

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Automaatiotekniikka

Tutkintotyö

Petteri Koivisto

## **Putkikoneen logiikkaohjelman suunnittelu**

Työn ohjaaja  
Työn teettäjä  
Tampere 2006

DI Jukka Falkman  
Steeltronics Oy, valvoja insinööri Olli Janhunen

# TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Automaatiotekniikka

Koivisto, Petteri	Putkikoneen logiikkaohjelman suunnittelu
Tutkintotyö	31 sivua
Työn ohjaaja	DI Jukka Falkman
Työn teettäjä	Steeltronics Oy, valvoja insinööri Olli Janhunen
Syyskuu 2006	
Hakusanat	putken leikkaus, putken tyssäys

## TIIVISTELMÄ

### **Työn aihe ja tavoitteet**

Työn aiheena oli suunnitella ohjausjärjestelmä putkikoneelle, jolla voidaan katkaista halutun pituisia putkia tarvittava kappalemäärä ja tarvittaessa tehdä myös katkaistun kappaleen toiseen päähän tyssäys. Järjestelmässä tulee myös olla tarvittavat turvatoimenpiteet henkilövahinkojen välttämiseksi. Tavoitteena on valmistaa kone, joka toimii mahdollisimman itsenäisesti ilman jatkuvaa ihmisen valvontaa.

### **Tulevaisuuden suunnitelmat**

Putkikoneen toimintaa on mahdollista kehittää vielä todella paljon eteenpäin ja keskustelua on ollut mahdollisesta putken taivutuskoneen rakentamisesta putkikoneen rinnalle, jotta lopputuote saataisiin tehtyä mahdollisimman pitkälle käyttämällä hyväksi automaatiota.

TAMPERE POLYTECHNIC

Electrical Engineering

Automation Engineer

Koivisto, Petteri                      Controlling Program for Pipe Cutting Machine

Engineering Thesis                      31 pages

Thesis Supervisor                      Jukka Falkman

Commissioning Company      Oy Steeltronics AB. Supervisor: Olli Janhunen

September 2006

Keywords                                  pipe cutting, pipe pressing

### **ABSTRACT**

In this thesis, the goal was to make a controlling program for pipe cutting and pressing machine. The PLC (programmable logic control) that was used in this work was Siemens S5 - 95U. The software for making the actual controlling program was PG - 2000. The machine is supposed to work as independently as possible with only a small interaction needed from the machine operator. The machine can make a predetermined number of cutted pipe pieces and it can also press the other end of the pipe to a specific form with a hydraulic sylinder.

## SISÄLLYSLUETTELO

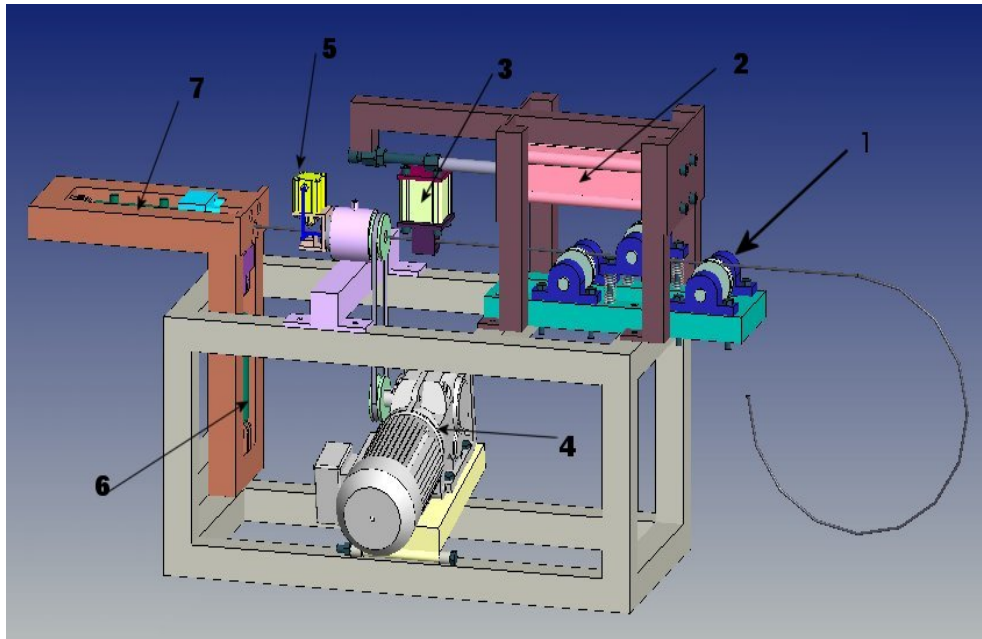
### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

<b>SISÄLLYSLUETTELO.....</b>	<b>4</b>
<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>5</b>
<b>2 UUDEN PUTKIKONEEN SUUNNITELU.....</b>	<b>6</b>
<b>3 SIEMENSIN S5-95U LOGIIKKAYKSIKKÖ.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 S5-95U:n OPEROINTITILAT.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 S5-95U:n KÄYTTÖÖNOTTO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 OP 393 OPEROINTIPANEELI.....</b>	<b>16</b>
<b>4 OHJELMOINTITYÖKALUT.....</b>	<b>18</b>
<b>5 LOGIIKKAOHJELMA.....</b>	<b>20</b>
<b>6 PÄÄTELMÄT.....</b>	<b>30</b>
<b>LÄHTEET.....</b>	<b>31</b>
<b>Sähköiset lähteet</b>	

## 1 JOHDANTO

Putkikoneen kehitys on alkanut vuonna 2002 Steeltronic Oy:llä Olli Janhusen toimesta. Hänen rakentamansa putkikone pystyi vain katkaisemaan yhdenmittaisia putkia, koska putken syöttömekanismi oli rakennettu pneumaattisen sylinterin varaan. Koneen logiikkaohjaus oli toteutettu Omronin CPM1A logiikalla. Alkuperäisen putkikoneen periaatekuva näkyy kuvassa 1.



Kuva 1 Alkuperäinen putkikone

Kuvan 1 numeroinnit selitettynä:

1. Putken ohjausrullat
2. Pneumaattinen syöttömekanismi
3. Pneumaattinen tarttuja
4. Sähkömoottori
5. Putken katkaisumekanismi
6. Putken lukitseva hydraulinen sylinteri
7. Tyssäyksen tekevä hydraulinen sylinteri

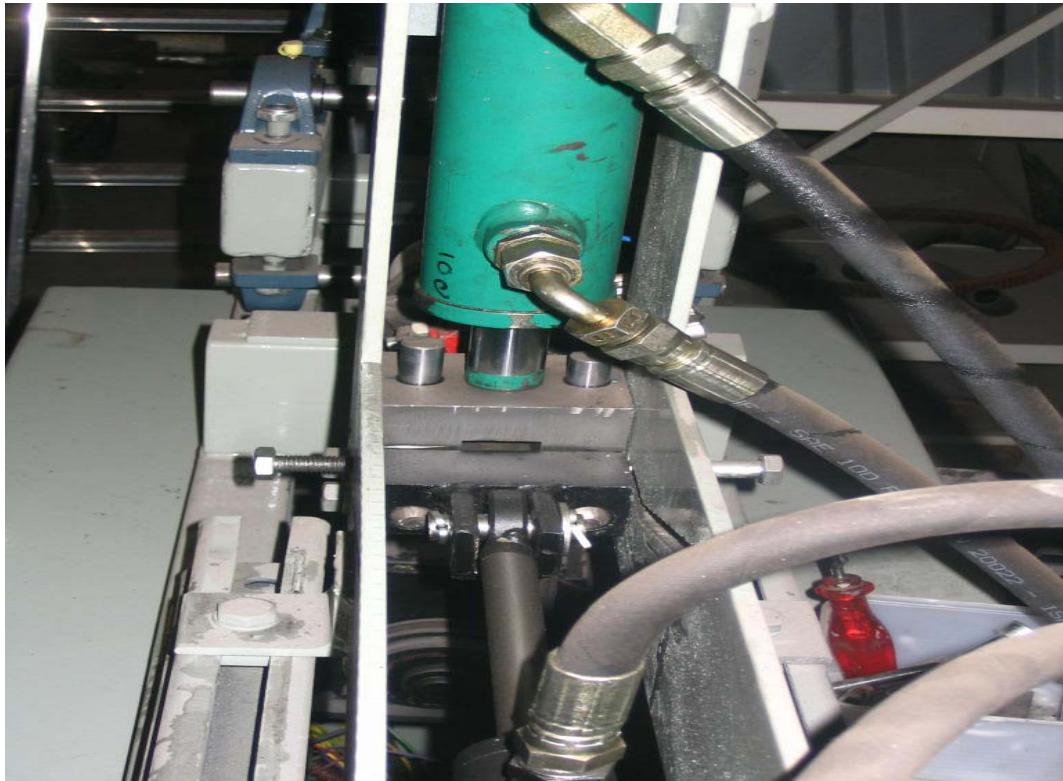


Kuva 2 Alkuperäisen putkikoneen tekemä puolivalmiste

## 2 UUDEN PUTKIKONEEN SUUNNITTELU

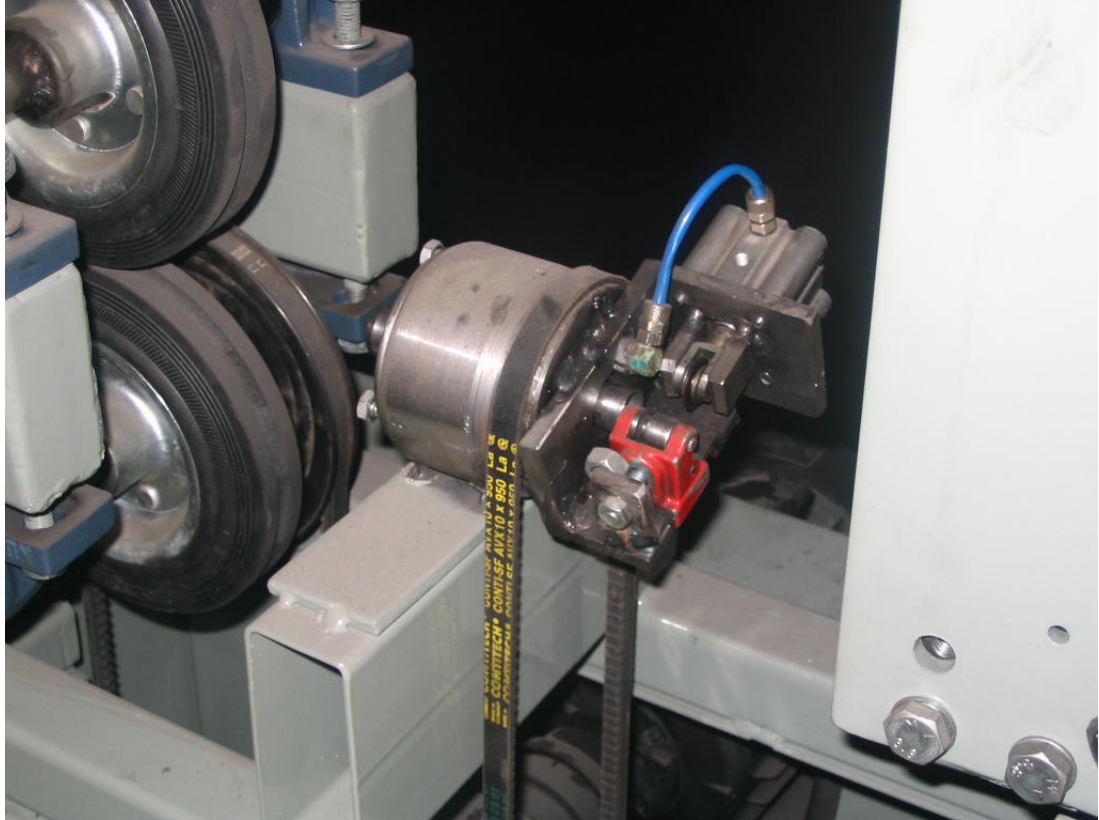
Uuden koneen suunnitteluvaiheessa totesimme, että tärkeimmät uudet ominaisuudet vanhaan koneeseen verrattuna olisivat kappalemäärän laskuri ja kappaleen pituuden määrittäminen sekä putken syöttömekanismi.

Leikkurimekanismi, tyssäin ja putken lukitseva mekanismi päätettiin pitää samanlaisina kuin ensimmäisessä putkikoneessa. Lukitus- ja tyssäysmekanismi on esitetty kuvassa 3 ja leikkuri kuvassa 4.



Kuva 3 Lukitus- ja tyssäysmekanismi

Kuvassa 3 esitetyssä mekanismissa ylempi sylinteri lukitsee putken paikalleen. Lukituksen jälkeen alempi sylinteri puristaa putken päähän tyssäyksen. Tyssäyksen malli on esitetty kuvassa 2.



Kuva 4 Leikkausmekanismi

Kappaleen pituuden mittaamisen päätimme toteuttaa pulssianturilla, joka on kiinnitetty akselin päähän. Akselin toinen pää on kiinnitetty kumirullaan, joka syöttää putkea eteenpäin. Putken syöttömekanismi siis toimii kumirullien avulla, joita sähkömoottori pyörittää. Kuvassa 5 ja 6 on uuden putkikoneen runko syöttö- ja ohjausrullineen.

Kappaleiden ja materiaalin tunnistamiseen tarvittavien antureiden tyypeistä uudessa putkikoneessa ei ole vielä päätetty mitään, mutta logiikkayksikön oston yhteydessä saaduista infrapuna-antureista tullaan käyttämään mahdollisimman monta. Kappalemäärän laskeminen luultavasti toteutetaan infrapuna-anturilla, joka antaa pulssin kun valmis kappale tipahtaa sen säteen läpi. Hydraulisten sylintereiden ääriasentojen tunnistamiseen käytetään normaaleja mikrokytkimiä.



Kuva 5 Uuden putkikoneen runko



Kuva 6 Ohjausrullat

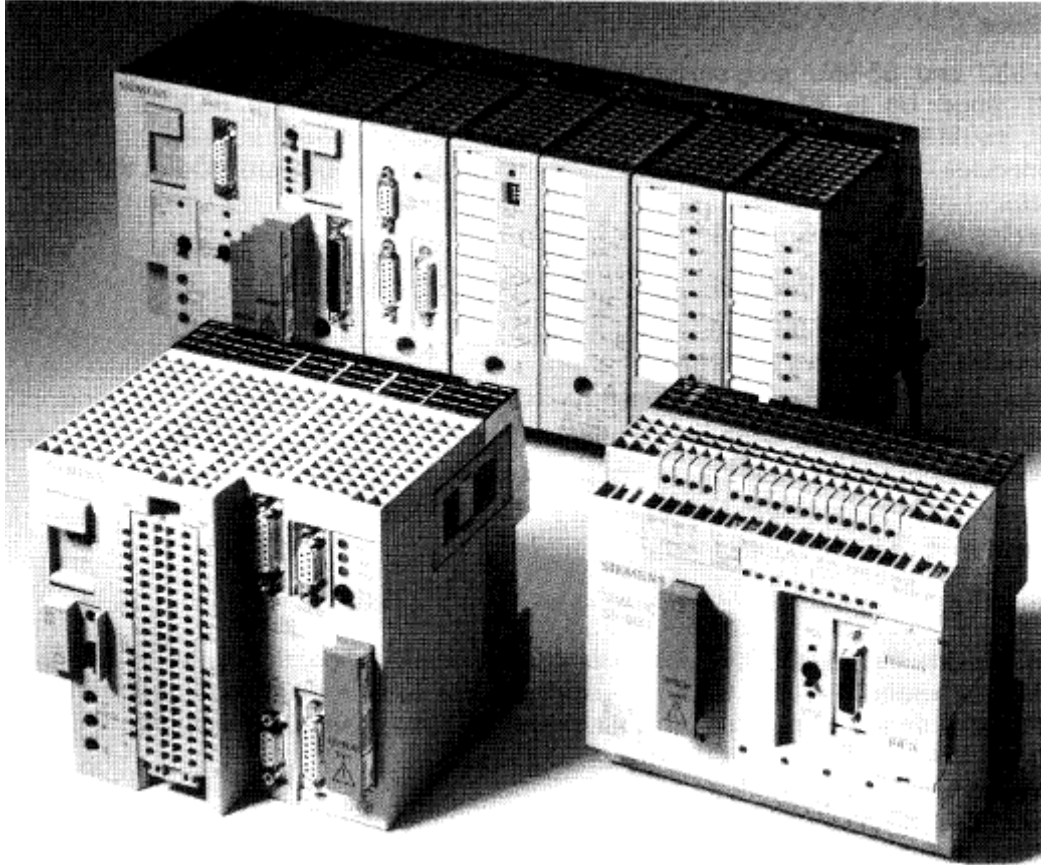




Kuva 7 Hydraulikkakoneisto

Kuvassa 7 esitetty hydraulikka koneisto pystyy tuottamaan painetta maksimissaan noin 250 bar.

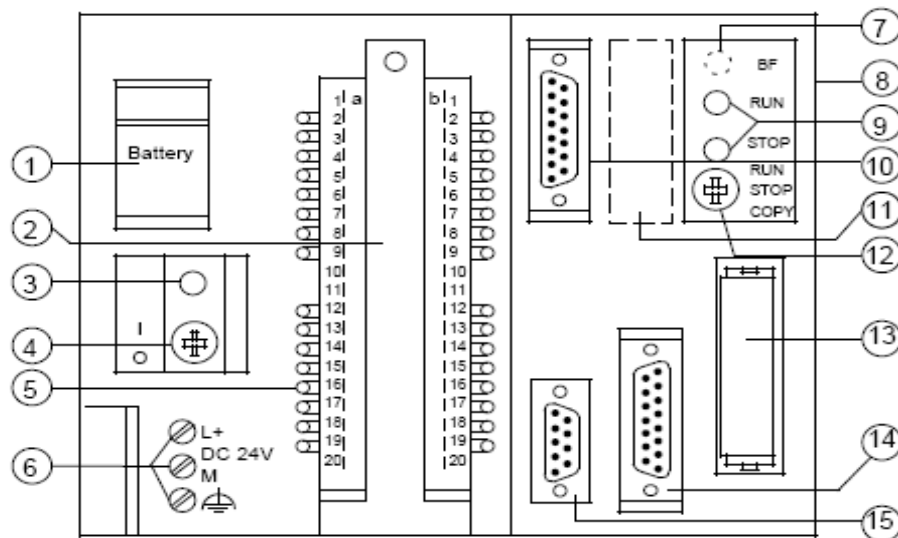
### 3 SIEMENS S5-95U LOGIikkAYKSIKKÖ



Kuva 8 S5-90U, S5-95U ja S5-100U, ohjelmoitavat logiikkayksiköt /1/

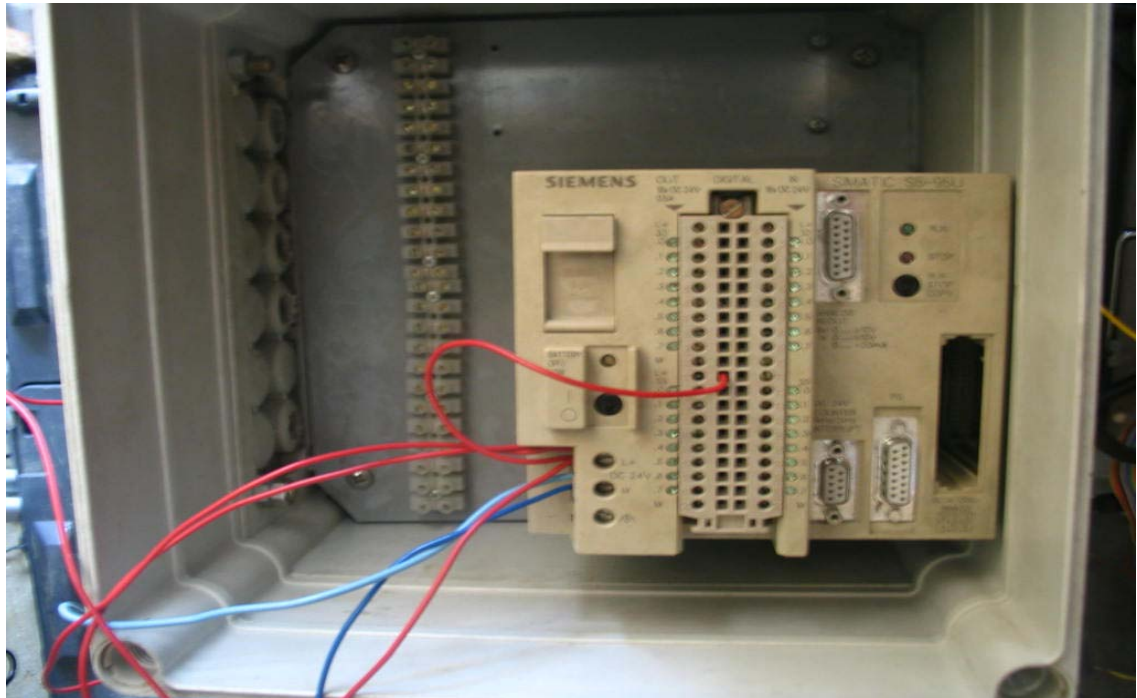
Siemensin S5-sarjan logiikkaperheestä löytyy vaihtoehtoja jokaiselle suoritusasteelle, mutta tarkastelun kohteena oleva S5-95U on tarkoitettu pienemmille sovelluksille. Logiikkayksikön koko, nopeus ja helppo ohjelmoitavuus kentällä olivat ominaisuuksia, joille näimme tarvetta tässä projektissa. S5-95U-yksikössä on käytettävissä 16 digitaalista sisääntuloa ja ulostuloa. Tarvittaessa yksikköön voidaan lisätä I/O-moduuli S5-100U-sarjasta.

Kuvassa 9 on esitetty S5-95U-yksikön liitännät ja ledit ja kuvassa 10 on putkikoneessa käytettävä logiikkayksikkö asennettuna omaan suojakoteloon.



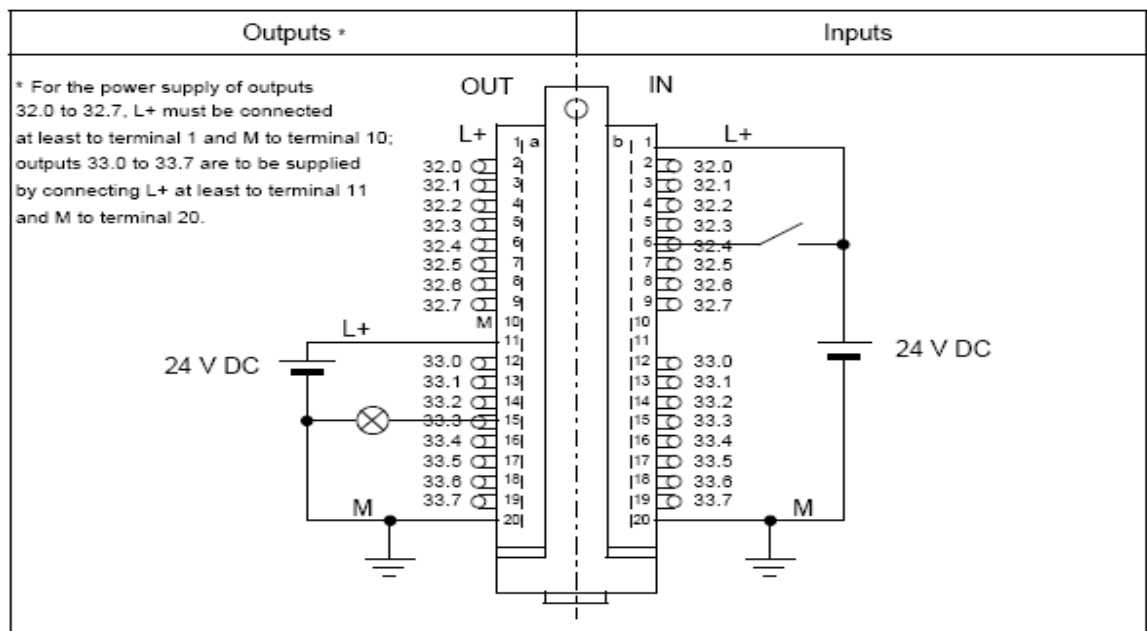
- ① Battery compartment
- ② Front panel connector for digital inputs (I 32.0 to I 33.7) and for digital outputs (Q 32.0 to Q 33.7)
- ③ Battery low LED
- ④ ON/OFF switch
- ⑤ LED display for digital inputs and outputs
- ⑥ Terminals for connecting the power supply
- ⑦ SINEC L2 bus fault LED for S5-95U, Order Nos. 6ES5 095-8MB... ; SINEC L2-DP bus fault LED for S5-95U, Order Nos. 6ES5 095-8MD...
- ⑧ Cable connector for S5-100U modules
- ⑨ RUN/STOP LEDs: Green LED "RUN", red LED "STOP".
- ⑩ Interface for analog inputs (IW 40 to IW 54) and for analog output (QW 40)
- ⑪ SINEC L2 interface for S5-95U, Order Nos. 6ES5 095-8MB...; 2nd serial interface for S5-95U, Order Nos. 6ES5 095-8MC...; SINEC L2-DP interface for S5-95U, Order Nos. 6ES5 095-8MD...
- ⑫ RUN/STOP/COPY switch
- ⑬ Receptacle for E(E)PROM submodule
- ⑭ Interface for a programmer, PC, OP or SINEC L1 bus
- ⑮ Interface for interrupt inputs (I 34.0 to 34.3) and for counter inputs (IW 36, IW 38)

Kuva 9 S5-95U:n liitännät ja ledit /1/



Kuva 10 S5-95U-logiikkayksikkö asennettuna suojakoteloon

Kuvassa 10 näkyy kotelon vasemmassa alareunassa olevat johdotuksille tarkoitetut reiät ja heti niiden perään on rakennettu riviliitännät I/O johdotuksien helpottamiseksi.

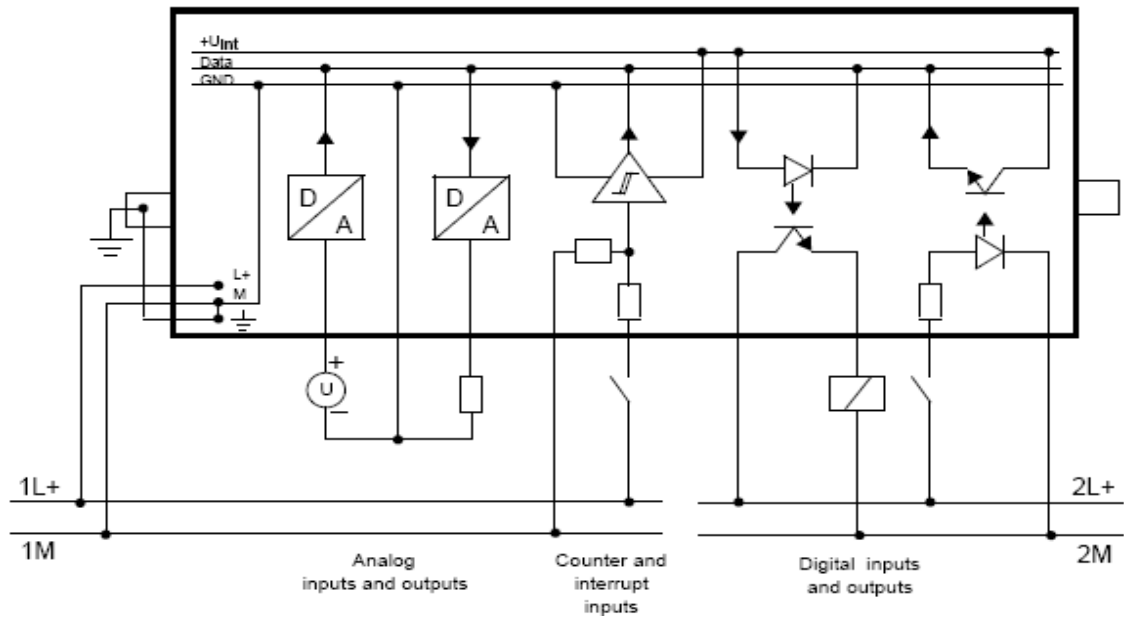


Kuva 11 Digitaalisten ulos- ja sisääntulojen kytkentäesimerkki /1/

S5-95U:lla digitaaliset I/O:t on jaettu kolmeen eri ryhmään:

- kaksi ryhmää, jossa 8 ulostuloa kummassakin
- yksi ryhmä, jossa 16 sisääntuloa

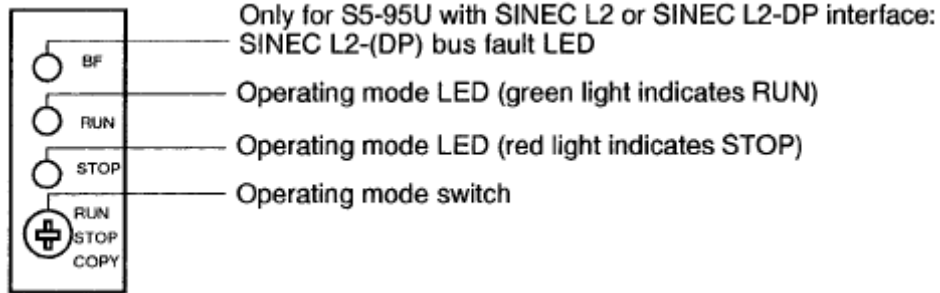
Yksikön kaikki digitaaliset sisään- ja ulostulot on yhdistetty samaan maahan.



Kuva 12 Pelkistetty sähkökaavio S5-95U:n ulos- ja sisääntuloille /1/

### 3.1 S5-95U:n OPEROINTITILAT

S5-95U:lla on kolme perusoperointitilaa. Seuraavassa on lueteltu näiden tilojen tärkeimmät toiminnot:



Kuva 13 S5-95U:n etupaneelin operointitilojen ledit /1/

#### Stop-tila

- Ohjelmaa ei pysty ajamaan
- Laskureiden, ajastimien ja lippujen tila tallennetaan, kun stop-tila käynnistyy
- Ulostulojen tila nollaantuu

#### Run-tila

- Ohjelma ajetaan syklisesti
- Jo startanneet ajastimet jatkavat laskuaan
- Signaalitila sisääntuloissa on ”read in” eli valmiina lukemaan
- Ulostulot lähettävät tietoa pyydettyäessä

#### Restart-tila

- Käyttöjärjestelmä analysoi data block1:n (DB1) ja hyväksyy sen parametrit
- Aikaohjattu tai keskeytysohjattu ohjelman prosessointi ei ole mahdollista
- Erilliset sisään- ja ulostulomoduulit ovat poissa päältä käynnistyksen ajan

### 3.2 S5-95U:n KÄYTTÖÖNOTTO

Ennen uuden ohjelma lataamista logiikkaan olisi suositeltavaa tehdä täydellinen yksikön resetointi. Resetoinnin vaikutukset ovat seuraavat:

- Kaikki ei-integroidut ohjelma- ja datablokit häviävät
- Kaikki integroidut blokit, jotka käyttäjä voi poistaa, generoidaan uudelleen
- Kaikki ajastimet, laskimet ja liput saavat arvon ”0”
- Kaikki systeemitiedot saavat vakioarvonsa

Resetointi on syytä suorittaa joka kerta, kun vaihtaa logiikkaan uuden ohjelman pelkästään yleisen turvallisuuden vuoksi. Logiikkaan liitetyt mekaaniset toimilaitteet saattavat toimia arvaamattomasti väärillä asetusarvoilla ja aiheuttaa rahallista vahinkoa prosessissa tai vahingoittaa ihmistä. Kuvassa 14 on esitetty S5-95U:n mahdolliset toiminnot ohjelmointikäyttöliittymän kautta. Tässä projektissa käytin logiikan ohjelmointiin PG - 2000 ohjelmaa, josta on kerrottu lisää kohdassa 4 (Ohjelmointityökalut).

Programmer Function Designation	Abbreviation	Possible for S5-95U
Input block	INPUT	Yes
Output block	OUTPUT	Yes
<b>Test</b>	<b>TEST</b>	
Program test	PROG TEST	No
END program test	END TEST	No
Signal status display	STATUS	Yes
<b>PLC Functions</b>	<b>PC FCT</b>	
PLC restart	START	Yes
PLC STOP	STOP	Yes
Compress	COMPRESS	Yes
STATUS variable	STAT VAR	Yes
Force	FORCE	No
FORCE variable	FORCE VAR	Yes
<b>PLC information</b>	<b>PC INFO</b>	
Output addresses	OUTP ADDR	Yes
Memory configuration	MEM CONF	Yes
System parameter	SYSPAR	Yes
Block stack	BSTACK	Yes
Interrupt stack	ISTACK	Yes
<b>Auxiliary functions</b>	<b>AUX FCT</b>	
Transfer	TRANSFER	Yes
Delete	DELETE	Yes
Directory	DIR	Yes
<b>Function</b>		
SINEC L1	MASTER	No
	SLAVE	Yes

Kuva 14 Toiminnot ohjelmointikäyttöliittymän kautta /1/

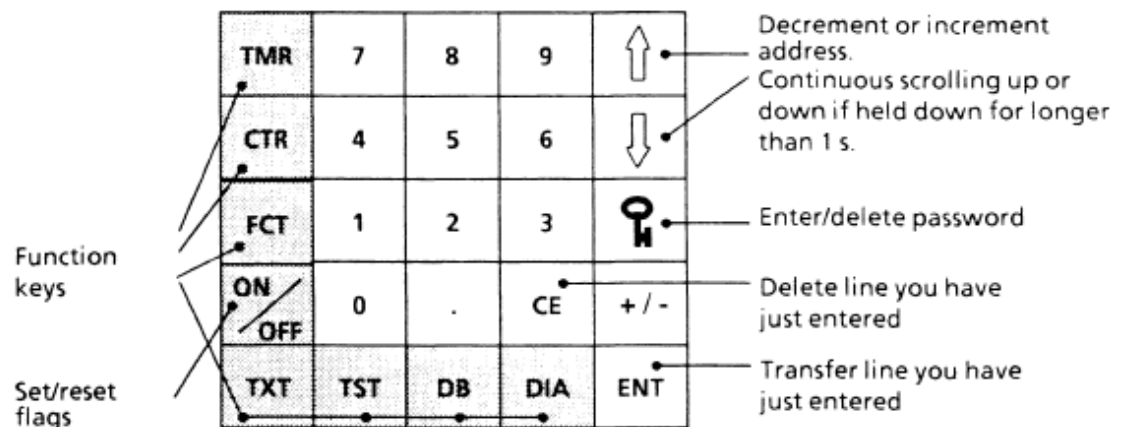
### 3.3 OP 393 OPEROINTIPANEELI

Vaikka putkikoneen käyttöön tuleva logiikkayksikkö oli varustettu OP 393 operointipaneelilla, sen käytännön hyöty tulee luultavasti olemaan minimaalinen. Heti alkuperäisissä suunnitelmissa oli hankkia logiikkayksikön rinnalle tietokone, jonka avulla saadaan tehtyä muutoksia logiikkaohjelmaan. PG - 2000 ohjelman avulla pystytään siirtämään uusi logiikkaohjelma vanhan päälle. Logiikkaohjelman siirtäminen PG - 2000 ohjelmasta S5-95U yksikköön vaatii



ainoastaan logiikkayksikön ajamista stop-tilaan. Stop-tila saadaan päälle itse logiikkayksiköstä erillisellä katkaisimella tai PG - 2000 ohjelman avulla. Operointipaneelin käyttöä siis tullaan välttämään mahdollisimman paljon, mutta koska sen käytöstä logiikkayksikön kanssa ei vielä ole mitään käytännön kokemuksia niin ajattelin tarpeelliseksi selvittää sen muutamia perusominaisuuksia tulevaisuutta ajatellen.

OP 393 on operointipaneeli, jonka avulla voidaan muokata S5-95U:n ajastimia, laskureita ja pakottaa lippujen arvoja (0 tai 1), sekä näyttää diagnostiikkaviestejä. Operointipaneeli osaa myös näyttää viestejä, jotka voidaan itse ohjelmoida DB6:een, joka on OP 393:n oma parametrintiblokki. Viestit näkyvät operointipaneelin 2-riviseltä LCD-näytöltä.



Kuva 15 OP 939:n funktionäppäimet /1/

Operointipaneelin funktionäppäimillä pystyy editoimaan laskureita, ajastimia tai siirtyä diagnostiikkatilaan. Kuvassa 16 on esitetty logiikkayksikön mukana tullut operointipaneeli, joka oli asennettu muovikotelon kanteen.

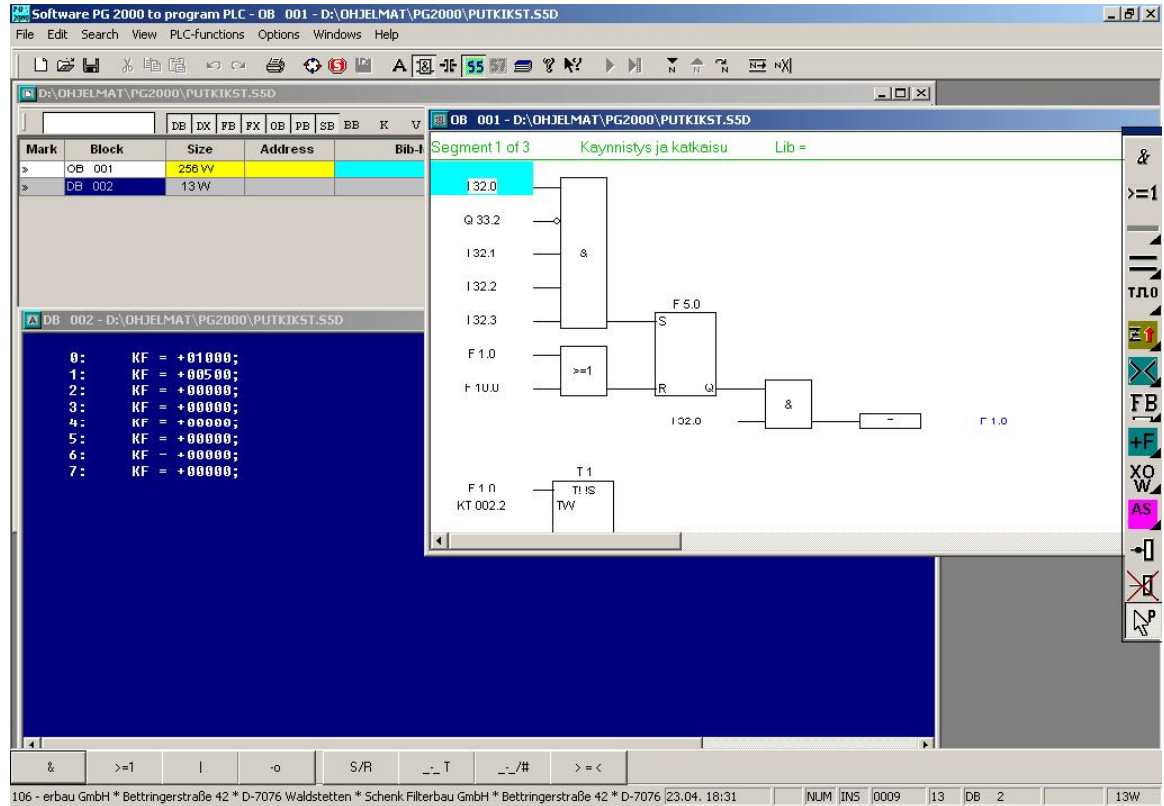


Kuva 16 OP 393 operointipaneeli

#### 4 OHJELMOINTITYÖKALUT

Varsinaisessa logiikkaohjelman teossa käytin PG - 2000 -ohjelmaa. Alkuun testasin Siemensin omaa STEP 5 -ohjelmaa, mutta muutaman päivän testauksen aikana totesin ohjelman turhan vaikeaselkoiseksi ja hankalaksi, pitkälti tämän MS DOS -pohjaisuuden takia. Tämän jälkeen siirryinkin PG - 2000 -ohjelman pariin ja totesin sen huomattavasti helpommaksi käyttää.

PG - 2000 on täysin MS Windows -pohjainen, joten sen käytön opettelu sujui todella nopeasti. Ohjelmia pystyy rakentamaan CFS:n, LAD:n tai STL:n muodossa. Edellä mainituista käytin pääasiassa CSF-muotoa sen parhaimman havainnollisuuden vuoksi ja STL-muotoa käytin datablokkien (DB) editoimiseen. CFS- ja LAD-muodot ovat ohjelman graafisia esitysmuotoja ja STL on ohjelman tekemistä ja editoimista tekstin muotoisena.



Kuva 17 PG - 2000:n käyttöliittymä

Kuvassa 17 on esitetty PG - 2000 ohjelma käyttöliittymä pääpiirteittäin.

Valkoisella pohjalla olevassa ikkunassa on pääohjelma esitetty CSF (control system flowchart) muotoisena. Tätä esitysmuotoa käytin pääasiassa pääohjelman rakentamisessa. Tummallalla pohjalla olevassa ikkunassa on esitetty datablokin (DB) sisältö. Datablokkia voi ainoastaan editoida STL- (statement list) muotoisena. Kuvan oikean reunan palkista voi valita kaikki yleisimmin tarvittavat komponentit logiikkaohjelman tekoon (esim. AND, OR, IF, laskurit jne.).

PG - 2000 sisälsi myös logiikkaohjelman simulointimahdollisuuden, mutta koska ominaisuuden käyttäminen oli tehty todella epähavainnolliseksi, sitä tuli vain testattua muutaman kerran. Simuloinnin aikana (ohjelmaa tarkastellaan CFS-muotoisena) kaikki johdotukset joihin tuli looginen "1", näkyi vihreinä, mutta ikkunaa, jossa komponentit (kuva 17, valkoinen pohja) olivat, ei voinut vierittää alaspäin. Ikkunan vierittäminen onnistui ainoastaan, kun simulointi lopetettiin,

joten logiikkaohjelman käyttäytymisestä oli todella hankala saada kokonaiskuvaa. Myös PG - 2000 ohjelmalle usein tapahtuva satunnainen kaatuileminen hankaloitti aluksi ohjelman rakentamista, mutta tämän ongelman pystyi ohittamaan usein tallentamalla työnsä.

## 5 LOGIikkaOHJELMA

Putkikoneen ohjaukseen suunniteltu logiikkaohjelma on jaoteltu kolmeen lohkoon, jotta ohjelman teko olisi helpompaa ja havainnollisempaa:

- Käynnistys ja katkaisu
- Syötön suunnan päättäminen tyssäyksen jälkeen
- Tyssäys ja katkaisu

Olen ottanut kuvankaappaukset jokaisesta lohokosta CSF-muodossa ja selostan putkikoneen ohjauksen toiminnan jokaisesta lohokosta erikseen. Ennen selostuksen alkua esitän logiikkaohjelman I/O-listan kokonaisuudessaan ja koneen toimintaperiaatteen lyhyesti, jotta ohjelman lukeminen olisi helpompaa.

### **I/O-lista:**

#### SISÄÄNTULOT

I 32.0 = onko putkea

I 32.1 = putken puristus (sylinteri kotona)

I 32.2 = putken tyssäys (sylinteri kotona)

I 32.3 = prosessi käyntiin (kytkin)

I 32.4 = a-pulssi (pulssianturi)

I 32.5 = tyssäyksen valinta (päällä/pois)

I 32.6 = automaatti / manuaali (varattu testausta varten)

I 32.7 = kappalemäärälaskurin nollaus

I 33.0 = putken puristus (sylinteri ääriasennossa)

I 33.1 = putken tyssäys (sylinteri ääriasennossa)

I 33.2 = kappaleen laskenta

I 33.3 = hätä-seis (varattu testausta varten)

#### ULOSTULOT

Q 33.0 = syöttö myötäpäivään (siis eteenpäin)

Q 33.1 = syöttö vastapäivään

Q 33.2 = leikkuri päälle / pois

Q 33.3 = putken puristus

Q 33.4 = putken tyssäys

#### LIPUT

F 1.0 = ensimmäisen putken syötön ajastin päälle

F 1.1 = ensimmäisen putken syöttö päälle

F 2.0 = syöttö vastapäivään

F 2.1 = syöttö myötäpäivään

F 5.0-6.7 = apumuistia

F 6.0 = puristus / tyssäyssylinterin resetointi

F 10.0 = täydellinen resetointi = kappaleet tehty

F 66.0 = varattu yleistä resetointia varten ja se otetaan käyttöön kun ohjelmaa pääsee testaamaan käytännössä.

### MUISTIALUEET

DW0 = leikkuri-tyssäys välin pituus

DW1 = kappaleen pituus

DW2 = C1 laskurin tila

DW3 = C1, C2, C3 laskureiden vertailu arvo (000)

DW6 = C2 laskurin tila

DW7 = C3 laskurin tila

### LASKURIT

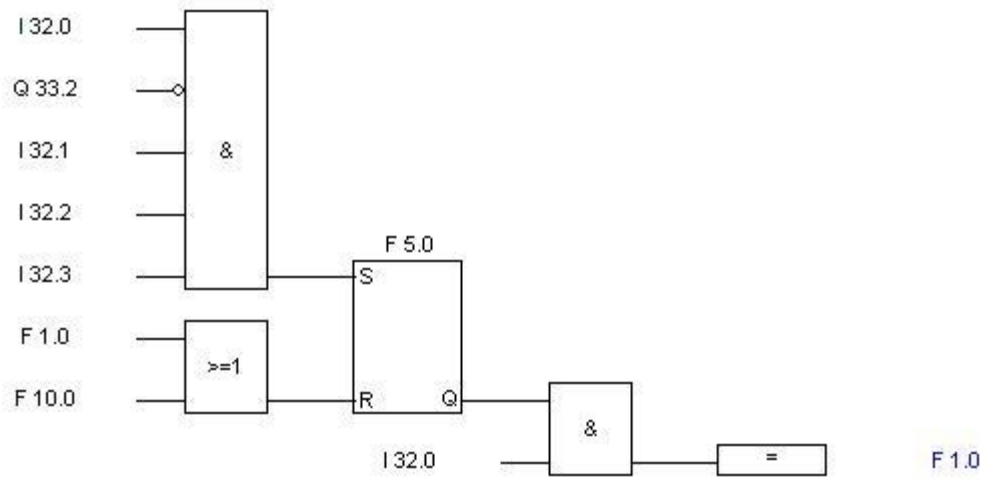
C1 = laskurille kappaleen pituus jos ei tule tyssäystä. Tyssäyksen tullessa laskurille arvo, joka vastaa leikkurin ja tyssäimen välistä etäisyyttä.

C2 = laskurille arvo jos syöttö tyssäyksen jälkeen vastapäivään (takaisinpäin).

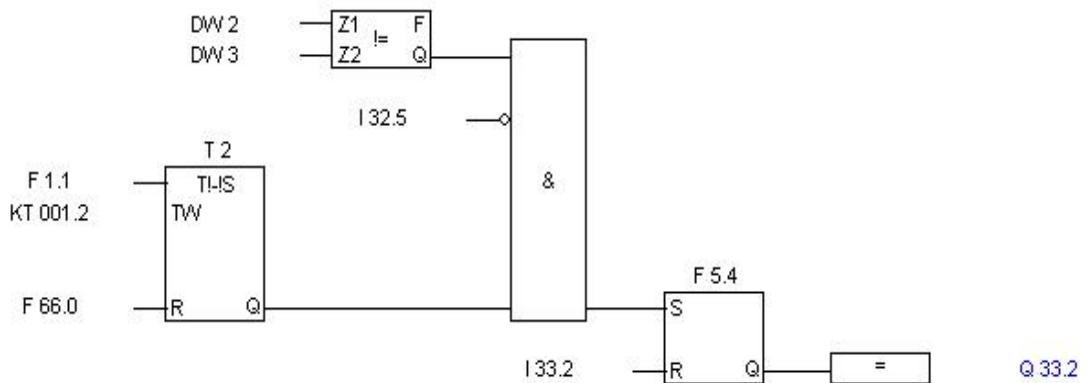
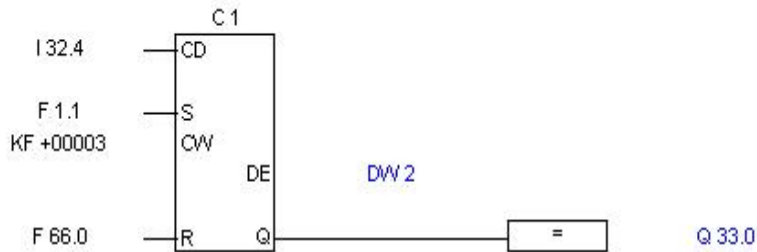
C3 = laskurille arvo jos syöttö tyssäyksen jälkeen myötäpäivään (eteenpäin).

### **Toimintaperiaate lyhyesti selostettuna:**

Putkikone syöttää putkea logiikkaohjelman määräämään mittaan, katkaisee sen ja jos on valittuna, niin tekee ennen katkaisua tyssäyksen putkeen. Jos on valittuna, että kone tekee tyssäyksen, niin tyssäyksen jälkeen logiikkaohjelma päättelee putken syötön suunnan kappaleen pituudesta riippuen. Syötön suunnan päätettyään putkikone ajaa putken oikeaan mittaan ja katkaisee sen.



DB 2



Lohko 1 Käynnistys ja katkaisu

Lohko 1:ssä käydään läpi prosessin käynnistys ja putken katkaisu jos valittuna on vain putken katkaisu ilman tyssäämisoperaatiota.

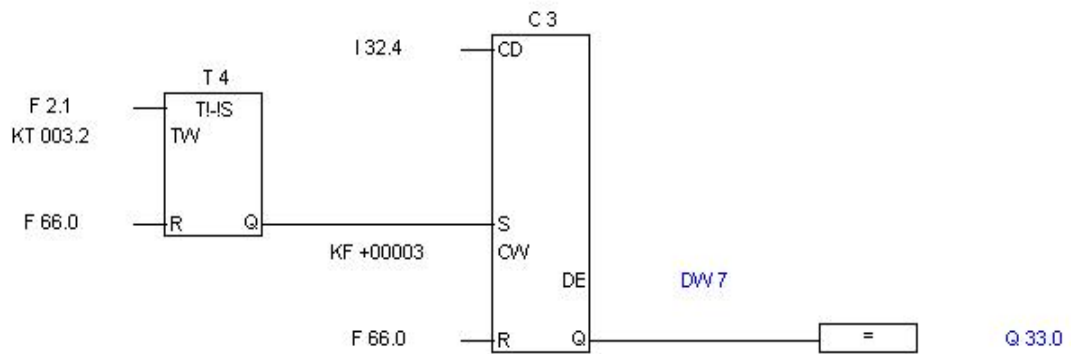
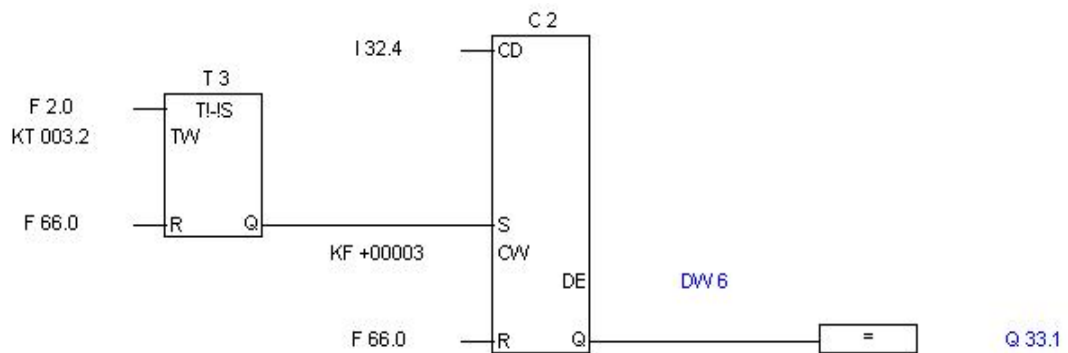
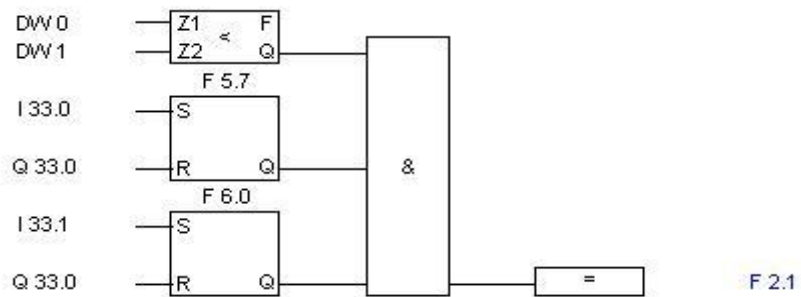
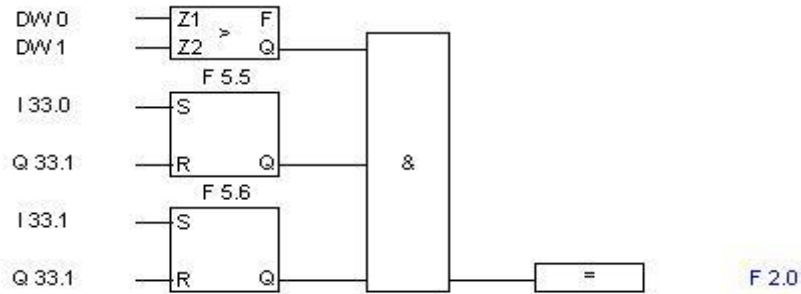
Lohko 1:n alussa oleva AND-piiri liittyy koko prosessin käynnistämiseen. AND-piirin ehtojen toteuduttua pitopiiri F5.0 aktivoituu, joten myös kaksituloisen AND-piirin ensimmäinen tulo aktivoituu. AND-piirin toinen tulo aktivoituu jos putken ahiota on tarpeeksi jäljellä. Tämän jälkeen lippu F1.0 aktivoituu ja käynnistää ajastimen T1. Ajastimelle on annettu arvoksi 2 sekuntia. F1.0 lippu aktivoituttuaan myös resetoi pitopiiriin F5.0. Ajastimen laskettua kahdesta sekunnista nolnaan aktivoituu lippu F1.1, joka asettaa alaspäin laskevalle laskurille C1:lle sille annetun luvun väliltä 0 - 999. Tämä lukuarvo vastaa leikattavan putken pituutta.

Heti ajastimen saatua lukuarvon se aktivoi ulostulon Q33.0:n, joka ohjaa moottorin pyörimistä eli putken syöttöä. Pulssianturilta saadaan pulsseja C1:n CD sisääntuloon, joka vähentää annetusta luvusta yhden joka pulssilla. Kun lukuarvo saavuttaa nolnan, Q33.0 deaktivoituu ja putken syöttö pysähtyy. Laskurin lukuarvoa päivitetään koko ajan muistialueeseen DW2. Tämän vuoksi on ennen laskuripiiriä kutsuttu Datablock2 (DB2), jossa DW2 sijaitsee.

Lohkon lopussa suoritetaan putken katkaisu käyttäen ulostuloa Q33.2, joka ohjaa leikkuria päälle/pois. AND-piirin sisääntuloja ovat vertailupiiri, ajastin T2 ja I32.5, joka kertoo onko tyssäyksen teko valittu. Vertailupiirissä verrataan ajastimen C1 arvoa DW3:n arvoon, joka on aina nolla. Ajastimen C1 saatua arvo 0, asettuu vertailupiiriin lähtö aktiiviseksi, koska tällöin DW2:n ja DW3:n arvot ovat yhtä suuret. T2 ajastinpiiriin ulostulo muuttuu aktiiviseksi yhden sekunnin jälkeen. Putken leikkausprosessista johtuen ulostuloa Q33.2 pidetään päällä pitopiiriin F5.4 avulla niin kauan, että I33.2 aktivoituu.



DB 2



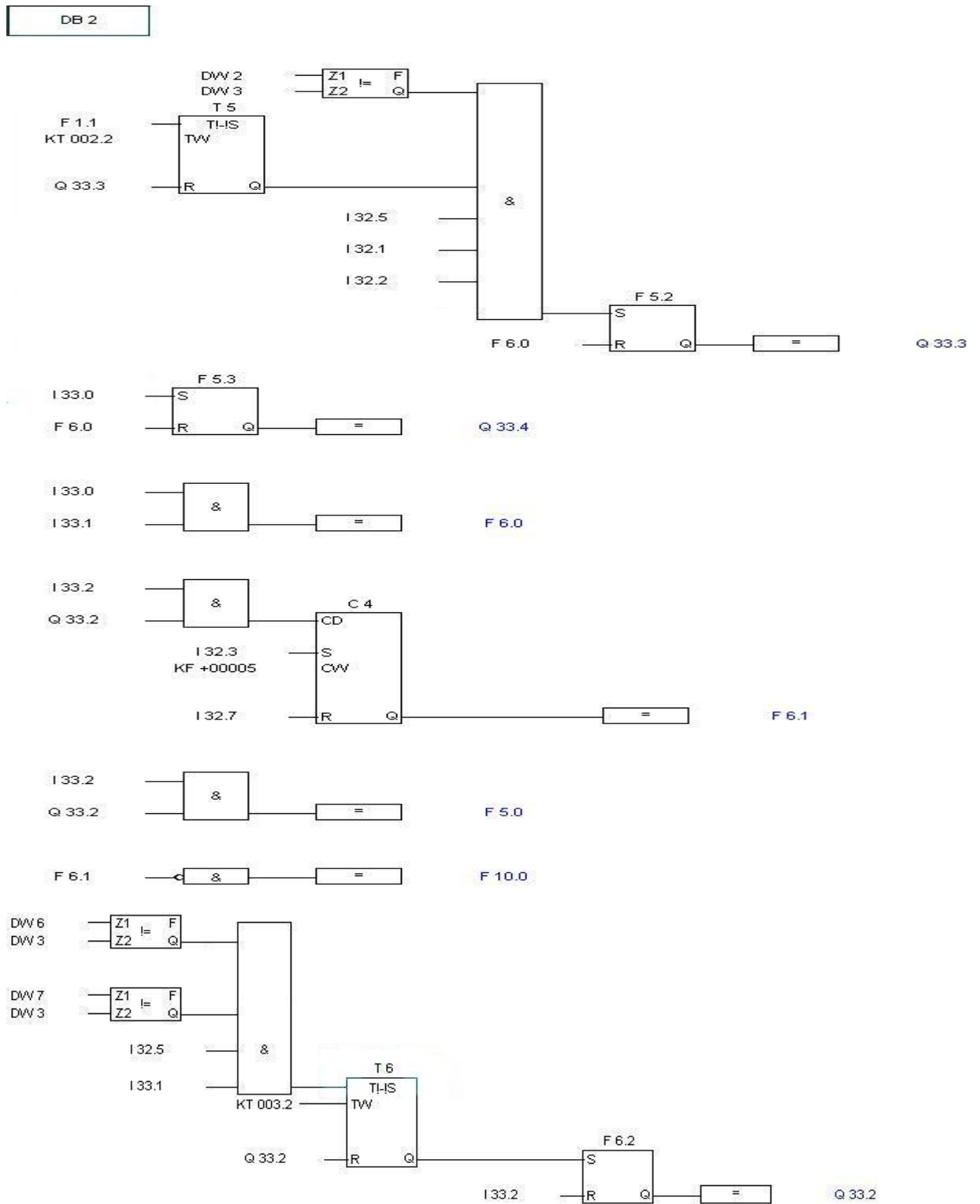
Lohko 2 Syötön suunnan päättäminen tyssäyksen jälkeen

Lohkon 2 tärkeimmät alueet ovat vertailupiirit, joilla määritellään putken syötön suunta tyssäyksen jälkeen. Ohjelma on rakennettu vertailemaan annettua kappaleen pituutta (DW1) sekä leikkurin ja tyssäimen välistä etäisyyttä (DW0), joka on vakioarvo. Esimerkiksi jos leikkurin ja tyssäimen välinen etäisyys on 100 pulssia ja haluttu putken pituus on 150 pulssia, niin vertailupiirin avulla saadaan Q33.0 päälle. Tämä syöttää putkea eteenpäin tyssäyksen jälkeen. Laskuripiirille C3 annetaan näiden lukujen erotus eli 50.

Lohkon alussa jälleen kutsutaan DB2, jotta kaikkien DW arvojen luku ja kirjoitus onnistuisi. Seuraavaksi vertaillaan onko  $DW0 > DW1$ . Pitopiirien avulla tarkastetaan, että molemmat sylinterit ovat käyneet ääriasennossaan, eli putki on puristettu paikalleen ja tyssäys suoritettu. Kaikkien edellisten arvojen toteuduttua aktivoituu lippu F2.0, joka käynnistää laskurin T3. Tälle on annettu kolmen sekunnin laskuaika. Laskuajan päätyttyä aktivoituu ulostulo Q33.1, joka pysyy päällä kunnes laskurille C2 annettu lukuarvo nollaantuu. Tämä lukuarvo vastaa syötön pituutta. Tässä piiriyhdistelmässä putken syöttö lähtee takaisinpäin, koska leikkurin ja tyssäimen välinen etäisyys on suurempi kuin haluttu putken pituus.

Seuraavassa piiriyhdistelmässä tapahtuu asiat samoin kuin edellisessäkin, mutta tällä kertaa vertailupiirissä verrataan onko  $DW0 < DW1$ . Jos haluttu putken pituus on suurempi kuin leikkurin ja tyssäimen välinen etäisyys, aktivoituu ulostulo Q33.0. Tämä syöttää putkea eteenpäin. Laskuripiirille C2 annetaan haluttu syöttöpituus samalla tavalla kuin piirille C3.

Lohkoissa on ajastimet T3 ja T4, jotta sylinterit ehtivät avautua tarpeeksi ennen putken syöttöä.



Lohko 3 Tyssäys ja katkaisu

Lohkon 3 alussa kutsutaan DB2 kuten muissakin lohkoissa aikaisemmin. Tämän jälkeen verrataan, onko DW2 samassa tilassa kuin DW3. Kun DW2 saa arvon nolla, vertailupiirin ulostulo aktivoituu. AND-piirin sisääntuloissa tarkastellaan myös, onko tyssäys valittu (I32.5) ja että putken puristus- ja tyssäyssylinteri ovat auki asennossa. Kun edellä mainitut ehdot ovat toteutuneet, pitäisi putken pään olla oikeassa kohdassa ja Q33.3 aktivoituu eli putki puristetaan paikalleen.

Puristussynterinin saavutettua ääriasentonsa aktivoituu tyssäyssylinteri (Q33.4). Kun molemmat sylinterit ovat saavuttaneet ääriasentonsa, niitä ohjanneet pitopiirit resetoidaan. Tämän jälkeen siirrytään lohkon 3 loppuun missä on DW6:n ja DW7:n vertailupiirit. DW6 siis on C2:n tila ja DW7 C3:n tila. Jos haluttu putken pituus on pidempi kuin leikkurin ja tyssäimen välinen pituus, annetaan laskurille C3 arvo. Jos kappale on lyhyempi kuin leikkurin ja tyssäimen välinen etäisyys, annetaan C2:lle arvo. Käyttämättömälle laskurille siis annetaan arvoksi 0. Tyssäyssylinterinin saavuttua ääriasentoonsa lähtee ajastin T6 päälle kolmeksi sekunniksi. Kolmen sekunnin kuluttua lähtee leikkuri Q33.2 päälle ja pysyy päällä kunnes I33.2 aktivoituu. Sisääntulo I33.2 on kappalemäärän laskentaan tarkoitettu anturi, joka sijoitetaan niin että, aina kun leikattu kappale tipahtaa sille tarkoitettuun tilaansa saa I33.2 pulssin.

Leikkurin leikattua putken, siirrytään lohkoissa 3 laskuripiiriin C4. Tälle laskurille annetaan haluttu kappalemäärä. C4 aktivoituu koko prosessin käynnistyskytkimestä I32.3 ja se laskee alaspäin aina kun kappalemäärän anturi I33.2 saa pulssin samalla kun leikkuri Q33.2 on päällä. Kun haluttu kappalemäärä on saavutettu, aktivoituu lippu F10.0. Tämä pysäyttää koko prosessin.

Lohkoissa 3 on myös AND-piiri, joka tarkastelee sisääntuloa I33.2 ja ulostuloa Q33.2. AND-piirin ulostulolla F5.0 käynnistetään prosessi alusta, kunnes haluttu kappalemäärä on saavutettu.

Seuraavassa on vielä lyhyt kertaus laskureiden ja datasanojen (DW) arvojen merkityksestä ennen ohjelman ajoa.

- C1:lle annetaan putken kokonaispituus, jos tyssäystä ei tehdä. Tyssäys valittuna C1:lle annetaan katkaisulaitteen ja tyssäimen välinen etäisyys.
- C2:lle annetaan arvo, jos tyssäyksen jälkeen putkea pitää syöttää taaksepäin
- C3:lle annetaan arvo, jos tyssäyksen jälkeen putkea pitää syöttää eteenpäin
- C4:lle annetaan haluttu kappalemäärä
- DW0:lle annetaan leikkurin ja tyssäimen välinen etäisyys
- DW1:lle annetaan haluttu kappaleen pituus, jos tyssäys on valittuna
- DW2 on C1 laskurin tila, jota päivitetään reaaliaikaisesti
- DW3 on laskureiden C1, C2 ja C3 vertailuarvo, joka on aina 000
- DW6 on C2 laskurin tila, jota päivitetään reaaliaikaisesti
- DW7 on C3 laskurin tila, jota päivitetään reaaliaikaisesti

## 6 PÄÄTELMÄT

Ensimmäisen kerran kun minulle ehdotettiin tätä projektia, olin hiukan skeptinen oman ohjelmointitaidon suhteen. Projektin edetessä kuitenkin huomasin, että ohjelman pystyi rakentamaan aika yksinkertaisella menetelmällä, koska käytössä ei ollut mitään servomoottoreita tai muita vastaavanlaisia komponentteja.

Suurin ongelma ohjelman teossa oli, ettei päässyt testaamaan sitä käytännössä ollenkaan koska projekti on tavallaan ”jäädynyt” uuden koneen rakennuksen takia. Projekti viedään kuitenkin loppuun joskus myöhemmin, mutta tarkasta aikataulusta minulla ei ole tietoa. S5-95U logiikkayksikkö minulla oli käytössä sen verran, että pääsin testaamaan datasanojen ja laskureiden toimintaa käytännössä. Kaikki laskureiden, datasanojen ja ajastimien arvot esitetyssä logiikkaohjelmassa ovat siis täysin testausmielessä annettuja lukuja. Ajastimien perimmäinen käyttötarkoitus työssä oli hidastaa putkikoneen prosessia, jottei mikään tapahdu ”liian” nopeasti. Ajastimien arvot muokataan sopiviksi, kun putkikonetta päästään testaamaan käytännössä.

S5-95U:n ohjelman kierrosaika on noin 10-20ms, joten putken syöttönopeus pitää asettaa sellaiseksi että ohjelma ehtii lukea kaikki pulssianturilta tulevat pulssit. Logiikkayksikössä on myös erillinen liitäntä pulssianturille (kuva 8, kohta 15), jossa on huomattavasti nopeampi vasteaika, mutta tämän liitännän kautta olisi pitänyt osata myös parametreja DB1 oikeilla arvoilla. Täten ohjelma olisi myös muuttunut huomattavasti vaikeammaksi, joten jätin suosiolla tämän vaihtoehdon käyttämättä.

Yleisesti voidaan sanoa, että ohjelma on niin sanottu raakaversio tulevasta lopullisesta versiosta, joka saadaan tehtyä vasta kun päästään testaamaan ja muokkaamaan ohjelmaa täysin toimivan putkikoneen kanssa.

## LÄHTEET

### Sähköiset lähteet:

1 Siemens automation

<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/1091648>

S5-90U/S5-95U Programmable Controller System Manual

Part number of documentation: 6ES5998-8MA22

Drawing number: EWA 4NEB 8126115-02b