:ille ja jo olemassa olevien testiohjelmien päivittäminen ECO-prosessien yhteydessä jatkuu pitkään.

Haastavaksi opinnäytetyön raportoinnin teki se, että kaikki tässä työssä käsiteltävä tieto ja dokumentit ovat salassa pidettävää. Raporttiin ei voinut laittaa yhtään kokonaista testiohjelmaa tai johdotuskaaviota, jotka olisivat varmasti hieman liianneet kokonaiskuvan parempaa hahmottamista. Lisäksi testiohjelman luominen on pitkälti minun ja työparini yhteistä ajatusten virtaa ja oivalluksia, joita on ollut haastava sanoittaa.

Lokakuussa 2023 asiakkaalle esiteltiin automaattitesterin käyttöönoton edistyminen. Testiraportin ulkoasuun toivottiin pieniä parannuksia. Raporttipohjan muokkaaminen otetaan käsittelyyn seuraavan testattavan LRU:n yhteydessä.

## LÄHTEET

Brindley, K. (1991). Automatic test equipment (1st edition). Newnes.

SFS-EN 61340-5-1:2016. (2016). Tekninen tuotedokumentointi. Tekstit. Osa1: Yleiset vaatimukset. SFS Online.

Broesch, J. D. (2000). Digital Signal Processing Demystified. Elsevier Science.

Senop Yritysesittely. 2023.

Dasalukunte, Deepak et al. Faster Than Nyquist Signaling: Algorithms to Silicon. 1st ed. Vol. 9783319070315. Cham: Springer International Publishing AG, 2014. Web.

Broekman, B. & Notenboom, E. 2002. Testing Embedded Software. Addison-Wesley Professional.

Syahputa, Zulfahmi, M. Zarlis, and Beny B. Nasution. "Testing Real-Time Applications on Windows 10 IOT Using the Nyquist Theory." Journal of Physics: Conference Series 1255.1 (2019): 12066—. Web.

Dustin, Elfriede, Bernie Gauf, and Thom Garrett. Implementing Automated Software Testing : How to Save Time and Lower Costs While Raising Quality. 1st edition. Place of publication not identified: Addison Wesley, 2009. Print.

## LIITTEET

### Liite 1. Työohje automaattitestin käytöstä



Työohje, Automaattitesteri

1 (14)

ID:

Ver.: 1

## **Työohje, Automaattitesteri**

### **Cable scan series 90 + Test Rite 7**

---

**Tila:** Julkaistu / Released ID: 1798

**Versio:** [Dokumentin versio **Sivut:** 14  
(a.)]

**Päiväys:** [Hyväksytty]



## Hallintatiedot

### Dokumentin hallintatiedot

Toiminto	Nimi	Päiväys
Muokattu	Eeva Koivula	14.10.2023
Tarkastettu	Sari Lehtinen	16.10.2023
Hyväksytty	Marko Tolvanen	24.10.2023

### Versiohistoria

Versio	Kuvaus
1	Ensimmäinen julkaisu



## Sisällysluettelo

1	Automaattitesterin ohjelman laatiminen ja suorittaminen .....	4
---	---	---



## 1 Automaattitesterin ohjelman laatiminen ja suorittaminen

Tässä dokumentissa kuvataan automaattitesterin testiohjelman laatimisen ja suorittamisen käyttöönotto.

1. Ennen testauksen aloitusta, huolehdi, että elektromekaanisen laitteen testaukseen liittyvät ESD-vaatimukset täyttyvät.
2. Käynnistä automaattitesteri takana olevasta virtakytkimestä.

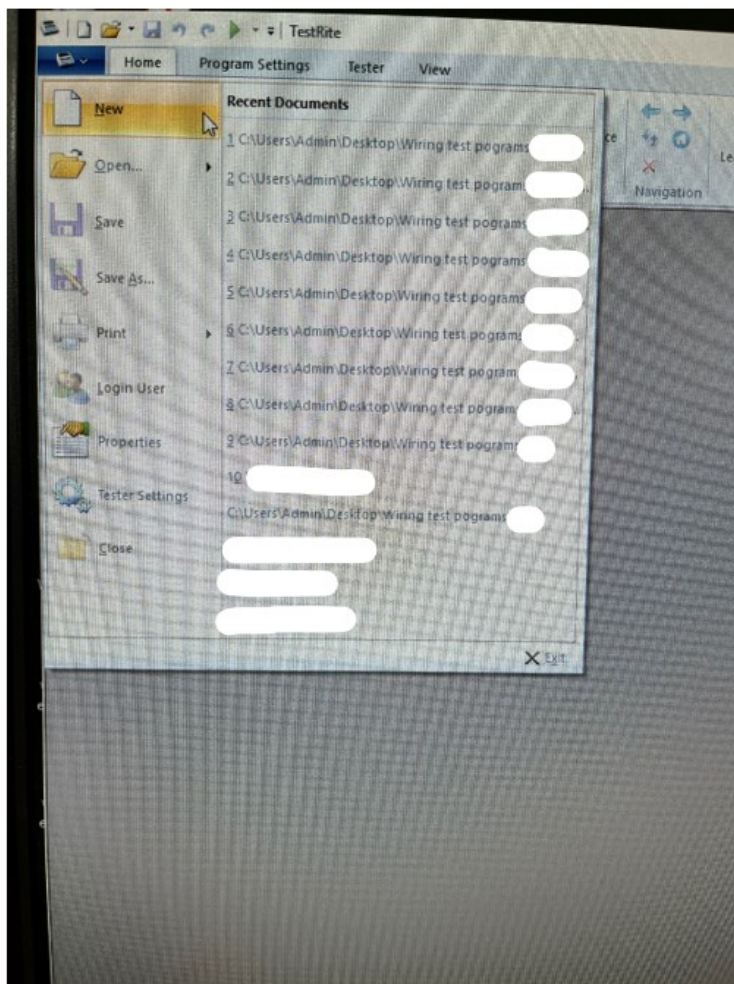


### 3. Käynnistä tietokone ja Test Rite 7 -ohjelmisto.



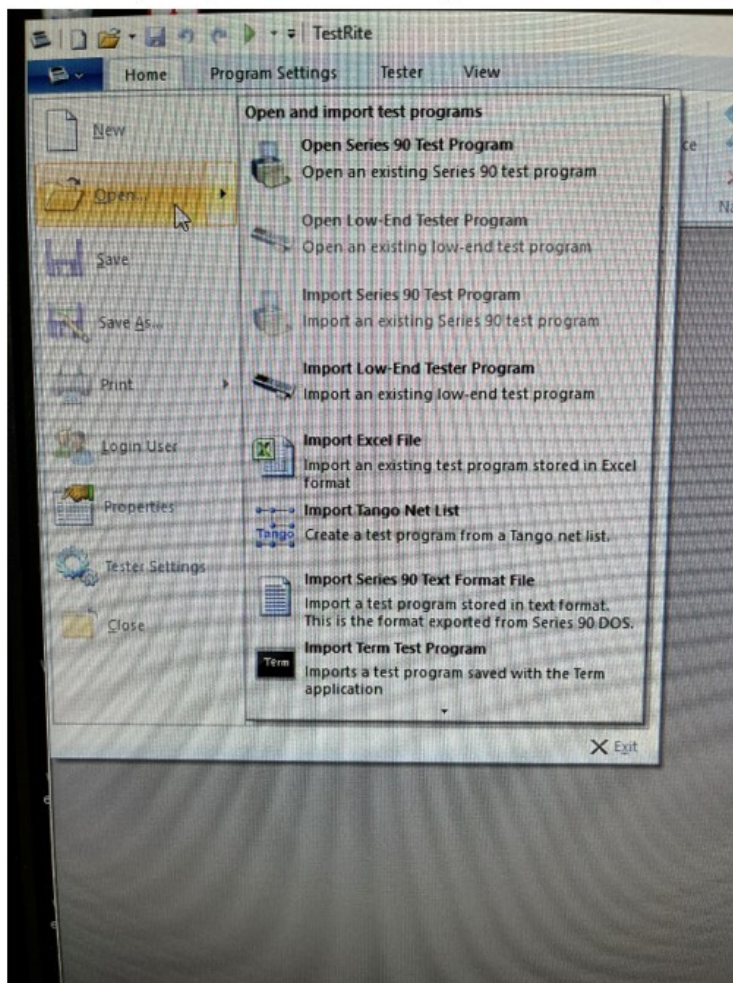


## 4. Aloita täysin uuden ohjelman luominen.

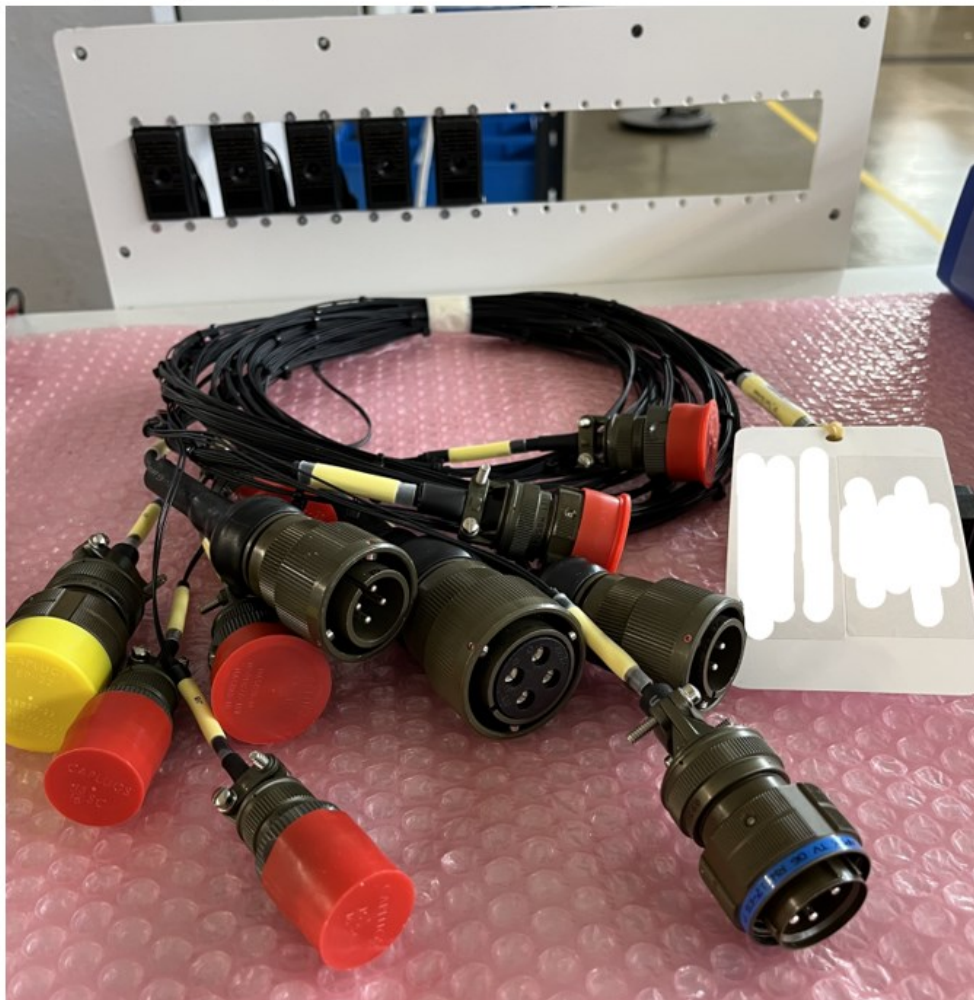




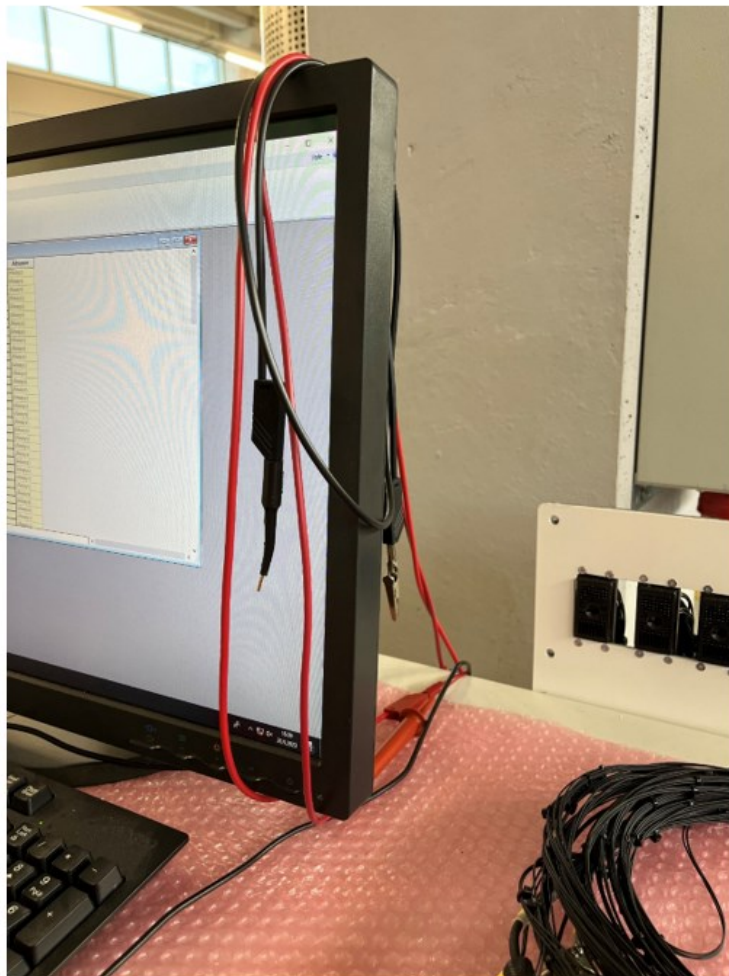
5. Tai käynnistä jo olemassa oleva testiohjelma valitsemalla sopiva tiedosto.



6. Liitä UUT (Unit Under Test) eli testauksessa oleva laite automaattitesteriin. Valitse laitteeseen sopiva testijohdinsarja.

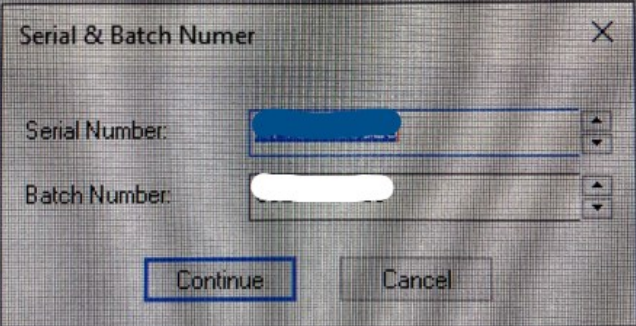


7. Valitse sopiva maapiste laitteelle ja ohjelmoi se testiohjelmaan. Käytä maadoitukseen sopivia johtimia.





8. Täytä huolellisesti nimike- ja sarjanumerotiedot niille varattuihin kenttiin. On erittäin tärkeää, että revisiomerkintä on näkyvässä.



Serial & Batch Number

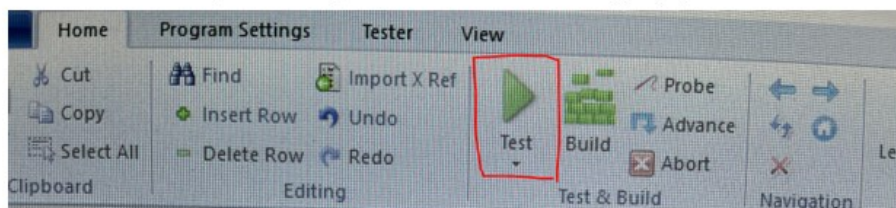
Serial Number:

Batch Number:





























Continue Cancel



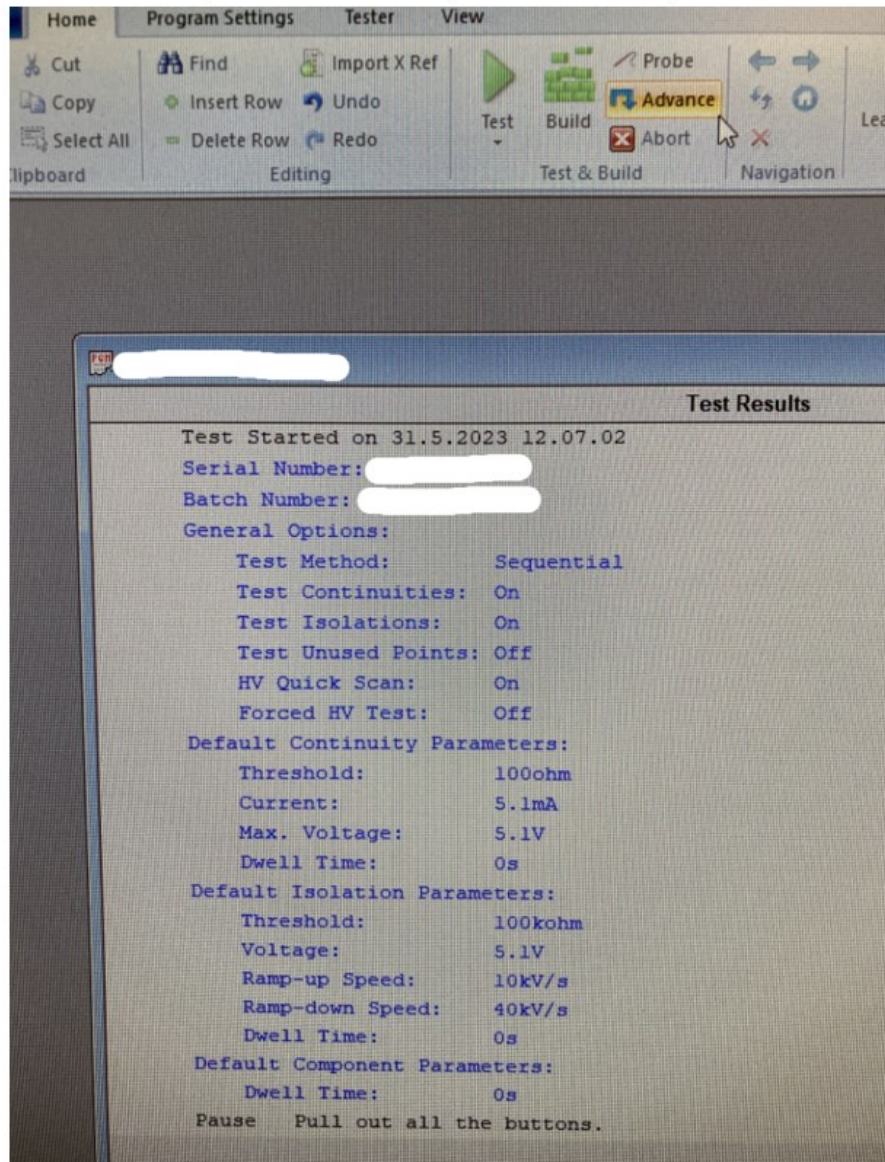
9. Suorita testiohjelma. Aloita painamalla vihreää PLAY-nappia yläpalkista.



The screenshot shows the Senop software interface. The 'View' menu is open, and the 'Test' button (a green play icon) is highlighted with a red rectangle. Other buttons in the menu include 'Build', 'Probe', 'Advance', 'Abort', and 'Navigation'. Below the menu, the title bar reads 'OP\_60253424-03 Rev. G'.

	Func.	From Point	To Point	Comment	Value	T
				Pull out all the buttons.		
				Disconnect J14 from ...		
				Connect 28VDC to K2...		
				Connect RTN 28VDC...		
		J1.A	J1.C		10 Ohm	
		J1.A	J1.B		10 Ohm	
				Push CB1 IN.		
				Activate relay.		
		J1.A	J1.B		2k Ohm	
		J1.A	J1.C		9m F	
		J1.A	J1.D		2k Ohm	
				Pull CB1 OUT. Push ...		
				Deactivate relay.		
		J1.A	J2.C		10 Ohm	
		J1.A	J2.B		10 Ohm	
				Activate relay.		
		J13.C	J2.C		2k Ohm	
		J2.A	J2.C		2k Ohm	
		J2.A	J2.B		2k Ohm	
		J13.C	J2.D		2k Ohm	
				Pull CB2 OUT. Push ...		
				Deactivate relay.		
		J11.A	J11.B		10 Ohm	
				Activate relay. Push ...		
5		J11.A	J1.A		2k Ohm	
6		J11.A	J11.B		2k Ohm	
7		J11.C	J11.D		2k Ohm	
8		J11.C	J2.C		2k Ohm	

10. Etene testiohjelmassa sekvensseittäin painamalla ADVANCE-painiketta.



## 11. Hyväksytysti suoritetun testiohjelman jälkeen tulosta Test Report.

