



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Eemeli Moisio

ACH580-Taajuusmuuttajan liittäminen rakennusautomaatiojärjestelmään

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

16.4.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Eemeli Moisio ACH580-Taajuusmuuttajan liittäminen rakennusautomaatiojärjestelmään 26 sivua 16.04.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	projektipäällikkö Veli-Pekka Ruusunen tuotekehityssuunnittelija Jussi Lahti lehtori Jarmo Tapio
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Caverion Suomi Oy:lle. Insinöörityön tavoitteena oli testata ABB:n ACH580-taajuusmuuttajan suorituskykyä ja luoda valmiita ohjelmalohkoja, sekä parametri-tiedostoja. Tavoitteena oli myös käyttöönottaa työmaalle asennetut taajuusmuuttajat.</p> <p>Työ toteutettiin käyttäen ABB:n toimittamaa demolaitetta. Demolaitte sisälsi taajuusmuuttajan lisäksi moottorin ja monia muita testausta helpottavia ominaisuuksia. Demolaitteen avulla toteutettiin valmiit parametritiedostot ja demolaitteeseen yhdistetyllä ECY S-1000- lo-giikalla ohjelmoitiin rakennusautomaatiojärjestelmään lisättävät ohjelmalohkot.</p> <p>Insinöörityön tuloksena saatiin aikaan valmiit ohjelmalohkot Caverionin ohjelmointikirjas-toon sekä valmiit parametritiedostot taajuusmuuttajien käyttöönottoa varten. Ohjelmalohkot mahdollistavat tulevaisuudessa taajuusmuuttajien helpon ja nopean ohjelmoinnin sekä val-miit parametritiedostot nopeuttava huomattavasti taajuusmuuttajien käyttöönottoa.</p>	
Avainsanat	taajuusmuuttaja, rakennusautomaatiojärjestelmä, Caverion, BACnet

Author Title	Eemeli Moisio ACH580-frequency converter integration to building automation system
Number of Pages Date	26 pages 16 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Veli-Pekka Ruusunen, Project Manager Jussi Lahti, R & D designer Jarmo Tapio, Senior Lecturer
<p>This thesis work was done for Caverion Suomi Oy. The purpose of this thesis work was to test the performance of ABB's ACH580 frequency converters and to create pre-programmed blocks and parameter files. The purpose was also the commissioning of the frequency converters on a building site.</p> <p>The work was carried out using a demo device provided by ABB. In addition to the frequency converter, the demo device contained an engine and many other features to facilitate the testing. With the demo device, finished parameter files were implemented and the ECY S-1000 logic connected to the demo device was programmed to add blocks to the building automation system.</p> <p>As a result of the bachelor's thesis work, the completed program blocks for the Caverion programming library were created, as well as finished parameter files for commissioning the drives. Program blocks enable easy and fast programming of the drives in the future, as well as ready-made parameter files to speed up the commissioning of the drives.</p>	
Keywords	frequency converter, building automation system., Caverion, BACnet

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Taajuusmuuttaja	2
3	Tulo- ja lähtösignaalit	4
4	Ohjelmoitava logiikka	5
5	Ohjelmointikielet	7
6	Väyläprotokollat	11
7	Valvonta-alakeskus VAK	13
8	Ilmanvaihto	13
	8.1 Laitteisto	13
	8.2 Ilmanvaihtojärjestelmä variaatiot	16
9	Projektin eteneminen	17
10	Yhteenveto	24
	Lähteet	25

Lyhenteet

BACnet	<i>Building Automation and Control network</i> . BACnet on standardi, jota eri valmistajat voivat käyttää yhteen toimivan järjestelmän rakentamiseen. BACnet on tietoliikenneprotokolla, jolla voidaan kommunikoida automaatio- tasolta kenttä- ja valvomotasolle. BACnet MS/TP on vanhempi BACnet-yhteysmuoto ja BACnet/IP on uudempi yhteysmuoto.
FBD	<i>Function Block Diagram</i> . Ohjelmointikieli.
IV	Ilmanvaihto.
LTO	Yleinen lyhenne kaikille lämmöntalteenoton variaatioille
PID-Säädin	<i>Proportional-integral-derivative</i> . Säädin, joka muodostaa säätimen ulostuloon erosuureeseen verrannollisen P-termin sekä integroi (I) ja derivoi (D).
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> . Ohjelmoitava logiikka.
RAU	Rakennusautomaatio. Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan rakennusten lämmitys-, valaistus-, valvonta-, hälytys- ja ilmanvaihtojärjestelmien ohjaamista automaattisesti.
UI	<i>Universal input</i> . Universaali tuloportti.
VAK	Valvonta-alakeskus.

1 Johdanto

Insinöörityö tehdään Caverion Suomi Oy nimiselle yritykselle. Caverion Suomi Oy suunnittelee, toteuttaa, huoltaa ja ylläpitää teknisiä ratkaisuja kiinteistöille, teollisuudelle ja infrastruktuurille Pohjois-, Keski- ja Itä-Euroopassa. [1.]

Insinöörityön tarkoituksena on integroida ABB ACH580 taajuusmuuttaja Caverion Drive-automaatiojärjestelmään BACnet-protokollaa käyttäen. Tarve työlle syntyi projektista, jossa oli tarkoitus ottaa käyttöön ABB:n toimittamat uudet taajuusmuuttajat IV-koneissa. Projektin kohteena toimi Espoossa sijaitseva Kirstin koulu ja päiväkot.

Insinöörityön ideana on testata taajuusmuuttajan suorituskykyä, toimintoja, määritellä valmiit parametritiedostot jokaiselle eri IV-konevariaatiolle, luoda valmis ohjelmalohko valvonta-alakeskukselle ja lopulta käyttöönottaa kyseiset taajuusmuuttajat. Työn suorittamista varten ABB luovutti lainaksi demolaitteen, joka helpotti laitteen testaamista ja tietokoneella suoritettavaa työtä.

Projektin alkuvaiheessa taajuusmuuttajasta testataan sen suorituskykyä ohjata peltimootoreita työmaalla. Parametritiedostojen ja ohjelmalohkojen luonti tapahtuu Caverionin toimipisteessä Konalan toimistolla. Ohjelmallinen testaus suoritetaan toimistolla demolaitetta hyväksikäyttäen. Taajuusmuuttajat käyttöönotetaan projektin viimeisessä vaiheessa, ja tämän vuoksi projektissa valmistuvat valmiit ohjelmalohkot ja parametritiedostot ovat tärkeässä asemassa.

BACnet-väyläprotokolla perustuu laadittuihin standardeihin, joita noudattamalla eri laitevalmistajat takaavat kommunikaation toimivuuden laitteelta toiselle. Tässä insinöörityössä BACnet-väyläprotokolla on tärkeässä roolissa, sillä tuleva automaatiojärjestelmä koostuu mm. ABB:n taajuusmuuttajista ja Distech Controlsin ohjelmoitavista logiikoista. Taajuusmuuttajat automaatiojärjestelmissä ohjaavat erilaisten puhaltimien ja pumppujen toimintaa.

2 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on sähkölaite, joka kytketään kahden erillisen sähköverkon välille. Taajuusmuuttajien yleisimpiä käyttökohteita ovat vaihtosähkömoottorit ja -generaattorit. Kytkeytyinä vaihtosähkömoottoreihin tai -generaattoreihin taajuusmuuttaja on osa kyseisten laitteiden käyttöä, missä se vastaa ohjauksesta. ABB:n taajuusmuuttaja kuvassa 1.

Kytkeytyä vaihtosähkömoottoriin taajuusmuuttajalla saadaan ohjattua moottorin pyörimisnopeus portaattomasti. Portaattomalla ohjauksella moottori saadaan toimimaan tarkasti prosessin vaatimalla nopeudella, joka säästää energiaa huomattavasti. Jos moottori kytketään suoraan sähköverkkoon, pyörii moottori verkon määrittelemällä taajuudella. Tässä tapauksessa prosessin nopeutta täytyy ohjata muilla keinoilla, joita ovat mm. vaihteistot ja kuristimet. [19.]

Portaattomalla ohjauksella prosessin virrankulutusta saadaan laskettua. Suoraan sähköverkkoon liitettyä moottori pyörii suurimmalla mahdollisella nopeudella, jota kyseinen verkko voi tarjota. Kuristimia ja vaihteistoja käyttämällä nopeutta saadaan säädettyä, mutta tällöin virrankulutus ei laske. Suoraan moottorin syöttöä ohjaamalla saadaan virrankulutusta laskettua.



Kuva 1. ABB ACS580 taajuusmuuttaja (6).

Maailman ensimmäisen taajuusmuuttajan on suunnitellut Martti Harmoinen, joka sai tehtäväkseen Oy Strömberg Ab:lla työskennellessään suunnitella kulkuneuvojen oikosulkumootoreihin ohjauksen. Tehtävä kuului tutkimusohjelmaan, jota Harmoinen johti. Yksi keskeisimmistä onnistumiseen johtavista valinnoista oli päätös käyttää pulssinleveystekniikkaa kierrosnopeuksien säätöön. [20.]

Taajuusmuuttajien ominaisuuksia on voitu muokata jo niiden kehittämisestä asti. Ensimmäisissä malleissa ominaisuuksia muokattiin fyysisesti, esimerkiksi ”jumppereilla” tai DIP-kytkimien asentoja muuttamalla. Fyysisesti ominaisuuksien muokkaaminen ei ole kuitenkaan kovin monipuolista, ja vaatii oman tilansa taajuusmuuttajasta.

Teknologian kehittyessä saatiin taajuusmuuttajiin integroitua mikroprosessorit, joiden myötä ominaisuuksien muokkaaminen saatiin ohjelmoitaviksi. Tämä lisäsi ominaisuuksia ja niiden monipuolisempaa muokkaamista. Kyseisen kehityksen myötä ominaisuuksia alettiin kutsua parametreiksi.

Parametrit ovat arvoja, joita annetaan taajuusmuuttajalle. Arvojen muuttaminen vaikuttaa taajuusmuuttajan käyttäytymiseen. Parametrejä muokkaamalla saadaan taajuusmuuttaja ohjelmoitua käyttäjän prosessiin sopivaksi. Taajuusmuuttajaa sovitettaessa prosessiin parametrejä muokkaamalla kutsutaan parametroinniksi.

Parametrointia aloitettaessa useimmiten ensimmäiseksi annetaan ohjattavan moottorin arvot. Moottorin arvoja käytettäessä taajuusmuuttaja osaa ohjata prosessia tarkemmin ja nopeammin, sekä tietää suurimman sallitun nimellisvirran. Tällä tavoin suojataan moottoria menemästä rikki, ja prosessi saadaan toimimaan tehokkaammin.

Suurin osa parametreista liittyy ohjauksen virittämiseen, raja-arvojen määrittämiseen, sekä turvatoimintoihin. Ohjauksen virittämisessä useimmiten käytetyt parametrit liittyvät ramppiin. Rampeilla voidaan määrittää ohjauksen kiihdytys- ja jarrutusaikoja. Kiihdytys- ja jarrutusaikojen määrittäminen on elintärkeää prosessin ohjauksen kannalta. Arvot vaihtelevat prosessin mukaan, useimmiten suurissa prosesseissa ajat ovat pidempiä kuin pienissä prosesseissa. Ramppien lisäksi voidaan määrittää ohjauksen tyyppiä, esimerkiksi säädetäänkö ohjausta taajuusmuuttajan sisällä PID-säädöllä vai tuleeko nopeusohje ulkoisesti.

3 Tulo- ja lähtösignaalit

Input/Output tarkoittaa suomennettuna tulo- ja lähtösignaalia. Rakennusautomaatiojärjestelmissä tulo- ja lähtösignaalit kytketään I/O-moduuleihin.

Input- viestit ovat saapuvia signaaleja. Automaatiossa tulosignaaleja välittävät erilaiset anturit. Anturit antavat tietoa erilaisilla menetelmillä, kuten jännite- tai virta-viesteinä. Viesti kulkeutuu input-porttiin, jossa viesti käsitellään. Viestistä saadaan erilaista informaatiota esim. lämpötilaa, joka hyödynnetään automaatioprosessissa. Tulosignaalit ovat useimmiten joko digitaalisia tai analogisia.

Analogiset signaalit välittävät antureista tietoa virta- tai jänniteviesteinä. Yleisimmät viestialueet ovat virtaviestille 4–20mA ja jänniteviestille 0–10V. Anturille on määritetty ominaisuuksiin raja-arvot, jonka sisällä se pystyy mittaamaan suuretta, johon se on suunniteltu. Anturista kulkeutuu viesti I/O-moduulin analog input- porttiin, josta tieto välittyy ohjeltavaan logiikkaan. Logiikan sisällä viesti skaalataan anturin ominaisuuksien mukaan ja saadaan numeerinen arvo anturin mittauksesta. Analogisia signaaleja välittävät mm. lämpö-, paine- ja hiilidioksisimittaukset.

Digitaaliset signaalit ovat yksinkertaisempia. Digitaalinen viesti sisältää vain tiedon, tuleeko signaalia vai ei (1 tai 0, tosi tai epätosi, päällä tai pois). Digitaalisia signaaleja välittävät mm. läsnäoloanturit, ovikytkimet ja palopellit. Signaali välitetään joko virta- tai jänniteviestinä.

Output- viestit eli lähtösignaalit toimivat samaan tapaan, mutta eri suuntaan. Lähtösignaalit ohjaavat toimilaitteita automaatiojärjestelmään luodun ohjelman mukaan. Viestit välitetään useimmiten Analog- tai Digital-viesteinä, aivan kuten input-viestit.

Analogiset viestit välitetään useimmiten virta- tai jännite-viesteinä, joilla ohjataan toimilaitteen toimintaa. Viesteillä voidaan ohjata mm. venttiilimoottorien asentoa ja konvektorien käyntinopeutta.

Digitaaliset viestit ovat muodoltaan 0 tai 1 eli päällä tai pois. Digitaalisilla viesteillä voidaan antaa IV-koneelle käyntilupa, ohjata peltimoottoreita ja relelähtöjä.

4 Ohjelmoitava logiikka

PLC (programmable logic controller) eli ohjelmoitava logiikka on pieni tietokone, jota käytetään automaatiojärjestelmän ohjelmointiin. PLC:llä ohjataan reaaliaikaisesti automaatiojärjestelmän prosesseja ja kerätään tietoa kenttälaitteista ja antureista.

Ennen ensimmäistä ohjelmoitavaa logiikkaa käytettiin releitä ja ajastimia, joilla ohjaus tapahtui. Ohjelmoitavat logiikat syrjäyttivät tämänkaltaisen prosessinohjauksen monipuolisuutensa vuoksi. Yhdellä logiikalla pystyi korvaamaan satoja releitä ja ajastimia, jolla säästettiin tilaa ja rahaa. Releitä ja ajastimia käytetään yhä tietynkaltaisissa prosesseissa, mutta useimmiten logiikat ohjaavat niiden toimintaa.

Ohjelmoitavat logiikat ohjelmoitiin aikaisemmin useimmiten logiikan omaa käyttöpaneelia hyödyntäen. Tämänkaltaisen ohjelmointi oli kuitenkin hankalaa, hidasta eikä kovin monipuolista. Nykyään ohjelmointi tapahtuu liittämällä tietokone logiikkaan, ja lataamalla tietokoneelta ohjelma logiikkaan. Tämä mahdollistaa myös etänä ohjelmoinnin, jos automaatiojärjestelmä on liitettynä internettiin.

Ohjelmointi ja käyttöliittymät

Ohjelma ("koodi") tuotetaan usein käytössä olevan PLC:n valmistajan omalla tietokoneohjelmalla. Useat logiikat ovat lukittuja ja ottavat vastaan vain valmistajan omalla ohjelmalla tuotettua ohjelmaa. Tämänkaltaista käytäntöä käyttävät useimmat suuret yritykset.

Ohjelmoinnissa voidaan käyttää eri ohjelmointikieliä. Ohjelmointikielen valinta on useimmiten käyttäjistä kiinni, sillä logiikat ymmärtävät monia eri kieliä. Ohjelman luonti aloitetaan määrittelemällä I/O-portit ja niiden ominaisuudet. Määrittelemällä saadaan Input-viestit luettavaan muotoon ja Output-viestit oikeaan formaattiin. Määrittelyn jälkeen luodaan itse logiikka. Logiikka on ajattelumalli, jonka mukaan PLC käsittelee saapuvaa tietoa ja valmiiksi määritetyjä arvoja ohjatakseen prosessia. Automaatio-ohjelmoinnissa käytetään useimmiten vertailu- ja säätöfunktioita, jonka mukaan informaatiota käsitellään. Valmistajat ovat usein luoneet ohjelmiinsa valmiita koodikirjastoja, jotka sisältävät erilaisiin käyttö-tarkoituksiin sopivia funktioita (esim. IV-koneen ohjaus, erilaiset hälytykset).

Käyttöliittymällä tarkoitetaan graafista käyttöliittymää, joka mahdollistaa automaatiojärjestelmän monitoroinnin ja ohjauksen tietokoneelta tai vastaavalta näytölliseltä laitteelta.

Käyttöliittymän ideana on yksinkertaistaa automaatiojärjestelmän ohjelman käyttöä. Käyttöliittymä rakennetaan valmiin ohjelman rinnalle ja sen kautta on mahdollista lukea ja kirjoittaa ohjelman attribuutteja. Logiikan ohjelmasta linkitetään käyttöliittymään halutut ominaisuudet, joita loppukäyttäjän on mahdollista lukea ja muokata ilman itse logiikan ohjelmaan koskemista.

Graafinen käyttöliittymä rakennetaan käyttöliittymäelementeistä, jotka useimmiten saadaan käyttöliittymäkirjastosta. Käyttöliittymäkirjastolla tarkoitetaan logiikan tai käyttöliittymäohjelman valmistajan tuottamaa valmista kirjastoa, josta löytyy valmiiksi suunnitellut elementit (esim. ikkunat, valikot, taulukot, taustat, kuvakkeet).

Distech Controls

Tässä insinööriyössä käytetään Distech Controlsin ohjelmoitavia logiikoita (kuva 2). Distech Controls on kanadalainen yritys, joka tuottaa energianhallintaan soveltuvia ohjelmia, ohjelmoitavia logiikoita, antureita ja käyttöliittymiä.



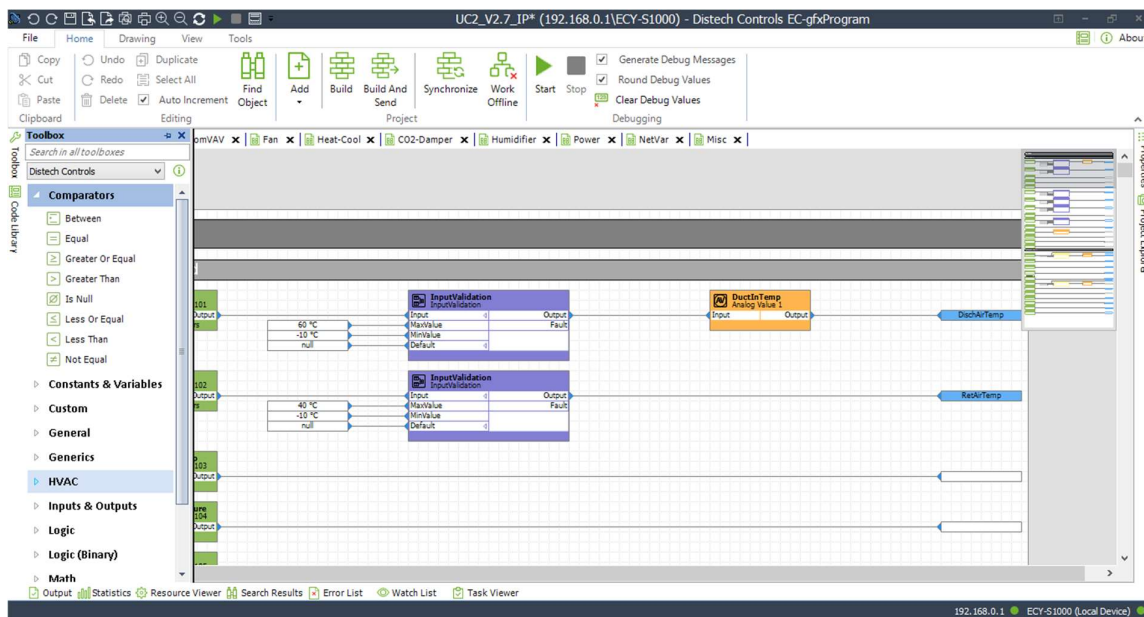
Kuva 2. Distech Controlsin ohjelmoitava logiikka (5).

5 Ohjelmointikieliet

Ohjelmointi on toimintaohjeiden tekemistä tietokoneelle, tai kuten tässä opinnäytetyössä valvomoalakeskukselle. Toimintaohjeet eli ohjelma kirjoitetaan tietokoneella käyttäen jotakin ohjelmointikieltä riippuen laitteistosta ja käyttötarkoituksesta. Ohjelmointikieliä on karkeasti jaettuna kaksi, tekstipohjaisia ja graafisia kieliä. Tekstipohjaiset kielet ovat monipuolisempia ja monimutkaisempia, kun taas graafiset kielet yksinkertaisempia ja riittävän monipuolisia käyttötarkoituksiinsa. Automaatiossa käytetään useimmiten graafisia ohjelmointikieliä, koska graafista kieltä käyttämällä on helpompi hallita suuria automaatioprosesseja ja seurata ohjelmien kulkua. Seuraavassa käydään yleisimmät ohjelmointikieliet, joita käytetään automaatioteollisuudessa.

FBD

FBD (Function block diagram) on graafinen ohjelmointikieli, joka koostuu funktioita sisältävistä laatikoista. Ohjelmointi toteutetaan käyttämällä kyseisiä laatikoita ja yhdistelemällä niitä toisiinsa. Laatikoissa ("blockeissa") voi olla useita sisään- ja ulostuloja, joista tieto voidaan linkittää seuraavaan laatikkoon. Ohjelma jaetaan usein erillisiin aliohjelmiin, joita kutsutaan samalla idealla kuin perinteisissä tekstipohjaisissa ohjelmointikielissä. FBD:n etuja ovat yksinkertainen ohjelmointi, helppo luettavuus sekä monipuolisuus. Tässä insinöörityössä käytetään FBD-ohjelmointia (kuva 3).



Kuva 3. FBD-malliohjelma (7).

ST

ST (Structured text) on tekstipohjainen ohjelmointikieli, joka perustuu Pascal-ohjelmointikielen. Structured text-kieli muistuttaa rakenteeltaan perinteistä C-kieltä, ja on siksi perinteisten ohjelmointikielten käyttäjille helppo omaksua. Kuvassa 4 esitetty ST-kielen rakenne.

```

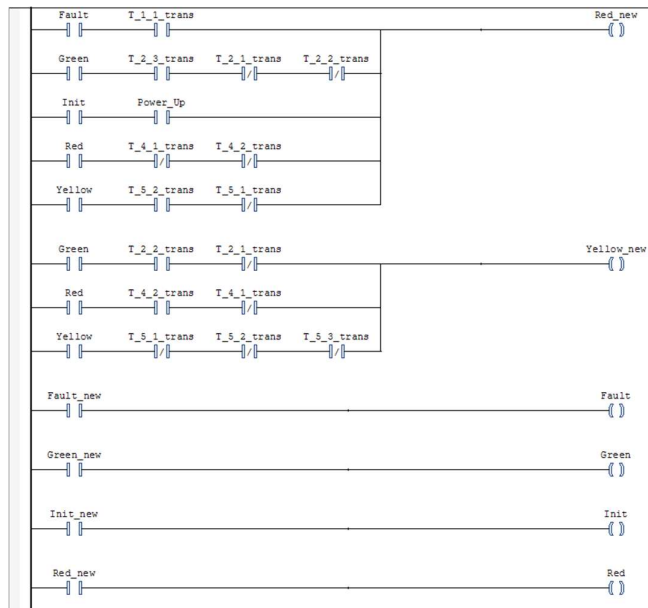
27 IF sortArray THEN
28
29     //Generate an array of pointers
30
31     FOR i:=0 TO n BY 1 DO
32         pointToArrayElement[i]:=ADR(TestArray[i]);
33
34     END_FOR
35
36     //Check on the order from lowest to highest
37
38     FOR i:=0 TO n BY 1 DO
39
40         FOR j:=0 TO n-1 BY 1 DO
41             IF(pointToArrayElement[j]> pointToArrayElement[j+1]) THEN
42
43                 temp := pointToArrayElement[j+1];
44
45                 pointToArrayElement[j+1] := pointToArrayElement[j];
46
47                 pointToArrayElement[j] := temp;
48             END_IF
49         END_FOR
50
51     END_FOR
52
53     //Reset FOR loop iterative integers
54     i:=0;
55     j:=0;
56     l:=0;
57     sortArray:=0;
58
59 END_IF

```

Kuva 4. ST-kielen malliohjelma (8).

LD

LD (Ladder diagram) on graafinen ohjelmointikieli, jota kutsutaan myös ”tikapuukaavioksi”. Ohjelman rakenne on lempinimensä mukaisesti ”tikapuumainen”, jonka kirjoittaminen ja lukeminen aloitetaan ylhäältä alas. Kieli on varsin yksinkertainen, vaikkakin muistuttaa ulkomuodoltaan FBD-kieltä. Ladder diagram on suunniteltu binäärityyppiseen ohjelmointiin, joka sinänsä rajoittaa sen käyttömahdollisuuksia. Valmistajat ovat kuitenkin luoneet mahdollisuuden käyttää LD-kieltä esimerkiksi FBD-kielen rinnalla, jonka vuoksi sen käyttömahdollisuudet kasvavat. LD-kieli on helppolukuista ja täten sitä on mahdollista lukea ilman erityisempää ohjelmointitaustaa. Kielen rakenne esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. LD-kielen malliohjelma (9).

IL

IL (Instruction list) on tekstipohjainen ohjelmointikieli, joka muistuttaa Assembly-ohjelmointikieltä. Kuten nimestä voi päätellä, kielen rakenne koostuu erilaisista ohjeista ja käskyistä (Kuten Assembly-kieli). Instruction list-kielen suurin etu on sen ”keveys”. IL-kieli vie vähän muistia ja on nopea prosessoida, eli logiikalta vie vähän aikaa käydä ohjelma läpi. Sitä kuitenkin käytetään vähän automaatiojärjestelmissä, sillä graafisia kieliä on helpompi käyttää. Kuvassa 6 esitetty IL-kielen rakennetta.

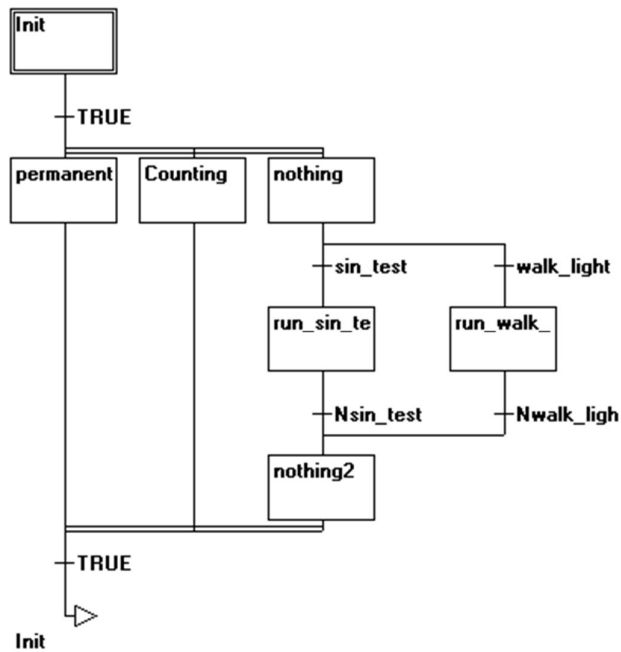
```

IndraLogic - IndraLogic L10.pro* - [PLC PRG IL (PRG-IL)]
File Edit Project Insert Extras Online Window Help
PLC_PG_SF1
PLC_PG_IP
PLC_PG_F
PLC_PG_IL
PLL_MHU_S
0001 LD start
0002 AND Process1
0003 OR Manual_stir
0004 ANDN critv_completa
0005 ST Stir
0006
0007 JMPM on_temp0
0008
0009 LD 147
0010 MOVE Process_code
0011 ST
0012
0013 en_temp0:
0014 LD start
0015 AND Process2
0016 OR Manual_clean
0017 ST CIP_F1
0018
0019 JMPM on_temp1
0020
0021 LD 247
0022 MOVE Process_code
0023 ST
0024
0025 en_temp1:
0026 LD start
0027 AND Process3
0028 OR Manual_drain
0029 ANDN tank_empty
0030 ST Drain
0031
0032 JMPM on_temp2
0033
0034 LD 347
0035 MOVE Process_code
0036 ST
0037
0038 en_temp2:
0039
  
```

Kuva 6. IL-kielen malliohjelma (4).

SFC

SFC (Sequential function chart) eli vuokaavio on graafinen ohjelmointikieli. Se perustuu askelisiin (step), siirtymiin (transitions), ja toimintoihin (actions). Rakenteeltaan SFC-kieli muistuttaa ST-, LD- ja IL-ohjelmointikieliä, mutta ulkomuodoltaan FBD-kieltä. Ohjelma kulkee ylhäältä alas ottaen askelia tai tekemällä siirtymiä eri ehtojen mukaan. Askeliin ja siirtymien välissä voi olla toimintoja, jotka määrittävät ohjelman kulkua. Kieli on helppoluista ja sitä käytetään yleensä suurien prosessien hallinnassa, sillä ohjelman kulun lukeminen on helppoa. Malliohjelman rakenne on kuvassa 7.



Kuva 7. SFC-kielen malliohjelma (10).

6 Väyläprotokollat

Tietoliikenteellä siirretään dataa lähettäjältä vastaanottajalle. Varhaisimmat mallit tietoliikenteestä löytyvät keskiajalta, jolloin viestit lähetettiin kirjekyyhkyjä käyttämällä. Nykyään kuitenkin viestien ja erityisesti datan lähettäminen tapahtuu verkon välityksellä. Verkossa tapahtuva tietoliikenne on standardisoitua, jotta sekä lähettäjä että vastaanottaja ymmärtävät viestin reitin ja muodon. Näitä standardeja kutsutaan väyläprotokolliksi. Seuraavassa käydään yleisimpiä väyläprotokollia.

BACnet

BACnet-protokolla on kehitetty rakennusautomaatiojärjestelmiä varten. Protokollan kehittäminen sai alkunsa Yhdysvalloissa Tennesseessä vuonna 1987, kun EMCS Message Protocol-niminen komitea kokoontui suunnittelemaan, kuinka olisi mahdollista saada eri laitevalmistajien laitteet keskustelemaan toistensa kanssa. Vuonna 1995 lopulta syntyi BACnet-protokolla. [16.]

BACnet-standardi koostuu noin 1300-sivuisesta dokumentista. Dokumentista käy ilmi mm. kuinka laitteiden välinen tietoliikenne on standardisoitu ja millaisia standardiobjekteja (kuva 8) tulee löytyä.

<input type="checkbox"/> BI	Binary Input	<input type="checkbox"/> MSI	Multi-state Input	<input type="checkbox"/>	File
<input type="checkbox"/> BO	Binary Output	<input type="checkbox"/> MSO	Multi-state Output	<input type="checkbox"/>	Program
<input type="checkbox"/> BV	Binary Value	<input type="checkbox"/> MSV	Multi-state Value	<input type="checkbox"/>	Schedule
<input type="checkbox"/> AI	Analog Input	<input type="checkbox"/>	Loop	<input type="checkbox"/>	Trend Log
<input type="checkbox"/> AO	Analog Output	<input type="checkbox"/>	Calendar	<input type="checkbox"/>	Group
<input type="checkbox"/> AV	Analog Value	<input type="checkbox"/>	Notification Class	<input type="checkbox"/>	Event Enrollment
<input type="checkbox"/>	Averaging	<input type="checkbox"/>	Command	<input type="checkbox"/>	Device

Kuva 8. BACnet standardiobjekteja (11).

BACnet on suosittu protokolla automaatiojärjestelmissä, sillä järjestelmät harvemmin koostuvat vain yhden laitevalmistajan laitteista. Protokollaa käytettäessä saadaan tietoliikenne toimimaan laitteesta toiseen. Tässä insinööriyössä käytetään BACnet-protokollaa, jonka avulla ABB:n taajuusmuuttajaan on saatu muodostettua tietoliikenneyhteys. Yhteyden avulla on saatu luettua ja kirjoitettua parametreja säätimen ja taajuusmuuttajan välillä, jonka vuoksi taajuusmuuttajaa on mahdollista ohjata säätimeen ladatun ohjelman mukaan.

2001 perustettu BACnet Testing Laboratory (BTL) on itsenäinen testilaboratorio, joka sertifioi hyväksytyt laitteet BTL-merkinnällä. Valmistajat voivat hakea tuotteilleen merkintää luovuttamalla testikappaleet laboratorioon. Jos tuote täyttää standardit, saa valmistaja lisätä tuotteeseensa BTL-merkinnän (kuva 9). Merkintä on tae siitä, että tuote sopii jokaiseen BACnet-väylään.



Kuva 9. BTL-merkintä (16).

TCP/IP

TCP/IP on yhdistelmä IP- ja TCP- protokollista.

IP-protokolla on verkkokerroksessa toimiva protokolla, joka vastaa verkossa toimivien laitteiden osoitteistamisesta ja IP-pakettien reitittämisestä. IP-paketti sisältää datan, joka halutaan siirtää laitteesta toiseen. IP-protokolla toimii samalla periaatteella kuin posti, lähettäjä laittaa kirjekuoreen viestinsä minkä posti kuljettaa perille lähettäjän määrittämään osoitteeseen. IP-protokollaa tai postia käyttämällä lähettäjä ei saa kuitenkaan varmistusta siitä, onko paketti mennyt perille.

TCP-protokolla vastaa pakettien kuljetuksesta. TCP-protokolla mm. järjestää paketit oikeaan järjestykseen, sekä tarkistaa menevätkö paketit perille. Jos paketit hukkuvat matkalla, huolehtii TCP siitä, että paketit lähetetään uudestaan.

Modbus

Modbus on sarjaliikenneprotokolla, joka julkaistiin vuonna 1979. Modbus-protokolla on yleisin käytetty protokolla teollisuudessa. Modbus on avoin ja lisenssimaksuton protokolla, joka on verrattain helposti käyttöönotettava verkko. Modbus mahdollistaa tiedonsiirron laitteelta toiselle laitevalmistajasta riippumatta. Se siirtää tiedon "raakadatana" eli ilman laitevalmistajan asettamia rajoituksia. BACnet-protokollaan verrattaessa Modbus vaatii enemmän konfigurointia ja ohjelmointia, sekä sen tietoturva on heikompi.

7 Valvonta-alakeskus VAK

VAK eli valvonta-alakeskus on rakennusautomaatio järjestelmän ydin. Keskukseen kerätään informaatiota toisista alakeskuksista ja suoraan keskukseen liitetyistä laitteista. Informaatio kulkee myös toiseen suuntaan, eli keskuksesta on mahdollista myös ohjata laitteita, sekä välittää dataa toisiin keskuksiin. VAK kytketään yleensä tekniseen tilaan, omaan erilliseen metallikaappiin. VAK koostuu erilaisista moduuleista, mm. muuntajasta, I/O-moduuleista, sarjaliikennekortista ja releistä.

Rakennusautomaatiojärjestelmät koostuvat useimmiten monesta valvonta-alakeskuksesta, sillä automaation määrä lisääntyy rakennuksissa ja tämän vuoksi on viisasta jakaa järjestelmä moneen osaan.

Valvomo on tietokoneen tyyppinen laite, jolla automaatiojärjestelmää käytetään. Valvomosta on mahdollista käyttää käyttöliittymä, joka tuo automaatiojärjestelmän luettavaan muotoon. Käyttöliittymä rakennetaan joko itse valvomolaitteeseen, tai valvonta-alakeskuksiin. Isommissa kohteissa on viisasta järjestelmän koon vuoksi hajauttaa käyttöliittymä valvonta-alakeskusiin. VAK: eille hajautettaessa valvomolaite on yhteydessä eri keskuksiin, joista tiedot tuodaan näkyviin valvomoon, mutta itse ”raakadata” kerätään vain keskukseen.

Caverion Drive –automaatiojärjestelmä integroi kaikki kiinteistön toiminnot helposti hallittavaksi kokonaisuudeksi: tilat, olosuhteet, turvallisuus, ympäristö, energiatehokkuus, ylläpito ja kustannukset. Näin kiinteistössä ei tule turhia päällekkäisiä toimintoja, ja kiinteistönhallinta tehostuu. (18.)

8 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdolla tarkoitetaan prosessia, jossa rakennukseen siirretään ulkoa puhdasta ilmaa ja sisällä olevaa ilmaa siirretään ulos. Ilman siirtämisestä vastaavat ilmanvaihtokoneet, jotka sijaitsevat useimmiten teknisissä tiloissa, piilossa asukkailta. IV-kone koostuu taajuusmuuttajista, puhaltimista, lämmöntalteenotosta, suodattimista, antureista ja kanavista.

8.1 Laitteisto

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi IV-koneissa usein käytettäviä antureita ja toimilaitteita, sekä niiden käyttötarkoituksia ja -mahdollisuuksia.

Anturit

Anturit mittaavat ja havaitsevat tietoa. Antureiden avulla automaatiojärjestelmä saa tietoa ilmavaihdosta ja sen toimivuudesta. Mittaustietoja hyväksikäyttäen automaatiojärjestelmä osaa ohjata ja säätää prosessia halutulla tavalla.

Jokaiseen IV-koneeseen asennetaan lämpötila-anturi, ja useimmiten niitä asennetaan monta kappaletta. Lämpötila-antureilla saadaan välitettyä rakennusautomaatiojärjestelmään lämpötilatietoa prosessin erivaiheista. Lämpötilatietoa käytetään enimmäkseen LTO:n tai lämmitys-/jäähdytysventtiilien ohjaamiseen. IV-koneisiin asennettava kanava-anturi kuvassa 10.



Kuva 10. Pro dual TEAT NTC 10- anturi (13).

IV-koneiden moottoreita ohjataan taajuusmuuttajilla, joille asetetaan useissa tapauksissa asetusarvo halutun kanavapaineen mukaan. Paineita mitataan paine-ero lähettimillä, joita voidaan käyttää myös paine-eroa mitattaessa. Kanavalle määritetään suunnitteluvaiheessa painearvo, jota pyritään pitämään koko ajan vakiona IV-järjestelmän ollessa päällä. Paineen pysyessä vakiona säädellään tiloihin kulkeutuvaa ilmamäärää käyttämällä ilmamääräsäätimiä ja lisäilmapeltejä.

Suodattimet pitävät IV-järjestelmän kanavat puhtaina. Suodattimet keräävät läpimenevästä ilmasta epäpuhtauksia ja roskia, joita on kulkeutunut kanaviin. Suodattimen likaantuessa se kuormittaa moottoreita ja alkaa päästämään epäpuhtauksia lävitse. Paine-ero anturilla (kuva 11) voidaan mitata suodattimen läpäisykykyä. Paine-ero anturi kytketään mittamaan suodattimen molempien puolien painetta, josta saadaan paine-ero. Paine-eroa vertaamalla voidaan esimerkiksi asettaa hälytys likaisesta suodattimesta, kun paine-ero kasvaa liian suureksi. Saman tapaista mittausta voidaan käyttää myös LTO-laitteiden kanssa.



Kuva 11. Produal PEL-paineanturi (14).

Toimilaitteet

Toimilaitteilla ohjataan IV-järjestelmää. Ohjaus perustuu laskettuihin tai hyväksi todettuihin asetusarvoihin, joihin verrataan antureiden välittämiä mittaustietoja. Usein käytettyjä toimilaitteita ovat mm. venttiilimoottorit, peltimoottorit ja ilmamääräsäätimet.

Venttiilimoottoreilla (kuva 12) ohjataan ilman lämpötilaa. IV-järjestelmän tulokanavassa on lämpöpatteri, jossa kiertää lämmin vesi. Lämpimän veden määrää säädetään venttiilimoottoria ohjaten portaattomasti 0–100 %. Tässä tapauksessa venttiilimoottorin ohjaus tapahtuu vertaamalla lämpöpatterin jälkeen kulkeutuvan ilman lämpötilaa asetusarvoon. Jos järjestelmässä on jäähdytyspatteri, ohjataan sitä samalla tavalla.



Kuva 12. Belimo HRY24-SR toimilaite (15).

Peltimoottorit ohjaavat ilmaa kanavasta haluttuihin tiloihin. Peltimoottoreita käytetään tilanteissa, joissa halutaan johonkin tiettyyn tilaan mahdollisesti ohjata lisää ilmaa. Usein kyseisiin tiloihin siis kulkeutuu ilmaa kanavasta jatkuvasti, mutta peltimoottorilla ilmanvaihtoa on mahdollista tehostaa. Peltimoottorit ohjaavat myös tulo- ja poistokanavan ”isoimpia” peltejä, jotka sijaitsevat tulokanavan alussa ja poistokanavan lopussa (lähellä ulkoilmaritilikköjä). Kyseisillä pelleillä suojataan kanavaa ylimääräiseltä roskalta sekä toimilaitteiden, antureiden ja pattereiden jäätymiseltä

Ilmamääräsäädin toimii peltimoottorin tavoin, mutta sitä pystytään ohjaamaan portaattomasti. Ilmamääräsäätimillä (IMS:illä) voidaan ohjata tiloihin kulkeutuvia ilmamääriä esim. hiilidioksidipitoisuuksia mittaamalla.

8.2 Ilmanvaihtojärjestelmä variaatiot

Ilmanvaihtojärjestelmät ovat peruseräiteiltään samanlaisia, mutta silti erilaisia variaatioita on lukemattomia. Syitä erilaisten järjestelmien toteuttamiseen on monia, esimerkiksi käyttötarkoitus ja tila johon järjestelmä rakennetaan.

Lämmöntalteenotto

Yksi merkittävä tekijä järjestelmän profiilin määrittelemisessä on LTO:n tyyppi. LTO:n käyttötarkoituksena on vähentää tulokanavan lämmityspatterin käyttöä, jolla säästetään energiaa ja rahaa. LTO-tyypit voi jakaa karkeasti kolmeen eri vaihtoehtoon: kiekko-, kuutio- ja nestemäinen lämmöntalteenotto.

Kiekko-LTO on nimensä mukaisesti kiekon muotoinen. Kiekko koostuu pienistä säleiköistä, joista ilma pääsee läpi. Poistokanavan valmiiksi lämmin ilma kulkeutuu kiekosta läpi ja lämmittää metallista säleikköä, jota pyöritetään ympäri akselinsa. Valmiiksi lämmitetty säleikkö kulkeutuu tulokanavan puolelle ja lämmittää ulkoa tulevaa ilmaa. Kiekkoa pyöritetään taajuusmuuttajalla ohjattavalla moottorilla, jonka avulla LTO:n käyttö saadaan tehostettua tarpeen tullen. Kiekko-LTO on energiatehokkain, mutta on myös kookkain vaihtoehto

Kuutio-LTO ei nimensä mukaisesti ole aina täydellisen kuution muotoinen. Kuutiolla viitataan siihen, että LTO on paikallaan oleva ”kammio”, jonka läpi ilma kulkeutuu. Ilma kulkeutuu säleikköjen läpi (kuten kiekkotyyppisessä) ja lämmittää säleikköjen pintoja. Tulo- ja poistokanavan ilmat kulkevat yleensä ”ristiin”, kuitenkin sekoittumatta toisiinsa. Kuution

käyttöä ei ole mahdollista itsessään säätää, vaan säätö tehdään tarvittaessa peltimoottoreilla (esimerkiksi ohittamalla LTO).

Nestemäinen LTO toimii lämmityspatterin tavoin. Tulo- ja poistokanavissa on omat LTO-patterit, jotka muodostavat oman lämmityspiirin. Peruseriaatteeltaan LTO on samanlainen kuin edeltävät, poistokanavan ilma lämmittää patteriaan ja lämpö siirretään tulokanavan patteriin. Nestemäinen LTO vaatii paljon antureita ja toimilaitteita toimiakseen, sekä se on lämmönsiirto-ominaisuuksiltaan heikoin vaihtoehto. Nestemäisen LTO:n käyttö voi olla tarpeen, jos kyseinen ilmanvaihtojärjestelmä kierrättää esimerkiksi keittiön ilmaa, jolloin poistoilmassa oleva rasva ja muut epäpuhtaudet tukkisivat ns. normaalit LTO:n.

Erillispoisto

Erillispoisto on itsenäinen kokonaisuus, jonka tarkoituksena on tehostaa ilman poistamista tiloista, missä se on tarpeen. Erillispoistoon kuuluu useimmiten vain taajuusmuuttaja, moottori ja peltimoottori. Käyttökohteita ovat mm. vessat, tekniset tilat ja yleisesti tilat, joissa voi esiintyä kosteutta tai epämiellyttäviä hajuja.

9 Projektin eteneminen

Projektin kohteena toimii Kirstin koulu ja päiväkotiki. Kyseessä on saneerauskohte, johon Caverion Suomi Oy:n projektipuoli toteuttaa uuden automaatiojärjestelmän.

Kirstin koulu ja päiväkotiki sijaitsee Espoossa, Suvelan asuinalueella. Koulussa on noin 350 oppilasta. Kirstin koulussa on vuosiluokat 1–6, sekä esiopetusryhmä ja valmistavan opetuksen ryhmä. (18.)

Kohteeseen tulee noin 150 anturia/toimilaitetta, noin 50 huonesäädintä sekä 5 valvonta-alakeskusta. Anturit ja toimilaitteet ovat pääosin Belimo- ja ProDual-merkkisiä. Taajuusmuuttajilla ohjataan koulun ja päiväkodin ilmanvaihtokoneita.

Insinööriyön toteutus on kuvattu etenemisen mukaan seuraavissa otsikoissa.

Aloituspalaveri

Aloituspalaverissa käytiin läpi ABB:n työntekijöiden toimesta ACH580-taajuusmuuttajan teknisiä tietoja, parametointia sekä ABB:n toimittaman demolaitteen käyttöä. Palaveri pidettiin Caverion Suomi Oy:n tiloissa 2018 joulukuussa.

Suunnittelu

Projektin suorittamisen suunnittelemiseen osallistuivat projektipäällikkö Veli-Pekka Ruusunen, tuotekehityssuunnittelija Jussi Lahti sekä automaatioharjoittelija Eemeli Moisio. Projekti jaettiin kolmeen vaiheeseen: ohjelmointi-, testaus- sekä käyttöönottovaiheeseen. Ohjelmointiosuus sisälsi taajuusmuuttajan parametrien säätämisen sekä automaatiojärjestelmään tulevien valmiiden ohjelmalohkojen luomisen. Testausvaiheessa tutkittiin ABB:n demolaitetta käyttäen ohjelmien kommunikaatiota sekä vikatilanteiden estämistä ja niistä palautumista. Käyttöönottovaiheessa testataan laitteistojen toimintakykyä ja otetaan laitteet käyttöön.

Ohjelmointi

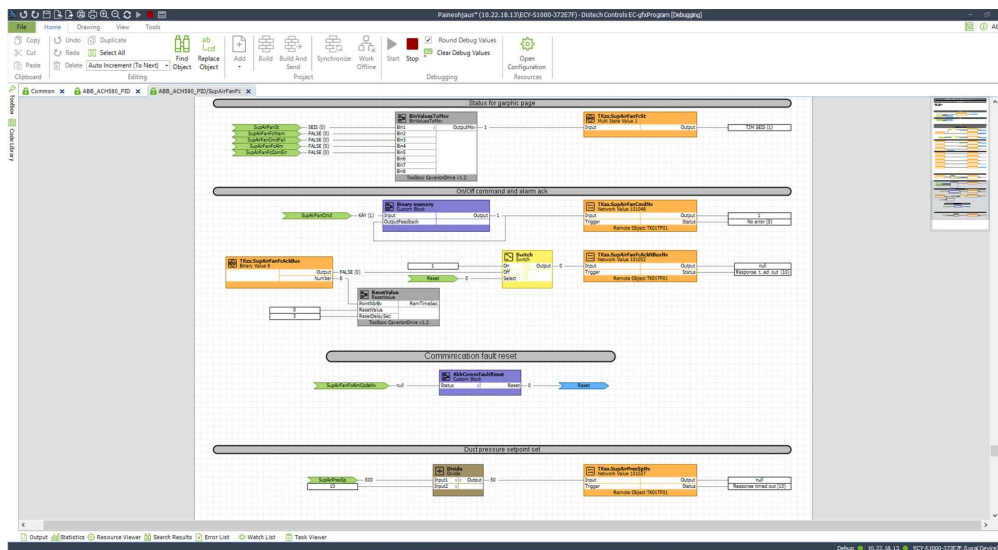
Ohjelmointi suoritettiin käyttämällä kahta eri ohjelmaa. Taajuusmuuttajan parametrien ohjelmointi tapahtui ABB:n Drive composer pro 2.2 ohjelmaa käyttäen, ja VAK:in ohjelmointi EC-gfxProgram ohjelmalla. Drive composer pro 2.2 ohjelma on suunniteltu käytettäväksi liittämällä taajuusmuuttaja USB-kaapelilla tietokoneeseen. Seuraavassa käydään läpi valmiiksi saatuja ohjelmia ja parametrilistoja.

EC-gfxProgram on Distech Controlsin suunnittelema ohjelmointiohjelma, joka on tarkoitettu yrityksen omien laitteiden ohjelmoimiseen. Ohjelmalla toteutettiin säätimelle valmiit ohjelmalohkot sekä PID-säätteiselle ja nopeusohjeella ohjattavalle puhaltimelle. Ohjelmalohkon tarkoituksena on siirtää tietoa säätimeltä taajuusmuuttajalle ja takaisin BACnet-standardin mukaisesti käyttämällä BACnet-objekteja tietojen siirrossa. Ohjelmalohko toimii periaatteessa osoitekirjana, säätimen arvot linkitetään valmiiksi määriteltyihin muuttujiin, jotka ohjaavat tiedon eteenpäin (taulukko 1). Taajuusmuuttajien toimintojen ohjaus ohjelmoidaan lohkon ulkopuolella, mutta ohjelmalohko sisältää muutaman toiminnallisuuden itsessään.

Taulukko 1 Paineohjaus- ohjelmanlohkon luettavat/kirjoitettavat objektit

Tyyppi	Objektin nimi	Selite
Input	SupAirFanFcFreq	Hetkellistaajuus
Input	SupAirFanFcCurr	Hetkellisvirta
Input	SupAirFanFcPower	Hetkellisteho
Input	SupAirFanFcKwhTotal	Sähköenergian kulutus
Input	SupAirFanFcAlmCode	Hälytyskoodi
Input	SupAirFanFcSpeed	Hetkellisnopeus
Output	SupAirPresSp	Paine-asetusarvo
Input	SupAirFanSt	Taajuusmuuttajan käyntitila (On/Off)
Input	SupAirFanFcAlm	Hälytys indikointi
Input	SupAirFanFcWarn	Varoitus indikointi
Output	SupAirFanCmd	Taajuusmuuttajan ohjauskäsky
Output	SupAirFanFcAckNBus	Hälytyksen kuittaus
Input	SupAirPres	Kanavapaine

Tärkein toiminto on automaattinen viankuittaus. Viankuittaus tapahtuu vertaamalla taajuusmuuttajan antamaa vikakoodia ohjelmaan esiasetettuun vikakoodiin. Kun taajuusmuuttajalta tulee sama vikakoodi kuin vertailuoperaattoriin ennakkoon asetettu koodi, lähettää säädin viestin taajuusmuuttujan viankuittaus-muuttujaan. Tällä hetkellä automaattinen viankuittaus toimii vain väyläkatkos-vikakoodin ilmaantuessa. Mahdollisuus muidenkin vikojen kuittamiseen olisi, mutta se ei ole järkevää. Automaattiseen viankuittaukseen luotu lohko alhaalla kuvassa (kuva 13).



Kuva 13. EC-gfxProgram ohjelmalla luotu ohjelmanlohko

ACH580-taajuusmuuttajan *parametreja* on mahdollista muokata suoraan taajuusmuuttajan omasta käyttöpaneelistä, mutta se on hidasta. Tästä syystä ABB on kehittänyt Drive composer pro parametointi ohjelman. Ohjelmalla oli mahdollista luoda ja tallentaa eri variaatioita parametreista eri käyttötarkoituksiin. Taajuusmuuttajia varten luotiin kaksi erilaista parametritiedostoa, PID-säätö- ja nopeusohje versio.

PID-säädön parametritiedostossa asetettiin taajuusohjeen tulevan taajuusmuuttajan sisäisestä PID-säädöstä, joka asetettiin toimimaan AI1-porttiin tulevan paineanturin arvon ja ulkoisesta lähteestä tulevan asetusarvon mukaan. Taulukossa 2 ohjeistettu osan parametreista asettamista oikeaan arvoon PID-versiossa.

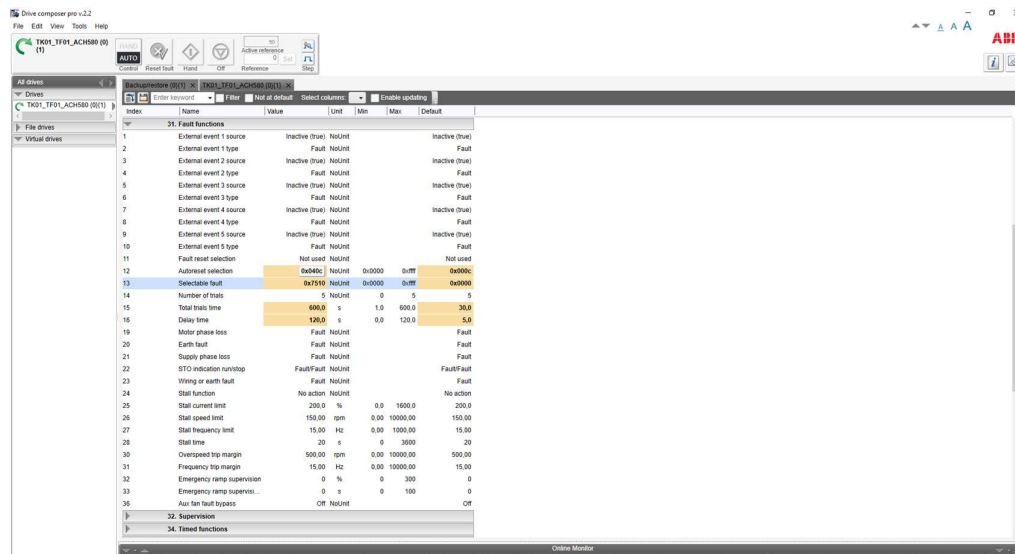
Taulukko 2 Parametrit

No	Nimi	Asetus	Selitys
12.20	AI1 skaalattu AI1 maksimiin	1000	Paine joka vastaa paineanturin maksimipainetta (10V) on 100 % = esim. 1000 pa.
20.01	Ulk 1 komennot	Kenttäväylä A	Taajuusmuuttaja käynnistyy BACnet/IP:stä tulevalla käynnistyskäskyllä. BACnet acces point BV10
28.11	Ulk 1 taajuusohje	PID	Taajuusohje on PID-säätimen lähtö
40.07	PID-säädön käyttötila	Päällä kun taajuusmuuttaja käy	PID-säädin on toiminnassa kun taajuusmuuttaja on käynnissä
40.08	Sarja 1 takaisinkytk. 1 lähde	AI1 prosenttia	PID-säätimen oloarvo on analogiatulon arvo. 0...10 V==0...100 % == 0...1000 pa
40.16	Sarja 1 ohjearvon 1 lähde	Ohjearvon muistipaikat	PID-säätimen ohjearvo on BACnetin lähettämä ohjearvo. BACnet acces point AV42
40.37	Sarja 1 lähdön maksimi	100	Maksimitaajuus-ohje taajuusmuuttajalle mikä sallitaan (Hz). Tarvittaessa tarkista 30.14 parametrissa annettava maksimitaajuusraja.

Nopeusohje version parametritiedostossa taajuusohje on määritelty luettavaksi taajuusmuuttajan BACnet Access point Analog Value 16:sta. Säätimen ohjelmalohkoon on määritelty muuttuja, joka kerää ohjelman määrittämän nopeusohjeen ja lähettää sen taajuusmuuttajalle Analog Value 16-pisteeseen.

Molempiin parametritiedostoihin on määritelty taajuusmuuttajan sisäinen automaattinen viankuittaus väyläkatkoksia varten. Väyläkatkoksen tapahtuessa taajuusmuuttaja pyrkii kuittaamaan omatoimisesti kahden minuutin viiveellä 600 sekunnin sisällä viisi kertaa vian. Jos vika ei ole kuitattavissa viimeisellä yrityksellä, täytyy vika kuitata manuaalisesti taajuus-

muuttajan käyttöpaneelista tai automaatiojärjestelmästä. Kuvassa 14 on määritelty vikakoodin automaattikuittaus (kuva 14).



Kuva 14. Drive composer- ohjelmalla automaattikuittauksen toteutus

Testaus

Testauksessa käytettiin ACH580-demolaitetta sekä Distech Controlsin ECY-S1000-säädintä. Taajuusmuuttajasta kytkettiin CAT-kaapeli säätimelle ja säätimeltä samanlainen kaapeli tietokoneeseen. Lisäksi taajuusmuuttaja kytkettiin tietokoneeseen USB-kaapelilla taajuusmuuttajan monitorointia varten.

Ensimmäisessä testivaiheessa testattiin väylän toimintaa PID-säätöisen taajuusmuuttajan tapauksessa. Säätimelle asetettiin paine-asetusarvoksi 100 Pa ja demolaitteen potentiometristä asetettiin takaisinkytkentäarvoksi 1 Pa. Taajuusmuuttaja nosti taajuutta asetusten mukaisesti ja laski taajuutta, kun takaisinkytkentäarvo muutettiin 150 Pa. Testin aikana monitoroitiin taajuusmuuttajan moottorin arvoja säätimelle, jotka todettiin toimiviksi ja uskottaviksi.

Toisessa testivaiheessa testattiin nopeusohje-säätöisen taajuusmuuttajan toimintaa. Säätimelle asetettiin nopeusohjeeksi 50 %, joka vastaa 25 Hz. Taajuusmuuttaja todettiin ajavan oikealla nopeudella ja säätimeltä tapahtuva kirjoitus, sekä luku tapahtui riittävän nopealla vasteajalla.

Kolmannessa testivaiheessa testattiin taajuusmuuttajan palautumista ongelmatilanteista. Testeissä jäljiteltiin tiedonsiirtohäiriötä sekä sähkökatkosta. Testit toistettiin useita kertoja eri viiveillä.

Tiedonsiirtohäiriötä testattiin katkaisemalla yhteys taajuusmuuttajasta säätimeen, ja kytkemällä viiveellä yhteys takaisin. Säätimen ohjelmalohkoon luotu automaattinen viankuittaus vertasi taajuusmuuttajalta luettavaa vikakoodia valmiiksi asetettuun koodiin, ja jos luettava koodi oli sama, kirjoitettiin taajuusmuuttajalle viankuittaus aktiiviseksi. Tiedonsiirtohäiriön tapahtuessa yhteys palautui joka kerta. Kuittauksessa ilmeni testin alkuvaiheilla ongelmia, jonka vuoksi päätettiin varmuuden vuoksi toteuttaa parametreillä taajuusmuuttajaan oma automaattinen viankuittaus kyseiseen tilanteeseen, joka toimii vain, jos yhteys säätimeen palautuu 6–7 minuutin sisällä vian syntymisestä.

Sähkökatko luotiin irrottamalla säädin sekä taajuusmuuttaja sähköistä minuutista kymmeneen minuuttiin. Tämän jälkeen molemmat laitteet kytkettiin takaisin virtoihin ja yhteyden palautumista monitoroitiin. Yhteys palautui 100 % testikerroista.

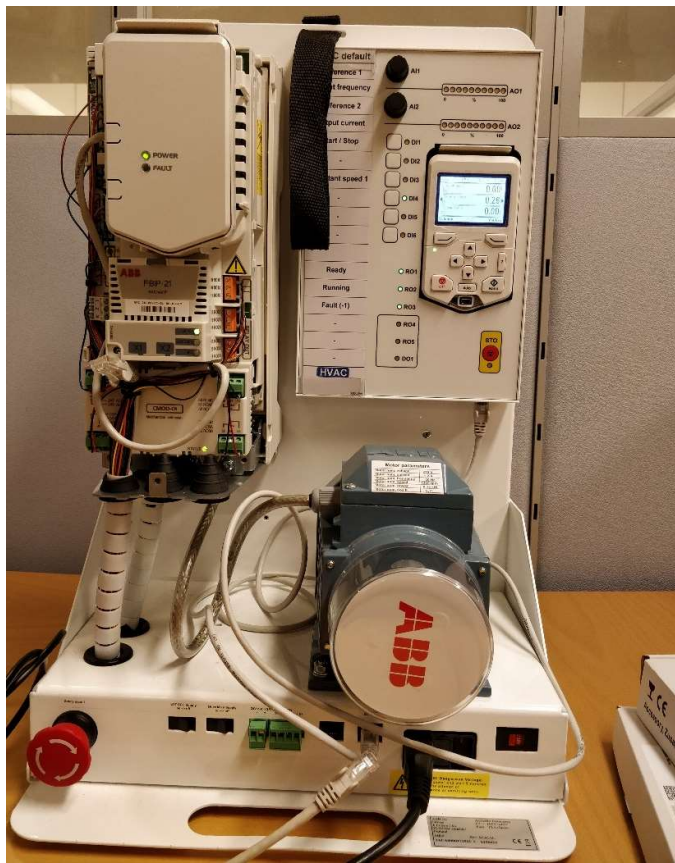
Demolaite

ACH580-demolaite (kuva 15) koostuu taajuusmuuttajasta, taajuusmuuttajan käyttöpaneelistä, moottorista ja testitaulusta. Demolaite toimii 230 V:n verkkovirralla.

Taajuusmuuttaja on sama kuin oikea tuote, paitsi että siitä on karsittu muovinen koppa päältä, eli kytkentäpisteet ovat helposti käytettävissä. Tämän kaltainen ratkaisu helpottaa I/O-testausta. Taajuusmuuttajan käyttöpaneeli on myös lopullisen tuotteen kaltainen, ja siitä on mahdollista muokata parametreja ja monitoroida taajuusmuuttajan arvoja.

Moottori on ABB:n valmistama, ja sen teho on 0,18 kW ja maksimikierrosnopeus 1360 rpm. Moottori on tarkoituksella verrattain pieni, sillä se on tarkoitettu vain testaamista varten.

Testitaulu sisältää kaksi potentiometriä, kuusi ohjattavaa DI-pistettä ja valotaulun relelähdöille. Potentiometreillä säädetään taajuusmuuttajalle saapuvia Analog input-viestejä 0–10 V.



Kuva 15. ABB ACH580-Demolaite

Työmaan peltimoottoritestä

Peltimoottoritestin tarkoituksena oli testata taajuusmuuttajan suorituskykyä ohjata IV-koneen peltimoottoria auki ja kiinni sekä tutkia asetettavaa viivettä pellin avaamiseen. Demolaitteeseen kytkettiin IV-koneen peltimoottori, joka oli asennettu paikoilleen peltien lisäksi. Demolaitteen relelähtöä hyödyntäen saatiin peltimoottori ohjattua aukeamaan kokonaan.

IV-kone käynnistyessään alkaa ohjaamaan puhaltimia käyntiin sekä peltimoottoreita aukeamaan. Tilanne luo ongelman, sillä ilmanvastus vastustaa peltimoottoreiden aukeamista. Tilannetta testattiin painamalla käsin vastaan peltejä, kun peltimoottori käynnistyi aukeamaan. Taajuusmuuttajan relelähtö ei kuitenkaan pystynyt tuottamaan riittävästi tehoa toimilaitteelle, ja tämän vuoksi peltimoottoreiden kytkennät täytyi suunnitella uusiksi.

Kohdatut ongelmat

Projektin suurimmat ongelmat liittyivät säätimen ja taajuusmuuttajan väliseen yhteyteen. Yhteys ei palautunut automaattisesti tiedonsiirtohäiriöstä, sekä yhteys oli usein todella hidas. Ongelman syy selvisi käyttämällä Wireshark-ohjelmaa. Wiresharkilla on ilmainen ohjelma, jolla on mahdollista tutkia tietoliikennettä. Ohjelman avulla huomattiin säätimen ohjelmassa parametreja, jotka tukkivat liikenteen. Ongelma saatiin korjattua, ja yhteys palautui tiedonsiirtohäiriö-testien jälkeen.

Ongelmaksi muodostui myös peltimoottorihjauksen toimimattomuus. Toimilaitteen kytkentä tuli suunnitella uusiksi, sillä taajuusmuuttaja ei kyennyt syöttämään riittävästi virtaa peltimoottorille toimiakseen.

10 Yhteenveto

Projektissa saatiin integroitua ABB:n ACH580-taajuusmuuttajat toimimaan Caverion Drive automaatiojärjestelmän kanssa BACnet-protokollaa käyttäen. Kyseistä taajuusmuuttajaa ei ole käytetty aikaisemmin Caverionin toteuttamissa järjestelmissä, ja tämän vuoksi tuote vaati testaamista ja ohjelmointia. Projektin aikana testattiin taajuusmuuttajan suorituskykyä ohjata peltimoottoreita ja ohjelmoitiin valmiit ohjelmalohkot Caverionin ohjelmakirjastoon. Lisäksi taajuusmuuttajille määriteltiin valmiit parametritiedostot eri variaatioin.

Projektissa ilmeni ongelmia laitteiden välisissä yhteyksissä. Suurin ongelma todettiin VAK:iin sijoitettavan ECY S1000-säätimen ja ABB:n demolaitteen välillä. Ongelmat saatiin ratkaistua suurimmaksi osaksi. Käyttöönottoa ei ole vielä tehty, mutta todennäköisimmät ongelmat on todennettu ja ratkaistu testivaiheessa.

Valmistuneet ohjelmalohkot lisättiin Caverionin ohjelmointikirjastoon, ja niiden pohjalta on mahdollista tulevaisuudessa muokata vastaavia ohjelmalohkoja eri valmistajien taajuusmuuttajille.

Insinööritöiden tekeminen oli todella opettavaista. Työn aihe oli haastava, mutta opin todella paljon juurikin sen vuoksi. Olen työskennellyt Caverion Suomi Oy:llä jo lähes kaksi vuotta, jonka vuoksi ohjelmat ja työkalut olivat entuudestaan osittain tuttuja.

Lähteet

- 1 Caverion lyhyesti. Verkkoaineisto. Caverion Suomi Oy. <<https://www.caverion.fi/tietoa-caverionista/caverion-lyhyesti>>. Luettu 14.1.2019.
- 2 Rakennusautomaatio. 2017. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennusautomaatio>>. Luettu 14.1.2019.
- 3 Kettunen, Henri. 2015. Taajuusmuuttajat ja parametrintiöhojen laatiminen. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Sähkövoimatekniikka.
- 4 Miles, Budimir. 2017. What are Instruction Lists (ILs) for PLC, programming. Motion Control Tips. <<https://www.motioncontroltips.com/instruction-lists-ils-plc-programming/>>. Luettu 27.02.2019.
- 5 Caverion opetusmateriaali. Verkkoaineisto. Caverion Suomi Oy. Luettu 31.03.2019.
- 6 Taajuusmuuttaja ACS580. Verkkoaineisto. Ahlsell. <<https://www.ahlsell.fi/34/sahko/teollisuustuotteet/38-taajuusmuuttajat-ja-pehmokaynnistimet/taajuusmuuttajat-ja-pehmokaynnistimet-abb/taajuusmuuttajat/sf3804126/>>. Luettu 23.02.2019.
- 7 EC-gfxProgram Graphical Programming Interface. Verkkoaineisto. Distech Controls. <<https://www.distech-controls.com/en/us/products/programming/programming-and-wizards/related-products/ec-gfxprogram/>>. Luettu 19.01.2019.
- 8 CODESYS Array Sorting for PLC programs. 2015. Verkkoaineisto. Drives and Systems. <<http://www.drivesandsystems.com/codesys-array-sorting-for-plc-programs/>>. Luettu 24.02.2019.
- 9 Generate ladder logic equations from stateflow charts and validate them. Verkkoaineisto. Mathworks. <<https://se.mathworks.com/help/plccoder/examples/generate-ladder-logic-equations-from-stateflow-charts-and-validate-them.html>>. Luettu 12.02.2019.
- 10 Sequential Function Chart (SFC). Verkkoaineisto. Beckhoff. <https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tcplccontrol/html/TcPlcCtrl_Languages%20SFC.htm&id=>>. Luettu 09.02.2019.
- 11 Caverion Drive BACnet. Verkkodokumentti. Luettu 03.03.2019.
- 12 BTL Listing of Tested Products. 2019. Verkkoaineisto. BACnet international. <<https://www.bacnetinternational.net/btl/>>. Luettu 03.03.2019.
- 13 TEAT NTC 10. Verkkoaineisto. Produal Oy. <http://www.produal.com/shop/by_temperature/sku-1173070>. Luettu 05.03.2019.
- 14 PEL. Verkkoaineisto. Produal Oy. <http://www.produal.com/fi/shop/web_differential_pressure_transmitters_for_air/sku-1131110>. Luettu 05.03.2019.

- 15 Venttiilimoottori HRYD24-SR Belimo. Verkkoaineisto. Pirkanmaan AutomaatioKeskus Melo Oy. <<https://www.pakmelo.fi/tuote/venttiilitoimilaite-hryd24-sr/>>. Luettu 05.03.2019.
- 16 BACnet. 2019. Verkkoaineisto. ASHRAE SSPC 135. <<http://www.bacnet.org/>>. Luettu 18.03.2019.
- 17 Tietoa Kirstin koulusta. 2019. Verkkoaineisto. Espoon kaupunki. <<https://www.es-poo.fi/kirstinkoulu>>. Luettu 18.03.2019.
- 18 Caverion Drive. Verkkoaineisto. Caverion Suomi Oy. <<https://www.caverion.fi/jarjestelmat-ja-tuotteet/automaatio/caverion-drive-kiinteistohallintajärjestelmä>>. Luettu 31.03.2019.
- 19 Olli-Erkki Tuominen. 2010. Taajuusmuuttajamoottoriyhdistelmien tutkiminen ABB ACS580-taajuusmuuttajaa käyttäen. Opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. Sähkö- ja automaatiotekniikka.
- 20 Petja Partanen. 2016. Sähkömoottorin kaasupolkimen kehittäjä. Verkkoaineisto. Tekniikan akateemiset. <<https://www.tek.fi/fi/uutishuone/tek-120-vuotta/osaajat/martti-harmoinen>>. Luettu 12.04.2019.