

Vesa-Pekka Moilanen

LINEAARILIIKKEEN OHJAAMINEN LOGIIKALLA

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kevät 2007



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Vesa-Pekka Moilanen	
Työn nimi Lineaariliikkeen ohjaaminen logiikalla	
Vaihtoehtoiset ammattipinnot Elektroniikan tuotantotekniikka	Ohjaaja(t) Pekka Juntunen
	Toimeksiantaja Kajaanin ammattikorkeakoulu
Aika 12.4.2007	Sivumäärä ja liitteet 34 + 4
Tiivistelmä <p>Tämän insinöörityön aiheena oli tutkia SMC:n valmistamia sähköisiä lineaariyksiköitä ja niiden ohjausta, sekä rakentaa toimiva laite Kajaanin ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorioon. Aiemiin Kajaanin ammattikorkeakoululla ei ole tutkittu kyseisiä laitteita eikä niistä ollut tutkimuksia tai laboraatio työohjeita.</p> <p>Työn tekeminen alkoi tutustumalla SMC LC8 servo -ohjausjärjestelmään sekä sen ohjaustapoihin. SMC LC8 servo -ohjausjärjestelmä on suunniteltu toimimaan ohjelmoitavan logiikan ohjaamana. Lineaariyksiköiden ohjaustavan selvityksen jälkeen suunniteltiin minkälaisen laitteen komponenteista pystyisi rakentamaan. Rakennettiin kahden vapausasteen lineaariliikkeeseen perustuva laite, joka erottelee makasiiniin laitetut muovi- ja metallikappaleet sekä järjestää ne kahteen eri palettiin.</p> <p>Työn tuloksena rakennettiin toimiva laite Kajaanin ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorioon sekä tehtiin laitteelle laboratoriotyöohje, jota voidaan hyödyntää opetuksessa.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Lineaariliike, Ohjelmoitava logiikka
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Vesa-Pekka Moilanen	
Title Programmable Logic Controlled Linear Movement	
Optional Professional Studies Electronics Production Engineering	Instructor(s) Pekka Juntunen
	Commissioned by Kajaani University of Applied Sciences
Date 12 April 2007	Total Number of Pages and Appendices 34 + 4
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to study electric linear units and their control manufactured by SMC. Building a functional device (using electric linear units) for the Automatic Laboratory of Kajaani University of Applied Sciences was also a goal in this thesis. Such devices have not been studied at Kajaani University of Applied Sciences before.</p> <p>The study began by getting acquainted with the SMC LC8 servo–guidance system and its control habit. The SMC LC8 servo–guidance system is built to work in the control of programmed instructions. After solving the control habit of the linear units the actual appearance of the device was planned of components. A device based on two degrees of freedom linear movement was constructed. The device will separate plastic and metal pieces put into the magazine, it will arrange those pieces into two separate pallets.</p> <p>As a result, a fully functional device was planned and constructed. A set of instructions for the device were made that can be used when teaching.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	linear movement, programmable logic controller
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 LINEAARILIIKE	2
2.1 Lineaariliikkeen perusteet	2
2.1.1 Liikkumistavat	3
2.1.2 Servojärjestelmät	3
2.1.3 Paikkatieto	4
2.2 SMC:n Sähköiset liikkujat LJ1-sarja	4
2.3 SMC:n LC8-servo-ohjainyksikkö	5
2.3.1 LC8-servo-ohjausyksikön toimintaperiaate	5
2.3.2 Ohjelmointi	8
3 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT	12
3.1 Historiaa	12
3.2 Ohjelmoitavat logiikat	12
3.2.1 Askeltavat logiikat	13
3.2.2 Vapaasti ohjelmoitavat logiikat	13
3.2.3 Ohjelmointi	14
3.3 Mitsubishi MELSEC FX1N-logiikka	16
3.4 GX IEC Developer	17
4 LÄHESTYMISKYTKIMET	18
4.1 Kytkintyypit	18
4.2 Kapasitiivinen lähestymiskytkin	19
4.3 Induktiivinen lähestymiskytkin	19
4.4 Reedkytkin	19
5 PNEUMATIikka	20
5.1 Venttiilit	20
5.1.1 Suuntaventtiilit	20
5.2 Sylinterit	21
5.2.1 Yksitoimiset	21
5.2.2 Kaksitoimiset	22
5.3 Alipainetekniikka	22

5.3.1 Ejektorit	22
5.3.2 Imukupit	23
6 TURVALLISUUS	24
7 TYÖN SUORITUS	26
7.1 Suunnittelu	26
7.1.1 Layout	26
7.1.2 Pneumatiikka	26
7.1.3 Mekaniikka	27
7.2 Kokoaminen	27
7.3 Johdotus	28
7.4 Ohjelmointi	29
7.4.1 Mitsubishi melsec FX1N-logiikan ohjelmointi	29
7.4.2 LC8-servo-ohjausyksikön ohjelmointi	31
7.5 Testaus	31
8 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	33
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Insinööriyön aiheena on Kajaanin ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorioon lineaari-liikkujiista valmistettava laite. Laite valmistettiin koululle opetuskäyttöä varten, ja siitä tehtiin laboratoriotyöohje.

Laite koostuu lineaariyksiköistä ja niitä ohjaavasta ohjelmoitavasta logiikasta. Laitteen tehtävä on järjestellä yhdestä paikasta (makasiinista) haetut metalli- ja muovikappaleet erillisille paleteille. Teollisuudessa on paljon tällaisia lajittelutoimintoa vaativia kohteita.

Aikaisemmin Kajaanin ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriossa ei ollut tutkittu lineaariliikettä ja sen ohjaamista. Ensimmäisenä vaiheena työssä oli tutkia eri lineaariliikkeen ohjaustapoja. Lineaariyksiköt on suunniteltu ohjattavaksi ohjelmoitavalla logiikalla, joka ohjaa lineaariyksiköiden servo-ohjainyksikköä.

Laitetta alettiin rakentaa, kun laitteen ohjaustavaksi oli varmistunut ohjelmoitava logiikka. Laite koottiin valmiille pöydälle, ja kaikki laitteen vaatimat osat asennettiin pöytään kiinteästi, jolloin laitteesta tuli selkeä kokonaisuus.

Työkappaleen tunnistus laitteessa perustuu kapasitiiviseen- ja induktiiviseen lähestymiskytkimeen. Kapasitiivinen lähestymiskytkin tunnistaa kummankin materiaalin, ja induktiivinen lähestymiskytkin vain metallin.

Insinööriyön tarkoituksena on suunnitella ja rakentaa laite, jota voitaisiin käyttää opetus-tarkoituksissa Kajaanin ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriossa laboraatiotyönä.

2 LINEAARILIIKE

2.1 Lineaariliikkeen perusteet

Lineaariliike tarkoittaa yhden vapausasteen liikettä. Liike saadaan aikaiseksi joko Lineaari-toimilaitteella, esim. pneumatiikkasylinteri, tai pyörivästä liikkeestä, esim. liukuruuvista (kuva 1) tehtyjä sovelluksia. Liikkeen tarkkaan paikoittamiseen soveltuvat paremmin pyörivästä liikkeestä rakennetut sovellukset. pneumatiikkasylinterillä on vain kaksi tarkkaa asemaa, kummatkin päädyt.[1.]

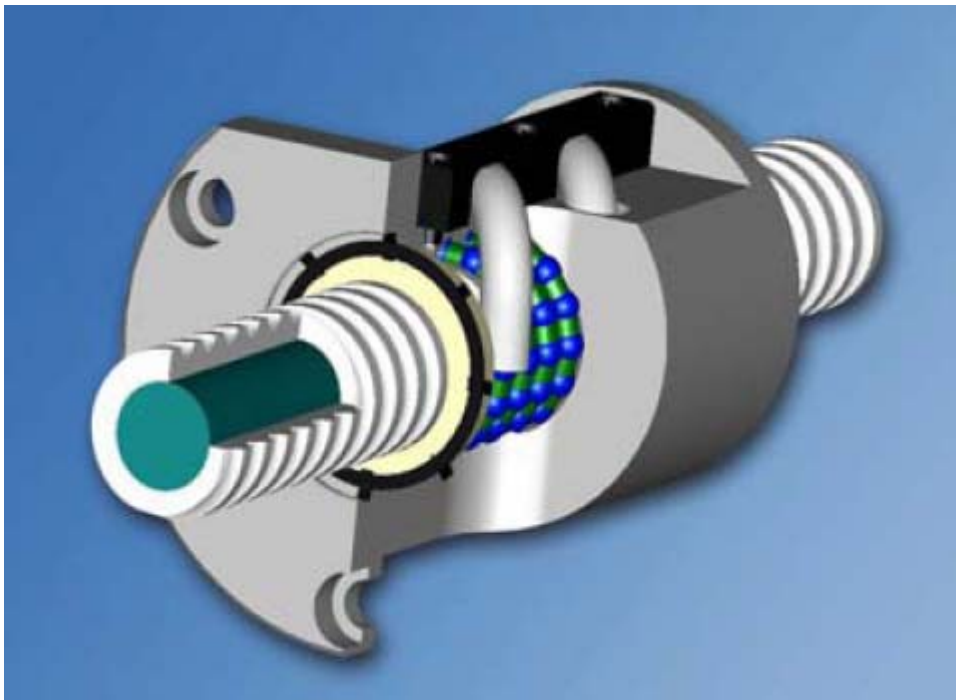


Kuva 1. Poikkileikattu liukuruuvi. [1].

Lineaariyksikköön tarvitaan myös johteet, joiden myötäisesti liike tapahtuu. Johteet kantavat myös lineaariyksikköön kohdistuvan kuorman ja tekevät liikkeestä tarkemman. Johteita on kahta päätyyppiä, liukujohteita ja vierintäjohteita. Liukujohteilla saadaan suuri tarkkuus ja hyvä kuormankantokyky. Ne ovat myös yksinkertaisempia ja halvempia valmistaa kuin vierintäjohteet. Vierintäjohteilla kitkakerroin ja välykset ovat pienempiä ja elinikä on suurempi kuin liukujohteilla. [1.]

2.1.1 Liikkumistavat

Yleisimmät lineaariyksikön liikkumistavat ovat liukuruuvi ja kuularuuvi. Liukuruuvissa pyörivä ruuvi liikuttaa mutteria, jonka pyöriminen on estetty. Liukuruuvin etuina ovat yksinkertainen rakenne sekä suuri pitomomentti. Haittoina liukuruuvissa ovat huono hyötysuhde (n. 25–40 %) sekä voitelun tarve. Kuularuuvissa (kuva 2) pienet kuulat välittävät liikkeen ruuvin ja mutterin välillä. Rakenteen etuina ovat pieni kitkakerroin ja välyksetön liike. Haittoina kuularuuvissa ovat kallis rakenne ja pieni pitomomentti. .[1.]



Kuva 2. Kuularuuvin periaatekuva. .[1.]

2.1.2 Servojärjestelmät

Servotekniikka keksittiin alun perin sotateollisuuden käyttöön. Servotekniikkaa käytettiin sotateollisuudessa tarkkojen liikkeitten tuottamiseen esim. tutkiin ja ilmatorjuntatykkeihin. Nykyisin servojärjestelmä on levinnyt kaikkialle, missä tarvitaan tarkkaa ja nopeaa liikettä. Teollisuudessa servojärjestelmiä käytetään mm. NC-koneiden ohjaukseen sekä roboteissa. [1.] [2.]

Servojärjestelmässä liikkeen toteuttaa servo- tai askelmoottori, joilla on pieni hitausmomentti joka mahdollistaa suuret kiihtyvyyssarvot. Tarkkuus servojärjestelmään saadaan jatkuvalla ta-

kaisinkytkennällä, jolla varmistetaan annetun asetusarvon toteutuminen. Servojärjestelmillä voidaan mitata asemaa, voimaa sekä momenttia. Ohjausjärjestelmänä toimii ohjelmoitava logiikka tai tietokone. [1.] [2.]

2.1.3 Paikkatieto

Tarkan liikkeen toteutumiseksi servojärjestelmään tarvitaan paikantamistietoa. Yleisesti antureina käytetään pulssianturia ja kalliimmissa järjestelmissä koodianturia ja resolveria. Lineariyksiköiden päässä päätyrajoina ovat induktiiviset lähestymiskytkimet, jotka varmistavat, ettei kelkka mene yli rajojen ja toimivat samalla pulssianturille absoluuttiasemana. Pulssianturi antaa yhdelle kierrokselle tietyn määrän pulsseja, tavallisesti noin 10...2000 pulssia/kierros. Pulssianturi ei voi mitata absoluuttista matkaa. Matka saadaan laskettua pulssianturin pulssien määrästä, kun tiedetään kohta, mistä on lähdetty liikkumaan esim. päätyrajasta. [2.]

2.2 SMC:n Sähköiset liikkujat LJ1-sarja

LJ1-sarjan (kuva 3) sähköiset liikkujat ovat yksi vapausasteisia AC-servomoottoreilla toimivia lineaariliikkujia. Lineaariliikkujat on suunniteltu tarkkaan poimintaan ja asettamiseen, paletointiin sekä kappaleitten siirtoon. Runkona LJ1-sarjassa on alumiiniprofiili, joka on jäykkä ja mittatarkka, jolloin saadaan tarkka toistettavuus liikkeisiin ja suuri kuormankatokyky. LJ1-sarjan tärkeimmät ominaisuudet on esitelty taulukossa 1. [3.]



Kuva 3. SMC:n LJ1-sarjan sähköiset lineaariyksiköt [3.]

Taulukko 1. LJ1-sarjan lineaariyksiköiden tärkeimmät ominaisuudet [3.]

Ominaisuus	
Iskupituus	100 – 1500 mm
Kuormankatokyky	maks. 60 kg
Toistotarkkuus	$\pm 0,1$ mm
Nopeus	maks. 1000 mm/s

2.3 SMC:n LC8-servo-ohjainyksikkö

2.3.1 LC8-servo-ohjausyksikön toimintaperiaate

SMC LC8-ohjainyksikkö (kuva 4) on kehitetty ohjaamaan SMC:n AC-servomootoreilla toimivia lineaariyksiköitä. Lineaariyksiköitä voidaan ohjata absoluuttisen ja relatiivisen etäisyyden tai vääntömomentin mukaan. Ohjainyksikössä on 117 (step 1 – 117) paikkaa, jonne jokaiseen voidaan asettaa yksittäinen paikka- tai momenttiarvo. Ohjainyksikössä on myös palettoimis-toiminto, jolla voidaan luoda viisi erilaista palettia (step 118, 120, 122, 124 ja 126). [3.]



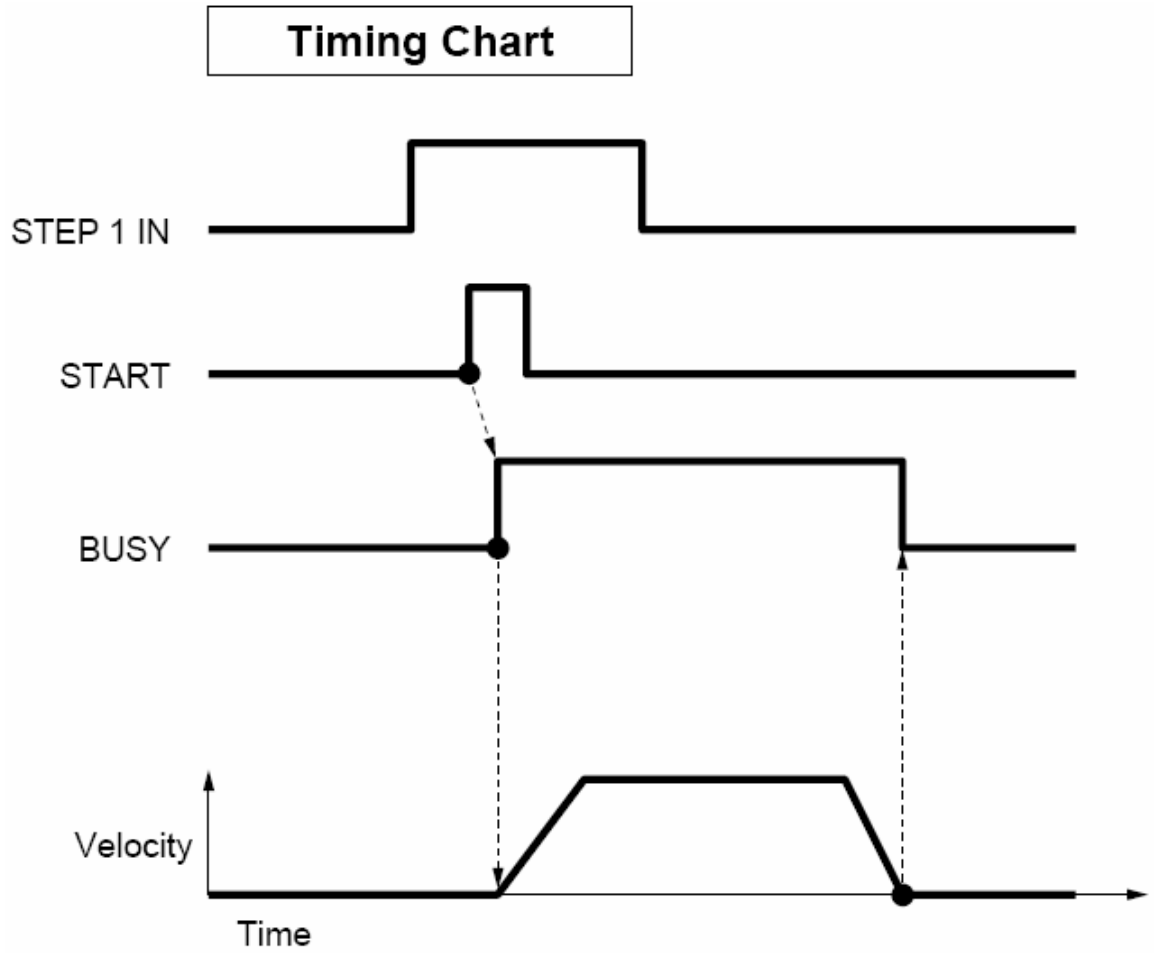
Kuva 4. SMC:n LC8-servo-ohjainyksiköt [3.]

Haluttaessa suorittaa tietty steppi kirjoitetaan stepin tietoihin jokaiselle akselille paikka tai vääntöarvo. Stepin suorittaminen alkaa asettamalla stepin tiedot LC8 servo-ohjainyksikön sisääntuloihin taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Steppien luku sisääntuloilta

	Output 6	Output5	Output4	Output3	Output2	Output1	Output0
Step 1	0	0	0	0	0	0	1
Step 2	0	0	0	0	0	1	0
Step 3	0	0	0	0	0	1	1
Step 4	0	0	0	0	1	0	0
Step 5	0	0	0	0	1	0	1
...							
Step 126	1	1	1	1	1	1	0
Step 127	1	1	1	1	1	1	1

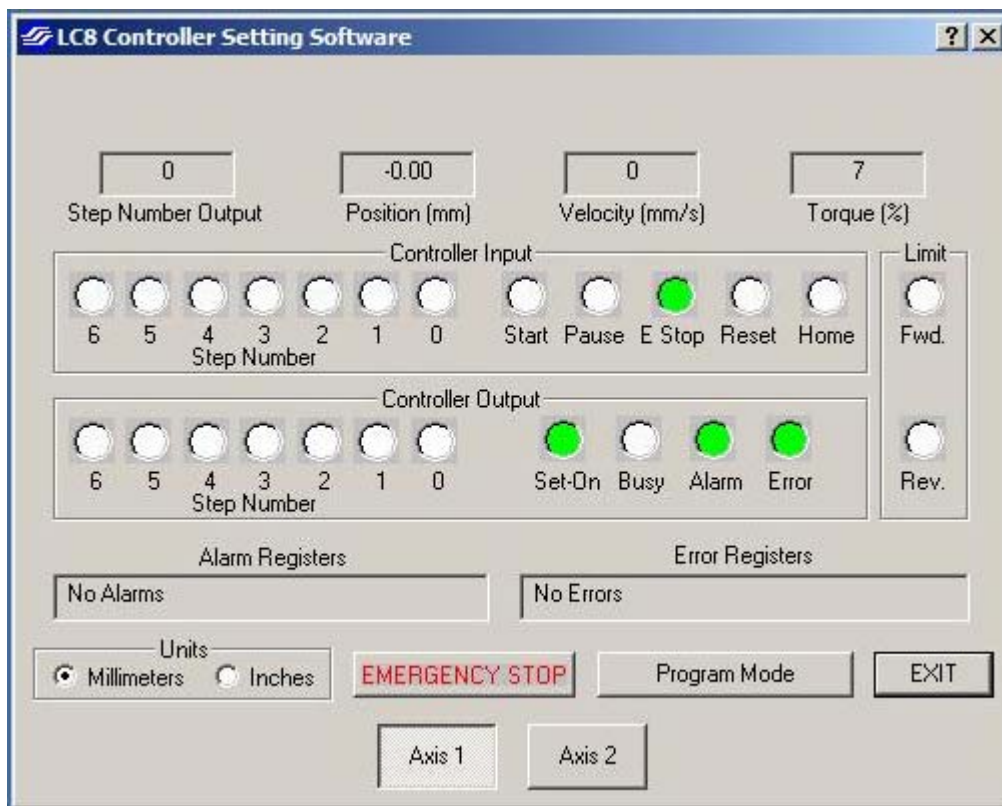
Kun stepin tiedot ovat LC8:n sisääntuloilla, suoritetaan start-pulssi, jolloin lineaariyksiköt alkavat liikkua. Start-pulssin jälkeen LC8 siirtää ulostuloille busy-signaalin ja stepin tiedot. Busy-signaali kertoo LC8:ja ohjaavalle laitteistolle Line-aariyksiköiden olevan liikkeessä. Kuvassa 5 esitetään sekvenssikaaviona step-tiedon siirtyminen liikkeeksi.



Kuva 5. Stepin tiedon siirtyminen LC8-ohjausyksikön sisääntuloilta liikkeeksi lineaari-moottoreille. [3.]

2.3.2 Ohjelmointi

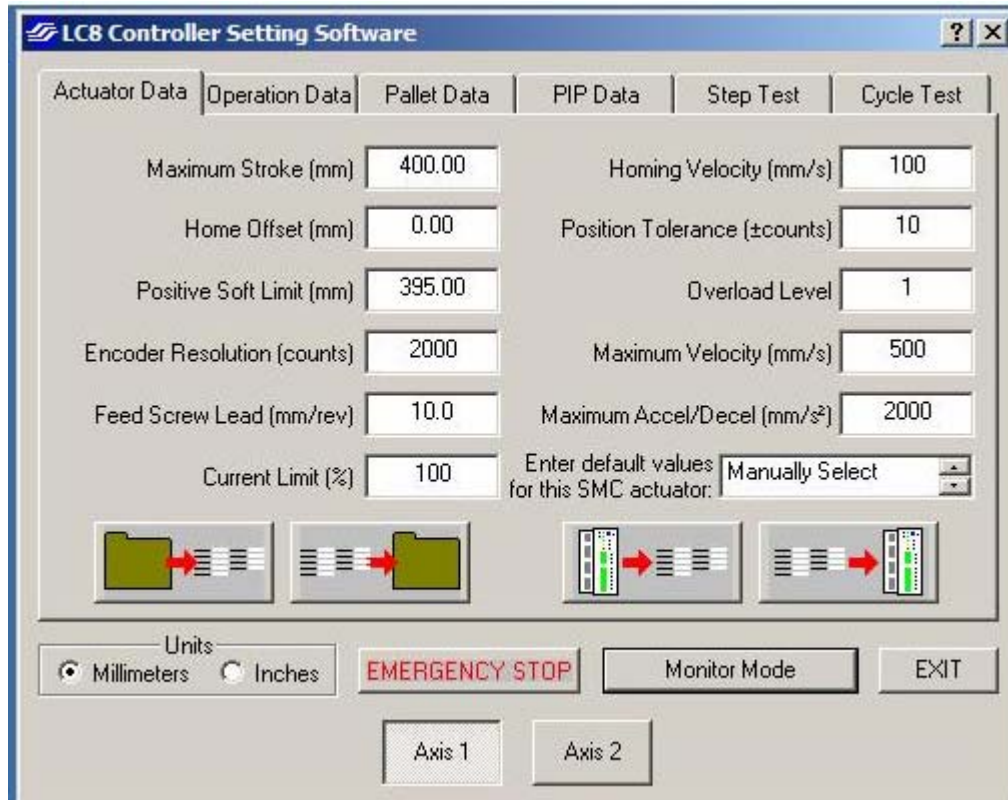
SMC:n LC8-servo-ohjainyksikkö ohjelmoidaan Windows-pohjaisella LC8 controller setting software-ohjelmalla. Ohjelmointi ohjelmassa päänäkymänä (kuva 6) on valvontaikkuna (monitor mode), jossa näkyvät lineaariliikkujien asema, ohjaimen sisään- ja ulostulot sekä hälytykset ja virheet.



Kuva 6. LC8 controller setting software-ohjelman pääikkuna

Servo-ohjainyksikköjä voidaan ohjata ohjelmoitavalla logiikalla vain silloin kun ohjelman valvontaikkuna päällä, tai kun ohjelman on sammuksissa. Ohjelman ollessa ohjelmointipuolella servo-ohjainyksiköt eivät reagoi ohjelmoitavaan logiikkaan mitenkään.

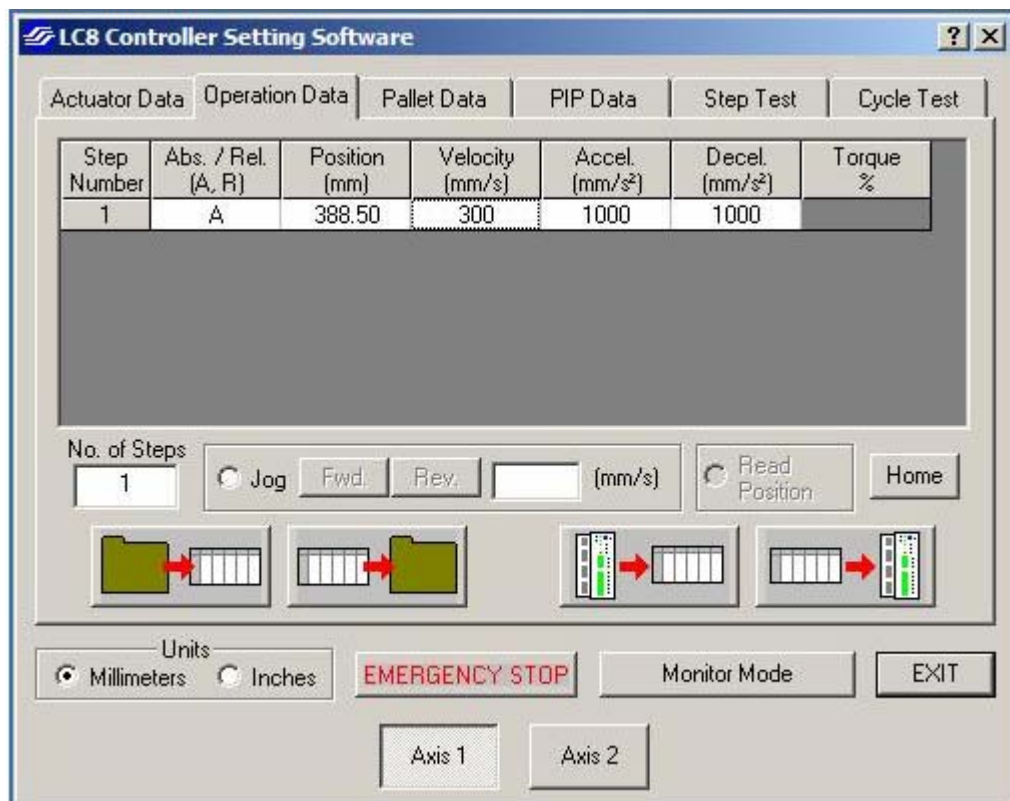
LC8 controller setting software-ohjelman ohjelmointipuolella tärkeimmät välilehdet ovat actuator data (kuva 7) jossa määritellään lineaariyksikön tiedot ja asetukset, kuten Lineaariyksikön koko ja maksiminopeus ja -kiihtyvyys



Kuva 7. Actuator data-Välilehti.

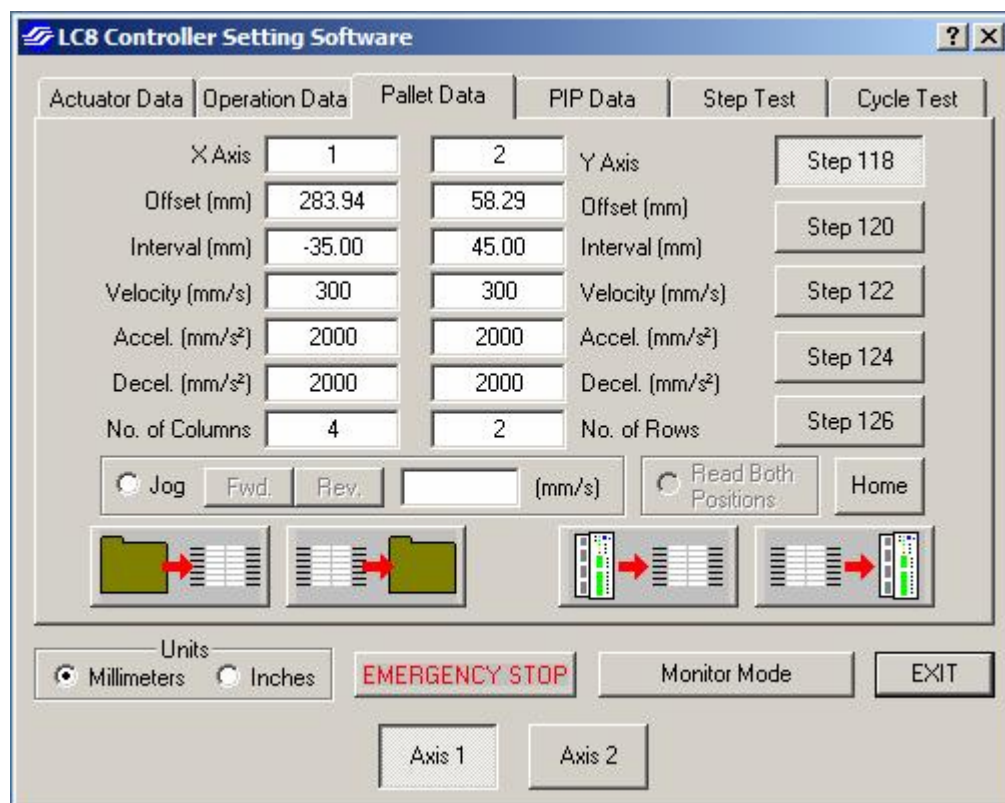
Tiedot ja asetukset voidaan tallentaa tai lukea joko PC:ltä tai LC8-servo-ohjainyksiköltä. Jokaiselle lineaariyksikölle on määriteltävä omat asetukset, jotta laite toimisi oikein.

Operation data (kuva 8) -välilehdessä määritellään steppien paikat ja niihin tulo- ja kiihtyvyydet sekä kiihtyvyydet. Halutut paikat voidaan opettaa jog-toiminolla, jolloin yhtä lineaariyksikköä ajetaan käsin halutulla nopeudella, ja kun paikka on oikea, niin tiedot tallennetaan steppiin. Ohjelmalla voidaan myös lukea tiedot LC8-ohjaimelta ja tallentaa ne Notepad-tiedostoksi tietokoneen muistiin.

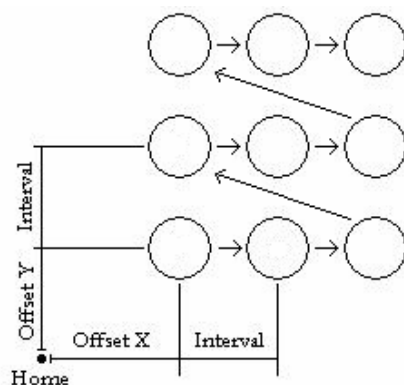


Kuva 8. Operation data-välilehti.

Pallet data (kuva 9) -välilehdellä määritellään paletin koko ja paletin paikkojen etäisyydet sekä palettiin liikkumisnopeudet ja kiihtyvyydet. Paletista määritellään ensimmäisen paikan kohta (offset), ja muut paikat määräytyvät paletin paikkojen välisellä etäisyydellä (interval). Kuvassa 10 on havainnollistettu, miten etäisyydet määrääntyvät paletissa sekä missä järjestyksessä paletti täyttyy. Jos palettia halutaan täyttää jossain muussa järjestyksessä, valitaan paletin ensimmäiseksi paikaksi jokin muu kulma ja interval-arvon etumerkkiä vaihtamalla saadaan määrättyä paletin täyttymiskulkusuuntaa.



Kuva 9. Pallet data-välilehti



Kuva 10. Paletin määrittely

3 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT

3.1 Historiaa

Teollisuudessa ja automaatiojärjestelmissä on paljon ohjausjärjestelmiä, jotka tarvitsevat vain yksinkertaista auki/kiinni- tai käy/seis-tietoa. Aikaisemmin tämänyyppiset ohjaukset toteutettiin releillä, mikä johti suureen komponenttimäärään sekä monimutkaisiin johdotuksiin. Tämän vuoksi uudelleenohjelmointi, vianmääritys ja huolto olivat hankalia. [2.] [4.]

General Motors esitteli ensimmäiset ohjelmoitavat logiikat 1960-luvulla. Alkuperäisenä ajatuksena oli tehdä logiikan ohjelmoinnista niin helppoa, että logiikkaa pystyisi ohjelmoimaan sellainen henkilö, joka oli aiemmin suunnitellut ohjausjärjestelmiä releillä ja langoitettavilla logiikoilla. Lyhyen koulutuksen jälkeen myös huoltohenkilökunta pystyisi tekemään ohjelma-muutoksia. [2.] [4.]

3.2 Ohjelmoitavat logiikat

Ohjelmoitavat logiikat (eng. Programmable logic controller PLC) on suoraan käännettynä ohjelmoitava logiikkasäädin, mutta nykypäivän logiikat ovat toiminnaltaan paljon monipuolisempi kuin säätimet. [2.] [4.]

Ohjelmoitavia logiikoita on markkinoilla useita kymmeniä eri malleja, mutta kaikissa logiikoissa on sama toimintatapa. Logiikat toimivat samanlaisilla loogisilla operaatioilla, kuten AND ja OR. Samankaltaisuus merkitsee helppoa siirtymistä logiikkamerkistä toiseen, sillä ohjelmointi ei poikkea juuri ollenkaan eri merkeillä. [2.] [4.]

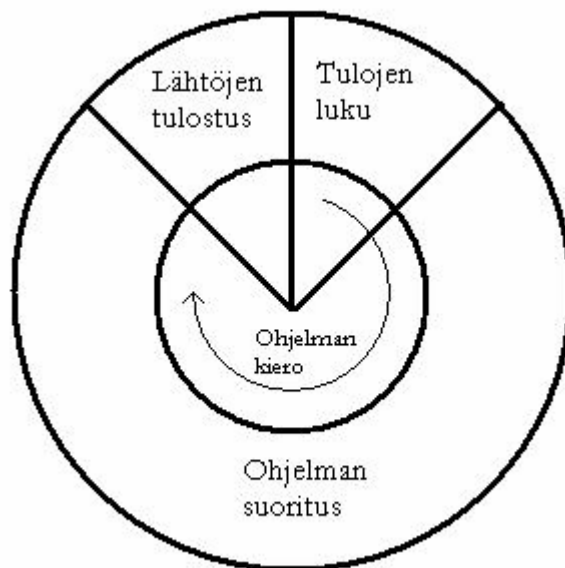
Logiikat voidaan jakaa kahteen eri päätyyppiin: vapaasti ohjelmoitaviin logiikoihin ja askeltaviin logiikoihin. Kytkenällisesti logiikat voivat olla joko PNP- tai NPN-tyyppisiä. Suomessa ja Euroopassa käytetään yleisesti PNP-tyyppistä kytkentää, jossa anturilta tulevan signaalin kulkusuunta on logiikkaan päin. Japanissa ja USA:ssa NPN-tyyppiset kytkennät ovat yleisempiä. Signaalin kulkusuunta NPN-tyyppisessä kytkennässä logiikalta anturiin päin. [2.] [4.] [8.]

3.2.1 Askeltavat logiikat

Askeltavat logiikat toimivat parhaiten sekvenssityyppisissä ohjauksissa, joissa edellinen liike suoritetaan loppuun ja liikkeen ehdot täyttyvät, jonka jälkeen siirrytään seuraavaan liikkeeseen. Nykyisin askeltavat logiikat ovat hävinneet lähes kokonaan markkinoilta, koska vapaasti ohjelmoitavien logiikkojen hinnat ovat pudonneet samalle hintatasolle. [2.] [4.]

3.2.2 Vapaasti ohjelmoitavat logiikat

Vapaasti ohjelmoitavissa logiikoissa mikroprosessori lukee kaikki tulot, ja tulojen tilat luetaan I/O-muistiin, jonka jälkeen luetaan logiikan muistiin kirjoitettu ohjelma. Tulokseksi saadaan ohjelman mukaisten lähtöjen kytkeytyminen päälle/pois. Ohjelman yksinkertaistettu kierto on esitetty kuvassa 11. [2.] [4.]



Kuva 11. Ohjelmoitavan logiikan yksinkertaistettu ohjelmankierto

Ohjelmansuoritus aika riippuu ohjelman pituudesta. Yhden ohjelmariivin lukuun menee noin 0,5–2 μ S. Ohjelmamuistia logiikoissa on pienten logiikoiden 2000 sanasta suurten logiikoiden 64 Kilosanaan, joka on vielä laajennettavissa suuremmaksi. [2.] [4.]

3.2.3 Ohjelmointi

Logiikan ohjelmointi tapahtuu joko noin taskulaskimen kokoisella ohjelmointilaitteella tai tietokoneella ja ohjelmointiohjelmalla. Ohjelmointilaite koostuu LCD-näytöstä, näppäimistöstä, jossa on toimintapainikkeet, käsky- ja numeeriset painikkeet ja suorituspainikkeet sekä liitäntäkaapelista logiikkaan. Ohjelmointi tapahtuu yleensä käskylistamuodossa. Ohjelmointilaitteet ovat nykypäivinä harvinaisia, koska kannettavien tietokoneiden hinnat ovat laskeneet ja tietokoneidenohjelmistojen kautta tapahtuva ohjelmointi on paljon helpompaa. Parhaiten ohjelmointilaite soveltuu nykyisin kunnossapidon seurantavälineeksi. Tietokoneohjelma pohjasessa ohjelmoinnissa voidaan valita ohjelmointimuoto joko käskylistaksi, kosketinkaavioksi tai logiikkasymboleita käyttäväksi kuvan 12 mukaisesti. Tietokoneohjelmassa voidaan myös logiikkaohjelmaan lisätä kommentteja, jolloin ohjelmaa on helpompi seurata. [2.] [4.]

```
FUNCTION_BLOCK NOSTOMOOTTORI
```

```
  VAR_INPUT
```

```
    NAPPI_YLÖS : BOOL ;  
    KAUKO-OHJAUS_YLÖS : BOOL ;  
    PAIKALLISOHJAUS_VALITTU : BOOL ;  
    KAUKOOHJAUS_VALITTU : BOOL ;  
    YLÄRAJA : BOOL ;
```

```
  END_VAR
```

```
  VAR_OUTPUT
```

```
    NOSTOMOOTTORI_YLÖS : BOOL ;
```

```
  END_VAR
```

```
  IF NAPPI_YLÖS := TRUE AND PAIKALLISOHJAUS_VALITTU := TRUE
```

```
    NOSTOMOOTTORI_YLÖS := NOT YLÄRAJA ;
```

```
  ELSE
```

```
    IF    KAUKO-OHJAUS_YLÖS := TRUE AND KAUKO-OHJAUS_VALITTU := TRUE
```

```
      NOSTOMOOTTORI_YLÖS := NOT YLÄRAJA ;
```

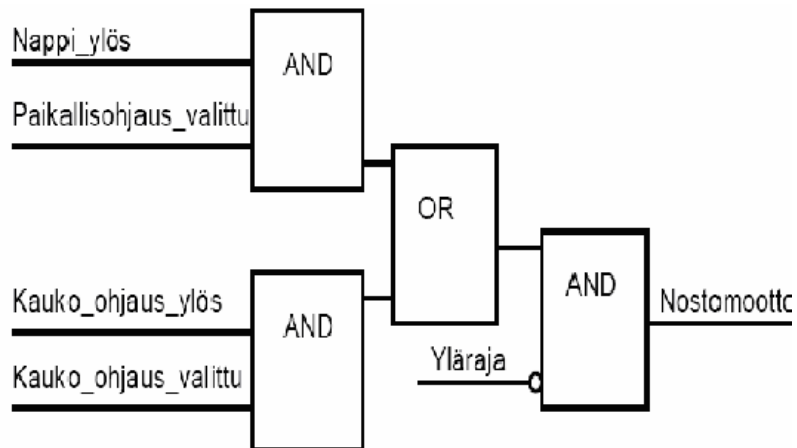
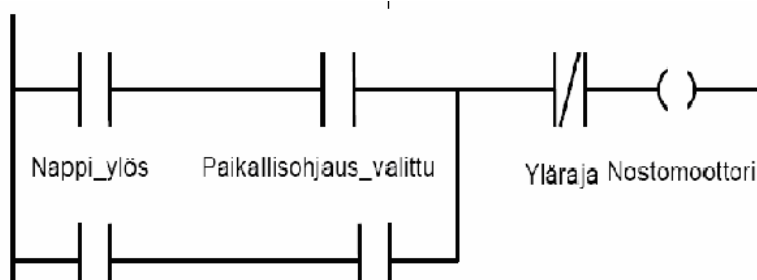
```
    ELSE
```

```
      NOSTOMOOTTORI_YLÖS := FALSE ;
```

```
    END_IF
```

```
  END_IF
```

```
END FUNCTION_BLOCK
```



Kuva 12. Eri ohjelmointiperiaatein toteutettu ohjelma. Ylhäällä käskylista keskellä kosketin-
kaavio ja alhaalla logiikkasymbolit. [4.]

Suosituin ohjelmointitapa on kosketinkaavioohjelmointi. Kosketinkaavio muistuttaa suuresti teollisuudessa käytettyä sähköpiirikaaviota. Kosketinkaavion vasen reuna vastaa virtakiskoa ja oikea reuna nollakiskoa. Ohjelma muodostuu kiskojen väliin sijoitetuista sulkeutuvista ja avautuvista koskettimista ja releen käämistä, jonka saadessa virtaa tietty kosketin tai ulostulo menee päälle/pois. Ohjelmassa koskettimet voivat olla ulkoisia antureita taikka logiikan sisäisiä muistipaikkoja. [2.] [4.]

3.3 Mitsubishi MELSEC FX1N-logiikka

Ohjelmoitavat MELSEC FX1n-kompaktilogiikan (kuva 1) Perusyksikköä on saatavana eri versioina, joissa jännitesyöttö on 100/240 V AC tai 24 V DC (12 V DC) ja joissa on rele- tai transistorilähdöt. Perusyksikköä voidaan laajentaa erilaisilla lisämoduuleilla, kuten digitaali-tulo/lähtö tai analogia-tulo/lähtö laajennusmoduuleilla. Taulukossa 3 MELSEC FX1N-logiikkasarjan tärkeimmät tekniset tiedot [5.]



Kuva 13. Mitsubishi melsec FX1N-sarjan logiikka [6.]

Taulukko 3. Mitsubishi melsec FX1N logiikan tekniset tiedot [9.]

Ominaisuus	
Sisäänrakennetut sisään/ulostulot	14 – 60 kpl
Käyttöjännite	12 – 24 V
Sisäänrakennetut sisääntulot	8 – 36 kpl
Sisäänrakennetut ulostulot	6 – 24 kpl
Ulostulon tyyppi	Rele/transistori
Ulostulon vaste-aika	Rele 10 mS, Transistori <0,2 mS
Virrankulutus	13 – 20 W
Paino	0,45 – 0,8 kg
Käyttölämpötila	0 – 55 °C
Ohjelma muisti	8000 sanaa
Ohjelmansuoritus aika	0,55 – 0,7 µS ohjelmarivi

3.4 GX IEC Developer

GX IEC Developer on Mitsubishi Electricin logiikoiden ohjelmointiin tarkoitettu ohjelmisto. Ohjelma tukee kansainvälistä IEC 61131-3-standardia ja PLCopenin mukaisia vaatimuksia. GX IEC Developer on 32-bittinen Windows-pohjainen ohjelmisto sovellusten ohjelmointiin, simulointiin, monitorointiin, vianmääritykseen ja dokumentointiin aina pienistä MELSEC FX -logiikoista useilla keskusyksiköillä varustettuihin laajoihin Q-järjestelmiin. [7.]

4 LÄHESTYMISKYTKIMET

Automaatiossa kappaleen läsnäolon havaitsemiseksi tarvitaan lähestymiskytkimiä, jotka antava päällä/pois-kytkintiedon ohjausjärjestelmälle, kuten ohjelmoitavalle logiikalle. Lähestymiskytkimen ero anturiin on se, että anturista saadaan analogista signaalia ja lähestymiskytkimestä vain digitaalista päällä/pois-tietoa. [2.]

Lähestymiskytkimiä valittaessa tulee ottaa huomioon seuraavia seikkoja:

- Luotettavuus ja lujuus mekaanisia rasituksia kuten tärinää ja kosteutta vastaan.
- Tarkkuus ja tunnistamisetäisyys varsinkin jos tunnistettavat kappaleet eroavat toisistaan esimerkiksi materiaaliltaan.
- Reaktionopeus ja kytkentätaajuus mitattaessa pyörimisnopeutta tai muuta nopeaa tunnistusta vaativissa kohteissa.

4.1 Kytkintyypit

Lähestymiskytkimet voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: mekaanisiin rajakytkimiin, jotka koskettavat kappaletta, ja lähestymiskytkimiin, jotka tunnistavat kappaleen kosketusta. [2.]

Mekaanisten rajakytkimien etuina ovat hinta ja suurten sähkövirtojen kesto. Haittoina ovat mm. epätarkkuus, hitaus sekä suuri koko. Mekaanisia rajakytkimiä käytetään paljon turvarajoina. [2.]

Lähestymiskytkimet tunnistavat kappaleen kosketusta elektroniikan avulla. Tällöin kytkimessä ei tarvita mekaanista liikettä ja kytkimet ovat lähes ikuisia. Lähestymiskytkimien haittoina ovat mm. kytkentäetäisyyden vaihtelu materiaalin sekä pinnanlaadun mukaan. [2.]

4.2 Kapasitiivinen lähestymiskytkin

Kapasitiivinen lähestymiskytkin perustuu suuritaajuiseen sähkökenttään, jonka kytkin luo ympärilleen. Kun sähkökenttään tuodaan sähköä johtava tai varaava kappale, muuttuvat sähkökentän ominaisuudet. Ominaisuuksien muuttuttua raja-arvon yli lähestymiskytkimen elektroniikka muuttaa signaalin tilan toiseksi. [2.] [8.]

Kapasitiivinen lähestymiskytkin tunnistaa lähes kaikki materiaalit. Tunnistusetäisyys riippuu materiaalin dielektrisyysvakioista. Arvon ollessa suuri anturi tunnistaa kappaleen kaukaa. Kapasitiivisen lähestymiskytkimen erityisominaisuus on, että sillä pystyy tunnistamaan suuremman dielektrisyysvakion omaavan materiaalin pienemmän dielektrisyysvakion omaavan materiaalin läpi, kuten veden muoviseinän läpi. [2.] [8.]

4.3 Induktiivinen lähestymiskytkin

Induktiivinen lähestymiskytkin tunnistaa vain metalleja. Kappaleen metalliseos ja sen koko vaikuttavat tunnistusetäisyyteen. Induktiivisen lähestymisanturin tyypilliset tunnistusetäisyydet ovat 2–10 mm. [2.] [8.]

Induktiivinen lähestymiskytkin tunnistaa kappaleen korkeataajuisen magneettikentän avulla. Sähköä johtavaa materiaalia tuotaessa magneettikenttää, esim. metallia, magneettikenttä indusoituu kappaleeseen ja magneettikenttä heikkenee, josta anturi tunnistaa kappaleen ja vaihtaa tilaansa. [2.] [8.]

4.4 Reedkytkin

Reedkytkin toimii, kun magneetti vaikuttaa siihen. Riittävän voimakkaassa magneettikentässä reedkytkimen kosketin sulkeutuu. Tunnistusetäisyys reedkytkimellä on noin 5-10 mm ja katkaisuetäisyys noin 10-15 mm. Tavallisesti reedkytkimiä käytetään pneumaattikkasyylintereiden asennontunnistukseen. Reedkytkimien etu on halpa hinta, mutta mekaanisen rakenteensa vuoksi ne ovat hitaampia ja kestoilältään lyhempiä kuin elektroniset lähestymiskytkimet. [2.]

5 PNEUMATIikka

Nykyisin paineilmaa käytetään etupäässä toimilaitteiden energianlähteenä. Pneumatiikka-komponentteja ovat toimilaitteet (sylinterit ja moottorit), toimilaitteiden pääventtiilit, nopeuden- ja paineensäätöventtiilit ja huoltoyksikkö. Ohjaus toteutetaan usein sähköisillä laitteilla. [10.]

Paineilma on helppokäyttöinen väliaine. Ilmaa on aina saatavilla, ja kompressorilla saadaan tuotettua järjestelmän tarvitsema tilavuusvirta. Paineilma on melko vaaratonta, siistiä ja sitä voidaan varastoida. Haittapuolina voivat olla pieni paine, kokonpuristuvuus ja kokonaisjärjestelmän melko huono hyötysuhde. [10.]

5.1 Venttiilit

Pneumaattinen venttiili on yleisnimitys joukolle erilaisia komponentteja, joilla ohjataan ja hallitaan pneumaattista järjestelmää. Venttiilit sijaitsevat järjestelmässä ilmalähteen ja toimilaitteiden välissä. [10.]

5.1.1 Suuntaventtiilit

Suuntaventtiili määrää paineilman virtaussuunnan ja toimilaitteen liikesuunnan. Toisin sanoen venttiili ohjaa paineilman vuorotellen lähtöliitäntöihin, joita on yleensä kaksi. Suuntaventtiilien karalla on vain täsmälliset asennot, mutta ei merkityksellisiä väliasentoja. Lisäksi suuntaventtiili on rakennettu siten, ettei tulopaine pääse suoraan poistokanavaan. [10.]

Suuntaventtiilityyppi määräytyy venttiilin karan asemien määrästä (2, 3 ja joskus 4) sekä venttiilin liitäntäaukkojen määrästä (2-5). Venttiilityypin nimessä, esim. 5/2-venttiili, ensimmäinen luku (5) on paineilmaliitäntöjen määrä ja jälkimmäinen luku (2) asentojen määrä. [10.]

Suuntaventtilien ohjaukseksi sanotaan venttiilin liikkuvan karan siirtämistä asennosta toiseen. Ohjaustapoja on kehitelty monia erilaisia ja karkeasti ne voidaan jakaa seuraavasti: [10.]

- lihasohjaus
- mekaaninen ohjaus
- paineohjaus
- sähköohjaus
- esiohjatut venttiilit.

5.2 Sylinterit

Sylintereissä pneumaattinen järjestelmä tekee varsinaisen mekaanisen työn. Nehän pystyvät saamaan aikaan vain suoraviivaista liikettä ja voima saadaan ulos sylinterin männästä männänvarren tai vastaavan välityksellä. [10.]

Pneumaattisen sylinterille on tyypillistä, että sen mäntää on vaikea saada pysähtymään ääri-asentojen välille tarkalleen määriteltyyn paikkaan. Tästä syystä niitä käytetään useimmiten siten, että mäntää ajetaan ääriasennosta toiseen tai kiinteää ulkopuolista estettä vasten.

5.2.1 Yksitoimiset

Yksitoimisessa sylinterissä mäntää liikutetaan paineilman avulla vain toiseen suuntaan. Paluu-liike aiheutetaan joko jousivoimalla, kuorman omalla painolla tai normaalipainetta pienemmällä syöttöpaineella. [10.]

Yksitoimisia sylintereitä käytetään pääasiassa kappaleiden kiinnittämiseen esim. työstön ja muiden valmistusvaiheiden yhteydessä. Niiden iskupituuksien ei siksi tarvitse olla kovin suuria, ja sitä paitsi useimmiten palautusjousi estääkin suuret iskupituudet. Yksitoimisten sylinterien halkaisijat ja iskupituudet rajoittuvat yleensä 100 mm:iin. [10.]

5.2.2 Kaksitoimiset

Pneumaattisista sylintereistä kaksitoimiset ovat yleisimpiä. Kaksitoimisynterinin tunnusomaisena piirteenä on männän liikuttelu paine-ilmalla sekä sisään- että ulospäin. [10.]

Sylintereillä voidaan tehdä tehollista työtä molempiin suuntiin, joskin männänvarren puoleinen männän pinta-ala on pienempi kuin nimellisipinta-ala ja siten paineen aiheuttama voimakin on pienempi kuin toisella puolella. [10.]

5.3 Alipainetekniikka

Alipainetta käytetään erilaisissa kiinnitys-, pakkaus- ja materiaalin siirtotehtävissä. Tyypillinen alipainekiinnitin on mm. robotin alipainetarttujina käytetyt imukupit. Kuten kohotettua painetta niin myös paineen alentamista voidaan käyttää energiasiirtoon. [10.]

Pneumatiikassa paineen nollassa on normaali ilmanpaine. Alipaine tarkoittaa tämän alapuolisia paineita. Pienin mahdollinen alipaine on paineen absoluuttinen nolla. Painearvona se on -0,1013 MPa. Tätä arvoa kutsutaan myös sadan prosentin alipaineeksi. Koska sen tuottaminen on epäkäytännöllistä ja kallista, niin yleensä toimitaan tätä suhteellisesti pienemmillä painearvoilla. [10.]

5.3.1 Ejektorit

Ejektorit ovat kooltaan pieniä, ilman mekaanisia osia toimivia alipaineenkehittäjiä. Ne toimivat venturiperiaatteella. Suodatettu, mielellään öljytön paineilma ohjataan kuristimen kautta ulkoilmaan. Kuristimen jälkeinen ilmanopeus kasvaa. Bernoulin yhtälön mukaan virtausnopeuden kasvaessa paine pienenee ja imuliittimeen syntyy alipaine. Ejektorilla pyritään saavuttamaan haluttu alipaine mahdollisimman nopeasti mahdollisimman pienellä ilman kuluksella. [10.]

Kannattaako alipainejärjestelmän alipaineen tuottajaksi valita mekaaninen alipainepumppu vai ejektorit? Nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että jos tarvitaan jatkuvaa alipainetta tai suuria

virtauksia, kannattaa valita mekaaninen alipainepumppu. Jos alipaineen tarve on satunnaista tai katkonaista, on kannattavampaa valita ejektori. [10.]

5.3.2 Imukupit

Imukupeilla voidaan nostaa, siirtää ja kiinnittää kappaleita muutamasta grammasta aina kymmeneen kiloihin saakka. Mikäli imukupin nostovoima ei riitä tai materiaaliin tulee tarttua useammasta kohdasta, voidaan valita useita imukuppeja. Imukuppi mitoitetaan normaalisti kaavalla 1.

$$F = \Delta p \cdot A$$

$$F = \text{Kiinnitysvoima} \quad (1)$$

$$\Delta p = \text{Paine-ero}$$

$$A = \text{Imukupin pinta-ala}$$

Tulee muistaa, ettei paine-ero voi olla 0,1 MPa suurempi. jos imukuppeja on useampia, tulee voima jakaa niiden kesken. Lisäksi laskennassa on voimalla syytä käyttää varmuuskerrointa (yleensä 2). [10.]

6 TURVALLISUUS

Olenaiset turvallisuusvaatimukset on esitelty konepäättökseen liitteessä 1. Yhdenmukaistettuja standardeja voidaan käyttää apuna turvallisuusvaatimuksia tutkittaessa. [2.]

Jos koneen rakentamisessa noudatetaan yhdenmukaistettuja standardeja, oletetaan sen täyttävän olenaiset turvallisuusvaatimukset. Jos valmistaja poikkeaa näistä vaatimuksista, hän joutuu osoittamaan, että vastaava turvallisuustaso on saavutettu. [2.]

Turvallisen koneen suunnittelun vaiheet:

Vaihe 1.

Vaarat poistetaan tai vähennetään suunnittelemalla ja rakentamalla kone turvalliseksi.

- Valitaan sellaisenaan turvallista teknologiaa tai prosesseja.
- Kone suunnitellaan luontaisesti turvalliseksi esim. rakentamalla voimansiirtolaitteet koneen rungon sisään.
- Noudatetaan koneen suunniteluun ja koneenrakennukseen kuuluvia ammattisääntöjä.
- Otetaan huomioon ergonomiset periaatteet.
- Sovelletaan turvallisuusperiaatteita ohjausjärjestelmiä suunniteltaessa.
- Mekanisoidaan tai automatisoidaan käsin tehtäviä työvaiheita.

Vaihe 2

Vaarat poistetaan turvallisuustekniikan avulla.

Turvallisuustekniikkaa eli suojauksia ja turvalaitteita on käytettävä suojamaan henkilöitä sellaisilta vaaratekijöiltä, joita ei voida poistaa tai riittävästi rajoittaa suunnittelun avulla. Suojusten ja turvalaitteiden valinta perustuu koneelle tehtyyn riskin arviointiin. Suojusten ja turvalaitteiden yleiset rakennevaatimukset on esitelty standardin SFS-EN 292-2 koh-

dassa 4. Jos konetyypistä on yhdenmukaistettu standardi olemassa, on siinä kuvattu yksityiskohtaisesti käytettävissä oleva turvallisuustekniikka. [2.]

Vaihe 3

Käyttö- ja huolto-ohjeet, merkinnät sekä muut varotoimenpiteet.

Jos suojatoimenpiteistä huolimatta jäljelle jää vaaratekijöitä, niistä on ilmoitettava koneen vastaanottajalle. Tarpeen vaatiessa on ilmoitettava erikoiskoulutuksen tarve ja määriteltävä henkilösuojainten tarve. Ohjeissa on myös riittävästi varoitettava mahdollisista vaaroista, jos konetta käytetään muulla kuin ohjeissa annetulla tavalla. [2.]

Suunnittelijan on myös selvitettävä lisävarotoimenpiteiden tarve:

- Varotoimenpiteet hätätilanteiden varalle, esim. loukkuun jääneiden henkilöiden poistuminen ja pelastaminen.
- Koneen huollettavuuden varmistaminen.
- Luotettava erottaminen energiansyötöstä ja energian purkaminen
- Turvallinen luokse pääsy käyttö- ja huoltokohteisiin.
- Koneen ja koneenosien vakavuuden varmistaminen.
- Vianetsintä- ja korjausjärjestelmät.

7 TYÖN SUORITUS

7.1 Suunnittelu

7.1.1 Layout

Layoutia suunnittelussa tutkin ensiksi kaikkien sähköisten komponenttien vaatimat turva-etäisyydet, etteivät ne kuumenisi liikaa. Tarkoitukseni oli alussa asettaa pöydän päälle myös LC8-servo-ohjausyksiköt, mutta sähköturvamääräykset vaativat laitteiden koteloitusta. Sijoitin kotelon pöydän alle, koteloon tuli myös virtalähde logiikalle. Liitteenä 1 on valmiin laitteen layout kuva.

Pöytälevylle mittasin aluksi lineaariyksiköiden vaatiman tilan, jonka jälkeen sijoitin logiikan, makasiinin sylinterin ja venttiilipakan pöydälle ja varmistin, että logiikalle jäisi tarpeelliset turva-etäisyydet kuumumisen estämiseksi.

7.1.2 Pneumatiikka

Laitteen pneumatiikka tuli hyvin yksinkertaiseksi johtuen logiikkaohjauksesta. Logiikka ohjaa kolmea sähköohjattua 5/2-suuntaventtiiliä. Suuntaventtiilit ohjaavat paineen kahdelle sylinterille, makasiinin sylinterille ja imukupin sylinterille sekä alipaine-ejektorille, joka tuottaa alipaineen imukupille. Makasiininsylinterille ja alipaine-ejektorille olisi riittänyt 3/2-suuntaventtiilit, koska ne eivät käytä kuin yhtä paineilmalähtöä. Tukkimalla toisen lähdön 5/2 suuntaventtiilistä saa toimintaperiaatteeltaan samanlaisen kuin 3/2-suuntaventtiili.

Sylintereissä on vastusvastaventtiilit, jotka rajoittavat ilmavirtaa toiseen suuntaan ja näin ollen sylintereiden nopeutta voidaan säätää. Makasiininsylinterissä olisi voinut myös käyttää myös vastusventtiiliä, jolloin kumpikin plus- ja miinusliike olisi ollut säädettävissä samalla venttiilillä. Päätin olla rajoittamatta makasiininsylinterin miinusliikettä, koska makasiini tuntui toimivan paremmin, kun miinusliike oli nopea.

7.1.3 Mekaniikka

Laitteen mekaniikan suunnittelu alkoi kulmakappaleen suunnittelulla, joka yhdistää kaksi lineaariyksikköä toisiinsa. Suunnittelin kappaleen Pro/Engineer-ohjelmalla käyttäen mallina automaatiolaboratorion FMS-200-laitteiston yhtä solua jossa oli myös samanlainen kulmakappale. Suunnittelin myös makasiinin rungon sekä muovi- ja alumiinikappaleet, jotka ovat työkappaleina laitteessa ja tein tarvittavat piirustukset, että kappaleet pystyttiin valmistamaan Koneistamo Almillä.

Itse valmistin alumiinilevystä imukupinsylinterille kappaleen, jolla se saataisiin kiinni toiseen lineaariyksikköön, sekä kappaleen, jolla imukuppi tulee sylinteriin kiinni. Kappaleet olivat yksinkertaisia tehdä ja varsinkin imukupinsylinterin kappaleen mitoituksen pystyi tarkasti määrittelemään vasta, kun lineaariyksikköjä yhdistävä kulmakappale oli valmis. Mitoitus oli tärkeä, että imukuppi tulisi sopivalle korkeudelle.

Pohjalevyn suunnittelin myös Pro/Engineer-ohjelmalla ja jyrsin sen itse koulun NC-jyrsin-koneella. Pohjalevyyn tulivat kolot paletille, makasiinille ja antureille, jotka tunnistavat työkappaleen materiaalin. Pohjalevyn piirustus on liitteenä 2. Kuvasta ilmenee myös makasiinin noutopaikan ja paletin kulmapisteen koordinaatit.

7.2 Kokoaminen

Laitteen kokoamisen aloitin kiinnittämällä toisen lineaariyksikön pöytälevyyn. Kiinnitys tapahtui pöytälevyn läpi tulevilla pulteilla ja varmistin kiinnityksen tukevuuden vielä pöytälevyn alapuolelle tulevilla lattarautoilla. Lineaariyksikön johteisiin kiinnitin kulmakappaleen, johon toinen lineaariyksikkö tuli kiinni.

Pöydän jalkoihin hitsasin lattaraudat, joihin kiinnitin laitekotelon johon tuli LC8 ohjainyksiköt ja logiikan virtalähde. Samalla porasin pöytälevyyn koteloporalla reiän, josta sain vietyä tarpeelliset johdotukset pöydän läpi laitekoteloon.

Pöytälevyyn kiinnitin ruuveilla tarvittavat DIN-kiskot ohjelmoitavalle logiikalle ja liittimoille, sekä johdotuksille tarvittavat johtokourut suunnitellun layoutin liitteen 1 mukaisesti.

7.3 Johdotus

Pääosa johdotuksesta oli ohjelmoitavan logiikan johdotusta, koska LC8-servo-ohjainyksiköissä oli valmiit liittimet, joita ei tarvinnut muuttaa. Servo-ohjainyksiköiltä tuli yksi auki kammattu johtonippu, jossa oli ohjelmoitavan logiikan sisään- ja ulostuloihin hätäseis-painikkeelle liitettävät johtimet. Liittessa 3 on täydelliset kytkentäkaaviot laitteesta.

Ohjelmoitavaan logiikkaan kytkin aluksi käyttöjännitteet ja kytkin sisään- ja ulostulot toimimaan PNP-tyyppisesti. PNP-tyyppisen kytkennän valinnan ratkaisivat LC8-servo-ohjausyksikön PNP-kytkentä, ja muutoinkin Euroopassa on tapana käyttää PNP-tyylistä kytkentää. Sisääntuloihin kytkentätyypin valinta suoritettiin kytkemällä s/s-pinni joko maahan (gnd) tai käyttöjännitteeseen (+24 V). Kytkemällä ohjelmoitavan logiikan ss-pinni maahan saadaan aikaiseksi PNP-tyylin kytkentä. Ulostuloissa kytkentätyyppi valitaan kytkemällä +V-pinneihin käyttöjännite (+24V) tai maa (gnd). Käytettäessä PNP-kytkentää +V-pinneihin kytketään käyttöjännite.

Anturoinnissa kapasitiivinen ja induktiivinen lähestymiskytkin vaativat erillisen käyttöjännitteen ja maan. Kytkin lähestymiskytkimiin käyttöjännitteen ja maan riviliittimiltä ja kolmannen johtimen riviliittimen kautta logiikan sisääntuloihin. Pneumatiikkasyntereissä käytetyt reed-rajakytkimet eivät vaatineet kuin käyttöjännitteen, ja toinen johdin kytkettiin suoraan ohjelmoitavan logiikan sisääntuloihin.

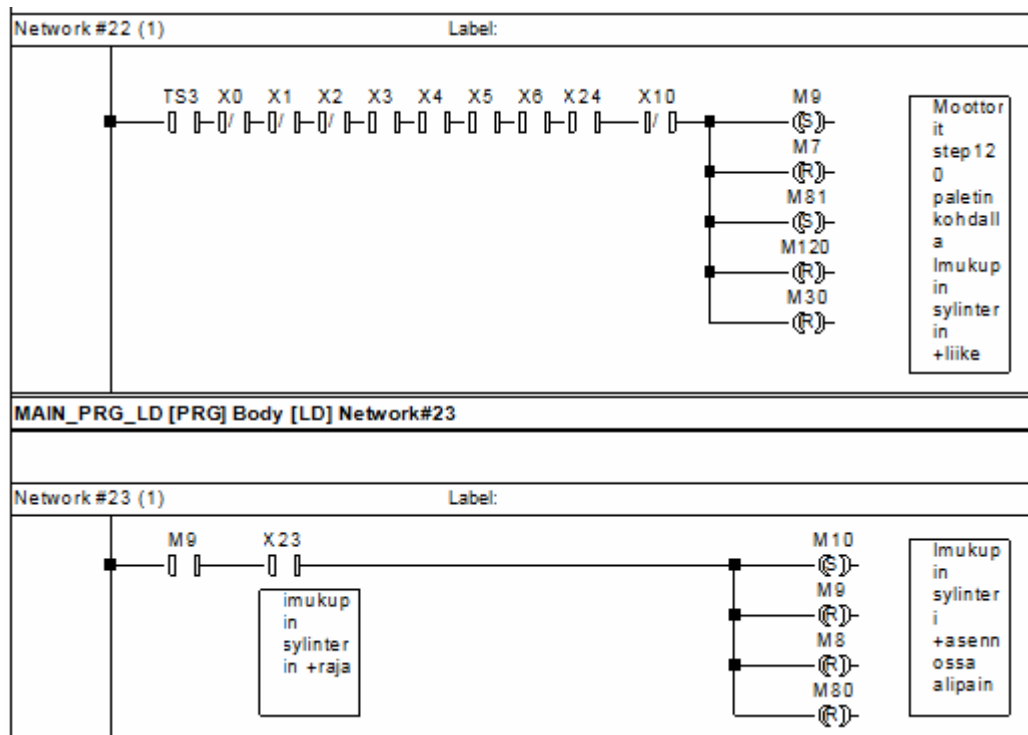
Laitteen ohjaamiseen tarvittiin kolme painonappia. Painonappien johdotus oli samanlainen kuin reed-rajakytkimille, jolloin toinen johdin kytkettiin käyttöjännitteeseen ja toinen ohjelmoitavan logiikan sisääntuloihin. Laitteen käyttöpaneelin asennettiin yhteensä kymmenen painonappia. Ylimääräiset painonapit asennettiin silmälläpitäen laitteen mahdollista laajennusta.

7.4 Ohjelmointi

7.4.1 Mitsubishi melsec FX1N-logiikan ohjelmointi

Logiikan ohjelmointi alkoi sanallisen ohjelmaluonnoksen kirjoittamisella, johon mietittiin valmiiksi ohjelmankulku. Ohjelmaluonnoksesta oli paljon apua ohjelman teossa, koska itse ohjelmaa tehdessä ei tarvinnut miettiä koko ohjelman kulkua ja pystyi keskittymään ohjelman yksityiskohtiin. Valmis ohjelma poikkeaa varsin paljon ensimmäisestä ohjelmaluonnoksesta. Ohjelmointi tapahtui askel kerrallaan aina testaten ohjelman toimivuutta. Suurimpia ongelmia aluksi tuottivat aluksi saman ulostulon kirjoittaminen useasti samaan ohjelmaan, jolloin logiikka meni sekaisin. Ongelma ratkaistiin muistipaikkojen avulla, jolloin logiikan kukin ulostulo on mainittu vain kerran ohjelmassa ja muistipaikat ohjasivat ulostuloja.

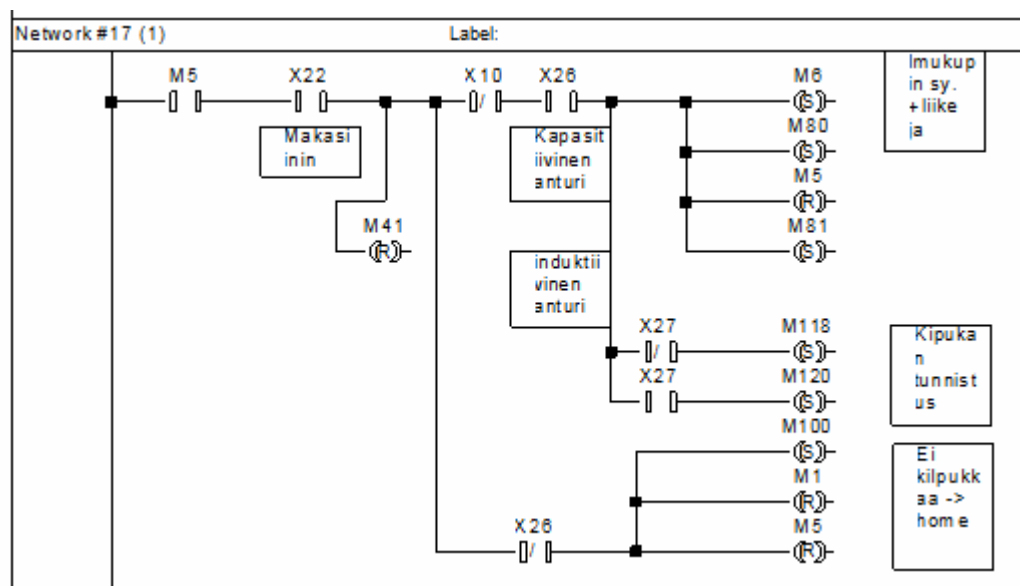
Ohjelmoitava logiikka muutettiin ohjelmallisesti vapaasti ohjelmoitavasta askeltavaksi (kuva 14). Muutos tapahtui muistipaikkojen avulla, jolloin edellisessä askeleessa muistipaikka (M9) asetetaan päälle, ja kun askeleen kaikki ehdot ovat täyttyneet, muistipaikka nollataan ja seuraavan askeleen muistipaikka asetetaan päälle (M10).



Kuva 14. Vapaasti ohjelmoitavan logiikan muuttaminen askeltavaksi ohjelman avulla

LC8-servo-ohjausyksiköiden ohjaus tapahtui myös muistipaikkojen avulla. Ensimmäisessä ohjelman askeleen ehtojen täytyessä asetetaan päälle muistipaikka, joka asettaa ohjelmoitava logiikasta halutun stepin mukaiset ulostulot päälle. Seuraavassa ohjelman askeleessa annetaan start-käske servo-ohjainyksiköille, jolloin lineaariyksiköt liikkuvat stepin mukaiseen paikkaan ja stepin tiedot sekä busy-signaali siirtyvät logiikan sisääntuloihin. Busy-signaalin sammussa lineaariyksiköt ovat siirtyneet haluttuun paikkaan. Ongelmia syntyi, koska ohjelmoitava logiikka kerkesi joskus lukea stepin tiedot sisääntuloilta ennen busy-signaalia, jolloin ohjelmoitava logiikka luuli lineaariyksiköiden siirtyneen jo haluttuun paikkaan, vaikka lineaariyksiköt olivat vielä liikkeessä. Ongelma ratkaistiin asettamalla pieni viive (noin 0,1 s) ohjelman askeleitten väliin, jolloin busy-signaalin kerkesi siirtyä ohjelmoitavan logiikan sisääntuloihin.

Työkappaleen tunnistus ohjelmoitiin siten (kuva 15), että kapasitiivinen lähestymiskytkin (X26) tunnistaa työkappaleen makasiinin hakupaikalta makasiininsylinterin työntöliikkeen jälkeen. Jos induktiivinen lähestymiskytkin (X27) ei tunnista työkappaletta, niin se luokitellaan muoviksi ja siirretään muoville tarkoitettuun palettiin (M118). Induktiivisen lähestymiskytkimen tunnistessa työkappaleen, se luokitellaan metalliseksi ja siirretään metallille tarkoitettuun palettiin (M120). Jos kapasitiivinen lähestymiskytkin ei tunnista kappaletta makasiininsylinterin työntöliikkeen jälkeen, katsotaan, että makasiini on tyhjä ja imukuppi menee kotiasemaan.



Kuva 15. Työkappaleen tunnistus ohjelmassa

7.4.2 LC8-servo-ohjausyksikön ohjelmointi

Aluksi LC8-servo-ohjausyksiköihin täytyi määritellä lineaariyksiköiden referenssi-aseman sekä lineaariyksiköiden järjestys. Asetus tapahtui LC8-servo-ohjausyksiköissä olevilla neljällä mikrokytkimellä. Alimmasta mikrokytkimestä valittiin lineaariyksikön home-asema ja kolmesta ylimmästä mikrokytkimestä lineaariyksikön järjestysnumero.

LC8:n ohjelmointi oli tarvittavien paikkojen opettaminen jog-toiminnolla. Opetettavia paikkoja oli kaksi kappaletta, noutopaikka makasiinista ja paletin kulmapiste. Opetus tapahtui yksi akseli kerrallaan, ja kun imukuppi oli oikeassa paikassa, niin arvot tallennettiin LC8-ohjainyksikön muistiin sekä Notepad-tiedostoksi tietokoneelle. Liitteeseen 2 on merkitty makasiinin noutopaikan ja paletin kulmapisteen koordinaatit.

7.5 Testaus

Laitteelle tehtiin toiminnallinen testaus, jossa paineltiin laitteen hallintapainikkeita väärissä tilanteissa sekä yhtä aikaa ja yritettiin saada laite tekemään virhetoimintoja. Laite ei tehnyt muita virhetoimintoja kuin, start-painiketta painettaessa pitkään alussa makasiini syötti toisen työkappaleen, jollain laite meni jumiin. Virhettä ei saatu korjattua, mutta virhetoiminto ei ole niin vakava, että se häirtäisi laitteen käyttöä.

Laitteen nopeutta ja kiihtyvyyksiä jouduttiin laskemaan noin kolmannekseen maksimista. Laitetta käytettäessä täydellä teholla alustana ollut pöytä alkoi heilua pahasti.

8 YHTEENVETO

Insinööriyössä tutkittiin SMC:n valmistamia lineaariyksiköitä sekä niiden ohjausta. Työn tuloksena rakennettiin toimiva laite. Laitteelle tehtiin myös laboratorio-ohje, jota opiskelijat voivat hyödyntää opiskelussa.

Työn tekemisessä vaikeinta oli ohjelmoitavan logiikan ohjelmointi, koska kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa logiikan ohjelmointia ei käyty kuin pintapuolisesti läpi. Ohjelmaa kirjoittaessa jokainen vaihe piti testata yksitellen, ja jotkin vaiheet piti opetella kantapään kautta, ennen kuin laite saatiin toimimaan.

Työtä tehdessä logiikka ohjelmointi tuli tutuksi, ja jatkossa ohjelmoitavien logiikoiden käyttö ja ylläpito on helpompaa. Myös Pro/Engineer CAD-ohjelmisto ja varsinkin piirustusten tekoa tuli harjoiteltua ja opittua lisää.

Laitteessa jatkokehitystä vaatisivat turvatoimet. Laitteessa pitäisi olla turvatoiminto joka pysäyttäisi laitteen, jos sen toiminta alueelle mennään. Soveltuvia turvalaitteita olisivat turvamatto, valoverho tai laitteen eristäminen esim. pleksiseinällä ympäröivästä tilasta.

Toinen jatkokehityksen kohde olisi muuttaa laitteen kappaleen tunnistusmenetelmän toimintaa esim. FRId-järjestelmäksi tai konenäöllä toimivaksi.

LÄHTEET

1. Kari Kemppainen, Juoni Kinnunen, Jere Tuominen. Lineaariliike [pdf dokumentti].
Saatavilla http://www.machina.hut.fi/kurssit/41/190/formeri_symposium.pdf
(Luettu 7.2.2007)
2. Keinänen, Kärkkäinen, Metso, Putkonen, Logiikat ja ohjausjärjestelmät,
TummaVuoren Kirjapaino Oy, Vantaa 2001, ISBN 951-0-22601-7.
3. SMC Corporation. Positioning Driver (for AC servomotor) and Electric Actuators [pdf dokumentti]
Saatavilla
[http://www.smceu.com/Prod/NEW_EBP/11\)Electric_Actuators/11.2\)Advanced_Options/a/LC8-LJ1-LG1-LTF/LC8-LJ1-LG1-LTF_EU.pdf](http://www.smceu.com/Prod/NEW_EBP/11)Electric_Actuators/11.2)Advanced_Options/a/LC8-LJ1-LG1-LTF/LC8-LJ1-LG1-LTF_EU.pdf)
(luettu 7.2.2007)
4. Leea Hiltunen, Petri Mäkikyrö, Antti Rantamäki. Ohjelmoitavat Logiikat [pdf dokumentti]
Saatavilla
http://www.tkk.fi/Yksikot/Konepaja/Opinnot/Kurssiesitteet/Tuotantoautomaatio/v2004/H_1_Ohjelmoitavat_logiikat.pdf
(Luettu 7.2.2007)
5. Beijer Electronics. [www dokumentti]
Saatavilla
http://www.beijer.fi/web/web_aut_fi.nsf/AllDocuments/C125701A003AA919C1256F540076066B
(Luettu 13.3.2007)

6. Mitsubishi electric. [www dokumentti]
Saatavilla http://www.mitsubishi-automation.com/products/compactplc_FX1N.html
(Luettu 7.2.2007)

7. Beijer Electronics. [www dokumentti]
Saatavilla http://www.beijer.fi/web/web_aut_fi.nsf/AllDocuments/C125701A003AA919C1256F87004A951B
(luettu 13.3.2007)

8. Kalevi Koivuviita. Anturinkytkentä informaatiota. [pdf dokumentti]
Saatavilla http://personal.inet.fi/yritys/kkov.eduserver/yhteinen/s7_200_infoa2.pdf
(luettu 7.2.2007)

9. Beijer Electronics. Technical catalog MELSEC FX1S, FX1N, FX2N, FX2NC
[pdf dokumentti]
Saatavilla [http://www.beijer.fi/web/webbfiles.nsf/0/7BECDD8BE32E28A9C1256DCF004310E9/\\$File/167840_B.pdf](http://www.beijer.fi/web/webbfiles.nsf/0/7BECDD8BE32E28A9C1256DCF004310E9/$File/167840_B.pdf)
(Luettu 13.3.2007)

10. Jaakko Fonselius, Pneumatiikka
Edita Oy, Helsinki 1997, ISBN 951-37-2225-2

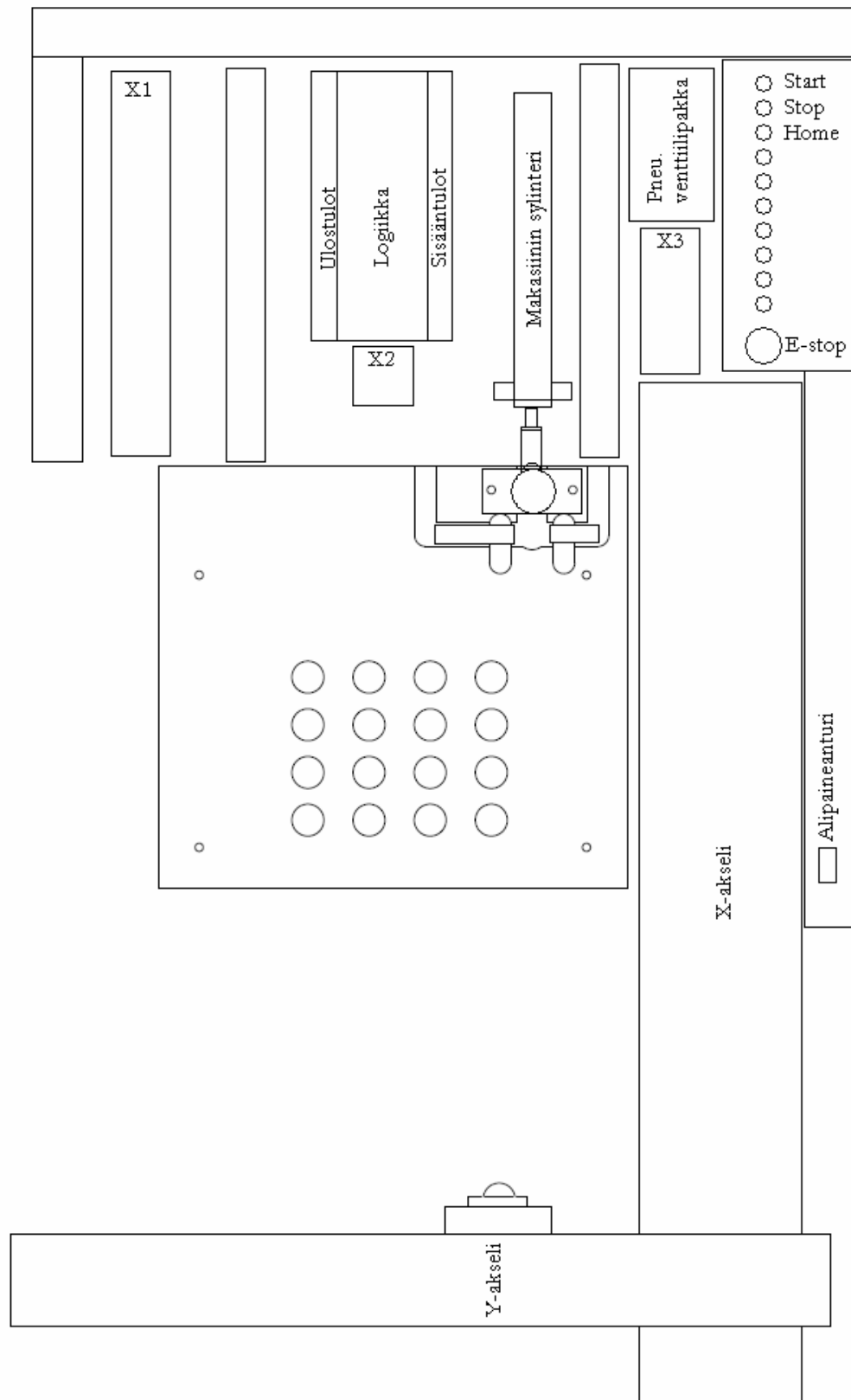
LIITEIDEN LUETTELO

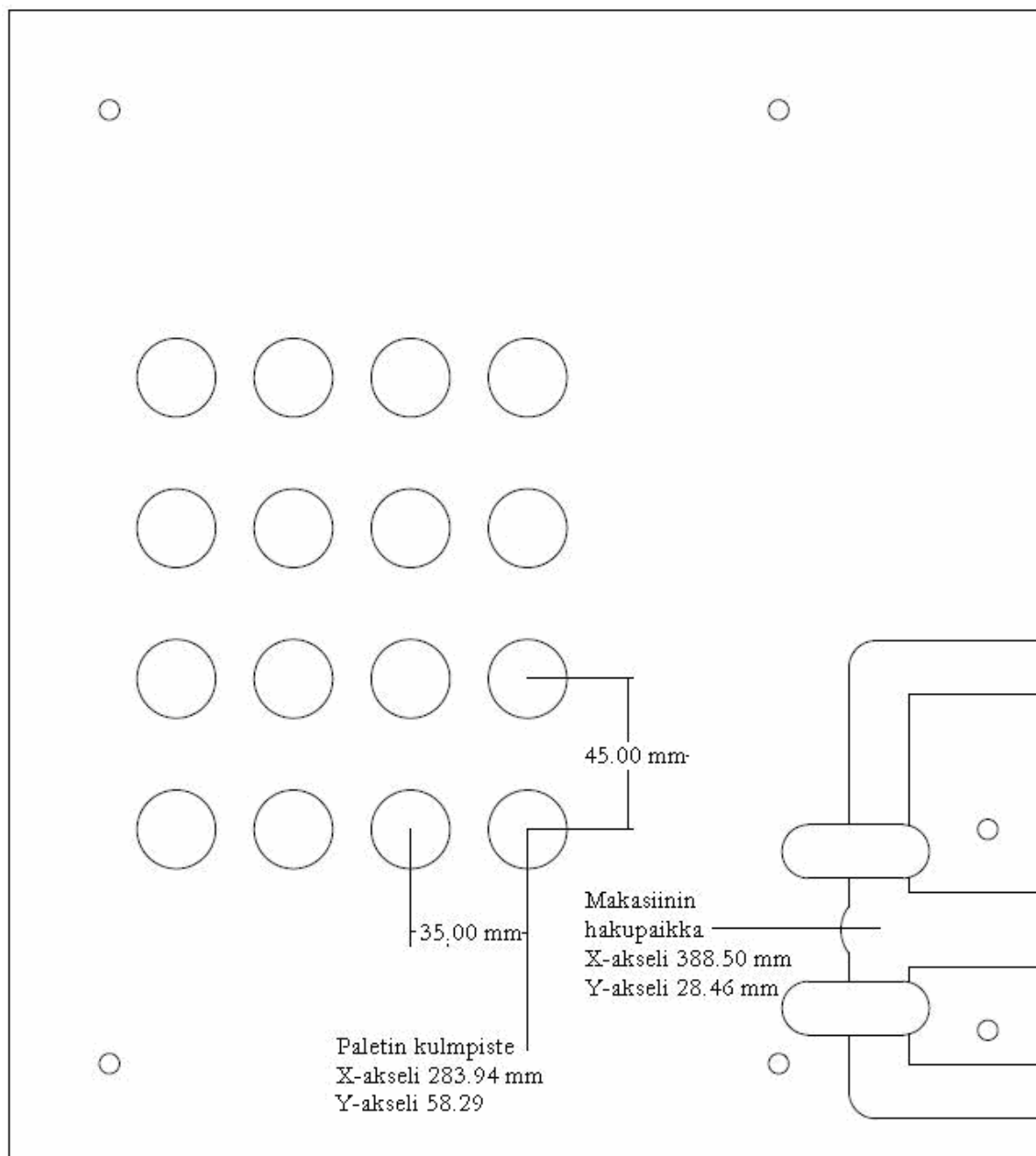
LIITE 1 LAITTEEN LAYOUT KUVA

LIITE 2 POHJALEVYN PIIRUSTUS

LIITE 3 JOHDOTUSKAAVIO

LIITE 4 TÄYDELLINEN OHJELMOITAVAN LOGIIKAN OHJELMA





Logiikan tulot ja lähdöt

Input x		Output y	
x0	LC8 Step 0	y0	LC8 Step 0
x1	LC8 Step 1	y1	LC8 Step 1
x2	LC8 Step 2	y2	LC8 Step 2
x3	LC8 Step 3	y3	LC8 Step 3
x4	LC8 Step 4	y4	LC8 Step 4
x5	LC8 Step 5	y5	LC8 Step 5
x6	LC8 Step 6	y6	LC8 Step 6
x7	LC8 Set on	y7	
x10	LC8 Busy	y10	LC8 Start
x11	LC8 Alarm	y11	
x12	LC8 Error	y12	LC8 Pause
x13	Painonaapi 1 Start	y13	LC8 Home
x14	Painonaapi 2 Stop	y14	LC8 Reset
x15	Painonaapi 3 Home	y15	Alipaine
x16	Painonaapi 4	y16	Makasiini
x17	Painonaapi 5	y17	Imukuppi syl.
x20	Painonappi 6		
x21	Makasiinin + raja		
x22	Makasiinin - raja		
x23	Imukuppi syl + raja		
x24	Imukuppi syl - raja		
x25	Alipaine anturi		
x26	Kapasitiivinen anturi		
x27	Induktiivinen anturi		

Muut logiikan kytkennät

Suojamaa	X1 KEVI
GND	X1:1
SS	X1:1
+	X1:4
+v0	X1:4
+v1	X1:4
+v2	X1:4
+v3	X1:4
+v4	X1:4
+v5	X1:4
24v	X1:23
0v	X1:10

Liitinrima X1

KEVI	X1 KEVI	Logiikka KEVI
GND	X1:1	Logiikka GND ja SS
GND	X1:2	X3:1
GND	X1:3	X2:1
24v	X1:4	Logiikka +, +v0, +v1, +v2, +v3, +v4, +v5
24v	X1:5	X3:4
24v	X1:6	X2:2
	X1:7	
	X1:8	
	X1:9	
LC8 1, 22	X1:10	Logiikka 0v
LC8 2	X1:11	Logiikka y14
LC8 3	X1:12	Logiikka y13
LC8 4	X1:13	Logiikka y12
LC8 5	X1:14	E.Stop painike
LC8 6	X1:15	Logiikka y10
LC8 7	X1:16	Logiikka y6
LC8 8	X1:17	Logiikka y5
LC8 9	X1:18	Logiikka y4
LC8 10	X1:19	Logiikka y3
LC8 11	X1:20	Logiikka y2
LC8 12	X1:21	Logiikka y1
LC8 13	X1:22	Logiikka y0
LC8 14	X1:23	Logiikka 24v
LC8 15	X1:24	Logiikka x0
LC8 16	X1:25	Logiikka x1

LC8 17	X1:26	Logiikka x2
LC8 18	X1:27	Logiikka x3
LC8 19	X1:28	Logiikka x4
LC8 20	X1:29	Logiikka x5
LC8 21	X1:30	Logiikka x6
LC8 23	X1:31	Logiikka x12
LC8 24	X1:32	Logiikka x11
LC8 25	X1:33	Logiikka x10
LC8 26	X1:34	Logiikka x7
	X1:35	
	X1:36	

Liitinrima X2

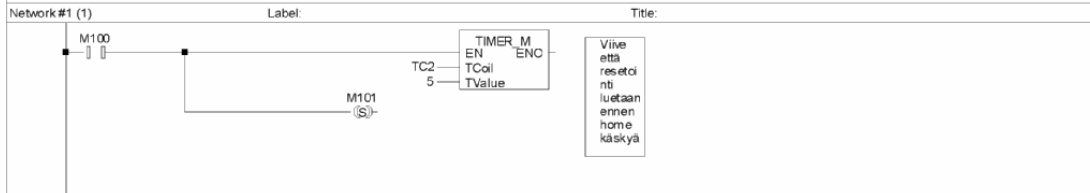
X1:3 GND	X2:1	anturien GND (sin.)
X1:6 24v	X2:2	Anturien 24v (rusk.)
X1:6	X2:3	Makasiinin syl. Antureiden 24v
Logiikka x26	X2:4	Kapasitiivin anturi (must.)
Logiikka x27	X2:5	Induktiivinen anturi (must.)

Liitinrima X3

X1:2 GND	X3:1	Venttiilien gnd
X1:2 GND	X3:2	
X1:2 GND	X3:3	
X1:5 24v	X3:4	Kytkinpaneelin 24v
X1:5 24v	X3:5	Alipaineanturi 24v
X1:5 24v	X3:6	Imukupinsyl. Rajojen 24v
Logiikka X25	X3:7	Alipaineanturi
Logiikka X24	X3:8	Imukupinsyl. +raja
Logiikka X23	X3:9	Imukupinsyl. -raja

--	--	--

MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#1



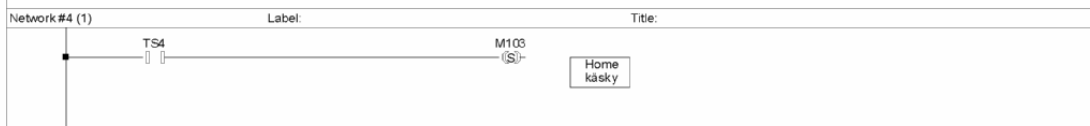
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#2



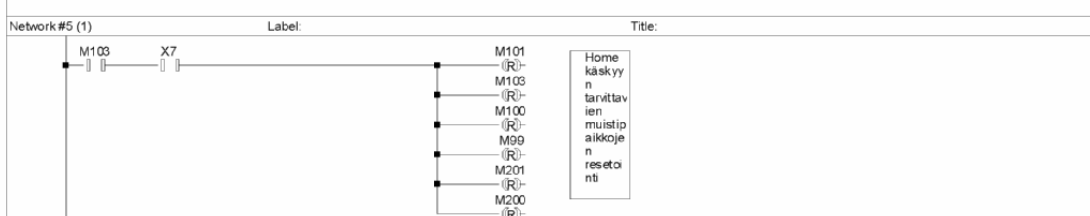
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#3



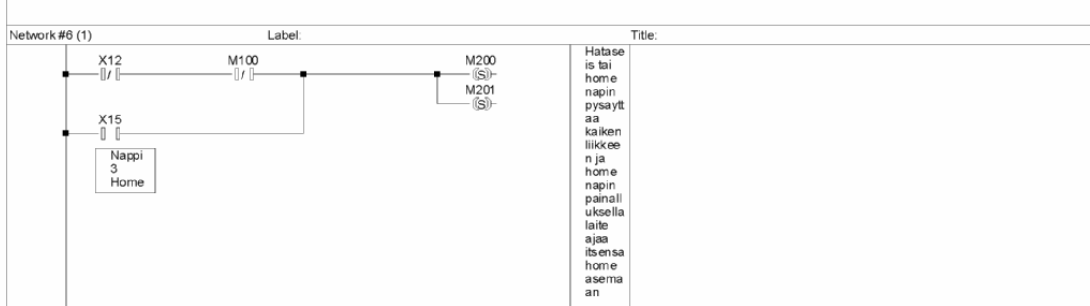
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#4



MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#5



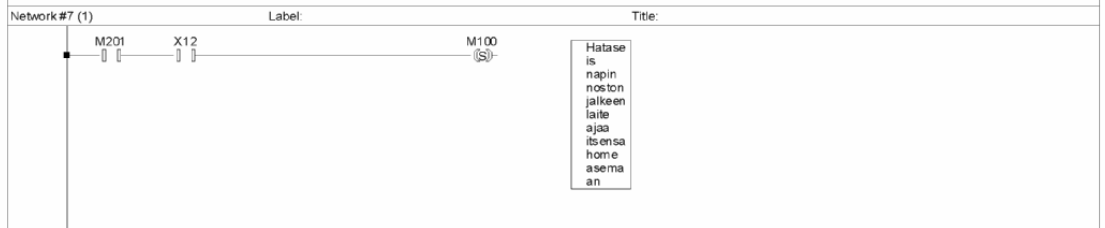
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#6



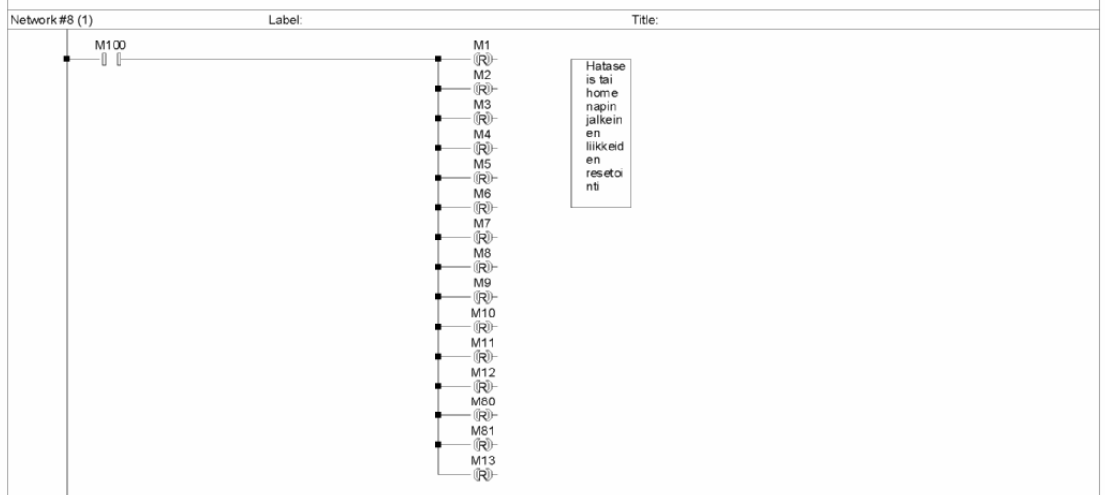
			Date		5.4.2007 13:19:21	z:\vineaar\ohjauvalmis..vineaar\ohjelma
			Drawn			MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD]
			Appr.			Page: 1
Rev	Change	Date	Name	Rel.		

--	--	--

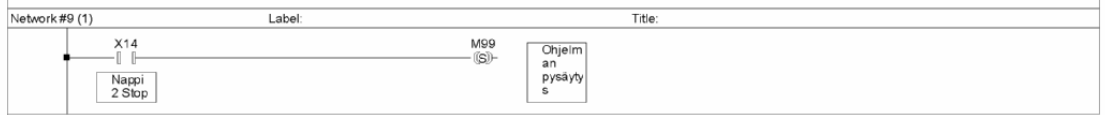
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#7



MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#8



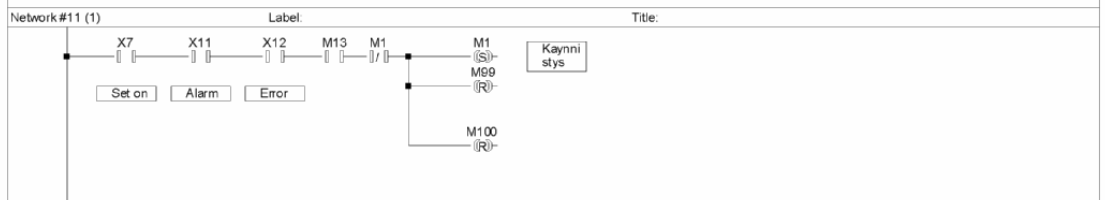
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#9



MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#10



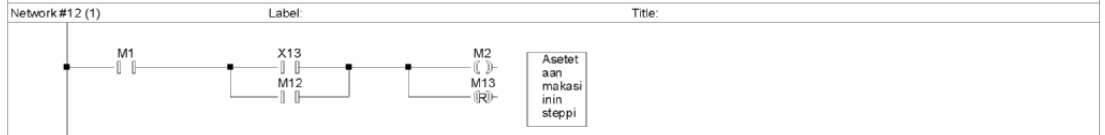
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#11



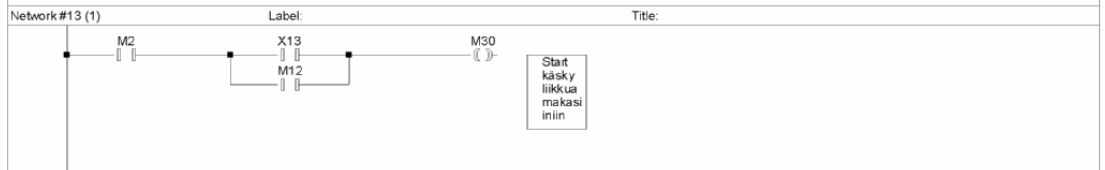
			Date		5.4.2007 13:19:21	z:\lineaiohjausvalmis.. \lineaiohjelma
			Drawn			MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network #7
			Appr.			Page: 2
Rev	Change	Date	Name	Rel.		



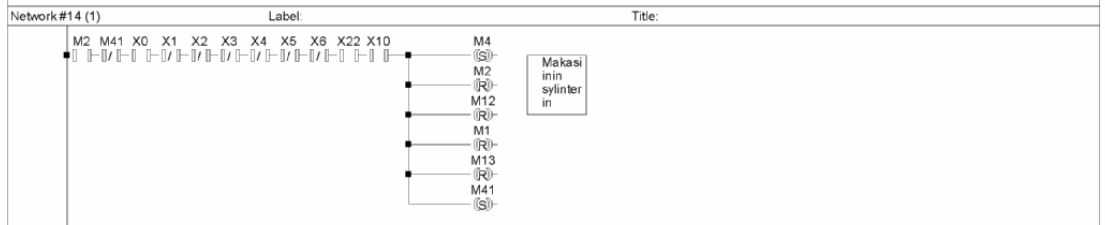
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#12



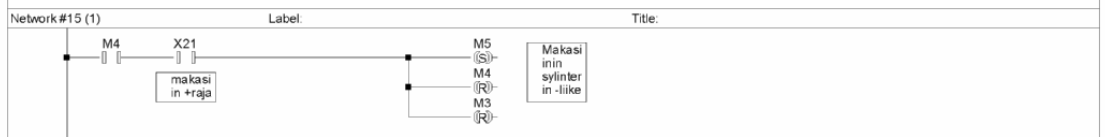
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#13



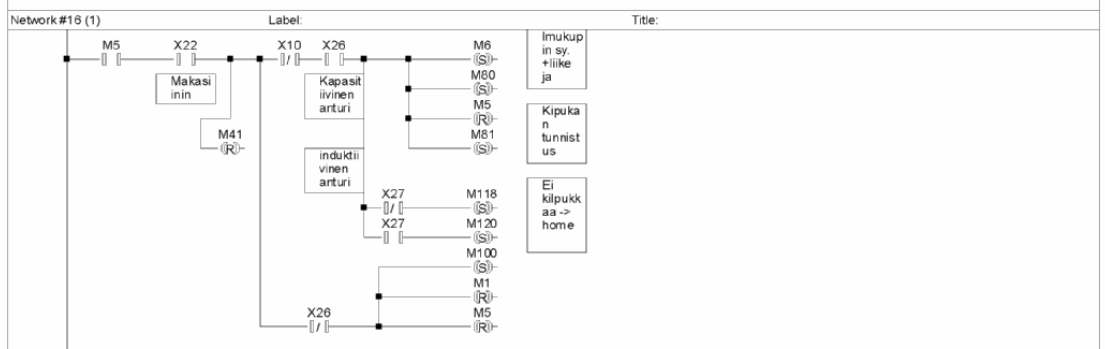
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#14



MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#15



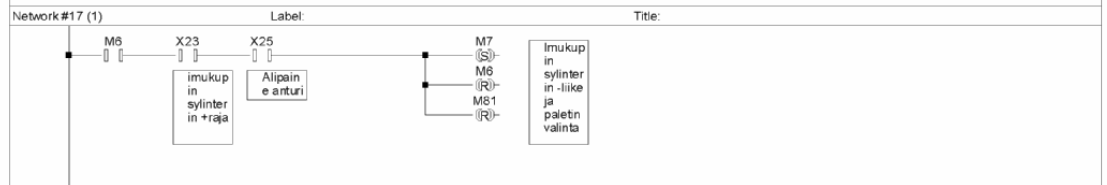
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#16



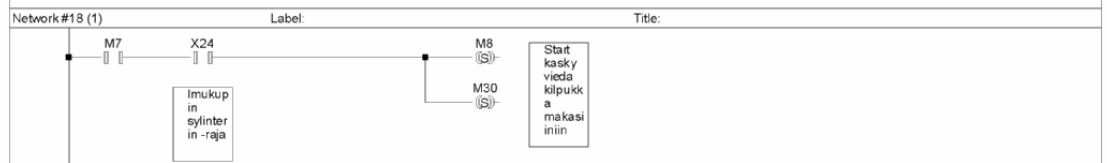
			Date		5.4.2007 13:19:21	z:\vineaariohjausvalmis..vineaariohjelma
			Drawn			MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network #12
			Appr.			Page 3
Rev	Change	Date	Name	Rel.		



MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#17



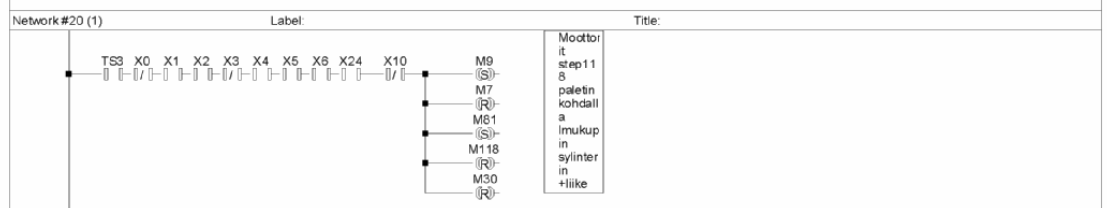
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#18



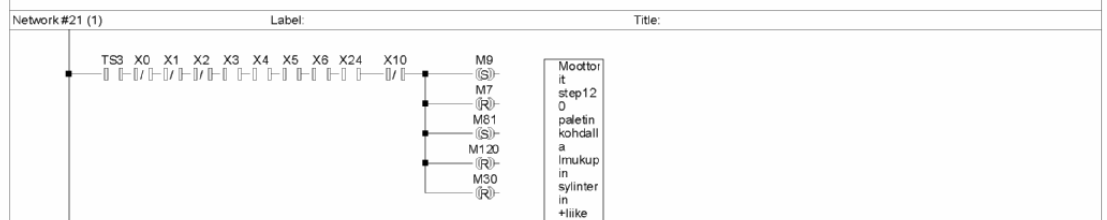
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#19



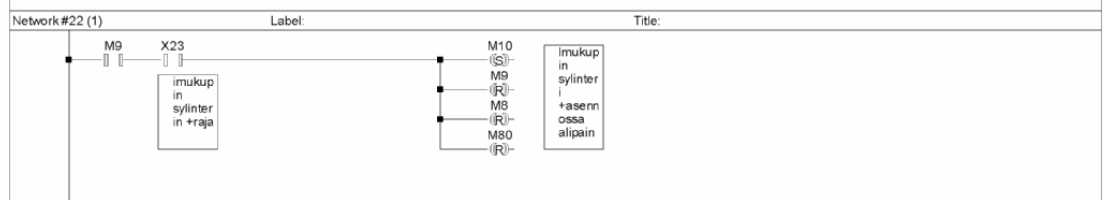
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#20



MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#21



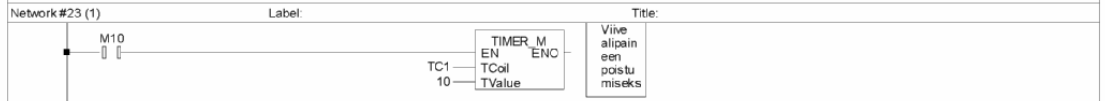
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#22



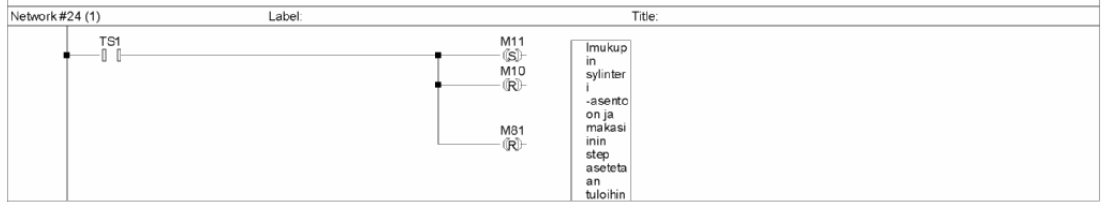
				Date	5.4.2007 13:19:21	z:\vinea\riohjauvalmis..vinea\riohjelma
				Drawn		MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network #17
				Appr.		Page 4
Rev	Change	Date	Name	Rel.		

--	--

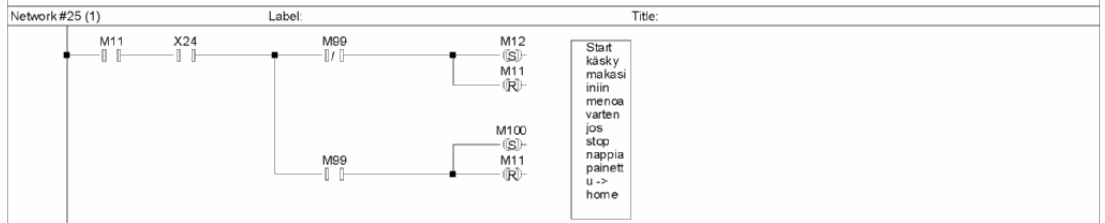
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#23



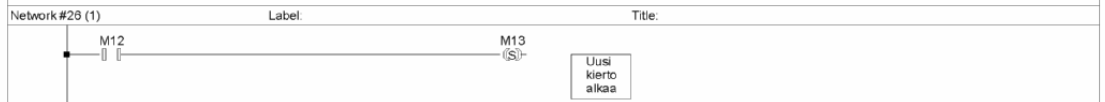
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#24



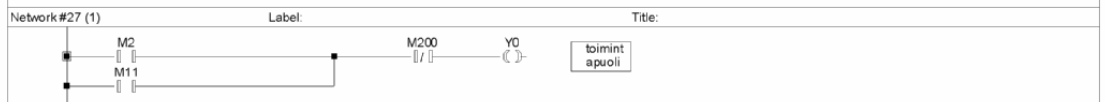
MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#25



MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#26



MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#27



MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#28



MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network#29



			Date		5.4.2007 13:19:21	z:\vineaariohjausvalmis..vineaariohjelma
			Drawn			MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network #23
			Appr.			Page: 5
Rev	Change	Date	Name	Rel.		

