



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juha-Pekka Sihtola

# KOJEISTON LÄMPÖTILAN VAIKUTUS SUOJARELEEN SISÄLÄMPÖTILAAN

Tekniikka ja liikenne  
2014

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Juha-Pekka Sihtola
Opinnäytetyön nimi	Kojeiston lämpötilan vaikutus suojarleen sisälämpötilaan
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	50 + 2 liitettä
Ohjaaja	Olli Tuovinen

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin ABB Oy Medium Voltage Products Service-yksikölle. Tarkoituksena oli tutkia miten kojeiston lämpötila vaikuttaa suojarleen sisälämpötilaan, sekä selvittää lämpötilan vaikutusta komponenttien ikääntymiseen. Tavoitteena oli saada konkreettista tietoa miten suojarlemallit eroavat toisistaan erilaisissa käyttöympäristöissä.

Työssä tutustuttiin kahteen erilaiseen lämpötilan mittaustekniikkaan. Lämpötilan tutkimusympäristönä toimi suojarleosaston huoltoyksikkö. Lisäksi lämpötiloja vertailtiin viemällä mittauslaitteisto sähköasemalle kahdeksi päiväksi keräämään mittausarvoja. Aluksi mittauslaitteisto saatettiin toimintakuntoon. Suurin osa ajasta kului mittaus tulosten keräämiseen, sekä tulosten analysointiin.

Lopputyössä tutkittiin yleisimmät mallit ja eri sukupolvet ABB:n suojarleista. Tutkimustulosten perusteella saatiin selville, että laitteiden teknisillä ominaisuuksilla on suora vaikutus suojarlaitteen sisälämpötilaan. Kotelorakenteella ei ollut niinkään suurta merkitystä siihen. Normaaleissa käyttöolosuhteissa suojarleiden sisälämpötilat eivät poikkeaa valmistajan antamista olosuhdevaatimuksista. Saatuja tuloksia voidaan jatkossa hyödyntää suojarlekorjaamon linkaaripalveluluissa.

## ABSTRACT

Author	Juha-Pekka Sihtola
Title	Effect of Switchgear Temperature on the internal temperature of the Protection Relay
Year	2014
Language	Finnish
Pages	50 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Olli Tuovinen

---

This thesis was made for ABB Oy Medium Voltage Products Service unit. The purpose was to examine how the temperature of the switchgear affects the internal temperature of the protection relay and to find out the effect of the temperature on the lifetime of components. The aim was to gain information on how the models of protection relays differ from each other in various environments.

Two different methods to measure the temperature were looked into. The temperature measurements of the protection relays were made at the repair center. The temperatures were compared with the measurements made at a substation for two days. The first step was to get the measuring equipment to work. Most of the time went to the analysis of the results.

In this thesis the most common models of the protection relays and the different generation protection relays in the ABB production were studied. The research results show that electrical characteristics of the protection relay directly affect the internal temperature. The structure of the case did not have that much significance to the temperature. In the normal circumstances the inside temperature of the protection relays does not differ from the manufacturer's environmental conditions. The results can then be used in the relay lifecycle service.

---

Keywords	protection relay, internal temperature, environmental conditions, service life
----------	--

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO- JA TALUKKOLUETTELO

LYHENTEET JA MERKINNÄT

1	JOHDANTO .....	9
2	ABB LYHYESTI .....	10
	2.1 Medium Voltage Products .....	10
	2.2 Suojareleen historiaa .....	12
3	TYÖN RAJAUS JA VALITUT SUOJARELEMALLIT .....	13
	3.1 Yleistä .....	13
	3.2 Mallit .....	13
4	MITTAUSLAITTEET LÄMPÖTILAN TUTKIMISEEN .....	14
	4.1 Pt100-vastusanturi .....	14
	4.1.1 Kytkentätavat .....	15
	4.1.2 Tarkkuusluokat .....	16
	4.2 1-Wire-väylä .....	17
	4.3 Käytetty mittalaitteisto .....	20
	4.4 SACO 16A3-mittausyksikön parametointi .....	23
	4.5 Kommunikointi .....	25
	4.6 Event Reader-ohjelma .....	25
5	KOMPONENTTIEN ELINIKÄ .....	28
	5.1 Käyttölämpötilat .....	28
	5.2 Kondensaattori .....	28
6	MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU .....	30
	6.1 Taustatietoa .....	30
	6.2 Mittaustulokset testissä 1 .....	30
	6.3 Mittaustulokset testissä 2 .....	30
	6.4 Mittaustulokset testissä 3 .....	31
	6.5 SPACOM-syöttöyksikkö .....	31
	6.6 Ristinummen sähköaseman mittaustulokset .....	32

6.7 Ympäristöolosuhteet .....	34
6.8 Kotelarakenteiden vaikutus sisälämpötilaan.....	35
6.9 Yhteenveto .....	37
6.10 LCD-näytön kontrastin muuttuminen .....	39
7 LOPPUPÄÄTELMÄ.....	41
LÄHTEET .....	42
LIITTEET	

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuvio 1.</b>	Suojareleiden julkaisuhistoria	s. 12
<b>Kuvio 2.</b>	Kaksijohdin Pt100-anturi	s. 14
<b>Kuvio 3.</b>	Mittauspiste syöttöyksikön läheisyydessä	s. 15
<b>Kuvio 4.</b>	Johdinanturin kytkentätavat	s. 15
<b>Kuvio 5.</b>	IEC 60751-standardi	s. 17
<b>Kuvio 6.</b>	DS18B20-mallinen lämpötila-anturi	s. 18
<b>Kuvio 7.</b>	Verkon rakenne	s. 18
<b>Kuvio 8.</b>	1-Wire-anturin mittausjärjestelmä	s. 19
<b>Kuvio 9.</b>	Valvontaohjelman päivänäkymä	s. 20
<b>Kuvio 10.</b>	Mittauslaitteisto	s. 22
<b>Kuvio 11.</b>	SACO 16A3-mittausyksikön lohkokaavio	s. 23
<b>Kuvio 12.</b>	Kaksijohdin anturin kytkentä	s. 24
<b>Kuvio 13.</b>	SACO 16A3-mittausyksikön lämpötila ja kellonaika tiedot	s. 26
<b>Kuvio 14.</b>	Käsitlemätön datatiedosto	s. 27
<b>Kuvio 15.</b>	Vanha ja uusi syöttöyksikkö SPGU 240 A1	s. 31
<b>Kuvio 16.</b>	Moduulien SPGU 240 A1 lämpötilat	s. 32
<b>Kuvio 17.</b>	Lämpötilan mittaus sähköasemalla	s. 33
<b>Kuvio 18.</b>	Sähköaseman mittaustulokset	s. 34
<b>Kuvio 19.</b>	REF545-kotelo	s. 36
<b>Kuvio 20.</b>	REX 521 lineaarinen lämpötilan muutos	s. 39
<b>Kuvio 21.</b>	Hyvin tumma näytön kontrasti	s. 40
<b>Taulukko 1.</b>	Pt100-anturin tarkkuusluokat	s. 16
<b>Taulukko 2.</b>	Maksimi käyttölämpötilat	s. 28
<b>Taulukko 3.</b>	Relion-tuoteperheen ympäristöolosuhteet	s. 35
<b>Taulukko 4.</b>	Laitteistokoonpanovaihtoehdot	s. 37

**LIITELUETTELO****LIITE 1.** Suojareleiden lämpötilat**LIITE 2.** 1-Wire adapterin kytkentäkaavio

**LYHENTEET JA MERKINNÄT**

1-Wire-väylä Dallasin kehittämä kommunikointi protokolla

°C Lämpötila Celsius-asteina

ABB Asea Brown Boweri

IEC 60751 Pt100-anturin standardi

IEC 61850 Maailmanlaajuinen tietoliikenne standardi sähköverkolle ja sähkö-  
asemille.

LCD nestekidenäyttö

PSU Syöttöyksikkö

## 1 JOHDANTO

Suojareleiltä halutaan varmaa toimintaa vaativissa olosuhteissa ja siksi komponentit joutuvat kovalle rasitukselle. Elektroniikkakomponentit ovat herkkiä vioittumaan lämpötilan muutoksista, kosteudesta ja pölystä. Tämä on ongelma olosuhteissa, joissa on lämmin ja kostea ilmasto. Nämä ongelmat on myös havaittu huolto-osastolla. Tämän lopputyön tarkoituksena on antaa konkreettista tietoa suojarelekorjaamon elinkaaripalveluihin.

Lopputyön tavoitteena oli vertailla relesukupolvia eri lämpötiloissa, sekä selvittää kotelarakenteiden vaikutusta lämpötilaan ja komponenttien käyttöikään.

Tavanomaisessa käyttöympäristössä sähköasemalla suojarele sijaitsee kojeiston toisiokojetilassa. Lopputyössä tutkimusympäristönä käytettiin lämpötilakaappia sekä jäähdytettyä huonetilaa, jonka lämpötilaa muutettiin halutunlaiseksi. Suojareleiden sisälämpötilan mittaus suoritettiin Pt100-vastusantureilla, lisäksi tutkimusympäristön mittaamiseen käytettiin Maximin 1-wire-väylä anturia.

Mittaustulosten perusteella saatiin selville, että jo 20 °C lämpötilassa osalla suojarleistä havaittiin korkeita sisälämpötiloja. Kotelarakenteella ei havaittu olevan niinkään suurta vaikutusta suojalaitteen sisälämpötilaan. Suurempi vaikutus oli suojarelemallin laitteistokokoonpanolla.

## 2 ABB LYHYESTI

ABB on maailmanlaajuisesti markkinoiden johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zürichissä. ABB on yksi maailman johtavista laitetoimittajista, jonka tuotteita toimitetaan niin teollisuudelle kuin sähköverkkojen toimittajille. Yritys työllistää tällä hetkellä yli sadassa maassa noin 150 000 henkilöä. Suomessa ABB:llä on liiketoimintaa yli 30 paikakunnalla, joissa työskentelee 5500 henkilöä. Suurimmat tehdaskeskitymät sijaitsevat Helsingissä, Porvoossa ja Vaasassa. ABB:n liikevaihto oli vuonna 2012 noin 39 Miljardia USD, Suomen ABB:n yksikön liikevaihto oli 2,3 Miljardia EUR./1,5/

### 2.1 Medium Voltage Products

Keskijännitetuotteet käsittävät kolme eri tuotantoyksikköä: sähkönjakeluautomaatio, keskijännitekojeistot ja keskijännitetuotteiden huoltoyksikkö. Tämä lopputyö tehtiin keskijännitetuotteitten suojareleitten huoltoyksikölle, joka sijaitsee Vaasassa. Yksikön liikevaihto oli 11 miljoonaa EUR vuonna 2013. Yksikössä työskentelee noin 50 henkilöä./3/

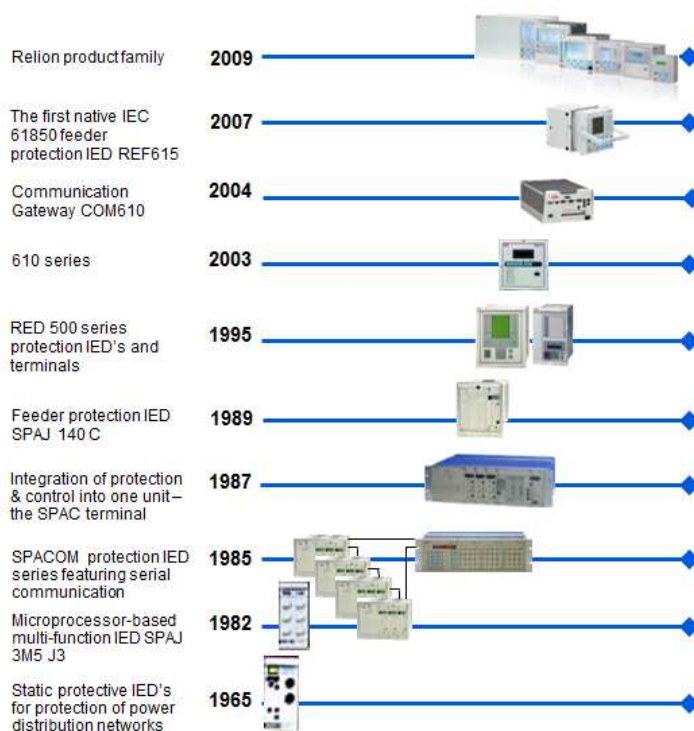
MV Service-yksikkö tarjoaa seuraavat palvelut:

- varaosat
- korjaus ja huolto
- laiteuusinnat
- kunnossapito
- asiantuntijapalvelut
- koulutus
- ennakkohuoltopalvelut
- versiopäivitykset
- suojarelekoestukset

- akustonvaihdot
- takuupalvelut
- kunnostetut laitteet
- varsinaisesta tuotannosta poistuneet laitteet.

## 2.2 Suojareleen historiaa

Kuviossa 1 on Vaasan ABB:n tehtaan tuotteita. Vuonna 1965 Strömberg alkoi kehittää staattista suojarelettä energialaitoksille. Ensimmäinen staattinen suojarele näki päivänvalon vuonna 1965 ja tästä alkoi nopea kehitys. Maailman ensimmäinen mikroprosessorirele oli SPAJ 3M5 J3. Julkaisuvuonna 1982 se oli markkinoiden edelläkävijä. Seuraavaksi kehitettiin kommunikointijärjestelmä SPACOM-tuoteperhe. Tämän avulla suojarele pystyi kommunikoimaan automaatiojärjestelmien ja ylemmän tason kaukokäytön kanssa. RED500-sarja julkaistiin vuonna 1995, se oli ensimmäinen suojarele ABB:ltä, jossa oli graafinen käyttöliittymä. Seuraava tuotejulkistus tapahtui vuonna 2003, jolloin tuli 610-sarjan suojareleet. Tämä malli oli aikaisemmin julkaistua RED500-sarjaa kooltaan pienempi. Huoltotoimenpiteet helpottuivat pistoyksikön ”plug-in” suunnittelun ansiosta. Vuonna 2007 julkaistiin ensimmäinen IEC 61850-standardia tukeva REF615-suojarele. Kolme vuotta myöhemmin 600-sarjan tuotteet nimettiin Relion-tuoteperheeksi./2/



**Kuvio 1.** Suojareleiden julkaisuhistoria/4/

### **3 TYÖN RAJAUS JA VALITUT SUOJARELEMALLIT**

Tässä luvussa esitellään lyhyesti valitut suojarelemallit

#### **3.1 Yleistä**

Suojareleiden lämpötilan mittaus rajataan kahteen mittauspisteeseen releen sisälle. Mittauspisteeksi valitaan syöttöyksikön ja prosessoriyksikön läheisyys. Mittausantureita ei asenneta yksittäiseen komponenttiin kiinni, vaan anturit sijoitetaan siten, että yksittäisestä komponentista säteilevä lämpö ei vääristä mittaustuloksia. Kojeistosta mitattiin toisiokojetilan lämpötila, joka ymmärretään testeissä ympäristön lämpötilana. Mittausten aikana suojareleisiin syötetään niiden tarvitsema käyttö sähkö. Ohjaussähköjä ei kytketty.

#### **3.2 Mallit**

Suojarele SPAJ 3M5 J3, jonka kotelossa ei ole jäähdytysaukkoja.

SPACOM-tuoteperheestä mittaukset suoritetaan 100-, 300- ja 500-sarjan suojareleillä, lisäksi vertaillaan vanhan ja uuden syöttöyksikön lämpötilaeroja. Kooltaan 100-sarjan suojarele on pienempi ja näin sen oletetaan lämpenevän enemmän kuin 300- ja 500-sarjan releet.

RED500-tuoteperheestä valittiin REF545-kennoterminaali, koska saman tuoteperheen suojarele REF543-kennoterminaali oli sähköasemalla. Valittiin myös REC523 rele, koska sillä on samanlainen tekninen rakenne, kuin edellisillä saman sarjan releillä. REX521-rele on hyvä ottaa mukaan malliksi, koska sillä on pieni kotelo. REF542Plus-rele otetaan mukaan RED500-tuoteperheestä.

## 4 MITTAUSLAITTEET LÄMPÖTILAN TUTKIMISEEN

Tässä luvussa kerrotaan tarkemmin mittausvälineiden ominaisuuksista ja rakenteesta.

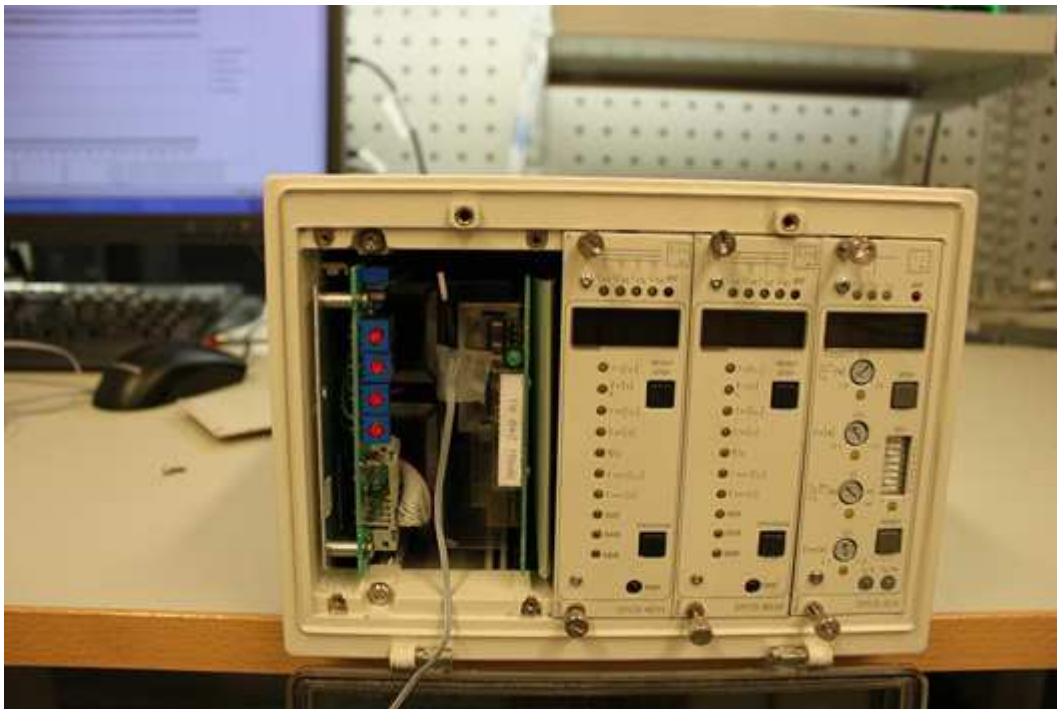
### 4.1 Pt100-vastusanturi

Metallia käytetään hyvien ominaisuuksien takia vastusanturin mittaelementin materiaalina. Mittapään valmistuksessa käytetään lämpötilaan hyvin reagoivaa platinalankaa. Platinan ominaisuuksiin kuuluu, että sen ominaisvastus muuttuu suhteellisen lineaarisesti lämpötilan noustessa tai laskiessa. Platina on jalometalli, sen kemiallinen lyhenne on Pt, tästä tulee anturityypin nimitys Pt100. Anturityypin ominaisuus on, että sen resistanssi on 0 °C:ssa 100 Ω. Platinan lämpötilan resistanssi muuttuu noin 0,395 °C / Ω.

Anturin lämpötila saadaan mitattua, kun sille syötetään vakiovirtaa ja tämän jännitteen muutos mitataan. Anturille syötetty virta pyritään pitämään pienenä, koska muuten se vääristää mittatuloksia. Lämpötilan mittauksessa käytettiin kuvion 2 mukaisia Pt100-antureita, koska ne soveltuvat kevyen rakenteensa puolesta lämpötilan mittaamiseen suojareleen sisällä./10,11/



**Kuvio 2.** Kaksijohdin Pt100-anturi



**Kuvio 3.** Mittauspiste syöttöyksikön läheisyydessä

Kuviossa 3 lämpötila-anturin sijoituskohta SPACOM 300 suojarleessä, kun mitataan lämpötilaa syöttöyksikön läheisyydessä.

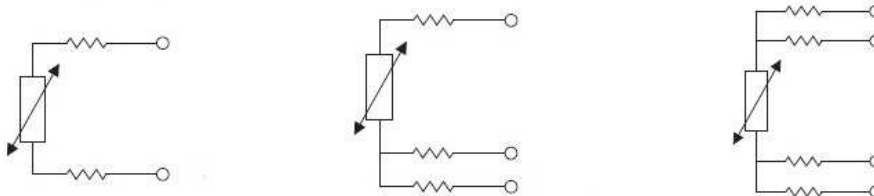
#### **4.1.1 Kyt Kentätävät**

Anturit liitetään mittauslaitteeseen 2-, 3- tai 4-johdinkyt kennällä. Kuviossa 4 on esitetty lämpötila-anturien kyt kentätävät.

Kaksijohdinkyt kentä on herkkä ulkopuolisille häiriöille kuten suurille lämpötilan vaihteluille. Lämpötila aiheuttaa muutoksia johtimen resistanssiin. Kyt kentää käytetään lyhyillä välimatkoilla. Käytettävän johtimen resistanssi summautuu anturin antamaan arvoon, jos sitä ei oteta huomioon mittalaitetta parametroitessa.

Kolmijohdinkyt kennässä on pyritty pääsemään eroon johtimen resistanssin ja anturin arvon summautumisen vaikutukselta. Viemällä yksi johdin lisää, saadaan kompensoitua johtimen resistanssi. Kuitenkin kaikkien johtimien resistanssit täytyy olla samat, jotta tämä kyt kentä toimisi moitteettomasti.

Nelijohdinkytettä käytetään hyvin tarkkuutta vaativissa mittauksissa, koska se ei ole niin häiriöaltis kuin edellä kuvattu kolmijohdinkytettä. Anturille tuodaan erikseen johdinparit mittaussvirralle ja mittaussännitteelle. Näillä toimenpiteillä estetään mahdolliset virheet, joita voi tulla mittaussjohtimiin./11/



**Kuvio 4.** Johdinanturien kytkentätavat/10/

#### 4.1.2 Tarkkuusluokat

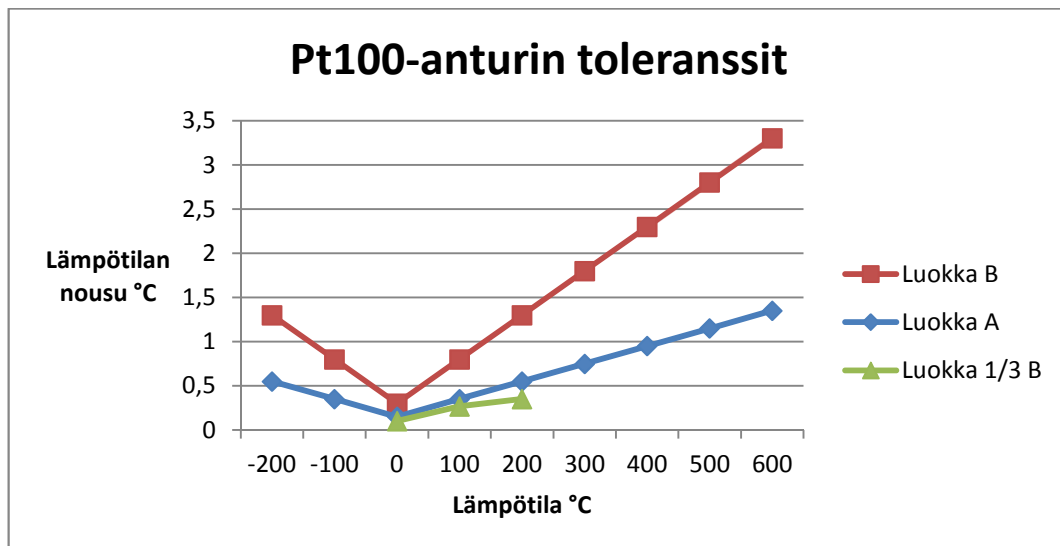
Mittaustuloksiin vaikuttavia epätarkkuustekijöitä ovat huonot liitokset, lämpötila-anturien huonot kosketukset mitattaviin materiaaleihin ja anturien suuri vasteaika. On tärkeä valita juuri sopiva anturi kyseiseen mittaustilanteeseen. Lämpötilaerot eri tarkkuusluokan antureilla saattavat olla hyvinkin suuria. Taulukossa 1 on esitetty Pt100-anturin tarkkuusluokat.

**Taulukko 1.** Pt100-anturin tarkkuusluokat/11/

Luokka A	voimassa alueella -200 ... +650 °C 0 °C = ± 0,15 °C, 100 °C = ± 0,35 °C
Luokka B	voimassa alueella -200 ... +850 °C 0 °C = ± 0,3 °C, 100 °C = ± 0,8 °C
Luokka B 1/3 DIN	Luokkaan B:hen pohjautuva jaettuarvo, voimassa alueella 0...+150 °C 0 °C = ± 0,3 / 3

Kaikki Pt100-vastusanturit valmistetaan tietyn tarkkuusluokan mukaan ja ne ovat luokiteltu: A-, B-, 1/3 DIN- ja 1/10 DIN-luokkiin. Vain Luokan A ja B anturityypit ovat standardisoitu EN 60751 mukaan. 1/3 DIN- ja 1/10 DIN-luokan vastusan-

tuurit ovat A-luokan valikoituja vastusantureita. Toleranssi 0 °C:ssa on hyvä toisin kuin koko lämpötila-alueella. Kuviosta 5 nähdään Pt100-anturin tarkkuusluokkien sallitut poikkeamat lämpötilan funktiona. Työssä käytetään luokan 1/3 DIN-tarkkuusluokan Pt100-antureita, joiden tarkkuus on 0,1 °C./11/



**Kuvio 5.** IEC 60751-standardi/11/

#### 4.2 1-Wire-väylä

Pt100-antureiden lisäksi työssä käytetään valmistaja Maximin yksijohdin DS18B20-antureita. Yksijohdinantureita ei saa kytkeä samalle mittauslaitteistolle Pt100-antureiden kanssa, koska yksijohdinanturit ovat rakenteeltaan digitaalisia. Pt100-anturit eivät ole digitaalisia. Yksijohdinanturit vaativat tietynlaisen kytkennän, joka on esitetty liitteessä 2.

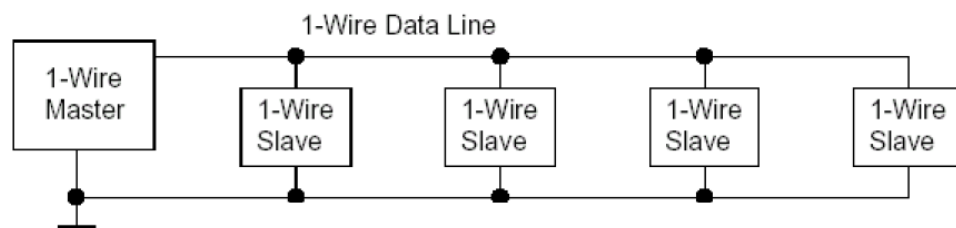
Lämpötilojen mittaaminen samanaikaisesti useammasta paikasta tuottaa ongelmia, koska useimmissa mittauslaitteistoissa on vähän kanavia lämpötila-antureille. Jokainen anturi varaa yhden kanavan ja tällöin jokaiselle anturille tarvitaan oma kytkentä. Työssä käytettävä 1-Wire-väylä lämpötilanmittausjärjestelmä perustuu yhteen johtimeen. Yksijohdinanturin mittausjohtimeen on mahdollista liittää jopa 128 digitaalista lämpötila-anturia. Kuviossa 6 on DS18B20-mallinen lämpötila-anturi./7/



**Kuvio 6.** DS18B20-mallinen lämpötila-anturi/12/

Yksi DS18B20-anturin hyvistä ominaisuuksista on se, että se tarvitsee vain kaksi johdinta toimiakseen. Ensimmäinen johdin on varattu anturin tiedonsiirrolle. Toinen johdin on yhteinen maa-potentiaali kaikille verkkoon kytketyille antureille. Anturit ottavat tarvitsemansa syöttöjännitteen tiedostonsiirtolinjasta, jolloin ei tarvita ulkoista syöttölähdettä. Lämpötila-anturissa on 12-bittinen Celsius-asteikko, joka kuvaa anturin tarkkuutta lämpötilanmittauksessa. Käytössä DS18B20-anturin mittaustilalämpötila on  $-55...+125\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja tarkkuus  $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Jokaisella lämpötila-anturilla on oma yksilöllinen 64-bittinen sarjanumero, josta anturit tunnistetaan. Tämä mahdollistaa sen, että samaan johtimeen voidaan liittää useampia kuin yksi anturi.

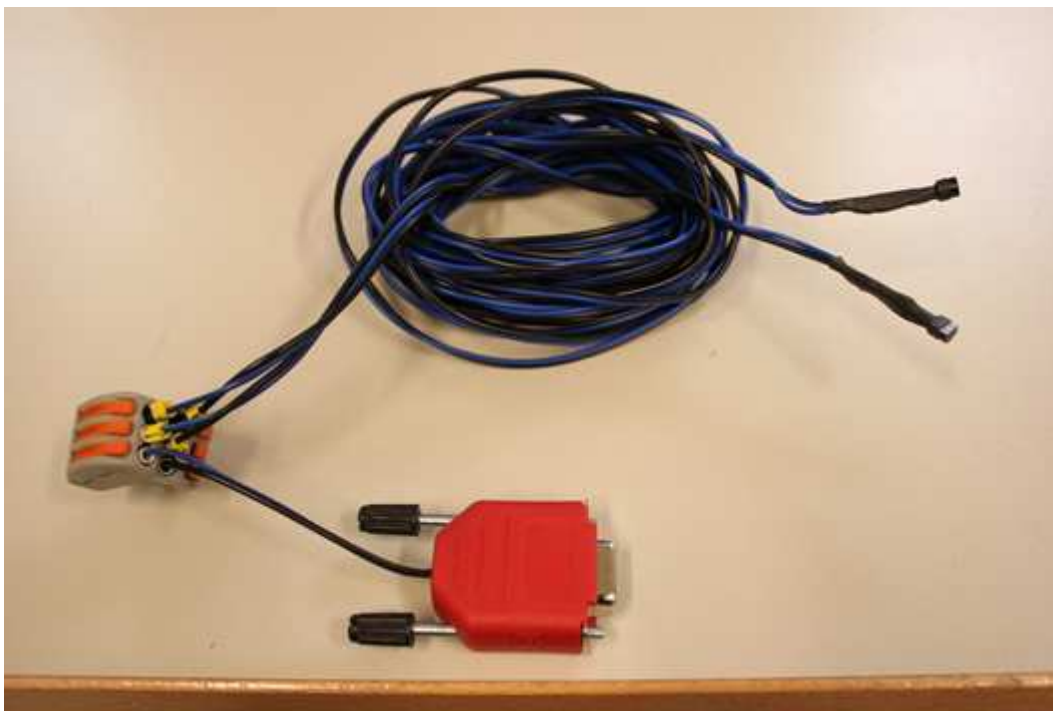
1-Wire-verkosta käytetään nimitystä MicroLan, joka lopputyössä koostuu COM600-sähköasemakontrollerista, 1-Wire-väylä lämpötila-anturista ja johdotuksesta. Kuviossa 7 on verkon rakenne. Verkkoon kytketyt lämpötila-anturit ovat ”orjia” ja COM600-sähköasemakontrolleri on niiden isäntä eli ”master”./12/



**Kuvio 7.** Verkon rakenne/12/

Kattavan mittausjärjestelmän tärkein komponentti on adapteri, jonka avulla saadaan antureiden mittaustiedot vietyä tietokoneelle. Kuviossa 8 on mittausjärjes-

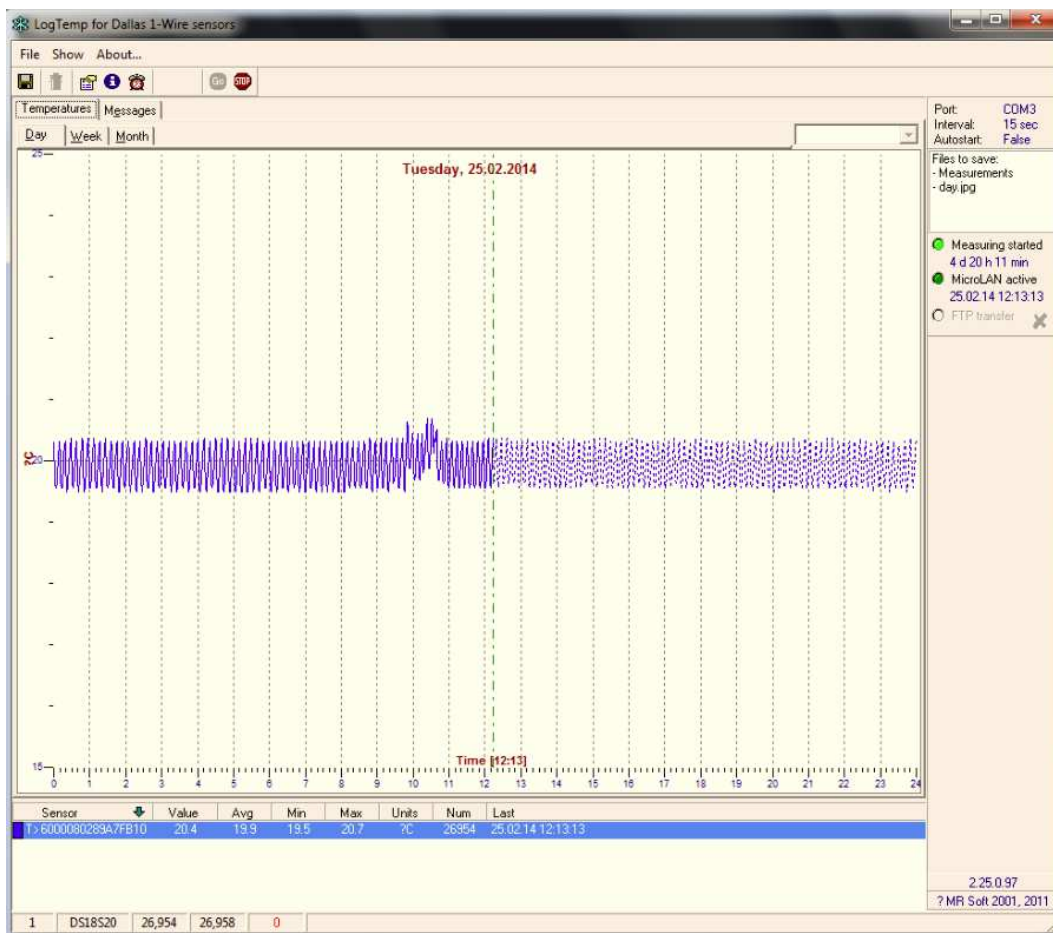
telmä, joka sisältää 2 kpl lämpötila-antureita ja sarjaporttiin liitettävän adapterin. Adapteri sisältää kytkentään tarvittavat komponentit. Kaikki adapterin komponentit ovat sarjaportti-liittimen sisällä. Kytkennän tarkoitus on laskea sarjaportin jännite antureille sopivaksi, koska anturit tarvitsevat pienemmän jännitteen.



**Kuvio 8.** 1-Wire-anturin mittausjärjestelmä

Lämpötilatietojen tallentamiseen ja lukemiseen soveltuvia ohjelmistoja on saatavilla eri käyttöympäristöihin. Lopputyössäni tutustutaan Windows-ympäristössä toimivaan Logtemp-valvontaohjelmaan. Ilman tätä ohjelmaa antureiden saatua tietoa ei voida käyttää. Valvontaohjelmalla seurataan ja tallennetaan monen anturin mittaustietoja samanaikaisesti. Mittausväli on säädettävissä 15 sekunnista 24 tuntiin saakka. Antureita voidaan nimetä uudelleen ja niille voidaan halutessa asettaa lämpötilan mini- tai maksimi hälytysrajat. Kaikkien antureiden mittaustulokset tallentuvat automaattisesti. Logtemp-valvontaohjelma piirtää automaattisesti grafiikkaa antureiden mittauservoista ja tallentaa ne lokitekstitiedostoon. Mittausarvoja voi jälkepäin tutkia ja siirtää taulukkolaskentaohjelmaan. Grafiikkaa

pysytään tarkastelemaan joko päivä-, viikko- tai kuukausinäkyymällä. Logtemp-valvontaohjelma antaa kalibrointi mahdollisuuden antureille, jos siihen nähdään tarvetta./6/



**Kuvio 9.** Valvontaohjelman päivänäkymä

Kuviossa 9 on graafisesti esitetty testi nro.1 lämpötilan muutos huonetilassa päivänäkymällä.

### 4.3 Käytetty mittalaitteisto

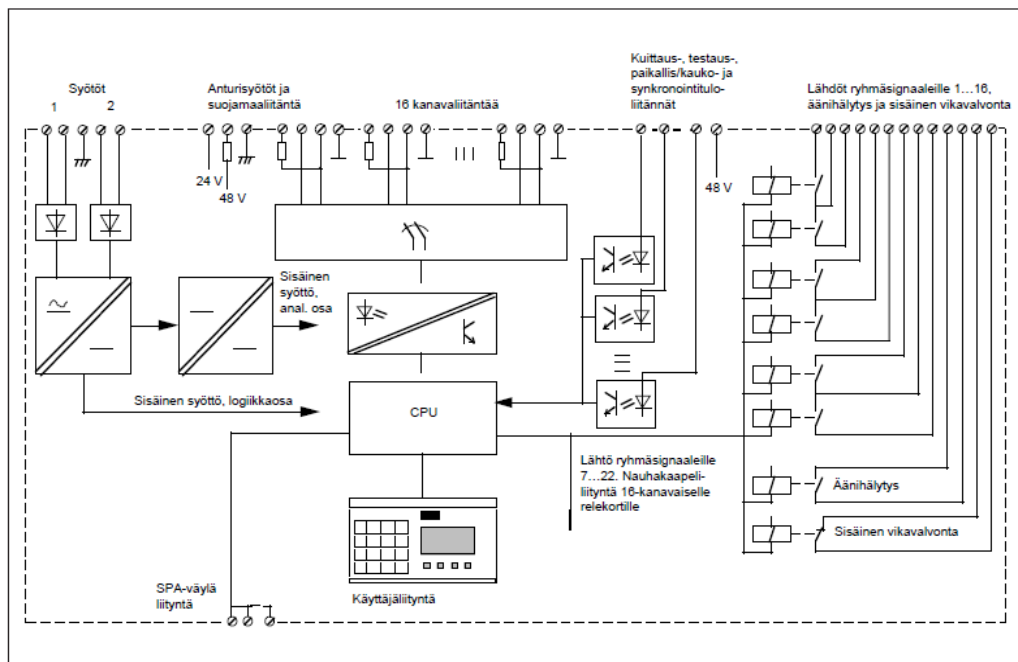
Lämpötilojen mittaamiseen suojareleistä käytettiin ABB:n valmistamaa SACO 16A3-mittausyksikköä. Laitteeseen voidaan kytkeä vastus-, virta- ja jänniteantureita. SACO 16A3-mittausyksikkö tallentaa kaikki mittaustapahtumat reaaliajassa

tapahtumarekisteriin. Mittaustulosten lukemiseen vaaditaan COM600-sähköasema-kontrolleri, ilman COM600-sähköasemakontrolleria mittaustiedot näkyvät vain paikallisesti SACO 16A3-mittausyksikön näytöltä.

Testauslaitteistoon kuului COM600-sähköasemakontrolleri, joka toimii lämpötilojen tallennus ja mittauslaitteena. Kuviossa 10 on mittalaitteiston kokoonpano. Hyllyssä keskellä on SACO 16A3-mittausyksikkö, johon oli kytketty Pt100-anturit. Ympäristön lämpötilaa tarkkaillaan 1-Wire-väylä-antureilla. 1-Wire-väylä-antureita ei kuitenkaan käytetä suojareleiden sisälämpötilan mittaukseen niiden suuren fyysisen koon takia. 1-Wire-väylä-anturit on kytketty COM600-sähköasema-kontrollerin sarjaporttiin. Oikealla on Finero-niminen lämpökaappi, jossa suoritetaan testin 2 mittaus lämpötilassa 40 °C ja testin 3 mittaus lämpötilassa 55 °C./8/



**Kuvio 10.** Mittalaitteisto



**Kuvio 11.** SACO 16A3-mittausyksikön lohkokkaavio/8/

#### 4.4 SACO 16A3-mittausyksikön parametointi

Ennen varsinaisten lämpötilanmittausten suorittamista täytyy mittausyksikköön syöttää alkuasettelut. Ilman alkuasetteluita SACO 16A3-mittausyksikö ei tunnista antureita. SACO 16A3-mittausyksikköön kytkettiin 10 kpl:ta Pt100-antureita. Jokaiselle anturille on varattu oma kanava, mihin ne kytketään. Johtimena käytettiin 3 metrin pituista lattakaapelia. Pt100-anturit kytkettiin + tulo- ja – tulo – liittimiin ja tämän lisäksi – tulo- ja 0- liitin yhdistettiin toisiinsa. Pt100-anturit jouduttiin asettelemaan kanavakohtaisesti, jotta lämpötilalukemat tulisivat näkyviin. SACO 16A3-mittausyksikköön syötettiin Pt100-anturityypin asettelut, jolloin lämpötilalukemat tulivat esille SACO 16A3-mittausyksikön näytölle. Kuvioista 11 selviää mittausyksikön lohkokkaavio.

Pt100-anturit kytkettiin mittausyksikön kanaviin, joko 2-johdin- tai 3-johdinkytkenällä. Kuviossa 12 on Pt100-anturien kytkentä. Suurin ero näillä kytkennöillä on se, että 2-johdinkytkenässä jouduttiin Pt100-anturijohtimien resistanssit kompensoimaan manuaalisesti, 3-johdinkytkenässä kompensoinnin SA-

CO 16A3-mittausyksikö hoitaa automaattisesti. Pt100-anturit kytkettiin 2-johdinkytkenällä SACO 16A3-mittausyksiköön. Ilman Pt100-antureiden lämpötilojen skaalausta olisivat lämpötilat olleet noin 4 °C korkeampia kuin todelliset lukemat. Johtimien kompensointi tehtiin käsin. Pt100-anturin skaalauksessa täytyi ottaa huomioon lattakaapelin 1,5 Ω:n resistanssi. Lämpötilan muutos laskettiin seuraavalla kaavalla 1:

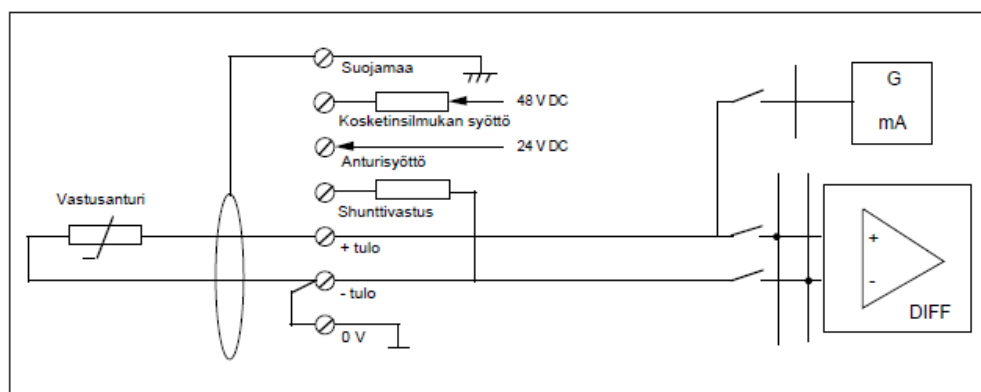
$$\Delta t = \frac{\Omega}{0.39} \quad (1)$$

$\Omega$  = johtimen resistanssi

Vastuksen muutos lämpötilan funktiona 0.39 Ω/1 °C

$$\frac{1.5}{0.39} = 3,84 \approx 4 \text{ °C.}$$

Edellisen perusteella tehtiin jokaiselle kanavalle skaalaus arvoihin. Arvot olivat ennen muutosta -20...220 °C ja korjauksen jälkeen -24...224 °C.



**Kuvio 12.** Kaksijohdin anturin kytkentä/8/

#### **4.5 Kommunikointi**

SACO 16A3-mittausyksikön sarjaliikenneväylän tiedonsiirtoprotokolla kutsutaan SPA:ksi. SACO 16A3-mittausyksikkö kommunikoi sarjaväylän kautta RS-485-kaapelin avulla COM600-sähköasemakontrollerille.

#### **4.6 Event Reader-ohjelma**

Event reader-ohjelma asennettiin COM600-sähköasemakontrolleriin, jotta saatiin luettua lämpötilatiedot. Ohjelmasta luettiin ja kirjoitettiin asetteluita käyttämällä SPA-komentoja. Ohjelmaa käytetään kaikissa SPA-prokollaa tukevissa suojarleissä kuten SPACOM- ja RED500-tuotteissa.

Loop SPA Messages:

SPA Loop Profile: [New](#) [Edit](#)

(0) Temperature

SPA Message:	Response:
<input checked="" type="checkbox"/> r1i1	19.8
<input checked="" type="checkbox"/> r2i1	35.6
<input checked="" type="checkbox"/> r3i1	34.0
<input checked="" type="checkbox"/> r4i1	37.7
<input checked="" type="checkbox"/> r5i1	35.6
<input checked="" type="checkbox"/> r6i1	37.1
<input checked="" type="checkbox"/> r7i1	35.1
<input checked="" type="checkbox"/> r8i1	28.9
<input checked="" type="checkbox"/> r9i1	26.8
<input checked="" type="checkbox"/> r10i1	21.5
<input checked="" type="checkbox"/> rt	03-03-03 13:57:41.043
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	

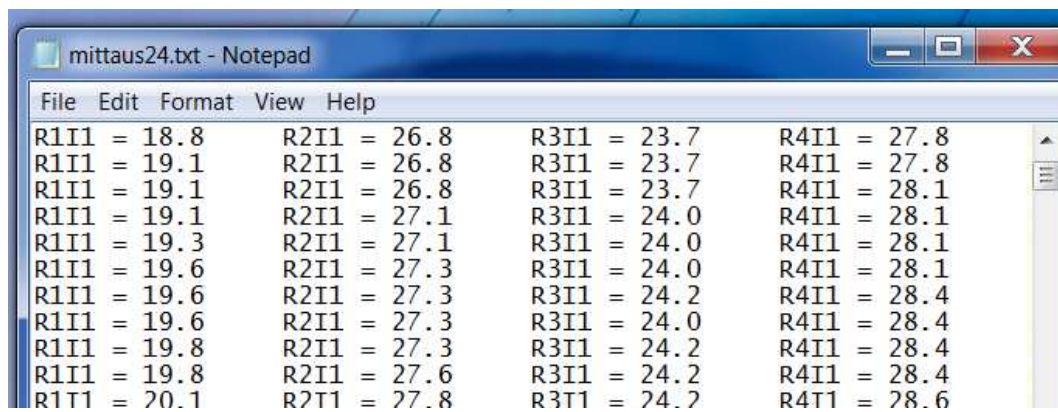
Loop Interval (sec):

Message Interval (msec):

Write one SPA Message in one line

**Kuvio 13.** SACO 16A3-mittausyksikön lämpötila ja kellonaika tiedot

SACO 16A3-mittausyksiköltä voidaan lukea korkeintaan 15-SPA viestiä. On mahdollista tehdä ns. ”silmukka”-kysely. Tällöin ohjelma hakee SACO 16A3-mittausyksiköltä lämpötilamittausarvot ja tallentaa ne tekstitiedostoon. Ohjelmaan määriteltiin luettavat lämpötilakanavat, jotka olivat SPA-koodeina ja nämä löytyvät ohjekirjasta. Kuviossa 13 ovat kanavien 1-10 lämpötilamittausarvot, päivämäärä ja kellonaikatiedot. Loop Interval-sarakkeeseen kirjataan aika, kuinka usein tietoja halutaan kysyä SACO 16A3-mittausyksiköltä. Aika on määriteltty 30 sekunniksi. Ohjelma tallentaa kaikki lämpötilamittausarvot tekstitiedostoon. Saadut tulokset siirrettiin taulukkolaskentaohjelmaan. Kuviossa 14 on esitetty Event Reader-ohjelman tallentama käsittelemätön tiedosto, joka sisältää lämpötilamittausarvot.



File	Edit	Format	View	Help
R1I1 = 18.8	R2I1 = 26.8	R3I1 = 23.7	R4I1 = 27.8	
R1I1 = 19.1	R2I1 = 26.8	R3I1 = 23.7	R4I1 = 27.8	
R1I1 = 19.1	R2I1 = 26.8	R3I1 = 23.7	R4I1 = 28.1	
R1I1 = 19.1	R2I1 = 27.1	R3I1 = 24.0	R4I1 = 28.1	
R1I1 = 19.3	R2I1 = 27.1	R3I1 = 24.0	R4I1 = 28.1	
R1I1 = 19.6	R2I1 = 27.3	R3I1 = 24.0	R4I1 = 28.1	
R1I1 = 19.6	R2I1 = 27.3	R3I1 = 24.2	R4I1 = 28.4	
R1I1 = 19.6	R2I1 = 27.3	R3I1 = 24.0	R4I1 = 28.4	
R1I1 = 19.8	R2I1 = 27.3	R3I1 = 24.2	R4I1 = 28.4	
R1I1 = 19.8	R2I1 = 27.6	R3I1 = 24.2	R4I1 = 28.4	
R1T1 = 20.1	R2T1 = 27.8	R3T1 = 24.2	R4T1 = 28.6	

**Kuvio 14.** Käsittelemätön datatiedosto

## 5 KOMPONENTTIEN ELINIKÄ

### 5.1 Käyttölämpötilat

Suojareleessä kriittisiä komponentteja ovat kondensaattorit, muistit ja mikropiirit. Suojareleen sisälämpötilan noustessa jo yli 20 °C on sillä elinikää lyhentävä vaikutus. Suojalaitteille luvataan 20 vuoden tekninen käyttöikä, johon voidaan vaikuttaa ympäristön lämpötilalla. Taulukossa 2 on komponenttien  $T_{max}$  käyttölämpötilat. Samassa taulukossa lämpötilat on ilmoitettu juotoskohdan tai kotelon maksimilämpötilana.

**Taulukko 2.** Maksimi käyttölämpötilat

Komponentti	$T_{max}$ (°C)
Kondensaattori	105/85
Diodi	110
Transistori	110
Optiset komponentit	110
Vastukset	125
Mikropiirit	110/85

### 5.2 Kondensaattori

Kondensaattorin elinikä lyhenee jyrkästi, jos lämpötila ja jännite ovat korkeita. Oikosulkutilanne on jo tuhoisa kondensaattorille. Tyypillinen elinikä laadukkaalle kondensaattorille on 11 vuotta 60 °C IEC-384-4 standardin mukaan. Kondensaattorin elinikä kaksinkertaistuu, jos lämpötila laskee 10 °C./4/

Kondensaattorin elinikä lasketaan kaavalla 2:

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

$L$  = Kondensaattorin arvioitu elinikä

$T_{max}$  = Kondensaattorin mitoitettu lämpötila

$T_a$  = Suojareleen sisälämpötila

$L_0$  = Kondensaattori-valmistajan lupaama elinikä mitoitettussa lämpötilassa

Esimerkkinä lasketaan ”Long Life” kondensaattorin elinikä

$L_0 = 5000$  tuntia,  $T_{max} = 105$  °C

$$5000 * 2^{\frac{(105-43)}{10}} = 367583 \text{ tuntia} \approx 42 \text{ vuotta}$$

$$5000 * 2^{\frac{(105-54)}{10}} = 171484 \text{ tuntia} \approx 20 \text{ vuotta}$$

Lasketuista arvoista nähdään kuinka kondensaattorin elinikä lyhenee lämpötilan noustessa.

## 6 MITTAUSTULOSTEN TARKASTELU

Tässä luvussa esitetään mittaustulokset graafisessa muodossa. Kaikista mittaustuloksista tehtiin myös tarkemmat taulukot.

### 6.1 Taustatietoa

Ensimmäinen mittaus oli kalibrointimittaus huoneessa, jonka lämpötila säädettiin ilmastointikojeesta 19 °C asteeseen. Kosteusprosenttia ei tulla mittaamaan. Ennen varsinaisten lämpötilamittausten suorittamista täytyi varmistua mittalaitteiston anturien oikeasta lukemasta. Lämpötilan mittauspisteenä toimi huoneen vastakkainen pääty katsottuna ilmastointikojeesta. Tällä pyrittiin huomioimaan ilmastointikojeesta aiheutuva ilmavirran vääristämä vaikutus mittaustuloksiin. Mittauspaikan lämpötilaa mitattiin Pt100-anturilla ja 1-Wire-väylä-anturilla. Lämpötilat olivat sekä Pt100-anturilla, että 1-Wire-väylä-anturilla 20,1 °C. Mittauksia voitiin jatkaa, koska lämpötilat olivat samat kummallakin anturityypillä. Huoneen lämpötilan hystereesi eli vaihteluväli oli 18,8–20,1 °C ja lämpötilan keskiarvo mittausajanjaksolla 20 °C.

### 6.2 Mittaustulokset testissä 1

Mittauksia varten suojareleet ryhmiteltiin tuoteperheittäin. Mittauksien kesto oli pisimmillään kaksi vuorokautta ja lyhimmillään 3 tuntia. Ensimmäinen mittaus suoritettiin lämpötilassa 20 °C.

### 6.3 Mittaustulokset testissä 2

Seuraavaksi mittaukset suoritettiin Fineron-nimisellä lämpökaapilla, jonka lämpötila nostettiin 40 °C. Lämpötilamittausten mukaan lämpötila ei ollut aivan sama kaapin ala- ja ylätasolla, vaikka kaapin sisällä oli tuuletin. Kaappiin lisättiin Pt100-anturi ja 1-Wire-väylä-anturi mittaamaan lämpökaapin sisälämpötilaa. Suojareleitä pidettiin lämpökaapissa vähintään vuorokausi, jotta lämpötila tasaantuisi releen sisällä.

### 6.4 Mittaustulokset testissä 3

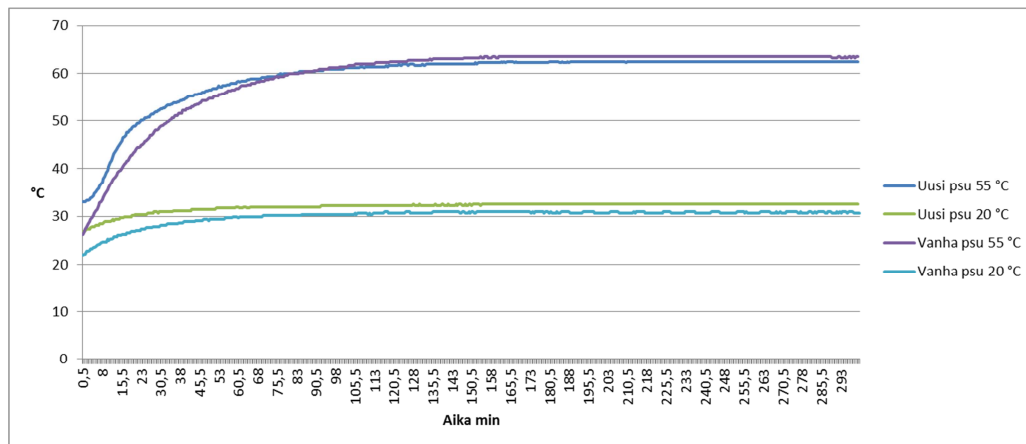
Testi 3 tehtiin nostamalla lämpökaapin sisälämpötilaa 55 °C. Samaista lämpötilaa käytetään suojaileiden lämpötilavanhennuksessa. Testin 3 lämpötila on suurimmalle osalle suojaileista korkein sallittu käyttölämpötila.

### 6.5 SPACOM-syöttöyksikkö

SPACOM-tuoteperheen syöttöyksikön lämpötilaa vertailtiin kuviossa 15 vanhan moduulin ja käyttämättömän uuden SPGU 240 A1-moduulin välillä. Vanha moduuli oli valmistettu vuonna 1989.



**Kuvio 15.** Vanha ja uusi moduuli SPGU 240 A1



**Kuvio 16.** Moduulien SPGU 240 A1 lämpötilat

Moduulit testattiin 20 °C ja 55 °C lämpötiloissa. Testeissä ei havaittu suurta poikkeamaa moduulien lämpötilojen välillä. Kuvion 16 perusteella uudempi moduuli oli lämpötilassa 20 °C lämpötilaltaan 2 °C korkeampi, kuin vanha moduuli. Kun lämpötilaa nostettiin 55 °C tilanne muuttui päinvastaiseksi, vanhan moduulin lämpötila oli 2 °C korkeampi. Moduulien lämpötilat olivat hyvin lähellä toisiaan, vaikka olisi uskonut vanhemman syöttöyksikön lämpenevän enemmän.

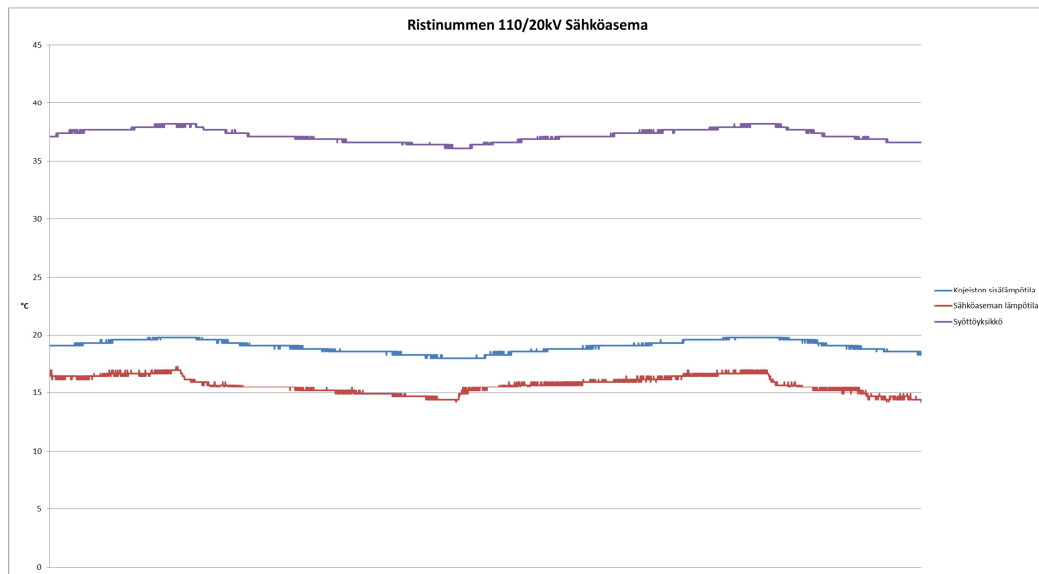
## 6.6 Ristinummen sähköaseman mittaustulokset

Mittaukset suoritettiin Vaasan Sähköverkko Oy:n Ristinummen 110/20 kV:n sähköasemalla. Asemalla oli 110 /20 kV:n päämuuntaja, josta menee syöttökiskot sähköaseman sisälle. Sisätiloissa oli kolmetoista johtolähtöä, joiden suojana käytettiin REF543-kennoterminaalia. Lämpötilat mitattiin 16A3-mittausyksiköllä. Lämpötila-anturit sijoitettiin mittaamaan sähköasemarakennuksen sisälämpötilaa, toisiokojetilaa ja suojareleen syöttöyksikön lämpötilaa. Anturit mittasivat Tuovilaan menevää johtolähtöä. Tuovilan johtolähtö oli varasyöttönä. Mittalaitteisto tarkkaili lämpötiloja sähköasemalla kaksi vuorokautta.



**Kuvio 17.** Lämpötilan mittaus sähköasemalla

Kuviossa 17 Tuovilan johtolähtö ja siihen asennetut anturit.



**Kuvio 18.** Sähköaseman mittaustulokset

Sähköasemarakennuksen lämmityksestä vastasivat sähköpatterit, joiden termostaatti oli säädetty 14 °C:een. Tätä pienemmäksi lämpötila ei laskenut rakennuksen sisällä mittausajanjaksolla. Kuvioista 18 havaittiin, että sähköaseman ja kojeiston keskilämpötilaero oli mittausten perusteella noin 3,3 °C korkeampi kojeiston sisällä. Suojareleen syöttöyksikön lämpötilaero kojeiston lämpötilaan oli 18,2 °C, joka oli suurempi kuin testissä 1 suoritetussa mittauksessa. Korkeampi lämpötila johtuu päällä olevista digitaalituloista ja -lähdeistä, jotka nostattavat suojareleen sisälämpötilaa. Lämpötilaero oli vain 2,3 °C, ero ei ollut suuri. Mittausjakson aikana ulkolämpötila vaihteli välillä -10...-5°C, joka vaikutti aseman sisälämpötilaan. Kesällä suoritetut mittaukset olisivat saattaneet olla vielä korkeampia, sillä sähköaseman ilmanvaihto oli toteutettu painovoimaisesti.

## 6.7 Ympäristöolosuhteet

Työhön valituilla suojareleillä on valmistajan antama suositeltu käyttölämpötila-alue. Käyttölämpötila-alue on -40...+85 °C riippuen suojarelemallista.

**Taulukko 3.** Relion-tuoteperheen käyttölämpötila-alue/13/

Description	Value
Operating temperature range	-25...+55°C (continuous)
Short-time service temperature range	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REF615, REM615 and RET615: -40...+85°C (&lt;16 h)<sup>1)2)</sup></li> <li>• RED615: -40...+70°C (&lt;16 h)<sup>1)2)</sup></li> </ul>
Relative humidity	<93%, non-condensing
Atmospheric pressure	86...106 kPa
Altitude	Up to 2000 m
Transport and storage temperature range	-40...+85°C

Taulukko 3: REF615-kennoterminaalia voidaan käyttää jopa 85 °C:ssa lämpötilassa 16 tunnin ajan ja RED615-differentiaalisuojaa vastaavasti lyhytaikaisesti jopa 70 °C:ssa lämpötilassa 16 tunnin ajan.

## 6.8 Kotelarakenteiden vaikutus sisälämpötilaan

Koteloiden rakenne vaihtelee suojarulesukupolvien mukaan. Esimerkiksi osassa SPACOM-sarjan releissä ei ole jäähdytysaukkoja. Uusimmat suojalaitteet kehittävät enemmän lämpöä ja tästä johtuen koteloiden sisällä on yhä enemmän jäähdytysaukkoja. Näin taataan komponenttien kestoikä, mutta haittavaikutuksena on huonompi kosteuden ja pölyn sietokyky.



**Kuvio 19.** REF545-kotelo

Kuviossa 19 on REF545-kennoterminaalien kotelon ilmankierron periaate. Kotelo on rei'itetty ylä- ja alapuolelta, joiden tarkoitus on saada kuuma hehkuva ilman poistumaan kotelon yläpuolelta ja korvaava ilma tulee suojareleen pohjasta.

**Taulukko 4.** Laitteistokoonpanovaihtoehdot

Std. conf.	Order code digit		Analog channels			Binary channels		RTD	mA
	5-6	7-8	CT	VT	Combi sensor	BI	BO		
A	AA / AB	AA	4	1	-	3	4 PO + 2 SO	-	-
		AE	4	1	-	17	4 PO + 9 SO	-	-
B	AA / AB	FA	4	1	-	17	4 PO + 5 SO + 3 HSO	-	-
		AC	4	1	-	11	4 PO + 6 SO	-	-
	AA / AB FA / FB	FG	4	1	-	11	4 PO + 2 SO + 3 HSO	-	-
		AB	4	-	-	4	4 PO + 2 SO	-	-
C	AC / AD	AF	4	-	-	18	4 PO + 9 SO	-	-
		FB	4	-	-	18	4 PO + 5 SO + 3 HSO	-	-
D	AC / AD FC / FD	AD	4	-	-	12	4 PO + 6 SO	6	2
		FE	4	-	-	12	4 PO + 2 SO + 3 HSO	6	2
	E F H J	AE / AF	AG	4	5	-	16	4 PO + 6 SO	-
FC			4	5	-	16	4 PO + 2 SO + 3 HSO	-	-
FE / FF		AG	4	5	-	12	4 PO + 6 SO	2	1
		FC	4	5	-	12	4 PO + 2 SO + 3 HSO	2	1
G L	DA	AH	1	-	3	8	4 PO + 6 SO	-	-
		FD	1	-	3	8	4 PO + 2 SO + 3 HSO	-	-
K	BC	AD	7	5	-	12	4 PO + 6 SO	6	2
		FE	7	5	-	12	4 PO + 2 SO + 3 HSO	6	2

Taulukossa 4 on saatavilla relion tilausvaihtoehdot/9/

Tulosten tarkka vertailu ei ollut helppoa, sillä tuotteiden lämpötilaan vaikuttavia tekijöitä ovat juuri valitut laitteistokoonpanot. Mittausten perusteella rei'itetyllä kotelolla saavutettiin alin lämpötila, kuin umpinaisella kotelolla.

Osassa suojareleistä on korkeasta lämpötilasta varoittava hälytys. Syöttöyksiköltä tulee sisäinen hälytyssignaali kun lämpötila kotelon sisällä nousee yli hälytysrajan. Näin ei kuitenkaan mittaustilanteissa tapahtunut.

## 6.9 Yhteenveto

Tulosten analysoinnissa keskityttiin lähtökohtaisesti enemmän suojareleiden syöttöyksiköiden mittauspisteestä saatuihin tuloksiin. Moduuleita vaihdetaan ennakko- huoltotoimenpiteinä, joten tämän lopputyön tulokset tukevat näitä huoltotoi-

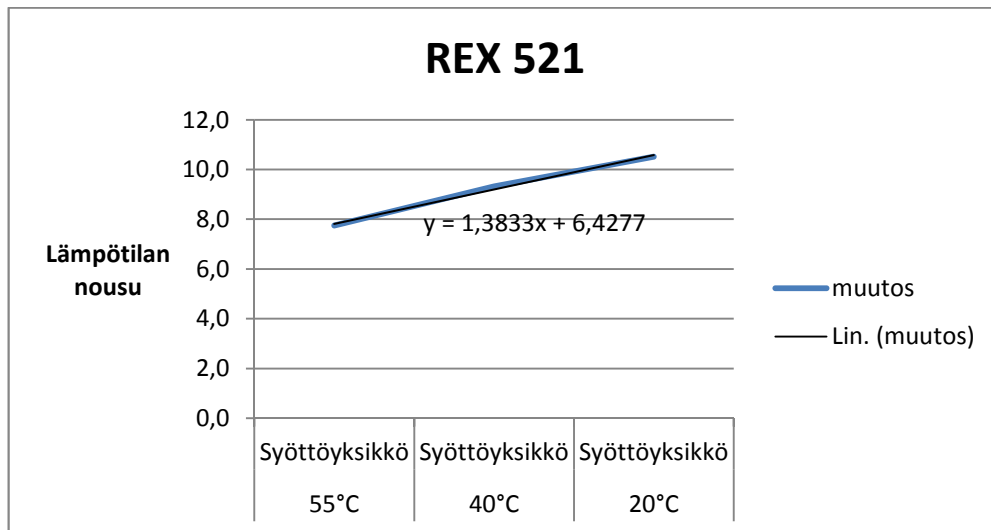
menpiteitä. Mitään suuria lämpötilapoikkeamia ei testauksien aikana havaittu. Seuraavaksi käsitellään yhteenvetona suoja-releiden lämpötiloja.

J3-sarjan suoja-releelle kotelon umpinaisuus ei tuottanut mitään ongelmia. Lämpötila nousi kaikkein vähinten verrattuna muihin malleihin.

SPACOM-sarjasta huomio kiinnittyi SPAS348-releeseen, jossa saadut lämpötilat olivat korkeampia, vaikka mallissa oli isompi kotelo kuin SPAJ 120-releessä.

RED500-sarjassa REF545-kennoterminaalien lämpötilat olivat kaikissa mittaustilanteissa korkeammat kuin REC523 suoja-releellä. Testien 1-3 perusteella todetaan, että vähemmän moduuleita sisältävät kotelot eivät lämpene niin paljon. REX521-suoja-releen mittaustuloksissa ei havaittu poikkeavaa. REF542Plus-yksikön tuloksista ei löytynyt normaalista poikkeavaa, josko nyt prosessorin lämpötila oli hiukan korkea testissä 1.

REX521-suoja-releellä lämpötilan nousu oli lineaarista koko lämpötilamittausvälillä, kuten alla olevasta kuvioista 20 voidaan todeta. Kaikkien suoja-releiden mittaustulosten keskiarvolämpötilat löytyvät liitteestä 1, jossa on myös sähköasemalla suoritettut mittaustulokset



**Kuvio 20.** REX 521-suojareleen lineaarinen lämpötilan muutos

Lopputuloksiin täytyy suhtautua pienellä kriittisyydellä. Tarkkoihin mittaustuloksiin tarvitaan useita mittauskertoja. Anturit pyritään sijoittamaan samoihin paikkoihin, näin vältetään mittausvirheitä.

### 6.10 LCD-näytön kontrastin muuttuminen

Näyttöjen kontrastia tarkkailtiin muiden mittausten ohella. Muuttuvissa käyttölämpötiloissa näytöt ovat lämpökompensoidut eli niiden kontrasti muuttuu automaattisesti lämpötilan noustessa, tällä näytön luettavuus taataan. Jossain tapauksista näytön kontrasti oli hyvin tumma ja täten luettavuus oli huono.

Kuviossa 21 todetaan, että RED500-tuotepiheessä näytöt olivat herkimpiä lämpötilan vaikutuksesta aiheutuville kontrastin muutoksille. Muissa malleissa tätä ei ollut havaittavissa.



**Kuvio 21.** Hyvin tumma näytön kontrasti

## 7 LOPPUPÄÄTELMÄ

Suojareleiden sisälämpötilojen tutkiminen oli todella laaja lopputyö, sillä tuotteiden suuresta määrästä johtuen mittaukset veivät ajateltua enemmän aikaa. Ennen kuin aloitin työn, valitsin työhön sopivan mittalaitteen. Valinnan jälkeen anturit juotettiin ja johdotettiin mittalaitteelle. Antureiden skaalauksessa meni aikaa, sillä alkuperäisiin tuloksiin ei voinut luottaa. Kun mittalaitteisto oli saatu valmiiksi, lämpötilojen mittauksessa kului kuukausi. Pienten vastoinkäymisten jälkeen mittauksia saatiin myös sähköasemalta. Ensimmäinen mittaus sähköasemalla epäonnistui mittalaitteistossa tapahtuneen toimintahäiriön vuoksi.

Lopputyössä käytin 1-Wire-väylä-anturia, se oli tarkka ja käytössä ollut Logtemp-ohjelma oli helppokäyttöinen. Laitteistoja konfiguroitaessa jouduin turvautumaan ohjeisiin, sillä minulla ei ollut aikaisempaa kokemusta. Lisäksi käytin COM600-sähköasemakontrolleria, jota käytin tietokoneen sijasta.

Lopputuloksena saatiin suojareleistä lämpötilataulukot, mittaustulokset ja taulukolaskentakuvaajat, joissa oli käsittelemäni suojarelemallit. Tulevaisuudessa tiedetään tarkemmin toisiokojetilan ympäristölämpötilan vaikutus suojareleiden sisälämpötilaan. Lisäksi tiedetään tarkemmin komponenttien elinkaari kyseisissä lämpötiloissa. Sain sähköasemalta konkreettisia mittaustuloksia, joita ei oltu aikaisemmin tutkittu.

Jos lähtisin toteuttamaan lopputyötä uudestaan haluaisin tutustua RIO600 I/O-yksikköön tarkemmin, tämän avulla lämpötilojen mittaus olisi myös ollut mahdollista.

Relion-tuoteperheen suojareleelle tehtiin mittaus, jossa suojareleestä kytkettiin binäärilähdöt päälle, näin suojareleelle saatiin kuormitusta. Tämä mittaus olisi pitänyt tehdä myös muille tuoteperheen suojareleille.

## LÄHTEET

- /1/ ABB Oy lyhyesti, Viitattu 3.3.2014.  
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/yhtyma>
- /2/ ABB Oy esite, Distribution Automation in Vaasa The pioneer in protection and control since 1965, Viitattu 9.4.2014.
- /3/ ABB Oy sisäinen materiaali, Viitattu 9.4.2014.
- /4/ ABB Oy, SPACOM Preventive Maintenance, Viitattu 5.4.2014.
- /5/ ABB Oy suomessa, Viitattu 3.3.2014.  
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
- /6/ Lämpötilan valvonta-ohjelmisto, Viitattu 11.3.2014.  
<http://www.mrsoft.fi/ohj01.html>
- /7/ Prosessori, 3/2009. Lämpötilan valvontaverkko. Sanoma Magazines.
- /8/ SACO 16A3-mittausyksikkö, Viitattu 10.3.2014.  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/13617eb65358ad0fc2256afb00496b84/\\$file/SACO16A3\\_FI\\_A.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/13617eb65358ad0fc2256afb00496b84/$file/SACO16A3_FI_A.pdf)
- /9/ Relion tuoteopas, Viitattu 8.4.2014.  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/cf756ec87a889e42c1257c6a00468c5b/\\$file/REF615\\_pg\\_756379\\_ENn.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/cf756ec87a889e42c1257c6a00468c5b/$file/REF615_pg_756379_ENn.pdf)
- /10/ Vastusanturin ominaisuuksia, Viitattu 7.3.2014.  
[http://personal.inet.fi/yrittys/kkov.eduserver/yhteinen/rastor\\_anturitekniikka.pdf](http://personal.inet.fi/yrittys/kkov.eduserver/yhteinen/rastor_anturitekniikka.pdf)
- /11/ Vastusanturi teoriaa, Viitattu 7.3.2014.  
<http://www.inor.fi/images/docs/Teoria.pdf>
- /12/ Väylä tekniikka 1-Wire, Viitattu 12.3.2014.  
<http://www.nic.fi/~skarna/etusivu.html#nolla>
- /13/ Ympäristöolosuhteet, Viitattu 7.5.2014.  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/914248a57c92fc10c1257c6a0048fb6f/\\$file/RE\\_615\\_tech\\_756887\\_ENk.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/914248a57c92fc10c1257c6a0048fb6f/$file/RE_615_tech_756887_ENk.pdf)



REF542Plus			
55	Syöttöyksikkö	63,5	8,5
40	Syöttöyksikkö	46,0	6,0
20	Syöttöyksikkö	34,4	14,4
55	CPU läheltä	65,1	10,1
40	CPU läheltä	44,9	4,9
20	CPU läheltä	38,7	18,7
REF545			
55	Syöttöyksikkö	64,6	9,6
40	Syöttöyksikkö	53,3	13,3
20	Syöttöyksikkö	35,8	15,8
55	CPU läheltä	63,6	8,6
40	CPU läheltä	46,3	6,3
20	CPU läheltä	30,7	10,7
REC523			
55	Syöttöyksikkö	65,3	10,3
40	Syöttöyksikkö	51,3	11,3
20	Syöttöyksikkö	35,3	15,3
55	CPU läheltä	59,7	4,7
40	CPU läheltä	45,5	5,5
20	CPU läheltä	28,0	8,0

REXS21			
55	Syöttöyksikkö	62,7	7,7
40	Syöttöyksikkö	49,3	9,3
20	Syöttöyksikkö	30,5	10,5
55	CPU läheltä	57,9	2,9
40	CPU läheltä	46,1	6,1
20	CPU läheltä	27,5	7,5
SPAJ 3CS J3			
55	kehikon etuosassa	57,4	2,4
40	kehikon etuosassa	46,8	6,8
20	kehikon etuosassa	29,8	9,8
55	kehikon takaosassa	58,1	3,1
40	kehikon takaosassa	47,5	7,5
20	kehikon takaosassa	30,1	10,1
Ristinummen sähköasema REFS43			
19	Syöttöyksikkö	37,2	18,2
19	Sähköasema	22,3	3,3

## 1-Wire adapterin kytkentäkaavio

