

Opinnäytetyö (AMK)

Elektroniikan koulutusohjelma

Elektroniikan suuntautumisvaihtoehto

Kevät 2012

Teijo Kylä-Kaila

TESTAUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikan Koulutusohjelma | Elektroniikka

Kevät 2012 | Sivumäärä 23

Ohjaajat: Ins., LuK Juhani Auranen, TKT Timo Tolmunen

Teijo Kylä-Kaila

TESTAUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Tässä työssä suunniteltiin ja toteutettiin testausjärjestelmä mikrobiologian alalle valmistettavien laitteiden testaukseen. Lähtökohtana oli korvata vanha 1980-luvulta asti käytössä ollut testausjärjestelmä uudella nykyaikaisella versiolla ja mahdollisesti luoda siihen uusia toimintoja. Mittaustarkkuus, mittausten validiteetti ja testauksen toistettavuus olivat järjestelmän tärkeimmät vaatimukset. Testausjärjestelmän suunnittelussa huomioitiin myös sen siirrettävyys toiseen tietokoneeseen ja käyttöympäristöön.

Järjestelmän laitteistokokoonpanoon valittiin tarkkuutta vaativiin mittauksiin ja kannettavaan käyttöympäristöön soveltuva NI USB-6210 tiedonkeräysmoduuli. Laitteistokokoonpanomäärityksen jälkeen aloitettiin testausjärjestelmän sovelluskehitystyö, joka toteutettiin National Instrumentsin LabVIEW-sovelluskehitysympäristössä. Sovelluskehitystyössä käytettiin apuna LabVIEW'n lukuisia valmiita aliohjelmia, jotka muokattiin parametreiltaan vastaamaan testattavan laitteen vaatimuksia. Sovellusten ja niiden aliohjelmien toimintaa testattiin jatkuvasti, sovelluskehitystyön edetessä, valmiissa laitteistokokoonpanossa.

Testausjärjestelmä saatiin toimivaksi kokonaisuudeksi järjestelmän kokoonpanon ja ohjelmiston suhteen. Järjestelmän toimivuus testattiin kolmessa eri käyttöjärjestelmäympäristössä.

ASIASANAT:

LabVIEW, DAQ, testausjärjestelmä, sovelluskehitys, mittaus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Electronics | Electronics

Spring 2012 | Total number of pages 23

Instructors: Juhani Auranen, B.Eng, B.Sci, Timo Tolmunen, D.Sc. (Tech.), Principal Lecturer

Teijo Kylä-Kaila

TEST BENCH DEVELOPMENT

The purpose of this thesis was to design and implement a test bench for a device used in microbiology research. Functions and structure of an old test bench were studied to be used as a basis for the new test bench. In the design emphasis was placed on high precision of measurements and mobility of the system as they were the key requirements for the new test bench. In addition possibility to add new functions was also kept in mind during the development.

Software for the system was created with National Instruments LabVIEW programming environment. The test bench also consists of a data logging module which was acquired from National Instruments to ensure compatibility between software and data logger. Data logger in question is suitable for high precision measurements and mobile applications.

The new test bench was proven to be working and compatible with three different operating systems.

KEYWORDS:

LabVIEW, test bench, DAQ, software, measurements

SISÄLTÖ

SISÄLTÖ	IV
LYHENTEET	V
1 JOHDANTO	1
2 LAITTEISTON TOIMINTAKUVAUS	2
2.1 Testattava laite.....	2
2.2 Testausjärjestelmä.....	2
3 LAITTEISTO	5
3.1 Kannettava tietokone ja käyttöjärjestelmä.....	6
3.2 National Instruments USB–6210 -dataloggeri.....	6
3.3 USB–sarjaportti -adapteri.....	6
3.4 Sähköinen kytkentä.....	6
3.5 Lämpötila-anturi.....	7
3.6 Testattavat laitteet.....	8
4 RESURSSIT	9
5 SOVELLUSKEHITYS	11
5.1 Sovelluskehitysympäristö.....	11
5.2 Vuokaaviot.....	12
5.3 Säättösovelluksen sovelluskehitys.....	14
6 TESTAUSOHJELMISTON TOIMINTA	16
6.1 Säättö.....	16
6.2 Testaus.....	17
6.3 Kalibrointi.....	18
7 TYÖN TULOKSET JA POHDINTA	20
8 YHTEENVETO	21
LÄHTEET	22
LIITTEET	23

LYHENTEET

COM-portti	Dataliitöntä sarjaväyläprotokollaa käyttävien laitteiden kytkemiseksi toisiinsa.
Dataloggeri	Elektroninen laite, jolla voidaan automatisoidusti mitata erilaisia signaaleja.
LabVIEW	National Instrumentsin kehittämä graafinen ohjelmointiympäristö (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench).
NI USB-6210	National Instrumentsin valmistama dataloggeri, jota käytetään tiedonkeruussa. Soveltuu digitaalisten ja analogisten signaalien mittaamiseen.
NTC	NTC-termistori on vastus, jonka resistanssi kasvaa lämpötilan laskiessa eli NTC-termistorin lämpötilakerroin on negatiivinen (Negative Temperature Coefficient).
Sub-vi	LabVIEW'n Sub-vi vastaa muiden ohjelmointikielien aliohjelmaa. Se voidaan sisällyttää samaan sovellukseen useita kertoja.
USB	Sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen (Universal Serial Bus).

1 Johdanto

Lopputestaus on tärkeä prosessi valmistettavan laitteen laadun varmistamiseksi. Tässä työssä oli tarkoituksena rakentaa uusi testausjärjestelmä mikrobiologian alalle valmistettavien laitteiden testaukseen. Valmistettavat laitteet on suunniteltu tutkimusten kohteena olevien näytteiden kasvuolosuhteiden stabilointiin ja mahdollisimman tarkkaan kontrollointiin, jotta laitteella suoritettavien testien luotettavuutta voidaan lisätä ja muuttujamääriä pienentää.

Vanha testausjärjestelmä on ollut yrityksen käytössä 1980-luvulta asti ja on teknologialtaan vanhentunut ja epäluotettava kestävyyden suhteen. Vanhan testausjärjestelmän ohjelmiston lähdekoodi ei ole saatavilla ja laitteistoon on käytännössä mahdotonta saada varaosia. Tämä aiheutti tarpeen päivittää testausjärjestelmä nykyaikaiseksi ja luoda varmuusjärjestelmä esimerkiksi vanhan testausjärjestelmän rikkoutumisen varalle.

Työn alussa asetettiin tavoitteeksi luoda uusi kokonaisratkaisu vanhan testausjärjestelmän tilalle. Järjestelmän kokoonpanon suunnittelussa pääpaino oli luoda siitä helposti asiakkaalle tai muulle ulkopuoliselle taholle siirrettävä kokonaisuus. Testausjärjestelmä tulee koostumaan uudesta testauslaitteistosta ja siihen rakennetusta testaussovelluksesta. Testaussovelluksen käyttöä varten laaditaan yksityiskohtaiset ohjeet. Uudella testausjärjestelmällä tulee voida suorittaa samat säätö- ja testaustoiminnot kuin vanhallaakin järjestelmällä. Uuteen järjestelmään luodaan mahdollisesti lisäksi toimintoja, joita vanhalla testausjärjestelmällä ei ole voitu suorittaa.

Varsinainen työosuus koostui elektroniikkasuunnittelusta, laboratoriomittauksista, käyttöohjeiden laatimisesta sekä sovelluskehityksestä, joka muodostui tämän työn suurimmaksi osa-alueeksi. Sovelluskehitys toteutettiin testaussovellusten ohjelmointityöhön soveltuvalla National Instrumentsin LabVIEW-sovelluskehitysympäristöllä, joka perustuu graafiseen G-ohjelmointikieleen.

2 Laitteiston toimintakuvaus

2.1 Testattava laite

Testausjärjestelmän tarkoituksena on varmistaa toimeksiantajayrityksen tuotannosta valmistuvien laitteiden toiminta ja laatu. Laitteet on suunniteltu ylläpitämään haluttuja lämpötiloja mikrobiologian tutkimuksen kohteena oleville näytteille. Tutkittavat näytteet kerätään kennostoon, joka asetetaan laitteen vesikasettiyhdistelmän sisään. Vesikasettiyhdistelmään voidaan asettaa kaksi kennostoa rinnakkain yhtäaikaista lämpötilojen ylläpitoa varten. Vesikasettiyhdistelmän alaosan lämpötilaa säädetään vesikiertojärjestelmällä ja yläosan, kannen, lämpötilaa säädetään sähköisesti kuparifoliovastuksella. Kannen lämpötila on suunniteltu pysymään 1 °C:n korkeampana kuin alaosan lämpötila. Näin pyritään estämään kondensaatioreaktion tapahtumista vesikasettiyhdistelmän sisälle asetetuissa näytteissä.

Laitteen suunnittelussa on pyritty siihen, että vesikasettiyhdistelmän lämpötiloja voidaan kontrolloida 0,1 °C:n tarkkuudella ja niitä voidaan mitata 0,001 °C:n tarkkuudella. Vesikasettiyhdistelmän kannen ja pohjan lämpötilojen raja-arvot ovat $\pm 0,125$ °C halutuista lämpötiloista.

Testattavat laitteet on varustettu myös niin kutsutulla haarukalla, jota käytetään mittaamaan vesikasettiyhdistelmään sijoitettujen näytteiden valonläpäisevyyttä. Haarukka on kaksiosainen. Alaosaan johdetaan valoa laitteeseen asennetusta polttimosta ja yläosaan sijoitettu sensori mittaa valovoimakkuutta. Polttimon yhteydessä on suodatinkiekko, jolla hallitaan näytteisiin johdettavan valon aallonpituuksia. Kiekossa on suodattimet seitsemälle eri aallonpituudelle 405 nm - 600 nm sekä laajakaistainen suodatin. Laitteen testauksessa valovoimakkuudelle mitataan referenssiarvo, josta testin aikana mitatut valovoimakkuuden arvot saavat poiketa enintään 0,004 yksikköä.

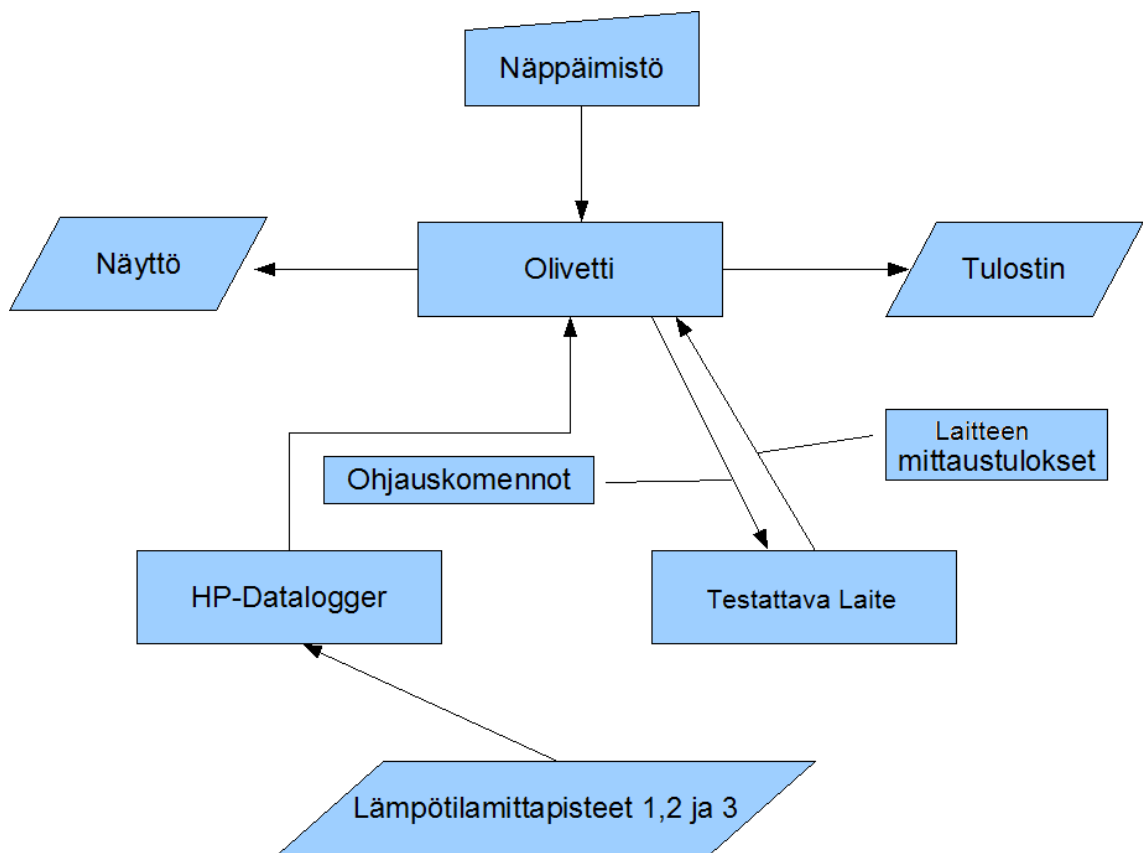
2.2 Testausjärjestelmä

Testausjärjestelmällä testataan, että testattavassa laitteessa lämpötilat ovat määritellyllä tarkkuudella samat joka puolella vesikasettia. Testausjärjestelmään kytketyt lämpötila-anturit mittaavat lämpötiloja eri puolilta vesikasettiyhdistelmää. Lisäksi järjestelmä testaa oheislaitteiden toiminnan, joita laite tarvitsee valovoimakkuuden mittaamiseen. Testausjärjestelmän avulla suoritetaan myös valmistettavien

laitteiden säätö vaadittujen spesifikaatioiden mukaiseksi. Lisäksi testausjärjestelmässä on toiminto, jonka avulla testausjärjestelmän lämpötila-anturit voidaan kalibroida.

Vanha testausjärjestelmä

Vanhassa testausjärjestelmässä käyttäjä hallinnoi järjestelmää antamalla komentoja ja parametreja näppäimistön avulla pöytätietokoneelle. Tietokone antaa käyttäjälle tietoja testausjärjestelmän tilasta näytön ja tulostimen kautta. Vanhan testausjärjestelmän rakenne on esitetty kuvassa 2.1.

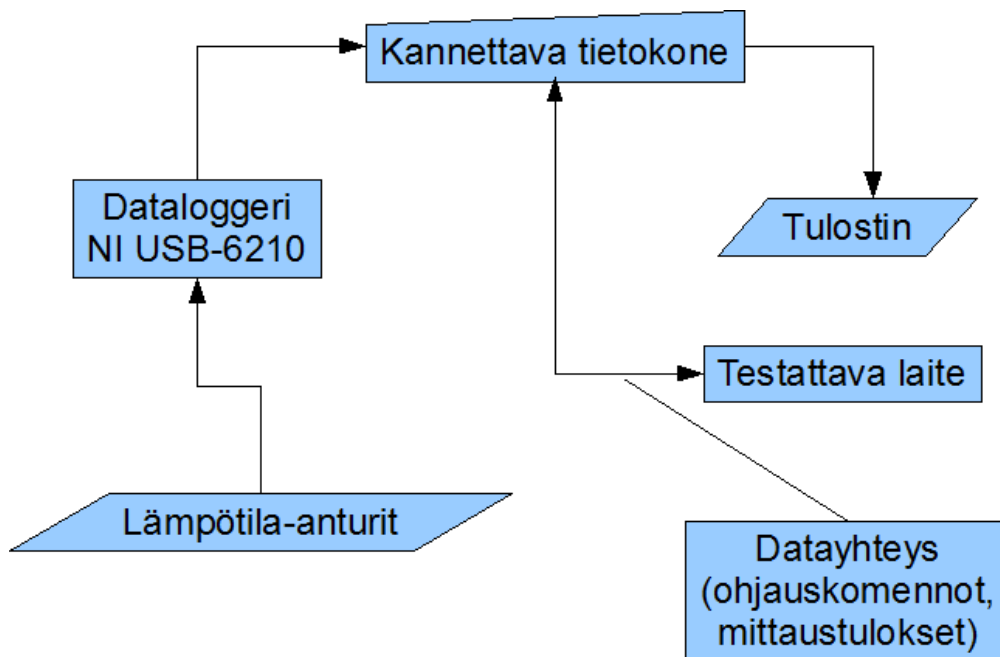


Kuva 2.1 Vanhan testausjärjestelmän fyysinen rakenne vuokaaviona.

Tietokoneeseen on kytketty Hewlett Packard -dataloggeri, joka mittaa lämpötiloja siihen kytketyiltä kolmelta erilliseltä lämpötila-anturilta. Anturit on sijoitettu eri puolille testattavan laitteen vesikasettiyhdistelmää. Lisäksi lämpötilamittauksia suoritetaan testattavan laitteen kahdelta omalta lämpötilamittapisteeltä, jotka sijaitsevat vesikasettiyhdistelmän alaosassa ja kannessa.

Uusi testausjärjestelmä

Uutta testausjärjestelmää hallinnoidaan kannettavalla tietokoneella, johon testausohjelmisto on asennettu. Testattava laite, tulostin ja dataloggeri on kytketty datakaapeleilla kannettavaan tietokoneeseen. Testausohjelmisto huolehtii testausjärjestelmään kytkettyjen laitteiden välisestä tietoliikenteestä. Testausjärjestelmän rakenne on esitetty vuokaaviona kuvassa 2.2.



Kuva 2.2 Uuden testausjärjestelmän fyysinen rakenne vuokaaviona.

3 Laitteisto

Testausjärjestelmään kytkettiin useita laitteita ja komponentteja, jotka liitettiin toisiinsa datakaapeleilla. Testausjärjestelmän kokoonpanoa suunniteltaessa huomioitiin projektin alussa laitteistokokoonpanolle asetetut vaatimukset: Järjestelmä toteutetaan kannettavaan ympäristöön, jotta se voidaan tarvittaessa pakata ja lähettää asiakkaalle. Lisäksi järjestelmä suunniteltiin siten, että siihen voidaan tarvittaessa myöhemmin lisätä lämpötila-antureita ja uusia toimintoja. Testausjärjestelmän suorittamat lämpötilamittaukset tuhannesosa-asteiden tarkkuudella asetti vaatimuksia järjestelmän mittaustarkkuuteen vaikuttavien komponenttien valintojen suhteen.

Testausjärjestelmä koostuu seuraavista laitteista:

- Kannettavalla tietokoneella käyttäjä hallinnoi testausjärjestelmää ja seuraa sen toimintaa.
- National Instruments USB-6210 dataloggerilla (Kuva 3.1) suoritetaan mittauksia siihen kytketyistä lämpötila-antureista. Dataloggeri kytketään kannettavan tietokoneen USB-porttiin.
- USB-sarjaporttiadapterin kautta tapahtuu kannettavan tietokoneen ja lopputuotteen välinen kommunikointi.
- Lisäksi on sähköinen kytkentä sekä lopputestauksen kohteena oleva laite.



Kuva 3.1 National Instruments NI USB-6210 dataloggeri (kuva National Instruments).

3.1 Kannettava tietokone ja käyttöjärjestelmä

Testausjärjestelmä toteutettiin kannettavaan tietokoneeseen sopivilla komponenteilla, jotta järjestelmä on helposti siirrettävissä esimerkiksi kalibroitavaksi ulkopuoliselle taholle. Projektissa käytetty tietokone oli kotikäyttöön suunniteltu kannettava, jonka käyttöjärjestelmänä oli aluksi Microsoft Windows Vista. Käyttöjärjestelmä päivitettiin projektin aikana Microsoft Windows 7:ään. Päivityksen ansiosta varmistettiin testausjärjestelmässä käytettävän ohjelmiston yhteensopivuus molemmissa käyttöjärjestelmäympäristöissä. Lisäksi testausjärjestelmä on testattu yhteensopivaksi Microsoft Windows XP -käyttöjärjestelmän kanssa.

3.2 National Instruments USB-6210 -dataloggeri

Testausjärjestelmän kokoonpanoon valittiin tarkkuutta vaativiin mittauksiin ja kannettaviin käyttöympäristöihin soveltuva tiedonkeräysmoduuli. Valittu USB-6210 -dataloggeri mahdollistaa lisäantureiden lisäämisen testausjärjestelmään vielä projektin valmistuttua. USB-6210 -dataloggeriin voidaan kytkeä kahdeksan differentiaalista mittaustanturia. Tässä työssä dataloggeriin kytkettiin kolme lämpötila-anturia.

National Instrumentsin valmistama USB-6210 -dataloggeri on monitoiminen tiedonkeräysmoduuli kytkettäväksi USB-väylään. USB-6210 on optimoitu mittauksille, joissa vaaditaan tarkkuutta ja käytetään suurta näytteenottotaajuutta. Näytteenottotaajuus voi olla jopa 250 000 näytettä / s. Kannettavaan ympäristöön ja rajalliseen tilankäyttöön suunniteltuun USB-6210:aan voidaan kytkeä jopa 16 analogista tulosignaalia. [1]

3.3 USB-sarjaportti -adapteri

Testattavaa laitetta hallinnoidaan tietokoneella laitteen sarjaportin kautta. Nykyisissä kannettavissa tietokoneissa on harvoin sarjaporttia. Tässäkään työssä käytetyssä tietokoneessa ei sellaista ollut, joten käytettiin USB-sarjaporttiadapteria. Adapterin avulla voidaan sarjaporttiliittimellä varustettu datakaapeli kytkeä tietokoneen USB-liitäntään. Adapterin käyttö vaatii kaapelin ja tietokoneen kanssa yhteensopivan ajuriohjelmiston asentamisen tietokoneeseen.

3.4 Sähköinen kytkentä

Lämpötila-antureille tehtiin sähköinen kytkentä, jotta dataloggerilla voidaan mitata jännite-eroa, joka muuttuu lämpötila-anturin resistanssin mukaisesti. Testausjär-

jestelmän ohjelmisto muuntaa mitatun jännite-eron lämpötilaksi. Sähköinen kytkentä lämpötila-antureiden ja dataloggerin välillä haluttiin toteuttaa passiivisin komponentein ja mahdollisimman pienellä määrällä komponentteja, jotta se olisi mahdollisimman kevytrakenteinen ja yksinkertainen. Näin lisättiin myös testausjärjestelmän helppoa siirrettävyyttä toiseen toimintaympäristöön, kuten asiakkaiden toimitiloihin. Kytkeä toteutettiin sähköjohdoilla ja muutamilla lankavastuksilla, joita juotettiin yhteen ja suojattiin kutistesukilla. Sähköisessä kytkennässä käytetyt lankavastukset olivat resistansseiltaan 4,75 k Ω ja 1,5 k Ω . Vastusten toleranssi oli 1 %. Vastuksen toleranssi ilmaisee suurimman poikkeaman resistanssin nimellisarvosta.

3.5 Lämpötila-anturi

Dataloggeriin kytketyillä lämpötila-antureilla mitataan lämpötiloja eri puolilla vesikasettiyhdistelmää. Anturit ovat suunniteltu fyysisiltä mitoiltaan siten, että ne ovat kiinnitettävissä vesikasettiyhdistelmään ja mahtuvat sen sisälle vaikuttamatta laitteen toimintoihin.

Lämpötila-anturit valmistettiin käsin hyvin lämpöä johtavaan elementtiin. Valmistuksessa otettiin huomioon mahdolliset johtimiin kohdistuvat mekaaniset rasitukset sekä lämmönjohtavuus. Valmistetut anturit koostuvat johtimista, eristesukista, piitahnasta ja alumiinisesta elementistä, johon NTC-vastus kiinnitettiin nopeasti kuivuvalla epoksiliimalla.

Antureita käsitellään, kun niitä asennetaan ja puretaan mitattavasta laitteesta. Näissä toimenpiteissä kohdistuu mekaanista rasitusta etenkin vastuksen jalkoihin, jotka ovat taipuisaa metallia. Vastuksen jalat suojattiin kaksinkertaisella kutistesukalla suojaamaan mekaaniselta rasitukselta sekä ehkäisemään galvaaninen kontakti oikosulun varalle.

Vastus liimattiin epoksiliimalla kiinni elementtiin, jotta anturin pieni ominaislämpökapasiteetti saadaan pysymään vakiona eri mittauksien ja toimenpiteiden välillä. Vastuksen lämmönjohtavuutta alumiiniseen elementtiin tehostettiin käyttämällä kontaktipinnassa piitahnaa.

Piitahna

Piitahna on termistä kontaktia parantava aine, jota käytetään yleisesti elektroniikan eri sovelluksissa. Yleensä piitahna on silikonipolymeeriä, mutta vaativimmissa sovelluk-

sisä käytetään yleensä piitahnaa, jossa silikoni on korvattu metallilla tai keraamisilla yhdisteillä. [2]

Piitahnan tärkein ominaisuus on lämmönjohtavuus. Tässä työssä valmistetuissa lämpötila-antureissa käytettiin piitahnaa, jonka lämmönjohtavuudeksi valmistaja ilmoittaa $2,5 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m})$. Vertailun vuoksi mainittakoon, että alumiinin lämmönjohtavuus on $237 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ [3].

NTC-vastus

Lämpötila-anturi toteutettiin NTC-vastuksella, jonka nimellisarvo $+25 \text{ °C}$ lämpötilassa on $3\,000 \Omega$. NTC-vastuksen valmistaja ilmoittaa vastuksen lämpötilatoleranssiksi $\pm 0,2 \text{ °C}$ lämpötila-alueella $0 \dots +50 \text{ °C}$. NTC-vastuksen resistanssi muuttuu käänteisesti lämpötilaan nähden. Esimerkiksi lämpötilan noustessa NTC-vastuksen resistanssi pienenee. [4]

NTC-vastukset valittiin tämän työn lämpötila-antureiksi, koska niitä käytetään myös testattavassa laitteessa. Lisäksi valittujen NTC-vastusten käyttölämpötila-alue, $0 \dots +70 \text{ °C}$, soveltuu testattavan laitteen testaukseen. Testattava laite on suunniteltu siten, että vesikasettiyhdistelmän käyttölämpötila-alue on $+1 \dots +60 \text{ °C}$. Kyseisiä NTC-vastuksia on markkinoilta helposti saatavilla ja niitä oli toimeksiantajan varastossa. Samanlaisia vastuksia oli myös vanhassa testausjärjestelmässä ja ne olivat jo toimeksiantajan laatu- ja testausjärjestelmän mukaisesti hyväksytyjä komponentteja, joka myös osaltaan puolsi kyseisten vastusten valintaa projektin lämpötila-antureiksi.

3.6 Testattavat laitteet

Testauksen kohteena olevien laitteiden toimintaa on kuvattu luvussa 2.1 Testattava laite. Testauksen aikana lämpötilamittauksia suoritetaan myös laitteen omista lämpötilamittapisteistä. Laitteen omat lämpötila-anturit on sijoitettu vesikasettiyhdistelmän alaosaan ja kanteen. Myös testausjärjestelmän dataloggeriin kytketyt lämpötila-anturit kiinnitetään mekaanisesti vesikasettiyhdistelmän alaosaan ja kanteen. Testausta suoritettaessa lämpötiloja mitataan samanaikaisesti kaikilta edellä mainituilta lämpötila-antureilta.

4 Resurssit

Lopputestausjärjestelmä-projekti aloitettiin määrittelemällä projektin tavoitteet, resurssit ja aikataulu. Tavoitteeksi asetettiin uuden kokonaisratkaisun luominen vanhan testausjärjestelmän tilalle. Uudella järjestelmällä tuli voida suorittaa samat säätö- ja testaus-toiminnot kuin vanhallakin järjestelmällä. Lisäksi uuteen järjestelmään tuli voida lisätä uusia testaus- ja säätötoimintoja mahdollisesti jo projektin aikana sekä sen jälkeen.

Määriteltäessä työn toteuttamiseen tarvittavia resursseja todettiin niiden muuttuvan projektin edetessä. Vanhan testausjärjestelmän käyttömahdollisuus projektin aikana oli rajattu, sillä järjestelmä oli lähes ympärivuorokautisessa käytössä valmistettujen laitteiden testauksessa. Toimeksiantaja osoitti projektin käyttöön yhden testattavan laitteen, joka oli satunnaisesti myös yrityksen tuotannon apuvälineenä. Toimeksiantaja toimitti testausjärjestelmälle yhteensopivat datakaapelit sekä hankki projektin aikana dataloggerin, joka on projektissa laadittujen vaatimusten mukainen. Projektin aikana käytettiin vanhan testausjärjestelmän lämpötila-antureita, kunnes uudelle testausjärjestelmälle rakennettiin omat anturit. Projektissa käytettiin useita tietokoneita, joilla testattiin myös uuden testausjärjestelmän toimivuus eri käyttöjärjestelmissä.

Tarvittavien resurssien osalta työssä oli kolme vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa perehdyttiin vanhan testausjärjestelmän toimintaan. Vanhan testausjärjestelmän toiminnan perusteella määriteltiin toiminnot, jotka uuden testausjärjestelmän tuli kyetä suorittamaan. Määritettyjen toimintojen perusteella luonnosteltiin uuden testausjärjestelmän ohjelmiston vuokaaviot. Lisäksi määriteltiin spesifikaatiot, joiden mukaisesti lopullisen testausjärjestelmän tuli mittaukset suorittaa.

Toisessa vaiheessa ohjelmoitiin uusi testausjärjestelmän ohjelmisto, jonka avulla käyttäjä hallinnoi testausjärjestelmää. Ensimmäisessä vaiheessa luodut vuokaaviot olivat edellytys ohjelmointityön aloittamiselle. Lisäksi testausohjelmiston ja dataloggerin yhteensopivuuden varmistamiseksi valittiin projektissa käytettäväksi dataloggeriksi National Instrumentsin NI USB-6210. Ohjelmointityötä varten tarvittiin tietokone ja National Instrumentsin ohjelmointiympäristö lisensseineen.

Kolmannessa vaiheessa kehitettiin testausjärjestelmän ohjelmistoa käyttäen sitä testausjärjestelmän lopullisessa kokoonpanossaan. Tässä vaiheessa uutta testausjärjestelmää käytettiin vanhan testausjärjestelmän rinnalla ja tuotannon puolelta

saadulla palautteella oli suuri merkitys ohjelmiston kehityksessä, varsinkin käyttöliittymän osalta.

Projekti toteutettiin ilta- ja viikonlopputyönä, joten aikataulu sovittiin alussa joustavaksi ja määräaika projektin valmistumiselle jätettiin auki.

5 Sovelluskehitys

5.1 Sovelluskehitysympäristö

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) on National Instrumentsin kehittämä ohjelmointiympäristö, joka perustuu graafiseen g-ohjelmointikieleen. Vuonna 1986 National Instruments esitteli ensimmäisen version kaupallisesta sovelluskehitysympäristöstään, MacIntosh-tietokoneelle. Tänä päivänä LabVIEW:ä käytetään maailmanlaajuisesti ja National Instrumentsin omille yhteisö sivuille, joiden kautta jokainen voi saada apua mm. ohjelmointityöhönsä, on rekisteröitynyt yli 100 000 käyttäjää. [5]

Testausjärjestelmän ohjelmiston sovelluskehitystyö suoritettiin kokonaisuudessaan National Instrumentsin LabVIEW-sovelluskehitysympäristössä. LabVIEW-sovelluskehitysympäristön tiedettiin olevan suunniteltu juuri mittalaitteiden ohjausta varten. Käyttämällä sovelluskehityksessä ja laitteiston kokoonpanossa National Instrumentsin tuotteita, saavutettiin moitteeton yhteensopivuus dataloggerin ja ohjelmiston välillä. Lisäksi LabVIEW-sovelluskehitysympäristöstä löytyy runsaasti valmiita aliohjelmia, joita käytettiin hyväksi tässä projektissa.

Virtual Instrument

LabVIEW:llä ohjelmoidut sovellukset usein muistuttavat ja simuloivat mittauslaitteistoja, joten niitä kutsutaankin virtuaali-instrumenteiksi. Sovellusta ohjelmoitaessa graafista käyttöliittymää ei tarvitse aina luoda, sillä sovellus voi esimerkiksi lukea parametrinsa tiedostosta ja kirjoittaa suoraan tiedostoon. Aina on kuitenkin luotava graafisesta koodista muodostettava diagrammi.

Diagrammia ohjelmoitaessa on ohjelmoijalla käytettävissään LabVIEW:iin sisältyviä satoja valmiita aliohjelmia eli sub-vi:a. Ohjelmoitaessa voi valmiita aliohjelmia sisällyttää ohjelmistoon sellaisenaan tai niitä voi tarpeen vaatiessa muokata paremmin ohjelmistoon sopivaksi.

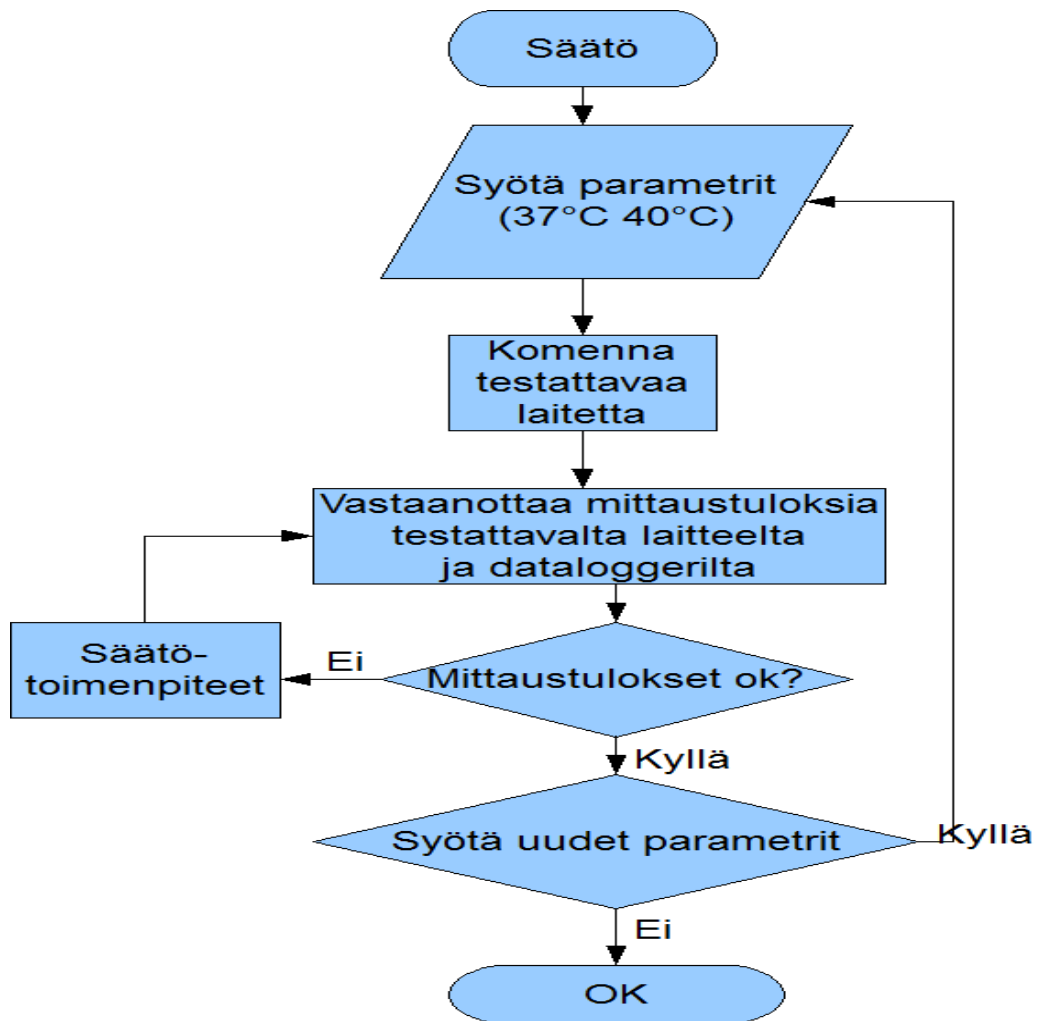
Etupaneeli eli graafinen käyttöliittymä luodaan pääsääntöisesti valmiista graafisista komponenteista, joita muokataan halutun näköisiksi tarpeen mukaan. Tietyntyypistä dataa esitettäessä, vaaditaan myös datatyyppiin sopiva indikaattori eli objekti, joka esittää dataa visuaalisesti etupaneelissa. Vaihtoehtoisesti dataa voi myös muuttaa

diagrammin puolella valmiiden muuntofunktioiden avulla tiettyihin indikaattoreihin sopiviksi.

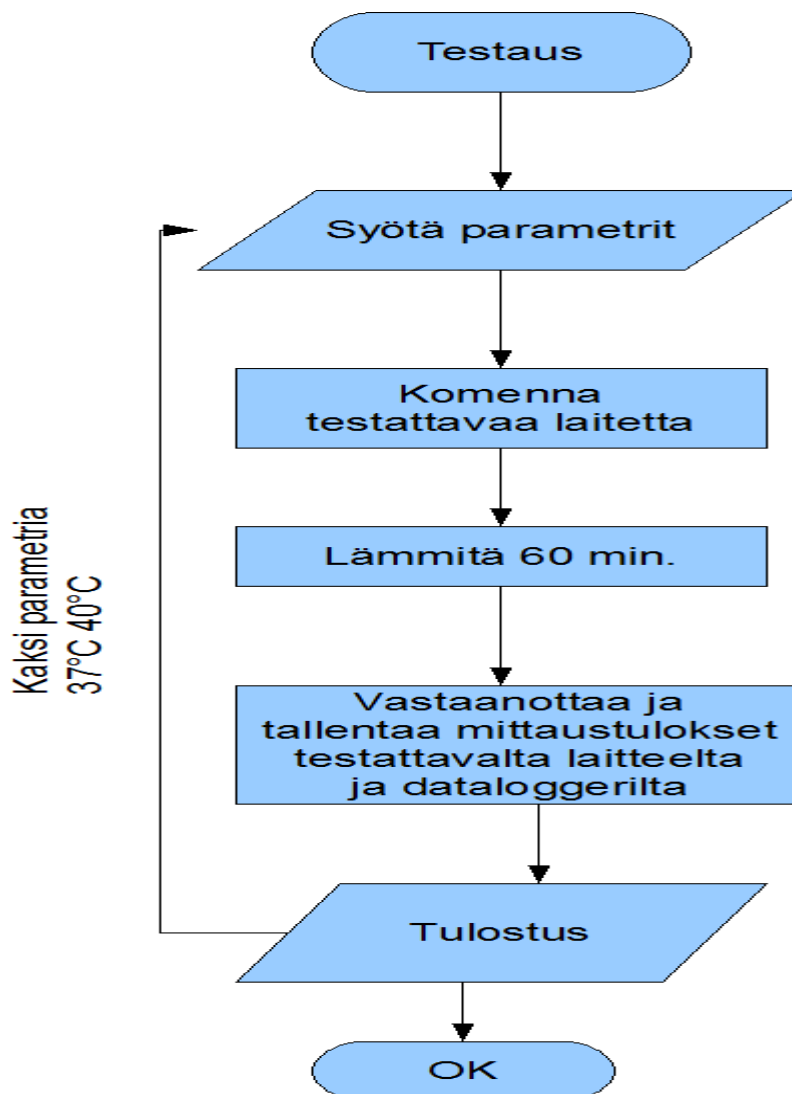
5.2 Vuokaaviot

Vuokaavioiden laatiminen on tyypillinen osa ohjelmointityötä. Ennen ohjelmointityön aloitusta ohjelman toiminnot ja logiikka suunnitellaan ja esitetään yleensä vuokaavioin, tekstinä tai pseudokoodina. Pseudokoodissa kuvataan ainoastaan algoritmin perusrakenne ja jätetään eri ohjelmointikielien syntaksierot esittämättä [6].

Tässä työssä testausjärjestelmän ohjelmiston rakenne suunniteltiin vuokaavioin, jotka perustuvat vanhan testausjärjestelmän ohjelmiston toimintaan. Vanhan testausjärjestelmän säätösovelluksen vuokaavio on esitetty kuvassa 5.1 ja testaussovelluksen vuokaavio on esitetty kuvassa 5.2.



Kuva 5.1 Säätösovelluksen vuokaavio.



Kuva 5.2 Testaussovelluksen vuokaavio.

Työn edetessä vuokaavioihin tehtiin muutoksia ja täydennyksiä, joita aiheuttivat muun muassa LabVIEW-sovelluskehitysympäristö sekä ohjelmiston toiminnan ja sarjaporttiliikenteen asettamat vaatimukset. Esimerkiksi voidaan mainita tiedonsiirto testattavan laitteen ja tietokoneen välillä:

Testauksessa olevalle laitteelle annetaan testin aikana sarjaporttiin komentoja. Jokaisen komennon jälkeen tulee odottaa tietty aika, jolloin testattavan laitteen tulee käsitellä annettu komento, suorittaa komennon määrittelemät toiminnot ja antaa vastaus suorituksesta tietokoneelle. Tänä aikana ohjelmisto ei voi edetä, jotta vältetään tilanteelta, jossa testauksessa olevalle laitteelle annettaisiin päällekkäisiä komentoja. Annettaessa päällekkäisiä komentoja syntyy virhetilanne, jossa jälkimmäinen komento jää testauksessa olevalta laitteelta suorittamatta.

5.3 Säättösovelluksen sovelluskehitys

Sovelluskehitys aloitettiin testattavan laitteen ja kannettavan tietokoneen välisen dataliikennyhteyden parametrien syöttämisestä sarjaporttiyhteysaliohjelmaan. Sarjaporttiyhteysaliohjelmaa käytetään useassa säättösovelluksen eri vaiheessa. Ensimmäiseksi sitä käytetään tarkistettaessa, onko testattava laite kytketty datakaapelilla kannettavaan tietokoneeseen. Sen jälkeen sitä käytetään sarjaporttiyhteyden alustamiseen eli nollaamiseen, jotta testattavan laitteen sarjaporttiväylä on valmis vastaanottamaan komentoja kannettavalta tietokoneelta. Näiden lisäksi sarjaporttiyhteysaliohjelmaa käytetään aina, kun testattavalle laitteelle lähetetään komentoja kannettavalla tietokoneella. Testattavan laitteen sarjaporttiyhteyden parametrit selvitettiin yrityksen dokumentaatioista.

Virhetilannemäärittelyt ovat välttämätön osa ohjelmointityötä. Säättösovelluksessa on useita virhetilannemäärittelyjä. Yksi niistä on tilanteessa, jossa tarkastetaan datakaapeliyhteys kannettavan tietokoneen ja testattavan laitteen välillä. Virhetilannemäärittelmän mukaisesti säättösovellusta ei voi jatkaa ja se keskeytetään, mikäli datakaapeliyhteys ei toimi. Sovellus tulostaa tästä tilanteesta käyttäjälle ilmoituksen kannettavan tietokoneen näytölle.

Sarjaporttiyhteyden muodostamisen jälkeen säättösovellus lähettää testattavalle laitteelle komennot valovoimakkuusmittauksien referenssiarvon mittaamiseksi. Sarjaporttiyhteysprotokollan asettamien vaatimusten mukaisesti referenssiarvon mittaus sisältää neljä vaihetta. Ensimmäisessä ja toisessa vaiheessa testattavalle laitteelle lähetetään komennot siirtää valovoimakkuusmittauksessa käytettävä haarukka kotiasemaansa. Kotiasemakomennon ensimmäisessä vaiheessa siirretään haarukka x-akselin suuntaiseen kotiasemaan ja tämän jälkeen toisessa vaiheessa y-akselin suuntaiseen kotiasemaan. Referenssiarvon mittauksen kolmannessa vaiheessa testattavalle laitteelle lähetetään mittauskomento. Samalla tarkistetaan onko referenssiarvon mittaus suoritettu onnistuneesti. Mikäli mittauksessa on tapahtunut häiriö, säättösovellus keskeytyy ja kannettavan tietokoneen näytölle tulostuu toimenpideohjeet käyttäjälle häiriötekijän poistamiseksi. Sovelluksen suoritus jatkuu, jos mittaus on onnistunut. Neljännessä vaiheessa luetaan testattavalta laitteelta sen mittaama referenssiarvo ja tulostetaan se testattavan laitteen näytölle.

Seuraavaksi säättösovelluksessa suoritetaan aliohjelma, joka lähettää testattavalle laitteelle lämmityskomennot käyttäjän etupaneelissa antamien lämpötilojen perusteella.

Lämmityskomentojen jälkeen säätösovellus suorittaa silmukkaa, jossa suoritetaan kaikki mittauskomennot testattavalle laitteelle sekä dataloggerille ja mittaustulosten tulostaminen kannettavan tietokoneen näytölle, säätösovelluksen etupaneeliin. Silmukkaa toistetaan niin kauan, että käyttäjä keskeyttää mittaukset valitsemalla etupaneelista uudet tavoitelämpötilat, jolloin säätösovellus palaa takaisin kohtaan, jossa aliohjelma lähettää testattavalle laitteelle uudet lämpötilakomennot. Tämän jälkeen säätösovellus palaa silmukkaan, jossa suoritetaan kaikki mittauskomennot ja mittaustulosten tulostaminen. Käyttäjä voi keskeyttää säätösovelluksen myös valitsemalla sovelluksen etupaneelissa EXIT-toiminteen.

6 Testausohjelmiston toiminta

Testausohjelmisto koostuu kahdesta eri osasta. Pääsovellus (Temcur), jolla voidaan suorittaa testauksessa olevan laitteen säätö ja testaus sekä kalibrintisovellus. Temcurin käyttöliittymästä voidaan valita suoritettavaksi säätö- tai testaussovellus. Lisäksi käyttöliittymästä voidaan valita EXIT-toiminto, joka sulkee Temcurin. Kalibrintisovellus on oma erillinen sovelluksensa, jonka avulla kalibroidaan testausjärjestelmän lämpötila-anturit. Säätö- ja testaussovellukset on ohjelmoitu käyttämään mittauksissaan automaattisesti kalibrintisovelluksen avulla mitattuja kalibrointiarvoja.

Tarvittavat kytkennät testausjärjestelmässä ja laitteiden kytkeminen päälle tulee tehdä ennen sovellusten käynnistämistä. Mikäli jokin laite tai datayhteys on kytketty väärin tai jotakin laitetta ei ole kytketty päälle, testausohjelmisto antaa kyseisestä virheestä virheilmoituksen ja sovelluksen suorittaminen keskeytyy. Ohjelmiston tarkka käyttöohje on esitetty tämän työn liitteessä 1.

6.1 Säätö

Säätösovellus käynnistetään valitsemalla pääsovelluksen käyttöliittymästä Adjustment-toiminto. Tämän jälkeen sovelluksesta valitaan säätösovelluksen käyttöliittymän pudotusvalikosta tietokoneen COM-portti, johon testattava laite on kytketty data-kaapelilla. Tietokoneen käyttöjärjestelmä määrittää kytketylle laitteelle automaattisesti vapaan COM-portin.

Tämän jälkeen valitaan toisesta pudotusvalikosta haluttu lämpötila, jonka ylläpitämistä testattavassa laitteessa halutaan säätää. Haluttu lämpötila voidaan asettaa sovellukselle myös tietokoneen näppäimistöltä.

Valitsemalla Start Heating/Cooling and Measurements -toiminto antaa säätösovellus testattavalle laitteelle lämpötilakomennot, ja säätösovellus aloittaa suorittamaan mittauksia kaikilta lämpötila-antureilta. Säätösovellus antaa testattavalle laitteelle lämmityskomennot siten, että vesikasettiyhdistelmän alaosa lämmitetään valittuun lämpötilaan ja kansi automaattisesti 1 °C:n korkeammaksi.

Mittaustulokset dataloggeriin kytketyistä sekä testattavan laitteen omista lämpötila-antureista piirtyvät reaaliaikaisesti säätösovelluksen käyttöliittymän kuvaajaan. Lisäksi kuvaajassa näkyvät raja-arvot, joiden sisällä lämpötilojen tulee pysyä.

Lämpötilojen säätäminen

Tarkkailemalla käyttöliittymään piirtyviä kuvaajia voidaan päätellä, milloin vesikasettilyhdistelmän lämpötilat ovat vakiintuneet. Mikäli lämpötilat eivät ole raja-arvojen sisällä tai ovat lähellä raja-arvoja, voidaan lämpötiloja säätää vesikasettilyhdistelmän päässä olevista säätövastuksista. On huomattava, että lämpötilojen vakiintumiseen säädettyihin tasoihin on varattava aikaa noin 15 minuuttia. Vakiintuminen todetaan visuaalisesti käyttöliittymään piirtyvästä kuvaajasta.

Säätö voidaan tarvittaessa suorittaa myös useammissa lämpötiloissa. Pääsääntöisesti säädöt suoritetaan +37 °C:n ja +40 °C:n lämpötiloissa, koska ne vastaavat ihmisen kehon lämpötiloja. Säätösovellus on toteutettu siten, että lämpötila, jossa testattavaa laitetta säädetään, voidaan vaihtaa kesken sovelluksen suorittamien mittausten valitsemalla uusi lämpötila pudotusvalikosta. Säätö suoritetaan tietyssä lämpötilassa, jotta maksimoidaan laitteen tarkkuus mittauksia suoritettaessa kyseisessä lämpötilassa.

Säätösovelluksesta poistutaan valitsemalla STOP measurements -toiminto. Ohjelmisto palautuu tällöin pääsovelluksen käyttöliittymään. On huomattava, että testattava laite jatkaa säätösovelluksessa annettujen lämpötilojen ylläpitämistä. Näin voidaan nopeuttaa testauksen läpivientiä testaussovelluksen kohdalla, sillä testattavan laitteen ei tarvitse uudestaan saavuttaa haluttuja lämpötiloja ja käyttäjän ei tarvitse odottaa lämpötilojen tasaantumista.

6.2 Testaus

Testaussovelluksella testataan testattavan laitteen kykyä ylläpitää haluttuja lämpötiloja määritettyjen raja-arvojen sisällä koko vesikasettilyhdistelmässä. Testaussovellus suorittaa testattavalle laitteelle testit käyttäjän antamien parametrien mukaan, joko yhdessä tai kahdessa eri lämpötilassa. Käyttäjän on mahdollista määrittää testauslämpötilat sekä lämmitys- ja mittausjaksojen kestot.

Testaussovellus käynnistetään pääsovelluksen kautta valitsemalla Testing -toiminto. Aluksi on syötettävä testaussovellukseen käyttäjän nimikirjaimet ja testattavan laitteen sarjanumero, jotta toimeksiantajan laatujärjestelmän asettamat vaatimukset täyttyvät ja voidaan tarvittaessa myöhemmin jäljittää laitteelle suoritettujen toimenpiteet. Lisäksi valitaan COM-portti, johon testattava laite on kytketty, sekä lämpötilat, lämmitysjaksojen kestot ja mittausjaksojen kestot, joiden mukaan testaussovellus

etenee. Käyttäjän syötettyä ja valittua vaaditut parametrit käynnistetään varsinainen testausosuus valitsemalla Start Heating/Cooling and Measurements -toiminto. Testaussovellus lähettää testattavalle laitteelle lämpötilakomennot ja aloittaa lämmitysjakson. Lämmitysjakson tarkoituksena on odottaa, kunnes testattavan laitteen vesikasettiyhdistelmä on saavuttanut halutut lämpötilat ja ne ovat tasaantuneet riittävästi testauksen jatkamiseksi. Seuraavaksi testaussovellus suorittaa mittauksia käyttäjän määrittämän mittausjakson keston mukaisesti. Mittauksissa seurataan vesikasettiyhdistelmän lämpötiloja ja valonvoimakkuuden muutoksia testattavan laitteen haarukassa. Lämpötilat piirtyvät reaaliaikaisesti testaussovelluksen käyttöliittymän kuvaajaan, jotta voidaan todeta testin eteneminen ja tarvittaessa keskeyttää testi. Mitatut valovoimakkuuden muutokset haarukassa tulostuvat myös käyttöliittymään.

Mikäli käyttäjä on määrittänyt testaussovelluksen testaamaan laite kahdessa lämpötilassa, suoritetaan edellä kuvatut lämmitys- ja mittausjaksot uudestaan toisessa lämpötilassa. Viimeisen mittausjakson päätyttyä testaussovellus tulostaa tietokoneeseen määritetyille oletustulostimelle tulosteet suoritetuista mittauksista. Esimerkkituloste mittauksista on liitteessä 2. Tämän jälkeen ohjelmisto palaa pääsovelluksen käyttöliittymään. Testaussovelluksen läpimenoaika on 4 tuntia.

Mittauksissa huomioitavaa

Lämpötila-antureilla suoritettavissa mittauksissa on ilmavirtaukset minimoitava. Ero niiden mittausten välillä, joissa ilmavirtaukset on huomioitu tai ei ole huomioitu, on noin 0,1 °C, joka on merkittävän paljon tässä sovelluksessa. Testausjärjestelmässä ilmavirtaukset estetään asettamalla vesikasettiyhdistelmän sisälle kaksi muovista näytekennoston kantta, joihin on kaiverrettu aukot lämpötila-antureita varten. Todellisessa tilanteessa testattavan laitteen vesikasettiyhdistelmän sisällä on näytekasetti, jolla on sama vaikutus ilmavirtausten estämiseksi.

6.3 Kalibrointi

Testausjärjestelmän dataloggeriin kytketyt lämpötila-anturit kalibroidaan toimeksiantajayrityksen laatuohjeen mukaisin väliajoin. Testausjärjestelmä kalibroidaan mittaus-tarkkuuden varmistamiseksi. Testausjärjestelmän mittaus-tarkkuus on tärkeää, jotta tuotannosta valmistuvien laitteiden toiminta voidaan testata tarkasti.

Testausjärjestelmä kalibroidaan National Instrumentsin Measurement & Automation-sovelluksella, joka on osa National Instrumentsin LabVIEW-sovelluskehitysympäristöä. Kalibroinnissa tehtävät mittaukset suoritetaan laajemmalla lämpötila-alueella, kuin lämpötila-antureiden todellinen käyttölämpötila-alue on. Kalibrointisovellus hyväksyy mitatut kalibrointi-arvot vain, jos mittauksia on tehty vähintään kahdessa eri lämpötilassa. Käytännössä mittauksia tehdään huomattavasti useammassa lämpötiloissa. Mitä useammassa eri lämpötilassa mittauksia on tehty, sitä tarkempi kalibrointi on. Lisäksi kalibrointimittauksia voidaan tehdä samassa lämpötilassa useampia, jolloin kalibrointilukeman laskemisessa huomioidaan samassa lämpötilassa mitattujen mitta-arvojen keskiarvo. Näin toimimalla saadaan vähennettyä sähkömagneettisista häiriöistä aiheutuvia virheitä. Testausjärjestelmän kalibroinnissa lämpötilamittaukset suoritetaan kaikille lämpötila-antureille samanaikaisesti samoissa lämpötiloissa, jotta kaikki anturit käyttäytyvät yhtäläisesti.

Kalibrointisovellukseen syötetään käytettävien lämpötila-antureiden parametrit, joita ovat muun muassa NTC-vastusten vakiot A, B ja C, jotka saadaan Steinhart-Hart-yhtälöstä, ja etuvastuksen suuruus sähköisessä kytkennässä. Sovellukseen määritetään myös kalibroinnin voimassaoloaika. Käytännössä tämä tarkoittaa seuraavaa kalibrointiajankohtaa, sillä testaussovelluksen mittaukset eivät ole toimeksiantajayrityksen laatujärjestelmän mukaisesti hyväksytyjä, jos kalibrointi-arvot ovat vanhentuneet. Testausjärjestelmän ohjelmisto on rakennettu siten, että lämpötila-antureiden kalibrointi-arvot ovat aina käytössä lämpötilamittauksissa. Ohje kalibroinnin yksityiskohtaiseen suorittamiseen liitteenä 3.

7 Työn tulokset ja pohdinta

Valmistettu testausjärjestelmä on valmis kokonaisratkaisu toimeksiantajayrityksen valmistamien laitteiden testaukseen. Olennainen osa testausjärjestelmää on lämpötilojen mittaaminen 0,001 °C:n tarkkuudella. Testausjärjestelmän kokoonpanoon valittiinkin tarkkuutta vaativiin mittauksiin sopiva tiedonkeräysmoduuli. Lisäksi tiedonkeräysmoduulin valintaan vaikutti sen yhteensopivuus kannettavaan käyttöympäristöön. Tarkkuutta vaativissa mittauksissa häiriöiden vaikutus mittaustuloksiin korostuu. Testausjärjestelmällä suoritettavien mittausten aikana lämpötila-antureihin kohdistuvat ilmavirtaukset ja testausjärjestelmän sähköisiin kytkentöihin kohdistuvat sähköiset häiriöt olivat tässä työssä suurimmat mittauksiin kohdistuvat virhetekijät. Ne otettiin huomioon kehitettäessä testausjärjestelmää, ja mittaustarkkuus saatiin vaaditulle tasolle, jossa tulokset ovat luotettavia ja hyväksyttäviä.

Testausjärjestelmän ohjelmiston sovelluskehitystyö oli erittäin haastavaa, sillä sovelluskehitystä varten tuli opetella uusi ohjelmointikieli. Lisäksi testausjärjestelmän ohjelmiston rakenne muodostui melko monimutkaiseksi sarjaporttiliitännän vaatiman tiedonkulkuprotokollan rakenteen vuoksi. Tulevaisuudessa testattavan laitteen sarjaporttikytkennällä toteutettu datayhteys todennäköisesti korvataan nykyaikaisemmalla yhteydellä. Samalla tulee päivittää tässä työssä kehitettyjen sovellusten datayhteyskomennot ja -parametrit yhteensopiviksi uuden datayhteysprotokollan kanssa.

Tässä opinnäytetyössä valmistettu kokonaisratkaisu sisältää yksityiskohtaiset käyttöohjeet testausjärjestelmän sovelluksille. Käyttöohjeista tehtiin mahdollisimman yksityiskohtaiset, jotta niiden avulla esimerkiksi järjestelmään perehtymätön asiakas pystyisi testauksen suorittamaan omatoimisesti.

8 Yhteenveto

Tavoitteena oli valmistaa uusista ja nykyaikaisista komponenteista testausjärjestelmä vanhan tilalle toimeksiantajayrityksen tuotannossa valmistettavien laitteiden testaukseen. Uudella testausjärjestelmällä tuli kyetä suorittamaan samat toimenpiteet kuin vanhallakin. Lisäksi uuden testausjärjestelmän vaatimuksia olivat mahdollisuus lisätä siihen toimintoja ja antureita myöhemmin tulevaisuudessa sekä järjestelmän valmistus kannettavaan ympäristöön.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin. Uusi järjestelmä koostuu nykyaikaisista laitteista ja tarkkuutta vaativiin mittauksiin sopivista komponenteista, joten järjestelmän suorittamien testien tulokset pystytään esittämään tarkasti ja yksityiskohtaisesti.

Jatkotoimenpiteinä voisi jatkaa ohjelmiston koodin kehittämistä. Koodia voisi yksinkertaistaa ja useammat toiminnot voisi suorittaa aliohjelmina. Myös ohjelmiston käyttöliittymän visuaalista ulkoasua voisi parantaa ohjelmoimalla siitä nykyistä helppokäyttöisempi ja visuaalisesti näyttävämpi. Testausjärjestelmän sähköistä kytkentää voisi kehittää toteuttamalla osan siitä piirilevyllä ja koteloimalla se. Näin parannettaisiin myös kytkennän kestävyyttä ja soveltuvuutta siirrettävään käyttöympäristöön. Näihin kohtiin ei projektin aikana paneuduttu, sillä pääpaino oli testausjärjestelmän toimivuudessa ja luotettavuudessa, ei näyttävässä ulkoasussa.

LÄHTEET

- [1] National Instruments, "NI USB-6210," [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203189> (Luettu: 3.6.2010).
- [2] Wikipedia, "Piitahna," [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Piitahna> (Luettu: 10.5.2010).
- [3] Wikipedia, "Alumiini," [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Alumiini> (Luettu 10.5.2010)
- [4] Opinnäytetyön toimeksiantajayrityksen sisäinen tietokanta. Koodi: 1343000 (Luettu: 8.2.2010).
- [5] National Instruments, "What is LabVIEW," [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.ni.com/labview/whatis/> (Luettu: 3.6.2010).
- [6] Wikipedia, "Pseudokoodi," [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Pseudokoodi> (Luettu 10.5.2010)

LIITTEET

- | | |
|---------|--------------------------------------|
| Liite 1 | Temcur-ohjelmiston käyttöohje (6 s.) |
| Liite 2 | Testaussovelluksen tuloste (1 s.) |
| Liite 3 | Kalibrointiohje (10 s.) |

Temcur-ohjelmiston käyttöohje

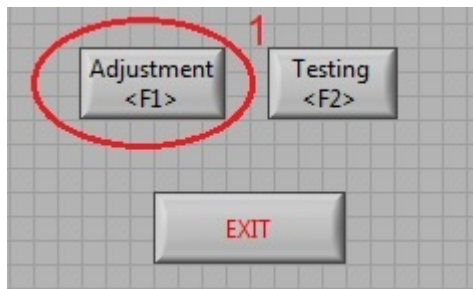
1. Vesikasettilyhdistelmän lämpötilojen säätämisen toiminta-ajatus

Mitataan testattavan laitteen lämpötiloja kalibroiduilla lämpötila-antureilla ja suoritetaan testattavan laitteen vesikasettilyhdistelmän lämpötilojen säätö tarvittaessa. Säätötoimenpiteet suoritetaan yleensä kahdessa lämpötilassa, (+37 °C ja +40 °C), käsin ruuvimeisselillä säätämällä vesikasettiin sijoitettuja säätövastuksia. Lämpötiloja tarkkaillaan Temcur-ohjelman avulla tietokoneen näytöltä. Lämpötilojen tulee olla $\pm 0,1$ °C sisällä asetetuista tavoitelämpötiloista.

2. Vesikasettilyhdistelmän lämpötilojen säätäminen

2.1 Säätöohjelman asetukset ja käynnistäminen

Kytke testattava laite ja NI USB-6210 kaapeleillaan tietokoneeseen ja kytke testattavaan laitteeseen virta päälle.



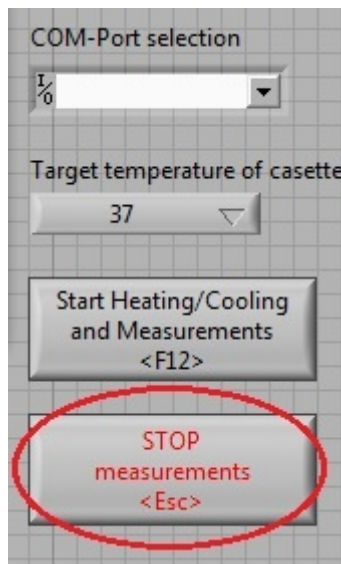
1. Käynnistä työpöydältä Temcur-ohjelmisto ja valitse pääikkunasta "Adjustment <F1>".
2. Avautuvassa säätöohjelman ikkunassa valitse pudotusvalikosta COM-portti, johon testattava laite on kytketty.
3. Tämän jälkeen valitse pudotusvalikosta, tai syötä, haluttu lämpötila, jossa vesikasettilyhdistelmän lämpötilojen säätö halutaan suorittaa. Ohjelma asettaa automaattisesti vesikasettilyhdistelmän kannen lämpötilan yhden asteen korkeammaksi, kuin vesikasetin pohjan lämpötilan.
4. Valitsemalla "Start Heating/Cooling and Measurements <F12>", ohjelma antaa testattavalle laitteelle lämpötilakomentoja ja aloittaa lämpötilamittaukset, jotka tulostuvat kuvaajina näytölle.

2.2 Lämpötilojen säätäminen

Odot kunnes testattava laite on saavuttanut halutut lämpötilat vesikasettiyhdistelmälle. Tarkastele kuvaajasta, että lämpötilakäyrät ovat tasaantuneet riittävästi. Säädä vesikasetin päässä olevia säätövastuksia niin, että kuvaajat piirtyvät vaadittujen raja-arvojen sisään. Huomaa, että ruuvattuasi säätövastuksia, lämpötiloilla menee hetki vakiintua säädettyihin tasoihinsa.

Tarvittaessa voidaan suorittaa säätö toisessa lämpötilassa valitsemalla ”lennosta” uusi tavoitelämpötila pudotusvalikosta (kuva 2, kohta 3). HUOM! EI tarvitse valita uudelleen ”Start Heating/Cooling and Measurements <F12>”.

3. Säättöohjelman sulkeminen



Temcur-ohjelmiston säättöohjelmasta poistutaan valitsemalla ”STOP measurements <Esc>”. Ohjelmisto palautuu aloitusnäyttöönsä. HUOM! Testattava laite ylläpitää edelleen viimeksi annettua lämpötilaa.

4. Vesikasettilyhdistelmän lämpötilojen testauksen toiminta-ajatus

Lämpötilojen testaus suoritetaan Temcur-ohjelmiston avulla. Ohjelma kysyy käyttäjältä muutamia parametreja ja toimii muuten itsenäisesti. Käyttäjä tarkastaa testitulokset ohjelman tuottamista tulosteista.

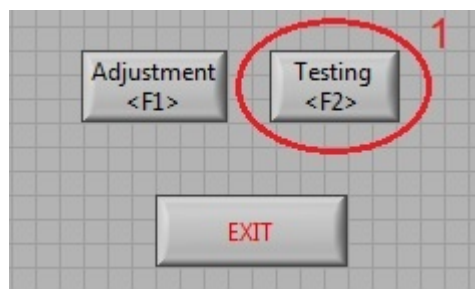
Alussa testausohjelmisto suorittaa lämmitysjakson, jossa lämmitetään testattavan laitteen vesikasettilyhdistelmä tavoitelämpötiloihinsa. Tunnin lämmitysjakso tuottaa johdonmukaisempia mittaustuloksia, sillä laitteen lämpötilat ovat tällöin tasaantuneet melko hyvin.

Lämmitysjakson jälkeen suoritetaan mittaussjakso, jolloin testattavan laitteen lämpötiloja mitataan. Lämpötilojen pitää pysyä annettujen raja-arvojen sisässä ($\pm 0,1$ °C). Mittausjakson päätyttyä Temcur-ohjelmisto tulostaa mittaustulokset, joista käyttäjän tulee tarkistaa onko testattavan laitteen lämpötilat pysyneet vaadituissa arvoissaan.

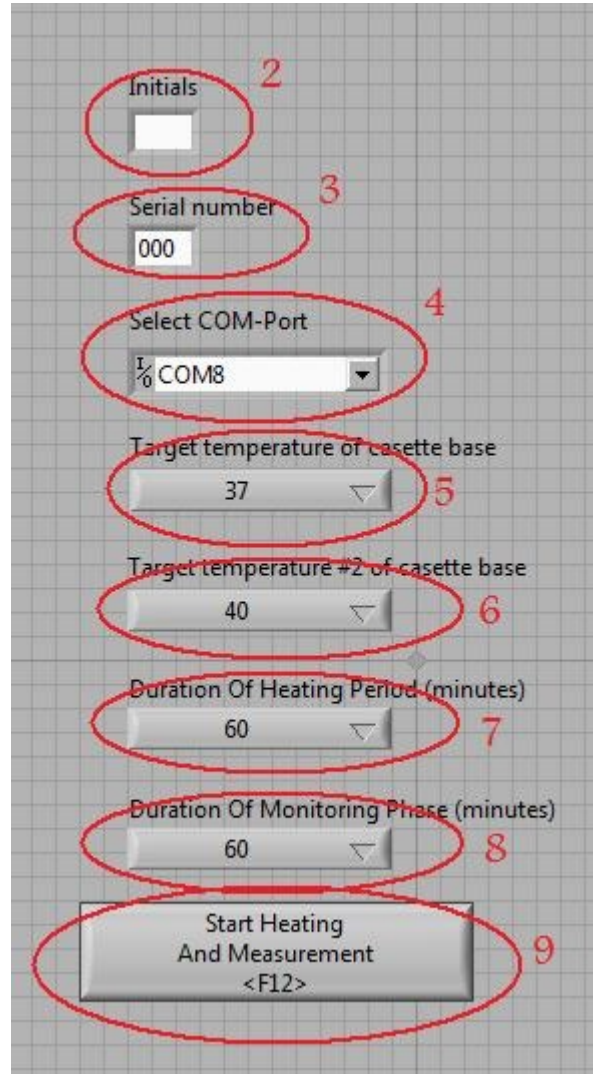
Lämpötilojen testauksen aikana ohjelmisto mittaa myös testattavassa laitteessa sijaitsevan polttimon valonvoimakkuuden vaihtelua ja tulostaa mittausravot reaaliaikaisesti näytölle. Valonvoimakkuuden suurin sallittu poikkeama nolasta on $\pm 0,004$.

4.1 Vesikasettilyhdistelmän lämpötilojen testaus

4.1.1 Testausohjelman asetukset ja käynnistäminen



1. Jos Temcur-ohjelmisto ei ole auki, käynnistä se työpöydältä. Valitse Temcur-ohjelmiston pääikkunasta "Testing <F2>".



2. Avautuvassa ikkunassa syötä kolmimerkkinen nimimerkkisi.
3. Syötä testattavan laitteen kolminumeroinen sarjanumero.
4. Valitse pudotusvalikosta COM-portti, johon testattava laite on kytketty.
5. Valitse pudotusvalikosta ensimmäinen vesikasetin tavoitelämpötila tai "Other" näppäilläksesi sen. Ohjelma asettaa vesikasettiyhdistelmän kannen lämpötilan automaattisesti yhden asteen korkeammaksi, kuin vesikasetin lämpötilan.
6. Valitse pudotusvalikosta toinen vesikasetin tavoitelämpötila tai "Other" näppäilläksesi sen. Voit myös valita "Execute Testing only in 1 target temperature", jolloin testaus suoritetaan vain edellisessä kohdassa valitussa lämpötilassa.
7. Valitse pudotusvalikosta lämmitysjakson kesto tai valitse "Other" näppäilläksesi sen.





8. Valitse pudotusvalikosta mittausjakson kesto tai valitse "Other" näppäilläksesi sen.
9. Valitsemalla "Start Heating/Cooling and Measurements <F12>", sovellus lähettää testattavalle laitteelle lämpötilakomentoja ja aloittaa lämmitys-/jäähdytysvaiheen, jonka jälkeen ohjelmisto aloittaa lämpötilamittaukset ja piirtää ne reaaliaikaisesti näytölle.
10. Jos kohdassa kuusi (6.) määritettiin toinen lämpötila kohtaan "Target temperature #2 of cassette base", antaa ohjelmisto testattavalle laitteelle uudet lämpötilakomennot ja aloittaa lämmitys-/jäähdytysvaiheen, jonka jälkeen ohjelmisto aloittaa lämpötilamittaukset ja piirtää ne reaaliaikaisesti näytölle.
11. Mittausten päätyttyä ohjelmisto tulostaa tietokoneeseen määritetyille oletustulostimelle tulosteet suoritetuista mittauksista ja ohjelmisto palautuu aloitusnäyttöön. HUOM! Testattava laite ylläpitää edelleen viimeksi annettua lämpötilaa.

5. Temcur-ohjelmiston sulkeminen



Sulje Temcur-ohjelmisto valitsemalla ohjelmiston aloitusnäytöstä "EXIT".

	Pt0	Left	Cover	Right	Pt1
Arithmetic Mean	37,0005	37,062	38,3908	37,0142	38,0298
Standard Deviation	0,00922499	0,0117195	0,00630575	0,0112603	0,0415729

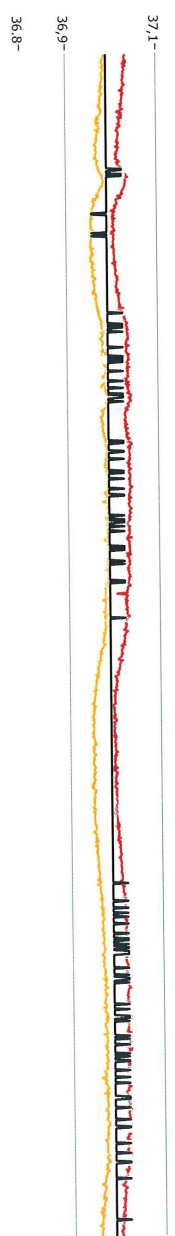
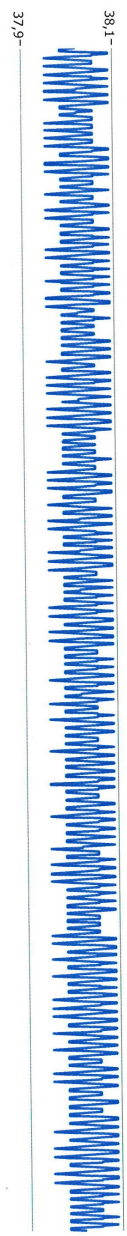
Cassette base (BSC-Pt0)
 Left (USB-6210-1) 
 Cover (USB-6210-2) 
 Right (USB-6210-3) 
 Cassette cover (BSC-Pt1) 

Initials 36,998
 Serial number 37,007
 000 38,396
 36,998
 38,020

Skip Heating Period
 STOP
 <ESC>

Elapsed Time Of Heating Period (s)
 00:01:00
 Start Time of Measurements
 12:21:37
 8.7.2010
 Elapsed Time of Measurement Period
 01:00:02

FAIL



Manual for calibrating temperature sensors

1. Procedure for calibrating temperature sensors

Calibrating temperature sensors is performed with "channel calibration wizard" which is included in Measurement & Automation software. Measurements for calibration are made in wider range of temperature than the sensors' prospective operation temperature. Measurements are made at least in two different temperatures and for all sensors simultaneously. After calibration Measurements & Automation software is to be closed and sensors are ready to be used.

1.1 Calibration of temperature sensors

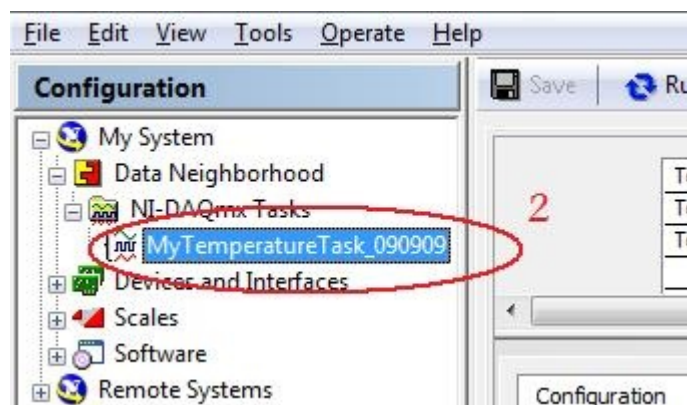
1.1.1 Preparative actions

Connect NI USB-6210 with computer which has Measurement & Automation software installed. Ensure proper wiring of temperature sensors.

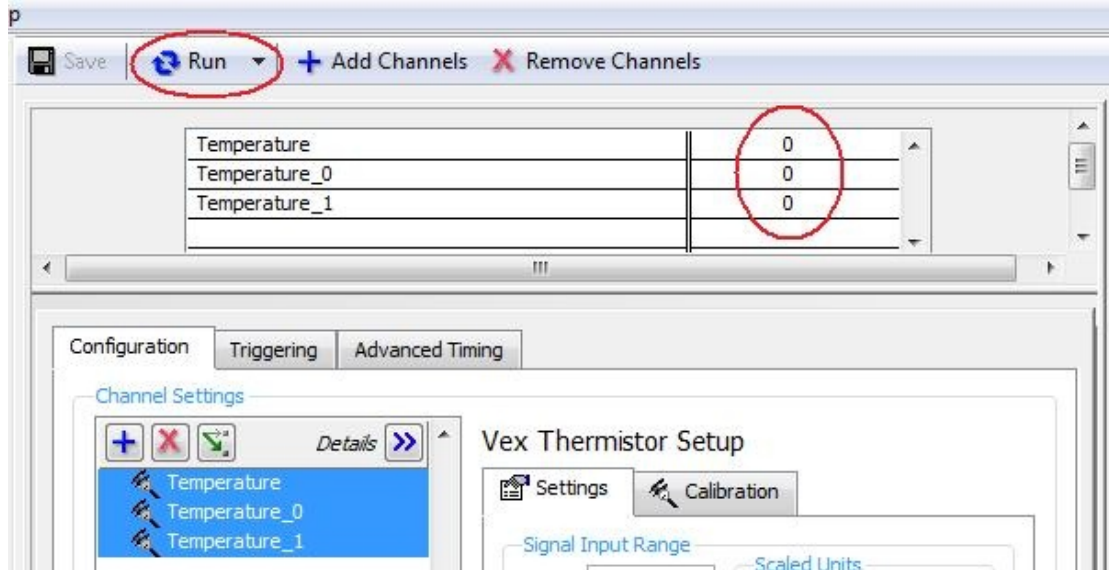
1.1.2 Opening the calibration wizard



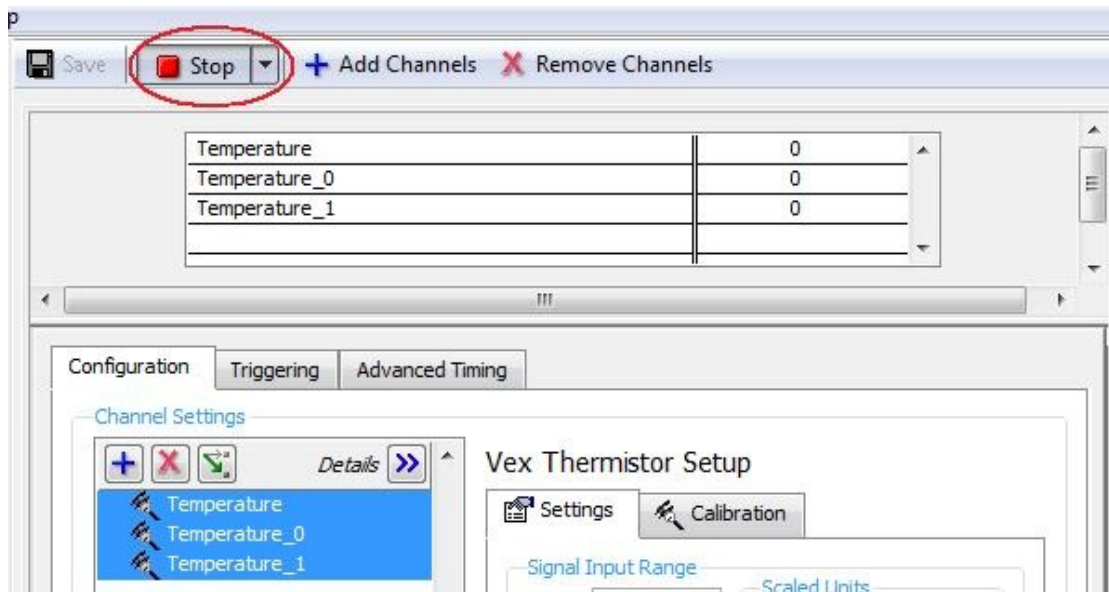
1. Double-click Measurement & Automation icon on desktop.



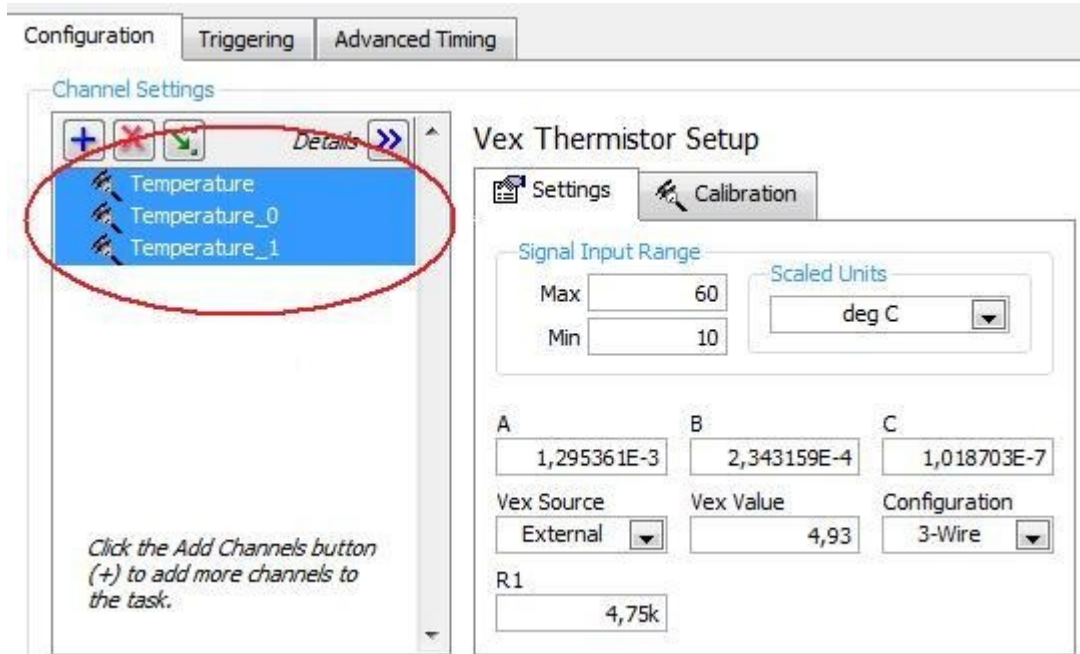
2. Choose "Data Neighborhood" - "NI-DAQmx Tasks" - "MyTemperatureTask..." on left-hand side of the window.



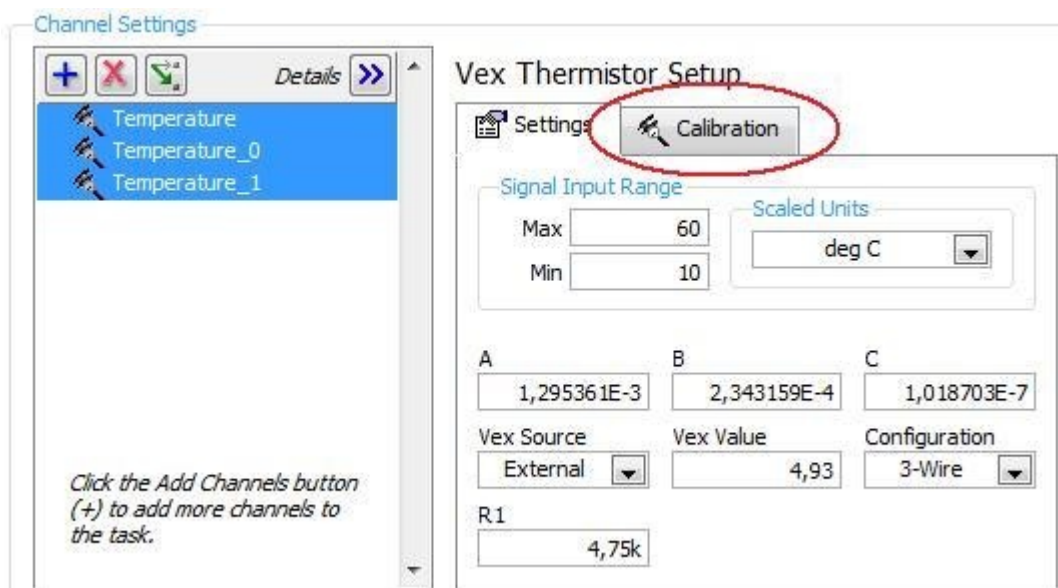
3. Click "Run" and verify all sensors are properly connected by comparing values shown at table.



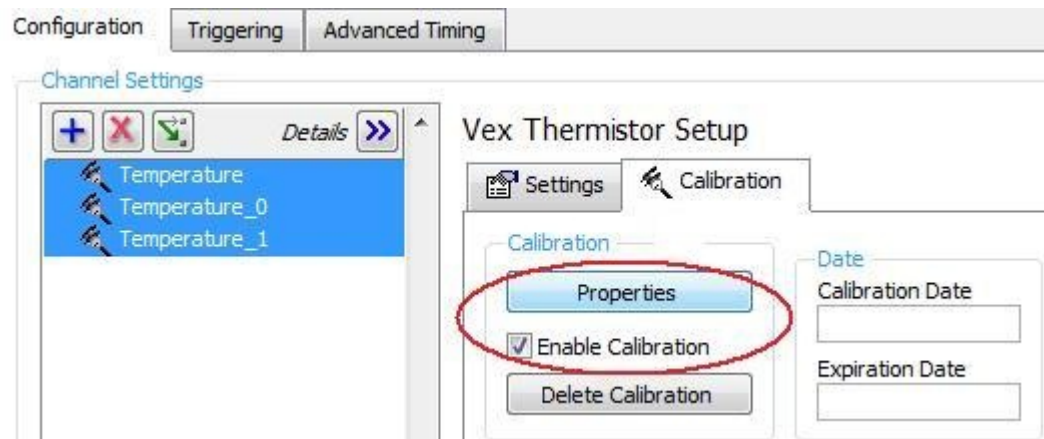
4. Click "Stop" to proceed.



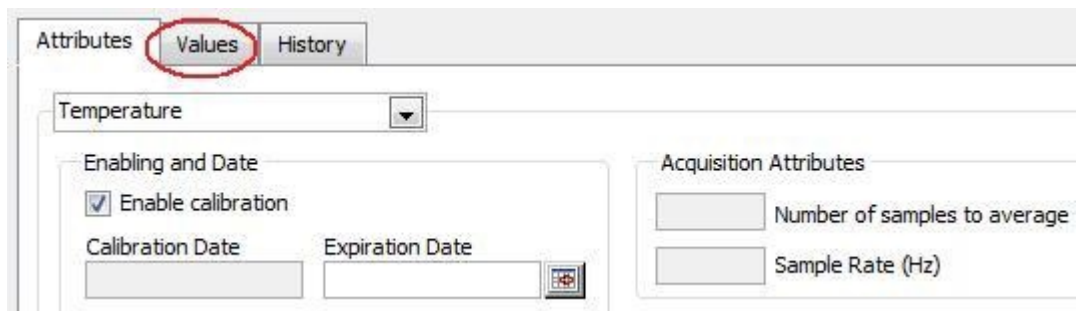
5. Ensure all temperature sensors are chosen (blue background). Use <Shift> button. Make sure all values in "Settings" tab match with picture above.



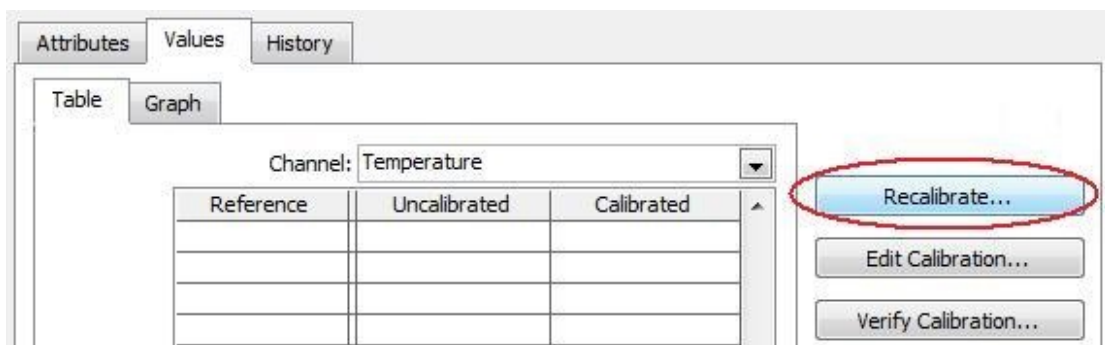
6. Choose "Calibration" tab.



7. Ensure "Enable Calibration" is checked and choose "Properties".

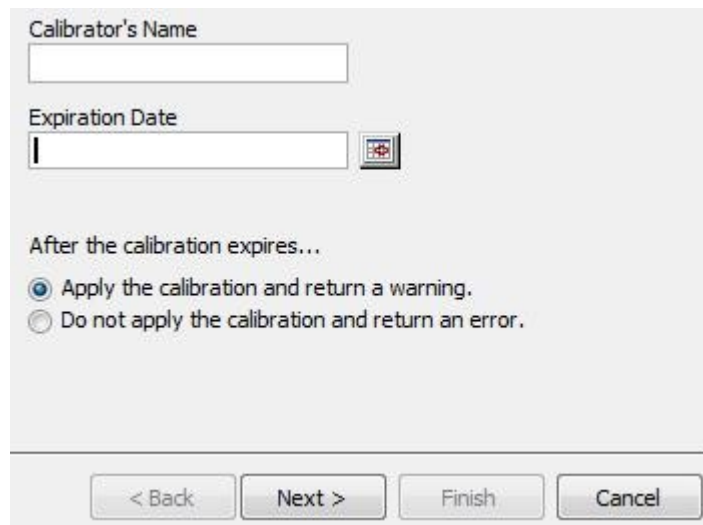


8. Choose "Values" tab.



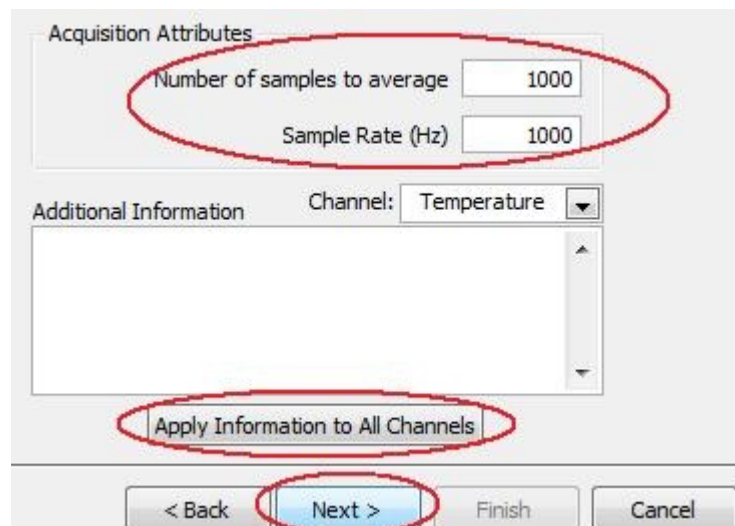
9. To begin calibration choose "Recalibrate..."

1.1.3 Performing calibration measurements



The screenshot shows a dialog box for calibration setup. It has two text input fields: "Calibrator's Name" and "Expiration Date". The "Expiration Date" field has a small calendar icon to its right. Below these fields is a section titled "After the calibration expires..." with two radio button options: "Apply the calibration and return a warning." (which is selected) and "Do not apply the calibration and return an error." At the bottom of the dialog are four buttons: "< Back", "Next >", "Finish", and "Cancel".

1. Type in your initials in "Calibrator's Name" field and expiration date of calibration in "Expiration Date" field. Expiration date can also be chosen via calendar which pops up by clicking calendar icon. Make sure "Apply the calibration and return a warning." is selected. Then choose "Next >".



The screenshot shows a dialog box for "Acquisition Attributes". It has two input fields: "Number of samples to average" and "Sample Rate (Hz)", both containing the value "1000". Below these is a section titled "Additional Information" with a "Channel:" dropdown menu set to "Temperature". There is a large empty text area below the channel dropdown. At the bottom of this section is a button labeled "Apply Information to All Channels". At the very bottom of the dialog are four buttons: "< Back", "Next >", "Finish", and "Cancel".

2. Enter value 1000 in both fields in "Acquisition Attributes" area and click "Apply Information to All Channels" to ensure same attributes to all temperature sensors. Then choose "Next >".

Reference	Uncalibrated	Difference
35,0000		

Commit Calibration Value

Units: Deg C

3. Enter the reference value of the measurement on the row indicated by the black arrow.

Reference	Uncalibrated	Difference
35,0000		

Commit Calibration Value

Units: Deg C

4. Wait for the reading shown in the "Uncalibrated" column to stabilize. Then click "Commit Calibration Value" to accept measured values for all sensors respectively.
5. Repeat steps 10 and 11 until you have enough measurements in proper range of temperature.

Reference	Uncalibrated	Difference
25,0000	39,1307	-14,1307
26,0000	39,1593	-13,1593
24,0000	39,0517	-15,0517
NaN	39,0773	NaN

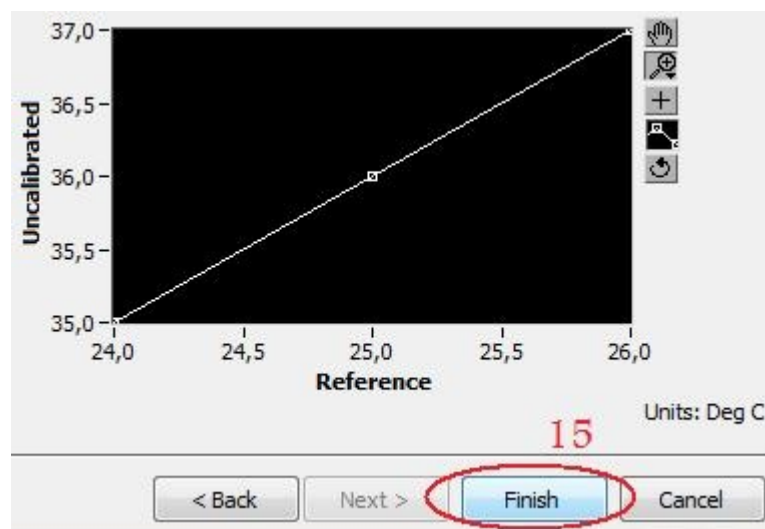
Commit Calibration Value

Units: Deg C

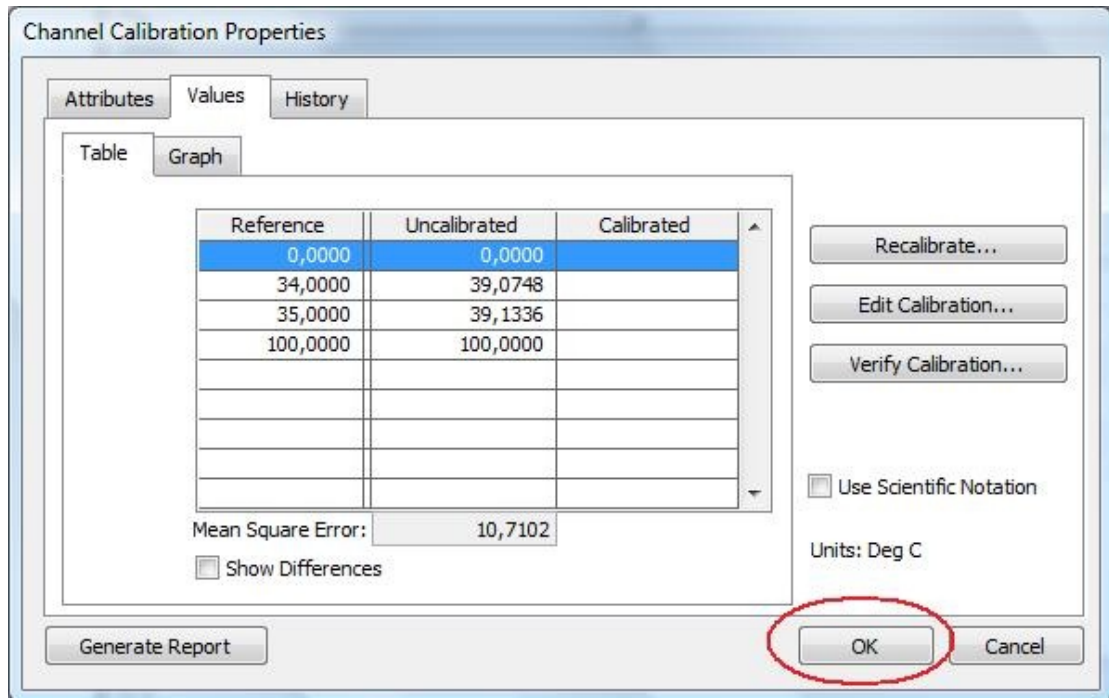
< Back Next > Finish Cancel

Buttons: Pause, Delete Row, Sort Rows, Scientific Notation

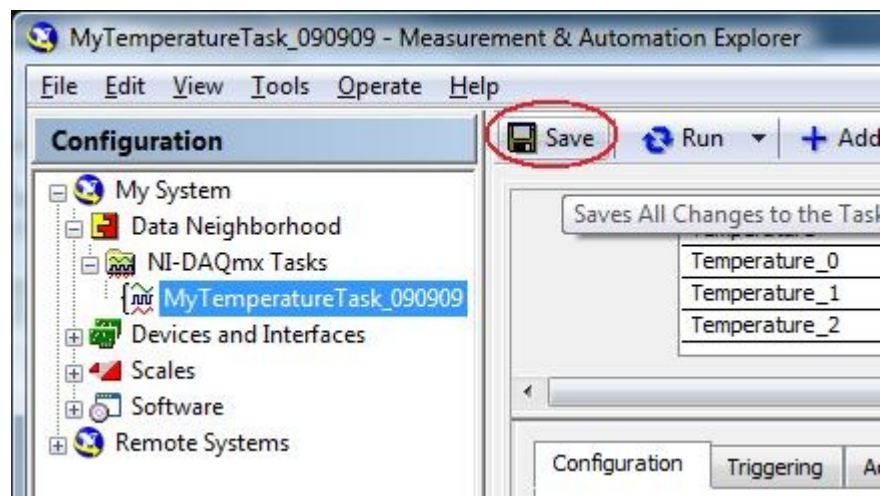
- To sort rows in proper order click "Sort Rows". This is important for creating equitable calibration curve.
- To view graph, choose "Next".



- Verify measurements from graph. In ideal case plot is linear. Choose "Finish" in case graph looks proper to end calibration.

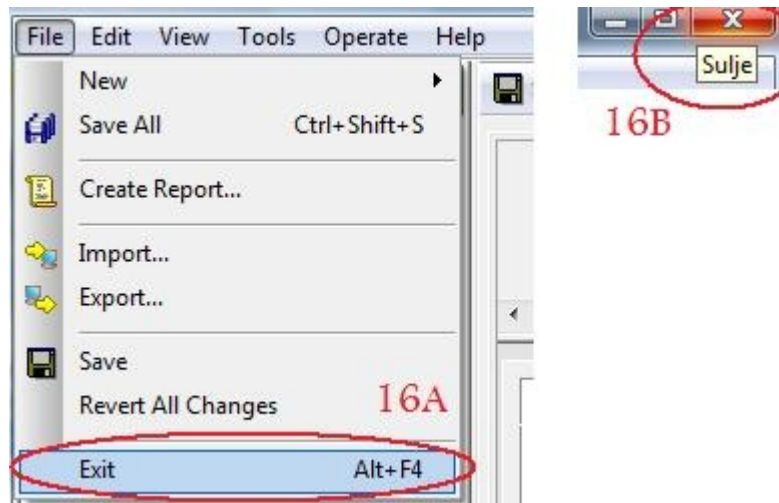


9. Click "OK" to exit "Channel Calibration Properties".



10. Click "Save" to save calibration data.

1.1.4 Closing the calibration wizard



Close "Measurement & Automation" by choosing "Exit" from "File"-menu (16A) on top left hand corner or press Alt-F4 key combination or click on cross with red background (16B) on top right corner.