

Pekka Autio

# AVR/TUT-kaapelipuolaimien koestusohje ja automaattisen kelankäsittelyn ohjelmointi GRAPHilla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

14.5.2017

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Pekka Autio AVR/TUT-kaapelipuolaimien koestusohje ja automaattisen kelankäsittelyn ohjelmointi GRAPHilla 31 sivua + 4 liitettä 14.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Engineering Manager Jukka Vaari Lehtori Kai Virta
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli saada aikaan uusi koestusohje raskaalle puolaajalle (ARV/TUT) ja lisäksi ohjelmoida automaattiset kelankäsittelyt Siemens GRAPHilla aikaisemman FUB-ohjelmointikielellä tehdyn ohjelman sijaan.</p> <p>Ohjelmointi tehtiin selvittämällä automaattisen kelankäsittelyn toiminta ja tarvittavat IO:t. Ohjelmoinnissa käytettiin apuna Siemens S7-GRAPH V5.3 for S7-300/400 Programming Sequential Control Systems manuaalia.</p> <p>Koestusohje tehtiin samalla konetta koestaen, oikea-aikaisen koestusjärjestyksen saamiseksi. Työssä tutustuttiin standardiin SFS-EN 60204-1 (koneturvallisuus ja koneiden sähkölaitteisto), jotta pakolliset mittaukset ja tarkistukset saatiin standardin mukaiseksi. Koestusohjeen toimivuus testattiin 5:n koneen koestuksella ja koestusohjeeseen tehtiin tarvittavat muutokset.</p> <p>Projektin lopputuloksena saatiin toimiva koestusohje. Ohjelmointi GRAPHilla saatiin tehtyä, testaamalla simuloimalla ohjelmointiympäristössä, koska sopivaa kaapelipuolainta ei ollut käytettävissä testiin.</p>	
Avainsanat	AVR, TUT, GRAPH ja automaattinen kelankäsittely

Author(s) Title Number of Pages Date	Pekka Autio AVR/TUT -cable Spool Test Instruction and Automatic Coil Handling Programming with GRAPH 31 pages + 4 appendices 14 <sup>th</sup> of May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Jukka Vaari Engineering Manager Kai Virta Senior Lecturer
<p>The purpose of this study was to make a new test instruction for the heavy cable spool (AVR-TUT). In addition to this, it was aimed to program automatic coil handling with Siemens GRAPH, to replace the former FUB programming.</p> <p>Programming was made by finding out the automatic coil handling programming and needed IO's. When programming, the Siemens S7-GRAPH V5.3 for S7-300/400 Programming Sequential Control Systems manual was used.</p> <p>To get the right test order, the programming manual was made at the same time while testing the machine. In this engineering work SFS-EN 60204-1 (machine security and machine electrical equipment) was familiarized with, as to have the obligatory measurements and checks to be done according to standards. The functionality of this test instruction was tested in five machine testing and the needed changes were made in the test manual.</p> <p>The result of this project is a functional test instruction. Programming with GRAPH was made by testing simulation in testing environment because we didn't have the suitable cable spool available.</p>	
Keywords	AVR,TUT,GRAPH and automatic reelhandling

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn taustat ja tavoitteet	1
1.2	Työn rajaukset	1
2	Maillefer Extrusion Oy	1
2.1	Yritys ja toimiala	1
2.2	Kaapelilinjat	3
2.3	Raskaat puolaajat	4
2.3.1	Raskaat puolaajat kaapelinvalmistuslinjassa	5
2.3.2	AVR/TUT-puolaajan rakenne	6
2.4	Puolaajan toimintakuvaus	7
2.5	Säätövaraaja (dancer)	9
3	Insinööriyössä käytettävä ohjelmointiympäristö: SIEMENS TIA-portal	10
3.1	S7 classic/TIA-portaalissa käytettävät ohjelmointikielet	11
3.1.1	STL	11
3.1.2	LAD	12
3.1.3	FBD	13
3.1.4	SCL	13
3.1.5	GRAPH	14
4	Automaattisen kelankäsittelyn ohjelmointi GRAPHilla	15
4.1	Tavoite	15
4.2	Suunnittelu	15
4.2.1	Kelankäsittely ja toiminta	16
4.2.2	Load-toiminto	17
4.2.3	Wait-toiminto	18
4.2.4	Unload-toiminto	18
4.3	Toteutus	18
5	Koestus	22

5.1	Koestuksen tarkoitus	22
5.2	Koestusohjeen tärkeimmät kohdat	22
5.3	Koestusohjeen laatiminen käytön kannalta	23
5.3.1	Ylinopeusvahti	25
5.3.2	Koneen konfigurointi	26
5.3.3	Sivuliike	27
5.3.4	Pinolien liikkeiden tarkastus	28
5.3.5	Jako	29
5.3.6	Viimeistely	29
5.4	Koestusohjeen viimeistely	29
6	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. GRAPH-ohjelmalistaus	
	Liite 2. Koestusohje	
	Liite 3. Pilz PNOZ s30 tekniset tiedot	
	Liite 4. PSR-SPP- 24DC/MSTO/D/4X1	

## Lyhenteet

ARH	Automaattinen kelankäsittely
AVR	Portaalityyppinen lähtöpuolaaja, joka purkaa kaapelia kelalta.
DS	Drive Side eli päämoottorin puoleinen puoli puolaajassa.
IO	Input/Output. Ohjauksessa käytettävät tulo- ja lähtöliitännät
NDS	Non Drive Side eli päämoottorin vastakkainen puoli puolaajassa.
TUT	Portaali tyyppinen vastaanotto puolaaja, joka puolaa kaapelia kelalle.
WO	Work order eli työohje

## **1 Johdanto**

### 1.1 Työn taustat ja tavoitteet

Tämä insinööriyö on tehty Maillefer Extrusion Oy:lle (myöhemmin Maillefer) Vantaalla sijaitsevalle yritykselle heinäkuun 2014 ja toukokuun 2017 välisenä aikana. Työn tarkoituksena oli saada aikaan uusi koestusohje raskaalle puolaajalle (ARV/TUT). Maillefer on päivittänyt AVR/TUT-kaapelipuolainten sähköt ja sen vuoksi sähkökaappi tulee uusia ja komponentit vaihtaa. Ohjelmointiympäristö vaihtuu Siemens S7:stä Siemens TIA Portaliin.

### 1.2 Työn rajaukset

Insinööriyön tarkoituksena oli tehdä uusi koestusohje ja lisäksi ohjelmoida automaattiset kelankäsittelyt GRAPHilla TIA Portal -ympäristöön. Työ sisälsi myös laitteen koestuksen sekä ensimmäisen ohjeen valmistuttua viiden koneen koestuksen, jolla varmistuttiin koestusohjeen toimivuus, jotta uusi koestusohje saatiin tehtyä. Lisäksi koestuksen yhteydessä testattiin kahta erimerkkistä ylinopeusvahtia.

## **2 Maillefer Extrusion Oy**

### 2.1 Yritys ja toimiala

Maillefer Extrusion Oy ja Nextrom Oy jakoutuivat vuonna 2001. Maillefer Extrusion Oy:n (myöhemmin Maillefer) toimialue käsittää energiakaapeli-, telekaapeli-, optisen kuitu- ja muoviputkitekniikan valmistustekniikan ja palveluiden toimituksen.

Kaapelikoneiden valmistus aloitettiin Suomessa 1960-luvulla, jolloin toiminnasta vastasi vuonna 1967 perustettu Nokia-yhtymän Kaapelitehdas Oy:n koneosasto. Mailleferin historia ulottuu kuitenkin jo 1900-luvun alkuun.

Vuonna 1987 Nokia-konserniin kuulunut kaapelikoneosasto osti sveitsiläisen Mallefer S.A:n osake-enemmistön, jonka seurauksena syntyi Nokia-Mallefer yhtiö, ja sen pääkonttori oli Sveitsin Lausannessa. Vuonna 1989 kaikista kaapelikoneosaston tuotteista ja palveluista alettiin käyttää yhtenäistä Nokia-Mallefer-tuotenimeä. Vuonna 1998 Nokia luopui osake-enemmistöstään yhtiössä ja Nokia-Malleferista tuli Nextrom Oy.

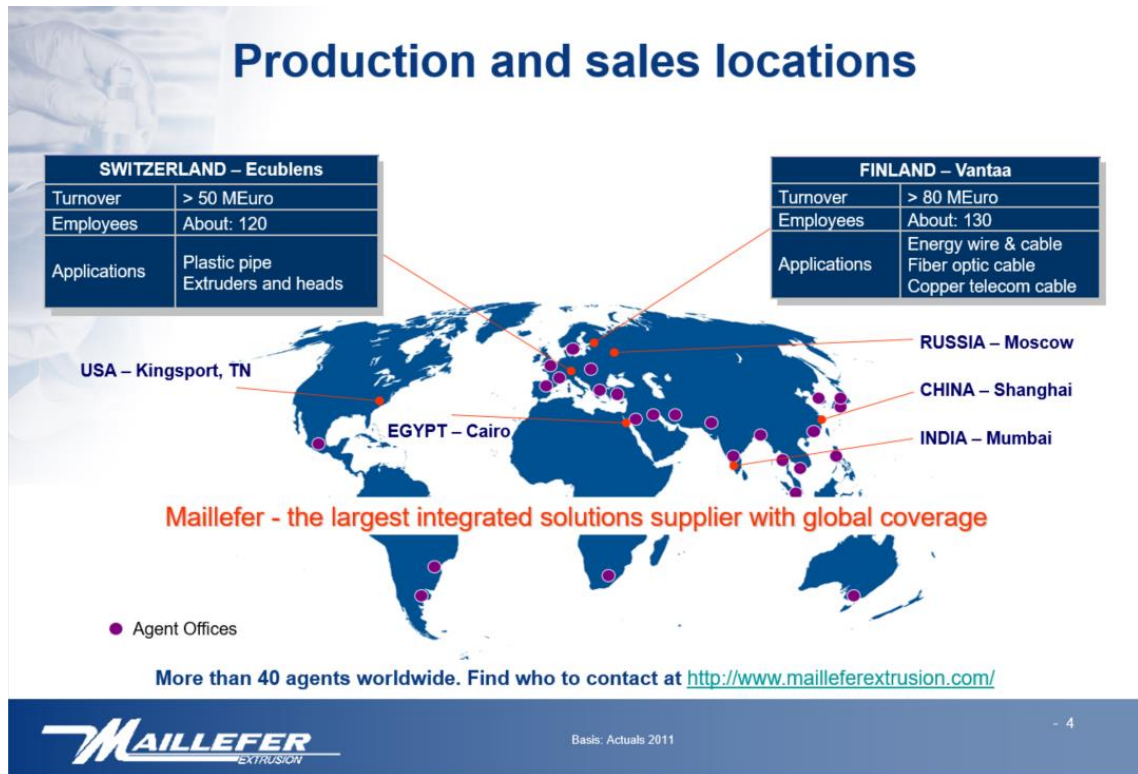
Vuonna 2001 Nextrom yhtiö jaettiin kahteen eri linjaan kupari- ja alumiinikaapelikoneisiin, koska Nextrom päätti keskittyä valokuitukaapeliosaan erityisellä panostuksella. Tästä syntyi Mallefer Extrusion Oy (kuva 1).



Kuva 1. Malleferin historia [1]

Malleferin pääkonttori ja tehdas sijaitsevat Suomessa Vantaalla ja sivukonttori Sveitsin Ecublensissa. Lisäksi Malleferilla on myynti- ja huolto-organisaatioita Kiinan Shanghaissa, Egyptin Kairossa, Intian Mumbaissa, Venäjän Moskovassa ja USA:n Kingsportissa (kuva 2).





Kuva 2. Mailleferin tuotanto- ja myyntipisteet [1]

Vuonna 2013 Mailleferin liikevaihto oli 67 302 (1000EUR) ja henkilöstömäärä 125. Organisaatio on jaettu osiin, ja tämä insinöörityö on tehty Reel Handling Engineeringille ja käsittelee AVR/TUT-puolaajaperheen komponentteja. [1.]

## 2.2 Kaapelilinjat

Tuotantolinjaa, jossa valmistetaan valokuitua, kuparijohtinta, yksijohtimista kuitu- tai metallikaapelia sekä kerrattua tai vaipattua kaapelia, kutsutaan yleisnimitykseltä kaapelin valmistuslinjaksi. Kerrattu kaapeli sisältää useita johtimia. Erilaisia valmistuslinjoja ovat mm. valmistus-, eristys-, kertaus- ja vaippauslinjat. Valokuitua valmistetaan kuidunvalmistuslinjassa ja valmis valokuitu testataan, värjätään ja toisiopäällystetään, jonka jälkeen se on valmiina kerrattavaksi kuitukaapeliksi. Toisiopäällystetyt kuidut kerrataan kertauslinjassa, jossa monta toisiopäällystettyä kuitua muodostaa kerrattun kuitukaapelin (kuva 3).

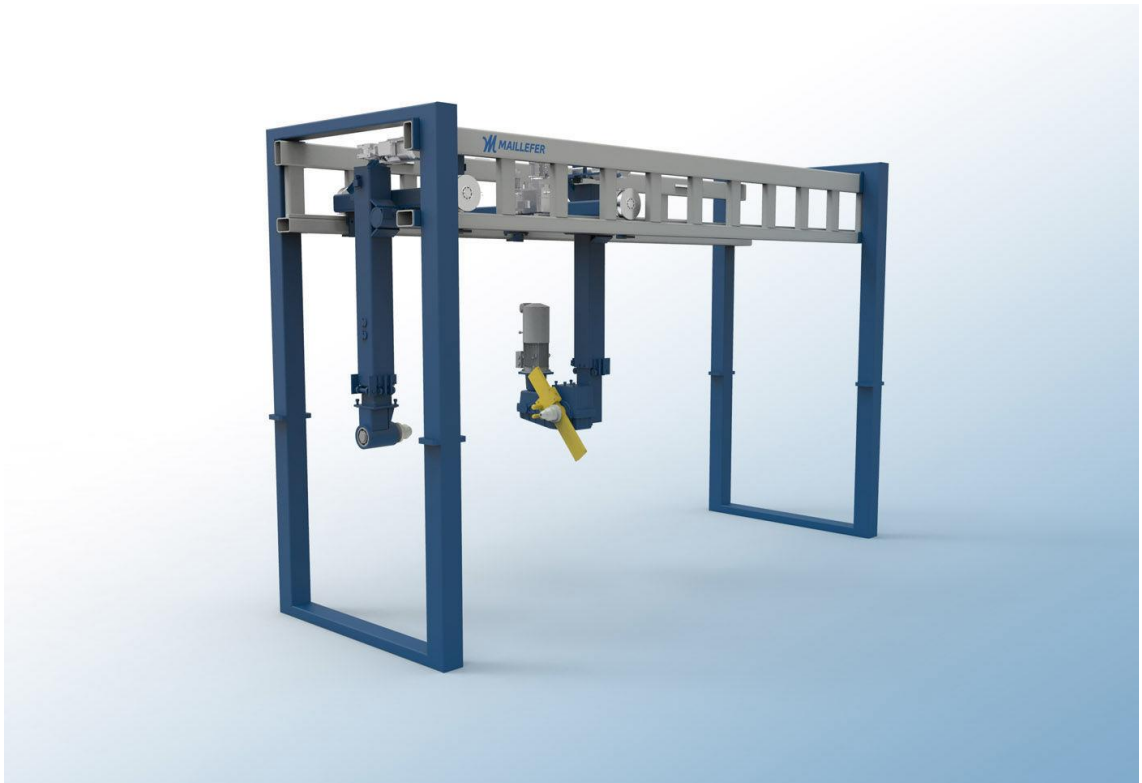


**Kuva 3. Tuotantolinja**

Metallijohtimesta valmistetaan kaapelia viemällä johdin puristinpäähän, jossa johtimen ympärille puristetaan eristekerros. Kuuma eristetty kaapeli viedään jäähdytysränniin, jonka jälkeen se mitataan ja tarkistetaan, ennen kuin se puolataan kelalle.

### 2.3 Raskaat puolaajat

Raskaita puolaajia valmistetaan kahta eri tyyppiä AVR-TUT- ja FBT-tyyppisiä. Näiden kahden suurimmat erot ovat pyöritystavassa sekä kelan sivuttaisliikkeen toteuttamisessa. Kelan sivuliikkeessä koko puolaaja liikkuu, kun taas AVR-TUT-tyyppisissä pelkkä kelavaunu liikkuu. AVR-TUT-puolaajat ovat rakenteeltaan portaali-tyyppisiä (kuva 4).



Kuva 4. AVR 15 -kaapelipuolaaja

### 2.3.1 Raskaat puolaajat kaapelinvalmistuslinjassa

Tyypillisesti lähtöpuolaajia on kaapelinvalmistuslinjan alussa yksi tai useampia, joiden kelalta johdinta puretaan säätövaraajan ohjaamana. Johdin tai useamman lähtöpuolaajan tapauksessa johtimet eristetään puristinpäässä muovilla. Tämän jälkeen valmis kaapeli jäähdytetään jäähdytyrännissä ja mitataan pituusmittalaitteella. Kaapelia vedetään jäähdytyrännissä hihnavetolaitteella, jolta kaapeli puolataan kelalle vastaanottopuolaajalla.

Kaapelinvalmistuslinjat saattavat olla sijoitettuna kaapelinvalmistustehtaaseen niin, että eri valmistusprosessit ovat peräkkäin. Näin ensimmäisen linjan vastaanottopuolaaja saattaa toimia toisen linjan lähtöpuolaajana ja kaapelinvalmistusprosessista saadaan mahdollisimman automatisoitu.

Puolaajat ovat joko lähtöpuolaajia (pay-off) tai vastaanottopuolaajia (take-up). Lähtöpuolaajalta puretaan johdinta kaapelinvalmistuslinjaan ja vastaanottopuolaajalla puolataan valmis kaapeli kelalle.

Kun käytetään kelan sivuttais- eli jakoliikettä, jakaa vastaanottopuolaaja kaapelin kelalle niin, että johdinkierrokset ovat kiinni toisissaan. On mahdollista käyttää myös vaihtoehtoisesti erillistä jakajaa vastaanottopuolaajan edessä, joka liikkuessaan jakaa kaapelin kelalle samalla kun kela ja puolaaja pysyvät paikallaan. Puolaajan ei välttämättä tarvitse jakoliikettä johtimen purkautuessa lähtöpuolaajalta ja sitä on mahdollisuus ohjata erillisellä ohjauslaitteella.

Mekaaninen rakenne on lähtökohtaisesti samanlainen sekä lähtö- että vastaanottopuolaajissa. Sähkökomponenttien puolesta lähtöpuolaajat ovat yksinkertaisempia kuin vastaanottopuolaajat. Esimerkiksi lähtöpuolaajan ohjelmoitava logiikan kokoonpano on yksinkertaisempi kuin vastaanottopuolaajan. Lähtöpuolaajissa kelan pyöritystä voidaan kustannussyistä hallita jarrulla, jolloin puolaajassa ei ole kelan pyöritysmoottoria.

### 2.3.2 AVR/TUT-puolaajan rakenne

AVR/TUT-puolaajissa kelan pyöritys tapahtuu kelan laipan ulkopinnassa olevasta reiästä, johon vetotappi (dog pin) asettuu.

AVR/TUT-puolaajat asennetaan kiinteästi tuotantotilan lattiaan. Jos puolaajassa on optiona saatava y-liike, puolaaja asennetaan kiskoille ja tällöin y-liike tapahtuu puolaajaan asennettavien pyörien varassa. Puolaajan x- ja y-liike selvitetään tarkemmin puolaajan toimintakuvauksen yhteydessä. Asiakkaan tarpeiden mukaan myös kiskopituudet on mahdollista räätälöidä sopiviksi.

AVR/TUT-puolaajia valmistetaan 3-40 tonnin kokoluokissa ja käytettävän kelan halkaisija taas vaihtelee halkaisijaltaan painoluokasta riippuen 600 mm:stä 4500 mm:iin.

## 2.4 Puolaajan toimintakuvaus

Kun vaihdetaan keloja tai puolataan kaapelia jakoliikkeenä, käytetään puolaajissa kelan sivuttaissiirtoa eli x-liikettä. Puolaajan rungon pysyessä paikallaan tapahtuu puolaajassa olevan kelavaunun avulla kelan sivuttaissiirto. AVR/TUT-puolaajissa optiona saatavaa y-liikettä käytetään keloja vaihdettaessa, jolloin puolaaja liikkuu kiskoja pitkin pitkittäis-suunnassa. Y-liike on kehitetty parantamaan tuotantolinjan automatisointia ja helpottamaan erittäin raskaiden kelojen käsittelyä ja yleensä se on osa automaattista kelanvaihtosekvenssiä.

Kuvan 5 puolaaja kulkee Y-suuntaan kiskojen päällä eikä ole kiinteästi lattiassa kiinni. Puolaaja voi käydä vaihtamassa kelan eri Y-positiossa ja jatkaa puolaamista toisella kelalla, kun kelan vaihto on ajankohtainen. Täyden kelan voi nostaa joko trukilla tai mahdollisella siltanosturilla. Kun kaapelia puolataan, jakaa puolaaja kaapelin kelalle liikuttaen kela sivuttaissuunnassa kaapelin halkaisijaa vastaavan matkan ja samalla kela pyörähtää täyden kierroksen. Ohjelmoitava logiikka ohjaa taajuusmuuttajalla ja jakomootorilla jakoliikettä ja operointipaneelilta saatavan kaapelin halkaisijatiedon ja pyöritysmootorilta takaisinkytkennästä saatavan tiedon mukaisesti. Puolaajan ohjaus saa myös nollaposition tiedon takaisinkytkentätiedon lisäksi. Nollaposition tieto saadaan kelavaunussa sijaitsevalta induktiiviselta anturilta, kun kelavaunu liikkuu rungoissa sijaitsevan metallisen vasteen ohi.



Kuva 5. Lattialiikkekone

Kelaa kyytiin otettaessa pinolit, joiden varaan kela nostetaan, ajetaan kelan keskireikien kohdalle. Tämän jälkeen pinolit ajetaan kelan reikiin ja näin ne puristuvat kelaa vasten. Kuularuuvien avulla voidaan pinoleita liikuttaa pystysuunnassa ja nostomoottoreita pystytään ohjaamaan suoraan kontaktoreilla.

Kelanvaihto voidaan suorittaa myös optiona saatavan automaattisen kelanvaihtosekvenssin avulla. Tällöin puolaaja hakee kelan lastausasemasta ja avaa sivuttaisliikkeellä ja nostoliikkeellä kelan puolausasemaan. Puolauksen jälkeen, kun kela on täysi, ajetaan se automaattiliikkeellä purkuasemaan. Asemat määritellään operointipaneelilla parametreihin millimetreinä nollassuoraan nähden. Siirtyminen asemasta toiseen tapahtuu operaattorin ohjauksesta painonapeilla.

Puolaajaa voidaan ajaa manuaali-, momentti-, varaaja- tai säätövaraajaohjauksella. Manuaalimoodissa pyöritysnopeutta sekä momenttia ohjataan ohjainpaneelin nopeus- ja momenttipotentiometreillä ja näin ollen momenttiin ja pyörimisnopeuteen vaikuttavat vain arvot, jotka on asetettu potentiometreillä. Käsiohjauksella puolaaminen voidaan mahdollistaa manuaalimoodilla, joka on tietyissä tuotannon vaiheissa hyvä olla.

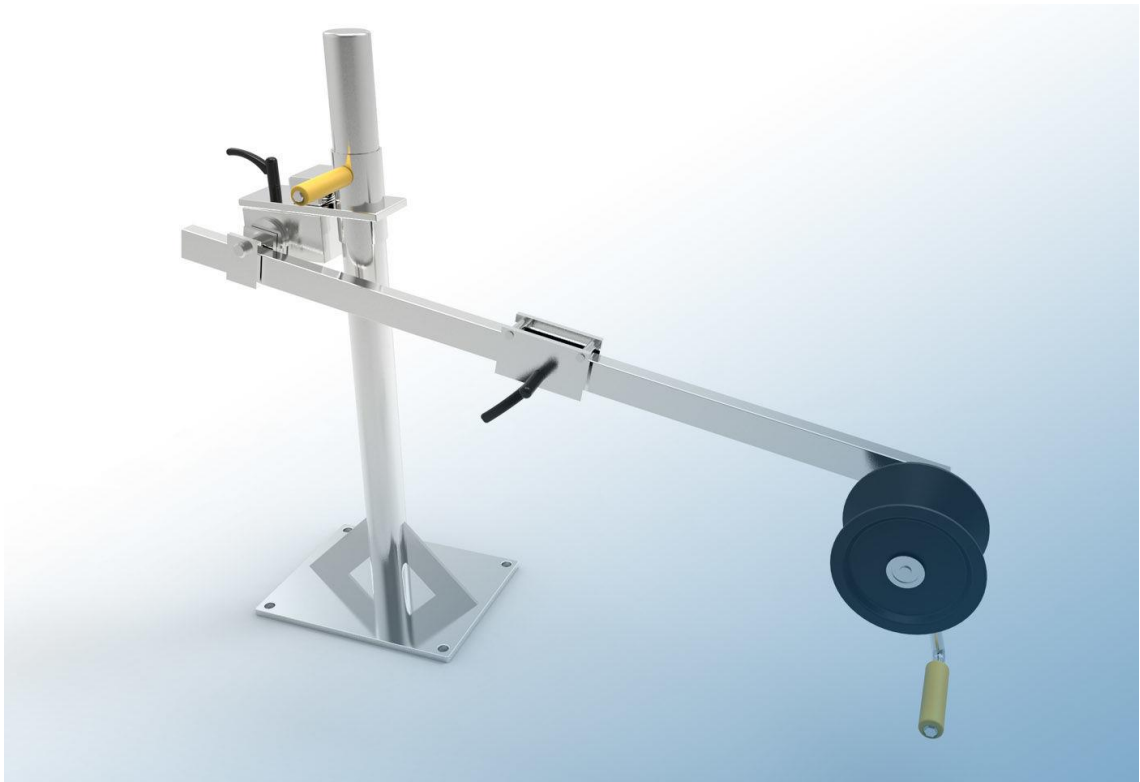
Momenttimoodissa pääkäyttö muodostaa potentiometrillä asetetun momenttiarvion perusteella virtarajan, jota verrataan kuormituksesta riippuvaan päämoottorin käyttämään virtaan. Vetovoiman kasvaessa liian suureksi kasvaa myös moottorin pyörykseen tarvittava virta. Virtarajan ylittyessä käyttö vähentää moottorille menevää virtaa ja kaapelin vetovoima pienenee. Käytännössä momenttiarvo menee logiikalle ja käytölle menevä ohjearvo tulee logiikalta, jossa ensin lasketaan kelan täyttöasteen mukainen muutos vetovoimaan.

Kun tuotantolinjassa halutaan keskeytymätön tuotanto, linjassa käytetään varaajaa, joka mahdollistaa kelanvaihdon ilman tuotannon pysäyttämistä. Kelan vaihtoa tehtäessä kaapeli ajetaan varaajaan, jolloin varaaja täyttyy. Kun kela on vaihdettu, varaaja tyhjentyy puolaamalla nopeammin kuin linjanopeus. Pyörästöt ovat lähellä toisiaan, kun varaaja on tyhjä, jolloin varaajassa on varautuneena minimimäärä kaapelia. Kun vastaanotto-puolaajan kela täyttyy, varaaja ajaa toista pyörästöä etäämmälle kiinteään pyörästöön nähden. Tällöin kaapelia varautuu varaajaan ja tällä välillä kela voidaan vaihtaa. Kun kela on vaihdettu, alkaa varaaja purkaa kaapelia kelalle. Varaaja antaa nopeusohjeen puolaajalle alueella 0-100 % linjaohjeen ja varaajan täyttöasteen mukaan. [2.]

## 2.5 Säätovaraaja (dancer)

Säätovaraaja eli dancer antaa asentoonsa verrannollisen analogisen ohjeen (0-10 V) puolaajan ohjelmoitavalle logiikalle. Dancerin muodostama vastavoima ja sekä kaapelin jännitys vaikuttavat sen asentoon. Vastavoiman suuruutta voidaan säätää dancerin varressa olevan liikuteltavan painon avulla.

Dancerilla on minimi- ja maksimipaikat sekä ns. kotipiste. Operointipaneelista on määriteltävissä nämä minimi- ja maksimipaikat. Puolaaja pystyy säätämään sen pyörimisnopeutta niin, että se saavuttaa kotipisteen oletusarvon. Kun asentotieto muuttuu, säädetään pyörimisnopeutta PID-säätönä ja tällöin säätovaraaja toimii toissijaisena säätäjänä. Puolaaja saa nopeuden asetusarvon valmistuslinjalta ja se määrää noin 70 % puolaajan pyörimisnopeussäädöstä ja säätovaraajan osuus on noin 30 %.



Kuva 6. Dancer SL/VT 1

VT-säätövaraajaa käytetään lähtöpuolaajissa nopeus- sekä vertikaalisen liikkeen säätäjänä. Kuvassa 6 oleva säätövaraaja on rakenteeltaan samanlainen kuin VT-säätövaraaja ja ainoana erona on sen vertikaalinen liike. Akseli kiertyy sekä horisontaalisesti että vertikaalisesti. Analoginen asentotieto alueella 0-10 voltia saadaan vertikaalisesta liikkeestä ja tätä signaalia käytetään asetusarvona puolaajan sivuttaisliikkeelle. [2.]

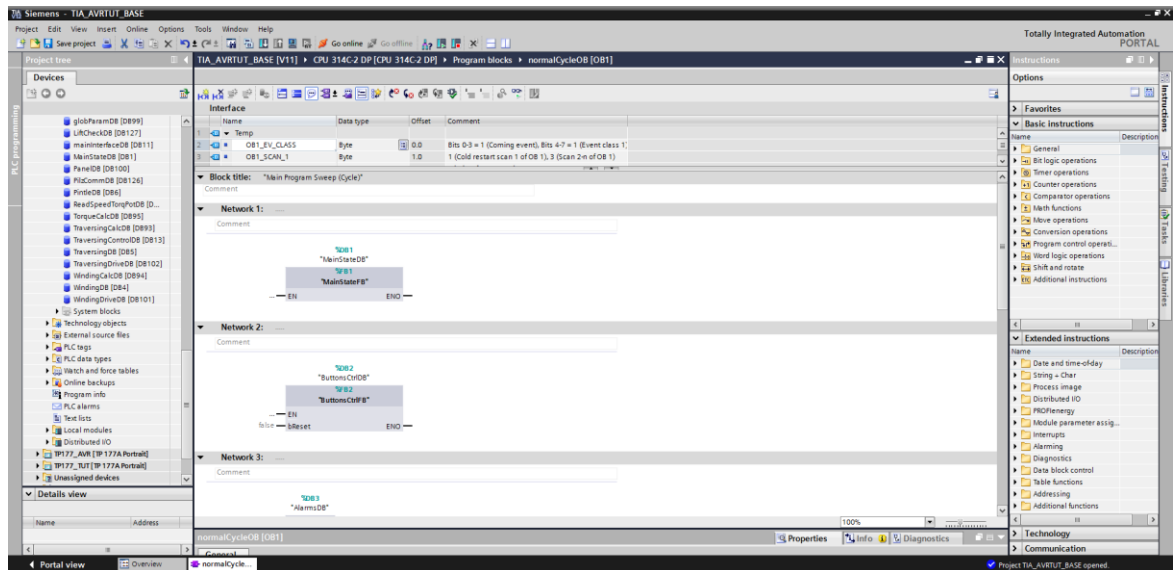
### 3 Insinööriyössä käytettävä ohjelmointiympäristö: SIEMENS TIA-portal

TIA-portal V12 (kuvat 7 ja 8) on Siemensin uusin ohjelmointityökalu, joka ilmestyi vuonna 2013. Ohjelmistossa yhdistyy käyttöliittymäsuunnittelu, erilaiset turvaratkaisut sekä logiikka-ohjelmointi. STEP-7 V12-ohjelmalla voidaan ohjelmoida vanhoja S7-sarjan, uusia S7-1200- ja 1500-sarjan logiikoita. TIA-portal yhdistää logiikkaohjelmoinnin (SIMATIC STEP 7) ja käyttöliittymäsuunnittelun (SIMATIC WinnCC) sekä uusimpana myös taa-juusmuuttajat (SINAMICS StartDrive). Yhdistämällä nämä ominaisuudet yhteen ohjelmaan on saatu käyttäjäystävällisempi kokonaisuus. Inhimillisten virheiden, kuten määrittelyiden päällekkäisyyksien ja virheellisten syöttöjen syntyminen on tällä tavalla helpompi havaita. [3.]



Kuva 7. TIA-portal V12 pikakuvake





Kuva 8. TIA-portal V12 näkymä

Koska kyseessä on saman ohjelman uudempi versio, eroavat TIA-portalin ja STEP-7:n muutokset lähinnä ulkoasullisesti.

### 3.1 S7 classic/TIA-portaalissa käytettävät ohjelmointikiel

Ohjelmointikieliä ovat STL, LAD, FBD, SCL ja GRAPH.

#### 3.1.1 STL

STL, eli Statement List, on käskylistamainen ohjelmointityyli, ja ohjelmakoodin suoritus alkaa ylhäältä alaspäin (Kuva 9) [3, s. 23]

```

Network 1: Control drain valve
A(
O
O #Coil
)
AN #Close
= #Coil

Network 2: Display "Valve open"
A #Coil
= #Disp_open

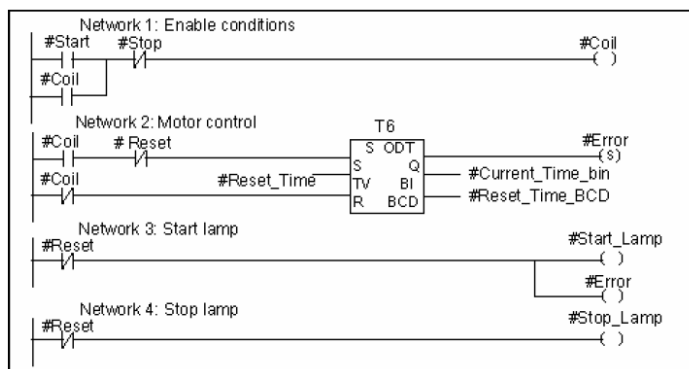
Network 3: Display "Valve closed"
AN #Coil
= #Disp_closed

```

Kuva 9. STL-esimerkki.

### 3.1.2 LAD

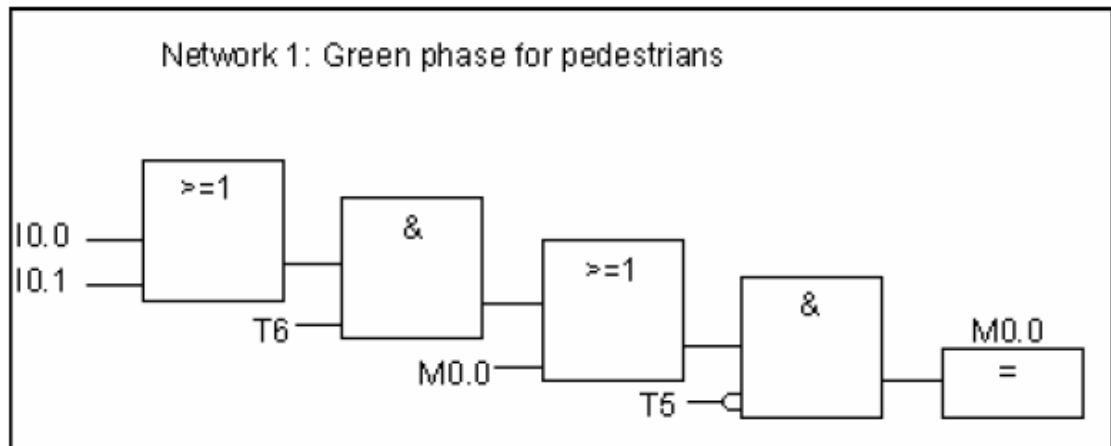
LAD, eli Ladder-ohjelmointitapa tehdään tikapuukaaviolla. Siinä jokainen verkko alkaa vasemmasta laidasta ja etenee loogisesti oikealle päin (Kuva10) [3, s. 23].



Kuva 10. LADDER-esimerkki.

### 3.1.3 FBD

FBD, eli Function Block Diagram, on toimintalohkokaaviomainen ohjelmointityyli, ja siinä edetään vasemmalta oikealle ja näin lohkokaaavioehdot täyttyvät (Kuva 11) [3, s. 23].



Kuva 11. FBD-esimerkki.

### 3.1.4 SCL

SCL (Structured Control Language) koodia on kaikkein monimutkaisin ymmärtää, mutta se tarjoaa eniten mahdollisuuksia, kun suoritetaan muunto- ja laskutoimituksia. SCL-koodilla luotu ohjelmakoodi on aina SCL-muodossa. Sitä ei voi muokata, eikä käsitellä erikseen toimintalohkona tai lähdekoodina. SCL-koodia käytetään yleisimmin numeeristen tapahtumien käsittelyssä ja laskutoimituksissa sillä ohjelmakoodin pituus on yksinkertaisempi ja lyhyempi. Laskutoimitukset ja vertailut esimerkkinä voidaan kirjoittaa muutamalla ohjelmarivillä. Muissa ohjelmointikielen esitystavoissa laskutoimintojen esitystavasta muodostuu pitkiä ohjelmalistauksia (kuva 12).

**Example:**

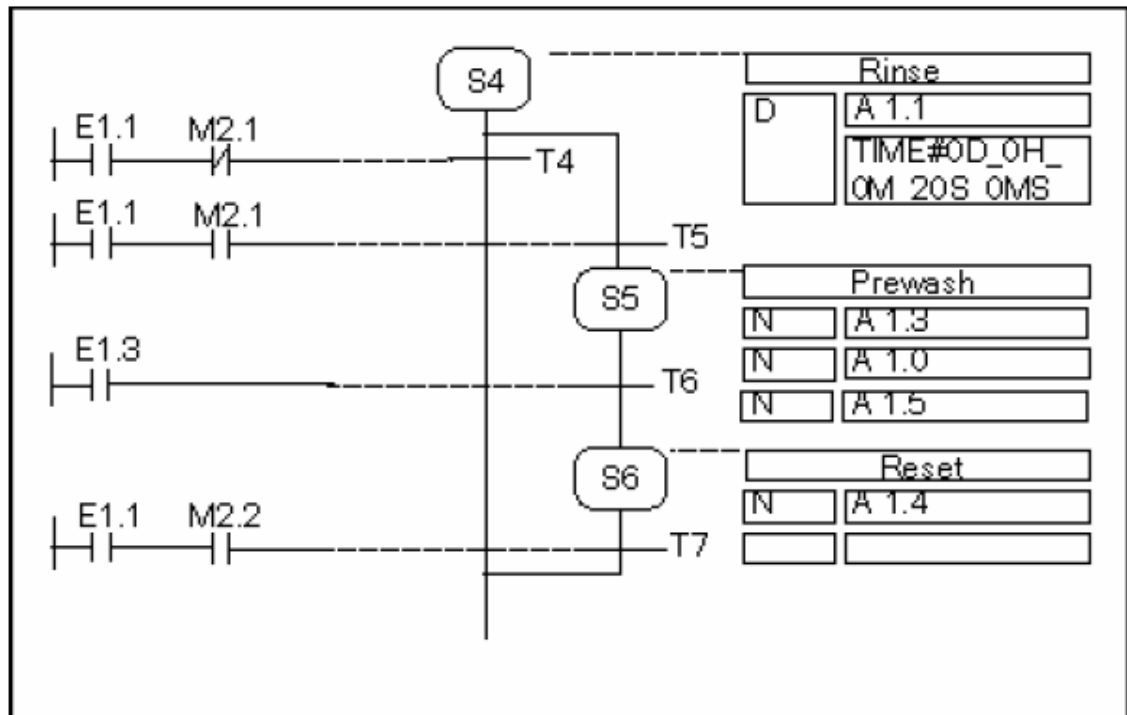
```
FUNCTION_BLOCK FB20
VAR_INPUT
END_VAL:      INT;
END_VAR
VAR_IN_OUT
IQ1 :      REAL;
END_VAR
VAR
INDEX:      INT;
END_VAR

BEGIN
CONTROL:=FALSE;
FOR INDEX:= 1 TO END_VAL DO
    IQ1:= IQ1 * 2;
    IF IQ1 >10000 THEN
        CONTROL = TRUE
    END_IF
END_FOR;
END_FUNCTION_BLOCK
```

**Kuva 12. SCL-esimerkki.**

### 3.1.5 GRAPH

Sekvenssiohjelmointia varten kehitetty S7-GRAPH helpottaa sellaisten ohjausprosessien ohjelmointia, joissa on joko peräkkäisiä tai rinnakkaisia ohjelmapolkuja. Ohjelmointitapa on selkeä, graafinen ja standardin IEC 61131-3 mukainen. S7-GRAPH helpottaa myös prosessiohjausten diagnostiikan rakentamista (kuva 13).



Kuva 13. GRAPH-esimerkki.

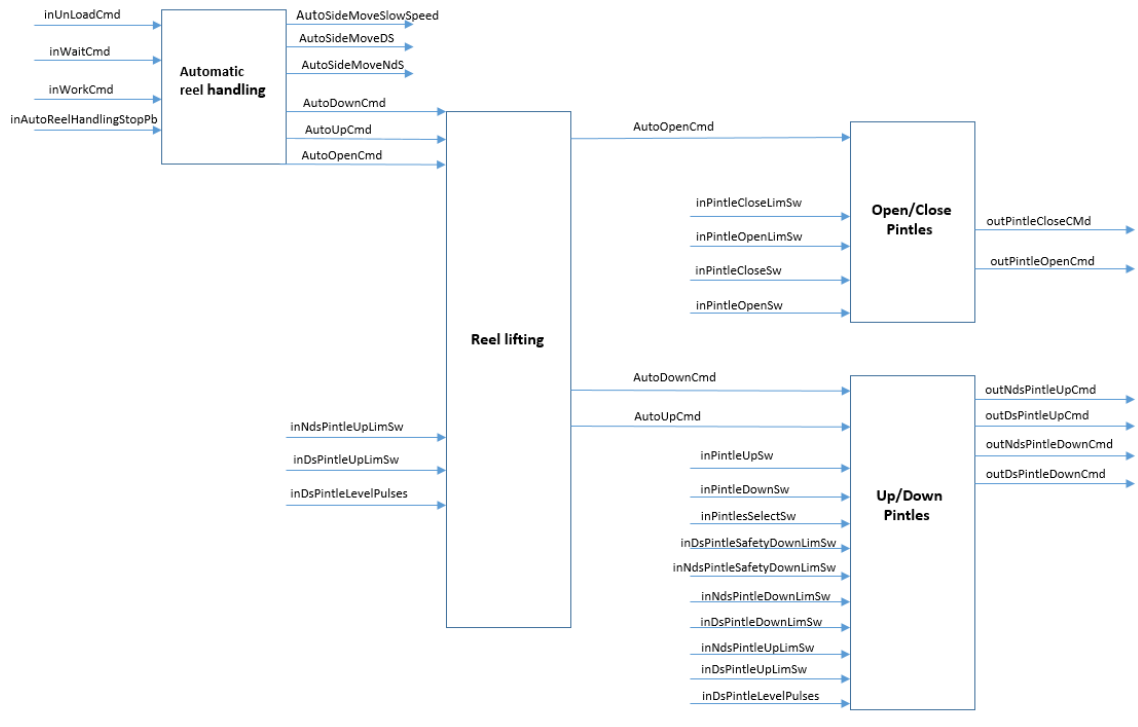
## 4 Automaattisen kelankäsittelyn ohjelmointi GRAPHilla

### 4.1 Tavoite

Työn yhtenä tavoitteena oli tarkoitus tehdä GRAPHilla ohjelmoitu automaattinen kelankäsittely aikaisemmin FBD:llä ohjelmoidun ohjelman tilalle. FBD:llä tehdyssä versiossa vikojen ja ongelmien seuraaminen on hankalaa. Tästä syystä päädyttiin käyttämään GRAPHia, jotta asiakasmuutokset olisivat helpompia tehdä ja vikojen seuranta olisi yksinkertaisempaa, koska ohjelma etenee askel kerrallaan.

### 4.2 Suunnittelu

Aluksi selvitettiin tarvittavat IO:t ja tilatiedot (kuva 14). [4.]



Kuva 14. I/O:t ja tilatiedot

#### 4.2.1 Kelankäsittely ja toiminta

Kaapelipuolaajan ohjauspaneelissa on kolme painonappia load, unload ja wait, joilla valitaan haluttu kelankäsittelyasema (kuva 15).



Kuva 15. Kaapelipuolaimen ohjain

#### 4.2.2 Load-toiminto

1. Pinolit ajetaan asetettuun korkeuteen (reel receipt)
2. Pinolit ajetaan manuaalisesti kiinni kelan napoihin ja painetaan load painiketta.
3. Auto-up ajaa pinolit ylärajalle. Kun kela on noussut >100 mm lattiasta, on koneella lupa ajaa vaunun sivuliikettä NDS- tai DS-suuntaan work-asemaan. Lisäksi, jos kyseessä on lattialiikemachine, ajetaan myös koko konetta joko DS- tai NDS-suuntaan work-asemaan.

#### 4.2.3 Wait-toiminto

Wait-toiminto on sama kuin load-toiminto, mutta kun kela on noussut >100 mm lattiasta ja koneella on lupa ajaa sivuliikettä NDS- tai DS-suuntaan, ajetaan sitä niin kauan, kunnes kela on asetetussa wait-asemassa.

#### 4.2.4 Unload-toiminto

Kun painetaan unload-painiketta, pinolit ajaa alas ja samanaikaisesti vaunu ajaa sivuliikettä joko DS- tai NDS-suuntaan, kunnes määritelty paikka on saavutettu. Jos pinolit tulevat <100 mm lattiasta, ennen kuin sivuliike valmis, pinolit pysähtyvät ja jatkavat liikkeen loppuun unload-asemaan vasta, kun sivuliike on valmis. Pinoleita ajetaan auki paineisiin asetetun ajan verran.

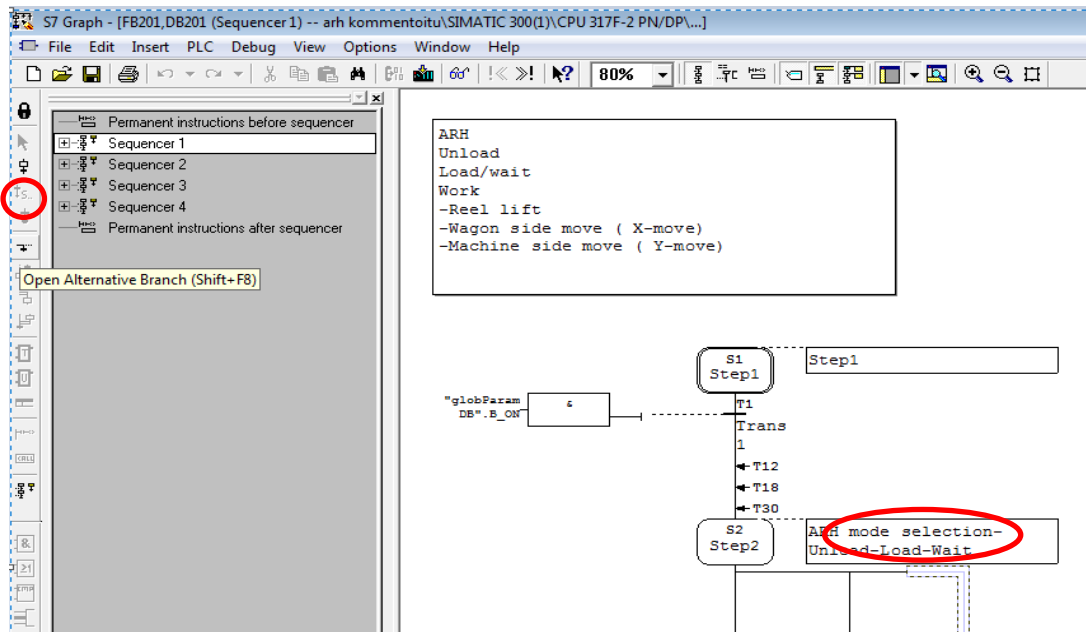
### 4.3 Toteutus

Ohjelmointi aloitettiin SIEMENES S7-GRAPH V5.3 for S7-300/400 Programming Sequential Control Systems manuaalin ja esitietojen perusteella. [5; 6]. Ohjelman runkona käytettiin (kuvan 14) kaaviota. Ohjelmoinnin edetessä todettiin kokonaisuudesta tulevan liian suuri ja sekava, joten päädyttiin ohjelma jakamaan useisiin eri sekvensseihin. Lopulliseen ohjelmaan tehtiin neljä eri sekvenssiä (liite 1).

1. ARH-aseman valinta
2. Unload (Purkuasema)
3. Load/Wait (Odotusasema)
4. Work (Työasema).

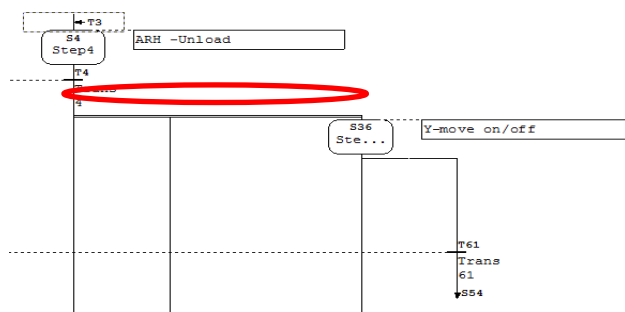


Kelankäsittelyaseman valinnan ohjelmointi (Liite 1). Ohjelmointi aloitettiin aloitus askeleella (Step, kuvassa step1). Seuraava askel on Step2, ARH mode selection, jonka jälkeen ohjelmaan tehtiin kaksi lisähaaraa työkalulla (open alternative branch (kuva 16). Tällä valinnalla riittää, että yksi haaroista toteutuu.

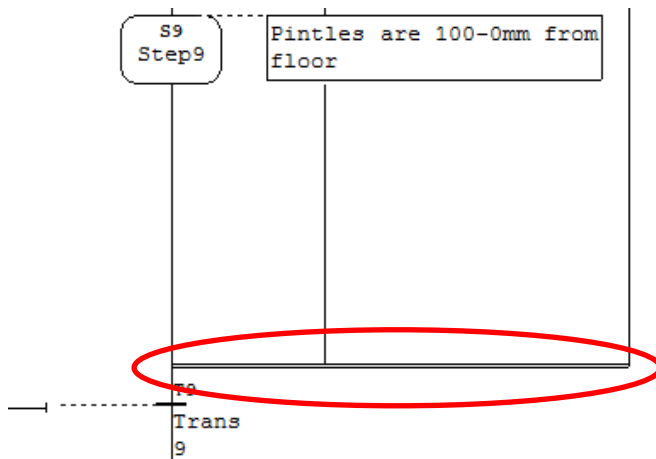


Kuva 16. Open alternative branch -työkalu.

Ohjelmoinnissa tarvittiin myös toisenlaisia haaroja (sekvenssi 2, 3 ja 4), joissa useampien haarojen on toteuduttava. Tätä varten käytettiin työkaluja Open Simultaneous Branch (kuva 17) ja Simultaneous Branch Close (kuva 18).

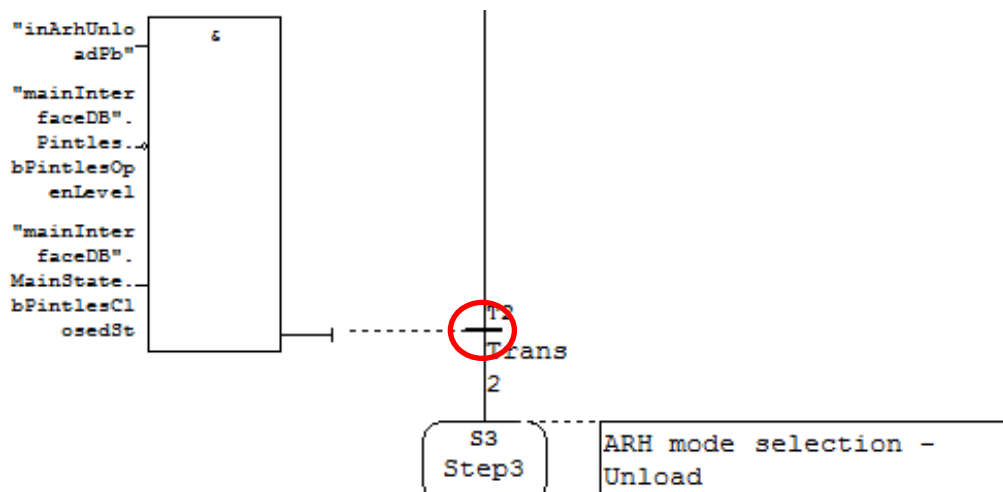


Kuva 17. Open Simultaneous Branch.



Kuva 18. Simultaneous Branch Close -työkalu.

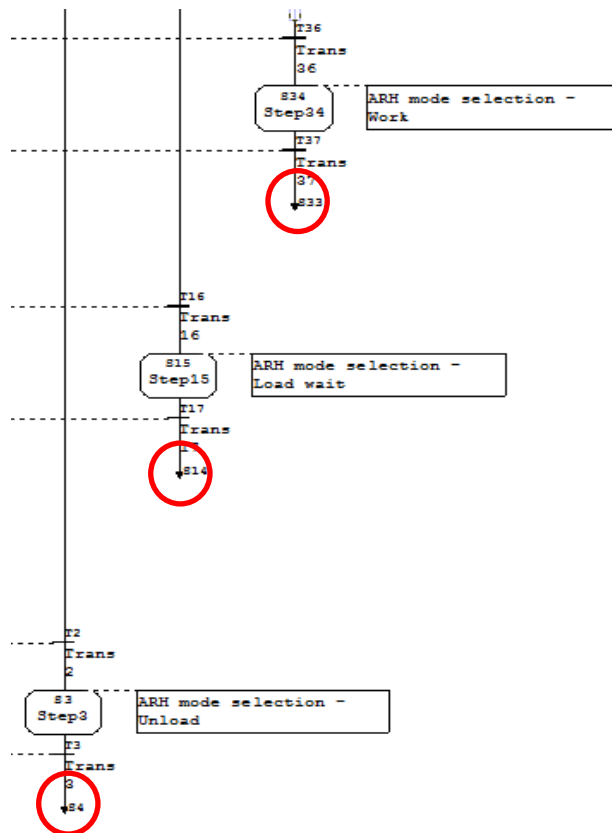
Näin jokaiselle kelankäsittelyasemalle saadaan oma haara. Seuraavaksi lisättiin ensimmäiseen haraan askel (step3), jonka eteen muodostuu T2 (Trans 2), johon lisätään tarvittavat ehdot. Ehtojen täytyttyä on ohjelmalla lupa edetä seuraavaan askeleeseen. Ehtojen täytyvyys on toteutettu FBD-kielellä.



Kuva 19. Esimerkki Ja-piirin käytöstä.

Kuvassa 19 näkyvässä function block diagrammissa on käytetty JA-piiriä, jossa on kolme eri ehtoa. Ylimmäisenä ehtona inArhUnloadPb ("unload-painoppi"). Toisena ehtona on invertoituna "mainInterfaceDB"Pintless.bPintleOpenLevel" ehtona "mainInterfaceDB". MainState.bPintlesClosedSt ("pinolit suljettuna") ja viimeisenä ehtoa "mainInterfaceDB". MainStatebPintlesClosedSt ("pinolit suljettuna")

Halutun kelankäsittelyaseman valittua siirrytään ohjelmassa kyseiseen sekvenssiin työkaluriviltä löytyvän "Jump-komennon" avulla (kuva 20).



Kuva 20. Esimerkki jump-työkalun käytöstä

## 5 Koestus

### 5.1 Koestuksen tarkoitus

Mailleferilla kaikki laitteet koestetaan yksittäin tehtaalla ennen asiakkaalle lähettämistä. Varsinainen linjan testaus suoritetaan käyttöönoton yhteydessä. Yksittäisen laitteen koestus tehtaalla auttaa mahdollisten vikojen ja puutteiden korjaamisen ennen laitteen toimitusta asiakkaalle. Näin voidaan olla varmoja, että toimitukset vastaavat asiakkaan tilausta.

### 5.2 Koestusohjeen tärkeimmät kohdat

Koestusohjetta (liite 2) tehtäessä oli aluksi otettava huomioon pakolliset standardit ja oikea järjestys, jotta koestus voidaan suorittaa ohjeen mukaisesti. Ohjetta laadittiin samanaikaisesti konetta koestaessa. Lähiaikoina toimitukseen ei ollut menossa yhtäkään samankaltaista konetta, joten tilattiin työtä varten uusi sähkökaappi (kuva 21), joka vaihdettiin testilinjassa olevaan kaapelipuolaajaan.



Kuva 21. Uusi kaappi kytkettynä

## Standardit

Ohjetta laadittaessa tutustuttiin standardiin SFS-EN 60204-1 (koneturvallisuus ja koneiden sähkölaitteisto). Standardeihin tutustuttiin, jotta koestusohjeen kohdat 0.4-0.8 pystyttiin määrittelemään standardien mukaisiksi. Kohteet on lueteltu seuraavassa: [2.]

0.4 suojajohtimien jatkuvuuden tarkastaminen

0.5 eristysvastusmittaukset 1

0.6 jännitekestoisuuden mittaaminen

0.7 eristysvastusmittaus 2

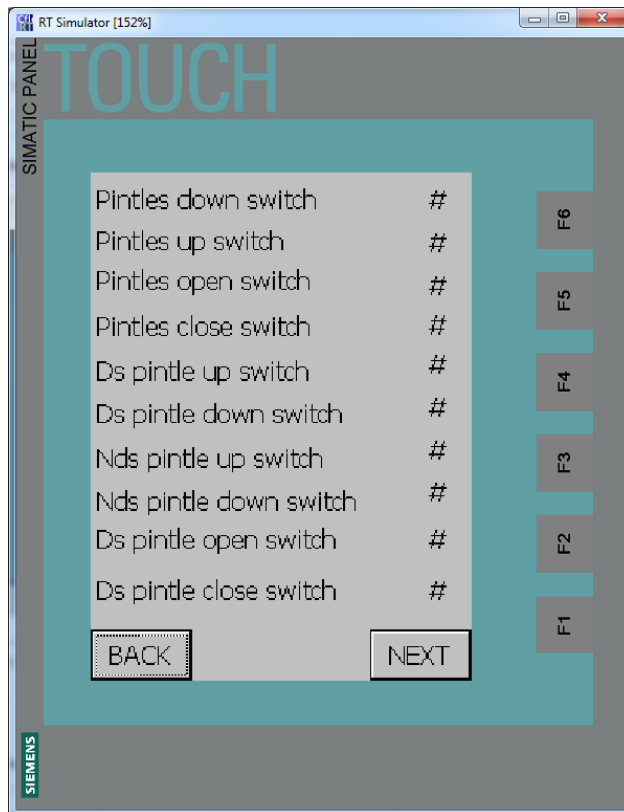
0.8 käyttömaadoitusten tarkistaminen

### 5.3 Koestusohjeen laatiminen käytön kannalta

Tässä osiossa käydään läpi koestusohjeen pääseikat. Koko ohje löytyy liitteenä (liite 2). Käytön kannalta aluksi oli otettava huomioon tarkistettavat asiat loogisessa järjestyksessä. Kohdaksi yksi valittiin yleiset tarkistukset, jossa tarkistetaan tilaustiedot (WO) layout, asennuksien oikeellisuus silmämääräisesti ja kohtien 1.1 - 1.11 tarkistukset. Testattavan laitteen on vastattava näitä, jotta koestusta on syytä jatkaa. Mikäli näin ei ole, on vielä mahdollista tehdä tarvittavat korjaukset.

Seuraavaksi kohdaksi valittiin ohjelmien lataus CPU:lle ET200S/F-CPU ja kosketusnäyttöpaneelille KTP600PN (Koestusohjeen kohta 2.1). Ohjelma on ladattava CPU:lle tässä vaiheessa, jotta koestusta voidaan jatkaa.

Sen jälkeen oli luontevaa tarkistaa mekaaniset rajakytkimet (pinolien ylä- ja alarajat), sekä levitysmoottorien rajakytkimien toiminta. Tällä varmistutaan, ettei nostonkuularuuveja tai levityksen trapetsikierreruuveja ajeta ulos muttereista. Samanaikaisesti on myös tarkistettava muiden raja- ja painekeytkimien signaalit (kohdat 3.1 ja 3.2 tehdään osittain samanaikaisesti). I/O:t näkyvät kosketuspaneelin huoltovalikon näytöillä. Näitä sivuja on yhteensä 7 kappaletta. NEXT-> SERVICE->MASTER/9999->IO Display (kuva 22).



Kuva 22. Näkymä I/O- näyttö

Tämä vaihe on turvallista suorittaa tässä välissä, koska hätäseispiiri ei ole vielä toimintakunnossa. Koneella ei vielä ole mahdollista ajaa mitään liikkeitä. Tämän jälkeen oli tarpeellista saada hätäseispiiri, ylinopeusvahti ja pääkontaktori toimintakuntoon (Koestusohjeen kohdat 4.1 - 4.3).

### 5.3.1 Ylinopeusvahti

Koestuksen aikana testattiin kahta ylinopeusvahtia Pilz PNOZ s30:tä (kuva 24) (liite 3) ja Phoenix Contact PSR-SPP- 24DC/MSTO/4x1:tä (kuva 23) (liite 4). Testauksen tarkoituksen oli valita parempi vaihtoehto kyseiselle kaapelipuolaajalle. Ensiksi testattiin Phoenix Contactin ylinopeusvahtia. Jo alkumetreillä todettiin, että maksimissaan säädettävä käynnistysviive on 30 sekuntia ja laitteen logiikan käynnistysaika on myös 30 sekuntia. Tästä johtuen laite menee vikatilaan satunnaisesti ja oli jo nähtävissä, että Phoenix Contactin tuotteen testausta oli turha jatkaa. Sillä logiikalle ladattavan ohjelman kasvaessa menee nopeusvahti vikatilaan useammin. Tämän jälkeen testattiin Pilzin tuotetta PNOZ s30:tä Pilzin edustajan Tuomas Mannisen avustuksella. Pilzin tuotteella käynnistysviive oli säädettävissä 0-600 sekunnin välillä. Pilzin tuotteessa ei havaittu samoja ongelmia, joten testaus voitiin suorittaa loppuun. Pilzin ylinopeusvahti toimi moitteettomasti ja sitä päädyttiin käyttämään jatkossa. [6; 7.]



Kuva 23. Phoenix Contact PSR-SPP- 24DC/MSTO/4x1



Kuva 24. Pilz PNOZ s30

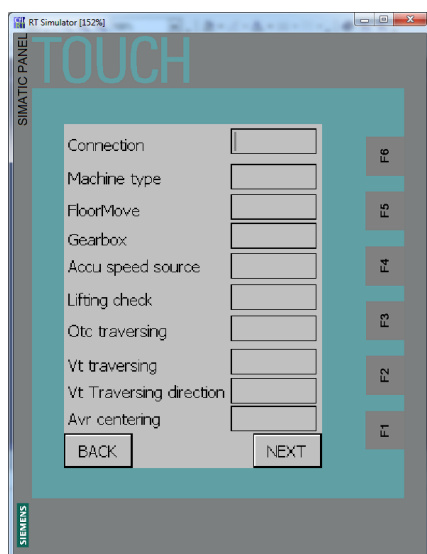
Jos kyseessä on CE-kone, täytyy tässä vaiheessa parametroida ylinopeusvahti Pilz PNOZ s30. Tämä onnistuu käyttämällä Excel-tiedostoa PNOZ s30 Config Overview 1001757-EN-04 (kuva 25). Tämän jälkeen täytyi tarkistaa pääkontaktorin +A2-K1 ja K2 toiminta.

language	English	input device								HTL differentiel	global standstill (10 mHz - 1MHz)	15	
delay time start-up (0-600)	35	Hysteresis (0-50%)									input device settings (10 mHz-1MHz)	f max (A/B)	300kHz
units		P0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	f max (Z)	
conversion		P1	5.4kHz									ratio (0.0001-400.000:1)	(A/B):(Z)
mode select input	1 of 4	P2	10.8kHz									position window width (1-24.900.000 l)	Pos. 1
Sel1 (Y10)		P3										Pos. 2	
Sel2 (Y11)		P4										Pos. 3	
Sel3 (Y12)		P5										Pos. 4	
Sel4 (Y13)		P6										incorrect direction (max. wrong) direction (1-24.900.000 lmp)	direction left
lay time select input (0-3)	150ms	P7										max. right	
		P8										direction right	
		P9										max. left	
		P10											name of configuration
		P11											Maillefer
		P12											ERC of configuration
		P13											
		P14											
		P15											
assign outputs (functions)		Rel. 1 (13/14)	F1	F1								Out 1 (Y32)	Out 2 (Y33)
delay time effect (outputs)		Rel. 2 (23/24)										Out 3 (Y34)	Out 4 (Y35)
delay time 0 - 30s (outputs)		Ext. 1											
reset mode		Ext. 2											
output out logic													

Kuva 25. Näkymä Excel taulukosta PNOZ s30 Config Overview 1001757-EN-04.

### 5.3.2 Koneen konfigurointi

Tässä vaiheessa oli järkevää konfiguroida laite WO:n mukaiseksi (koestusohjeen kohta 5). Tämä tapahtuu kosketusnäyttöpaneelin huoltovalikosta. NEXT->SERVICE->MASTER/9999->Machine config (kuva 26). Täältä valitaan esimerkiksi koneen tyyppi AVR/TUT ja onko se laitteella esimerkiksi VT-jako. Tämän jälkeen tulee ajaa koneen liikkeet läpi ainakin kertaalleen, jotta laskennat menevät kohdalleen.



Kuva 26. Näkymä Machine config-näytöstä.

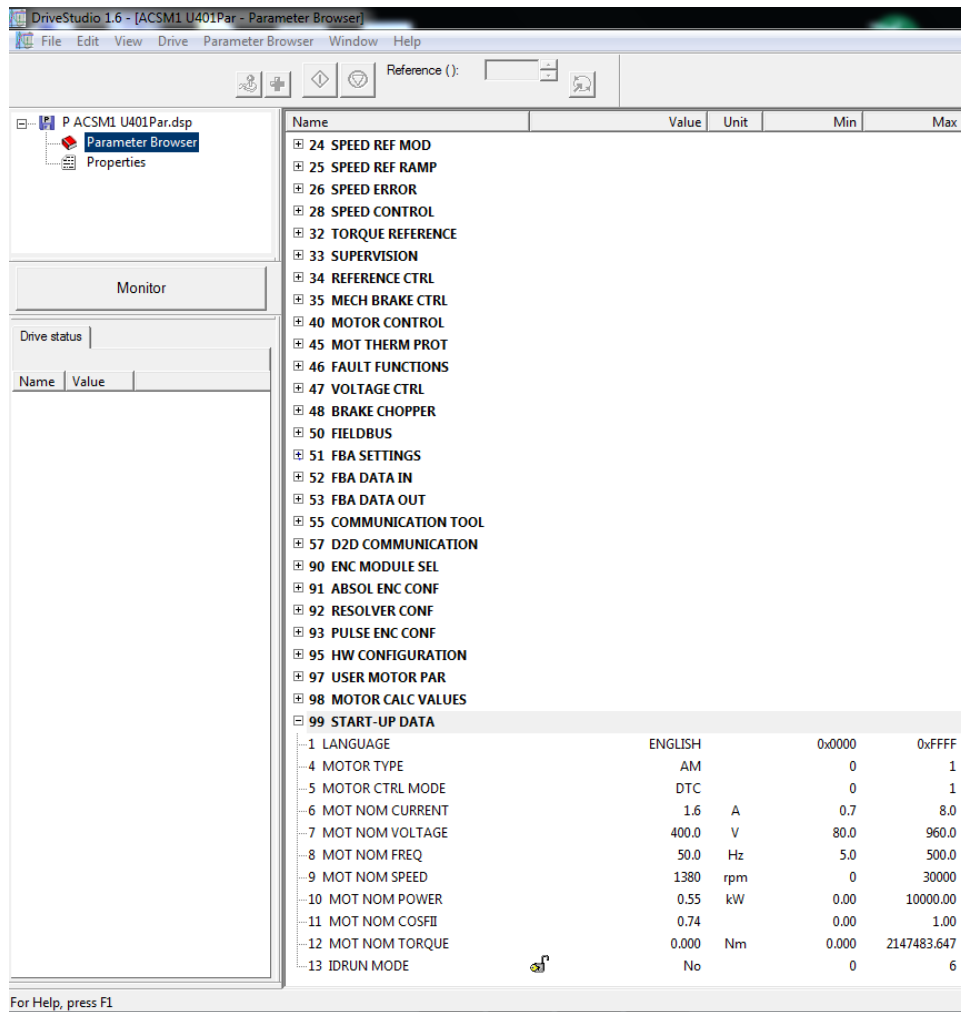


### 5.3.3 Sivuliike

Seuraavaksi tuli saada koneen x-liike toimintakuntoon (koestusohjeen kohta 6). Eli koestusohjeeseen tehtiin ohje x-liikkeen taajuusmuuttajan ABB ACS:n parametrien lataamisesta. Parametrit ladattiin ABB Drivestudio 1.6:lla (kuva 27). Tarkemmat latausohjeet löytyvät liitteenä olevasta koestusohjeesta.

Tämän jälkeen asetettiin moottorin kilpiarvot seuraaviin parametreihin 99.6—99.9. Seuravaksi suoritettiin taajuusmuuttajan identifiointi IDRUNMODE 99.13 standstill ja sitten asetettiin ip-osoitteet (node) kohtiin 51.5—51.8. Tämän jälkeen oli valittava parametri 51.27 (refresh) ja lopuksi vielä parametri 16.7 (save). Samaan tapaan tehtiin koestusohjeen kohta 9. pyöritys, koska taajuusmuuttajat ovat samalaisia.

Nyt oli mahdollistaa ajaa sivuliikettä ja tarkistaa niiden päätyrajojen toiminta. Tämän jälkeen oli syytä varmistaa nollausanturin paikka. Anturin sijainnilla ei ole niin tarkkaa väliä, sillä sen tarkka paikka määritellään kosketusnäyttöpaneelin huoltovalikosta Winding and traversing test. Ohjeet ovat paneelin näytöllä.



Kuva 27. ABB Drivestudio 1.6

#### 5.3.4 Pinoliien liikkeiden tarkastus

Pinoliien liikkeet koko alueella on syytä tarkistaa tässä välissä (koestusraportin kohta 7.). Varmistetaan, että pinolit liikkuvat sujuvasti ja mekaanisia esteitä ei ole. Samalla asetetaan pinoliien ylä- ja alarajat. Tämä tapahtuu huoltovalikon kautta. Arvon nollaus tapahtuu ylärajoilla, joten arvojen asettamisen jälkeen ajetaan pinolit yläasentoon. Tämän jälkeen tulee varmistaa S811- ja S821-turvarajojen toiminta. Samassa yhteydessä tarkistetaan pinoliien levitysliike ja sen rajat. Levitysliikkeestä tuli koestusohjeen kohta 8.

### 5.3.5 Jako

Viimeisimpänä tärkeänä toimintona on jakoliike (koestusohjeen kohta 10), jossa vaunua ajetaan sivusuunnassa suhteessa pyörimisnopeuteen. Puolatessa halutaan, että kaapeli asettuu tasaisesti vieriviereen asetetun kaapelihalkaisijan mukaan. Myös käännoispisteiden pitää asettua tarkasti, jotta kelattava kaapeli asettuu kelalle halutusti.

### 5.3.6 Viimeistely

Viimeisiksi kohdiksi jäi koneen viimeistely mm. kuvien päivitys, logojen liimaukset, varmuuskopiointi, raporttien täyttäminen ja palautus.

## 5.4 Koestusohjeen viimeistely

Koestusohjetta testattiin käytännössä testikoneen lisäksi viiden koneen sarjan testauksessa marraskuussa 2014 (kuva 28).



Kuva 28. Kuva viiden koneen testauksesta

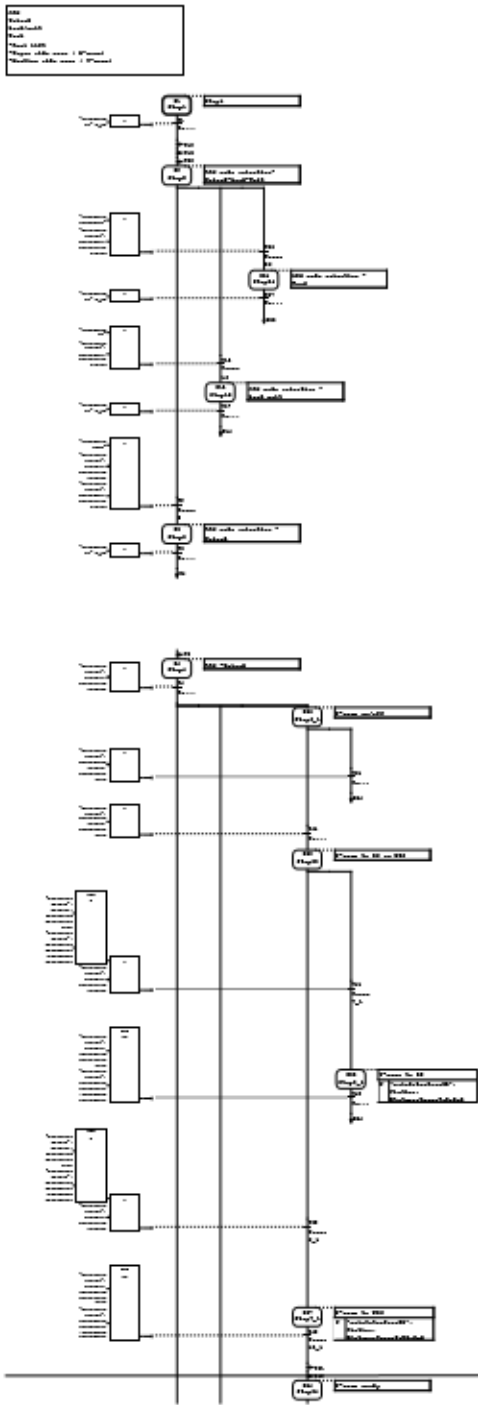
## 6 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli saada aikaan uusi koestusohje raskaalle puolaajalle (ARV/TUT). Koestusohje tehtiin samalla konetta koestaen, oikea-aikaisen koestusjärjestyksen saamiseksi. Koestusohjeen toimivuus testattiin 5 koneen koestuksella ja koestusohjeeseen tehtiin tarvittavat muutokset. Tämä tavoite saavutettiin. Toisena tavoitteena oli ohjelmoida automaattiset kelankäsittelyt Siemens GRAPHilla aikaisemman FUB-ohjelmointikielellä tehdyn ohjelman sijaan. Ohjelmointi aloitettiin selvittämällä automaattisenkelankäsittelyn toiminta ja tarvittavat IO:t. Ohjelmointi osuus tuli tehtyä, mutta sen testaaminen saatiin tehtyä ainoastaan ohjelmointiympäristössä simuloimalla. Varsinainen ohjelman testaus ja loppuun saattaminen jää myöhempään ajankohtaan ja Mailleferin tehtäväksi kaapelipuolaimessa.

Ongelmia työn etenemisen kannalta aiheutti se, että kävin koulun iltaopiskelijana ja lopputyön tein eri yritykselle, missä olin töissä. Lisäksi työn venyessä tuli myös muita hidasteita, jotka pidensivät insinööri työn valmistumisajan erittäin pitkäksi.

## Lähteet

1. Maillefer intro.pps 2012 Maillefer Extrusion Oy
2. Huotari, Matti. 2014. Automation Engineer. Maillefer Extrusion Oy. Keskustelu 14.05.2014
3. Verkkodokumentti. Siemens. [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/tia\\_portal.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/tia_portal.php) (Luettu 13.05.2014)
4. 6ES7810-4CA10-8BW0 SIMATIC- Working with STEP 7
5. Heinonen Mikko. 2016. Automation Engineer. Maillefer Extrusion Oy. Keskustelu 13.12.2016
6. Vaari, Jukka. 2016. Engineering Manager Maillefer Extrusion Oy. Keskustelu 12.12.2016
7. Manninen, Tuomas. 2014. Technical Support Engineer Pilz Suomi. Keskustelu 15.05.2014



Koestusohje

Salainen

Pilz PNOZ s30 tekniset tiedot:

## Speed Monitor



### Up to PL e of EN ISO 13849-1 PNOZ s30



Speed monitor for safe monitoring of standstill, speed, position, speed range and direction of rotation.

#### Approvals

	PNOZ s30
	Pending
	Pending

#### Unit features

- ▶ Measured value recorded by
  - Incremental encoder
  - Proximity switch
- ▶ Measured variables
  - Standstill
  - Rotational speed
  - Position
  - Speed range
  - Direction of rotation
- ▶ Positive-guided relay outputs
  - 2 safety contacts
  - 2 auxiliary contacts
- ▶ Semiconductor outputs
  - 4 auxiliary outputs
- ▶ Expansion interface for 2 more safe relay outputs
- ▶ Can be configured via the display on the speed monitor
- ▶ Configuration is stored on a chip card
- ▶ Display
  - Current frequency
  - Current position
  - Warning and error messages
- ▶ Status and fault LEDs

- ▶ Incremental encoder connection technology: RJ-45 female connector
- ▶ See order reference for unit types

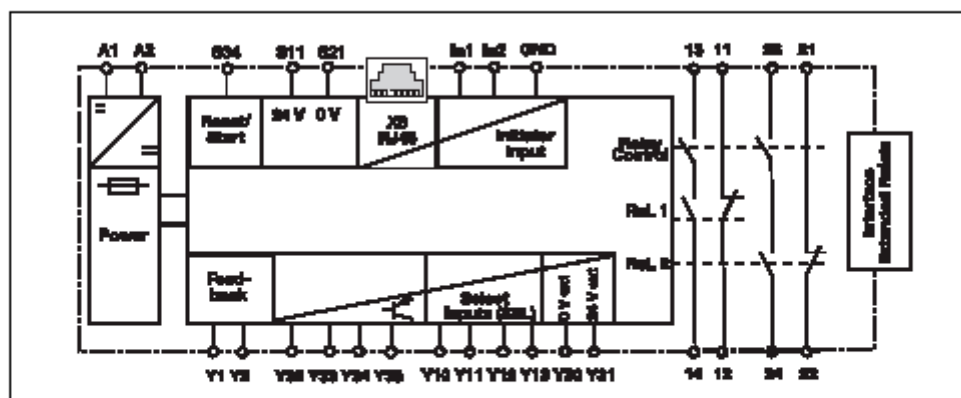
#### Unit description

The speed monitor monitors standstill, speed, speed range, position and direction of rotation in accordance with EN ISO 13849-1 up to PL e and EN IEC 62061 up to SIL CL 3.

#### Safety features

- The relay conforms to the following safety criteria:
- ▶ This circuit is redundant with built-in self-monitoring.
  - ▶ The safety function remains effective in the case of a component failure.

#### Block diagram







Extract from the online  
catalog

## PSR-SPP- 24DC/MSTO/D/4X1


Item cannot be ordered online at present.

Order No.: 2902364



Safe downtime and speed monitor PSR-MOTIONSTOP, basic device including operator interface and display unit PSR-OP-UNIT, 35 mm design width, for encoder or initiator connection, up to SIL 3 or Cat. 4, PL e according to EN ISO 13849, plug-in spring-cage connection terminal blocks

### Commercial data

EAN	 4 046356 658447
Note	Made-to-order
sales group	G551
Pack	1 Pcs.

### Product notes

WEEE/RoHS-compliant since:  
12/16/2011



<http://www.download.phoenixcontact.com>  
Please note that the data given here has been taken from the online catalog. For comprehensive information and data, please refer to the user documentation. The General Terms and Conditions of Use apply to Internet downloads.

### Technical data

#### Input data

Nominal input voltage $U_N$	24 V DC
Input voltage range in reference to $U_N$	0.85 ... 1.1