

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Antti Tyllinen

Kokoonpanosolun modernisointi opetuskäyttöön soveltuvaksi

Insinööriyö 12.5.2009

Ohjaaja: lehtori Antti Liljaniemi
Ohjaava opettaja: lehtori Kai Virta

Tekijä	Antti Tyllinen
Otsikko	Kokoonpanosolun modernisointi opetuskäyttöön soveltuvaksi
Sivumäärä	74 sivua
Aika	12.5.2009
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Ohjaaja	Lehtori Antti Liljaniemi
Ohjaava opettaja	Lehtori Kai Virta
<p>Tämän insinööriyön aiheena oli Perloksen lahjoittaman kokoonpanosolun modernisointi sekä solun valmistaminen opetuskäyttöön soveltuvaksi. Työ on jatkoa Janne Lönnbergin tekemälle insinööriyölle ”Perloksen kokoonpanosolun modernisointi”.</p> <p>Työn tavoitteena oli saada aikaiseksi automaatiolaboratorioon opetustarkoitukseen soveltuva toimiva kokonaisuus, joka saa tarvittavan jännitteen yhdestä jännitelähteestä ja jossa kaikki sähköiset komponentit olisivat lukittuna yhden pääkytkimen takana. Tämä ratkaisu edellytti mm. väliaikaisten kaapeloinnin uusimisen ja sen selvittämistä, miten liukuhihnaa pyörittävä moottori voitaisiin hidastaa ja käynnistää kauko-ohjattuna eli tietokoneelta käsiin. Lisäksi toteutettiin toimiva moottorin ja sopivan taajuusmuuttajan välinen yhteys. Tämä tarkoittaa, että tietokone yhdistettiin logiikkaan ja siitä muodostettiin yhteys taajuusmuuttajaan. Taajuusmuuttaja liitettiin moottoriin siihen tarkoitettulla erikoiskaapelilla.</p> <p>Suunniteltiin myös sopivat kappaleet, joita kokoonpanosolun manipulaattorit voisivat nostaa. Lisäksi näiden kappaleiden poistoa varten kiinnitettiin kokoonpanosoluun irtonainen tanko, jossa on neljä kaksitoimista sylinteriä. Samalla myös korjattiin havaitut kuluneet ja rikkiäiset toimilaitteet. Lisäksi siistittiin ja merkittiin johdotukset, siirrettiin sähkökaappi kokoonpanosolun oikeaan sivuun sekä saatiin yhteys kokoonpanosoluun liitettyyn kosketuspaneeliin eli NT21-ohjelmoitavaan päätteeseen. Lopuksi laadittiin muutama esimerkkiohjelma, joilla demonstroitiin mitä kokoonpanosolulla voidaan tehdä.</p> <p>Lopputulokseksi saatiin oivallinen automaatiotekniikan opetukseen soveltuva kokoonpanosolu, jolla opiskelijat voivat tutustua sähkön ja paineilman yhdistelmään ja oppivat samalla ohjelmoimaan PLC:tä eli tekemään toimivan ohjelman ohjelmoitavalle logiikalle.</p>	
Hakusanat	automaatio, kokoonpanosolu, ohjelmoitava logiikka, kenttäväylä, DeviceNet, NT21, pneumaattiset toimilaitteet, johtojen merkkkaus

Author	Antti Tyllinen
Title	Modernizing and preparation the assembly cell for educational use
Number of Pages	74
Date	12 May 2009
Degree Programme	Automation Technology
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor	Antti Liljaniemi, Lecturer
Supervisor	Kai Virta, Lecturer
<p>The subject of this final year project was modernizing and preparing the assembly cell donated by Perlos for educational use. The project is a continuation for Janne Lönnberg's final year project "Modernizing the assembly cell".</p> <p>The objective was to provide the automation laboratory with a functional complex suitable for teaching purposes. The complex would receive the necessary voltage from one voltage source, and all its electrical components would be locked behind one of the main switches. This solution required renewal of the temporary cabling and studying how the conveyor belt run by the motor could be slowed down and started remotely from a computer. A working connection between the motor and the frequency transformer was also implemented. This means that the computer was connected to the logic, from which a connection to the frequency transformer was established. The frequency transformer was connected to the motor with a special-purpose cable.</p> <p>Was also designed fitting parts some manipulators on the assembly cell could pick up, as well as for the removal of the parts was attached to the assembly cell mobile bar, which has four double acting cylinder. At the same time all worn and broken actuators were repaired. After that, the wires were cleaned up and marked, the electrical cabinet was moved to the right side of the assembly cell, and a link was created between the assembly cell and the touch panel (NT21) attached to it. Finally, a few example programs were created to demonstrate what can be done with the assembly cell.</p> <p>The end result was an excellent assembly sell suitable for automation technology education. Students can learn about combining electricity with compressed air, and at the same time they can learn to program the PLCs i.e. to make a program for a programmable logic controller.</p>	
Keywords	automation, assembly cell, programmable logic controller, bus, DeviceNet, NT21, pneumatic actuators, wire marking

Sisälllys

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät

1	Johdanto.....	7
2	Kokoonpanon pääosat.....	8
2.1	Hajautettu I/O.....	8
2.2	Manipulaattorit.....	8
2.3	Taajuusmuuttajat ja suodatin.....	9
2.4	Moottori.....	9
2.5	Logiikka ja NT21-ohjelmoitavapääte.....	11
2.6	Kokoonpanosolun arkkitehtuuri.....	12
3	Työn toteutusvaiheet ja ongelmat.....	13
3.1	Vikalista.....	15
3.2	Sähkökaappi.....	17
3.3	Kaapeloinnin merkitseminen.....	20
3.4	Moottorin kytkeminen taajuusmuuttajaan.....	21
3.5	Irtonaisten sylinterien asennus.....	24
3.6	Pysäytinsylinterin vaihtaminen.....	27
3.7	Nostettavien kappaleiden suunnittelu.....	30
3.8	NT21:n ja PC:n välisen yhteyden muodostus.....	31
4	Työn aikana tulleet ongelmat.....	32
4.1	Hyödyllisiä oivalluksia.....	34
5	Logiikkaohjelma.....	35
5.1	Kokoonpanosolun käynnistys ja tehdyn ohjelman siirto PLC:lle.....	35
5.2	Esimerkkiohjelmat.....	37
5.2.1	DEMO.....	37
5.2.2	DEMO_v2.....	38
5.2.3	DEMO_v3.....	38
5.2.4	Lukitukset vapaalle.....	39
5.2.5	Manipulaattorien esittely.....	39
5.3	Logiikkaohjelman tehdessä huomattavat ongelmat.....	39
6	Parannusehdotukset.....	41

7. Yhteenveto	42
Lähteet.....	43
Liite 1: Laitelista	44
Liite 2: Korjaus Janne Lönnbergin insinööriyön sivulle 61.....	45
Liite 2: Korjaus Janne Lönnbergin insinööriyön sivulle 64.....	46
Liite 2: Korjaus Janne Lönnbergin insinööriyön sivulle 65.....	47
Liite 2: Korjaus Janne Lönnbergin insinööriyön sivulle 67.....	48
Liite 3: Moottorin tiedot.....	49
Liite 4: Taajuusmuuttajan kytkentätiedot.....	50
Liite 5: Taajuusmuuttajan parametrit	51
Liite 6: Ensimmäinen suunniteltu kappale.....	52
Liite 7: Toinen suunniteltu kappale.....	53
Liite 8: Alustalle kiinnitettävät tukikappaleet	54
Liite 9: I/O-osoitteiden ja symbolien lista.....	55
Liite 10: Naamakuva	57
Liite 11: Demo-ohjelma	58
Liite 12: Manipulaattorien esittely ohjelma	69
Liite 13: PLC:n tiedot	71
Liite 14: Piirikaavio	72
Liite 15: Työssä käytetyt työkalut ja ohjelmat.....	74

Lyhenteet, käsitteet ja määritelmät

PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka.
I/O	Input/Output. Tulot ja lähdöt.
NTST	NT Support Tool. NT-sarjan näyttöpaneelien ohjelmointi ohjelma.
TM	Transmit Mode. Siirtotila.
TLS 2200	Thermal Labeling System 2200. Lämpösiirtotulostin.
ADVC	Double acting short stroke cylinder. Kaksitoiminen lyhyen iskun sylinteri.
V	Voltti.
AC	Alternating Current. Vaihtovirta.
DC	Direct Current. Tasavirta.

1 Johdanto

Työn tilaajana oli Metropolia Ammattikorkeakoulun automaatiotekniikan koulutusohjelma. Metropolian ammattikorkeakoulu syntyi, kun EVTEK-ammattikorkeakoulu ja Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia yhdistyivät 1.8.2008. Metropolian hallintomuoto on osakeyhtiö, joka tarjoaa melkein 12 000:lle opiskelijalle 49 koulutusohjelmaa. Metropolia toimii 21 eri toimipisteessä ympäri pääkaupunkiseutua ja henkilökuntaan kuuluu n. 1 100. Automaatiotekniikan koulutusohjelma sijaitsee Metropolian Vantaan Myyrmäen yksikössä. [1; 2.]

Tämän insinööriyön aiheena oli Perloksen tehtaalta poistetun, kahden tuotantolinjan välillä rajapintana toimivan kokoonpanosolun uudelleen käyttöönotto opetustarkoituksessa. Insinööriyön jälkeen opiskelijat pystyvät käyttämään tätä automatisoitua solua laboratoriotöissä ohjelmoimalla sille yksinkertaisia ohjelmia.

Insinööriyö koostuu sekä teoriasta että käytännön osasta, jossa käsitellään kokoonpanosolun muutoksien suunnittelua ja niiden toteutusta, jotta syntyisi toimiva, selkeä ja helppokäyttöinen kokonaisuus. Teoriaosuudessa autetaan lukijaa saamaan kuva kokonaisuudesta kertomalla pintapuolisesti pääkomponenteista sekä esittämällä kokoonpanosolun sähkökuvat ja rakenne selkeinä kuvina.

Työssä käydään myös pintapuoleisesti läpi laitteiston tärkeimmät osat. Kerrotaan työn toteutuksesta, ongelmista ja ratkaisuksista, sekä mainitaan mahdollisista jatkokehitysmahdollisuuksista. Insinööriyön pääsisältönä esitetään käytännön toteutukset eli laitteiston korjaukset, uusien laitteiden asentamiset sekä esimerkkiohjelmien laatiminen ja niiden käytön ohjeistaminen.

2 Kokoonpanon pääosat

2.1 Hajautettu I/O

Automaatiototeutukset sisältävät lähes aina lähtö- ja tulopiirejä, jotka on viety prosessiaseman luota lähemmäs ohjattavia toimilaitteita. Tällaista toteutusta kutsutaan hajautetuksi I/O:ksi. [3.]

Tässä kokoonpanosolussa prosessiyksikön ja etä I/O:n välinen kommunikointi tapahtuu DeviceNet-kenttäväylässä. DeviceNet-ratkaisusta vastaavat Beckhoffin valmistamat I/O-kortit ja väyläliitin, joka mahdollistaa erilaisten laitteiden toiminnan samassa verkossa. Toimiakseen hajautettu I/O tarvitsee 24 VDC [4], jota sähkökaapissa olevat Murr Electronicin valmistamat jännitelähteet syöttävät.

2.2 Manipulaattorit

Määritelmän mukaan manipulaattori on laite, joka liikuttaa kappaleita, osia tai erikoislaitteita pystyen vain yksinkertaisiin tehtäviin. [5.]

Tässä kokoonpanosolussa käytetään neljää Feston valmistamaa manipulaattoria. Manipulaattorit eivät yllämainitun määritelmän mukaisesti pysty tekemään monimutkaisia liikkeitä, kuten siirtämään kappaleen paikasta toiseen, vaan niillä pystytään nostamaan alustalta kappaleet ja seuraavan alustan pysähtyessä manipulaattorin alle tämä nostettu kappale voidaan laskea alas. Näin olleen kappale vaihtaa alustan, mutta pysyy edelleen samassa paikassa uudella alustalla, kuin se on ollut edellisellä alustalla.

2.3 Taajuusmuuttajat ja suodatin

Nykyään moottoreiden ohjaukseen käytetään taajuusmuuttajia. Taajuusmuuttajien ansiosta moottoria voidaan ohjata etäkäyttönä, eikä moottori tarvitse erillistä käynnistyslaitetta, sillä käynnistysvirtaa voidaan pitää taajuusmuuttajalla pienenä. Haittapuolena ovat taajuusmuuttajien verkkoon synnyttämät yliaallot, joiden takia käytetään suodattimia. Tässäkin kokoonpanosolussa on suodatin, joka muodostaa hyvin pienen impedanssin halutulle yliaallolle, jolloin kyseinen yliaaltovirta tulee pääosin “imetyksi” suodattimeen. [6, s.102; 7.]

Kokoonpanosolun sähkökaapissa on kaksi taajuusmuuttajaa. Molemmat ovat Omronin valmistamat, mutta erona on vain, että toinen 0,55 kW:n ja toinen on 1,1 kW:n taajuusmuuttaja. Suodattimen sähkökaappiin toimitti Schaffner.

2.4 Moottori

Kokoonpanosolun liukuhihnaa pyörittää SEW-Eurodriven valmistama epätahti-moottori. Moottorin toimintaperiaate on se, että käämit muodostavat pyörivän magneettikentän (staattori). Tätä pyörivä roottori pyrkii seuraamaan jaksoluvun tahdissa 50 Hz, jos on liitetty suoraan Suomen sähköverkkoon. Mitä useampinapainen staattori on, sitä hitaammin moottori pyörii, esim. 2-napainen n. 3000 r/min, 4-napainen n.1500 r/min, 6-napainen n. 1000 r/min. Koska epätahtimoottorin roottori ei voi koskaan saavuttaa magneettikentän nopeutta, roottorin pyörimisnopeus on matalampi kuin teoreettinen pyörimisnopeus. [8; 9.]

Tiedetään, että kokoonpanosolun moottori on neljänapainen ja taajuusmuuttajasta jännite tulee taajuudella 20 Hz. Näistä tiedoista voidaan laskea seuraavien kolmen kaavan avulla moottorin todellinen pyörimisnopeus, jolla liukuhihnaa pyöritetään.

Kaavan 1 taajuus f on 50 Hz, koska laskettaessa teoreettista tahtinopeutta oletetaan, että sähkö otetaan yleisestä sähköverkosta. Kaavassa 2 roottorin pyörimisnopeus n on valmistajan ilmoittama 1380 r/min.

Moottorin teoreettinen tahtinopeus voidaan laskea kaavalla 1.

$$n_s = 60 \frac{f}{p} \quad (1)$$

Suhteellinen jättämä voidaan laskea kaavalla 2.

$$s = \frac{(n_s - n)}{n_s} 100\% \quad (2)$$

Moottorin roottorin pyörimisnopeus voidaan laskea kaavalla 3.

$$n = 60 \frac{f(1-s)}{p} \quad (3)$$

missä s = moottorin suhteellinen jättämä

n_s = teoreettinen tahtinopeus

n = roottorin pyörimisnopeus

f = syötetyn jännitteen taajuus

p = napapariluku

[6, s.99 – 102]

Taajuusmuuttajan syötettäessä sähköä moottorille 20 Hz:n taajuudella moottorin roottori pyörii 552 r/min pyörittäessä liukuhihnaa. Liukuhihna tosin ei pyöri samalla nopeudella moottorin ja liukuhihnan välissä olevien rattaiden eri koon takia ks, kuva 3.4.1.

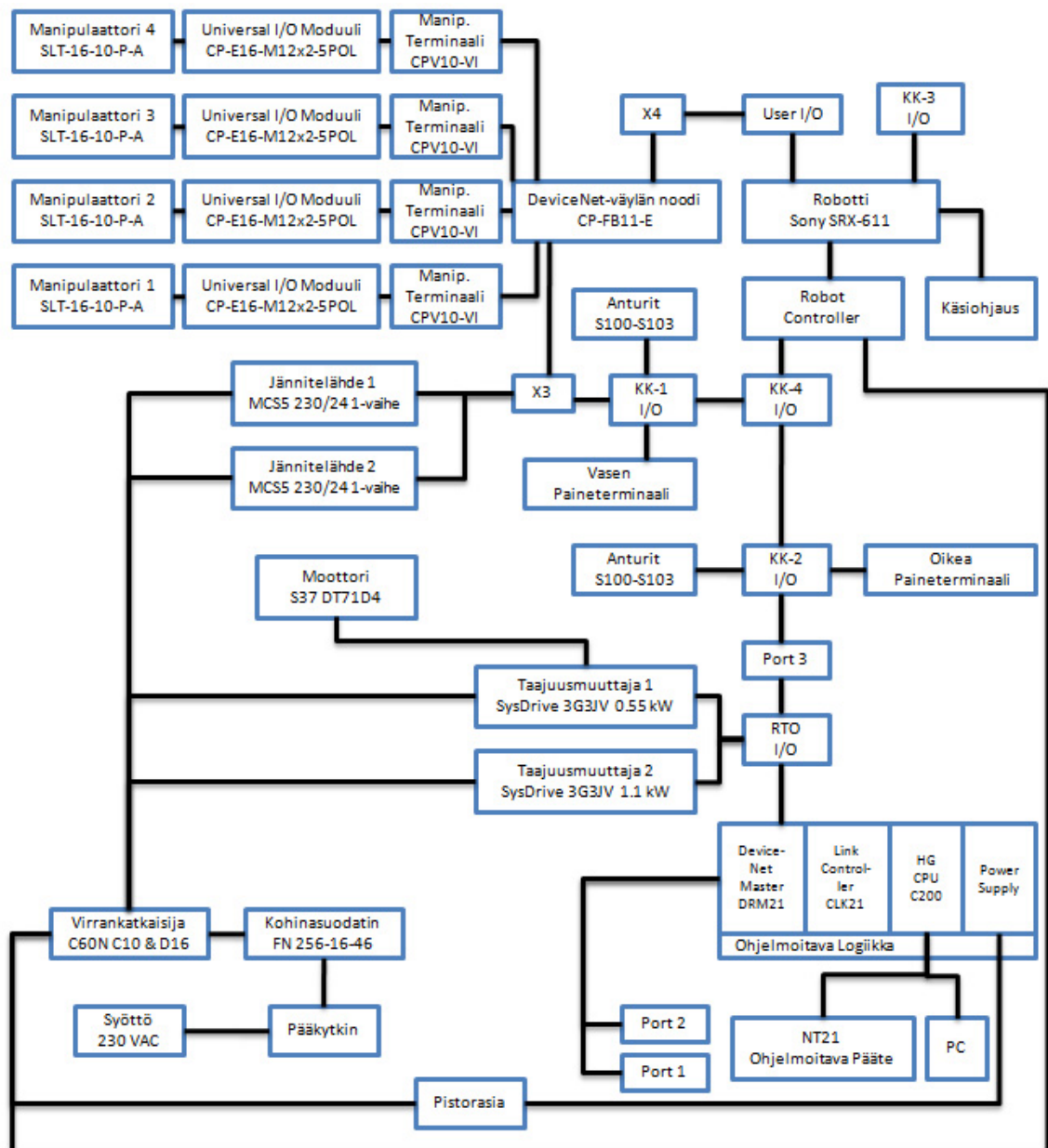
2.5 Logiikka ja NT21-ohjelmoitavapääte

Kokoonpanosolun ”aivona” toimii Omronin ohjelmoitava logiikka. Ohjelmoitava logiikka on mikroprosessoripohjainen laite, johon on integroitu kenttäväylän isäntäyksikkö ja tulo- ja lähtöportit, joilla ohjataan kenttäväylässä olevat toimilaitteet ja joihin anturit voivat lähettää muutostiedot. [10.]

Logiikan ohjelmointia varten voidaan kytkeä tietokoneen COM –portti ja keskusyksikössä oleva sisäänrakennettu RS-232C –portti eli sarjaportti keskenään kaapelilla. Tähän sarjaporttiin voidaan myös kytkeä 9-pinnisellä uros-uroserikoiskaapelilla NT21-ohjelmoitava pääte.

NT21 on tietokoneella ohjelmoitava kosketusnäytöllä varustettu pääte, johon voi samanaikaisesti kytkeä kaksi laitetta ja jolla voidaan seurata ja tarvittaessa myös ohjata prosessia. [11.]

2.6 Kokoonpanosolun arkkitehtuuri



Kuva 2.6.1. Arkkitehtuurikuva kokoonpanosolun sähköisestä kytkennästä.

Karkeasti katsottuna arkkitehtuurikuvasta nähdään, että koulun sähköverkosta kulkee sähkö sähkökaapissa olevan syöttöriviliittimen kautta pääkytkimeen. Pääkytkimestä kohinasuodattimen ja virrankatkaisimen kautta sähköä jaetaan ohjelmoitavalle logiikalle, jännitelähteille, taajuusmuuttajille. Moottori saa virtaa 0,55 kW:n taajuusmuuttajasta, jota taas ohjaa ohjelmoitava logiikka RTO:n (I/O) kautta.

Manipulaattorit ovat yhdistetty Feston CP-yksikköön ja siitä manipulaattoriterminaaliin (CPV10-VI), joka taas on kytketty CP-FB11 DeviceNet -väyläyksikön kautta DeviceNet-väylään. Myös kaikki hajautetut I/O:t ovat kenttäväylässä kiinni.

Solussa olevat manipulaattorit ja sylinterit, kuten myös Sonyn robotti, saavat paineilmaansa kahdessa paineilmaterminaalissa olevista SMC:n VQ1101N-5-0 sähkömagneettisista venttiileistä.

3 Työn toteutusvaiheet ja ongelmat

Työ aloitettiin tutustumalla kokoonpanosoluun ja tarkistamalla tämän laitteiston vähäisiä mukana tulleita dokumentteja. Työtä hankaloitti myös kunnollisten piirikaavio-kuvien puute. Onneksi kuitenkin löytyi johdotuksen kartoitus [12]. Edellä mainittu johdotuksen kartoitus toimi apuna, mutta siihen ei kuitenkaan voinut sokeasti luottaa, koska alkuvaiheessa huomattiin muutamat puutteet ja inhimilliset virheet, ks. liite 2, kun tehtiin sähkökaapin ja myös kaapin ulkopuolella olevien I/O:iden piirikaaviot. Tehdyt uudet piirikaaviot löytyvät liitteestä 14.

Kun kokoonpanolinja tuotiin automaatiolaboratorioon, monet sähkökaapista ulos menevät johdot ja kaapelit oli leikattu kylmäverisesti poikki. Näihin katkaistuihin kaapeleihin kuului myös syöttökaapeli, josta kaikki tämän solun komponentit alun perin saivat sähkövirran.

Testattaessa kokoonpanosolun toimivuutta edelliset käyttäjät kytkivät kaikki kojeet, jotka tarvitsevat 230 VAC toimiakseen, erillisillä kaapeleilla koulun sähköverkkoon. Edellä mainitut kaapelit ovat numeroituna ykkösestä kolmoseen kuvassa 3.2.4.

Ratkaisu kytkeä kaikki kojeet erikseen sähköverkkoon oli toimiva testausta ajatellen, mutta yhdellä, uuteen vaihdetulla syöttökaapelilla se ei olisi onnistunut. Tarkistettaessa kytkentöjä huomattiin, että kokoonpanosolu ei voinut toimiakaan sellaisella kytkennällä, joka oli alussa. Nimittäin yhdestä kontaktorista, jonka läpi suurin osa sähköstä kulkee, puuttui vedon kannalta oleellinen johto. Kontaktorissa nolla oli kytketty liittimeen A2, mutta ohjaussähköä ei tullut ollenkaan, eli liitin A1 oli tyhjä. Tehdyistä piirikaavioista huomattiin, että syötetty jännite kulkee F11-suojakytkimeen, jonka toinen liitin oli vapaa. Tämä suojakytkin sopii täydellisesti kontaktorille ohjausjännitteen antoa varten.

Kun sähkökuvat oli tehty kaikkiin, johtoihin laitettiin kutiste-etiketteja, ks. kuva 3.3.2. Etiketteihin lämpötulostettiin kojeen tunnuksen ja liittimen numeron, johon johto on kytketty. Tarkemmin tästä kerrotaan luvussa 3.3.

Samaan aikaan kun merkattiin johdot, mietittiin, voiko moottorin kytkeä jompaankumpaan taajuusmuuttajaan, jotka olivat sähkökaapissa. Selvityksien jälkeen kytkettiin moottori pienempään eli 0,55 kW:n taajuusmuuttajaan. Tarkemmin tästä kerrotaan luvussa 3.4.

Kun kaikki johdot oli merkitty ja sähkökytkennätkin olivat kunnossa, testattiin moottorin manuaalista käynnistystä taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttajan manuaalista löydettiin sopivat asetukset ja koekäynnistys onnistui ongelmitta.

Seuraavaksi tarkistettiin kokoonpanosolun sylinterit. Irrallaan olevat sylinterit laitettiin kiinni solun runkoon kiinni, manipulaattoreiden taakse, ja samalla korjattiin vääntynyt sylinteri, tästä lisää luvussa 3.5. Myös liukuhihnalla pyörivien alustojen pysäyttiminä toimivien sylintereiden ongelman ratkaistiin tilaamalla uudet sylinterit vanhojen tilalle. Tarkemmin tästä kerrotaan luvussa 3.6.

Koska sähköpuoli oli jo kunnossa ja pneumaattinenkin puoli saatiin kuntoon, jäljelle jäi manipulaattoreilla nostettavien kappaleiden suunnittelu sekä malliohjelman tekeminen. Nämä olivat ehkäpä projektin haastavimmat vaiheet. Kappaleista jouduttiin tekemään kaksi erilaista versiota, ja alustoja, joihin nämä tehdyt kappaleet sijoitettiin, jouduttiin myös muokkaamaan koska tehdyt kappaleet eivät pysyneet paikallaan, kun liikkuva alusta pysähtyi. Aiheesta lisää luvussa 3.7.

Myöskään malliohjelman teko ei sujunut ongelmitta. Kantapään kautta opittiin, että toimilaitteiden tilat jäivät muistiin, vaikka ohjelma pysäytettiin, eli ohjelman kaikkiin askeliin jouduttiin lisäämään kytkimen osoite, jolla resetoitiin kaikki aktiiviset toimilaitteet. Kyseisellä kytkimellä voi myös olla toinen tehtävä solussa. Sillä voidaan ohjelmoida siten, että kun kytkintä painetaan ON asentoon, käynnistyy liukuhihna. Malliohjelmista ja ohjelmateon aikana huomatuista ongelmista lisää luvussa 5.

3.1 Vikalista

Ennen tämän insinööriyön aloitusta oli tiedossa muutamat viat, joihin työn aikana löydettiin ratkaisut, ja jos oli tarvetta, viat korjattiin.

Ensimmäinen vika oli, että manipulaattori 4:n aseman toinen lukitusmekanismi ei mennyt alas (lukitus_41, kuva 3.6.1).

- Lukitusmekanismina toimii Feston ADVC-20-10-A-P-pneumatiikkasyylinteri, josta paljastui, että sylinterin männäntiiviste oli kulunut. Koska tiivisten ja kokonaisen sylinterin kustannusero oli niin vähäinen, päädyttiin ratkaisuun, jossa tilattiin uusi sylinteri vanhan tilalle.

Toinen vika oli, että manipulaattori 4:n aseman sylinteri on vääntynyt eikä siksi toiminut.

- Sylinterin mäntää suoristettiin. Sylinterirunkoa jouduttiin hiukan lyhentämään koska muuten mäntää ei olisi saatu kiinnitettyä takaisin runkoon kiinni.

Kolmas vika oli, että robotista katsottuna toisen aseman lukitusmekanismi ei mennyt alas (lukitus_61).

- Kuten ensimmäisessä viassakin tämän Feston sylinterin männäntiiviste oli kulunut, joten tilalle hankittiin uusi sylinteri. Tässä tapauksessa tämä ei kuitenkaan aluksi ratkaissut sitä ongelmaa, että sylinteriä ei pystytty ohjaamaan ohjelmoitavalla logiikan kautta. Tutkimuksien jälkeen paljastui, että paineventtiiliä ohjaavan I/O:n osoitteessa oli numerovirhe. Sen korjauksen jälkeen alustojen pysäytin toimii ongelmitta.

Neljäntenä vikana pidettiin sitä, että paineet oli pistettävä päälle ennen sähköjä.

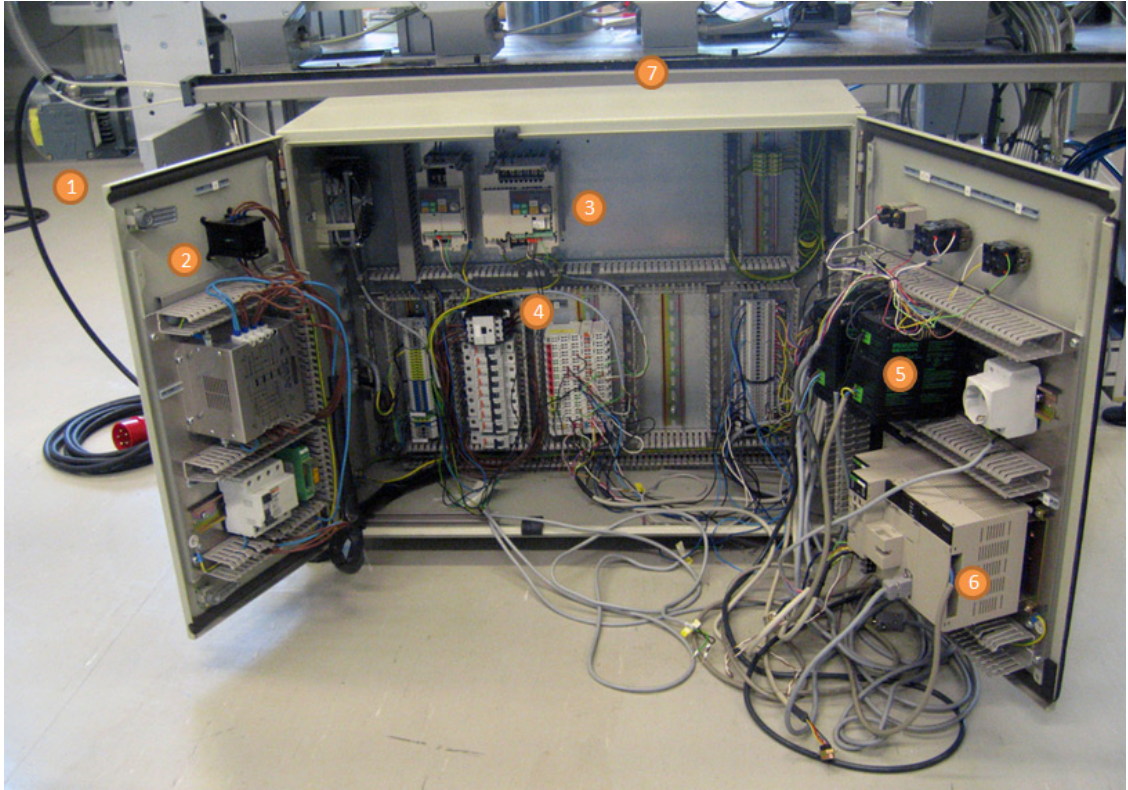
Tarvittaessa oli käännettävä edestakaisin valkoista kytkintä, joka löytyy robotin puolella sijaitsevasta paineilmaventtiilistä EAV3000.

- Tämä ei varsinaisesti ole vika, vaan toiminnallisuuden kannalta välttämätön käynnistysjärjestys. Jos paineilmaa ei ole sähköä kytkettäessä laitteeseen, I/O:hon kytketty anturi luulee, että paineen kanssa on jokin ongelma ja kaataa DeviceNet-väylän. Tämän takia I/O:hon syttyy punainen valo.

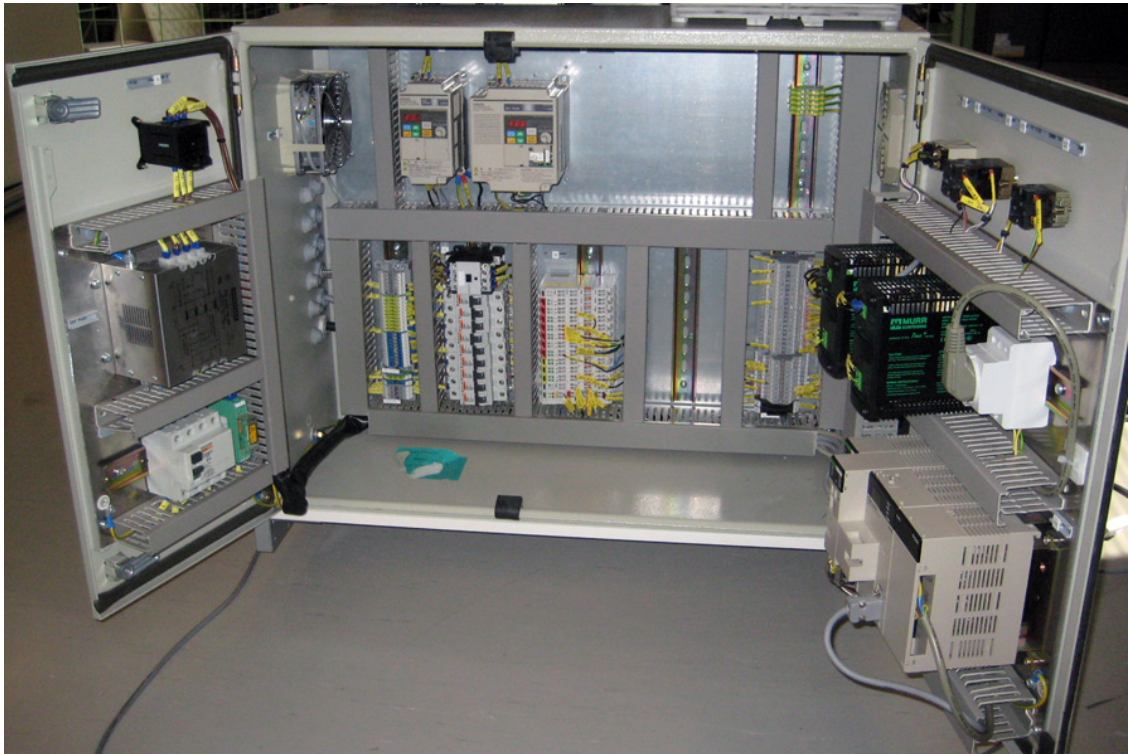
Viides eli viimeinen vika ei varsinaisesti ollut vika, vaan NTST:n ja NT21:n välinen yhteys ei onnistunut.

- Omronin NT21-kosketuspaneelin manuaaleja selattaessa huomattiin, että jotta saataisiin yhteys tietokoneessa olevaan NTST-ohjelman ja kosketuspaneelin välille, tarvittiin 9-pinninen erikoiskaapeli. Valmistettuani tarvittavan kaapelin, yhteyttä ei vielä kukaan saatu muodostettua. Onneksi Omronista osattiin auttaa kertomalla, että NT-pääte piti asettaa siirtotilaan (Transmit Mode).

3.2 Sähkökaappi



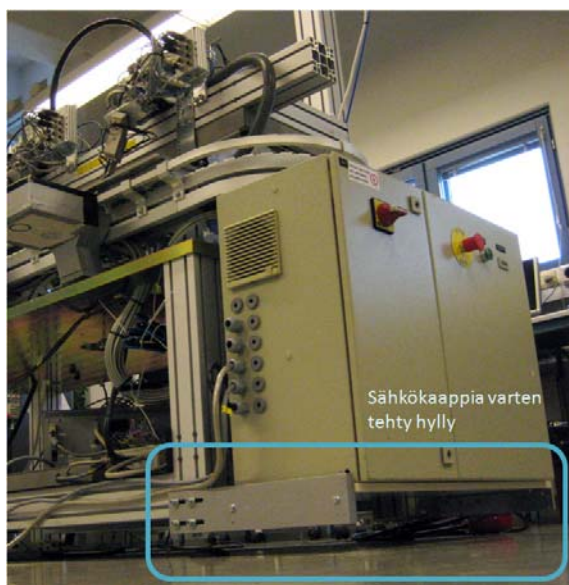
Kuva 3.2.1. Sähkökaappi ennen insinööriä.



Kuva 3.2.2. Sähkökaappi insinööriyön jälkeen.

Tutustuminen sähkökaappiin oli yksi ensimmäisistä asioista, jotka tehtiin työn alussa. Kuvassa 3.2.1 nähdään, miltä kokoonpanosolun sähkökaappi on näyttänyt, ennen kuin sen kanssa ruvettiin tekemään töitä, ja kuvassa 3.2.2 nähdään, miten sähkökaappi on muuttunut. Kuvassa olevat numerot näyttävät, mitkä asiat on jouduttu korjaamaan. Alla on selvitetty kuvan 3.2.1 numeroiden merkitykset.

- 1) Moottori kytketty virtakaapeliin, jota kytkettiin suoraan sähköverkkoon. Kaapeli oli vaihdettava ja kytkettävä taajuusmuuttajaan
- 2) Pääkytkin, jonka läpi kaapin sähköt tulisi kulkea.
- 3) Pienempään taajuusmuuttajaan oli kytkettävä moottori.
- 4) Kontaktorista puuttui ohjausjännite.
- 5) 24 VDC:n jännitelähteiden väliaikaiset virtakaapelit vaihdettava.
- 6) Ohjelmoitavan logiikan jännitelähteen väliaikainen virtakaapeli oli vaihdettava.
- 7) Neljä irtonaista sylinteriä roikkuu kokoonpanosolun ulkopuolella. Ne tulisi kiinnittää soluun niin, että sylintereillä voitaisiin poistaa liukuhihnalla pyörivillä alustoilla olevat kappaleet.



Sähkökaappi oli myös asetettu huonoon paikkaan ja se häiritsi pysäyttimien väliin jääneiden kappaleiden poistoa. Ratkaisuksi päätettiin rakentaa solun oikeaan sivuun hylly, ks. kuva 3.2.3, jonka päälle asetettaisiin sähkökaappi

Kuva 3.2.3. Kokoonpanosolun oikea sivu.



Kuva 3.2.4. Sähkökaapin oikea ovi ennen työtä.



Kuva 3.2.5. Sähkökaapin oikea ovi työn jälkeen.

Kuten kuvista 3.2.4 ja 3.2.5 nähdään, alkutilanteen ja lopputilanteen siisteydessä on tapahtunut huomattava muutos. Kuvan 3.2.4 numeroidut kohdat näyttävät, mihin oli kytketty väliaikaiset 230 V kojeille tuovat virtakaapelit.

Turvallisuuden kannalta on hyvä, että nyt sähkökaappiin ei voi kompastua ja kaikki sähköt kulkevat yhden pääkytkimen läpi. Sähkön ollessa päällä opiskelijat eivät pääse koskettamaan mitään jännitteistä osaa, koska sähkökaappi voidaan lukita avaimella.

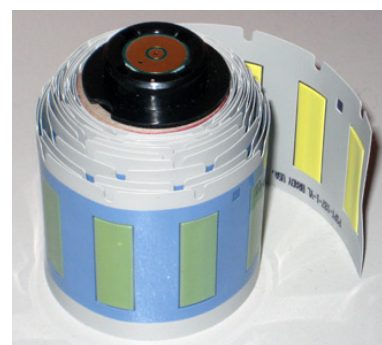
3.3 Kaapeloinnin merkitseminen

Johtojen merkitsemisessä käytettiin Bradyn valmistaman TLS 2200 –lämpösiirtotulostinta, ks. kuva 3.3.1, ja keltaisia kutiste-etikettejä, ks. kuva 3.3.2. Johtoihin alle 1,5 mm² käytettiin PSPT-125-1-YL:ää ja johtoihin yli 1,5 mm², mutta kuitenkin enintään 4 mm² käytettiin PSPT-187-1-YL:ää.

Tämä oli työn kallein vaihe, sillä tarvittavat neljä rullaa, kolme pienempiä ja yksi suurempia johtoja varten, kutiste-etikettejä maksoivat yhteensä hiukan alle 200 €. Aikaansaatu lopputulos on kuitenkin kyseisen summan arvoinen.



Kuva 3.3.1. TLS 2200 -lämpösiirtotulostin



Kuva 3.3.2. PSPT-187-1-YL-kutiste-etiketti

Johtojen merkitseminen oli hidas projekti, sillä sähköisissä kytkennöissä joihinkin liittimiin oli kytketty useampi johto. Näitä johtoja yhdistettiin tuplaholkilla, ennen kuin kytkettiin samaan liittimeen. Johtojen merkitsemisen kannalta tämä on hankalaa, sillä jotta kutiste-etikettiin voitaisiin pujottaa johto, joudutaan sivuleikkureilla katkaisemaan tuplaholkki ja pujottamaan jompikumpi johdoista etikettiin. Tämän jälkeen kyseessä olevat johdot kuoritaan kuorintapihdeillä uudestaan. Kuoritut johdot yhdistetään ja laitetaan niihin uusi tuplaholkki. Lopuksi holkki puristetaan holkkipihdeillä ja kiinnitetään saatu yhdistelmä takaisin liittimeen.

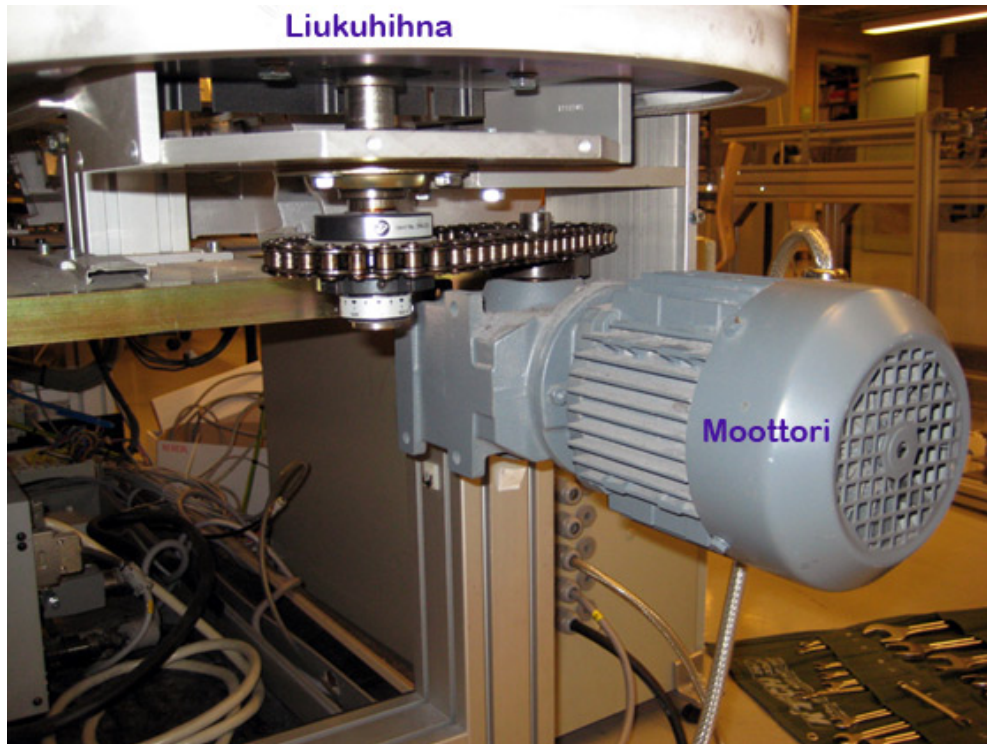
3.4 Moottorin kytkeminen taajuusmuuttajaan

Liukuhihnaa pyörittävä moottori, jonka malli on DT71D4 ja reduktorivaihteisto on S37, ks. kuva 3.4.1, oli kytketty suoraan koulun sähköverkkoon, joten moottori pyöritti liukuhihnaa täydellä nopeudella. Koska sähkökaapissa oli kaksi vapaata taajuusmuuttajaa, päätettiin heti tarkastaa, voisiko jompaankumpaan niistä kytkeä moottorin. Pienempikokoinen oli Omronin SysDrive 3G3JV 200V 1-vaihe 0,55 kW:n ja isompikokoinen oli samanmallinen kuin pienempikin mutta 1,1 kW:n taajuusmuuttaja.

Taulukko 3.4.1. Taajuusmuuttajan valintataulukko.[13.]

Rated voltage	Protective structure	Maximum applied motor capacity	Model
3-phase 230 V AC	Panel-mounting models (conforming to IP20)	0.1 (0.1) kW	3G3JV-A2001-A
		0.25 (0.2) kW	3G3JV-A2002-A
		0.55 (0.4) kW	3G3JV-A2004-A
		1.1 (0.75) kW	3G3JV-A2007-A
		1.5 (1.5) kW	3G3JV-A2015-A
		2.2 (2.2) kW	3G3JV-A2022-A
		3.7 (3.7) kW	3G3JV-A2037-A
Single-phase 230 V AC	Panel-mounting models (conforming to IP20)	0.1 (0.1) kW	3G3JV-AB001-A
		0.25 (0.2) kW	3G3JV-AB002-A
		0.55 (0.4) kW	3G3JV-AB004-A
		1.1 (0.75) kW	3G3JV-AB007-A
		1.5 (1.5) kW	3G3JV-AB015-A
3-phase 460 V AC	Panel-mounting models (conforming to IP20)	0.37 (0.2) kW	3G3JV-A4002-A
		0.55 (0.4) kW	3G3JV-A4004-A
		1.1 (0.75) kW	3G3JV-A4007-A
		1.5 (1.5) kW	3G3JV-A4015-A
		2.2 (2.2) kW	3G3JV-A4022-A
		3.7 (3.7) kW	3G3JV-A4037-A

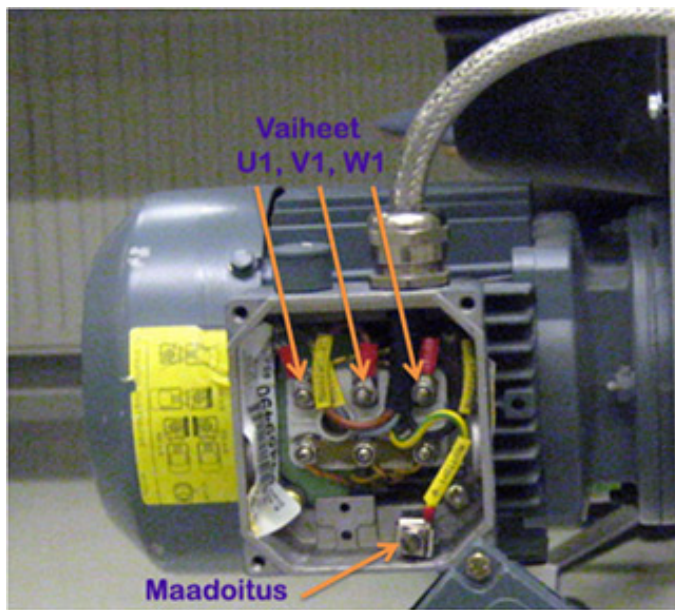
Taulukosta 3.4.1 nähdään, että käytössä oleva 0,37 kW:n yksivaihemoottori voidaan ohjata 3G3JV-AB004-A-mallisella eli 0,55 kW:n taajuusmuuttajalla, ks. kuva 3.4.3.



Kuva 3.4.1. Taajuusmuuttajalla ohjattu moottori pyörittää kokoonpanosolun liukuhihnaa ketjulla.

Vedettäessä kaapeli moottorista taajuusmuuttajalle otettiin huomioon, että sähkökaappia siirretään silloisesta paikasta. Varmuuden vuoksi kaapelin pituudeksi laskettiin noin kuusi metriä. Kuvasta 3.4.2 nähdään, miten moottorista taajuusmuuttajalle menevä kaapeli on kytketty moottoriin. Lisäksi liitteessä 4 on lisätietoja 3G3JV-mallisen taajuusmuuttajan kytkennöistä.

Taajuusmuuttajan parametrit oli muutettu testien ajaksi niin, että liukuhihnan pystyi käynnistämään painamalla taajuusmuuttajalla oleva RUN-nappia. Taajuusmuuttajan etäohjaukseen tarvittavat parametrit kuitenkin palautettiin, jotta liukuhihnaa voitaisiin käynnistää ohjelmoitavan logiikan kautta. Liitteestä 5 löytyvät käytössä olevat taajuusmuuttajan parametrit.



Kuva 3.4.2. Moottorin kytkentäkuva.



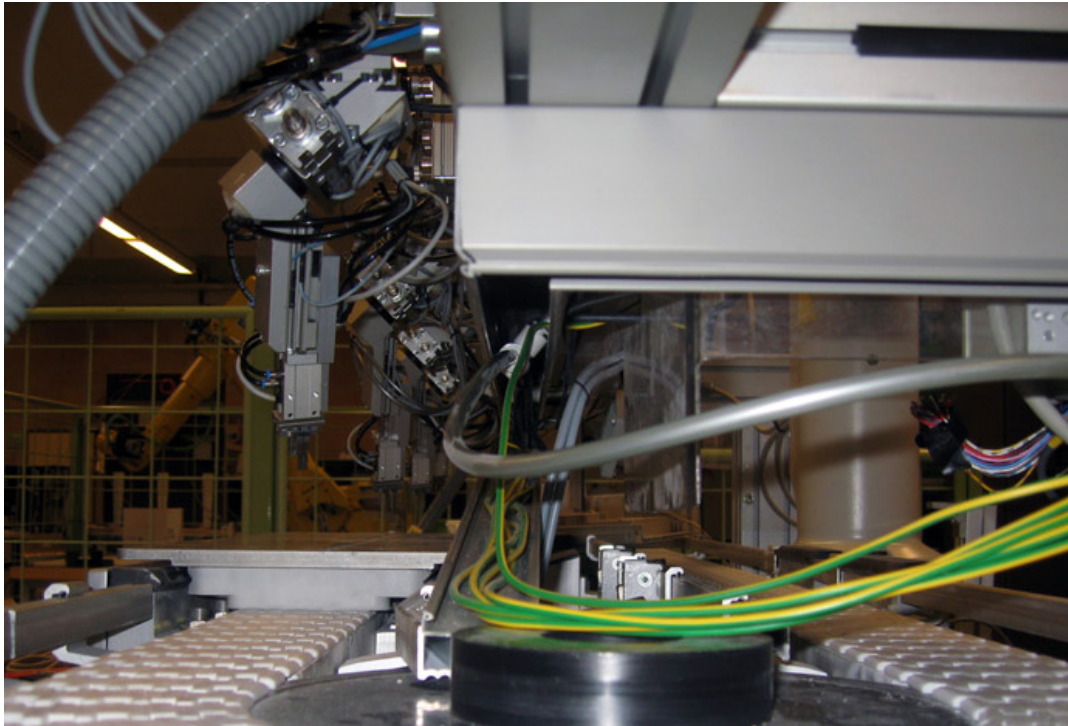
Kuva 3.4.3. Taajuusmuuttaja

3.5 Irtonaisten sylinterien asennus

Kokoonpanosolun mukana tuli rautainen tukitanko, johon on kiinnitetty neljä SMC:n CD85N10-100-B-mallista pneumatiikkasynteriä. Vaikka ei ollut tietoa, mitä näillä sylintereillä oli tehty aikaisemmin, sylintereille löydettiin uusi tehtävä. Ns. työntö-sylintereillä olisi tarkoitus poistaa liukuhihnalla pyöriviltä alustoilta irtonaiset kappaleet.

Ongelmana oli, että tämä tukirauta oli kiinni solussa vain paineilmaletkuilla eikä mitenkään tukevasti. Jouduttiin suunnittelemaan järkevä sijoituspaikka, ks. kuvat 3.5.1 ja 3.5.2, sekä kiinnityskappaleet, joilla voitaisiin kiinnittää tämä tukitanko kokoonpanosoluun.

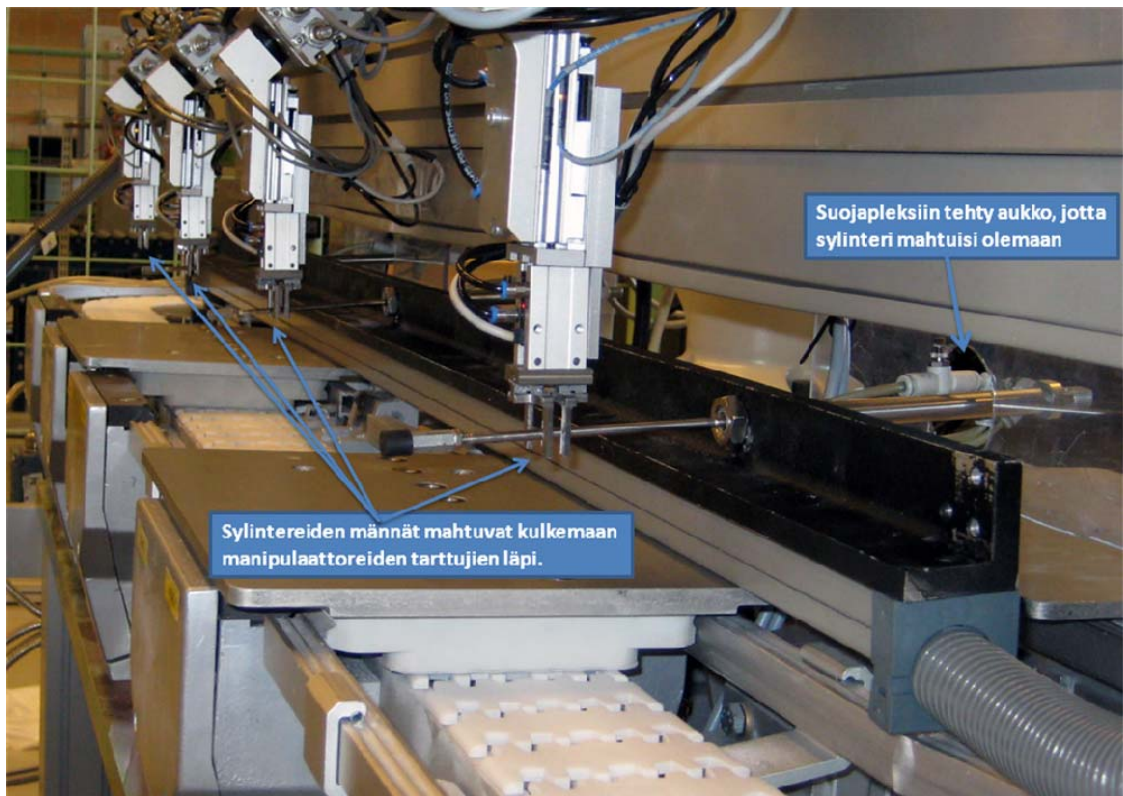
Lisää ongelmia aiheutti keskellä kokoonpanosolua oleva suojaileksi, johon jouduttiin tekemään aukko, ks. kuva 3.5.3. Koska pleksi oli suhteellisen paksu ja hauraan oloinen, jouduttiin olemaan hyvin varovaisia porattaessa reikä. Myös manipulaattoreiden taakse sijoitettujen sylintereiden etäisyys ei vastannut manipulaattoreiden etäisyyttä toisistaan. Tämän takia manipulaattoreita jouduttiin siirtämään muutaman senttimetrin verran, jotta sylintereiden männät eivät törmäisi manipulaattoreiden tarttujiin. Kuvassa 3.5.3. puuttuvat vielä kiinnityskappaleet, ks. kuvat 3.5.4 ja 3.5.5, joilla saatiin kiinnitettyä sylinterit kokoonpanosoluun.



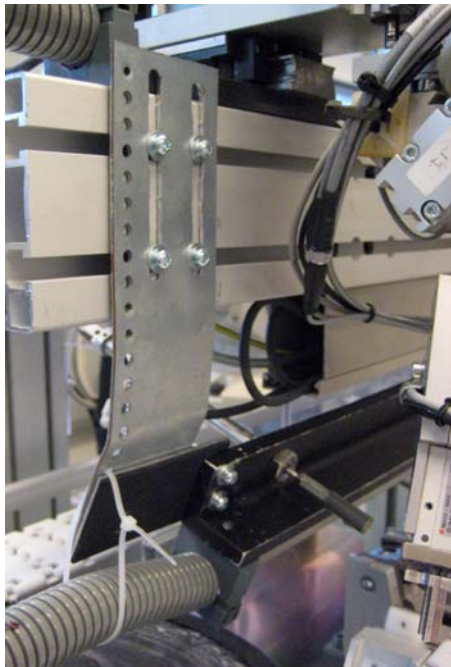
Kuva 3.5.1. Kokoonpanosolun paikka, johon suunniteltiin irrallaan olevien sylinterien kiinnitys.



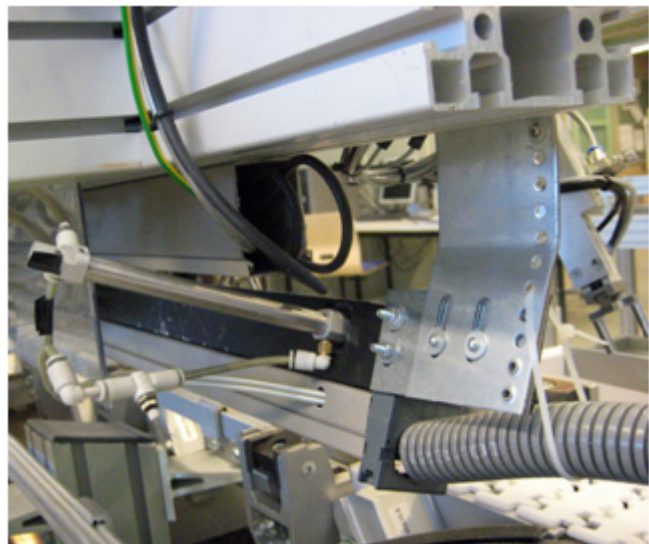
Kuva 3.5.2. Irrallaan olevat sylinterit asennettu suunnittelulle paikalle.



Kuva 3.5.3. Ns. työntösylinterit manipulaattoreiden takana.

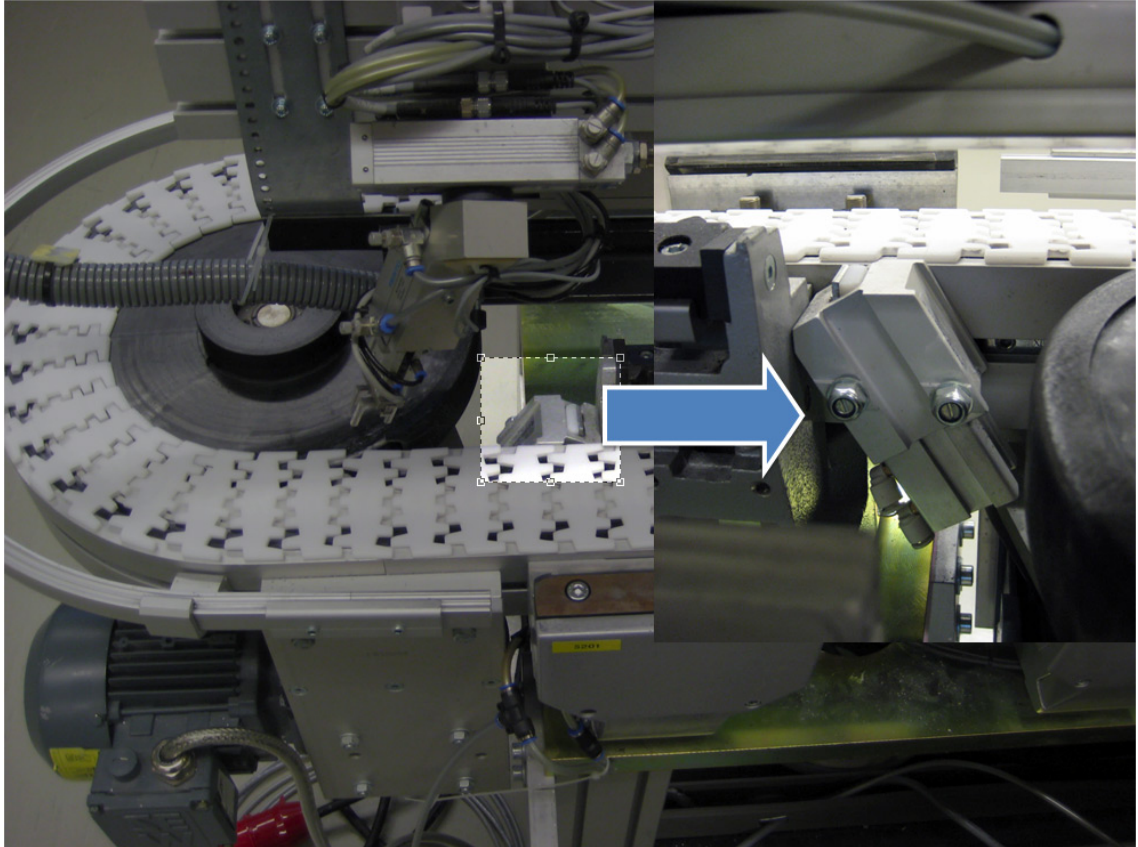


Kuva 3.5.4. Kiinnityskappale edestäpäin kuvattuna



Kuva 3.5.5. Kiinnityskappale takaa kuvattuna.

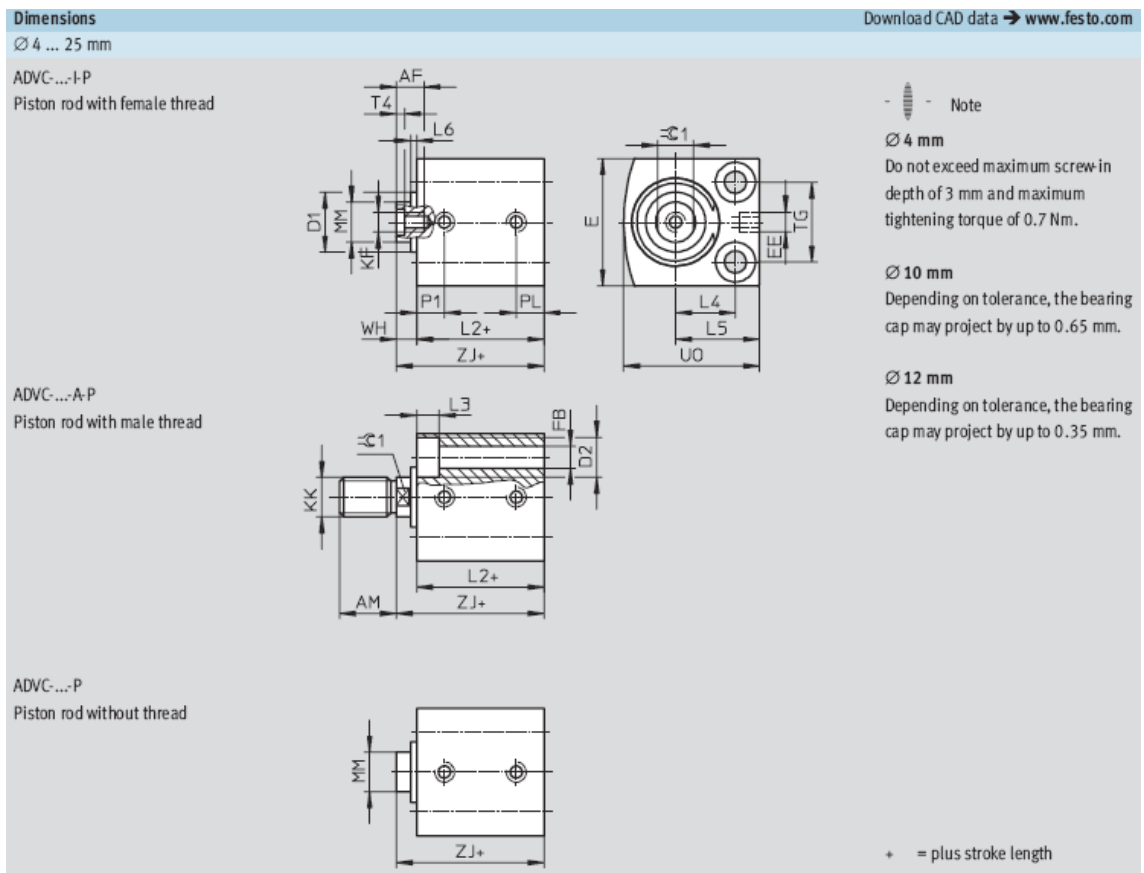
3.6 Pysäytinsylinterin vaihtaminen



Kuva 3.6.1. Yksi kuudesta ”pysäytintoimilaitteesta”, jonka tehtävänä on pysäyttää alustoja.

Kokoonpanosolussa on kuusi Feston valmistamaa ADVC-20-10-A-P-pneumatiikka-sylinteriä, jotka toimivat liukuhihnalla pyörivien alustojen pysäyttiminä, ks. kuva 3.6.1. Ongelmana oli, että kaksi sylintereistä ei toiminut. Molempien sylintereiden männät eivät palautuneet takaisin sylinterin sisälle.

Ensimmäisenä kokeiltiin, vaihtaa ei toimiviin sylintereihin paineilmaletkut oikein toimivista sylintereistä. Tämä ei kuitenkaan korjannut ongelmaa. Painaessa avointa sylinterimäntää huomattiin, että oikein toimivan mäntää oli mahdotonta painaa takaisin sylinteriin, kun taas ei-toimivan sylinterin mäntä antoi helposti periksi. Tästä pääteltiin, että männäntiiviste oli kulunut ja se pitäisi vaihtaa. Asia varmistui, kun pysäyttimenä toimiva toimilaite avattiin ja sylinteri purettiin.



Kuva 3.6.2. Feston ADVC-sylinterin rakennekuva. [14.]

Taulukko 3.6.1. ADVC-sylinterin muuttujien arvot. [14.]

∅ [mm]	Stroke [mm]	AF min.	AM -0.5	D1 ∅ max.	D2 ∅	E max.	EE	FB ∅	KF	KK	L2 +0.2	L3
4	2.5	-	6	-	3.3 ^{+0.1}	10	M3	1.8	-	M2	10.5	1.8
	5	-	6	-	5 ^{+0.1}	13	M3	2.9	-	M3	11	2.9
6	5	-	8	7.5	5.8 ^{+0.1}	18	M5	3.4	-	MA	16	3.4
	10	-	8	7.5	5.8 ^{+0.1}	18	M5	3.4	-	MA	14	
10	5	8	8	10.7	6 ^{H13}	20	M5	3.4	M3	M5	18	3.4
	10	8	8	10.7	6 ^{H13}	20	M5	3.4	M3	M5	18	3.4
16	5	-	-	-	8 ^{H13}	25	M5	4.5	M4	M6	18	4.6
	10	-	-	-	8 ^{H13}	25	M5	4.5	M4	M6	18	
	15	10	12	-	8 ^{H13}	25	M5	4.5	M4	M6	18	
	20	10	12	-	8 ^{H13}	25	M5	4.5	M4	M6	18	
20	5	12	12	-	10 ^{H13}	32	M5	5.5	M5	M8	22	5.7
	10	12	12	-	10 ^{H13}	32	M5	5.5	M5	M8	22	
	15	12	12	-	10 ^{H13}	32	M5	5.5	M5	M8	22	
	20	12	12	-	10 ^{H13}	32	M5	5.5	M5	M8	22	
25	5	12	12	-	10 ^{H13}	38	M5	5.5	M5	M8	22.5	5.7
	10	12	12	-	10 ^{H13}	38	M5	5.5	M5	M8	22.5	
	15	12	12	-	10 ^{H13}	38	M5	5.5	M5	M8	22.5	
	20	12	12	-	10 ^{H13}	38	M5	5.5	M5	M8	22.5	

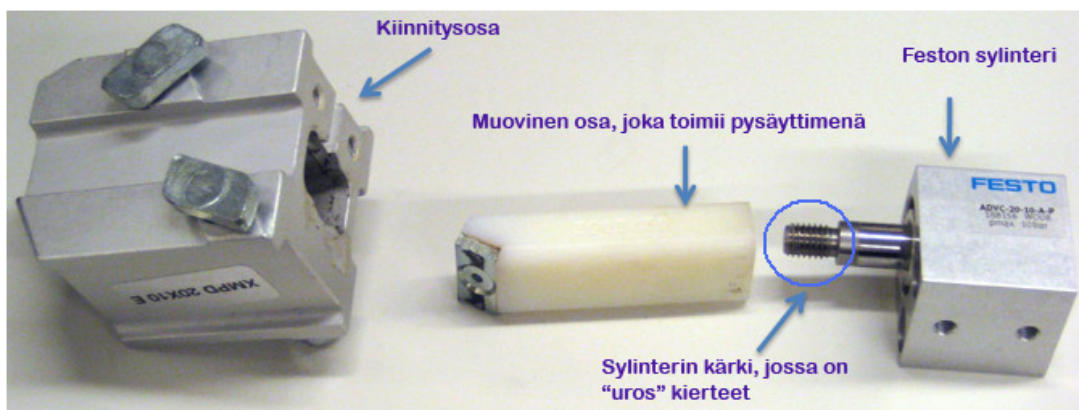
Festolta saatiin selville, että uuden sylinterin hinta on hiukan korkeampi kuin pelkän männäntiivisteiden hinta. Tämän takia päätettiin tilata uudet sylinterit eikä pelkät männäntiivisteet. Oikeiden sylintereiden löytäminen oli suhteellisen helppoa, sillä Festolta saatiin ADVC/AEVC-mallisten sylintereiden tuoteluettelo, josta etsittiin sopivat sylinterit ja tilattiin ne. Tarvittavien sylintereiden tiedot näkyvät kuvasta 3.6.2 ja taulukosta 3.6.1.

Tarkastaessa, oliko sylinterimännän tiiviste kunnossa, purettiin vain toinen pysäyttimenä toimiva toimilaitte, ks. kuva 3.6.4. Toimilaitteessa toimi uroskierteisellä päällä varustettu sylinteri. Tehtiin johtopäätös, että toinenkin sylinteri oli samanlainen, ja tilattiin kolme uroskierteisellä päällä varustettua sylinteriä. Kolmas sylinteri tilattiin varakappaleeksi.

Valitettavasti kun purettiin toinen pysäyttimenä toimiva toimilaitte, huomattiin, että siellä oli naaraskierteisellä päällä varustettu sylinteri eli kierteet oli tehty sylinterimännäntangon sisälle, joten tässä tapauksessa itse alustojen pysäyttimenä toimii kuvassa 3.6.3 näkyvä muovinen kappale. Tästä kappaleesta onnistuttiin kuitenkin irrottamaan rautainen urospää, jonka jälkeen muovinen kappale laitettiin kiinni tilattuun sylinteriin.



Kuva 3.6.3. Pysäyttimenä toimiva muovinen kappale



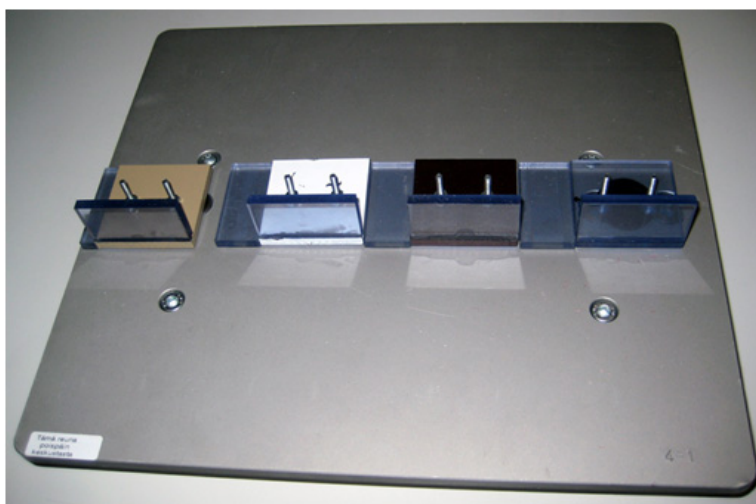
Kuva 3.6.4. Pneumaattinen toimilaitte, jolla pysäytetään liukuhihnalla pyöriviä alustoja.

3.7 Nostettavien kappaleiden suunnittelu

Tarkoituksena oli suunnitella kappaleet, joita voitaisiin nostaa manipulaattoreilla ja tarvittaessa voitaisiin myös poistaa kappaleet sylintereillä. Huomioon piti ottaa se, että kun pysäyttää alustan, kappale liikkuu hiukan alustalla, jolloin manipulaattorin tarttuja ei välttämättä saa kappaleesta otetta. Jotta vähennettäisiin kappaleen liikkumista alustalla, liukuhihnan pyörimisnopeutta hidastettiin taajuusmuuttajalla syöttämällä moottoriin jännite 20 Hz:n taajuudella. Lisäksi piti ottaa huomioon manipulaattorikäden alaspäin suuntautuva liike, minkä takia kappale ei voinut olla liian korkea.

Ensimmäisessä kappaleen versiossa (liite 6) pyrittiin poistamaan ylimääräisen alustalla tapahtuva liike tekemällä teräksestä painava kappale. Kappaleesta tuli kuitenkin liian painava, eikä se pysynyt manipulaattorin tarttujassa kiinni.

Toinen versio kappaleesta (liite 7) toteutettiin 5 mm:n paksuisesta muovista, johon porattiin reikä ja kiinnitettiin kaksi 3x20 uppokantaruuvia, joihin manipulaattorikäden tarttuja pystyi tarttumaan. Kappaleet olivat tarpeeksi kevyet pysyäkseen tarttujassa tämän liikkuesssa, mutta nämä kevyet kappaleet eivät pysyneet paikallaan, kun liukuhihnalla pyörivä alusta pysäytettiin. Ratkaisuksi liimattiin alustalle muoviset tukikappaleet (liite 8), jotka estivät nostettavien kappaleiden ylimääräistä liikkumista. Valmis alusta näkyy kuvassa 3.7.1.

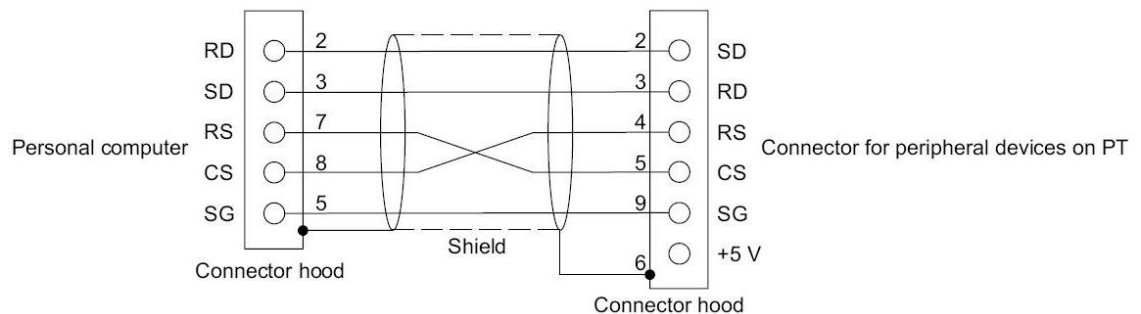


Kuva 3.7.1. Alusta ja nostettavat kappaleet.

3.8 NT21:n ja PC:n välisen yhteyden muodostus

Tämän insinööriyön laajuuden takia kosketusnäytön kunnostamiseen ja toimivan paneeliohjelman laatimiseen ei valitettavasti riittänyt aikaa. Omronin NT21-ohjelmoitavan päätteen ja tietokoneen välille onnistuttiin kuitenkin luomaan yhteys, mikä helpottaa opiskelijoita, jotka saattavat kunnostaa NT21:n projektityönä.

Tietokoneen ja NT21:n välinen yhteys saatiin muodostettua valmistamalla kuvassa 3.8.1 näkyvä kaapeli.



Kuva 3.8.1. PC 9-pin serial connector <=> NT21 9pin [15.]

Jotta saataisiin yhteys tietokoneella käynnistettyyn NT Support Tool-ohjelman ja NT21-päätteen välille, pitää muistaa asettaa NT21 siirtotilaan (Transmit Mode). Se tehdään painamalla kahta näytön kulmaa yhtäaikaisesti, jolloin päästään systeemimenuun. Sieltä valitaan Transmit Mode ja edelleen TransmitTool. Nyt näyttö on siirtotilassa, jota pitää käyttää sekä ylös- että alaslatauksiin. Tämän jälkeen voidaan aloittaa siirron NT Support Toolista. Siirron jälkeen palautetaan NT:n Quit /ABort-painikkeilla normaalitilaan.

4 Työn aikana tulleet ongelmat

Pysäyttimelle 61 oli määritetty väärä I/O-osoite logiikkaohjelmassa. Tähän ratkaisuksi joko letkujen tai I/O-osoitteiden vaihto.

Uusissa sylintereissä, jotka tilattiin, ilman sisään- ja ulostuloväli oli pienempi kuin alkuperäisissä sylintereissä, joten oli hankala laittaa venttiilit kiinni letkuja varten.

Toinen asennetuista sylintereistä toimii hyvin, toinen ei totellut ohjausta. Tarkistettiin ohjelmassa käytetty I/O –osoite, joka todettiin vääräksi. Sen jälkeen tarkistettiin ei-toimivan sylinterin pneumaattinen kytkentä.

Kokoonpanosolun sähkökaappi oli sijoitettu huonosti. Se pitäisi asentaa kokoonpanosolun oikeaan kylkeen kiinni, mutta ongelmana siinä olivat kaapista ulos menevät johdot/kaapelit ja niiden pituuden riittävyys. Myös, kun moottori laitettiin kiinni taajuusmuuttajaan, otettiin huomioon yhdistyskaapelin pituuden riittävyys, jos sähkökaappia joskus siirrettäisiin. Sähkökaapista kokoonpanolinjalle menevät kaapelit olivat sotkuisen näköiset (rullattu), eli niitä piti siistiä.

Liukuhihnalla pyörivien alustojen päällä olevat kappaleet, joita nostettiin manipulaattoreilla, eivät pysyneet paikallaan, kun pysäytin pysäytti alustan. Newtonin ensimmäisen lain eli jatkavuuden lain mukaan kappale pyrkii jatkamaan liukuhihnan pyörimissuuntaan. Vaikka alusta pysäytetään, kappale jatkaa suoraviivaista liikettä, kunnes kappaleen ja alustan välinen kitka pysäyttää sen. Etenkin, jos alusta pysäytetään monta kertaa, nostattavan kappaleen paikka muuttuu sen verran, että manipulaattori ei saa otetta kappaleesta.

Kokeiltiin laittaa magneetti alustalle ja kappaleena toimi kohtuullisen painava rautakappale. Tuloksena oli, että manipulaattori jaksoi vaivoin nostaa kappaleen, mutta manipulaattorin tarttujan ulospäin suuntautuva nostoliike oli sen verran rajua, että kappale ei pysynyt tarttujassa kiinni.

Toinen kokeiltu kappale oli kevyt muovikappale, johon liimattiin magneetti kuten alustallekin. Nostattava kappale liikkui silti jonkin verran.

Päädyttiin laittamaan alustoille vielä tukikappaleet, jotka pitävät ja estävät nostettavien kappaleiden liukumista liukuhinnan pyörimissuuntaan.

Pneumaattisessa jakotukissa oli paljon letkuja, joita ei käytetty, joten pohdittiin letkujen poistoa ja tilalle tulppien laittoa. Jatkotukin sijainnin takia uuden letkun laitto ja poisto oli hyvin työlästä. Tämän takia, jos myöhemmin pitäisi lisätä jokin letku, on helpointa laittaa nyt asennettuun letkuun jatkokappale ja asentaa uusi letku siihen jatkokappaleeseen.

Rautainen tukitanko, jossa on 4 sylinteriä, roikkui irtonaisena. Sille oli keksittävä sekä jokin käyttötarkoitus että myös kiinnitys sopivaan paikkaan. Tämän tukitangon kiinnitystä varten ei ollut valmiita kiinnityskappaleita, joten myös ne jouduttiin suunnittelemaan.

Johdotuksen sähkökuvia tehtäessä törmättiin Janne Lönnbergin lopputyössä oleviin pieniin huolimattomuusvirheisiin.

4.1 Hyödyllisiä oivalluksia

Asennettaessa johdot/kaapelit pieniin liittimiin esim. jännitelähteen ulostuloliittimiin kannattaa olla erityisen tarkkaavainen, ettei käytä liikaa voimaa, sillä liittimet voivat mennä helposti rikki.

On varottava, että ei kiristä ohutta johtoa liian suurelle momentille, sillä johto voi murskaantua.

On hyvä tarkasta kiristyksen jälkeen, onko johto todella kiinni, nykimällä/vetämällä kevyesti siitä. Erityisesti asennettaessa ahtaassa tilassa johtoa suojakyttimeen tai kontaktoriin voi käydä niin, että johdon kytkentäpää ei osu kunnolla kiristysliittimeen. Näin olleen liitos on huono, vaikka liitin kiristetäänkin kunnolla.

Leikattaessa johdon kärjen/holkin johtimesta pitää varoa, ettei se lennä/putoa johonkin komponentin sisään, esim. virtalähteeseen tai taajuusmuuttajaan, sillä siellä irrallinen metallipala saattaa aiheuttaa oikosulun.

Alle 10 mm² johtoihin on hyvä laittaa holkit, ennen kuin johdot asennetaan.

Mekaaniset ja sähköiset liitokset on hyvä kiristää oikeaan momenttiin vaikkapa momenttiavaimella.

Mekaanisessa liitoksessa käytetään kiristyspuolella jousialuslaattaa (jousiprikkaa) ja aluslaattaa (prikkaa).

Sähköisessä liitoksessa käytetään kiristyspuolella paineentasauslaattaa (paineprikkaa) ja aluslaattaa (prikkaa).

5 Logiikkaohjelma

Kokoonpanosolua ohjataan ohjelmoitavassa logiikassa olevalla ohjelmalla. Tätä ohjelmaa ohjelmoidaan tietokoneella Omronin CX-Programmer -nimisellä ohjelmalla. CX-Programmerin ohjelma koostuu viidestä ikkunasta, ks. kuva 5.1.1, joista osan voi halutessaan sulkea näppäinyhdistelmällä Alt + 1-4. Käytetty ohjelma on vanha ja sen takia myös ”buginen”, mutta perusohjelmointiin ohjelma on kuitenkin sopiva.

Helpottaakseen ohjelmointia I/O-osoitteet on liitetty helpommin ymmärrettäviin symboleihin. Lista näistä symboleista löytyy liitteestä 9. Myös liitteestä 10 löytyvä kokoonpanosolun naamakuva helpottaa ohjelmoimista, sillä siitä nähdään antureiden ja lukitusten sijainnit.

5.1 Kokoonpanosolun käynnistys ja tehdyn ohjelman siirto PLC:lle

The screenshot displays the CX-Programmer software interface. The main window shows a ladder logic diagram with four steps (0-3). Step 0 is labeled 'Ohjelmaikkuna' and contains a 'Kytin1' (switch) and a 'KEEP(11)' (latch) element. Step 1 is labeled 'Ohjelmointiaskeleet (Step)' and contains a 'Kytin1' and a 'CNT' (counter) element. Step 2 is labeled 'Ohjelmointiaskeleet (Step)' and contains a 'Kytin1' and a 'CNT' element. Step 3 is labeled 'Ohjelmointiaskeleet (Step)' and contains a 'Kytin1' and a 'KEEP(11)' element. The interface includes a menu bar, a toolbar, and a project tree on the left. The bottom of the screen shows a status bar with 'NewPLC1 - Offline' and 'rung 0 (0, 0) - 100%'.

Projektihallinta (Project Workspace) Alt + 1
Tästä ikkunasta voidaan muokata projektin asetuksia kuten vaihtoo logiikan ja poistaa tarpeettomia symboleita

Tulostusikkuna (Output) Alt + 2
Kun joku muuttuja on kohdistettu, tässä ikkunassa näkyvät kaikki askeleet (Stepit) joissa kyseessä oleva muuttuja esiintyy.

Monitorointi-ikkuna (Watch) Alt + 3
Olessa monitorointi tilassa (Monitor Mode), tähän ikkunaan voidaan lisätä, raahamalla ohjelmaikkunasta, määritetyn muuttujan. Muuttujan tilan (ON/OFF) voidaan muuttaa, mitä voidaan käyttää hyväksi simuloitussa valmiassa ohjelmassa.

Osoiteviiteikkuna (Address Refer) Alt + 4
Kun ohjelma käännetään (Compile) tähän ilmestyvät tiedot, jotka kertovat onko laaditussa ohjelmassa virheitä.

Address	Symbol	Program/Section	Step
352.04	Kytin1	NewProgram1/Secki...	0
352.04	Kytin1	NewProgram1/Secki...	1
352.04	Kytin1	NewProgram1/Secki...	3
352.04	Kytin1	NewProgram1/Secki...	4

PLC Name	Name	Address	Type	Value	Comment
NewPLC1	NewProgram1.Manipulaattori_tarttuja_kinni	326.12	BOOL		
NewPLC1	NewProgram1.Kytin1	61.08	BOOL		
NewPLC1	NewProgram1.Kytin1	352.04	BOOL		
NewPLC1	NewProgram1.AnturiS206	354.06	BOOL		

Kuva 5.1.1. CX-Programmer-ohjelman näyttöikkuna.

Ennen kuin voidaan käynnistää kokoonpanosolu, pitää laittaa paineilma päälle. Tämä tapahtuu kääntämällä musta paineilmapivu oikealle. Tämän jälkeen käännetään ruuvimeisselillä valkoista vipua n. 90° vasemmalle ja parin sekunnin päästä takaisin oikealle. Jos venttiili ei päästä paineilmaa lävitseen, toistetaan edellinen toimenpide.

Kun solussa on paine, kytketään virtakaapeli seinässä olevaan 5-pinniseen pistokkeeseen, jonka jälkeen sähkökaapissa olevalla pääkytkimellä voidaan käynnistää kokoonpanosolu.

Seuraavaksi voidaan liittää sähkökaappi vasemmalla puolella roikkuvalla RS-232-kaapelilla tietokoneeseen. CX-Programmer -ohjelma voidaan käynnistää työpöydällä olevan pikakuvakkeen kautta. Demo-ohjelma voidaan avata ”pikapainikkeet” -valikosta painamalla keltaisen mapin kuvaketta ja valitsemalla DEMO-tiedosto luettelosta. Näytölle avautuu samantapainen näkymä kuin on nähtävissä kuvasta 5.1.1.

DEMO-ohjelman lataus ohjelmoitavalle logiikalle tapahtuu PLC-valikosta valitsemalla ensin ”Work online”, jolloin tietokoneen ja logiikan välille muodostuu yhteys. Tämän jälkeen valitaan PLC → Transfer → to PLC, jolloin ohjelma siirtyy tietokoneelta logiikalle. Jotta voitaisiin seurata tietokoneen näytöstä ohjelman etenemistä, ensin pitää vaihtaa ohjelma RUN ja Monitoring-tilaan. Tämä voi tehdä valitsemalla PLC → Operating Mode → Run ja sitten PLC → Monitor → Monitoring. Tehtäessä edellä mainitut toimenpiteet ohjelmaan saattaa ilmestyä varmistuskysymykset, joihin kaikkiin tulisi vastata kyllä (YES) tai OK.

Nyt ohjelmaikkunan väri muuttuu ja toteutuneet vaiheet näytetään vihreän värisinä. Liukuhihnaa käynnistetään painamalla kytkin ON-asentoon.

5.2 Esimerkkiohjelmat

5.2.1 DEMO

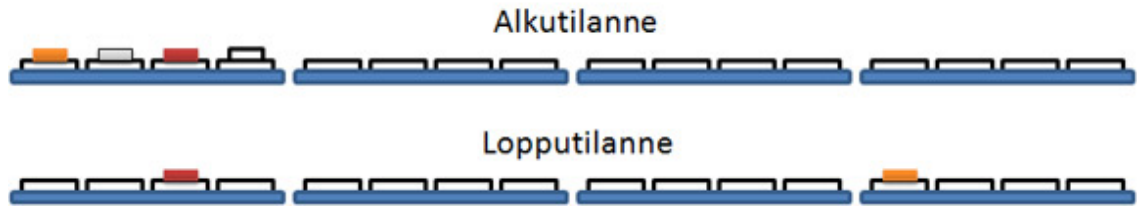
Liukuhihna käynnistyy painamalla kytkintä. Laitetaan omaan rauhalliseen tahtiin yksitellen neljä alustaa liukuhihnalle kokoonpanosolun laidalla, sähkökaapin yläpuolella. Alustat pysähtyvät automaattisesti jokaisen manipulaattorin alle alkaen sähkökaapin suunasta katsottuna laitimmaisesta. Kun viimeinen alusta pysähtyy, käynnistyvät ajastimet, jotka vapauttavat alustat yksitellen liikkumaan 2, 4.5, 7 ja 9.5 sekunnin kuluttua.

Alustat pyörivät vapaasti, kunnes anturi S102 huomaa toisen liukuhihnan suuntaan pyörivän alustan ja lukitus 61 pysäyttää alustat. Ensimmäinen alusta taas jatkaa matkaansa manipulaattori 1 alle, jossa alustalla oleva oikeapuoleisin kappale poistetaan sylinteri 1:llä. Tämän jälkeen alusta liikkuu manipulaattori 2:n alle, jolloin manipulaattori nostaa alustalta oikealta katsottuna toisen, kappaleen ylös ja alusta jatkaa matkaansa.

Kun tämä ensimmäinen alusta saapuu manipulaattori 3:n alle, alustalta poistetaan vasemmalta katsottuna toinen kappale ja samalla lukitus 61 resetoidaan päästäen kaikki alustat pyörimään liukuhihnalla.

Toinen alusta pääsee lukituksen 11 ohi, mutta loput alustat pysähtyvät siihen odottamaan, että toinen alusta pysähtyy lopputilanteen lopulliselle paikalle, ks. kuva 5.2.1, eli manipulaattori 4:n alle. Ennen sitä kuitenkin manipulaattori 2 asettaa toiselle alustalle ensimmäiseltä alustalta nostetun kappaleen.

Kun toinen alusta pysähtyy lopputilanteen paikalle eli manipulaattori 4 alle, myös muut alustat liikkuvat omille lopputilannepaikoilleen. Kolmas alusta pysähtyy manipulaattori 3:n alle, neljäs alusta pysähtyy manipulaattori 2:n alle ja ensimmäinen alusta pysähtyy manipulaattori 1:n alle, tehtyään kierroksen enemmän liukuhihnalla kuin muut alustat.



Kuva 5.2.1.1. Demo-ohjelman alustojen järjestys alussa ja lopussa.

5.2.2 DEMO_v2

Liukuhihna käynnistyy painamalla kytkintä. Laitetaan omaan rauhalliseen tahtiin yksitellen neljä alustaa liukuhihnalle kokoonpanosolun laidalla, sähkökaapin yläpuolella. Alustat pysähtyvät automaattisesti jokaisen manipulaattorin alle alkaen sähkökaapin suunnasta katsottuna laitimmaisesta. Kun viimeinen alusta pysähtyy, käynnistyvät ajastimet, jotka vapauttavat alustat yksitellen liikkumaan, 5, 7.5, 10 ja 12.5 sekunnin kuluttua. Alustat pyörivät vapaasti, kunnes ne otetaan pois (käsin) ja sammutetaan alkukytkin.

5.2.3 DEMO_v3

DEMO_v3 on sama kuin DEMO_v2, mutta kun ensimmäinen alusta ohittaa lukituksen 61, lukitus aktivoituu (laskurin 4 takia) ja pysäyttää muut alustat. Ohjelma sammutetaan kytkimellä. Lukituksen 51 ja lukituksen 61 väliin jäävän kappaleen saa pois käyttämällä ohjelmaa ”Lukitukset vapaalle”.

5.2.4 Lukitukset vapaalle

Tämä ohjelma luotiin, jotta pysäyttimien väliin jääneet alustat voitaisiin poistaa. Tässä ohjelmassa siis sammutetaan kaikki pysäyttimet.

5.2.5 Manipulaattorien esittely

Tässä ohjelmassa nopeasti demonstroidaan manipulaattorien ja sylintereiden liikkeitä. Ohjelmassa manipulaattoreiden kädet nousevat vuorotellen, ja samalla kun kädet ovat ylhäällä, niiden alapuolella olevat sylinterit avautuvat. Kun neljännen manipulaattorin käsi nousee, edellisten manipulaattoreiden kädet laskevat, kuten myös sylinteritkin sulkeutuvat.

5.3 Logiikkaohjelman tehdessä huomattavat ongelmat

Ohjelmaa tehdessä huomattiin, että kun laskurissa (Counter) lasketaan alustan ohimenoa jonkin anturin edestä, niin laskuri laskee yhden alustan ohimenoa kahdella luvulla. Esimerkiksi jos määritetään laskurille, että kun alusta kulkee neljä kertaa anturin S206 ohi, ensimmäisen manipulaattorinkäsi nousee. Alustan rakenteen takia huomataan, että kun alusta kulkee anturin S206 ohi toisen kerran, manipulaattorinkäsi nousee. Kun taas laskurilla lasketaan manipulaattorikäden nousuja, niin niitä laskuri laskee oikein eli yksi per nousu. Tehtäessä uusi ohjelma ja käytettäessä siinä laskureita pitää siis ottaa huomioon laskurin eri laskentatavat.

Huomattiin myös, että jos toimilaitteiden ja laskurien tiloja ei resetoita keskeyttäessä prosessia, toimilaitteiden tilat jäävät muistiin ja haittaavat seuraavan käynnistyksen yhteydessä prosessin kulkua. Kokoonpanosolu siis pyrkii jatkamaan prosessia siitä, mihin se jäi, mutta ongelmaton jatko vaatii, että tehtäessä ohjelmaa otetaan huomioon keskeytykset.

Ainakin tässä CX-Programmer 2.1 -versiossa ei ole laskureita, jotka ovat päällä määritetyn ajan ja sitten sammuvat. Käytössä oleva ajastin taas ei sammu, ennen kuin esimerkiksi sen aktivoimiseen käytetty laskurin tila ei muutu. Edellä mainitut kohdat vaikeuttavat ohjelmantekoa jonkin verran.

Vaihdettaessa CX-Programmerin tilat pikapainikkeilla ei kannata vaihtaa tiloja takaisin valikoiden kautta, sillä ohjelma usein sekosi eikä toiminut enää oikein.

Pitää muistaa laittaa laskurien (counter) ja ajastimien (timer) arvojen eteen risuaitaa (#), ilman sitä kyseiset toiminnot eivät toimi oikein, ja pahimmassa tilanteessa ohjelmoitava logiikka kaatuu kaataen koko DeviceNetin. Tällöin pitää sammuttaa kokoonpanosolu ja vetää myös virtapiuha pistorasiasta. Viiden minuutin kuluttua, kun solua käynnistetään uudestaan, kaiken pitäisi olla kunnossa. Tämän jälkeen pitää korjata tehdyt virheet ja ladata korjattu versio ohjelmasta ohjelmoitavaan logiikkaan.

6 Parannusehdotukset

Ohjelmoitavan logiikan ohjelmointiin käytetty CX-Programmer-ohjelma on hyvin vanha eikä kovin monipuolinen ominaisuuksiltaan. Suositeltava olisi päivittää ohjelma uudempaan versioon. Määritettäessä uuteen ohjelmaan kokoonpanosolun ohjelmoitava logiikka voi apuna käyttää liitteessä 13 olevia tietoja.

Kokoonpanosoluun on liitetty NT21-kosketuspaneeli. Tämän paneelin ja tietokoneen väliseen yhteyden muodostamista varten on olemassa kaapeli.

Kun kokoonpanosolun robotti otetaan käyttöön, oppilaiden loukkaantumisriski kasvaa. Suosittelen, että viimeistään silloin harkitaan suojahäkin asentamista kokoonpanosolun ympärille.

7. Yhteenveto

Huolimatta monista vaikeuksista ja ongelmista laitteisto saatiin toimintakuntoon. Lopputuloksena kokoonpanosolusta tuli toimiva kokonaisuus, jolla opiskelijat tulevat tekemään monta mielenkiintoista laboratoriotyötä.

Kokoonpanosolun toimivuutta jäi varjostamaan ainoastaan paineilmaventtiilin vajaa toimivuus sekä kokoonpanossa oleva robotti, joka alustojen ja kappaleiden käsittelyn kannalta tuo uusia mahdollisuuksia, mutta jota ei vielä ole otettu käyttöön. Nämä seikat eivät kuitenkaan kuuluneet tämän insinööriyön aihealueeseen.

Eri vaiheita matkan varrella on ollut useita, ja niiden takia työstä tuli normaalia pitkäkestoisempi. Lopputuloksesta (kuva 7.1) nähdään, että kokoonpanosolu on jokaisen siihen käytetyn tunnin arvoinen.



Kuva 7.1. Kokoonpanosolu.

Lähteet

1. Tietoa Metropoliaista. (WWW-dokumentti.) Metropolia Ammattikorkeakoulu.
http://www.metropolia.fi/tietoa_metropoliaista. Viitattu 15.4.2009
2. Metropolia Ammattikorkeakoulu. (WWW-dokumentti.) Wikipedia.
http://fi.wikipedia.org/wiki/Metropolia_Ammattikorkeakoulu. Viitattu 15.4.2009
3. Fonselius, Jaakko, Pekkola, Kari, Selosmaa, Seppo, Ström, Markku, Välimaa, Taisto: Automaatiolaitteet. Koneautomaatio. 1.-2. painos Helsinki: Edita 1999.
4. KL9010/9050. (WWW-dokumentti.) Logica.
<http://www.logica.com/file/7694> Viitattu 24.04.2009
KL9010-9050_Terminal_bus_extension-end_terminal-Ver004.pdf
5. Robottiikka. Toimittanut Risto Kuivanen. Suomen Robottiikkayhdistys Ry. 1999
6. Silvennoinen, Lehtelä, Havunen, Kaartinen, Korpinen: Sähkövoimatekniikanopus. pdf-versio.
7. Verkkovaikutukset. Kerkkäinen Yrjö. Satakunnan ammattikorkeakoulu
<http://www.tp.spt.fi/~salabra/yk/sk2/verkkova2.doc> Viitattu 25.4.2009
8. Sähkömoottori. (WWW-dokumentti.) Wikipedia.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Sähkömoottori> Viitattu 18.04.2009
9. Epätahtimoottori. (WWW-dokumentti.) Wikipedia.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Epätahtimoottori> Viitattu 18.04.2009
10. Ohjelmoitava logiikka. (WWW-dokumentti.) Wikipedia.
http://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmoitava_logiikka. Viitattu 26.4.2009
11. Käyttäjäliitynnät. (WWW-dokumentti.) Omron.
http://downloads.industrial.omron.fi/IAB/Products/Automation%20Systems/HMI/Basic%20HMI/PGB12_HMI/PGB12_HMI_FI01_0703.pdf Viitattu 26.4.2009
12. Lönnberg, Janne: Kokoonpanosolun modernisointi. Insinööriyö. EVTEK-ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikka. 2008.
13. SYSDRIVE 3G3JV series user's manual: Cat. No. I528-E3-1, April 2000
14. Festo: Short-stroke cylinders ADVC/AEVC: tuoteluettelo
https://xdki.festo.com/xdki/data/doc_engb/PDF/EN/ADVC_EN.PDF
15. Omronin dokumentti No. V028-E1-01

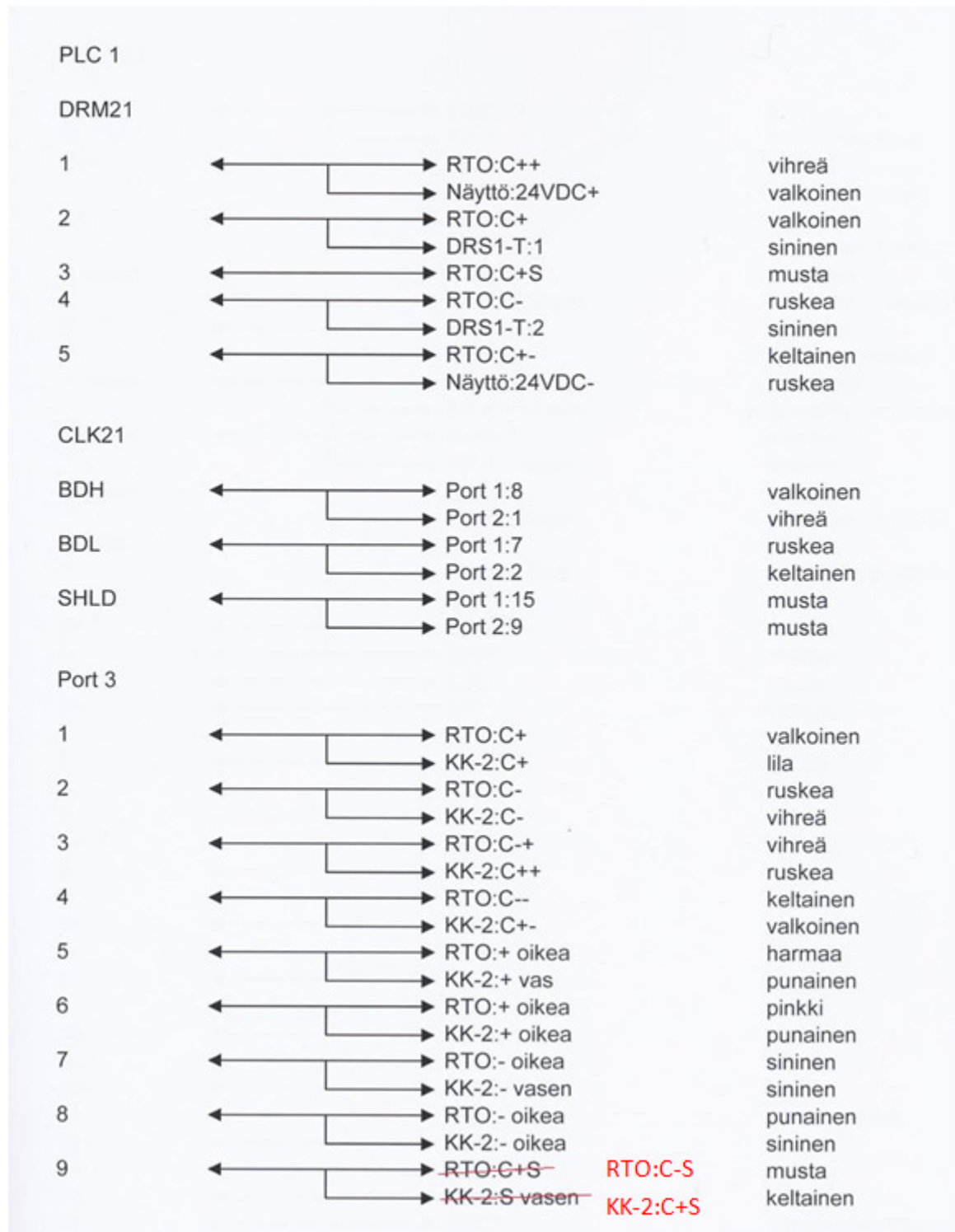
Liite 1: Laitelista

2-kanavainen relelähtökortti Beckhoff KL2622
4-kanavainen digitaalisen lähdön kortti Beckhoff KL2114
4-kanavainen digitaalisen tulon kortti Beckhoff KL1114
Apukosketin Omron J7K-BMA-10 230 V 50 Hz / 240 V 60 Hz
Controller Link –yksikkö Omron C200HW-CLK21
DeviceNet-master-yksikkö Omron C200HW-DRM21(-V1)
DeviceNet-väyläyksikkö Festo CP-FB11
Hätäseis Telemecanique ZB2-BE102
Induktiivinen anturi Omron
Jännitelähde Murr Elektronik MCS5 230/24 1-vaihe
Kosketusnäyttö NT21-ST121-E
Laskuri Omron H7EC-BVL
Liukuhihna FlexLink Systems AB
Logiikan jännitelähde Omron PA204
Magneettiventtiili SMC VV5Q11-16C6FUO-K
Manipulaattori Festo SLT-16-10-P-A
Manipulaattoriterminaali CPV10-VI
Moottori 0,37 kW 50Hz V220-240 r/min 1380 SEW-Eurodrive S37 DT71D4
Ohjelmoitava logiikkaohjain Omron C200HG CPU43
Paineilmaventtiili SMC EAV 3000-F03-5YB
Paineilmaventtiili SMC EAW 3050-F03
Paineilmaventtiili SMC EVH S3000-F03
Painonappi Telemecanique ZB2-BE101 + Z...-BW06
Pneumatiikkasylinteri Festo ADVC-20-10-A-P
Pneumatiikkasylinteri SMC CD85N10-100-B
Power filter FN256-16-46
Päätevastus Omron DRS1-T
Päätyterminaali Beckhoff KL9010
Robotin käsiohjain SRX-P005 Sony
Robotti SRX-611 Sony
SRX Robot Controller Sony
Syöttökortti Beckhoff KL9100
Taajuusmuuttaja Omron SysDrive 3G3JV 200V 1-vaihe 0,55 kW
Taajuusmuuttaja Omron SysDrive 3G3JV 200V 1-vaihe 1,1 kW
Tuuletin ja suodatin Rittal SK3150100
Virrankatkaisija Merlin Gerin C60N C10 & D16
Virtakytkin VN20
Väyläliitin Beckhoff DeviceNet BK5200
Väyläliitin Beckhoff LC5200

Liite 2: Korjaus Janne Lönnbergin insinööriyön sivulle 61

RTO I/O			
C+		←	Port 3:1
		→	DRM21:2
C-		←	Port 3:2
		→	DRM21:4
C++		←	DRM21:1
		→	X2:DC1
C+		←	Port 3:3
C+-		←	X2:DC-
		→	DRM21:5
C--		←	Port 3:4
C+S	C-S	←	Port 3:9
	C+S	→	DRM21:3
+ vasen		←	X2:DC2
+ oikea		←	Port 3:5
		→	Port 3:6
- vasen		←	X2:DC-
- oikea		←	Port 3:7
		→	Port 3:8
0-		←	X2:218
1+		←	X201
2		←	X201
9-		←	X2:211
30		←	X2:201
31+		←	RTO:36+
31-		←	RTO:36-
34C		←	X2:DC2
36		←	U1:S1
36+		←	RTO:31+
36-		←	RTO31-
37		←	U1:S2
37-		←	U2:SC
38		←	U2:S1
39		←	U2:S2
40		←	U2:S3
40-		←	U1:SC
41		←	U2:S4
41+		←	RTO:48C
48C		←	RTO:41+

Liite 2: Korjaus Janne Lönnerbergin insinööriyön sivulle 64



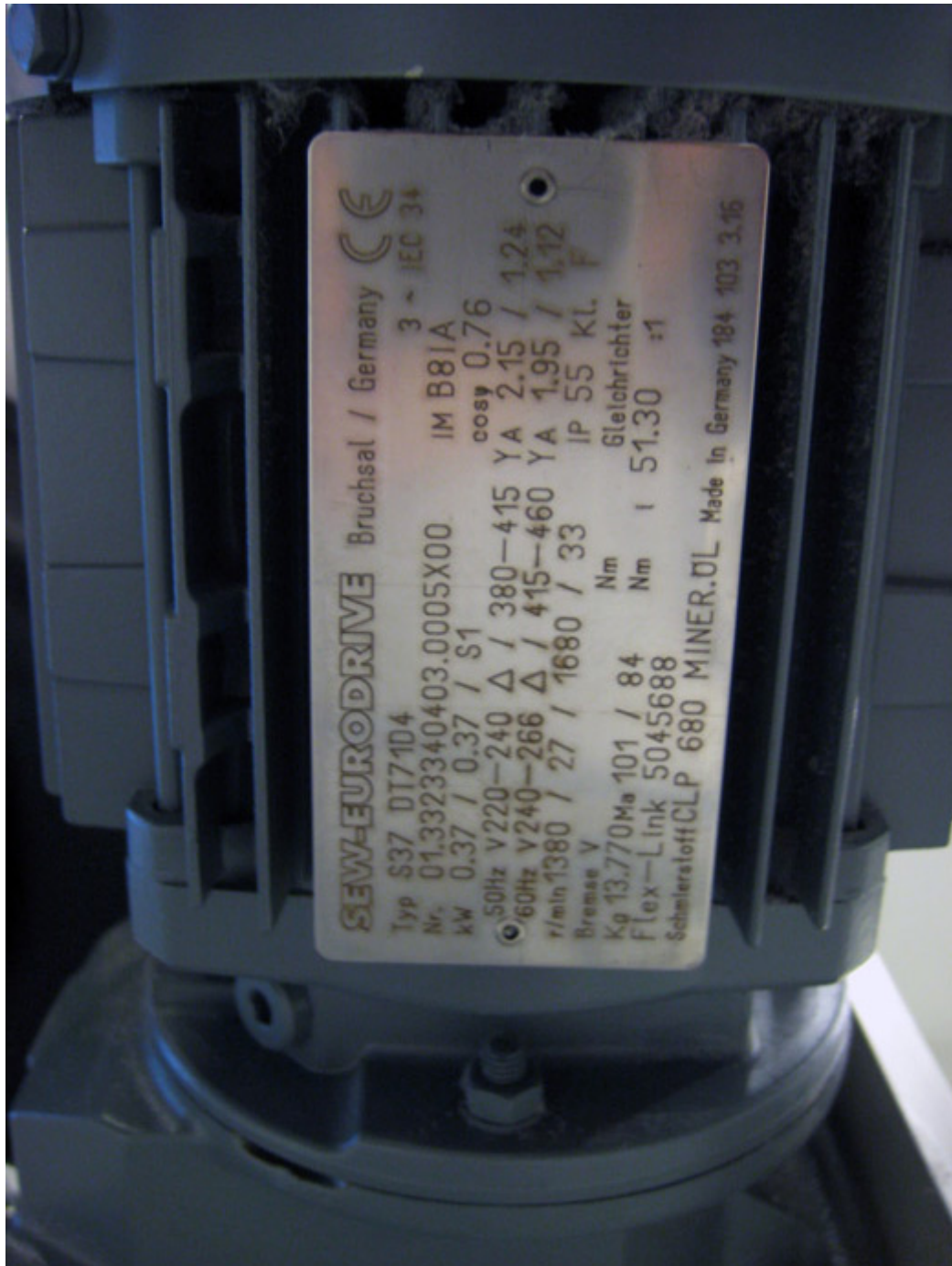
Liite 2: Korjaus Janne Lönnbergin insinööriyön sivulle 65

KK-2 I/O			
C+	←	Port 3:1	lila
		KK-4:C+	lila -> valkoinen
C++	←	Port3:3	ruskea
		KK-4:C++	ruskea -> vihreä
C+-	←	Port 3:4	valkoinen
		KK-4:C+-	valkoinen -> keltainen
S vasen C+S	←	Port 3:9	keltainen
		KK-4: S vasen KK-4:C+S	keltainen -> musta
C-	←	Port 3:2	vihreä
		KK-4:C-	vihreä -> ruskea
+ vasen	←	Port 3 :5	punainen
		KK-4:+ vasen	punainen -> harmaa
- vasen	←	Port3:7	sininen
		KK-4:- vasen	sininen
+ oikea	←	Port 3:6	punainen
		KK-4:+ oikea	punainen -> pinkki
- oikea	←	Port 3:8	sininen
		KK-4:- oikea	sininen -> punainen
0	←	S200	musta
0+	←	S200	ruskea
0-	←	S200	sininen
1	←	S201	musta
1+	←	S201	ruskea
1-	←	S201	sininen
2	←	S202	musta
3	←	S203	musta
4	←	S204	musta
4+	←	S202	ruskea
4-	←	S202	sininen
5	←	S205	musta
5+	←	S203	ruskea
5-	←	S203	sininen
6	←	S206	musta
7	←	S207	musta
30	←	SMC:1	valkoinen
30+	←	S204	ruskea
30-	←	S204	sininen
31	←	SMC:14	vihreä/ruskea
31+	←	S205	ruskea
31-	←	S205	sininen
32	←	SMC:2	ruskea
33	←	SMC:15	valkoinen/keltainen
34	←	SMC:3	vihreä
34+	←	S206	ruskea
34-	←	S206	sininen
35	←	SMC:16	keltainen/ruskea
35+	←	S207	ruskea
35-	←	S207	sininen
36	←	SMC:4	keltainen
37	←	SMC:17	valkoinen/harmaa
47-	←	SMC:13	valkoinen/vihreä

Liite 2: Korjaus Janne Lönnbergin insinööriyön sivulle 67

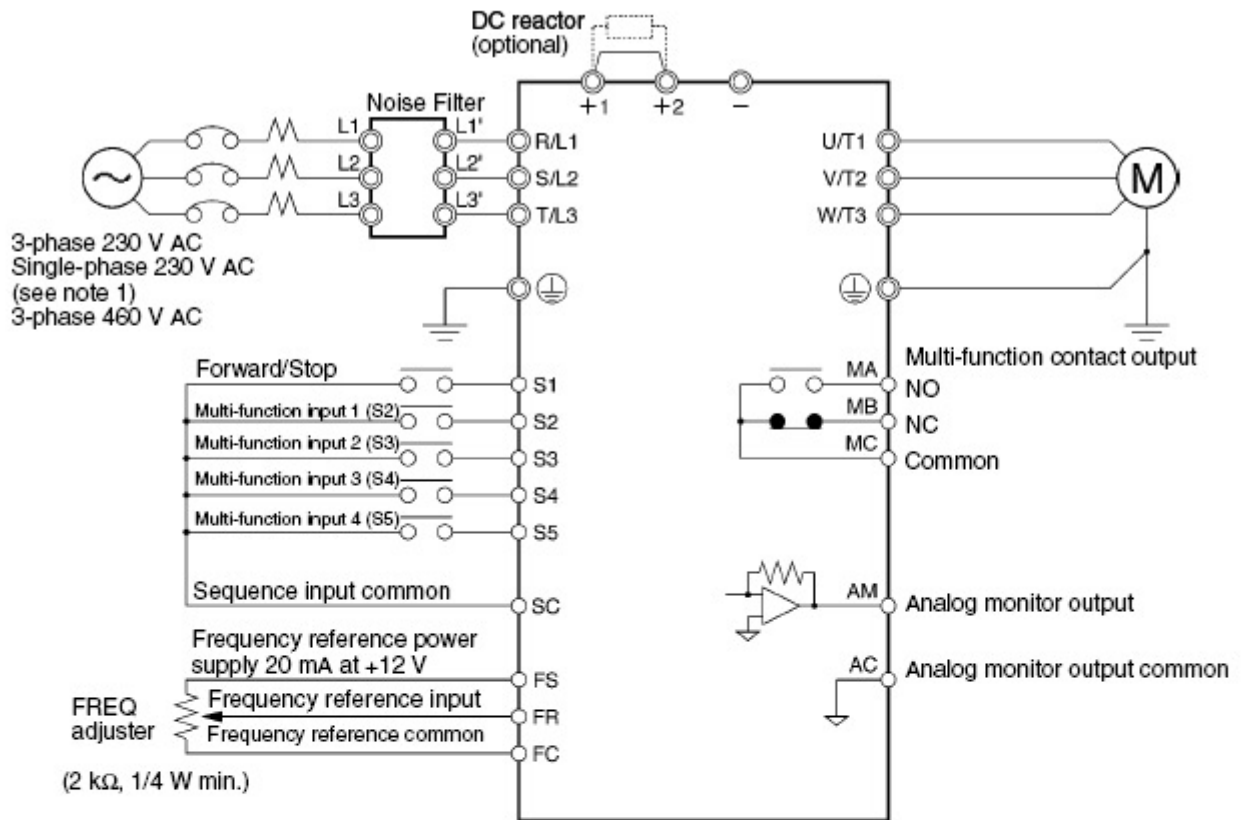
41	←→	Robor Controller CN_IN:19	punainen/sininen
42	←→	Robor Controller CN_IN:20	valkoinen/vihreä
43	←→	Robor Controller CN_IN:21	vihreä/ruskea
44	←→	Robor Controller CN_IN:22	valkoinen/keltainen
45	←→	Robor Controller CN_IN:23	keltainen/ruskea
46	←→	Robor Controller CN_IN:24	valkoinen/harmaa
47	←→	Robor Controller CN_IN:25	ruskea/harmaa
48	←→	Robor Controller CN_IN:26	valkoinen/pinkki
49	←→	Robor Controller CN_IN:40	ruskea/pinkki
50	←→	Robor Controller CN_IN:45	sininen/valkoinen
51	←→	Robor Controller CN_IN:46	sininen/ruskea
52	←→	Robor Controller CN_IN:47	punainen/valkoinen
53	←→	Robor Controller CN_IN:48	ruskea/punainen
KK-1 I/O			
X1	←→	KK-4:C++	vihreä
		KK-1:24V	vihreä
		X3:3	vihreä
X2	←→	KK-4:C+	valkoinen
		X3:1	valkoinen
X3	←→	KK-4:S vasen - KK-4:C+S	musta
		X3:6	musta
X4	←→	KK-4:C-	ruskea
		X3:2	ruskea
X5	←→	KK-4:C+-	keltainen
		KK-1:0V	keltainen
		X3:4	keltainen
24V	←→	KK-1:X1	vihreä
24V+	←→	X3:5	harmaa
24V-	←→	X3:7	sininen
0V	←→	KK-1:X5	keltainen
0V+	←→	X3:9	pinkki
0V-	←→	X3:8	punainen
0	←→	S100	musta
0+	←→	S101	ruskea
0-	←→	S100	sininen
1	←→	S101	musta
1+	←→	S102	ruskea
1-	←→	S101	sininen
2	←→	S102	musta
3	←→	S103	musta
4+	←→	S100	ruskea
4-	←→	S102	sininen
5+	←→	S103	ruskea
5-	←→	S103	sininen
30	←→	SMC:1	valkoinen
31	←→	SMC:2	ruskea
32	←→	SMC:3	vihreä
33	←→	SMC:4	keltainen
34	←→	SMC:5	harmaa
35-	←→	SMC:13	valkoinen/vihreä

Liite 3: Moottorin tiedot



Liite 4: Taajuusmuuttajan kytkentätiedot

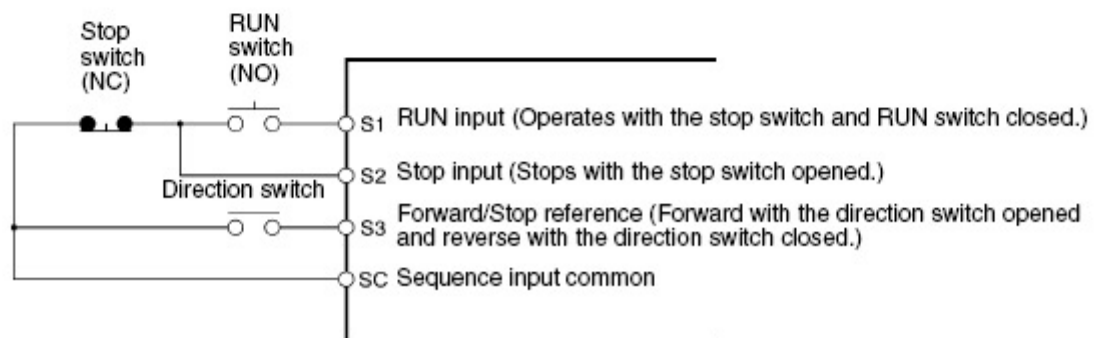
2-2-3 Standard Connections



Note 1. Connect single-phase 230 V AC to terminals R/L1 and S/L2 of the 3G3JV-AB□.

Note 2. The braking resistor cannot be connected because no braking transistor is incorporated.

• Example of 3-wire Sequence Connections



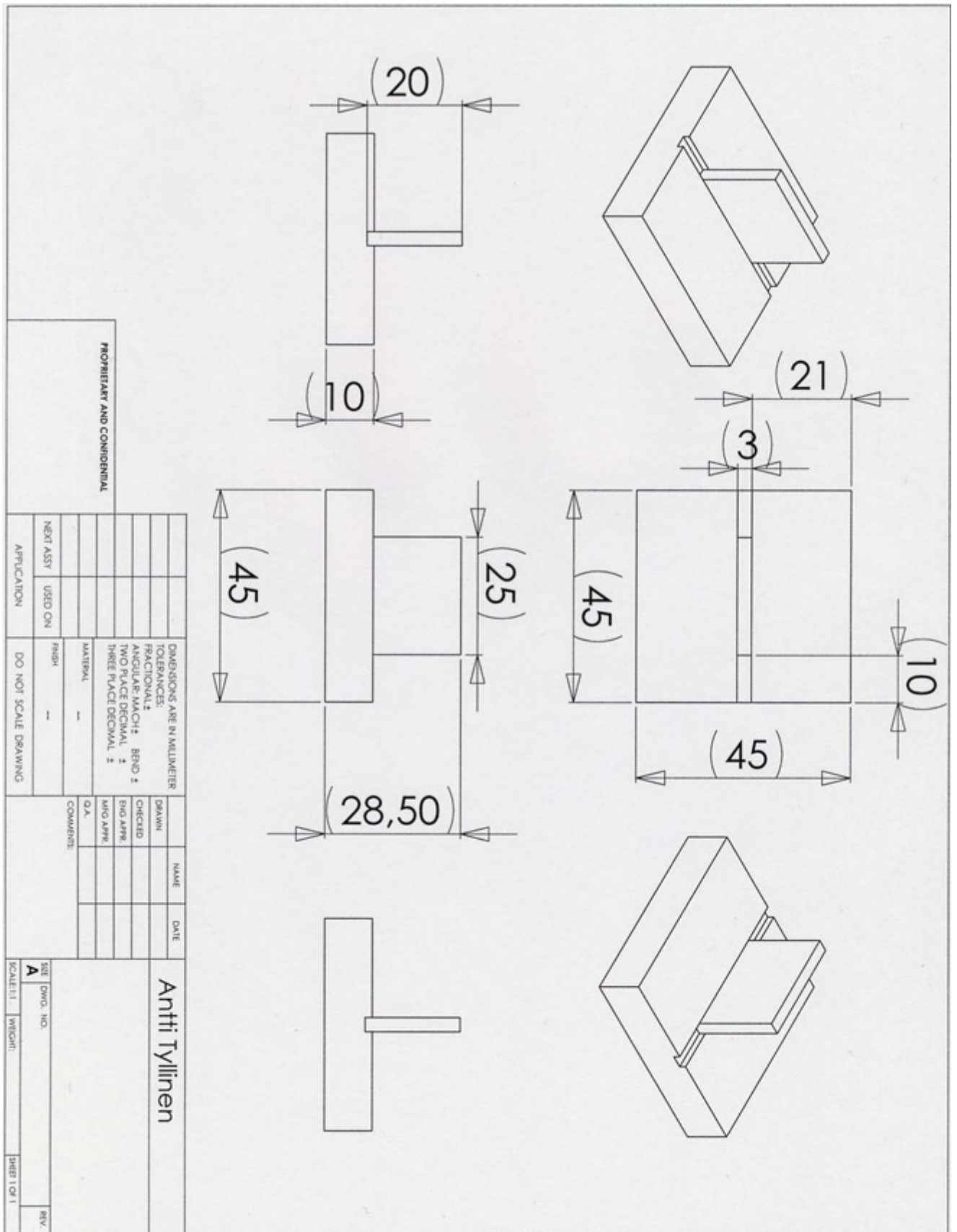
Note Set parameter n37 for 3-wire sequence input.

Liite 5: Taajuusmuuttajan parametrit

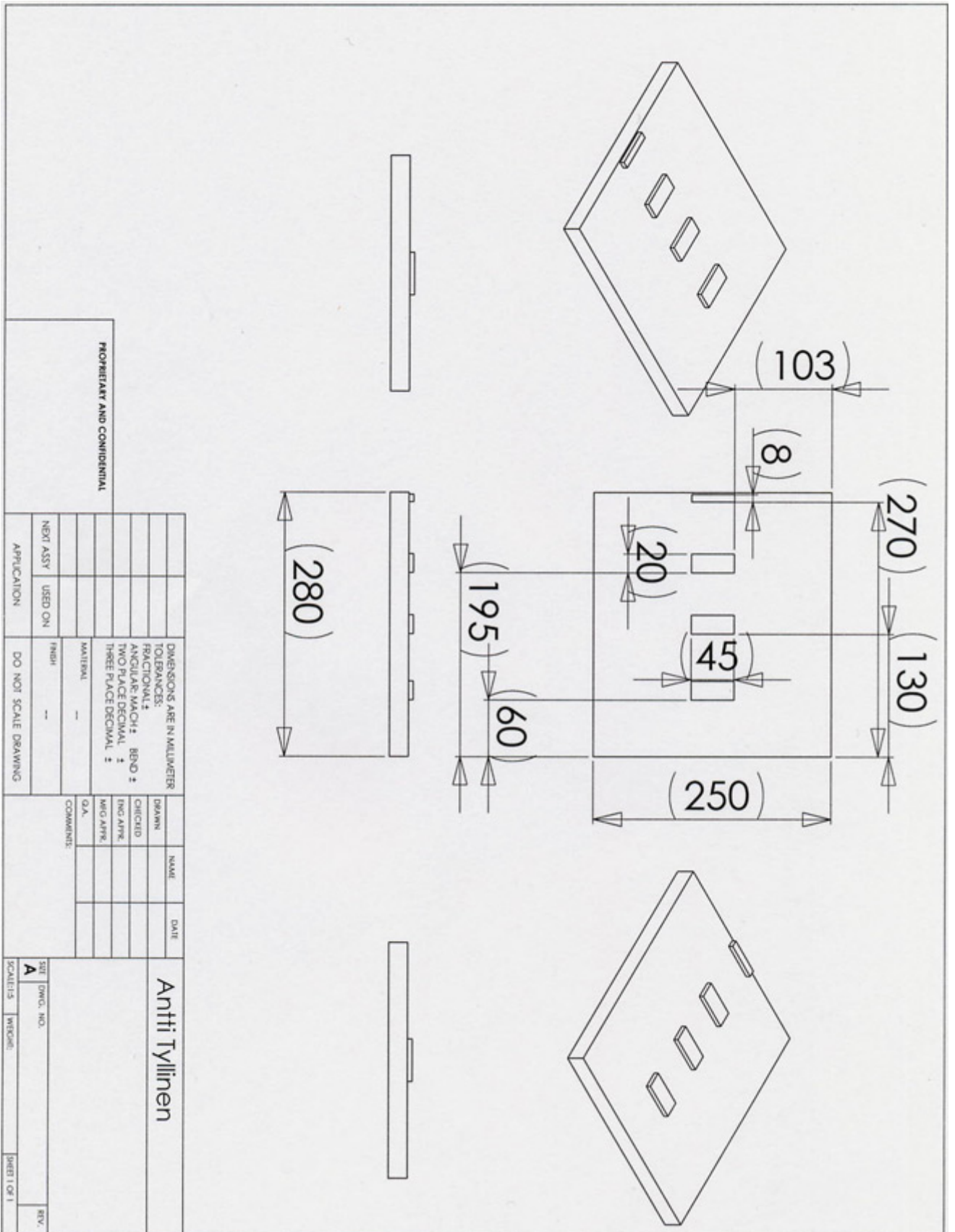
PRGM	Value	PRGM	Value	PRGM	Value
n01	1	n28	0,0	n55	0
n02	1	n29	6,0	n56	170
n03	0	n30	100	n57	160
n04	0	n31	0	n58	0,0
n05	0	n32	1,8	n59	0
n06	0	n33	0	n60	160
n07	0	n34	8	n61	0,1
n08	0	n35	0	n62	0
n09	60,0	n36	2	n63	1,0
n10	200	n37	5	n64	2,9
n11	60,0	n38	3	n65	62
n12	1,5	n39	6	n66	0,0
n13	12,0	n40	1	n67	2,0
n14	1,5	n41	100	n68	0
n15	12	n42	0	n69	0
n16	10,0	n43	0,10	n70	0
n17	10,0	n44	0	n71	2
n18	10,0	n45	1,00	n72	0
n19	10,0	n46	4	n73	10
n20	0	n47	0	n74	0
n21	6,0	n48	0	n75	0
n22	0,0	n49	0,00	n76	rdy
n23	0,0	n50	0,00	n77	0
n24	0,0	n51	0,00	n78	Uu1
n25	0,0	n52	50	n79	013
n26	0,0	n53	0,5		
n27	0,0	n54	0,0		

Indicator	Value
FREF	22,5
FOUT	0,0
IOUT	0,0
MNTR	001
F/R	For
Lo/Re	re
PRGM	n02

Liite 6: Ensimmäinen suunniteltu kappale



Liite 8: Alustalle kiinnitettävät tukikappaleet



Liite 9: I/O-osoitteiden ja symbolien lista

Name	Address or value	Data type	Comment
Lukitus11_pois	54.06	BOOL	
Lukitus12_päälle	54.07	BOOL	
Lukitus21_pois	54.04	BOOL	
Lukitus22_päälle	54.05	BOOL	
Lukitus31_pois	54.02	BOOL	
Lukitus32_päälle	54.03	BOOL	
Lukitus41_pois	54.00	BOOL	
Lukitus42_päälle	54.01	BOOL	
Lukitus51_pois	52.00	BOOL	
Lukitus52_päälle	52.01	BOOL	
Lukitus61_pois	52.02	BOOL	
Lukitus62_päälle	52.03	BOOL	
Koko_manipulaattori1_alhaalla	361.01	BOOL	
Koko_manipulaattori1_ylhäällä	361.00	BOOL	
Manipulaattori1_koko_alas	61.00	BOOL	
Manipulaattori1_käsi_alhaalla	361.02	BOOL	
Manipulaattori1_käsi_ylhäällä	361.03	BOOL	
Manipulaattori1_käsi_ylös	61.02	BOOL	
Manipulaattori1_tarttuja_alas	61.04	BOOL	
Manipulaattori1_tarttuja_alhaalla	361.05	BOOL	
Manipulaattori1_tarttuja_ylhäällä	361.04	BOOL	
Manipulaattori1_tarttuja_auki	361.12	BOOL	
Manipulaattori1_tarttuja_kiinni	61.08	BOOL	
Koko_manipulaattori2_alhaalla	362.01	BOOL	
Koko_manipulaattori2_ylhäällä	362.00	BOOL	
Manipulaattori2_koko_alas	62.00	BOOL	
Manipulaattori2_käsi_alhaalla	362.02	BOOL	
Manipulaattori2_käsi_ylhäällä	362.03	BOOL	
Manipulaattori2_käsi_ylös	62.02	BOOL	
Manipulaattori2_tarttuja_alas	62.04	BOOL	
Manipulaattori2_tarttuja_alhaalla	362.05	BOOL	
Manipulaattori2_tarttuja_ylhäällä	362.04	BOOL	
Manipulaattori2_tarttuja_auki	362.12	BOOL	
Manipulaattori2_tarttuja_kiinni	62.08	BOOL	
Koko_manipulaattori3_alhaalla	363.01	BOOL	
Koko_manipulaattori3_ylhäällä	363.00	BOOL	
Manipulaattori3_koko_alas	63.00	BOOL	
Manipulaattori3_käsi_alhaalla	363.02	BOOL	
Manipulaattori3_käsi_ylhäällä	636.03	BOOL	
Manipulaattori3_käsi_ylös	63.02	BOOL	
Manipulaattori3_tarttuja_alas	63.04	BOOL	
Manipulaattori3_tarttuja_alhaalla	363.05	BOOL	
Manipulaattori3_tarttuja_ylhäällä	363.04	BOOL	
Manipulaattori3_tarttuja_auki	363.12	BOOL	
Manipulaattori3_tarttuja_kiinni	63.08	BOOL	
Koko_manipulaattori4_alhaalla	364.01	BOOL	
Koko_manipulaattori4_ylhäällä	364.00	BOOL	
Manipulaattori4_koko_alas	64.00	BOOL	
Manipulaattori4_käsi_alhaalla	364.02	BOOL	
Manipulaattori4_käsi_ylhäällä	364.03	BOOL	
Manipulaattori4_käsi_ylös	64.02	BOOL	
Manipulaattori4_tarttuja_alas	64.04	BOOL	
Manipulaattori4_tarttuja_alhaalla	364.05	BOOL	
Manipulaattori4_tarttuja_ylhäällä	364.04	BOOL	

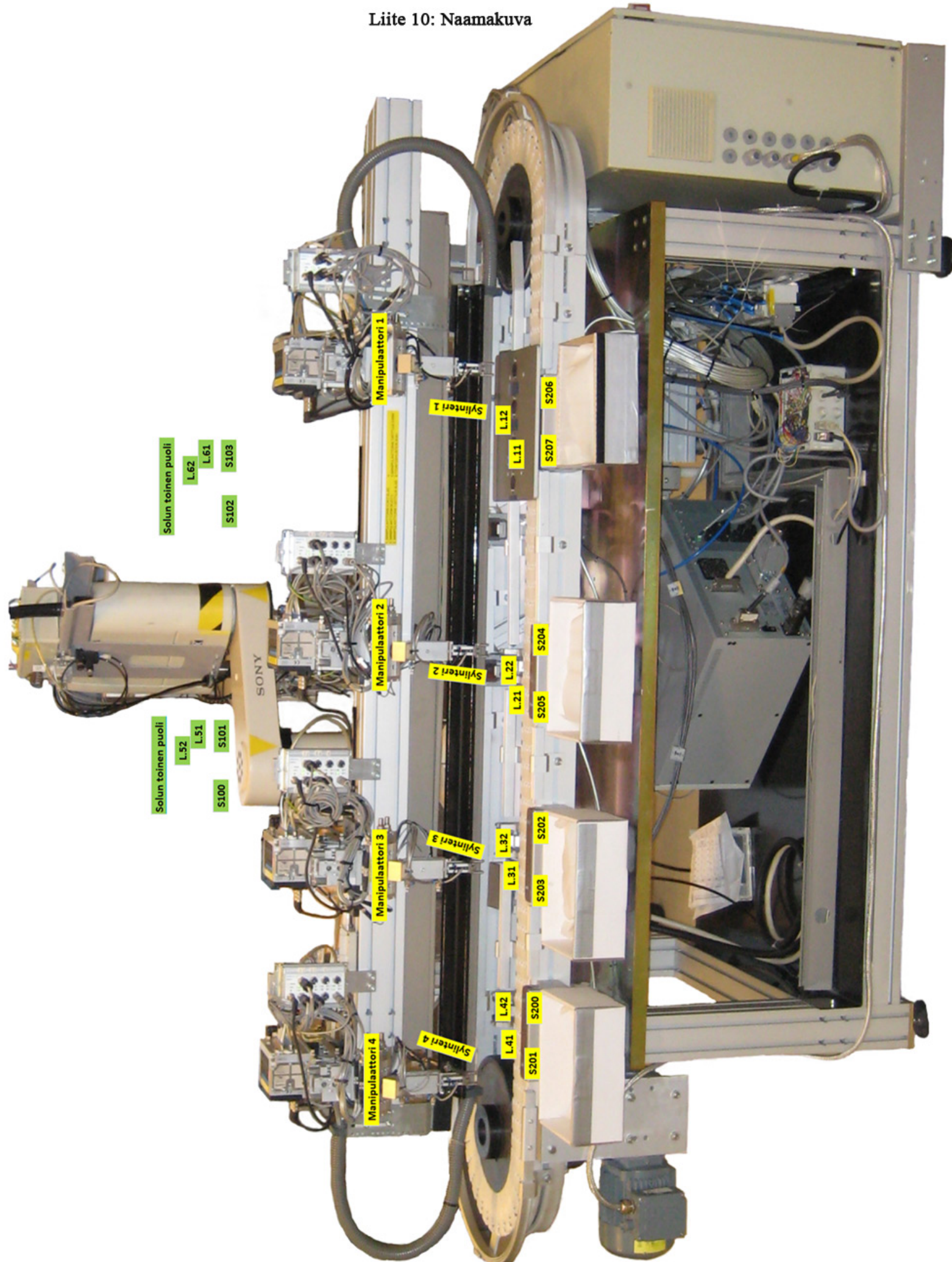
Liite 9: I/O-osoitteiden ja symbolien lista

Name	Address or value	Data type	Comment
Manipulaattori4_tarttuja_auki	364.12	BOOL	
Manipulaattori4_tarttuja_kiinni	64.08	BOOL	
Kytkin1	352.04	BOOL	
Liukuhihna_START	94.06	BOOL	
Toinen_tajuusmuuttaja_START	94.08	BOOL	
Anturi_S100	352.00	BOOL	
Anturi_S101	352.01	BOOL	
Anturi_S102	352.02	BOOL	
Anturi_S103	352.03	BOOL	
Anturi_S200	354.00	BOOL	
Anturi_S201	354.01	BOOL	
Anturi_S202	354.02	BOOL	
Anturi_S203	354.03	BOOL	
Anturi_S204	354.04	BOOL	
Anturi_S205	354.05	BOOL	
Anturi_S206	354.06	BOOL	
Anturi_S207	354.07	BOOL	
Sylinteri1_ulos	61.10	BOOL	
Sylinteri2_ulos	62.10	BOOL	
Sylinteri3_ulos	63.10	BOOL	
Sylinteri4_ulos	64.10	BOOL	
P_0_02s	254.01	BOOL	0.02 second clock pulse bit
P_0_1s	255.00	BOOL	0.1 second clock pulse bit
P_0_2s	255.01	BOOL	0.2 second clock pulse bit
P_1min	254.00	BOOL	1 minute clock pulse bit
P_1s	255.02	BOOL	1.0 second clock pulse bit
P_CY	255.04	BOOL	Carry (CY) Flag
P_Cycle_Time_Error	253.09	BOOL	Cycle Time Error Flag
P_EQ	255.06	BOOL	Equals (EQ) Flag
P_ER	255.03	BOOL	Instruction Execution Error (ER) Flag
P_First_Cycle	253.15	BOOL	First Cycle flag
P_GT	255.05	BOOL	Greater Than (GT) Flag
P_IO_Verify_Error	253.10	BOOL	I/O Verification Error Flag
P_Low_Battery	253.08	BOOL	Low Battery Flag
P_LT	255.07	BOOL	Less Than (LT) Flag
P_N	254.02	BOOL	Negative (N) Flag
P_OF	254.04	BOOL	Overflow (OF) Flag
P_Off	253.14	BOOL	Always OFF Flag
P_On	253.13	BOOL	Always ON Flag
P_Output_Off_Bit	252.15	BOOL	Output OFF Bit
P_Remote_IO_Err	253.12	BOOL	Remote I/O Error Flag
P_SIOU_Error	254.15	BOOL	Special Unit Error Flag
P_Step	254.07	BOOL	Step Flag
P_UF	254.05	BOOL	Underflow (UF) Flag
Scan_List_Clear	110.01	BOOL	
Scan_List_Enable	110.00	BOOL	

CNT - Counter

TIM - Timer

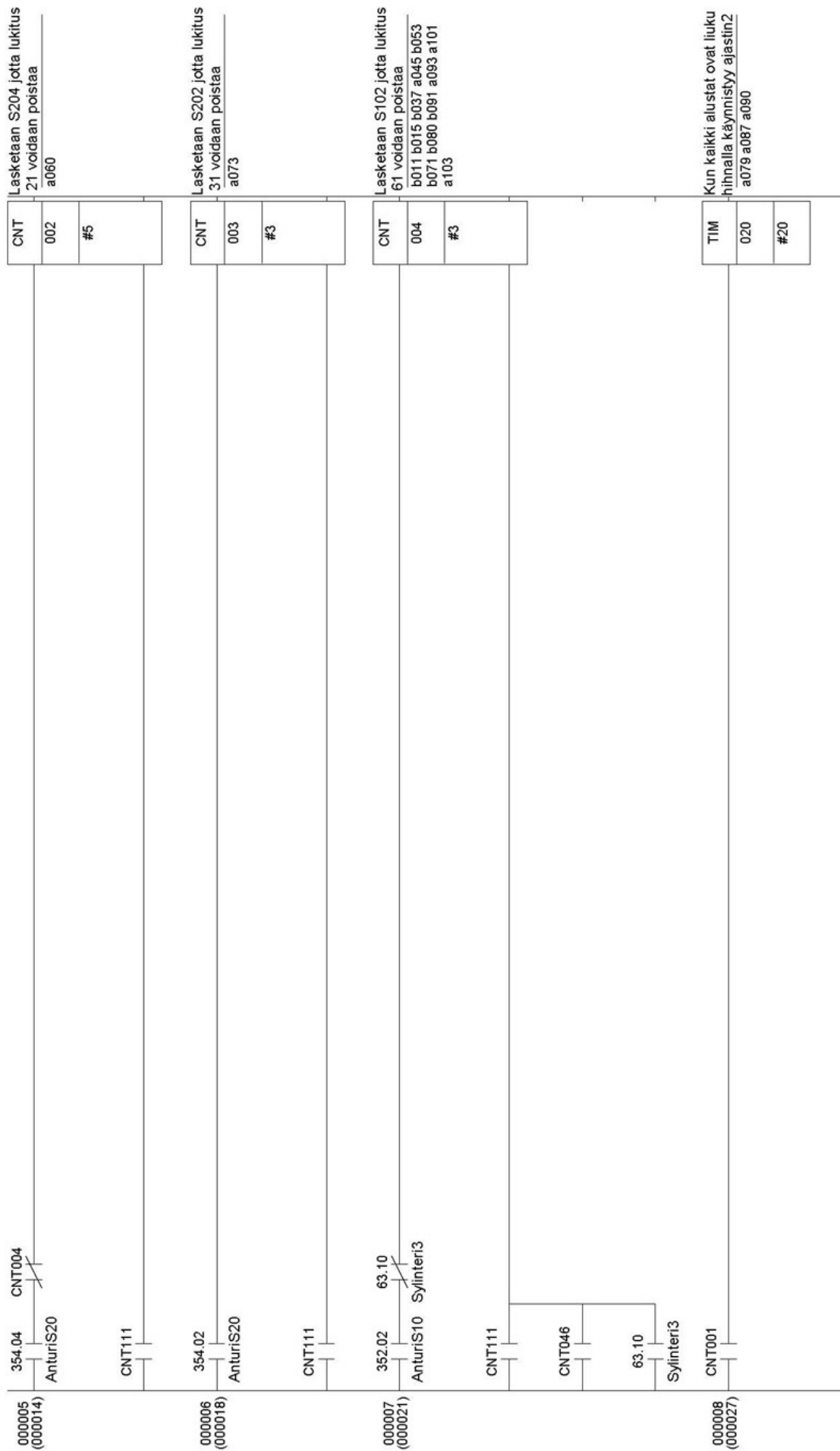
Liite 10: Naamakuva



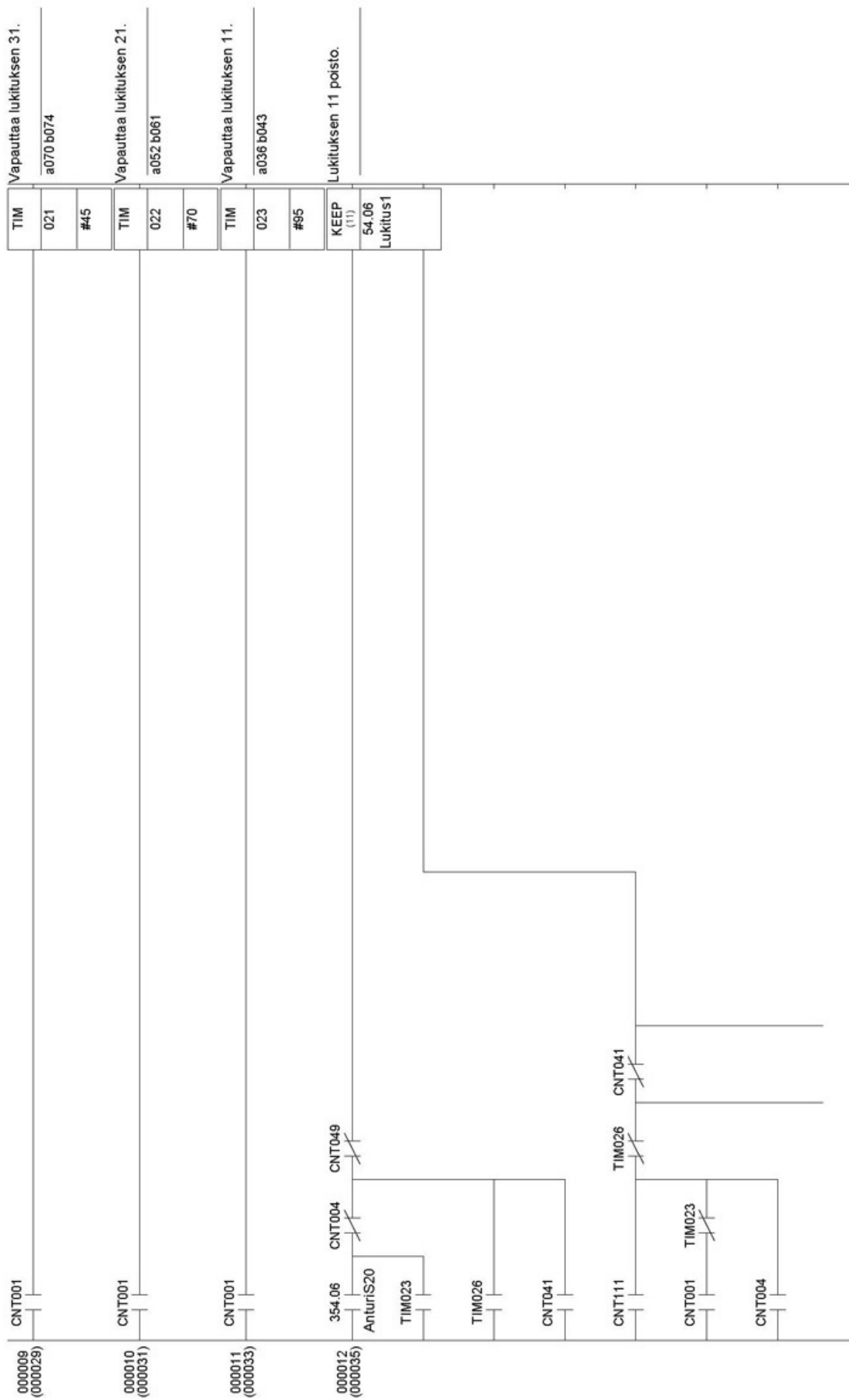
Liite 11: Demo-ohjelma

000000 (000000)	352.04 Kytkin1	KEEP (11) 94.06 Liukuhih	Liukuhinnan käynnistys
	352.04 Kytkin1		
000001 (000003)	352.04 Kytkin1	CNT 111 #1	Käytettävä Counteria CNT1 11.:stä joka askeleessa rese a007 a012 a016 a019 a023 a041 a066 a075 a084 a088 a094 a111 a116 a123 a130 a133 a136 a139 a142 a146 a151 a161 a165 a168 a171 a174 a178
	352.04 Kytkin1		
000002 (000006)	61.10 Sylinteri1	CNT 008 #1	Tällä laskurilla aktivoidaan a jastin 26, joka puolestaan p a105
	CNT111		
	362.05 Manipulaa		
000004 (000010)	354.06 AnturiS20	CNT 001 #7	Laskee S206:ta, käynnistää alkuajastimen ja resetoit alu a027 a029 a031 a033 a042
	CNT111		

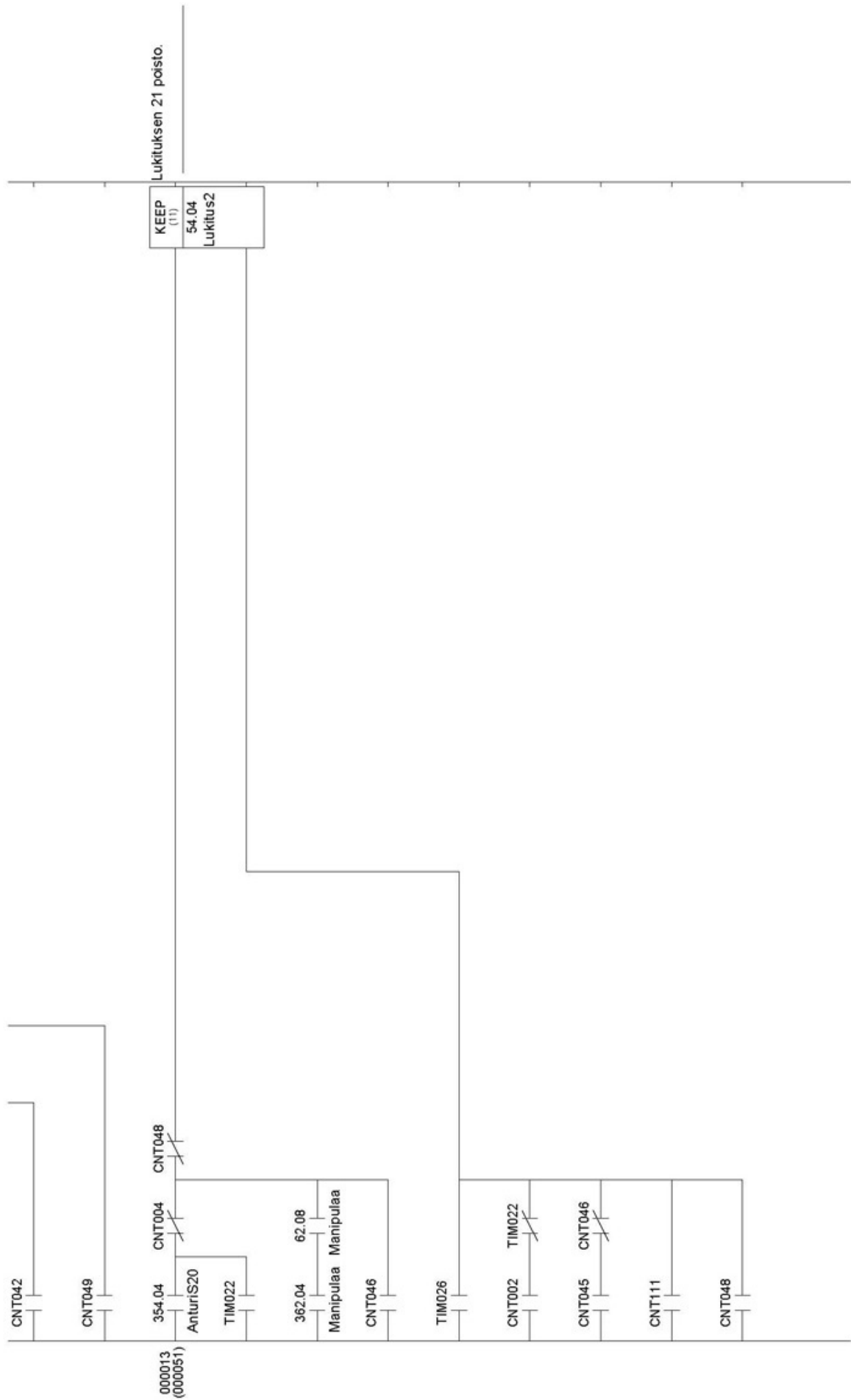
Liite 11: Demo-ohjelma



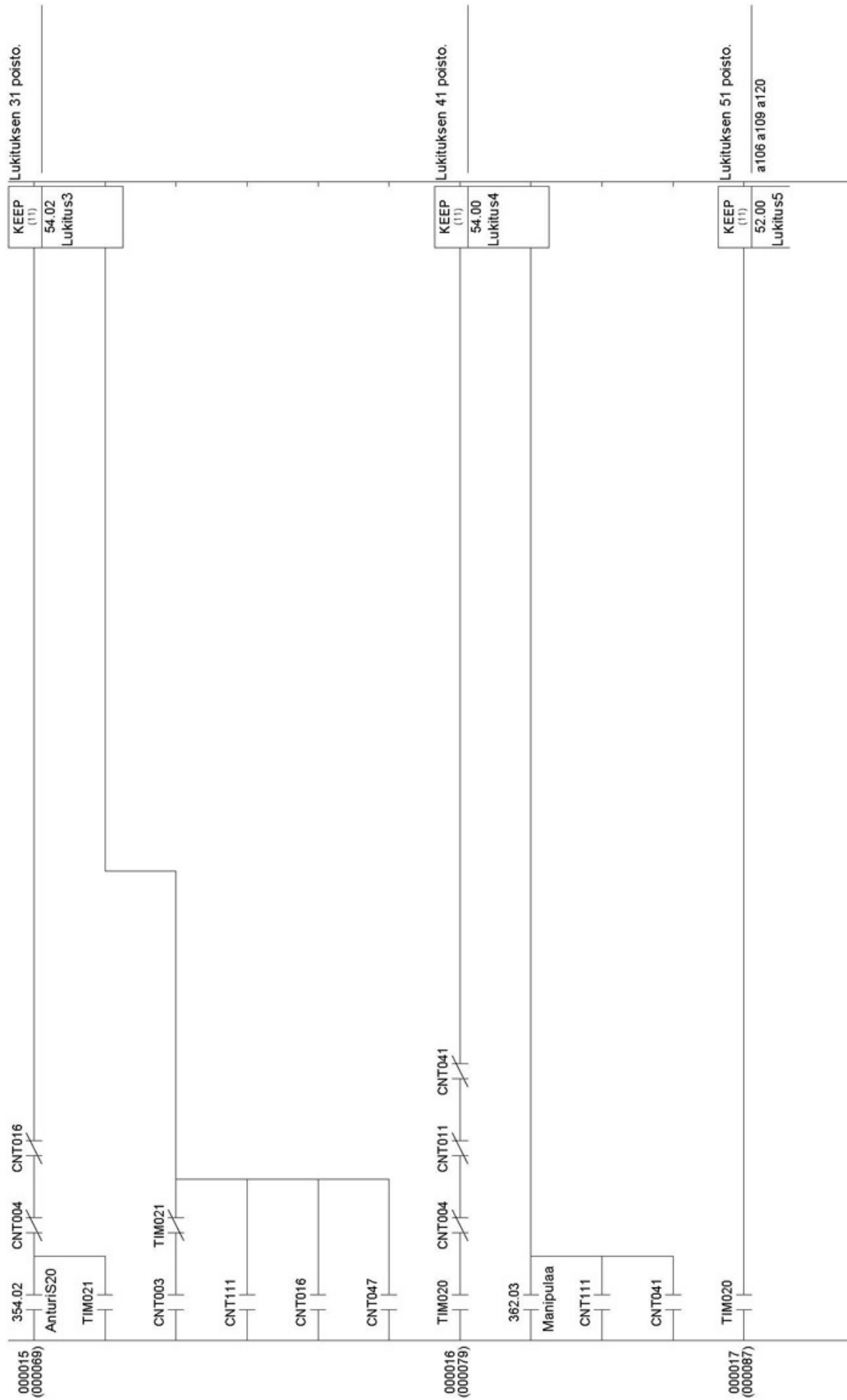
Liite 11: Demo-ohjelma



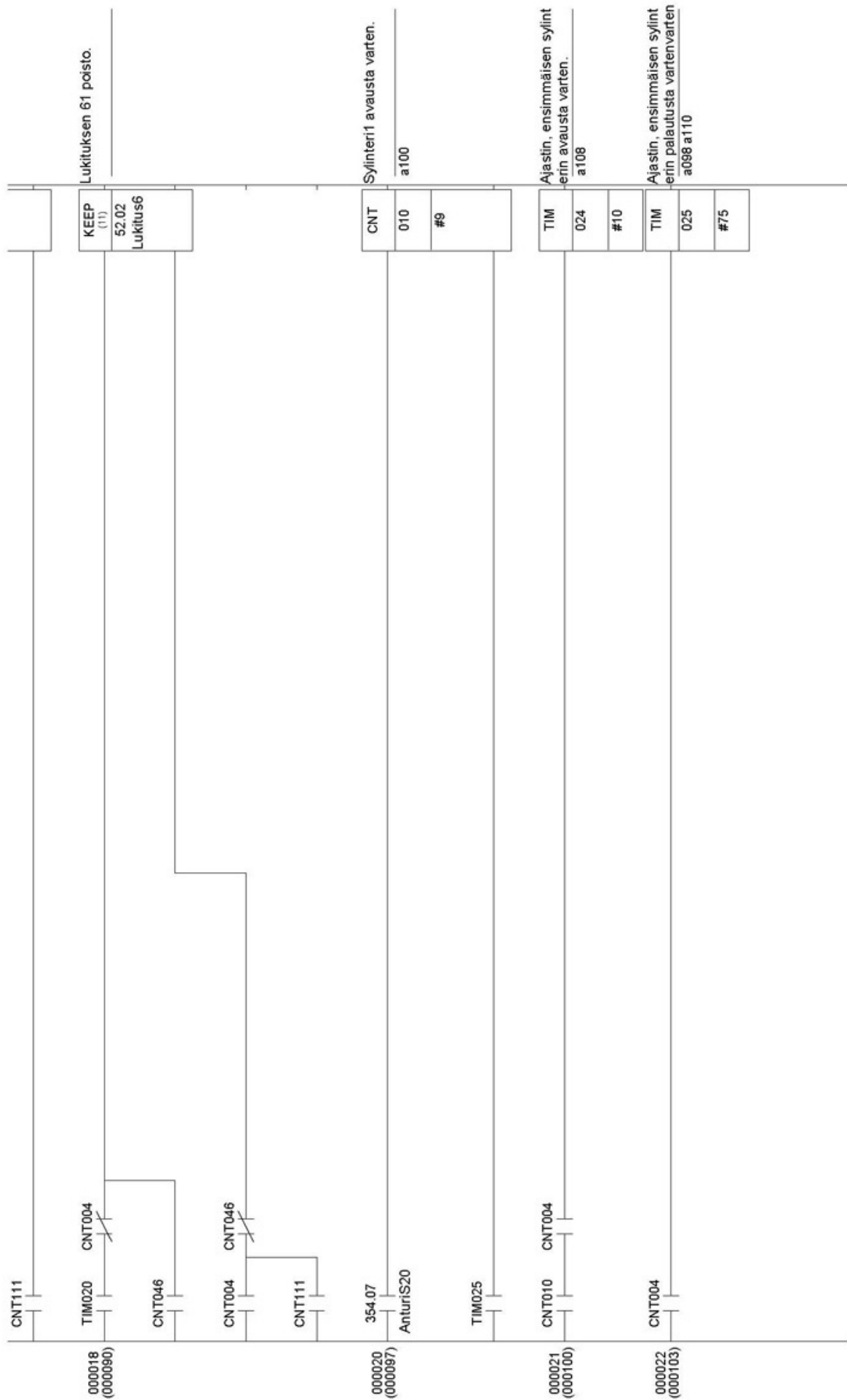
Liite 11: Demo-ohjelma



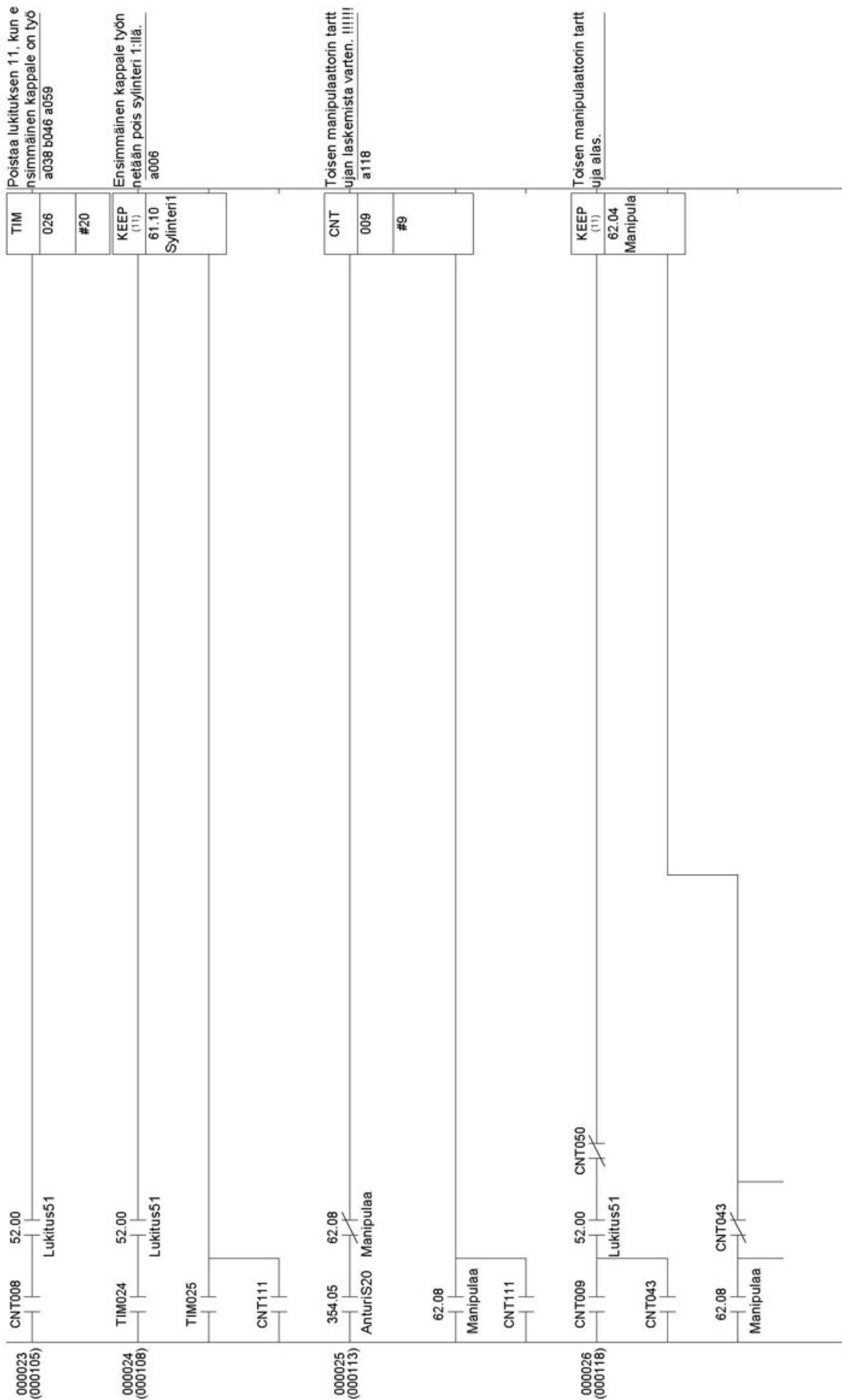
Liite 11: Demo-ohjelma



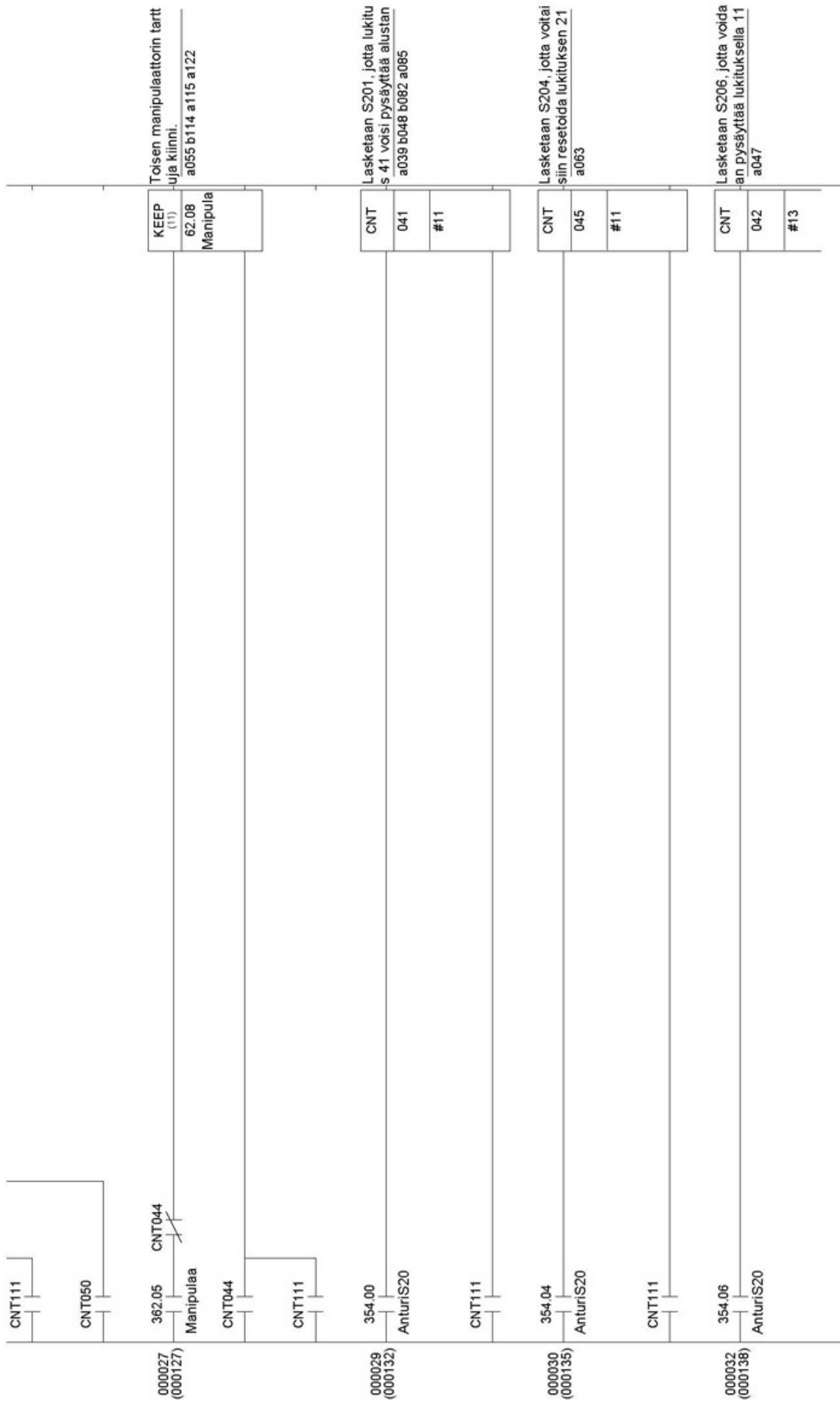
Liite 11: Demo-ohjelma



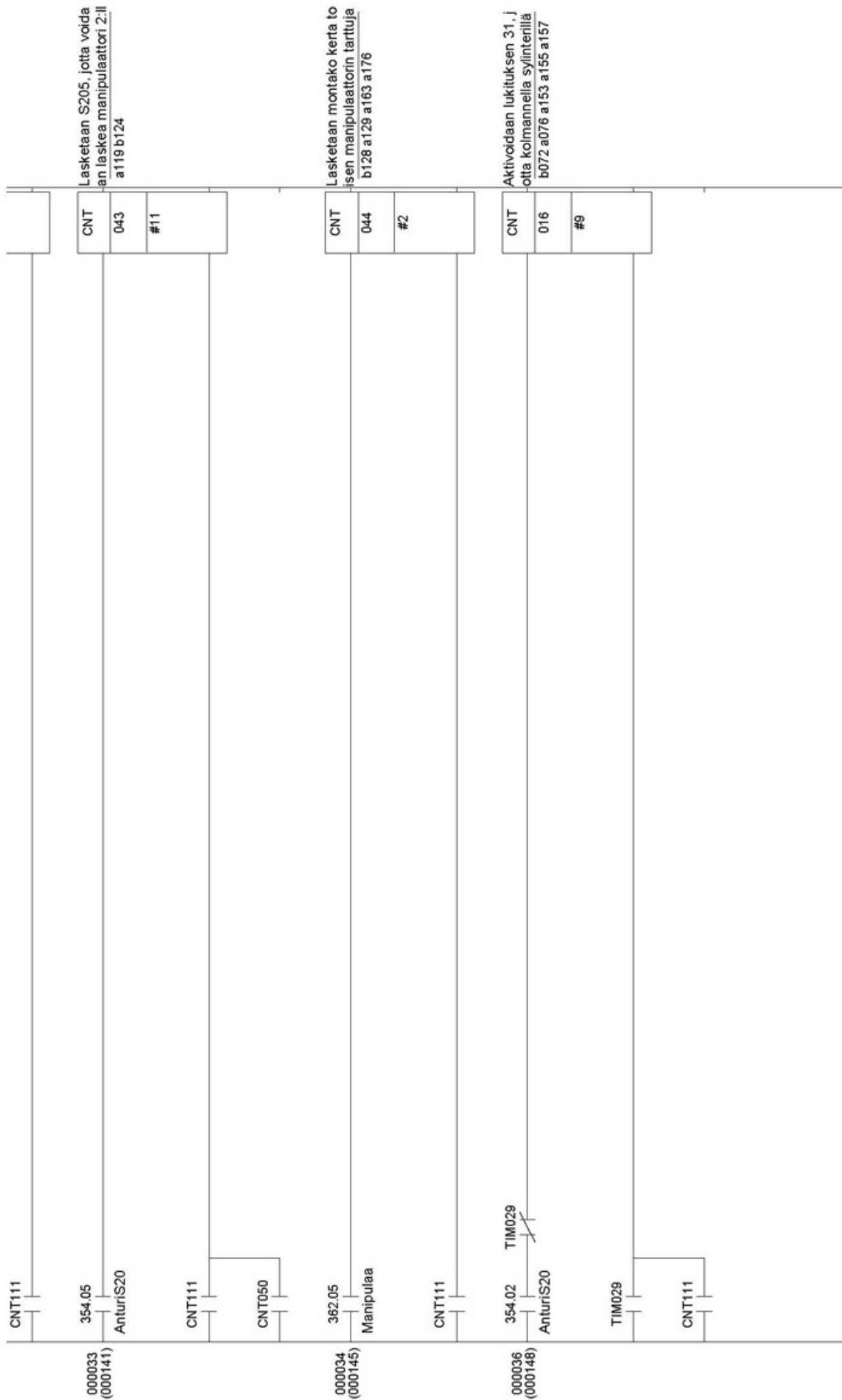
Liite 11: Demo-ohjelma



Liite 11: Demo-ohjelma



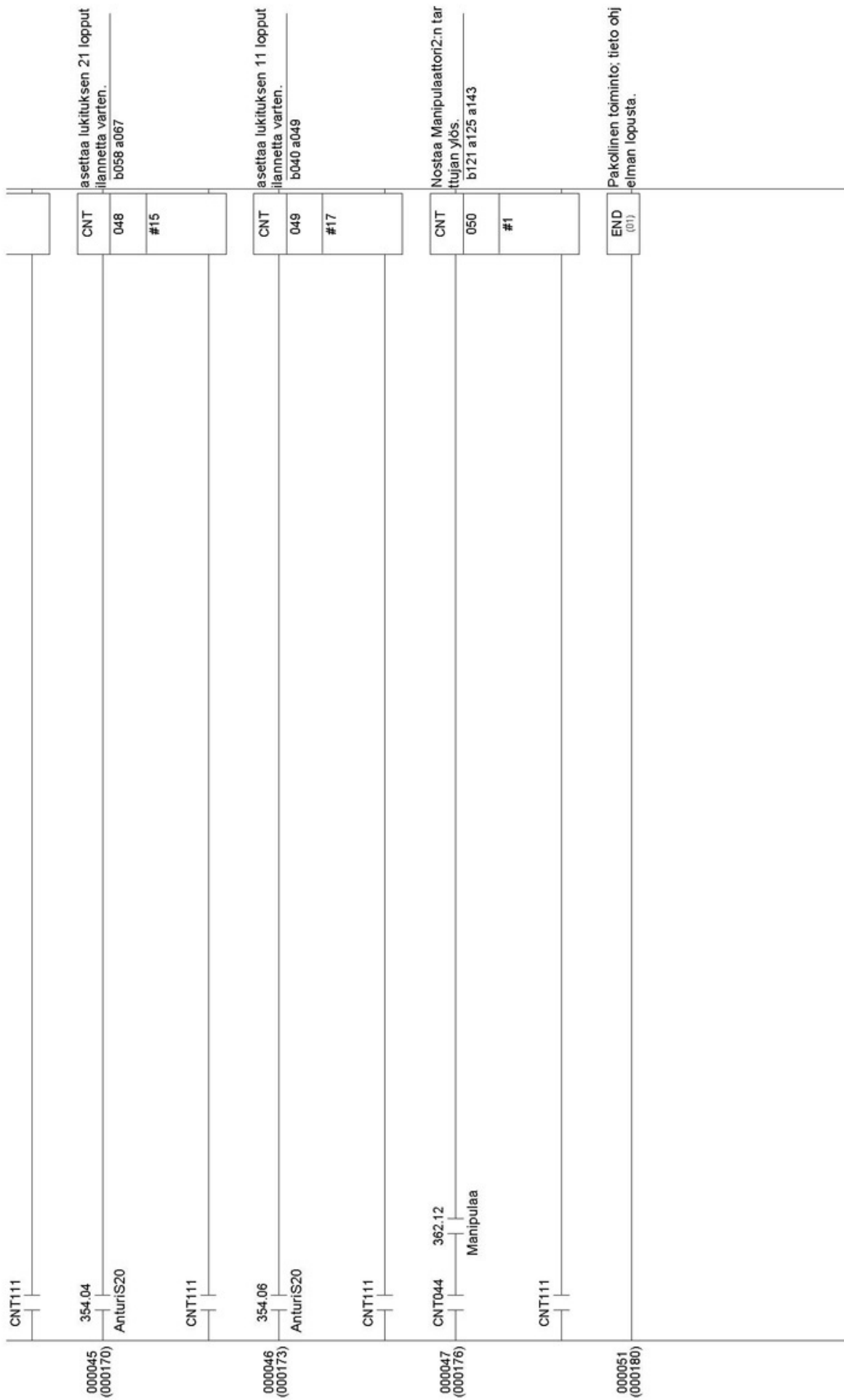
Liite 11: Demo-ohjelma



Liite 11: Demo-ohjelma

000037 (000153)	CNT016	TIM	Ajastin, jolla avataan sylinteri 3.
		027	a159
		#10	
000038 (000155)	CNT016	TIM	Ajastin, jolla suljetaan sylinteri 3.
		028	a160
		#30	
000039 (000157)	CNT016	TIM	Ajastimella resetoidaan couster 16, jotta alusta pääsisi j
		029	b149 a150
		#40	
000040 (000159)	TIM027	KEEP (11)	Poistetaan sylinteri 3:lla kapale alustaalta.
		63.10	b022 a025
		Sylinteri3	
000043 (000163)	CNT044	CNT	Resetoidaan lukitus 21, jotta toinen alusta voisi mennä
	362.04	046	a024 a057 b064 a092 b095
	Manipulaa	#1	
000044 (000167)	354.02	CNT	asettaa lukituksen 31 loppu
	AnturiS20	047	tilannetta varten.
		#13	a077

Liite 11: Demo-ohjelma



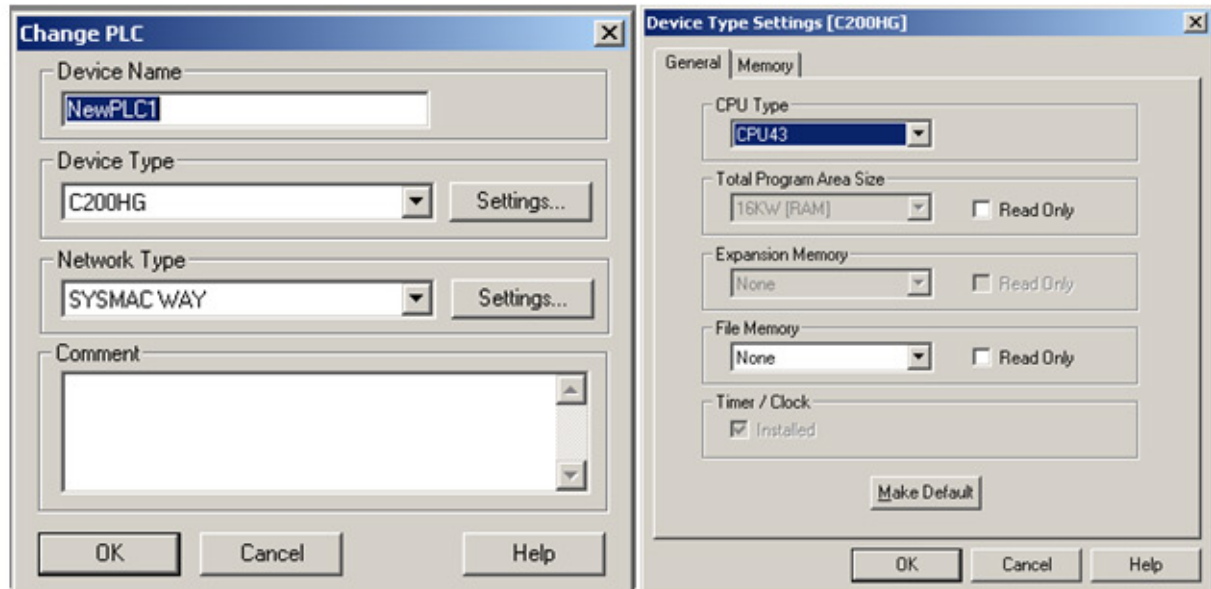
Liite 12: Manipulaattorien esittely ohjelma

000001 (000000)	352.04 Kytkin1	KEEP (11) 61.02 Manipula
	364.03 Manipulaa	
	362.02 Manipulaa	
	352.04 Kytkin1	
000002 (000005)	361.03 Manipulaa	KEEP (11) 62.02 Manipula
	364.03 Manipulaa	
	363.02 Manipulaa	
	352.04 Kytkin1	
000003 (000010)	362.03 Manipulaa	KEEP (11) 63.02 Manipula
	364.03 Manipulaa	
	352.04 Kytkin1	
000004 (000014)	363.03 Manipulaa	KEEP (11) 64.02 Manipula
	361.02 Manipulaa	
	362.02 Manipulaa	
	363.02 Manipulaa	

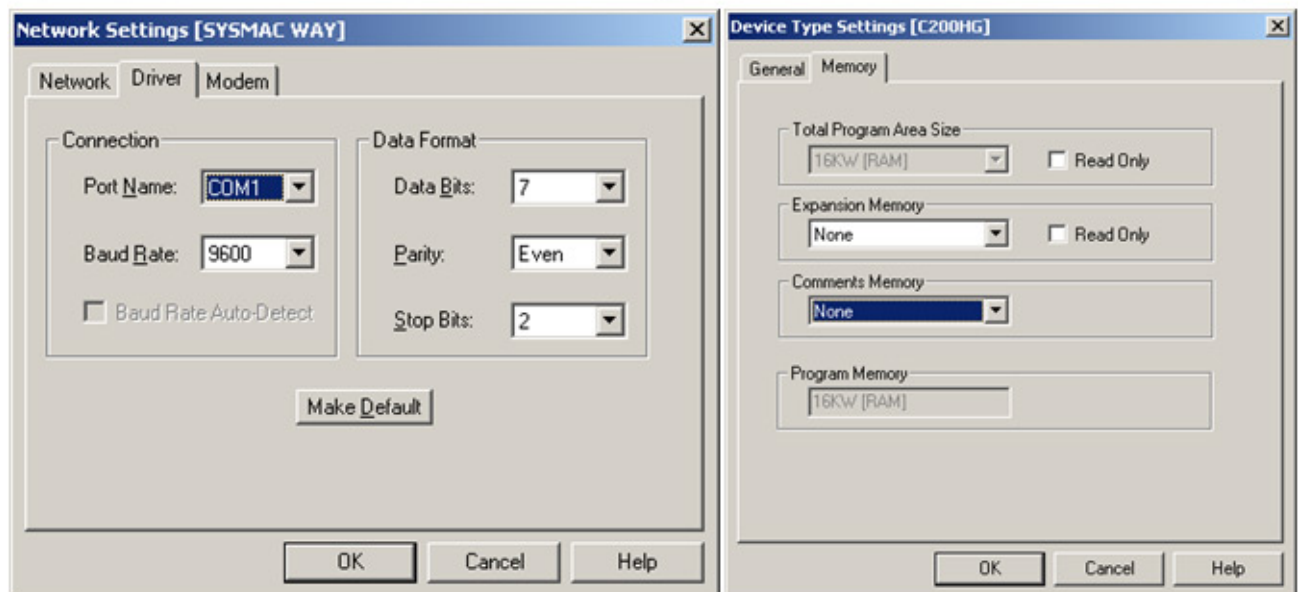
Liite 12: Manipulaattorien esittely ohjelma

000005 (000020)	352.04 Kytkin1 361.03 Manipulaa 364.03 363.02 362.02 Manipulaa Manipulaa Manipulaa 352.04 Kytkin1	KEEP (11) 61.10 Sylinteri1
000006 (000026)	362.03 Manipulaa 364.03 363.02 Manipulaa Manipulaa 352.04 Kytkin1	KEEP (11) 62.10 Sylinteri2
000007 (000031)	363.03 364.03 Manipulaa Manipulaa 364.03 Manipulaa 352.04 Kytkin1	KEEP (11) 63.10 Sylinteri3
000009 (000036)	364.03 Manipulaa 352.04 Kytkin1	END (01)

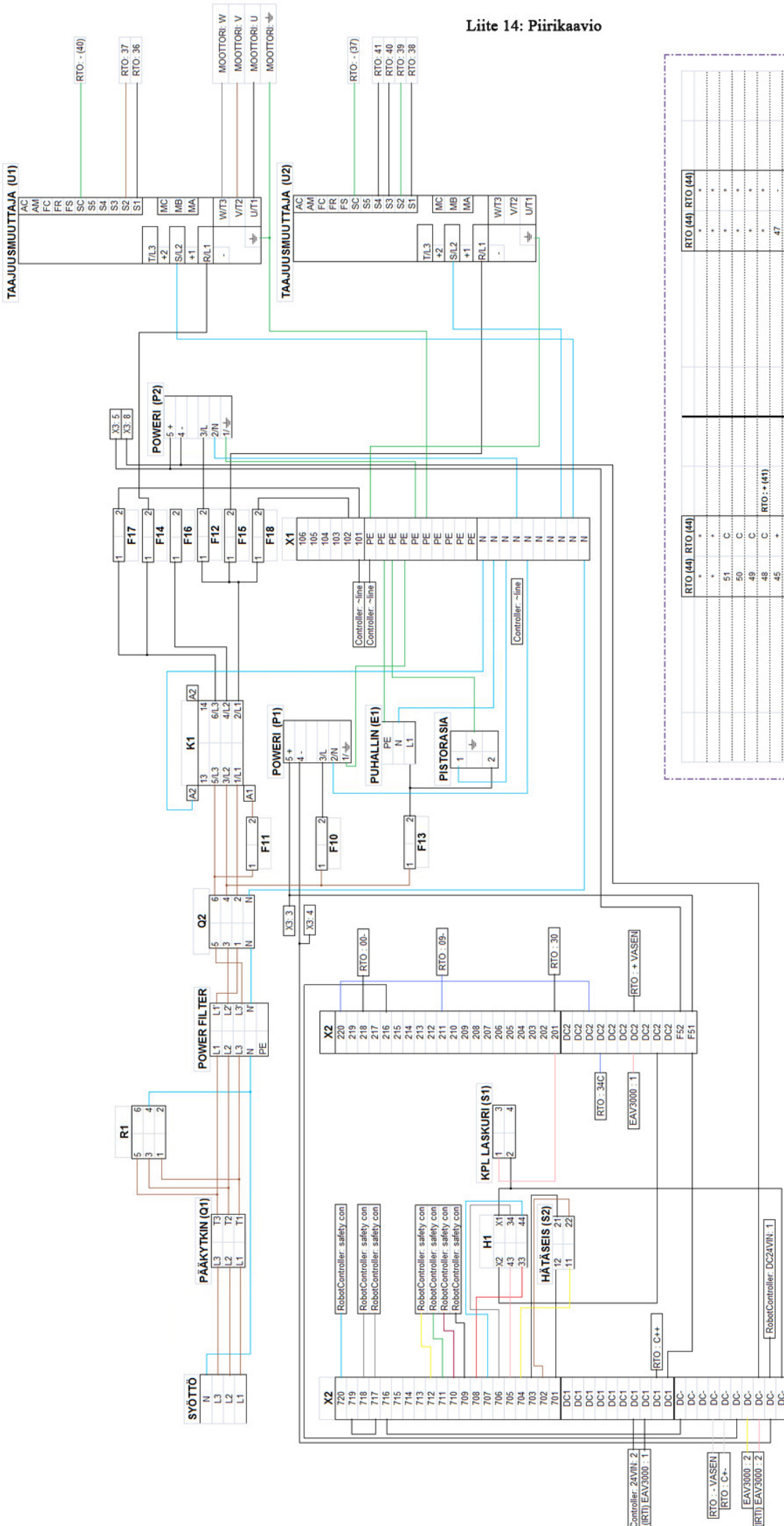
Liite 13: PLC:n tiedot



The image shows two overlapping dialog boxes. The 'Change PLC' dialog box on the left has the following fields: 'Device Name' with the text 'NewPLC1', 'Device Type' set to 'C200HG', 'Network Type' set to 'SYSMAC WAY', and a 'Comment' text area. The 'Device Type Settings [C200HG]' dialog box on the right has tabs for 'General' and 'Memory'. Under 'General', 'CPU Type' is 'CPU43', 'Total Program Area Size' is '16KW [RAM]', 'Expansion Memory' is 'None', 'File Memory' is 'None', and 'Timer / Clock' is checked as 'Installed'. A 'Make Default' button is at the bottom.



The image shows two overlapping dialog boxes. The 'Network Settings [SYSMAC WAY]' dialog box on the left has tabs for 'Network', 'Driver', and 'Modem'. Under 'Network', 'Port Name' is 'COM1', 'Baud Rate' is '9600', and 'Baud Rate Auto-Detect' is unchecked. Under 'Data Format', 'Data Bits' is '7', 'Parity' is 'Even', and 'Stop Bits' is '2'. A 'Make Default' button is at the bottom. The 'Device Type Settings [C200HG]' dialog box on the right has tabs for 'General' and 'Memory'. Under 'Memory', 'Total Program Area Size' is '16KW [RAM]', 'Expansion Memory' is 'None', 'Comments Memory' is 'None', and 'Program Memory' is '16KW [RAM]'. A 'Make Default' button is at the bottom.



Terminal	Symbol	Terminal	Symbol
51	C	U2: S2	39
50	C	U2: S3	40
49	C	U1: S2	37
48	C	U1: S1	36
45	*	X2: DC2	34
44	*	X2: DC1	33
41	+	X2: DC2	32
40	+	X2: DC1	31
37	+	X2: DC2	30
36	+	X2: DC1	29
35	C	X2: DC2	28
34	C	X2: DC1	27
31	*	X2: DC2	26
30	*	X2: DC1	25
09	+	X2: DC2	24
08	+	X2: DC1	23
05	+	X2: DC2	22
04	+	X2: DC1	21
01	+	X2: DC2	20
00	+	X2: DC1	19
PORT3:5	PORT3:6	PORT3:5	PORT3:6
X2: DC2	X2: DC1	X2: DC2	X2: DC1
PORT3:9	PORT3:3	PORT3:9	PORT3:3
X2: DC2	X2: DC1	X2: DC2	X2: DC1
DRM21:4	DRM21:2	DRM21:4	DRM21:2
PORT3:2	PORT3:1	PORT3:2	PORT3:1
C	C	C	C
X2: DC1	DRM21:1	X2: DC1	DRM21:1
X2: DC2	DRM21:3	X2: DC2	DRM21:3
X2: DC1	DRM21:5	X2: DC1	DRM21:5
X2: DC2	X2: DC1	X2: DC2	X2: DC1
PORT3:7	PORT3:8	PORT3:7	PORT3:8
X2: DC2	X2: DC1	X2: DC2	X2: DC1
PORT3:9	PORT3:9	PORT3:9	PORT3:9
DRM21:5	X2: DC1	DRM21:5	X2: DC1
X2: DC2	X2: DC1	X2: DC2	X2: DC1

Terminal	Symbol	Terminal	Symbol
1	KK2: C*	1	KK2: C*
2	KK2: C	2	KK2: C
3	KK2: C+	3	KK2: C+
4	KK2: C*	4	KK2: C*
5	KK2: A*	5	KK2: A*
6	KK2: O*	6	KK2: O*
7	KK2: V*	7	KK2: V*
8	KK2: O*	8	KK2: O*
9	KK2: C+S	9	KK2: C+S

Liite 15: Työssä käytetyt työkalut ja ohjelmat

Työkalut

Holkkipihdit
Kaapelikenkäpihdit
Kiintolenkkiavaimet
Kouruleikkuri
Kuorintapihdit
Kuumailmapuhallin
Kuusioavaimet
Kärkipihdit
Meisti
Pandupistooli
Porakone
Ristipäämeisseli
Rullamitta
Saha
Sakset
Sivuleikkurit
Talttapäämeisseli
Työntömitta
Viila
Yleismittari

Ohjelmat

Adobe Photoshop CS3
CX-Programmer
MS Office Excel 2007
MS Office PowerPoint 2007
MS Office Word 2007
MS Paint v.6
NT Support Tool