



Ilmastoinnin ohjauksen suunnittelu työkoneen ohjausjärjestelmään

Aleksanteri Tiiri

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2020

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

TIIRI, ALEKSANTERI:

Ilmastoinnin ohjauksen suunnittelu työkoneen ohjausjärjestelmään

Opinnäytetyö 43 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Huhtikuu 2020

Tämän opinnäytetyön tilaajana on Loimaalla toimiva Vilakone Oy, joka on rakentanut Wille-ympäristönhoitokoneita 1980-luvun alkupuolelta tähän päivään asti. Työn tarkoituksena oli tutustua nykyisen Wille 465 -ympäristönhoitokoneen ilmastointijärjestelmän toimintaan ja kehittää sitä. Tarkoituksena oli luoda uusi ilmastointijärjestelmän ohjaus ja integroida se ympäristönhoitokoneen HMI-paneeliin, josta hallitaan muitakin toimintoja.

Työ aloitettiin tutustumalla yleisiin ilmastoinnin toimintaperiaatteisiin ja erityisesti ympäristöhoitokoneen ilmastointijärjestelmässä oleviin komponentteihin. Tulosten perusteella pohdittiin, mitkä komponentit järjestelmässä vaihdetaan ja millaisia toimintoja uuteen ilmastointijärjestelmän ohjaukseen halutaan.

Ilmastointijärjestelmän ja sen haluttujen ohjauksien ollessa selvillä hankittiin uusia komponentteja sekä laadittiin järjestelmälle piirikaavio Vertex ED -suunniteluohjelmalla. Piirikaavion perusteella komponentit ja ohjainyksikkö saatiin liitettyä ympäristönhoitokoneen sähköjärjestelmän rinnalle.

Ohjainyksikön ohjelmointi toteutettiin CODESYS-ohjelmointiympäristössä. HMI-paneelin ohjelmoimisessa käytettiin Danfossin PLUS+1 -ohjelmointityökalua. Ohjelmointityö sisälsi tulojen ja lähtöjen konfigurointia, väyläviestien lähetystä ja vastaanottoa sekä haluttujen toimintojen ohjelmointia. Tehdyn työn tuloksia käytetään Wille-ympäristönhoitokoneiden ilmastointijärjestelmän kehittämiseen.

Asiasanat: tuotekehitys, ohjelmistosuunnittelu, ilmastointi, sähkö

ABSTRACT

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

TIIRI, ALEKSANTERI:

The Designing of Air Condition Guidance for the Control System of an Environmental Management Machine

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 9 pages
April 2020

This thesis was ordered by Vilakone Oy from Loimaa, which has built Wille-environment management machines since the early 1980s. The purpose of this thesis is to examine the climate control system of the Wille environment management machine, and to develop it further. The goal was to create a new interface for the climate control system and to integrate it to the environment maintenance machine's HMI-panel, which also controls other functions.

The thesis was started by general principles of climate control and especially the components in the environment maintenance machine's climate control system. Based on the results, an analysis was done on which components in the system should be changed and what kind of features should be implemented in the interface of the climate control system

After the analysis was completed, the new components were acquired and a circuit diagram was drawn up with the ED Vertex planning program. Based on the circuit diagram, the components and a control unit were incorporated to the environment maintenance machine's electric system.

The control unit's programming was executed in a CODESYS-programming environment. Danfoss' PLUS+1 -programming tool was used in programming the HMI panel. Programming work included configuration of input and output channels/routes, sending and receiving gate messages and programming of the desired features. The results of this thesis are being used to develop Wille-environment management machines' climate control system.

Key words: product development, software design, air condition, electricity

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VILAKONE OY	7
3	WILLE 465 -YMPÄRISTÖNHOITOKONE	8
	3.1 Ohjaamo	9
	3.2 Ilmastoinnin toimintaperiaate	10
	3.3 Nykyinen ilmastointijärjestelmä	12
4	TOIMINTOJEN SUUNNITTELU	13
	4.1 Tavoitteet ja vaatimukset	13
	4.2 Komponenttien valinta	14
	4.3 Ohjainyksikkö	16
	4.4 HMI-paneeli	17
5	ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS	18
	5.1 Piirikaaviosuunnittelu	18
	5.2 Ohjelmistosuunnittelu	20
	5.2.1 HMI-paneeli	20
	5.2.2 Väyläviestit	22
	5.2.3 Tulojen konfigurointi	23
	5.2.4 Lähtöjen ohjelmointi	25
	5.2.5 Ohjelmat	27
6	ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN TESTAUS	29
7	POHDINTA	33
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	35
	Liite 1. Kontrollerin CR711S liitännät (ifm electronic)	35
	Liite 2. Ilmastointijärjestelmän piirikaavio 1(2)	36
	Liite 2. Ilmastointijärjestelmän piirikaavio 2(2)	37
	Liite 3. HMI-paneelin vastaanottamat väyläviestit	38
	Liite 4. HMI-paneelin lähettämät väyläviestit	39
	Liite 5. Ohjainyksikön CR711S vastaanottamat väyläviestit	40
	Liite 6. Ohjainyksikön CR711S lähettämät väyläviestit	41
	Liite 7. HMI-paneelin näytön valinta	42
	Liite 8. Puhaltimen ja lämmityksen ohjauksen valinta	43

ERITYISSANASTO

AI	Analoginen tulo (Analog Input)
AO	Analoginen lähtö (Analog Output)
DO	Digitaalinen lähtö (Digital Output)
DI	Digitaalinen tulo (Digital Input)
HMI	Ihmisen ja koneen välinen käyttöliittymä (Human-Machine Interface)
I/O	Tulo/lähtö (Input/Output)
IP	Tiiviysluokitus
PWM	Pulssinleveysmodulaatio (Pulse Width Modulation)

1 JOHDANTO

Työn teettäjänä on Loimaalla toimiva Vilakone Oy, joka on rakentanut Wille-ympäristönhoitokoneita jo vuodesta 1983. Tähän asti koneisiin on saanut vain manuaalisen ilmastoinnin tai erillisen automaattisen ilmastointijärjestelmän.

Tarkoituksena oli kehittää ympäristönhoitokoneiden ilmastointiautomaatiikkaa ja integroida sen ohjausliittymä näyttöön, jolloin saavutettaisiin kustannussäästöjä ja säästyisi myös tilaa kojetaulussa. Hyvällä ilmastointiautomaatiikan säädöllä voidaan saada useita hyötyjä, kuten miellyttävämmät työskentelyolosuhteet ja polttoainesäästöt.

Ennen työn toteutusta tutustuttiin ilmastoinnin toimintaperiaatteisiin, jotka edistävät hytin lämpötilan pitämistä miellyttävänä automaattisesti. Erityisesti perehdyttiin ohjauksen suunnitteluun, sillä valmista ilmastoinnin ohjaussekvenssiä ei ole saatavilla.

Jotta lämpötilaa pystyttäisiin hallitsemaan, anturointia ja niiden asemointia on suunniteltava huolella. Ohjaukseen vaikuttavia tärkeimpiä suureita ovat ulkolämpötila, sisälämpötila ja ohjaamoon puhallettavan ilman lämpötila.

Wille-ympäristönhoitokoneissa on käytetty lisääntyvässä määrin IFM:n tuotteita. Myös tämä työ toteutettiin IFM:n valmistamalla ohjainyksiköllä. Ohjelmistot suunniteltiin CODESYS-ohjelmointiympäristössä ja piirikaaviot suunniteltiin Vertex Systemsin CAD-sovelluksella. HMI-paneelin suunnittelu toteutettiin Danfossin omalla PLUS+1-ohjelmointityökalulla.

2 VILAKONE OY

Vilakone Oy suunnittelee ja valmistaa Wille-ympäristönhoitokoneita ja niiden työ-laitteita. Koneet on kehitetty Pohjoismaiden olosuhteisiin katujen, puistoalueiden ja kiinteistöjen ympärivuotiseen kunnossapitoon. Vilakone Oy on Pohjois-Euroo-pan suurin ympäristönhoitokoneiden valmistaja painoluokassa 2,0 - 6,8 t.

Vilho Lankinen perusti Lankisen Konepaja Ky:n Alastarolle vuonna 1950. Vila-kone Oy perustettiin vuonna 1968. Ensimmäinen Wille-prototyyppi valmistui 1980 ja sarjavalmistus aloitettiin 1983, jonka jälkeen Willejä on valmistettu yli 6000 kap-paletta. Lankisen Konepajan ja Vilakoneen omistus siirtyi Kalevi, Pentti ja Urpo Koivistolle 1986. Lankisen konepaja ja Vilakone Ky fuusioituivat 1995. Wihuri osti Vilakoneen osake-enemmistön 2003, ja nykyään Vilakone Oy on kokonaan Wi-hurin omistuksessa.

Wille-ympäristönhoitokoneet sekä lisälaitteet ja varusteet vastaavat kuntien, kau-punkien, seurakuntien sekä kunnossapitoyritysten tarpeisiin ympäristön- ja kiin-teistönhoidon saralla. Kokoonpanon lisäksi tehdas myös valmistaa itse osan tar-vitsemistaan osista.

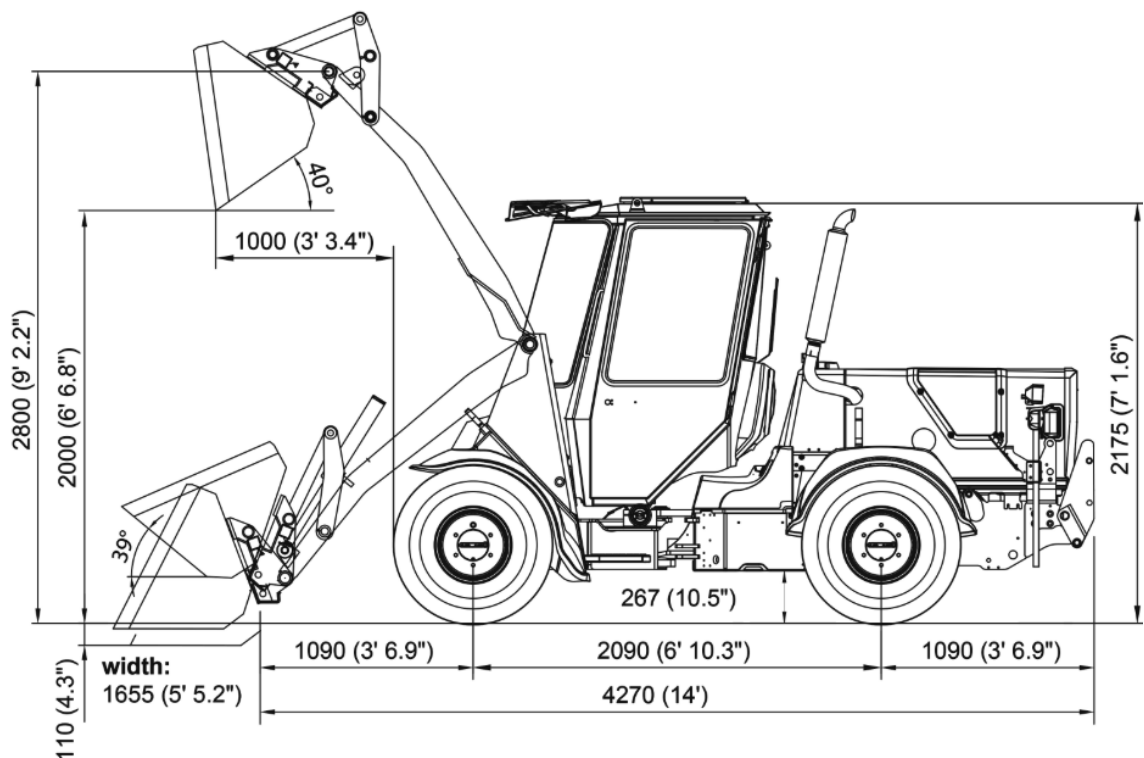
Vilakone Oy toimii Loimaalla yhteensä 15 000 m² tiloissa. Tuotanto on jaettu osa-valmistukseen, kokoonpanoon ja johdinsarjakokoonpanoon. Vilakoneella nouda-tetaan Wihuri Oy Teknisen Kaupan laatupolitiikkaa, jonka tavoitteena on toimia yhteistyössä asiakkaiden, toimittajien ja muiden sidosryhmien kanssa siten, että yhteistyö hyödyttää kaikkia osapuolia.

Koneiden ja laitteiden toimitukset jakautuvat puoliiksi kotimaan ja viennin välillä. Vilakone Oy:n liikevaihto on yli 25 miljoonaa euroa. Nykyinen työntekijämäärä on noin 130. Myynnistä ja jälkimarkkinoinnista vastaa Wihuri Oy Tekninen Kauppa.

3 WILLE 465 -YMPÄRISTÖNHOITOKONE

Wille 465 -ympäristönhoitokone on edellisen mallin 455 B:n päivitetty versio. Uusina, tärkeimpinä ominaisuuksina edistyneemmän moottorityypin lisäksi muun muassa kuorman tunteva säätötilavuuspumppu, hydrauliiikan sähköinen ohjaus proportionaaliventtiileillä, sekä sähköinen ryömintä- ja kaasupoljin. Myös ohjaamo ja valot uudistettiin, jolloin näkyvyys saatiin paremmaksi.

Koneessa on Kohler KDI 2504 TCR -moottori, joka täyttää Stage 4 -päästönormin määräykset. Moottori tuottaa 55,4 kW, ja suurin vääntömomentti on 300 Nm. Koneeseen on saatavilla 19 erilaista työlaitetta. Maksiminopeus on 40 kilometriä tunnissa. Wille 465:n nostovoima ylöspäin on 11,6 kN ja nostokorkeus on 2,8 metriä. Itse kone on 4,25 m pitkä ja 1,65 m leveä. Korkeutta sillä on 2,2 m. Kompaktin kokonsa ja isojen koneiden ominaisuuksien ansiosta Wille 465 on koko luokkansa myydyin ympäristönhoitokone. Mitat ovat esitettynä kuvassa 1.



KUVA 1. Wille 465:n mitat. (willemachines)

3.1 Ohjaamo

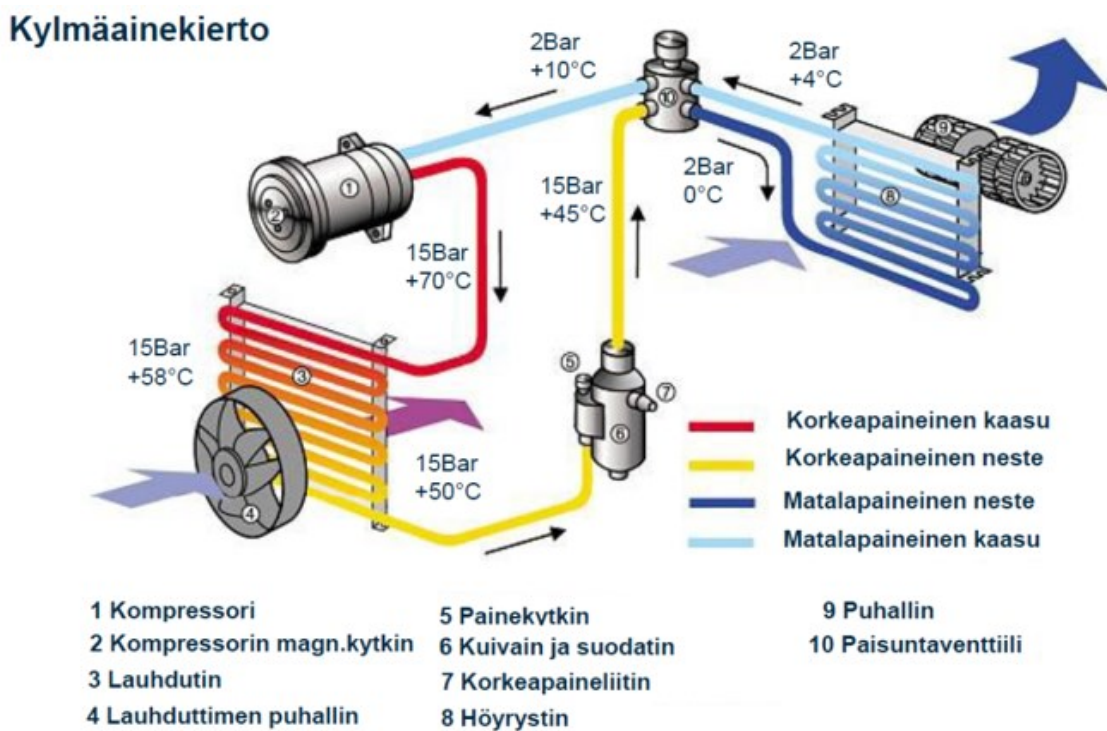
Konemallin päivityksen yhteydessä myös ohjaamo vaihtui samaan malliin kuin isommissa koneissa. Kuvassa 2 nähdään kojetaulun oikealla puolella oleva HMI-paneeli, josta voidaan nähdä lukuisia koneen anturiarvoja ja sieltä voidaan myös muuttaa parametrejä. Vasemmalla puolella turvakytkimen vieressä näkyy nykyinen ilmastoinnin hallintapaneeli, jonka integrointi kontrolleriin ja HMI-paneeliin on tämän työn aiheena.



KUVA 2. Wille 465:n ohjaamo. (willemachines)

3.2 Ilmastoinnin toimintaperiaate

Ilmastoinnin tarkoituksena on tehdä ohjaamon ilma miellyttäväksi poistamalla lämpöä ja kosteutta. Ilmastoinnin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Ilmastoinnin periaatekuva (Wille ilmastointikoulutusmateriaali)

Kompressori (1), joka saa voimansa kiilahihnan välityksellä moottorista, kytke-
tään sähköisesti magneettikytkimellä (2). Kompressori imee kylmäaineen höyrysti-
mestä (8) ja puristaa sen kasaan, jolloin kaasun paine ja lämpötila kasvaa.

Lämmin korkeapaineinen kaasu johdetaan lauhduttimeen (3), jossa kaasuuntu-
nut kylmäaine luovuttaa lämpöään ulkoilmaan ja tiivistyy korkeapaineiseksi nes-
teeksi. Yleensä ajoneuvoissa on myös lauhduttimen puhallin (4) tehostamassa
tiivistymistä.

Lauhduttimella tiivistynyt neste kulkeutuu painekytkimen (5) kautta kuivaimeen,
jossa on myös suodatin (6). Kuivaimella varmistetaan, ettei ilmastointijärjestel-
mässä ole kosteutta tai likaa. Painekytkimen tehtävänä on suojata järjestelmää
liian alhaiselta tai korkealta paineelta. Tarvittaessa se katkaisee ohjauksen kom-
pressorilta.

Kuivaimelta neste jatkaa matkaansa paisuntaventtiilille (10), jolla erotetaan imu- ja painepuoli toisistaan sekä säädellään kylmäaineen virtausta höyrystimeen (8) kuristamalla virtausta, jolloin paine putoaa ja neste jäähtyy.

Höyrystimessä lämpöä siirretään puhaltimen (9) avulla ohjaamon sisäilmasta kylmäaineeseen, joka höyrystyessään sitoo ympäristöstään lämpöä. Ohjaamon lämpötila viilenee tehokkaasti. Höyrystynyt kaasu jatkaa matkaansa jälleen paisuntaventtiin kautta kompressorille, ja kierros alkaa alusta.

3.3 Nykyinen ilmastointijärjestelmä

Nykyisiin ympäristönhoitokoneisiin on tarjolla automaattisella ohjainlaitteella oleva ilmastointijärjestelmä. Järjestelmään kuuluu kaksiasentoinen vesiventtiili, ilmastoinnin ohjausrele, sisäkierron läpän ohjaus, puhaltimen nopeuden ohjaus, sisäilman lämpötila-anturi, ulkoilman lämpötila-anturi sekä puhaltimen kennon jäätyksen estävä anturi.

Ilmastoinnin kompressori on vakiotilavuuksinen vinolevykompressori, jota ohjataan ohjainlaitteella päälle ja pois lämpötilan ja paineen perusteella. Ilmastoinnin lauhduttimen puhallin toimii samalla periaatteella ja se käy aina maksiminopeudella, vaikka ei olisi tarvettakaan.

Nykyinen ohjainlaite ei tiedä moottorin käyntilämpötilaa eikä osaa reagoida, jos se ei voi saavuttaa tavoitelämpötilaa. Moottorin ollessa kylmä se ei tuota lämpöä puhaltimen kennossa kiertävään jäähdytinnesteeseen. Kylmän ilman puhaltaminen lämmityskennon läpi taas hidastaa virtaavan nesteen lämpenemistä entisestään.

Ohjainlaite ei myöskään tiedä, onko ympäristönhoitokone käynnissä, vaan kompressorin ja lauhduttimen puhaltimen saa ohjattua päälle turhaan koneen ollessa sammuksissa. Ilmastoinnin kehittämisen yhteydessä on tarkoituksena kehittää ilmastointijärjestelmän laitteiden toimintaa.

4 TOIMINTOJEN SUUNNITTELU

Tässä luvussa esitellään työn tavoitteita ja vaatimuksia, sekä valitaan komponentteja ja kuvataan niiden toimintaa.

4.1 Tavoitteet ja vaatimukset

Työn tavoitteena oli valmistaa automaattinen ilmastoinnin ohjaus Wille-työkoneeseen, jotta ohjaamon lämpötila saadaan pidettyä miellyttävänä. Ilmastoinnin ohjaus oli tarkoituksena integroida HMI-paneeliin, josta hallitaan muitakin Willen toimintoja. Ilmastoinnin ohjauksen integrointi työkoneen omaan HMI-paneeliin säästää tilaa kojetaulussa ja luo kustannussäästöjä, koska erillistä ohjainlaitetta ei enää tarvita.

Ilmastoinnin toimintaa oli työn ohessa myös tarkoituksena kehittää, jotta voitaisiin saavuttaa muun muassa moottorin nopeampi lämpeneminen kylmissä olosuhteissa ja poistaa turha kylmän ilman puhaltaminen ohjaamoon. Työn tuloksia on tarkoituksena käyttää Wille-ympäristönhoitokoneiden ilmastointien toiminnan kehittämiseksi.

Työn tueksi haluttiin piirikaavio, joka helpottaisi järjestelmän rakentamista. Ilmastoinnin ohjauksessa tarvittavat laitteet oli tarkoituksena liittää ohjainyksikköön ja ohjelmoida siihen myös automaattisen ilmastoinnin ohjaussekvenssi sekä muut alla luetellut halutut toiminnot. Ohjelmoidun ohjainyksikön ohjauksen integrointi HMI-paneeliin oli tarkoituksena toteuttaa väylän avulla.

Ilmastoinnin kehityskohteiksi asetettiin:

- huurteenpoisto
- automaattinen ohjaus
- manuaalinen ohjaus

Huurteenpoistoa tarvitaan, kun ohjaamon sisäilmaan on alkanut kerääntyä kosteutta. Kosteus alkaa kondensoitua pieniksi vesipisaroiksi ikkunoiden pinnalle, ja

ikkunat menevät huuruun. Huurteenpoisto-ohjelmassa vesiventtiili avautuu täysin, ilmastointi kytketään päälle, puhallin maksiminopeudelle ja sisäilmankierto kytketään pois päältä.

Täysin automatisoidussa ilmastointijärjestelmässä ohjainyksikköön ohjelmoitujen ohjaussekvenssien perusteella ohjainyksikkö tekee tarvittavat säädöt hytin sisäisen lämpötilan ja kosteuden pitämiseen haluttuna. Autoissa myös patopaineen aiheuttamat vaikutukset otetaan huomioon, mutta työkoneissa, joissa nopeudet ovat pieniä, tätä suuretta ei tarvita. Ihannetilanteessa kuljettajan tarvitsee vain asettaa haluamansa lämpötila ja nauttia kyydistä. Ohjelmoitu ohjainyksikkö osaa siis reagoida anturitietojen perusteella erilaisin ohjauksin sään mukaan.

Myös manuaalinen ohjaus tarvitaan esimerkiksi talvella, kun moottorin lämpötila ei ole saavuttanut automaattisen ohjauksen vaatimaa tasoa. Manuaalisessa ohjauksessa kuljettaja pystyy itse kytkemään ilmastoinnin kompressorin pois päältä, ohjaamaan sisäilmankierron läppää ja säätämään asteittain puhaltimen nopeuden sekä puhalletun ilman lämpötilan.

4.2 Komponenttien valinta

Ensimmäisenä tutkittiin, voidaanko vanhan järjestelmän komponentteja käyttää. Tuloksena oli, että vesiventtiili vaihdetaan jänniteohjattuun. Lauhduttimen sekä lämmityskennon puhaltimia ohjataan ohjainyksiköllä portaattomasti ja ilmastoinnin painekytkimen tilalle vaihdetaan paineanturi. Myös lämpötila-antureita lisätään. Muilta osin järjestelmä pysyisi samana.

Työhön valittiin 0 – 10 V:n jänniteohjattu vesiventtiili, jotta virtausta pystyttäisiin säätämään mahdollisimman tarkasti. Venttiilin oli tarkoitus toimia lineaarisesti, mikä mahdollistaa tarkat ohjaukset.

Työssä tarvittiin lämpötila-antureita eri paikkoihin. Kaksi hytin sisälle ylä- ja alaosiin, jotta pystyttäisiin tutkimaan ilman sekoittumista ja lämpötilavaihteluita eri korkeuksissa.

Hytin ulkopuolisen ilman lämpötilaa koneessa mittaa jo moottorin imuilman lämpötila-anturi, jonka lämpötilatietoja saatiin käytettyä väyläviestien avulla. Anturin tietojen avulla pystytään reagoimaan nopeammin ulkolämpötilojen vaihteluun ja näin vakauttamaan sisäilman lämpötilaa.

Sisäilmapuhaltimen kennossa oli jo vanhassakin järjestelmässä anturi. Tätä anturia pystyttiin käyttämään myös nykyisessä järjestelmässä, joten se sai olla paikallaan. Anturin avulla tutkitaan kennon lämpötilaa ja estetään sen jäätyminen kompressorin jäähdyttäessä nestekiertoa.

Sisäilmankierto on toiminto, joka on tärkeässä roolissa jokaisessa ohjelmassa. Sen avulla säädellään, tuleeko ilmastointijärjestelmän imuilma ulkoilmasta vai ohjaamon sisältä. Sisäilmankierron käyttäminen tulee kyseeseen, kun halutaan ohjaamon lämpenevän nopeammin, tai ulkoilmassa on hajuhaittoja, joiden pääsemistä ohjaamoon halutaan estää. Sisäilmankierto toteutetaan käytännössä pienellä sähkömoottorilla, jonka akselin päässä on ilmaa ohjaava läppä. Moottoria ohjataan ohjainyksikön ja releiden avulla ääriasennosta toiseen. Järjestelmässä oli jo valmiiksi rakennettu sisäilmankierto. Nyt sen ohjaus piti vain saada toimimaan uudessa järjestelmässä. Läppää käännettiin auki ja kiinni vaihtamalla sitä ohjaavan moottorin napaisuutta. Tätä varten tarvittiin kaksi lähtöä kontrollerista sekä kaksi relettä, joiden avulla ohjaus onnistui.

Vanhassa järjestelmässä lämmityspuhallinta ohjattiin tehonsäätimen avulla, jolloin ohjainyksikön analoginen 0 – 5 V ohjausjännite ja akulta tuleva 12 V käyttöjännite kytkettiin tehonsäätimelle. Kontrollerin antaman ohjaussignaalin mukaan tehonsäädin lähetti PWM-signaalia puhaltimelle. Uudessakin järjestelmässä käytetään tehonsäädintä, koska kontrollerin suurin 4 A lähtö ei riitä tuottamaan tarpeeksi virtaa puhaltimen käynnistysvirran ollessa 16 A luokkaa. Käynnistysvirtoja on mitattu luvussa 6. Tehonsäädin on tyypiltään hieman erilainen kuin vanhan järjestelmän tehonsäädin, sillä myös tulona käytetään PWM-signaalia. Tässä tapauksessa tehonsäädin siis vain vahvistaa signaalia.

Vanhan painekeytkimen tilalle vaihdettiin 0 - 40 barin paineanturi, jonka avulla saatiin tietoa järjestelmän paineesta, jonka perusteella ohjainyksikön ohjelmaan voitiin lisätä haluttuja ehtoja.

4.3 Ohjainyksikkö

Edellä lueteltujen komponenttivalintojen perusteella tehtiin IO-luettelo ja mietittiin, minkälaista kontrolleria työssä käytetään. IO-luettelo on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Ilmastoinnin IO-luettelo.

IO-LISTING							
	PIN	IN	TYPE		PIN	OUT	TYPE
IN0400	46	CABIN SENSOR	R	OUT0000	16	FAN (HEATER)	PWM
IN0401	47	REF. CABIN SENSOR	R	OUT0001	17	AIR RECIRCULATION ACTUATOR CLOSE	DO
IN0900	38	ANTI-ICING TEMPERATURE SENSOR	R	OUT0002	18	FAN CONDENSER	PWM
IN0100	39	SYSTEM PRESSURE	mV	OUT0003	19	AIR RECIRCULATION ACTUATOR OPEN	DO
				OUT0006	22	PRESSURE SWITCH	DO
				OUT3000	31	SENSOR POWER	AO 10 V
				OUT3001	32	WATER VALVE	AO 0-10 V

IO-luettelossa ei ole mainittuna väylästä saatavia tietoja. Niitä ovat jäähdytysveden sekä ulkoilman lämpötila. Lisäksi HMI-paneelissa tehtävät ilmastoinnin ohjauksen komennot välitetään ohjainyksikölle väyläviesteinä.

Koska Vilakoneella ei ollut pienempää ohjainyksikköä, päädyttiin käyttämään IFM:n tuotetta CR711S ja sen apuna PWM-tehonsäätimiä. Ohjainyksikön valintaan vaikutti myös se, että niitä käytetään Wille-ympäristönhoitokoneissa lisääntyvässä määrin, ja tässä työssä laitteeseen tutustuminen hyödyttää tulevaisuuden töissä niin tämän työn tekijää kuin tilaajaakin. Ohjainyksikkö on kuvassa 4.



KUVA 4. IFM CR711s ohjainyksikkö (ifm electronic)

Ohjainyksikkö on sopivan kokoinen mobiilikäyttöön, mitoiltaan noin 20x20x5 cm. Se painaa vain 1,4 kg ja on tiiveysluokitukseltaan IP67. Ohjainyksikössä on yhteensä 32 tuloa ja 28 lähtöä. Ohjainyksikön liitännät on esitetty liitteessä 1.

Pelkästään ilmastoinnin ohjaukseen laite olisi turhan suuri, mutta jatkossa ilmastoinnin ohjaus on tarkoituksenaan liittää jo ohjaamossa olevaan samanlaiseen ohjausyksikköön.

Ohjainyksikkö tukee johtavaa laitteistoriippumatonta CODESYS-ohjelmointiympäristöä, jota käytettiin tässä työssä komponenttien konfigurointiin ja ohjelman suunnitteluun.

4.4 HMI-paneeli

Wille 465 -ympäristönhoitokoneessa käytetään Danfossin valmistamaa mobiilikäyttöön tarkoitettua DP570-HMI-paneelia, jonka ohjelmoimiseen käytetään Danfossin omaa PLUS+1-ohjelmointityökalua. Paneelissa on 5,7 tuuman TFT-näyttö, ja se on IP65-luokiteltu. Toimintoja hallitaan kuuden painonapin avulla.

Tässä työssä jo olemassa olevaan HMI-paneeliin tehdään ilmastoinnin ohjaamiselle omat sivut, ja paneelin saamia ohjaukskäskyjä lähetetään kontrollerille väyläviestein. HMI-paneeli on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Danfoss DP570 -HMI-paneeli (Danfoss)

5 ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

Työn toteuttamisessa ensimmäinen työvaihe oli piirikaaviosuunnittelu ja sen avulla ilmastointijärjestelmän sovittaminen työkoneeseen. Lisäksi tehtiin ohjelmistosuunnittelua ohjainyksikköön ja HMI-paneeliin.

5.1 Piirikaaviosuunnittelu

Työn toteuttamisen ensimmäinen vaihe oli tehdä piirikaavio ilmastointijärjestelmästä Vertex ED -suunnittelutyökalulla. Jo olemassa olevaan ilmastointijärjestelmän rakenteeseen yritettiin tehdä kaikki muutokset liitinrajapinnoilla, jolloin sähköjärjestelmän palauttaminen työn jälkeen alkuperäiseen muotoonsa olisi mahdollisimman helppoa.

Pääosin järjestelmää suunniteltaessa tehtiin niin, että ohjainyksiköltä piirrettiin uudet johdot laitteille, joihin johdinsarjaa rakennettaessa liitettäisiin omat liittimensä. Tällä menetelmällä uudesta ilmastoinnin johtosarjasta saatiin koneesta erillinen sarja, jonka saa lisättyä ja irrotettua työkoneesta muutoksia tekemättä. Ohjainyksikön syöttöjä lukuunottamatta tavoite onnistui, sillä ne olivat ainoat, jotka jouduttiin liittämään ympäristönhoitokoneen piirikortilla oleviin, käyttämättä jääneisiin sulakelähtöihin.

Ilmastointijärjestelmän piirikaaviota piirrettäessä ei otettu kantaa johdinkokoihin eikä väreihin, koska piirikaavio on tehty ainoastaan ilmastointijärjestelmän rakentamisen helpottamiseksi. Työssä tehtyä piirikaaviota voidaan käyttää jatkossa suunnittelun apuna uuden ilmastointijärjestelmän integroinnin suunnittelussa ympäristönhoitokoneisiin. Piirikaavio on esitetty liitteessä 2 ja sitä seuraamalla saa käsityksen seuraavista selostuksista.

Lämpötila-anturit olivat kaikki kaksinapaisia vastusantureita, joiden toinen johto liitettiin kontrollerin IO-listassa määrättyyn tuloon ja toinen kontrollerin omaan, antureille tarkoitettuun maapisteeseen.

Ilmastointijärjestelmän paineanturin erona muihin antureihin oli, että se vaati käyttöjännitteen, joka saatiin kontrollerin omasta, antureita varten olevasta jännitelähdöstä. Paineanturin maadoitusjohdin liitettiin muiden antureiden tapaan kontrollerin maapisteeseen. Signaali liitettiin kontrollerilla jännitettä mittaavaan tuloon. Painetiedon avulla ohjataan kompressoria ja lauhduttimen puhallinta ohjelmasta.

Lämmityksen ja lauhduttimen puhaltimien johdotuksia piirrettäessä piti ottaa huomioon PWM-tehonsäätimet. Molemmille puhaltimille tuli jo oma jännitesyöttönsä työkoneneen sähköjärjestelmästä. Tämä mahdollisti sen, että lauhduttimen ja lämmityksen puhaltimien nykyisten jännitesyöttöjen ja puhaltimien väliin lisättiin vain tehonsäätimet. PWM-signaali tehonsäätimelle saatiin ohjainyksiköltä, ja maadoitusjohto kytkettiin kontrollerin maapisteeseen.

Ohjainyksikön ainoa jännitelähtö käytettiin vesiventtiilin ohjaamiseen. Vesiventtiili tarvitsi oman käyttöjännitteensä, joka otettiin ympäristönhoitokoneessa olleesta XCL14-liittimestä. Maadoitusjohto kytkettiin koneen runkoon.

Erikoisin toteutus tehtiin sisäilmankierron läpän ohjaukseen. Lämpämoottori toimii napaisuuden käänöllä. Moottorille syötetään aina 12 V, napaisuutta kääntämällä moottori vaihtaa pyörimissuuntaansa ja ajaa läpän toiseen ääripäähänsä. Moottorin sisäinen elektroniikka katkaisee moottorin pyörittämisen, kun läppä on ääripäässä.

Sisäilmankierron läpän ohjaukseen tarvittiin kaksi kontrollerin lähtöä sekä kaksi releitä. Kontrollerien lähdöt kytkettiin releiden 86-nastoihin ja läppämoottorin navat 30-nastoihin. Syöttöjännite saatiin samalta XCL14-liittimeltä kuin edellä ja se kytkettiin molempien releiden 87a-nastoihin. Kummankin releen 85- ja 86-nastat liitettiin maadoituspisteeseen koneen runkoon. Edellä selostetulla tavalla läppämoottorin jännitteen napaisuutta pystytään kääntämään ohjaamalla kontrollerin lähtöjä vuorotellen.

5.2 Ohjelmistosuunnittelu

Ohjelmistosuunnittelu sisälsi HMI-paneelin sekä ohjainyksikön ohjelmien luomisen, joita esitellään seuraavissa luvuissa.

5.2.1 HMI-paneeli

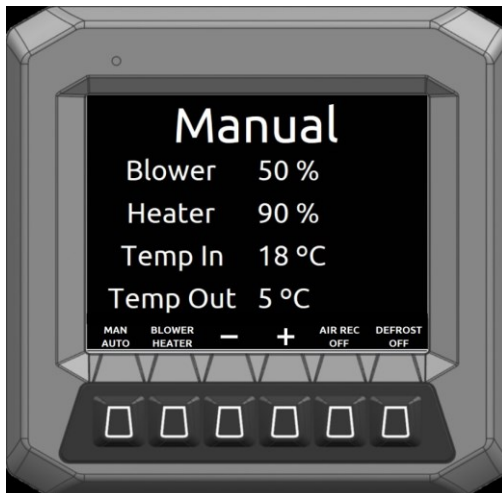
Työ aloitettiin hahmottelemalla, millainen käyttöliittymä ilmastoinnin ohjaukselle tehdään. Paneelissa on kuusi näppäintä ja kaikille suunniteltiin oma käyttönsä. Hahmottelemisen jälkeen mietittiin, minkälaisia väyläviestejä tarvitaan HMI-paneelin ja ohjainyksikön väliseen kommunikointiin. Väyläviestit ovat lueteltuina luvussa 5.2.2.

HMI-paneelin näytön valinnan toteutus on esitetty liitteessä 7. Kuvassa 6 näkyvät painikkeet on nimetty ohjelmassa yhdestä kuuteen kuvan mukaan vasemmalta oikealle. Painikkeesta 1 valitaan, ollaanko manuaali- vai automaattiohjauksen näytössä. Painiketta 6 painamalla valitaan huurteenpoisto-ohjelma ja se pystytään valitsemaan aina manuaali- tai automaattitilasta riippumatta. Painamalla huurteenpoiston painiketta uudelleen päästään takaisin siihen ohjelmaan, joka on viimeksi ollut päällä. Huurteenpoisto-ohjelman näyttö on esitetty kuvassa 6.



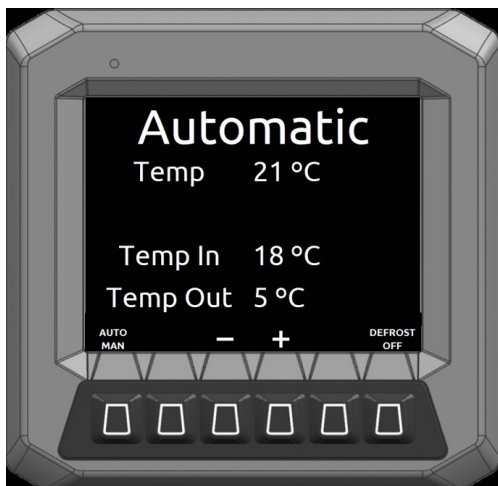
KUVA 6. Huurteenpoisto-ohjelman näyttö

Kuvassa 7 on esitetty manuaalisen ohjelman näyttö. Näytettäviä arvoja ovat puhaltimen ja lämmityksen ohjaus prosentteina. Työn testausta varten näytössä on myös sisälämpötilaa mittaavien kahden anturin keskiarvo sekä ulkolämpötila. Painikkeesta 2 valitaan, ohjataanko puhallusnopeutta vai lämmitystä. Valinta on mahdollinen vain manuaaliohjauksella, ja sen toteutus on esitetty liitteessä 8. Painikkeilla 3 ja 4 lisätään tai vähennetään ohjausta. Painikkeella 5 ohjataan sisäilmankierron läppää, ja se on mahdollista vain manuaaliohjauksella.



KUVA 7. Manuaalisen ohjelman näyttö

Painikkeilla, joilla valitaan ohjelman tila, tai mitä ohjataan, kuvaa ylempi teksti aina sitä ohjausta joka on tällä hetkellä valittuna. Automaattisen ohjelman näyttämä on esitetty kuvassa 8. Automaattisella ohjauksella näytetään vain asetettua lämpötilaa, sisälämpötilaa ja ulkolämpötilaa. Näppäimillä 3 ja 4 voidaan muuttaa asetettua lämpötilaa.



KUVA 8. Automaattisen ohjauksen näyttö

5.2.2 Väyläviestit

Työssä tarvittiin väyläviestejä ohjainyksikön ja HMI-paneelin väliseen kommunikointiin sekä moottorin mittaamien viestien lähettämiseksi ohjainyksikköön. Ohjainyksikön saamia väyläviestejä moottorilta olivat:

- jäähdytysnesteen lämpötila
- imuilman lämpötila.

Ohjainyksikön vastaanottamia väyläviestejä HMI-paneelilta olivat:

- valittu näyttö
- plus -painike
- miinus -painike
- puhallus- tai lämmitystason valinta
- sisäilmankierron läpän ohjaus

Ohjainyksikön lähettämiä väyläviestejä näytölle olivat:

- sisälämpötila-antureiden keskiarvo asteina
- vesiventtiilin tilatieto prosentteina
- sisäilmanpuhaltimen tilatieto prosentteina
- asetettu lämpötila astein

Sisälämpötila-antureille tehtiin vikadiagnostiikka ohjainyksiköllä, joka mittaa antureiden vastusarvoa. Anturivalmistajan raja-arvojen ylittyessä ohjainyksikkö lähettää väylään arvon 251. HMI-paneeli näyttää tällöin arvon tilalla katkoviivaa, josta tiedetään antureissa olevan vikaa. HMI-paneelin ja ohjainyksikön väyläviestien ohjelmointia on esitetty liitteissä 3-6.

5.2.3 Tulojen konfigurointi

Ohjainyksikön ohjelmointi toteutettiin CODESYS–ohjelmointityökalulla. Työ aloitettiin ottamalla tulot ja lähdöt käyttöön. Kuvassa 9 esimerkki vastusantureiden käyttöönotosta.

```
(* Resistor Inputs *)
IN0400.IN_RESISTOR      (eFilter:=ifmIOcommon.FILTER_INPUT.FILTER_5);
IN0401.IN_RESISTOR      (eFilter:=ifmIOcommon.FILTER_INPUT.FILTER_5);

IN0900.IN_RESISTOR      (eFilter:=ifmIOcommon.FILTER_INPUT.FILTER_5);
IN0901.MONITOR          (eFilter:=ifmIOcommon.FILTER_INPUT.UNCHANGED);
```

KUVA 9. Vastusantureiden käyttöönotto.

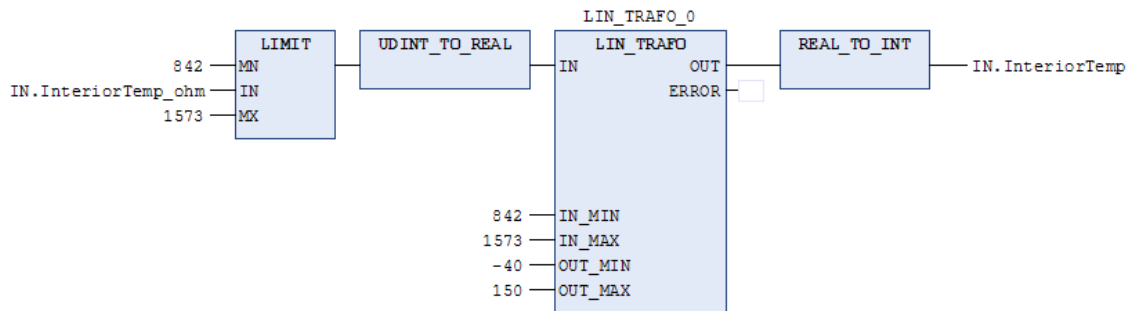
Ohjainyksikössä on neljä vastusantureille tarkoitettua tuloa, joista kolme tuli käyttöön. Käytössä olevan tulon kohdalle piti valita, mitä mitataan, jotta ohjainyksikkö ymmärtää sen olevan käytössä ja toimii oikein. Lisäksi määriteltiin mitatun arvon suodatustaajuus, jolle on 12 erilaista vaihtoehtoa. Tässä työssä käytettiin tasoa 5. Tasojen erot ovat ohjainyksikön valmistajan määrittelemiä, joten tässä työssä niistä ei päästä selostamaan. Tuloa 901 ei otettu käyttöön, joten se jätettiin monitoroimaan.

Käyttöönotetut tulot liitettiin ohjelmaan tehtyihin muuttujiin kuvan 10 mukaisesti.

```
IN.InteriorTemp_ohm:=IN0400.stcDataOut.uiValueAnalogue;
IN.InteriorTempRef_ohm:=IN0401.stcDataOut.uiValueAnalogue;
IN.AntiIcingTemp_ohm:=IN0900.stcDataOut.uiValueAnalogue;
IN.SystemPressure_mV:=IN0100.stcDataOut.uiValueAnalogue;
```

KUVA 10. Muuttujien liittäminen käyttöönotettuihin tuloihin.

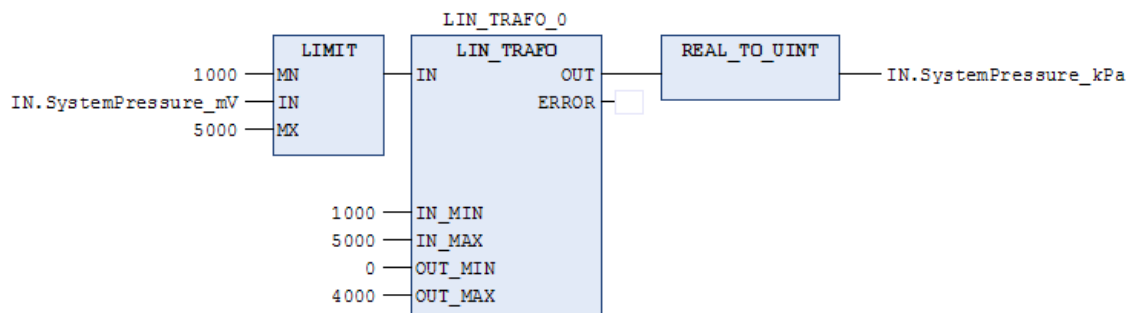
Vastusanturit piti skaalata tietojen käyttämistä varten ohjelmassa. Esimerkki skaalauksesta on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. Esimerkki vastusantureiden skaalauksesta

Vastusanturit muuttavat vastusarvoaan lämpötilan mukaan. LIMIT-lohkolla rajoitetaan viesti anturivalmistajan ilmoittamien arvojen välille. Viesti muunnetaan reaalisiksi, jotta se voisi saada myös negatiivisia arvoja. LIN_TRAFO-linearisointilohkolla määritellään tulevien ja lähtevien signaalien minimi- ja maksimiarvot, joiden perusteella lohko laskee skaalatun arvon. Tämä arvo muunnetaan kokonaisluvuksi, jotta tässä tapauksessa sisälämpötilan muuttujaa voidaan käyttää ohjelman eri osissa. Vastusantureita olivat lämmityslaitteen kennon jäätyminenesto-anturi, sekä molemmat sisälämpötilaa mittaavat anturit.

Paineanturin skaalaus tehtiin samalla periaatteella, sillä erolla että mittaustietona käytettiin arvoja välillä 1000 - 5000 mV. Linearisointilohkolla tulevat arvot muutettiin välille 0 - 4000 kPa. Linearisointilohkon tieto vietiin taas muuttujaan, jota käytettiin ohjelman eri osissa. Paineanturin skaalaus on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Paineanturin skaalaus

5.2.4 Lähtöjen ohjelmointi

Lähdöt konfiguroitiin aluksi vastaavalla tavalla kuin tulotkin. Lähtöjä oli kuvan 13 mukaisesti seitsemän kappaletta, joista antureiden jännitesyöttö (OUT3000) asetettiin olemaan aina päällä. Jokainen lähtö liitettiin muuttujaansa kuvan 13 mukaisesti.

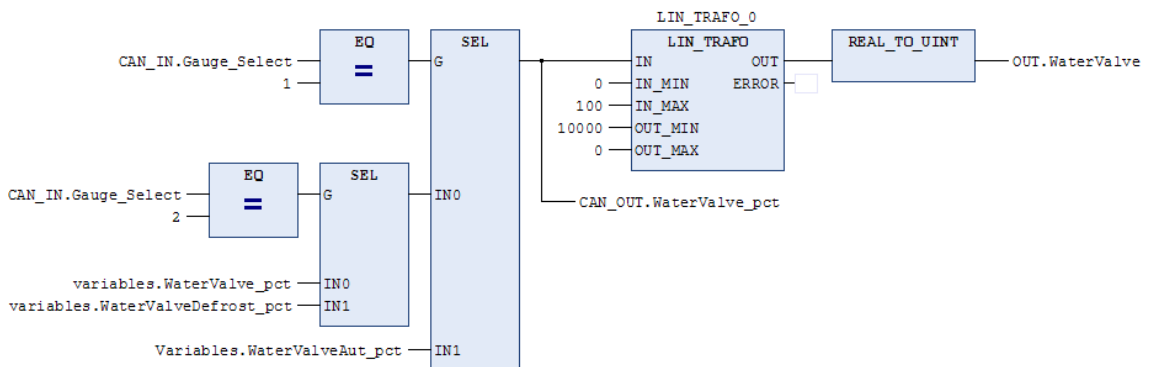
```

OUT3000.uiValue:=1;
OUT3001.uiValue:=OUT.WaterValve;
OUT0006.uiValue:=OUT.PressureSwitch;
OUT0001.uiValue:=OUT.AirRecirculationActuatorClose;
OUT0003.uiValue:=OUT.AirRecirculationActuatorOpen;
OUT0000.uiValue:=OUT.FanHeater;
OUT0002.uiValue:=OUT.FanCondenser;

```

KUVA 13. Muuttujien liittäminen käyttöön otettuihin lähtöihin

Vesiventtiin ohjaukseen käytettiin jännitelähtöä 3001. Vesiventtiin ohjaus on esitetty kuvassa 14.



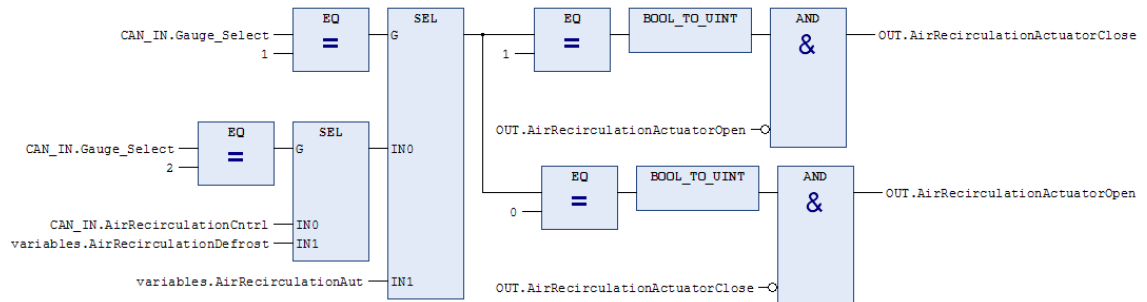
KUVA 14. Vesiventtiin ohjaus

Jos näytöstä ei ole valittuna automaattista- tai huurteenpoistotilaa, vesiventtiiliä ohjataan manuaalisen ohjauksen apumuuttujalla. Jos näytön valinnan arvo on 1, vesiventtiiliä ohjaa automaattisen ohjauksen apumuuttuja. Näytön valinnan arvon ollessa 2 vesiventtiiliä ohjaa huurteenpoistajan apumuuttuja.

Ohjauksen prosenttiarvo siirretään linearisointilohkolle, joka muuntaa 0 - 100% ohjauksen 0 - 10000 mV välille. Ohjauksen suuruus prosentteina lähetetään väy-

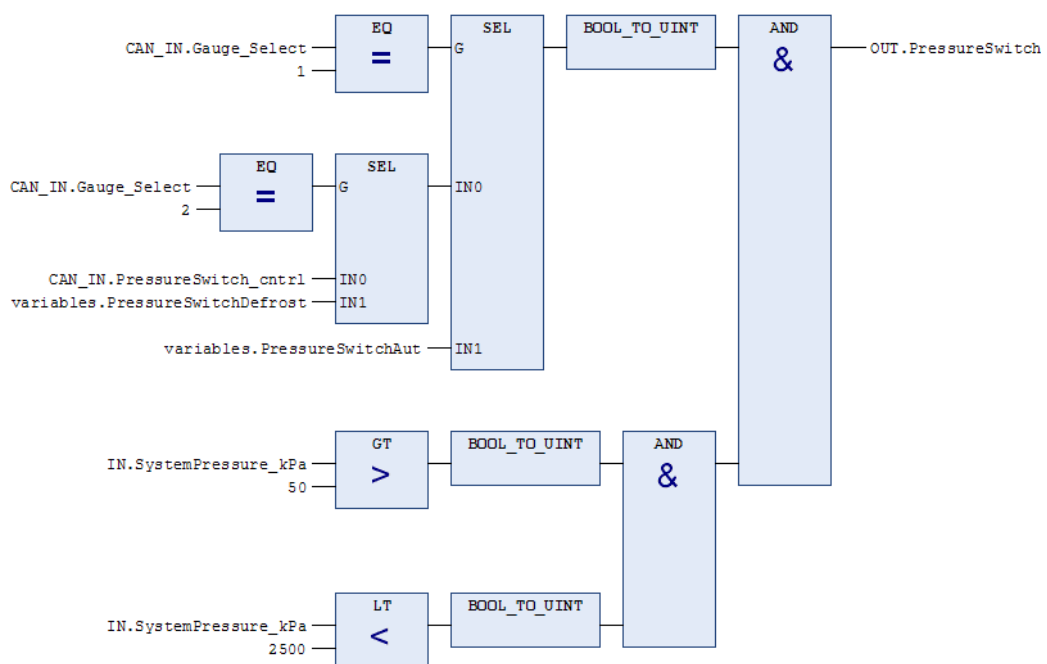
läviestinä näytölle. Lauhduttimen puhaltimen sekä sisäilman puhaltimien ohjaukset toimivat samalla periaatteella eronaan, että niissä muunnellaan PWM-signaalia.

Sisäilmankierron läpän ohjauksessa apuna käytettiin jo luvussa 5.1 mainittuja kahta relettä. Kuvasta 15 nähdään kaksi ohjattavaa lähtöä, joilla ohjataan releitä ja käännettään läppämootorin napaisuutta.



KUVA 15. Sisäilmankierron läpän ohjaus

Näytön valinta ja sen perusteella tehtävä ohjaus toimii samalla tavalla kuin edellä. Sisäilmankierron painiketta painettaessa läppä on aina joko auki tai kiinni. Paineanturin tiedon perusteella mahdollistettiin kompressorin ohjaus päälle. Näytön valinnan lisäksi ohjaus sallitaan, jos järjestelmän paine on yli 50 kPa ja alle 2500 kPa. Paineanturin ohjaus nähdään kuvasta 16.

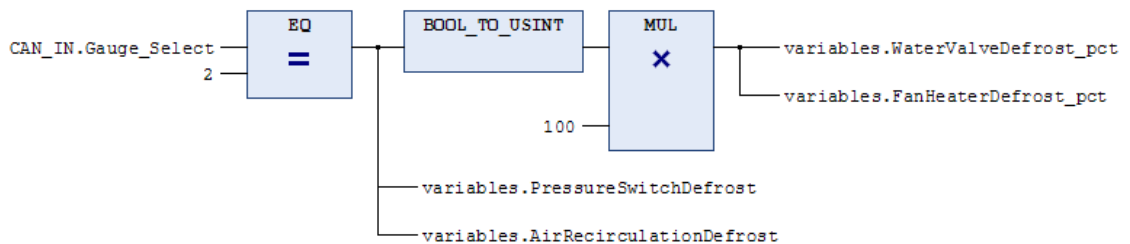


KUVA 16. Paineanturin ohjaus.

5.2.5 Ohjelmat

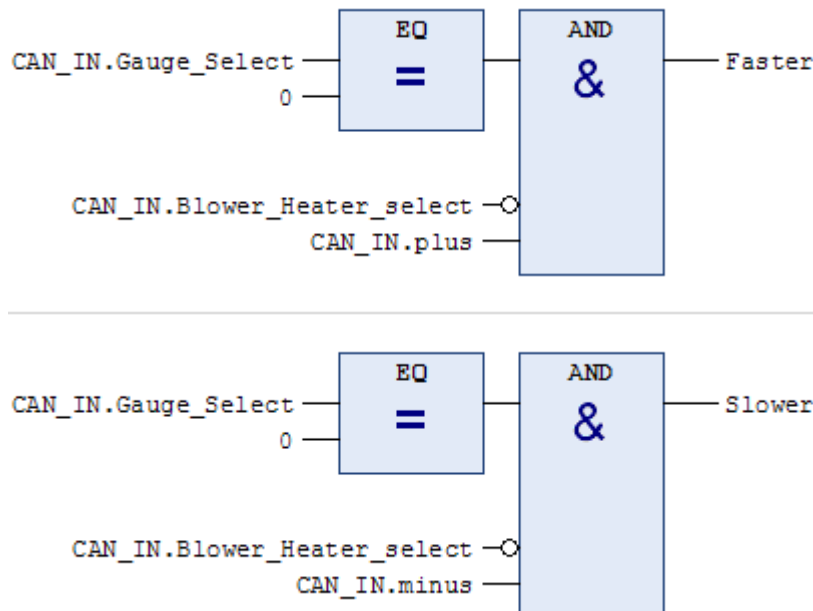
Kuten työn aiemmissa luvuissa on selitetty, halutuiksi toiminnoiksi muodostui manuaalinen ohjaus, automaattinen ohjaus ja huurteenpoisto.

Huurteenpoisto-ohjelmassa asetetaan vesiventtiili täysin auki, Puhaltimen ohjaus täysille, kompressorille päälle ja sisäilmankierron läppä auki. Ohjelma on esitetty kuvassa 17.



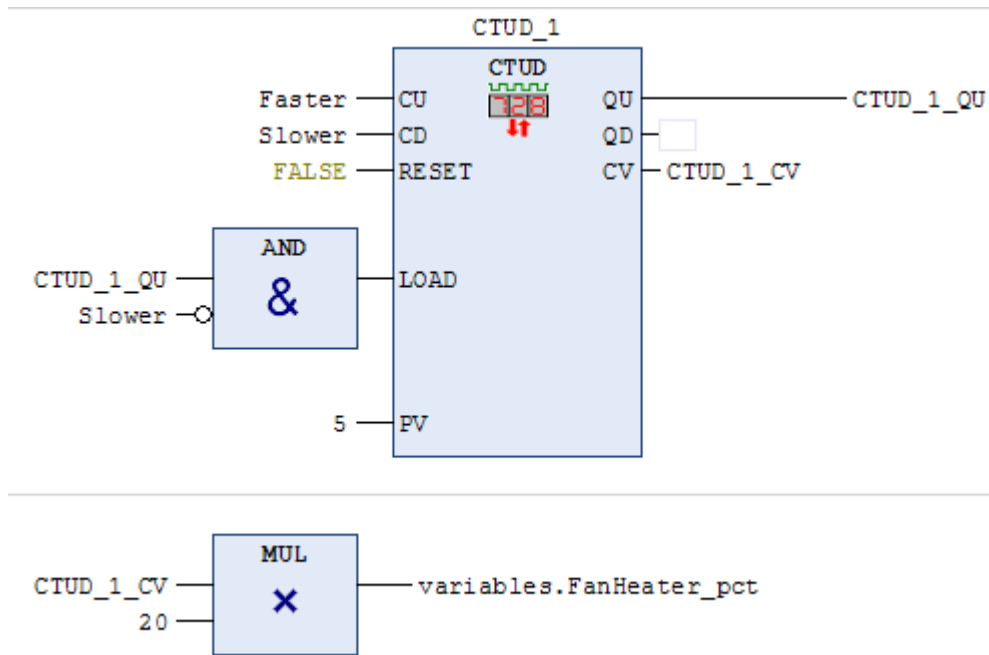
KUVA 17. Huurteenpoisto-ohjelma

Manuaalisessa ohjelmassa pystytään ohjaamaan puhaltimen nopeutta ja vesiventtiin aukeamaa 20 % välein 0 – 100 %. Ohjelma on esitetty kuvissa 18 ja 19.



KUVA 18. Puhalluksen tason säätö

Kun valittuna on manuaaliohjauksen näyttö ja lämmityksen painike ei ole valittuna, plus näppäintä painamalla puhaltimen ohjausta nostetaan 20 % kerrallaan.



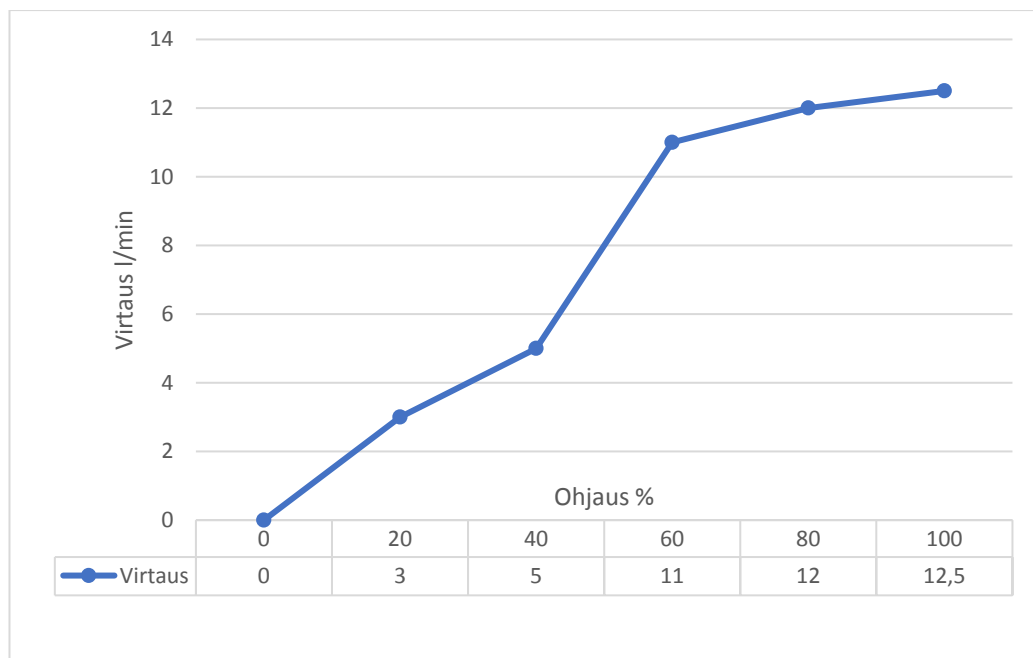
KUVA 19. Puhalluksen tason säädön laskuri

Plus- ja miinus- painikkeilla nostetaan laskurin arvoa välillä 0 - 5. Laskurin arvoa kerrotaan luvulla 20, jolloin maksimiarvolla 5 ohjaus on 100 %. Lämmityksen painiketta painamalla päästään ohjaamaan lämmityksen tasoa eri laskurilla, joka toimii samalla periaatteella. Kompressorin ja lauhduttimen puhaltimen ohjauksia ei manuaalisessa tilassa ole vielä toteutettu, koska ilmastoinnin toimintaa ei työn aikataulun puitteissa ehditty mittaamaan. Samasta syystä myös automaattisen ohjelman toteutus on siirretty tulevaisuuteen, ja sitä kehitetään tämän työn tulosten perusteella.

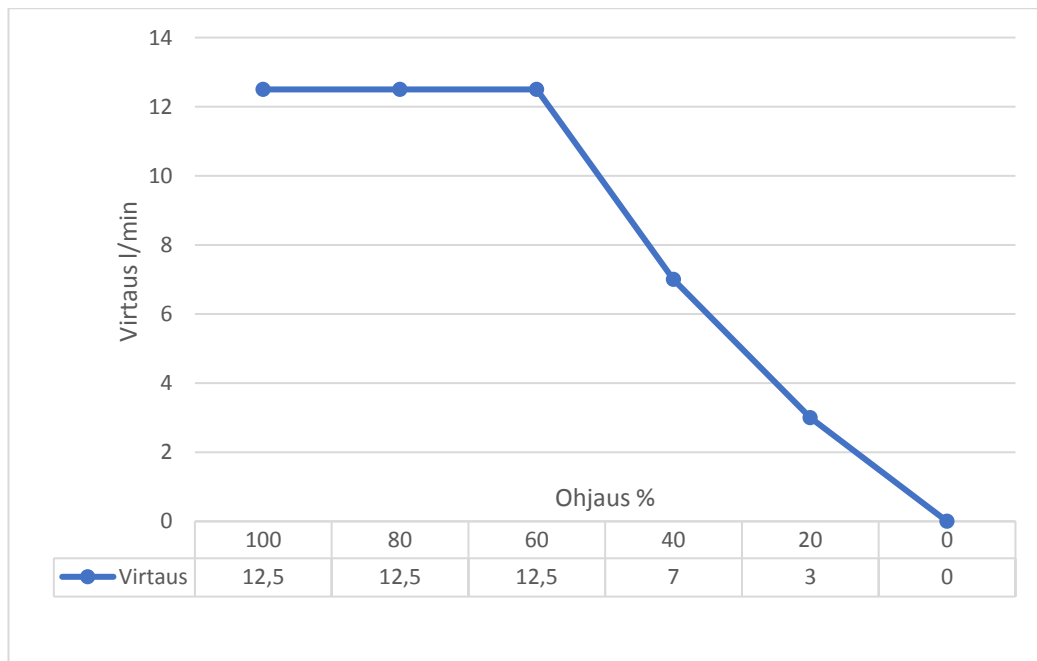
6 ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄN TESTAUS

Kun ohjelmat oli luotu, komponentit sovitettu ja järjestelmä liitetty työkoneeseen, alettiin testaamaan laitteiden toimintaa automaattisen ilmastoinnin ohjaussekvenssin luomista varten. Ensimmäiseksi testattiin uuden 0 - 10 V jännitteellä ohjattavan vesiventtiilin toimintaa järjestelmässä. Työpöydällä testattaessa venttiilin aukeama toimi lineaarisesti jänniteohjauksen mukaan.

Vesiventtiilin toimintaa testattiin liittämällä virtausmittari jäähdytinnestekiertoon vesiventtiilin kanssa sarjaan. Moottorin käyntinopeus oli 1500 kierrosta minuutissa. Mittauksien tulokset ovat esitettyinä kuvissa 20 ja 21.



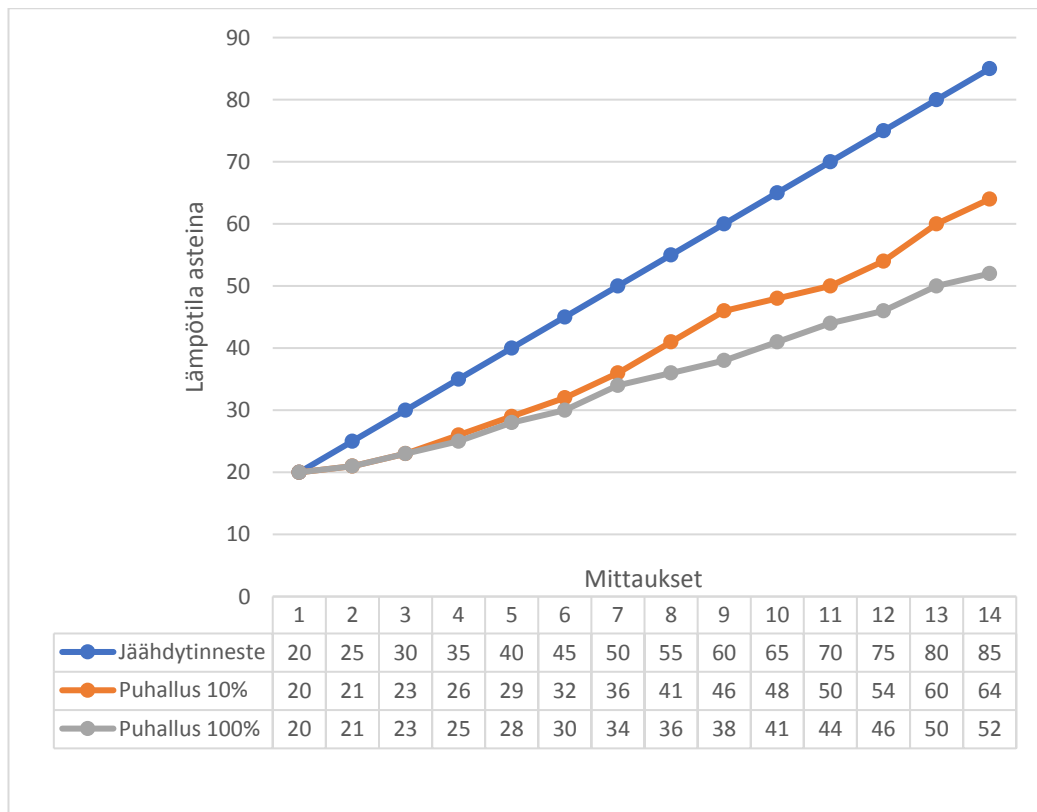
KUVA 20. Jäähdytinnesteen virtaus suhteessa venttiilin aukeamaan.



KUVA 21. Jäähdytinnesteen virtaus suhteessa venttiin sulkeutumiseen

Kuvista 20 ja 21 huomataan, että vesiventtiilillä ei saada säädettyä virtausta lineaarisesti ohjauksen mukaan. Virtaus ei myöskään saavuta samaa litramäärää minuutissa, kun venttiiliä ohjataan 40 – 60 % ja 60 – 40 %. Tämä aiheuttaa ongelmia automaattisen ilmastoinnin ohjauksessa, kun komponenttien pitäisi toimia tarkasti. On siis löydettävä uusi, paremmin tässä tarkoituksessa toimiva vesiventtiili.

Automaattisen ilmastoinnin ohjaussekvenssiä ajatellen testattiin myös puhallettavan ilman maksimilämpötila suhteessa moottorin jäähdytysnesteen lämpötilaan sisäilmankierron läpän ja vesiventtiin ollessa täysin auki. Mittaus toteutettiin asettamalla toinen sisäilman lämpötilaa mittaavista antureista ilmakehään ja sulkemalla kaikki muut kanavat. Moottorin käyntinopeus oli 1500 kierrosta minuutissa, jolloin jäähdytinnesteen kiertonopeus oli 12,5 litraa minuutissa. Mittaus tehtiin kaksi kertaa, 10 % ja 100 % sisäilmanpuhaltimen ohjauksella. Mittaustulokset on esitetty kuvassa 22.



KUVA 22. Puhalluslämpötila suhteessa jäähdytinnesteen lämpötilaan

Mittaustuloksista huomataan, että pienemmällä puhaltimen nopeudella puhallettava lämpötila on kuumempaa. Tästä voidaan päätellä, että lämmityslaitteen kenno, jossa jäähdytinneste kiertää, ei pysty luovuttamaan tarpeeksi lämpöä puhallettavan ilmavirran virratessa nopeammin läpi kennon. Toinen vaihtoehto on se, että moottori ei tuota tarpeeksi lämpöenergiaa kennolle. Työtä testattaessa huomattiin myös, että kun kierrosnopeus laskee tyhjäkäynnille, myös puhalluslämpötila laskee. Puhalluslämpötilan laskeminen on huomioon otettava ilmiö ohjaamon lämmittämisen maksimoimisessa kylmissä olosuhteissa ja automaattisen ohjausekvenssin suunnittelussa.

Myös puhaltimissa käytettäviä PWM-tehonsäätimiä testattiin. Erityisesti lauhtuttimen puhaltimen ohjauksessa tehonsäätimen tuomat edut ja haitat kiinnostivat. Ennen suoraan releeltä tullut ohjaus puhaltimelle oli nopea, virtapiikin aiheuttava päälle pois -ohjaus. Täydellä teholla käyvä puhallin tekee ohjaamoon meluhaitan. Tehonsäätimellä ohjausta pystytään rajoittamaan tarpeen mukaan. Tehonsäätimellä ja releellä ohjatun puhaltimen vertailu on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Tehonsäätimellä ja releellä toteutetun ohjauksen vertailu

Käynnistys releellä				Käynnistys tehonsäätimellä			
Mittaus kerrat	Huippu virta, A	Jatkuva virta, A	Jatkuva jännite, V	Mittaus kerrat	Huippu virta, A	Jatkuva virta, A	Jatkuva jännite, V
1	14,15	7,74	12,62	1	7,17	7,17	11,51
2	14,57	7,71	12,62	2	7,18	7,18	11,51
3	16,26	7,66	12,62	3	7,09	7,05	11,51

Vertailusta huomataan, että releohjaus aiheuttaa suurimmillaan 16 A virtapiikin, kun tehonsäätimellä virta nousee hallitusti ohjauksen mukana jatkuvaan noin 7 A puhaltimen ottamaan virtaan, eikä aiheuta piikkiä. Tehonsäädin ei kuitenkaan jostain syystä anna samaa jännitettä puhaltimelle kuin releohjauksella.

Tehonsäätimen huonona puolena voidaan pitää sitä, että ohjauksen muuttuminen 0 – 100 % kestää 36 sekuntia. Ilmastointijärjestelmän kylmäaineen lauhdustatarpeen vaihtelu on nopeaa, eikä tehonsäädin välttämättä pysty ohjaamaan lauhduttimen puhallinta tarpeen mukaan. Tehonsäätimen avulla voidaan kuitenkin selvittää, tarvitseeko lauhduttimen käydä aina täydellä teholla, vai voidaanko ohjaus jättää 50%:iin esimerkiksi tyhjäkäynnillä ja nostaa sitä moottorin kierrosnopeuden mukaan, jolloin puhaltimen ääni muuttuisi lähes huomaamattomaksi.

7 POHDINTA

Työ oli kaikilta osa-alueiltaan haastava. Alusta lähtien komponenttien haaliminen ympäri maailmaa johti pitkiin sähköpostiketjuihin, joita puitiin viikkoja monien eri yhtiöiden edustajien kanssa. Tiettyjen komponenttien hankkimisen osalta ongelmaksi muodostui tilauksen koko ensimmäistä prototyyppiä tehtäessä. Osia saapui ripotellen pitkin kevättä ja lähes poikkeuksetta niitä saatiin muokata sopiviksi Vilakoneella. Koska automaattisen ilmastoinnin ohjaussekvenssiin ei ollut mitään valmista materiaalia sen ollessa autovalmistajien osalta luonnollisesti salattua, myös sitä jouduttiin ajattelemaan monesta erilaisesta näkökulmasta. Työn tekeminen oli kuitenkin hyvin opettavaista ja vaihtelevaa, välillä ohjelmoitiin ja seuraavassa silmänräpäyksessä sorvattiin adapteria. Erityisesti ohjelmointitaidot kasvoivat työtä tehtäessä. Työ onnistui mahdollisuuksien puitteissa hyvin. Muutuvatilavuuksista kompressoria ei työn aikana saatu sovitettua ympäristönhoitokoneeseen, eivätkä kaikki komponentit toimineet toivotulla tavalla. Edellä mainitut ongelmat estivät automaattisen ilmastoinnin ohjelman luomisen.

Työn jäädessä vajavaiseksi automaattisen ilmastoinnin kehityksen osalta, eväät luoda automaattinen ohjausjärjestelmä kasvoivat kuitenkin huomattavasti. Työtä testattaessa luvussa 6 ilmeni seikkoja, joita ei ollut tullut ajatelleeksikaan aikaisemmin ja ne on hyvä ottaa huomioon työtä jatkettaessa. Erityisesti ohjaamon nopeamman lämpenemisen kannalta erillistä jäähdytinnesteen kiertoa tehostavaa sähköistä kiertovesipumppua olisi hyvä kokeilla. Myös Wille-mallistoon myytävän polttoainekäyttöisen lisälämmittimen sovitusta järjestelmään tulee miettiä potentiaalisena lämmityksen tehostajana automaattisessa ohjauksessa uusien moottorimallien tuottaessa entistä vähemmän hukkalämpöä.

Miellyttävän lämpötilan tasapainottamiseksi ohjaamossa tulevaisuudessa voitaisiin myös testata auringon säteilyä mittaavan anturin vaikutuksia ilmastoinnin ohjauksen reagointiin. Myös puhallus- ja sisäilman kosteusprosentit olisivat mielenkiintoisia mittaustietoja. Nykyisten käsin säädettävien ilmanohjainsuulakkeiden kehittäminen sähköohjatuiksi toisi etuja esimerkiksi huurteenpoisto-ohjelmassa, jolloin kaikki puhallusilma saataisiin suunnattua pelkkään tuulilasiin.

LÄHTEET

Willemachines. Wille 465. Luettu 9.2.2020. <https://www.willemachines.com/machines/465>

ifm electronic. CR711S. Luettu 9.2.2020. <https://www.ifm.com/fi/fi/product/CR711S>

Danfoss. DP570 series. Luettu 21.2.2020. <https://www.danfoss.com/en/products/electronic-controls/dps/plus1-displays/dp570-series/>

Wille ilmastointikoulutusmateriaali. Luettu 16.2.2020.

LIITTEET

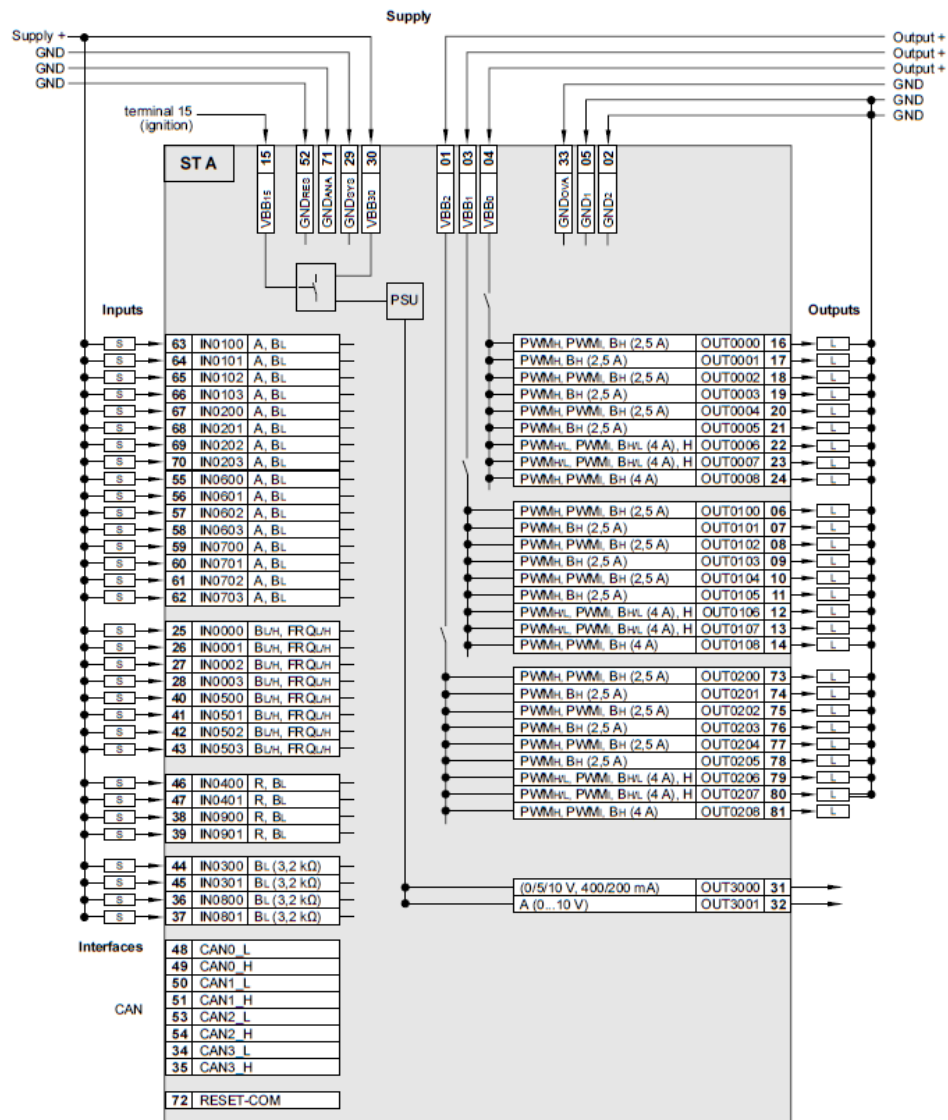
Liite 1. Kontrollerin CR711S liitännät (ifm electronic)



CR711S **Technical data**

Wiring

STA

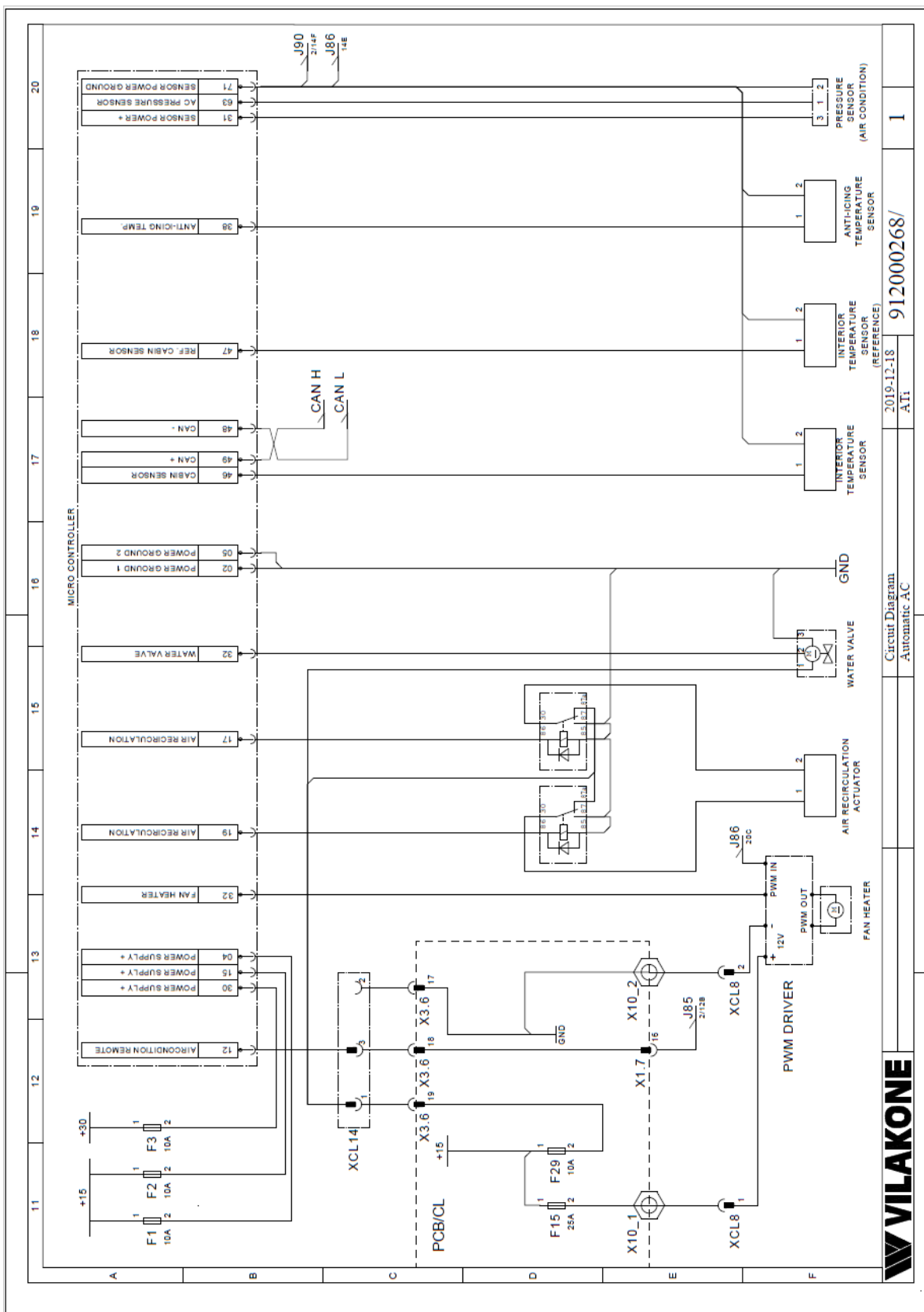


Abbreviations

- A analogue
- B_H binary high side (CSO)
- B_L binary low side (CSI)
- FRQ_{L,H} frequency/pulse inputs configurable low side (CSI) / high side (CSO)
- H H-bridge function
- PSU power supply for the system
- PWM_H pulse-width modulation high side (CSO)
- PWM_L pulse-width modulation low side (CSI)
- PWM_I pulse-width modulation current-controlled
- R resistor input
- VBB_{0,2} supply output group
- VBB₃₀ supply controller

Liite 2. Ilmastointijärjestelmän piirikaavio

1(2)

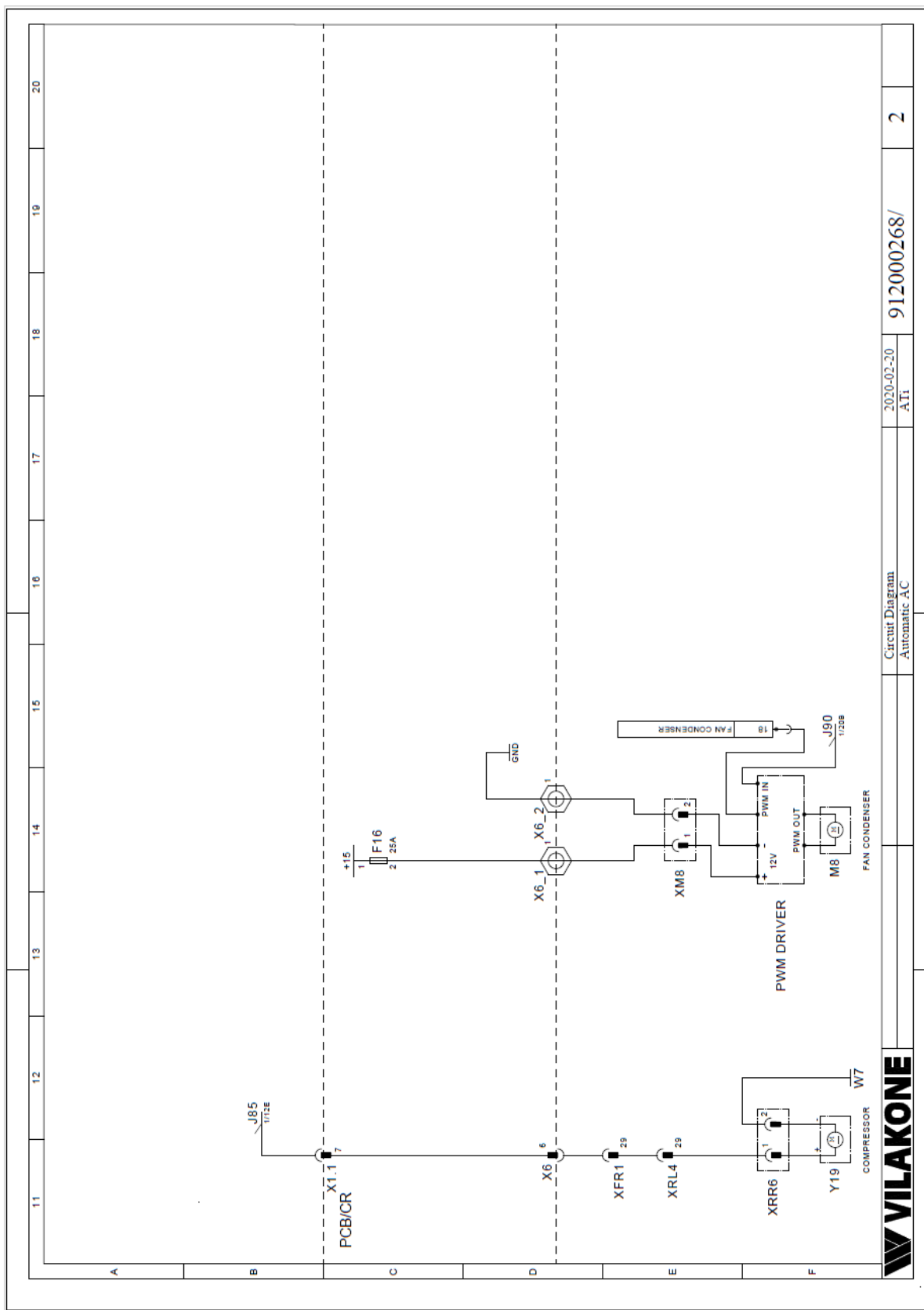


Circuit Diagram		2019-12-18	912000268/	1
Automatic AC		ATI		

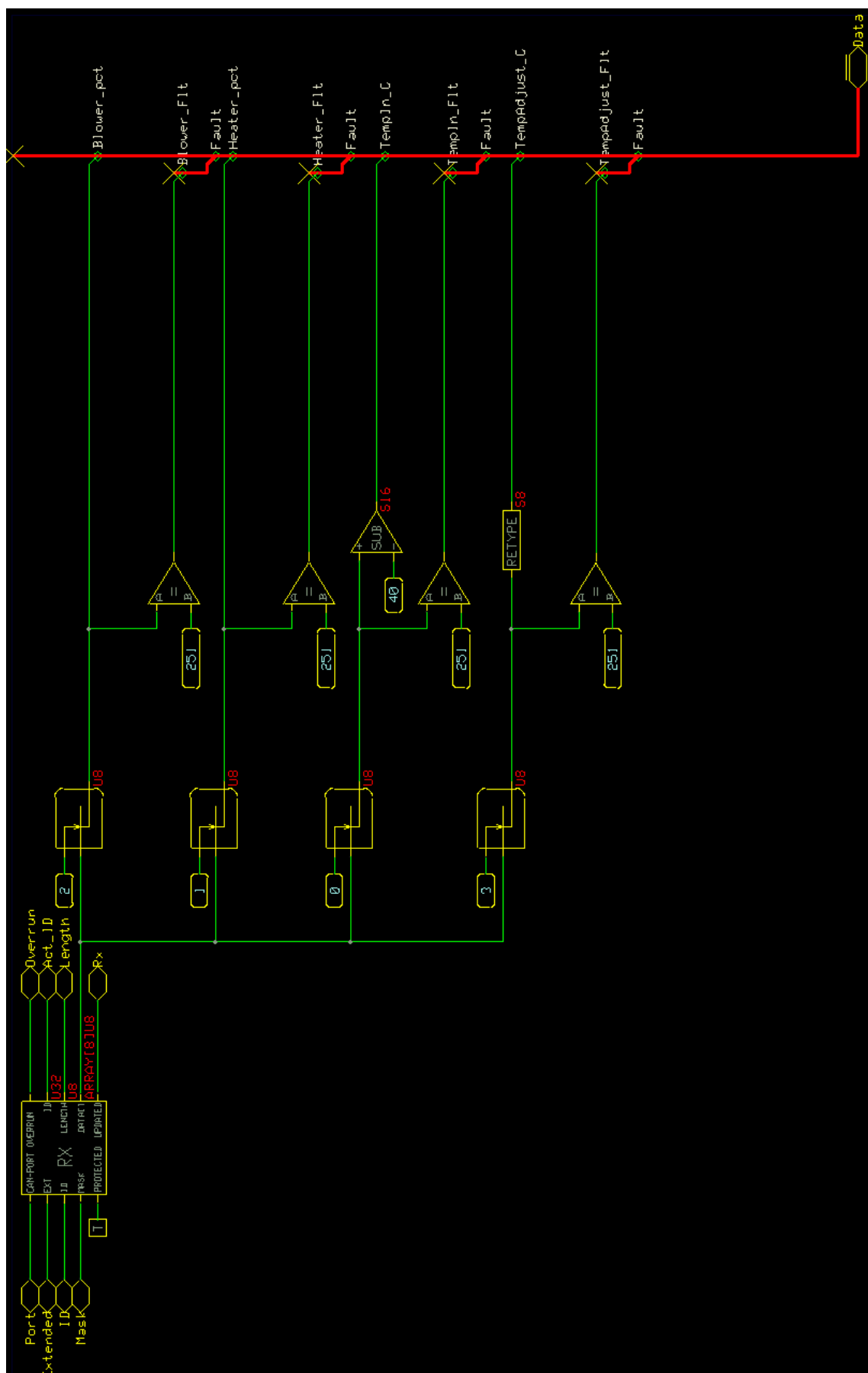


Liite 2. Ilmastointijärjestelmän piirikaavio

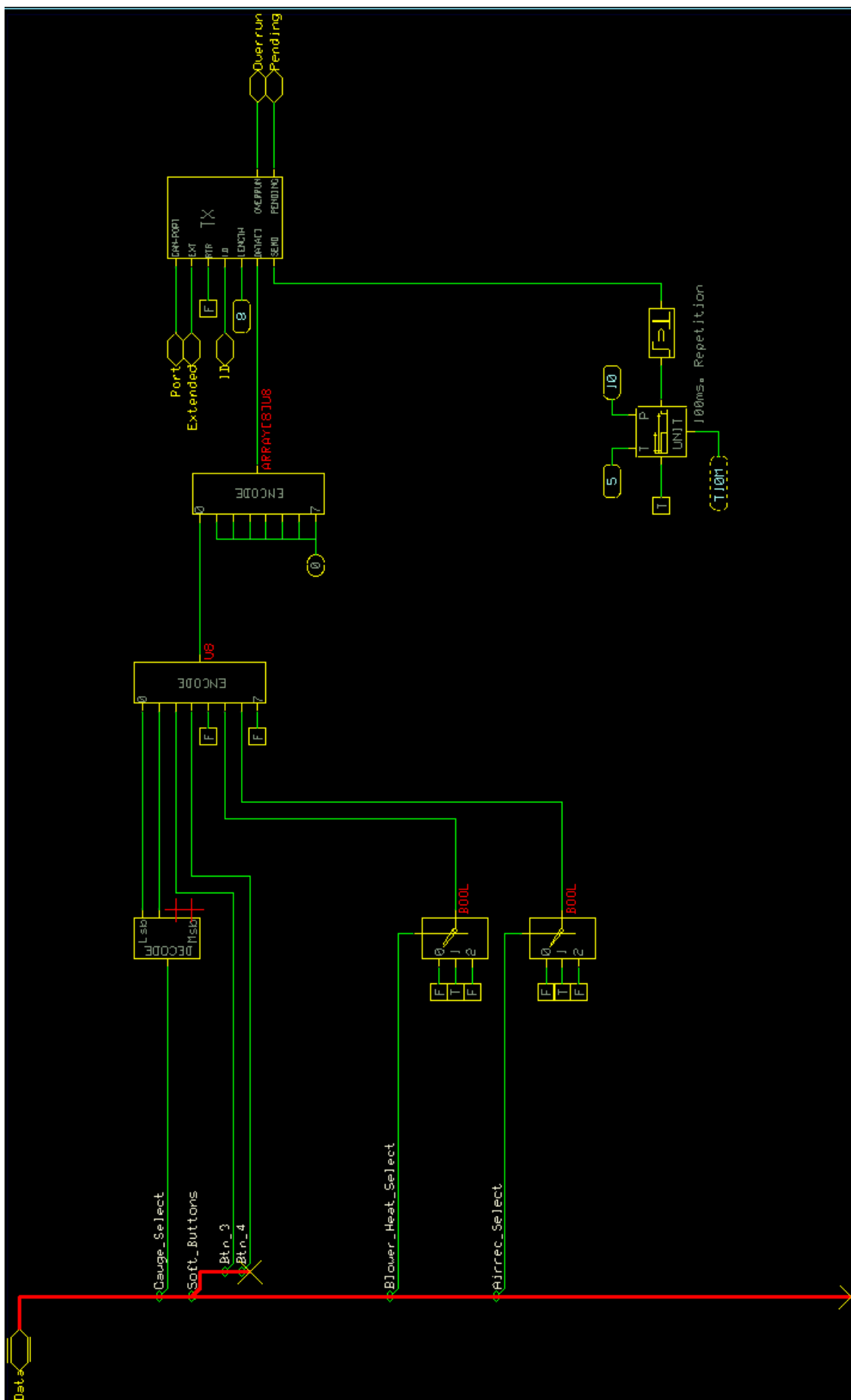
2(2)



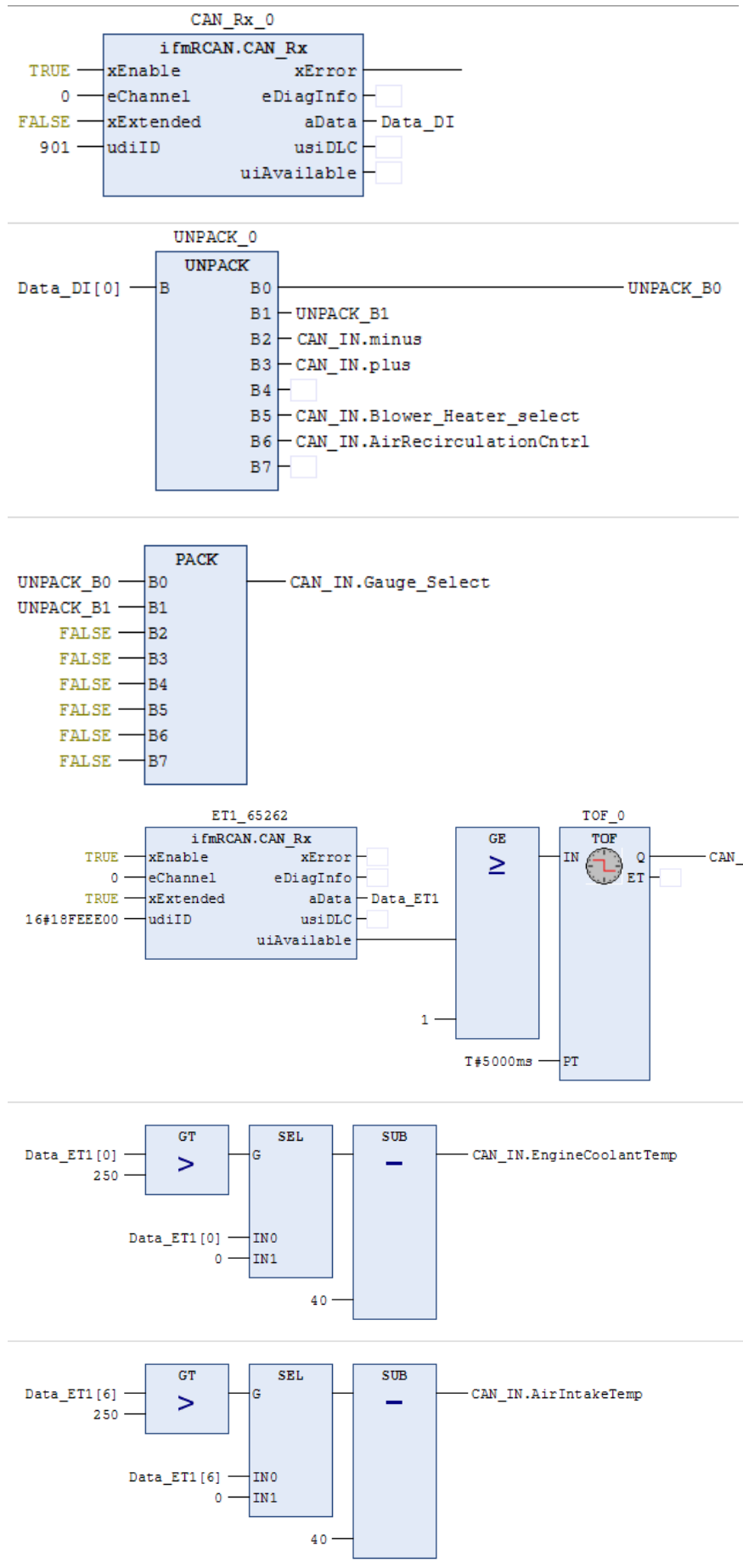
Liite 3. HMI-paneelin vastaanottamat väyläviestit



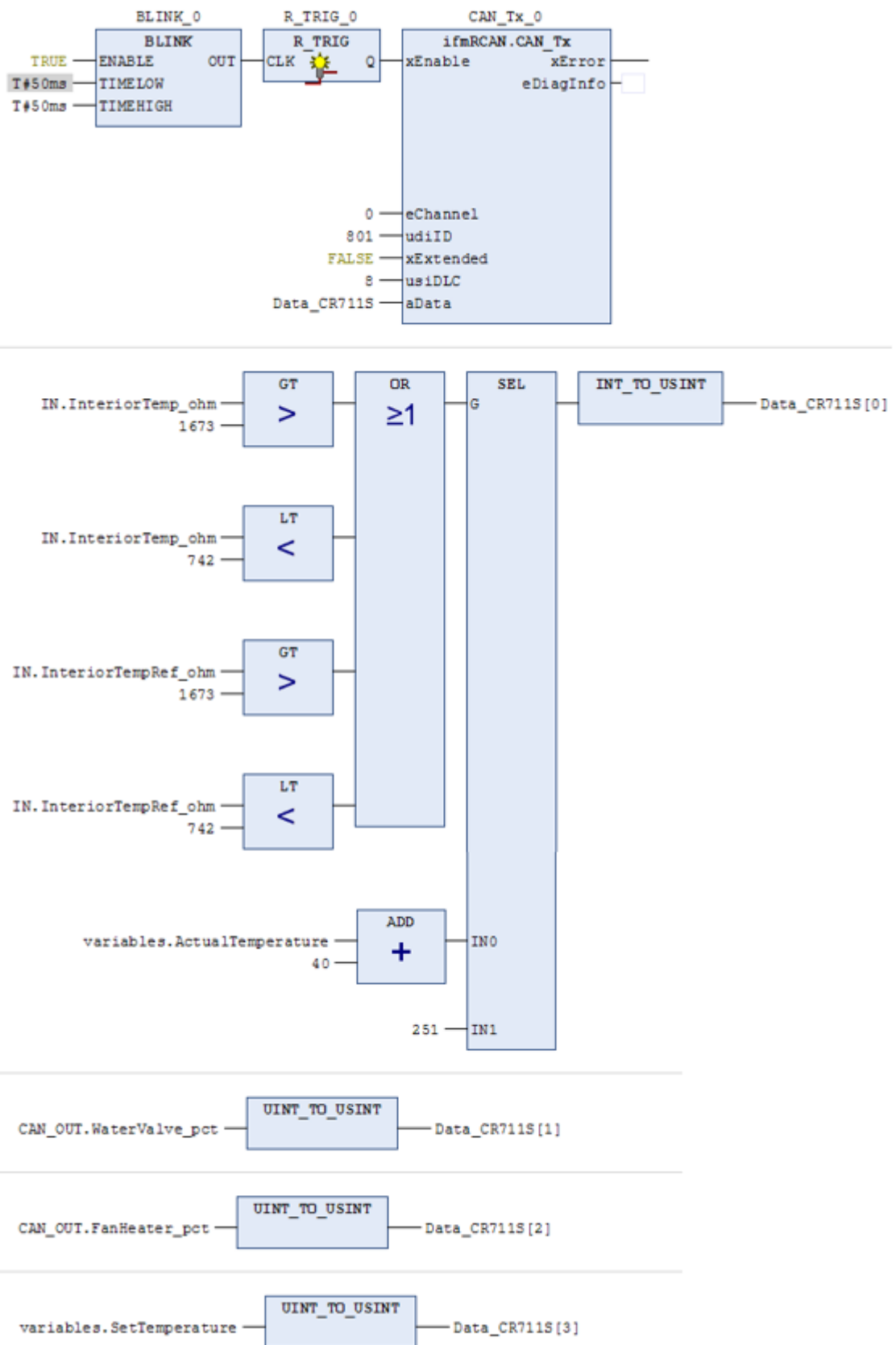
Liite 4. HMI-paneelin lähettämät väyläviestit



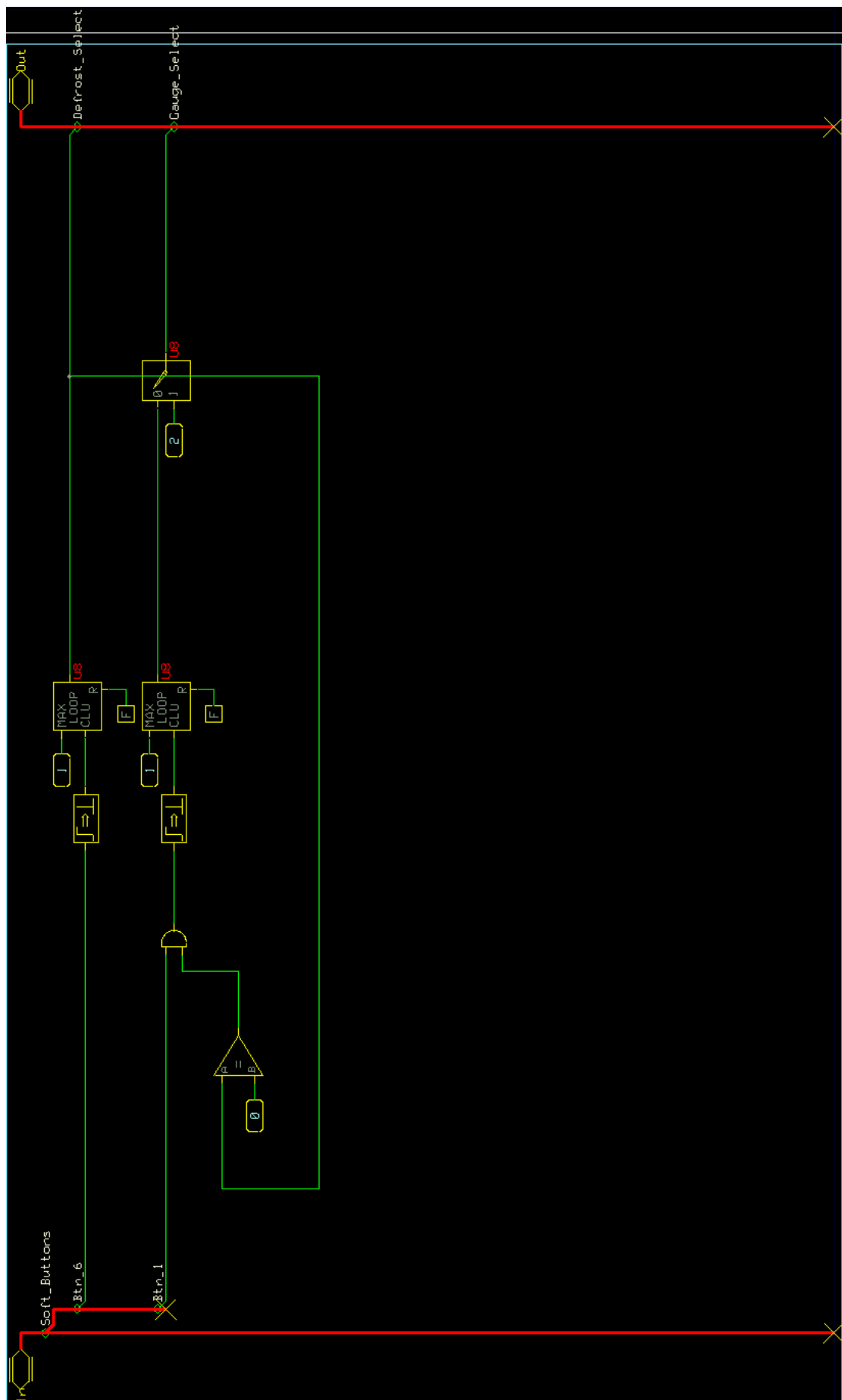
Liite 5. Ohjainyksikön CR711S vastaanottamat väyläviestit



Liite 6. Ohjainyksikön CR711S lähettämät väyläviestit



Liite 7. HMI-paneelin näytön valinta



Liite 8. Puhaltimen ja lämmityksen ohjauksen valinta

