



Kiilaurakoneen sähköisen ohjauksen modernisointi

Pasi Valjakka

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2021

Sähkö- ja automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka

VALJAKKA, PASI:

Kiilaurakoneen sähköisen ohjauksen modernisointi

Opinnäytetyö 74 sivua, joista liitteitä 33 sivua
Toukokuu 2021

Opinnäytetyössä toteutettiin kiilauranvetokoneeseen sähköisen ohjauksen modernisointi. Modernisointi tehtiin Järvensivun konepajalle, jossa työstökone oli ollut pitkään käytössä. Tavoitteina modernisoinnissa oli työstökoneen käyttöiän jatkaminen, vianhaun helpottaminen sekä varaosien saatavuuden parantuminen. Koneen ohjaus oli alun perin tehty releohjauksella. Releohjauksessa toimintojen ohjaus kulkee kontaktorien avautuvien ja sulkeutuvien apukärkien kautta. Alkuperäisistä sähköistä ei ollut dokumentteja. Komponenttien merkinnät olivat puutteellisia. Näiden syiden vuoksi vikojen paikallistaminen teetti paljon työtä.

Työ aloitettiin purkamalla koneesta vanha releohjaus pois. Vanha releohjaus korvattiin ohjelmoitavalla logiikalla. Ohjelmoitavaan logiikkaan tehtiin PLC-ohjelma ohjaamaan koneen toimintoja.

Ennen sähkösuunnittelun aloittamista tutkittiin käyttöön jäävien komponenttien sähköiset ominaisuudet. Komponenteista tutkittiin niiden tarvitsema teho ja käyttöjännitteet. Komponenttien ominaisuuksien mukaan valittiin tarvittavat suojalaitteet. Piirikaaviot suunniteltiin valittujen ja laitteeseen jääneiden komponenttien mukaisesti. Koneessa olleeseen taustalevyyn asennettiin sähköisen ohjauksen komponentit. Kaapelointeja varten pohjalevyyn asennettiin johtokourut. Kytkenät tehtiin suunniteltujen piirikaavioiden mukaisesti.

Koneen ohjauksesta vastaa ohjelmoitava logiikka. Ohjelmoitavaan logiikkaan tehtiin PLC-ohjelma. Ohjelmoitava logiikka vastaanottaa käyttäjän käyttöpaneelistä valitsevat toiminnot ja suorittaa ne PLC-ohjelman mukaan. Kiilauran tekemistä varten ohjelmoitiin työkierto. Asetuksia varten ohjelmoitiin manuaalikäyttö. Manuaalikäytöllä koneen käyttäjä voi liikuttaa terää ohjauspaneelistä painikkeita painamalla.

Modernisointi ohjauksen osalta saatiin toiminnallisuudeltaan ja luotettavuudeltaan Järvensivun konepajan asettamien tavoitteiden mukaisiksi.

Asiasanat: sähkösuunnittelu, ohjelmoitava logiikka, plc-ohjelma, modernisointi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Automation Engineering

VALJAKKA, PASI:

Modernization of the Electronic Control System for a Keyhole Manufacturing Machine

Bachelor's thesis 74 pages, appendices 33 pages
May 2021

In the thesis, the modernization of the electronic control for the keyhole manufacturing machine was carried out. The modernization was carried out at the Järvensivun konepaja, where the machine tool had been in use for over 10 years. The goals of the modernization were to extend the service life of the machine tool, facilitate troubleshooting and improve the availability of spare parts. The control of the machine was originally performed by relay control. In relay control, the control of the functions passes through the opening and closing of auxiliary tips of the contactors. There were no documents on the original electronics. The labelling of the components was incomplete. For these reasons, finding faults required considerable work.

The work was started by dismantling the old relay control from the machine. The old relay control was replaced with programmable logic. A PLC program was developed for the programmable logic to control the functions of the machine.

Before starting the electrical design, the electrical properties of the remaining components were studied. The components were tested for the required power and operating voltages. The necessary protective devices were selected according to the characteristics of the components. The circuit diagrams were designed according to the components selected and left in the device. The electronic control components were installed on the back plate on the machine. For cabling, cable trays were installed on the base plate. The connections were made according to the designed circuit diagrams.

The machine is controlled by programmable logic. A PLC program was created for the programmable logic. The programmable logic receives the functions selected by the user from the control panel and executes them according to the PLC program. A cycle was programmed to make the keyway. Manual operation was programmed for settings. In the manual mode, the machine operator can move the blade from the control panel by pressing the buttons.

The modernization of the control was carried out in accordance with the goals set by the Järvensivun konepaja in terms of functionality and reliability.

Key words: electricity plan, programmable logic, PLC program, modernization

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	LÄHTÖTIEDOT	8
	2.1.1 Frömag kiilaurakoneen käyttäminen	9
	2.1.2 Käyttöön jäävät alkuperäiset sähkökomponentit	9
	2.2 Sähköinen mitoitus	10
	2.3 PLC-ohjaus	14
3	JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELEMINEN	16
	3.1 Sähkösuunnittelu	16
	3.2 PLC-ohjelmointi	19
	3.2.1 Ohjelman perusteita	19
	3.2.2 Ohjelman toiminta	24
4	JÄRJESTELMÄN RAKENTAMINEN	33
	4.1 Koneen käyttöpaneeli	33
	4.2 Sähkökeskuksen valmistus	34
5	POHDINTA	39
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	41
	Liite 1. Osaluettelo	41
	Liite 2. IO-lista	42
	Liite 3. Riviliittimen X1 kytkentä	43
	Liite 4. Liittimen X2 kytkentä	44
	Liite 5. Piirikaavio Syöttö 1	45
	Liite 6. Piirikaavio Syöttö 2	46
	Liite 7. Piirikaavio Ohjaus 1	47
	Liite 8. Piirikaavio Ohjaus 2	48
	Liite 9. Piirikaavio Ohjaus 3	49
	Liite 10. PLC-ohjelma 24 sivua	50

LYHENTEET JA TERMIT

CNC	Computer Numerical Control	Ohjelmoitava numeerinen ohjaus
IO	Input Output	Sisääntulo Ulostulo
PLC	Programmable Logic Controller	Ohjelmoita logiikka
USB	Universal Serial Bus	Universaali sarja väylä
VAC	Voltage Alternating Current	Jännite, vaihtovirta
VDC	Voltage Direct Current	Jännite, tasavirta

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tehtiin Järvensivun konepaja Oy:n kiilaurakoneen, joka on ollut tuotantokäytössä siellä useita vuosia, sähköisen ohjauksen modernisointi. Järvensivun konepaja on metallialan alihankintakonepaja, jossa valmistetaan mm. ketju- ja hammaspyöriä, joihin tehdään myös kiilauria tai booreja.

Opinnäytetyöntekijä on työskennellyt Järvensivun konepajalla vuodesta 2010 CNC-koneistajana ja aloittanut siellä työskennellessään sähkö- ja automaatiotekniikan opinnot Tampereen ammattikorkeakoulussa. CNC-koneistajan tehtävistä opintojen edetessä tehtävät ovat muuttuneet kunnossapidon tehtäviksi, joissa opinnäytetyön kohteena olevan kiilaurakoneen kunnostaminen tuli vastaan.

Opinnäytetyön ohjaajana toimi T:mi Kari Himanen, jolla on pitkä kokemus työstökoneiden kunnossapidosta sekä niiden modernisoinneista. Hän on myös toiminut monessa Järvensivun konepajan projektissa pääarkkitehtinä.

Järvensivun konepajalla päädyttiin modernisoimaan vanha kiilaurakone, jonka sähkömekaaniset komponentit olivat tulleet käyttöikänsä loppupuolelle. Modernisointiin päädyttiin seuraavanlaisista syistä. Alkuperäisiä komponentteja ei ollut saatavilla ja niiden korvaaminen nykyaikaisilla komponenteilla olisi ollut hankalaa tilan ahtauden vuoksi. Laitteesta ei ollut saatavilla sähkökuvia, joten laitteen tutkiminen ja vikojen paikallistaminen oli ollut hidasta ja hankalaa. Työstökone on valmistettu vuonna 1975 eikä laitteelle ollut enää mahdollista saada valmistajan tai maahantuojan tukea järkevillä kustannuksilla. Vaihtoehtoiksi jäi joko koneen romuttaminen tai modernisointi. Laitteeseen päädyttiin laittamaan Omron:in logiikka vanhan releohjauksen tilalle. Tällä ratkaisulla pystyttiin varmistamaan sähköisten komponenttien saatavuus myös tulevaisuudessa. Modernisoinnilla helpotettiin myös sähköisten vikojen paikantamista joka puolestaan nopeuttaa tulevien vikojen korjaamista.

Logiikkaohjaukseen tehtiin ladder-ohjelmointikielellä toivottu toiminnallisuus eikä kopioitu suoraan koneen alkuperäistä toiminnallisuutta. Alkuperäisen toiminnallisuuden selvittäminen olisi ollut melko työläs tehtävä, koska laite ei ollut enää toimintakuntoinen silloin kun modernisointi aloitettiin. Laitteessa käytettiin yleisesti saatavilla olevia komponentteja ja samalla uusittiin käyttöpaneeli, joten kytkimet ja merkkivalot ovat korvattavissa ilman adaptereita.

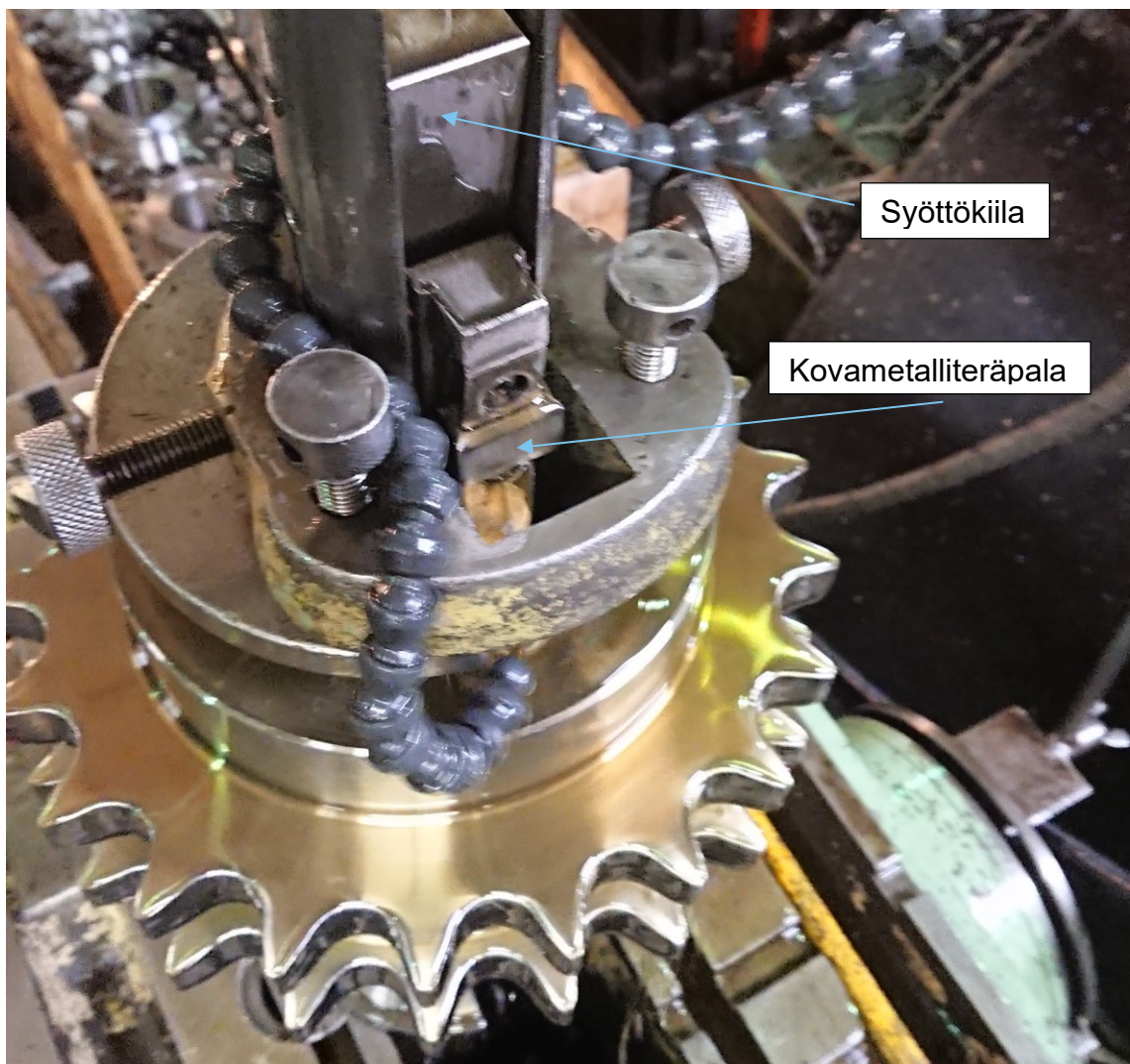
Opinnäytetyö on ensisijaisesti ollut käytännön sovellus, jonka tarkoituksena oli saada vanha työstökone takaisin tuotantokäyttöön. Opinnäytetyössä tehtiin 33 sivua dokumentteja. Laitteeseen jäi opinnäytetyön johdosta dokumentteina piirikaaviot, PLC-ohjelma, osaluettelo, IO-lista sekä riviliittimien kytkennät.

2 LÄHTÖTIEDOT

Aloitettaessa modernisointia tarvittiin lähtötietoina laitteen eri komponenttien tarkoitus sekä perustietous laitteen käyttämisestä ja kiilauran valmistusprosessista.

2.1 Kiilauran tekeminen Frömag kiilauranvetokoneella

Kiilaura tehdään vetämällä kovametalliteräpala ohjainuraa pitkin ylhäältä alaspäin. Ylösnoston aikana, kovametalliteräpala väistää syöttökiilan noustessa, 0,2 mm irti työstettävästä urasta (kuva 1). Uran vetonopeus riippuu työstettävästä materiaalista ja vedon lastunvahvuus uran leveydestä.



KUVA 1. Kiilauran tekeminen

2.1.1 Frömag kiilaurakoneen käyttäminen

Kiilaurakoneessa on käsiohjaus ja automaattiajo. Käsiohjauksen avulla tehdään asetuksia automaattiajoa varten. Käsiohjauksella asetetaan nostoliikkeen kääntökohta, ylärajaa säätämällä kappaleen asetuskorkeuden ja paksuuden mukaan. Vetoliikkeen tulee alkaa kappaleen yläpuolelta. Vetoliikkeen kääntökohta asetetaan alarajaa säätämällä, siten että terä on tullut kokonaan kappaleen alapuolelle. Uran aloitussyvyys asetetaan myös käsiohjauksen avulla. Automaattiajolla laite toimii ylä- ja alarajan ohjaamina, kunnes asetettu vetosyvyys on saavutettu.

2.1.2 Käyttöön jäävät alkuperäiset sähkökomponentit

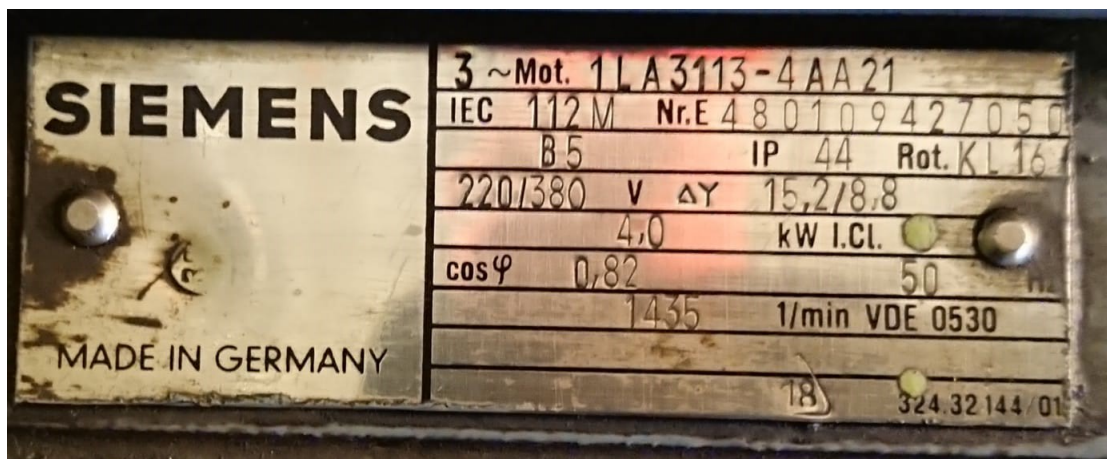
Sähkökomponenteista jätettiin käyttöön sähkömoottorit, rajakytkimet, sähköisesti ohjattu hydraulikkaventtiili, solenoidit ja anturit sekä laitteen syöttökaapeli. Sähkökaapin sisältö vaihdettiin kokonaisuudessaan uuteen, vain pohjalevy käytettiin uudelleen.

Sähköisten komponenttien ominaisuudet tutkittiin. Komponenttien tutkimiseen käytettiin yleismittaria, jolla mitattiin resistiivistä kuormaa. Resisttiivisestä kuormasta ja käyttöjännitteestä saatiin laskettua komponentille tarvittavan tehon suuruusluokka. Tutkimusten perusteella valittiin johdonsuojakytkimet, moottorinsuojakytkimet ja tehonlähteet, joissa on tarvittavat käyttöjännitteet sekä johtimet.

Kaikkien sähkökomponenttien uusiminen ei ollut tarpeellista koska ne toimivat ja niiden vaihtaminen on suhteellisen helppoa. Poikkeuksen tekee se, ettei kaikkia komponentteja ei ole enää saatavilla, joten niiden rikkoonnuttua joudutaan muuttamaan laitteen rakenteita jollei niitä voi korjata.

2.2 Sähköinen mitoitus

Sähköisessä mitoituksessa mitoitettiin laitteeseen tarvittavat suojalaitteet. Moottorin tyyppikilvestä (kuva 2) löytyvän tehon mukaan valittiin moottorinsuojakytkimet.



KUVA 2. Moottorin tyyppikilpi

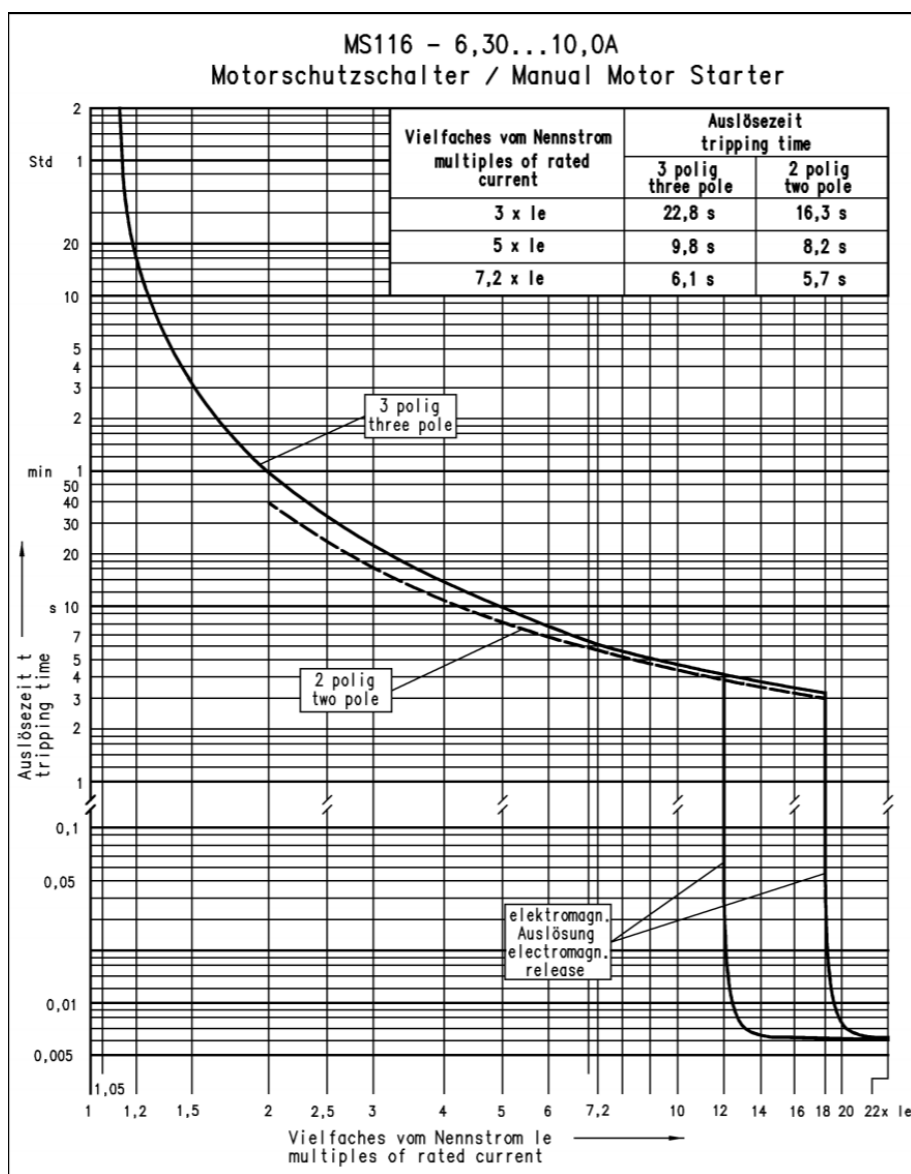
Moottorinsuojakytkimien tietolehdiltä löytyy minkä tehoisien moottoreiden (kuva 3) kanssa niitä voidaan käyttää (GV2M Series data sheet, 1).

Motor power kW	
	5.5 kW at 500 V AC 50/60 Hz
	7.5 kW at 690 V AC 50/60 Hz
	5.5 kW at 690 V AC 50/60 Hz
	4 kW at 500 V AC 50/60 Hz
	4 kW at 400/415 V AC 50/60 Hz
	3 kW at 400/415 V AC 50/60 Hz

KUVA 3. Schneider electric GV2ME14:n kanssa käyvät tehot

Sähkömoottorin ottama käynnistysvirta voi olla 6–8ertainen nimellisvirtaan verrattuna (ABB pehmokäynnistinopas, 8). Käynnistysvirrassa olevan hetkellisen kuormituksen takia käytetään moottorinsuojakytkintä. Moottorinsuojakytkin sallii suuremman hetkellisen virran kuin johdonsuojakytkin mutta katkaisee virtapiirin kuormituksen kestäessä liian pitkään. Johdonsuojakytkimen pitäisi olla nimellisvirrankestoltaan suurempi. Ylikokoisen johdonsuojakytkimen käyttäminen voisi johtaa tilanteeseen, jossa moottoria kuormitetaan liian suurella teholla. Pitkäaikaisen ylikuormituksen johdosta moottori voi vaurioitua ylikuumenemisen

seurauksena. Moottorinsuojajkytkimen (kuva 4) laukaisukäyrän mukaan, toiminta-aika on 10 kertaa moottorin nimellisvirtaa suuremmalla virralla yli 4,5 sekuntia.

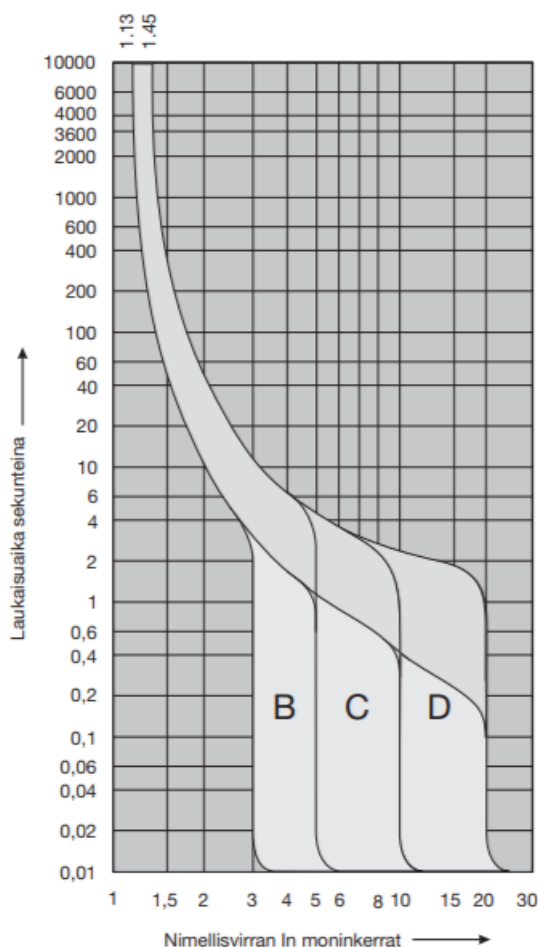


KUVA 4. Moottorinsuojajkytkimen laukaisukäyrä (ABB MS116-10 Time-Current Characteristic Curve)

Laukaisukäyrän vaaka-akselilla on nimellisvirtakerroin ja pystyakselilla on aika. Nimellisvirtakertoimella kerrottaessa suojalaitteen nimellisvirtaa tulee vaaka-akselille kerrointa vastaavan virran arvo. Suojalaitteen toiminta-aika tulee seuraamalla pystylinjaa laukaisukäyrään saakka. Laukaisukäyrän ja pystylinjan risteyskohdasta katsotaan vaakalinjaa pitkin aika.

Johdonsuojakytkimien laukaisukäyrien (kuva 5) mukaan, niiden laukaisuaika on 6–8 kertaa nimellisvirtaa suuremmalla virralla lyhyempi kuin moottorisuojakytkimien.

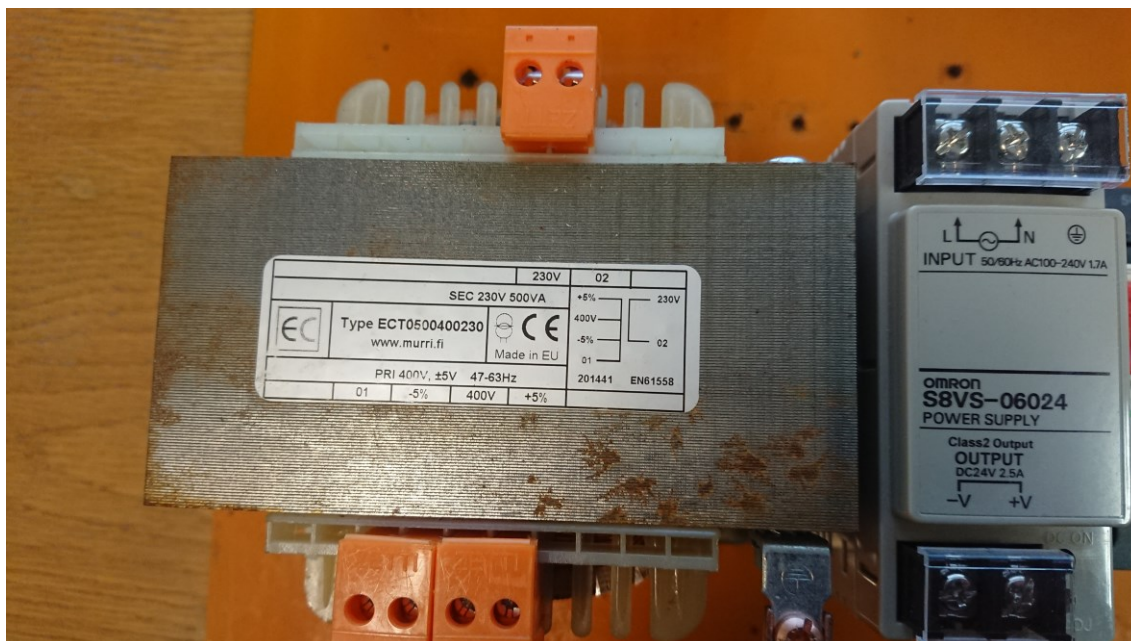
Laukaisukäyrät: B / C EN 60 898
D IEC 947-2



KUVA 5. Johdonsuojakytkimen laukaisukäyrä (Hager, 692)

Kontaktorihjauksella olevaa moottoria suojataan ylikuormitukselta moottorisuojakytkimellä. Johtimien suojana voidaan käyttää johdonsuojakytkintä tehonrajoitus ja oikosulkusuojana. Johdonsuojakytkimen ja moottorisuojakytkimen selektiivisyydestä tulee huolehtia siten, ettei johdonsuojakytkimen laukaisu tapahdu ennen moottorisuojakytkintä, kuormituspiikkien ja lyhytaikaisten ylikuormitustilanteiden aikana.

Johdonsuojakytkimet mitoitettiin tehonlähteiden (kuva 6), magneettiventtiilien ja solenoidien ottamaa tehoa vastaaviksi. Kaikista vanhoista komponenteista ei ollut saatavilla teknisiä tietoja, jolloin tehontarve arvioitiin resistiivisen kuorman perusteella.



KUVA 6. Tehonlähteitä

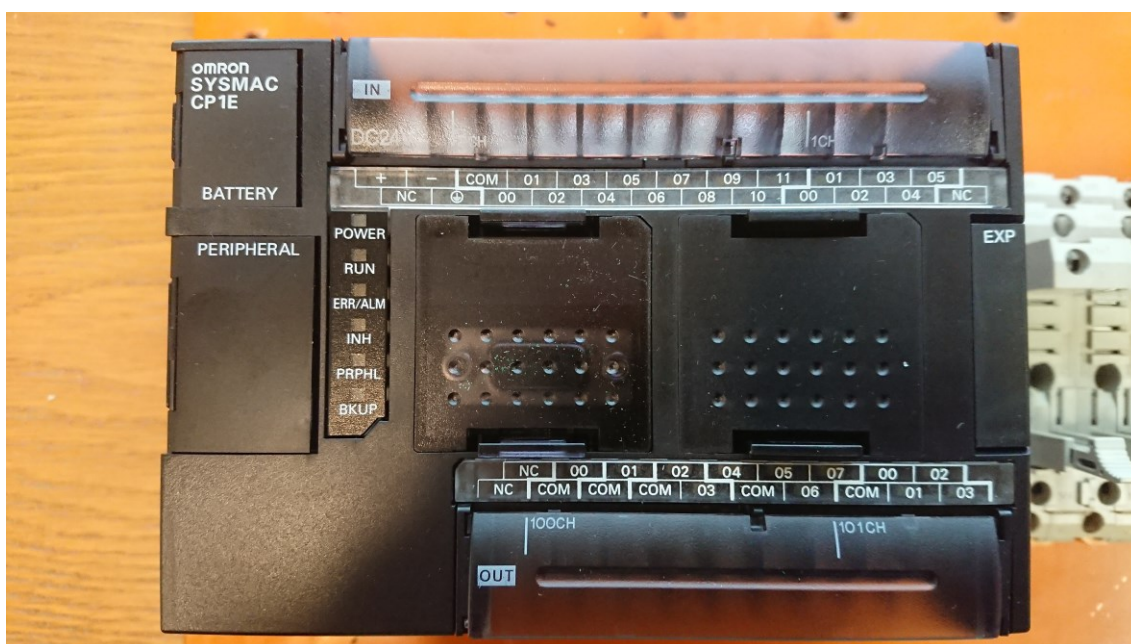
Murr:in tehonlähteestä saa 500 VA tehon 230 VAC jännitteellä, josta laskemalla saadaan virta. Tehon kaavan (kaava 1) mukaan $S =$ näennäisteho [VA], $U =$ jännite [V] ja $I =$ virta [A] (Mäkelä & Soininen & Tuomola & Öistämö 2002, 126).

$$\frac{S}{U} = I \quad (1)$$

Muuntajan ottoteho ΔS on tyypillisesti 500VA kokoluokassa 1,1-kertainen (Trafo-mic). Muuntajalle tarvittavan johdonsuojakytkimen virta voidaan laskea kertomalla lähtöteho 1,1:llä. Näennäistehoksi saadaan 550 VA ja virraksi 400 VAC:lla tulee 1,375 A. Johdonsuojakytkintä valittaessa huomioitiin muuntajan käynnistyksen aiheuttaman kytkentävirtasysäys (TTT-käsikirja, 11.5.) joka voi olla 8–12-kertainen muuntajan nimellisvirran huippuarvosta. Muuntajalle oikosulkusuojaksi valittiin 4 ampeerin virrankestolla ja D-tyypin laukaisukäyrällä oleva johdonsuojakytkin.

2.3 PLC-ohjaus

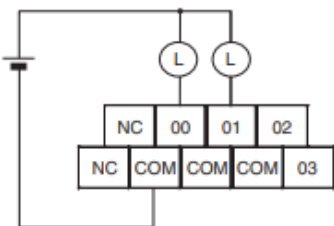
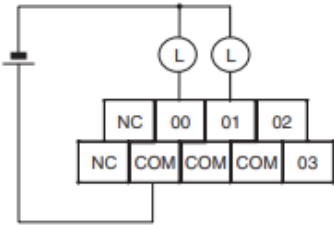
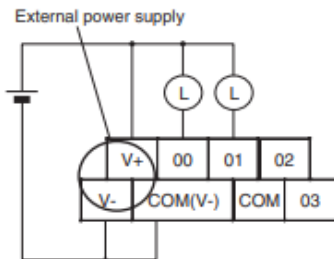
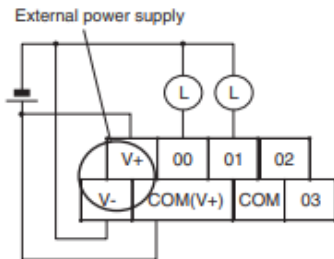
Ohjaukseen valittiin Omron SYSMAC CP1E logiikka (kuva 7), joka on ominaisuuksiltaan soveltuva kiilaurakoneen ohjaamiseen. Valittu logiikka on yleisesti saatavilla ja helppo korvata toisella, jos logiikka laiterikon seurauksena tarvitsee vaihtaa. Ohjelmointi tehtiin käyttäen ladder-ohjelmointikieleltä, joka voidaan helposti siirtää myös toisiin logiikoihin. Logiikan valintaan vaikutti myös saatavilla olevat ohjelmointityökalut. CP1E-sarjan logiikkaa voidaan ohjelmoida Omron CX-programmer ohjelmistolla, joka oli käytettävissä.



KUVA 7. Omron CP1E logiikka

Valitun logiikan käyttöjännite on 24VDC. Siinä on USB-portti tiedonsiirtoa ja ohjelmointia varten sekä Omron-laajennusportti. Logiikassa on 18 digitaalista sisääntuloa ja 12 digitaalista ulostuloa. Ulostulojen COM-porteista voi syöttää erilaisia käyttöjännitteitä yksittäis- ja ryhmäulostuloille. Sisääntulojen osoitteet ovat 0.00–0.11 ja 1.00–1.05. Ulostulojen osoitteet ovat 100.00–100.07 ja 101.00–101.03. Laajennusporttiin liitettävällä laajennusmoduulilla, logiikkaan voi lisätä digitaalisia tai analogisia sisään- ja ulostuloja. Laitteessa voi olla paristo, joka pitää paristovarmennetun muistialueen tilan muistissa laitteen ollessa virrattomana.

Ulostulon com-portteihin kytkettiin + (24 VDC) (kuva 8). Ulostulon muistipaikan tilan ollessa ykkönen, sieltä tulee + (24 VDC) ohjaussignaali. Sisääntulon com-porttiin kytketään – (0 VDC). Sisääntuloihin tuleva + (24 VDC) ohjaussignaali muuttaa sisääntulojen muistipaikan tilan ykköseksi. Ilman ohjaussignaalia sisääntulon muistipaikan tila on nolla.

Function	N/NA□□-type	N□□S(1) -type
Power supply for transistor outputs (Transistor outputs only)	Not needed Do not connect an external power supply.	Needed It is necessary to connect a DC24V external power supply when using terminals 00 and 01 on terminal block CIO 100. Do not connect the external power supply to the terminals except 00 and 01 on terminal block CIO 100.
	<p>Wiring Example Sinking outputs</p>  <p>Sourcing outputs</p> 	<p>Wiring Example Sinking outputs</p>  <p>Sourcing outputs</p> 

KUVA 8. Ohjelmoitavan logiikan kytkentäesimerkkejä (omron user's manual, 35)

Logiikan ulostuloilla ohjattiin releitä, jolloin saatiin logiikkaan kohdistuva kuorma pysymään pienenä. Releitä voi käyttää vaihto- ja tasavirran ohjaamiseen. Käytettyjä releitä voi kuormittaa maksimissaan 10 A virralla 30 V tasajännitteellä tai 10 A virralla 250 V vaihtojännitteellä. Käytettäessä releitä logiikkaan kohdistuva rasitus pienenee. Releiden käyttö helpottaa myös suunnitteluvaiheessa koska ei tarvitse ajatella ohjattavien komponenttien käyttöjännitteitä. Releiden käyttö helpottaa myös korjaamista. Rikkoontunut rele on helposti vaihdettavissa pienin kustannuksin. Opinnäytetyössä käytettyjä releitä voi pakko-ohjata manuaalisesti mikä voi olla joissain vikatilanteissa tarpeellista.

3 JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELEMINEN

Järjestelmän suunnitteleminen voitiin jakaa kahteen osaan, sähköiseen suunnitteluun ja PLC-ohjelmointiin. Sähköisessä suunnittelussa valittiin komponentit sekä piirrettiin niiden kytkennät. PLC-ohjelmoinnissa tehtiin Omron SYSMAC CP1E logiikkaan ladder-ohjelmointikielellä laitteeseen ohjelma, jota hallitaan ohjauspaneelin kytkimien kautta.

3.1 Sähkösuunnittelu

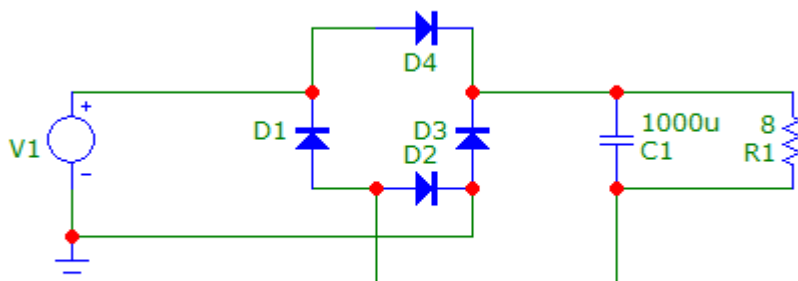
Työn toteutus aloitettiin sähkösuunnittelulla. Sähkösuunnitteluun käytettiin CADS-sähkösuunnitteluohjelmistoa, jonka komponenttikirjastossa on valmiita piirrosmerkkejä helpottamaan työskentelyä. Piirroksissa lähdejännitteet sijoittuvat kuvan yläreunaan, josta alaspäin menevät johtimet kulkevat komponentteihin. Logiikan porteista tehtiin IO-lista, johon merkittiin logiikkaan menevät ja lähtevät signaalit. Laitteeseen valituista komponenteista tehtiin osaluettelo, johon merkittiin osan positiotunnus.

Aluksi kartoitettiin laitteeseen jäävien komponenttien käyttöjännitteet ja tehon tarve. Käyttöjännitteiden ja tarvittavan tehon mukaan valittiin sopivat muuntajat. Koska syöttökaapelissa ei ollut nollajohdinta tarvittava 230 VAC jännite saatiin käyttämällä 400/230 VAC muuntajaa, josta saatiin tarvittavat syöttö- ja käyttöjännitteet. Logiikalle laitettiin oma 24 VDC teholähde, jolla voitiin taata häiriövapaa tehonsyöttö.

Logiikalla ohjataan releitä. Releillä ohjataan joko suoraan laitteita tai kontaktoreja. Logiikalla voi ohjata suoraan pienen tehontarpeen omaavia komponentteja kuten kontaktoreja ja merkkivaloja. Vikasietoisuuden ja huollettavuuden takia käytettiin välissä releohjusta. Releen vikaantuessa, se on helppo, nopea ja edullinen vaihtaa uuteen verrattuna logiikan korjaamiseen tai vaihtamiseen kokonaan uuteen.

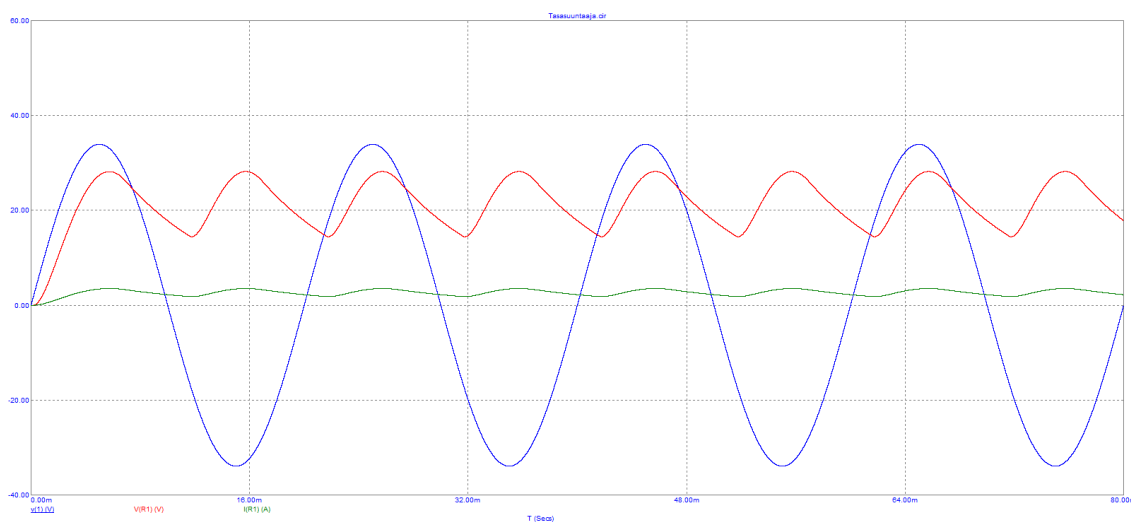
Järjestelmään asennettiin toinen 24 VDC tehonlähde. Teholähdettä käytetään solenoideille ja magneettiventtiileille. Tehonsyöttö toteutettiin käyttämällä 230/24 VAC muuntajaa, jolla jännite saatiin laskettua tarvittavalle tasolle. Vaihtojännite 24 VAC kytkettiin diodisiltaan (Aura & Tonteri 2009, 391), jolla tasasuunnattiin

jännite. Tasasuunnatussa jännitteessä olevaa jännitteen vaihtelua kompensoitiin kondensaattorilla. Kondensaattorilla jännitteen vaihtelu saatiin pysymää toiminnallisuuden kannalta hyväksyttävissä rajoissa (kuva 9).



KUVA 9. 24 VAC tasasuuntaajan piiri

Kuvassa (kuva 9) V1 on 24 VAC jännitelähde, diodit D1-D4 muodostavat diodisilinan, C1 on kondensaattori, joka kompensoi tasasuunnatun jännitteen vaihteluita (kuva 10) ja vastuksella R1 simuloidaan kuormaa.



KUVA 10. Microcap-ohjelmalla tehty simulointi

Rakennettua 24 VAC tehonlähdettä simuloitiin Microcap-ohjelmalla (kuva 10). Kuvassa sininen käyrä on 24 VAC tuleva jännite, punainen käyrä on kuormavastuksen ylitse näkyvä jännite ja vihreä käyrä on piirissä kuormavastuksen läpi kulkeva virta. Kuvan mukaan 24 VAC tehonlähteen jännitteen huiput ovat noin 33,9

V. Jännitteen huippuarvosta laskemalla saadaan jännitteen tehollisarvo (Valtinen 2019, 1047), kaavassa 2 \hat{u} on vaihtojännitteen huippuarvo [V] ja U on vaihtojännitteen tehollisarvo [V].

$$\frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = U \quad (2)$$

$$\frac{33,94 \text{ VAC}}{\sqrt{2}} = 24 \text{ VAC}$$

Simulointi tehtiin kuormalla, jonka lävitse kulkee noin kolmen ampeerin virta. Virta vastaa arvioitua maksivirtaa järjestelmän toimiessa. Tasasuunnattu jännite vaihtelee 28,2 VDC ja 17,8 VDC välillä. Virta vaihtelee ohmin lain mukaisesti (Inkinen & Manninen & Tuohi 2002, 82), kaavassa 3 U on jännitteen tehollisarvo [V], R on vastus [Ω] ja I on virta [A].

$$\frac{U}{R} = I \quad (3)$$

$$28,2 \text{ VDC} / 8 \Omega = 3,5 \text{ A}$$

$$17,8 \text{ VDC} / 8 \Omega = 2,2 \text{ A}$$

Simuloinnin perustella todettiin suunnitellun tehonlähteen olevan riittävä käytössä oleville komponenteille.

3.2 PLC-ohjelmointi

PLC-ohjelmoinnissa tehtiin laitteeseen toiminnot, joilla tehdään asetuksia sekä työstetään kiilauria kappaleisiin. Tarvittavat toiminnot räätälöitiin tuotannon tarpeiden mukaisiksi ja ohjelman toiminnallisuutta hiottiin käyttäjän toiveiden mukaiseksi.

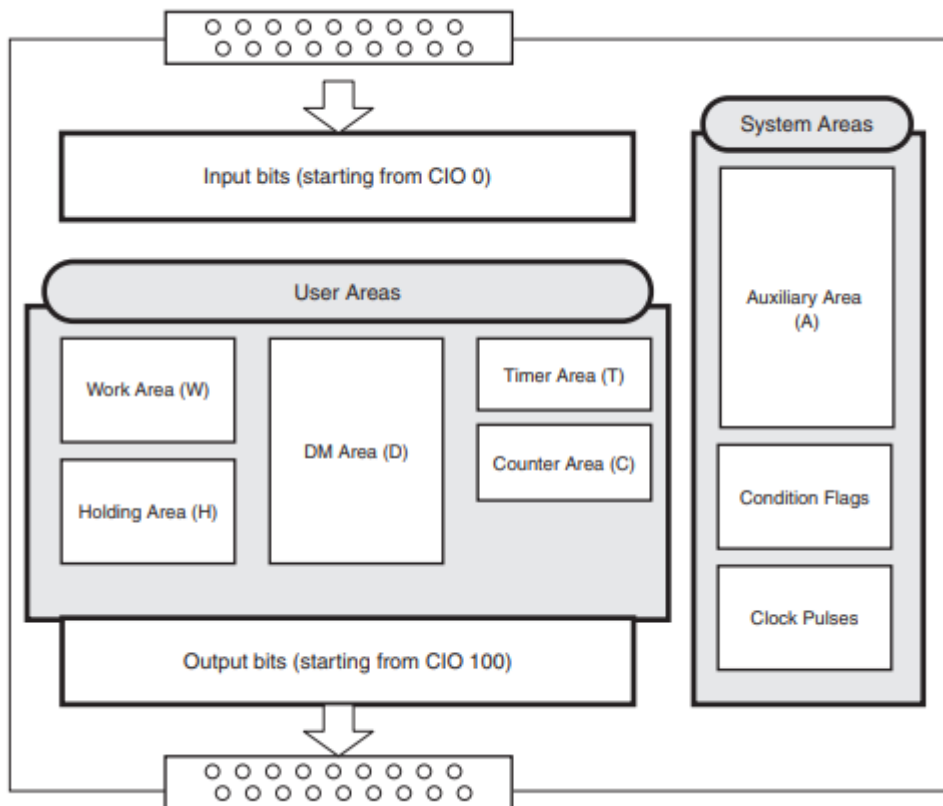
3.2.1 Ohjelman perusteita

PLC-ohjelmointi aloitettiin kartoittamalla koneessa olevia toimintoja. Tutkittiin koneen eri osien tarkoitusta ja niiden toiminnallisuutta. Työstökoneessa olevien komponenttien mukaan tehtiin IO-listaus ohjelmoitavaan logiikkaan tulevista ja lähtevistä ohjaussignaaleista. Ohjelman rakenteesta tehtiin modulaarinen, jossa sen toiminnot ovat jaettuna eri osioihin. Modulaarisella ohjelman rakenteella saatiin helpommin hallittava kokonaisuus. Modulaarisella rakenteella varmistettiin myös, ettei muutosten tekeminen myöhemmin aiheuttaisi tarvetta koko ohjelman uudelleen kirjoittamiseen (kuva 11).

Name	Data Type	Address / Value	Rack Locati...	Usage	Comment
Input_Teräylöspainike	BOOL	0.00		In	Terä ylös painike
Input_Teräalaspainike	BOOL	0.01		In	Terä alas painike
Input_terä_aineesta_pois	BOOL	0.02		In	Terä aineesta pois
Input_terä_aineeseen	BOOL	0.03		In	terä aineeseen
Input_Automaattiajon...	BOOL	0.04		In	Automaattiajon käynnistys
Input_Automaattiajio	BOOL	0.05		In	Automaattiajio asento auto/man k...
Input_Manuaalisajo	BOOL	0.06		In	Manuaalikäyttö asento auto/man ...
Input_Stoppainike_k2	BOOL	0.07		In	Stop
Input_Stoppainike_k1	BOOL	0.08		In	Stop
Input_Yläraja	BOOL	0.09		In	Yläraja
Alaraja_input	BOOL	0.10		In	Alaraja
Input_Eturaja	BOOL	0.11		In	Uran lopetusyyvyys
Input_Takaraja	BOOL	1.00		In	Uran aloitusyyvyys
Input_Painevahti	BOOL	1.01		In	Painevahti
Input_F1_Error	BOOL	1.02		In	F1 Error
Input_F2_Error	BOOL	1.03		In	F2 Error
Input_F3_Error	BOOL	1.04		In	F3 Error
Input_T2_Alarm	BOOL	1.05		In	T2 Alarm
Output_M1	BOOL	100.00		Out	Hydrauliikkapumpun moottori
Output_M2	BOOL	100.01		Out	Leikkuriöljy pumppu
Output_M3_Eteen	BOOL	100.02		Out	Terä eteen
Output_M3_takse	BOOL	100.03		Out	Terä takse
Output_S1_terä_alas	BOOL	100.04		Out	S1 Terä alas
Output_S2_terä_ylös	BOOL	100.05		Out	S2 terä ylös
Output_Kytin_terä_et...	BOOL	100.06		Out	Terä eteen/taakse manuaalikäyttö
Output_syötön_salpa_...	BOOL	100.07		Out	Salpa taakse
Output_Syötön_salpa_...	BOOL	101.00		Out	Salpa eteen
Output_teräylöspainik...	BOOL	101.01		Out	Terä ylös painikkeen merkkivalo
Output_Teräalaspaini...	BOOL	101.02		Out	Terä alas painikkeen merkkivalo
Automaattiajon_merkk...	BOOL	101.03		Out	Automaattiajon merkkivalo

KUVA 11. PLC-ohjelman rakenne

Ohjelman nimeen sisällytettiin koneen tiedot ja yrityksen nimi sekä revisionumero helpottamaan versionhallintaa. Ohjelman sisäiset nimeämiset tehtiin mahdollisimman kuvaaviksi. CX-programmer:in workspace:ssa (kuva 11) näkyy ohjelman jaottelu eri osa-alueisiin, Ready-osa tarkastaa laitteen valmiuden suorittaa toimintoja, joita käyttäjä ohjauspaneelista antaa. Symbols sisältää luettelon osoitteista sekä niiden nimistä, datatyypeistä ja toiminnoista sekä kommentit. Workspace:ssa on kaksi kertaa Symbols-osa, joiden ero on se, näkyvätkö muuttujat globaalisti vai paikallisesti. Globaalit muuttujat näkyvät kaikissa ohjelmissa, joita ohjelmitava logiikka pitää sisällään ja paikalliset muuttujat näkyvät vain logiikassa olevan ohjelman sisäisesti. Symbols osiossa muuttujalla on kuusi attribuuttia, Name, Data Type, Address / Value, Rack Location, Usage ja Comment. Name on muuttujan nimi, joka näkyy ohjelmalistauksessa. Käytettäessä kuvainnollisia nimiä, ohjelman seuraaminen on helpompaa. Data Type määrittää milaista tietoa muuttuja sisältää ja paljonko se tarvitsee muistia. Address / Value sisältää joko laitteen sisään- tai ulostulon osoitteen tai muistipaikan osoitteen. Logiikassa on erityyppisiä muistialueita (kuva 12).

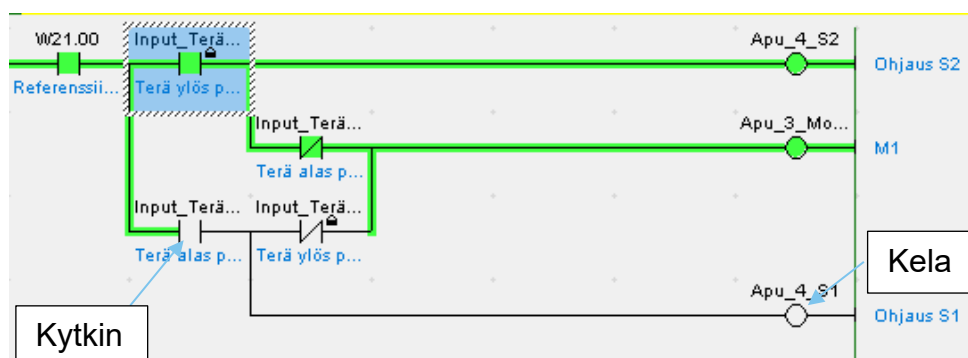


KUVA 12. Logiikan muistialueet (omron user's manual, 74)

Muistialue CIO 0-99 on varattu logiikan sisääntuloille ja CIO 100-199 ulostuloille. Sarja-PLC-linkin sanoille on varattu CIO 200-289 muistialue. Sarja-PLC-linkki voidaan muodostaa RS-232 tai RS-432 portin välityksellä logiikkayksiköiden välille. Paristovarmennettu muisti, Holding Area H 0–49 on tarkoitettu ohjelman käyttöön. Holding Area:an voidaan tallentaa tietoa, jota tarvitaan laitteen sammuttamisen jälkeisessä käynnistyksessä. Esimerkiksi tieto työkierron vaiheesta, josta voidaan ohjelmaa jatkaa. Work Area W 0–99 on tarkoitettu ohjelman käyttöön eikä sitä voida ulkoisesti käsitellä. Timer Area T 0–255 on ajastimien muistialue. Counter Area C 0–255 on laskureiden muistialue.

Pienin muistiyksikkö on bitti, bit (b), jolla on kaksi tilaa, ykkönen tai nolla. Kahdeksasta bitistä muodostuu tavu, byte (B), jolla on 2^8 eli 256 tilaa. Sana muodostuu kuudestatoista perättäisestä bitistä ja sillä on 2^{16} eli 65536 tilaa. Sysmac logiikoiden osoitteet ovat 16-bittisiä. Osoitteet alkavat nollasta, jolloin ensimmäisen sanan ensimmäinen bitti on 0,00. (CX-ONE 2011, 29)

Kytkin, CX-programmer:issa contact (kuva 13). Kytkintä ohjataan logiikan sisäisesti tai logiikan sisääntulolla. Ohjaustapa määräytyy osoitteen mukaisesti. Kytkimellä on kaksi tilaa, yksi ja nolla. Se voi olla sulkeutuva tai avautuva. Avautuva kytkin, CX-programmer:issa invert. Sen tunnisteenä ohjelmassa on vinoviiva kytkimessä. Sulkeutuva kytkin, jota ohjataan logiikan sisääntulolla yhdistää piirin muistipaikan ollessa ykkönen. Vastaavasti avautuva kytkin katkaisee piirin muistipaikan tilan ollessa ykkönen.



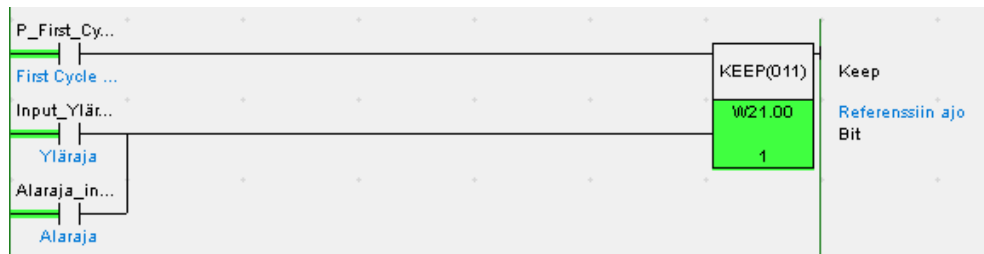
KUVA 13. Kytkimen toiminta

Kytkimen toimintaa esittävässä kuvassa (kuva 13) kytkin W21.00:n tila on ykkönen, jolloin se yhdistää piirin seuraavalle kytkimelle asti. Ohjaus 2:den piirissä

oleva input_Terä kytkimessä oleva lukon kuvake ilmoittaa sen olevan pakotetuna tilaan yksi, yhdistäen piirin. Sama kytkin on invertoituna alempana lukon kuvalla varustettuna. Invertoitu kytkin katkaisee piirin, jolloin ohjaussignaali ei pääse kulkemaan Ohjaus S1:een.

Kela, CX-programmer:issa Coil. Kelalla ohjataan logiikan ulostuloa tai muistipaikkaa. Ohjaus määräytyy osoitteen mukaan. Kelalla on kaksi tilaa, yksi ja nolla.

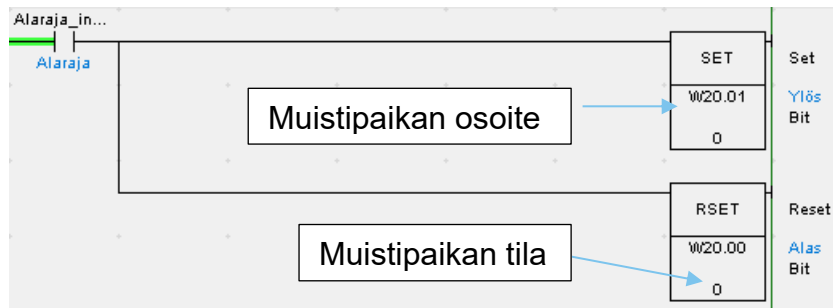
Pitopiiri, CX-programmer:issa KEEP (kuva 14). Pitopiiriä voidaan ohjata kytkimellä. Ylempi signaali aktivoi pitopiirin. Aktivoiduttuaan se muuttaa pitopiirin ohjaaman muistipaikan tilan ykköseksi ja pitää tilansa. Pitopiiri resetoidaan alemmalla signaalilla, jolloin muistipaikan tila muuttuu nolllaksi.



KUVA 14. Pitopiirin toiminta

Pitopiirillä voidaan ohjata sellaisia toimintoja, joiden ohjaus ei ole yhdistettynä kuin hetkellisesti. Toimintoa ohjaavan bitin tila pitää pysyä ykkösenä, kunnes se resetoidaan toisella kytkimellä.

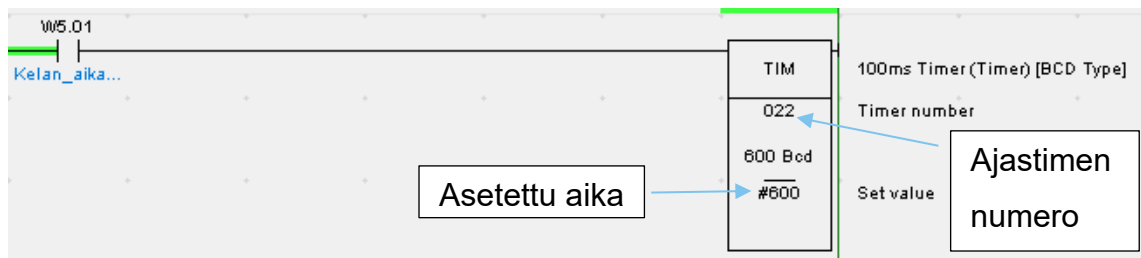
Set ja RSet (kuva 15) ohjaavat muistipaikkoja, muistipaikan tila pysyy asetettuna logiikan ollessa päällä, kunnes sen tilaa muutetaan. SET asettaa muistipaikan ykköseksi ja RSET asettaa muistipaikan tilan nolllaksi.



KUVA 15. SET:in ja RSET:in toiminta

SET ja RSET piireillä voi toteuttaa pitopiirejä kuten KEEP-piirillä.

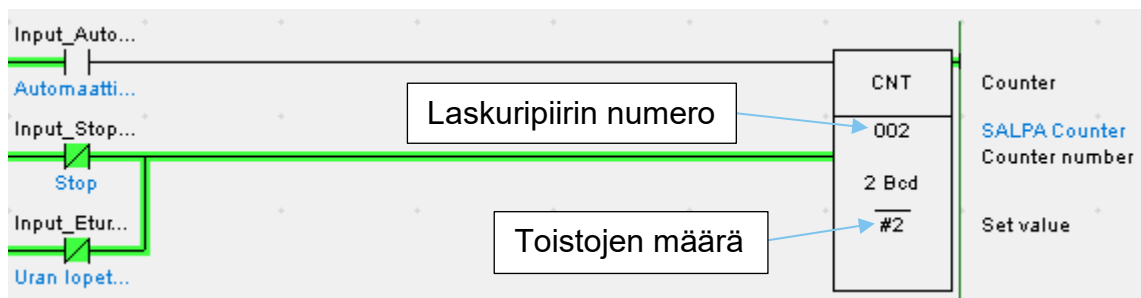
Ajastinpiiri, CX-programmer:issa TIM (kuva 16). Ajastinpiirillä voi viivästyä ohjauksen alkamista. Ajastinpiirin aktivoituessa ohjaussignaalin, alkaa siihen millisekunteina asetettu aika mennä nollaa kohten.



KUVA 16. Ajastinpiirin toiminta

Ajastinpiirillä voi ohjata kytkintä, jolle annetaan osoitteeksi T ja ajastinpiirin numero. Ajastinpiirillä ohjattavan kytkimen tila muuttuu ykköseksi, asetun ajan kulluttua loppuun. Ajastinpiirin aika palaa asetettuun aikaan ohjaussignaalin katketessa ja ohjattavan kytkimen tila muuttuu nolllaksi.

Laskuriipiiri, CX-programmer:issa CNT (kuva 17). Laskuriipiiri aktivoituu ylempällä ohjaussignaalin, jolloin toistojen määrästä vähennetään yksi. Laskuriipiirin osoitteella voi ohjata kytkintä.

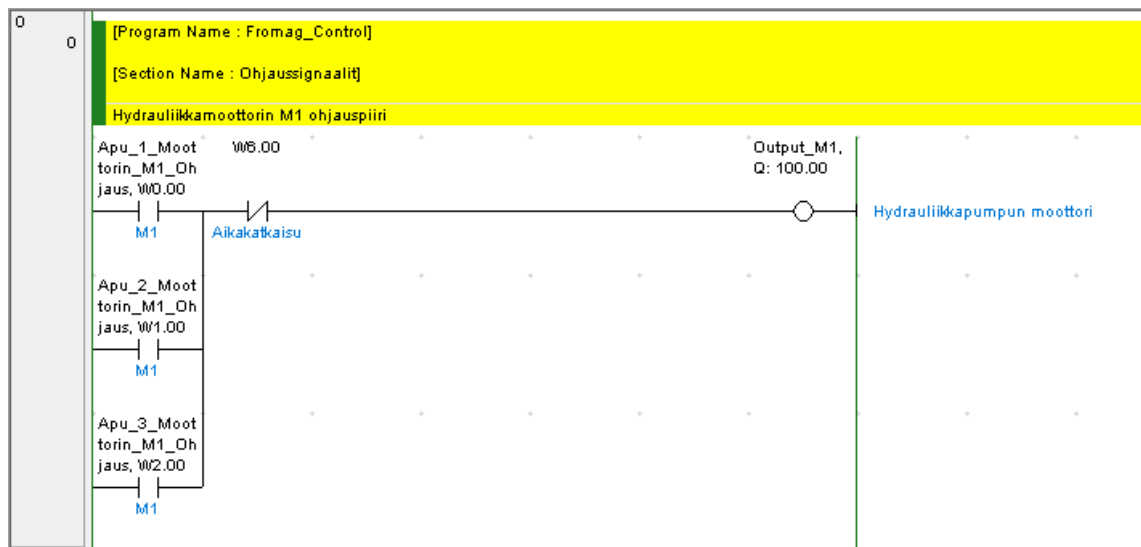


KUVA 17. Laskuriipiirin toiminta

Kytkin nimetään CNT_ ja laskurin numero. Laskuriipiiri vaihtaa kytkimen tilan ykköseksi toistojen määrän mennessä nolllaan. Laskuriipiirin alempi signaali resetoit toistojen määrän ja asettaa laskuriipiirin ohjaaman muistipaikan tilan nolllaksi.

3.2.2 Ohjelman toiminta

PLC-ohjelmaa ei ole sisällytetty opinnäytetyön tekstiin pituutensa sekä ohjelmassa olevien toistojen vuoksi mutta se on kokonaisuudessaan liitteessä 10. Ohjelma on jaoteltu toiminnallisiin osiin, blokkeihin. Jokaisella blokilla on oma tarkoituksensa. Ohjaussignaalit blokeissa määrittävät kelan tai piirin tilan. Keloilla ja piireillä ohjataan logiikan muistipaikkoja. Virtapiirissä 0, CX-programmer:issa rung, on hydraulikkamoottorin ohjaussignaali (kuva 18).

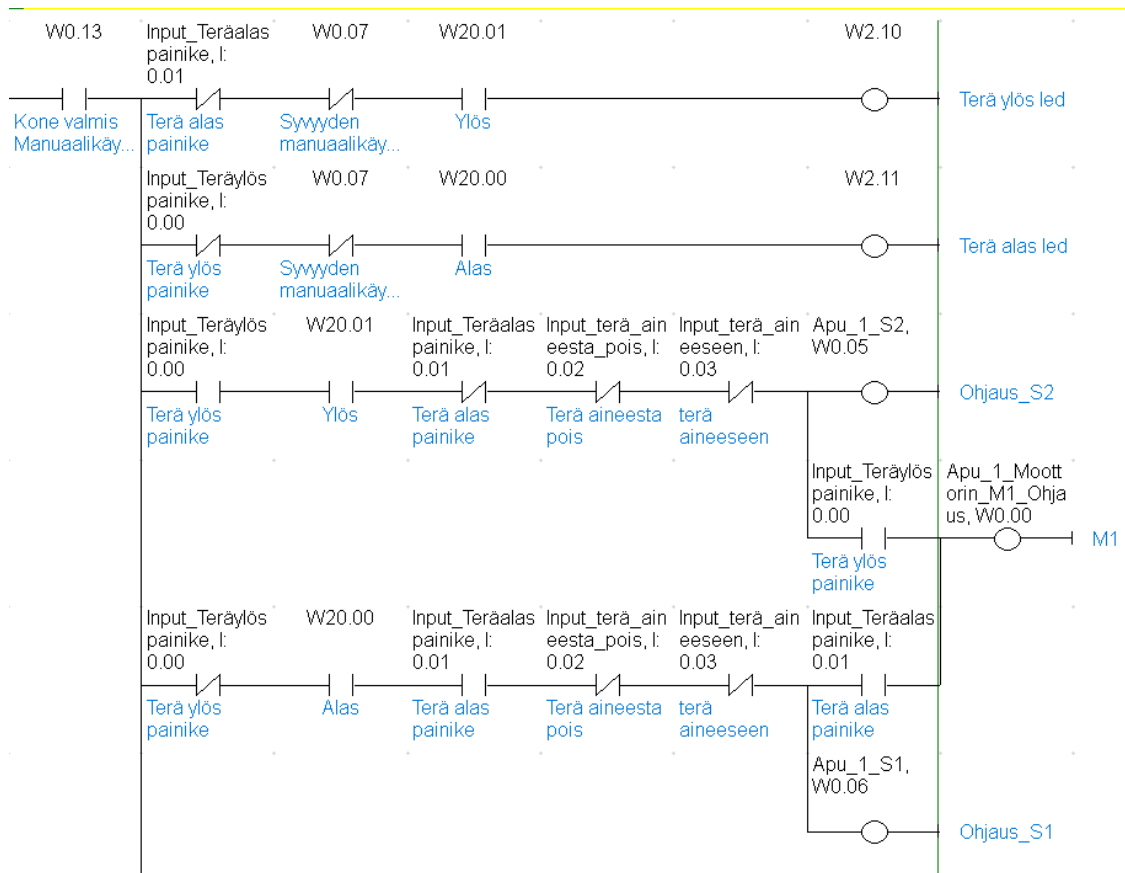


KUVA 18. Hydraulikkamoottorin ohjaussignaali

Logiikan ulostuloa 100.00 ohjataan virtapiirissä olevilla kytkimillä. Ohjaukseen käytettävät apukytkimet ovat eri muistipaikoissa. Muistipaikat ovat valittu siten että sanan sama bitti ohjaa aina samaa toimintoa. Sanat ovat jaoteltu tarvittavien apumuistipaikkojen määrän mukaan, esimerkiksi moottorille M1 voitaisiin käyttää sanojen 0–9 ensimmäistä bittiä. Saman muistipaikan ohjaaminen useasta paikasta aiheuttaa virheilmoituksen, jonka takia käytetään apumuuttujia. Ulostulo 100.00 aktivoituu, jos W0.00 tai W1.00 tai W2.00 aktivoituu ja W6.00 ei aktivoidu. Invertoitu kytkin W6.00 katkaisee hydraulikkapumpun sähkömoottorin ohjaussignaalin, jos se aktivoidaan Kelojen aikasuojausblokissa.

Manuaalikäytön ohjausblokissa hallitaan laitteen liiketoimintoja ohjauspaneelista käsin, jolloin toimintojen ohjaukset tulevat logiikan sisäntulojen kautta. Kytkimen

W0.13 aktivoituessa manuaalikäytön toiminnot ovat mahdollisia. Manuaalikäytöllä ohjataan seuraavien toimintojen ohjauksessa käytettyjä apumuistipaikkoja, hydraulikkamoottori, hydraulikkaventtiilin ohjaukset, terän syvyysäädön kytkin ja terän syvyysäädön moottorin ohjaus (kuva 19).

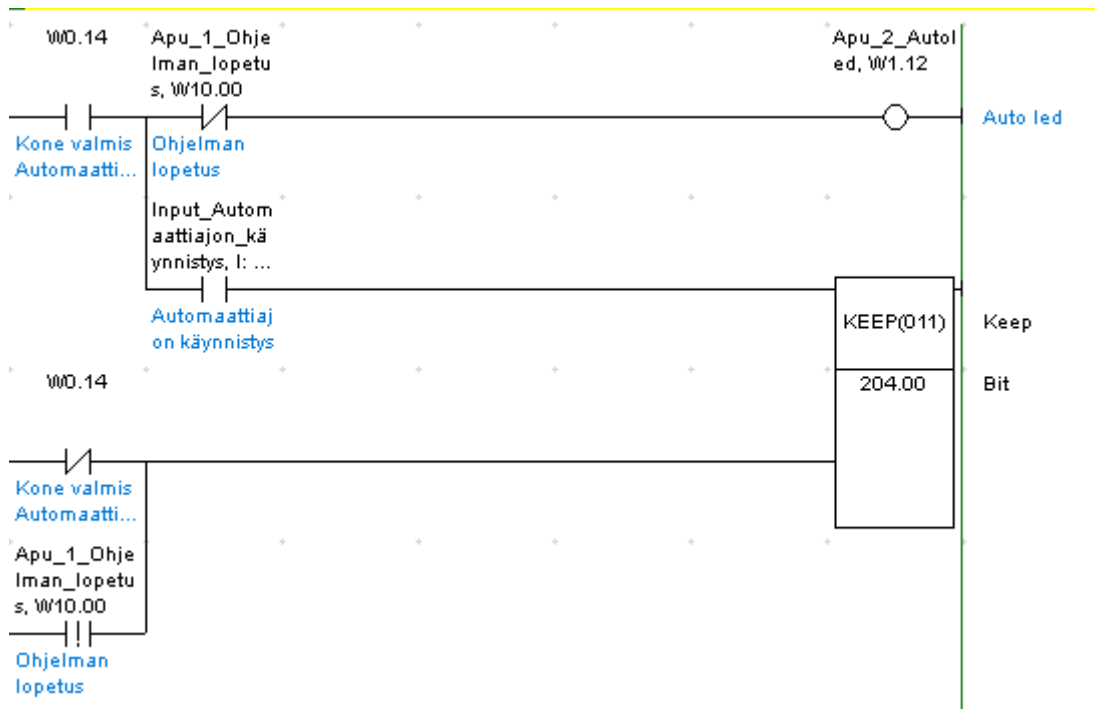


KUVA 19. Manuaalikäytön ohjausblokki

Ohjauspaneelissa olevien terä ylös ja terä alas painikkeiden merkkivalojen ohjauksen apumuistipaikat ovat W20.00 ja W20.01. Ne aktivoidaan Rajat ohjausblokkissa, jolloin ohjauspaneelin merkkivalojen ohjaus aktivoituu. Ohjauspaneelissa olevista painikkeista aktivoituvat invertoidut kytkimet, 0.00 tai 0.01. Kytkimen aktivoituttua kyseisen virtapiirin perässä olevan merkkivalon ohjaussignaali katkeaa. Kelat W0.05 ja W0.06 ohjaavat hydraulikkaventtiilin ohjaukset ohjauksen apumuistipaikkoja. Apumuuttuja W20.00 ollessa aktiivinen ja sisääntulon 0.00 aktivoituessa yhdistyy virtapiiri keloille W0.05 ja W0.00 sekä katkaisee virtapiirin invertoidun kytkimen 0.00 kohdalta. Tällöin sisääntulo 0.01 aktivoituminen ei pääse aiheuttamaan kahta samanaikaista ohjaussignaalia hydraulikkaventtiili-

lin ohjaukkelojen ohjaukseen. Kahden erisuuntaisen ohjauksignaalin saman aikainen aktivoituminen aiheuttaisi vikatilanteen laitteessa, kun hydraulikkaventtiilin ohjaukkelat työntäisivät venttiilin karaa vastakkaisiin suuntiin.

Automaattikäytön ohjausblokki suorittaa kiilauranvetotyökierron (kuva 20). Automaattiajo voidaan käynnistää muistipaikan W0.14 ollessa aktivoituna. Muistipaikka aktivoidaan Ready ohjausblokissa. Automaattiajo käynnistetään painamalla ohjauspaneelista automaattiajon käynnistyspainiketta painiketta, jolloin logiikan sisääntulo 0.04 aktivoituu.

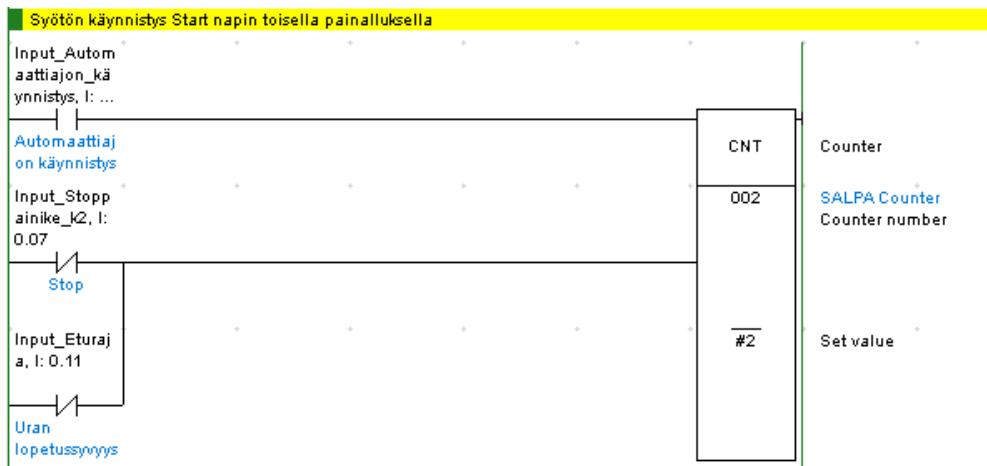


KUVA 20. Automaattiajon ohjausblokki

Automaattiajon työkierto on toteutettu sekvenssiohjelmalla, jossa tehtävät tapahtuvat jaksoittain ennalta määrättyssä järjestyksessä. Käynnistyspainikkeen ensimmäinen painallus käynnistää terän pystyliikkeen. Terän ensimmäinen liike on alaspäin.

Ohjausblokissa oleva laskuri käynnistää käynnistyspainikkeen toisella painalluksella terän syvyysyötön, tällöin terä liikkuu aineeseen päin säädetyin matkan. Syöttöliike tapahtuu terän liikkeessa ylöspäin. Käynnistyspainikkeen kolmannella painalluksella käynnistetään leikkuuöljypumppu. Työkierto toistaa ylös alas lii-

kettä niin pitkään, kunnes kiilauran syvyysraja aktivoituu. Syvyysrajan aktivoituminen pysäyttää syvyysyötön ja käynnistää laskurin, joka määrittää montako vetoa syvyysrajan aktivoitumisen jälkeen tehdään. Työkierto pysähtyy automaattisesti. Syötön automaattinen pysäytys tapahtuu kiilauran ollessa säädetyssä syvyydessä. Laitteessa oleva rajakytkin katkaisee ohjaussignaalin, jolla ohjataan logiikan tuloa 0.11. Ohjaussignaalin katketessa ohjelmassa oleva invertoitu kytkin yhdistää signaalin, joka resetoi laskurin 002. Syöttö voidaan pysäyttää myös ohjauspaneelista stop painikkeella, jolla ohjataan logiikan tuloa 0.07 (kuva 21).

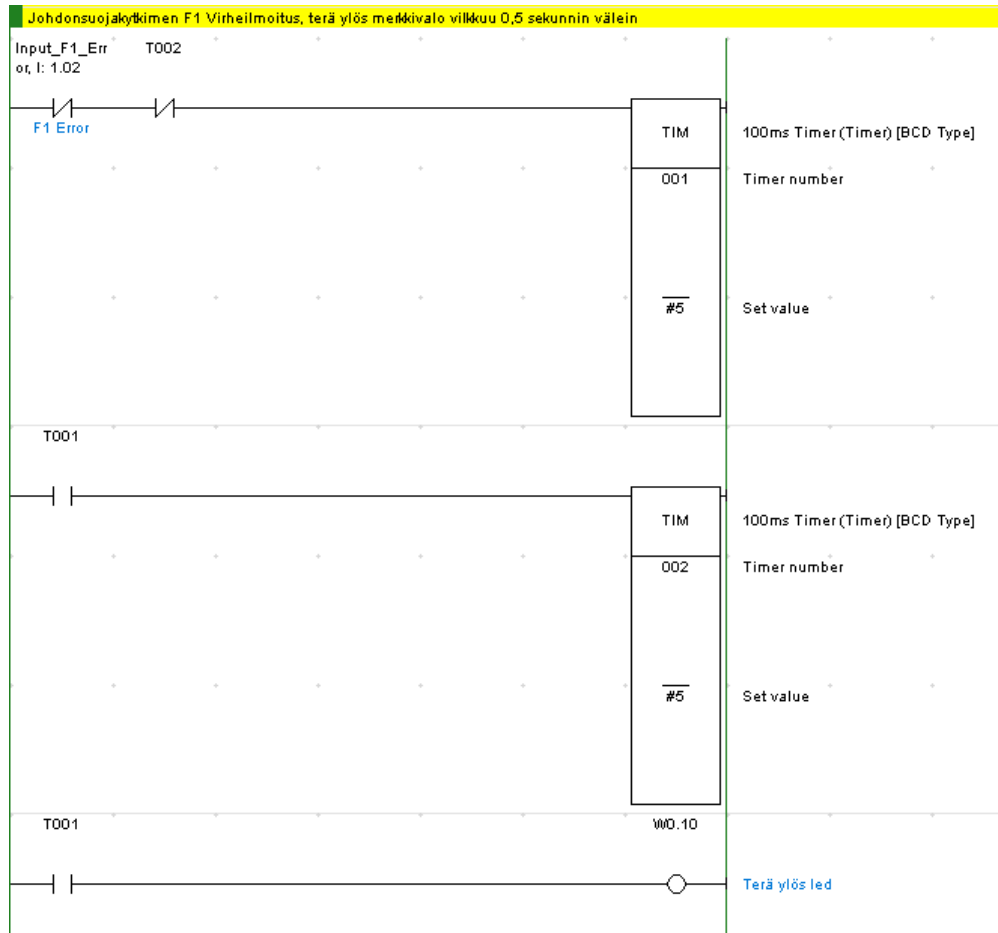


KUVA 21.

Laskureita käytettiin toimintojen käynnistämiseen koska käyttäjä tahtoi toimintojen käynnistyvän omilla ohjauksillaan. Tässä vaiheessa logiikassa ei ollut käyttämättömiä sisääntuloja, joten se olisi vaatinut laajennusmoduulin käyttöä. Laajennusmoduulilla voi lisätä erilaisia sisään- ja ulostuloja logiikkaan. Toimintojen ohjaaminen omilla kytkimillä olisi myös vaatinut lisäjohtimia ohjauspaneelille. Käyttämällä laskureita saatiin toiminnot ohjattua yhdellä painikkeella ja käynnistymään eri aikaan.

Alarm ohjausblokissa ohjataan ohjauspaneelin merkkivaloja vilkkumaan vikatilanteiden mukaan. Moottorinsuojakytkimen F1 katkaistessa virtapiirin siinä olevat apukärjet katkaisevat logiikan sisääntulon 1.02 virtapiirin, tällöin invertoitu kytkin aktivoi ajastimen T001 laskennan. Kytkin T001 on aktiivinen ajastimeen säädetyin ajan, joka käynnistää ajastimen T002 ja aktivoi apumuistipaikan W0.10 jolla ohjataan terä ylös painikkeen merkkivaloa. Ajastimen T002:n aktivoituessa invertoitu kytkin T002 katkaisee ajastimen T001 ohjaussignaalin nollaten ajastimen

T001 laskurin. Moottorinsuojajytkimen F1 toiminta vilkuttaa terä ylös painikkeen merkkivaloa 0,5 sekunnin syklillä (kuva 22). Moottorinsuojajytkimen F2 toiminta vilkuttaa terä alas painikkeen merkkivaloa 0,5 sekunnin syklillä.

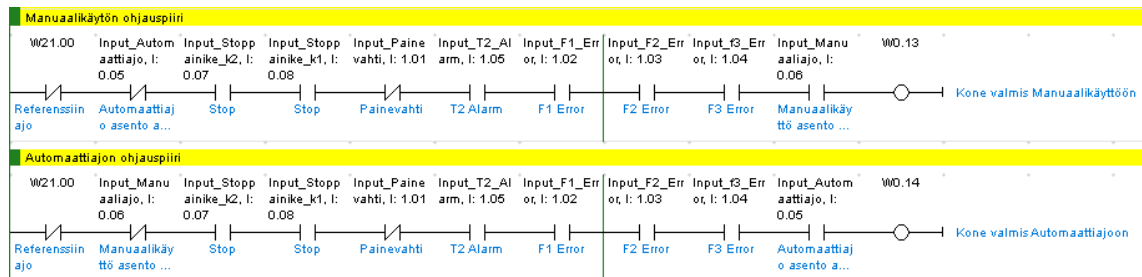


KUVA 22. Alarm ohjausblokki

Moottorinsuojajytkimen F3 toiminta vilkuttaa terä ylös ja terä alas painikkeiden merkkivaloja 0,5 sekunnin syklillä. Paineen kasvu yli säädetyn arvon aktivoi ajastimen T007, joka vilkuttaa automaattiajon merkkivaloa 0,5 sekunnin syklillä. Painerajan ylityksestä tullut virheilmoitus kuitataan stop painikkeella.

Erilaisille vikatilanteille luotiin omat hälytyskoodinsa. Hälytyskoodit kertovat käyttäjälle toimintahäiriön syyn ilman että tarvitsee avata työstökoneen sähkökaapin kanta. Vikatilanteita voi tulla esimerkiksi terän rikkoutumisen tai väärin työstöarvojen vuoksi. Tämä vähentää huoltokäyntejä, kun opastettu käyttäjä voi itse kuitata aktivoituneen suojalaitteen, jos se on aiheutunut edellä mainituista syistä.

Ready ohjausblokkissa (kuva 23) on määritelty ehdot, joiden pitää täytyä. Ehtojen täytyttyä kiilaurakonetta voidaan käyttää käsikäytöllä tai automaattikäytöllä. Kytkin W21.00 estää koneen käyttämisen ennen koneen ajamista referenssiin.

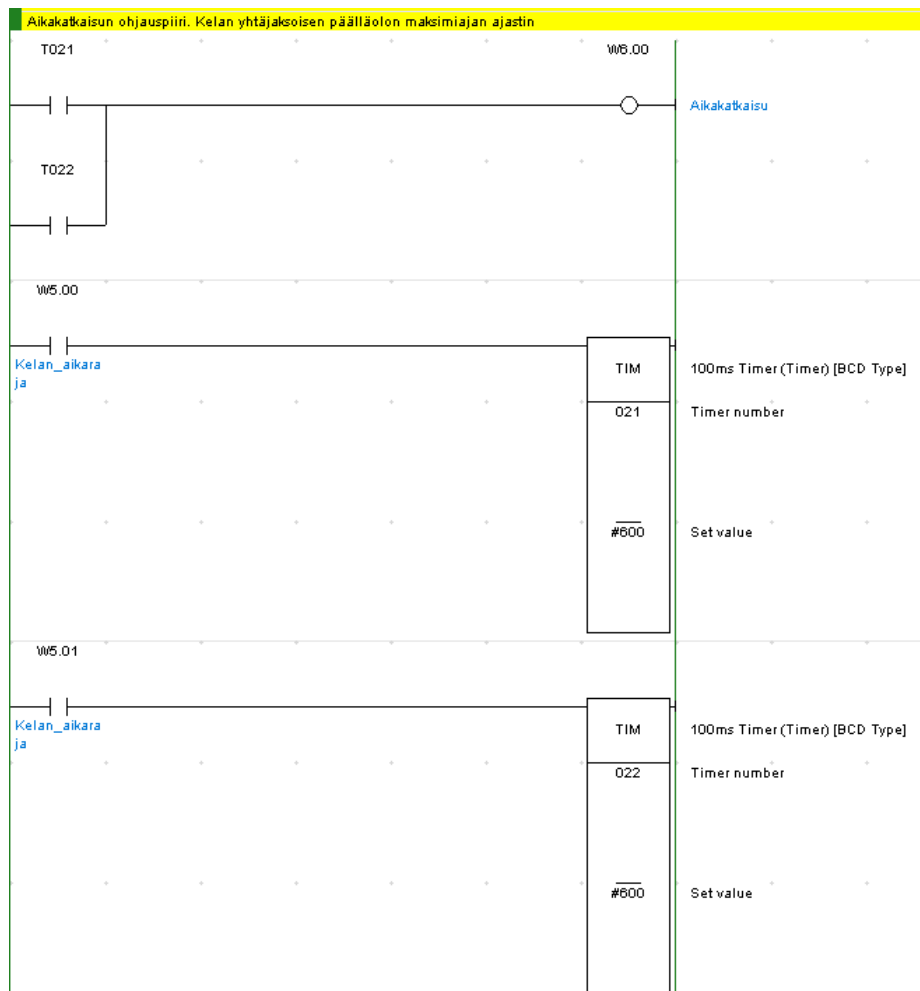


KUVA 23. Ready ohjausblokki

Molemmissa käyttötavoissa on toisen käyttötavan kytkin invertoituna. Kytкимиä ohjataan ohjauspaneelissa olevalla valintakytkimellä, joka on yhdistetty logiikan sisääntuloihin 0.06 ja 0.07. Aktivoituessaan ne katkaisevat ohjauspiirin. Pysäytyspainike on toteutettu ohjauspaneelissa kahdella avautuvalla kytkimellä. Pysäytyspainikkeella ohjataan logiikan sisääntuloja 0.07 ja 0.08. Painettaessa pysäytyspainiketta ohjauspiirit katkeavat ja koneen toiminta pysähtyy molemmilla käyttötavoilla. Painevahdissa on sulkeutuva kytkin. Paineen noustua yli säädetyin, painevahdin kytkin sulkeutuu. Se ohjaa logiikan sisääntuloa 1.01. Painevahdin invertoitu kytkin katkaisee ohjauspiirin kytkimen aktivoiduttua. Tehonlähteen T2 (liite 6, H;18) toimintaa valvotaan releellä K19 (liite 7, N;31) joka saa ohjausjännitteen T2:lta. T2:den ollessa jännitteellinen, releen sulkeutuvat kärjet yhdistävät ohjausjännitteen logiikan sisääntuloon 1.05. Releen K19 ohjauksen ollessa jännitteetön katkeaa virtapiiri logiikan sisääntulosta, joka katkaisee ohjauspiirin kytkimen 1.05 kohdalta. Moottorinsuojakytkimien F1, F2, F3 avautuvien apukärkien ohjaamat logiikan sisääntulot 1.02, 1.03, 1.04 katkaisevat ohjauspiirin moottorinsuojakytkimien toimiessa vikatilanteen johdosta. Kiilaurakoneen käyttötapa valitaan kytkimillä 0.05 ja 0.06 jotka aktivoituessaan yhdistävät ohjauspiirin valittuun käyttötapaan ja aktivoivat käyttötavan ohjauksessa käytetyn kelan.

Hydrauliikkaventtiilissä olevien ohjauskelojen aikasuojaus toteutettiin PLC-ohjelmassa. Ohjausblokkissa määritettiin aikaraja, joka pysäyttää koneen toiminnan. Aikakatkaisu tehtiin suojaamaan ohjauskeloja, etteivät ne ylikuumene mahdollisissa vikatilanteissa. Kelojen suojaamisen tarve johtui aikaisemmasta, ennen opin-

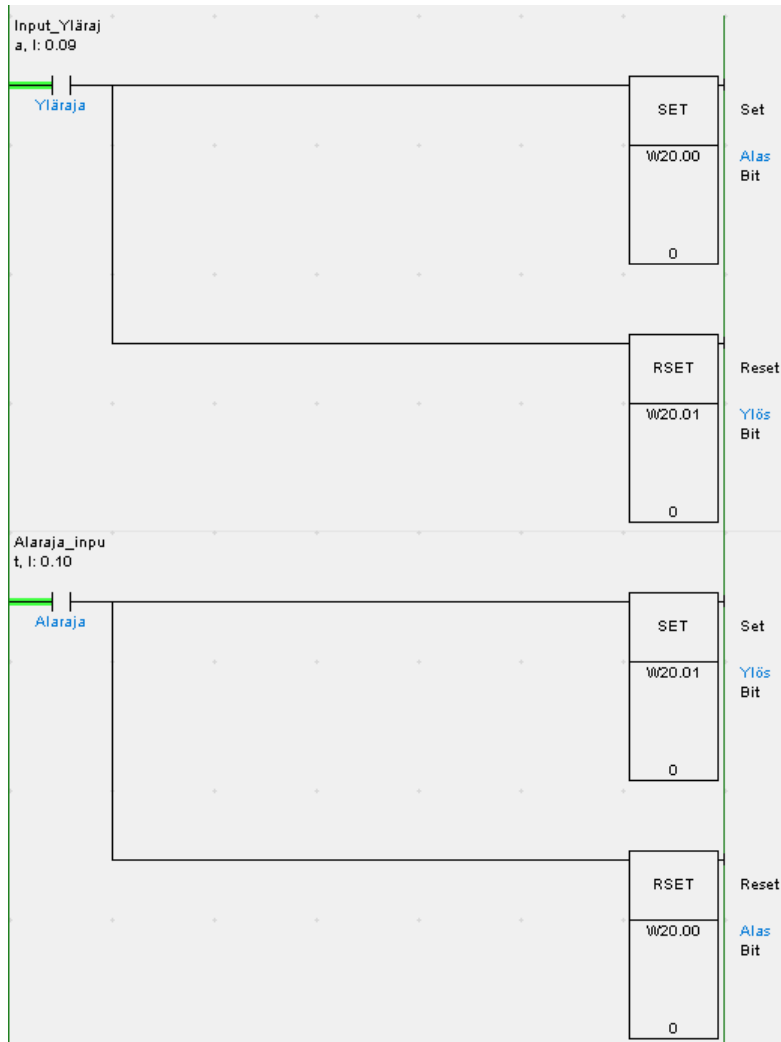
näytetyön aloittamista tapahtuneesta hydraulikkaventtiilin ohjauskelojen korjauksesta. Hydraulikkaventtiilissä olevat ohjauskelat olivat vaurioituneet ja niiden tilalle oli rakennettu uudet, erityyppiset ohjauskelat. Virheellisellä kokoonpanolla asennetut hydraulikkaventtiilin ohjauskelat eivät saavuttaneet pito asemaa. Veto tilanteessa vaihtovirtakeloissa kulki jatkuvasti kolminkertainen virta (atos, 2), joka aiheutti kelojen ylikuumentumisen ja vaurioitumisen. Virheellisen kokoonpanon vuoksi hydraulikkaventtiili jouduttiin vaihtamaan opinnäytetyön aikana uuteen. Uudessa hydraulikkaventtiilissä on tasavirtakelat, joiden kanssa ei tätä ongelmaa ole. Aikasuojauspiirin tehtäväksi jäi keskeyttää laitteen toiminta, jos liikkeelle asetettu aikaraja täyttyy (kuva 24).



KUVA 24. Kelojen aikasuojaus ohjausblokki

Kytkimen W5.00 ja W5.01 käynnistävät ajastimet T021 ja T022. Säädetyin ajan kuluttua ne aktivoivat kytkimet T021 ja T022, jotka aktivoivat ohjauspiirin aikakatkaisun kelalle W6.00 joka pysäyttää koneen toiminnan.

Rajat ohjausblokki ohjaa kiilaurakoneen hydraulikkaventtiilin ohjauskeloja. Terän liikkua ylöspäin se sulkee asetetussa kohdassa rajakytkimen, jolla ohjataan logiikan sisääntuloa 0.09. Terän liikkua alaspäin se sulkee asetetussa kohdassa rajakytkimen, jolla ohjataan logiikan sisääntuloa 0.10 (kuva 25).

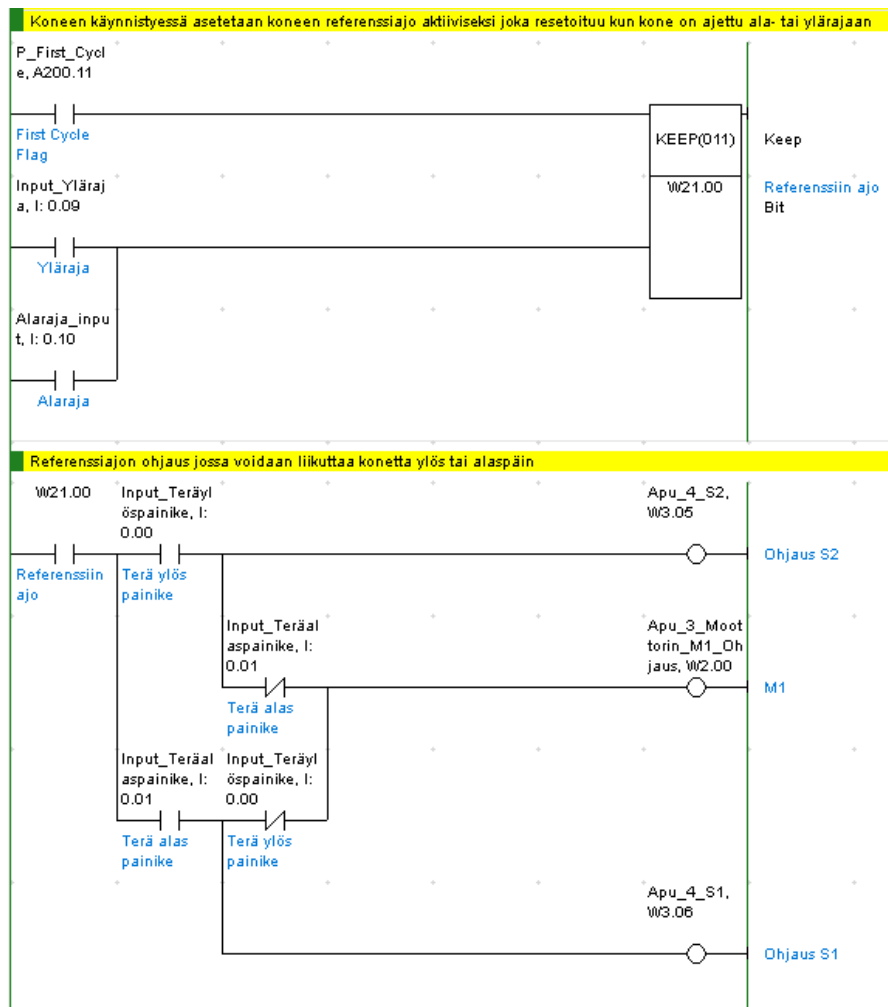


KUVA 25. Rajat ohjausblokki

Kytkimen 0.09 aktivoituessa SET asettaa muistipaikkaan W20.00 ykkösen ja RSET asettaa muistipaikkaan W20.01 nollan. Kytkimen 0.10 aktivoituminen asettaa W20.01 ykköseksi ja W20.00 nollaksi. Muistipaikoilla W20.00 ja W20.01 ohjataan terän ylös alas liikettä.

Referenssi ohjausblokissa terä ajetaan ylä- tai alarajaan. Referenssiajo estää koneen ajamisen pikaliikkeellä yli liikealueen. Referenssiajon jälkeen logiikkaohjaus tietää mihin suuntaan terää on mahdollista liikuttaa. Käynnistettäessä kiilaura-

kone aktivoituu A200.11 ensimmäisellä syklillä, joka aktivoi KEEP-piirin. Aktivoituessaan KEEP-piiri vaihtaa muistipaikan W21.00 tilan ykköseksi. Muistipaikalla W21.00 ohjataan Ready ohjausblokissa olevaa invertoitua kytkintä. W21.00 ollessa ykkönen konetta ei voi käyttää käsi- eikä automaattikäytöllä (kuva 26).



KUVA 26. Referenssi ohjausblokki

Muistipaikka W21.00 aktivoi referenssi ohjausblokissa olevan referenssiajon. Tällöin terää voidaan liikuttaa ylös tai alas ohjauspaneelin painikkeilla, jotka ohjaavat logiikan sisääntuloja 0.00 ja 0.01. Invertoidut kytkimet 0.00 ja 0.01 estävät ohjaussignaalin kulkemisen vastakkaissuuntaiselle kelalle. Terän liikkuessa joko ylä- tai alarajakytkimeen, ohjaussignaali kulkeutuu logiikan sisääntuloon 0.09 tai 0.10 jotka resetoivat KEEP-piirin, tämä asettaa muistipaikka W21.00 nolaksi ja konetta voidaan ohjata normaalisti.

4 JÄRJESTELMÄN RAKENTAMINEN

Järjestelmän rakentaminen pitää sisällään komponenttien asentamisen, johdotukset ja rakenteiden muutokset.

4.1 Koneen käyttöpaneeli

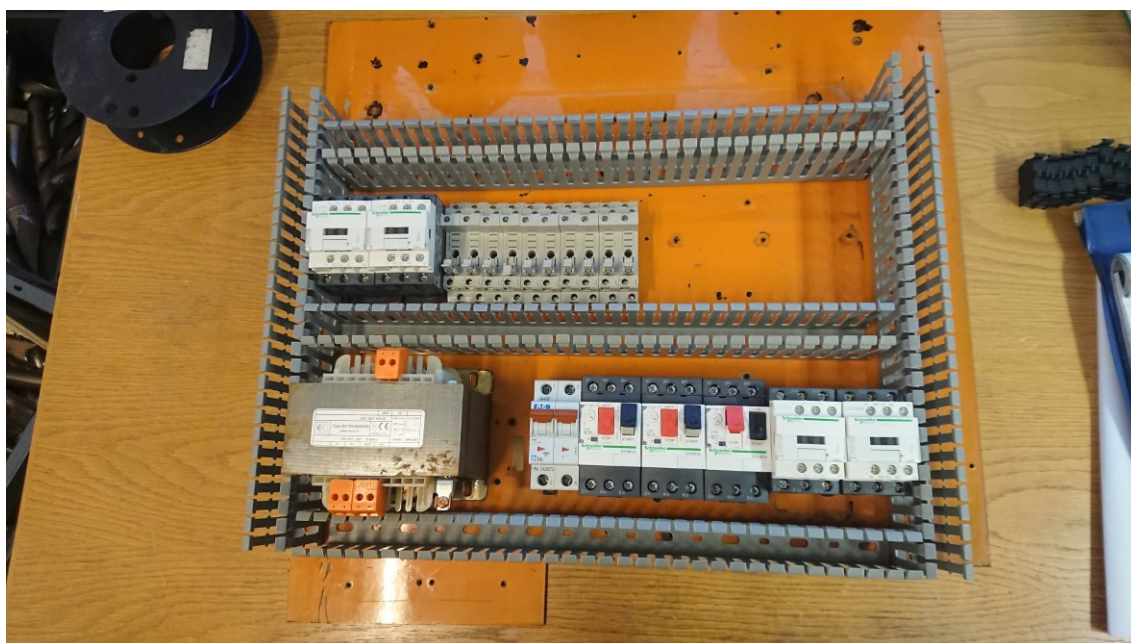
Koneen käyttöpaneeli (kuva 27) tehtiin uudelleen. Suunniteluun käytettiin Mastercam-ohjelmaa, jolla piirrettiin käyttöpaneelista 2-ulotteinen kuva. Paneeliin piirrettiin lukitusuralliset paikat kytkimille ja valoille. Lukitusurat pitävät kytkimet suunnitellussa asennossa, vaikka kiinnitysmutteri pääsisi löystymään. Käyttöpaneeli tehtiin 3 mm ruostumattomasta teräslevystä laserleikkenä. Laserilla tehtiin samalla myös merkinnät paneeliin. Paneelin uusiminen johtui nykyaikaisten kytkimien sopimattomuudesta vanhaan paneeliin. Vanha paneeli oli liian paksu ja kytkimien reiät olivat suuremmat, joka olisi vaatinut adapterien käyttämistä. Adapterien kanssa kytkimien kiinnityskierteet eivät olisi riittäneet. Lisäksi vanhassa paneelissa ei ollut lukitusuria kytkimille, joten ne olisivat saattaneet käytössä alkaa pyörimään aiheuttaen mekaanista rasitusta johtimille.



KUVA 27. Kiilaurakoneen ohjauspaneeli

4.2. Sähkökeskuksen valmistus

Komponentit aseteltiin pohjalevylle siten että layout olisi mahdollisimman helposti kaapeloitavissa. Samantyyppiset komponentit sijoitettiin ryhmiin (kuva 28). Pohjalevyn koko sekä sähkökaapin korkeus asetti komponenttien sijoitteluun omat vaatimuksensa. Ohjelmoitavan logiikan tehonlähde ei mahtunut sähkökaapin kannen alle kuten oli suunniteltu ja jouduttiin siirtämään levyn yläreunaan. Levyn yläreunaan jätettiin tilaa mahdollisille lisäkomponenteille, joka tuli tarpeeseen projektin edetessä. Komponenttien sijoittelussa pohjalevylle onnistuttiin siinä mielessä hyvin, että tarvittavat muutokset pystyttiin tekemään ilman järjestelmän uudelleen rakentamista.

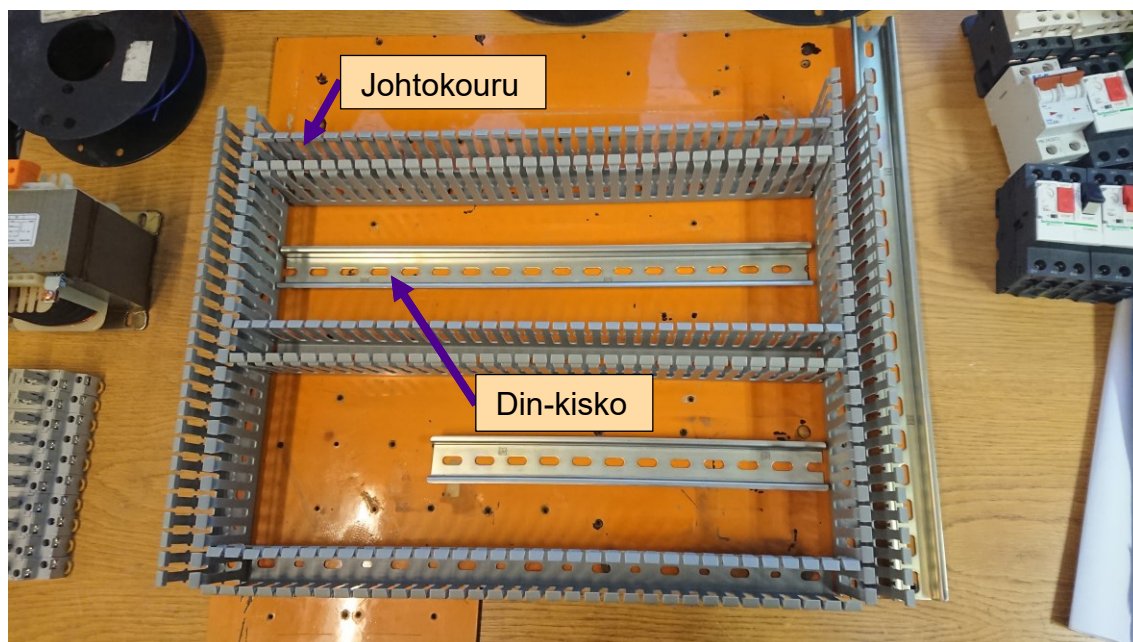


KUVA 28. Sähkökaapin layoutin suunnittelua

Komponenttien paino otettiin huomioon komponenttien sijoittelussa. Painavin yksittäinen komponentti sijoitettiin kiinnityspisteen lähelle, jolloin pohjalevyyyn kohdistuva rasitus on mahdollisimman pieni. Painopisteen sijoittuminen pohjalevyn alareunaan todettiin myös hyväksi asennettaessa pohjalevyä komponentteineen sähkökaappiin.

Komponenttien kiinnittämiseen käytettiin mahdollisuuksien mukaan Din-kiskoa. Kaapeleita varten asennettiin johtokourut. Komponenttien kiinnitys Din-kiskoon

helpottaa vikaantuneiden komponenttien korvaamista. Ruuvikiinnitteiset komponentit eivät aina ole eri valmistajilla yhteensopivia. Ruuvien käyttäminen sähkökaapissa on toisinaan työlästä (kuva 29).

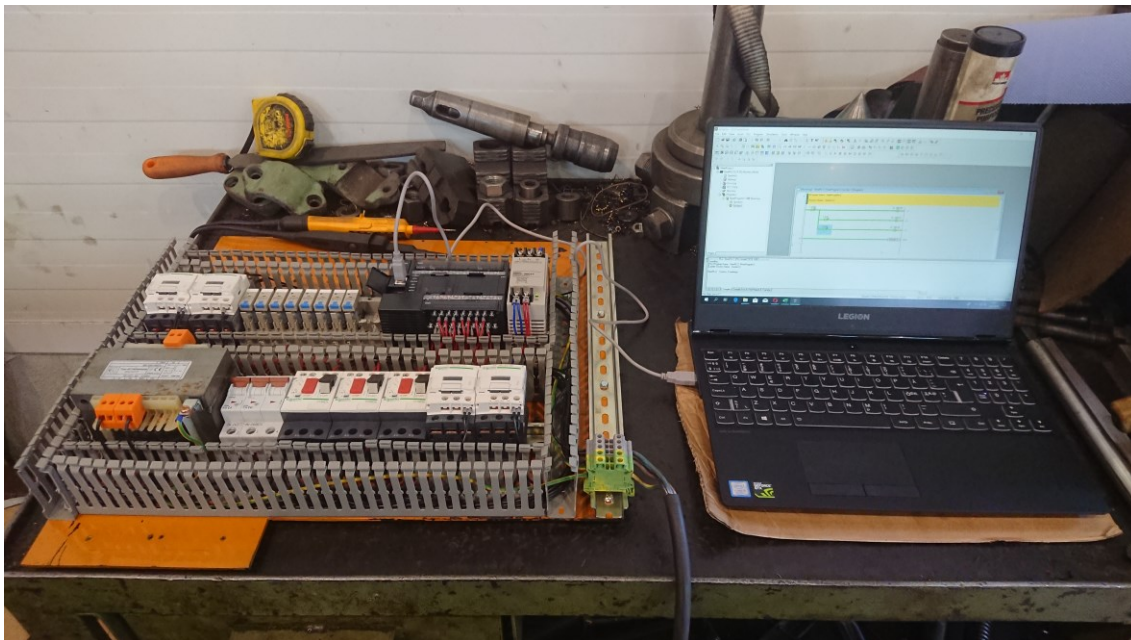


KUVA 29. Din-kiskojen ja johtokourujen asennus

Pohjalevyn oikeaan reunaan asennettiin riviliittimiä varten Din-kisko. Kaikki pohjalevylle tulevat ja pohjalevyltä lähtevät linjat kulkevat riviliittimien kautta. Kaikki pohjalevyllä olevat kytkennät pystyttiin tekemään valmiiksi ennen pohjalevyn asentamista sähkökaappiin. Tämä teki työstä helpompaa ja nopeutti kytkentöjen tekemistä. Järjestelmästä tuli modulaarisempi ja kaikki sähköiset ohjauskomponentit voidaan tarvittaessa korvata ilman pitkiä katkoksia tuotannossa. Piirikaavioiden ja osaluetteloiden mukaan voi valmistaa uuden ohjausyksikön pohjalevyineen, joka voidaan vaihtaa paikalleen suhteellisen nopeasti.

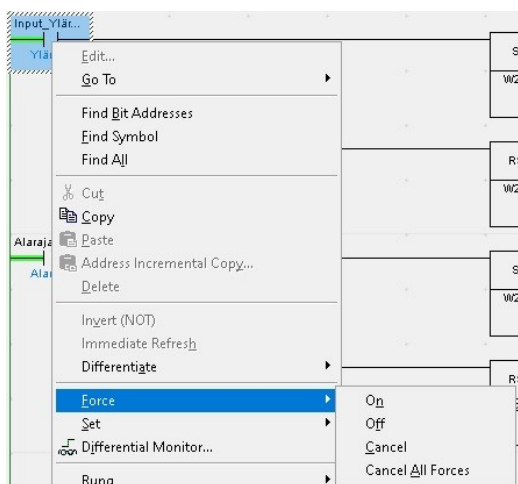
Komponentit asennettiin pohjalevylle suunnitellun layoutin mukaisesti. Kytkennät tehtiin noudattaen suunniteltuja piirikaavioita. Komponenttien kytkennän jälkeen siirryttiin tekemään CX-programmer:illa testiohjelmaa, jolla voitiin testata ohjausjärjestelmän toiminnallisuutta. Testausohjelmaksi tehtiin yksinkertainen PLC-ohjelma. Ohjelmassa voitiin ohjata ulostuloja vaihtamalla sisääntulojen tilaa. Testauskoonpano kytkettiin vikavirtasuojalla suojattuun 16 Ampeeriseen kolmivaiheisyttöön, josta saatiin tarvittava 400 V syöttöjännite ohjausjärjestelmälle. Oh-

ohjelmoitava logiikka kytkettiin USB-kaapelin välityksellä tietokoneeseen, jolla ohjattiin testiohjelman toimintoja (kuva 30). Koska ohjelmoitavaan logiikkaan ei ollut vielä kytkettynä yhtään sisääntuloa niin ohjaus tehtiin CX-programmer:illa sisääntulojen tilaa muuttamalla.



KUVA 30. Ohjausjärjestelmän testaus

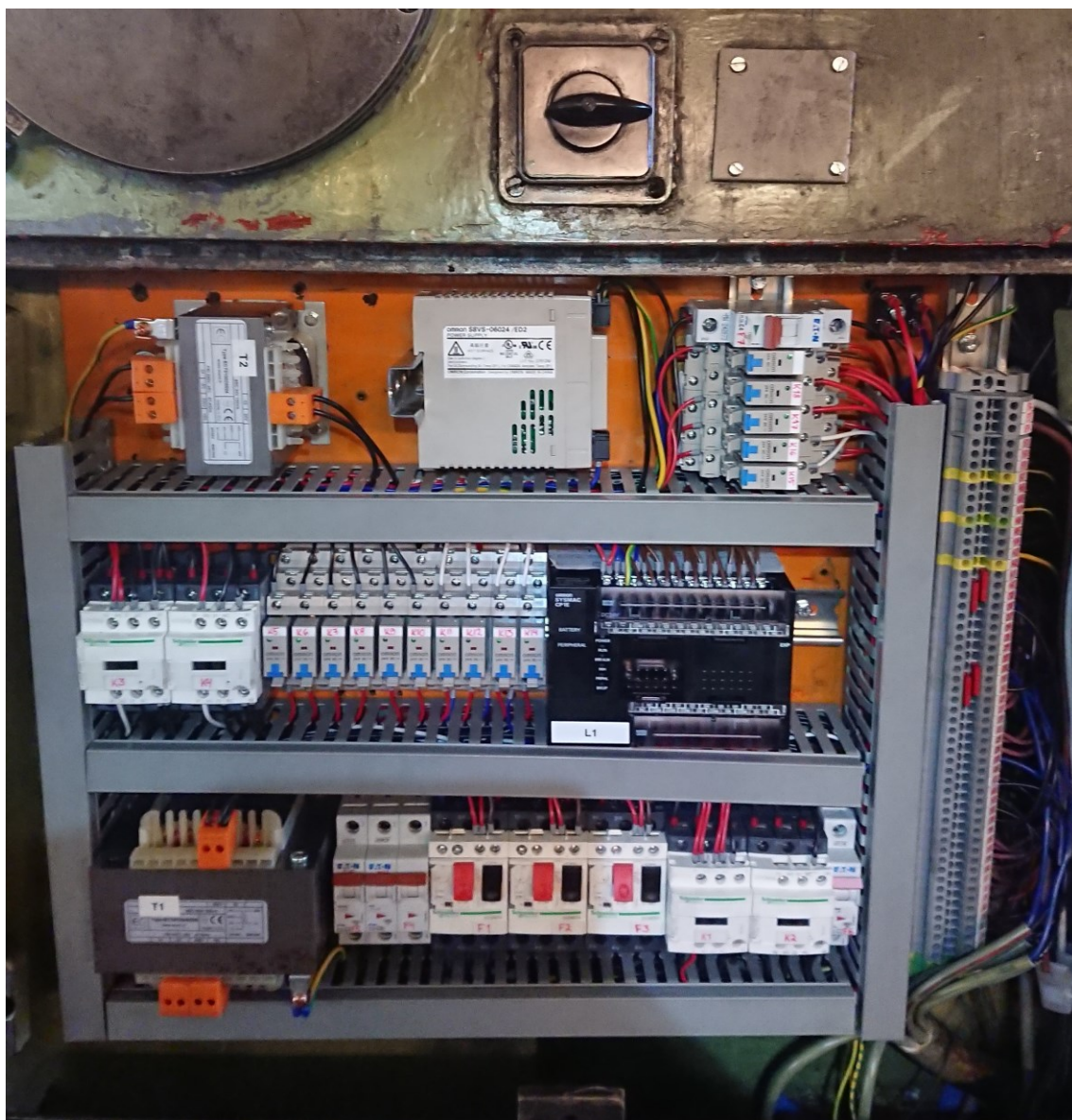
PLC-ohjelmassa olevien kytkimien (Connect) tila voidaan pakottaa haluttuun tilaan (kuva 31). Ohjelmoitavassa logiikassa oleva ohjelma ladataan CX-programmer:iin ja yhdistetään se ohjelmoitavaan logiikkaan, jolloin ohjelman toimintaa voidaan seurata tietokoneen ruudulta.



KUVA 31. Kytkimen tilan vaihtaminen CX-programmer:illa

Kytkimen tilan vaihtaminen tapahtuu seuraavasti Cx-programmer:issa, kytkimen päältä avautuvasta valikosta valitaan Force kohdan alta haluttu tila, josta se voidaan myös vapauttaa. Toimintoa voi hyödyntää järjestelmän testauksessa rakennusvaiheessa sekä vianhaussa valmiissa järjestelmässä.

Järjestelmän testauksen jälkeen kytkennät tehtiin loppuun ja ohjausjärjestelmä asennettiin laitteessa sijaitsevaan sähkökaappiin (kuva 32). Järjestelmän layout on pääpiirteittäin sama kuin pohjalevyllä tehty suunnitelma.



KUVA 32. Ohjausjärjestelmä asennettuna paikalleen sähkökaapissa

Ohjelmoitavan logiikan tehonlähde on siirretty pois logiikan vierestä ja asennettu pohjalevyn yläreunaan kyljelleen koska se oli liian korkea mahtuakseen sähkökaapin kannen alle pystyssä. Pohjalevyn yläreunaan on sijoitettu toinen tehonlähde sekä tasasuuntaaja, jota käytetään solenoidien ja magneettiventtiilien tehonsyöttöön.

5 POHDINTA

Ohjausjärjestelmän modernisointi onnistuttiin toteuttamaan tilaajan toiveiden mukaiseksi. T:mi Kari Himanen ohjasi tarpeen vaatiessa työtä oikeaan suuntaan mutta antoi opinnäytetyön tekijän suunnitella ja toteuttaa järjestelmää oman osaamisensa mukaisesti. Projekti oli lähtökohdiltaan tekijälleen haasteellinen, puutteellisen dokumentaation ja laitteen toimimattomuuden sekä tekijän kokemattomuuden johdosta. Lähtökohtaisesti tällaiseen projektiin ryhdyttäessä on tarkkaan harkittava, onko toteuttaminen taloudellisesti kannattavaa. Laitteen kunto on ratkaisevana tekijänä. Ensin kannattaa selvittää mitä kaikkia kunnostettavia kohteita laitteessa on. Tarvitseeko laite myös mekaanista kunnostusta. Opinnäytetyöstä rajattiin pois laitteen hydraulijärjestelmässä sijainneet ongelmat sekä mekaaniset ongelmat koska opinnäytetyö tehtiin sähköisen ohjauksen modernisoinnista. Laitteeseen tehtiin vielä muutoksia hydraulikkaventtiilin ohjaukkelojen tyyppin vaihtamisen takia. Näitä muutoksia ei ole sisällytetty tähän opinnäytetyöhön, vaikka siitä on maininta PLC-ohjelma osuudessa.

Opinnäytetyön seurauksena laitteesta saatiin sähköisesti toimiva kokonaisuus. Laitteessa on aiempaa helpommin korjattavissa oleva sähköinen ohjausjärjestelmä sekä dokumentaatio laitteen sähköisistä komponenteista.

Opinnäytetyössä käytettiin riittävän laaja-alaisesti teoriassa opittuja asioita sähkö- ja automaatiotekniikan aloilta, joten työn valinta on ollut onnistunut. Projekti oli opinnäytetyön tekijän kannalta mielenkiintoinen ja ammatillisesti kehittävä. Kirjallisen osuuden tekeminen käytännön sovelluksesta osoittautui haasteelliseksi.

LÄHTEET

ABB MS116-10 Time-Current Characteristic Curve. Luettu 4.3.2021
<https://new.abb.com/products/1SAM250000R1010/ms116-10-manual-motor-starter#documentLink>

ABB Pehmökäynnistinopas. Luettu 4.3.2021. https://library.e.abb.com/public/d11f99611045fef8c125796e00473a8a/OPAS%20Pehmokaynnistys%20FI12_01.pdf

Atos Solenoid directional valves. Luettu 16.5.2021 <https://www.atos.com/tables/english/E025.pdf>

Aura, L. & Tonteri, A. 2009 Teoreettinen sähkötekniikka

CX-One ja logiikkaohjelmointi 2011 - myOMRON <https://www.myomron.com/downloads/9.Local%20Material/Finnish/CX-One%20ja%20logiikkaohjelmointi%202011.pdf>

Hager Tekniset tiedot johdonsuojakatkaisijat. Luettu 4.3.2021.
<https://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/johdonsuojakatkaisijat-tekni-set-tiedot-11fi0211.pdf>

Inkinen, P & Tuohi, J. Momentti 2 2003

Mäkelä, M & Soininen, L & Tuomola, S & Öistämö, J. Tekniikan kaavasto 4.painos 2002

Schneider Electric Motor Protection Circuit Breaker - GV2M Series data sheet. Luettu 3.3.2021 <https://docs.rs-online.com/1b02/0900766b81395e4a.pdf>

SYSMAC CP Series CP1E CPU Unit Software USER'S MANUAL. Luettu 2.8.2020. https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v2/e480_cp1e_users_manual_en.pdf

Tehomuuntajat. ABB:n TTT-käsikirja 2000–07

Trafomic muuntaja yleisesti. Luettu 6.3.2021 <https://www.trafomic.fi/muuntaja-yleisesti>

Valtanen, E. Tekniikan taulukkokirja 2019

LIITTEET

Liite 1. Osaluettelo

TUNNUS	OSAN TYYPPI	MALLI	LISÄOSA / POHJA
L1	Controller	Omron SYSMAC CP1E	
P1	Power	Omron S8VS-06024	
T1	Transformer	ECT0500400230	
T2	Transformer	ECT010023024	
F1	Circuit breaker + additif frontal	Schneider Electronic GV2ME14	Schneider Electronic GVAE11
F2	Circuit breaker + additif frontal	Schneider Electronic GV2ME06	Schneider Electronic GVAE11
F3	Circuit breaker + additif frontal	Schneider Electronic GV2ME06	Schneider Electronic GVAE11
F4	Circuit breaker	Eaton xPole PLS6-C4/2	
F5	Circuit breaker	Eaton xPole PLS6-C4	
F6	Circuit breaker	Eaton xPole PLS6-C2	
F7	Circuit breaker	Eaton xPole PLS6-C4	
K1	Contacteur	Schneider Electronic LC1D18	
K2	Contacteur	Schneider Electronic LC1D09	
K3	Contacteur	Schneider Electronic LC1D09	
K4	Contacteur	Schneider Electronic LC1D09	
K5	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K6	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K7	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K8	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K9	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K10	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K11	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K12	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K13	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K14	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K15	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K16	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K17	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K18	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E
K19	Relay + Relay socket	Omron 24 V DC G2R-1-SND1	Omron P2RF-05-E

Liite 2. IO-lista

FROMAG RA 70/750 KIILAUURAKONEEN IO-LISTA

INPUT		OUTPUT		
0.00	Terä ylös manuaali	100.00	K5	Kontaktori K1, Moottorin M1 ohjaus
0.01	Terä alas manuaali	100.01	K6	Kontaktori K2, Moottorin M2 ohjaus
0.02	Terä aineesta pois päin manuaali	100.02	K7	Kontaktori K3, Moottorin M3 ohjaus myötäpäivään
0.03	Terä aineeseen manuaali	100.03	K8	Kontaktori K4, Moottorin M3 ohjaus vastapäivään
0.04	Automaattiajon käynnistys	100.04	K9	Hydrauliventtiin ohjaus ylös
0.05	Valintakytkin automaattiajo	100.05	K10	Hydrauliventtiin ohjaus alas
0.06	Valintakytkin käsikäyttö	100.06	K11	Kytkin, syvyys
0.07	Stop	100.07	K12	Syvyys, Syöttö
0.08	Stop	101.00	K13	Syvyys, Irroitus
0.09	Terän alaraja	101.01	K14	Terä ylös manuaali nappulaan Merkkivalo ja Vikavalo F1, F2, F3
0.10	Terän yläraja	101.02	K15	Terä alas manuaali nappulaan Merkkivalo ja Vikavalo F1, F2, F3
0.11	Uran lopetus syvyys	101.03	K16	Automaattiajon merkkivalo
1.00	Uran aloitus syvyys			
1.01	Painevahti			
1.02	F1.14			
1.03	F2.14			
1.04	F3.14			
1.05	K19.14			

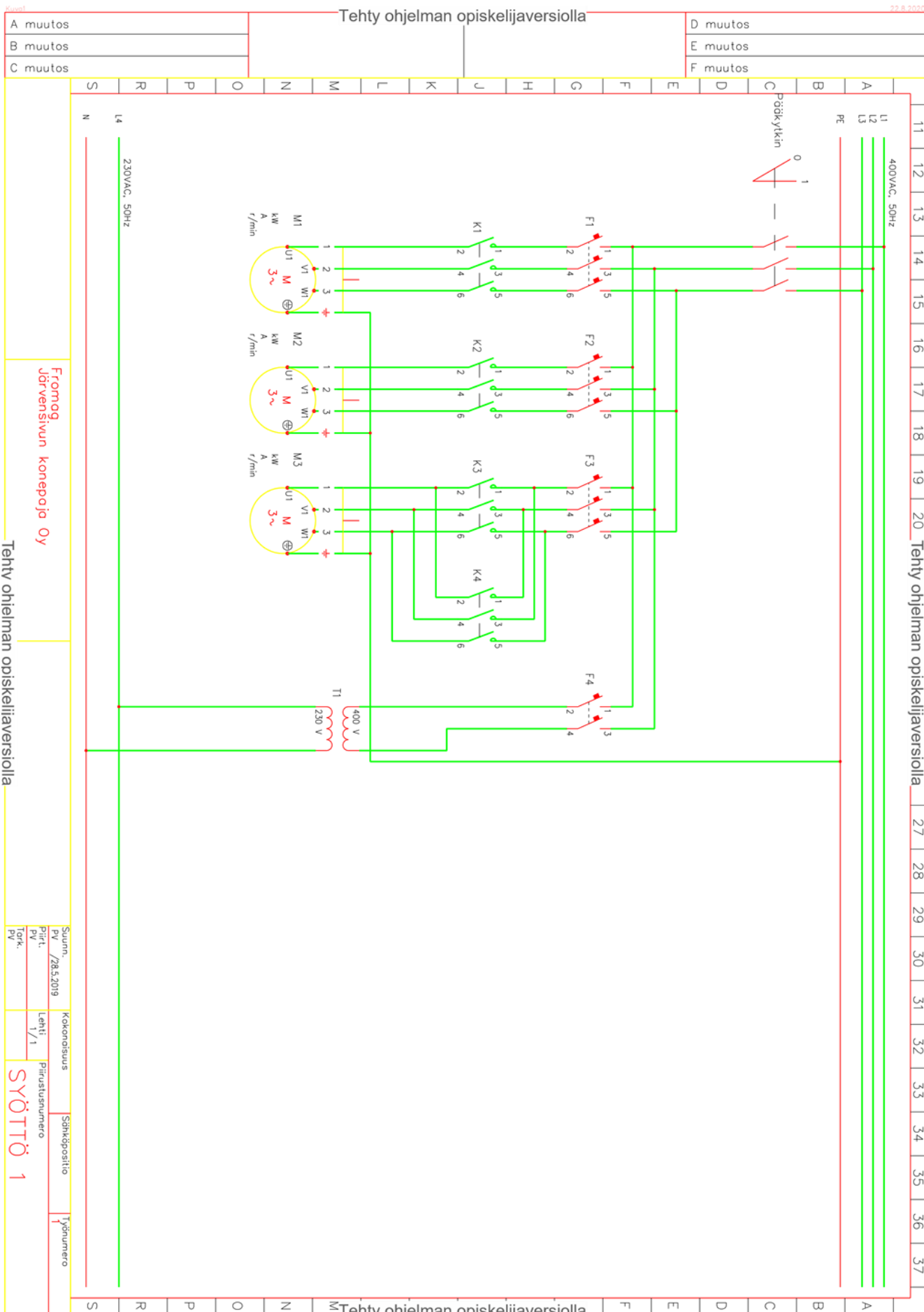
Liite 3. Riviliittimen X1 kytkentä

Kytkeänpiste keskuksessa	Riviliittimen numero	Kytkeänpiste
PE	1	PE
PE	2	PE
L1	3	L1
L2	4	L2
L3	5	L3
0.00	6	Käyttöpaneeli terä ylös
0.01	7	Käyttöpaneeli terä alas
0.02	8	Käyttöpaneeli uran syvyys pienempi
0.03	9	Käyttöpaneeli uran syvyys suurempi
0.04	10	Käyttöpaneeli Automaattiajon käynnistys
0.05	11	Käyttöpaneeli Valintakytkin automaattiajo
0.06	12	Käyttöpaneeli Valintakytkin käsikäyttö
0.07	13	Käyttöpaneeli Stop
0.08	14	Käyttöpaneeli Stop
0.09	15	Terän yläraja
0.10	16	Terän alaraja
0.11	17	Uran lopetussyvyys
1.00	18	Uran aloitussyvyys
1.01	19	Painevahti
K11	20	Kytin syvyyden pikaliike
K12	21	Syvyys, syöttö
K13	22	Syvyys, irroitus
K14	23	Terä ylös painikkeen merkkivalo
K15	24	Terä alas painikkeen merkkivalo
K16	25	Automaattiajon käynnistypainikkeen merkkivalo
K4.14	26	Terä aineesta pois päin painikkeen merkkivalo
K3.14	27	Terä aineeseen päin painikkeen merkkivalo
DC 24 V -	28	Käyttöpaneelin DC 24 V -
DC 24 V +	29	Terän ylä- ja alarajalle DC 24 +
DC 24 V +	30	Uran syvyyden lopetus- ja aloitusrajalle DC 24 +
DC 24 V +	31	Käyttöpaneelin DC 24 V +
DC 24 V +	32	Painevahti
AC 230 V N	33	Hydrauliiventtiin ohjaus solenoidi AC 230 N
K9	34	Hydrauliiventtiin ohjaus ylös AC 230
K10	35	Hydrauliiventtiin ohjaus alas AC 231
K17	36	Lukitus/Avaus
K18	37	Lukitus/Avaus
DC 24 V -	38	Kytin pikaliike
DC 24 V -	39	Syöttö/Irroitus
DC 24 V -	40	Lukitus/Avaus
DC 24 V -	41	Lukitus/Avaus
PE	42	M1.PE
K1.L1	43	M1.L1
K1.L2	44	M1.L2
K1.L3	45	M1.L3
PE	46	M2.PE
K2.L1	47	M2.L1
K2.L2	48	M2.L2
K2.L3	49	M2.L3
PE	50	M3.PE
K3.L1	51	M3.L1
K3.L2	52	M3.L2
K3.L3	53	M3.L3

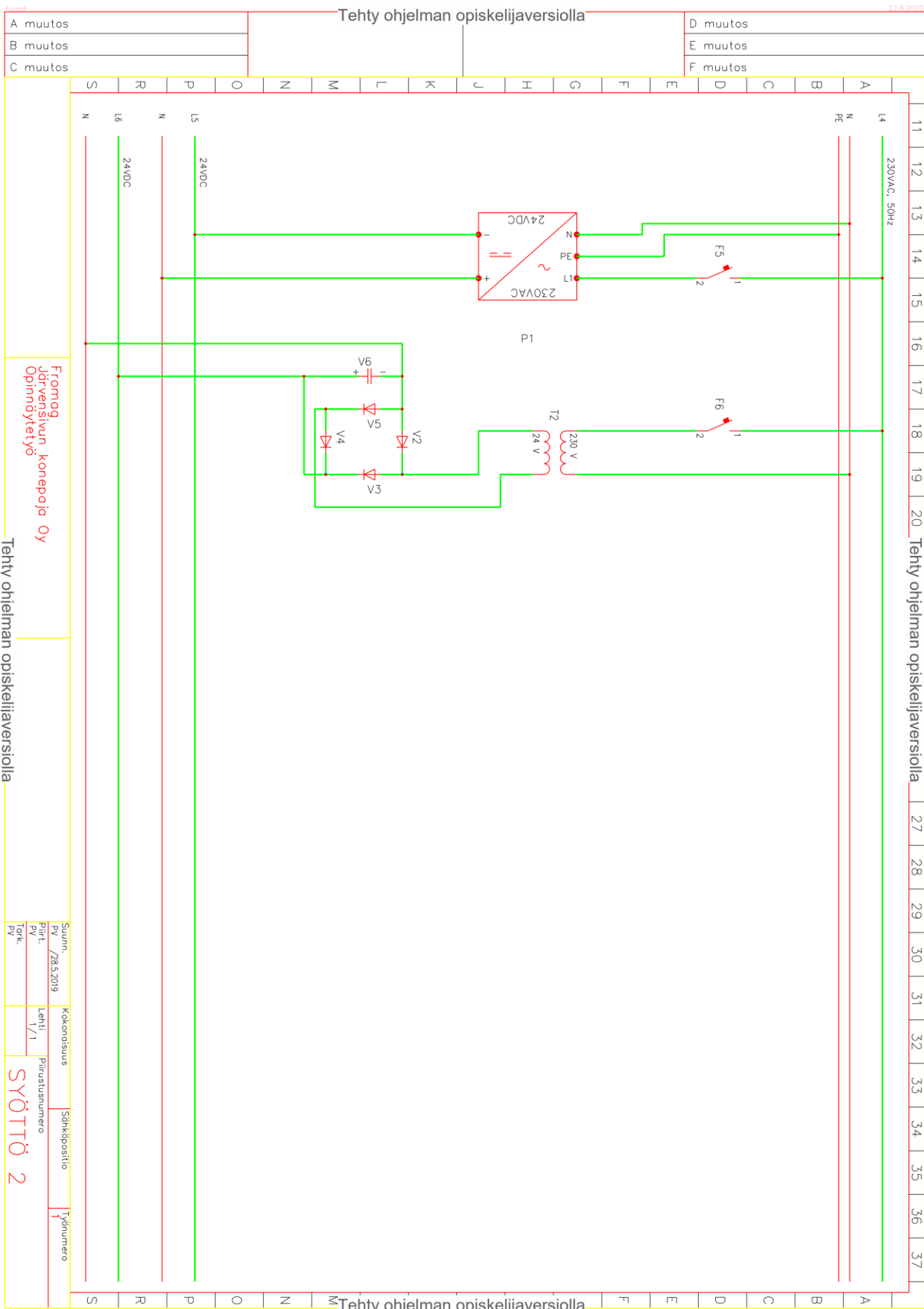
Liite 4. Liittimen X2 kytkentä

KytKentäpiste keskuksessa	Riviliitin X1 numero	Liitin X2	KytKentäpiste
PE	2		PE
0.00	6	1	Käyttöpaneeli terä ylös
0.01	7	2	Käyttöpaneeli terä alas
0.02	8	3	Käyttöpaneeli uran syvyys pienempi
0.03	9	4	Käyttöpaneeli uran syvyys suurempi
0.04	10	5	Käyttöpaneeli Automaattiajon käynnistys
0.05	11	6	Käyttöpaneeli Valintakytkin automaattiajo
0.06	12	7	Käyttöpaneeli Valintakytkin käsikäyttö
0.07	13	8	Käyttöpaneeli Stop
0.08	14	9	Käyttöpaneeli Stop
K14	23	10	Terä ylös painikkeen merkkivalo
K15	24	11	Terä alas painikkeen merkkivalo
K16	25	12	Automaattiajon käynnistypainikkeen merkkivalo
K4.14	26	13	Terä aineesta pois päin painikkeen merkkivalo
K3.14	27	14	Terä aineeseen päin painikkeen merkkivalo
DC 24 V -	28	15	Käyttöpaneelin DC 24 V -
DC 24 V +	31	16	Käyttöpaneelin DC 24 V +

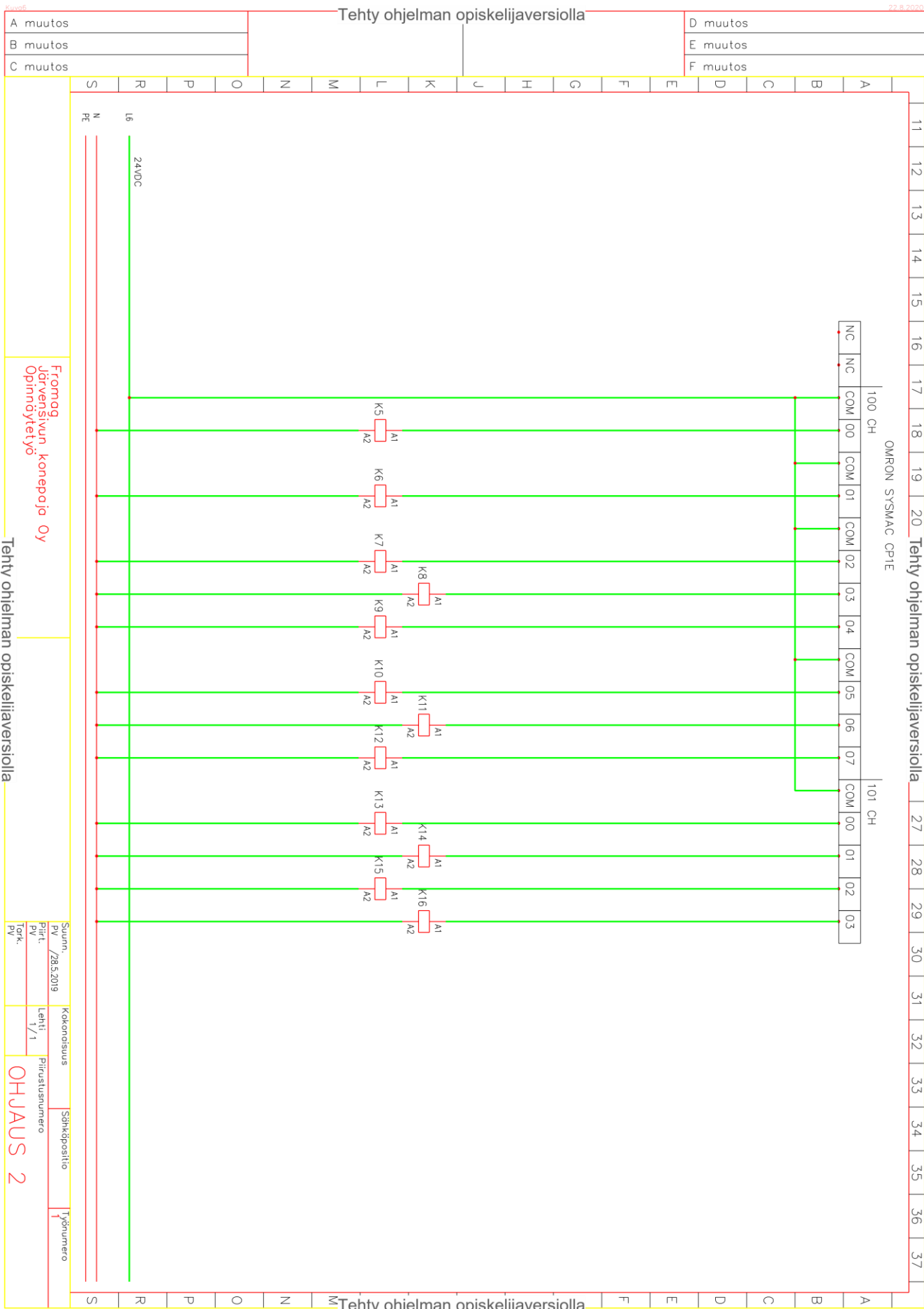
Liite 5. Piirikaavio Syöttö 1



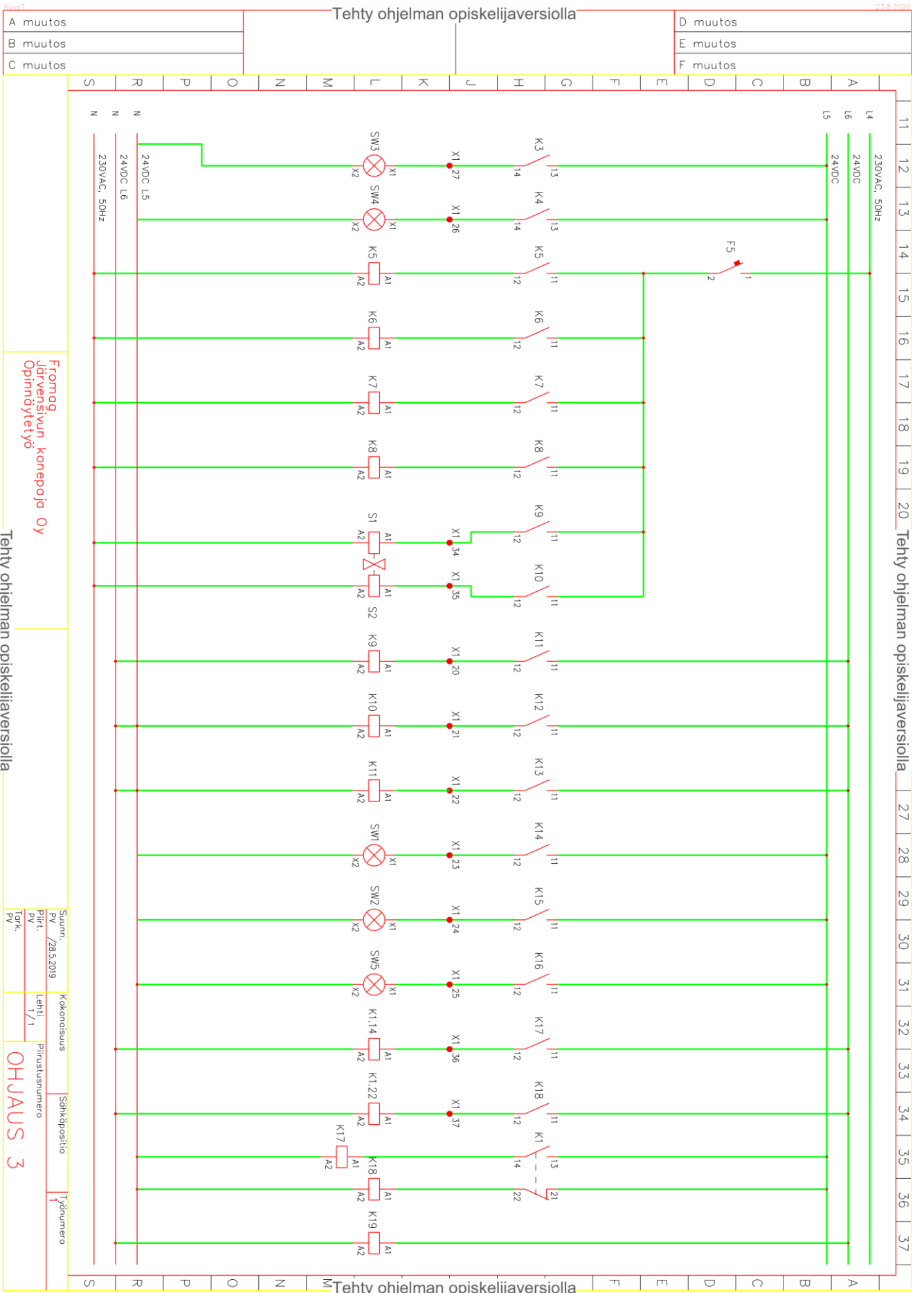
Liite 6. Piirikaavio Syöttö 2



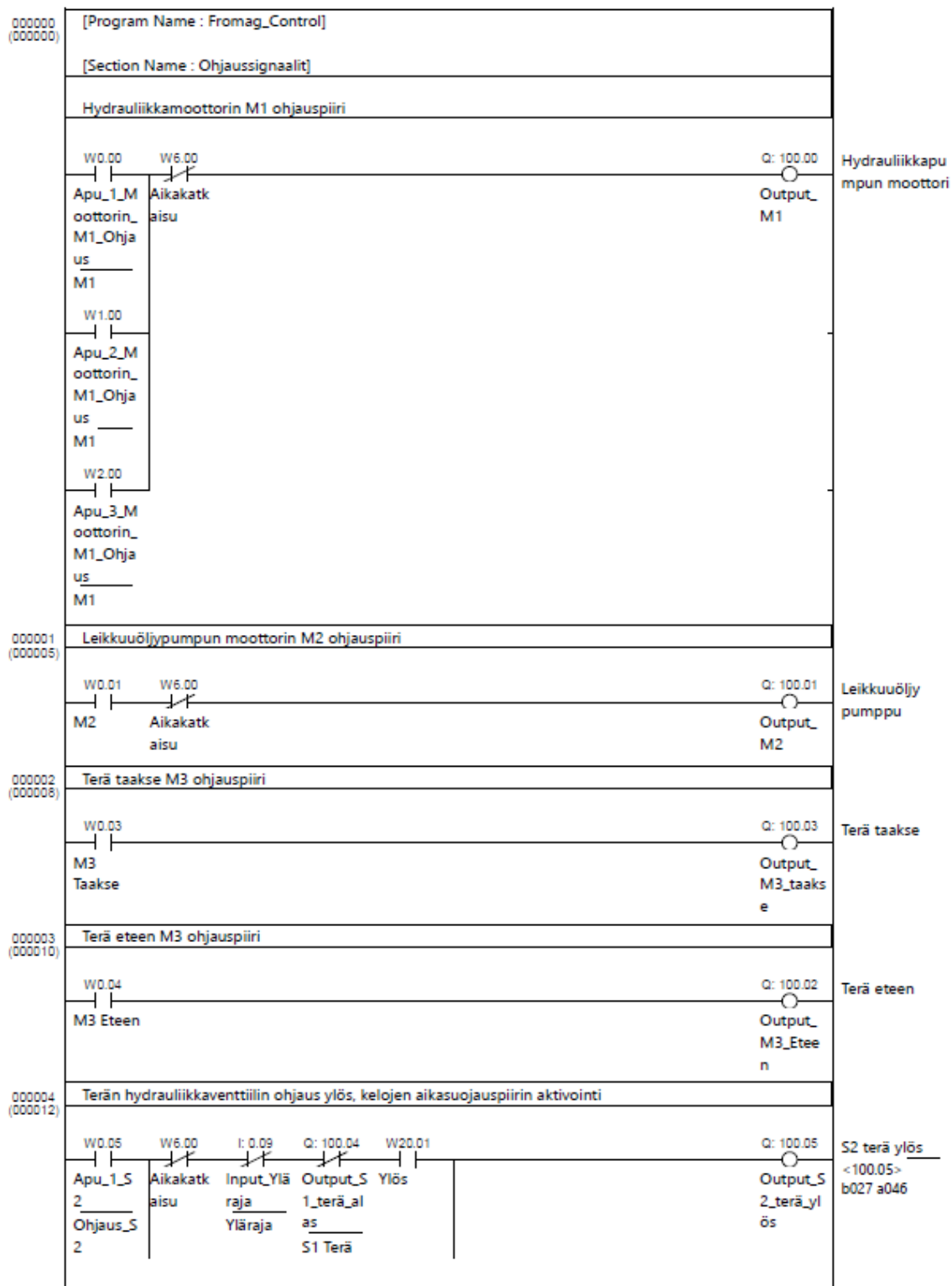
Liite 8. Piirikaavio Ohjaus 2

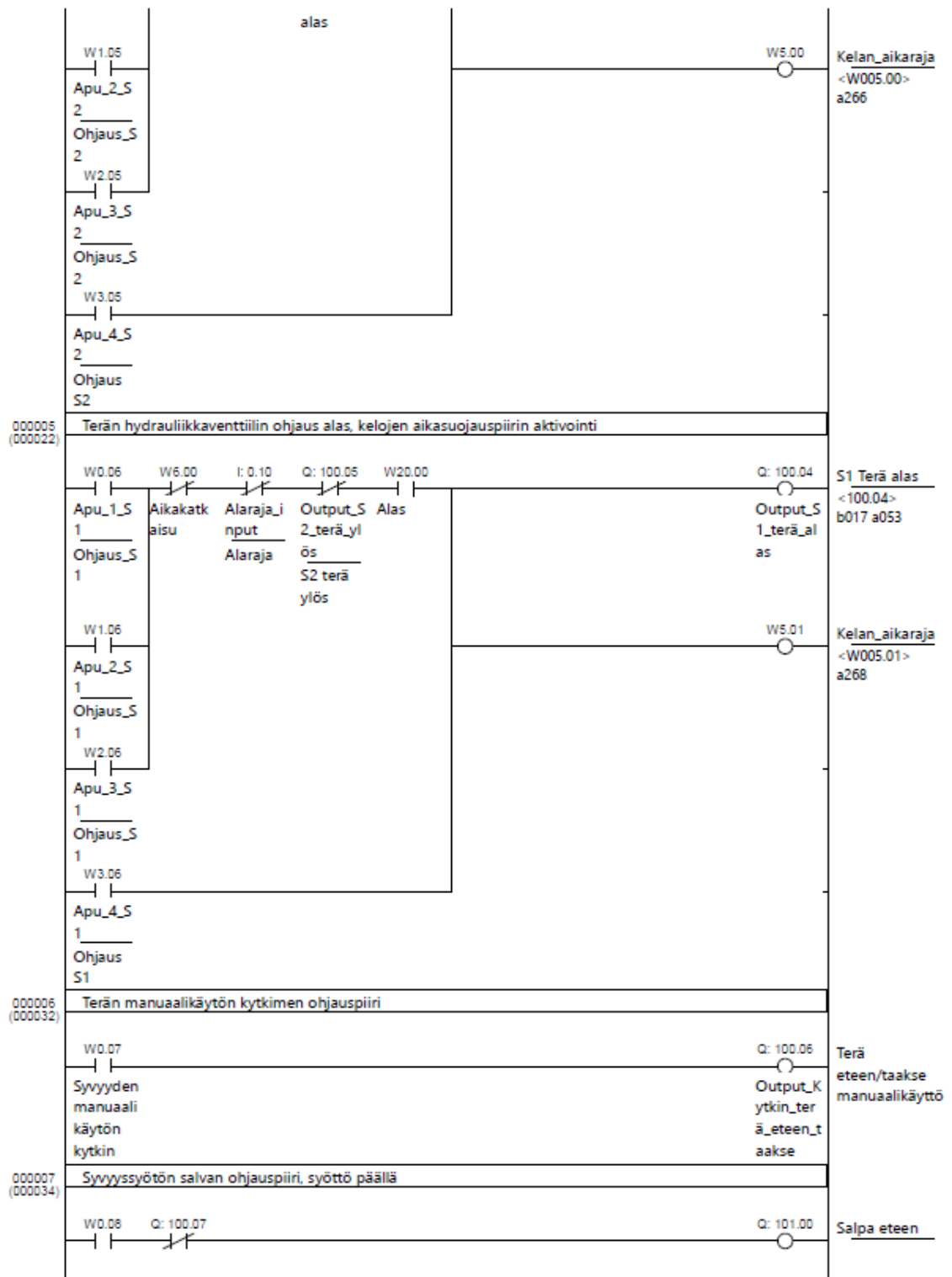


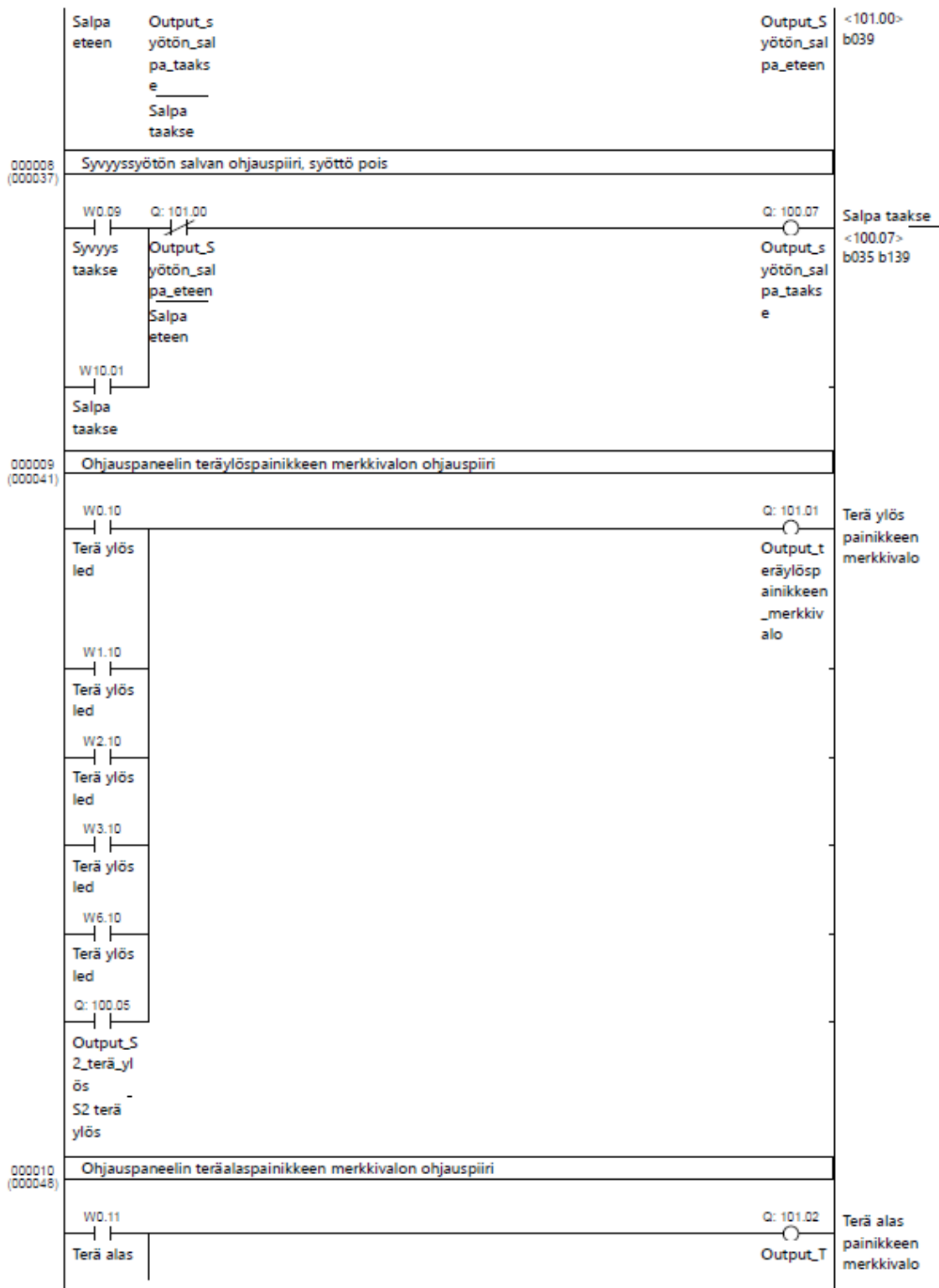
Liite 9. Piirikaavio Ohjaus 3

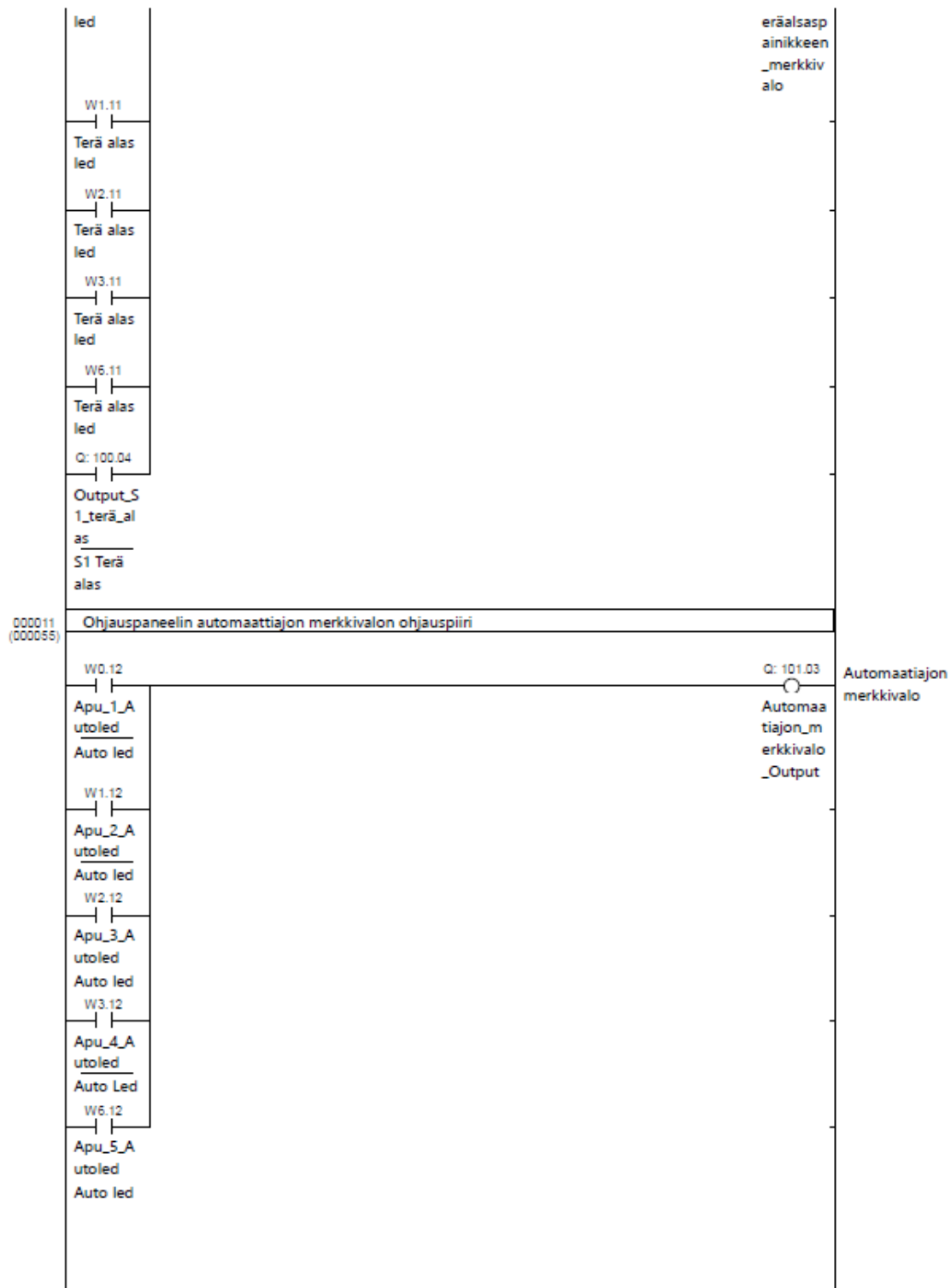


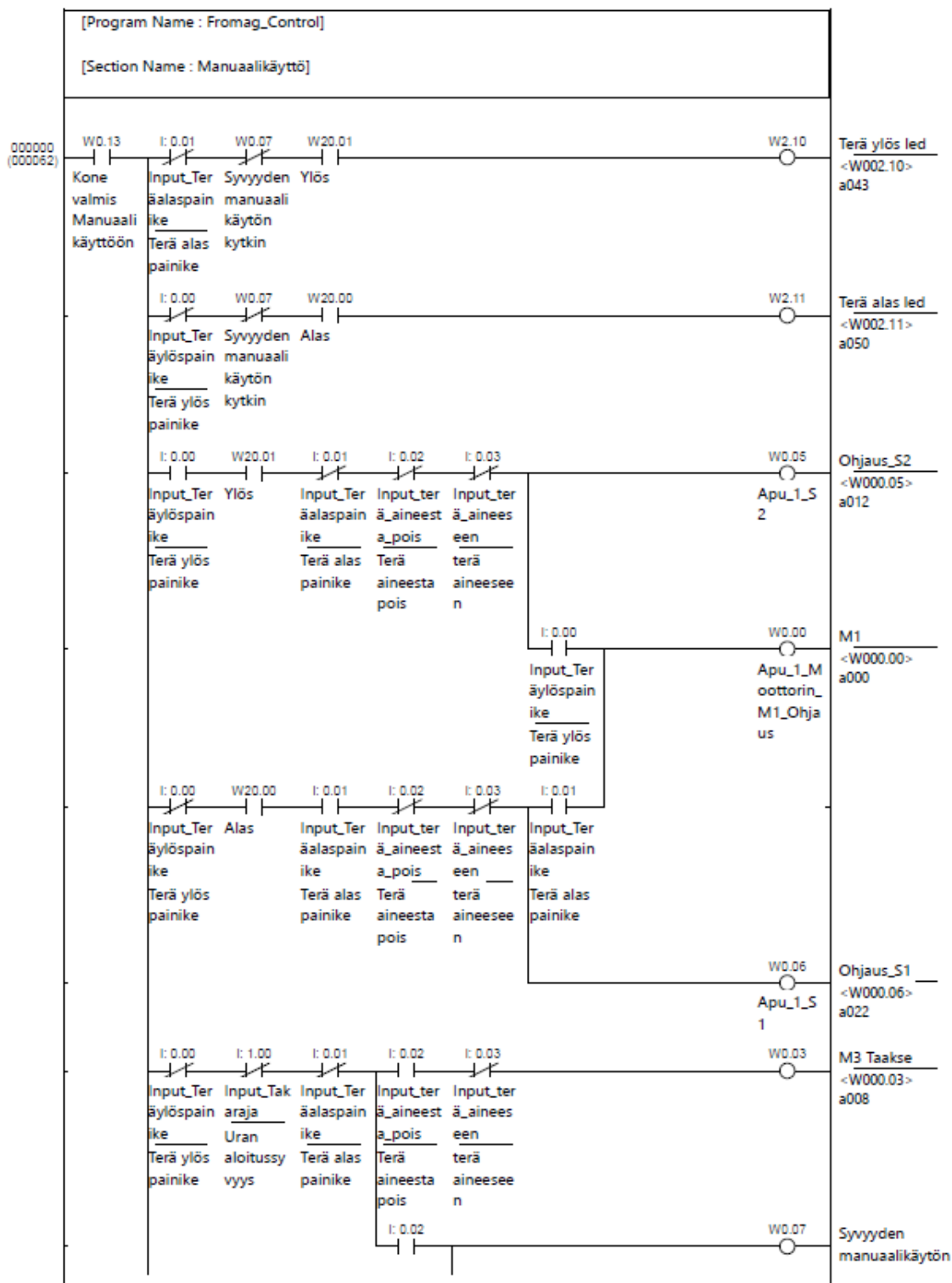
Liite 10. PLC-ohjelma 24 sivua

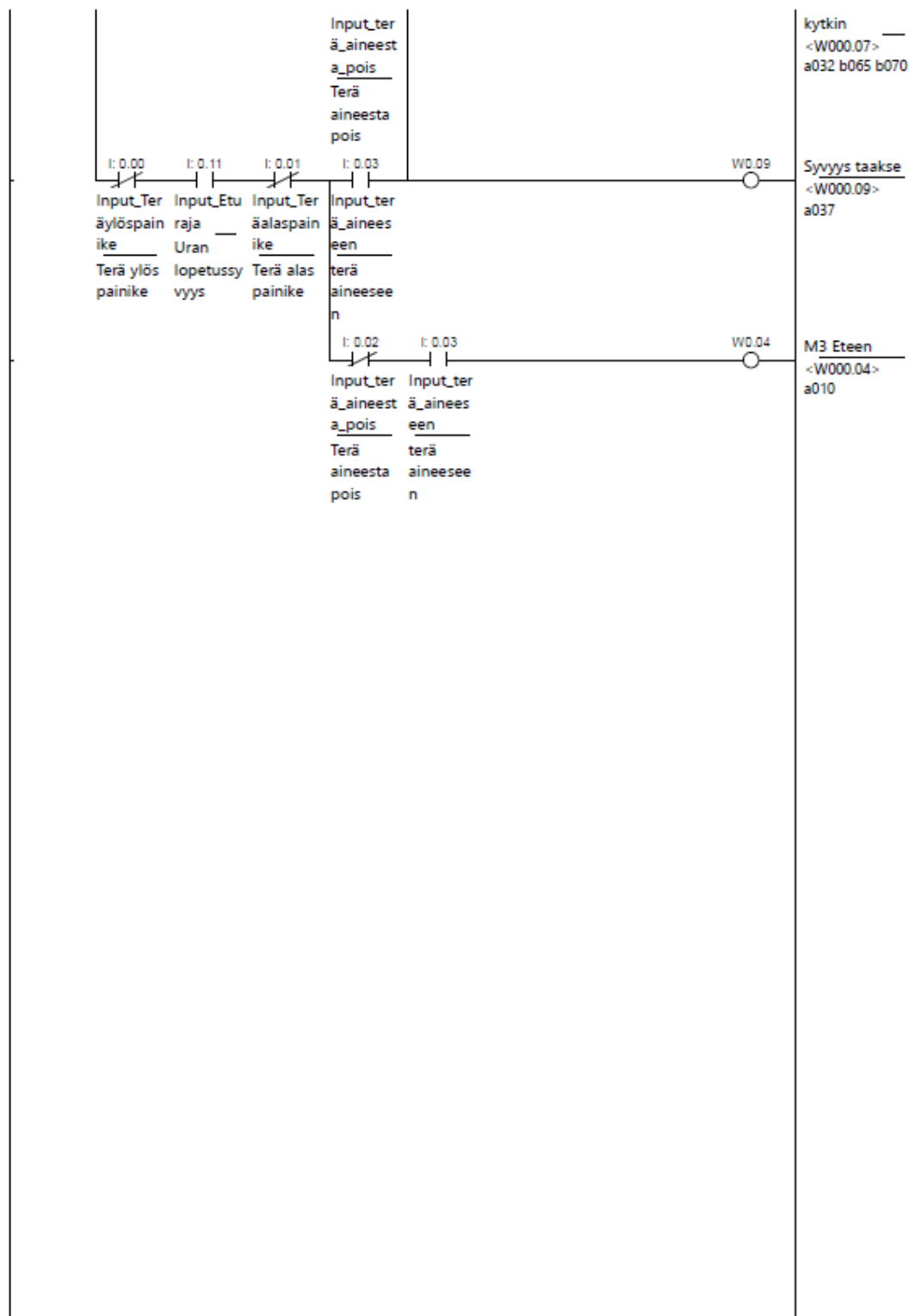


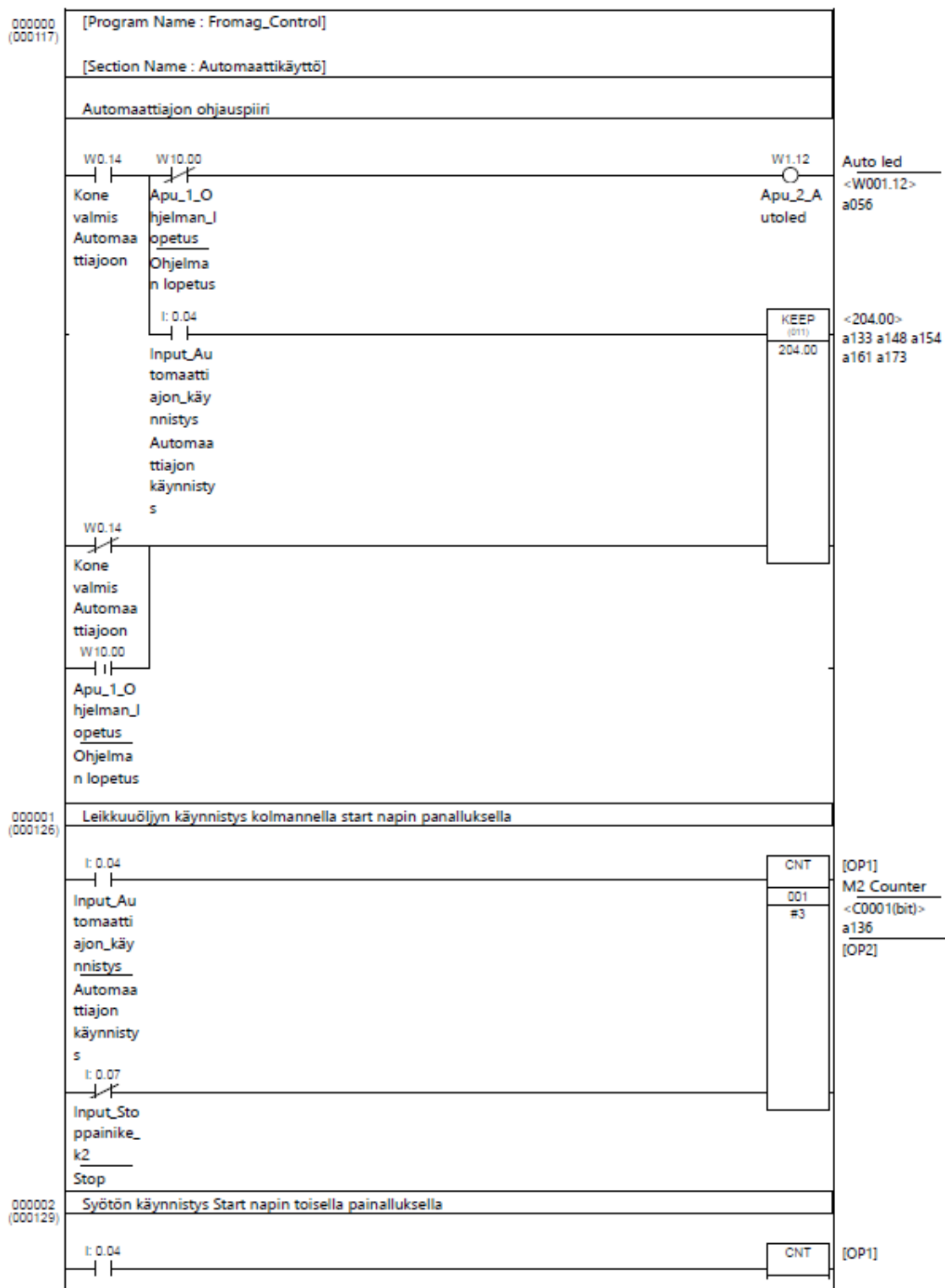


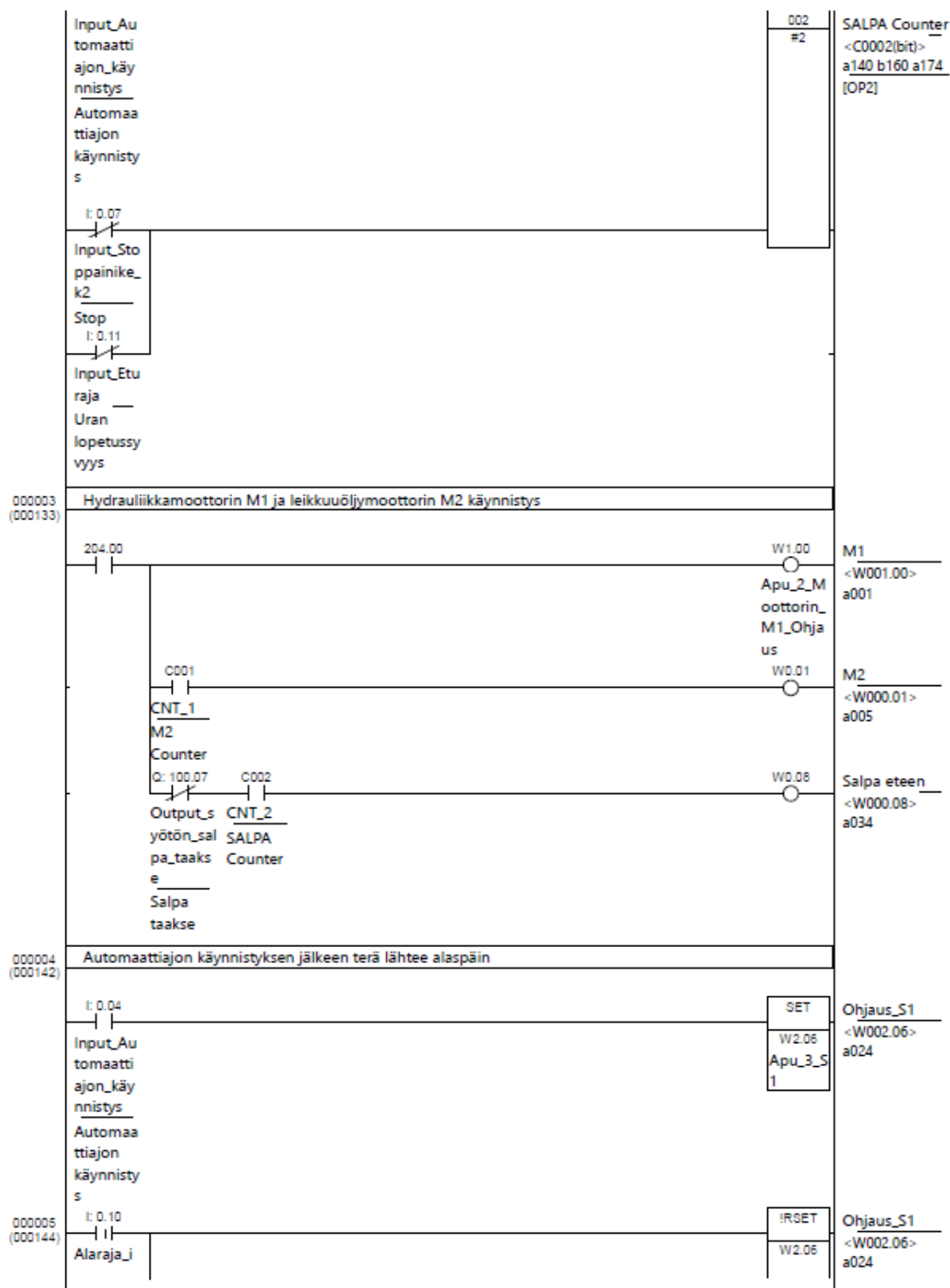


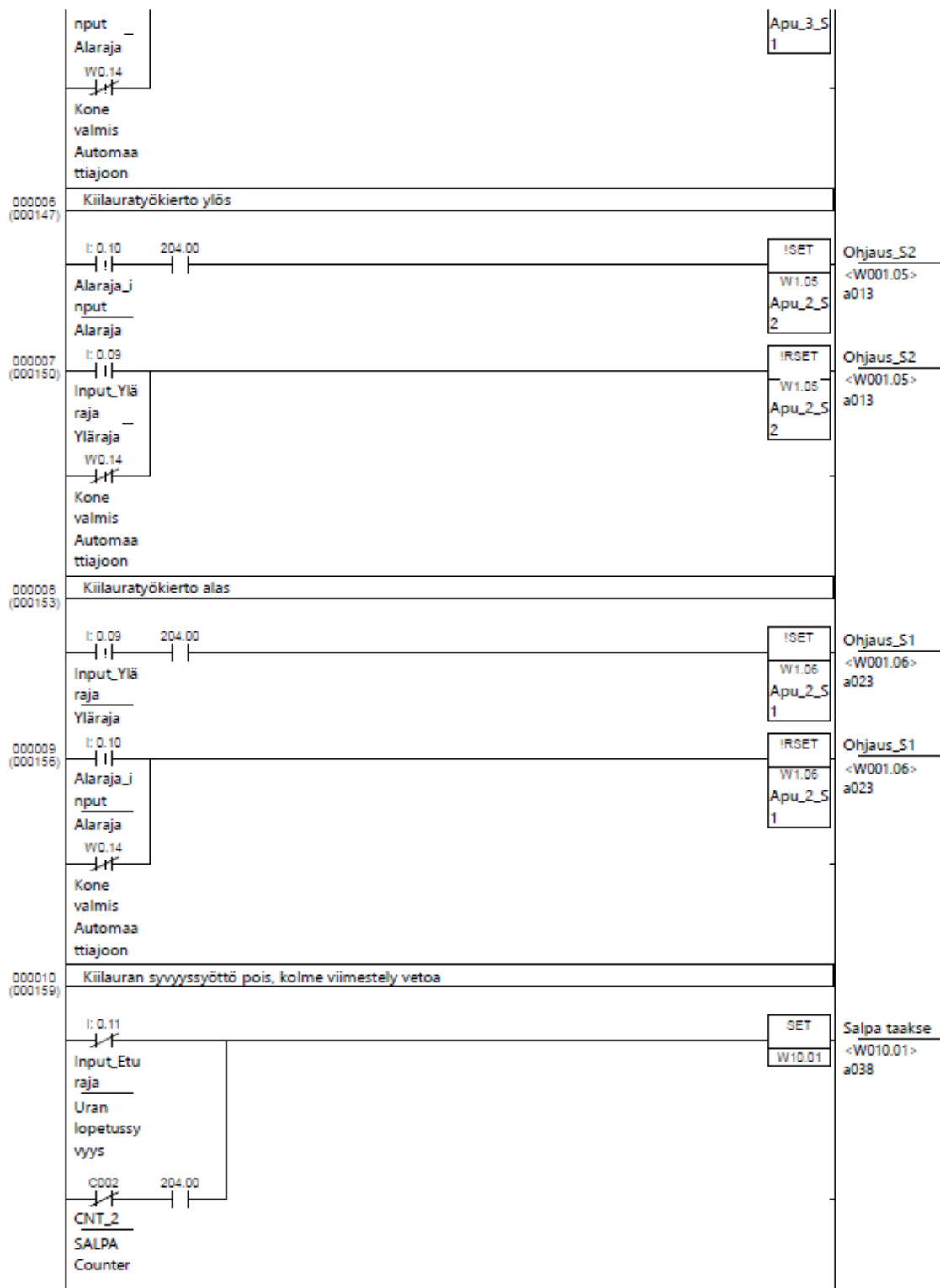


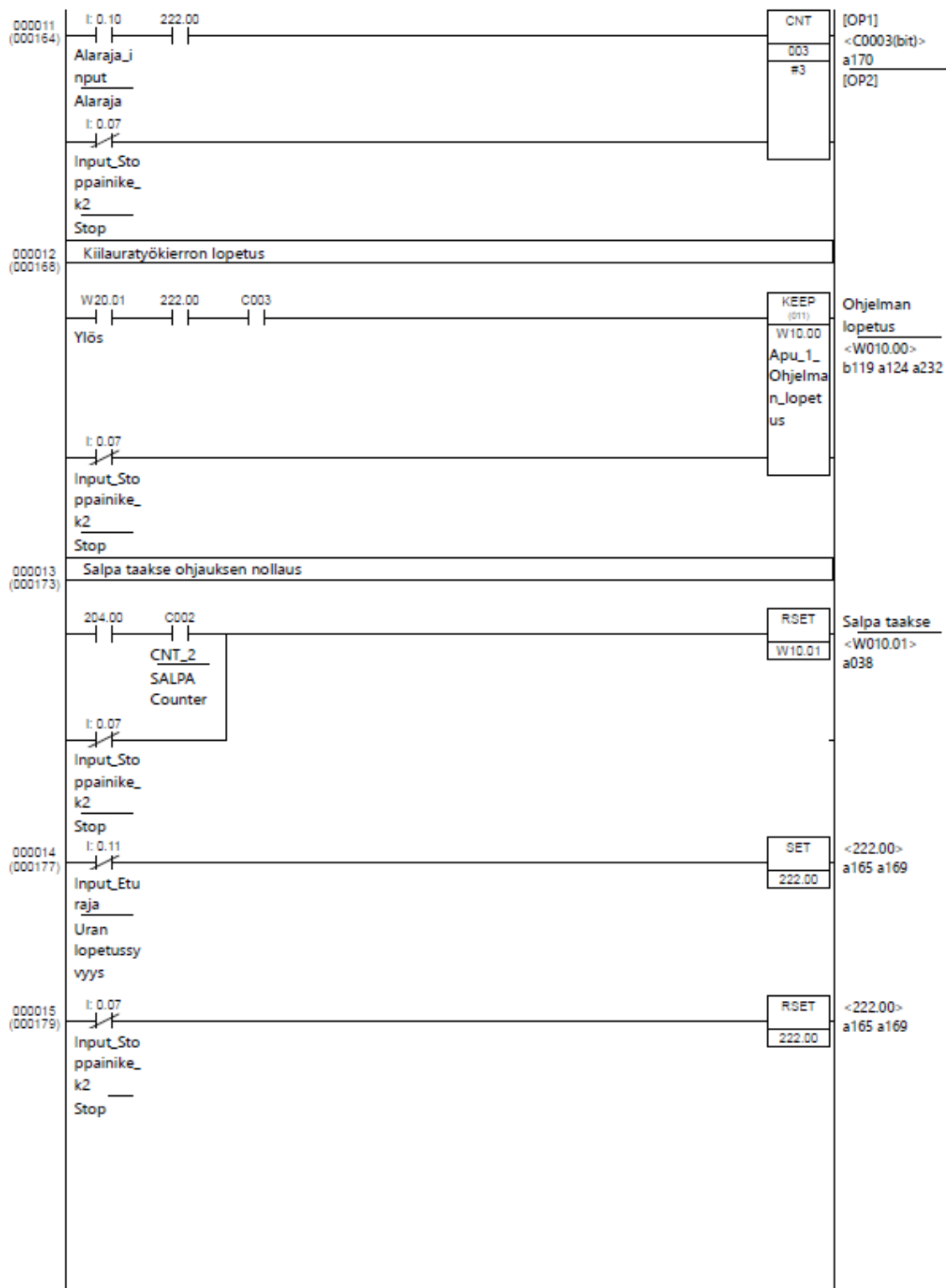


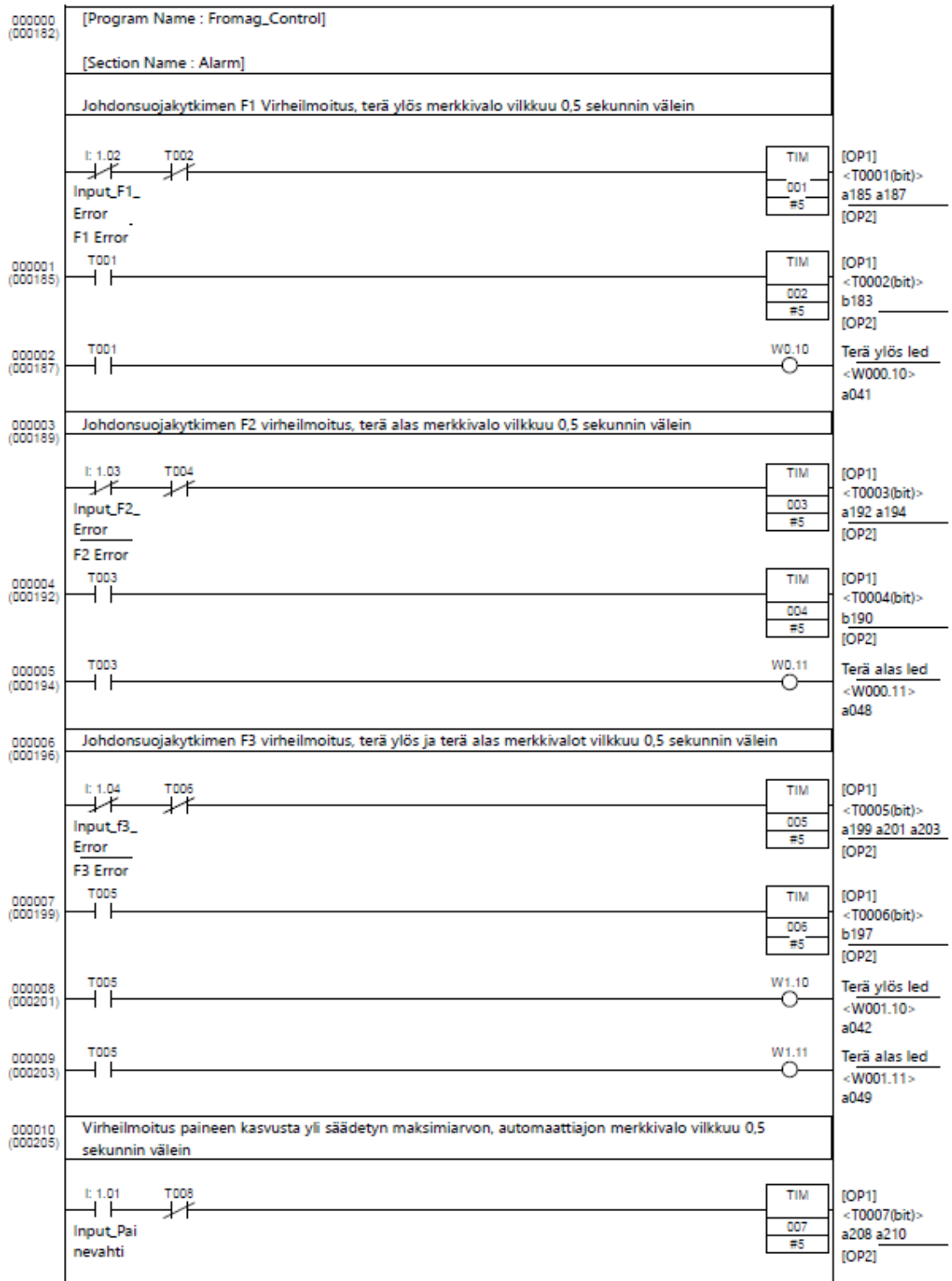


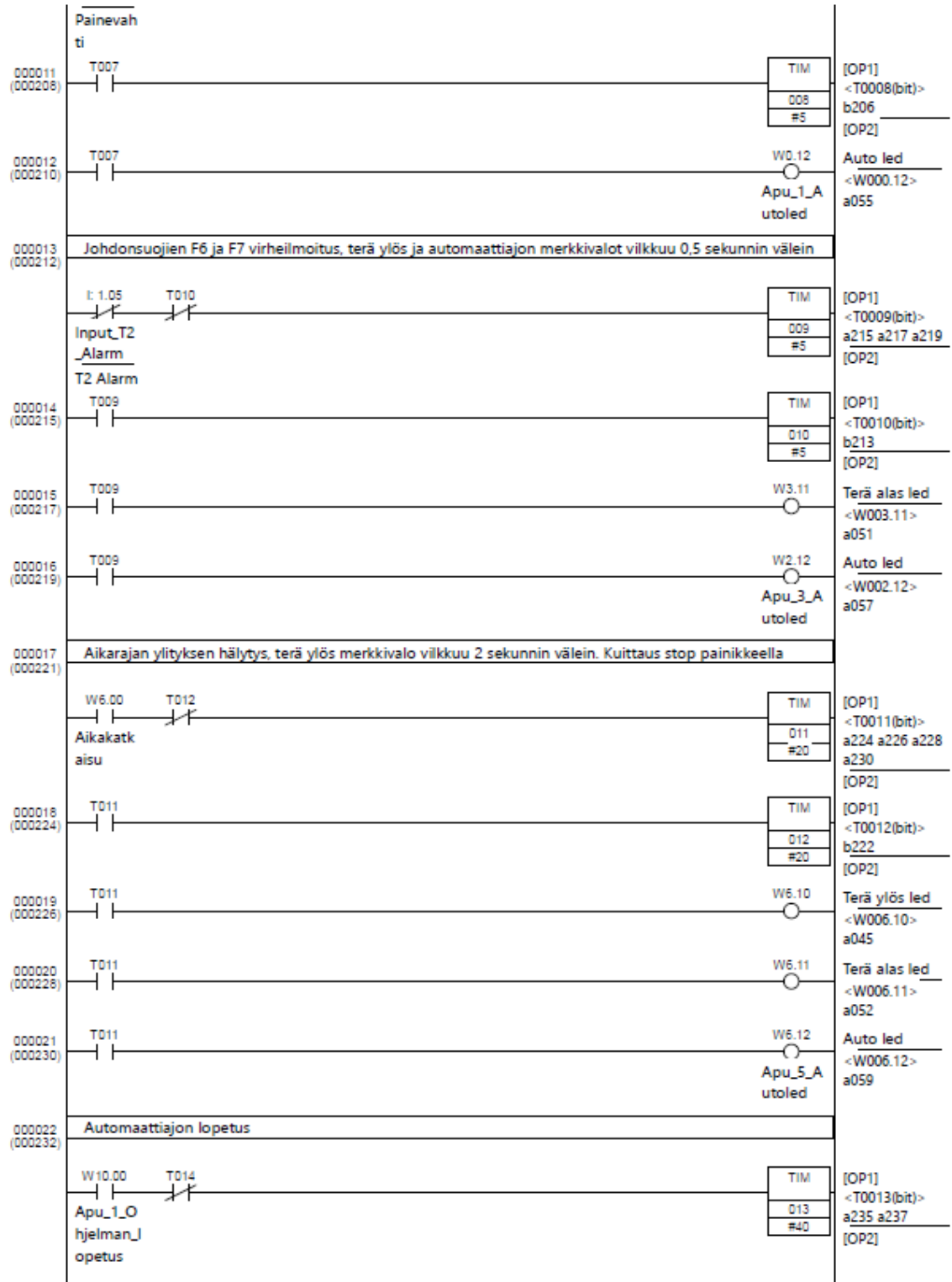


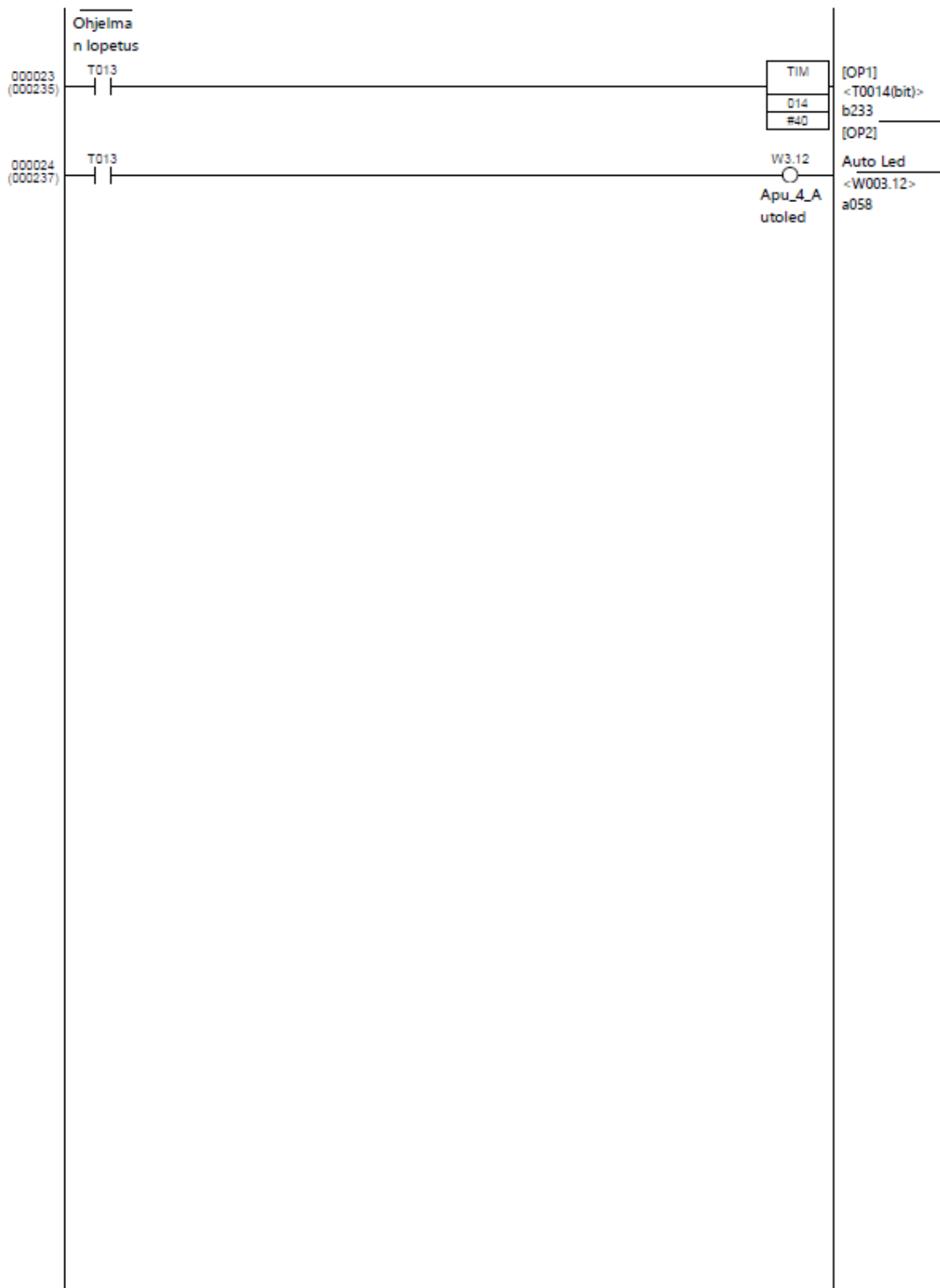


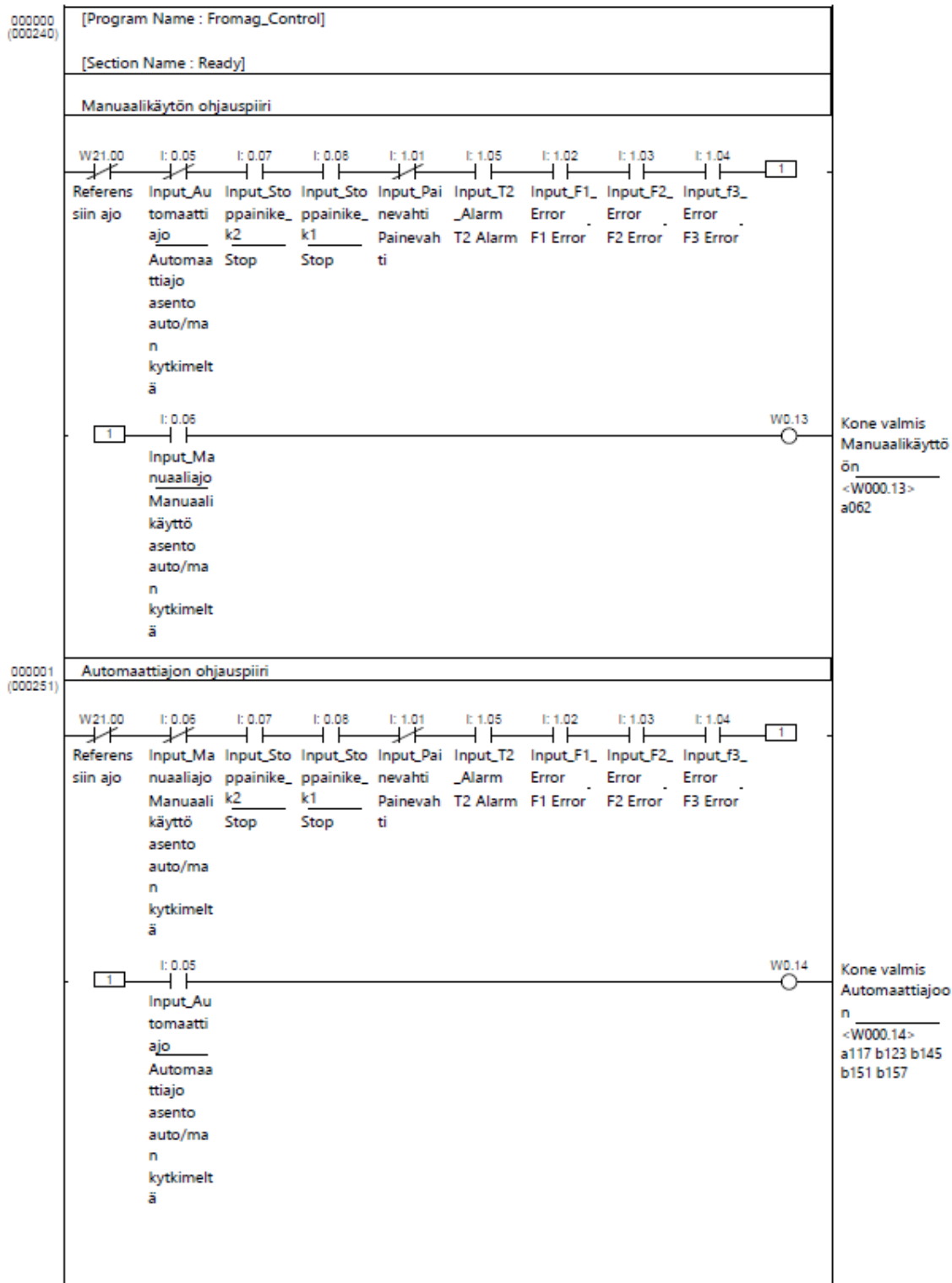


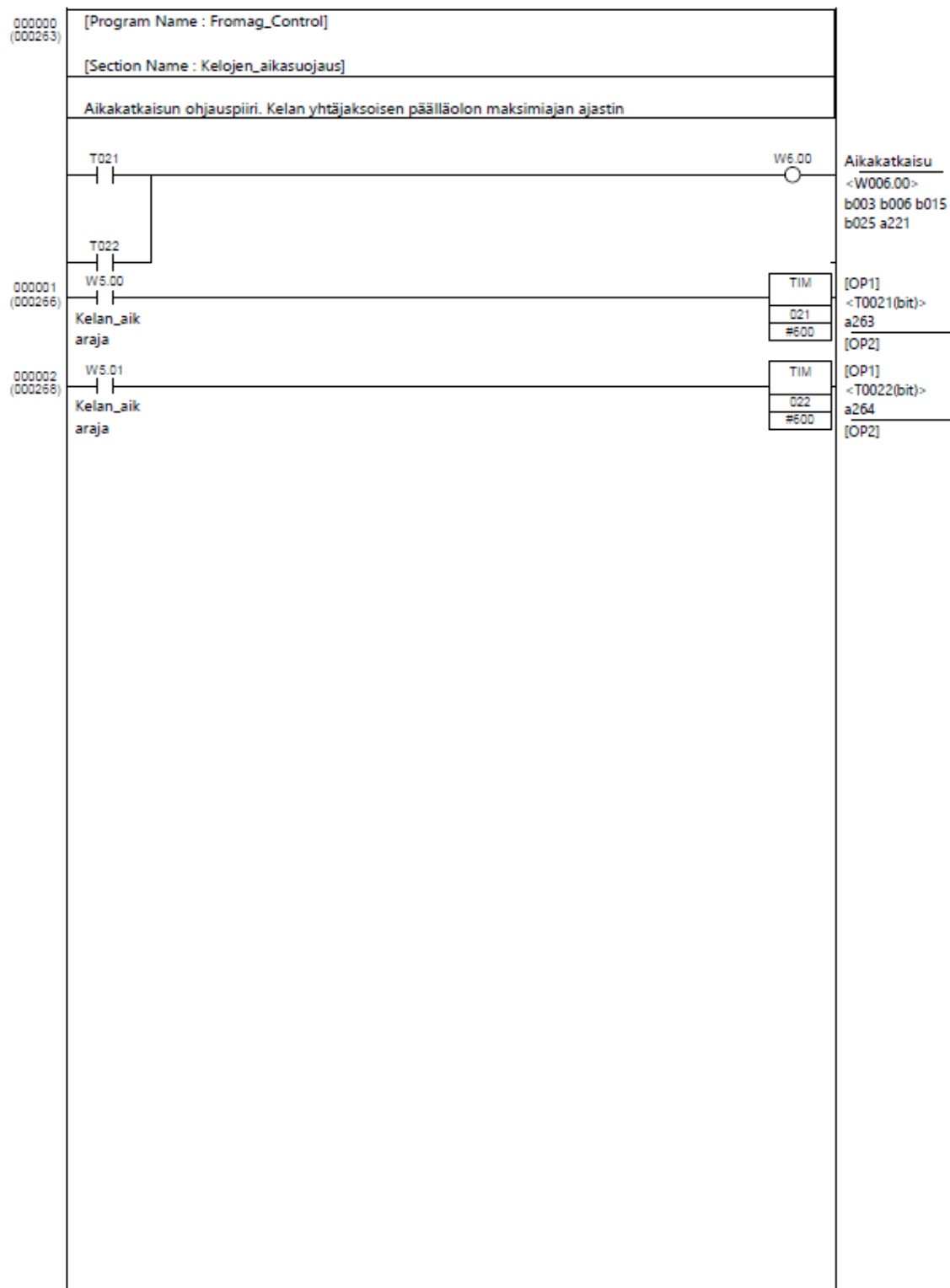


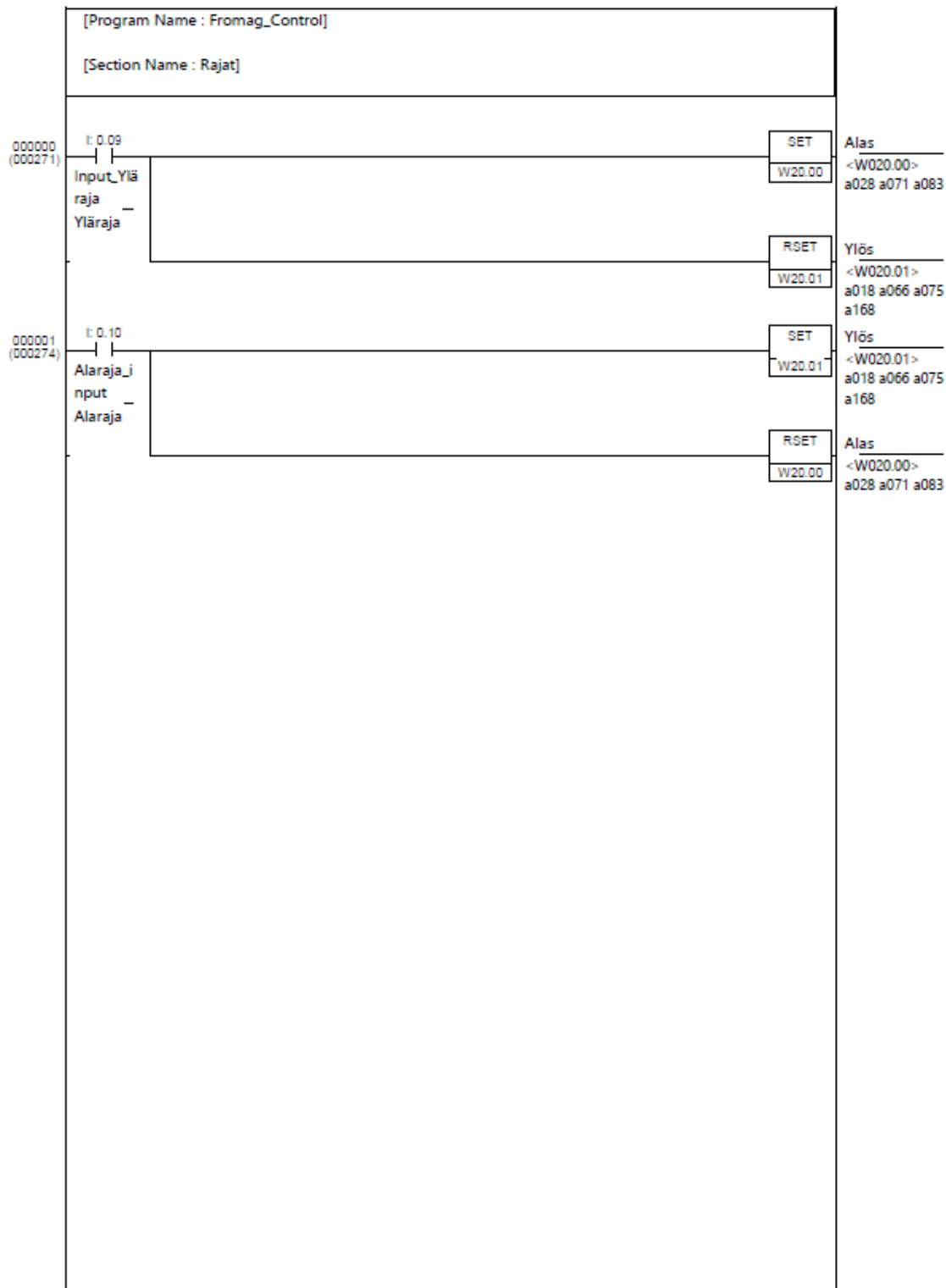


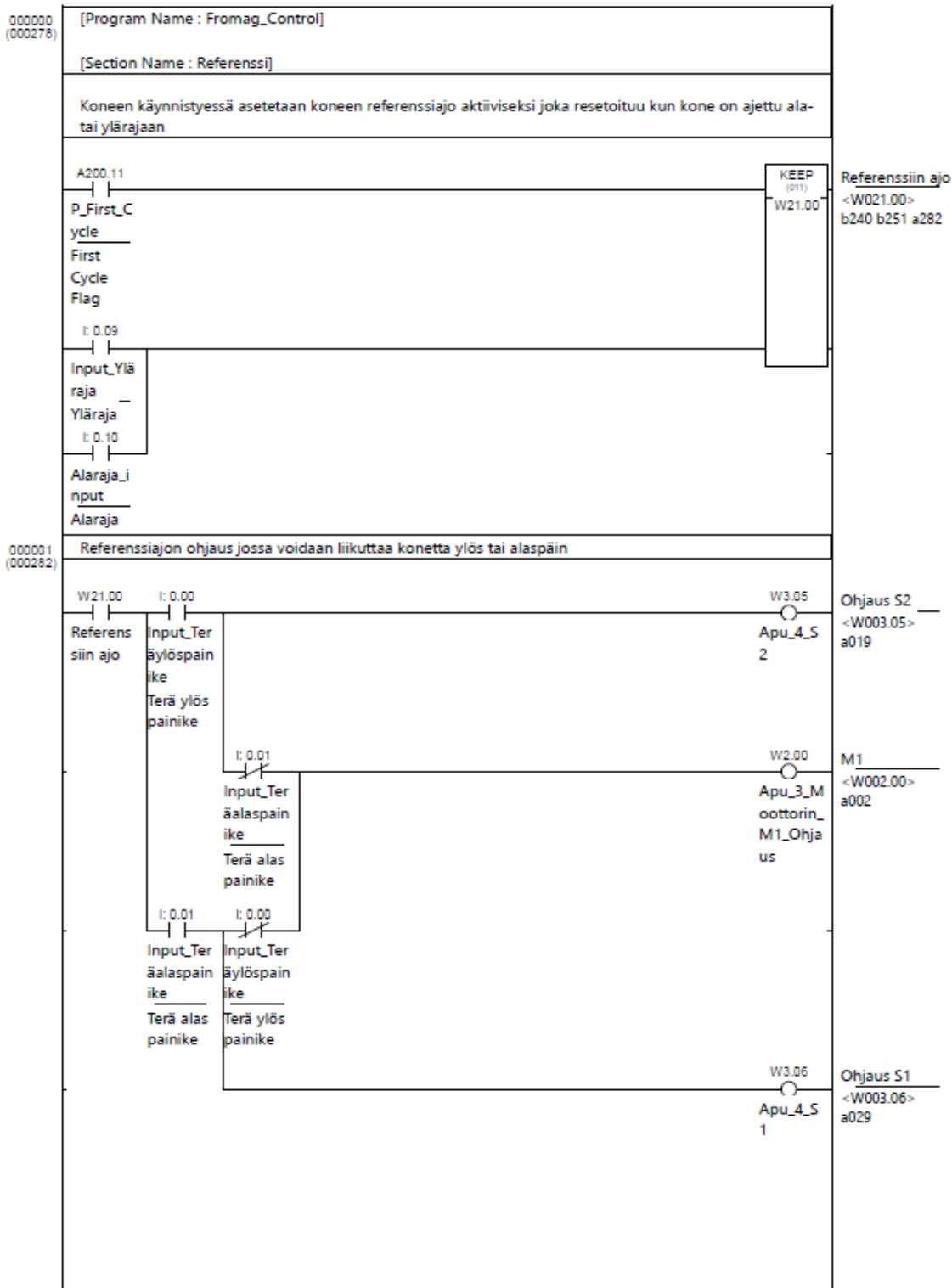












[Program Name : Fromag_Control]
[Section Name : END]

000000
(000296)

END
(901)

0.00	Terä ylös painike	0.10	Referenssi
	Manuaalikäyttö IN: b069 a074 a080 b082 b094 b104		IN: a280
0.01	Referenssi	0.11	Uran lopetusvyvyys
	IN: a284 b290		Manuaalikäyttö IN: a105
0.02	Terä alas painike	1.00	Automaattikäyttö IN: b131 b159 b177
	Manuaalikäyttö IN: b064 b076 a084 a088 b096 b106		Uran aloitusvyvyys
0.03	Referenssi	1.01	Manuaalikäyttö IN: b095
	IN: b286 a288		Painevahti
0.04	Terä aineesta pois	1.02	Alarm IN: a205
	Manuaalikäyttö IN: b077 b085 a098 a102 b113		Ready IN: b244 b255
0.05	terä aineeseen	1.03	F1 Error
	Manuaalikäyttö IN: b078 b086 b099 a108 a114		Alarm IN: b182
0.06	Automaattiajon käynnistys	1.04	Ready IN: a246 a257
	Automaattikäyttö IN: a122 a126 a129 a142		F2 Error
0.07	Automaattiajo asento auto/man kytkimeltä	1.05	Alarm IN: b189
	Ready IN: b241 a260		Ready IN: a247 a258
0.08	Manuaalikäyttö asento auto/man kytkimeltä	1.06	T2 Alarm
	Ready IN: a249 b252		Alarm IN: b212
0.09	Stop	100.00	Ready IN: a245 a256
	Automaattikäyttö IN: b127 b130 b166 b171 b175 b179		Hydrauliikkapumpun moottori
0.10	Ready IN: a242 a253	100.01	Ohjaussignaalit OUT: a004
	Stop		Leikkuuöljy pumppu
0.10	Ready IN: a243 a254	100.02	Ohjaussignaalit OUT: a007
	Yläraja		Terä eteen
0.10	Ohjaussignaalit IN: b016	100.03	Ohjaussignaalit OUT: a011
	Automaattikäyttö IN: a150 a153		Terä taakse
0.10	Rajat IN: a271		Ohjaussignaalit OUT: a009
	Referenssi IN: a279		
0.10	Alaraja		
	Ohjaussignaalit IN: b026		
0.10	Automaattikäyttö IN: a144 a147 a156 a164		
	Rajat IN: a274		

100.04	S1 Terä alas Ohjaussignaalit OUT: a030 IN: b017 a053	W000.03	M3 Taakse Ohjaussignaalit IN: a008 Manuaalikäyttö OUT: a100
100.05	S2 terä ylös Ohjaussignaalit OUT: a020 IN: b027 a046	W000.04	M3 Eteen Ohjaussignaalit IN: a010 Manuaalikäyttö OUT: a115
100.06	Terä eteen/taakse manuaalikäyttö Ohjaussignaalit OUT: a033	W000.05	Ohjaus_S2 Ohjaussignaalit IN: a012 Manuaalikäyttö OUT: a079
100.07	Salpa taakse Ohjaussignaalit OUT: a040 IN: b035 Automaattikäyttö IN: b139	W000.06	Ohjaus_S1 Ohjaussignaalit IN: a022 Manuaalikäyttö OUT: a092
101.00	Salpa eteen Ohjaussignaalit OUT: a036 IN: b039	W000.07	Syvyyden manuaalikäytön kytkin Ohjaussignaalit IN: a032 Manuaalikäyttö OUT: a110 IN: b065 b070
101.01	Terä ylös painikkeen merkkivalo Ohjaussignaalit OUT: a047	W000.08	Salpa eteen Ohjaussignaalit IN: a034 Automaattikäyttö OUT: a141
101.02	Terä alas painikkeen merkkivalo Ohjaussignaalit OUT: a054	W000.09	Syvyys taakse Ohjaussignaalit IN: a037 Manuaalikäyttö OUT: a111
101.03	Automaattiajon merkkivalo Ohjaussignaalit OUT: a060	W000.10	Terä ylös led Ohjaussignaalit IN: a041 Alarm OUT: a188
204.00	Automaattikäyttö OUT: a125 IN: a133 a148 a154 a161 a173	W000.11	Terä alas led Ohjaussignaalit IN: a048 Alarm OUT: a195
222.00	Automaattikäyttö OUT: a178 a180 IN: a165 a169	W000.12	Auto led Ohjaussignaalit IN: a055
W000.00	M1 Ohjaussignaalit IN: a000 Manuaalikäyttö OUT: a090		
W000.01	M2 Ohjaussignaalit IN: a005 Automaattikäyttö OUT: a137		

W000.12	Auto led Alarm OUT: a211
W000.13	Kone valmis Manuaalikäyttöön Manuaalikäyttö IN: a062 Ready OUT: a250
W000.14	Kone valmis Automaattiajoon Automaattikäyttö IN: a117 b123 b145 b151 b157 Ready OUT: a261
W001.00	M1 Ohjaussignaalit IN: a001 Automaattikäyttö OUT: a135
W001.05	Ohjaus_S2 Ohjaussignaalit IN: a013 Automaattikäyttö OUT: a149 a152
W001.06	Ohjaus_S1 Ohjaussignaalit IN: a023 Automaattikäyttö OUT: a155 a158
W001.10	Terä ylös led Ohjaussignaalit IN: a042 Alarm OUT: a202
W001.11	Terä alas led Ohjaussignaalit IN: a049 Alarm OUT: a204
W001.12	Auto led Ohjaussignaalit IN: a056 Automaattikäyttö OUT: a120
W002.00	M1 Ohjaussignaalit IN: a002 Referenssi OUT: a292

W002.05	Ohjaus_S2 Ohjaussignaalit IN: a014
W002.06	Ohjaus_S1 Ohjaussignaalit IN: a024 Automaattikäyttö OUT: a143 a146
W002.10	Terä ylös led Ohjaussignaalit IN: a043 Manuaalikäyttö OUT: a067
W002.11	Terä alas led Ohjaussignaalit IN: a050 Manuaalikäyttö OUT: a072
W002.12	Auto led Ohjaussignaalit IN: a057 Alarm OUT: a220
W003.05	Ohjaus S2 Ohjaussignaalit IN: a019 Referenssi OUT: a285
W003.06	Ohjaus S1 Ohjaussignaalit IN: a029 Referenssi OUT: a294
W003.10	Terä ylös led Ohjaussignaalit IN: a044
W003.11	Terä alas led Ohjaussignaalit IN: a051 Alarm OUT: a218
W003.12	Auto Led Ohjaussignaalit IN: a058 Alarm OUT: a238
W005.00	Kelan_aikaraja Ohjaussignaalit OUT: a021

W005.00	Kelan_aikaraja Kelojen_aikasuojaus IN: a266	W020.01	Ylös Ohjaussignaalit IN: a018
W005.01	Kelan_aikaraja Ohjaussignaalit OUT: a031 Kelojen_aikasuojaus IN: a268		Manuaalikäyttö IN: a066 a075
W006.00	Aikakatkaistu Ohjaussignaalit IN: b003 b006 b015 b025 Alarm IN: a221 Kelojen_aikasuojaus OUT: a265		Automaattikäyttö IN: a168
W006.10	Terä ylös led Ohjaussignaalit IN: a045 Alarm OUT: a227	W021.00	Referenssiin ajo Ready IN: b240 b251 Referenssi OUT: a281 IN: a282
W006.11	Terä alas led Ohjaussignaalit IN: a052 Alarm OUT: a229	A0200.11	First Cycle Flag Referenssi IN: a278
W006.12	Auto led Ohjaussignaalit IN: a059 Alarm OUT: a231	T0001(bit)	Alarm OUT: a184 IN: a185 a187
W010.00	Ohjelman lopetus Automaattikäyttö OUT: a172 IN: b119 a124 Alarm IN: a232	T0002(bit)	Alarm OUT: a186 IN: b163
W010.01	Salpa taakse Ohjaussignaalit IN: a038 Automaattikäyttö OUT: a163 a176	T0003(bit)	Alarm OUT: a191 IN: a192 a194
W020.00	Alas Ohjaussignaalit IN: a028 Manuaalikäyttö IN: a071 a083 Rajat OUT: a272 a276	T0004(bit)	Alarm OUT: a193 IN: b190
		T0005(bit)	Alarm OUT: a198 IN: a199 a201 a203
		T0006(bit)	Alarm OUT: a200 IN: b197
		T0007(bit)	Alarm OUT: a207 IN: a208 a210
		T0008(bit)	Alarm OUT: a209 IN: b206

T0009(bit)	Alarm OUT: a214 IN: a215 a217 a219
T0010(bit)	Alarm OUT: a216 IN: b213
T0011(bit)	Alarm OUT: a223 IN: a224 a226 a228 a230
T0012(bit)	Alarm OUT: a225 IN: b222
T0013(bit)	Alarm OUT: a234 IN: a235 a237
T0014(bit)	Alarm OUT: a236 IN: b233
T0021(bit)	Kelojen_aikasuojaus OUT: a267 IN: a263
T0022(bit)	Kelojen_aikasuojaus OUT: a269 IN: a264
C0001(bit)	M2 Counter Automaattikäyttö OUT: a128 IN: a136
C0002(bit)	SALPA Counter Automaattikäyttö OUT: a132 IN: a140 b160 a174
C0003(bit)	Automaattikäyttö OUT: a167 IN: a170

PLC Name	Program Name	Section Name	Start Step Num.	End Step Num.	Pages
Fromag_RA70					18
	Fromag_Control				18
		Ohjaussignaalit	0	60	4
		Manuaalikäyttö	62	115	2
		Automaattikäyttö	117	180	4
		Alarm	182	238	3
		Ready	240	261	1
		Kelojen_aikasuojaus	263	269	1
		Rajat	271	276	1
		Referenssi	278	294	1
		END	296	296	1