

Perttu Kemppainen

## **FMS-SOLUN JATKOKEHITTÄMINEN**

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



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**

## OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Perttu Kemppainen	
Työn nimi FMS-solun jatkokehittäminen	
Vaihtoehtoiset ammattipinnot Elektroniikan tuotanto	Ohjaaja(t) Pekka Juntunen, Kajaanin ammattikorkeakoulu Toimeksiantaja Kajaanin AMK
Aika Kevät 2007	Sivumäärä ja liitteet 34+29.
<p>Kajaanin ammattikorkeakoulu on suuntaamassa opetustaan elektroniikan tuotannosta koneautomaation opetukseen. Uusi opetussuunnitelma vaatii uusia laitteita. Uusia laitteita tullaan hankkimaan automaatiolaboratorioon.</p> <p>Insinööriyön tarkoituksena oli Kajaanin ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorion FMS-tuotantolinjan solun kehittäminen. Soluun tuli kaksi erillistä logiikkaohjausta. Valinta logiikkaohjauksen välillä tehdään FMS-solun ohjauspaneelissa olevalla valintakytkimellä.</p> <p>Keskeisimmät tehtävät olivat logiikkojen vaatimien sähkökytkentöjen suunnittelu ja loppuun vieminen, ohjelman laadinta ohjausyksiköihin sekä laboratoriotyöohjeen laatiminen. Työ alkoi tiedon hankinnalla ja sähkökytkentöjen tutkimisella ja suunnittelulla. Kun logiikat oli saatu kytkettyä oikein ja kytkentöjen toimivuus varmistettua, suoritettiin ohjelmien laadinta logiikoihin.</p> <p>Työn tuloksena saatiin FMS-solu, jolla voidaan harjoitella sekä Omron- että Mitsubishi-tyyppisten logiikkaohjainten ohjelmointia. Logiikat saatiin toimimaan ilman häiriöitä, joten työn tavoite toteutui. Oppilaat voivat kokeilla ja vertailla logiikkaohjauksia samassa ympäristössä ja muodostaa itse käsityksen kummankin logiikan ominaisuuksista.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Insinööriyö, FMS-tuotanto, logiikkaohjaus
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Perttu Kemppainen	
Title Installing Two Logic Controllers in the Same FMS Production Cell	
Optional Professional Studies Electric's Production	Instructor(s) Pekka Juntunen
	Commissioned by
Date March 20, 2007	Total Number of Pages and Appendices 34 plus 29 appendices
<p>Kajaani University of Applied Sciences is focusing on teaching from Electronic's Production to Machine Automation. The new teaching strategy requires new equipment. This new teaching equipment will be installed in the Automation Laboratory.</p> <p>The purpose of this Bachelor's thesis was to develop an FMS production cell for the Automation Laboratory at Kajaani University of Applied Sciences. The production cell includes two logic controllers which can both be used separately to control an FMS production cell. There is a switch on the control panel of the production cell which is used to select the logic controller that will be in use.</p> <p>The task included planning and installing electronic wirings, creating programs for both logic controllers and producing set of laboratory work instructions for the students.</p> <p>The result of the laboratory work is an FMS production cell which can be used to teach programming for the Omron and Mitsubishi type logic controllers. Students can compare and test both types of the logic controllers in the same environment and realize the image of their features independently.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Bachelor's thesis, FMS production, Logic controller
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 AUTOMATISOITU TUOTANTO	2
2.1 Yleistä	2
2.2 FMS-tuotanto	2
2.3 Anturit	4
2.3.1 Yleistä anturitekniikasta	4
2.3.2 Mekaaninen rajakytkin	6
2.3.3 Induktiivinen lähestymiskytkin	6
2.3.4 Kapasitiivinen lähestymiskytkin	7
2.3.5 Optiset lähestymiskytkimet	8
2.3.6 Reed-kytkin	9
2.3.7 Hall-anturi	10
2.4 PLC eli logiikkaohjain	11
2.4.1 Omron CPM2A 30CRD-A	12
2.4.2 Mitsubishi FX1N-40MT-DSS	12
2.5 Rungon syöttöaseman pneumaattiset järjestelmät	13
2.5.1 Paineilman huoltoyksikkö	14
2.5.2 Sähköohjattu venttiilistö	15
2.5.3 Ejektori	18
3 TYÖN TOTEUTUS	19
3.1 Tilanne alussa	19
3.2 Rungon syöttöaseman toiminnan kuvaus	19
3.3 Tarvittavat muutokset	20
3.3.1 Virtalähteen asentaminen ja kytkennät	20
3.3.2 Ohjelmiston siirto Omron-yksikköön	20
3.4 Toteutus	21
3.4.1 Omronin ohjelmoinnissa käytetyt käskyt	22
3.4.2 Mitsubishihin ohjelmointi	23
3.4.3 Asennustyö	24
3.5 Kenttäväylät	25
3.5.1 ASi-väylä	28

3.5.2 AS-I väylän toiminta	29
3.6 Lopputulos	31
4 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	34
LIITEET	
LIITE 1. LABORATORIOTYÖOHJE LAAKERINKUOREN LASTAUSASEMAN KÄYTÖSTÄ	
LIITE 2. OMRON CPM2A-30CDR-A-OHJELMISTO	
LIITE 3. MITSUBISHI FX1N-40MT-DSS OHJELMA	

## 1 JOHDANTO

Kajaanin ammattikorkeakoulu lisää koneautomaation opetusta. Automaatiolaboratoriossa on SMC:n opetuskäyttöön toimittama FMS-tuotantolinja. FMS tulee sanoista Flexible Manufacturing System eli joustava tuotantojärjestelmä. Tuotantolinja kokoaa laakeripesiä joustavan tuotantojärjestelmän periaatteiden mukaisesti. Sitä käytetään automaatiotekniikan opetukseen. Tuotantolinjan laitteita kehitetään mahdollistamaan monipuolisempi automaatiotekniikan opetus.

Insinööriyön tavoitteena on jatkokehittää yhtä tuotantolinjan solua siten, että siinä on käytössä kaksi erillistä logiikkaohjausta. Ennen työn suorittamista ei ollut lainkaan selvää, että koneohjauslogiikat toimisivat ilman häiriöitä samassa tuotantosolussa. Logiikoiden yhteenliittämiseen liittyvät ongelmat oli ratkaistava ja tehtäväohjelmat logiikoihin (Litteet 2 ja 3). Käytettävä logiikkaohjaus voidaan valita kytkimellä, jolloin vain yksi logiikka on kerrallaan toiminnassa. FMS-solua tullaan käyttämään koneautomaation opetuksessa. Kaksi erilaista koneohjauslogiikkaa samassa tuotantosolussa antaa oppilaille mahdollisuuden kokeilla ja muodostaa itsenäinen mielikuva kummankin logiikkaohjaimen ominaisuuksista ja käytöstä. Lisäksi tehtävänä on laatia laboratoriotyöohje solun käyttämisestä. (Liite 1)

## 2 AUTOMATISOITU TUOTANTO

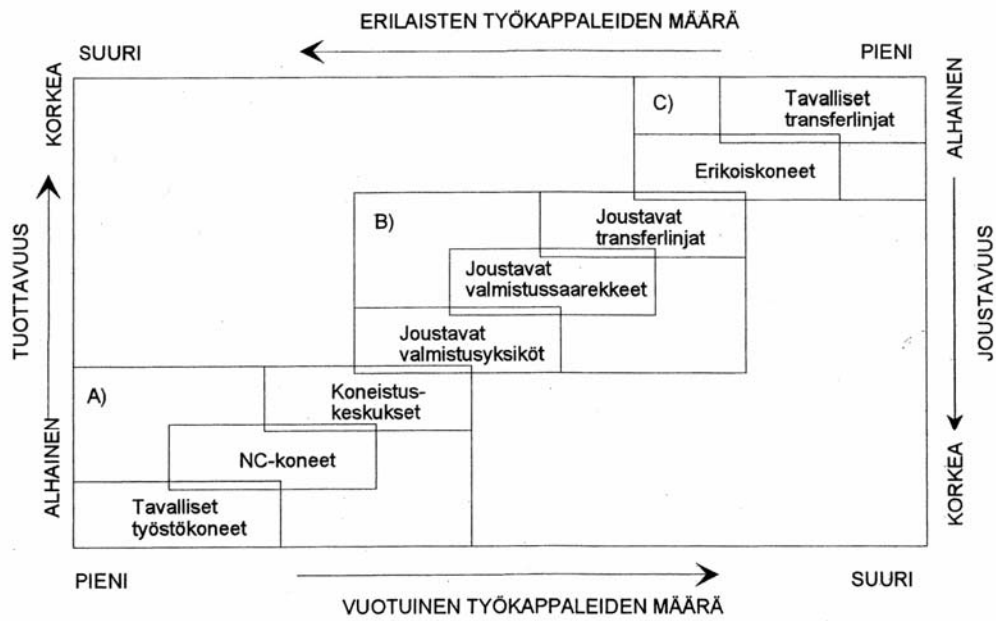
### 2.1 Yleistä

Nykyaikaiset tuottavuusvaatimukset, ihmistyön kallis hinta ja ergonomiset vaatimukset ovat johtaneet automaatiolaitteiden voimakkaaseen kehitykseen ja yleistymiseen. Tuotantotekniikassa on paljon samanlaisena toistuvia työvaiheita. Ne hoidetaan nykyisin yleisesti automaatiotekniikan avulla.

Pienet ja keskisuuret järjestelmät automatisoidaan ohjelmoitavilla logiikoilla, PLC. Suuret järjestelmät, kuten esimerkiksi paperikoneet, automatisoidaan varsinaisilla automaatiojärjestelmillä. Nykyisin pienissäkin logiikkaohjaimissa on monipuolisia ominaisuuksia ja mahdollisuus lisätä toimintoja tarvittaessa, kuten tuloja ja lähtöjä, erilaisia mittauslaitteistoja tai kommunikointimahdollisuus muiden järjestelmien kanssa, erillisten, jälkikäteen asennettavien laajennusosien avulla.

### 2.2 FMS-tuotanto

FMS on joustava valmistusjärjestelmä, jolla pystytään valmistamaan tietyn ryhmäteknologisen perheen puitteissa taloudellisesti ja keskeytymättömästi haluttuja tuotteita halutun kokoisissa erissä ja halutussa järjestyksessä. Se ei siis ole niin joustava, että sillä voitaisiin tehdä mitä tahansa, eikä niin tehokas, että se voitaisi perinteisen transfer-linjan suursarjatuotannossa. Se on kuitenkin ominaisuuksiltaan tehokas yhdistelmä molempia, ja sitä käytetään, kun halutaan sekä joustavuutta että tehokkuutta. Kuvassa 1 on näkyä millaiseen tuotantoon kukin tuotantojärjestelmä soveltuu [1.]



Kuva 1. Tuotantomäärän ja tarvittavan joustavuuden vaikutus tuotantotapaan. [1.]

Joustavat valmistusjärjestelmät, FMS, näkyvät kuvassa ryhmässä B. Ne jakaantuvat kolmeen alaryhmään: joustavat valmistusyksiköt FMU, joustavat valmistusjärjestelmät FMS ja joustavat transferinjat FTL [1.]

FMS on vähintään kahdesta koneesta koostuva, pitkälle automaattisesti toimiva valmistusjärjestelmä. Se vaatii vähän tai jopa ei ollenkaan ihmisen valvontaa. Kappaleiden siirrot koneelta toiselle tapahtuvat automatisoidulla siirtojärjestelmällä. Koneet toimivat itsenäisesti, niiden tahti ei riipu toisista yksiköistä. Työkappaleiden reitti on vapaa. Uusia osia voidaan ottaa tuotantoon ilman ongelmia. Samoin työkalun vaihdot ovat automatisoituja, joten kone voi valmistaa tietyn osaperheen osia automaattisesti. Eri kappaleiden työnkulut voivat poiketa toisistaan, joten jopa joka kappaleelle voi olla oma ohjelma. Järjestelmää voidaan laajentaa tarpeen mukaan vaiheittain ja sitä voidaan myös käyttää yksittäisinä moduuleina. Kokonaisjärjestelmää ohjaa PLC, tai suuremmissa järjestelmissä tietokone [1.]

FMS-työkierro alkaa varustelu- ja panostustoiminnasta. Siinä valitaan valmistukseen tuleva työkappale valmistusmääräinten luettelosta. Panostusasemalle kuljetetaan sekä paletti/kiinnitin, että kiinnitettävä materiaali. Panostaminen ja purkaminen ovat työvaiheita, joissa käyttäjä syöttää tiedot järjestelmään. Tässäkään vaiheessa ei välttämättä tarvita ihmistä, vaan panostaminen ja purkaminen voidaan hoitaa automaattisesti [1.]



Kun työkappale on kiinnitetty paletille, hoitaa kuljetusjärjestelmä kappaleen kuljetuksen työvaiheluetteloiden mukaisesti. Kuljetustapahtumia ohjataan kuljetuspyynnöillä, joissa on määriteltäviä siirrettäviä paletti, haku- ja jätösoitteet sekä tehtävän tärkeysaste. Kuljetuspyyntöjen luettelo on yksi järjestelmän kriittisistä kohdista. Sen häiriintyessä koko järjestelmä pysähtyy. Jos tämä tapahtuu vaikkapa miehittämättömän yövuoron aikana, voivat seuraukset olla merkittäviä [1.]

Paletin saapuessa valmistusyksikköön, FMU, siirtyy vastuu kaikista paletin seuraavista toimenpiteistä valmistusyksikköön. Saatuaan työvaiheet tehtyä valmistusyksikkö ilmoittaa kuljetusjärjestelmälle paletin olevan noutovalmis ja yleensä samalla olevansa valmis ottamaan vastaan uuden paletin. Näin paletti kiertää läpi sille tarkoitettuihin valmistusyksiköihin. Lopuksi kuljetusjärjestelmä kuljettaa paletin purkausasemalle, jossa työkappale irrotetaan paletista jatko-toimenpiteitä varten [1.]

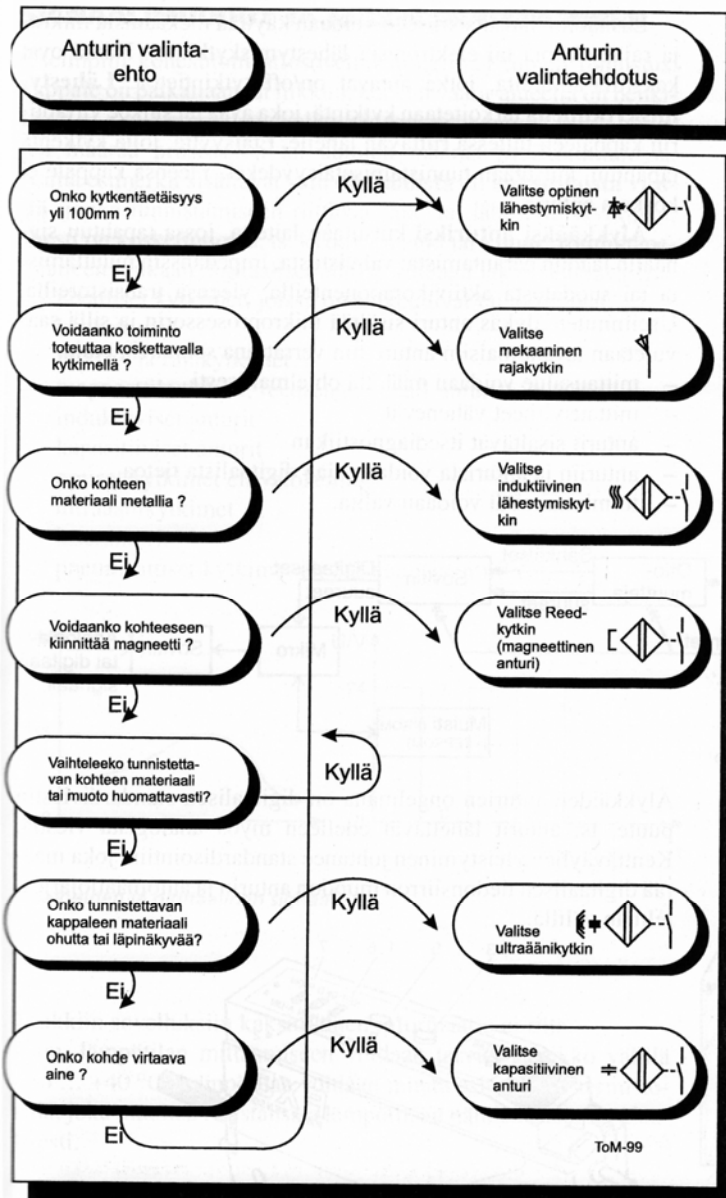
Kaikista valmistuksen aikaisista tapahtumista kerätään tietoa mahdollisten häiriöiden havaitsemiseksi ja niiden hoitamiseksi siten, ettei tuotanto keskeydy. Virheellinen kappale pyritään havaitsemaan ja erottamaan muista.

## 2.3 Anturit

### 2.3.1 Yleistä anturitekniikasta

Anturit tuottavat ohjauksen tarvitsemää tietoa. Anturilla tarkoitetaan laitetta, joka muuttaa mitattavan prosessisuureen sähköiseksi tai pneumaattiseksi viestiksi. Koneautomaatiossa anturit mittaavat koneen toiminnan kannalta tarpeellisia fysikaalisia suureita ja muuttavat ne ohjausjärjestelmän ymmärtämään muotoon. Anturin antama suure muutetaan standardimuotoiseksi viestiksi lähettimessä. Lähetin on usein rakennettu osaksi anturia. Tämän tyyppinen anturi vastaakin yleistä anturikäsitystä koneautomaatiossa. Tieto antureilta tulee ohjausjärjestelmän tuloihin ja järjestelmä ohjaa tuloihin tulleen tiedon pohjalta lähdöt ohjelmointinsa mukaisiin tiloihin. Ohjausjärjestelmä toimii siis antureilta saamansa tiedon varassa. Siksi anturointi on toteutettava siten, että sen tuottama tieto on kaikissa olosuhteissa oikeaa ja luotettavaa. Onnistuneen anturoinnin edellytyksenä on mitattavan suureen ja sen ympäristön olosuhteiden täsmällinen tuntemus. Kuvassa 2 on esitelty anturin valinnassa huomioon otet-

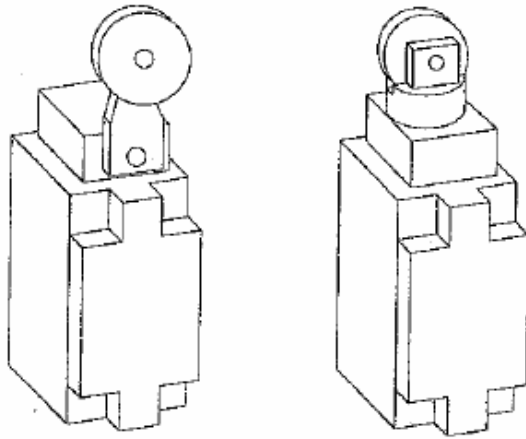
tavia tekijöitä. Anturia ei voida valita pelkästään mitattavan suureen perusteella, vaan ympäristötekijät on ehdottomasti otettava huomioon. Tekijät, kuten pöly, vesi, lämpötila ja värinä, vaikuttavat suuresti käytettävissä oleviin anturityyppeihin. Yleisimmin käytetään kapasitiivista-, induktiivista- ja ultraäänianturia.



Kuva 2. Suositeltavista antureista [2.]

### 2.3.2 Mekaaninen rajakytkin

Mekaaninen rajakytkin on nimensä mukaisesti katkaisija, jonka sisällä olevat koskettimet sulkeutuvat tai avautuvat mekaanisesti. Kuvassa 3 on esitetty tyypillisiä mekaanisia rajakytkimiä. Mekaanisen kytkimen haittana ovat mekaanisen voiman tarve, liikkeestä johtuva kuluminen ja epäpuhtauksien mahdollinen pääsy kytkimen sisään koteloinnista huolimatta. Mekaanisen rajakytkimen eliniäksi ilmoitetaan tyypillisesti 10–30 miljoonaa kytkentää. Mekaanista kytkintä käytetään tyypillisesti raja-, referenssi- tai turvakytkimenä. Sen kytkentätaajuus on alhainen, vain 1–3 pulssia sekunnissa ja tilanvaihtoon kuluva aika pitkä, 2–10 ms. Mekaaninen rajakytkin pystyy kytkemään suuria tehoja verrattuna muihin rajakytkintyyppeihin. Virta voi olla 4–16 A ja jännitteen kesto 250–500 VDC[2.] [3.]



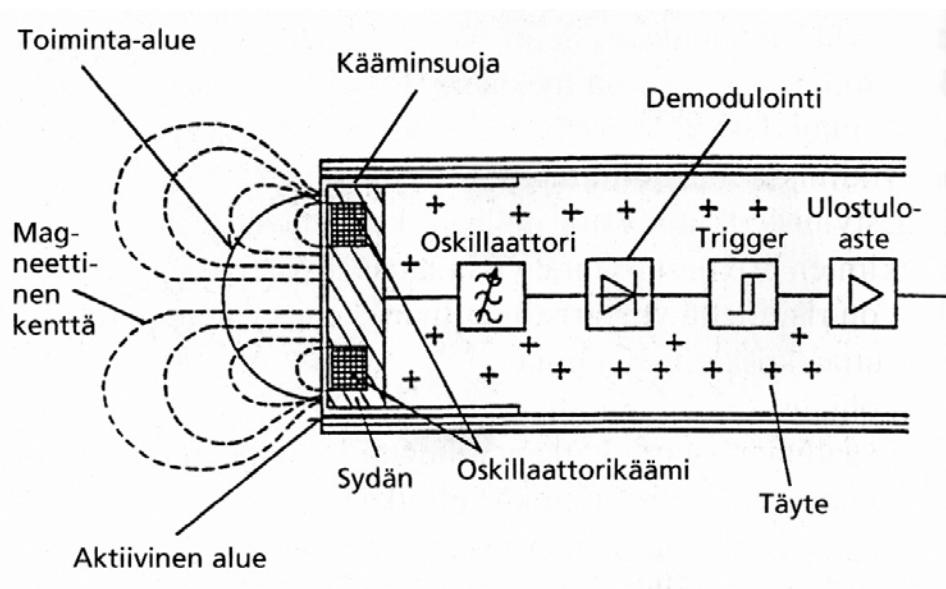
Kuva 3. Mekaanisia rajakytkimiä [2.]

### 2.3.3 Induktiivinen lähestymiskytkin

Induktiivisia lähestymiskytkimiä käytetään osittain samoihin tehtäviin kuin mekaanisiin kytkimiin. Induktiivinen lähestymiskytkin tunnistaa hyvin metalleja sisältäviä materiaaleja. Tunnistusetäisyys voi suurimmillaan olla 50 mm. Käytännössä luotettava tunnistusetäisyys on 2–20 mm. Kytkimen toiminta perustuu induktioperiaatteeseen, eikä mekaanista kontaktia synny missään vaiheessa. Induktiivinen kytkin tunnistaa vain metalleja, eikä sen tunnistusetäisyyttä ole mahdollista säätää.

Tunnistaminen perustuu oskillaattoriin ohjaamaan kelaan. Kela muodostaa anturin aktiivisen pinnan eteen korkeataajuuksisen sähkömagneettisen kentän. Kun kelan pyörrävyys osuvat sen lähelle tuotuun materiaaliin, välittyy energiaa kohdekappaleeseen ja oskillaattoriin syntyy kuormitus ja sen värähtely vaimenee. Kytkimen elektroniikka tunnistaa tämän, antokytkin aktivoituu ja lähettää sähköisen signaalin muokkaus- ja vahvistuspiirin kautta (kuva 4.). Kytkimen elektroniikka muuttaa signaalin on/ei-tiedoksi [2.] [4.]

Kytкимиä on saatavissa 10–40 VDC ja 250 VAC jännitteille ja tyypillinen virran kesto on 100–300 mA. Toimintaperiaatteensa takia kytkin kuluttaa aina vähän virtaa. Toiminnaltaan induktiivinen kytkin on nopea, kytkentätaajuus voi olla jopa 5000 Hz. Sen hinta ei ole juuri kalliimpi kuin mekaanisen rajakytkimen ja markkinoilla on laaja tarjonta erilaisia induktiivisia kytkimiä [2.] [4.]



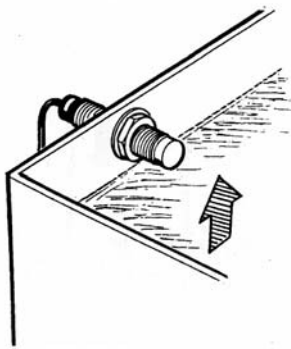
Kuva 4. Induktiivisen rajakytkimen toiminta [2.]

### 2.3.4 Kapasitiivinen lähestymiskytkin

Kapasitiivinen lähestymiskytkin soveltuu samoihin tehtäviin kuin induktiivinen, mutta se tunnistaa myös ei-metallisia materiaaleja. Se on toiminnaltaan selvästi hitaampi kuin induktiivinen lähestymiskytkin, tunnistustaajuus on 1000–1500 Hz. Tunnistaminen perustuu tunnistettavan aineen dielektrisyteen. Mitä suurempi dielektrisyys on, sitä suurempi on tunnistusetaisyys. Ilman dielektrisyysvakio on yksi. Anturi tunnistaa materiaalit, joiden dielekt-

risyysvakio on suurempi kuin kaksi. Anturin tunnistavana osana toimii oskillaattoriipiiri, jonka kondensaattoriossa muodostuu kahdesta kytkimen kärjessä olevasta elektrodista (kuva 5). Tunnistusetäisyys on 10–40mm [2.] [4.]

Kapasitiivinen anturi on hieman kalliimpi ja luotettavuudeltaan huonompi kuin induktiivinen anturi. Kapasitiiviset anturit ovat aika yleisessä käytössä niiden monipuolisten käyttöominaisuuksiensa takia. Niitä käytetään täytön valvonnassa, mittaamaan erilaisten nesteiden, jauheiden ja rakeiden pinnankorkeutta. Niillä voidaan myös mitata etäisyyttä jonkin toisen aineen läpi ja tunnistusetäisyys on mahdollista säätää[2.] [4.]



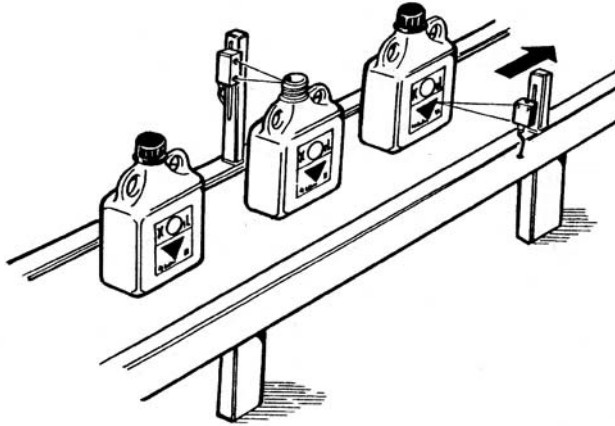
Kuva 5. Kapasitiivinen lähestymiskytkin soveltuu myös nesteiden pinnan tarkkailuun [2.]

### 2.3.5 Optiset lähestymiskytkimet

Optisen lähestymiskytkimen muodostavat valoa lähettävä diodi ja sitä vastaanottava transistori. Kytkin tunnistaa valonsäteen katkeamisen tai muutoksen valon voimakkuudessa, se on siis ns. valokytkin. Yleisimpiä optisia kytkimiä ovat lähetinvastaanotin-periaatteella toimivat (kuva 6.), suoraan heijastavalla periaatteella toimivat ja V-periaatteella toimivat. Rakenteellisesti optiset kytkimet voidaan jakaa neljään ryhmään: peilistä heijastavat, kohteesta heijastava, kohteesta heijastava taustahäivytetty ja valokuitu [4.]

Optinen kytkin soveltuu hyvin pitkille etäisyyksille. Etäisyys voi olla jopa 50 m. Optisien kytkimien tunnistustaajuus vaihtelee välillä 100 Hz–10 kHz. Lika ja hajavalot aiheuttavat häiriöitä [2.]

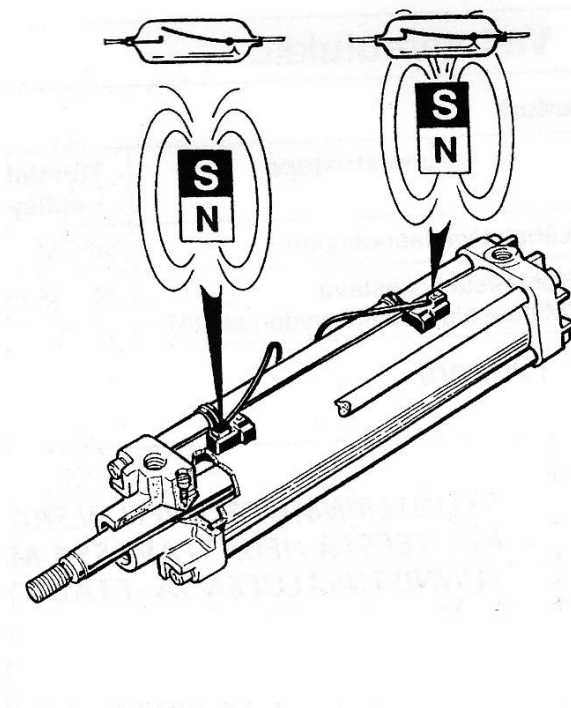
Optisia rajakytkimiä käytetään turvalaitteissa, rajakytkimissä, laskureina kappaleiden laskennassa. Yleisesti niitä käytetään koneautomaatiossa ja ne soveltuvat erityisesti tarkkailu- ja hälytyssovelluksiin [2.]



Kuva 6. Optisen rajakytkimen toiminta [2.]

### 2.3.6 Reed-kytkin

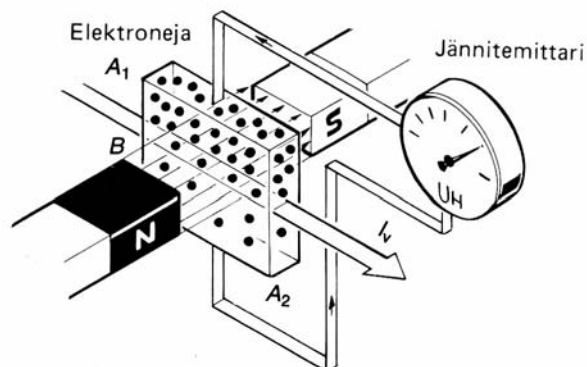
Reed-kytkimen toiminta perustuu magneettikenttään. Kytkin on hermeettisesti suljettu kotello, jonka sisällä on ferromagneettinen kosketinpari. Riittävän voimakas magneettikenttä saa koskettimet sulkeutumaan. Sähköisesti reed-kytkin on mekaanisen rajakytkimen kaltainen. Reed-kytkimen etuina ovat nopea toiminta, toimintataajuus 1000 Hz ja kytkeä- ja irrotusajat 0,3–0,6 s, mekaanisen kosketuksen puuttuminen, suljettu, pölyltä ja kosteudelta suojattu rakenne. Reed-kytkimen toimintaetäisyys on 5–40 mm. Sen etuna on myös kytkimen kokoon nähden suuri kytkeävirta, 0,5–3 A. Reed-kytkintä käytetään mm. nesteiden pinnankorkeuksien tarkkailuun – kytkin aistii nesteessä olevan magneettisen kohon aseman tai pneumaattisten sylinterien aseman tunnistamisessa, jolloin anturi tunnistaa sylinterin ulkokuoren läpi sisällä liikkuvan magneettisen männän (kuva 7.). Reed-kytkintä voidaan käyttää sen nopean toiminnan ansiosta myös pyörimisnopeuksien tarkkailuun kiinnittämällä tarkkailtavaan osaan magneetti [2.] [4.]



Kuva 7. Reed-kytkin reagoi magneettikenttään. Paineilmasyylinterin päätyasentojen tunnistus reed-kytkimellä [2.]

### 2.3.7 Hall-anturi

Hall-anturin toiminta perustuu magnetismiin (kuva 8). Toiminnaltaan Hall-kytkin on hyvin nopea, toimintataajuus jopa 100 kHz, ja täysin vailla mekaanisia, liikkuvia osia. Hall-anturia sovelletaan automaatiotekniikassa rajakytkimenä, pituuden-, kulmaliikkeen-, ja pyörimisnopeuden mittauksissa [2.] [3.]



Kuva 8. Hall-anturin toiminta [3.]

Paineanturissa on jousijännitteinen kalvo, joka käyttää koskettimia. Jousen jännitys on yleensä säädettävissä, jolloin anturin toimintapaine voidaan valita. Painekeytkin voi mitata ylipaineita, jolloin sitä voidaan käyttää mittaamaan paineen riittävyyttä verkostossa. Painekeytkin voi mitata myös alipainetta, jolloin sitä voidaan käyttää mm. tunnistamaan alipainetarttujan tarttuminen kappaleeseen.

#### 2.4 PLC eli logiikkaohjain

PLC, Programmable Logic Controller, eli logiikkaohjain. Sitä käytetään automatisoidussa tuotannossa ohjaamaan kenttälaitteita. Yksinkertaisimmillaan logiikkaohjain ohjaa lähdöt tuloja vastaavaan tilaan. Nykyisin laitteet tekevät kuitenkin monipuolisempaa ohjausta, kuten sekvenssejä, laskentaa ja ajastuksia, laaditun ohjelman mukaan. Logiikkaohjaimen pääosat ovat keskusyksikkö, muisti, tulo- ja lähtöliitännät, tehonlähde ja sisäinen väylä.

Keskusyksikkö, CPU, tarkkailee tuloja ja muodostaa lähtöjen signaalit ohjelmamuistin sisältämän ohjelman mukaisesti. Lisäksi se huolehtii ohjelmoitujen ajastimien ja laskurien päivittämisestä.

Muisti jakaantuu kahteen osaan, sisäiseen ja ohjelmamuistiin. Sisäinen muisti toimii varastona, johon tallentuu anturien välittämä tieto, tulojen ja lähtöjen tila, laskentatieto ja sisäiset muuttujat. Ohjelmamuisti sisältää nimensä mukaisesti ohjelman eli koko käskykannan ja asetukset.

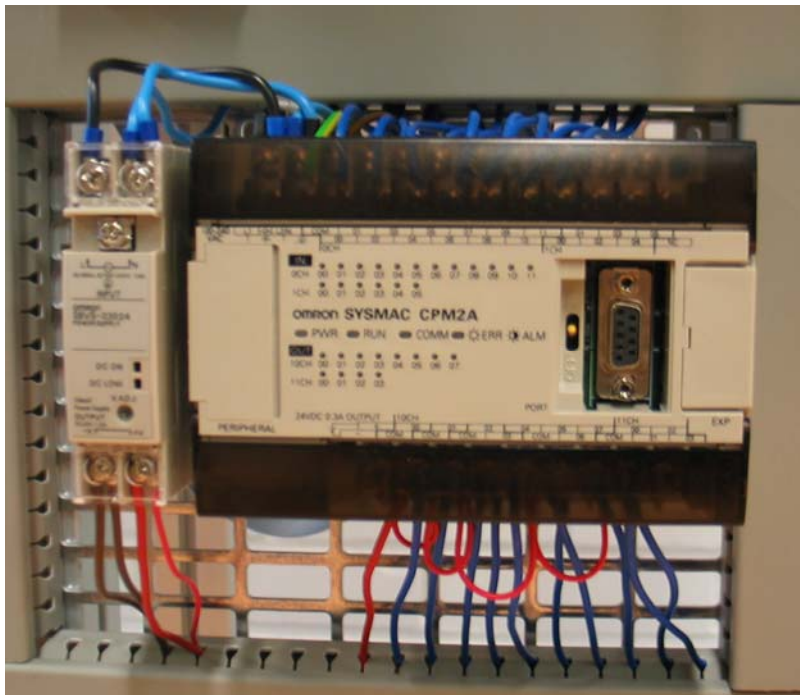
Tulo- ja lähtöliitännät huolehtivat logiikan yhteyksistä. Ne muokkaavat ulkopuoliset jännitteet ja signaalit logiikan sisäiseen käyttöön sopiviksi. Lisäksi ne suojaavat logiikkaa mm. ylijännitteeltä. Sisäinen väylä muodostaa yhteyden muistipiirien, tulo- ja lähtöliitännöiden välille.

Tehonlähde muodostaa logiikan tarvitseman jännitteen. Tehonlähde voi syöttää pelkästään logiikkaa tai sekä logiikkaa että logiikan ohjaamia laitteita. Tehonlähde voi sijaita itse PLC:ssä tai olla ulkoinen. Logiikassa on usein myös akku tai kondensaattorityyppinen varavirtalähde turvaamassa muistiin tallennettuja tietoja sekä mahdollistamassa logiikan kellon pysymisen ajassa myös silloin, kun ulkoinen jännite on katkaistu.



### 2.4.1 Omron CPM2A 30CRD-A

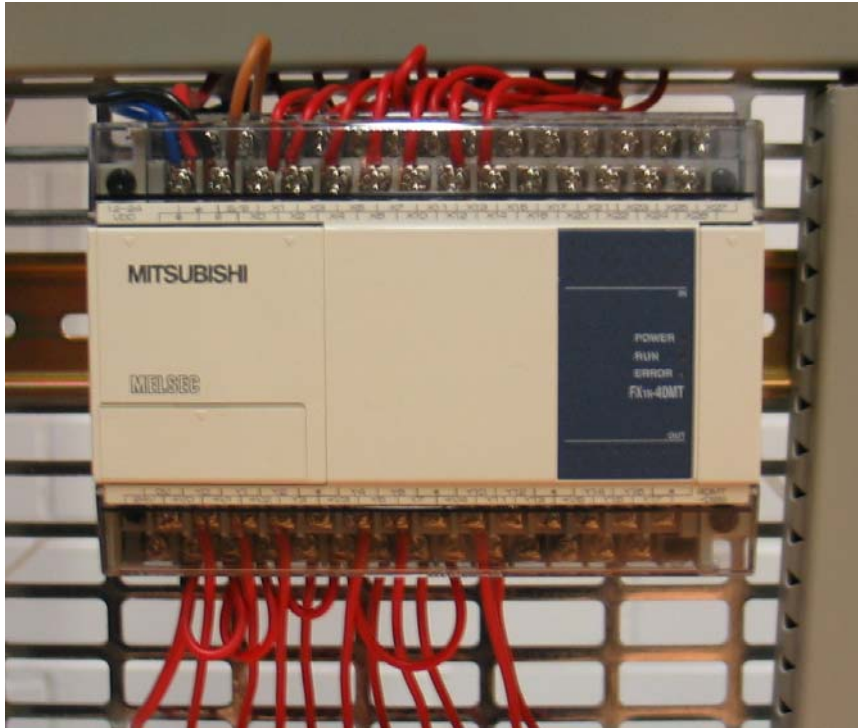
Omron CPM2A 30CRD-A (kuva 9) on pienikokoinen, perustason koneohjauslogiikka. Siinä on 12 relelähtöä, joista jokainen pystyy ohjaamaan enintään 250 VAC 2 A ja 18 sisääntuloa, sekä RS232C- ja oheislaiteportti. Logiikassa on sisäinen 24 VDC 300 mA virtalähde, jota voidaan käyttää myös logiikan lähtöjen virran syöttöön. Virtalähteen teho on kuitenkin pieni, joten tätä vaihtoehtoa ei yleensä käytetä [8.]



Kuva 9. Omron Sysmac CPM2A 30CRD-A koneohjauslogiikka

### 2.4.2 Mitsubishi FX1N-40MT-DSS

Mitsubishi FX1N-40MT-DSS (kuva 10) on Omronin tapaan pienikokoinen koneohjauslogiikka. Siinä on 24 tuloa ja 16 transistoriohjattua lähtöä. Laajennusosilla tulojen ja lähtöjen määrä voidaan nostaa aina 128:aan asti. Logiikan työmuistiin sopii 8000 ohjelma-askelta. Tarvittaessa sitä voidaan laajentaa. Logiikkayksikössä ei ole omaa virtalähdettä, vaan se vaatii 12–24 voltin tasajännitteen, joka tehdään normaalisti erillisellä virtalähteellä. Tässä tapauksessa käytetään virtalähteenä Omron S8VS-03024 1.3 A:n 24 VDC -virtalähdettä [7.]



Kuva 10. Mitsubishi FX1N-40MT DSS koneohjauslogiikka

## 2.5 Rungon syöttöaseman pneumaattiset järjestelmät

Rungon syöttöaseman toimilaitteet toimivat pneumaattisesti. Liikkeet on toteutettu yksi- ja kaksimäntäsyylintereillä ja laakerirunkoon tartutaan alipainetarttujalla. Järjestelmän oikean ja luotettavan toiminnan kannalta on tärkeää, että sen tarvitsema paineilma on puhdasta ja sen paine pysyy oikeana. Paineilma otetaan paineilmaverkosta 0,8 MPa:n paineisena erilliseen huoltoyksikköön, josta se johdetaan puhdistettuna venttiilistölle. Venttiilistö on sähköisesti ohjattu VQ1130 N 5, jota ohjelmoitava logiikka ohjaa. Venttiilistöltä paineilma johdetaan käyttökohteisiin. Sylintereiden liikenopeudet säädetään niihin kytketyillä vastusvastaventtiileillä.

### 2.5.1 Paineilman huoltoyksikkö

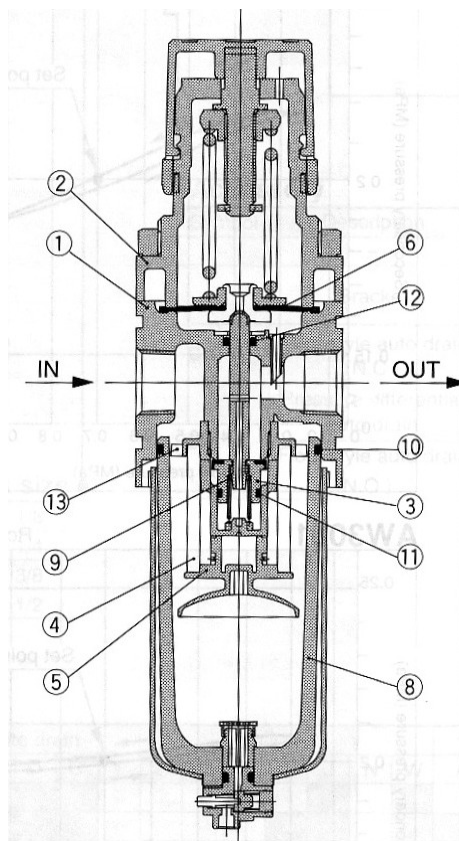
Paineilman huoltoyksikön (kuva 11) tehtävänä on tuottaa puhdasta ja vakio-paineista ilmaa syöttämänsä laitteen järjestelmiin. Huoltoyksikkö koostuu suodatin- ja vedenerotinosasta, paineensäätimestä, mittarista ja sulkuventtiilistä, jolla ilman syöttö voidaan katkaista.



Kuva 11. Paineilman huoltoyksikkö

Paineilma tuotetaan kompressorilla, jolloin ilmaan joutuu öljysumua. Ilmanpaineen noustessa sen suhteellinen kosteus kasvaa. Suhteellinen kosteus kasvaa usein niin paljon, että saavutetaan kastepiste, jolloin ylimääräinen vesi tiivistyy nesteeksi putkistoihin. Kompressorista ilmaan joutuneen öljyn ja ilmasta tiivistyneen veden lisäksi paineilmaan irtoaa ruostetta paineilmaputkistojen seinämistä. Suodatinyksikön tehtävänä on poistaa paineilmaasta nämä epäpuhtaudet. Ne ovat laitteen toiminnalle haitallisia ja lyhentävät komponenttien käyttöikää.

Huoltoyksikössä on paineensäädin, jolla voidaan rajata huoltoyksiköstä lähtevä ilmanpaine tietyn suuruiseksi. Laakerikuoren lastausasema on suunniteltu toimimaan noin 0,4 MPa:n paineella. Alemmalla paineella kaikki aseman toiminnot eivät toimisi, korkeampi paine johdaisi energian hukkaan ja mekaanisten rasitusten kasvuun. Huoltoyksikössä on painemittari laitteistolle lähtevän paineen toteamiseksi.

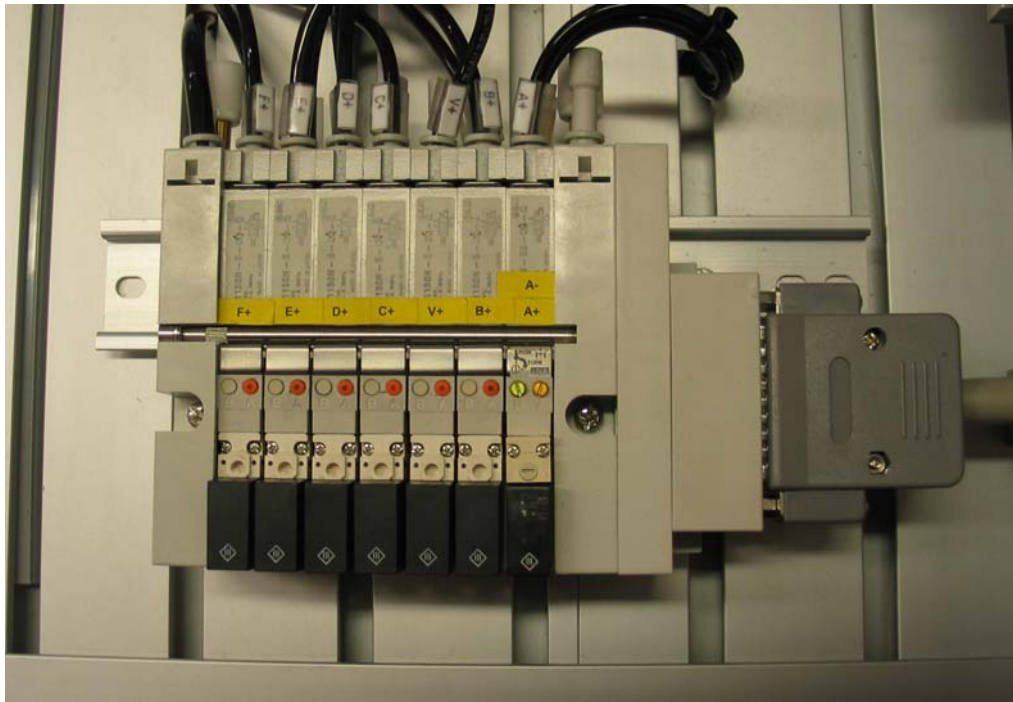


Kuva 12. Paineilman huoltoyksikkö. Kuvan yläosassa näkyy paineensäädin, alaosassa vedenerotin ja suodatin.[5.]

### 2.5.2 Sähköohjattu venttiilistö

Huoltoyksiköltä paineilma johdetaan 0,4 MPa:n paineisena sähköohjatuille venttiilistölle (kuva 13). Venttiilistö ohjaa paineilmaa rungon syöttöaseman eri toiminnoille, ohjelmoitavalta logiikalta tulevien sähköisten käskyjen mukaisesti. Paineilma tulee venttiilistön liittimeen P.

R-liittimeen kytketään äänenvaimennin, jonka läpi käytetty paineilma poistuu järjestelmästä ympäröiviin tiloihin. Venttiilistön ohjaamat laitteet kytketään liittimiin A ja B.



Kuva 13. Sähköohjattu venttiilistö VQ1130 5B.

#### Alipainetarttuja

Laakerirunkoon tartutaan alipainetarttujalla (kuva 13). Se koostuu neljästä imukupista, joihin johdetaan alipainetta. Imukupit on jousitettu aksiaalisesti. Pystysuuntainen joustovara varmistaa tartunnan kaikille imukupeille yhtä aikaa. Tartunta tunnistetaan mittaamalla sähköisesti imukuppien alipainetta ja kun tartunta tapahtuu, laskee ilmanpaine. Jos tarttujalla on käsiteltävänä keveitä materiaaleja, kuten vaikkapa paperia, varmistetaan kappaleen täsmällinen irtoaminen tarttujasta puhalluksella, jolloin tarttujaan syötetään hetkellisesti paineilmaa irrotusvaiheessa.



Kuva 14. Alipainetarttujan rakenne

Alipainetarttujan voima riippuu alipaineesta, tarttujen pintalasta ja tarttujen lukumäärästä. Alipainetarttujan tartuntavoima voidaan laskea kaavalla

$$F = (p_0 - p_k) * A * n_3 * \eta * z * \frac{1}{S}$$

F= Voima

$p_0$  = Ulkoilman paine

$p_k$  = Työpaine

A= Imukupin ala

$n_3$  = Muodonmuutoskerroin 0,6-0,9

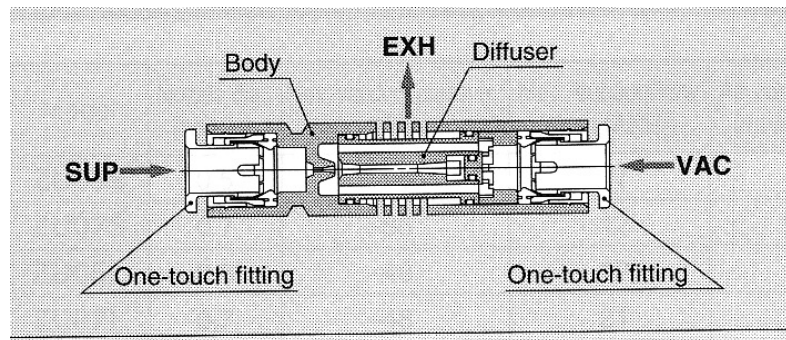
$\eta$  = Hyötysuhde

Z= Imukuppien lukumäärä

S= Varmuuskerroin

### 2.5.3 Ejektori

Alipainetarttujan tarvitsema alipaine tuotetaan paineilmastä ejektorilla (kuva 14). Siinä sisään virtaava 4 MPa:n paineinen ilma muodostaa noin 30-85 KPa:n alipaineen. Alipainetarttuja on edullinen tapa tuottaa alipainetta siellä, missä sitä tarvitaan, kun tarvittava tilavuusvirta on pieni. Jos alipaineista ilmaa täytyy imeä suurempia määriä, on kannattavampaa hankkia erillinen alipainepumppu.



Kuva 15. Ejektori [5.]

### 3 TYÖN TOTEUTUS

#### 3.1 Tilanne alussa

Logiikat oli osittain asennettu, mutta järjestelmän toimintaa ei ollut testattu eikä logiikoita ohjelmoitu. Tutkiessani asennusta havaitsin johdotuksissa useita katkoksia ja puuttuvia johdotuksia. Lisäksi kummankin logiikan lähdöiltä puuttui virransyöttö.

#### 3.2 Rungon syöttöaseman toiminnan kuvaus

Aseman ohjauspaneelissa on valintakytkin, jolla voidaan valita automaatti- tai manuaalijajo. Automaattijajossa ohjelma suoritetaan start-painikkeen painamisen jälkeen alusta loppuun. Manuaaliasennossa suoritetaan aina seuraava vaihe, kun start-painiketta painetaan.

Automaattijajo kytkeytyy toimintaan, kun tulossa 0.02 ei ole jännitettä. Tällöin start-painikkeen painaminen asettaa pitopiirin 1-tilaan. Ohjelman suoritus on mahdollista pysäyttää missä vaiheessa tahansa asettamalla Auto/Man-kytkin Man-asentoon tai painamalla Stop-painiketta. Painamalla Reset-painiketta toiminta lakkaa, muistipaikat nollautuvat ja kaikki sylinterit palaavat alkuasentoihinsa.

F-sylinteri työntää laakeripesän rungon liikematkansa loppuun, tarkistusalueelle, jolloin asentoanturi f1 aktivoituu ja sylinteri palautuu takaisin. Sylinterin palauduttua takaisin tunnisteetaan se asentoanturilla 0.11. Tällöin sylinterille D kytketään paine. Mikäli D-sylinterin asentoanturi d1 tunnistaa sylinterin tehneen täyden liikkeen, on runko oikein päin ja ohjelma jatkuu siten, että runko siirretään paletille.

Anturi d1 aktivoi muistipaikan. Jos muistipaikka on aktiivinen, suoritetaan oikeinpäin olevan rungon ohjelma. Sylinteri E työntää rungon asennus/poistoalueelle ja palaa takaisin. Sylinteri B laskee imukuppeilla varustetun tarttujan rungon päälle. Sylinterin B saavutettua ääriasentonsa kytkeytyy alipaine. Alipainekytkin tunnistaa alipaineen ja siten myös imukuppien tarttumisen runkoon ja sylinteri B palaa alkuasentoon nostaen rungon mukanaan. Sylinterin palauduttua alkuasentoon siirtyy vaakasyylinteri asentoon a1. Sylinterin saavutettua asentonsa siirtyy sylinteri B asentoon b1, alipaine katkaistaan tarttujalta ja sylinteri b palaa takaisin asen-



toon b0. Tämän jälkeen vaakasyylinteri A palaa asentoon a0, muistipaikat nollataan ja ohjelma loppuu.

Jos asentoanturilta d1 ei tule tietoa logiikalle määräajassa, on runko väärinpäin ja ajastin palauttaa sylinterin D alkuasentoon. Ohjelma jatkuu siten, että runko poistetaan. Sylinteri E käy asennossa e1, siirtäen rungon asennus/ poistoalueelle. Ajastin odottaa E-sylinterin palaamisen ja kytkee paineen sylinterille C, joka poistaa rungon. Lopetusajastin poistaa paineen sylinteriltä C ja nolaa muistipaikat.

### 3.3 Tarvittavat muutokset

#### 3.3.1 Virtalähteen asentaminen ja kytkennät

Omronin logiikan lähtöihin ei ollut kytketty virransyöttöä, vaan johdotukset puuttuivat. Eräs mahdollisuus kytkeä lähdöt olisi ollut käyttää Omronin logiikkaohjaimen omaa virtalähdettä. Virtalähteen teho on kuitenkin vain 300 mA 24 VDC. Rungon syöttöaseman ohjauksen ja anturiston virrantarve voi valmistajan mukaan olla kuitenkin jopa 1129 mA 24 VDC. Tämän vuoksi ulkoisen virtalähteen käyttö on välttämätöntä, virtalähteenä päätin käyttää Omron S8VS-0324-virtalähdettä. Virtalähteen arvot ovat 1300 mA 24 VDC. Mikäli teho ei riittäisi, virtalähteen vaihtaminen isompaan kävisi tarvittaessa helposti.

#### 3.3.2 Ohjelmiston siirto Omron-yksikköön

Helpoin tapa saada Omronin ohjausyksikköön ohjelmisto olisi ottaa se vanhasta rungon syöttöasemasta, jossa on Omronin logiikkaohjaus. Ohjelmiston siirto tapahtuu RS-232C-portin kautta. Ohjelmisto siirretään ohjausyksiköstä tietokoneelle käyttäen tietokoneen sarjaportin ja ohjausyksikön RS-232C tulevaa yhteyskaapelia. Ohjausyksikköön kytketään virta ja käyttäen CX Programmer -ohjelmistoa otetaan yhteys ohjausyksikköön. Yksikössä oleva ohjelmisto siirretään tietokoneelle valitsemalla Program -> upload, jolloin ohjelmiston siirto alkaa. Ohjelmisto siirretään ohjainyksikköön tietokoneelta valitsemalla CX Programmer-ohjelmasta Program -> download.. Ohjelmisto ei kuitenkaan ole suoraan käyttökelpoinen,

sillä ohjelma on peräisin yksiköstä, joka on ohjelmoitu olemaan lisälaitteportin kautta yhteydessä kenttäväylään. Ohjelmassa olevat, kenttäväylään liittyvät viittaukset, täytyy siis poistaa ja ohjelma muokata toimimaan ilman kenttäväylää, koska kohteena oleva ohjainyksikkö tulee toimimaan ilman kenttäväylää.

Tutkiessani ohjelmaa havaitsin järkevämmäksi vaihtoehdoksi tehdä ohjelma kokonaan uusiksi. Ohjelmoimiseen käytin PC:n Windows-ympäristössä toimivaa CX programmer-ohjelmaa. Ohjelmointi tapahtui tietokoneella ja ohjelmiston siirto logiikkaan tietokoneen sarjaportin ja logiikan RS-232C-portin välille kytketyllä yhdyskaapelilla.

### 3.4 Toteutus

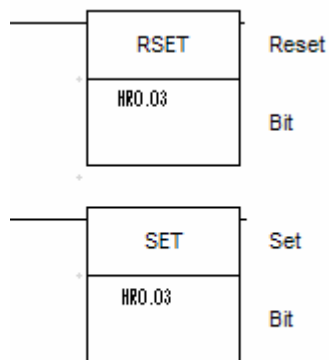
Aloitin työn Omronin ohjausyksikön käyttöönotosta ja ohjelmoinnista. Ennen ohjelmoinnin aloitusta tarkistin logiikan kytkentöjen toimivuuden. Tulot testasin liikuttelemalla toimilaitteita käsin, ilman painetta, ja tarkkailemalla, että kyseisen toimilaitteen anturin tulon merkkivalo syttyi ja sammui PLC:ssä. Tässä vaiheessa paljastuikin yksi viallinen Reed-kytkin. Lähdöt testasin syöttämällä niihin virtaa ja tarkistamalla, että kyseinen toimilaitte toimii. Seuraavaksi laadin paperille mallin tulojen ja lähtöjen kytkennöistä toimilaitteisiin ja antureihin.

Suoritin ohjelmoinnin käyttäen CX Programmer-ohjelmistoa. Tein ohjelman työliike kerrallaan, aina välillä ohjelmistoa kokeillen. Oman lisänsä ohjelmointiin toivat D- ja E-sylintereiltä puuttuvat miinusasennon anturit. Näiden sylinterien oleminen miinusasennossa, ennen seuraavan liikkeen alkua, täytyy hoitaa ajastimella, joka odottaa niin kauan, että sylinteri on varmasti ehtinyt palautua liikeratansa loppuun. Tällainen järjestely ei mielestäni ole paras mahdollinen luotettavuuden ja virheestä toipumisen kannalta. Jos sylinterien miinusasento todettaisiin anturilla, eivät paineilman paineen vaihtelut ja mahdolliset takertelut voisi aiheuttaa virhetoimintoja, sylinterin paluuliikkeen mahdollisesti viivästyessä ja ajastimen toimiessa ennen kuin sylinteri on ehtinyt palautua miinusasentoon. Toisaalta vähemmän antureita merkitsee vähemmän vikamahdollisuuksia. Muiden liikkeiden osalta ohjelmointi sujui ongelmitta. (Liite 2.)

### 3.4.1 Omronin ohjelmoinnissa käytetyt käskyt

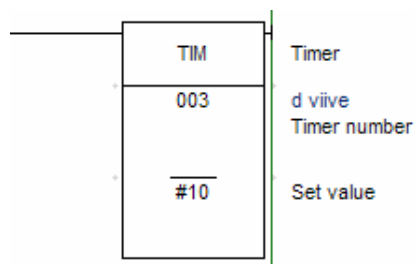
#### SET ja RSET

SET-käskey menee 1-tilaan ja pysyy 1-tilassa, kun sille syötetään ohjauspulssi. Nollaaminen tapahtuu RSET-käskyllä. SET-käskyllä ohjataan kytkintä, jolle on annettu sama osoite esimerkiksi hr10.01, kuten kuvassa 15.



Kuva 15. SET-käskyn käyttö

TIM-ajastinta (kuva 16) käytetään, kun halutaan asettaa jollekin toiminnolle viive. Ajastin TIM003 ohjaa kytkintä TIM003. Aika-arvo annetaan sekunnin kymmenyksinä. Normaalisti TIM-ajastin toimii päästöhidasteisesti, mutta lisäämällä aika-arvon eteen #-merkki se toimii vetohidasteisesti.



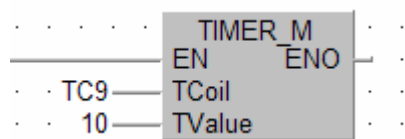
Kuva 16. TIM-ajastin

### 3.4.2 Mitsubishiin ohjelmointi

Omronin logiikkaan laatimani ohjelma muodosti rungon, jonka pohjalta oli hyvä alkaa ohjelmoimaan ohjelmaa Mitsubishiin logiikkaan. Vaikka Omronin ohjelma oli tehty eri ohjelmointityökalulla, jonka ohjelmointitapa poikkesi Mitsubishiin ohjelmoinnista, oli kokemuksista Omronin ohjelmoinnissa suuresti apua Mitsubishiin ohjelman tekemisessä.

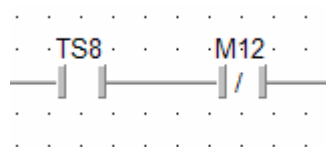
Ohjelman laadintaan ja siirtoon käytin GX Developer –ohjelmistoa. Ohjelmointitapa muistutti paljolti CX Programmerissa käytettyä. Tein ohjelman molemmissa käyttämällä tikapuu-kaaviota eli Ladder Diagrammia. (Liite 3.)

Timer on funktio, jota käytetään aikaansaamaan viivettä (kuva 17). Ohjelmassa tarvitaan viivettä mm. siitä syystä, ettei kahdelle sylinterille ole miinusasentoa tunnistavaa reed-kytkintä. Näin ollen sylinterin palautuminen miinusasentoon, ennen ohjelman jatkumista, täytyy varmistaa ohjelmallisella viiveellä. Tähän tarkoitukseen käytin timer\_m-funktiota, jolla oli mahdollista luoda halutun mittainen viive varmistamaan sylinterien oikea toimintajärjestys.



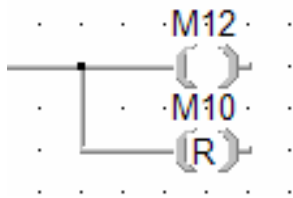
Kuva 17. TIMER-M-ajastin

Kytkiminä voidaan käyttää joko tuloa tai ohjelmassa olevia funktioita. Tulo ohjaa kytkintä, kun kytkin nimetään X-alkuisella koodilla, jonka loppuosa on tulon numero. Kytkintä voidaan ohjata myös muistipaikalla, jolloin kytkin nimetään samalla koodilla kuin kyseinen muistipaikka tai funktio, esimerkiksi M12 tai TS8 (kuva 18). Tällöin kytkin on aktiivisena aina, kun samoin nimetty muistipaikkakin on.

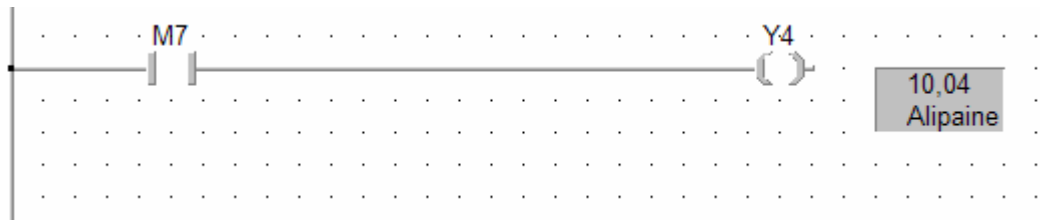


Kuva 18. Aktivoituessaan kytkevä ja aktivoituessaan katkaiseva kytkin

Kytkimillä ohjataan Coileiksi nimettyjä muuttujia (kuva 19). Nimeämällä Coil M-alkuisella tunnuksella saadaan se ohjaamaan muistipaikkaa. Muistipaikkaan voidaan viitata nimeämällä kytkin samalla koodilla, jolloin kytkin on aktiivinen aina, kun muistipaikkakin on. Ohjelmassa voidaan myös valita Coilin ominaisuuksia asetuksilla normal, set, negation, reset. Normal-asetuksella M-koodinen muistipaikka on aktiivisena, kun Coil saa signaalia, Set-asetuksella paikka jää aktiiviseksi ja se täytyy edelleen nollata toisella Coililla, jossa on reset-asetus ja sama M-koodi. Negation-asetus saa muistipaikan toimimaan nurinpäin, se on aktiivinen, kun se ei saa signaalia. Coil voi toimia myös lähtönä. Kun kyseinen Coil on aktiivisena, on vastaava lähtö päällä. Coil saadaan ohjaamaan lähtöä, nimeämällä se Y-alkuisella koodilla, jonka jälkiosa on lähdön numero (kuva 20).



Kuva 19. Coil-nimisillä muuttujilla voidaan ohjata lähtöjä tai vaikka muistipaikkoja



Kuva 20. Muistipaikan M7 ohjaama kytkin ohjaa lähtöä Y4

### 3.4.3 Asennustyö

Kahden erillisen logiikkaohjaimen käyttäminen samojen toimintojen ohjaamiseen asetti omat vaatimuksensa johdotuksille. Ohjainyksiköiden täytyy toimia toisistaan riippumatta ja toisiaan häiritsemättä. Vain toinen logiikkaohjainyksikkö saa saada kerrallaan virtaa, mutta pöydän järjestelmien on saatava 24 VDC jännite, oli kumpi tahansa ohjainyksikkö päällä. Koska pöydän järjestelmien tarvitsema teho otetaan samasta virtalähteestä kuin käytössä olevan lo-

giikkaohjaimenkin, päätin käyttää diodeja estämään virran kulku kulloinkin pois käytöstä olevaan logiikkaohjaimen.

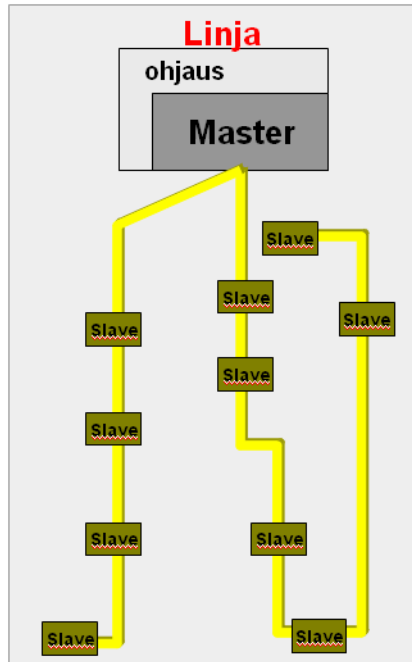
Pöydässä on valintakytkin, jolla valitaan, käytetäänkö Omronin vai Mitsubishin logiikkaa. Kytkimellä valitaan, kumman logiikan virtalähteeseen verkkovirtaa syötetään. Pöydän järjestelmien tarvitsema 24 VDC jännite otetaan kulloinkin käytössä olevasta virtalähteestä. Päästösuuntaan kytketty diodi, kummankin virtalähteen ja pöydän järjestelmien välillä, estää tasajännitteen pääsyn pois käytöstä olevaan logiikkaohjaimen. Diodin haittapuolena on sen kynnysjännite. Päästösuuntaan kytketty pii-diodi aiheuttaa n. 0,6 voltin jännitteen alentuman. Joissakin sovelluksissa tämä voisi olla ongelma. Tässä tapauksessa diodin aiheuttama jännitehäviö on kuitenkin merkityksetön. FMS-solun sähköiset järjestelmät toimivat moitteettomasti saamallaan 23,4 voltin jännitteellä.

### 3.5 Kenttäväylät

Kenttäväylä on digitaalinen tietoliikenneverkko, jota käytetään liittämään yhteen automaatio- ja kenttälaitteita. Se välittää sekä data- että ohjaustietoa. Kenttäväylä mahdollistaa erilaisten anturien, toimilaitteiden ja automaatiolaitteiden yhteen liittämisen. Perinteinen ratkaisu on ollut siirtää tieto rinnakkaisjohdotuksella, jossa jokaista anturia ja toimilaitetta varten on erilliset johdot. Kenttäväylä mahdollistaa järjestelmän toteuttamisen huomattavasti pienemmällä kaapelimäärällä ja siten asennus on nopeampaa ja tilantarve vähäisempi. Vaikka erityyppisten kenttäväylien määrää on standardein yritetty rajoittaa, on käytössä useita erilaisia kenttäväyliä [1.]

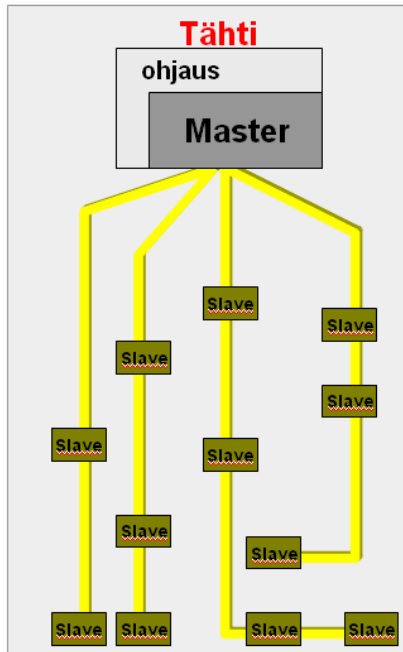
Kenttäväylän voidaan sanoa olevan linja-, tähti-, tai puumuotoinen, riippuen siitä, kuinka kaapelointi on tehty suhteessa isäntälaitteeseen ja kuinka renkilaitteet on siihen kytketty[6.]

Linjamuotoisessa kenttäväylässä kaikki laitteet ovat yhdessä kaapelissa, joka on liitetty jostakin kohtaa isäntälaitteeseen (kuva 21).



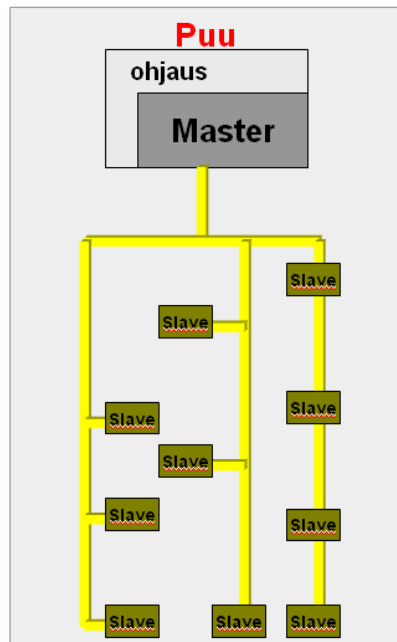
Kuva 21. Linjamuotoinen kenttäväylä [6.]

Tähtityyppisessä kenttäväylässä isäntälaitteesta lähtee useita kaapeleita, joihin muut laitteet on kytketty (kuva 22).



Kuva 22. Tähtimuotoinen kenttäväylä [6.]

Puutyypisessä kenttäväylässä kaapelointi haarautuu puun oksien tapaan (kuva 23).



Kuva 23. Puumuotoinen kenttäväylä [6.]



CAN, Controlled Area Network, on alun perin kehitetty ajoneuvokäyttöön, mutta sitä käytetään nykyään laajasti myös koneautomaatiossa. Väylän tiedonsiirtonopeus on 1000 kb/s. CAN ei ole rakenteeltaan kenttäväylä, vaikka sitä nykyään käytetäänkin kenttäväylän tapaan [1].

Devicebus–tyyppiset väylät mahdollistavat tiedonsiirron älykkäille, monipuolisia toimintoja suorittaville laitteille. Ne voivat siirtää tietoa tai ohjata vaikkapa alemman tason väyliä. Tähän luokkaan kuuluvat mm. DeviceNet ja Profibus DP. Ne ovat avoimia kenttäväyliä [1].

Profibus on saksalainen, pääasiassa Siemensin tukema väylä. Väylä mahdollistaa laajojen järjestelmien toteutuksen ja sen protokollissa on paljon ominaisuuksia. Tästä syystä se on myös melko raskaskäyttöinen. Väylä käyttää RS-485-standardia ja sen siirtonopeudet vaihtelevat väliltä 9,6...500 kbit/s. Profibus DP-väylän yhden osan pituus voi olla enintään 1200 m, jolloin siirtonopeus on 9,6 kbit/s. Lyhemmillä etäisyyksillä nopeus kasvaa. Kenttäväylä voidaan rakentaa linjan, tähden tai puun muotoon. Eri osien liittämiseksi toisiinsa käytetään vahvistinta ja sitä käytettäessä väylä olla pitempikin kuin 1200 m. Kaapelina voidaan käyttää kierrettyä parikaapelia, suojattua kuparikaapelia, valokuitua tai radioaaltoja [1].

DeviceNet on Pohjois-Amerikassa suosittu väyläratkaisu. Siihen voidaan liittää 64 asemaa, mukaan lukien isäntäasema. Kaapelina käytetään kierrettyä parikaapelia. Väylän pituus voi olla vahvistinta käyttäen jopa 3 km. Siirtonopeus on 100 m pitkässä väylässä 500 kb/s [1].

Sensobus–tyyppiset väylät ovat alimman tason väyläratkaisuja, joita käytetään pääasiassa anturiväylinä. Tunnetuimpia anturiväyliä ovat Interbus-S ja ASI. Väylässä kulkevan tiedon määrä on pyritty pitämään mahdollisimman pienenä ja vasteajat lyhyinä. Väylä voidaan liittää ohjelmoitavaan logiikkaan tai PC:hen erityisellä liityntäkortilla, esimerkiksi RS-485 [1].

### 3.5.1 ASI-väylä

ASI, Actuator Sensor Interface, perustuu eurooppalaiseen standardiin. ASI-standardin kehittämisessä on ollut mukana 11 laitevalmistajaa. Se esiteltiin vuonna 1993 saksalaisten ja sveitsiläisten toimesta. Laitevalmistajien yhteistyön ansiosta eri valmistajien laitteita, antureita, kytkimiä ja muita järjestelmän laitteita, voidaan kytkeä samaan järjestelmään. Näin kustannukset pienevät ja komponenttien saanti on taattu myös tulevaisuudessa [1].

AS-I-väylä kuuluu ohjauksen alimmalle tasolle, eli se on ns. anturitason väylä. Sitä käytetään antureiden, toimilaitteiden ja laitteistojärjestelmien tiedonsiirrossa, siis järjestelmiin, joissa on rajakytkimiä ja induktiivisia antureita. Väylä sopii erityisesti yksinkertaisiin, mutta paljon liityntöjä sisältäviin ratkaisuihin. Ohjaustoiminnot ovat yksinkertaisia, päälle/pois, jolloin järjestelmässä kulkevan tiedon määrä on pieni ja vasteajat lyhyitä, eli väylä toimii nopeasti [1.].

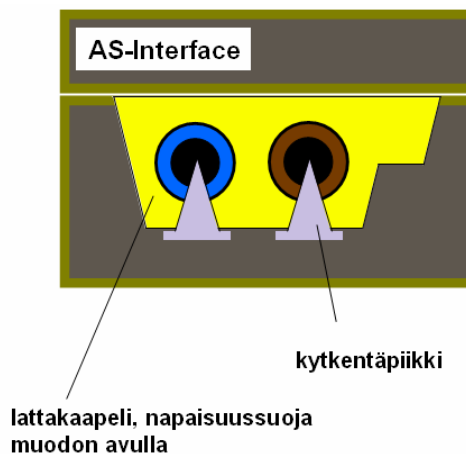
Käytettäessä ASI-väylää jää kaapeleiden määrä vähäiseksi. Tarvitaan vain yksi, kaksinapainen kaapeli. Kaapeli voi syöttää myös laitteiden tarvitseman tehon. Väylän asennus ja käyttö on tehty helpoksi ja kustannukset jäävät alhaisiksi. Sen joustava, puumainen ja haaroitettavissa oleva väylärakenne, johon voi liittää useiden laitevalmistajien laitteita, tekee siitä käyttökelpoisen ratkaisun moniin ympäristöihin. Erityisesti mahdollisuus liittää siihen useiden valmistajien laitteita, sekä mahdollisuus liittää ASI-väylä lähes mihin tahansa muuhun väylään tekee siitä varteenotettavan vaihtoehdon. Onhan näin väylän käyttökelpoisuus taattu pitkälle tulevaisuuteen laitteistojen ja laitemerkkien mahdollisesti vaihdellessa. Tietoliikenne väylässä on bittimuotoista, joten siihen ei voida liittää analogisia antureita suoraan. Tämä hankaloittaa käyttöä, jos analogisia antureita on paljon [6.].

Väylä sopii 10–100 m etäisyyksille ja käytettäessä vahvistimia aina 300 m etäisyyksiin. Väylän muunneltavuus on helppoa, siihen voidaan liittää monenlaisia laitteita nopeasti ja väylän uudelleen ohjelmointi käy helposti. Se soveltuu siis hyvin myös protokäyttöön, jossa muutoksia tehdään lähes jatkuvasti. ASI-väylää käytetäänkin useissa teollisuuslaitoksissa ohjauksen perustana. Se ohjaa yksinkertaisinta perustasoa eli antureista ja kytkimiä. Ohjelmoitavan logiikan välityksellä se voidaan liittää kehittyneempiin, korkeamman tason kenttäväyliin. Jokaiselle laitteelle ei tarvita omaa kaapelia, vaan kaikki laitteet voidaan liittää yhteen johtoon. Liittäminen käy nopeasti, ja liitokset ovat tiiviitä ja luotettavia. Laitteen irrottaminen ja väylään uudelleen liittäminen käy ongelmitta, joten muunneltavuus on hyvä. Väylä ei ole arka häiriöille, edes hitsaaminen ei aiheuta lähellä kulkevaan väylään sähköisiä häiriöitä, joten väylän käyttäminen onnistuu myös konepajoilla [6.].

### 3.5.2 AS-I väylän toiminta

AS-I-väylässä on yksi isäntälaitte (Master), joka ohjaa enintään 31:tä renkilaitetta (Slave). Ren- gissä on neljä tuloa tai lähtöä. Yhteys laitteiden välillä hoidetaan parikaapelilla. Kaapeliksi

soveltuu vähintään  $2 \times 1.5 \text{ mm}^2$  johto, mutta tarkoitukseen on tehty myös erityinen, keltainen AS-I-kaapeli. Sen käyttö onkin suositeltavaa. Liityntä tähän kaapeliin tapahtuu todella helposti, laite puristetaan suoraan kaapeliin kiinni. Tällöin laitteen piikit rikkovat kaapelin eristeen ja saavat sähköisen yhteyden eristekerroksen alla oleviin kuparijohtimiin. Liitos on tiivis (IP67), ja se voidaan tarvittaessa avata ja liittää laite tarvittaessa uudelleen eri kohtaan kaapelia. Kosteus ja epäpuhtaudet eivät pääse tunkeutumaan kaapeliin edes avatun liitoksen kautta, koska kaapelin joustava eriste sulkee liitoksesta syntyneet aukot tiiviisti [6.].



Kuva 24. Laitteen kytkeminen ASI-väylään [6.]

Isännän ja rengin suurin etäisyys ilman toistinta on 100 m. Käytettäessä toistinta voidaan lisätä toinen isäntä. Toistimia voi olla enintään kaksi, jolloin väylän pituus voi olla enintään 300 m. Väylän rakenne voi olla tähtimäinen tai puumainen, ja haaroja voidaan lisätä vapaasti mihin kohtaan väylää tahansa. Isäntä ohjaa renkejä, joihin voidaan liittää yksinkertaisia antureita, rajakytkimiä, induktiivisia antureita ja toimilaitteita. Renki välittää tiedon antureiden ja isäntälaitteen välillä sekä syöttää laitteille tehoa. Väylä toimii 24 V jännitteellä ja suurin virta on 8 A. Väylästä otettavissa oleva teho on rajallinen, mutta tarvittaessa laitteeseen voidaan syöttää tehoa myös ulkopuolisesta lähteestä. Isäntää puolestaan ohjaa PLC, PC tai erillinen ohjain. Ohjauksen kautta AS-I voi olla yhteydessä muihin väyliin, kuten Profibus tai CAN. Tällöin AS-I-väylä toimii kehittyneemmän väylän apuväylänä. Väylän nopeus riippuu siihen liitettyjen laitteiden määrästä. Kaikkien liittymien ollessa käytössä on vasteaika 5 ms. Väylän siirtonopeus on vain 167 kbit/s, mutta koska siirrettävät viestit ovat luokkaa laite päälle/pois, toimii väylä nopeasti [6.].

### 3.6 Lopputulos

Työn lopputuloksena syntyi toimiva, kahden erillisen ohjelmoitavan logiikan ohjaama FMS-solu. Sitä tullaan käyttämään opetuskäytössä logiikoiden ohjelmoinnin harjoitteluun. Samaa laitetta ohjaamaan kytketyt eri valmistajien logiikkaohjaimet antavat oppilaille hyvät mahdollisuudet vertailla niiden toimintaa ja ominaisuuksia samassa ympäristössä. Näin oppilaille muodostuu selkeä ja todellinen kuva sekä Omronin että Mitsubishin logiikoiden käytöstä.

#### 4 YHTEENVETO

Insinööriytyö syntyi tarpeesta kehittää Kajaanin ammattikorkeakoulun automaatio-opetusta. Tähän liittyen automaatiolaboratorion laitteita päätettiin lisätä. Eräs uusi laite on kahdella logiikalla ohjattu FMS-tuotantosolu. Työn tarkoituksena oli suorittaa logiikoiden asennus loppuun ja saada solu toimimaan. Kahden logiikan toimivuudesta saman laitteiston ohjauksessa ei ollut mitään tietoa, ainoastaan oletuksia. Työssä täytyikin selvittää tästä aiheutuvat mahdolliset vaikeudet ja ratkaista ne.

Aloitin työn hankkimalla tietoa kummastakin logiikkaohjaimesta sekä FMS-tuotantosolun järjestelmistä. Tässä käytin internetiä, tuotantosolun laitteiston toimittaneen SMC:n kirjamaateriaalia sekä alan kirjallisuutta. Seuraavaksi tutkin, mihin vaiheeseen asti asennus oli tehty.

Varsinainen asennustyö alkoi korjaamalla tuotantosolun johdotuksissa olleet katkokset ja vaihtamalla yksi viallinen anturi uuteen. Logiikoiden lähtöihin täytyi kytkeä virta. Mitsubishiin logiikassa tämä onnistui haaroittamalla logiikkaa varten asennetusta virtalähteestä, mutta Omronissa ei ollut riittävän tehokasta virtalähdettä. Omronin lähdöt virroitin asentamalla ulkoisen virtalähteen, joka kykenisi syöttämään tarpeeksi tehoa myös FMS-solun ohjaukseen.

Pöydässä on valintakytkin, jolla kytketään virta jompaankumpaan logiikkaan. Ne eivät siis voi, eivätkä saa olla yhtä aikaa päällä. Pöydän järjestelmien täytyy kuitenkin saada 24 voltin tasajännite käytössä olevan logiikan virtalähteestä, oli käytössä kumpi tahansa logiikka, eikä jännitettä saa päästä käyttämättömään logiikkaan. Ratkaisin ongelman käyttämällä kahta päästösuuntaan kytkettyä diodia. Diodin käytöstä aiheutuu n. 0,6 voltin jännitehäviö. Tämä on kuitenkin merkityksetön, koska pöydän ohjaamiseen riittää jäljelle jäävä 23,4 voltia.

Kytkentöjen valmistuttua oli aika siirtyä ohjelmointiin. Aloitin työn tutkimalla valmista ohjelmaa, joka oli tehty vastaavaan, mutta kenttäväylään kytkettyyn tuotantosoluun. Ohjelma osoittautui kuitenkin niin monimutkaiseksi, lähinnä kenttäväylän toimintaan liittyvien ohjelmarivien takia, että katsoin parhaaksi tehdä ohjelman kokonaan uudelleen. Näin saisin juuri oikein toimivan ja ytimekkään ohjelman, jossa ei ole turhia ohjelmarivejä. Tällä asialla on merkitystä tuotantosolun myöhemmässä opetusikäytössä, jolloin oppilaiden täytyy sisäistää ohjelman toiminta. En ollut aikaisemmin ohjelmoinut logiikoita, joten se täytyi opetella. Tässä sain korvaamatonta apua koulun henkilökunnalta. Suoritin ohjelmoinnin liike kerrallaan,

aina välillä ohjelmiston toimivuutta kokeillen. Näin virheet löytyivät heti, eikä aika ja tarmo kulunut niiden ratkomiseen.

Omronin ohjelman valmistuttua siirryin Mitsubishihin ohjelmointiin.. Vaikka ohjelmien toimintaperiaate eroaa toisistaan, nopeutti Omronin ohjelmoinnista saamani kokemus Mitsubishihin ohjelmointia suuresti.

Työ sujui loppujen lopuksi yllättävän helposti siinä mielessä, ettei vastoinkäymisiä juuri syntynyt. Ainoa ongelma oli Mitsubishihin tuloissa syntynyt vuotovirta, joka nosti useiden tulojen ollessa aktiivisena ei-aktiivisten tulojen jännitteen niin korkealle, että Omronin logiikka tulkitse niiden olevan aktiivisia. Hankalalta vaikuttanut ongelma ratkesi kuitenkin helposti. En ollut nimittäin kytenyt nollajohdinta Mitsubishihin logiikan tulojen nollajohdon liitimeen. Kytkennän lisäämisen jälkeen ongelma poistui ja järjestelmä toimi moitteettomasti. Työn tavoite saavutettiin siis sataprosenttisesti.

Työn tavoite täyttyi myös siinä mielessä, että se oli hyvin opettavainen. Työn puitteissa sain arvokasta oppia automaatiojärjestelmistä, niiden asennuksista ja logiikoiden ohjelmoinnista. Uskon tästä tiedosta olevan tulevaisuudessa hyötyä.

## LÄHTEET

1. Konepaja-automaatio. [Kirja]. Porvoo: Helsinki: WSOY, 1997. ISBN 951-0-21439-6. Kalevi Aaltonen, Seppo Torvinen.
2. Logiikat ja ohjausjärjestelmät 2. [Kirja]. Porvoo : WSOY, 2001. ISBN 951-0-22601-7. Tommi Keinänen.
3. Auton sähkötekniikan perusteet 2. [Kirja]. WSOY, 1994. ISBN 951-0-1-14330-8. Simo Nieminen.
4. Anturitekniikka syksy 2003 opetusmateriaalimoniste, Kajaanin ammattikorkeakoulu, Eero Pikkarainen
5. SMC Best Pneumatics 2000 [Kirjasarja], osat 1-4, SMC Corporation, 1999.
6. Helsingin ammattikorkeakoulun opetuspalvelin, Stadia. 14.3.2007. [WWW-dokumentti] [http://opetus.stadia.fi/koneautomaatiolaboratorio/kenttavaylat/01\\_kentt%E4v%E4yl%E4t\\_osa1.ppt](http://opetus.stadia.fi/koneautomaatiolaboratorio/kenttavaylat/01_kentt%E4v%E4yl%E4t_osa1.ppt)
7. Mitsubishi Electric Automation, inc. 11.12.2006. [WWW-dokumentti]. [http://www.meau.com/eprise/main/Web\\_Site\\_Pages/Public/Products/Product\\_Selection\\_Guide/PLC-FX-Family/P-PLC-FX-Family-FX1N](http://www.meau.com/eprise/main/Web_Site_Pages/Public/Products/Product_Selection_Guide/PLC-FX-Family/P-PLC-FX-Family-FX1N)
8. Omron CPM2A Programmable Controllers Operation Manual. 11.12.2006. [pdf-dokumentti] <http://www.sig-inst.com/downloads/CPM2A%20Manual.pdf>

## 5 LIITTEIDEN LUETTELO:

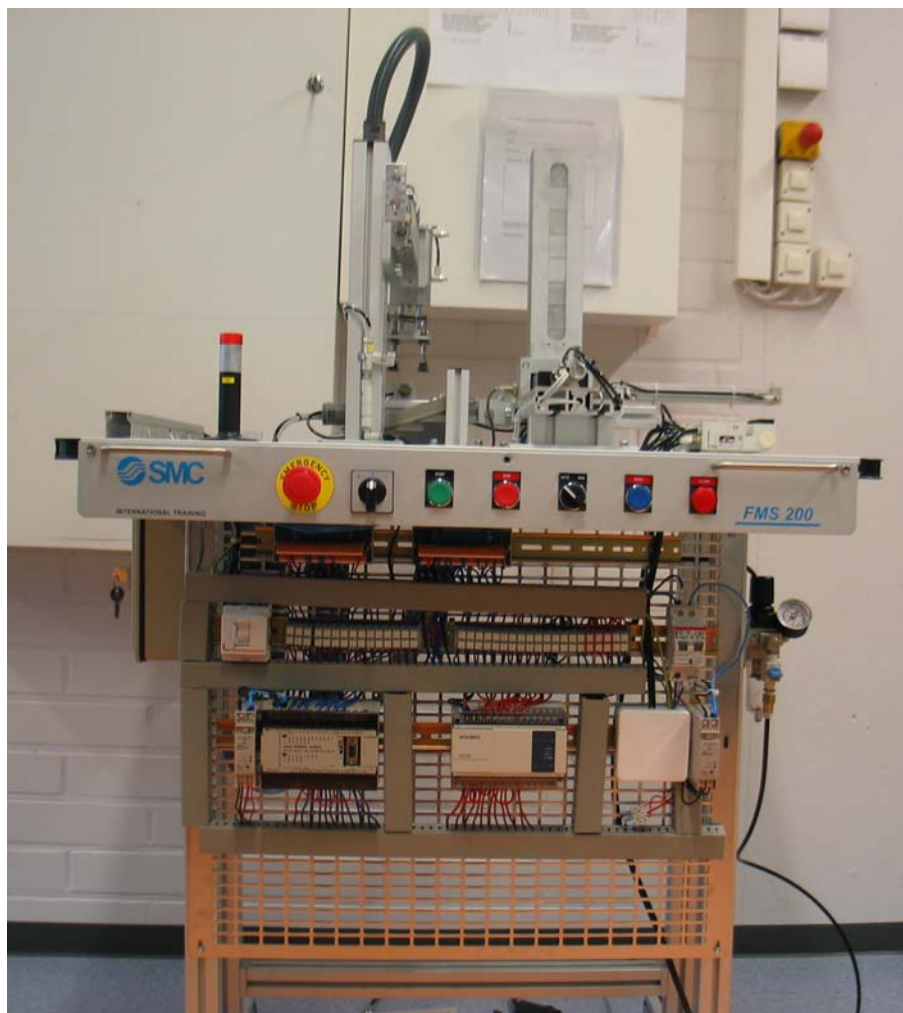
LIITE 1. LABORATORIOTYÖOHJE LAAKERINKUOREN LASTAUSASEMAN  
KÄYTÖSTÄ

LIITE 2. OMRON CPM2A-30CDR-A-OHJELMISTO

LIITE 3. MITSUBISHI FX1N-40MT-DSS OHJELMA



LIITE 1. LABORATORIOTYÖOHJE LAAKERINKUOREN LASTAUSASEMAN  
KÄYTÖSTÄ



Kuva 1. Kahdella logiikalla ohjattu FMS-tuotantosolu

<u>1 TAVOITE</u>	3
<u>2 YLEISTÄ</u>	4
<u>2.1 Ohjelmitava logiikka eli PLC</u>	4
<u>3 LOGIIKOIDEN OHJELMOINTI</u>	6
<u>3.1 Alkuvalmistelut</u>	6
<u>3.2 Mitsubishi FX1N-40MT-DSS</u>	7
<u>3.2.1 Tarvittavat välineet</u>	7
<u>3.2.2 Ohjelmiston siirto logiikkaan</u>	7
<u>3.2.3 Oman ohjelman tekeminen</u>	8
<u>3.3 Omron CMP2A 30CDR-A Ohjelmointi</u>	9
<u>3.3.1 Tarvittavat välineet:</u>	9
<u>3.3.2 Ohjelman siirto logiikkaan</u>	9

## 1 TAVOITE

Tehtävässä tutustutaan Omron CMP2A 30CDR-A ja Mitsubishi FX1N-40MT-DSS ohjelmoitaviin logiikoihin, PLC (Programmable Logic Controller), sekä niiden ohjelmoinnissa tarvittaviin ohjelmiin CX Programmer 6.0 ja GX IEC Developer 6.01.

## 2 YLEISTÄ

### 2.1 Ohjelmoitava logiikka eli PLC

PLC, Programmable Logic Controller, eli logiikkaohjain. Sitä käytetään automatisoidussa tuotannossa ohjaamaan kenttälaitteita. Yksinkertaisimmillaan logiikkaohjain ohjaa lähdöt tuloja vastaavaan tilaan. Nykyisin laitteet tekevät kuitenkin monipuolisempaa ohjausta, kuten sekvenssejä, laskentaa ja ajastuksia, laaditun ohjelman mukaan.

Logiikka toimii siihen laaditun ohjelman mukaan. Ohjelma laaditaan yleensä PC:llä tai erillisellä ohjelmointilaitteella ja se siirretään logiikkaan liitännän kautta. Ohjelmoiva logiikka voi toimia kahdella periaatteella, joko askeltavasti, jolloin ohjelma käydään askel kerrallaan edeten läpi, tai skannaavasti, jolloin logiikka selaa koko ajan ohjelmarivejä läpi ja toteuttaa rivin välittömästi, jos sen ehdot täyttyvät. Logiikkaohjaimen pääosat ovat keskusyksikkö, muisti, tulo- ja lähtöliitännät, tehonlähde ja sisäinen väylä.

Keskusyksikkö, CPU, tarkkailee tuloja ja muodostaa lähtöjen signaalit ohjelmamuistin sisältämän ohjelman mukaisesti. Lisäksi se huolehtii ohjelmoitujen ajastimien ja laskurien päivittämisestä.

Muisti jakaantuu kahteen osaan, sisäiseen- ja ohjelmamuistiin. Sisäinen muisti toimii varastona, johon tallentuu anturien välittämä tieto, tulojen ja lähtöjen tila, laskentatieto ja sisäiset muuttujat. Ohjelmamuisti sisältää nimensä mukaisesti ohjelman eli koko käskykannan ja asetukset.

Tulo- ja lähtöliitännät huolehtivat logiikan yhteyksistä. Ne muokkaavat ulkopuoliset jännitteet ja signaalit logiikan sisäiseen käyttöön sopiviksi. Lisäksi ne suojaavat logiikkaa mm. ylijännitteeltä.

Tehonlähde muodostaa logiikan tarvitseman jännitteen. Tehonlähde voi syöttää pelkästään logiikkaa tai sekä logiikkaa että logiikan ohjaamia laitteita. Tehonlähde voi sijaita itse PLC:ssä tai olla ulkoinen. Logiikassa on usein myös akku tai kondensaattorityyppinen varavirtalähde turvaamassa muistiin tallennettuja tietoja, sekä mahdollistamassa logiikan kellon pysymisen ajassa myös silloin, kun ulkoinen jännite on katkaistu. Sisäinen väylä muodostaa yhteyden muistipiirien, tulo- ja lähtöliitännöiden välille

Logiikkaohjauksella saavutettavat edut:

- Toiminnot voidaan toteuttaa pienemmällä määrällä johtoja ja komponentteja
- Voidaan toteuttaa monipuolisiakin toimintoja helposti
- Toimintojen muokkaaminen helppoa
- Mahdollisuus käyttää ajastimia ja laskureita
- Edullinen hinta ja luotettavuus

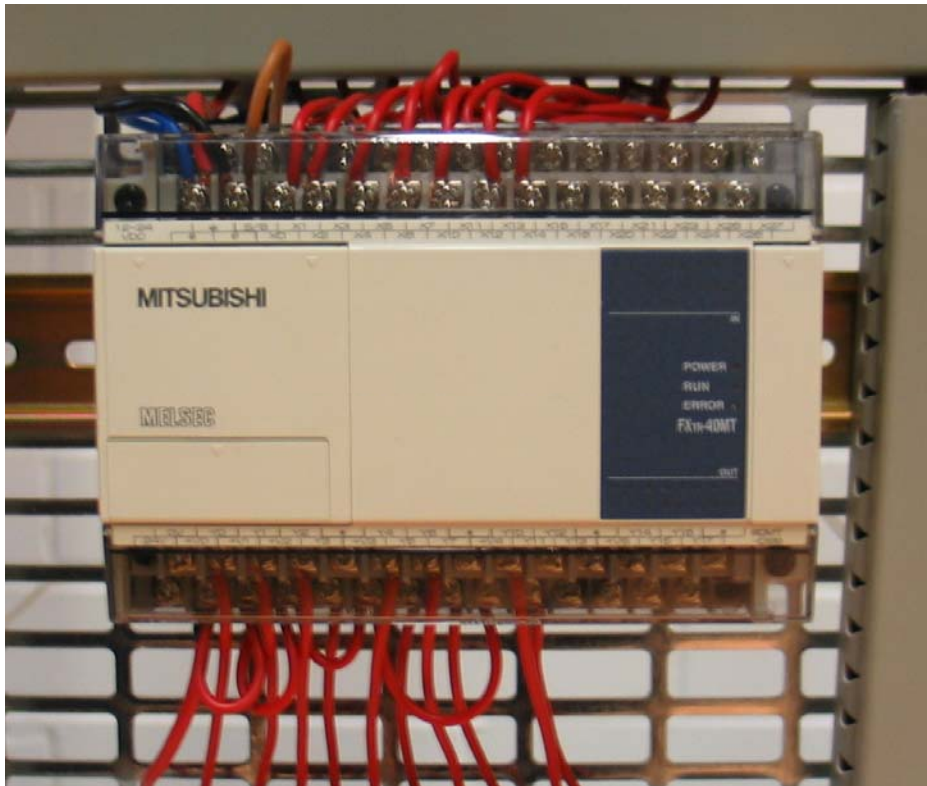
### 3 LOGIIKOIDEN OHJELMOINTI

#### 3.1 Alkuvalmistelut

Ennen logiikoiden kokeilua täytyy suorittaa alkuvalmisteluja FMS-solun saamiseksi käyttökuntoon.

1. Kytke solun pistotulppa verkkoon ja tarkista että hätäseis-painike ei ole pohjaan painettuna.
2. Kytke solun paineilmaletku paineilmaverkkoon ja avaa paineilman huoltoyksikössä oleva venttiili. Lue paine mittarista. Paineen tulee olla 0,4 Mpa eli 4 bar. Säädä paine tarvittaessa oikeaksi huoltoyksikön paineensäätimellä.
3. Tarkista ettei laitteiston liikealueella ole ylimääräisiä osia ja ettei sylinterien liikealueella ole esteitä.

### 3.2 Mitsubishi FX1N-40MT-DSS



Kuva 2. Mitsubishi FX1N-40MT-DSS

#### 3.2.1 Tarvittavat välineet

- PC-tietokone
- Ohjelmointikaapeli RS-422- ja Com-portin välille

#### 3.2.2 Ohjelmiston siirto logiikkaan

- 1. Kytke ohjelmointikaapeli logiikan RS-422-portin ja tietokoneen Com1-portin välille.
- 2. Kytke logiikassa oleva kytkin STOP-asentoon

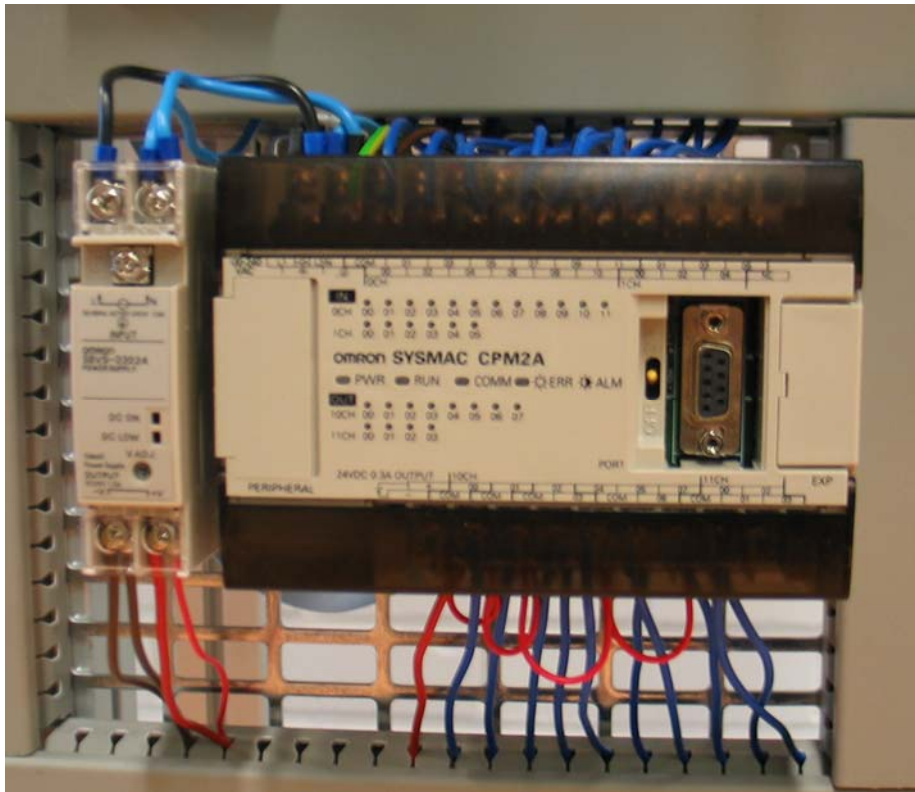
- Aseta FMS-solun ohjauspaneelissa oleva valintakytkin asentoon 1.
- 3. Valitse GX IEC Developer –ohjelmasta Project, Open ja valitse siirrettävä ohjelma
- 4. Valitse Online, Transfer setup, Ports, kaksoisnäpätystä kohtaa Serial ja valitse se COM-portti, johon ohjelmointikaapeli on kytketty, poistu valikosta painamalla OK.
- 5. Valitse Online, PLC Clear, All (tyhjentää logiikan muistin)
- 6. Valitse Project , Transfer, Download to PLC (siirretään logiikkaan uusi ohjelma)
- 7. Valitse Online, Start/Stop PLC (Käynnistää logiikan)
- 8. Valitse Online, Monitoring Mode (Mahdollistaa ohjelman toiminnan seuraamisen tietokoneelta)
- 9. Käynnistä ohjelma painamalla FMS-solun Start-painiketta

### 3.2.3 Oman ohjelman tekeminen

- Kytke ohjelmointikaapeli logiikan RS-422-portin ja tietokoneen COM-portin välille
- Kytke ohjelmoitavan logiikan kytkin STOP-asentoon
- Valitse GX IEC Developer –ohjelmasta Project, New ja esiin tulevasta Select PLC Type –valikosta PLC Series: FX ja PLC Type: FX1N, valitse OK
- Kirjoita New Project valikon kohtaan Project Path, minne ohjelma tallennetaan.
- Muodosta yhteys logiikkaan toimimalla Ohjelman siirto logiikkaan -ohjeen kohtien 4 ja 5 mukaan.
- Valmis ohjelma siirretään logiikkaan valitsemalla Project, Transfer, Download to PLC.



### 3.3 Omron CMP2A 30CDR-A Ohjelmointi



Kuva 3. Omron CMP2A-30CDR-A

#### 3.3.1 Tarvittavat välineet:

PC-tietokone

Ohjelmointikaapeli RS-232C-portin ja tietokoneen COM-portin väliin

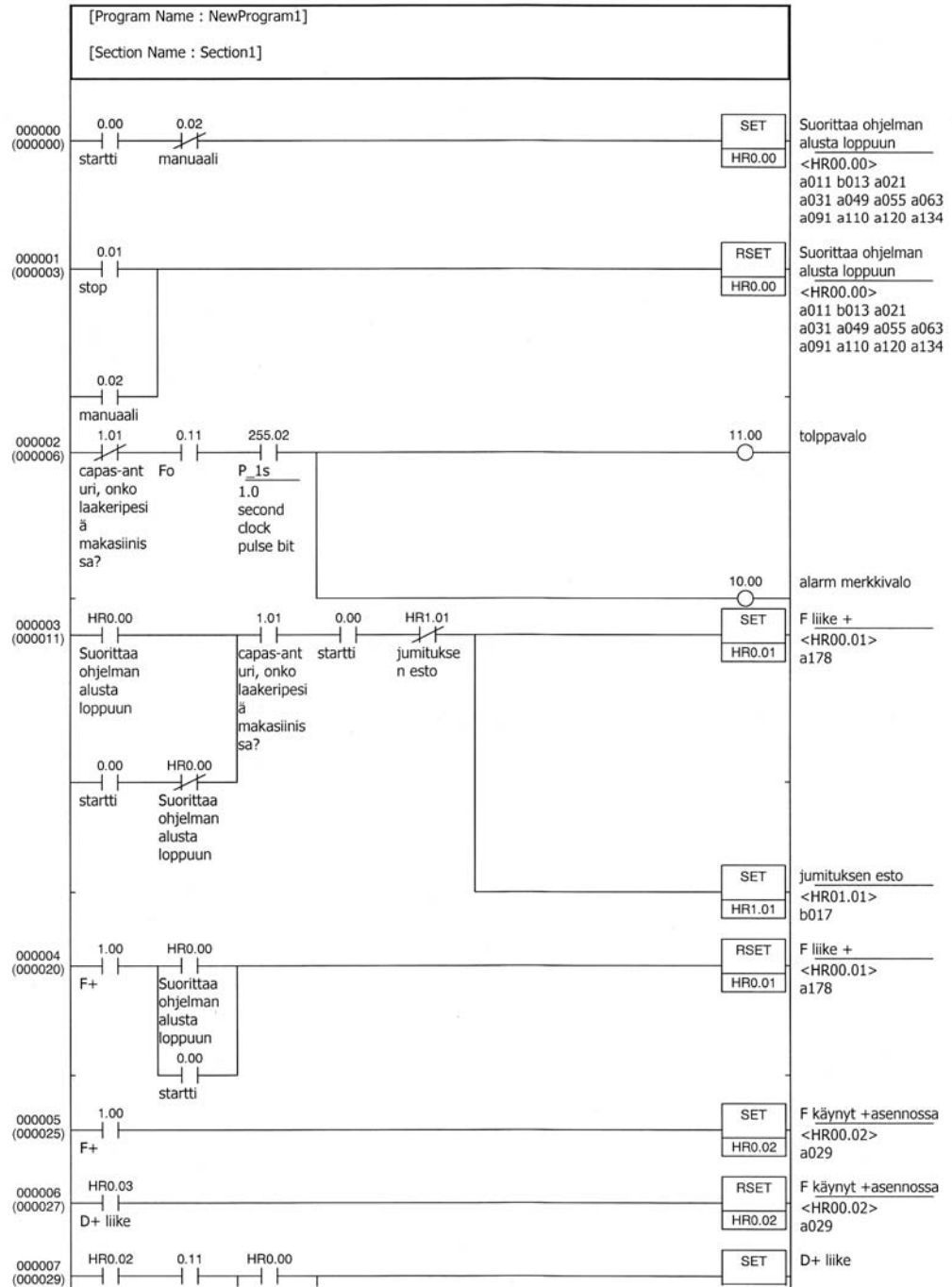
#### 3.3.2 Ohjelman siirto logiikkaan

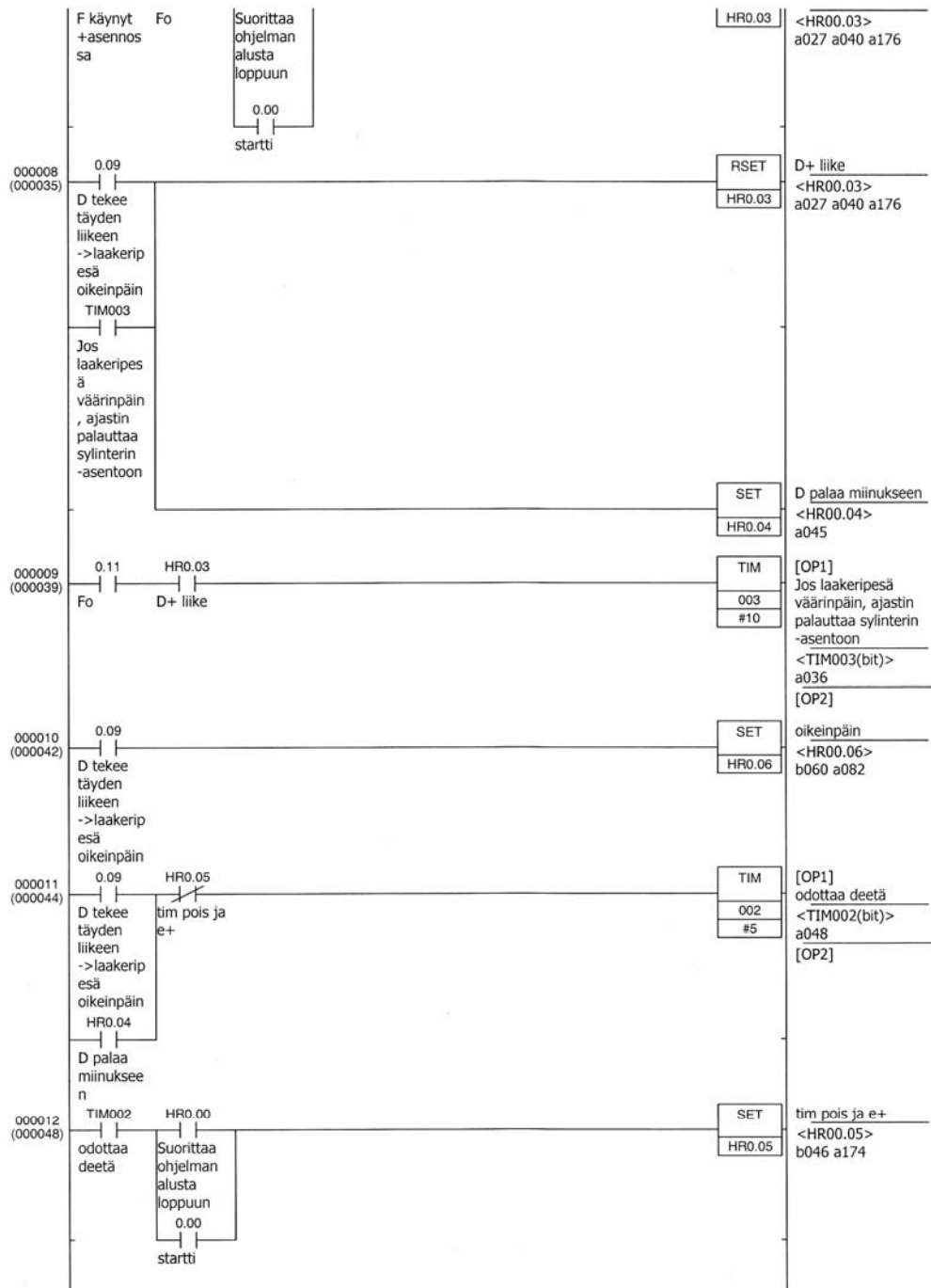
1. Kytke ohjelmointikaapeli tietokoneen COM-portin ja logiikan RS-232C-portin välille
2. Tarkista, että logiikassa oleva kytkin on asennossa ON.

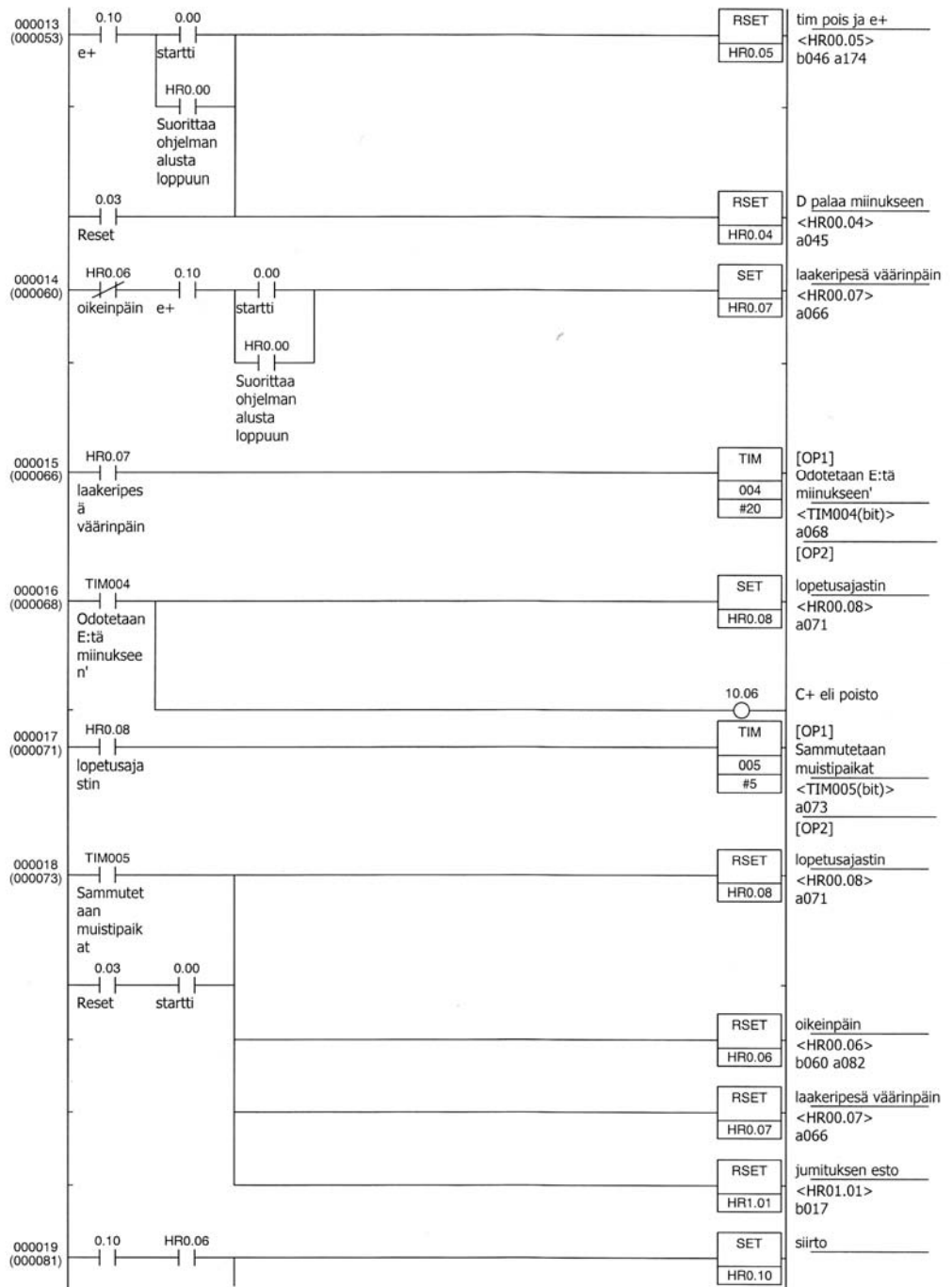
3. Kytke virta logiikkaan, asettamalla FMS-solun etupaneelissa oleva valintakytkin asentoon 2.
4. Käynnistä CX Programmer 6.0 -ohjelmisto.
5. Avaa logiikkaan siirrettävä ohjelmisto File, Open ja valitse Ohjelma.cxp
6. Muodosta yhteys logiikkaan valitsemalla PLC, Work Online, Yes
7. Siirrä ohjelma logiikkaan PLC, Transfer, To PLC
8. Käynnistä ohjelma painamalla FMS-solun etupaneelissa olevaa START-painiketta.

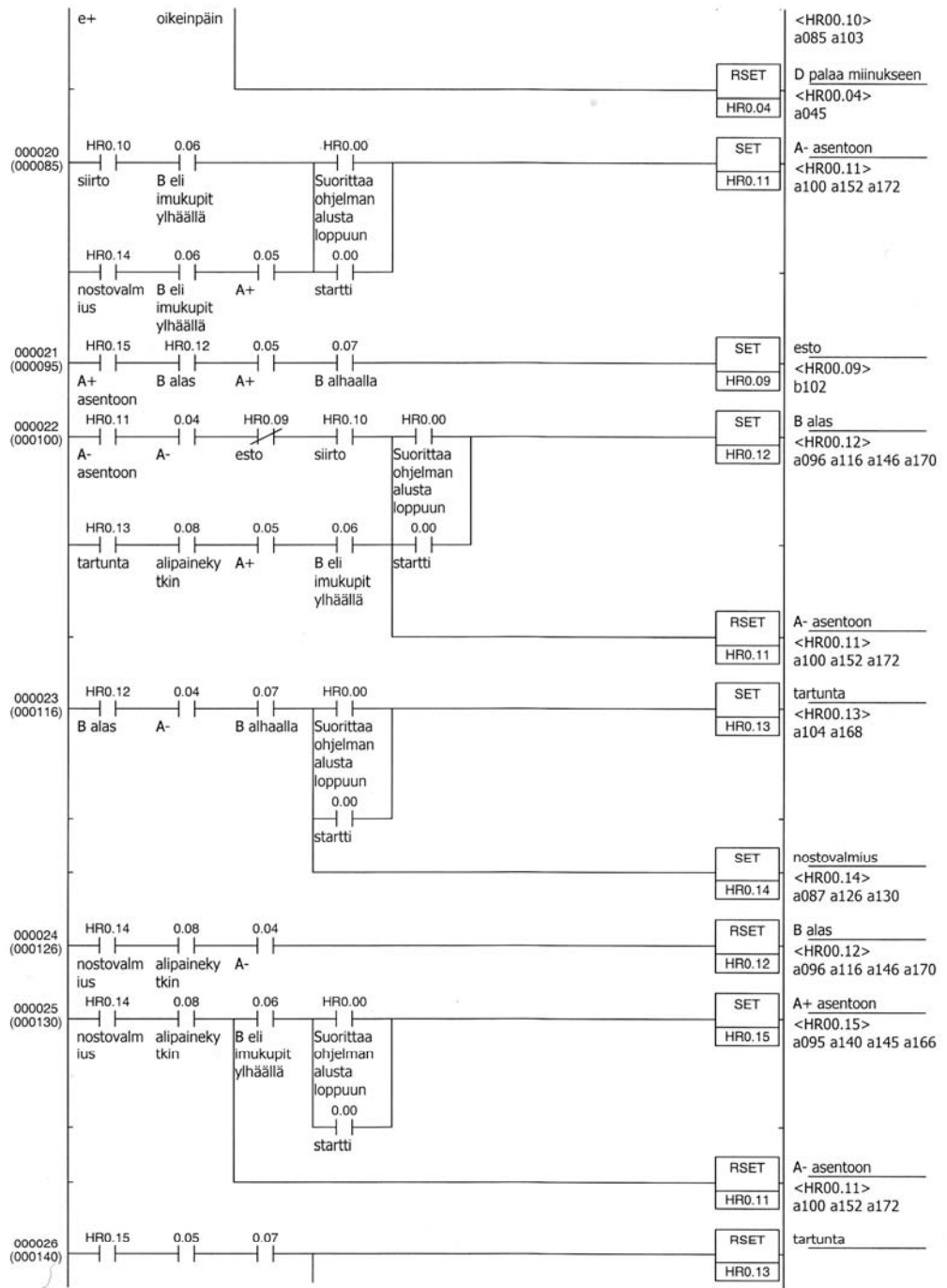
Jos etupaneelin auto/man-kytkin on auto-asennossa, ohjelma suoritetaan kokonaan, jos kytkin on man-asennossa, ohjelma suoritetaan vaihe kerrallaan – start-painikkeen painaminen saa ohjelman suorittamaan aina seuraavan vaiheen. Ohjelma pysähtyy painamalla stop-painiketta. Mikäli laitteistoon syntyy toimintahäiriö, voidaan logiikka palauttaa alkutilaansa reset-painikkeella. Ennen ohjelman uudelleen käynnistystä täytyy ylimääräiset laakerin kuoret poistaa laitteistosta.

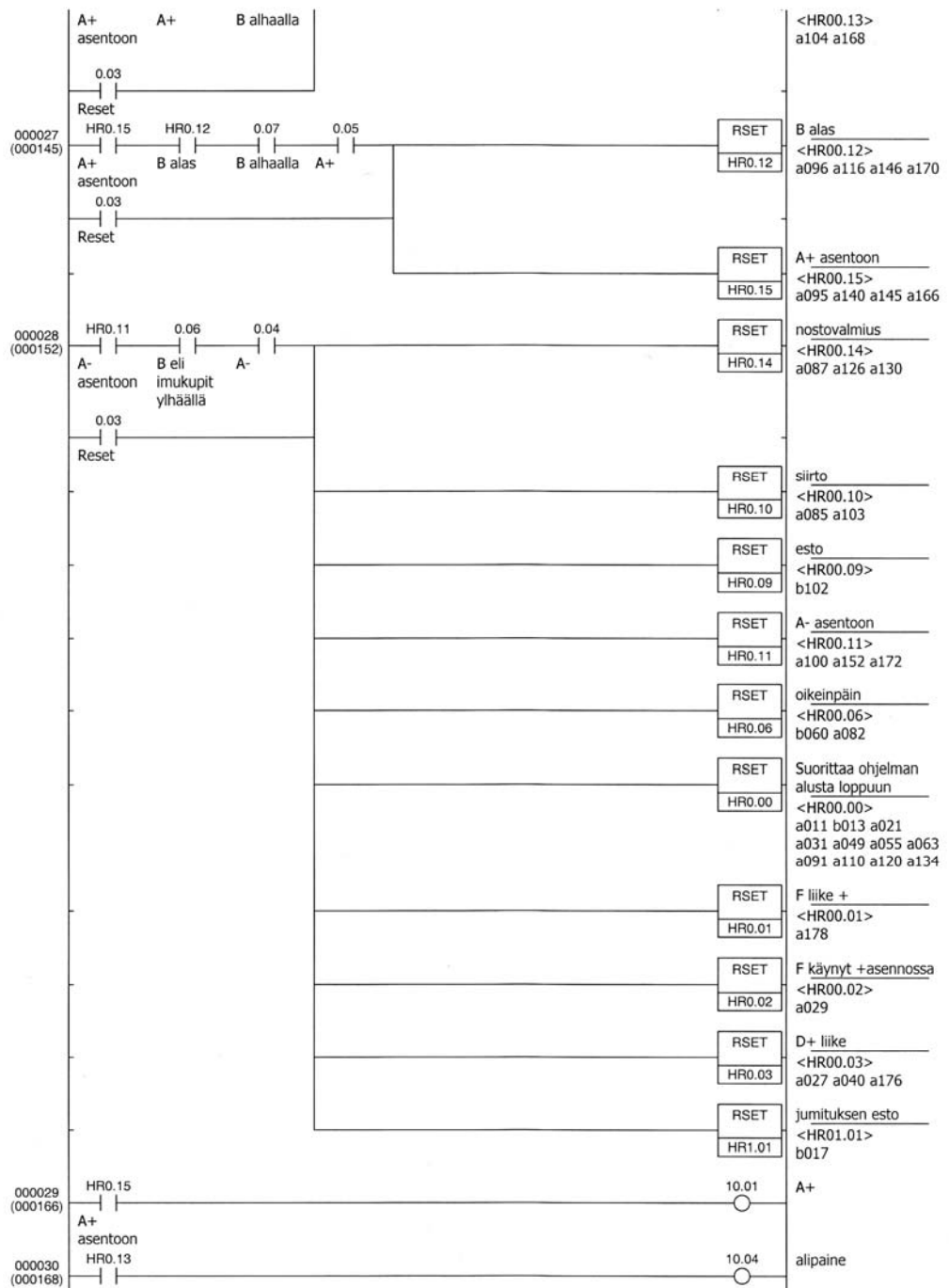
LIITE 2. OMRON CPM2A-30CDR-A-OHJELMISTO







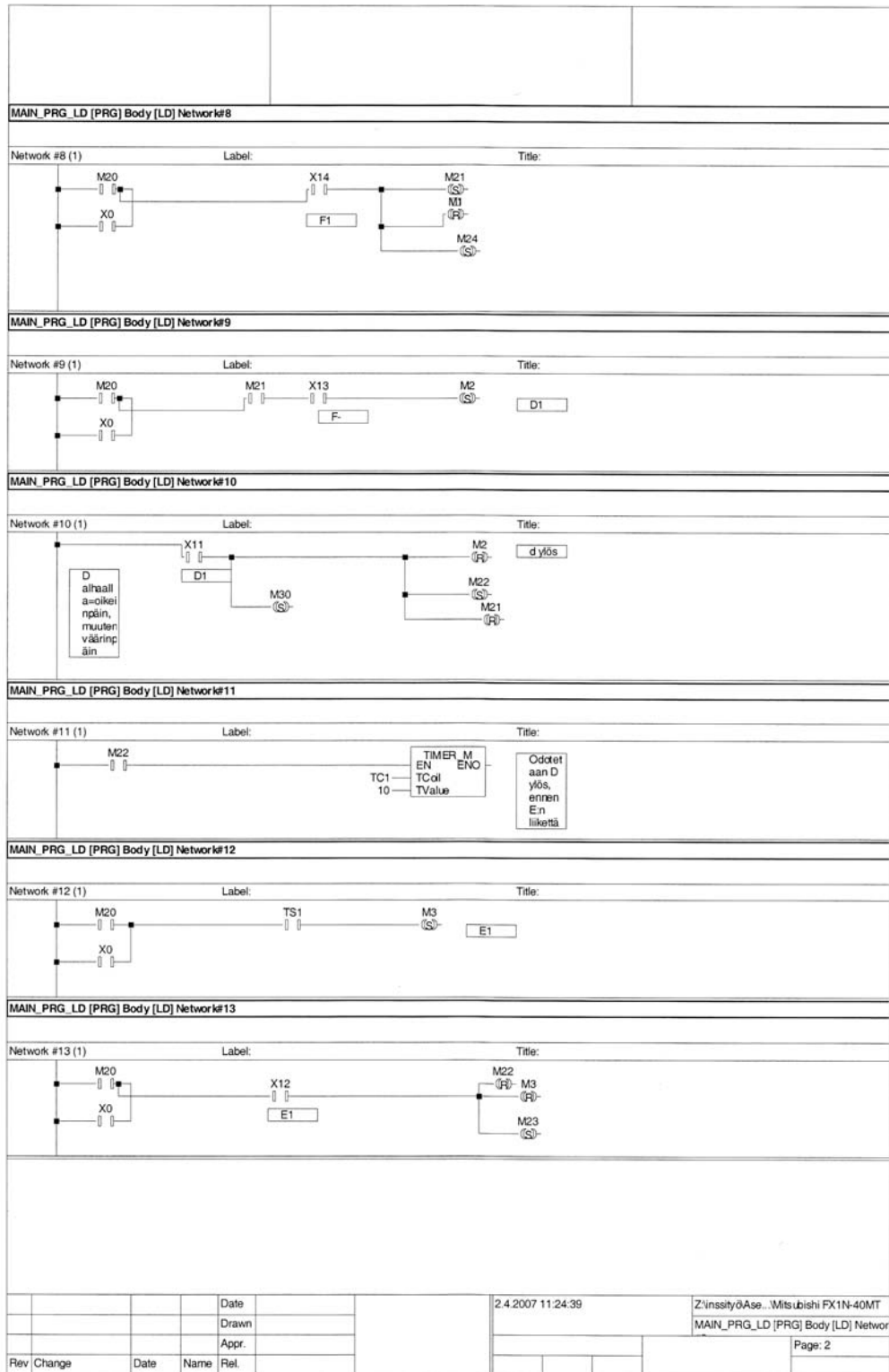




	tartunta		
000031 (000170)	HR0.12 B alas	10.03	b nosto alas'
000032 (000172)	HR0.11 A- asentoon	10.02	A-
000033 (000174)	HR0.05 tim pois ja e+	10.07	e
000034 (000176)	HR0.03 D+ liike	10.05	d
000035 (000178)	HR0.01 F liike +	11.01	F
000036 (000180)		END (01)	

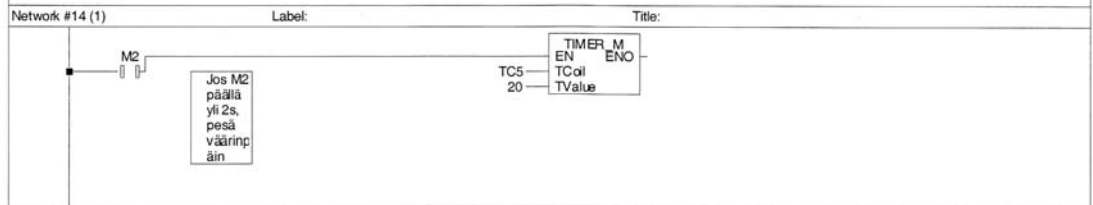




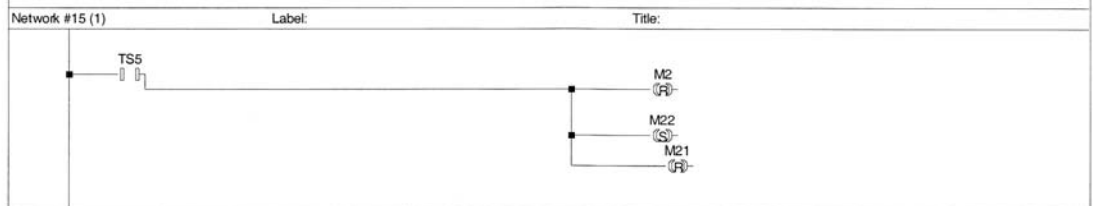




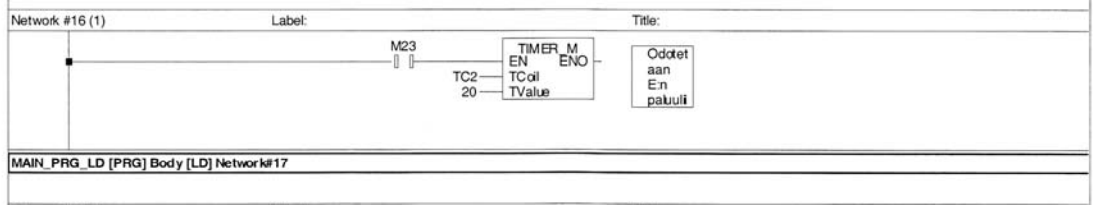
MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#14



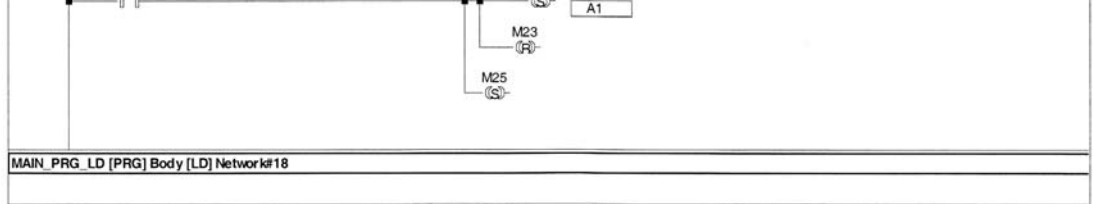
MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#15



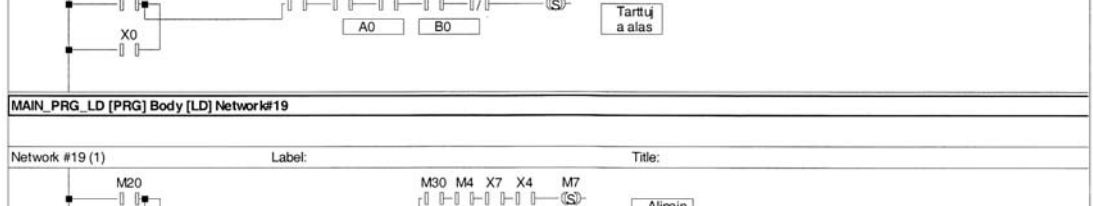
MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#16



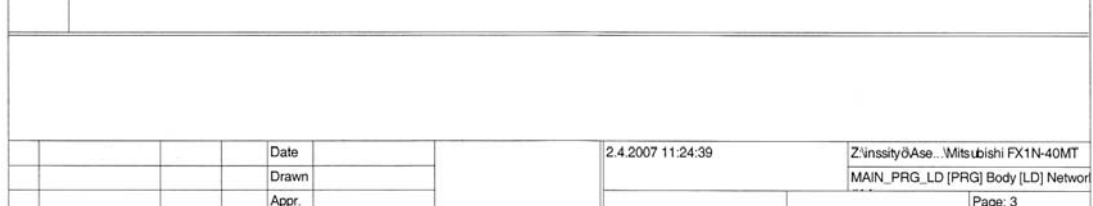
MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#17



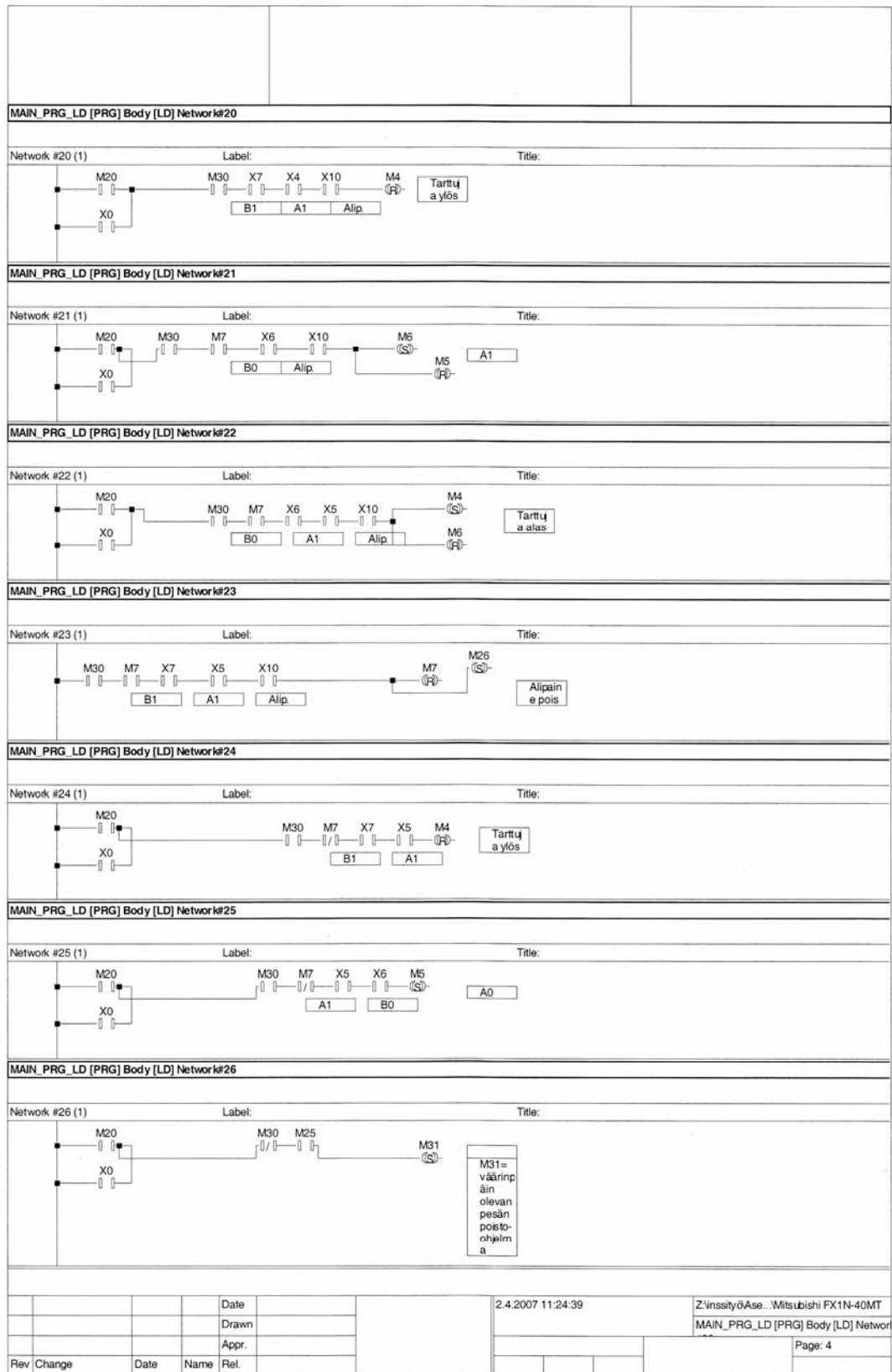
MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#18



MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#19

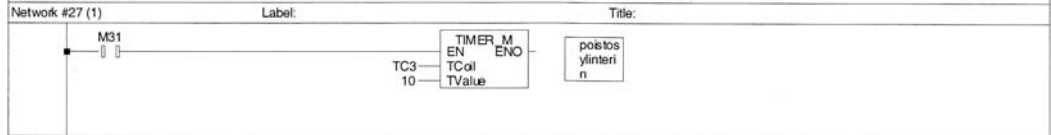


			Date		2.4.2007 11:24:39	Z:\vssityöAse...\Mitsubishi FX1N-40MT
			Drawn			MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network
			Appr.			Page: 3
Rev	Change	Date	Name	Rel.		

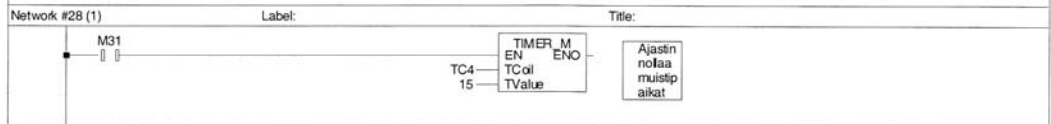




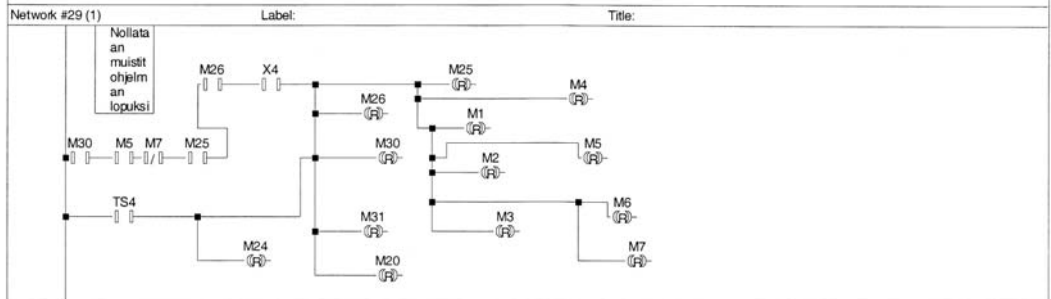
MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#27



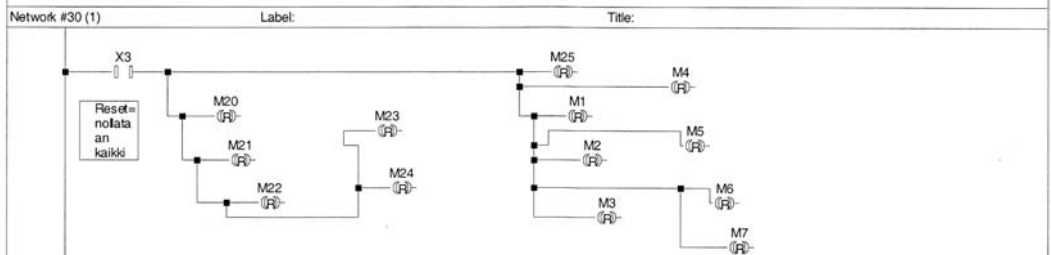
MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#28



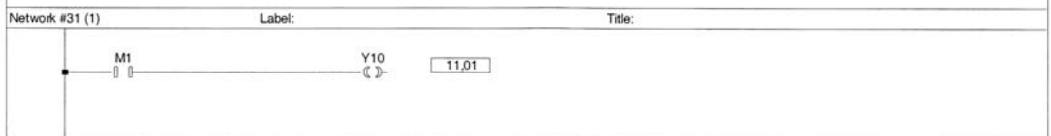
MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#29



MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#30



MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#31



MAIN\_PRG\_LD [PRG] Body [LD] Network#32



Date	2.4.2007 11:24:39	Z:\inssty\0Ase...Mitsubishi FX1N-40MT
Drawn		MAIN_PRG_LD [PRG] Body [LD] Network
Appr.		Page: 5
Rev Change	Date Name Rel.	

