



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jyrki Vuorinen

TUOTTEEN  
LUOTETTAVUUSTESTAUSYMPÄRIS-  
TÖN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Tekniikka ja liikenne

2013

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jyrki Vuorinen
Opinnäytetyön nimi	Tuotteen luotettavuustestausympäristön suunnittelu ja toteutus
Vuosi	2013
Kieli	suomi
Sivumäärä	41
Ohjaaja	Antti Virtanen

---

Päättötyö tehtiin ABB OY:n Keskiännitetuotteet-yksikölle. Tehtävänä oli suunnitella ja valmistaa toimiva prototyyppi luotettavuustestausympäristöstä, jolla voidaan tehdä ABB:n valmistamien suojareleiden luotettavuuteen liittyviä testejä.

Päättötyössä tutustutaan PCM600-ohjelmistoon, jolla suunnitellaan releiden halutut toimintalogiikat ja MicroSCADA-järjestelmään testiympäristön etäkäytön mahdollistavana ohjelmistona sekä SCIL-ohjelmointikieleen releiden toimintojen ohjelmoinnissa. Testikaapista haluttiin suunnitella sellainen, että sillä pystyy hoitamaan mahdollisimman monia testejä samaan aikaan. Testejä ovat mm. testikaapin lämpötilan vaihtelut, ajastettu apusähköjen katkominen, testilaitteiden binääristen sisääntulojen ja ulostulojen testaus sekä virta- ja jännitetestaus.

Testikaappiin suunnitellut toiminnot, jotka esitellään luvussa 3, saatiin toimimaan ajallaan, mutta esimerkiksi lämpö ei jakaudu testikaapissa tasaisesti hyllyrivien välillä, joten sitä täytyy vielä kehittää.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Information technology

## ABSTRACT

Author	Jyrki Vuorinen
Title	Planning and Implementation of Reliability Testing Environment for a Product
Year	2013
Language	Finnish
Pages	41
Name of Supervisor	Antti Virtanen

---

The thesis was done for ABB OY's Medium Voltage Product. The object was to design and build a working prototype of reliability testing environment, which can be used to test the reliability of the protection relays manufactured by ABB.

The MicroSCADA system, PCM600 and SCIL-language are introduced in the thesis. The test cabinet was designed so that it can be used to test many different tests simultaneously. The tests include temperature changes within the test cabinet, timed auxiliary power on/off, binary input/output tests for products and current and voltage tests.

The designed functions for the testing cabinet were completed on schedule, but for example the distribution of heat is not even between the shelves of the testing cabinet, so this must be developed further.

---

Keywords    MicroSCADA, remote control, SCIL, reliability testing environment

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO .....	9
1.1	ABB lyhyesti.....	9
1.2	Työn tavoite.....	9
2	TARVEANALYYSI.....	10
3	TEORIATAUSTA .....	12
3.1	Luotettavuustestaus.....	12
3.2	Relion 630- ja 615 -sarjojen suojaus.....	13
3.3	PT100-anturi .....	14
3.4	Virtamuuntaja (CT).....	16
3.5	Jännitemuuntaja (VT) .....	16
3.6	IRF (Internal Relay Fault).....	16
3.7	Trip.....	17
3.8	PCM600-ohjelma.....	17
3.9	MicroSCADA-järjestelmä .....	17
4	SUUNNITTELUVAIHE.....	18
4.1	Testikaapin ominaisuudet.....	18
4.2	Testikaapin lämmitys .....	18
4.3	Testikaapin toimintojen suunnittelu .....	22
4.4	Testikaapin johdotuksen suunnittelu .....	23
4.5	CT- ja VT-testit.....	24
4.6	IRF- ja TRIP-testit .....	25
4.7	Käyttöjännitteen johdotuksen suunnittelu.....	26

4.8	Etähallintajärjestelmän suunnittelu .....	26
5	KOKOONPANOVAIHE .....	28
5.1	Käytetyt työkalut.....	28
5.2	Testikaapin prototyypin valmistus .....	28
5.3	Testikaapin käyttöönotto .....	31
6	OHJELMOINTI.....	34
6.1	Käytetyt ohjelmistot.....	34
6.2	Suunniteltujen toimintojen ohjelmointi MicroSCADA-järjestelmään ...	34
6.3	SCIL-esimerkki.....	36
7	TULOKSET.....	38
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA ARVIOINTI .....	39
	LÄHTEET.....	41

## KUVIOLUETTELO

<b>Kuvio 1.</b>	Relion 630- ja 615-sarjan suojarahat.	s. 9
<b>Kuvio 2.</b>	Projektissa käytetty testijohto, jossa on 12-pinninen UTG-liitin.	s. 11
<b>Kuvio 3.</b>	MicroSCADAn Event Display –ikkuna.	s. 11
<b>Kuvio 4.</b>	Relion REF630, REM630 ja RET630 -sarjojen suojarahat.	s. 14
<b>Kuvio 5.</b>	Relion REF615, REM615 ja RET615 -sarjojen suojarahat.	s. 14
<b>Kuvio 6.</b>	3-johdiminen PT100-anturi banaaniliittimillä.	s. 15
<b>Kuvio 7.</b>	PT100-anturi mittaamassa testikaapin lämpötilaa.	s. 15
<b>Kuvio 8.</b>	2-johdiminen PT100-anturi (n. 4-kertainen suurennos).	s. 16
<b>Kuvio 9.</b>	Kokonaiskuva valmiista testikaapista ja sen suunnitelma.	s. 18
<b>Kuvio 10.</b>	Testikaapin lämmittimet on asennettu ensimmäisen hyllyrivin takaosaan.	s. 20
<b>Kuvio 11.</b>	PCM-ohjelman asetukset lämpötilan ylärajalle.	s. 21
<b>Kuvio 12.</b>	MicroSCADAn vuorokauden lämpötilahistogrammi.	s. 22
<b>Kuvio 13.</b>	Ohjaavien releiden LHMI:t asennettuna testikaapin kylkeen.	s. 23
<b>Kuvio 14.</b>	Esimerkki Microsoft Vision-piirrosmerkeistä.	s. 24
<b>Kuvio 15.</b>	X336- ja X101-liittimet.	s. 24
<b>Kuvio 16.</b>	CT:n ja VT:n johdotus testikaapin hyllyriveillä 1 ja 2.	s. 25
<b>Kuvio 17.</b>	PCM-ohjelmalla tehty kytkentälogiikka CT:lle.	s. 29

<b>Kuvio 18.</b>	LHMI näkymä CT- ja VT-kytkennöistä PCM-ohjelmassa.	s. 29
<b>Kuvio 19.</b>	Plus- ja miinusjohdot on kytketty väärinpäin.	s. 30
<b>Kuvio 20.</b>	PT100-anturi on joko kokonaan tai osittain irti liittimestä.	s. 30
<b>Kuvio 21.</b>	Testikaapin kyljessä olevat liittimet.	s. 31
<b>Kuvio 22.</b>	VT-syötön ongelman ratkaisu.	s. 33
<b>Kuvio 23.</b>	Kytkentälogiikka 48 VDC:n katkomiseen.	s. 35
<b>Kuvio 24.</b>	Releen kontaktin tilan vaihtaminen SCIL-ohjelmalla.	s. 36
<b>Kuvio 25.</b>	Päädialogin Private-ohjelmat.	s. 37

## LYHENNELUETTELO

<b>ABB</b>	ASEA Brown Boweri
<b>CT</b>	Current Transformer, virtamuuttaja
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol, verkkoprotokolla, joka jakaa IP-osoitteita verkossa oleville koneille.
<b>HALT</b>	Highly Accelerated Life Test, Luotettavuustestausmenetelmä
<b>IED</b>	Intelligent Electronic Device, ohjelmoitava "älykäs" elektroninen laite.
<b>IRF</b>	Internal Relay Fault, suojarleen sisäinen vikatila
<b>IS</b>	Information System, Tietohallinto-yksikkö
<b>LHMI</b>	Local Human Machine Interface, suojarleen ohjainyksikkö jossa on myös näyttöpaneeli
<b>MEOST</b>	Multiple Environmental Overstress Testing, Luotettavuustestausmenetelmä, jossa käytetään montaa erilaista ympäristömuuttujaa kuten lämpö, kosteus ja värinä.
<b>PADS</b>	Mentor Graphicsin valmistama työkalu, jota käytetään esimerkiksi piirilevyjen suunnittelussa.
<b>RQO</b>	osasto jolle päättötyö tehtiin, kirjainyhdistelmä ei suoranaisesti tarkoita mitään.
<b>RTD</b>	Resistance Temperature Detector, laite joka ilmoittaa lämpötilan anturin vastusarvon muutoksesta.
<b>SCIL</b>	Supervisory Control Implementation Language, MicroSCADAssa käytetty ohjelmointikieli.
<b>TCS</b>	Trip Circuit Supervision, suojarleen valvontajärjestelmä, jonka tehtävänä on valvoa ulkoisia häiriöitä.
<b>UTG</b>	Päättötyössä käytetty liitintyyppi
<b>VAC</b>	Vaihtosähkö
<b>VDC</b>	Tasasähkö
<b>VT</b>	Voltage Transformer, jännitemuuttaja



# 1 JOHDANTO

## 1.1 ABB lyhyesti

ABB perustettiin vuonna 1988 kun ruotsalainen Asea ja sveitsiläinen Brown Boveri yhdistivät liiketoimintansa. Maailmanlaajuisesti se työllistää yli 130 000 henkilöä noin 100 maassa. Suomessa ABB työllistää noin 6000 henkilöä ja Vaasassa sijaitseva Keskijännitetuotteet-yksikkö työllistää noin 260 henkilöä.

## 1.2 Työn tavoite

Päättötyö tullaan tekemään ABB Oy Keskijännitetuotteet-yksikölle. Projektissa tullaan suunnittelemaan ja rakentamaan toimiva prototyyppi järjestelmästä, johon kuuluu testikaappi, jossa voidaan testata ABB:n valmistamia suojareleitä (**Kuvio 1.**). Projektin on tarpeellinen, koska RQO-osastolla on ollut tarvetta sellaiselle järjestelmälle, jolla voidaan tehdä monia luotettavuuteen liittyviä testejä samanaikaisesti ABB:n valmistamille suojareleille. Testejä tulee valvomaan MicroSCADA-järjestelmä, jolla voidaan tarkistaa ja hallita etänä testikaapin ohjaavia REF630-releitä. Tämä mahdollistaa sen, että testikaappi voidaan sijoittaa tarvittaessa vaikka toiseen rakennukseen kuin testaja.



**Kuvio 1.** Relion 630- ja 615-sarjan suojarele.

## 2 TARVEANALYYSI

Tavoitteena oli luoda suunnitelma testijärjestelmästä, jolla voidaan tehdä monia luotettavuustestejä samanaikaisesti, koska RQO-osastolla ei tällaista ollut. Testijärjestelmän valmistuttua sitä voidaan käyttää monipuolisesti erilaisten ABB:n valmistamien suojarleiden luotettavuustestaukseen.

Testikaapista täytyy löytyä liitinpintaa sekä erityyppisille lämpötila-antureille että virta- ja jännitemittauksille ja binäärisille sisääntuloille ja ulostuloille. Liitinpinnalla tarkoitetaan tässä tapauksessa UTG-liittimiä (**Kuvio 2.**), joihin liitetään testilaitteiden apusähköt, virta- ja jännitemittaukset sekä banaaniliittimiä, joiden kautta kulkevat PT100-antureiden lämpötilatiedot ja binääritieto. Testikaappiin on tarkoitus saada mahtumaan 4 hyllyä, joihin jokaiseen asetetaan maksimissaan 3 kappaletta ABB:n valmistamia suojarleitä testejä varten. Työssä täytyy ottaa huomioon liitinpintaa suunniteltaessa, että niihin voidaan liittää nykyisiä sekä myös tulevia relemalleja.

Helppokäyttöisyys on myös yksi tärkeä kriteeri, mikä täytyy ottaa huomioon testikaappia suunniteltaessa. Testilaitteisiin liitetään yleensä monia johtimia testien ajaksi ja tähän täytyi kiinnittää huomiota johdotusta suunniteltaessa. Testattavat laitteet täytyy voida asettaa yksitellen testikaapin hyllyille ilman, että johdot olisi kiinteästi asennettu testikaappiin. Mikäli johdot olisivat kiinteästi asennettuja, täytyisi suojarleiden taakse kiinnitettävät testijohdot asentaa testikaapin ahtailla hyllyillä. Testijohtojen toinen pää liitetään UTG-liittimillä testikaapin hyllyillä oleviin vastakappaleisiin ja toinen pää banaaniliittimillä testattaviin suojarleisiin.



**Kuvio 2.** Projektissa käytetty testijohto, jossa on 12-pinninen UTG-liitin.

MicroSCADAn näkymissä täytyy olla esillä testeissä tarpeelliset tiedot, kuten releiden tilan (auki/kiinni), RTD-antureiden mittaustulokset, CT- ja VT-arvot, binääristen sisääntulojen ja ulostulojen tilat ja IRF (Internal Relay Fault) sekä TRIP-tiedot. IRF:stä ja Tripistä täytyy myös jäädä lokiin merkintä, josta voidaan tarkistaa syy miksi testilaite on tripannut, eli tehnyt laukaisun tai mennyt sisäiseen vikatilaan (**Kuvio 3.**). RTD-mittausarvoista tehdään myös aikadiagrammi, josta voidaan seurata lämpötilavaihteluita testikaapissa.

			Time (ET+EM)	Station	Bay	Device	Object Text	State Text	Event Text
1		T	13-04-29 17:51:48.999	AA1	Q01	GS04	Measurand	68	68
2		T	13-04-29 17:51:24.098	AA1	Q01	Q2	Disconn. position indication	Open	Open
3		T	13-04-29 17:51:20.098	AA1	Q01	Q2	Disconn. position indication	Closed	Closed
4		T	13-04-29 17:51:18.098	AA1	Q01	Q2	Disconn. position indication	Open	Open
5		T	13-04-29 17:51:17.698	AA1	Q01	Q2	Disconn. position indication	Closed	Closed
6		T	13-04-29 17:51:17.298	AA1	Q01	Q2	Disconn. position indication	Open	Open
7		T	13-04-29 17:51:16.098	AA1	Q01	Q2	Disconn. position indication	Closed	Closed
8		T	13-04-29 17:51:15.298	AA1	Q01	Q2	Disconn. position indication	Open	Open

**Kuvio 3.** MicroSCADAn Event Display -ikkuna.

### 3 TEORIATAUSTA

#### 3.1 Luotettavuustestaus

Luotettavuusteoriassa luotettavuus määritellään seuraavasti: ” Todennäköisyys, että järjestelmä suoriutuu suunnitelluista toiminnoista halutun ajan määritellyissä olosuhteissa” /3/. Luotettavuustestauksella tarkoitetaan testejä, joilla voidaan havaita niissä mahdolliset virheet.

Luotettavuustestausmenetelmiä ovat esimerkiksi HALT (Highly Accelerated Life Test) ja MEOST (Multiple Environmental Overstress Testing). Näillä menetelmillä pyritään selvittämään nopeutetulla aikataululla testattavien tuotteiden heikoimmat kohdat. Kun tällaisia on löydetty, voidaan niitä parantaa tai vahvistaa.

Toisin kuin normitesteillä, joilla pyritään selvittämään tuotteiden toimintarajat, HALT-testillä pyritään ylittämään tuotteen rikkoutumisraja. Testissä hajonneesta tuotteesta voidaan tämän jälkeen helposti tunnistaa sen heikot kohdat. Näitä osaluokkia parantamalla saadaan tuote kestävämpään käyttöä paremmin. Parannusten jälkeen tuote asetetaan uudestaan HALT-testiin, jolloin voidaan havaita seuraavaksi heikoimmat komponentit /8, 3/.

MEOST-testauksella pyritään myös saavuttamaan tuotteen rikkoutumisraja. MEOST:ssa ajatuksena on, että testattava tuote on altistettava monelle ympäristömuuttujalle samanaikaisesti, jotta voidaan löytää tuotteen heikot kohdat. Testin kuormittavuudella on suurempi painoarvo kuin testikierrosten lukumäärällä. Lämpötilavaihtelutestauksessa 5 °C muutos minuutissa vaatisi 400 testikierrosta, jotta se tuottaisi saman rikkoutumislukumäärän kuin 25 °C muutos minuutissa tuottaisi neljässä testikierroksessa. Eli lämpötilakuormitusta suurentamalla voidaan siis lyhentää huomattavasti testausaikaa /9/.

Päättötyöprojektissa testataan suojauslaitteiden luotettavuutta lämmöllä. Testikaappiin ei ole tarkoitus lisätä kosteus- eikä värinätestausmahdollisuutta. Lämmöllä on vanhentava vaikutus elektroniikkaan /6/. Jokaisen 10 °C nousu lämpötilassa

puolittaa komponentin eliniän. Tämä voidaan laskea elektrolyyttikondensaattorille alla olevalla kaavalla (1):

$$L = L_0 * 2^{\frac{T_{max}-T_a}{10}} \quad (1)$$

L = Komponentin arvioitu elinikä

L<sub>0</sub> = Komponentin elinikä mitoitettussa lämpötilassa (tunneissa)

T<sub>max</sub> = Mitoitettu lämpötila

T<sub>a</sub> = Ympäristön lämpötila

Esimerkiksi, jos komponentin T<sub>max</sub> on 85 °C, T<sub>a</sub> on 105 °C ja L<sub>0</sub> on 5000 tuntia:

$$5000 * 2^{(85-105)/10} = 1250 \text{ tuntia}$$

### 3.2 Relion 630- ja 615 -sarjojen suojuarele

Relion 630 -sarjan suojuareleissa on irroitettava LHMI, jossa on 5 ohjelmoitavaa nappia, joihin käyttäjä voi päättää itse minkä toiminnon niihin haluaa (**Kuvio 4**). LHMI:ssä on 15 ohjelmoitavaa lediä, jotka sisältävät punaisen, keltaisen ja vihreän ledin. Valot voidaan ohjelmoida joko vilkkuviksi tai koko ajan päällä oleviksi. Ne voidaan ohjelmoida ilmaisemaan tiettyjä tilanteita kuten lämpötilan ylärajan ylitys. Relion 630 -sarjan tuotteita on kahta kokoluokkaa: 4U ja 6U. REF630-6U eroaa REF630-4U:sta ainoastaan fyysisen kokonsa puolesta. Kokoero johtuu siitä, että 6U releeseen mahtuu 2 kappaletta lisäkortteja joiden ominaisuudet asiakkaat voivat itse valita.



**Kuvio 4.** Relion REF630, REM630 ja RET630 -sarjojen suojarleet.

Relion 615 -sarjan suojarleissa on kiinteä LHMI ja siinä ei ole ohjelmoitavia nappeja (**Kuvio 5**). ”REF615 on johdonsuojarle keskijänniteverkon sähköasemien ja teollisuuden sähköjärjestelmien suojaukseen, mittaukseen ja valvontaan.” /7/ REM615 on suojarle moottorien suojaukseen, ohjaukseen, mittaukseen ja valvontaan. RET615 on suojarle muuntajien suojaukseen ja valvontaan.

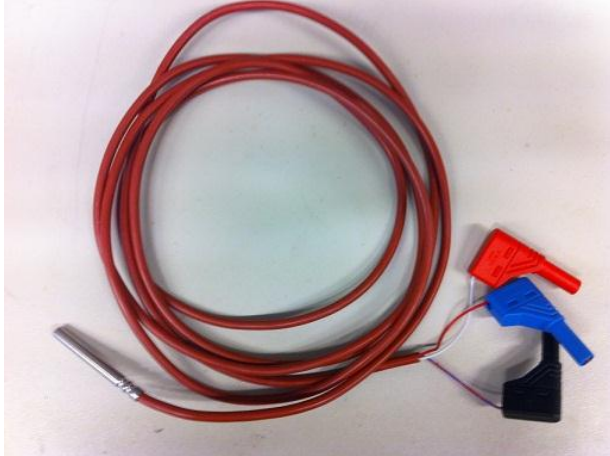


**Kuvio 5.** Relion REF615, REM615 ja RET615 -sarjojen suojarleet.

### 3.3 PT100-anturi

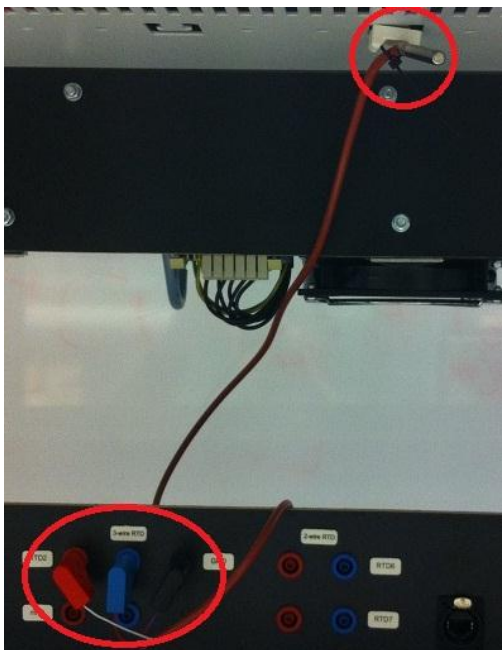
PT100-anturi on saanut nimensä sen ominaisuudesta näyttää  $100 \Omega$   $0 \text{ } ^\circ\text{C}$  lämpötilassa. PT100-anturin vastusarvo kasvaa  $0.385 \Omega$  jokaista Celsius-astetta kohden /1/. PT100-anturin mittapää on valmistettu platinasta. Kuviossa 6 nähdään projektissa käytettävää 3-johdimista PT100-anturityyppiä. Kyseistä

PT100-anturia käytetään testikaapin sisäisen lämpötilan mittaamiseen. Näitä antureita testikaapissa on asennettuna 4 kpl eli 1 jokaiselle hyllylle.



**Kuvio 6.** 3-johtiminen PT100-anturi banaaniliittimillä.

Kuviossa 7 on esimerkki kuinka testikaapin sisälämpötila mitataan. PT100-anturi lähettää mittatiedon ohjaavalle releelle 1 tai 2 riippuen siitä, millä hyllyllä kyseinen anturi on. Hyllyrivien 1 ja 2 mittatiedot ottaa vastaan ohjaava rele 1 ja vastaavasti hyllyrivien 3 ja 4 mittatiedot ottaa vastaan ohjaava rele 2.



**Kuvio 7.** PT100-anturi mittaamassa testikaapin lämpötilaa.

Kuviossa 8 nähdään 2-johtiminen PT100-anturi, jota käytetään projektissa testilaitteiden sisäisten komponenttien lämpötilojen mittaamiseen. Useimmin tämäntyyppinen anturi liimataan komponenttiin pysyvästi kiinni, joten nämä ovat käytännössä kertakäyttöisiä.



**Kuvio 8.** 2-johtiminen PT100-anturi (n. 4-kertainen suurennos).

### 3.4 Virtamuuntaja (CT)

CT tarkoittaa Current Transformeria eli virtamuuntajaa. ”Virtamuuntajan tarkoituksena on muuntaa piirin virta ko. piirin suojauksessa, valvonnassa ja mittauksessa käytettäville pienjännitteisille maan potentiaalissa oleville releille ja mittareille sopiviksi virroiksi sekä eristää ensiö- ja toisiopiirit toisistaan. Toisiovirran standardiarvot ovat 1 A, 2 A ja 5 A, joista suositeltavat ovat 1 A ja 5 A” /5, 286/. Muunnos merkitään esimerkiksi näin: 4000:1, jossa 4000 on päävirta ja 1 on toisiovirta.

### 3.5 Jännitemuuntaja (VT)

VT tarkoittaa Voltage Transformeria eli jännitemuuntajaa. ”Jännitemuuntajien tarkoituksena on muuntaa ensiöpiirin jännite toisiokojeille sopivaksi ja eristää ensiö- ja toisiopiiri toisistaan. Esimerkki muuntosuhteen merkitsemisestä: Ensiökäämit kytketty kahden vaiheen väliin; toisiopuolella mittauskäämi: 20000/100 V” /5, 292-293/.

### 3.6 IRF (Internal Relay Fault)

IRF ilmaisee suojareleen sisäisen vian. Jos suojarele havaitsee tässä projektissa releen sisäisen vian, sulkeutuu IRF-kontakti ja sen läpi kulkee jännite, joka voidaan lukea ohjaavalta releeltä binäärisenä sisääntulotietona. Vian havaittuaan releeseen syttyy punainen ledi ilmaisemaan virhettä. Tässä projektissa releen IRF-vika voidaan nähdä myös MicroSCADA-näkymässä, jos se katsotaan tarpeelliseksi.



### **3.7 Trip**

Releen sisällä on TCS-piiri (Trip-Circuit Supervision), jonka tehtävänä on valvoa sähköverkossa tapahtuvia muutoksia. Suojarele ”trippaa”, eli tapahtuu laukaisu, jos se havaitsee sähköverkossa jännite- tai virtapiikkejä. Nämä alarajat sekä ylärajat voidaan määrittää itse suojareleelle PCM-ohjelmalla.

### **3.8 PCM600-ohjelma**

PCM600-ohjelmalla on mahdollista konfiguroida suojarelettä siten, että on helppo kartoittaa releen sisääntulo- ja ulostulosignaaleja. Ohjelmalla voidaan myös seurata releen mittaustuloksia ja releen tiloja reaaliaikaisesti. Tässä projektissa ohjelmalla konfiguroidaan suojareleelle luotettavuustesteissä tarvittavat toiminnot. PCM600-ohjelmalla voidaan asettaa esim. TRIP-toimintarajat (yli- tai alijännite/virta), RTD-kortin lämpötilarajat (ala- ja yläraja) ja PT100-anturin tyyppi. Ohjelmalla voidaan myös asettaa REF630-releen LHMI:n ohjelmoitaviin nappeihin testeissä tarvittavia toimintoja, esimerkiksi suojareleen kytkimen avaus/sulkeminen.

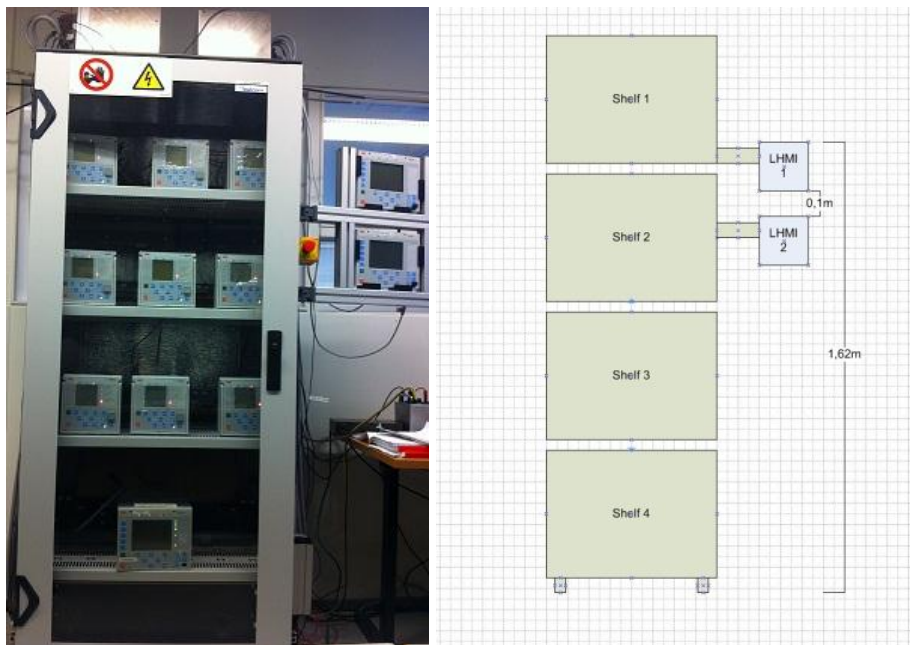
### **3.9 MicroSCADA-järjestelmä**

”MicroSCADA on kaukokäytön ohjauksessa ja valvonnassa käytettävä Suomessa kehitetty käytönvalvontajärjestelmä, jota myös energiayhtiöt ja teollisuus Suomessa laajasti käyttävät. Sen avulla viat on mahdollista ennakoida ja paikallistaa nopeasti.” /4/ Tässä projektissa MicroSCADA-järjestelmää tullaan käyttämään testikaapin etähallintaan.

## 4 SUUNNITTELUVAIHE

### 4.1 Testikaapin ominaisuudet

Testikaapin ulkoiset mitat ovat: leveys n. 1,2 m, korkeus n. 1,8 m ja syvyys n. 1 m (**Kuvio 9**). Hyllyjen lukumäärän oli oltava vähintään 4 kappaletta ja testikaapissa täytyi olla myös lukittavat pyörät liikuteltavuuden helpottamiseksi. Testikaappia tulee ohjaamaan 2 kappaletta REF630 6U-relettä, jotka sijoitetaan testikaapin päälle kiinteästi asentamalla. Näin tehtiin turvallisuussyistä esimerkiksi estämällä jännitteisiin kytkentöihin koskettamista. Lisäksi kaapin katolle asennetut ohjaavat releet mahdollistavat testikaapin helpon liikuteltavuuden testialueen todennäköisten muutosten takia.



**Kuvio 9.** Kokonaiskuva valmiista testikaapista ja sen suunnitelma.

### 4.2 Testikaapin lämmitys

Testikaapissa lämmitys suunniteltiin siten, että lämpötila voidaan nostaa tarvittaessa yli 70 °C asteeseen, mutta kyseistä testikaappia ei ole suunniteltu pelkäksi vanhennuskaapiksi, vaan testattavat tuotteet altistetaan monille testeille.

Tämän testikaapin tarkoitus tulee olemaan pitkäaikaisen vanhennuksen hoitaminen, eli tuotteita tullaan pitämään testikaapissa kuukausia yhtäjaksoisesti. Testikaapin lämpötilan vaihteluväli tulee olemaan n. 21 °C:sta n. 70 °C:een. Alin lämpötila tulee riippumaan huoneen lämpötilasta, koska testikaapissa ei ole muuta jäähdystystä kuin tuuletin, joka ottaa viileää ilmaa kaapin ulkopuolelta, kun ajastin sammuttaa lämmittimet. Tällä testillä on tarkoitus simuloida vuorokauden lämpötilavaihtelua. Suojareleen elektroniikka vanhenee lämmöstä, eli se kuluu loppuun nopeammin. Tällä varmistetaan, että tuote kestää sille ilmoitetun käyttöiän, mutta nopeammalla aikataululla. Valvoville REF630-releille johdotetaan kummallekin 2 kpl PT100-lämpötila-antureita, jotka valvovat hyllyjen lämpötilaa. Tämän tiedon ottaa vastaan ohjaavan REF630-releen RTD (Resistance Temperature Detector) kortti. Tämän kortin avulla on mahdollista valvoa ja myös vaihdella testikaapin lämpötilaa, kunhan releelle on luotu PCM-ohjelmalla sitä varten sopiva konfiguraatio.

Kahden ylimmän hyllyn lämpötilaa tarkkailee REF630\_1-rele, joka ohjaa myös lämmitintä sekä tuuletinta. PT100-antureiden lisäksi molemmille valvoville REF630-releille on johdotettu lisäantureita siten, että ne voivat ottaa vastaan lämpötilatietoja yhteensä kuudelta erilliseltä lisäanturilta. Nämä lisäanturit ovat sellaisia, jotka voidaan asettaa testilaitteiden sisälle tarkkailemaan niiden lämpötiloja. PT100-antureista käytetään 3-johtimista mallia, koska se on tarkempi kuin 2-johtiminen malli. 2-johtimisessa mallissa on ongelmana se, että resistanssilukemaan tulee myös käytettyjen johdinten resistanssi, mikä heikentää anturin tarkkuutta, mikä ilmenee virheenä lämpötila mittauksessa. 3-johtimisessa mallissa pyritään pienentämään johtimien resistanssien aiheuttama epätarkkuus /1/. 3-johtimisen mallin ongelma on se, että siinä oletetaan kaikkien johdinten aiheuttavan yhtä paljon resistanssia. Tapauksissa joissa näin ei ole 3-johtimisen mallin laskukaava antaa virheellisen tuloksen. Johtimien pituuden kasvaessa myös niiden resistanssi kasvaa ja tästä syystä myös saatu tulos on epätarkka.

Liitteessä 3 sivulla 2 (ei esitetä julkisessa versiossa) nähdään Relion 630-sarjan releen RTD-lisäkortin kytkentäkuva. Kytkentäkuvassa ilmenee PT100-anturin

oikea kytkentätapa. 3-johtimisen PT100-anturin johdotus tapahtuu siten, että valvovan REF630-releen liittimestä X316-2 lähtee valkoinen(+) johto, X316-3 lähtee punainen(-) johto ja X316-4 lähtee punainen/sininen GND-johto /2, 1252/. Tämä anturi mittaa ylimmän hyllyn lämpötilaa. Toisen hyllyrivin PT100-anturi johdotetaan siten, että X316-5 lähtee (+) johto, X316-6 lähtee (+) johto ja X316-4 lähtee GND-johto. Samaa GND-liitintä voidaan siis käyttää useammalle PT100-anturille.

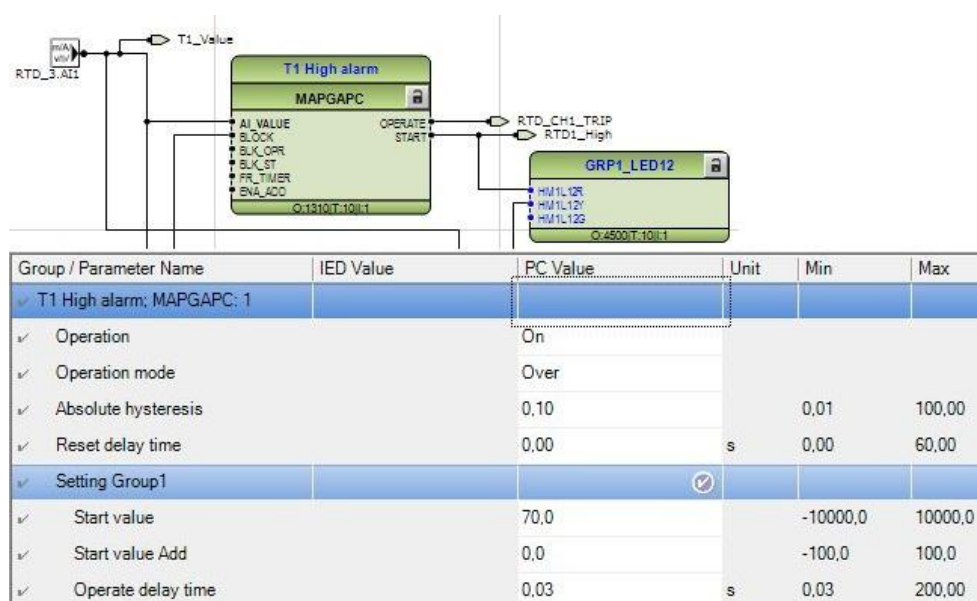
3-johtimisten PT100-antureiden liittiminä päädyttiin käyttämään banaaniliitintä, koska siten niitä voidaan käyttää myös testikaapissa olevien testireleiden komponenttien lämpötilojen tarkkailuun. Tämä voi olla tarpeellinen silloin, kun halutaan todella tarkkoja lämpötilamittauksia suojarleiden sisäisistä komponenteista.

Lämmittimet ovat sijoitettuna ensimmäisen hyllyrivin alaosaan (**Kuvio 10**). Ensimmäinen valvova REF630-rele, eli REF630\_1, hallitsee lämmittimien käynnistystä ja sammutusta riippuen siitä onko PT100-anturin ilmoittama lämpötila ylärajalla vai alarajalla. Testikaapin lämpötilan vaihtelua voidaan muokata toimimaan myös sykleissä esim. 12 tuntia päällä ja 12 tuntia pois päältä sekä siten, että testikaapissa pyritään pitämään tietty lämpötila (esim. 55 °C) asetetun ajan.



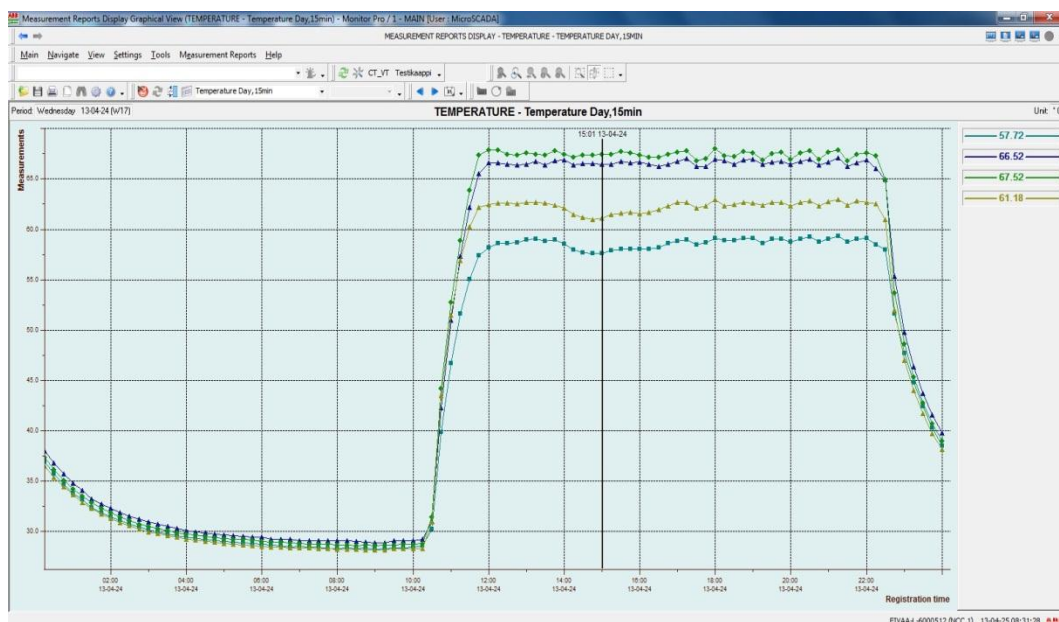
**Kuvio 10.** Testikaapin lämmittimet on asennettu ensimmäisen hyllyrivin takaosaan.

Erikoistapauksissa, jolloin testikaapin lämpötila ylittää sille asetetun hälytysrajan, katkaisee valvova REF630-rele kaikki sähköt testikaapista. Kuviossa 11 nähdään kuinka PCM-ohjelmalla asetetaan lämpötilalle yläraja. Lisävarmennuksena testikaapin lämpötilaa valvoo mekaaninen yllämpösuojatermostaatti, joka toimii ilman sähköä. Tämä katkaisee kaikki sähköt testikaapista, jos sille asetettu rajalämpötila ylitetään. Tällä hetkellä se on asetettu 100 °C.



**Kuvio 11.** PCM-ohjelman asetukset lämpötilan ylärajalle.

Testikaapin lämpötilat täytyi saada tallennettua myöhempää tarkastelua varten. Tässä päädyttiin käyttämään apuna MicroSCADAn tietokantoja. Siitä pystytään helposti ja nopeasti noutamaan pitkänkin aikavälin lämpötilatallenteita. Projektissa on tärkeää pystyä tallentamaan jokaisen testikaapin hyllyrivin lämpötilaa mittaavan 3-johtimisen PT100-anturin arvot, mutta tämän lisäksi on mahdollista tallentaa jokaisen 2-johtimisen PT100-anturin mittaustulokset. Kuviossa 12 on esimerkki, johon on haettu tietyn testijakson arvot ja piirretty niistä graafi. Kuvasta voidaan nähdä, että testikaapin lämmitys ei toimi vielä täysin halutulla tavalla. Tavoitteena on muokata testikaappia siten, että jokainen hyllyrivi testikaapissa saavuttaisi täsmälleen saman lämpötilan.



**Kuvio 12.** MicroSCADAn vuorokauden lämpötilahistogrammi.

### 4.3 Testikaapin toimintojen suunnittelu

Ohjaavaan REF630-releeseen on tehty toiminnot, joilla voidaan katkoa apusähköjä testilaitteilta ja mitata kauanko laitteella kestää käynnistyä uudelleen. Myös CT:n (Current Transformer) & VT:n (Voltage Transformer) tutkiminen ja binääristen sisääntulojen ja ulostulojen testaukset tullaan hoitamaan ohjaavan REF630-releen kautta.

Alun perin suunniteltiin, että ohjaavat releet asetettaisiin testikaapin kylkeen asennettuun pidikkeeseen. Tästä luovuttiin, koska todettiin sen olevan mahdollinen turvariski testikaappia liikuteltaessa. Saranalliseen pidikkeeseen asetettiin ainoastaan releiden LHMI (Local human-machine interface) (**Kuvio 13**). LHMI on releen hallintalaite, jossa on myös näyttöpaneeli, johon voidaan PCM-ohjelmalla asettaa näkyviin haluttuja tietoja releen tilasta.

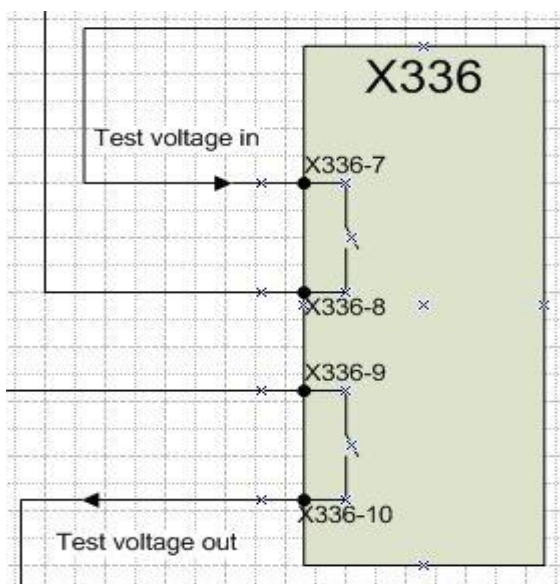


**Kuvio 13.** Ohjaavien releiden LHMI:t asennettuna testikaapin kylkeen.

Liitteessä 2 sivulla 12 (ei esitetä julkisessa versiossa) on tarkka suunnitelma testikaapin hyllyn takapaneelin liitinpinnasta. Lähes jokainen liitin takapaneelissa on tyypiltään joko UTG- tai banaaniliitin. UTG-liittimiin päädyttiin, koska niillä on nopea ja helppo liittää testilaitteet testikaapin vastakappaleeseen ja niitä on helppo saada lisää. Testilaitteiden ohjelmointia varten käytetään RJ-45 liittintä.

#### **4.4 Testikaapin johdotuksen suunnittelu**

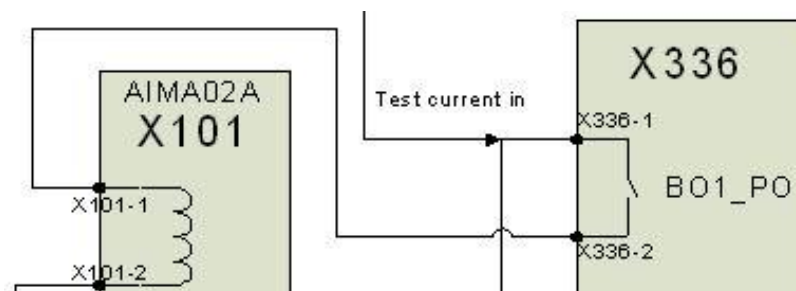
Työn suunnitteluvaihe aloitettiin huhtikuun alussa 2012. Suunnittelutyössä käytettiin apuna Microsoft Visio -ohjelmaa. Vaihtoehtoina Microsoftin Visiolle olisivat olleet PADS tai AutoCAD, mutta Visio todettiin helpommaksi ottaa käyttöön ja siihen löytyi valmiiksi tarvittavia piirrosmerkkejä (**Kuvio 14.**).



**Kuvio 14.** Esimerkki Microsoft Vision-piirrosmerkeistä.

#### 4.5 CT- ja VT-testit

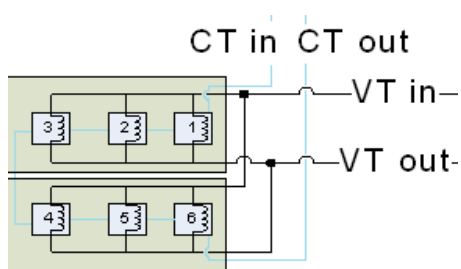
Liitteessä 1 nähdään kuinka CT ja VT johdotetaan testikaapissa (ei esitetä julkisessa versiossa). CT:ssä virta kiertää ensin hyllyrivejä 1 ja 2 valvovan REF630\_1-releen liittimen X336 kautta liittimelle X101, jossa mitataan testivirta. Liitin X336 sisältää kontakteja, joita käytetään esimerkiksi kytkinten ohjauksessa (**Kuvio 15**). Liittimen X336-1 ja X336-2 välissä on kytkin BO1\_PO (Binary Output 1, Power Output), jota voidaan hallita (auki tai kiinni), joten voidaan valita kulkeeko testivirta vai ei. Tämän jälkeen johdotus jatkuu itse testilaitteille hyllyriveille 1 ja 2, joissa on maksimissaan 3 kpl testilaitteita per hyllyrivi. Testilaitteissa virta johdetaan laitteen liittimelle X101, jossa se voidaan myös mitata.



**Kuvio 15.** X336- ja X101-liittimet.



Kuviossa 16 nähdään kuinka virta kulkee sarjamuotoon kytkettyjen testilaitteiden 1 – 6 läpi. Tämän jälkeen se johdetaan joko suoraan takaisin ulkoiselle virtalähteelle SV-1 jos halutaan testata ainoastaan kahden ensimmäisen hyllyrivin laitteita tai sitten hyllyrivejä 3 ja 4 valvovan REF630\_2-releen liittimeen X336, jossa virta kiertää samalla tavalla testilaitteiden 7 - 12 kautta kuin yllä on mainittu.



**Kuvio 16.** CT:n ja VT:n johdotus testikaapin hyllyriveillä 1 ja 2.

VT:ssä jännite ohjataan kulkemaan hyllyrivejä valvovan REF630-releen kautta rinnankytkentään kytkettyjen testilaitteiden läpi. Ensin jännite kulkee ulkoiselta jännitelähteeltä SV-1 valvovan REF630-releen liittimen X336 kytkimen kautta liittimelle X102 jossa jännite mitataan. Liittimen X336-7 ja X336-8 välissä on kytkin BO4\_SO (Binary Output 4, Signal Out), jota voidaan hallita (auki tai kiinni), joten voidaan valita kulkeeko testijännite vai ei. Tästä jännite johdetaan kulkemaan testilaitteiden liittimeen X102, jossa se voidaan mitata.

#### 4.6 IRF- ja TRIP-testit

IRF-signaali johdotetaan siten, että virtalähteeltä syötetään ensin testilaitteelle 48 VDC-jännite liittimeen X329-3 ja liittimeltä X329-2 johdotetaan valvovan REF630-releen liittimeen X304-2:een /2, 1233/. Liittimessä X304 on binäärinen sisääntulo, joka ottaa IRF-signaalin vastaan. Jännite kulkee tuota johdotusta pitkin ainoastaan silloin, kun testilaitte on havainnut sisäisen vian.

TRIP-signaali johdotetaan testilaitteen liittimestä X327-1 valvovan REF630-releen liittimeen X304-9. Tässä esimerkkinä on käytetty testilaitetta 1, eli IRF 1 ja

TRIP 1. Muissa testilaitteissa liitin ei ole valvovassa REF630-releessä samalla numerolla.

#### **4.7 Käyttöjännitteen johdotuksen suunnittelu**

Testikaapin 230 VAC käyttöjännitteen (LIITE 2 sivu 7, liitettä ei esitetä julkisessa versiossa) syöttö on suunniteltu siten, että sen voi katkaista hätä-seis-napista, pääkytkimestä ja sitä suojaa myös ylälämpösuojatermostaatti. 230 VAC jännitettä käyttävät testikaapin lämmitin-elementit ja tuulettimet sekä Powernetin valmistamat ADC4370-malliset säädettävät virtalähteet, jotka on asennettu testikaapin kylkeen. Ensimmäinen niistä on säädetty syöttämään 48 VDC jännitettä ja toinen 110 VDC jännitettä. Testikaappiin asetettavat testilaitteet käyttävät yleensä edellä mainittua jännitealuetta. Aluksi virtalähteet oli johdotettu suoraan testikaapin riviliittimelle, joten jos testikaappiin tuotaisiin testattavaksi sellaisia tuotteita, jotka tarvitsisivat suuremman käyttöjännitteen kuin 48 tai 110 voltia olisi virtalähteiden johdotukset täytynyt purkaa testikaapin riviliittimiltä ja vaihtaa uusien virtalähteiden johtoihin. Tämä olisi ollut turhan hankalaa, joten testikaapin kylkeen lisättiin banaaniliittimet myös virtalähteille. Jos myöhemmin ilmenee tarve vaihtaa virtalähde, onnistuu se helposti ja nopeasti.

Lämmittimille johdotus alkaa ensimmäisen valvovan REF630-releen liittimestä X327-1 ja se kulkee kytkimen läpi X327-2:sta lämmittimille. Tuulettimelle johdotus alkaa REF630-releen liittimestä X327-3 ja se kulkee kytkimen läpi X327-4:stä tuulettimelle.

#### **4.8 Etähallintajärjestelmän suunnittelu**

Etähallintajärjestelmän suunnittelussa keskitytään pohtimaan menetelmiä ja toimintoja, joilla saadaan testikaapissa olevilta laitteilta halutut tilatiedot. Tässä käytetään apuna MicroSCADA-ohjelmistoa ja osaan toiminnoista SCIL-ohjelmointikieltä.

Tarkoitus oli tehdä sellainen järjestelmä, jossa releet olisivat suoraan verkossa ja niihin voitaisiin ottaa yhteys millä tahansa tietokoneella, johon on asennettu MicroSCADA. Tämä ei toteutunut sillä ABB:n säännöt, joissa verkon

toimivuuden ja vääristä konfiguroinneista johtuvien häiriöiden välttämiseksi kielletään muut kuin IS-osaston hallitsevat DHCP-serverit. Tämän lisäksi esteenä on se, että 630 tuotteiden DHCP-serveriä ei juuri voi konfiguroida.

Toteutunut etähallinta: Kellarissa on jatkuvasti käynnissä tietokone, johon voidaan ottaa etähallintayhteys mistä tahansa tietokoneesta ABB:n toimistoverkossa. Tämä tapa ei siis vaadi erikseen MicroSCADAa asennetuksi koneelle, jolla otetaan yhteys.

## 5 KOKOONPANOVAIHE

### 5.1 Käytetyt työkalut

Kokoonpanovaihe koostuu kahdesta vaiheesta, joista ensimmäisessä rakennettiin testikaapin prototyyppi testikehikkoon ja toinen vaihe, jossa muokattiin valmiin testikaapin johdotusta. Ensimmäisessä vaiheessa käytettiin kahta REF630 4U-relettä, toisessa vaiheessa REF630 6U-relettä. Työn eri vaiheissa käytettiin alla olevia työkaluja.

2 kpl REF630 4U-relettä, joista toinen toimii valvovana yksikkönä ja toinen testilaitteena. Valvovaan releeseen lisättiin RTD-kortti.

4 kpl 3-johtimisia PT100-antureita, joilla voidaan testata lämpötilojen ylä- ja alarajojen saavuttamista (Elfa 76-808-87).

12 kpl 2-johtimisia PT100-antureita, joilla voidaan testata laitteiden sisäiset lämpötilat (Elfa 76-689-24).

1 kpl säädettävä virta/jännitelähde SV-1, jolla voidaan syöttää CT/VT valvovalta releeltä testilaitteille.

1 kpl FLUKE 115 TRUE RMS MULTIMETER yleismittari, jolla voidaan mitata jännitteet ja virrat oikeiksi.

### 5.2 Testikaapin prototyypin valmistus

Testijärjestelmän prototyypin asennus testikehikkoon alkoi, kun suunnitelmalle oli saatu esimiehen hyväksyntä. REF630-relepurkkien asennus kehikkoon tapahtuu asennusrautojen avulla. Ensin releet ruuvataan kiinni asennusrautoihin ja sitten se ruuvataan itse testikehikkoon. Tämän jälkeen molemmille testilaitteille voidaan kytkeä apusähköjohdot (+ ja -) liittimeen X430. Molempien releiden  $U_{aux}$  eli käyttöjännitealue on 48 – 125 VDC, joten käyttöjännitteeksi pystyttiin valitsemaan 48 VDC.  $U_{aux}$ :in syötöstä huolehtii testikehikkoon erikseen rakennettu syöttölaite. Testikaapin prototyypin käynnistystestin jälkeen molemmat releet lähtivät käyntiin, joten johdotus oli oikein kytketty.

CT- ja VT-testejä varten johdotus on toteutettu seuraavasti: Kytkennöissä VT:lle käytettiin säädettävää jännitealuetta 0 – 230 VAC ja CT:lle säädettävää virta-aluetta 0 – 100 mA. Testikehikossa CT:n ja VT:n kytkennät ovat yksinkertaiset,

koska ne täytyy tehdä ainoastaan ohjaavan releen ja testireleen välille. Logiikkaan lisättiin CT:lle ja VT:lle in- ja out-kytkimet. Kuviossa 17 nähdään CT:lle tehty kytkimen avaamiseen/sulkemiseen tarvittavat toimintalohkot. Kyseinen muokkaus oli tarpeellinen, koska ohjaavan releen kautta voidaan nyt tarvittaessa ohjelmallisesti ohjata CT ja VT päälle tai pois.

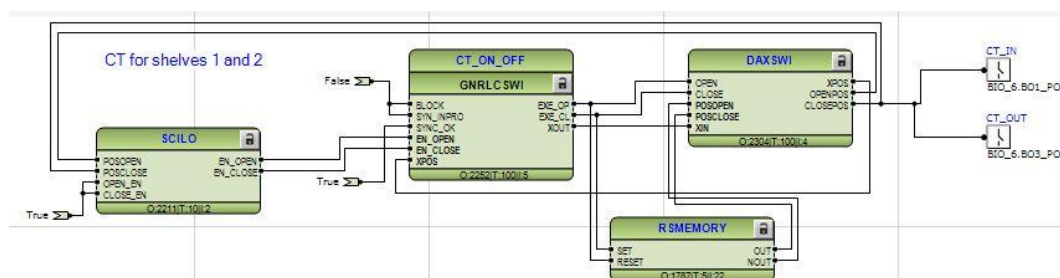
PCM-kytkentälogiikan selostus:

**SCILO**-toimintalohkon tarkoitus on estää tai sallia valvomansa kytkimen tilan muutos. Yleensä tämä lukee sallitut tilat toisesta kytkimestä, mutta tässä työssä haluttiin estää CT-syötön katkaisu kokonaan silloin kun testataan hyllyrivien 3 ja 4 testireleitä.

**GNRLSWI**-toimintalohkon tehtävänä on antaa komento avaa tai sulje kytkin. Tämän toimintalohkon tilatieto näytetään myös ohjaavan releen näyttöpaneelissa tai MicroSCADAn näkymässä.

**DAXSWI**-toimintalohkon tehtävänä on hoitaa kytkimen avaaminen/sulkeminen, riippuen komennosta.

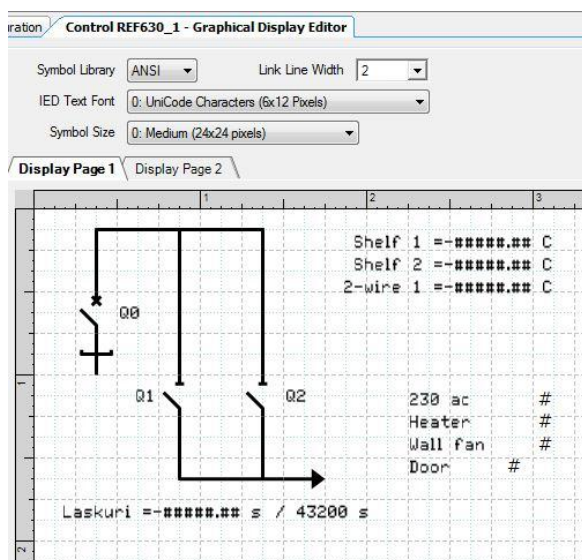
**RSMEMORY**-toimintalohkon tehtävänä on asettaa tai resetoida DAXSWI-toimintalohkon open tai close position tilatieto. Jos **SCILO**-toimintalohkoa ei olisi käytetty, niin ei olisi ollut tarvetta käyttää myöskään **RSMEMORY**ä.



**Kuvio 17.** PCM-ohjelmalla tehty kytkentälogiikka CT:lle.

PCM-ohjelmalla lisättiin ohjaavan releen LHMI:lle, eli näytölle kytkimiä kuvaavat ikonit, joista voidaan yksittäin valita onko kytkin auki vai kiinni (**Kuvio 18.**). CT:n ja VT:n arvojen esittäminen releen LHMI:ssä vaati muokkausta releen

konfiguraatioon. Testauksella todettiin kytkennät oikeiksi ja että ohjaavan releen näytöstä pystyttiin kontrolloimaan lähteekö testireleelle CT:tä tai VT:tä.



**Kuvio 18.** LHMI-näkymä CT- ja VT-kytkennöistä PCM-ohjelmassa.

Alkutarkastuksessa oli epähuomiossa jäänyt tarkistamatta onko ohjaavalle releelle asennettu RTD-korttia. Puute ilmeni ongelmana, kun PCM-ohjelmalla ei pystynyt lisäämään LHMI:lle PT100-antureiden mittaustuloksia ilmaisevia arvoja. RTD-kortin asennuksen jälkeen arvojen lisäykset olivat mahdollisia PCM-ohjelman konfiguraatioon.

Lämpötilamittausta varten valittiin 3 kpl n. 2m pituisia 3-johtimisia PT100-antureita. Releen RTD-kortti tukee lämpötilamittauksessa 2-johtimisia ja 3-johtimisia PT100-antureita, mutta tässä tapauksessa päädyttiin käyttämään 3-johtimisia antureita kahdesta syystä: ne ovat tarkempia ja niitä ei tarvinnut tilata mistään vaan niitä oli heti saatavilla. Oikea kytkentätapa löytyy releen manuaalista /2, 1252/, joten kunhan 3-johtimisen PT100-anturin johtojen värien merkitys oli selvitetty, voitiin ne liittää releen X316-liittimeen. Tämän jälkeen PCM-ohjelmalla päivitettiin ohjaavan releen ohjelmistoa siten, että se tulkitsee oikein RTD-kortilta vastaanottamaa dataa. Tärkeimmät muutokset olivat anturin

tyyppi sekä anturin johtimien lukumäärä. PCM-ohjelmalla lisättiin tekstikentät releen näyttöä varten, joista näkee PT100-antureiden arvot.

Kuviossa 19 nähdään tilanne, jossa kytkennät oli aluksi tehty peilikuvana siitä miten ne oikeasti piti tehdä ja korjauksen jälkeen anturien arvot näkyivät releen näytöltä oikein. Kuviossa 20 taas nähdään tyypillinen kytkentävirheilmoitus, joka ilmenee silloin kun yksi tai useampi PT100-anturin johto on jätetty liittämättä kunnolla.

NAMEAI1	T1
AI1_ERR	Error
AI1	-100.000

**Kuvio 19.** Plus- ja miinusjohdot on kytketty väärinpäin.

NAMEAI1	T1
AI1_ERR	Error
AI1	210.000

**Kuvio 20.** PT100-anturi on joko kokonaan tai osittain irti liittimestä.

### 5.3 Testikaapin käyttöönotto

Kun testikehikossa oleva prototyyppi saatiin valmiiksi, tilattiin varsinaisen testikaapin kokoonpano alihankkijalta, jonka he toteuttivat päättötyössä tehtyjen suunnitelmien pohjalta. Tähän päädyttiin koska haluttiin, että testikaappi valmistuisi sovitulla aikataululla.

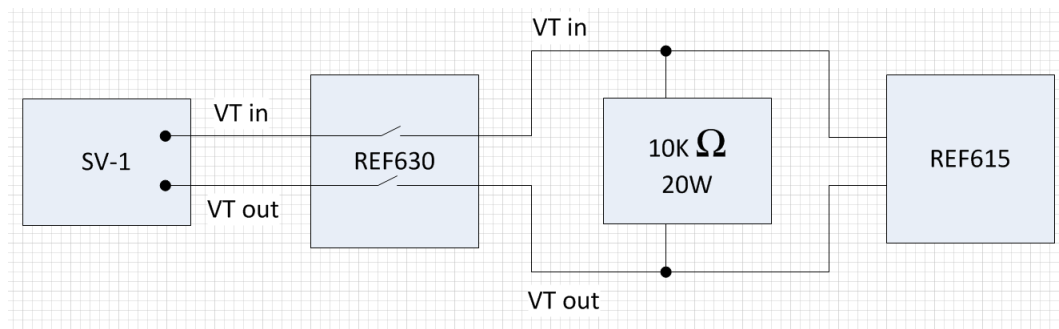
Kun testikaappi saapui testitilaan, huomattiin heti tarvetta muutokselle CT- ja VT-syötössä. Alun perin syöttö tapahtui suoraan ohjaavien REF630-releiden liittimien kautta, joten ne eivät olleet helposti irrotettavia käytön jälkeen. Tämä korjattiin testikaapin kylkeen asennettujen liittimien avulla (**Kuvio 21.**).



**Kuvio 21.** Testikaapin kyljessä olevat liittimet.

Kun testikaappiin, jossa testattiin REF615-sarjan suojarkeitä, syötettiin testijännitettä ulkoiselta säädettävältä virta/jännitelähteeltä SV-1 ja sen syöttö katkaistiin ohjaavalta releeltä, mittasivat testireleet kuitenkin osan testijännitteestä. Tämän ei pitäisi olla mahdollista. Ongelmakohdan löytämiseksi lähdettiin tutkimaan testikaapin johdotusta, joka oli hyvin aikaa vievä työvaihe testikaapin riviliittimien suuren lukumäärän takia. Johdotuksessa ei kuitenkaan havaittu mitään vikaa, joten ongelmaa lähdettiin etsimään suojarkeista. Havaittiin, että ohjaavassa REF630-releessä on ominaisuus, joka päästää osan testijännitteestä läpi vaikka VT-kytkin on auki. Tämä pystyttiin korjaamaan asentamalla ohjaavan REF630-releen VT-syötön ja testireleiden väliin 10K  $\Omega$  vastus (**Kuvio 22.**).





**Kuvio 22.** VT-syötön ongelman ratkaisu.

## 6 OHJELMOINTI

### 6.1 Käytetyt ohjelmistot

Ohjelmointivaihe koostuu PCM-ohjelmalla tehtäviin toimintalogiikkojen suunnitteluun, MicroSCADA-näkymien suunnitteluun sekä toimintojen ohjelmointiin SCIL-ohjelmointikielellä. Työvaiheessa käytettiin alla olevia ohjelmistoja.

Toimintalohkojen suunnittelu PCM600 Pro-lisenssillä.

IET600 5.1.15 RCB-clienttien luonti.

SYS600 Monitor ja SYS600 Monitor Pro

Visual SCIL Dialog Editor

### 6.2 Suunniteltujen toimintojen ohjelmointi MicroSCADA-järjestelmään

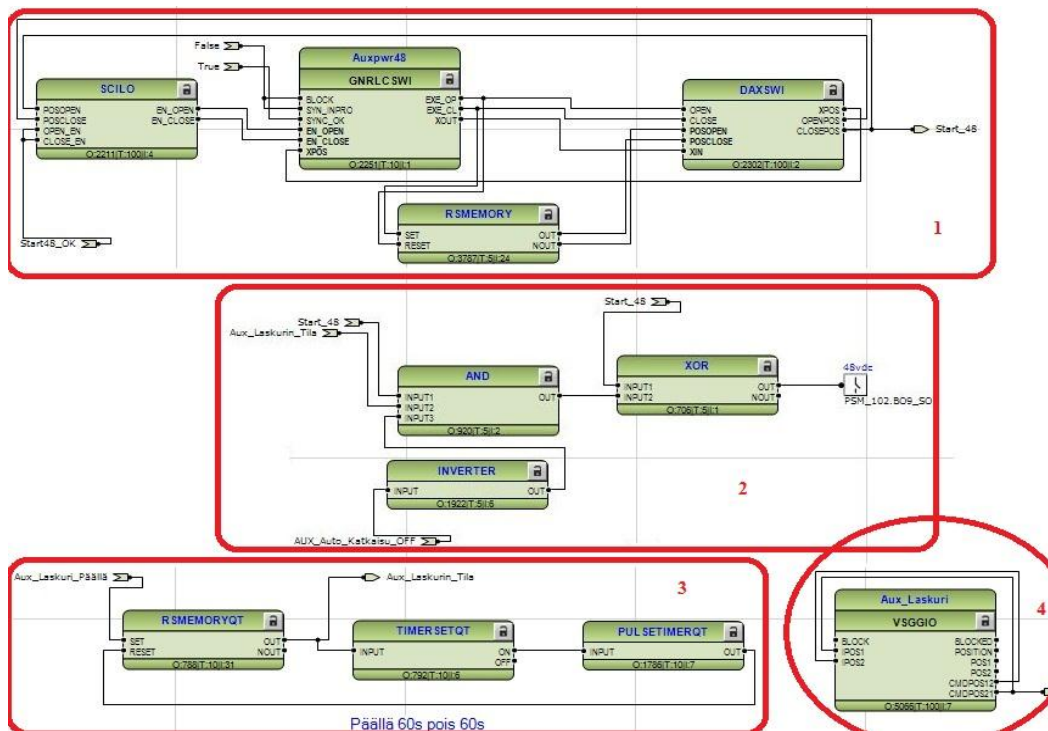
Testijärjestelmään täytyi saada myös apusähköjen katkomislogiikka joka aukaisee tai sulkee releen kontaktin valitun ajan kuluessa. Kuviossa 23 nähdään PCM:llä tehty kytkentälogiikka, joka toistaa toimintoa 1 min välein, tässä tapauksessa toimintona on 48 VDC:n katkominen. Logiikassa on myös tarkistus onko testirele normaalisti päällä vai IRF:ssä. Jos rele on mennyt sisäiseen vikatilaan eli IRF:n, niin tämän tilan jälkeen ei enää katkota apusähköjä.

PCM-kytkentälogiikan selostus:

1. SCILO-toimintalohkon tarkoitus on estää tai sallia 48 VDC-signaalin tilanmuutos silloin, kun 110 VDC on päällä. Tässä tilanteessa SCILO saa sallitut tilat Start48\_OK signaalin kautta. GNRLCSWI tarvitaan, koska vain sen voi liittää LHMI:n näyttöruudulla näkyvään kytkinkuvakkeeseen. DAXSWI vain lähettää signaalin, voidaanko 48 VDC avata/sulkea. RSMEMORY-toimintalohkon tehtävänä on asettaa tai resetoida DAXSWI-toimintalohkon open tai close position tilatieto.
2. Kytkentälogiikka, jolla avataan/suljetaan 48 VDC. Sisältää tarkistuksen, onko testilaite irfissä tai tripissä (AUX\_Auto\_Katkaisu\_OFF). AND ottaa

vastaan 3 sisääntulosignaalia, joista AUX\_Auto\_Katkaisu\_OFF tulee aina käänteisenä inverterin jälkeen. Inverter on tarpeellinen, koska normaalissa releen toimintatilassa AUX\_Auto\_Katkaisu\_OFF lähettää arvoa 0.

3. Ajastinfunktio, joka on ensin päällä 60 s. ja sitten pois 60 s.
4. LHMI:n toimintonapin logiikka. Käynnistää/sammuttaa ajastimen käyttäjän antaman komennon perusteella.



**Kuvio 23.** Kytkentälogiikka 48 VDC:n katkomiseen.

Kun haluttu konfiguraatio on saatu luotua PCM-ohjelmalla, täytyy se viedä IET600-ohjelmalle, jolla konfiguraatioon luodaan RCB-clientit. Näitä tarvitaan tiedonvälityksessä IED:n ja MicroSCADAn välillä. Muokkauksen jälkeen IET600:sta viedään tiedosto takaisin PCM:lle ja uusi konfiguraatio voidaan lähettää ohjaavalle releelle. IET600 tekee myös konfiguraatitiedoston, jonka avulla voidaan tuoda MicroSCADAan relekonfiguraatiot. Tämän jälkeen voidaan alkaa suunnitella MicroSCADAn näkymiä, mutta ne näyttävät esim. releiden tilatiedot tai niiden mittausarvot vasta kun RCB-clientit on päällä.

### 6.3 SCIL-esimerkki

Kuviossa 24 nähdään Visual SCIL Dialog Editorilla tehty ohjelma, jolla voidaan avata tai sulkea valittu releen kontakti. Tässä tapauksessa kyseessä on kontakti, jonka kautta kulkee 230AC:n jännite. Ohjelmassa on 3 nappia joista ensimmäisellä (Avaa 230AC) avataan kontakti, toisella (Sulje 230AC) suljetaan kontakti ja kolmannella (Sulje) lopetetaan ohjelman ajo. Ohjelmassa on lisäksi yksi tekstikenttä, jonka tekstisisältö vaihtuu releen kontaktin tilan vaihtuessa. Ohjelmaa ajettaessa täytyy muistaa tarkistaa, että ohjaava REF630-rele on asetettu remote-tilaan, koska muuten ohjelmalla ei pysty vaihtamaan releen kontaktien tilaa.



**Kuvio 24.** Releen kontaktin tilan vaihtaminen SCIL-ohjelmalla.

#### Avaa napin koodi:

```
#SET AA1Q01Q0:POV11=1 ;open select command for 230 AC
```

```
#SET AA1Q01Q0:POV13=1 ;open execute command for 230 AC
```

Root.Vaihda\_Tila

#### Sulje napin koodi:

```
#SET AA1Q01Q0:POV12=1 ; close select command for 230 AC
```

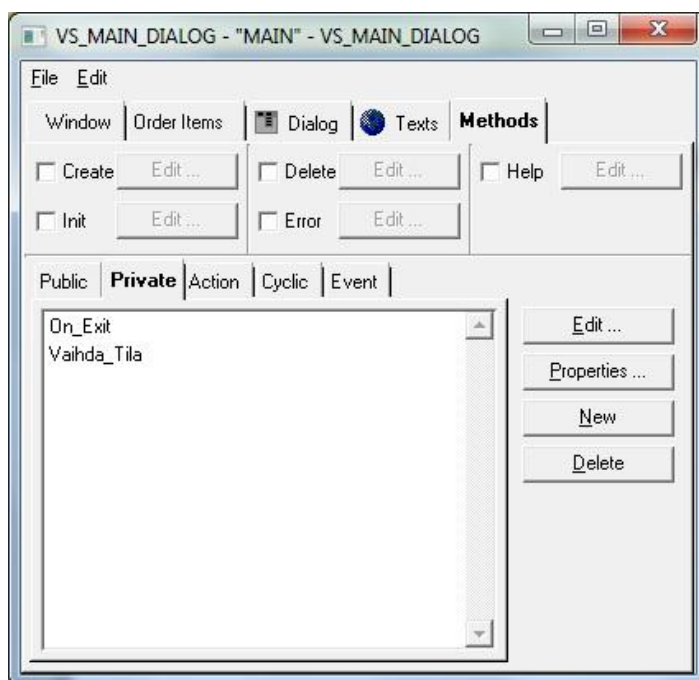
```
#SET AA1Q01Q0:POV14=1 ; close execute command for 230 AC
```

Root.Vaihda\_Tila

#### Sulje napin koodi:

ROOT.On\_Exit

Kuviossa 25 näkyy päädialogin yksityiset ohjelmat, eli ohjelmat jotka näkyvät vain kyseiselle dialogille. Nämä on nimetty On\_Exitiksi, joka lopettaa ohjelman suorituksen ja sulkee sen ja Vaihda\_Tilaksi, joka vaihtaa ohjelman ikkunassa näkyvän tekstikentän sisällön releen kontaktin tilan vaihtuessa.



**Kuvio 25.** Päädialogin Private-ohjelmat.

On\_Exitin koodi:

```
.delete ROOT
```

Vaihda\_Tilan koodi:

```
#IF AA1Q01Q0:POV10==2 #THEN #BLOCK
```

```
    .set lbl1._title="Auki"
```

```
#BLOCK_END
```

```
#IF AA1Q01Q0:POV10==1 #THEN #BLOCK
```

```
    .set lbl1._title="Kiinni"
```

```
#BLOCK_END
```

## 7 TULOKSET

Työn aikana oli ajateltu, että ohjaavien releiden kaikki toiminnot tullaan toteuttamaan SCIL-ohjelmointikielellä, mutta työkiireiden esim. johdotuksen suunnittelun takia tätä ei ehditty toteuttamaan kuin parille toiminnolle, esimerkiksi REF630-releen erään kontaktin avaus ja sulkeminen.

Testikaapin lämmitys ei toimi täysin halutulla tavalla. Hyllyrivit eivät ole saman lämpöisiä vaan vaihtelu on yllättävän suurta, jopa 8 °C. Tätä on pyritty muokkaamaan asentamalla yksi ylimääräinen lämmitinelementti. Tämän lisäksi pyrittiin muokkaamaan ilmavirtausta testikaapissa asentamalla ilmanohjareita. Näiden tarkoitus on muokata lämmön jakaantumista tasaisesti testikaapissa. Lämmitinelementeissä olevat puhaltimet puhaltavat lämpöisen ilman tällä hetkellä alaspäin, mutta ajatuksena on kääntää yksi lämmitinelementti ylösalaisin, jolloin se puhaltaisi lämpöisen ilman ylöspäin.

Muuten suunnitellut toiminnot eli apusähköjen katkomiset, CT- ja VT-testit, IRF- ja TRIP-testit, binääristen sisääntulojen ja ulostulojen testaus saatiin testiympäristössä toimimaan halutulla tavalla.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA ARVIOINTI

Projektissa suunniteltiin ja toteutettiin toimiva luotettavuustestausympäristö. Alussa oli hieman ongelmia projektissa tarvittavien käsitteiden sekä uusien ohjelmistojen kanssa, mutta sekä itsenäisesti opiskellen että kollegoiden avustuksella projekti kuitenkin eteni jatkuvasti. Esimerkiksi CT ja VT olivat minulle vieraita käsitteitä. Lisäksi en ollut ennen tätä projektia käyttänyt PCM600-ohjelmaa ja MicroSCADA-järjestelmää. Aivan päättötöön alussa pääsin osallistumaan ABB:n järjestämiin kursseihin, joissa minut perehdytettiin MicroSCADA-järjestelmään sekä SCIL-ohjelmointikieleen.

Testiympäristön prototyyppi saatiin ajallaan kasaan, mutta ohjelmoinnin osuus työstä jäi häviävän pieneksi, ainakin SCIL-ohjelmointi. Syynä tähän on johdotuksen suunnittelun viemä aika. Tämä taas johtuu suurimmaksi osaksi siitä, että en ole sähköpuolen opiskelija, joille ainakin oletan kaikkien näiden asioiden olevan tuttuja. Projektin edetessä ongelmat kuitenkin ratkesivat ja olen tyytyväinen lopputulokseen.

Testikaappi on prototyyppi, joten sen kehitys tulee jatkumaan vielä pitkään, koska osa luotettavuustesteistä on vasta idea-asteella.

## LÄHTEET

- /1/ SensorTec Inc. Viitattu 23.4.2013,  
[http://www.sensortecinc.com/docs/technical\\_resources/RTD\\_Theory.pdf](http://www.sensortecinc.com/docs/technical_resources/RTD_Theory.pdf)
- /2/ 630 series technical manual Versio 1MRS756508 C, 2011
- /3/ Luotettavuusteoria, Viitattu 1.5.2013  
<http://suomisanakirja.fi/luotettavuustekniikka>
- /4/ Älyä ja luotettavuutta sähköjakeluun, Viitattu 13.5.2013  
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/2a081ada13d61dffc12579e90040147c.aspx>
- /5/ Teknisiä tietoja ja taulukoita, ABB 2000
- /6/ LIFE OF ALUMINUM ELECTROLYTIC CAPACITORS, Viitattu 24.5.2013, <http://www.rubycon.co.jp/en/products/alumi/pdf/Life.pdf>
- /7/ REF615 esite, Viitattu 24.5.2013,  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/16d986d2754c9e35c12574f300419948/\\$file/REF615\\_broch\\_756572\\_LRFib.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/16d986d2754c9e35c12574f300419948/$file/REF615_broch_756572_LRFib.pdf)
- /8/ Lagattolla W, 2005, HALT/HASS - THE NEXT GENERATION OF ENVIRONMENTAL TESTING, Viitattu 25.5.2013,  
<http://www.nwetl.com/docs/TechLibraryDoc.aspx.pdf>
- /9/ Sprovieri J, 2008, Quality in Assembly: Get the MEOST out of Reliability Testing, Viitattu 25.5.2013, <http://www.assemblymag.com/articles/85999-quality-in-assembly-get-the-meost-out-of-reliability-testing>