

Marko Westerbacka

OHJAUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU SEKÄ TESTAUS  
HYDRAULIIKKASYLINTERIN PAIKOITTAMISEEN JA  
OHJAAMISEEN

Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
2013

# OHJAUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU SEKÄ TESTAUS HYDRAULIIKKASYLINTERIN PAIKOITTAMISEEN JA OHJAAMISEEN

Westerbacka, Marko  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Lokakuu 2013  
Ohjaaja: Suvela, Timo  
Sivumäärä: 22  
Liitteitä: 2

Asiasanat: hydraulikkasyylinteri, paikoittaminen, lineaarinen mitta-anturi,  
magnetostriktiivinen anturi

---

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa testausympäristö sekä testisuunnitelma prototyyppi-asteella olevalle hydraulikkasyylinterin ohjaus- ja paikoitusjärjestelmälle. Työn toimeksiantajana toimi Promeco Solutions Oy. Työn keskeisiin osiin sisältyi sopivan ohjausjärjestelmän suunnitteleminen ja toteutus, kattavan testisuunnitelman luominen sekä sylinterin paikoituksen haasteellisuus.

Testisuunnitelmassa keskityttiin tuomaan esiin mahdollisimman paljon yksityiskohtia, jotka antaisivat lisätietoa paikoittamisen luotettavuuteen ja ohjauksen poikkeamiin sekä kokeellisesti selvittämään mahdolliset paikoituksen ja/tai ohjauksen kompensointiin tarvittavat parametrit.

Työ toteutettiin Länsihydron tiloissa tiiviissä yhteistyössä heidän kanssaan hydraulikkajärjestelmää varten rakennetussa testiympäristössä.

# DESIGNING AND TESTING OF CONTROL SYSTEM FOR POSITIONING AND CONTROLLING OF HYDRAULIC CYLINDER

Westerbacka, Marko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation technology

October 2013

Supervisor: Suvela, Timo

Number of pages: 22

Appendices: 2

Keywords: hydraulic cylinder, positioning, linear transducer, magnetostrictive sensor

---

The purpose of this thesis was to design and produce a test rig and associated control system, including comprehensive testing plan for a prototype positional hydraulic cylinder. Promeco Solutions Oy was in the role of client for this thesis.

The control system and test plan had to meet the challenges of accurate positioning and repeatability of driving the cylinder. As a result of the test plan it was possible to obtain detailed information on the parameters that needed to be modified to compensate for positioning deviations of the cylinder.

Thesis was implemented in close co-operation with Länsihydro, who provided a test environment designed for this purpose.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	SUUNNITTELU .....	6
2.1	Testauspenkki .....	6
2.1.1	Hydraulikoneikko .....	6
2.1.2	Hydraulisyylinterit.....	7
2.1.3	Mitta-anturi .....	7
2.1.4	Proportionaaliventtiili.....	8
2.2	Ohjausjärjestelmä.....	9
2.2.1	Ohjelmoitava logiikka .....	10
2.2.2	Ohjauskotelo .....	10
2.2.3	Logiikkaohjelma.....	13
2.2.4	Laitteistomäärittely.....	15
2.2.5	Käyttöliittymä .....	16
3	TESTAUSSUUNNITELMA.....	17
3.1	Testaussuunnitelman rakenne .....	17
3.2	Testitulokset.....	18
4	TESTAUSYMPÄRISTÖN RAKENTAMINEN .....	19
4.1	Hydrauliikka .....	20
5	KÄYTTÖÖNOTTO JA TESTAUS .....	21
5.1	Mittaus- ja ohjauslaitteet.....	21
5.2	Hydraulisyylinterit .....	21
5.3	Testaus .....	21
6	YHTEENVETO .....	22
	LÄHTEET.....	23
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Työssä käsitellään hydraulikkasynterinin asennonpaikoittamista varten suunniteltu ja valmistettu ohjausjärjestelmä sekä sen testaaminen laboratorio-olosuhteissa. Työ toteutettiin tiiviissä yhteistyössä Promeco Solutions Oy:n ja Länsihydro Oy:n kanssa. Promeco Solutions Oy tarjoaa sähkö- ja automaatio suunnittelua alihankintana niin teollisuuden kuin julkisen sektorin yrityksille. ”Länsihydro Oy on hydrauliiikan valmistukseen ja koneenrakennukseen erikoistunut suomalaisomisteinen konepaja.” (Länsihydro www-sivut)

Tavoitteena oli rakentaa paikoituksen todentava järjestelmä, jonka avulla pystytään testaamaan mittasynterinin paikoituksen tarkkuus sekä sen toistettavuus. Mittasynterini on patentin alainen ja sen käsittely on rajattu pois tästä opinnäytetyöstä. Järjestelmän tarkkuusvaatimuksia ei oltu erikseen määritelty, vaan tavoitteena oli saada riittävästi informaatiota synterinin paikoittamisen tarkkuudesta sekä ohjausjärjestelmän toimivuudesta.

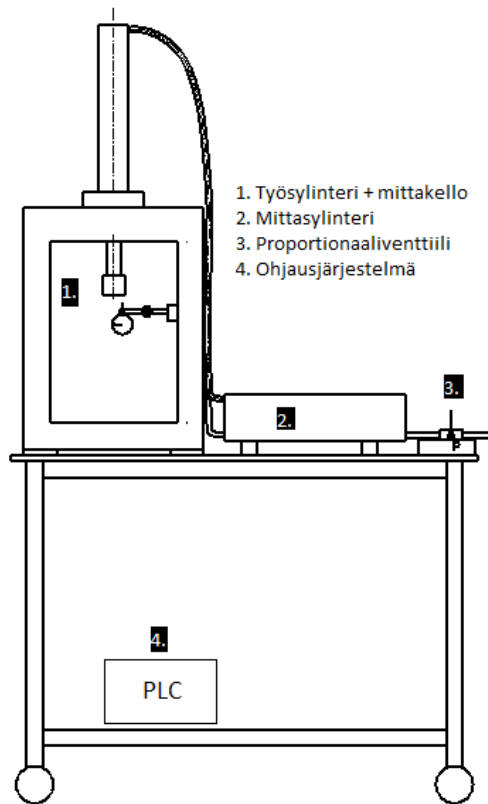
Järjestelmän haasteellisuuden vuoksi tavoitteet oli järkevä jakaa eri vaiheisiin heti työn alkutaipaleella. Työ jaettiin kuuteen eri vaihekokonaisuuteen, rakenteelliseen suunnitteluun, sähkösuunnitteluun, ohjelmointisuunnitteluun, testauksen suunnitteluun, testausympäristön rakentamiseen sekä käyttöönottoon ja testaukseen.

Rakenteellinen suunnittelu sisälsi sopivan käytettävän laitteiston suunnittelun ja määrittelyn niin hydrauliiikan kuin ohjausjärjestelmän osalta. Siinä otettiin huomioon mahdolliset kustannussäästöt, kuten jo varastossa olevien komponenttien käyttö. Hydraulikkasuunnittelun järjestelmälle toteutti Länsihydro. Sähkösuunnitteluun sisältyi ohjauskotelon ja piirikaavioiden suunnittelu. Ohjelmointisuunnittelu sisälsi ohjausjärjestelmän toimintojen määrittelyn ja ohjelmoinnin. Testauksen suunnittelu piti sisällään testisuunnitelman, jossa pyrittiin huomioimaan mahdollisimman monta näkökulmaa synterinin asennon paikoittamista varten. Testausympäristön rakentaminen ja synterinin testaus olivat varmasti työn haastavin osuus.

## 2 SUUNNITTELU

### 2.1 Testauspenkki

Testauspenkin suunnittelu toteutettiin Länsihydron puolesta. Testauspenkki koostui koneikosta, työsylinteristä, mittasylinteristä sekä proportionaaliventtiilistä. Testauspenkki ilman hydraulikoneikkoa rakennettiin Länsihydron tiloissa siirtopöydälle liikuteltavuuden helpottamiseksi. Koneikko tarvikkeineen oli erillisessä siirtovaunussa.



Kuva 1. Testauspenkin CAD-kuva

#### 2.1.1 Hydraulikoneikko

Hydraulikoneikon valintaan vaikutti kolme asiaa, tuotettava paine järjestelmään ja sen säädettävyys sekä sen soveltuvuus jatkuvatoimiselle käytölle paineiden ollessa ylärajalla. Jatkuvatoiminen käyttö estää hydraulikkaöljyn kuumenemisen, kun itse sylintereissä ei liiku öljyä.

Hydraulikoneikon paineen tuotto oli rajattumaksimissaan 200bar:n paineeseen ja testikäyttöä varten siinä oli ns. ”kuolleen miehen kytkin” jonka avulla järjestelmään tuotettava paine katkesi, kun ote irroitettiin käsikäyttöisestä venttiilistä.

### 2.1.2 Hydraulisyylinterit

Testausjärjestelmässä oli kaksi hydraulisyylinteriä, työsyylinteri ja mittasyylinteri. Työsyylinterivalittiin Länsihydron varastosta. Vaatimuksena valinnalle oli se, että työsyylinterin tilavuuden oli oltava pienempi kuin mittasyylinterin tilavuus, jotta pystyttiin liikkumaan työsyylinterin toiminta-alueella ääriasennosta toiseen.

### 2.1.3 Mitta-anturi

Mitta-anturi oli Micropulse BTL7-E100 sarjan magnetrostriktiivinen analoginen anturi 4...20mA virtasignaalilla. Anturiputken ympärillä(mittasyylinterin männässä) olevan kestromagneetin avulla saatiin tarkka männän sijaintitieto reaaliaikaisesti.



Kuva 2. Havainnekuva magnetrostriktiivisen anturin toiminnasta (Sarlin www-sivut)

Anturi valittiin Länsihydron kokemuksen perusteella. He käyttävät omilla tuotteillaan tämän valmistajan tuotteita. Anturi kytkettiin logiikassa olevaan analogiseen tulokorttiin. Mitta-anturi konfiguroitiin niin, että 4mA vastaa sijaintia 0 millimetriä ja 20mA vastaa 450 millimetriä.

Lineaarinen suoran yhtälö,  $y = k * x + b$

$y$  ~ anturilta luettava virranvoimakkuuden lukema

$k$  ~ kulmakerroin lineaariselle yhtälölle

$x$  ~ mittasylintrin sijaintitieto

$b$  ~ poikkeama nollassa, virranvoimakkuus vaihtelee välillä 4-20mA

$$k = \frac{20 - 4 \text{ mA}}{450 - 0 \text{ mm}} = 0,0355 \dots \approx 0,036 \frac{\text{mA}}{\text{mm}}$$

$$y = 0,355 \dots * 150 \text{ mm} + 4 \text{ mA} = 9,33 \text{ mA}$$

Kaava1. Mitta-anturilta luettava virranvoimakkuus 150mm asennossa



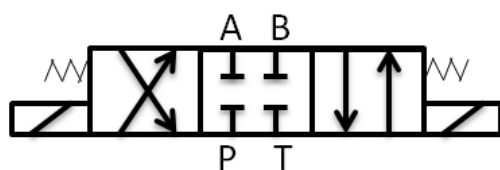
Kuva 3. Mittasylintrin anturi (Balluf www-sivut)

#### 2.1.4 Proportioaaliventtiili

Proportioaaliventtiili on suuntaventtiili, jolla voidaan säätää virtaavan nesteen suunnan lisäksi virtausnopeutta. Venttiiliksi valittiin Eaton-Vickersin 4/3-proportioaaliventtiili Länsihydron varastosta. Venttiili toimii kahdella magneettisolenoidilla ja jousipalautuksella. Venttiilin käyttöjännite oli 24V DC ja karan ohjaus tapahtui kahdella erillisellä magneettisolenoidilla, joiden ohjausjännite oli 0V...10V DC. Venttiilin virtausnopeus on lineaarinen riippuen ohjausjännitteen voimakkuudesta, 0-10V DC – 0-100%.

Proportioaaliventtiilillä ohjattiin mittasylintrin männän sijaintia mitta-anturista saadun tiedon perusteella. Tulo- ja lähtövirtausta säätämällä saatiin tiettyyn asentoon ajo mahdollisimman tarkaksi, toisin sanoen virtausnopeutta vähennettiin ennen määränpäättä.





P – Tulovirtauksen liitäntä hydraulikkakoneikolta (paine)

T – Paluuvirtauksen liitäntä säiliöön (takaisin hydraulikkakoneikon säiliöön)

A – Ohjausvirtauksen liitäntä (työsylinterin männänvarsi ohjataan ulos)

B – Ohjausvirtauksen liitäntä (työsylinterin männänvarsi ohjataan sisään)

Kuva 4. 4/3-venttiilin rakenne kahdella magneettisolenoidilla ja jousipalautuksella



Kuva 5. Proportionaaliventtiili

## 2.2 Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmän vaatimukset kartoitettiin hydraulikkajärjestelmän perusteella. Ohjausjärjestelmä sisältää ohjelmoitavan logiikan (Beckhoff [www-sivut](http://www.beckhoff.com)) sekä ohjaukskotelon (FIBOX [www-sivut](http://www.fibox.com)) komponentteineen (Liite 2). Järjestelmään suunniteltiin myös erillinen käyttöliittymä.

### 2.2.1 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavan logiikan toiminta yleisellä tasolla perustuu tulojen (input) tilojen lukemiseen, ohjelman suorittamiseen sekä lähtöjen (output) päivittämiseen. Ohjausjärjestelmässä tuloihin kytkettiin esimerkiksi hätäseis-painike sekä mittanturi, lähtöihin puolestaan kytkettiin venttiiliin ohjaus.

Logiikka valittiin kustannussyistä Promeco Solutions Oy:n varastosta, jossa oli saatavilla Beckhoff CX –tuoteperheen logiikka. Vaihtoehtoinen logiikka olisi ollut Siemens S1200 -tuoteperheen logiikka, joka on suorituskyvyltään samaa luokkaa.

### 2.2.2 Ohjauskotelo

Ohjauskoteloksi valittiin FIBOX:n muovikotelo komponenttien vaatiman tilan mukaan. Kotelon kanteen suunniteltiin vain muutama painike, pääkytkin, hätäseis – painike sekä käsiohjauspainikkeet sylinterin auki- ja kiinniohjaukseen, koska järjestelmän ohjaus tapahtui käyttöliittymän kautta annettuihin komentoihin.



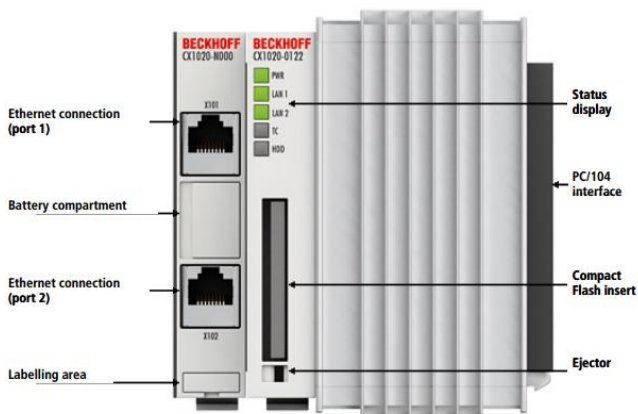
Kuva 6. Fiboxin kotelo (FIBOX www-sivut)

### 2.2.2.1 CPU – Central Processing Unit

Beckhoff CX-1020 logiikka on PC-pohjainen ja sen käyttöjärjestelmänä toimii Windows CE. Logiikan ohjelmointiympäristönä käytettiin TwinCAT v 2.11.0 ja ohjelmointikielenä oli codesys. Codesys on logiikan ohjelmointiin tarkoitettu IEC 61131-3 standardin mukainen ohjelmointikieli (Codesys [www-sivut](http://www.codesys.com)). Yhtenä valintakriteerinä oli myös TwinCAT:n VISUALIZE -ominaisuus joka mahdollistaa käyttöliittymän tekemisen samalla ohjelmistolla ilman erillistä lisenssiä. Visualization -työkalulla pystyttiin tekemään hydraulikkajärjestelmälle riittävä käyttöliittymä.

Beckhoffin sisäinen väyläratkaisu EtherCAT perustuu Ethernet standardiin IEEE 802.3 (EtherCAT [www-sivut](http://www.ethernet.org)). Väyläkaapelina on mahdollista käyttää perinteistä ethernet kaapelia teollisuuteen sopivilla liittimillä ja se vähentää huomattavasti kaapelointikustannuksia verrattaessa esimerkiksi Siemensissä yleisesti käytettyyn Profibus -kaapeliin.

CPU:n virtalähteeksi valittiin CX1100, koska se toimii myös tulo- ja lähtökorttien virtalähteenä 2 amperiin asti. I/O-korttien tarve laskettiin järjestelmän ohjaus- ja mittauslaitteista. Ohjauksen kannalta tärkeimpiä olivat analogiset tulo- ja lähtökortit mittasylinterille sekä proportionaaliventtiilille.



Kuva 7. Beckhoff CX1020 CPU (Beckhoff [www-sivut](http://www.beckhoff.com))

### 2.2.2.2 Tulokortit – Digital/Analog Input

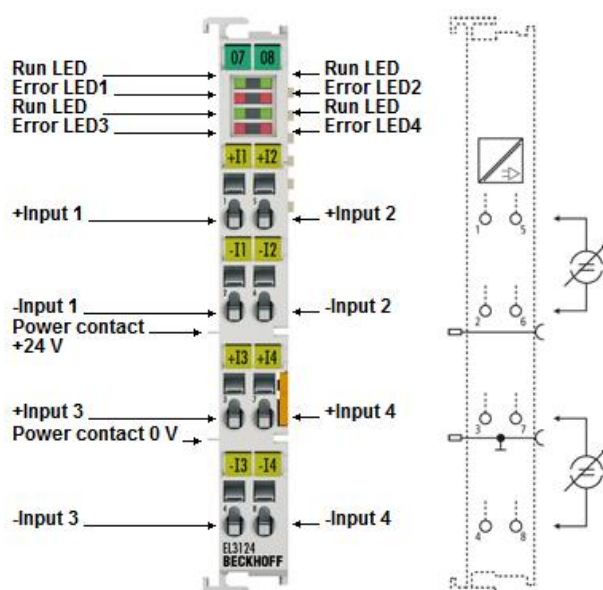
Logiikkaan liitettiin kaksi digitaalista ja yksi analoginen tulokortti. Tulokortit olivat saatavilla Promeco Solutions Oy:n varastosta.

EL1002 ja EL1014 ovat digitaalisia tulokortteja. EL1002 tulokortissa on käytössä 2 tulokanavaa, kun EL1014 kortissa on 4 tulokanavaa. Kortin vaatima käyttöjännite 24V DC kytketään CPU:n virtalähteestä. Kun kortin yksittäiseen tuloon syötetään 24V DC jännite, tulo muuttuu aktiiviseksi.

Kaksikanavainen analoginen tulokortti EL3122 toimii 4...20mA virta-alueella. Kortti on differentiaalisesti mittaava, eli virtaa mitattaessa tuodaan analogia kortille myös anturin käyttöjännitteen 0V DC johdin referenssiksi, jolloin mahdolliset häiriöt suodattuu pois mittaustuloksesta. Kortin resoluutio on 16 bittiä etumerkillä, josta 15 bittiä varataan itse lukuarvoon ja 1 bitti etumerkkiin. Mitattava arvo on lineaarinen, 4mA vastaa lukua 0 ja 20mA vastaa lukua 32767 ( $2^{15}$ ). Kokoonpanoon valitulla mitta-anturilla ja analogisella tulokortilla mittaustarkkuudeksi saadaan 0,01mm.

$$\frac{450 \text{ mm}}{32767} = 0,0137 \approx 0,01 \text{ mm}$$

Kaava 2. Järjestelmän mittatarkkuus



Kuva 8. EL3122 kortti (Beckhoff www-sivut)

### 2.2.2.3 Lähtökortit – Digital/Analog Output

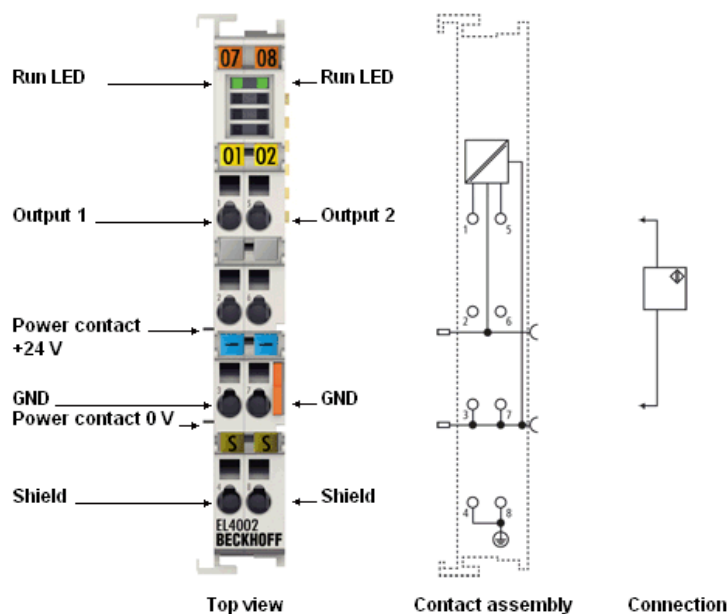
Lähtökorteiksi valittiin yksi digitaalinen lähtökortti ja yksi analoginen lähtökortti.

EL2004 digitaalisessa kortissa on neljä erillistä lähtökanavaa. Kun yksittäinen lähtö asetetaan aktiiviseksi, saadaan liittimestä 24V DC jännite.

EL 4002 analoginen lähtökortti toimii 24V DC käyttöjännitteellä. Lähtökortin yksittäisestä liittimestä saadaan 0...10V DC jännite riippuen ohjauksen suuruudesta. Kortin resoluutio on 12 bittiä, 0V vastaa lukemaa 0 ja 10V vastaa lukemaa 4096 ( $2^{12}$ ).

$$\frac{10 - 0 \text{ V}}{4096} = 0,0024 \approx 0,003 \text{ V}$$

Kaava 3. Lähtöjännitettä pystytään säätämään 0,003 voltin tarkkuudella.



Kuva 9. EL4002 kaksikanavainen analoginen lähtökortti (Beckhoff www-sivut)

### 2.2.3 Logiikkaohjelma

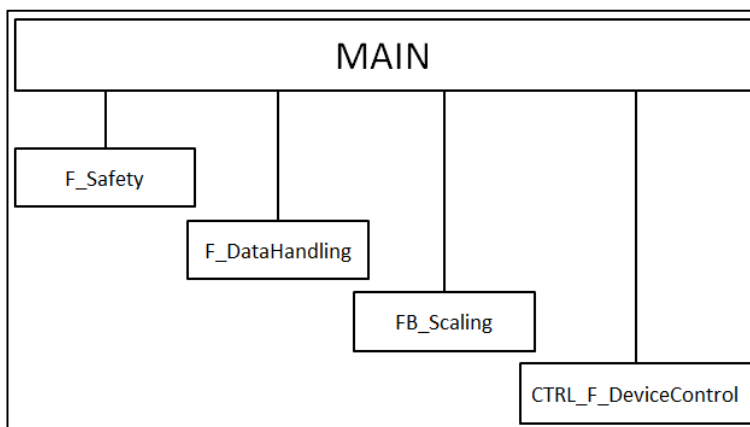
Ohjelman suunnittelussa noudatettiin Promeco Solutions Oy:n ohjeistusta ohjelman rakenteen ja muuttujien suhteen. Tämä helpottaa huomattavasti ohjelman lukemista

sekä muutosten tekemistä. Kaikki muuttujat merkitään alkutunnuksella tyypin mukaan. Lisäksi etuviitteenä käytetään i, I, o tai O, joka osoittaa tulon tai lähdön fyysisyyden. Pieni i tai o tarkoittaa paikallista tuloparametria kun taas iso kirjain tarkoittaa fyysistä tuloparametria logiikan tulo- tai lähtökortille.

MUUTTUJAT			
Tyyppi	Etuliite	Kuvaus	Esimerkki muuttujasta
BYTE, INT, WORD, jne....	n	integer	<u>nCount</u>
BOOL	b	bit	<u>bSwitch</u>
REAL, LREAL	f	float	<u>fValue</u>
STRING	s	string	<u>sName</u>
TIME	t	time	<u>tDelay</u>
DATE	d	date	<u>dMonday</u>
DATE_AND_TIME	dt	date and time	<u>dtNewYear</u>
ARRAY[...] OF ...	arr	arrays	<u>arrMessages</u>

Kuva 10. TwinCAT suunnitteluohje, muuttujat

Ohjelman arkkitehtuuri koostuu neljästä eri aliohjelmasta, joissa suoritetaan kaikki toiminnallisuus turvallisuusasioista venttiilin ohjaamiseen. Aliohjelma sisältää aina yhden suuremman kokonaisuuden erilaisten funktioiden muodossa. Esimerkiksi FB\_Scaling on toimilohko (Function Block) joka suorittaa kaikki skaalaukseen liittyvät toiminnot, kuten mittasyylinterin paikkaa mittaavan anturin virtasignaalin (mA) muuntamisen millimetreiksi (mm).



Kuva 11. Ohjelman rakenne

Lähestulkoon kaikki muuttujat määriteltiin globaaleiksi. Globaaliin muuttujaan päästään käsiksi mistä kohtaa tahansa ohjelmassa. Ohjelman eri osiot ja virtapiirit on pyritty kommentoimaan ohjelman tulkinnan helpottamiseksi sekä vikatilanteiden selvittämiseksi.

```

0001 VAR_GLOBAL
0002
0003     (* General *)
0004     I_bEnable         AT %I*   : BOOL;      (*ON / OFF*)
0005     I_bStart          AT %I*   : BOOL;      (*Start*)
0006     bE_StopOK        : BOOL;
0007     I_bE_Stop         : BOOL;
0008
0009     o_bOutOfRangeFwd  : BOOL;
0010     o_bOutOfRangeRwd  : BOOL;
0011     bFirstCycleBit   : BOOL;
0012     (*-----*)
0013
0014     (* Proportional control voltage*)
0015     O_bFWD            AT %Q*   : BOOL;      (*Open V1*)
0016     O_bRWD            AT %Q*   : BOOL;      (*Open V2*)
0017     i_nHmiPropoV1Control : REAL;
0018     O_nPropoV1ControlVoltage AT %Q* : INT;      (*+0..10V*)
0019     i_nHmiPropoV2Control : REAL;
0020     O_nPropoV2ControlVoltage AT %Q* : INT;      (*+0..10V*)
0021     o_nPropoV1CtrlReal  : REAL;
0022     o_nPropoV2CtrlReal  : REAL;

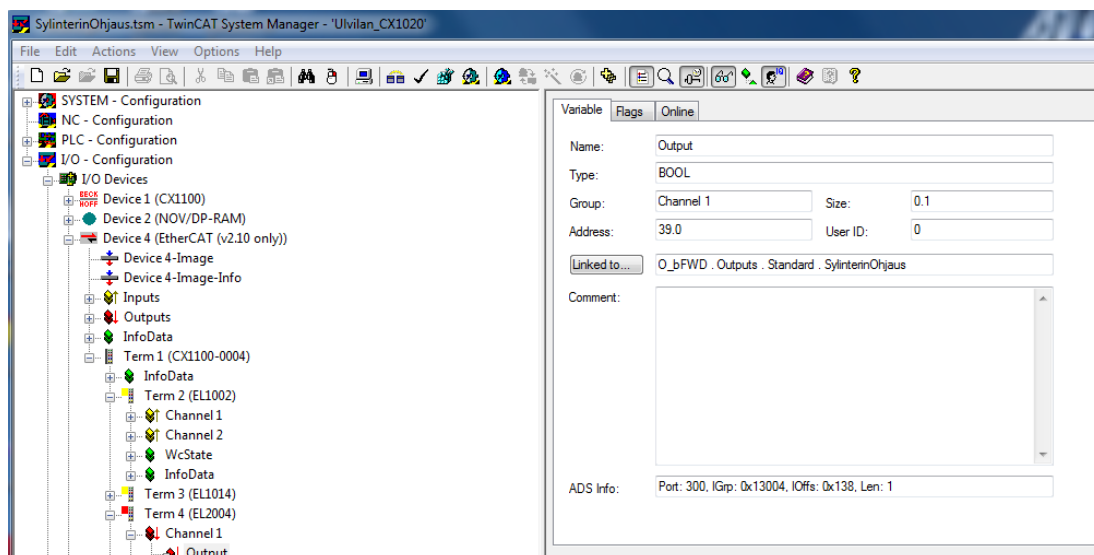
```

Kuva 12. Ohjelmassa käytettyjä muuttujia

#### 2.2.4 Laitteistomäärittely

Määritelty logiikan laitteisto skannattiin System Manager työkalun avulla. Toiminto löytää yleensä kaikki kytketyt kortit, mutta erikoiskortit, kuten laskurikortit, tulee tarvittaessa lisätä manuaalisesti.

System Managerilla ladattiin myös ohjausjärjestelmän ohjelma sekä määriteltiin kaikki CPU:n parametrit, kuten IP-osoite. Työkalua voidaan käyttää myös tulo- ja lähtökorttien tilatietojen seurantaan.



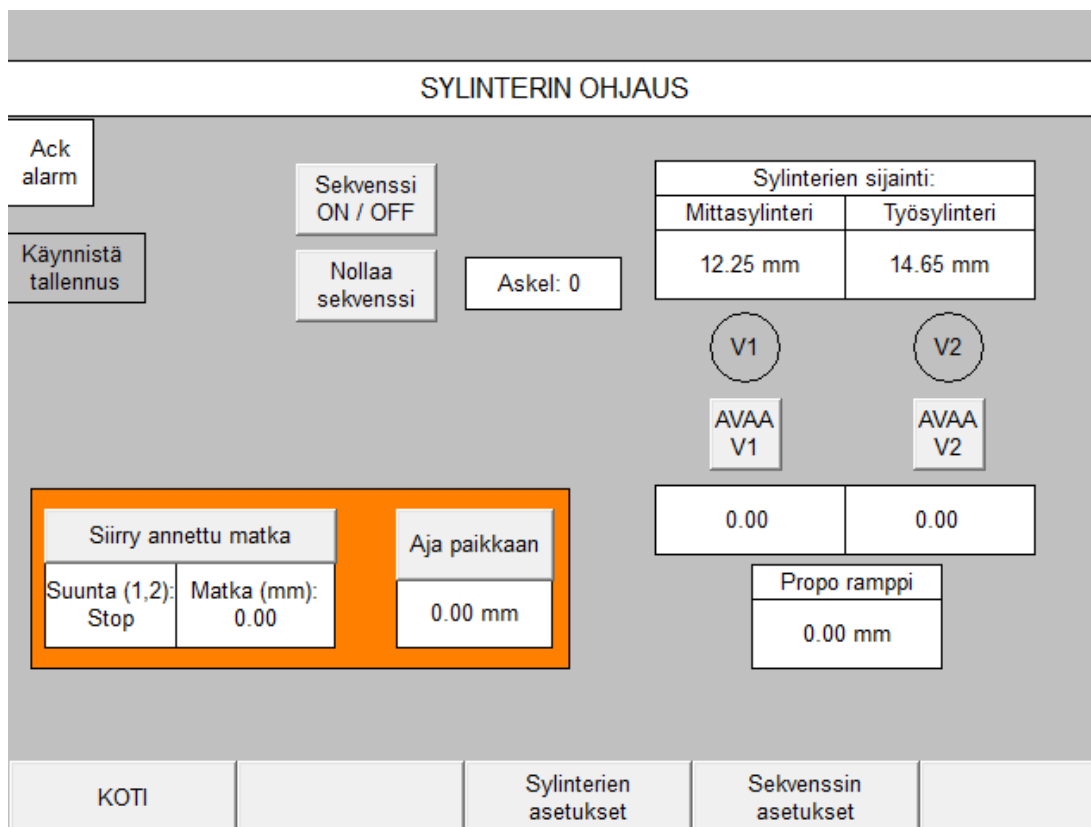
Kuva 13. System Manager, korttien määrittely.

### 2.2.5 Käyttöliittymä

Käyttöliittymä suunniteltiin ja ohjelmoitiin TwinCAT:n Visualize työkalun avulla. Pääkomponentteina olivat erilaiset painikkeet ja tekstikentät, joilla ohjattiin eri toimintoja ja saatiin sylinterin asennon paikkatiedot näkyviin. Käyttöliittymän rakentaminen integroidun työkalun avulla oli huomattavasti helpompaa, kuin erillisellä ohjelmistolla, mm. muuttujien kytkemisen kannalta. Muuttujat löytyvät paikallisesti ohjelmointiympäristöstä, eikä niitä tarvitse erikseen linkittää muistipaikkojen avulla.

Käyttöliittymänä toimi ohjelmointi-PC ja kaikki komennot syötettiin sen avulla. Lopullisessa käytössä käyttöliittymä toimisi todennäköisesti lähinnä parametrien syöttämisessä sekä informatiivisena apuvälineenä, kun järjestelmää ohjattaisiin erillisin painikkeiden tai vipujen avulla. Todellinen sylinterin tai sylinterien ohjaus tapahtuu erillisellä ohjaimella, jota ei käsitellä tässä työssä, koska sen valinta riippuu käyttötilanteesta ja -kohteesta.





Kuva 14. Käyttöliittymä

### 3 TESTAUSSUUNNITELMA

Testaussuunnitelma kattoi sekä ohjausjärjestelmän että hydraulijärjestelmän testauksen. Ohjausjärjestelmän testaus piti sisällään tulo- ja lähtökorttien kanavien testauksen, eli I/O -testauksen. Hydraulijärjestelmän testisuunnittelman sisältö löytyytarkemmin liitteestä (Liite 1). Testauksen lähtökohtana oli saada mahdollisimman paljon tietoa järjestelmästä toiminnan aikana.

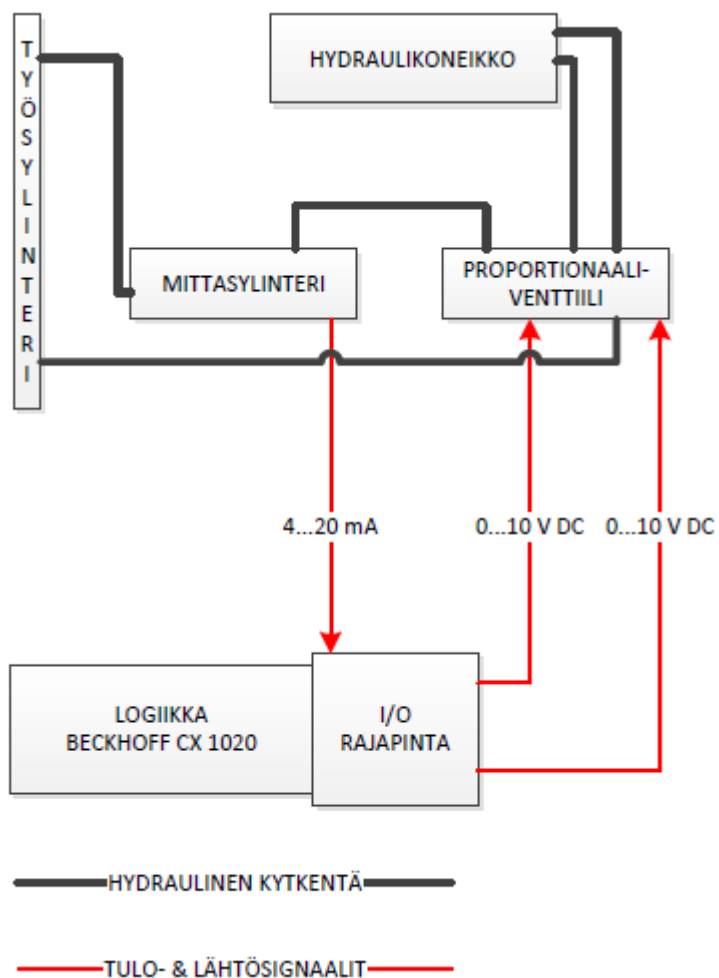
#### 3.1 Testaussuunnitelman rakenne

Hydraulijärjestelmän testaus jaettiin eri vaiheisiin. Ensiksi lähdettiin liikkeelle yksinkertaisesta lyhyen aikavälin testistä. Testattiin itse laitteisto ja mittatietojen paikkansapitävyys. Lisäksi suoritettiin lyhyt testiajo erillisen sekvenssin mukaisesti. Näitä lyhyempiä testejä ajettiin viisi kappaletta.



#### 4 TESTAUSYMPÄRISTÖN RAKENTAMINEN

Testausympäristö rakennettiin Länsihydron toimitiloihin. Logiikka ja ohjauskotelon komponentit asennettiin ja kytkettiin paikan päällä. Kaapeloinnit anturille sekä proportionaaliventtiilille kiinnitettiin testauspenkin pöytälevyyn.



Kuva 16. Ohjausjärjestelmän tärkeimmät liittynät

## 4.1 Hydrauliiikka

Hydrauliiikka-asennukset tehtiin Länsihydron toimesta. Kaikki kytkennät toteutettiin letkuilla testausympäristön liikuteltavuuden vuoksi. Asennusvaiheessa sylinterit ja letkut olivat täynnä ilmaa, joten hydraulijärjestelmän kytkentöjä piti muuttaa käyttöönoton yhteydessä ilman poistamiseksi sylintereistä.

Hydraulikoneikko oli Länsihydron omassa käytössä oleva koneikko, joka lainattiin työtä varten. Työsylinteri ja proportionaaliventtiili kiinnitettiin testauspenkkiin. Mittasylinteri asennettiin vapaasti pöydälle ja se oli nostettavissa pystyasentoon, koska siinä ei ollut erillistä ilmausruuvia ilman poistamista varten.



1. Työsylinteri
2. Mittasylinteri
3. Proportionaaliventtiili

Kuva 17. Testauspenkki

## 5 KÄYTTÖÖNOTTO JA TESTAUS

### 5.1 Mittaus- ja ohjauslaitteet

Mitta-anturin kalibrointi suoritettiin valmistajan ohjeistuksen mukaisesti. Kalibroinnissa tarvittiin erillinen painonappityökalu, joka toimitettiin anturin mukana. Itse kalibrointi oli yksinkertainen ja hyvin ohjeistettu.

Ohjauslaitteiden käyttöönotto ei onnistunut mutkattomasti ja suunnitelmien mukaisesti. Kaikki mitta- ja ohjaustiedot saatiin luettua logiikkaan, mutta työsylinteriä liikuteltaessa mittatieto ei muuttunut. Vianselvityksen jälkeen huomattiin, että mittasylinterin mäntä oli jumiutunut. Mittasylinteriin tehtiin rakenteellisia korjauksia, joita ei julkaista tässä raportissa.

### 5.2 Hydraulisyylinterit

Sylintereitä käyttöönotettaessa niistä piti poistaa ilma. Ne kytkettiin yksittäin hydraulikoneikkoon ja niistä ajettiin öljyä läpi molempiin suuntiin niiden ollessa pystyasennossa. Näin pystyttiin varmistumaan, että sylinterin sisällä ei ole kokoonpuristuvaa ilmaa, joka vääristäisi saatavaa mittaustulosta.

### 5.3 Testaus

Ensimmäiset testiajot ajettiin käyttöönoton jälkeen. Testin hyväksymisvaatimukseksi asetettiin  $\pm 1$  mm mittatarkkuus. Ensimmäinen havainto oli, että mittasylinteri ei toiminut tarkoituksen mukaisesti ja sen rakenteeseen tehtiin muutoksia alkuperäisistä suunnitelmista poiketen. Näillä muutoksilla päästiin ajamaan muutamia testiajoja, mutta mittatarkkuus ei ollut vaaditulla tasolla.

Testiajot päätettiin keskeyttää ilmi tulleiden ongelmien vuoksi. Ongelmat liittyivät mittasylinterin rakenteellisiin ominaisuuksiin, eikä niitä julkaista tässä raportissa. Rakenteellisten muutoksien toteuttamisesta vastaa Länsihydro.

## 6 YHTEENVETO

Ohjausjärjestelmän suunnittelu käytännön prototyypille yhdisti hyvin teorian ja käytännön. Työtä tehdessä tuli esille automaatio suunnittelijan työnkuva, ensimmäiset viikot työn teosta kului toimistolla ohjausjärjestelmää suunnitellessa ja ohjelmoidessa. Työhön sisältyi myös ohjausjärjestelmän sähkösuunnittelu, joka toi mukanaan sopivasti lisähaastetta. Työn edetessä siirryttiin kokoonpanohallin puolelle asentamaan ja käyttöönottamaan järjestelmää.

Työ itsessään antoi hyvin paljon ja opin paljon uusia asioita. Työhön valitusta Beckhoffin logiikasta ja sen ohjelmointityökaluista ei opiskelujen aikana kertynyt sen suurempaa kokemusta, mutta työssä opin paljon logiikasta ja sen kehitysympäristöstä.

Ohjausjärjestelmän ominaisuudet saatiin otettua käyttöön ja testattua. Sen kokoonpano todettiin riittäväksi, ehkä jopa ylimitoitetuksi nykyiselle järjestelmälle. Mahdollinen hydraulijärjestelmän laajennus ei tule vaatimaan suuria muutoksia ohjausjärjestelmään.

Hydraulijärjestelmän testiajot jäivät kesken opinnäytetyön puitteissa mittasylinterissä havaittujen ongelmien vuoksi. Saadut mittaustulokset kirjattiin erilliseen raporttiin. Testiajoja on tarkoitus jatkaa mahdollisuuksien mukaan, kun rakenteelliset muutokset on tehty. Mittasylinterin jatkokehitystyö on Länsihydron vastuulla.

## LÄHTEET

Balluf www-sivut. Viitattu 13.11.2013

<http://www.balluff.com/balluff/MDE/en/img/pictures/1332238375756.jpg>

Beckhoff www-sivut. Viitattu 13.11.2013

[www.beckhoff.fi](http://www.beckhoff.fi)

Codesys www-sivut. Viitattu 28.12.2013

<http://www.codesys.com/the-system.html>

EtherCAT www-sivut. Viitattu 13.11.2013

<http://www.ethercat.org/en/ethercat.html>

FIBOX www-sivut. Viitattu 13.11.2013

[http://www.fibox.fi/catalogs/Search.taf?\\_function=detail&\\_listcall=2&pg\\_id=792&Product\\_uid1=2776&\\_UserReference=1168720812867E835220692A](http://www.fibox.fi/catalogs/Search.taf?_function=detail&_listcall=2&pg_id=792&Product_uid1=2776&_UserReference=1168720812867E835220692A)

Länsihydro www-sivut. Viitattu 28.12.2013

<http://www.lansihydro.fi>

Sarlin www-sivut. Viitattu 28.12.2013

<http://www.sarlin.com/images/20070304202802.jpg>

Marko Westerbacka / 1000618

## TESTISUUNNITELMA

### Mittasylinterin paikkatiedon ja työsylinterin sijainnin testaus

#### 1. Johdanto

Työsylinterin sijainnin paikoitusta ja paikan pitämistä testataan mittasylinterin avulla. Mittasylinterille suoritetaan 6 erilaista testiajaja, joissa sylinteriä ajetaan useasti edestakaisin erilaisilla ohjelmasykleillä. Testit suoritetaan Länsihydron tiloissa.

Käytettävä kokoonpano

Liitteenä sähkökuvat

#### 2. Testisuunnitelma

Ennen testejä mitataan työsylinterin sijainti suhteessa mittasylinterin nollakohtaan ja päätekohtaan.

Ennen jokaista testiä mittasylinterin sijainti otetaan ylös (anturin antama sijainti) sekä mitataan työsylinterin sijainti. Jokaisen testin jälkeen mitataan työsylinterin todellinen sijainti ja verrataan sitä mittasylinterin anturin antamaan arvoon.

##### Testi 1:

Laitteiston testaus. Testataan mittasylinterin ja koneikon toimivuus lyhyellä testillä (n. 5-10min). Ajetaan sylinteriä edestakaisin päätyihin sekä keskialueella.

##### Testi 2:

Mittasylinterin testaus edestakaisilla liikkeillä sylinterin keskialueella, ei ajeta päätyihin asti. Testin suunniteltu kesto n. 2 tuntia.

##### Testi 3:

Mittasylinterin testaus edestakaisilla liikkeillä sylinterin koko toiminta-alueella, päätyihin ajo sallittu. Testin suunniteltu kesto n. 2 tuntia.

##### Testi 4:

Toteutetaan 2. testin mukainen 16 tunnin testi.

##### Testi 5:

Toteutetaan 3. testin mukainen 16 tunnin testi.

##### Testi 6:

Suoritetaan yksittäisiä siirtymiä. Liikuttava matka tai uusi sijainti annetaan siirtymäkäskynä.

#### 3. Testitulokset

Testitulokset erillisellä liitteellä (Testitulokset.xlsx).

#### 4. Yhteenveto



