

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

Tutkintotyö

Mikko Kiiski

LÄMPÖKALIBROINTIKAAPIN OHJAUS

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2006

Jukka Falkman
Pirkan Elektroniikka Oy

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

Automaatiotekniikka

Mikko Kiiski

Lämpökalibrointikaapin ohjaus

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Jukka Falkman

Työn teettäjä

Pirkan Elektroniikka Oy, valvojana DI Veijo Kiiski

Maaliskuu 2006

Hakusanoja

CAN-väylä, C-ohjelmointi, lämpökalibrointi

TIIVISTELMÄ

Kallistuskulma-anturit kalibroidaan lämpökalibrointikaapissa, koska näin saadaan lämpötilan vaikutus eliminoitua pois anturin ollessa toiminnassa. Anturit täytyy lämpökalibroida kaikilta neljältä kyljeltä ja yhden kyljen kalibrointiin kuluu aikaa noin 8 tuntia. Aikaisemmin anturien kääntö tapahtui käsin kääntämällä.

Anturien menekin kasvaessa tuli tarve kehittää uusi lämpökalibrointikaappi, johon uutena kokonaisuutena rakennettiin anturien automaattinen kääntö ja kaapin aukaisumekanismi. Kaapin ohjauksesta vastaa HC16-mikrokontrolleri, jonka ohjelmointiin käytetään C-kieltä.

Projektissa tuli suunnitella ja toteuttaa lämpökalibrointikaappiin mekaniikka anturien kääntöä varten, kaapin aukaisujärjestelmä ja ohjelmallinen toteutus C-ohjelmointikieltä käyttäen. Anturit toimivat CAN-väylässä, joten myös CAN-väylään ja CANopen protokollaan tuli perehtyä. Antureiden kalibroinnin ollessa hyvin tarkkaa, kaikki mahdolliset virhetilanteet tuli ottaa huomioon ohjelmaa tehtäessä.

Uudella lämpökalibrointikaapilla voidaan anturien määrää kalibroitaessa kasvattaa ja nopeuttaa. Uusi järjestelmä myös vapauttaa työntekijöiden aikaa muuhun työhön, koska nyt koko kalibrointi suoritetaan automaattisesti.

TAMPERE POLYTECHNIC

School of Technology and Forestry

Electrical engineering

Automation Engineering

Mikko Kiiski Temperature calibration system

Engineering Thesis

Thesis Supervisor Jukka Falkman

Commissioning Company Pirkan Elektroniikka Oy. Supervisor: Veijo Kiiski (M.Sc.)

March 2006

Keywords Climatic test chamber, programming in C, CAN Field Bus

ABSTRACT

In the final phase of the inclinometer sensor production, the sensors have to be calibrated by the temperature calibration system. By using this method it is possible to eliminate accuracy errors which are caused by temperature changes. The previous calibration system required that the user had to turn the inclinometers by manually.

In this study, the goal was to develop a new "user free" control system. The system is controlled by a HC16 microcontroller and the programming language is C. With the new system, the calibration sequence is faster and the production volume of the inclinometers can be increased. Inclinometers communicate with the control system by using CAN Field Bus.

ALKUSANAT

Tämä työ on Tampereen ammattikorkeakoulun sähköosaston automaatiotekniikan linjan tutkintotyö. Työ on tehty lukuvuoden 2005-2006 aikana.

Työ tehtiin Pirkan Elektroniikka Oy:n tarpeeseen saada kasvatettua kalibroittavien kallistuskulma-antureiden määrää. Työ oli alusta alkaen erittäin mielenkiintoinen ja monipuolinen.

Haluan kiittää Pirkan Elektroniikka Oy:tä ja sen kaikkia työntekijöitä tuesta ja avusta tutkintotyön osana. Erityiskiitokset haluan antaa Veijo ja Jorma Kiiskille sekä Pekka Saloselle, jotka tukivat ja avustivat tutkintotyön vaiheissa.

Lisäksi haluan vielä kiittää kaikki muita niitä henkilöitä, jotka olivat tukemassa tutkintotyön tekemistä.

Tampereella 3.3.2006

Mikko Kiiski

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO	4
LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 CAN-VÄYLÄ	8
3 CANopen-PROTOKOLLA	9
4 KALLISTUSKULMA-ANTURI	11
5 LAITTEISTO	12
5.1 HC16-mikrokontrolleri.....	13
5.2 Antureiden kääntämiseen tarvittava laitteisto	14
5.3 Kalibrointikaapin valinta.....	15
5.4 Karamoottori	15
5.5 Kaapin sähköistys ja relekortti	15
5.6 Kylmäkone, lämmitin ja puhaltimet.....	17
6 OHJELMAMUUTOKSET	17
7 OHJELMAN RAKENNE	20
7.1 OFF-AUTOM.....	22
7.2 SULJE_OVI	22
7.3 ANTUREIDEN_TARKISTUS	23
7.4 PAKASTUS	24
7.5 KALIBROINNIN_ALOITUS.....	24
7.6 LÄMMITYS.....	24
7.7 KALIBROINNIN_LOPETUS	25
7.8 AVAA_OVI	25
7.9 UUSI_ASENTO.....	26
7.10 Mahdolliset vikatilanteet	26
8 KAAPIN LOPPUTESTAUS	27
8.1 Akselin asettuminen	28
8.2 Kalibrointikaapin lämmitys ja pakastus	28
9 LOPPUPÄÄTELMÄT SEKÄ TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT	29
9.1 Ohjelmointivaihe.....	29
9.2 Laitteisto ja rakentaminen	30
9.3 Kalibrointikaapin käyttökokemuksia	30

9.4 Tulevaisuuden näkymät.....	31
LÄHDELUETTELO.....	32
LIITTEET	33
1 Kalibrointikaapin releohjaus ja virransyöttö	
2 Kalibrointikaapin sisäpellitys	
3 Toimintasekvenssin C-kielinen toteutus	
4 Automaatin käynnistämisen C-kielinen toteutus	
5 Vanhan kalibrointikaapin automaatin toiminta	
6 Oven aukaisu ja sulku C-kielillä tehtynä	
7 Asetusikkunoiden C-kielinen luonti ja tulostus grafiikkanäytölle	

LYHENTEET

PWM (Pulse Width Modulation) Pulssinleveyden modulointi. Jännitettä muutetaan nollan ja 12 V:n välillä tietyllä taajuudella.

CAN (Controller Area Network) Kenttäväylä.

CANopen CAN-väylään perustuva ylemmän tason protokolla.

CRC (Cyclic Redundancy Check) Virheen tarkistussumma CAN-väylässä.

1 JOHDANTO

Työn tavoitteena oli lisätä lämpökali brointikaapin automatisointia. Automatisoinnin päätarkoituksena oli nopeuttaa kallistuskulma-antureiden kalibrointia ja vapauttaa työntekijöiden aikaa muihin tehtäviin. Tehtäväni työssä oli lisätä kaappiin ominaisuuksia, joilla tavoitteet täytyisivät.

Lämpökali brointikaapilla pyritään suorittamaan tasainen lämmön nousu pakkasesta korkeaan lämpötilaan. Lämmönvaihteluiden eliminointi on tärkeää rakennettaessa luotettavaa ja tarkkaa kallistuskulma-anturia.

Käytössä oli ennestään yksi lämpökali brointikaappi, jonka pohjalta työtä lähdettiin kehittämään ja suunnittelemaan. Vanhan kaapin suurin puute oli se, että noin kahdeksan tunnin välein anturit tuli kääntää ja aloittaa uuden kyljen kalibrointi. Antureissa on neljä kylkeä. Suunniteltaessa uuden kaapin toimintaa huomattiin vanhan kalibrointikaapin olevan liian ahdas uusien toimintojen toteuttamiseen. Ainoa ratkaisu oli rakentaa uusi ja tilavampi kaappi, jolla uudet suunnitelmat oli mahdollista toteuttaa.

Kaappia ohjataan HC16-mikrokontrollerilla, jota käytetään myös uuden kaapin ohjauksessa. Ohjelmointikielenä on C.

Suunnitelmien pohjalta uuteen kaappiin lisättiin automaattisia toimintoja, jotka nopeuttavat ja helpottavat antureiden kalibrointia. Toimintoja, joita uuteen kaappiin lisättiin olivat: antureiden pyörittäminen ja oven aukaisu. Kaapin uusi toiminta aiheutti ohjelmaan rakenteellisia muutoksia ja lisäyksiä, jotka kuuluivat työhöni. Myös kaapin mekaaniseen rakenteeseen tuli muutoksia, jotka tuli suunnitella ja toteuttaa.

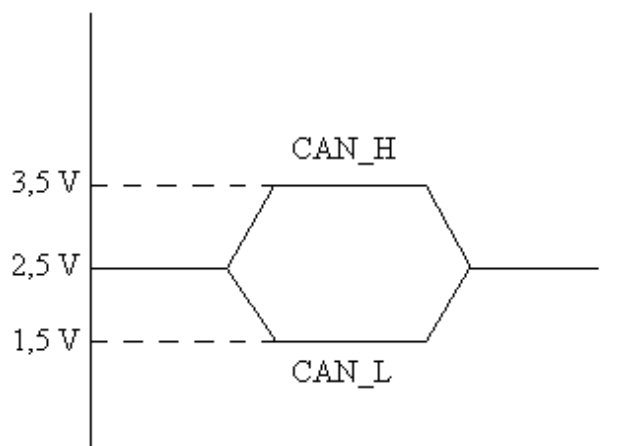
Työssä suunniteltiin ja toteutettiin laitteiston rakenteellinen muutos ja ohjelmallinen lisäys, joten työ oli erittäin monipuolinen.

2 CAN-VÄYLÄ

CAN (ISO 11898) on kenttäväylä, joka kehitettiin 1980-luvulla. Alun perin se kehitettiin autojen hajautettujen järjestelmien tiedonsiirtoon. Nykyään CAN-väylä on laajasti levinnyt ratkaisuihin, joissa tarvitaan ohjausjärjestelmien reaaliaikaista tiedonsiirtoa. CAN-väylää käytetään laajalti esimerkiksi junissa, lentokoneissa, laivoissa ja talotekniikan ohjausjärjestelmissä. CAN-väylä tarjoaa nopean ja luotettavan kenttäväyläratkaisun ja sitä tukevat suuret teollisuuden toimittajat ympäri maailman.

ISO CAN-standardissa suositellaan kaapeliksi suojattua parikaapelia. Topologialtaan CAN on Bus-tyypin kenttäväyläratkaisu, mikä tarkoittaa, että kaapeli kulkee jokaisen laitteen ja aseman kautta ja väylä päättyy päätevastukseen (noin 120 ohmia). Solmujen eli toisaalta laitteiden määrä voi parhaimmillaan olla noin 128. Kaapelin enimmäispituus on noin 40m väylän tiedonsiirtonopeuden ollessa 1 Mbit/s. Tiedonsiirtonopeutta pienentämällä voidaan kasvattaa kaapelin pituutta. Esimerkiksi tiedonsiirtonopeuden ollessa 50 kbit/s kaapelin maksimipituus on 1000 m.

Kuvassa 1 on esitetty CAN-viestin jännitetasot. Viestittömässä tilassa jännite on 2,5 V.



Kuva 1 CAN-viestin jännitetasot /1/

Väylän tiedonsiirto perustuu viestin ”broadcasting”-mekanismiin. Tämä tarkoittaa sitä, että asemilla ei ole omia osoitteita, vaan viesti lähetetään väylälle ja kaikki ne asemat, jotka tarvitsevat viestin, voivat sen vastaanottaa. Jokaisella viestillä on tunnistenumero, joka on ainutlaatuinen väylän sisällä. Tunnistenumero sisältää myös sen prioriteetin. Tunnistenumeron pituus on 11 bittiä ja 29 bittiä laajennetussa formaatissa.

Tiedonsiirto CAN-väylässä toimii kilpavarauksen periaatteella. Kaikki asemat voivat yrittää lähettää samanaikaisesti, mutta läpi pääsevä viesti ratkaistaan tarkistelemalla tunnistenumeroa bitti kerrallaan. Se viesti, jonka tunnistenumero on pienin, pääsee väylälle. Kaikista solmuista, jotka eivät päässeet väylälle, tulee täten automaattisesti vastaanottajia.

Vasteaika kuvaa sitä aikaväliä, kun asema lähettää viestin ja kun muut asemat ovat sen viestin vastaanottaneet. Pienin vasteaika saadaankin silloin, kun sanoman prioriteetti on suuri ja siirtonopeus on 1Mbit/s. CAN-väylässä virheen tarkistus tehdään CRC-summalla. Jos asema on lähettänyt 256 virheellistä viestiä, kyseinen asema poistuu automaattisesti väylältä.

Varsinaista tiedonsiirtoa, solmun valvontaa ja konfigurointia varten tarvitaan ylemmän tason CAN-pohjaisia protokollia, joita ovat muun muassa CANopen ja CANKingdom. Työssä käytetyssä ohjausjärjestelmässä käytössä oli CANopen-protokolla. /2/

3 CANopen-PROTOKOLLA

CANopen (EN 50325-4; CiA 301) on CAN-väylään perustuva ylemmän tason protokolla. Se määrittelee kommunikointiin liittyvät standardit, minkä lisäksi se määrittelee laitetason CAN-standardit liittimien nastajärjestyksiä myöten. Alun perin se kehitettiin moottorien ohjausjärjestelmiin, mutta nykyään sen käyttö on levinnyt laajalti myös muihin CAN-pohjaisiin järjestelmiin.

CANopen määrittelee seuraavanlaisia objekteja, protokollia ja palveluja:

- Process Data Objects (PDO)
- Service Data Objects (SDO)
- Network Management Objects (NMT)
- Special Function Objects (Sync, Emcy)
- Error control: heartbeat protocol

PDO tarkoittaa normaalia prosessidataa, jota liikkuu väylällä kenttälaitteiden välillä.

SDO on dataa, jolla konfiguroidaan väylällä olevia laitteita.

NMT-objekteilla väylällä olevia laitteita voidaan pakottaa eri tiloihin. Operational-tilassa laite on täysin toiminnassa eli se vastaanottaa ja lähettää dataa väylällä. PreOperational-tilassa laite lähettää vain Heartbeat-viestiä, joka kertoo laitteen olevan ”hengissä”. Stop-tilassa laite ei vastaa eikä lähetä dataa väylällä. Kun laite käynnistetään, se lähettää Boot-up-viestin, joka kertoo isäntä-koneelle, että laite on saavuttanut PreOperational-tilan.

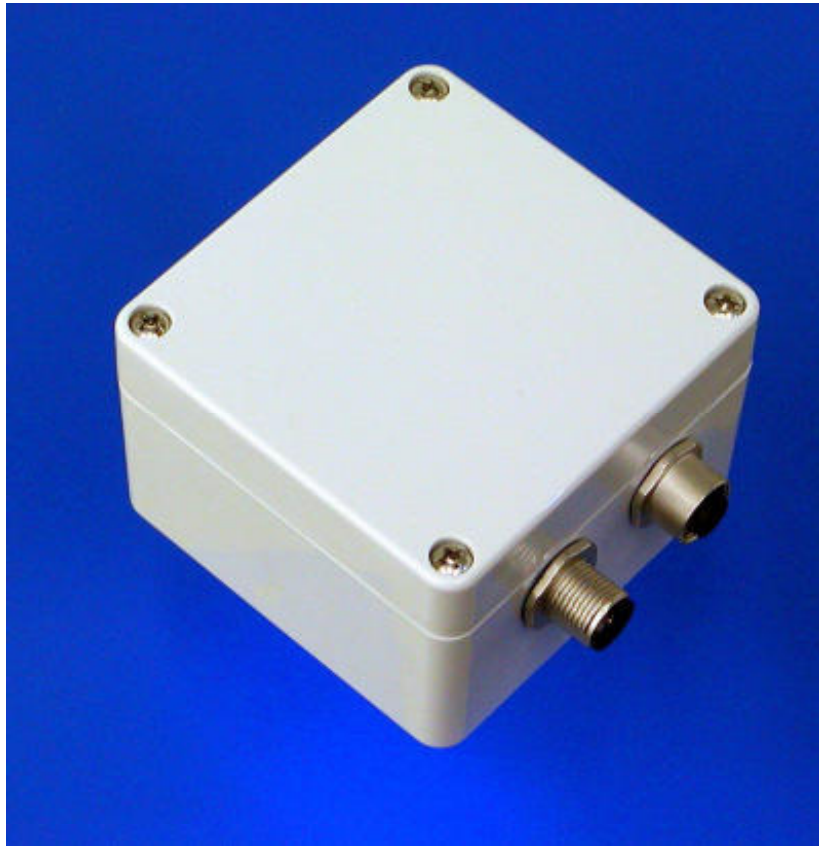
Synchronization Object (Sync) tarkoittaa, että väylän laitteet voidaan pakottaa kommunikoimaan tietyin väliajoin. Toinen mahdollisuus on, että laite kommunikoi vain, kun sen sisältämä arvo muuttuu.

Emergency Object (Emcy) on viesti, joka kertoo laitteessa olevan jokin häiriö.

Heartbeat on viesti, jonka laite lähettää tietyin väliajoin kertoakseen toimivansa oikein. Jos laitteen Heartbeat-signaalia ei kuulu, tiedetään laitteessa olevan jokin häiriö./2/

4 KALLISTUSKULMA-ANTURI

Kallistuskulma-anturin (Kuva 2) toiminta perustuu kiihtyvyyden mittaamiseen. Lämpökali brointikaapissa anturia kalibroidaan nostamalla lämpötilaa noin -30 °C:sta +65 °C:een. Anturi täytyy kalibroida jokaisella kyljellä yhden g:n kiihtyvyydessä, jolloin valmiin anturin lämmönvaihtelut saadaan eliminoitua.

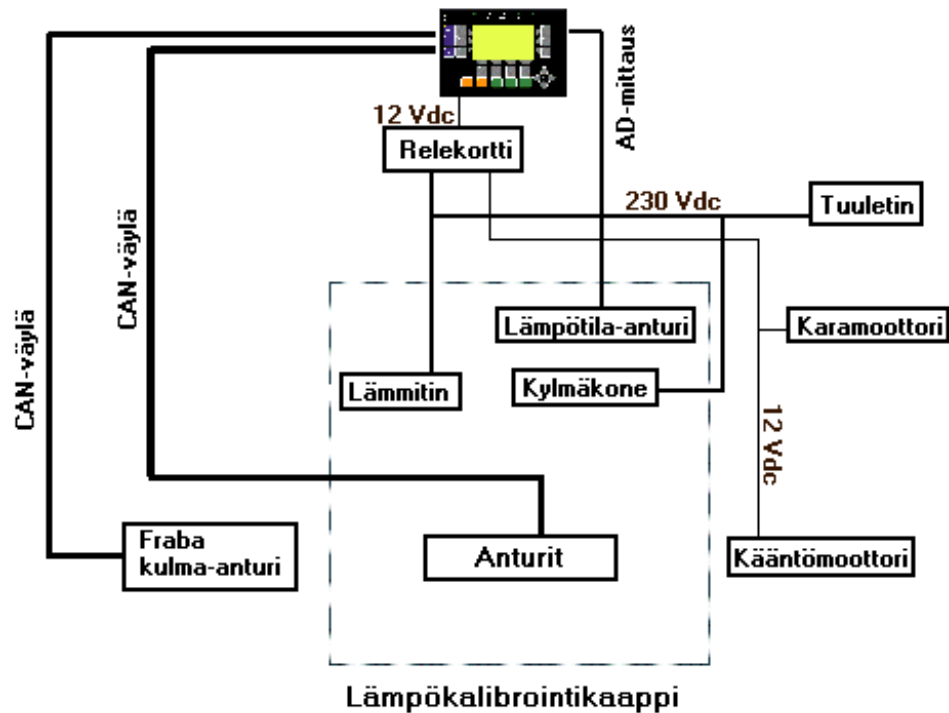


Kuva 2 Kallistuskulma-anturi

Kallistuskulma-anturia käytetään työkoneissa mittaamassa tarkkuutta vaativia kallistuksia. Laite toimii CAN-väylällä. Anturi mittaa XY-suuntaista kallistusta ja samanaikaisesti 360 asteen asennon. Sen tarkkuus tyypillisesti on parempi kuin $\pm 0,1^\circ$.

5 LAITTEISTO

Kuvassa 3 on esitetty laitteiston yleinen rakenne.



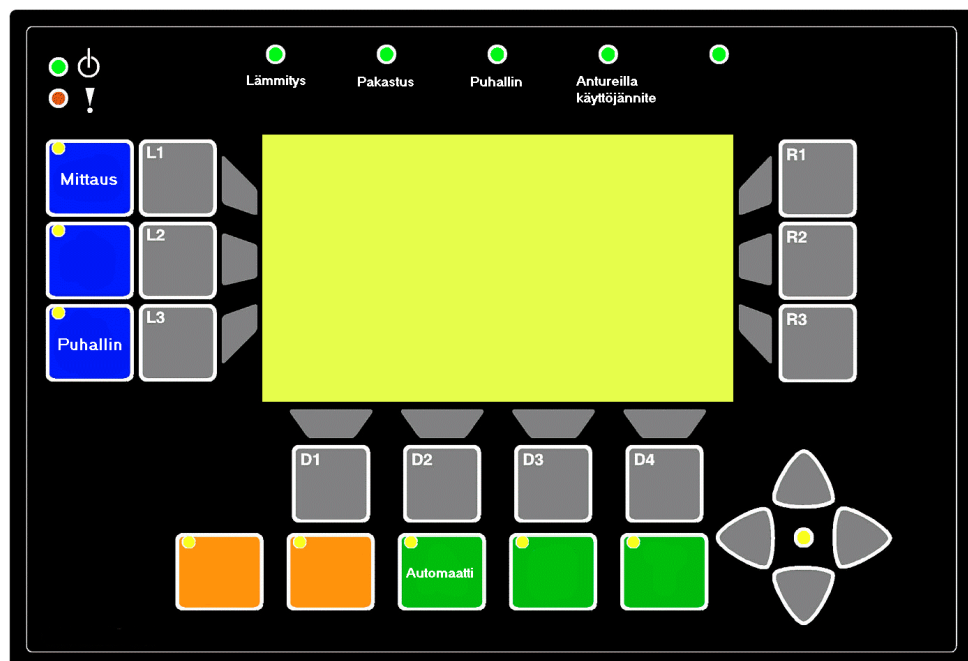
Kuva 3 Lämpökali brointikaapin rakenne

Mikrokontrolleri ohjaa CAN-väylän kautta kalibroituja kallistuskulma-antureita ja Fraban kulma-anturia. CAN-väylä on rakennettu siten, että mikrokontrolleri on keskellä ja Fraban kulma-anturi ja anturit ovat väylän päissä. Mikrokontrollerin analogiatulo mittaa lämpötila-anturin lähettämää analogiasignaalia. Analogiasignaali muunnetaan celsiusasteiksi.

Mikrokontrolleri ohjaa relekorttia, johon on kytkettynä tuuletin, kylmäkone, lämmitin, kääntömoottori ja karamoottori. Relekorttia käytetään, koska mikrokontrollerista saadaan vain 12 Vdc ja useimmat laitteet toimivat 230 Vdc:n käyttöjännitteellä. Relekortin kytkentäpiirustus ja laitteiston virransyötön kytkentäpiirustus ovat LIITTEENÄ 1.

5.1 HC16-mikrokontrolleri

Kaappia ohjataan HC16-mikrokontrollerilla ja se toimii 12 Vdc käyttöjännitteellä. Grafiikkanäytöllä varustettu mikrokontrolleri ohjaa kaapin toimintoja. Mikrokontrollerissa on 16 digitaalituloa, 15 digitaalilähtöä, 6 analogiatuloa ja 2 CAN-liitäntää. Mikrokontrollerin ohjelmointiin käytetään C-ohjelmointikieltä. Grafiikkanäytön etutaulu on kuvassa 4.



Kuva 4 HC16-grafiikkanäytön etutaulu

Taulun yläreunassa on kuusi LED-valoa, joista neljä on ohjelmoitu käyttöön. Valot on ohjelmoitu ilmaisemaan kaapissa tapahtuvia toimintoja, joita ovat:

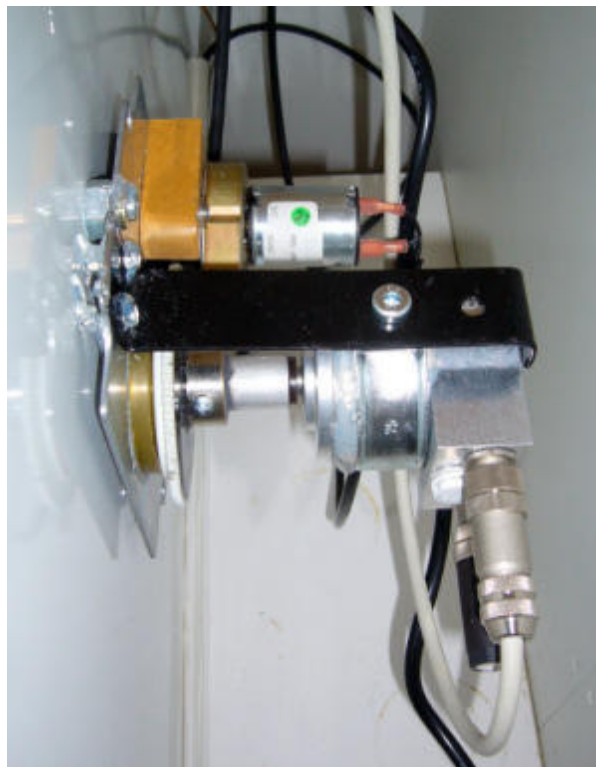
- Lämmitys
- Mittaus
- Pakastus
- Puhallin
- Antureilla käyttöjännite
- Automaatti

Taulun vasemmassa reunassa on painikkeet puhaltimelle ja mittaukselle, joista ne voidaan manuaalisesti kytkeä päälle. Taulun alareunassa on Automaatti-painike, josta automaattisen kalibroinnin saa kytkettyä päälle ja pois. Oikeassa alareunassa olevilla nuolinäppäimillä antureiden asentoa voidaan manuaalisesti vaihtaa.

5.2 Antureiden kääntämiseen tarvittava laitteisto

Antureiden kääntämiseen valittiin 12 Vdc:n moottori, jonka pyörimisnopeus oli riittävän alhainen. Tämä sen takia, että antureiden pyörittäminen oikeaan asentoon helpottuisi. Moottoria ohjataan PWM-signaalilla, jolla moottorin nopeutta voidaan säädellä.

Akselin kulman mittaamiseen valittiin Fraban kulma-anturi. Täyttä kierrosta vastaa 8192 pulssia, jolloin yksi pulssi vastaa 0,04 °:ta. Tämä riittää takaamaan riittävän tarkkuuden kulman mittaamiseen. Kuvassa 5 on kääntömoottori ja Fraban kulma-anturi asennettuna.



Kuva 5 Kääntömoottori ja Fraban kulma-anturi

Kuvasta voidaan nähdä kääntämiseen tarvittavat laitteet, joista alempana on Fraban kulma-anturi. Kulma-anturi on kytkettynä CAN-väylään $2*2*0,5 \text{ mm}^2$ suojatulla kaapelilla. Päätevastuksen tehtävänä on estää heijastukset väylän päissä.

5.3 Kalibrointikaapin valinta

Kalibrointikaapiksi valittiin vanha arkkupakastin, josta oli hyvät valmiudet rakentaa suunnitelmia vastaava lämpökälibrointikaappi. Kaapin eristystä piti lisätä, jotta kalibrointikaapin lämmönkesto saataisiin mahdollisimman hyväksi. Tämä sen takia, että normaali pakastinta ei ole suunniteltu lämmitettäväksi 60–70 asteeseen, jossa se varmasti kärsisi lämmönvaurioista. Toinen osasy syy oli lämmönhukan minimointi. Kaapin sisäpinnoille lisättiin vuorivillaa siten, että sivuseinämiin laitettiin 10 cm ja muualle 5 cm villaa.

Lisäeristystä varten kaapin sisälle tuli suunnitella uudet pellit, jotka piirsin AutoCAD ohjelmistolla (LIITTEENÄ 2). Pellit asennettiin vetoniiteillä kaappiin ja kaikki saumat tiivistettiin silikonilla kosteusvaurioiden ja lämmönhukan välttämiseksi.

5.4 Karamoottori

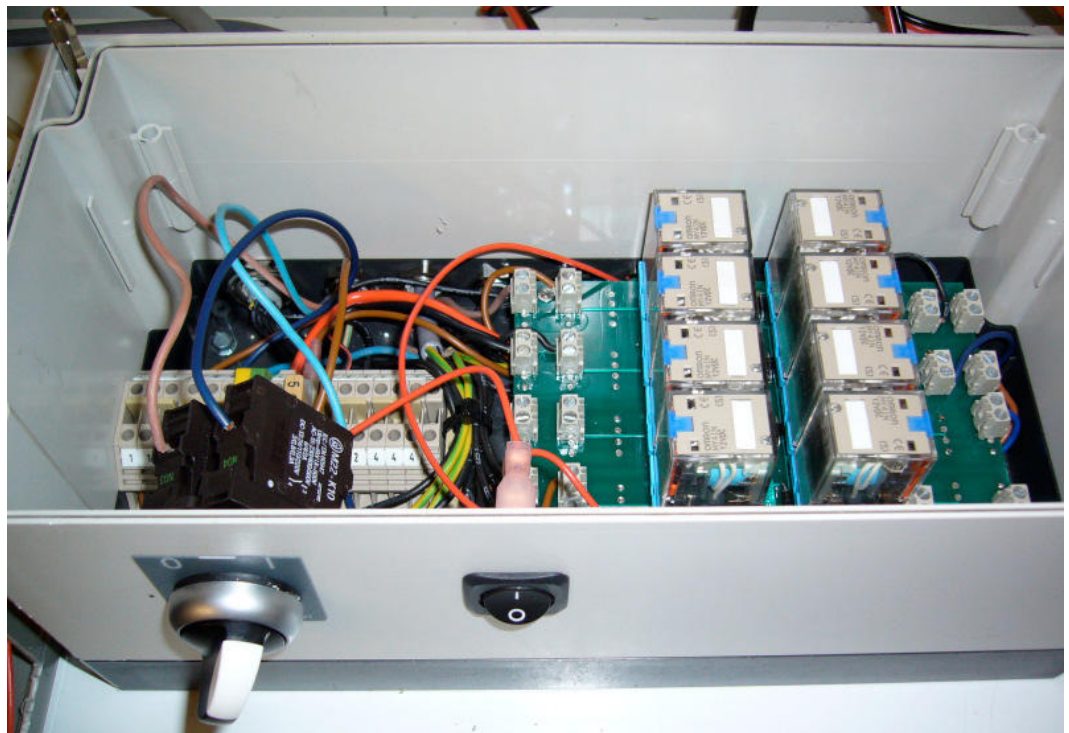
Oven aukaisuun valittiin Warner Electric 12 Vdc:n karamoottori. Vaatimuksina oli löytää karamoottori, jonka aukeama olisi noin 15 cm ja sen aukeamisnopeus ei saisi olla liian suuri. Valitsemassamme karamoottorissa aukeama on 15 cm, nopeus 20 mm/s ja maksimivoima 340 N.

5.5 Kaapin sähköistys ja relekortti

Kaapin ohjaus toteutettiin relekortilla, joka on yrityksen oma tuote. Releet toimivat 12 Vdc:n tasajännitteellä ja niitä ohjataan mikrokontrollerilla. Osa releistä ohjaa

230 Vac:n laitteita ja osa 12 Vdc:n laitteita, jotka näkyvät kuvasta 3. Kytkentäpiirustus on LIITTENÄ 1 / 2 (1). Kytkentää varten koteloon asennettiin riviliittimet.

Sähkökatkoksien varalle 12 Vdc:n puolelle asennettiin kaksi 12 Vdc:n akkua, jotka katkoksen sattuessa pitävät mikrokontrolleria päällä noin 14 tunnin ajan. Sähköjen palauduttua ohjelma jatkaa toimintaansa siitä tilasta, johon se katkoksen tapahduttua jäi. Akkujen lataamista varten hankittiin 12 Vdc:n ja 5 A:n automaattilaturi, joka toimii samalla virtalähteenä. Kalibrointivaiheessa jokainen anturi ottaa 50 mA virtaa, jolloin täysi kaapillinen antureita (48 kappaletta) ottaa yhteensä noin 2.2 A virtaa. Karamoottori ottaa hetkellisesti käynnistyessään noin 3 A virtaa. Kuvassa 6 on kalibrointikaapin sähkökeskus.



Kuva 6 Kalibrointikaapin sähkökeskus

Kuvasta voi nähdä relekortin, jossa Omronin 12 V:n releet. Sekä 12 V:n että 230 Vac:n jännitepuolelle laitettiin omat pääkytkimet jännitteen katkaisua varten. Kaapeloinnin läpiviennit tehtiin kotelon taakse sulikutulppia käyttäen. Sähkökeskuksessa käytettiin 0.75 mm² johtimia.

5.6 Kylmäkone, lämmitin ja puhaltimet

Puhaltimiksi valittiin kaksi 230 Vac:n puhallinta, jotka kytkettiin rinnan jäähdyttämään kaappia lämmityksen jälkeen.

Kylmäkoneet hankittiin alihankintana kylmälaitteisiin erikoistuneelta yritykseltä, joka asensi ja kytki kylmäkoneet paikalleen. Kytkeänsä piti tehdä joitakin muutoksia, jotta kaappi saataisiin pakastamaan haluttuna aikana.

Lämmittimeksi asennettiin normaali 230 Vac:n sähkölämmitin, jota ohjelmallisesti pulssittaen kytkettiin päälle ja pois, jotta haluttu tasainen ja hidas lämpötilan nousu saataisiin toteutettua.

6 OHJELMAMUUTOKSET

Uuden kalibrointikaapin ohjelma tehtiin vanhan ohjelman pohjalle. Vanhaa ohjelmaa sinällään ei voitu käyttää suoraa, vaan ohjelmaan piti tehdä lisäyksiä, poistaa vanhoja osia sekä muokata muuttujia ja lähtöjä. Alla on esitetty lista tehdyistä ohjelma muutoksista ja lisäyksistä.

- Lähtöjen muokkaus ja lisäys
- Muuttujien luominen
- Painikkeiden ohjelmointi
- Merkkivalojen ohjelmointi
- Fraban kulma-anturin ohjelmointi
- Fraban kulma-anturin tiedon lukeminen
- Puhaltimien ohjaus
- PWM-ramppien ohjelmointi
- Akselin moottorin ohjauksen ohjelmointi
- Oven karamoottorin ohjaus
- Automaatin tilat ja kalibrointisekvenssi

- Asetusikkunoiden ohjelmointi
- Grafiikkanäytön ohjelmointi
- Manuaalitulojen karsiminen

Uudessa ohjelmassa tarvittavien lähtöjen määrä kasvoi käytettävien laitteiden takia melkein kaksinkertaiseksi. Samalla lähtöjen järjestystä muutettiin hieman selkeämpään ja helpommin luettavaan muotoon. Uusia lähtöjä piti määrittää molemmille moottoreille sekä niiden suunnan valinnoille. Myös ulkopuhaltimelle piti määrittää oma lähtö.

Ohjelmallisyyksiä varten tuli luonnollisesti luoda joukko uusia muuttujia. Suurin osa näistä muuttujista oli tilatietoja, joiden tilat vaihtelevat ollen joko 1 tai 0. Esimerkkinä tästä muuttuja ”suunta_tieto”, jonka tila on 1 tai 0 riippuen, mikä akselin moottorin pyörimissuunta on.

Painikkeita piti ohjelmoida käynnistämään automaattinen kalibrointi, käynnistämään puhallin manuaalisesti, pyörittämään antureita tiettyyn yksittäiseen asentoon, pyörittämään antureita manuaalisesti, avaamaan ja sulkemaan karamoottoria sekä joukko asetussikkunoiden painikkeita. Esimerkkinä tästä kuvan 8 sekvenssistä painikkeen ”Key_F” ohjelmointi, jolla automaattinen kalibrointi voidaan kytkeä päälle ja pois.

Merkkivalojen ohjelmoinnissa pyrittiin siihen, että merkkivalon palaminen kuvaisi mahdollisimman hyvin jotakin tilannetta. Kuvassa 4 ylärivin merkkivalot kuvaavat erilaisia tilanteita, kuten lämmitystä, pakastusta ja antureiden käyttöjännitteiden olevan kytkettynä päälle.

Fraban kulma-anturi on yksi CAN-väylän laitteista. Kulma-anturi lähettää 32-bittistä kulmatietoa, joka ohjelmallisesti muunnettiin kokonaisluvuksi. Kokonaislukua on ohjelmallisesti huomattavasti helpompi käsitellä. Fraban reaaliaikainen kulmatieto on jatkuvasti muuttujassa ”fraba_data”, joka on unsigned long tyyppinen etumerkitön kokonaislukumuuttuja.

Puhaltimen ohjaus toteutettiin siten, että lämmityksen päätyttyä ovi aukeaa ja puhallin käynnistyy jäähdyttämään kalibrointikaappia takaisin huoneenlämpötilaan. Puhaltimen saa myös päälle manuaalisesti painiketta painamalla.

Akselin moottorin ohjelmointi ja PWM-hidastusramppien ohjelmointi liittyvät samaan asiayhteyteen. Moottorille ohjelmoitiin 4 eri asentoa 90 asteen välein. Ohjelmallisesti myös tehtiin mahdolliseksi, että käyttäjä voi pyörittää akselia vapaasti. Moottorin ohjelmointi suoritettiin PWM-ohjauksena. Tämä pulssittaa lähtöä päälle ja pois korkealla taajuudella, millä pystytään säätämään moottorin pyörimisnopeutta. Asetusikkunasta käyttäjä voi valita moottorin pyörimisnopeuden, jolla pystytään hienosäätämään moottorin asettumista oikeaan kohtaan. PWM-ohjaukseen tehtiin ohjelmallisesti PWM-arvon hidastusramppi. Tämä tarkoittaa sitä, että käynnistyessään moottorin nopeus kasvaa hiljalleen tavoitearvoonsa ja lopussa laskee haluttuun arvoon hiljalleen. Tämä pidentää moottorin käyttöikää estämällä nopeat muutokset.

Oven karamoottorin ohjelmoinnissa päädyttiin siihen, että lähtö pidetään päällä 10 sekuntia, jossa ajassa karamoottori ehtii avautua ja sulkeutua. Muuttuajan kirjoitetaan vakioarvo, joka määrää sen, kuinka kauan moottorin lähtö on päällä. Toinen lähtö varattiin moottorille sen suunnan vaihtamiseksi. Kun suunnan lähtö kytketään päälle releiden avulla voidaan suunta muuttaa helposti (LIITE 2 / 2 (1)). Käyttäjän on myös manuaalisesti mahdollista aukaista ja sulkea ovi painiketta painamalla.

Varsinainen kalibrointisekvenssi luotiin ja ohjelmoitiin ja sitä varten piti suunnitella ja luoda kaapin eri toimintatilat. Nämä on selvitetty tarkemmin kappaleessa 7 ja kuvassa 8.

Grafiikkanäytön ohjelmoinnissa piti ohjelmoida tulostettavia arvoja ja valintaikkunoita näytölle, mistä käyttäjä pystyy vaihtamaan asetusarvoja. Asetusikkunoista käyttäjä voi valita moottorin pyörimisnopeuksia, aloitus- ja lopetuslämpötiloja sekä monia muita kalibrointiin liittyviä asetuksia. Yksi asetusikkunoista on kuvassa 7.



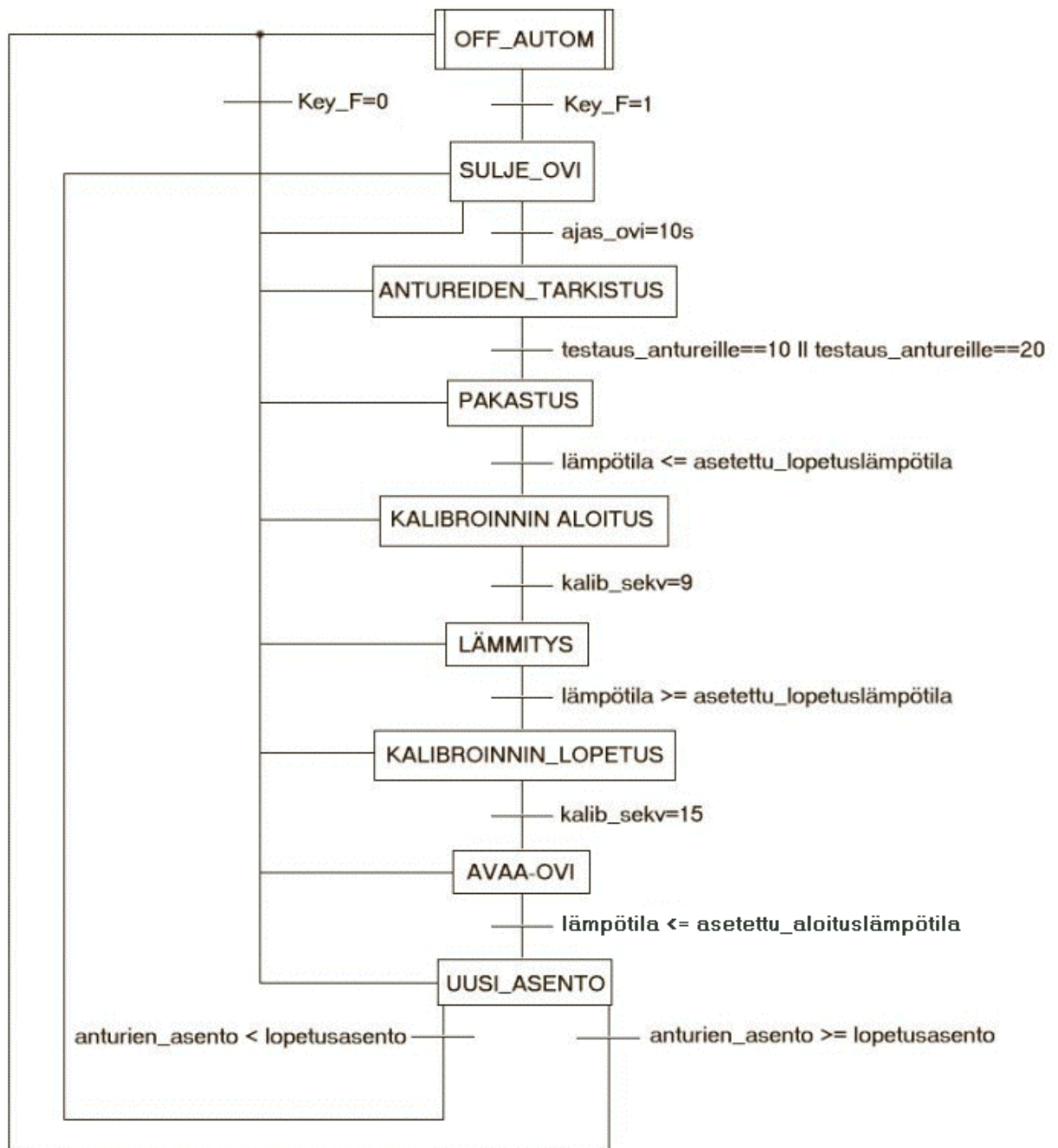
Kuva 7 Lopetuslämpötilan asetusikkuna

Asetusikkunasta käyttäjä voi valita lämmityksen lopetuslämpötilan tai asettaa sen oletusarvoon painikkeita painamalla. C-kielinen toteutus on LIITTEENÄ 7.

Koska uusi ohjelma rakennettiin vanhan pohjalle, ohjelmasta karsittiin ja poistettiin joukko vanhoja palasia. Suuri osa poistetuista oli vanhan ohjelman manuaalisia palasia, kuten esimerkiksi manuaalinen lämmitys ja pakastus, kellokäynnistyksen valitseminen (pystyi käynnistämään kaapin ajastimella) ja lämmitystehon säätäminen manuaalisesti. Myös painikkeet ja merkkivalot ohjelmoitiin uudestaan. Monia muuttujia voitiin myös poistaa täysin, jolloin ne ei rasita ja aiheuta ylimääräistä kuormaa prosessorille. LIITTEENÄ 5 on vanhan kalibrointikaapin automaatin C-kielinen toteutus, mikä poistettiin ja kirjoitettiin uudestaan LIITTEIDEN 3 ja 4 mukaisesti.

7 OHJELMAN RAKENNE

Kalibrointikaapin toimintasekvenssi on esitetty kuvassa 8. Siinä on esitetty kaikki kaapin toimintaan liittyvät vaiheet ehtoineen. Vaiheiden ja ehtojen muuttujien nimet ovat esitettyinä aivan kuten ne ohjelmassa ovat kirjoitettuina.



Kuva 8 Ohjelman lohkokaaavioesitys

Ohjelma käynnistyy automaattipainikkeella (Key_F) ja se saadaan pysäytettyä aina painamalla painiketta uudelleen, jolloin ohjelma palautuu OFF_AUTOM-tilaan. LIITTEENÄ 3 on toimintasekvenssin C-kielinen ohjelmakoodi.

7.1 OFF-AUTOM

OFF_AUTOM-tilassa lämpökali brointikaappi on valmiustilassa. Kaikkia toimintoja voidaan manuaalisesti ohjata lukuun ottamatta lämmitys- ja pakastustoimintoja. Kaapin käynnistäminen voidaan aloittaa painamalla automaattipainiketta, joka käynnistää kalibrointisekvenssin. Ehtona siirtymiselle on, että painiketta (Key_F) on painettu, jolloin se saa arvon 1 (Key_F=1). C-kielellä tehty automaatin käynnistys on LIITTEENÄ 4.

7.2 SULJE_OVI

Kaapin oven liikettä hoitaa karamoottori. Karamoottori toimii 12 Vdc:n tasajännitteellä ja sen toimintasuuntaa voidaan muuttaa jännitteen suuntaa muuttamalla. Suunnanmuutos toteutettiin relekytkennällä. Sulkeminen ja avaaminen tapahtuu pitämällä karamoottori jännitteisenä 10 sekunnin ajan, jolloin se ehtii kulkea ääriasennosta toiseen. Karamoottorin sisällä on rajakytkimet, jotka tunnistavat karamoottorin saavuttaneen ääriasennon. 10 sekunnin ohjaus tehtiin sen takia, että karamoottori ehtii aueta siinä ajassa täysin auki, mutta ei jää jännitteiseksi. LIITTEENÄ 6 on oven aukaisu ja sulku C-kielellä tehtynä.

Kun automaatti-painiketta on painettu, kaapin ovi lähtee sulkeutumaan. Ensimmäisellä kerralla ohjelma tarkistaa, minkä aloitusasennon käyttäjä on antureille asettanut, ja mikäli asento poikkeaa aloitusasennosta, se asetetaan. Ehtona seuraavaan tilaan siirtymisessä on karamoottorin 10 sekunnin ohjaus, jonka jälkeen siirrytään ”ANTUREIDEN_TARKISTUS”-tilaan. ”Ajas_ovi”-muuttuja on alaspäin laskeva laskuri, johon on asetettu 10 sekunnin laskenta. Kun laskuri on laskenut nolleen, karamoottori asetetaan jännitteettömäksi.

7.3 ANTUREIDEN_TARKISTUS

”ANTUREIDEN_TARKISTUS” käynnistää tarkistussekvenssin, joka on erillinen aliohjelma. Sekvenssi (ohjelma silmukka) testaa anturit yksitellen avaamalla anturin CAN-terminaalin, jolloin anturi ilmoittaa toimivansa väylällä oikein. Vialliset solmut ilmoitetaan käyttäjälle, mutta se ei pysäytä kalibrointia, vaan vialliset anturit jäävät vain kalibroimatta. Ehtona seuraavaan tilaan siirtymiselle on kaksi ehtoa. Ehdot ”Testaus_antureille=10” ja ”Testaus_antureille=20”, joista 10 merkitsee, että antureiden testaus on suoritettu oikein ja 20, että testauksessa oli häiriöitä. Testauksen vaiheita pystytään seuraamaan grafiikkanäytön ruudulta, joka on esitettyä kuvassa 9.

```
CANopen-solmut
-----
TESTAUS SOLMULLE ID : 0   VAIHE: 0
ANTUREITA OK       : 0
ANTUREITA YHTEENSÄ : 1
CAN-TERM. EI PÄÄLLÄ : 0

-----
-7.0 °C  11%  +0.0 dT  10h31
```

Kuva 9 Solmujen testauksen diagnostiikka-ikkuna

Ruudulta voidaan lukea testattavan solmun ID-numero, toimivat anturit, antureiden yhteislukumäärä. CAN-terminaalin tila voidaan lukea ruudulta ja jos sen tila on 1 on CAN-yhteys tällöin päällä.

7.4 PAKASTUS

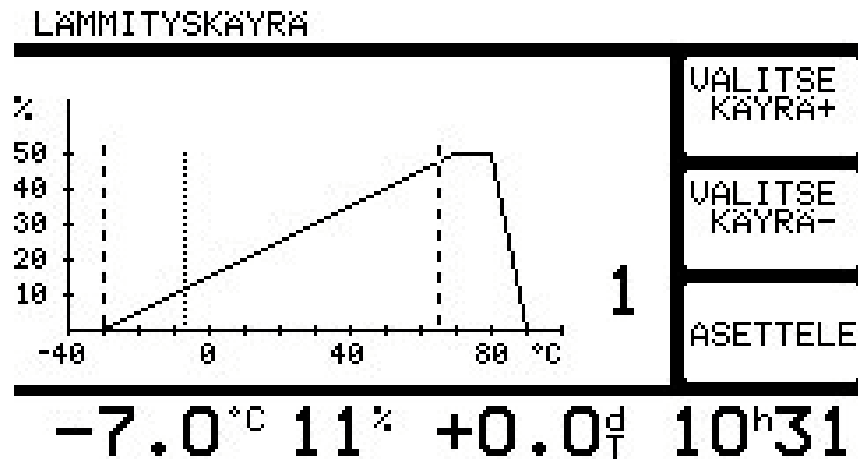
Seuraavaksi käynnistyy kaapin pakastus. Käyttäjä voi asettaa pakastuksen lopetuslämpötilan, jossa pakastaminen lopetetaan. Kaapin lämpötilaa tarkkaillaan kaapin sisällä olevalla lämpötila-anturilla. Lämpötilan saavutettua lopetuslämpötilan lopetetaan pakastus ja siirrytään antureiden kalibroinnin aloitukseen. Ehtona tähän on ”lämpötila <= asetettu_lopetuslämpötila”.

7.5 KALIBROINNIN_ALOITUS

Pakastuksen lopetus käynnistää kalibroitisekvenssin, joka on erillinen aliohjelma. Tämä asettaa antureille käyttöjännitteet ja avaa CAN-terminaalin päälle. Sekvenssi käy jokaisen anturin yksitellen läpi syöttäen antureille salasanan ja jättäen sen kalibroititilaan. Kun kaikki anturit on alustettu, siirrytään vaiheeseen ”LÄMMITYS”. Ehtona lämmityksen aloittamiselle on, että ”kalib_sekv=9”. ”Kalib_sekv” on muuttuja, joka ilmoittaa käyneensä kaikki kalibroitavat anturit läpi.

7.6 LÄMMITYS

Kalibroitikaappia lämmitetään ramppimaisesti (kuva 10) pakastuksen lopetuslämpötilasta haluttuun lopetuslämpötilaan. Lämmitys pyritään toteuttamaan siten, että lämpötila kaapin sisällä nousisi noin 2 astetta 10 minuutissa. Tällöin antureiden lämpötila seuraa parhaiten kaapin lämpötilaa, mikä on välttämätöntä onnistuneelle kalibroinnille.



Kuva 10 Kalibrintikaapin lämmityskäyrä

Lämmityskäyrä voidaan valita neljästä eri vaihtoehdosta, joista 1 on kaikista jyrkin eli lämpötilan nousu on voimakkain.

Kun lämpötila kaapin sisällä saavuttaa asetetun lopetuslämpötilan, ei kaapin lämmitystä vielä kytkeä pois päältä, vaan siirrytään vaiheeseen ”KALIBROINNIN_LOPETUS”. Ehtona siirtymiselle on ”Lämpötila >= asetettu_lopetuslämpötila”.

7.7 KALIBROINNIN_LOPETUS

Kun saavutetaan haluttu lopetuslämpötila, käynnistyy sekvenssi, joka lähettää antureille lopetuskäskyn. ”Kalib_sekv” on muuttuja, joka saatuaan arvon 15 ilmoittaa lähettäneensä antureille lopetuskäskyt. Tämä katkaisee antureiden käyttöjännitteet ja kytkee kaapin lämmityksen pois päältä. ”Kalib_sekv=15” on ehtona siirryttäessä tilaan ”AVAA_OVI”.

7.8 AVAA_OVI

”AVAA_OVI”-tilassa kalibrintikaapin ovi aukaistaan ja kytetään kalibrintikaapin tuuletin päälle. Kalibrintikaapin lämpötila täytyy saada laskettua

lämpötilaan, joka on noin huoneenlämpötila. Lämpötilan muutosta valvoo kaapin sisällä oleva lämpötila-anturi. Kun kaapin lämpötila laskee haluttuun aloituslämpötilaan, siirrytään vaiheeseen "UUSI_ASENTO". Tämän ehto on "lämpötila <= asetettu_aloituslämpötila".

7.9 UUSI_ASENTO

Tästä tilasta on kaksi ehtoa jatkaa ohjelmaa eteenpäin. Jos asentoja on vielä jäljellä, aloitetaan uuden kyljen kalibrointi tilassa "SULJE_OVI". Jos asento oli viimeinen, kalibrointi on suoritettu loppuun ja siirrytään tilaan "OFF_AUTOM". Käyttäjä voi valita asetuksista, mikä kylki on viimeinen joka kalibroidaan. Ohjelma tarkistaa tässä tilassa aina, onko kalibroitavia kylkiä vielä jäljellä.

Ehtona kalibroinnin lopetukselle on "anturien_asento >= lopetusasento". Muuttuja "anturien_asento" kertoo aina tämän hetkisen anturin kyljen, joka viimeksi kalibroitettiin. Muuttuja "lopetusasento" taas kertoo halutun lopetusasennon, jota verrataan viimeksi kalibroituun asentoon. Kun tämä ehto toteutuu, kaapin tila palautuu "OFF_AUTOM"-tilaan, joka lopettaa kalibroinnin. Tästä annetaan käyttäjälle ilmoitus jatkuvalla "piippaus" äänimerkillä.

Ehtona kalibroinnin jatkamiselle on "anturien_asento < lopetusasento". Jos ehto toteutuu, moottori kääntää anturit seuraavaan asentoon ja kaapin tila vaihtuu "SULJE_OVI"-tilaan. Kalibroitisekvenssi alkaa alusta ja pyörii niin kauan kuin lopetusasento ehto täytyy.

7.10 Mahdolliset vikatilanteet

Mahdollisia virhetilanteita varten on omat varotoimenpiteet. Jos lämpötila nousee yli 90 °C tai laskee alle -45 °C, annetaan hälytysääni ja automaatin tila asetetaan "OFF_AUTOM"-tilaan.

Anturien kääntämisessä akselin mahdollinen pysähtyminen korjataan siten, että jos anturit eivät tietyn ajan kuluessa saavuta oikeaa asentoa, moottorin pyörimisnopeutta nostetaan.

Sähkökatkoksen sattuessa akut pitävät mikrokontrollerin päällä muutaman tunnin ajan. Sähköjen palautuessa ohjelma automaattisesti jatkaa samasta kohdasta, johon ohjelma jäi sähköjen katkettua.

8 KAAPIN LOPPUTESTAUS

Kalibroitikaapin lopputestaus suoritettiin ajamalla automaattinen kalibrointi täydellisenä alusta loppuun. Lisäksi testattiin erikseen akselin asettumista oikeaan asentoon.

Kuvassa 11 on kaapin päältä otettu valokuva, jossa kaapin laitteita voi nähdä sijoiteltuna.



Kuva 11 Kalibroitikaappi

Kuvasta voi nähdä kylmäkoneen, mikrokontrollerin, karamoottorin, sähkökeskuksen sekä virtalähteen.

8.1 Akselin asettuminen

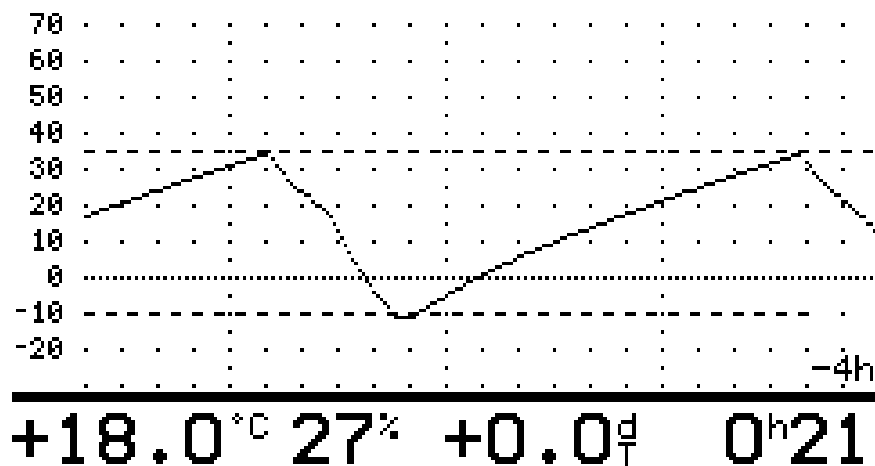
Akseliin kiinnitettiin valmis ja kalibroitu kulma-anturi, jolla mitattiin akselin asettumisen virhettä. Akselin pyöryksessä havaittiin epätarkkuutta eli akseli ei asettunut sille määrätyille paikoille.

Ensimmäisenä tutkittiin moottorin ja Fraban kulma-anturin välyksiä, joista ei kuitenkaan löytynyt ongelmia. Ongelmaksi paikannettiin moottori, joka kääntää akselia. Moottorin kiinnityksessä oli puutteita, joka aiheutti sen, että moottori oli hieman vinossa. Tästä johtuen akseli poikkesi oikeasta arvosta noin 2 astetta. Moottorin asentoa ja kiinnitystä muutettiin, minkä jälkeen uudestaan testattiin akselin asettumista oikeaan asentoon.

Asennon ja kiinnityksen muuttaminen paransi asettumista huomattavasti, jolloin virheeksi jäi noin 0,1 astetta. Tämä tarkkuus on riittävän tarkka suoritettaessa antureiden kalibrointia.

8.2 Kalibrointikaapin lämmitys ja pakastus

Kaapin kylmälaitteiden ja lämmittimen toiminta testattiin asettamalla automaattitoiminto päälle, jolloin pakastus kytkeytyi päälle. Pakastus sujui ongelmitta ja lämmitys kytkeytyi päälle, kun pakastuksen lopetuslämpötila oli saavutettu. Myös lämmitys sujui ongelmitta. Lämmitys saavutti lopetuslämpötilansa ja kytkeytyi pois päältä ja karamoottori aukaisi oven, jolloin ulkopuhallin kytkeytyi päälle. Ulkopuhaltimen tehtävänä on jäähdyttää kalibrointikaappi lähelle huoneenlämpötilaa. Täten tuli testattua myös karamoottorin ja ulkopuhaltimen toiminta. Lämpötilaa seurattiin grafiikkamikrolle piirtyvästä lämpötilakäyrästä, joka on kuvassa 12.



Kuva 12 Mitattu lämpötilakäyrä

Kuvasta voidaan lukea pakastuksen ja lämmityksen lopetuslämpötilat, jotka olivat +35 °C ja -10 °C. Normaalisissa testauksessa lämpötilarajoina käytetään +65 °C:ta ja -30 °C:ta.

9 LOPPUPÄÄTELMÄT SEKÄ TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Työn monipuolisuus ja uusien asioiden opettelu ja toteuttaminen oli työn alusta lähtien erittäin mielenkiintoinen prosessi. Työssä oli uutta teoriaa (CAN-järjestelmät), laitteiston ohjelmointia, kuvien piirtämistä AutoCAD:llä, laitteiston suunnittelua ja kytkemistä sekä sähköistämisen suunnittelu ja kytkentäpiirustusten piirtäminen. Työ oli siis erittäin monipuolinen ja haastava, joka innosti opiskelamaan ja toteuttamaan opittuja asioita. Täysin uusia asioita olivat CAN ja CANopen järjestelmät. Perustieto muista kenttäväylyistä, Profibus ja Foundation Fieldbus, auttoi ymmärtämään ja sisäistämään CAN-väylän toiminnan huomattavasti helpommin.

9.1 Ohjelmointivaihe

Ensimmäinen varsinainen työvaihe oli mikrokontrollerin ohjelmointi C-kielellä. Aikaisemmin olin ohjelmoinut vain C++ kielellä, joten C-kielen perusteita piti

hieman opetella, vaikkakin kielet ovat hyvin samankaltaiset. Hankalimmaksi yksittäiseksi osaksi osoittautui antureita pyörittävän moottorin ohjaaminen siten, että moottori pysähtyy 90 asteen välein Fraban kulma-anturin tietojen perusteella. Hankalaksi asian teki PWM-ohjaus, joka rakennettiin siten, että aluksi moottoria ajetaan täydellä vauhdilla ja, kun kulma lähestyy oikeaa arvoa moottori hidastuu, jolloin kulmassa ei synny rajuja ylityksiä. Kokonaisuudessaan ohjelmointivaihe oli suuritöisin ja aikaa vaativin työkokonaisuus.

Ohjelmointi vaiheessa testipöydälle oli koottuna ja kytkettynä kaikki tärkeimmät laitteet kuten mikrokontrolleri, moottorit, lämpötila-anturi ja Fraban kulma-anturi. Täten testipöydällä voitiin jo testata ohjelman toimintaa ja ajaa prosessin eri osia. Tämä helpotti huomattavasti ohjelmointi työtä, kun näki jatkuvasti miten ohjelmamuutokset toimivat. Debuggerilla voitiin tarkkailla vikatilanteissa eri muuttujien tiloja ja paikallistaa mahdolliset ohjelmalliset viat. Testipöydällä tehtiin myös ensimmäiset testaukset ohjelman ollessa lähes valmis.

9.2 Laitteisto ja rakentaminen

Laitteiston suunnittelu ja hankinta oli melkoisen vaivaton prosessi, sillä vaatimukset ja käyttökohde olivat niin hyvin tiedossa, että sopivien laitteiden hankinta oli vaivatonta. Pääasiallisina hankintoina olivat karamoottori, moottori akselin pyörittäykseen, kylmäkone ja lämmitin.

Viimeinen vaihe itse työssä oli kalibrointikaapin mekaaninen rakentaminen ja sähköinen kytkentätyö. Tämän jälkeen suoritettiin lopputestaukset sekä tarvittavat korjaukset.

9.3 Kalibrointikaapin käyttökokemuksia

Uuden kalibrointikaapin ollessa nyt käytössä on todettu sen täyttävän siihen kohdistetut odotukset. Uudella kalibrointikaapilla voidaan kalibroitavien antureiden

määrä kaksinkertaistaa 24 anturista 48 anturiin. Tämä on huomattava lisä ottaen huomioon kasvavan menekin.

Uuden kalibrointikaapin automaattinen toiminta verrattuna vanhan kaapin toimintaan vähensi kalibrointiin kuluva kokonaisaikaa. Kalibrointiin kulunut työaika väheni huomattavasti, kun antureita ei tarvitse käydä enää käsin kääntämässä.

9.4 Tulevaisuuden näkymät

Tämä näkymä on kuitenkin tällä hetkellä vielä sen verran epävarma, että nykyinen kalibrointikaappi tulee säilymään käytössä pitkään.

Toinen tulevaisuuden näkymä on kaapin ohjelmallinen muutos siten, että antureita pyöritetään jatkuvasti kerran 270 astetta, jonka aikana anturit kalibroituvat. Tätä on mietitty, mutta varmaksi ei tiedetä kalibroituvatko anturit tällöin oikein ja riittävän tarkaksi. Tämä nopeuttaisi kalibrointia todella paljon, mutta nähtäväksi jää, kehitetäänkö tätä ohjelmistoa.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

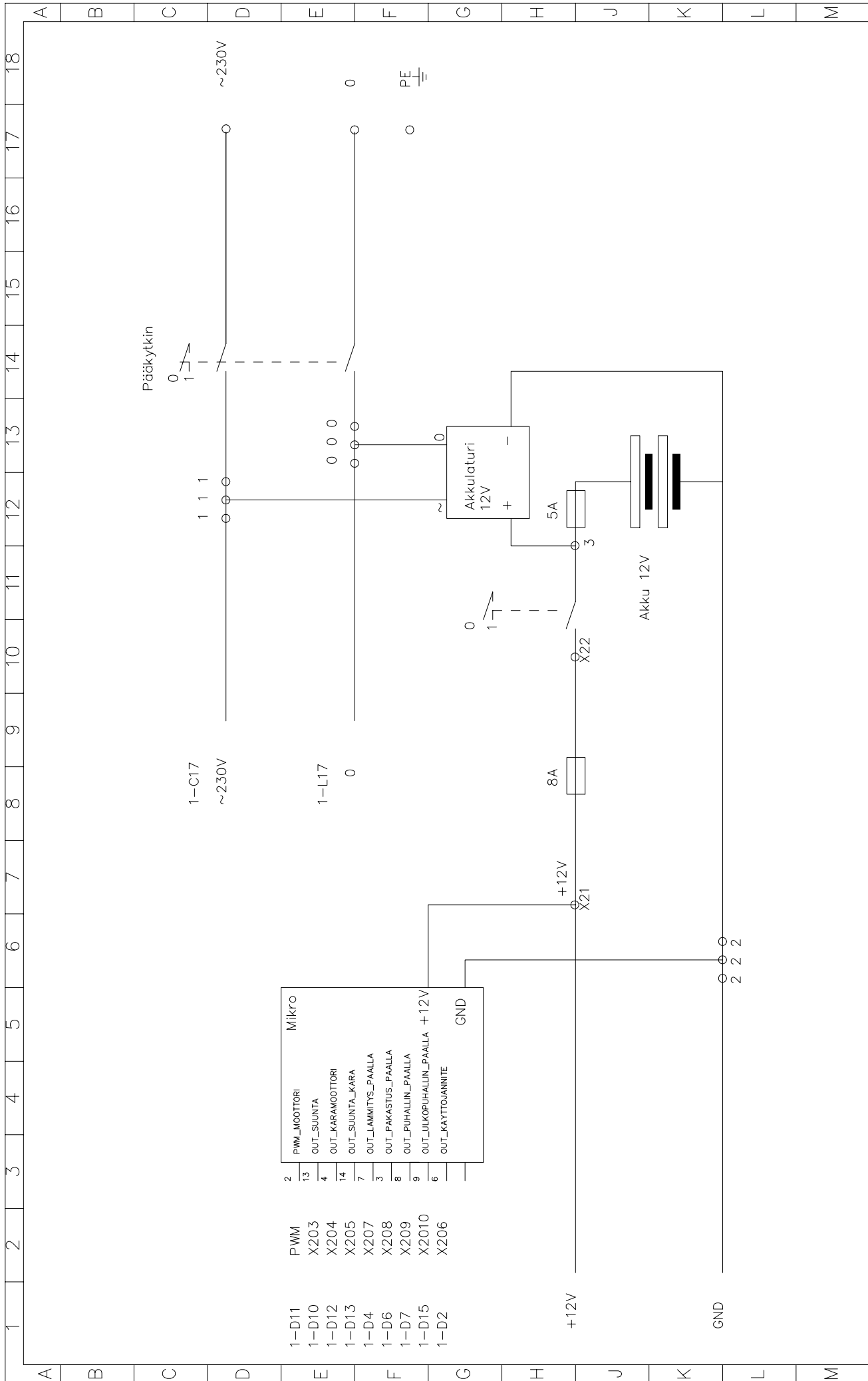
- 1 Jarmo, Alanen, CAN-ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisväylä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT). 8 s.

Sähköiset lähteet

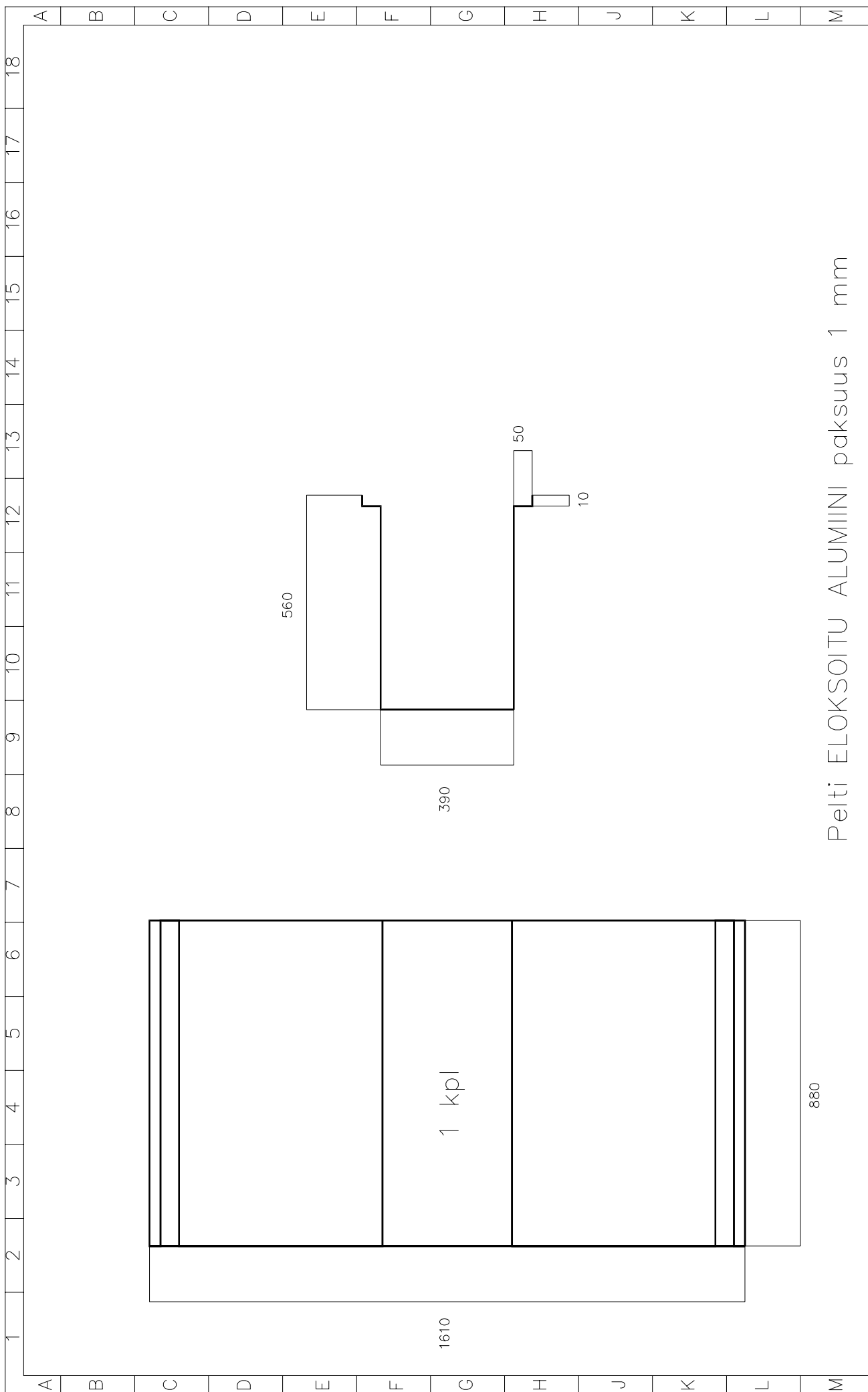
- 2 CAN in Automation (CiA). [www-sivu]. [viitattu 14.11.2005]
Saatavissa:
<http://www.can-cia.org/>

LIITTEET

- 1 Kalibrointikaapin releohjaus ja virransyöttö
- 2 Kalibrointikaapin sisäpellitys
- 3 Toimintasekvenssin C-kielinen toteutus
- 4 Automaatin käynnistämisen C-kielinen toteutus
- 5 Vanhan kalibrointikaapin automaatin toiminta
- 6 Oven aukaisu ja sulku C-kielillä tehtynä
- 7 Asetusikkunoiden C-kielinen luonti ja tulostus grafiikkanäytölle

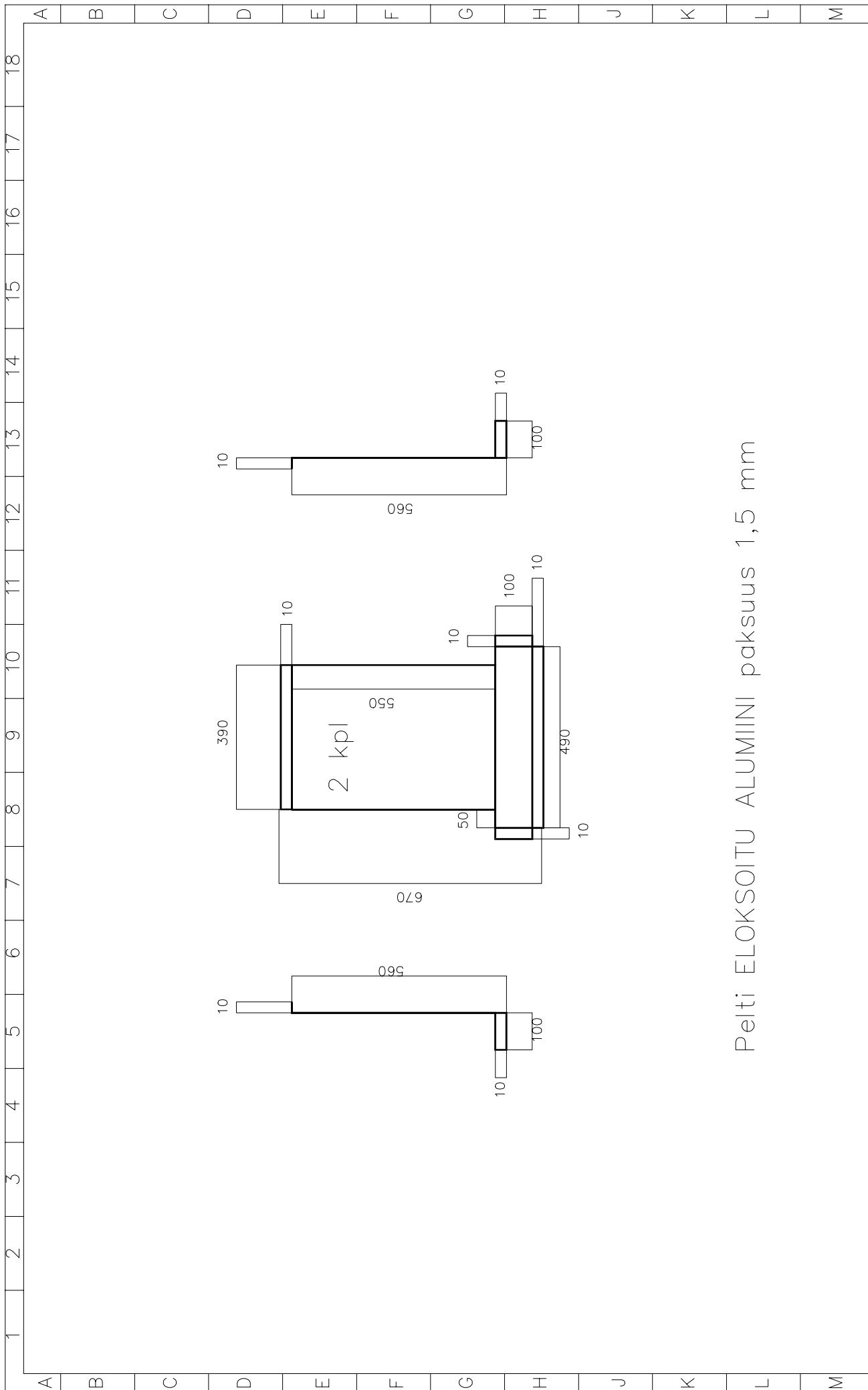


PIRKAN ELEKTRONIIKKA OY NOKIA FINLAND	30.12.2005	6.1.2006	MK	TESTIKAAPIN POWER		Laite	Piirustus
						PE koodi	Ni:o
	Päiväys	Muutos	Piirtänyt				Lehti 2/2



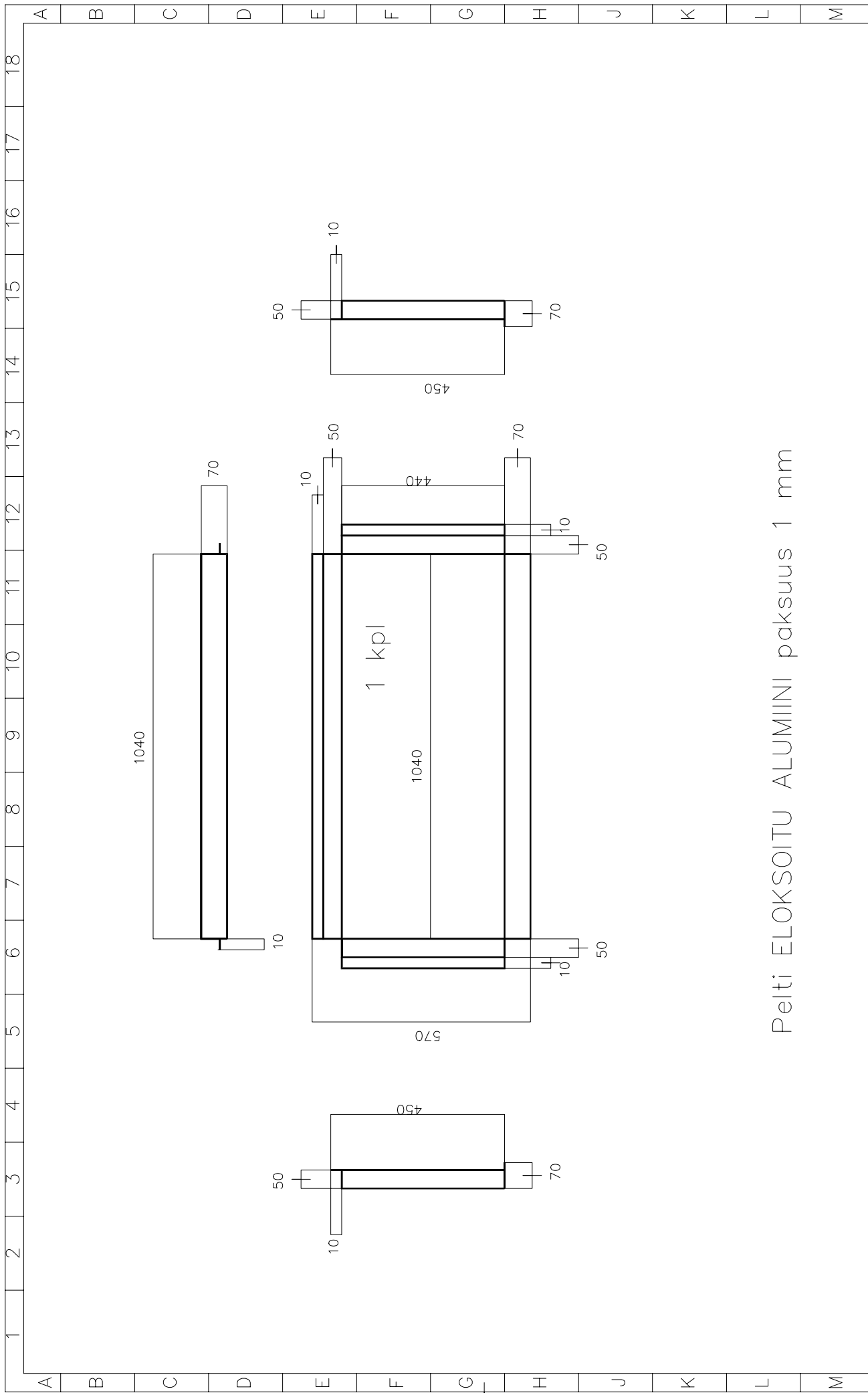
Pelti ELOKSOITU ALUMIINI paksuus 1 mm

PIRKAN ELEKTRONIIKKA OY NOKIA FINLAND	25.10.2005	MK	SÄÄKAAPIN PELLITYS SISÄPELLIT		Laite PE 965	Piirustus Ni:o
					PE koodi	Lehti 1/3
						Ni:o



Pelti ELOKSOITU ALUMIINI paksuus 1,5 mm

PIRKAN ELEKTRONIIKKA OY NOKIA FINLAND	25.10.2005	MK	SÄÄKAAPIN PELLITYS		Laite PE 966	Piirustus Ni:o
			SIVUPELLIT		PE koodi	Lehti 2/3
	Päiväys	Muutos	Piirtänyt			Ni:o



Pelti ELOKSOITU ALUMIINI paksuus 1 mm

PIRKAN ELEKTRONIIKKA OY NOKIA FINLAND	26.10.2005	MK	SÄÄKKAAPIN PELLITYS		Laite PE 967	Piirustus N:o
	Päiväys	Muutos	OVIPELLIT		PE koodi	Lehti 3/3
		Piirtänyt				N:o

```

//*****//
// Automaatin tilat //
//*****//

if( autom_tila==OFF_AUTOM ) //Automaatti OFF-tilassa.
{
  kaapin_tila=OFF_TILA; //Kaappi OFF-tilassa (ei lämmitystä eikä pakastusta)
  puhallin_paalla=0;
  automaatin_aloituslippu=0; //Ensimmäisen kierron lipun nollaus

  if( !manual_testaus )
  {
    testaus_antureille=0;
  }
}
else

if( autom_tila==SULJE_OVI ) //Kaapin ovi suljetaan.
{
  KOMENTO_SULJE_OVI;
  OUT_ULKOPUHALLIN_PAALLA_OFF; //Puhaltimen pysäytys
  GRAFLED_3_OFF; //Puhaltimen merkkivalo pois päältä
  puhallin_paalla=0;
  autom_tila=ANTUREIDEN_TARKISTUS;

  if( automaatin_aloituslippu==1 ) //Ensimmäisellä kerralla aloitetaan aloitusasennosta.
  {
    asennon_lukitus=0; //Lukitukset pois
    manuaali_paalla=0;
    aset_anturien_asento=aset_aloitusasento; //Käännetään anturit aloitusasentoon
  }
}
else

if( autom_tila==ANTUREIDEN_TARKISTUS ) //Tarkistetaan anturit.
{
  if( testaus_antureille==0 ) //Jos ei vielä testattu, testataan
  {
    testaus_antureille=1; //Käynnistää antureiden testauksen
  }
  else

  if( testaus_antureille==10 || testaus_antureille==20 ) //Jos testattu, siirrytään pakastukseen
  {
    autom_tila=PAKASTUS; //Siirrytään pakastukseen
  }
}
else

if( autom_tila==PAKASTUS ) //Pakastusvaihe
{
  automaatin_aloituslippu=0;
  kaapin_tila=AUTOM_PAKASTUS; //Pakastus päälle

  if( lämpötila <= (-(int)aset_pakastuksen_lopetuslämpötila*10) ) //Jos lämpötila alle asetetun
                                                                    pakkasrajan siirrytään
                                                                    kalibrointiin ja lämmitykseen
  {
    autom_tila=KALIBROINNIN_ALOITUS;
  }
}
else

if( autom_tila==KALIBROINNIN_ALOITUS ) //Antureiden kalibrointi alkaa
{
  kaapin_tila=OFF_AUTOM;

  if( kalib_sekv==0 ) //Jos ei vielä kalibroitu, kalibroidaan
  {
    OUT_KAYTTOJANNITE_ON; // Kytke laitteille käyttöjännite.
    GRAFLED_4_ON;
    kalib_sekv=1; //Sekvenssi aloittaa kalibroinnin
  }
}

```



```

    }
}
else
if( autom_tila==LÄMMITYS ) //Lämmitys alkaa
{
    kaapin_tila=AUTOM_LAMMITYS; //Lämmitys päälle

    if( lampotila >= ((int)aset_lammityksen_lopetuslampotila*10) || lampotila >= 900 ) //lämmitys
                                                    pois
    {
        autom_tila=KALIBROINNIN_LOPETUS;
    }
}
else
if( autom_tila==KALIBROINNIN_LOPETUS )
{
    if( kaapin_tila!=OFF_TILA )
    {
        kaapin_tila=OFF_TILA; // kaapin lämmitys pois.
        kalib_sekv=11; // Käynnistää sekvenssin, joka lähettää antureille lopetuskäskyt
    }
}
else
if( autom_tila==AVAA_OVI )
{
    OUT_ULKOPUHALLIN_PAALLA_ON; //Puhallin päälle jäähdytystä varten
    GRAFLED_3_ON; //Puhaltimen merkkivalo päälle
    puhallin_paalla=1;
    KOMENTO_AVAA_OVI; //Avataan ovi.

    if( lämpötila <= ((int)aset_aloituslämpötila*10) ) //Jäähdytys valmis ja uusi asento
    {
        autom_tila=UUSI_ASENTO;
    }
}
else
if( autom_tila==UUSI_ASENTO )
{
    asennon_lukitus=0; //Asennon lukitukset pois.
    manuaali_paalla=0;

    if( aset_anturien_asento >= aset_lopetusasento ) // Jos oli viimeinen asento -> OFF-tilaan
    {
        autom_tila=OFF_AUTOM;
        mittaus_paalla=0;
        OUT_ULKOPUHALLIN_PAALLA_OFF;
        GRAFLED_3_OFF;
    }
    else //Asentoja jäljellä
    {
        aset_anturien_asento++; //Seuraava asento
        autom_tila=SULJE_OVI; //Siirrytään SULJE_OVI-tilaan
    }
}
}

```

```

//*****//
// Automaatin käynnistys //
//*****//

if( key_value == KEY_F )
{
    if( autom_tila != OFF_AUTOM ) // Onko AUTOM päällä.
    {
        autom_tila = OFF_AUTOM; //Automaatti päällä siirrytään OFF_AUTOM-tilaan
        OUT_KAYTTOJANNITE_OFF;
        GRAFLED_4_OFF;
        automaatti_painettu_paalle = 0;
    }
    else // AUTOM ei ole päällä.
    {
        if( !automaatti_painettu_paalle ) // Onko automaatti sammuttanut AUTOM-tilan.
        {
            automaatti_painettu_paalle = 1; // Merkitse että on painettu päälle.
            autom_tila=SULJE_OVI; // Kytke automaattitila.
            mittaus_paalla=1;
            aloitus_osoitin = nayte_osoitin;
            lamp_selaus_osoitin=0; // Selaus alkuun eli näytä reaalikäyrää.
            nayte_saatu=1;
            automaatin_aloituslippu=1; // Ensimmäinen kerta.
        }
        else // Automaatti on sammuttanut AUTOM-tilan. LED vilkkuu.
        {
            automaatti_painettu_paalle = 0; // Poista lippu.
        }
    }
}
}

```

LIITE 5

```

//*****
// Vanhan ohjelman automaattisen pakastuksen/lämmityksen aloittaminen. Poistettu ja korvattu.
//*****

if( key_value == KEY_F )
{
    if( aset_automaattinen_pakastus )
    {
        if( pakastus_paalla==OFF_PAKASTUS && lammitys_paalla==OFF_LAMMITYS )
        {
            if( lammitys_vaihe==2 ) // Lämmityksen lopetuksen kuittaus.
            {
                lammitys_vaihe=0;
                pakastus_paalla=OFF_PAKASTUS;
                pakastus_vaihe=0;
            }
            else
            {
                if( !testaus_antureille ) testaus_antureille=1; // Aloita anturi testi aluksi.

                pakastus_paalla=AUTOM_PAKASTUS;
                pakastus_vaihe=1;

                mittaus_paalla=1;
                aloitus_osoitin = nayte_osoitin;
                lamp_selaus_osoitin=0; // Selaus alkuun eli näytä
reaalikäyrää.
                nayte_saatu=1;
            }
        }
        else
        {
            pakastus_paalla=OFF_PAKASTUS;
            pakastus_vaihe=0;
            lammitys_paalla=OFF_LAMMITYS;
            lammitys_vaihe=0;
            testaus_antureille=0;
        }
    }
    else
    if( lammitys_paalla==OFF_LAMMITYS )
    {
        if( lammitys_vaihe==2 ) // Lopetuksen kuittaus.
        {
            lammitys_vaihe=0;
            pakastus_paalla=OFF_PAKASTUS;
            pakastus_vaihe=0;
        }
        else
        {
            lammitys_paalla=AUTOM_LAMMITYS;
            lammitys_vaihe=1;
            pakastus_paalla=OFF_PAKASTUS;
            pakastus_vaihe=0;

            mittaus_paalla=1;
            aloitus_osoitin = nayte_osoitin;
            lamp_selaus_osoitin=0; // Selaus alkuun eli näytä reaalikäyrää.
            lammitys_vaihe=1;
            nayte_saatu=1;
            ajas_lammitysjakso=0;
            ajas_lammityspulssi=0;
        }
    }
    else
    {
        pakastus_paalla=OFF_PAKASTUS;
        pakastus_vaihe=0;
        lammitys_paalla=OFF_LAMMITYS;
        lammitys_vaihe=0;
    }
}
}

```

LIITE 6

```
//*****//
// Oven avaus ja sulku //
//*****//

if( oven_tila == OVI_TILA_AVAA ) //Karamoottorille käsky aueta
{
    ajas_ovi=1000; //10.0s
    oven_tila=OVI_TILA_AVATAAN;
}
else
if( oven_tila == OVI_TILA_AVATAAN ) //Ovea avataan
{
    if( ajas_ovi ) //Kun aikaa jäljellä, karamoottori aukeaa
    {
        OUT_SUUNTA_KARA_ON;
    }
    else //Kun aika kulunut
    {
        OUT_KARAMOOTTORI_OFF; //Karamoottori jännitteettömäksi
        OUT_SUUNTA_KARA_OFF;
        oven_tila=OVI_TILA_AVATTU;
    }
}
else
if( oven_tila == OVI_TILA_AVATTU ) //Ovi on auki.
{
    //Ei koodia.
}
else
if( oven_tila == OVI_TILA_SULJE ) //Käsky karamoottorille sulkeutua
{
    ajas_ovi=1000;
    oven_tila=OVI_TILA_SULJETAAN;
}
else
if( oven_tila == OVI_TILA_SULJETAAN ) //Ovea suljetaan
{
    if( ajas_ovi ) //Aikaa jäljellä, ovea avataan
    {
        OUT_SUUNTA_KARA_OFF;
        OUT_KARAMOOTTORI_ON;
    }
    else
    {
        OUT_KARAMOOTTORI_OFF; //Aika kulunut, karamoottori jännitteettömäksi
        OUT_SUUNTA_KARA_OFF;
        oven_tila=OVI_TILA_SULJETTU;
    }
}
else
if( oven_tila == OVI_TILA_SULJETTU ) //Ovi suljettu
{
    //Ei koodia.
}

//*****//
// Oven avaus ja sulku manuaalisesti //
//*****//

if( key_value == KEY_LOW_2 ) //Oven sulku näppäimillä
{
    KOMENTO_SULJE_OVI;
}
else
if( key_value == KEY_LOW_3 ) //Oven avaus näppäimillä
{
    KOMENTO_AVAA_OVI;
}
else
{
    OUT_SUUNTA_KARA_OFF;
    OUT_KARAMOOTTORI_OFF;
}
}
```

```
if (menupaikka==menuvertaus++) //Menupaikka
{
    gdi_show_setting_menu (menupaikka, //Tulostetaan näytölle
        "L[MMITYKSEN LOPETUSL[MP\\TILA",
        &aset_lammityksen_lopetuslampotila, "+^C",
        OLE_ASET_LAMMITYKSEN_LOPETUSLAMPOTILA,1,1,0,85,
        EI_SUOJATTU,1,&asetustila,&tulosta);
} /* asetusrvomuuttuja, oletusarvo, kerroin, min, max, suojattu, asetustila. */

if (menupaikka==menuvertaus++)
{
    gdi_show_setting_menu (menupaikka,
        "ALOITUSL[MP\\TILA",
        &aset_aloituslampotila, "+^C",
        OLE_ASET_ALOITUSLAMPOTILA,1,1,0,28,
        EI_SUOJATTU,1,&asetustila,&tulosta);
}
```