



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Pertti Johannes Rajala-Rahko

TOIMILOHKOKIRJASTO KATTILALAI- TOKSEN OHJAAMISEEN

Tekniikka ja liikenne

2010

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan koulutusohjelmassa vuosina 2009-2010. Työ tehtiin Sesca Energy Oy:lle, jonka puolesta työn valvojana toimi projektipäällikkö Timo Wolff. Työn ohjaajana toimi Vaasan ammattikorkeakoulun lehtori Juha Nieminen. Tahdon osoittaa kiitokseni edellä mainituille henkilöille, heidän työpanoksestaan ja saamastani avusta. Kiitos myös kaikille muille, jotka ovat minua tämän työn aikana tavalla tai toisella auttaneet.

Vaasassa 27.5.2010

Ville Rajala-Rahko

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ville Pertti Johannes Rajala-Rahko
Opinnäytetyön nimi	Toimilohkokirjasto kattilalaitoksen ohjaamiseen
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	85 + 1 liite
Ohjaaja	Juha Nieminen

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella toimilohkokirjasto, joka sisältää toimilohkot kattilalaitoksissa tyypillisesti tarvittavien mittausten-, säätöpiirien- ja toimilaitteohjausten toteuttamiseen, ohjelmoitavalla logiikalla. Työn tilaajan tavoitteena oli nopeuttaa- ja yhdenmukaistaa logiikkasovellusten ohjelmointia sekä vakioita valvomo- ja logiikkasovellusten välinen rajapinta.

Toimilohkot, jotka tulisi suunnitella sekä niiden vähimmäisvaatimukset toimintojen osalta, selvitettiin tutkimalla toimitettujen kattilalaitos-projektien dokumentaatioita. Prosessiautomaatiojärjestelmien toimilohkokirjastoja tutkimalla, selvitettiin muita hyödyllisiä toiminnallisuuksia, joita toimilohkoihin voitaisiin sisällyttää vähimmäisvaatimusten lisäksi. Toimilohkoille suunniteltiin toimintaselostemalli. Valituille toimilohkoille, joita olivat erilaiset moottoreiden- ja venttiileiden ohjaustoimilohkot, analoginen mittaustoimilohko, PID-säädintoimilohkot ja sekvenssitoimilohkot, suunniteltiin mallin mukaiset toimintaselosteet.

Opinnäytetyön tuloksena, sen tilaaja sai suunnitelman toimilohkokirjastosta, joka täyttää tilaajan asettamat vaatimukset. Osa kirjaston toimilohkoista ohjelmoitiin ja testattiin Siemens Simatic S7-logiikoille. Opinnäytetyön aikana syntyi myös ideoita, joita toteuttaen, logiikkasovellusten ohjelmointia voitaisiin nopeuttaa ja projektien dokumentoinnin laatua parantaa.

Asiasanat	automaatio, prosessinohjaus
-----------	-----------------------------

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Sähkötekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Ville Pertti Johannes Rajala-Rahko
Title	A Functional Block Library for Boiler Plant Control
Year	2010
Language	Finnish
Pages	85 + 1 Appendix
Name of Supervisor	Juha Nieminen

The purpose of the thesis was to design a functional block library for a PLC. The library consists of function blocks for typical measurings, control loops and actuator controls in a boiler plant process. With the functional block library the orderer of the thesis wanted to save time in PLC-programming, get more uniform PLC-programs and get a constant interface between the PLC and HMI-program.

The documentations of the carried out boiler plant projects were studied, to find out what kind of the functional blocks should be designed and their minimum requirements. Also the functional block libraries of process control systems were studied, to find out what kind functions are typically included in functional blocks and what kind of functions should be included in the designed functional blocks, besides the minimum requirements. To make uniform documentation for all of the functional blocks, a template was designed for the description of operations. The functional blocks designed were direct online motor, frequency converter, different valves, analogical measure, PID-controller and sequence. The descriptions of operations were written to all functional blocks using the designed template.

The result of the thesis is a detailed plan for the functional block library which met the requirements that the orderer of the thesis had made. Some of the functional blocks were also programmed and tested. During the implementation of the thesis some ideas were discovered how to improve engineering process of the boiler plant to save time in the PLC-programming and to improve quality of project documentation.

Keywords	Automation, Process Control
----------	-----------------------------

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
TAULUKKO- JA KUVALUETTELO.....	10
KÄYTETYT LYHENTEET	11
1 JOHDANTO.....	13
2 TAVOITTEET	14
3 TYÖN KULKU	15
3.1 Toimilohkotyyppit ja niiden vähimmäisvaatimusten määrittely	15
3.2 Toimilohkot prosessiautomaatiojärjestelmissä	15
3.3 Toimilohkojen toimintaselosteiden suunnittelu ja toteuttaminen	15
3.4 Toimilohkojen ohjelmointi ja testaaminen	16
4 KATTILALAITOS.....	17
4.1 Tyypillinen kattilalaitos	17
4.2 Kattilalaitoksen automaatiojärjestelmä.....	18
5 KATTILALAITOKSEN OHJAAMISEEN TARVITTAVAT TOIMILOHKOT.....	20
5.1 Kattilalaitoksen mittaukset.....	20
5.2 Kattilalaitoksen säätimet.....	20
5.3 Kattilalaitoksen toimilaitteet.....	21
5.3.1 Pumppu- ja puhallinkäytöt	21
5.3.2 Venttiilit	21
5.4 Sekvenssiohjaukset	22
6 PROSESSIAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN JA OHJELMOITAVAN LOGIIKAN EROAVAISUUDET	23
7 TOIMILOHKOT PROSESSIAUTOMAATIOJÄRJESTELMISSÄ	25
7.1 Moottorilähdöt	25
7.1.1 Ohjauspaikka.....	25
7.1.2 Ohjaaminen	26
7.1.3 Lukitukset.....	26

7.1.4	Vikavalvonta	27
7.1.5	Häiriövalvonta.....	27
7.2	Palautuva-toimilaitteiset sulkuventtiilit	27
7.2.1	Ohjaaminen	28
7.2.2	Lukitukset.....	28
7.2.3	Vikavalvonta	29
7.2.4	Häiriövalvonta.....	29
7.3	Moottoritoimilaitteiset venttiilit.....	29
7.3.1	Ohjaaminen	30
7.3.2	Lukitukset.....	30
7.3.3	Vikavalvonta	31
7.3.4	Häiriövalvonta.....	31
7.4	Analoginen tulokanava	32
7.4.1	Skaalaus.....	32
7.4.2	Hälytysrajavalvonta.....	32
7.4.3	Simulointi.....	32
7.4.4	Vikavalvonta	33
7.5	Analoginen lähtökanava.....	33
7.5.1	Skaalaus.....	33
7.5.2	Ohjausviestin arvon rajoittaminen	34
7.5.3	Simulointi.....	34
7.5.4	Ohjausviesti automaatiojärjestelmän käynnistyessä	34
7.5.5	Vikavalvonta	34
7.6	Säätimet.....	35
7.6.1	Ohjauspaikka.....	35
7.6.2	Asetusarvo.....	35
7.6.3	Prosessiarvo	36
7.6.4	Erosuure	36
7.6.5	Säätöfunktio	36
7.6.6	Toimilaitteen ohjaus.....	37
7.7	Sekvenssiohjaukset	38
7.7.1	Ohjauspaikan valinta.....	38

7.7.2	Ohjaaminen	38
7.7.3	Askel	39
7.7.4	Siirtymäehdot	39
7.7.5	Häiriövalvonta.....	39
8	TOIMILOHKOJEN DOKUMENTOINTI.....	40
8.1	Prosessiautomaatiojärjestelmien toimilohkokirjastojen dokumentointi .	40
8.2	Toimilohkojen toimintaselostemalli	41
8.2.1	Sovelluskohteet	42
8.2.2	Toimilohkon alustus.....	42
8.2.3	Oheistiedot	42
8.2.4	Ohjauspaikan valinta.....	43
8.2.5	Ohjaaminen	43
8.2.6	Lukitukset sekä vika- ja häiriövalvonta	43
8.2.7	Ohjausvalmiustiedot.....	43
8.2.8	Muut tarvittavat toimilohkot	43
8.2.9	Muuttujaluettelot.....	43
8.2.10	Esimerkkikytkennät.....	44
9	MUUTTUJIEN NIMEÄMINEN.....	45
10	SUUNNITELLUT TOIMILOHKOT	46
10.1	Suora moottorilähtö	46
10.1.1	Toimilohkon alustus.....	46
10.1.2	Ohjauspaikan valinta.....	46
10.1.3	Ohjaaminen	47
10.1.4	Lukitukset.....	48
10.1.5	Vika- ja häiriövalvonta.....	48
10.2	Kaksisuuntainen suora moottorilähtö	49
10.3	Taajuusmuuttajaohjattu moottorilähtö	49
10.3.1	Kenttäväyläohjaus	49
10.3.2	Ohjaus- ja tilasanat.....	50
10.3.3	Nopeuden ohje- ja oloarvot.....	52
10.3.4	Prosessidatan sanat PD1-PD8	53
10.3.5	Ohjauspaikan valinta.....	53

10.3.6 Ohjaaminen	54
10.3.7 Vika- ja häiriövalvonta.....	55
10.4 Palautuva toimilaitteinen sulkuventtiili	55
10.4.1 Lepoasento	55
10.4.2 Rajakytkimet ja asentotiedot	56
10.4.3 Vika- ja häiriövalvonta.....	56
10.5 Moottoritoimilaitteinen venttiili.....	57
10.5.1 Rajakytkimet ja asentotiedot	57
10.5.2 Toimilaitteen parametrit.....	58
10.5.3 Ohjaaminen	58
10.5.4 Lukitukset.....	59
10.5.5 Vika- ja häiriövalvonta.....	59
10.6 Analoginen tulokanava	60
10.6.1 Alustus	61
10.6.2 Skaalaaminen	61
10.6.3 Raja-arvojen valvonta	61
10.6.4 Simulointi.....	62
10.6.5 Diagnostiikka	62
10.7 Analoginen lähtökanava.....	62
10.7.1 Alustus	63
10.7.2 Skaalaaminen	63
10.7.3 Ohjausviestin rajoittaminen	63
10.7.4 Simulointi.....	63
10.7.5 Diagnostiikka	63
10.8 PID-säädintoimilohkot.....	64
10.8.1 Alustus	64
10.8.2 Säädintoimilohkon lukitus	64
10.8.3 Ohjauspaikan valinta.....	65
10.8.4 Asetusarvo.....	65
10.8.5 Prosessiarvo	66
10.8.6 Skaalaaminen	67
10.8.7 Erosuure	67

10.8.8	Säätöfunktio	67
10.8.9	Ohjausviesti.....	68
10.8.10	Toimilaitteen asennoittaminen ja -takaisinkytkentä.....	69
10.9	Sekvenssi.....	69
10.9.1	Alustus	69
10.9.2	Ohjauspaikan valinta ja ohjaaminen	70
10.9.3	Lukitukset.....	70
10.9.4	Askeleen ohjaukset ja siirtymäehdot.....	70
10.9.5	Hälytykset	71
11	TOIMILOHKOJEN OHJELMOINTI	71
11.1	Ohjelmoinnin huomiointi toimilohkojen suunnittelussa.....	71
11.2	Toimintayksikön edut verrattuna toimintaan	72
11.3	FBD-ohjelmointi	73
11.4	Toimilohkojen suojaaminen.....	74
11.5	CFC-ohjelmointi	74
11.5.1	CFC-työkalu	74
11.5.2	CFC-työkalu ja toimilohkojen suunnittelu.....	75
11.6	Systemiattribuutit	76
12	TOIMILOHKOJEN TESTAAMINEN	77
12.1	Toimilohkojen staattinen testaaminen	77
12.2	Toimilohkojen dynaaminen testaaminen	78
13	JATKOJALOSTUSMAHDOLLISUUDET	81
13.1	Vakioidun valvomosovelluksen päivittäminen.....	81
13.2	Valvomosovelluksen tagi-lista.....	81
13.3	Logiikkaohjelmoinnin integroiminen osaksi suunnittelujärjestelmää	82
13.4	Dokumentaatio	82
	LÄHTEET	84
	LIITTEET	

TAULUKKO- JA KUVALUETTELO

Taulukko 1. Profidrive profiilin mukaisen ohjaussanan bittien kuvaus /7/.

Taulukko 2. Profidrive profiilin mukaisen tilasan bittien kuvaus /7/.

Taulukko 3. Esimerkki testisuunnitelmasta.

Kuva 1. Höyrykattilalaitoksen prosessikaavio /12/.

Kuva 2. Kattilalaitoksen tyypillinen automaatiojärjestelmä.

Kuva 3. Profidrive profiilin PPO-tyypit /7/.

Kuva 4. Esimerkki FB:in ohjelmoinnista FBD-kielillä.

KÄYTETYT LYHENTEET

ACT	Actual, oloarvo
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization, eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö
CFC	Continuous Function Chart, jatkuva toimintakaavio
CW	Control Word, ohjaussana
DB	Data Block, tiedostoyksikkö
EN	European Standard, eurooppalainen standardi, joka on tässä tapauksessa laadittu CENELECissä
FB	Function Block, toimintayksikkö
FBD	Function Block Diagram, toimintakaavio
FC	Function, toiminta
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardisoimisjärjestö
IO	Input, Output, tulo- ja lähtö rajapinta
MW	Megawatti, tehon yksikkö, 10^6 wattia
OB	Organization Block, organisaatioyksikkö
PD	Process Data, prosessidata
PID	Proportional Integral Derivative, säätöfunktio joka koostuu suhde-, integrointi- ja derivointitermeistä
PPO	Parameter/Process Data Object, Profibus-DP kommunikointiobjekti

REF	Reference, ohjearvo
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
SW	Status Word, tilasana
t/h	tonnia tunnissa

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella toimilohkokirjasto ohjelmoitaviin logiikoihin. Toimilohkokirjaston tuli sisältää toimilohkot kattilalaitoksissa tyypillisesti käytettyjen toimilaitteiden ohjaamiseen sekä mittauksen- ja säätimien toteuttamiseen.

Työn tilaaja Sesca Energy Oy, tekee vuosittain useita kattilalaitosten sähköistykseen ja automaation kokonaistoimituksia. Kattilalaitokset vastaavat pitkälti toisiaan ja sisältävät keskenään samanlaisia toimilaitteohjauksia, mittauksia ja säätöpiirejä. Ohjelmoimalla usein tarvittavia toimintoja toimilohkoiksi ja testaamalla ne, voidaan nopeuttaa ohjelmointityötä ja vähentää yksittäisen toimituksen testaamiseen kuluvaa aikaa sekä saadaan toimilaitteille, mittauksille ja säätimille vakioitu rajapinta logiikka- ja valvomosovellusten välille. Valvomotoimintojen vakioinnista on tehty erillinen opinnäytetyö.

Tarvittavat toimilohkot ja toimilohkojen toiminnallisuuden vähimmäisvaatimukset määriteltiin tutkimalla toimitettujen kattilalaitosten dokumentaatiota sekä kirjallisuutta niiltä osin kuin sitä löytyi. Prosessiautomaatiojärjestelmien vastaavia toimilohkoja tutkimalla ja kokemukseräistä tietoa soveltaen toimilohkoihin valittiin hyödyllisiä toimintoja, vähimmäisvaatimusten lisäksi. Toimilohkoille luotiin dokumentointimalli, jota hyväksi käyttäen tehtiin toimilohkoille toimintaselosteet. Osa toimilohkoista ohjelmoitiin Siemens Simatic S7-logiikoille ja testattiin opinnäytetyön osana tehdyn testaussuunnitelman mukaisesti.

Toimilohko on valmis logiikkasovelluksen osa, joka suorittaa tietyn toiminnon, esimerkiksi moottorilähdön ohjaamisen ja valvonnan tai säätöalgoritmin.

2 TAVOITTEET

Tehostamalla logiikkasovellusten tuotantoprosessia toimilohkojen avulla, voidaan asiakkaan asettamiin laatu-, toimitusaika- ja kustannusvaatimukseen vastata tehokkaammin /1/.

Toimilohkot muodostavat dokumentoituja ja testattuja toteutusmalleja toimilaitteohjausten-, mittauksen, ja säätimien toteuttamiseksi logiikkasovelluksessa. Toimilohkojen käyttäminen jokaisen suunnittelijan vapaamuotoisten ohjelmointiratkaisujen sijasta, vähentää yrityksen sisäistä henkilöriippuvuutta ja parantaa osaltaan logiikkasovellusten laatua. Yhtenäisten toteutusmallien tärkeys korostuu samaan projektiin osallistuvien suunnittelijoiden ollessa fyysisesti eri paikoissa, jolloin päivittäinen kommunikointi vähenee. /1/

Suunnittelijasta riippumattomat mittaus-, säädin- ja toimilaitteiden ohjausratkaisut logiikkasovelluksessa muodostavat aina vakiorajapinnan valvomosovellukselle, näin myös valvomosovelluksessa voidaan käyttää vakioituja ratkaisuja. Lisäksi valvomo- ja logiikkasovellusten ohjelmointityön jakaminen eri suunnittelijoille helpottuu, koska kaikilla suunnittelijoilla on tällöin yhtenäinen käsitys asioiden toteutustavoista ja niiden välisistä rajapinnoista. /1/

Toimilohkojen ollessa helposti uudelleen käytettävissä nopeutuu logiikkasovelluksen ohjelmointi, aikaa säästyy myös, koska toimilohkot ovat valmiiksi testattuja, jolloin toimituskohtainen testauksen tarve vähenee. Testaukseen kuluvan ajan lyhentäminen helpottaa asiakkaan luona tehtävien tehdaskoestuksien ja käyttöönottojen läpiviemistä tiukalla aikataululla ja toisaalta tekee suunnittelijan työstä mielekkäämpää vähentäen testauksen osuutta ohjelmointityöstä. /1/

Toimilohkokirjaston suunnittelulla tavoiteltiin parannusta edellä kuvailtuihin asioihin, tulevaisuudessa tehtävien kattilalaitosten sähköistyksen- ja automaation kokonaistoimituksissa.

3 TYÖN KULKU

3.1 Toimilohkotyyppit ja niiden vähimmäisvaatimusten määrittely

Tutkimalla toimitettujen kattilalaitosten logiikka- ja valvomosovelluksia, piirikaa- vioita, mittapisteluetteloita ja toimintakuvauksia selvitettiin millaisia mittauksia, säätöpiirejä ja toimilaitteita kattilalaitos tyypillisesti sisältää, mitä vaatimuksia toimilaitteiden liitynnät automaatiojärjestelmään asettavat ja millaista tietoa toimilaitteilta saadaan automaatiojärjestelmässä hyödynnettäväksi. Työn aloituspalaverissa hahmoteltiin millaisia toimilohkoja olisi syytä suunnitella. Työvaiheen tarkoitus oli tarkentaa tätä hahmotelmaa päätökseksi. Toimilaitteiden ja automaatiojärjestelmän välinen rajapinta dokumentoitiin seuraavissa työvaiheissa käytettäväksi.

3.2 Toimilohkot prosessiautomaatiojärjestelmissä

Tutkimalla kahden prosessiautomaatiojärjestelmän metsoDNA- ja Siemens Simatic PCS7-toimilohkokirjastoja selvitettiin, millaisia toiminnallisuuksia ne tarjoavat toteutettavaksi valittujen toimilaitteiden ohjausten, mittausten ja säätimien toteuttamiseen. Näin saatiin näkemys siitä, millaisia toiminnallisuuksia suunniteltaviin toimilohkoihin voitaisiin vähimmäisvaatimusten lisäksi sisällyttää.

3.3 Toimilohkojen toimintaselosteiden suunnittelu ja toteuttaminen

Toimilohkoille suunniteltiin niin yhtenäinen toimintaselostemalli kuin se toimilohkojen eroavaisuuksista johtuen oli mahdollista. Myös toimilohkojen muuttujien nimeämisessä käytetyt periaatteet selvitettiin.

Toimilohkoille kirjoitettiin toiminataselesteet. Toiminnallisuuksien valinnassa ja toteuttamisessa hyödynnettiin tehdyssä selvitystyössä saatua tietoa, toimitettujen kattilalaitosten logiikka- ja valvomosovelluksia, yrityksen sisäistä kokemuseräistä tietoa sekä mahdollisuuksien mukaan kirjallisuutta.

3.4 Toimilohkojen ohjelmointi ja testaaminen

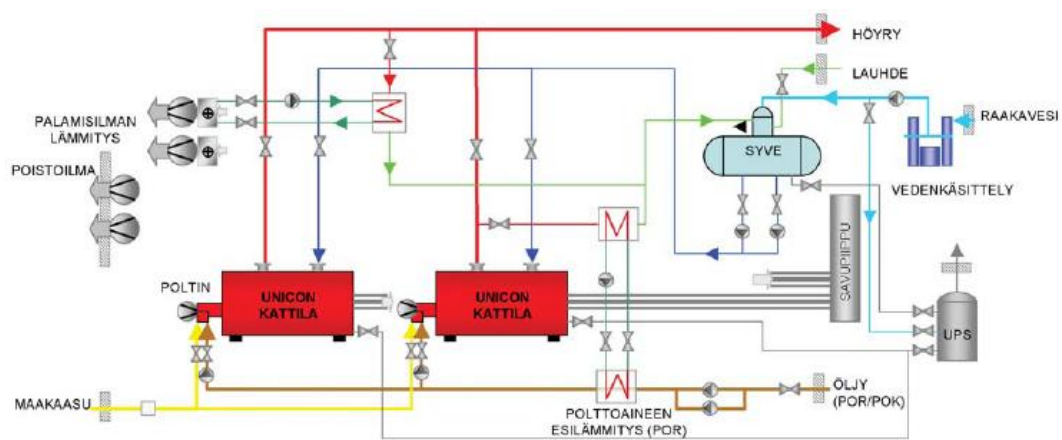
Ensimmäisessä toimilohkojen testausvaiheessa toimintaselosteet tarkastettiin työntilaajan toimesta, jolloin varmistuttiin niiden toiminnallisuuksien kattavuudesta ja siitä, että toiminnallisuudet on suunniteltu toimimaan järkevästi.

Opinnäytetyön viimeisessä vaiheessa, osa toimilohkoista ohjelmoitiin suunniteltujen toimintaselosteiden pohjalta. Toimintaselosteita hyväksi käyttäen, toimilohkoille luotiin tarkoituksenmukaiset testisuunnitelmat, joiden avulla toimilohkoille suoritettiin toiminnallinen testaus, mahdollisten virheiden löytämiseksi.

4 KATTILALAITOS

4.1 Tyypillinen kattilalaitos

Tässä työssä tarkoitettu kattilalaitos koostuu yhdestä tai useammasta kattilasta, joka on tyypiltään tulitorvi-tuliputkikattila, vesiputkikattila tai yhdistetty vesiputkikattila. Lämpöenergia kattilaan tuotetaan polttimella, joita voi olla 1-2 kappaletta kattilaa kohden ja joiden polttoaineena toimii tyypillisesti kevyt- tai raskaspolttoöljy tai maakaasu. /2/



Kuva 1. Höyrykattilalaitoksen prosessikaavio /12/.

Kattila tuottaa kuumaa vettä kaukolämpöverkkoon tai teollisuuden prosessiin tai höyryä teollisuuden prosessiin. Kuumavesikattiloiden tehot vaihtelevat välillä 2-120 MW, laitostehon vaihdellessa välillä 5-500 MW. Höyrykattiloiden höyryn tuotantokapasiteetti vaihtelee välillä 1-80 t/h, laitospotentiaalivaihdellessa välillä 7-600 t/h. Kattilalaitos voi sisältää sekä kuumavesi- että höyrykattiloita. Kuvasa 1, höyrykattilalaitoksen prosessikaavio. /2/

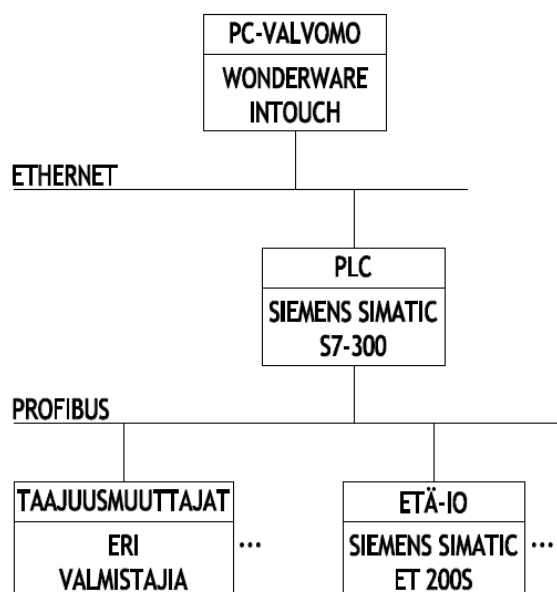
Kattilalaitokseen sisältyy kattiloiden lisäksi tarvittava polttoaineen käsittelylaitteisto, jonka sisältö riippuu käytettävästä polttoaineesta. Nestemäisillä polttoaineilla, polttoaineen käsittelylaitteisto sisältää suodatus-, pumppaus- ja mahdollisen esilämmityslaitteiston ja kaasumaisilla polttoaineilla suodatus- ja paineenalennuslaitteistot. /2/

Kattilahuoneen ilmanvaihto koostuu tulo- ja poistoilma puhaltimista, sulkupelleistä sekä lämmönvaihtimista, joilla pidetään kattilahuoneen lämpötila ja -paine tarkoituksenmukaisina. /2/

Vedenkäsittelyjärjestelmillä huolehditaan kaukolämpö- ja syöttövesien laadusta ja määrästä. Lisävesijärjestelmällä laitokselle tuleva raakavesi suodatetaan ja siihen annostellaan tarvittavia kemikaaleja. Höyrykattilat on varustettu syöttövesisäiliöllä ja vesikattilat varustetaan tapauskohtaisesti paisuntajärjestelmällä. /2/

4.2 Kattilalaitoksen automaatiojärjestelmä

Edellä kuvattuja kattilalaitoksen osia ohjataan automaatiojärjestelmällä. Tyypillisesti kattilalaitoksen automaatiojärjestelmä koostuu kuvassa 2 esitetyistä osista, PC-tietokoneesta ja siihen asennetusta valvomo-ohjelmistosta, jossa suoritetaan valvomosovellusta. Ohjelmoitavasta logiikasta, joka tyypillisesti on Siemens Simatic S7-300 tuoteperhettä, tarkemman mallin riippuessa laitospoosta. Valvomo ja logiikka on yhdistetty toisiinsa Ethernet-väylällä. Logiikka toimii Profibus-väylän isäntälaitteena, väylään kytketään orjalaitteiksi taajuusmuuttajia ja etä-IO-yksiköitä, jotka ovat tyypillisesti Siemens Simatic ET 200S tuoteperhettä. Taajuusmuuttajien ja etä-IO-yksiköiden määrät vaihtelevat laitospohtaisesti. /2/



Kuva 2. Kattilalaitoksen tyypillinen automaatiojärjestelmä.

Kattilalaitoksia on toimitettu myös metsoDNA ja Siemens Simatic PCS7-prosessiautomaatiojärjestelmillä. Nämä laitokset poikkeavat tässä työssä käsitellyistä tyypillisistä kattilalaitoksista automaatiojärjestelmän lisäksi, mm. moottorilähtöjen osalta. Nämä poikkeavuudet johtuvat kattilalaitoksen tilaajan asettamista tarkemmista vaatimuksista sähköistyksen ja automaation toteutuksen suhteen. /11/

5 KATTILALAITOKSEN OHJAAMISEEN TARVITTAVAT TOIMILOHKOT

5.1 Kattilalaitoksen mittaukset

Mittaukset koostuvat pääasiassa paineen-, virtauksen- ja lämpötilan mittauksista. Tyypillisesti mitattu arvo saadaan paine-, virtaus- tai lämpötilalähtimeltä virta- tai jänniteviestinä, joka liitetään automaatiojärjestelmän etä-IO-yksikössä olevaan analogiatulokanavaan. Virtausarvo voidaan saada myös pulssitietona, joka liitetään etä-IO-yksikön digitaalitulokanavaan. /2/

Mitatun arvon skaalaaminen insinööriyksiköiksi ja arvon suuruuden valvonta tehdään poikkeuksetta kaikille mittauksille. Tutkittujen kattilalaitostoimitusten toteuttamiseen oli käytetty erästä tarkoitukseen sopivaa toimilohkoa. Sen käytön yleisyydestä ei kuitenkaan voida olla varmoja eikä dokumentaatiosta ole tietoa. Oli perusteltua tehdä uusi, dokumentoitu toimilohko analogisille tulokanaville. /2/

5.2 Kattilalaitoksen säätimet

Kattilalaitoksen säätöpiirien säätiminä käytetään tyypillisesti PID-säädintä. Säädin voi olla tyypiltään jatkuvatoiminen, jolloin se antaa ohjausviestin 0-100 % tai kolmipistesäädin, jolloin säätimen ohjaamalle toimilaitteelle annetaan nousee-, laskee- tai ei kumpaakaan eli seis –komentoja.

Säädinten rajapinta prosessin ja automaatiojärjestelmän välille muodostui tyypillisesti, analogiatulokanavan avulla tehtävästä prosessiarvon mittauksesta ja jatkuvatoimisella säätimellä analogialähtökanavalla tehtävästä ohjauksesta tai kolmipistesäätimellä digitaalilähdöillä tehtävistä toimilaitteen ohjauksista. /2/

Tutkittujen kattilalaitostoimitusten säätöpiirien toteuttamiseen oli käytetty Siemens Simatic Step7 Standard Libraryn säädintoimilohkoja /2/. Niiden toiminnallisuuksien määrä on vähäinen ja dokumentaatio puutteellinen. Lisäksi niiden käyttö edellyttää sen tyypistä toimilohkon ulkopuolista ohjelmointia, joka vaikeuttaa vakioidun valvomorajapinnan toteuttamista. Oli perusteltua tehdä uudet, monipuolisemmat ja dokumentoidut säädintoimilohkot.

5.3 Kattilalaitoksen toimilaitteet

5.3.1 Pumppu- ja puhallinkäytöt

Pumppu- ja puhallinkäytöt voivat olla suorakäynnisteisiä tai taajuusmuuttajalla ohjattuja moottorikäyttöjä. Suorakäynnisteiset käytöt liitetään kattilalaitoksen moottorilähtökeskuksiin sijoitettuihin etä-IO-yksiköihin, jolloin niitä ohjataan automaatiojärjestelmän digitaalilähdöillä ja niiden tilatiedot saadaan digitaalituloista. /2/

Tutkittujen kattilalaitostoimitusten suorakäynnisteisiä moottorilähtöjä on ohjattu tyypillisesti yhdellä digitaalilähdöllä, jonka arvon ollessa ”tosi” moottori käy. Moottorilähdöistä automaatiojärjestelmän digitaalituloihin oli kytketty pääkontaktorin tilatieto, yhdistetty kenttä- ja keskushäiriötieto sekä paikallis-kaukokytkimen tilatieto. /2/

Taajuusmuuttajakäytöissä automaatiojärjestelmään on Profibus-väyläohjauksen lisäksi kytketty turvakytkimen tilatieto. /2/

Sekä suorakäynnisteisten- että taajuusmuuttajaohjattujen moottorikäyttöjen ohjaamiseen logiikkasovelluksessa, oli tutkituissa kattilalaitostoimituksissa käytetty toimilohkoja /2/. Kuten mittauksen ja säätimien toteuttamiseen käytetyt toimilohkot, olivat myös nämä toimilohkot sekä toiminnoiltaan- että dokumentoinniltaan puuttellisia ja oli perusteltua tehdä myös näille ohjauksille uudet, monipuolisemat ja dokumentoidut toimilohkot.

5.3.2 Venttiilit

Kattilalaitoksissa käytetyt venttiilit voidaan jakaa sulku- ja säätöventtiileihin. Sulkuventtiilit ovat auki-kiinniventtiileitä, joilla avataan tai suljetaan aineen virtaus. Säätöventtiilien tehtävä on prosessisuuren säätäminen, säätimeltä tulevan ohjauksen mukaisesti. Tutkittujen kattilalaitostoimitusten sulkuventtiilit olivat joko magneetti- tai moottoritoimilaitteisia ja säätöventtiilit moottoritoimilaitteisia. /2/, /3/

Magneettitoimilaitteisten- ja muiden vastaavien sulkuventtiileiden, jotka ohjauksen päätyttyä palautuvat lepo asentoonsa, ja automaatiojärjestelmän välinen rajapinta muodostui tyypillisesti yhdestä digitaalilähdöstä, jolla venttiili ohjataan pois lepoasennostaan. Logiikkasovelluksessa ohjaamiseen oli käytetty toimilohkoa, joka päätettiin korvata uudella. /2/

Moottoritoimilaitteisten sulku- ja säätöventtiilien ja automaatiojärjestelmän välinen rajapinta muodostui tyypillisesti kahdesta digitaalilähdöstä, joilla venttiiliä ohjattiin auki- ja kiinni suuntiin sekä digitaalituloista joihin oli kytketty, paikalliskaukokytkimen tilatieto sekä auki- ja kiinnirajakytkinten tilatiedot. Lisäksi moottoritoimilaitteiselta säätöventtiililtä saatiin tyypillisesti asentotieto, joka oli kytketty analogiatulokanavaan. Logiikkasovelluksessa moottoritoimilaitteisia venttiileitä oli ohjattu ilman toimilohkoa, kunkin logiikkasovelluksen suunnittelijan parhaaksi katsomalla tavalla. Myös moottoritoimilaitteisten sulku- ja säätöventtiileiden ohjaamiselle oli aiheellista suunnitella yksi yhteinen toimilohko. /2/

5.4 Sekvenssiohjaukset

Tutkittujen kattilalaitostoimitusten logiikkasovellukset sisälsivät poikkeuksetta sekvenssiohjauksia. Sekvenssien tekemiseen ei ollut käytetty erillistä sekvenssiohjelmointityökalua tai toimilohkoja, vaan ne oli ohjelmoitu kunkin logiikkasovelluksen suunnittelijan parhaaksi katsomalla tavalla. Sekvenssiohjelmoinnin helpottamiseksi ja yhtenäistämiseksi, oli aiheellista suunnitella yhteinen toimilohko sekvenssin askeleelle ja siirtymäehdoille sekä toinen toimilohko sekvenssien ensimmäiselle askeleelle. /2/

6 PROSESSIAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN JA OHJELMOITAVAN LOGIIKAN EROAVAISUUDET

Prosessiautomaatiojärjestelmällä ja ohjelmoitavalla logiikalla sekä PC-valvomolla toteutettujen automaatiojärjestelmien väliset suurimmat eroavaisuudet ovat suorituskyvyssä, toimintojen -integroinnin tasossa ja –määrässä.

Prosessiautomaatiojärjestelmissä logiikkasovellusta vastaava sovellus suoritetaan prosessiasemissa, jotka ovat tyypillisesti suorituskykyisempiä kuin ohjelmoitavat logiikat. Kattilalaitoksen koon kasvaessa, yksi syy siirtyä ohjelmoitavalla logiikalla toteutetusta automaatiojärjestelmästä prosessiautomaatiojärjestelmään voikin olla se, että ohjelmoitavan logiikan suorituskyky ei riitä ohjattavalle prosessille. Mikäli kattilalaitoksen tilaajalla on jo muita laitoksia, joissa käytetään jotain prosessiautomaatiojärjestelmää, on tavallista, että asiakas vaatii myös toimitettavaan kattilalaitokseen saman automaatiojärjestelmän.

Prosessiautomaatiojärjestelmien suunnittelun ohjelmistokokonaisuus muodostuu useista ohjelmista, joilla kullakin toteutetaan tietyn automaatiojärjestelmän osan ohjelmointi tai konfigurointi. Esimerkiksi prosessiasemien ja PC-valvomoa vastaavien operaattoriasemien, jotka suorittavat prosessiautomaatiojärjestelmän valvomosovellusta, sovellusten ohjelmointi on integroitu vahvasti toisiinsa.

Prosessiasemien sovellusten ohjelmointi tapahtuu tyypillisesti toimilohkoilla. Ohjelmoitaessa syötetty tieto siirtyy automaattisesti valvomosovellukseen sekä muihin kyseistä tietoa käyttäviin sovelluksiin. Prosessiasemasovellusten ohjelmointi tehdään täysin nimipohjaisesti, kun ohjelmoitavan logiikan tapauksessa ohjelmointi tapahtuu muuttujilla, joille voidaan niin haluttaessa antaa nimiä.

Operaattoriaseman valvomosovelluksen ohjelmointityökalussa on tyypillisesti prosessiaseman toimilohkoille valmiit käyttöliittymäkomponentit. Ohjelmoitavasta logiikasta ja PC-valvomosta muodostettavissa automaatiojärjestelmissä, toimilohkokirjastot ja käyttöliittymäkomponentit on tehtävä itse. Tiedonsiirtoa ohjelmointityökalujen välillä tapahtuu ainoastaan, jos PC-valvomo ohjelmisto ja ohjelmoitava logiikka ovat saman valmistajan tuotteita. /4/

Muita tyypillisiä prosessiautomaatiojärjestelmän ominaisuuksia ovat esimerkiksi erilaiset tiedonkeruu- ja raportointiohjelmistot, kunnossapitoa helpottavat ohjelmistot sekä kenttälaitteiden parametointi- ja ylläpito-ohjelmistot. Myös prosessi- ja operaattoriasemien sekä IO-yksiköiden kahdentaminen on helpompaa kuin ohjelmoitavan logiikan tapauksessa. Kahdennuksen tarve on huomioitu ja prosessiautomaatiojärjestelmissä on täten niiden toteuttamiseen valmiit toiminnot. Erilaisien kenttälaitteiden, prosessiasemien ja muiden järjestelmän osien diagnostiikka-toiminnot ovat käytettävissä, erillisten ohjelmien lisäksi myös operaattoriasemien valvomosovelluksissa. /4/

7 TOIMILOHKOT PROSESSIAUTOMAATIOJÄRJESTELMISSÄ

Tutkimalla metsoDNA- ja Siemens Simatic PCS7-prosessiautomaatiojärjestelmien toimilohkokirjastoja selvitettiin, millaisia toiminnallisuuksia ne tarjoavat toteutettavaksi valittujen toimilaitteiden ohjausten, mittausten ja säätimien toteuttamiseen. Näin saatiin näkemys siitä, millaisia toiminnallisuuksia suunniteltaviin toimilohkoihin voitaisiin vähimmäisvaatimusten lisäksi sisällyttää.

Toimilohkojen toiminnallisuuksia tutkittaessa ei kiinnitetty huomiota prosessiautomaatiojärjestelmien mahdollistamiin erikoisominaisuuksiin, joiden toteuttaminen olisi ohjelmoitavalla logiikalla vaikeaa tai mahdotonta.

7.1 Moottorilähdöt

Koska tutkitut prosessiautomaatiojärjestelmien toimilohkokirjastot eivät sisällä erikseen toimilohkoa taajuusmuuttajaohjatuille moottorikäytölle, niitä ei käsitellä tässä kappaleessa.

Tutkitut toimilohkot olivat Siemens Simatic PCS7:ssä, ”MOTOR” ja metsoDNA:ssa ”mtr”.

7.1.1 Ohjauspaikka

metsoDNA:n moottorilähtöä ohjaavalle toimilohkolle voidaan määrittää ohjauspaikka, joka voi olla Auto, Manual tai Local, PCS7-toimilohkossa ohjauspaikaksi voidaan valita Auto tai Manual. Valinta voidaan tehdä sekä prosessiasema- että valvomosovelluksesta. Ohjauspaikka Auto on tarkoitettu prosessiaseman soveluksen, esimerkiksi sekvenssin tekemille ohjauksille, jotka tuodaan kyseistä ohjauspaikkaa vastaaviin toimilohkon tuloihin. Ohjauspaikan ollessa Manual, ohjaukset tehdään valvomosovelluksesta. Local-ohjauspaikka on tarkoitettu kentältä tehtäville paikallishjauksille. Vain valitun ohjauspaikan ohjaukset toteutetaan. Kulakin hetkellä valittuna oleva ohjauspaikka indikoidaan prosessiasema- ja valvo-

mosovelluksiin. Operaattorin oikeutta muuttaa ohjauspaikkaa valvomosta voidaan rajoittaa. /5/, /6/

7.1.2 Ohjaaminen

PCS7-tapauksessa toimilohkolla voidaan ohjata ainoastaan jatkuvan ohjauksen vaativaa moottorilähtöä, ohjaus toimilohkoon tuodaan jatkuvana. Toimilohkon moottorin käyntiä kuvaava tilakone voi saada kaksi arvoa, käy tai seis.

metsoDNA:n toimilohkolla voidaan ohjata jatkuvan ohjauksen vaativaa- tai pulsiohjattua-moottorilähtöä, ohjaus toimilohkoon tuodaan jatkuvana. Toimilohkon moottorin käyntiä kuvaava tilakone voi saada neljä arvoa, seis, käynnistyy, käy tai pysähtyy. Operaattorin oikeutta ohjata moottoria valvomosta, voidaan rajoittaa. metsoDNA:n toimilohkolla moottori voidaan pakko-ohjata käyntiin tai seis, lukituksista riippumatta. Ohjauspaikka, johon pakko-ohjauksesta palataan, on aseteltavissa. /6/

7.1.3 Lukitukset

PCS7-toimilohkossa on käynnistykseen estävä lukitus, jonka ollessa ”lukittu”, on moottorin käynnistäminen estetty. Tulon ollessa ”vapautettu” moottori voidaan käynnistää. Lukituksen muuttuessa tilasta ”vapautettu” tilaan ”lukittu”, moottorin käydessä pysäytetään moottori. Lukituksen tilaa indikoidaan prosessiasema- ja valvomosoivelluksiin. Moottori voidaan lukita myös käyntiin, käynnin estävällä lukituksella on kuitenkin korkeampi prioriteetti. /5/

metsoDNA:n toimilohkossa on käyntiin- ja seis-lukitukset. Käyntiin lukituksen ollessa ”vapautettu”, moottori voidaan käynnistää, lukituksella ei ole vaikutusta käyvään moottoriin. Seis-lukituksen ollessa ”vapautettu”, moottori voidaan pysäyttää, lukituksella ei ole vaikutusta pysäytettyyn moottoriin. Moottorin käynnin estävien lukitusten tekemiseen on käytettävä toimilohkon vikatuloja. /6/

7.1.4 Vikavalvonta

PCS7-tapauksessa toimilohkossa on yksi tulo moottorilähdön vikatiedolle. Tulon vaikutus on parametroitavissa siten, että viasta voidaan antaa ainoastaan hälytys tai annetaan hälytys ja pysäytetään moottori. Toimilohkossa on tulo myös ulkoiselle vialle, josta annetaan ainoastaan hälytys. Tuloa käytetään vikatiedoille, jotka muodostetaan moottorilähdön ulkopuolisista tekijöistä, mutta halutaan esittää valvomossa osana moottorilähtöä. Lisäksi voidaan asetella tuleeko vika kuitata erikseen toimilohkoon, tämä koskee myös häiriövalvontaa. /5/

metsoDNA:n toimilohkossa on kuusi tuloa vioille. Vian ollessa voimassa moottoria ei voi käynnistää, ja vian tullessa voimaan moottorin, käydessä pysäytetään moottori. /6/

7.1.5 Häiriövalvonta

Toimilohko valvoo moottorikontaktorin ohjauslähdön ja –takaisinkytkennän vastaavuutta. Käynnistys- ja pysäytyshäiriövalvonnassa takaisinkytkennän arvon on vastattava ohjauslähdön arvoa aseteltavan ajan kuluttua muutoksesta ohjauslähdössä. Häiriökäynnistys- ja häiriöpysäytysvalvonnassa tarkkaillaan, että takaisinkytkennän arvo ei muutu ohjauslähdön arvon pysyessä vakiona. /5/, /6/

metsoDNA:n toimilohkolla voidaan valvoa moottorivirtaa. Virralle on kaksi aseteltavaa hälytysrajaa, hälytyksen poistumiselle on aseteltava hystereesi. Valvonnalle on aseteltava moottorin käynnistysaika, jonka kuluttua moottorin käynnistyshetkestä valvonta otetaan käyttöön. /6/

7.2 Palautuva-toimilaitteiset sulkuventtiilit

Palautuva-toimilaitteisella sulkuventtiilillä tarkoitetaan sellaista sulkuventtiiliä, joka ohjauksen loputtua palautuu lepoasentoonsa ilman erillistä ohjausta. Tällaisia venttiileitä ovat esimerkiksi apumagneettiventtiilit, joilla ohjataan sulkuventtiilin paineilmatoimilaitetta /6/.

Tutkitut toimilohkot olivat Siemens Simatic PCS7:ssä, ”VALVE” ja metsoDNA:ssa ”mgv”.

Toimilohkon ohjauspaikan valinta toimii kuten moottorilähdönkin toimilohkoissa. /5/, /6/

7.2.1 Ohjaaminen

PCS7-tapauksessa toimilohkolla voidaan ohjata ainoastaan jatkuvan ohjauksen vaativaa venttiiliä. Ohjaus toimilohkoon tuodaan jatkuvana. Koska toimilohkolla on vain yksi ohjauslähtö, tulee toimilohkolle määrittää venttiilin lepoasento eli kummassa asennossa venttiili on, kun sen toimilaitteelle ei syötetä apuenergiaa. Toimilohkon venttiilin asentoa kuvaava tilakone voi saada neljä arvoa: kiinni, avautuu, auki tai sulkeutuu. Operaattorin oikeutta ohjata venttiiliä valvomosta voidaan rajoittaa. /5/

metsoDNA:n toimilohkolla voidaan ohjata jatkuvan ohjauksen vaativaa- tai pulsiohjattua-venttiiliä. Ohjaus toimilohkoon tuodaan jatkuvana. Venttiilin asentoa kuvaava toimilohkon tilakone voi saada neljä arvoa: kiinni, avautuu, auki tai sulkeutuu. Operaattorin oikeutta ohjata venttiiliä valvomosta voidaan rajoittaa. metsoDNA:n toimilohkolla venttiili voidaan pakko-ohjata auki tai kiinni lukituksista riippumatta. Pakko-ohjausten ristiriitatilanteessa ohjataan venttiili erikseen aseteltavaan turvalliseen asentoon. Ohjauspaikka, johon pakko-ohjauksesta palataan, on aseteltavissa. /6/

7.2.2 Lukitukset

PCS7-toimilohkossa on lepoasentoon pakottava lukitustulo, jonka ollessa lukittu pakotetaan venttiili lepoasentoonsa, tulon ollessa vapautettu, voidaan venttiiliä ohjata. Lukituksen tilaa indikoidaan prosessiasema- ja valvomosovelluksiin. Venttiili voidaan lukita myös auki- tai kiinniasentoon, lepoasentoon pakottavalla lukituksella on kuitenkin korkeampi prioriteetti. /5/

metsoDNA:n toimilohkossa on auki- ja kiinnilukitukset. Aukilukituksen ollessa vapautettu venttiili voidaan avata, lukituksella ei ole vaikutusta avattuun venttiiliin. Kiinnilukituksen ollessa vapautettu venttiili voidaan sulkea, lukituksella ei ole vaikutusta kiinni olevaan venttiiliin. Venttiilin turvalliseen asentoon pakottavina lukituksina on käytettävä vikatuloja. /6/

7.2.3 Vikavalvonta

PCS7-tapauksessa toimilohkossa on yksi tulo vikatiedolle. Tuloon kytketystä viasta annetaan hälytys valvomosovellukseen. Lisäksi voidaan asettaa tuleeko vika kuitata erikseen toimilohkoon, tämä koskee myös häiriövalvontaa. /5/

metsoDNA:n toimilohkossa on kuusi tuloa vioille. Vian ollessa voimassa pakotetaan venttiili jo aiemmin mainittuun turvalliseen asentoon. /6/

7.2.4 Häiriövalvonta

Toimilohkot valvovat venttiiliohjauksen ja venttiililtä takaisin kytkettyjen matkarajakytkinten arvojen vastaavuutta. Ohjauksen tapahduttua matkarajakytkinten arvon tulee vastata annettua ohjausta aseteltavan ajan kuluessa, ellei näin tapahdu, annetaan hälytys. Mikäli matkarajakytkintieto muuttuu ilman, että ohjaus on tapahtunut, annetaan hälytys. metsoDNA:n toimilohkossa valvotaan lisäksi lähteekö venttiili avautumaan ja sulkeutumaan ohjauksen tapahduttua eli poistuu auki-rajakytkintieto kiinniohjauksen alettua ja toisinpäin. /5/, /6/

Matkarajakytkimet voidaan valita pois käytöstä, jolloin niitä ei käytetä häiriöiden valvontaan eikä venttiilin asentotietoina tilakoneelle. PCS7-toimilohkossa häiriövalvonta voidaan lisäksi valita erikseen pois käytöstä. /5/, /6/

7.3 Moottoritoimilaitteiset venttiilit

Moottoritoimilaitteiset venttiilit säilyttävät asentonsa ohjauksen päätyttyä ja käyttötarkoitukseltaan ne voivat olla sulku- tai säätöventtiileitä.

Tutkitut toimilohkot olivat Siemens Simatic PCS7:ssä, ”VAL_MOT” ja metsoDNA:ssa ”mca”.

Toimilohkojen ohjauspaikan valinta toimii kuten moottorilähdönkin toimilohkoissa sillä poikkeuksella, että myös PCS7-toimilohkossa on käytettävissä ohjauspaikka Local. /5/, /6/

7.3.1 Ohjaaminen

PCS7-tapauksessa toimilohko on tarkoitettu lähinnä sulkuventtiilien ohjaamiseen, moottoritoimilaitteiden säätöventtiilienohjaamiseen käytetään säädin toimilohkoa. Venttiili voidaan ohjata auki- tai kiinniasentoon sekä pysäyttää väliasentoon. Toimilohkon venttiilin asentoa kuvaava tilakone voi saada neljä arvoa: kiinni, avautuu, auki tai sulkeutuu, väliasentoa kuvataan avautuu ja sulkeutuu tietojen avulla. Operaattorin oikeutta ohjata venttiiliä valvomosovelluksesta voidaan rajoittaa. Moottoritoimilaitteen suojelemiseksi asetellaan toimilohkolle aika, jonka toimilaitteen on oltava pysäytettynä ennen uutta käynnistystä. /5/

metsoDNA:n toimilohkolla voidaan ohjata sekä sulku- että säätöventtiileitä. Venttiili voidaan ohjata auki- tai kiinniasentoon sekä pysäyttää väliasentoon, toimilohko sisältää myös asennoittimen, jolla venttiili ajetaan absoluuttisena- tai inkrementaalisisena annettuun asentotavoitteeseen. Venttiilin asentoa kuvaava toimilohkon tilakone voi saada viisi arvoa: kiinni, avautuu, auki, sulkeutuu tai pysäytetty väliasentoon. Operaattorin oikeutta ohjata venttiiliä valvomosovelluksesta voidaan rajoittaa. Venttiili voidaan pakkoasennoittaa, pakko-ohjata auki- tai kiinniasentoon tai pakottaa pysäytetyksi, lukituksista riippumatta. Pakko-ohjausten ristiriitailanteessa ohjataan venttiili erikseen aseteltavaan turvalliseen tilaan. Ohjauspaikka, johon pakko-ohjauksesta palataan on aseteltavissa. Moottoritoimilaitteen suojelemiseksi asetellaan toimilohkolle aika, jonka toimilaitteen on oltava pysäytettynä ennen uutta käynnistystä, aika jonka toimilaitteen on oltava pysäytettynä suuntaa vaihdettaessa sekä aika jonka kuluttua toimilaitteen edellisestä käynnistyksestä toimilaitte voidaan käynnistää uudelleen. /6/

7.3.2 Lukitukset

PCS7-toimilohkossa on turvalliseen asentoon pakottava lukitustulo, jonka ollessa lukittu pakotetaan venttiili erikseen aseteltavaan turvalliseen asentoon, tulo ollessa vapautettu voidaan venttiiliä ohjata. Lukituksen tilaa indikoidaan prosessiase- ja valvomosovelluksiin. Venttiili voidaan lukita myös pysäytetyksi sekä auki- tai kiinniasentoon, turvalliseen asentoon pakottavalla lukituksella on kuitenkin korkein prioriteetti. /5/

metsoDNA:n toimilohkossa on auki- ja kiinnilukitukset. Aukilukituksen ollessa vapautettu, venttiiliä voidaan ajaa auki-suuntaan, lukituksella ei ole vaikutusta ohjaukseen jos auki-ajo on jo alkanut. Kiinnilukituksen ollessa vapautettu venttiiliä voidaan ajaa kiinni-suuntaan, lukituksella ei ole vaikutusta ohjaukseen jos kiinni-ajo on jo alkanut. Lukitusten käytössä Auto ja Local ohjauspaikkojen ollessa voimassa on aseteltavissa. Venttiilin turvalliseen asentoon pakottavina lukituksina on käytettävä vikatuloja. /6/

7.3.3 Vikavalvonta

PCS7-tapauksessa toimilohkossa on yksi tulo ulkoiselle vikatiedolle ja toinen moottorilähdön vikatiedolle. Tuloihin kytketyistä vioista annetaan hälytys valvomosovellukseen. Moottorilähdön vikatiedon asettuessa venttiilin ohjaaminen lopetetaan mikäli niin on aseteltu. Lisäksi voidaan asettaa tuleeko viat kuitata erikseen toimilohkoon, tämä koskee myös häiriövalvontaa. /5/

metsoDNA:n toimilohkossa on kuusi tuloa ulkoisille ohjauksille, joiden vaikutus venttiilin ohjaukseen on aseteltavissa. Tuloja voidaan käyttää esimerkiksi vikatietoina tai lukituksina. Niin aseteltaessa, tuloista saadaan hälytys valvomosovellukseen. /6/

7.3.4 Häiriövalvonta

PCS7-toimilohko valvoo venttiilin auki- ja kiinni matkarajakytkinten asettumista asetellun ajan sisällä vastaavasta ohjauksesta sekä matkarajakytkinten tilan muuttumista ilman vastaavaa ohjausta. Jos venttiili ei saavuta ohjattua asentoa valvonta-ajan puitteissa tai jos matkarajakytkimen arvo muuttuu ilman, että venttiiliä on ohjattu, annetaan hälytys ja asettelusta riippuen lopetetaan myös venttiilin ajaminen. Väliasentoon pysäyttämisen ei aiheuta aikavalvontahälytystä. Häiriövalvonta voidaan kytkeä pois päältä. /5/

metsoDNA:n toimilohko muodostaa häiriötietoja, jo PCS7-toimilohkon kohdalla esiteltyjen lisäksi, mm. momenttirajakytkin- ja kontaktoreiden takaisinkytkentä tulojen arvoista sekä asentomittauksen arvosta, yhteensä toimilohkossa 32 erilais- ta häiriöilmoitusta. Riippuen häiriön laadusta vaihtelee niiden vaikutus venttiilin

ohjaukseen, tyypillisesti häiriöstä annetaan hälytys, lopetetaan venttiilin ajaminen ja asetetaan ohjauspaikaksi Manual. /6/

7.4 Analoginen tulokanava

Analogisia tulokanavia käytetään erilaisten mittausten lukemiseen automaatiojärjestelmään. Tulokanavasta luettu mittausarvo on skaalattava insinööriyksiköiksi ja sen arvoa on valvottava.

Tutkitut toimilohkot olivat Siemens Simatic PCS7:ssä, ”CH_AI” ja ”MEAS_MON”, ja metsoDNA:ssa ”AIU1” ja ”am”.

7.4.1 Skaalaus

metsoDNA-prosessiautomaatiojärjestelmässä analogisen tulokanavan arvon skaalauksen suorittavalle IO-toimilohkolle annetaan skaalan ylä- ja alarajat, joiden välille tulosignaali skaalataan. Skaalattu mittausarvo tuodaan insinööriyksikköinä analogiamittaustoimilohkoon, mittausarvon yksikkö voidaan kirjata siihen varattuun toimilohkon tuloon. /6/

PCS7-skaalauksen suorittavalle toimilohkolle annetaan vastaavasti skaalan ylä- ja alarajat, joiden välille tulosignaali skaalataan. Skaalan ylä- ja alarajat kirjoitetaan toimilohkon lähtöihin edelleen kopioitaviksi. /5/

7.4.2 Hälytysrajavalvonta

Toimilohkoille voidaan antaa mittausarvon ylemmät ylä- ja alemmat ala- sekä ylä- ja alahälytysraja arvot, joiden ylitystä ja alitusta valvotaan. Kun raja rikotaan annetaan hälytys. Hälytysten poistumiselle on aseteltavissa yksi hystereesiarvo. /5/, /6/

7.4.3 Simulointi

PCS7-toimilohkossa on mahdollisuus simuloida mittausarvo. Simuloinnin ollessa käytössä, kirjoitetaan toimilohkon mittausarvo lähtöön analogisesta tulokanavasta skaalatun arvon sijasta, toimilohkon tuloon kirjoitettua simulointiarvoa. /5/

metsoDNA:ssa simulointi on mahdollista, mutta ei pelkästään näiden toimilohkojen avulla. /6/

7.4.4 Vikavalvonta

Toimilohkot valvovat analogisen tulokanavan mittaussignaalin arvoa, jos nimellinen alue ylitetään tai alitetaan eli mittaussignaali on esimerkiksi 22 mA nimellisen alueen ollessa 4..20 mA, annetaan hälytys. /5/, /6/

PCS7-toimilohkossa on mahdollisuus valita toimilohkon mittausarvolähtöön vika-tilanteissa kirjoitettava arvo. Asetteluista riippuen kirjoitetaan lähtöön joko ennalta määrätty arvo, viimeisin- tai toiseksi viimeisin kunnollinen mitattu arvo tai vikaantunut mitattu arvo. Mikäli kanavadiagnostiikka on asetettu käyttöön, tunnistaa PCS7-toimilohko mittauksen vikaantuneeksi diagnostiikka keskeytyksen tapahtuessa ja antaa hälytyksen. /5/

7.5 Analoginen lähtökanava

Analogisia lähtökanavia käytetään erilaisten toimilaitteiden, esimerkiksi pneumaattisten asennoittimien ohjaamiseen automaatiojärjestelmästä. Prosessiaseman sovelluksessa insinööriyksikköinä määritelty ohjearvoviesti tuodaan analogisen lähtökanavan toimilohkolle, joka skaalaa sen kokonaisluvuksi ja kirjoittaa analogiseen lähtökanavaan.

Tutkitut toimilohkot olivat Siemens Simatic PCS7:ssä, ”CH_AO” ja metsoDNA:ssa ”AOU1”.

7.5.1 Skaalaus

Ohjearvoviesti tuodaan toimilohkoon insinööriyksikköinä, toimilohko skaalaa sen analogiselle lähtökanavalle sopivaan muotoon, insinööriyksikköinä annettujen skaalan ylä- ja alarajojen mukaisesti. PCS7-toimilohko kirjoittaa skaalan ylä- ja alarajat toimilohkon lähtöihin edelleen kopioitaviksi. /5/, /6/

7.5.2 Ohjausviestin arvon rajoittaminen

PCS7-toimilohko rajoittaa asetteluista riippuen toimilohkosta analogiseen lähtökanavaan kirjoitetun ohjausviestin arvon, joko skaalan ylä- ja alarajojen välille tai erikseen aseteltavien rajojen välille. Ohjausviestin kirjoittaminen analogiseen lähtökanavaan ilman rajoituksia on mahdollista. Ohjausviestin tullessa ylä- tai alarajalleen, ilmoitetaan siitä toimilohkon lähdöllä. /5/

metsoDNA:n toimilohko rajoittaa ohjausviestin skaalan ylä- ja alaraja-arvojen välille. Ohjausviestin muutosnopeuden rajoittaminen on mahdollista. /6/

7.5.3 Simulointi

PCS7-toimilohkossa on mahdollisuus simuloida ohjausviesti eli syöttää ohjausviestin arvo käsin prosessiaseman sovelluksesta tulevan arvon sijasta. /5/

metsoDNA:ssa simulointi on mahdollista, mutta ei pelkästään näiden toimilohkojen avulla. /6/

7.5.4 Ohjausviesti automaatiojärjestelmän käynnistyessä

PCS7-toimilohkoon on mahdollista asetella erillinen ohjausviestin arvo, joka kirjoitetaan analogiseen lähtökanavaan järjestelmän käynnistyessä, prosessiaseman sovelluksessa määritellyn arvon sijasta. /5/

7.5.5 Vikavalvonta

Toimilohkot valvovat analogisen lähtökanavan ohjausviestin laatua. Mikäli IO-kortti, jossa lähtökanava sijaitsee havaitsee kanavassa vian, on tieto siitä saatavilla toimilohkosta. Varsinaisia hälytyksiä toimilohkot eivät kuitenkaan muodosta. /5/, /6/

7.6 Säätimet

PID-säädintoimilohkojen tarkoituksena on pitää mitattu prosessiarvo annetun asetusarvon suuruisena, häiriöistä riippumatta, ohjausarvoon vaikuttamalla. /5/, /6/

Tutkitut toimilohkot olivat Siemens Simatic PCS7:ssä, ”CTRL_PID” ja ”CTRL_S” sekä metsoDNA:ssa ”pid”.

7.6.1 Ohjauspaikka

Riippuen toimilohkon ohjauspaikasta säätöfunktio joko on tai ei ole käytössä. Toimilohkoissa on Auto-ohjauspaikka, jonka ollessa voimassa säätöfunktio on käytössä. PCS7-toimilohkolle säätöfunktion asetusarvon lukupaikka voidaan valita kahdesta vaihtoehdosta, metsoDNA:n toimilohkossa kolmesta. /5/, /6/

Toimilohkoissa on Manual-ohjauspaikka jonka ollessa voimassa säätöfunktio ei ole käytössä. Toimilaitteen ohjauslähtö saa tällöin arvonsa säätöfunktion sijasta valvomosovelluksesta. metsoDNA:n toimilohkossa on normaalin ohjauspaikkavaihtoehdon lisäksi tulo, jolla toimilohko voidaan pakotta Manual ohjauspaikkaan. /5/, /6/

Toimilohkoissa on seuranta-ohjauspaikka, jonka ollessa voimassa säätöfunktio ei ole käytössä ja toimilaitteen ohjauslähdön arvo luetaan siihen tarkoitetusta toimilohkon tulosta. Tällä ohjauspaikalla on toimilohkoissa korkein prioriteetti. /5/, /6/

7.6.2 Asetusarvo

Toimilohkoissa on mahdollisuus rajoittaa säätöfunktion käyttämän asetusarvon muutosnopeutta ramppitoiminnolla, näin vältetään askelmaisen asetusarvomutoksen aiheuttama sysäys säädintoimilohkon ohjausarvossa. PCS7-toimilohkossa voidaan lisäksi määritellä säätöfunktion käyttämälle asetusarvolle ylä- ja alaraja-arvot. /5/, /6/

Säädintoimilohkon ohjausarvon sysäysten välttämiseksi ohjauspaikan vaihtotilanteissa, voidaan säätöpiirin prosessiarvo kopioida säätöfunktion käyttämäksi asetusarvoksi, jolloin erosuure on 0,0 % ja sysäystä ei synny. /5/, /6/

7.6.3 Prosessiarvo

Prosessiarvo voidaan tuoda toimilohkoon insinööriyksikköinä. Toimilohkoille on määriteltävä skaalan ylä- ja alarajat, arvon skaalaamiseksi insinööriyksiköistä prosenteiksi, joilla säätöfunktion laskenta suoritetaan. /5/, /6/

Toimilohkoille voidaan antaa prosessiarvon ylemmät ylä- ja alemmat ala- sekä ylä- ja alahälytysraja arvot, joiden ylitystä ja alitusta valvotaan. Kun raja rikotaan annetaan hälytys. Hälytysten poistumiselle on aseteltavissa yksi hystereesiarvo. Hälytykset voidaan estää. /5/, /6/

metsoDNA:n toimilohkolla tulee asettaa miten se toimii tilanteissa, joissa prosessiarvon mittausta vikaantuu. /6/

7.6.4 Erosuure

Säätöfunktion käyttämä erosuure on asetus- ja prosessiarvon erotus. PCS7-toimilohkossa erosuurelle voidaan antaa ”deadband”, jota pienemmän erosuureen arvon katsotaan olevan 0,0 %. Erosuurelle voidaan antaa ylä- ja alahälytysrajat, joiden rikkoutuessa annetaan hälytys. Hälytysten poistumiselle on aseteltavissa yksi hystereesiarvo. /5/, /6/

7.6.5 Säätöfunktio

Toimilohkojen säätöfunktio sisältävät yleisesti PID-säätimeen kuuluvat P-, I- ja D-termit, jotka voidaan valita käyttöön tai pois käytöstä tarpeen mukaan. metsoDNA:n toimilohkossa D-termi on sijoitettu säätimen takaisinkytkentähaaraan, asetusarvomutosten säätöfunktion ohjausarvoon aiheuttamien sysäysten välttämiseksi. PCS7-toimilohkossa P- ja D-termit ovat siirrettävissä takaisinkytkentähaaraan, edellä mainitusta syystä. /5/, /6/

Parametreina molemmille säätimille tulee antaa vahvistus, integrointiaikavakio ja derivointiaikavakio sekä D-termin suodatuksen aikavakio. D-termin suodatuksella derivoinnin vaikutusta säätöfunktion laskemaan ohjausarvoon jaetaan pidemmälle ajanjaksolle, jolloin vältetään D-termin aiheuttamat sysäykset ohjausarvossa. /5/, /6/

P-säätimelle voidaan antaa toimintapiste, erosuureen ollessa 0,0 % on toimilohkon ohjauslähdön arvo asetetussa toimintapisteessä sen sijaan, että se olisi 0,0 % /5/, /6/.

Toimilohkoissa on mahdollisuus jäädyttää säätimen I-termin eli integraattorin arvo. PCS7-toimilohkossa I-termin arvon nouseminen ja laskeminen voidaan estää erillisillä tuloilla, metsoDNA:n toimilohkossa arvon muutos pysäytetään yhdellä tulolla. /5/, /6/

Häiriöiden kompensoinnin mahdollistamiseksi, on toimilohkoissa myötäkыtkentäkanava, jonka arvo summataan säätöfunktion laskemaan ohjauslähdön arvoon. metsoDNA:n toimilohkossa myötäkыtkentä kanavalle voidaan asettaa myös vahvistus. /5/, /6/

7.6.6 Toimilaitteen ohjaus

Jatkuvatoimisten toimilaitteiden, kuten taajuusmuuttajien ja pneumaattisella asennoitimella ohjattavien säätöventtiilien ohjaamiseen käytetään jatkuvatoimista säädintä. Toimilaitteen ohjausarvo saadaan suoraan säädintoimilohkon ohjauslähdestä. Ohjausarvo toimilohkon ohjauslähtöön kirjoitetaan joko valvomosovelluksesta käsin tai säätöfunktion toimesta. metsoDNA:n toimilohko ”pid” ja PCS7-toimilohko ”CTRL_PID” ovat jatkuvatoimisia säädintoimilohkoja. /5/, /6/

Toimilohkojen ohjauslähtöjen skaalaamiseksi voidaan toimilohkoihin antaa skaalan ylä- ja alaraja-arvot. Ohjauslähtöjä voidaan rajoittaa annettujen ylä- ja alaraja-arvojen välille ja ohjauslähdön arvolle voidaan määrittää ylä- ja alahälytysrajat, joiden rikkoutumisesta seuraa hälytys. Toimilaitteen asennon esittämiseksi operaattoriasemalla, metsoDNA toimilohkossa on asentotakaisinkytkentätulo. /5/, /6/

Säätöpiirin toimilaitteen ollessa moottoritoimilaitteinen venttiili tai muu vastaava integroiva toimilaite, tarvitaan prosessiarvo säätävän säätimen lisäksi kolmipistesäädin asennoittamaan toimilaite haluttuun ohjausarvoon. PCS7-toimilohko ”CTRL_S” sisältää sekä säädin- että asennoitintoiminnot, metsoDNA:ssa sääti-

menä käytetään toimilohkoa ”pid” ja asennoitus toteutetaan ”mca” toimilohkolla. /5/, /6/

7.7 Sekvenssiohjaukset

Sekvenssiohjausten tarkoitus on käynnistää laitteita määrätyssä järjestyksessä, valvoa, että laitteiden ohjaaminen on mahdollista ja valvoa, että laitteille tehdyt ohjaukset toteutuvat määrääjassa. Sekvenssi käynnistetään ja pysäytetään, joko operaattorin toimesta valvomosta tai prosessiaseman sovelluksen päättelyn tuloksena. /3/

Sekvenssi koostuu askeleista, jotka tekevät laitteiden ohjaukset ja siirtymäehdoista, jotka valvovat, että askeleen tekemät ohjaukset ovat toteutuneet ja olleet riittävän kauan voimassa, jotta seuraavaan askeleeseen voidaan siirtyä /6/.

Tutkituissa prosessiautomaatiojärjestelmissä sekvenssit ohjelmoidaan erillisellä sekvenssien ohjelmointityökalulla. Näin ollen sekvenssin osat eivät ole varsinaisesti toimilohkoja, mutta ohjelmoinnin periaate on kuitenkin samankaltainen. PCS7-sekvenssien ohjelmointityökalu on nimeltään ”SFC for S7”, metsoDNA:n vastaava työkalu on ”SeqCAD”. /5/, /6/

7.7.1 Ohjauspaikan valinta

Sekvenssiohjauksen ohjauspaikka voi olla Auto, jolloin sekvenssin aloituskäsky ja muut ohjaukset, esimerkiksi sekvenssin resetointi, annetaan prosessiasemasovelluksesta. Toinen ohjauspaikkavaihtoehto on Manual, jolloin ohjaukset tehdään valvomosovelluksesta. Kullakin hetkellä valittuna oleva ohjauspaikka indikoidaan valvomosovellukseen. Ohjauspaikan valintaa voidaan rajoittaa. /5/, /6/

7.7.2 Ohjaaminen

PCS7:ssä sekvenssi voidaan muun muassa käynnistää ja lopettaa. Sekvenssi voidaan asettaa odotustilaan, josta voidaan poistua takaisin sekvenssin suoritukseen, lopettaa sekvenssi tai käynnistää sekvenssi alusta. Kun sekvenssi on suoritettu tai sen suorittaminen on lopetettu tavalla tai toisella, tulee se resetoida, jolloin sekvenssi palaa alkuun odottamaan uutta käynnistyskäskyä. /5/

metsoDNA:ssa sekvenssi voidaan käynnistämisen ja lopettamisen lisäksi, ohjata haluttuun askeleeseen. Käynnistys ja lopetus voidaan tehdä myös pakko-ohjattuna. /6/

7.7.3 Askel

Sekvenssin askeleen aktivoituessa, suoritetaan kyseiselle askelelle määritellyt ohjaustoimenpiteet. Askel voi olla jatkuvatoiminen, jolloin sille määritetyt ohjaustoimenpiteet ovat voimassa niin kauan kuin askel on aktiivinen, tai kertaluonteinen, jolloin ohjaustoimenpiteet suoritetaan ainoastaan askeleen ensimmäisellä suorituskierroksella, seuraavilla kierroksilla hypätään askeleen yli suoraan siirtymäehtojen tarkastamiseen. /5/, /6/

7.7.4 Siirtymäehdot

Askeleen jälkeisillä siirtymäehdoilla määritellään milloin aktiivinen askel on valmis ja voidaan siirtyä seuraavaan. Askeleiden välille voidaan määritellä monia siirtymäehtoja, joiden tilaa indikoidaan valvomoon. Yhdeksi siirtymäehdoksi voidaan määritellä aika, jonka askeleen vähintään tulee olla voimassa ennen seuraavaan siirtymistä. /5/, /6/

PCS7:ssä sekvensseille siirtymäehdoiksi voidaan määritellä lisäksi siirtymälupa valvomosta, jolloin askeleesta toiseen ei siirrytä ennen kuin siirtymäehdot ovat tulleet voimaan ja valvomosta on annettu siirtymälupa. Toiminta voidaan asettaa myös siten, että ainoastaan valvomosta annettulla siirtymäluvalla on merkitystä tai siten, että askeleesta toiseen siirrytään siirtymäehtojen asettuessa tai kun valvomosta annetaan siirtymälupa. /5/

7.7.5 Häiriövalvonta

Askeleen aktiivisenaoloaikaa voidaan valvoa. Mikäli siirtymäehdot eivät tule voimaan tietyn ajan kuluessa annetaan hälytys, askel jää aktiiviseksi odottamaan operaattorin valvomosta suorittamia toimenpiteitä. /5/, /6/

8 TOIMILOHKOJEN DOKUMENTOINTI

Ennen varsinaiseen toimilohkojen suunnittelutyöhön ryhtymistä, määriteltiin millaisia asioita ja missä järjestyksessä toimilohkojen toimintaselosteissa tulisi olla. Toimilohkojen toiminnallisuuksien eroavaisuuksista johtuen, yhdenmukaisen toimintaselostemallin luominen kaikille toimilohkoille ei käytännössä ollut mahdollista. Esimerkkinä mainittakoon, suoran moottorilähdön- ja analogiatulokanavan toimilohkot. Ensimmäisessä ohjataan toimilaitetta annettujen käskyjen perusteella, kun taas jälkimmäinen suorittaa jatkuvaa laskentaa ilman erillisiä ohjauskäskyjä. Sisältö pyrittiin järjestämään siten, että kaikki toimintaselosteet olisivat noudattaneet yhtenäistä loogista mallia, jossa asiat on järjestetty yksittäisten toiminnallisuuksien sijaan toimintojen tyyppin mukaan. Tällöin päästiin malliin, jossa toimilohkon tärkeimmät toiminnallisuudet, esimerkiksi moottorilähdön ohjaaminen, tulevat ensimmäisenä ja näiden jälkeen mm. lukitukset ja erilaiset valvonnat. Näin toimintaselostemallista saatiin tehtyä yhteneväinen, toimilohkojen eroavaisuuksista riippumatta.

8.1 Prosessiautomaatiojärjestelmien toimilohkokirjastojen dokumentointi

Tutkittujen prosessiautomaatiojärjestelmien toimilohkojen toimintaselosteista saatiin näkemys siitä, millaisia asioita toimintaselosteissa käsitellään ja miten yksityiskohtaisesti.

Prosessiautomaatiojärjestelmien dokumentaatioita tutkittaessa oli havaittavissa yhtenäinen rakenne eri toimilohkojen toimintaselosteiden välillä, ottaen huomioon toimilohkojen eroavaisuudet. Dokumentin alussa kerrottiin, mihin tarkoitukseen toimilohko on suunniteltu, millaisia toiminnallisuksia siinä on ja lyhyesti miten se toimii. Tämän jälkeen esiteltiin toimilohkon tärkeimmät toiminnallisuudet. Moottoreita- ja venttiileitä ohjaavien toimilohkojen tapauksessa ne olivat eri ohjauspaikat ja niiden valinta sekä miten ohjaaminen näistä ohjauspaikoista tapahtuu. Säädintoimilohkojen tapauksessa tärkeinä toiminnallisuuksina voidaan pitää mm. asetus- ja ohjausarvojen syöttöpaikkojen valintaa ja niiden arvojen syöttämistä. Tärkeimpiä toiminnallisuksia seurasi tyypillisesti lukitustoiminnallisuudet sekä vika- ja häiriövalvonnat. Toimintaselosteen lopussa oli toimilohkon muuttuja-

luettelo, jossa esiteltiin toimilohkon tulo- ja lähtömuuttajat sekä sisäiset muuttajat, joita käytettiin toimilohkon konfigurointiin. /5/, /6/

Toimintaselosteissa ei oltu puututtu yksityiskohtiin kuin joissain kohdissa, pääosin toiminnot ainoastaan esiteltiin. Tällöin toimilohkojen käyttäjältä edellytetään tietämystä siitä, miten samantyyppinen asia yleensä toimii kyseisessä prosessiautomaatiojärjestelmässä. Tämän tietämyksen käyttäjä voi hankkia esimerkiksi toimilohkon lähdekoodista, jos se on saatavilla, kokeilemalla miten asia toimii tai esimerkiksi prosessiautomaatiojärjestelmän tarkemmasta dokumentaatiosta, joka on todennäköisesti ainoastaan valmistajan edustajien käytössä. Toisaalta tilanteissa, joissa jokin asia on mahdollista tehdä usealla tavalla, annetaan käyttäjälle vapaat kädet toteuttaa asia haluamallaan tavalla, silloin kun ei suoraan opasteta, miten asia tulisi tehdä.

8.2 Toimilohkojen toimintaselostemalli

Opinnäytetyönä tehdyn toimilohkokirjaston dokumentointia varten suunniteltiin seuraavassa kuvailtu toimintaselostemalli. Jokaiselle toimilohkolle luotiin oma dokumentti, sen sijaan, että koko toimilohkokirjasto olisi yhtä dokumenttia. Toimintaselosteet muodostuivat tyypillisesti seuraavista osista:

1. sovelluskohteet
2. toimilohkon alustus
3. ohjauspaikan valinta
4. ohjaaminen
5. lukitukset
6. vika- ja häiriövalvonta
7. ohjausvalmius
8. muut tarvittavat toimilohkot
9. muuttujaluettelo

Edellä olevan luettelon lisäksi, oli toimintaselosteissa niin kutsuttu hallintaosa, joka sijoittui toimintaselosteen alkuun ja koostui kansilehdestä, revisiotiedoista, joissa kerrottiin muutokset, toimilohkon versio, muutosten tekijä, päivämäärä ja onko toimilohkoon tehty muutokset testattu, sekä sisällysluettelosta.

Revisiotiedot ovat hyödyllisiä muutosten jäljitettävyyden kannalta. Näin saadaan helposti selville mitä on muutettu, jolloin ei tarvitse lukea koko toimintaselostetta etsien muutoskohteita ja muutoksen tekijän tietäminen helpottaa lisätiedon hankkimista epäselvissä tilanteissa.

8.2.1 Sovelluskohteet

Kappaleessa kerrottiin, millaisiin käyttötarkoituksiin toimilohko on suunniteltu. Tiedon perusteella toimilohkojen käyttäjä osaa valita käyttötarkoituksiinsa sopivan toimilohkon.

8.2.2 Toimilohkon alustus

Varsinainen toimintaselosteisuus alkoi tiedoilla toimilohkon alustuksesta eli siitä, mihin tilaan toimilohko pakotetaan ohjelmoitavan logiikan uudelleenkäynnistykseen yhteydessä. Toimilohkon käyttäjä saa näin kuvan siitä, missä tilassa toimilohko on kun ohjelmoitava logiikka aloittaa sen suorittamisen.

8.2.3 Oheistiedot

Toisinaan toimintaselosteisiin täytyi lisätä kappaleita, joiden otsikointi vaihtelee. Asiat, joita käsiteltiin, liittyivät tyypillisesti toimilaitteen liityntöihin, kuten rajakytkintietoihin tai kenttäväyläohjauksen rajapintaan. Tiedot tuli sijoittaa toimintaselosteeseen ennen ohjaamista tai muuta niin kutsuttua toimilohkon päätehtävää, jonka kannalta tiedot olivat oleellisia, mutta niiden sijoittaminen päätehtävää käsittelevän tekstin joukkoon ei onnistunut niiden laajuudesta johtuen. Tekstistä saatiin sujuvampaa, kun jo esiteltiin asioihin voitiin viitata seuraavissa kappaleissa.

8.2.4 Ohjauspaikan valinta

Koska toimilohkolle kullakin hetkellä valittu ohjauspaikka vaikuttaa oleellisesti toimilohkon ohjaamiseen, tuli se käsitellä ennen ohjaamista tai toimilohkon päätehtävää.

8.2.5 Ohjaaminen

Toimintaselosteen osassa kuvailtiin toimilohkon päätehtävä, esimerkiksi moottorilähdön toimilohkolla näitä ovat moottorin pysäyttäminen ja käynnistäminen eri ohjauspaikoista, ja esimerkiksi säädin toimilohkolla säätöfunktion toiminta ja säätimen eri asetusten valinta. Toimilohkosta riippuen, tällaisia kappaleita oli yksi tai useampia, ja niiden otsikointi vaihteli.

8.2.6 Lukitukset sekä vika- ja häiriövalvonta

Ohjattavalle toimilaitteelle määriteltävien lukitusten valvonta ja toteuttaminen sekä vika- ja häiriövalvonnat ovat toimilohkon päätehtävän ohella oleellisimpia asioita toimilohkoissa.

8.2.7 Ohjausvalmiustiedot

Toimilohkojen indikoimien ohjausvalmius- tai vastaavien tietojen muodostaminen käsiteltiin lukitusten, vika- ja häiriövalvontojen jälkeen, koska pääasiassa nämä tekijät vaikuttivat valmiustietojen tilaan.

8.2.8 Muut tarvittavat toimilohkot

Suunniteltujen toimilohkojen toteuttamiseen käytettiin toisia toimilohkoja, jotka listattiin tähän toimintaselosteen osaan.

8.2.9 Muuttujaluettelot

Toimilohkon tulo- ja lähtömuuttujat sekä sisäiset muuttujat koottiin omiin taulukoihinsa, toimintaselosteen loppuun. Taulukot sisälsivät myös muuttujien kommentit ja oletusarvot. Muuttujan tarkoituksen selvittäminen nopeutuu, kun toimilohkon käyttäjä voi etsiä sen taulukosta sen sijaan, että hänen tulisi lukea koko

toimintaseloste läpi. Lisäksi valvomosovelluksen rajapintana toimivat muuttajat erotellaan omiin taulukoihinsa, tämä työ tehdään kun toimilohkot on ohjelmoitu ja muuttujaluettelot varmistuneet, koska ohjelmointivaiheessa voidaan havaita vielä korjattavaa.

8.2.10 Esimerkkikytkennät

Toimintaselosteen loppuun liitetään kuva esimerkkikytkennästä, jossa on esitetty yhden ohjauksen toteuttaminen toimilohkolla, jota toimintaseloste käsittelee. Kuvan tarkoituksena on antaa toimilohkon käyttäjälle, toimintaselosteen lisäksi, esimerkki siitä miten toimilohko on suunniteltu käytettäväksi.

Esimerkkikytkennät voi tehdä vasta kun toimilohkot on ohjelmoitu, koska kaikkien toimilohkojen ohjelmointi ei kuulunut opinnäytetyön laajuuteen, ei niistä ole myöskään esimerkkikytkentäkuvia.

9 MUUTTUIEN NIMEÄMINEN

Toimilohkojen tulo- ja lähtömuuttujien sekä sisäisten muuttujien kuten myös toimilohkojen nimeämiseen päätettiin käyttää lyhenteitä englanninkielisistä sanoista. Alun perin nimeämisperiaatteita ei määritelty sen tarkemmin.

Ennen toimintaselosteiden suunnittelua oli kuitenkin tarpeen määritellä selkeä nimeämisperiaate, jota käytettäisiin kaikissa toimilohkoissa yhteneväisesti. Asiaa tutkittaessa kävi ilmi, että työn tilaajan suunnittelujärjestelmässä on lista, jota käytetään signaalien nimeämiseen. Nimeämisperiaatteena päätettiin käyttää tätä listaa. Näin saavutettiin yhteneväinen signaalien nimeämisperiaate läpi sähkö- ja automaatio suunnittelun. Listan puutteita täydennettiin tarpeen mukaan standardin SFS-EN 61175, liite A:n lyhenneluettelolla ja tarvittaessa kehitettiin uusia lyhenteitä.

10 SUUNNITELLUT TOIMILOHKOT

Toimilohkojen suunnittelu tarkoitti käytännössä toimintaselosteiden kirjoittamista toimilohkoille. Toimilohkojen toimintojen valinnassa käytettiin hyväksi aiemmin esiteltyjä tutkimustuloksia ja tilaajayrityksen sisäistä kokemusperäistä tietoa.

Toimilohkojen suunnittelussa tuli niihin valittavien toiminnallisuuksien lisäksi huomioida ohjelmoitavuus ja toisaalta se miten toimilohkoista ja niiden käytettävyydestä voitaisiin tehdä parempia ohjelmoinnin avulla. Näitä asioita käsitellään kappaleessa 11.

Seuraavissa kappaleissa käsitellään mitä toimilohkoja suunniteltiin, millaisia toiminnallisuuksia niihin suunniteltiin ja millä perusteilla toiminnallisuuksia valittiin.

10.1 Suora moottorilähtö

10.1.1 Toimilohkon alustus

Toimilohko tulee alustaa ohjelmoitavan logiikan käynnistyessä. Alustus palauttaa toimilohkon perustilaansa, mm. lopettaa moottorilähdön ohjaamisen ja asettaa ohjauspaikaksi ”Manual”. Alustamalla toimilohko, vältetään odottamattomat käynnistykset ja saatetaan toimilohko ennakoitavissa olevaan tilaan. Toiminnot voidaan valita pois käytöstä.

10.1.2 Ohjauspaikan valinta

Toimilohkolla on kolme ohjauspaikkaa, Local, Manual ja Auto sekä pakko-ohjauspaikka Force. Local-ohjauspaikka valitaan toimilohkon tulolla, johon on liitetty moottorilähdön paikallis-kaukokytken tilatieto. Manual- ja Auto-ohjauspaikat voidaan valita toimilohkon tuloilla, logiikkasovelluksen toimesta tai operaattorin toimesta, valvomosovelluksesta toimilohkon sisäisiä muuttujia ohjaamalla. Manual- ja Auto- ohjauspaikan valinta valvomosovelluksesta voidaan estää. Ohjauspaikan vaihtaminen välillä Manual – Auto ja toisinpäin, ei vaikuta ohjauksen tilaan. Pakko-ohjauspaikka Force, valitaan käyttöön automaattisesti kun toimilohkolle tehdään pakko-ohjauksia.

10.1.3 Ohjaaminen

Local-ohjauspaikan ohjaukset tehdään, esimerkiksi moottorilähtökeskuksen kanneen sijoitetuista paikallisohjauskytkimistä, ne voivat olla liitettynä automaatiojärjestelmään sen digitaalitulojen kautta ja ohjata toimilohkon tuloja tai ohjata suoraan moottorilähdön apureleitä. Sillä, kummalla edellä mainituista tavoista ohjaus toteutetaan, ei ole merkitystä toimilohkolle, eikä sitä tarvitse erikseen toimilohkolle asetella. Tehtäessä paikallis-ohjaukset toimilohkon kautta, kopioidaan paikallis-ohjaustulon arvo suoraan ohjauslähdön arvoksi, eikä lukituksilla, vioilla tai häiriöillä ole siihen vaikutusta. Toimilohkon paikallis-ohjaustulon ainut tarkoitus on mahdollistaa kaikkien yksittäisen moottorilähdön ohjausten tekeminen toimilohkon kautta.

Manual-ohjauspaikan ohjaukset tehdään valvomosovelluksesta ohjaamalla toimilohkon sisäisiä muuttujia. Ohjaus tapahtuu asettamalla haluttua ohjausta vastaava muuttuja valvomosovelluksesta. Käyntiin-ohjaus toteutetaan, mikäli se on sallittua, seis-ohjaus toteutetaan aina sen tullessa. Toimilohko nollaa asetetun muuttujan, eikä sitä näin ollen tarvitse valvomosovelluksesta erikseen nollata.

Auto-ohjauspaikan ohjaukset tehdään logiikkasovelluksesta, esimerkiksi sekvenssin toimesta, ohjaamalla toimilohkon tuloja. Ohjaus tapahtuu haluttua ohjausta vastaavan toimilohkon tulon nousevalla reunalla. Käyntiin-ohjaus toteutetaan, mikäli se on sallittua, seis-ohjaus toteutetaan aina sen tullessa.

Auto- ja Manual-ohjauspaikkojen ohjauksia varten, toimilohko muodostaa ohjausvalmiustiedon, jossa on huomioitu mm. viat ja lukitukset. Ohjausvalmiustieto kertoo voidaanko moottori käynnistää toimilohkoa ohjaamalla.

Force pakko-ohjauspaikan ohjaukset voidaan tehdä valvomo- tai logiikkasovelluksesta, ohjaamalla toimilohkon tuloja. Lukitukset eivät vaikuta pakko-ohjauksiin. Niitä voidaan käyttää toimilaitteen ohjaamiseen poikkeustilanteissa, joissa lukituksista välittämättä toimilaitte on saatava tiettyyn tilaan, niitä ei käytetä normaaleissa käyttötilanteissa.

Toimilohkossa on yksi ohjauslähtö kontaktorin ohjaamiseen ja tulo kontaktorilta saatavaa takaisinkytkentää varten. Ohjauslähtö asetetaan, ohjattaessa moottori käyntiin ja nollataan pysäytettäessä moottori. Moottorin Käy-Seis tilatiedot muodostetaan takaisinkytkennän perusteella.

10.1.4 Lukitukset

Toimilohkossa on kolme lukitustuloa, jotka vaikuttavat Manual- ja Auto-ohjauspaikkojen ohjaukseen, ehdottoman lukituksen on oltava vapautettuna käynnistyksen mahdollistamiseksi, ohitettavan lukituksen on oltava vapautettuna, tai ohitettuna logiikka- tai valvomosovelluksen kautta ja viivästetyn lukituksen on asetettava tilaan vapautettu ohjauksen aloittamisen jälkeen, asetellun ajan kuluttua. Jonkin lukituksen muuttuessa tilasta vapautettu tilaan lukittu, ohjauksen ollessa päällä, lopetetaan ohjaaminen.

Lukitusten tarkoituksena on estää ohjattavan laitteen käynti, prosessin toiminnan tai prosessilaitteiston kannalta epäsuotuisissa tilanteissa. Käyttämällä ainoastaan ohitettavia lukituksia, ei pakko-ohjauksille ole tarvetta, vaan pakko-ohjauksen sijasta lukitus voidaan ohittaa. Viivästettyjä lukituksia voidaan käyttää esimerkiksi tilanteissa, joissa pumpun käynnistyttyä tulee virtausvahdin havahtua aseteltavan ajan kuluttua.

10.1.5 Vika- ja häiriövalvonta

Normaalien kenttä- ja keskusvikojen lisäksi toimilohkossa on kolmas vikatulo, ns. yleisvika, jota voidaan käyttää vapaasti muille mahdollisille vikatiedoille, jotka halutaan eritellä muista vioista ja indikoida valvomosovellukseen. Vikavalvonta koskee ohjauspaikkoja Auto, Manual ja pakko-ohjauspaikkaa Force, Local ohjauspaikkaan vioilla ei ole vaikutusta. Viat estävät moottorin ohjaamisen ja lopettavat sen moottorin käydessä vian tulohetkellä. Vioista annetaan hälytys, jota tarkennetaan tiedolla vian aiheuttajasta. Hälytys poistuu vian poistuttua.

Toimilohko valvoo ohjauksen ja takaisinkytkennän vastaavuutta. Mikäli takaisinkytkentä ei asetu ohjausta vastaavaan tilaan asetellun ajan kuluessa ohjauksen muutoksesta tai mikäli takaisinkytkennän tila muuttuu ilman, että ohjauksen tila on muuttunut, annetaan hälytys ja lopetetaan ohjaaminen. Hälytys poistuu erikseen kuittaamalla tai kun ohjaus aloitetaan seuraavan kerran.

Toimilohkon asetuksista riippuu valitaanko vian- tai häiriön tullessa ohjauspaikka Manual vai jääkö toimilohkon ohjauspaikaksi se joka vian- tai häiriön tullessa oli voimassa. Valittaessa Manual-ohjauspaikka, esimerkiksi häiriöilmoituksen jälkeen operaattori voi heti yrittää ohjata moottorilähtöä uudelleen ilman, että ohjauspaikkaa tarvitsee erikseen vaihtaa.

Vikavalvonnan tarkoitus on huolehtia siitä, että laitteisto on siinä kunnossa, että sitä voidaan ohjata ja häiriövalvonnan siitä, että ohjattava laitteisto toimii annettujen ohjausten mukaisesti. Tieto vioista ja häiriöistä tulee saattaa operaattorille mahdollisimman nopeasti, että tarvittaviin toimenpiteisiin voidaan ryhtyä. Mitä jalostetumpaa automaatiojärjestelmästä saatava tieto on, sitä helpompi ongelmat on korjata, tästä syystä viat ja häiriöt tulee erotella kohtuullisella tarkkuudella.

10.2 Kaksisuuntainen suora moottorilähtö

Kaksisuuntaisen suoran moottorilähdön toimilohkon toimintaperiaate on sama kuin yksisuuntaisellakin. Molemmille suunnille on omat ohjaustulot ja -lähdöt sekä ohjausvalmiustiedot. Suunnanvaihdolle voidaan asettaa aikavalvonta, joka huolehtii siitä, että moottoria ei käynnistetä liian nopeasti vastakkaiseen suuntaan.

Molemmille suunnille on omat lukitukset ja häiriövalvonnat sekä häiriöistä annettavat hälytykset.

10.3 Taajuusmuuttajaohjattu moottorilähtö

10.3.1 Kenttäväyläohjaus

Taajuusmuuttajan toimilohko suunniteltiin Profibus-DP kenttäväylään liitettyjen taajuusmuuttajien ohjaamiseen Profidrive-profiilin mukaisilla PPO-tyypeillä.

Profidrive-profiili on standardi, joka määrittelee Profibus-DP-kenttäväyläohjauksen toteutustavan taajuusmuuttajissa. PPO-tyypit ovat Profidrive-profiilissa määriteltyjä kommunikointiobjekteja, jotka määrittelevät missä muodossa ja mitä tietoa siirretään Profibus-DP kenttäväylässä taajuusmuuttajan ja sitä ohjaavan Profibus-DP-isäntälaitteen, tässä tapauksessa ohjelmoitavan logiikan välillä.

Toimilohkon käyttäjä voi valita vapaasti haluamansa PPO-tyypin, jonka sisältö on esitetty kuvassa 3. Toimilohko ei tue parametrikentän avulla tehtävää parametrintia tai niiden lukemista. Myöskään prosessidatakentän sanoihin PD1-PD8 kirjoittamista ei tueta, PD1-PD8 prosessidatasanojen lukemista sen sijaan hyödynnetään. Toimilohkon käyttäminen ei kuitenkaan estä niitä käyttävien toimintojen tekemistä toimilohkosta erilleen. Tyypillisesti taajuusmuuttaja ohjaa kattilalaitoksessa joko pumppua tai puhallinta. Nämä käytöt ovat toiminnaltaan sen luonteisia, ettei taajuusmuuttajan parametroidulle laitoksen käytön aikana juurikaan ole tarvetta.

	Parametrikenttä			Prosessidatakenttä																				
	ID	IND	VALUE	CW	REF	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6	PD7	PD8	SW	ACT	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6	PD7	PD8	
PPO 1																								
PPO 2																								
PPO 3																								
PPO 4																								
PPO 5																								

Kuva 3. Profidrive-profiilin PPO-tyypit /7/.

10.3.2 Ohjaus- ja tilasanat

Toimilohko muodostaa sille annettujen ohjausten perusteella taulukossa 1 esitetyn Profidrive-profiilin mukaisen ohjaussanan CW, kuvassa 3. Toimilohko kirjoittaa ohjaussanan lähtönsä, joka on kytketty taajuusmuuttajan ohjaussanaa vastaavaan logiikan lähtöosoitteeseen. Toimilohkossa on tulot, joilla voidaan ohjata ohjaussanan bittejä 11-15.

Taulukko 1. Profidrive-profiilin mukaisen ohjaussanan bittien kuvaus /7/.

Bitti	Kuvaus	
	Arvo = EPÄTOSI	Arvo = TOSI
0	SEIS 1 (hidastaen)	ON 1
1	SEIS 2 (vapaasti pyörien)	ON 2
2	SEIS 3 (hidastaen)	ON 3
3	KÄY ESTETTY	KÄY VALMIS
4	Ei toimintoa	KÄY
5	Ei toimintoa	KÄY
6	Ei toimintoa	KÄY
7	Ei toimintoa	VIAN KUITTAUS (0->1)
8	Ei toimintoa	Ei toimintoa
9	Ei toimintoa	Ei toimintoa
10	Kenttäväyläohjaus pois päältä	Kenttäväyläohjaus päälle
11	Kenttäväylä DIN1=OFF	Kenttäväylä DIN1=ON
12	Kenttäväylä DIN2=OFF	Kenttäväylä DIN2=ON
13	Kenttäväylä DIN3=OFF	Kenttäväylä DIN3=ON
14	Kenttäväylä DIN4=OFF	Kenttäväylä DIN4=ON
15	Kenttäväylä DIN5=OFF	Kenttäväylä DIN5=ON

Taajuusmuuttajalta luetaan taulukossa 2 esitetty Profidrive-profiilin mukainen tilasana, SW kuvassa 3. Taajuusmuuttajan tilasanaa vastaava logiikan tulo-osoite kytketään toimilohkon tuloon, tilasanan biteistä toimilohko päättelee taajuusmuuttajan tilan.

Taulukko 2. Profidrive-profiilin mukaisen tilasanan bittien kuvaus /7/.

Bitti	Kuvaus	
	Arvo = EPÄTOSI	Arvo = TOSI
0	Ei valmis (alkuasetus)	VALMIS 1
1	Ei valmis	VALMIS 2
2	ESTETTY	SALLITTU
3	EI VIKAA	VIKA PÄÄLLÄ
4	SEIS 2	EI SEIS 2
5	SEIS 3	EI SEIS 3
6	KÄYNNISTYS SALLITTU	KÄYNNISTYS ESTETTY
7	Ei varoitusta	Varoitus
8	Ohjearvo ? Oloarvo	Ohjearvo = Oloarvo
9	Kenttäväyläohjaus POIS	Kenttäväyläohjaus PÄÄLLÄ
10	Ei käytössä	Ei käytössä
11	Ei käytössä	Ei käytössä
12	Taajuusmuuttaja pysäytetty	Käy
13	Taajuusmuuttaja ei valmis	Taajuusmuuttaja valmis
14	Ei käytössä	Ei käytössä
15	Ei käytössä	Ei käytössä

10.3.3 Nopeuden ohje- ja oloarvot

Ohjauksena lisäksi tulee taajuusmuuttajalle antaa myös nopeuden ohjearvo, REF kuvassa 3. Nopeuden ohjearvo annetaan toimilohkelle, ohjauspaikasta riippuvaan muuttajaan, reaalitylukuna 0,0 – 100,00 %:a. Toimilohko skaalaa ohjearvon taajuusmuuttajalle sopivaan muotoon seuraavan periaatteen mukaisesti:

$$100,00 \% = -10000 \text{ (suunta taakse)}$$

$$0,00 \% = 0 \text{ (suunta eteen)}$$

$$100,00 \% = 10000 \text{ (suunta eteen)}$$

Toimilohko kirjoittaa ohjearvon lähtönsä, joka on kytketty taajuusmuuttajan ohjearvoa vastaavaan logiikan lähtöosoitteeseen.

Taajuusmuuttajalta luetaan nopeuden oloarvo, ACT kuvassa 3, jota vastaava logiikan tulo-osoite kytketään toimilohkon tuloon, toimilohko skaalaa oloarvon reaalityylikuvaksi aiemmin esitettyä tapaa vastaavasti ja kirjoittaa lähtönsä edelleen käytettäväksi.

10.3.4 Prosessidatasanat PD1-PD8

Toimilohkossa on tuloja taajuusmuuttajalta luettaville prosessidatasanoille PD1-PD8. Prosessidatasanojen sisältö määritellään taajuusmuuttajan parametreilla, toimilohkossa olevat tulot on nimetty tämän sisällön perusteella. Taajuusmuuttajalta luettavat prosessidatasanat käsitellään toimilohkossa tarkoituksen mukaiseen muotoon ja kirjoitetaan joko toimilohkon sisäisiin muuttujiin valvomosovelluksessa esitettäväksi tai toimilohkon lähtöihin logiikkasovelluksessa käytettäväksi.

Toimilohkossa on tulot mm. Vacon NX taajuusmuuttajien oletusarvoisille prosessidatasanoille, joita hyödyntämällä taajuusmuuttajalta saadaan hyödyllistä tietoa ilman erillistä prosessidatasanojen parametointia taajuusmuuttajassa.

10.3.5 Ohjauspaikan valinta

Toimilohkolla on kolme ohjauspaikkaa, Local, Manual ja Auto sekä pakko-ohjauspaikka Force. Local-ohjauspaikan valintaa lukuunottamatta, ohjauspaikan valinta toimii kuten suoran moottorilähdön toimilohkoa käsittelevässä kappaleessa on esitetty.

Toimilohkon ohjauspaikaksi on valittu Local aina kun taajuusmuuttajalta luettavan tilasanan bitti 9 on arvoltaan epätosinen eli kenttäväyläohjaus ei ole päällä.

Ohjauspaikan vaihtaminen välillä Auto – Manual tai toisinpäin, ei aiheuta muutosta ohjaussanaan. Se aiheuttaa kuitenkin muutoksen paikkaan, josta toimilohko lukee taajuusmuuttajalle annettavan nopeuden ohjearvon. Toimilohkossa on toiminto, joka ollessaan käytössä kopioi nopeuden oloarvon Manual-ohjauspaikan ohjearvoksi, jolloin Manual-ohjauspaikkaan siirryttäessä taajuusmuuttajalla ohjattun moottorin nopeudessa ei tapahdu muutosta. Auto-ohjauspaikkaan siirryttäessä,

on kopiointi tai vastaava toiminnallisuus tehtävä tapauskohtaisesti toimilohkon ulkopuolelle.

10.3.6 Ohjaaminen

Local-ohjauspaikan ohjaukset tehdään, esimerkiksi taajuusmuuttajan ohjauspaneelistä tai taajuusmuuttajan tuloihin kytketyistä kytkimistä.

Ohjauspaikkojen Auto- ja Manual-ohjaukset sekä Force-ohjauspaikan pakko-ohjaukset tehdään, antamalla toimilohkolle käyntikäsky eteen- tai taaksepäin tai pysäytyskäsky. Lisäksi toimilohkolle tulee antaa nopeusohje, joka määrää taajuusmuuttajan ohjaaman moottorin pyörimisnopeuden.

Auto- ja Manual-ohjauspaikkojen ohjauksia varten toimilohko muodostaa ohjausvalmiustiedon, jossa on huomioitu mm. viat ja lukitukset. Ohjausvalmiustieto kertoo voidaanko moottori käynnistää toimilohkoa ohjaamalla. Lisäksi toimilohko muodostaa taajuusmuuttajan valmiustiedon, joka indikoi taajuusmuuttajan olevan valmis käynnistettäväksi kenttäväyläohjauksella.

Toimilohkossa ei ole suunnanvaihdon aikavalvontaa. Taajuusmuuttajalle kirjoitetavan nopeuden ohjearvon etumerkin muuttuessa moottorin käydessä, taajuusmuuttajan lähtötaajuus muuttuu sille parametroitujen kiihtyvyy- ja hidastuvuusajkojen puitteissa, eikä moottorin nopeuteen näin ollen aiheudu askelmaista muutosta.

Taajuusmuuttajan Käy- ja Seis-tiedot sekä muut tilatiedot muodostetaan tilasanan ja nopeuden oloarvon perusteella.

Toimilohkossa on vastaavat lukitustoiminnot kuin suoran moottorilähdön toimilohkoa käsittelevässä kappaleessa on selostettu, sillä poikkeuksella, että eteen- ja taakse suunnille on omat lukituksensa.

10.3.7 Vika- ja häiriövalvonta

Vika- ja häiriövalvonnan toimintaperiaate on sama kuin suoran moottorilähdön toimilohkossa. Taajuusmuuttajan toimilohkossa eteen- ja taakse suunnille on omat häiriövalvonnat ja kontaktorilta tuleva takaisinkytkentä on korvattu taajuusmuuttajan tilasanasta saatavilla käyntitiedoilla. Lisäksi taajuusmuuttajan tilasanasta saatava taajuusmuuttajan vikatieta aiheuttaa samat toimenpiteet kuin muutkin viat, joita ovat kenttä-, keskus- ja yleisviat. Taajuusmuuttajan vikatieta on kuitattava erikseen taajuusmuuttajalle. Tämä voidaan suorittaa toimilohkon tulolla logiikka-sovelluksesta tai ohjaamalla toimilohkon sisäistä muuttujaa valvomosovelluksesta. Taajuusmuuttajan vikaantuessa se pysähtyy automaattisesti, tästä huolimatta tulee taajuusmuuttaja erikseen pysäyttää ohjaussanan avulla, ennen kuin se voidaan käynnistää uudelleen, tämä automatiikka on sisäänrakennettu toimilohkoon.

10.4 Palautuva toimilaitteinen sulkuventtiili

Palautuva toimilaitteisella sulkuventtiilillä tarkoitetaan sellaista sulkuventtiiliä, joka ohjauksen loputtua palautuu lepoasentoonsa ilman erillistä ohjausta. Tämän tyyppisen venttiilin ohjaaminen muistuttaa huomattavasti suoran moottorilähdön ohjausta. Molempia ohjataan yhdellä lähdöllä, moottoria käyntiin – seis ja venttiiliä auki – kiinni. Samankaltaisuudesta riippumatta, muutamia eroavaisuuksia kuitenkin on. Tässä kappaleessa käsitellään toimilohkon eroavaisuudet suoran moottorilähdön toimilohkoon nähden. Muilta kuin tässä mainituilta osin, toimilohko toimii samoin kuin suoran moottorilähdön toimilohko.

10.4.1 Lepoasento

Toimilohkolle tulee määrittää ohjattavan toimilaitteen lepoasento. Tietoa käytetään mm. oikeiden ohjausten toteuttamiseen. Toimilohkon tulee tietää kumpaan asentoon toimilaite ohjautuu, kun toimilohkon ohjauslähtö asettuu. Tieto on oleellinen myös häiriövalvonnan kannalta, toimilohkon tulee tietää minkä rajakytkintulon pitäisi kulloinkin asettua.

10.4.2 Rajakytkimet ja asentotiedot

Toimilohkossa on tulot ohjattavan toimilaitteen asentorajakytkimille. Niiden ja toimilohkon ohjauslähdön arvosta muodostetaan toimilaitteen asentotiedot, jotka ilmaistaan toimilohkon lähdoillä ja voivat olla kiinni, avautuu, auki ja sulkeutuu.

Koska eri toimilaitteiden asennon muutokseen kuluva aika vaihtelee ja voi olla pitkäkin, tulee myös toimilaitteen väliasennot avautuu ja sulkeutuu huomioida erikseen. Näin tekemällä saadaan oikea tieto toimilaitteen asennosta valvomoso- velluksessa esitettäväksi.

10.4.3 Vika- ja häiriövalvonta

Suoran moottorilähdön toimilohkosta poiketen, toimilohkossa ei ole tuloa kenttä- vialle. Kenttävikatieto muodostetaan tyypillisesti odottamattoman käynnistyksen estokytkimen, eli turvakytkimen tilatiedosta. Sen tyypisissä venttiililähdoissä, joihin toimilohko on suunniteltu, ei tyypillisesti käytetä turvakytkintä.

Kuten suoran moottorilähdönkin toimilohkossa, viat estävät venttiilin ohjaamisen ja lopettavat sen venttiilin ollessa ohjattuna vian tulohetkellä. Vioista annetaan hälytys ja tarkennetaan syy niiden aiheutumiseen. Hälytys poistuu vian poistuttua.

Toimilohko valvoo ohjauksen ja rajakytkimiltä saatavien takaisinkytkentöjen vas- taavuutta. Mikäli rajakytkintiedot eivät asetu ohjausta vastaavaan tilaan asetellun ajan kuluessa ohjauksen muutoksesta tai rajakytkinten tilat muuttuvat ilman, että ohjauksen tila on muuttunut, annetaan hälytys ja nollataan toimilohkon ohjausläh- tö, jolloin venttiili palautuu lepoasentoonsa. Samat toimenpiteet aiheutuvat myös, jos molemmat rajakytkintiedot ovat asettuneina samanaikaisesti. Hälytys poistuu erikseen kuittaamalla tai kun ohjaus aloitetaan seuraavan kerran.

Edellä mainituista ohjauksen vastaisista rajakytkintietojen muutoksista muodoste- taan häiriötietoja kahdella tavalla. Siten, että rajakytkinten tila muuttuu esimerkik- si asennosta auki, asentoon kiinni ja siten, että esimerkiksi auki-tieto katoaa ja kiinni-tieto ei asetu. Hälytykset muodostetaan siis ohjauksen vastaisesta asennon muutoksesta ja rajakytkintiedon katoamisesta.

Toimilohkon asetuksista riippuu valitaanko vian- tai häiriön tullessa ohjauspaikka Manual vai jääkö toimilohkon ohjauspaikaksi se mikä vian- tai häiriön tullessa oli voimassa.

10.5 Moottoritoimilaitteinen venttiili

Moottoritoimilaitteisille venttiileille suunniteltiin toimilohko, jolla voidaan ohjata sekä sulkua- että säätöventtiileitä. Säätöventtiilin asennoittaminen hoidetaan kolmipistesäädintoimilohkolla, jolta venttiilitoimilohko saa ”aja auki”- ja ”aja kiinni” ohjaukset.

Toimilohkolle tulee määrittää ohjaako se sulkua- vai säätöventtiiliä, asetus vaikuttaa siihen, miten venttiiliä ohjataan sekä siihen mihin ohjauspaikasta riippuvat ohjaukset liitetään.

Moottoritoimilaitteisen venttiilin toimilohko vastaa aiemmin esiteltyjä toimilohkoja alustuksen, ohjauspaikkojen ja ohjauspaikan valinnan osalta.

10.5.1 Rajakytkimet ja asentotiedot

Toimilohkossa on tulot ohjattavan toimilaitteen asentorajakytkimille. Niiden kontaktoreiden takaisinkytkentöjen ja toimilohkon ohjauslähtöjen arvoista muodostetaan toimilaitteen asentotiedot, jotka ilmaistaan toimilohkon lähdöillä ja voivat olla kiinni, avautuu, auki, sulkeutuu ja pysäytetty väliasentoon.

Toimilohkossa on tulo toimilaitteen asentomittausta varten. Mittausarvo tuodaan toimilohkoon prosenteiksi skaalattuna. Säätöventtiilin tapauksessa varsinainen mittausarvo kytketään säädintoimilohkoon ja tuodaan siitä venttiilin toimilohkoon. Sulkuventtiilin tapauksessa skaalaukseen käytetään analogiatulokanavan toimilohkoa. Moottoritoimilaitteisen venttiilin toimilohkolla voidaan valvoa analogiatulokanavan kuntoa ja vikaantumisesta annetaan hälytys. Analogiatulo- ja analogialähtökanavien kuntoa valvovaa diagnostiikkaa käsitellään tarkemmin niitä ohjaavien toimilohkojen esittelyissä.

Ohjattavan venttiilin momenttirajakytkimille on tulot toimilohkossa, momenttirajakytkimet voidaan valita pois käytöstä. Momenttirajakytkintietoja käytetään häi-

riötietojen muodostamiseen ja havahtuneen momenttirajakytkimen suuntaan ajamisen estämiseen. Momenttirajakytkimet vahtivat venttiilin avaamiseen tarvittavaa vääntömomenttia. Sen kasvaessa liian suureksi eli kun venttiili on jumiutunut, havahtuu momenttirajakytkin ja venttiilin ajaminen kyseiseen suuntaan lopetetaan.

10.5.2 Toimilaitteen parametrit

Toimilohkolle tulee antaa ohjattavan moottoritoimilaitteen parametrit: minimiajoaika ja -taukoaika sekä ajoaika 0,0 – 100,0 %:iin. Säätoventtiilin tapauksessa parametrit kopioidaan toimilohkon lähtöihin, jotka on kytketty vastaaviin kolmipistesäädintoimilohkon tuloihin. Sulkuventtiilin tapauksessa toimilohko käyttää minimitaukoaikaa suunnanvaihdon taukoaikana.

Minimijoaika ja –taukoaika parametrien tarkoituksena on suojella toimilaitetta tarpeettoman usein tapahtuvilta ohjauksilta, jotka kuluttaisivat toimilaitetta ja saattaisivat aiheuttaa moottorin ylikuumentumista. Sulkuventtiilin tapauksessa valvotaan suunnanvaihdon taukoaikaa siksi, ettei toimilaitte olisi liikkeessä vastakkaiseen suuntaan kun ohjaus aloitetaan. Ajoaika 0,0 – 100,0 %:iin kertoo säädintoimilohkolle miten paljon toimilaitteen asento muuttuu ajettaessa sitä tietyn aikaa.

10.5.3 Ohjaaminen

Local-ohjauspaikan ohjaukset tehdään esimerkiksi moottorilähtökeskuksen kaanteen sijoitetuista paikallisohjauskytkimistä, ne voivat olla liitettynä automaatiojärjestelmään sen digitaalitulojen kautta ja ohjata toimilohkon tuloja tai ohjata suoraan moottorilähdön apureleitä. Ohjattaessa toimilaitetta toimilohkon kautta, ajetaan sitä niin kauan kuin vastaava ohjaussignaali on voimassa.

Manual-ohjauspaikan ohjaukset tehdään valvomosovelluksesta, ohjaamalla toimilohkon sisäisiä muuttujia. Toimilaitte voidaan ajaa yhdellä käskyllä rajakytkimen asettumiseen saakka, eli auki- tai kiinni-asentoon, tai niin kauan kuin toimilohkolle annettava ohjaus on voimassa.

Auto-ohjauspaikan ohjaukset tehdään logiikkasovelluksesta, sulkuventtiilin tapauksessa, esimerkiksi sekvenssin toimesta ja säätöventtiilin tapauksessa säädintoilohkon toimesta, toimilohkon tuloja ohjaamalla. Sulkuventtiilin tapauksessa, toimilaitetta ajetaan annettua ohjausta vastaavan rajakytkimen asettumiseen saakka ja säätöventtiilin tapauksessa niin kauan kuin ohjaussignaali on voimassa.

Auto- ja Manual-ohjauspaikkojen ohjauksia varten toimilohko muodostaa ohjausvalmiustiedon, jossa on huomioitu mm. suunnanvaihdon tauko-aika, viat ja lukitukset. Säätöventtiilin tapauksessa muodostetaan vielä erikseen säätövalmiustieto. Ohjausvalmiustieto kertoo voidaanko toimilaitte käynnistää toimilohkoa ohjaamalla.

Force pakko-ohjauspaikan ohjaukset voidaan tehdä valvomo- tai logiikkasovelluksesta ohjaamalla toimilohkon tuloja. Lukitusten tilalla ja häiriöillä ei ole vaikutusta pakko-ohjauksiin. Venttiili voidaan pakko-ohjata auki- tai kiinni-asentoon yhdellä käskyllä tai pakottaa pysähtymään auki-, kiinni- tai väliasentoon.

10.5.4 Lukitukset

Toimilohkossa on molemmille asennoille vastaavat lukitustoiminnot kuin aiemmin esitellyissäkin. Vain toisen asennon lukitusten käyttäminen on suositeltavaa, ettei toimilaitte jumituisi ohjelmallisesti väliasentonsa. Ajettaessa toimilaitetta, ajo suuntaa vastaavien lukitusten muuttuessa tilaan ”lukittu”, pysäytetään toimilaitte senhetkiseen asentonsa, sitä ei automaattisesti palauteta lähtöasentonsa. Vastakkaiseen suuntaan ajaminen on tämän jälkeen mahdollista, ottaen kuitenkin huomioon ko. suunnan lukitukset.

10.5.5 Vika- ja häiriövalvonta

Toimilohkossa on kenttä-, keskus- ja yleisvikatulot. Vian ollessa voimassa on toimilaitteen ohjaaminen estetty, Local-ohjauspaikkaa lukuunottamatta kaikista ohjauspaikoista, myös pakko-ohjauspaikasta Force.

Toimilohko muodostaa erilaisia häiriötietoja vertailemalla ohjauslähtöjen ja eri takaisinkytkentöjen arvoja. Näitä takaisinkytkentöjä ovat: asentorajakytkinten-, momenttirajakytkinten- ja kontaktoreiden tilat.

Toimilohkosta saatavia häiriötietoja ovat: ohjauksen aikavalvonta, joka valvoo ettei toimilaitteen ajaminen rajalta rajalle kestä liian kauaa. Momenttirajakytkinhäiriö, joka annetaan momenttirajakytkimen havahtuessa eli kun venttiilin liikuttamiseen tarvittava vääntömomentti kasvaa aseteltua suuremmaksi. Hävinnyt asentorajakytkintieto, joka annetaan jos asentorajakytkintieto katoaa ilman vastaavan kontaktorin takaisinkytkentätiedon asettumista. Asento- ja momenttirajakytkinten ristiriidat, jotka annetaan molempien asento- tai momenttirajakytkintietojen ollessa asettuneina. Häiriökäynnistyksestä ja –pysäytyksestä sekä käynnistys- ja pysäytyshäiriöistä, muodostetaan kustakin omat häiriötietonsa.

Kaikkia häiriötietoja ei voida aina muodostaa, riippuen toimilohkoon tehdyistä asetuksista koska osa muodostamiseen käytettävästä tiedosta ei aina ole saatavilla. Häiriötiedot ovat hyödyllisiä sekä sulku- että säätöventtiileitä ohjattaessa, operattorin tulee tietää jos toimilaite toimii annetuista ohjauksista poikkeavalla tavalla.

Toimilohkon asetuksista riippuu valitaanko vian- tai häiriön tullessa ohjauspaikka Manual vai jääkö toimilohkon ohjauspaikaksi se mikä vian- tai häiriön tullessa oli voimassa.

10.6 Analoginen tulokanava

Analogisen tulokanavan toimilohkon tehtävänä on skaalata analogisesta tulokanavasta kokonaislukuna saatava mittausarvo insinööriyksiköiksi. Toimilohkossa on lisäksi muita hyödyllisiä toimintoja, kuten mittausarvon hälytysrajavalvonta, mittausarvon simulointi sekä analogisen tulokanavan kuntoa valvova diagnostiikka-toiminto.

10.6.1 Alustus

Toimilohko alustetaan ohjelmoitavan logiikan käynnistyessä. Alustuksessa nollataan logiikan sammuttamista edeltäneellä hetkellä voimaan jääneet hälytykset, jolloin ne eivät turhaan ilmesty valvomosovelluksen hälytysluetteloon. Mikäli hälytysraja on rikkoutuneena alustuksen jälkeisellä ohjelmakierrolla, annetaan hälytys normaalisti.

10.6.2 Skaalaaminen

Analogisesta tulokanavasta kokonaislukuna luettava mittausarvo skaalataan reaaliluvuksi, annetun insinööriyksikköskaalalan ylä- ja alaraja-arvojen mukaisesti. Analogisesta tulokanavasta saatavan kokonaislukuarvon ylä- ja alarajoja voidaan muuttaa siltä varalta, että saatava kokonaislukuarvo poikkeaa normaalista 0 – 27648:sta. Insinööriyksiköiksi skaalattua mittausarvoa ei rajoiteta. Insinööriyksikkö, johon mitattu arvo skaalataan, esimerkiksi l/min, voidaan merkitä toimilohkoon.

10.6.3 Raja-arvojen valvonta

Toimilohko valvoo mittausarvon suuruutta. Valvottavia hälytysrajoja on neljä: kaksi ylähälytysrajaa, joiden ylittymisestä seuraa hälytys, sekä kaksi alahälytysrajaa, joiden alittumisesta seuraa hälytys. Hälytyksiä voidaan suodattaa asettamalla hälytysten annolle viiveaika, joka on yhteinen ylemmälle ylä- ja alemmalle alahälytysrajalle, ylä- ja alahälytysrajoille on oma yhteinen viiveaikansa. Hälytysten poistumiselle on aseteltavissa hystereesi-arvot, ylä- ja alahälytysrajoille omansa.

Hälytysrajat annetaan insinööriyksikköinä valvomosovelluksesta ja vain yksi hälytys voi olla kerrallaan voimassa. Hälytysrajojen arvoja valvotaan ja ne pidetään järjestyksessä siten, että ylempi ylähälytysraja on arvoltaan suurin ja niin edelleen. Hälytysten antaminen voidaan estää asettamalla siihen varattu toimilohkon sisäinen muuttuja valvomosovelluksesta, tällöin myös diagnostiikkahälytys estyy.

10.6.4 Simulointi

Toimilohko voidaan asettaa simulointitilaan, jolloin sen lähtöön kirjoitetaan skaalatun mittausarvon sijasta tarkoitukseen varattuun toimilohkon tuloon kirjoitettua arvoa. Simulointiarvo kirjoitetaan toimilohkoon insinööriyksikköinä. Toiminnallisuus on hyödyllinen automaatiojärjestelmän sovelluksia testattaessa, jolloin oikeaa mittausarvoa ei välttämättä ole vielä saatavilla tai halutaan testata mitatusta arvosta poikkeavan arvon vaikutusta järjestelmän toimintaan.

10.6.5 Diagnostiikka

Toimilohkolla voidaan niin aseteltaessa valvoa analogisen tulokanavan kuntoa, tätä toimintaa kutsutaan diagnostiikaksi. Diagnostiikkahälytys annetaan mm. jos mittauskanavassa on -oikosulku, -johdinkatkos tai -parametrintivirhe. Hälytystä tarkennetaan toimilohkon sisäisillä muuttujilla, jotka ilmaisevat mistä syystä hälytys on annettu. Mahdollisimman tarkalla tiedolla viasta, voidaan poissulkea vaihtoehtoja, joista fyysisistä tai ohjelmallista vikaa lähdetään etsimään.

Toimilohkolle voidaan määritellä mitä arvoa sen mittausarvolähtöön kirjoitetaan diagnostiikka hälytyksen tullessa, vaihtoehtoja ovat: viimeisin arvo ennen vikaantumista, ennalta määrätty arvo tai vikaantuneelta kanavalta saatava mittausarvo normaalisti skaalattuna. Diagnostiikkahälytykset tulee kuitata erikseen toimilohkoon.

10.7 Analoginen lähtökanava

Analogisen lähtökanavan toimilohkon tehtävänä on skaalata logiikkasovelluksesta insinööriyksikköinä saatava ohjausarvo kokonaisluvuksi analogiseen lähtökanavaan. Toimilohkossa on lisäksi muita hyödyllisiä toimintoja, kuten ohjausarvon rajoittaminen, ohjausarvon simulointi sekä analogisen lähtökanavan kuntoa valvova diagnostiikkatoiminto.

10.7.1 Alustus

Toimilohkon alustus tapahtuu kuten analogisen tulokanavankin tapauksessa. Toimilohkon ainoat hälytykset annetaan kanavadiagnostiikalta, joten vain ne nollataan.

10.7.2 Skaalaaminen

Logiikkasovelluksessa toimilohkoon kirjoitettu insinööriyksikköarvo skaalataan analogiselle lähtökanavalle sopivaksi kokonaislukuarvoksi annetun insinööriyksikkö skaalan ylä- ja alaraja-arvojen mukaisesti. Analogiseen lähtökanavaan kirjoitettavan ohjausviestin skaalan ylä- ja alarajoja voidaan muuttaa siltä varalta, että arvo poikkeaa normaalista 0 – 27648:sta.

Insinööriyksikkö, jossa ohjausarvo sovelluksesta toimilohkoon annetaan, esimerkiksi l/min, voidaan merkitä toimilohkoon.

10.7.3 Ohjausviestin rajoittaminen

Toimilohkosta analogiseen lähtökanavaan kirjoitettava ohjausviesti voidaan, niin aseteltaessa, rajoittaa valvomosovelluksesta annettavien ylä- ja alaraja-arvojen välille. Raja-arvot annetaan insinööriyksikköinä.

10.7.4 Simulointi

Toimilohko voidaan asettaa simulointitilaan, jolloin sen lähtöön kirjoitetaan skaalattun ohjausarvon sijasta tarkoitukseen varattuun toimilohkon tuloon kirjoitettua arvoa. Simulointiarvo kirjoitetaan toimilohkoon insinööriyksikköinä. Toiminnallisuus on hyödyllinen esimerkiksi testattaessa automaatiojärjestelmän ohjaamia toimilaitteita.

10.7.5 Diagnostiikka

Diagnostiikan toiminta on periaatteeltaan sama kuin analogisen tulokanavan tapauksessa. Hälytyksen voi lähtökanavankin tapauksessa aiheuttaa mm. kanavan oikosulku tai johdinkatkos. Diagnostiikka-hälytyksellä ei ole vaikutusta toimilohkon

analogiselle lähtökortille kirjoittamaan ohjausviestin arvoon. Toimilohkossa on hälytysten estotoiminto, jolla diagnostiikkahälytyksen antaminen voidaan estää.

10.8 PID-säädintoimilohkot

PID-säädintoimilohkojen tarkoituksena on pitää mitattu prosessiarvo annetun asetusarvon suuruisena, häiriöistä riippumatta, ohjausviestiin vaikuttamalla /6/. PID-säädintoimilohkoja suunniteltiin kaksi kappaletta. Toinen niistä oli jatkuvatoiminen säädin, joka ohjaa toimilaitetta laskemallaan ohjausviestillä, ja toinen oli kolmipistesäädin, joka antaa toimilaitteelle tarvittaessa nousee- ja laskee ohjauskäskyjä.

Säädintoimilohkot suunniteltiin Siemens Simatic ”Standard PID Control” ohjelmistopakettiin sisältyviä ”PID_CP”- ja ”PID_ES”- toimilohkoja parannellen. Käytännössä siten, että suunnitellun jatkuvatoimisen säädintoimilohkon sisällä on ”PID_CP”-toimilohko, jonka ympärille on ohjelmoitu tarpeelliseksi katsottuja ominaisuuksia ja vastaavasti kolmipistesäädintoimilohkon sisällä on ”PID_ES”-toimilohko. ”Standard PID Control”-ohjelmistopakettin käyttöohje on ladattavissa liitteessä 1 esitetystä www-osoitteesta.

Seuraavissa kappaleissa käsitellään asioita, jotka on lisätty tai joiden toimintaa on muutettu pohjana käytettyihin säätimiin nähden. Lisäksi käsitellään lyhyesti joitakin tärkeimpiä pohjana käytettyjen toimilohkojen ominaisuuksia.

10.8.1 Alustus

Säädintoimilohkot alustetaan ohjelmoitavan logiikan käynnistyessä. Alustuksessa mm. nollataan hälytykset ja valitaan toimilohkon ohjauspaikaksi Manual. Lisäksi suoritetaan pohjana käytetyn säädintoimilohkon alustustoimenpiteet.

10.8.2 Säädintoimilohkon lukitus

Säädintoimilohkot voidaan lukita Manual-ohjauspaikkaan, lukitus on ohitettavissa. Säätimen lukittuessa, jatkuvatoimisen säätimen tapauksessa, kopioidaan senhetkinen ohjausviestin arvo Manual-ohjauspaikan ohjausarvoksi, kolmipistesäätimen tapauksessa toimilaitteen ohjaaminen lopetetaan. Tämän jälkeen mikään ei

estä operaattoria antamasta uutta ohjausarvoa Manual ohjauspaikan kautta, näin ollen lukituksen ainoa tehtävä on pitää säädin toimilohko Manual ohjauspaikassa.

Lukitus on tarkoitettu käytettäväksi tilanteissa, joissa ohjattava prosessi ei ole ajossa ja esimerkiksi säätimen ohjaama venttiili halutaan pitää kiinni. Säätimen lukittuessa ei ohjausviestiä voida kuitenkaan pakottaa arvoon 0,0 %, koska jos lukittuminen tapahtuu, prosessin ollessa ajossa, saattaa säätimen ohjausviestiin tulla äkillinen muutos. Tämä ei ole suotavaa. Lukitseminen voidaankin suorittaa esimerkiksi laitoksen alasajosekvenssin toimesta, kun sekvenssi on ajanut venttiilin ensin kiinni.

10.8.3 Ohjauspaikan valinta

Molemmissa toimilohkoissa on kuusi ohjauspaikkaa. Toimilohkolle valitusta ohjauspaikasta riippuu onko säätöfunktio käytössä vai ei. Säätöfunktion ollessa käytössä, säätöpiirin toimilaitetta ohjataan säätöfunktion laskeman ohjausviestin perusteella, toimilohko on säätötilassa. Kun säätöfunktio ei ole käytössä, ohjataan toimilaitetta jatkuvatoimisen säätimen tapauksessa suoraan operaattorin tai logiikkasovelluksen antaman ohjausviestin arvon mukaisesti ja kolmipistesäätimen tapauksessa nousee- laskee ohjauskäskyillä, toimilohko on ohjaustilassa.

Ohjauspaikat ovat valittavissa valvomo- ja logiikkasovelluksista, joihin valittu ohjauspaikka myös indikoidaan.

Kaikki ohjauspaikat olivat olemassa pohjana käytetyissä toimilohkoissa, niiden nimiä muutettiin ja niiden valinta tehtiin yhdenmukaiseksi muiden suunniteltujen toimilohkojen kanssa.

10.8.4 Asetusarvo

Säädintoimilohkojen asetuservo annetaan valitusta ohjauspaikasta riippuen, joko valvomo- tai logiikkasovelluksesta. Asetuservo annetaan insinööriyksikköinä. Säätimen toimiessa kaskadisäätöpiirin alasäätimenä, on syytä vastaavan ohjauspaikan asetuservo skaalata insinööriyksiköiksi, koska pääsäätimen ohjausviesti, jonka yksikkö on prosentti, toimii tällöin säätimen asetuservona.

Annetun asetusarvon siirtymistä säätöfunktion käyttämäksi aktiiviseksi asetusarvoksi voidaan hidastaa eli käytännössä rajoittaa asetusarvon muutosnopeutta. Sekä kasvu- että laskunopeuksille voidaan antaa omat arvonsa. Toiminto voidaan valita käyttöön ja pois sekä valvomo- että logiikkasovelluksesta.

Aktiivinen asetusarvo voidaan rajoittaa haluttujen ylä- ja alaraja-arvojen välille. Rajojen rikkoutumisesta muodostetaan hälytykset, jotka voidaan niin haluttaessa estää.

10.8.5 Prosessiarvo

Prosessiarvon mittausta varten säädintoimilohkoissa on kaksi tuloa. Toinen niistä voidaan liittää suoraan analogiseen tulokanavaan ja toiseen prosessiarvo voidaan tuoda esimerkiksi prosentteina. Joka tapauksessa, toimilohko skaalaa siihen tuodun arvon insinööriyksiköiksi, annettujen skaalan ylä- ja alaraja-arvojen mukaisesti.

Prosessiarvoa voidaan suodattaa ensimmäisen asteen suodattimella, jonka aikavakio on aseteltavissa. Tarvittaessa prosessiarvolle voidaan tehdä neliöjuurto.

Prosessiarvolle on aseteltavissa neljä hälytysrajaa. Lisäksi arvon muutosnopeutta voidaan valvoa ja antaa tarvittaessa hälytys, kasvu- ja laskunopeuksille on aseteltavissa omat raja-arvot. Pohjana käytetyistä toimilohkoista puuttunut prosessiarvohälytysten estämismahdollisuus lisättiin toimilohkoihin.

Pohjana käytettyihin toimilohkoihin lisättiin logiikkasovelluksen testaamisen helpottamiseksi prosessiarvon simulointimahdollisuus.

Käytettäessä analogiselle tulokanavalle tarkoitettua prosessiarvotuloa, voidaan tulokanavan kuntoa tarkkailla diagnostiikan avulla. Diagnostiikan havaitessa vian, annetaan siitä hälytys ja lisäksi säätimen ohjauspaikaksi asetetaan Manual, ohjausarvoksi kopioidaan viimeisin ohjausviestin arvo tai kolmipistesäätimen tapauksessa, lopetetaan toimilaitteen ohjaaminen. Toimenpiteen tarkoitus on estää säätöpiirin virheellinen toiminta mittauksen ollessa vikaantuessa.

10.8.6 Skaalaaminen

Toimilohkoille tulee antaa säätöpiirin käyttämän insinööriyksikön skaalan ylä- ja alaraja-arvot. Niitä käytetään toimilohkossa mm. erosuureen skaalaamiseen prosenteiksi. Käytettävä insinööriyksikkö, esimerkiksi l/min, voidaan merkitä toimilohkoon.

10.8.7 Erosuure

Säädintoimilohkot laskevat erosuureen vähentämällä prosessiarvon asetusarvosta. Säätöfunktion laskentaan käyttämälle erosuurelle voidaan asetella ”deadband”, jota pienemmän erosuureen katsotaan olevan nolla. Erosuurelle on aseteltavissa neljä hälytysrajaa, niistä annettavat hälytykset voidaan estää.

10.8.8 Säätöfunktio

P-, I- ja D-termit voidaan erikseen valita käyttöön tai pois käytöstä. Normaaliin PID-säätimen parametrien lisäksi tulee antaa derivointipiikkien suodatukseen käytettävän ensimmäisen asteen hitauden aikavakio.

Integraattorin arvon suureneminen ja pieneneminen voidaan jäädäyttää. Jäädäyttämisen tapahtuu asettamalla vastaava toimilohkon tulo ja on voimassa kunnes koto tulo nollataan. Toiminto oli valmiina pohjana käytetyissä toimilohkoissa. Toiminnallisuus on hyödyllinen esimerkiksi tilanteissa, jossa säädin toimii kaskadisäätöpiirin pääsäätimenä ja alasäätimen ohjaama toimilaite ajautuu laitaan, jolloin pääsäätimen integraattori voidaan jäädäyttää, ettei sekin ajautuisi laitaan. Jäädäyttämisen asettamiseen voidaan tällaisissa tilanteissa käyttää alasäätimen ohjausviestin ylä- ja alarajahälytyslähettäjä tai kolmipistesäätimen tapauksessa rajakytkintietoja.

Säätöfunktion P- ja D-termit voidaan siirtää säätimen takaisinkytkentä eli prosessiarvohaaraan. Tällöin P- ja D-termit eivät aiheuta sysäystä säätimen ohjausviestiin askelmaisen asetusarvomutoksen seurauksena. P-termin siirtäminen ei ole mahdollista kolmipistesäädintoimilohkossa, mikäli ohjattavan toimilaitteen takaisinkytkentäarvo ei ole saatavilla.

Tunnettujen häiriöiden kompensoimiseksi, pohjana käytetyissä toimilohkoissa oli myötäkыtkentäkanava, jonka arvo lisätään säätöfunktion laskemaan ohjausviestiin. Myötäkыtkentähaaraan lisättiin mahdollisuus asettaa sille vahvistus ja mahdollisuus asettaa myötäkыtkennälle minimi- ja maksimiarvot.

Jatkuvatoimisessa säädintoimilohkossa on mahdollista pehmentää ohjauspaikan vaihtoa ohjaustilasta säätötilaan integraattorin avulla. Integraattorin arvo asetetaan tällöin siten, että säätöfunktion laskema ohjausviestin arvo on yhtä suuri kuin aktiivinen ohjausviestin arvo. Siirryttäessä säätötilaan, lähtee integraattori laskemaan normaalisti tästä arvosta. Näin P- ja D-termien erosuureesta ohjausviestiin laske- ma sysäys pehmenetään.

10.8.9 Ohjausviesti

Toimilohkojen ollessa säätötilassa, laskee säätöfunktio erosuureen perusteella oh- jausarvon, joka jatkuvatoimisen säätimen tapauksessa kirjoitetaan toimilohkon lähtöön ja kolmipistesäätimen tapauksessa toimilohkon sisältämälle asennoittimel- le.

Jatkuvatoimisen säätimen tapauksessa, ohjausviesti on toimilohkon asetuksista riippuen luettavissa sen lähdestä joko prosentteina tai analogiselle lähtökanavalle sopivana kokonaislukuna. Analogista lähtökanavaa varten toimilohkoon suunniteltiin myös diagnostiikkatoiminnot.

Säädintoimilohkojen ollessa ohjaustilassa, jatkuvatoimisen säätimen tapauksessa, voidaan ohjausviestin arvo antaa ohjauspaikasta riippuen joko valvomo- tai lo- giikkasovelluksesta. Kolmipistesäätimen tapauksessa ohjausviestiä ei voida antaa, vaan toimilohkon ollessa ohjaustilassa, voidaan ainoastaan antaa nousee- laskee ohjauskäskyjä.

Ohjausviestin arvon muutosnopeutta voidaan rajoittaa annettujen raja-arvojen mukaiseksi, mutta ainoastaan jatkuvatoimisen säätimen tapauksessa. Jatkuvatoi- misen- ja tietyissä tilanteissa myös kolmipistesäätimen tapauksessa ohjausviestin suuruutta voidaan rajoittaa minimi- ja maksimiarvojen välille. Raja-arvot toimivat

samalla myös hälytysrajoina, joista kummastakin annetaan oma hälytyksensä. Hälytykset ovat estettävissä.

10.8.10 Toimilaitteen asennoittaminen ja -takaisinkytkentä

Toimilaitteen takaisinkytkentäarvo voidaan tuoda toimilohkoihin joko suoraan analogisesta tulokanavasta tai valmiiksi prosentteiksi skaalattuna. Takaisinkytkentäarvo voi kuvata, esimerkiksi venttiilin asentoa tai taajuusmuuttajan nopeudenoarvoa. Joka tapauksessa säädin käsittelee arvoa prosentteina. Toimilohkon asetuksilla määritellään onko takaisinkytkentä saatavilla vai ei.

Jatkuvatoimisen säädintoimilohkon tapauksessa, takaisinkytkentäarvoa käytetään ainoastaan informaationa valvomosovelluksessa.

Kolmipistesäätimen tapauksessa takaisinkytkentäarvoa käytetään toimilaitteen asennoittamisessa, mikäli se on saatavilla. Tällöin säätöfunktio laskee asennoittimelle ohjausarvon, jonka mukaiseksi takaisinkytkentäarvo pyritään ohjaamaan. Asennoittimen ajaessa toimilaitetta, säätöfunktio ei suoriteta ja sen laskema ohjausarvo pysyy vakiona kunnes ajaminen lopetetaan ja säätöfunktio vapautuu. Mikäli takaisinkytkentäarvoa ei ole saatavilla, muuttuu toimilohkon säätimen ja toimilaitetta ohjaavan asennoitinosuuden toimintaperiaate erilaiseksi. Tällöin asennoittimen erosuure muodostuu toimilaitteen asennon sijasta, säätöfunktion P- ja D-tekijöiden arvojen summasta josta on vähennetty I-termin arvo. Jos myötäkkytkentäkanava on käytössä, summataan se P-, D- ja I-termien arvoon.

10.9 Sekvenssi

Sekvenssien toteuttamista varten suunniteltiin kaksi toimilohkoa, toinen sekvenssin ensimmäistä askelta varten ja toinen seuraavien askeleiden sekä siirtymäehtojen toteuttamiseen.

10.9.1 Alustus

Käynnistettäessä ohjelmoitava logiikka, alustetaan ensimmäisen askeleen toimilohko. Alustuksessa sekvenssi asetetaan odotustilaan, jolloin ensimmäinen askel odottaa sekvenssin käynnistyskäskyä sekä nollataan koko sekvenssin hälytykset.

10.9.2 Ohjauspaikan valinta ja ohjaaminen

Sekvenssillä on kaksi ohjauspaikkaa Auto ja Manual. Auto-ohjaukset tehdään loogiikkasovelluksesta ja Manual-ohjaukset valvomosovelluksesta operaattorin toimesta.

Kummastakin ohjauspaikasta sekvenssi voidaan käynnistää, asettaa tauolle ja pysäyttää. Käynnistämisen jälkeen sekvenssi lähtee etenemään askel kerrallaan, seuraavaan askeleeseen siirtyään edellisen siirtymäehtojen täytyttyä. Sekvenssin ollessa tauolla, jää se odottamaan se askel aktiivisena, jonka kohdalla sekvenssi asetettiin tauolle. Pysäytettäessä sekvenssi, palaa se alkutilaansa odottamaan uutta käynnistystä.

10.9.3 Lukitukset

Ensimmäisen askeleen toimilohkossa on lukitustulo, jonka on oltava arvoltaan ”vapautettu”, mikäli sekvenssi aiotaan käynnistää. Lukituksen tilalla ei ole merkitystä jo käynnistyneeseen sekvenssiin, se toimii kuten muiden askeleiden siirtymäehdot, kuitenkin ilman valvonta-aikoja.

10.9.4 Askeleen ohjaukset ja siirtymäehdot

Kun sekvenssi on käynnistetty ensimmäisen askeleen kautta ohjaamalla, aktivoituu seuraava askel. Askeleen ohjauslähtö asetetaan ja askel jää odottamaan siirtymäehtojen täyttymistä.

Askeltoimilohkossa on useita siirtymäehtotuloja, jotta valvomosovelluksessa voitaisiin eritellä mitkä ehdot ovat asettuneet ja mitkä eivät. Lisäksi siirtymäehtona voidaan käyttää aikaa, jonka jälkeen muiden siirtymäehtojen asettumisesta askel katsotaan valmiiksi.

Kun siirtymäehdot ovat asettuneet, aktivoidaan seuraava askel. Ohjauspaikasta riippumatta sekvenssi voidaan myös pakko-ohjata seuraavaan askeleeseen.

10.9.5 Hälytykset

Askeleiden aktiivisena ololle voidaan asetella valvonta-aika, mikäli askel on liian kauan aktiivinen, toisin sanoen siirtymäehdot eivät täyty riittävän nopeasti, annetaan hälytys. Askeleiden hälytykset summataan ensimmäisen askeleen toimilohkoon, jonka hälytystietoa käytetään valvomosovelluksen hälytyksenä. Yksittäisten askeleiden hälytystietoja käytetään valvomosovelluksessa tarkentavana tietona.

Sekvenssin käyttäytyminen hälytyksen tullessa on aseteltavissa: sekvenssi joko pysäytetään eli palautetaan alkutilaansa odottamaan uutta käynnistystä tai sekvenssi asetetaan tauolle, odottamaan operaattorin tekemiä ohjaustoimenpiteitä sekvenssin jatkamisen mahdollistamiseksi.

11 TOIMILOHKOJEN OHJELMOINTI

11.1 Ohjelmoinnin huomiointi toimilohkojen suunnittelussa

Toimilohkot oli tarkoitus ohjelmoida Siemens Simatic S7-logiikoille, käyttäen Siemens Simatic Step7-ohjelmointityökalua ja sen FBD-ohjelmointikieltä, joka on standardissa IEC 61131-3 määritellyn ”toimintakaavio”-ohjelmointikielen mukainen /8/.

Työn tilaaja asetti ohjelmoinnin osalta vaatimukseksi, että toimilohkot tulee suojata ja että suunnitelmien perusteella toimilohkot on voitava ohjelmoida mihin tahansa ohjelmoitavaan logiikkaan. Nämä seikat huomioitiin toimilohkojen suunnittelussa ja vaatimukset täyttyivät toimilohkojen toimilaitteiden ohjaustoiminnoissa. Sen sijaan analogisten tulo- ja lähtökanavien diagnostiikan ja toimilohkojen alustamisen toteuttamisessa jouduttiin käyttämään Siemens Simatic S7-logiikoiden systeemitointoja. Nämä toiminnot joudutaan suunnittelemaan osittain uudelleen haluttaessa ohjelmoida toimilohkot johonkin muuhun ohjelmoitavaan logiikkaan.

Kaikkien toimilohkojen tyyppiä valittiin FB eli toimintayksikkö, jotka ovat IEC 61131-3 mukaisia muistilla varustettuja koodiyksiköitä. Tieto oli oleellinen suunniteltaessa toimilohkojen toimintaselosteita.

Aiemmin mainitun alkuperäisen suunnitelman mukaan, oli tarkoitus myös tutkia CFC-työkalun käytön kannattavuutta Step7-ohjelmoinnissa. Suunnitelman osa kuitenkin hylättiin, koska CFC-työkalu oli jo otettu onnistuneesti käyttöön kattilalaitosprojekteissa. CFC-työkalun käyttö avasi mahdollisuuksia toteuttaa tiettyjä asioita eri tavalla, jolloin toimilohkojen käytettävyyttä voitiin parantaa.

11.2 Toimintayksikön edut verrattuna toimintaan

Toimilohkojen tyyppiä valittiin FB eli toimintayksikkö, vaihtoehtona tälle olisi ollut FC eli toiminta. Toimintayksiköiden käyttämisellä saavutettiin tiettyjä etuja verrattuna toimintojen käyttämiseen.

Jos ohjelma on tyyppiltään FC, ei sillä automaattisesti ole muistialuetta, joka olisi pysyvä sen suorittamisen jälkeen. Sen lähtöjen arvot riippuvat sen tuloihin kytkettyjen muuttujien arvoista ja FC:in niiden pohjalta tekemistä päättelyistä. Käytännössä siis, jos FC sisältää esimerkiksi raja-arvovalvonnan, ei sille aseteltavia raja-arvoja voida tallentaa FC:eihin siten, että niitä voitaisiin muokata valvomosovelluksesta, vaan tarvitaan ulkoinen muistipaikka, johon arvot tallennetaan, esimerkiksi DB eli tiedostoyksikkö. /9/

Toimintayksiköille määritellään sen ohjelmointivaiheessa tulo-, lähtö-, tulolähtö-, väliaikaiset- ja sisäiset muuttujat sekä muuttujien oletusarvot, kuvan 3 yläosassa on taulukko johon määrittely tehdään. Muuttujaluettelosta tulee FB:in ohjelmointivaiheessa malli, jonka mukaisesti FB:ille luodaan yksityinen DB, niin kutsuttu instanssi. Instanssi DB luodaan ohjelmoitaessa logiikkasovellukseen kutsu FB:ille, jokaiselle ohjelmoidulle kutsulle luodaan oma instanssi. FB:in muuttujat on kytketty instanssi DB:iin, eikä niitä näin ollen tarvitse erikseen kytkeä, kuten FC:in tapauksessa. Esimerkiksi aiemmin mainitut raja-arvot voidaan määrittää FB:in tuloihin logiikkasovellusta ohjelmoitaessa, arvoja voidaan myös muokata valvomosovelluksesta. FC:in tapauksessa tulisi ensin luoda DB johon raja-arvot tallennetaan ja kytkeä nämä DB:in osoitteet FC:in tuloihin. /9/

Instanssi DB on vakio jokaiselle samantyyppiselle toimintayksikölle, näin kullekin toimilohkotyypille muodostuu vakiovalvomorajapinta, joka oli yksi työn tavoitteista.

11.3 FBD-ohjelmointi

Toimilohkot ohjelmoitiin käyttäen Step7-ohjelmointityökalua ja sen FBD-ohjelmointikieltä. FBD-ohjelma koostuu peräkkäin suoritettavista virtapiireistä (Network), jotka sisältävät esimerkiksi kuvassa 3 esitettyjä loogisia operaatioita.

The screenshot shows the 'Contents Of: 'Environment\Interface\STAT'' window. On the left, a tree view shows the 'Interface' structure with sub-items: IN, IN1, IN2, IN3, IN4, OUT, IN_OUT, STAT, STAT1, and TEMP. The main table lists the configuration for STAT1:

Name	Data Type	Address	Initial	Excl	Ter	Comment
STAT1	Bool	262.0	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Below the table, there are two 'Network' configuration boxes. The first is labeled 'Network 1' and contains a logic diagram. The diagram shows four input variables: #IN1, #IN2, #IN3, and #IN4. #IN1 and #IN2 are connected to an AND gate (&). #IN3 and #IN4 are connected to a greater-than-or-equal-to 1 gate (>=1). The outputs of these two gates are connected to the S (Set) and R (Reset) inputs of an SR flip-flop, which is labeled #STAT1. The Q output of the flip-flop is also shown.

Kuva 4. Esimerkki FB:in ohjelmoinnista FBD-kielillä.

Toimilohkoja ohjelmoitaessa määriteltiin FB:ille ensin muuttujat, toimintaselosten suunnitteluvaiheessa tehtyjen listojen pohjalta. Ohjelmoinnin edetessä määriteltiin lisäksi apumuuttujia tarpeen mukaan.

Muuttujien määrittelyn jälkeen tehtiin toimintojen ohjelmointityö. Ohjelmointityössä tärkein seikka varsinaisten toiminnallisuuksien ohjelmoinnin lisäksi oli huomioida asioiden oikea suoritusjärjestys esimerkiksi siten, että häiriötieto, joka pysäyttää toimilaitteen ohjaamisen, muodostetaan ennen toimilaitteen ohjausläh-

dön arvoa. Näin häiriötieto, jota ohjauslähdön arvon muodostuksessa käytetään hyväksi, edustaa tämän kyseisen suorituskierron tilaa, ei edellisen.

Jokainen virtapiiri nimettiin sen mukaan, mihin toimintoon se kuului toimilohkossa, esimerkiksi ”Ohjauspaikan valinta”. Virtapiirit kommentoitiin kopioimalla virtapiirin suorittaman toiminnon osuus toimintaselosteesta.

Toimilohkojen ajastimet tehtiin käyttäen IEC 61131-3 standardin mukaisia ajastimia, jotka ovat Siemens Simatic S7-logiikoiden SFB:eja eli systeemitointayksiköitä /9/. Käyttämällä näitä ajastimia saavutettiin se etu, että ajastintyyppiä ei tarvitse vaihtaa ohjelmoitaessa toimilohkoja jollain toisella logiikalla. Toinen saavutettu etu oli, ettei ajastimien määrä ole rajoitettu, kuten vaihtoehtoisten S5-ajastimien määrä on.

11.4 Toimilohkojen suojaaminen

Yksi työn tilaajan vaatimuksista oli, että toimilohkot suojataan. Tällä tarkoitetaan sitä, että kun toimilohko on ohjelmoitu Step7-toimintayksiköksi, ei sen lähdekoodia eli FBD-ohjelmalistausta pystytä tarkastelemaan.

Ohjelmoitaessa FBD-kielellä, ei suojaaminen ole suoraan mahdollista. FB:in suojaamiseksi FBD-kielellä ohjelmoidusta FB:ista tulee generoida STL- eli käskylis-
tamuotoinen lähdekoodi. Lähdekoodiin, ennen muuttujien esittelyä, lisätään rivi ”KNOW_HOW_PROTECT”. Tämän jälkeen lähdekoodi käännetään, tuloksena syntyy suojattu toimintayksikkö.

11.5 CFC-ohjelmointi

11.5.1 CFC-työkalu

Varsinaiset logiikkasovellukset, joissa suunniteltua toimilohkokirjastoa käytetään, voidaan ohjelmoida esimerkiksi FBD-kielellä tai Step7-ohjelmointiympäristöön erikseen saatavalla CFC-työkalulla.

CFC-työkalu on tarkoitettu toimilohko-ohjelmointiin, silloin, kun käytettävissä on toimilohko-ohjelmointien ja säätöpiirien toteuttamiseen tarvittavat toimilohkot. Esimerkiksi Siemens Simatic PCS7-prosessiautomaatiojärjestelmän prosessiasemien sovellukset ohjelmoidaan CFC-työkalun avulla. Toimilohkojen itsensä tekemiseen CFC-työkalu ei ole tarkoitettu. CFC-työkalulla tehty ohjelma on visuaalisempi kuin FBD-ohjelma. Tämä tekee tuotetusta ohjelmasta helpommin ymmärrettävän.

Ohjelman tekeminen CFC-työkalulla on yksinkertaisempaa kuin FBD-kielillä ohjelmointi. Periaatteessa ohjelmointi tapahtuu siten, että valitaan kirjastosta toimilohko, siirretään se työkalun työpöydälle ja hiirellä valiten kytketään toimilohkon tulot ja lähdöt haluttuihin osoitteisiin. Käytännössä osoitteiden valintaan joudutaan käyttämään myös jonkin verran näppäimistöä. Toimilohkoille tehtävien asetusten, kuten ajastimen ajan määrittely on helppoa, mikäli muokattava asetus on toimilohkon tulomuuttuja, tällöin tulon arvo instanssi DB:issa päästään muokkaamaan tuplaklikkaamalla ko. tuloa. Kun ohjelmoitu piiri on valmis, tulee se kääntää työkalulla logiikan tukemaksi ohjelmaksi, jonka jälkeen se ladataan ohjelmitavaan logiikkaan. CFC-työkalussa on myös FBD-ohjelmointia monipuolisimmat ohjelman testaus- ja seurantamahdollisuudet, jolloin automaatiojärjestelmän testaaminen ja käyttöönotto helpottuvat. /10/

11.5.2 CFC-työkalu ja toimilohkojen suunnittelu

Toimilohkojen suunnittelussa otettiin erääksi lähtökohdaksi, että CFC-työkalua käytetään tehtäessä kirjaston toimilohkoilla logiikkasovelluksia. Toimilohkojen suunnittelun kannalta CFC-työkalun tärkeimpinä ominaisuuksina voidaan pitää toimilohkon asetusten helppoa muokattavuutta sekä CFC-työkalun attribuutteja.

Helppo asetusten muokattavuus huomioitiin suunnittelussa siten, että toimilohkoille tehtävät asetukset, joita tyypillisesti tullaan muokkaamaan logiikkasovelluksen ohjelmoinnin aikana, määriteltiin tulomuuttujiksi. Toimilohkon sisäisiä muuttujia ei päästä muokkaamaan CFC-työkalulla, joten niiden käyttäminen toimilohkon asetteluun rajoitettiin valvomosovelluksesta tehtäville asetuksille, kuten hälytysrajajen asettelulle.

11.6 Systeemiattribuutit

Toimilohkoille eli FBD-kielellä ohjelmoiduille toimintayksiköille, on mahdollista asettaa erilaisia systeemiattributteja ohjelmointivaiheessa. Attribuutteja on kahdenlaisia, toimintayksikköattributteja ja muuttuja-attribuutteja. Attribuutteja voidaan käyttää erilaisten toimintojen toteuttamiseen. Suunnitelluissa toimilohkoissa niillä parannettiin niiden käytettävyyttä.

Toimintayksikköattribuuteista työssä käytettiin ”S7_tasklist”-attribuuttia. Tehtäessä logiikkasovellusta CFC-työkalulla, asetetaan toimintayksikköjen kutsut automaattisesti aikakeskeytysorganisaatioyksikkö 35:een eli OB35:een. ”S7_tasklist”-attribuutilla voidaan määritellä, missä muissa organisaatioyksiköissä toimintayksikköä automaattisesti kutsutaan.

”S7_tasklist”-attribuutin avulla toimintayksikkö voidaan siis normaalin käytön lisäksi kutsua esimerkiksi logiikan käynnistyessä tai sen havaitessa vian. Attribuuttia käytettiin hyväksi toimilohkojen alustuksessa ja analogiakanavien diagnostiikan toteuttamisessa. Alustustoiminnon sisältävät toimilohkot määritettiin kutsuttavaksi organisaatioyksikössä, joka suoritetaan kun logiikka käynnistetään ja diagnostiikkatoimintoja sisältävät toimilohkot organisaatioyksikössä, joka suoritetaan kun logiikan diagnostiikkakeskeytys suoritetaan. Toimilohkot tarkkailevat mistä organisaatioyksiköstä ne on kutsuttu, alustus- ja diagnostiikkatoiminnot käynnistyvät kun kutsu on tehty vastaavasta organisaatioyksiköstä.

”S7_visible”-attribuutti on muuttuja-attribuutti, jonka avulla toimintayksiköiden tulo- ja lähtömuuttujia voidaan asettaa piiloon, esitettäessä toimintayksikkö CFC-työkalun työpöydällä. CFC-työkalulla ohjelmoitaessa voidaan piilotetut muuttujat asettaa näkyville tarvittaessa.

”S7_visible”-attribuutti oli hyödyllinen, koska suunniteltujen toimilohkojen tulojen määrät olivat suuria, näin osa tuloista, esimerkiksi harvemmin tarvittavat asetukset, voitiin piilottaa ja toimilohkon näkymästä tehdä näin yksinkertaisempi.

12 TOIMILOHKOJEN TESTAAMINEN

Toimilohkojen vaatimustenmukaisuuden ja suunnitellun toiminnan varmistamiseksi, tulee toimilohkot testata. Yleisesti ohjelmistojen ja niin myös toimilohkojen testaamista voidaan suorittaa staattisesti, tässä tapauksessa suunniteltuja toimintaselosteita analysoimalla, ja toisaalta dynaamisesti, tässä tapauksessa suorittamalla toteutettuja toimilohkoja, antaen niille eri syötteitä ja tarkastelemalla niiden vaikutusta toimilohkon tilaan. /1/

Ohjelmistotestauksen tarkoituksena on löytää virheitä tehdystä ohjelmasta, varmistaa ohjelman laatu ja määriteltyjen toimintojen olemassa olo. Testaus on suunniteltu prosessi, mielivaltaisen kokeilemisen ei katsota olevan testaamista. /1/

12.1 Toimilohkojen staattinen testaaminen

Toimilohkojen staattisella testaamisella pyrittiin varmistamaan, että ne täyttävät kattilalaitosten ohjaamisen asettamat toiminnalliset tarpeet sekä se, että toiminnat on suunniteltu turvallisiksi ja mahdollisuuksien mukaan toimimaan yleisesti automaatiossa hyväksi havaitulla tavalla.

Toimilohkokirjaston suunnittelussa staattinen testaus suoritettiin työn tilaajan toimesta, tarkastamalla toimilohkojen toimintaselosteet. Tarkastaminen oli etukäteen suunniteltu ja siitä saatiin kirjallinen palaute. Sitä voidaan siis kutsua testaamiseksi.

Toimintaselosteiden tekovaiheessa toimilohkojen toimintojen määrästä ja niiden tavasta toimia keskusteltiin, tämä ei ollut suunniteltua testaamista, eikä sitä dokumentoitu, näin ollen sitä ei varsinaisesti voida kutsua testaamiseksi. Joka tapauksessa keskusteleminen oli hyödyllistä, tehdyistä suunnitelmista löydettiin virheitä ja toimilohkojen toimintaa saatiin joiltain osin parannettua automaatiossa yleisesti hyväksi havaittujen tapojen suuntaan.

Staattinen testaus toteutettiin ennen toimilohkojen ohjelmointivaiheeseen siirtymistä, näin havaittavissa olevat virheet saatiin poistettua mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja tällä tavoin vähennettyä virheiden korjaamiseen kuluvaa aikaa.

12.2 Toimilohkojen dynaaminen testaaminen

Toimilohkojen dynaamisella testauksella pyritään varmistamaan niiden toimintaselosteiden mukainen oikea toiminta, etsimällä virheitä niiden toiminnasta. Toisaalta vielä tässäkin testauksen vaiheessa saattaa toimintaselosteista ja näin ollen myös ohjelmoiduista toimilohkoista löytyä suunnitteluvirheitä.

Testauksen taso on kompromissi siihen käytettävissä olevan ajan ja vaaditun luotettavuustason välillä /1/. Toimilohkojen luotettavuuden tulisi olla korkea, ja näin ollen kaikki odotettavissa olevat käyttötilanteet tulisi testata. Toisaalta kaikkien mahdollisten tilanteiden testaamiseen kuluisi runsaasti aikaa ja lisäksi toimilohkoista on mahdotonta tehdä täysin varmoja toimintaselosteista poikkeavan käytön varalta. Testajan ollessa sama henkilö kuin toimilohkon tekijä, saatetaan testaamisen tavoitteeksi asettaa toimilohkon oikean toiminnan osoittaminen sen sijaan, että siitä suoranaisesti etsittäisiin virheitä, niin tässäkin tapauksessa /1/. Lisäksi ohjelmoija näkee tekemänsä ohjelman helposti vain yhdestä näkökulmasta, jotkin tilanteet jäävät silloin helposti huomioimatta. Toimilohkojen luotettavuuden parantamiseksi, työn tilaaja voisikin suunnitella ja toteuttaa omat testisuunnitelmat, niistä tarpeellisiksi katsomistaan tilanteista, joita ei vielä ole testattu.

Ohjelmiston dynaaminen testaaminen voidaan jakaa kahteen osaan; yksikkötestaukseen ja integrointitestaukseen. Yksikkötestauksessa testataan yksittäisten ohjelmaosien toiminta, toimilohkoissa, esimerkiksi lukitusten toiminta ja niiden tilan indikointi. Integrointitestauksessa testataan jo testattujen yksiköiden toiminta yhdessä. Esimerkiksi moottorilähtötoimilohkossa tämä tarkoittaa sitä, että toimilohko ohjaa moottorin käyntiin ja seis toimintaselosteessa esitetyllä tavalla. /1/

Testitapausten määrää pystytään rajoittamaan, testaamalla esimerkiksi lukitukset yhtenä osana, josta muodostuu selkeä yksikkö. Tämän jälkeen lukitusten tilan koavaa tietoa voidaan käyttää seuraavissa testeissä sen sijaan, että testattaisiin jokaisen lukituksen vaikutus yksitellen. Esimerkistä on havaittavissa selkeät yksikkö- ja integrointitestaussuodet.

Testaukseen käytettävää aikaa voidaan vähentää suunnittelemalla testaus hyvin /1/. Toimilohkojen testaukseen luotiin testisuunnitelmamalli, johon toimintaselosteista saatava tieto kerätään. Jotta testaus voisi onnistua, tulee testien tekijän tietää, mitä syötteitä testauksen kohteelle annetaan ja mikä on odotettu lopputulos, johon saatua lopputulosta voidaan verrata. Tekemällä erillinen testisuunnitelma, säästetään aikaa testausvaiheessa. Noudatettaessa toimintaselosteen avulla tehtyä testisuunnitelmaa, ajan säästö syntyy, kun voidaan keskittyä testaamiseen sen sijaan, että testausvaiheessa alettaisiin miettiä mitä pitää tehdä ja mikä on odotettu lopputulos. Taulukossa 3, osa moottoritoimilaitteisen venttiilin, lukitusyksikön testisuunnitelmasta.

Taulukko 3. Esimerkki testisuunnitelmasta.

SYÖTE	TULOS	TULOS ODOTETUNLAINEN ?
LOCK_OPEN=0 LOCK_BYPASS_OPEN=0 LOCK_BYPASS_OPEN_ON=0 LOCK_DLY_OPEN=0	LOCK_RDY_OPEN=0	KYLLÄ/EI
LOCK_CLO=0 LOCK_BYPASS_CLO=0 LOCK_BYPASS_CLO_ON=0 LOCK_DLY_CLO=0	LOCK_RDY_CLO=0	
LOCK_OPEN=1 LOCK_BYPASS_OPEN=0 LOCK_BYPASS_OPEN_ON=0 LOCK_DLY_OPEN=0	LOCK_RDY_OPEN=0	
LOCK_CLO=1 LOCK_BYPASS_CLO=0 LOCK_BYPASS_CLO_ON=0 LOCK_DLY_CLO=0	LOCK_RDY_CLO=0	
LOCK_OPEN=1 LOCK_BYPASS_OPEN=1 LOCK_BYPASS_OPEN_ON=0 LOCK_DLY_OPEN=0 STT_OPEN=0	LOCK_RDY_OPEN=1	
LOCK_CLO=1 LOCK_BYPASS_CLO=1 LOCK_BYPASS_CLO_ON=0 LOCK_DLY_CLO=0 STT_CLO=0	LOCK_RDY_CLO=1	

Testisuunnitelmasta tehtiin yksinkertainen, sen tekemiseen kuluvan ajan pitämiseksi järkevän mittaisena. Taulukon 3 esimerkissä näkyvät syötteet jotka toimilohkole annetaan, odotettu tulos sekä kenttä johon testin suorittaja merkitsee oli-ko tulos odotettu. Syötteet ja tulokset voivat olla paljon monimutkaisempiakin, varsinkin integrointitestausvaiheessa. Monimutkaisuutta lisää se, että muutos toimilohkon tilassa voi tapahtua joko syötteen nousevalla tai laskevalla reunalla, tai ajastintoiminnoista johtuen, tietyn ajan kuluttua syötteen muutoksesta. Testisuunnitelmaan merkitään myös testauksen suorittajan tiedot, näin tehdyt testit ja niiden tekijä ovat jäljitettävissä.

13 JATKOJALOSTUSMAHDOLLISUUDET

Työn kuluessa havaittiin tiettyjä asioita, joiden tekemisellä saataisiin suunnitellusta toimilohkokirjastosta mahdollisimman paljon hyötyä, joka ilmenee projektien toteutuksen parempana laatuna ja projektia kohden käytetyn suunnitteluajan lyhentymisenä.

Ennen seuraaviin toimenpiteisiin ryhtymistä, on luonnollisesti järkevää ohjelmoida ja testata ne toimilohkot, joita ei opinnäytetyön puitteissa toteutettu.

13.1 Vakioidun valvomosovelluksen päivittäminen

Koska lähes kaikkiin toimilohkoihin suunniteltiin enemmän ominaisuuksia, kuin mitä niitä vastaavissa vakioidun valvomosovelluksen osissa on, tulisi valvomosovellus saattaa näiltä osin ajantasalle. Näin kaikki toimilohkoihin suunnitellut ominaisuudet saadaan käyttöön.

13.2 Valvomosovelluksen tagi-lista

Wonderware Intouch-ohjelmisto, jolla työn tilaajan vakioidut valvomoratkaisut on toteutettu, tarvitsee toimiakseen niin sanotun tagi-listan (Tag List). Tagi-listaan määritellään mm. logiikkasovelluksen muuttujien osoitteet, joiden perusteella valvomosovellus hakee tietoa logiikasta ja näille muuttujille tagit, joita käytetään muuttujina valvomosovelluksessa.

Koska eri toimilaitetyyppien logiikka- ja valvomosovelluksen rajapinta on toimilohkojen myötä vakioitu, voitaisiin tilaajayrityksen suunnittelujärjestelmään tehdä työkalu, joka generoisi tagi-listan automaattisesti. Kun suunnittelujärjestelmään syötetään tiedot esimerkiksi moottorilähdöstä, voitaisiin sille määrittää samalla käytettävä toimilohko, laitepositio määritellään muutenkin. Kaikkien laitteiden lisäämisen jälkeen generoitaisiin tagi-lista, joka sisältää kussakin laitepositiossa käytetyn toimilohkon muuttujat, joiden tagit on nimetty laitepositiota etuliitteenä käyttäen.

Mikäli työkalua ei voida tehdä suunnittelujärjestelmään, voisi sen toteuttaa esimerkiksi Microsoft Exceliä hyväksi käyttäen. Työkalulla saataisiin joka tapauksessa vähennettyä suunnitteluun kuluvaan aikaa.

13.3 Logiikkaohjelmoinnin integroiminen osaksi suunnittelujärjestelmää

Edelleen suunnitteluun kuluvan ajan vähentämiseksi, voitaisiin tutkia mahdollisuuksia liittää logiikkaohjelmointi suunnittelujärjestelmään.

Esimerkiksi Siemens Simatic PCS7 Import/Export assistant, voisi olla mahdollinen ratkaisu tähän. Tosin aluksi tulisi tutkia toimiiko kyseinen ohjelma ilman muita PCS7-prosessiautomaatiojärjestelmän suunnittelusovelluksia. Työkalulla pystytään mm. osoittamaan CFC-työkalulla tehdyille tyyppiipiireille muuttujia esimerkiksi suunnittelujärjestelmien kautta sen sijaan, että kaikki tulisi osoittaa käsin.

Toisena vaihtoehtona voitaisiin tutkia mahdollisuutta tehdä suunnittelujärjestelmään työkalu, joka loisi käskylista lähdekoodin FC:sta. Lähdekoodin tulisi sisältää ko. piirille sopivan toimilohkon kutsu ja liittää toimilohkoon, suunnittelujärjestelmässä piirille määritelty IO. Lähdekoodi voitaisiin tehdä sellaisessa muodossa, että käännettäessä se ohjelmaksi voidaan se esittää FBD-kielellä. Tämän tavan vahvuutena voidaan pitää sitä, että uusia lisenssejä ei tarvitsisi hankkia ja heikkoutena sitä, että CFC-muotoisen ohjelman tekeminen ei näin onnistuisi.

13.4 Dokumentaatio

Tutkittujen kattilalaitosprojektien dokumentaation taso vaihteli. Eri toimilaitteille ja niistä muodostuville piireille voitaisiin tehdä valmiit toimintaselostemallit, joita monistamalla projektien dokumentointi voitaisiin tehdä kohtuullisessa ajassa nykyistä paremmin. Toimilohkokirjaston käyttäminen tukee toimintaselosteiden yhdenmukaisuutta.

Sekvenssien dokumentointi oli tutkituissa kattilalaitosprojekteissa tehty sanallisesti kuvaillen. Tekemällä sekvenssien dokumentointimalli, esimerkiksi SFS-EN 60848 standardissa määritellyn GRAFCET-määrittelykielen mukaisesti, voitaisiin

sekvenssien dokumentointia yhtenäistää. Hyvällä yhdenmukaisella sekvenssien suunnittelulla niiden ohjelmointiin kuluva aika voitaisiin lyhentää.

LÄHTEET

- /11/ Kokkinen, Janne, Lead Engineer 3.5.2010. Sesca Energy Oy, Vaasa. Haastattelu.
- /12/ KPA Unicon Oy 2010. Unicon ST – Höyrykattilalaitokset teollisuuden ja voimantuotannon prosesseihin [online]. [viitattu 2.4.2010]. Saatavilla [www-muodossa: <URL:http://www.kpaunicon.fi/tiedote/esitteet/ST suomi.pdf>](http://www.kpaunicon.fi/tiedote/esitteet/ST_suomi.pdf).
- /6/ Metso Automation Oy 2009. metsoDNA CR Manuals Collection 2009 Fi V.12.1 build 1 – PCS-toimilohkot. [CD-ROM].
- /2/ Sesca Energy Oy, toimitettujen kattilalaitosprojektien dokumentaatiot.
- /5/ Siemens AG 2009. SIEMENS SIMATIC - Process Control System PCS7 – PCS7 Standard Library V71 [online]. [viitattu 10.7.2009]. Saatavilla [www-muodossa: <URL:http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/36201733>](http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/36201733).
- /4/ Siemens AG 2008, esittelymateriaali, Process Control System SIMATIC PCS 7 – Overview.
- /9/ Siemens AG 2006. Automaatiokoulutus, SIEMENS SIMATIC S7 TIA – Ohjelmointikurssi (2). Kurssi-materiaali.
- /10/ Siemens AG 2006. Automaatiokoulutus, SIEMENS SIMATIC S7 – Graafinen CFC-projektointi ja SCL-lausekieliohjelmointi. Kurssi-materiaali.

- /8/ Siemens AG 1996. SIEMENS SIMATIC S7 - FUP/FBD S7-300/400 Yksiköiden ohjelmointi toimintakaaviomuodossa – Käsikirja [online]. [viitattu 26.4.2010]. Saatavilla www-muodossa: <URL:[http://www.siemens.fi/CMSADfiles.nsf/all/AFA5FA30F4C520F8C2257058002D17C9/\\$file/Simatic-S7-300-400-Ohjelmointikasikirja-FUP-FBD_C79000-G7000-C508-02.pdf](http://www.siemens.fi/CMSADfiles.nsf/all/AFA5FA30F4C520F8C2257058002D17C9/$file/Simatic-S7-300-400-Ohjelmointikasikirja-FUP-FBD_C79000-G7000-C508-02.pdf)>.
- /3/ Suomen Automaatioseura ry 2007. Voimalaitosautomaatio. Helsinki, Suomen Automaatioseura ry.
- /1/ Suomen Automaatioseura ry 2005. Automaatiosovellusten ohjelmistokehitys - Suunnittelun työtavat, välineet ja sovellusarkkitehtuurit. Helsinki, Suomen Automaatioseura ry.
- /7/ Vacon Oyj 2006. Käyttäjän käsikirja – NX-taajuusmuuttajat – PROFIBUS DP –OPTIOKORTTI.

“SIEMENS SIMATIC Standard PID Control, Manual” – dokumentti on ladattavissa pdf-muodossa:

<URL:<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/1137084>>.