



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PAKKAUSROBOTIN OHJEL- MISTON JA KÄYTTÖLIIT- TYMÄN MODERDISOINTI

Opinnäytetyö

TEKIJÄ: Jani Koskinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Jani Koskinen			
Työn nimi Pakkausrobotin ohjelmiston ja käyttöliittymän modernisointi			
Päiväys	25.01.2018.	Sivumäärä/Liitteet	45/12
Ohjaajat lehtori Pasi Lepistö, lehtori Jari Ijäs			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pronor Engineering Oy/Kari Burman			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työn tarkoituksena oli modernisoida Multi paperi Finland Oy yrityksen wc-paperipakkausten pakkaustyötä varten olevan pakkausrobotin ohjaus ja käyttöliittymä. Työn toimeksiantaja toimi Pronor Engineering Oy, jonka asiakkaalla olevan pakkausrobotin toimintaan haluttiin tehdä muutoksia. Robotissa käytössä olleeseen ohjelmaan ja käyttöliittymään ei ollut saatavilla muutokseen tarvittavia laitteita ja tietotaitoa, joten todettiin tarve modernisoida laitetta.</p> <p>Työ aloitettiin tutustumalla laitteistoon ja sen toimintaan lähtötilanteessa ja samalla suunniteltiin, miten pakkausrobotin haluttiin jatkossa toimivan. Työn alussa havaittiin, ettei laitteistosta löytynyt ajan tasalla olevia sähkökuvia. Alkuseelvityksien jälkeen laitteistosta piirrettiin uudet sähkökuvat, joiden avulla voitiin lähteä suunnittelemaan uutta ohjelmistoa ja käyttöliittymää. Lopulliseksi kehitystyön sisällöksi määriteltiin uusien sähkökuvien piirto ja logiikan ja käyttöliittymän ohjelmointi.</p> <p>Kehitystyön tuloksena saatiin uusi ja toimiva ohjelmisto, joka tehosti tuotantoa ja pakkausrobotin toimintaa. Uuden käyttöliittymän avulla käyttäjän on helpompi hallita laitetta. Tuotannon muuttuessa on uuden kokonaisuuden avulla helpompi tehdä muutoksia pakkausrobotin ohjaukseen.</p>			
Avainsanat PLC, käyttöliittymä, absoluuttipulssianturi, Codesys, robotin ohjaus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Jani Koskinen			
Title of Thesis Modernizing the Software and Interface on the Packaging Robot			
Date	25 January 2018	Pages/Appendices	45/12
Supervisor(s) Mr. Pasi Lepistö, Senior Lecturer, Mr. Jari Ijäs, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Pronor Engineering Oy/Kari Burman			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to modernize the control and user interface of MultiPaperi Finland Oy's packaging robot. The work was commissioned by Pronor Engineering Oy. The company wanted to make changes in the packaging robot. The desired change in the robot's old software and interface would have required machinery and know-how, which were not available. This led to the decision to modernize the robot.</p> <p>This development project was started by getting acquainted with the hardware and its operation and at the same time clarifying how the packaging robot was expected to work in the future. In the beginning of the work, it was discovered that no electrical diagrams were found on the hardware. After clarifying the starting situation, new software and user interface were drawn up. The final content of this thesis work was determined to include the drawing of the new electrical diagram and the programming of the logic and user interface.</p> <p>As a result of the development project, new and functional software was developed to enhance the robot's production and packing functionality. The new user interface makes it easier for a user to manage the device. The new entity makes it easier to make adjustments to the control if production changes.</p>			
Keywords PLC, Human Machine Interface, absolute encoder, Codesys, robot control			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	TOIMEKSIANTAJA	6
2.1	Pronor Group.....	6
2.2	MultiPaperi Finland Oy	6
3	JÄRJESTELMÄT JA KOMPONENTIT	7
3.1	E3 series	7
3.2	CODESYS	9
3.3	PLC	10
3.4	Käyttöliittymä	11
3.5	CAN väylä	11
3.6	Kulma-anturit.....	12
3.6.1	Inkrementaalianturi.....	12
3.6.2	Absoluuttianturi	12
4	LAITTEISTO	13
4.1	Pakkausrobotin vanhaa laitteistoa	13
4.2	PLC IFM CR0403	17
4.3	Käyttöliittymä IFM CR1082	17
4.4	Absoluuttipulssianturi IFM RM9000.....	18
5	TYÖN TOTEUTUS	18
5.1	Pakkausrobotin toimintakuvaus.....	18
5.2	Kuvien piirto	21
5.3	PLC ohjelmointi.....	22
5.4	Käyttöliittymän ohjelmointi.....	25
5.5	Ohjelmistojen testaus	30
6	YHTEENVETO.....	32
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	33
	LIITE 1: SÄHKÖKUVAT.....	34

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli modernisoida pakkausrobotin ohjelmisto ja käyttöliittymä Pronor Engineering Oy:n asiakkaalle, jolla oli tarvetta päivittää automaatiojärjestelmänsä. Muutosten tekeminen vanhaan logiikka-ohjelmistoon osoittautui hankalaksi, koska laitteisto oli vanha eikä löytynyt sopivia ohjelmointityökaluja ja tietotaitoa, jolla muutoksia olisi päästy tekemään ohjelmistoon ja käyttöliittymään.

Modernisoinnissa hyödynnettiin suurimmaksi osaksi vanhaa laitteistoa, mutta osa laitteistosta jouduttiin uusimaan. Uusina laitteina asennettiin PLC, käyttöliittymä ja pulssianturit. Uusien laitteiden avulla ohjelmointi oli helpompaa suorittaa ja saatiin toimiva kokonaisuus. Logiikan ja käyttöliittymän ohjelmointiin käytettiin Codesys-ohjelmistoa ja kuvien piirroksessa hyödynnettiin E3 series-ohjelmistoa.

Tämän kehitystyön tavoitteena oli saada toimiva ohjelmisto logiikalle ja käyttöliittymään. Pakkausrobotin ohjelmistojen lähtökohtana oli suunnitella ne sellaiseksi, että niihin on helppo tehdä muutoksia tuotannon kehittyessä. Työn tarkoituksena oli myös kehittää henkilökohtaisia taitojani ohjelmien tekemisissä ja kuvien piirtämisessä.

2 TOIMEKSIANTAJA

2.1 Pronor Group

Pronor Group toimittaa sähköautomaatiojärjestelmiä puutavara-, elintarvike- ja autoteollisuudelle. Yrityksen asiakaskunnasta 80 % muodostuu sahateollisuudesta. Pronor Groupiin kuuluu neljä rinnakkaista ja itsenäisesti toimivaa yritystä, joista jokainen tekee oman osa-alueensa sahojen automatisointiprojekteissa. Pronor Groupin yritykset ovat Pronor Automation Oy, Pronor Engineering Oy, Pronor Control Oy ja Pronor Service Tmi. (Pronor)

Pronor Automation Oy

Pronor Automationin toimitusjohtajana toimii Kari Burman ja yritys työllistää toimitusjohtajan lisäksi yhden insinöörin. Yrityksen toimitilat sijaitsevat Keski-Suomessa Laukaassa. Yritys tekee sähkösuunnittelua ja dokumentointia sahojen automatisointiprojekteihin. (Pronor)

Pronor Engineering Oy

Yrityksen toimitilat sijaitsevat myös Laukaassa. Pronor Engineeringin toimitusjohtajana toimii Kari Burman ja lisäksi yritys työllistää 2-6 henkilöä alihankkijat mukaan lukien. Yritys tekee sahojen ja muiden projektien automaatioasennukset. Lisäksi yrityksen toimenkuvaan kuuluu ajoneuvoteollisuuden automatisointi ja yrityksen tuotanto valmistaa omiin projekteihinsa keskuksia ja koteloita. (Pronor)

Pronor Control Oy

Pronor Control on erikoistunut profibus kenttäväyliin, logiikoiden ja käyttöliittymien suunnitteluun ja toimituksiin. Yrityksen suurin asiakaskunta koostuu sahateollisuudesta. Yrityksen toimitilat sijaitsevat Heinolassa. Yritys työllistää kolme henkilöä. (Pronor)

Pronor Service Tmi

Pronor Service Tmi Juha Kokko tekee toimitettuihin järjestelmiin elinkaarihuoltoa. (Pronor)

Näistä yrityksistä Pronor Engineering Oy toimi toimeksiantajana tässä opinnäytetyössä.

2.2 MultiPaperi Finland Oy

Toimeksiantaja Pronor Engineering Oy:n asiakkaana toimi Jyväskylän Kirrissä toimintaansa pyörittävä MultiPaperi Finland Oy. Yritys on perustettu 2009 ja myyntijohtajana toimii Tauno Heikkilä. Yritys valmistaa Ballbig wc-paperia eli hylsytöntä wc-paperia. Tuotantoon kuuluu myös airlaid-tekniikalla tuotetusta soft-kuivapaperista valmistettavat soft erikoispyyhkeet. (MultiPaperi Finland)

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä paukkausrobotti kuuluu kyseiseen Ballbig wc-paperin tuotantolinjaan.

3 JÄRJESTELMÄT JA KOMPONENTIT

3.1 E3 series

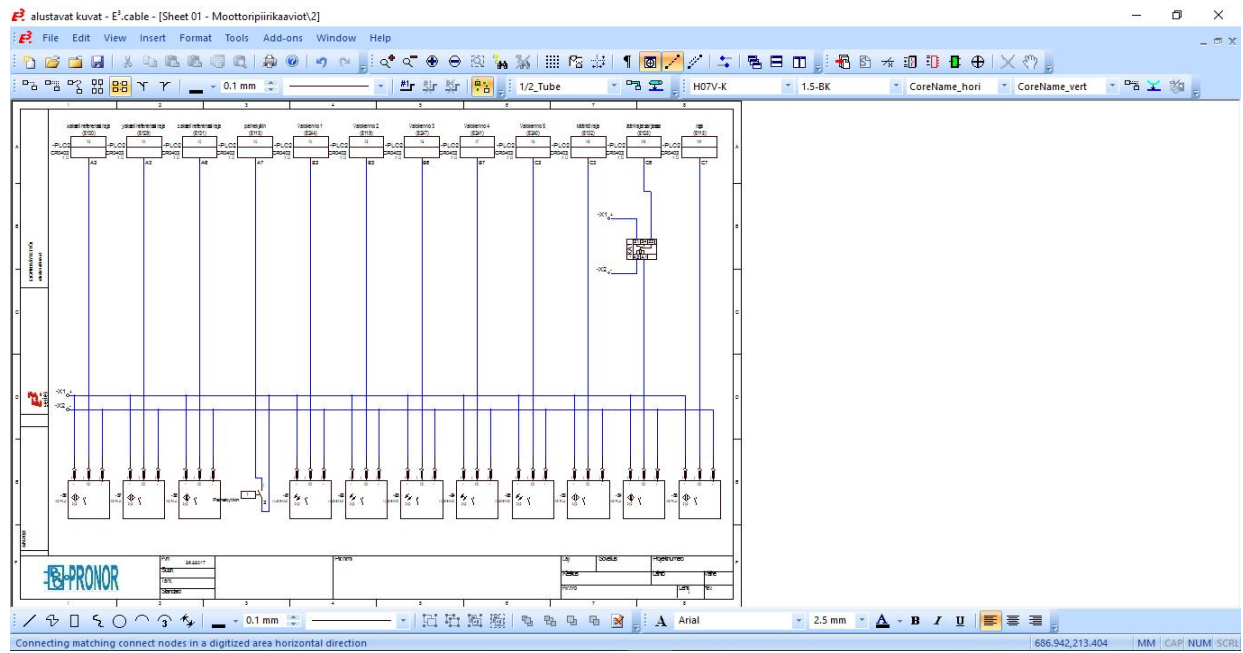
E3 series on Windows-pohjainen suunnitteluohjelmisto, jonka käyttökohteita ovat sähkö-, pneumaattikka-, johdotus- ja hydraulikkasuunnittelu. Ohjelmiston on kehittänyt japanilainen yritys Zuken. E3 series on helppokäyttöinen ohjelmisto ja sillä pystytään tarvittaessa hoitamaan edellä mainittujen käyttökohteiden koko suunnittelu. E3 on saatavilla lisämoduuleita käyttötarkoituksen mukaan, joita on esitelty taulukossa 1. (Zuken, 2017)

E3 Moduulit	
E3.cable	Kattavin moduuli. Käytetään kaapeleiden ja johdinsarjojen suunnitteluun. Sisältää E3.schematic moduulin toiminnot.
E3.schematic	Käytetään piirikaavioiden, kytkentälistauksien ja kaapeliluo- teloiden tekemiseen.
E3.fluid	Käytetään pneumatiikka-, hydraulikka- ja prosessikaavioiden suunnitteluun.
E3.panel	Käytetään koteloiden ja keskusten layout suunnitteluun.
E3.redliner	Voidaan katsella E3:lla tuotettuja dokumentteja ja tehdä puna- kynä korjauksia dokumentteihin.
E3.view	Pystytään katselemaan E3:lla tuotettuja dokumentteja.
E3.wiring diagram gener- ator	Voidaan tehdä sähköiset kaaviot automaattisesti.

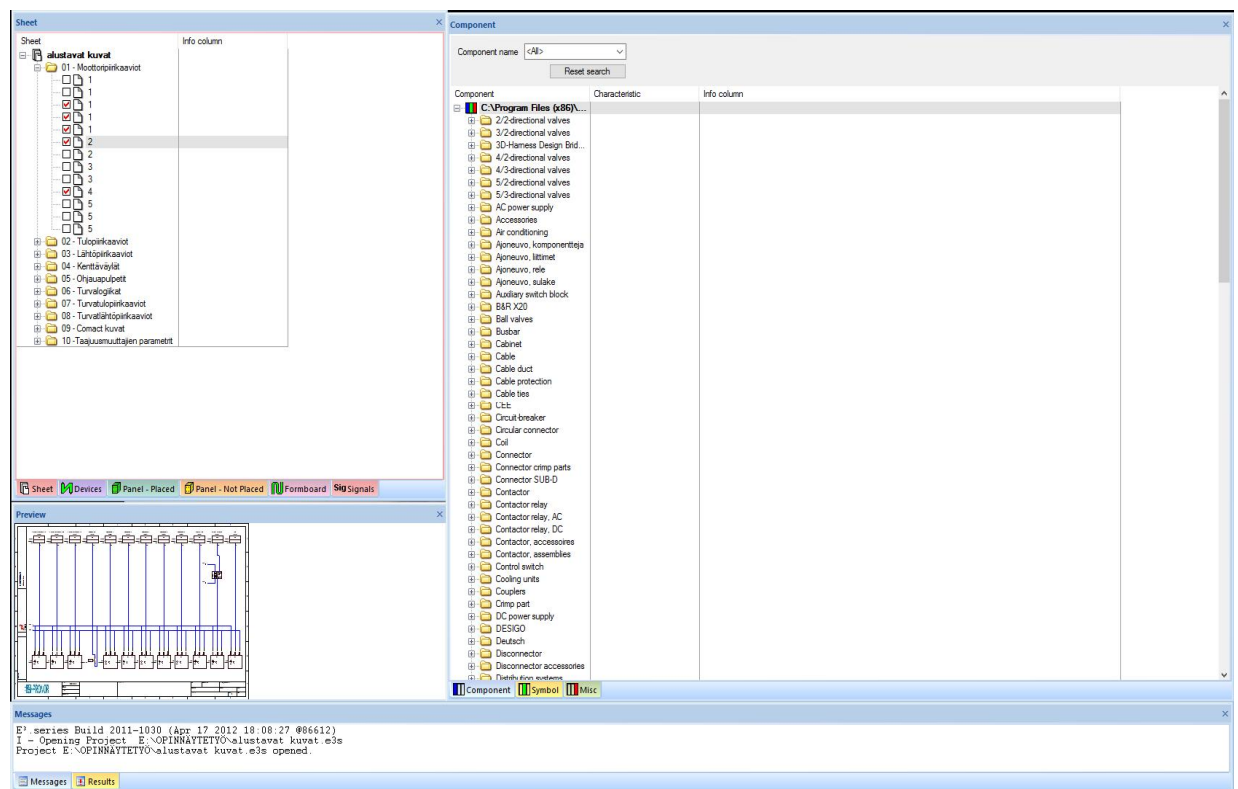
Taulukko 1. E3 series moduulit (CCS Group)

E3 suunnitteluohjelmisto käyttää erilaisia objekteja, joita pystytään hallitsemaan E3:n tietokannalla. Objektina voi olla esimerkiksi suunnittelussa tarvittavat erilaiset komponentit, kaapelit ja muut vastaavat tuotteet. Yksi objekti sisältää aina kaiken tiedon siihen liittyen. Kun yhdessä E3 ohjelmiston moduulissa tehdään muutos objektiin tai lisätään objekti, niin se päivittyy automaattisesti kaikkiin muihinkin moduuleihin ja tätä kautta tiedot päivittyvät myös automaattisesti koko projektiin. E3 sisältää valmiita objektitietokantoja ja ohjelmistolla voidaan luoda omia objekteja tai muokata valmiita objekteja. Muokkaaminen onnistuu E3:n omalla tietokantaeditorilla. E3 ohjelmisto tukee myös tiedonsiirtoa sen ja jonkun ulkoisen ohjelmiston välillä. (CCS Gruppen)

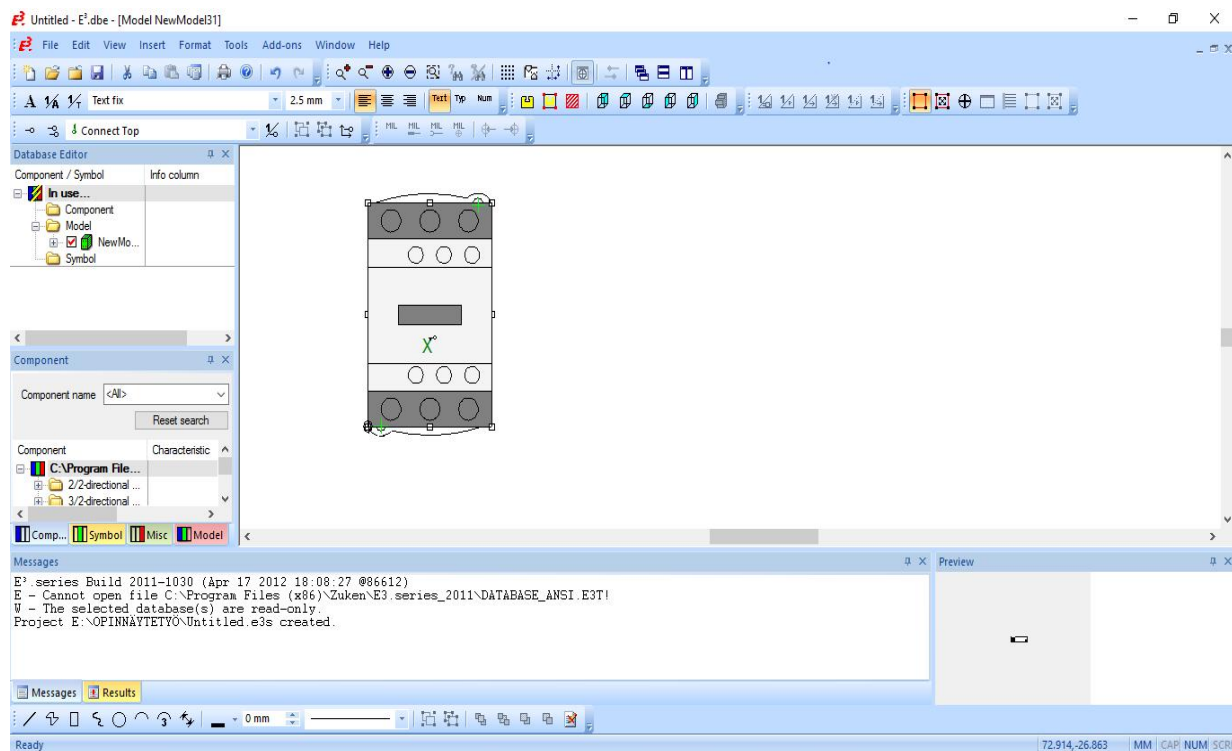
Kuvassa 1 näkyy E3.cable moduulin perusnäky, kun ollaan piirtämässä esimerkiksi logiikan tulopiirikaaviota. Kuvassa 2 näkyy tärkeitä valikoita, joita tarvitaan kuvia piirtäessä. Valikoista löytyy esimerkiksi käytettävissä olevat komponentit ja symbolit luettelo, lista piirustuksen eri sivuista ja luettelo kuvissa käytetyistä laitteista ja niiden tunnuksista. E3.cable ohjelmisto sisältää valmiin komponenttivalikoiman, mutta ohjelmistolla voidaan luoda myös omia komponentteja ja symboleita. Kuvassa 3 on esitelty, minkä näköinen komponenttien muokkausohjelmisto on ulkoasultaan.



Kuva 1. E3.cable ohjelmiston piirtonäkymä



Kuva 2. E3.cable ohjelmistolla työskennellessä tarvittavia valikoita

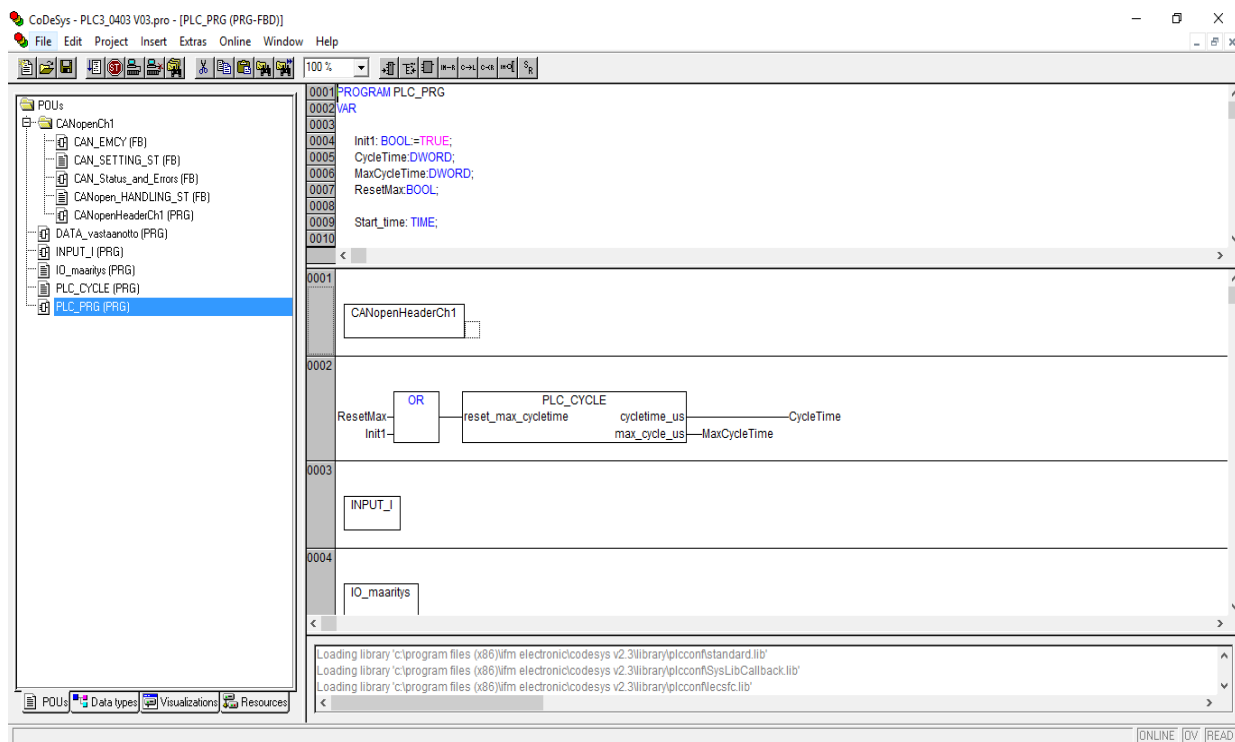


Kuva 3. E3 ohjelmiston komponenttienmuokkaus tila

3.2 CODESYS

CODESYS on kattava ohjelmointityökalu ja myös laiteriippumaton IEC 61131-3 standardin mukainen ohjelmisto logiikka-, automaatio- ja liikkeenohjaussovelluksiin. CODESYS ohjelmiston on valmistanut 3S-Smart Software Solutions GmbH. (SKS Group)

CODESYSin ensimmäinen versio V1.0 on kehitelty vuonna 1994. CODESYS versio V3 on uusin ja sitä käytetään myös vanhemman version V2.3 rinnalla. Versio V2.3 on edelleen hyvin suosittu ja yleisesti paljon käytössä oleva versio. CODESYS perusversiot ovat lisenssivapaita ja ne on mahdollista ladata ilmaiseksi CODESYS kotisivuilta. CODESYS ohjelmisto sisältää kaikki viisi standardin IEC 61131-3 mukaista ohjelmointikieltä. Ohjelmointikielien ovat IL (Instruction list), ST (Structured text), LD (Ladder logic), FBD (Function block diagram) ja SFC (Sequential function chart). CODESYS toimii useiden logiikkavalmistajien kanssa. Ohjelmiston avulla voidaan yhdistää eri laitevalmistajien automaatiojärjestelmät, toimilaitteet, väylät ja logiikat keskustelemaan samassa rajapinnassa. Tämän kautta saadaan laaja käyttömahdollisuus, jota voidaan hyödyntää laitteiden modernisoinnissa. (3S-Smart Software Solutions GmbH, 2017)



Kuva 4. Codesys V2.3 ohjelmiston ohjelmointitila

3.3 PLC

PLC lyhenne tulee englanninkielen sanoista Programmable Logic Controller eli ohjelmoitava logiikka. PLC on pienenkoinen mikroprosessorin sisältämä tietokone, jota hyödynnetään reaaliaikaisten automatioprosessien ohjaukseen. Kun aikaisemmin on tarvittu satoja releitä ja ajastimia, niin nykyisin jo yhdellä logiikalla voidaan korvata ne. Alun perin ohjelmoitavia logiikoita on käytetty autoteollisuudessa, missä pelkkä ohjelmistopäivitys riitti eikä tarvinnut muuttaa johdotuksia. Ohjelmoitava logiikka sisältää tulo- ja lähtöportteja, joihin on kytketty kenttälaitteet. Logiikka ohjaa toimilaitteita ohjelmoidun ohjelman ja antureiden tilatiedon avulla. Logiikoista löytyy myös vikadiagnostiikkaominaisuuksia, mitkä auttavat vikatilanteiden ratkomista ja tuotantoseisokkeja saadaan lyhyemmiksi. (Toimi Keinänen, 2007)

Logiikoita on saatavilla useita erityyppisiä ja -tasoisia. Pienemmillään logiikalla voidaan korvata muutama rele ja suurimmillaan niillä voidaan ohjata todella vaativia ja mittavia prosesseja. Logiikat voidaan karkeasti jakaa askeltaviin tai vapaasti ohjelmoitaviin logiikoihin. Tämä riippuu siitä, kuinka logiikan prosessori suorittaa ohjelmamuistiin ladattua ohjelmakoodia. Tämä jako ei ole enää nykyisin tärkeää, sillä ohjelma voidaan koodata kummalla tavalla tahansa riippuen siitä, mikä on ohjattavan prosessin kannalta paras tapa. (Toimi Keinänen, 2007)

3.4 Käyttöliittymä

HMI (Human Machine Interface) eli käyttöliittymä on laitteen tai koneen osa, jonka avulla käyttäjä käyttää laitetta. Toisin sanoen ihmisen ja tietokoneen väliseen vuorovaikutukseen tarvittavat laitteet ja ohjelmat. Käyttöliittymä voi olla esimerkiksi ohjelmisto tai operointipaneeli ja ne suunnitellaan eri käyttötartpeiden mukaan. (Asko K. Kippo, 2008)

Suunnitellessa käyttöliittymää on otettava huomioon, mitä käyttöliittymällä tullaan tekemään sekä käyttäjän tarve ja käyttötottumukset. Käyttöliittymän tulee olla johdonmukainen, koska silloin käyttäjä saa paremman kuvan siitä, miten asiat toimivat. Hyvä käyttöliittymä on selkeä ja yksinkertainen. Viestien ja visuaalisten toimintojen avulla voidaan käyttäjälle kertoa, mitä on tehty oikein tai väärin ja havainnoida onko tehtyjen toimintojen avulla saavutettu haluttu lopputulos. (Tiainen, 2015)

Hyvän käyttöliittymän suunnittelussa liikkeelle kannattaa lähteä siitä, että tuntee käyttäjän eli mikä on käyttäjän käyttötarve, mitä ominaisuuksia käyttöliittymä sisältää ja mitä sillä halutaan tehdä. Käyttöliittymän tulee olla johdonmukainen toimintojen osalta eli toimia siten mihin on totuttu. Käyttäjän on pystyttävä ennakoimaan käyttöliittymän toimintaperiaatteita. Käyttöliittymän elementtien koko, värit ja sijoittelu on oltava harkittua. Käyttöliittymän on annettava palautetta käyttäjälleen toimintojen oikeellisuudesta tai onnistumisesta ja toisaalta myös ohjattava oikeanaiseen käyttöön. Käyttäjä ei saa jäädä missään tilanteessa epätietoisuuden tilaan tekemänsä toiminnon onnistumisesta. Käyttöliittymän tulee pystyä sallimaan tietyt virheet ja antaa mahdollisuus käyttäjälle korjata tai muuttaa niitä ilman, että tarvitsee aloittaa alusta uudelleen jonkin toiminnon kaikki vaiheet. Hyvän käyttöliittymän tekstien tulee olla riittävän selkeitä, yksinkertaisia, johdonmukaisia ja käyttäjälle hyödyllisiä. Käyttöliittymän tulee ylipäätään olla riittävän yksinkertainen ja on mietittävä eri painikkeiden, tekstien ja toimintojen todellinen tarve. (Digi, 2015)

3.5 CAN väylä

CAN väylä (Controller Area Network) ei ole varsinainen kenttäväylä, vaan se on koneiden sisäinen automaatiiväylä. Alun perin CAN väylä on kehitetty autojen hajautettujen ohjausjärjestelmien reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon. Can väylää voidaan soveltaa monipuolisesti melkein kaikissa koneissa, laitteissa ja ajoneuvoissa, missä tarvitaan lyhyillä tiedonsiirtoetäisyyksillä reaaliaikaista moduuleiden ja antureiden kommunikointia. CAN väylätekniikkaa käytetään nykyisin myös kappaletavara-automaatiassa, jossa se toimii antureiden ja toimilaitteiden ohjaus- ja tiedonsiirtoväylänä. (Alanen, 2000)

CAN väylän toiminta perustuu multi-master bus periaatteeseen (useamman isännän väylä). Väylässä kulkevaa liikennettä ei lähetetä vain kahden tietyn laitteen välillä. Jokainen väylään kytketty ohjauslaite lähettää viestin väylään luettavaksi kaikille CAN väylän laitteille. Jokaisella viestillä on oma tunnistus, jonka avulla väylän laitteet ottavat tarvittaessa viestin vastaan. (Alanen, 2000)

CAN väylätekniikasta on pitkä käyttökokemus, koska se on ollut käytössä jo 1990-luvun alusta. Se on erinomainen väylä turvasignaalien siirtämiseen, sillä se on erittäin luotettava, suojattu hyvin ulkopuolisilta häiriöiltä, nopea ja suunnittelu antureita varten. CAN väylä voidaan jakaa kahteen osaan vikasietoisuuden ja nopeuden perusteella, joita ovat LOW-CAN < 125 kbit/s ja Hi-CAN 1 Mbit. CAN väylän pituus määrittelee liikennöintinopeuden toisin sanoen mitä pidempi kaapeli sitä hitaampi on siirtonopeus. (Sundquist, 2008)

3.6 Kulma-anturit

3.6.1 Inkrementaalianturi

Inkrementaalianturi (kuva 5) on yksinkertainen pyörivä pulssianturi, joka osoittaa liikesuunnan sekä aseman pulsseina. Anturin rakenne koostuu akselista, johon on kiinnitetty optinen pulssiekikko. Kiekon toisella puolella on valoa lähettävä led ja toisella puolella valoa vastaanottava diodi. Pulssiekossa on vuoron perään läpinäkyviä ja läpinäkymättömiä viivoja eli kiekon pyöriessä valoa näkyy ja ei näy vastaanottimelle. Tästä syntyy analoginen viesti, joka vahvistetaan ja muunnetaan suorakulmaiseksi kanttiaalloksi anturin ulostuloon. (OEM AUTOMATIC)

Anturi tuottaa jokaisella akselin kierroksella tietyn määrän pulsseja, joiden avulla mitataan lineaariliikettä tai kiertokulmaa. Pulssianturista myös saadaan yksi indeksipulssi joka kierroksella. (IFM)



Kuva 5. Inkrementaaliantureita (IFM)

3.6.2 Absoluuttianturi

Absoluuttianturi (Kuva 6) tuottaa jokaiselle kulma-asennolle oman absoluuttisen binäärikoodiarvon. Anturin koodiarvo on aina luettavissa heti sähköjen kytkemisen jälkeen ja tämän takia anturille ei tarvitse määrittää referenssiarvoa laskemisen alkaessa, toisin kuin inkrementaalianturille. (IFM)

Absoluuttianturit voidaan jakaa toimintatapansa perusteella kolmeen ryhmään; yksikierros-, monikierros- ja kenttäväyläanturi. Yksikierros absoluuttianturi mittaa kääntymiskulmaa ja jokaisen kierroksen jälkeen koodi alkaa nolosta. Monikierros absoluuttianturi mittaa kääntymiskulmaa sekä laskee kierroksia. Kenttäväyläantureilla on suuri tiedonsiirtokapasiteetti ja ne sopivat yleisimpiin kenttäväyliin. Anturia on mahdollisuus ohjelmoida monipuolisesti. (OEM AUTOMATIC)



KUVA 6. Absoluuttiantureita (IFM)

4 LAITTEISTO

Tässä kappaleessa kuvataan laitteistoa, joka uusittiin työssä. Muilta osin hyödynnettiin laitteiston vanhoja komponentteja. Kappaleessa 4.1 kuvataan komponentteja, joita pakkausrobotin laitteisto sisälsi ja joita uusittiin muutoksen myötä. Kappaleissa 4.2, 4.3 ja 4.4 esitetään uudet komponentit, joilla korvattiin poistuneita komponentteja. Toimeksiantajayritys esitti käytettäväksi IFM:n valmistamia tuotteita, sillä heillä oli jo valmiiksi käytössä saman valmistajan tuotteita. Lisäksi yrityksellä oli jo käytössä sopivat työkalut ohjelmistojen tekoon IFM:n tuotteisiin liittyen.

4.1 Pakkausrobotin vanhaa laitteistoa

Ennen modernisointia ohjaukseen käytettiin kahta erillistä logiikkaa, jotka näkyvät kuvassa 7. Vanha käyttöliittymä oli melko hankala käyttää ja paneelin kautta oli haastavaa tehdä muutoksia robotin ohjaukseen, kuten kuvasta 8 voi havaita.



Kuva 7. Robotin ohjaus ennen moderisointia oli toteutettu kahdella kuvan kaltaisella logiikalla. Nämä logiikat korvattiin kahdella IFM:n modulilla.



Kuva 8. Vanha käyttöliittymä

Robotin ohjauskeskuksen puolelle uusittiin vain logiikat muun laitteiston jäädessä ennalleen. Ohjauskeskuksesta laitteistoon kuuluivat turvarele, välireleitä, muuntaja 230v/24v, riviliittimiä, kytkimet, merkkilamput ja logiikat. Kaikki jo aiemmin käytössä olleet merkkilamput ja ohjauskytkimet jäivät edelleen käyttöön ja nämä keskuksen ovelta sijaitsevat komponentit on havainnollistettu kuvassa 9.



Kuva 9. Keskuksen kannessa sijaitsevat kytkimet ja merkkilamput

Sähkökeskus oli kaksipuoleinen ja toiselta puolelta keskusta löytyi muuntaja, sulakkeita, kontaktorit ja kolme servo-ohjainta. Kaikki nämä komponentit jäivät käyttöön. Näitä komponentteja on esitelty seuraavissa kolmessa kuvassa. Robotin jokaisen akselin moottorin ohjaukseen käytettiin servo-ohjaimia, jotka näkyvät kuvassa 12.



Kuva 10. Päävirtapiirin kontaktorit. Päävirtapiirin kytkentöjä ei muutettu vaan hyödynnettiin vanhoja kytkentöjä ja ohjauksia.



Kuva 11. Jokaiselle kuljettimille on oma etukoje ja vanhoja kytkentöjä ei muutettu. Kuljettimilta saatiin yksi yhteinen ylikuumentumishälytys. Moottorilähtö koostuu moottorisuojakytkimestä ja kontaktorista.



Kuva 12. Robotin akseleiden moottorien servo-ohjaimet, joiden avulla saadaan ohjattua akseleiden liikenopeutta.

4.2 PLC IFM CR0403

Työssä käytettiin logiikkana IFM:n CR0403 ohjainta (kuva 13). CR0403 on kehitetty ajoneuvojen ja liikkuvien koneiden pienlogiikaksi korvaamaan perinteiset releohjaukset. Pienlogiikkaa voidaan hyödyntää myös monissa muissa kohteissa. CR0403 moduulissa käytetään väylänä CAN väylää. Moduuli sisältää 12 tuloliitintä ja 12 lähtöliitintä. Tässä opinnäytetyössä tarvittiin kolme modulia, jotta saatiin kaikille tuloille ja lähdöille paikka. CR0403 ohjelmointi suoritettiin codesys ohjelmistolla. (IFM)



Kuva 13. IFM CR0403 ohjainmoduuli (IFM)

4.3 Käyttöliittymä IFM CR1082

Käyttöliittymäksi valittiin IFM:n CR1082 käyttäjäterminaalia (kuva 14). CR1082 on seitsemän tuuman kokoinen värinäyttö, jossa on kosketusnäyttö ja lisäksi yhteensä yhdeksän kappaletta ohjelmoitavia painikkeita. Painikkeet sijaitsevat näytön molemmilla sivuilla. Näyttöpaneeli liitettiin CAN väylään, jonka avulla se keskustelee logiikan kanssa. (IFM)



Kuva 14. IFM CR1082 näyttöpaneeli (IFM)

4.4 Absoluuttipulssianturi IFM RM9000

Akseleiden paikkojen mittaamiseen käytetään IFM:n RM9000 kulma-anturia, joka on esitetty kuvassa 15. RM9000 on monikierroksinen kulma-anturi, jonka resoluutio on 24 bittiä ja 4096 askelta per kierros. Anturi on CANopen liitäntäinen. (IFM)



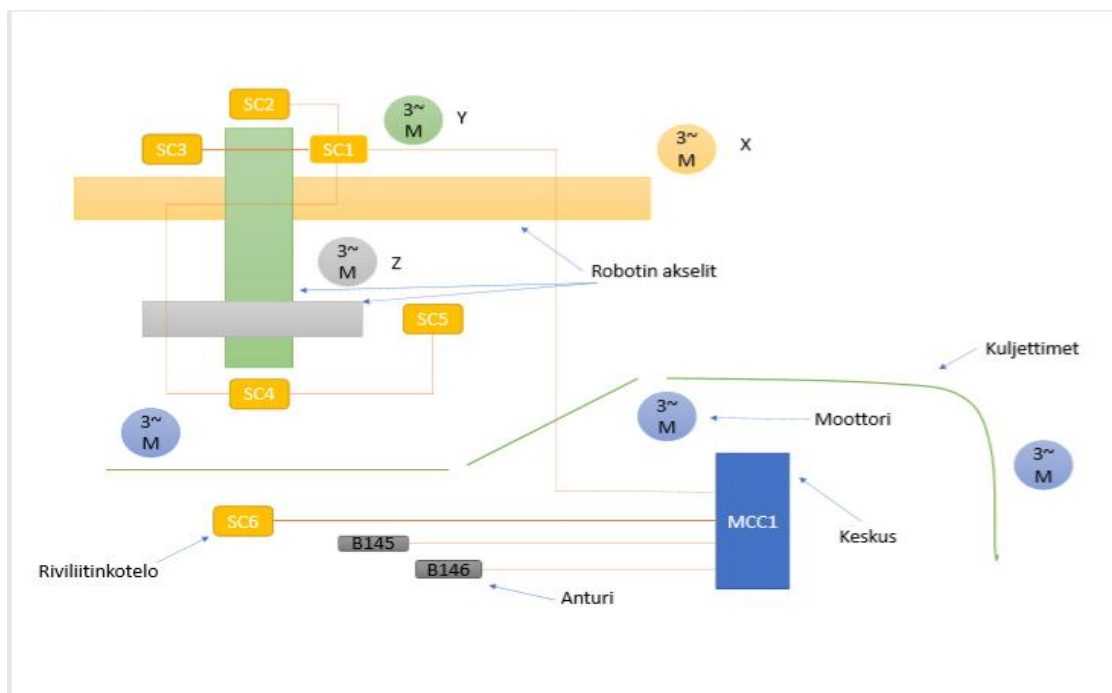
Kuva 15. IFM RM9000 absoluuttipulssianturi (IFM)

5 TYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyön työn toteutus jaettiin kolmeen osaan. Työhön kuului nykyisten sähkölaitteiden kytkentöjen selvittäminen ja uusien sähkökuvien piirto, logiikka ja käyttöliittymän ohjelmointi. Työ aloitettiin tutustumalla laitteistoon ja toimintaan seuraamalla sen työskentelyä vanhalla ohjauksella.

5.1 Pakkausrobotin toimintakuvaus

Pakkausrobotilla pakataan tietyn kokoisia ennalta määriteltyjä wc-paperipaketteja lavalle. Koska asiakkaalla oli tarve pakata myös muun kokoisia pakkauksia, pakkausrobotille oli tarpeen tehdä kuvatut muutostyöt. Laitteistoon kuuluvat kuljettimet, joita myöten paketit tulevat lastauspaikalle, sekä itse robotti. Robotissa on kolme akselia x, y ja z, joita ohjataan servo-ohjaimen avulla. Robotti siirtää kaksi pakettia kerrallaan lavalle ja lavapaikkoja on kaksi. Lava täytetään kerralla täyteen ja sitten vaihdetaan toiselle lavalle. Karkea periaatekaavio laadittiin ensimmäisen tutustumiskerran tietojen pohjalta lähtötiedoiksi ohjelman ja kuvien tekoon (Kuva 16).



Kuva 16. Ensimmäisen käynnin perusteella laadittu periaatekaavio pakkausrobotista

Robotin työkierto on seuraavanlainen. Pakkausroboti odottaa odotuspaikassa, että kuljetinta myöten on saapunut kaksi wc-rulla pakkausta. Tämän jälkeen robotti ottaa paketit ja vie ne omaa liikerataa pitkin seuraavaan vapaaseen lavapaikkaan. Kun paketit on viety lavalle, robotti palaa takaisin odotuspaikkaan hakemaan lisää paketteja. Normaalitilassa robotti on niin sanotussa odotuspaikassa odottamassa paketteja. Odotuspaikka sijaitsee kuljettimen loppupäässä sen yläpuolella. Kuvissa 17, 18 ja 19 on kuvattu robotin toimintaympäristöä.



Kuva 17. Robotin odotuspaikka, johon on saapunut yksi pakkaus. Vieressä lava, johon pakkauksia on pinottu päällekkäin.



Kuva 18. Kuljetin jota pitkin pakkaukset tulevat. Valokennot tunnistavat saapuvat pakkaukset.



Kuva 19. Robotin odotuspaikka toisesta suunnasta kuvattuna.

5.2 Kuvien piirto

Laitteistosta ei ollut käytettävissä sähkökuvia, joten kaikki sähkökuvat jouduttiin piirtämään uudestaan. Sähkökuvien piirto suoritettiin E3 ohjelmistolla. E3 ohjelmistossa on laaja symbolikirjasto valmiina ja jos kirjastosta ei löydy valmista symbolia, ohjelmistolla voi mallintaa oman symbolin.

Ennen kuvien piirtoa selvitettiin ja tehtiin lista vanhaan logiikkaan kytketyistä tuloista ja lähdöistä. Listassa oli myös selitys, mitä antureita ja toimilaitteita mikäkin tulo ja lähtö olivat. Kuvien piirtäminen aloitettiin tekemällä uudelle logiikalle kytkentäkuvat.

Tulo- ja lähtöpiirikaavioiden tekeminen aloitettiin täyttämällä Excel taulukko, jossa näkyi PLC:n käytettävissä olevat tulot ja lähdöt. Taulukkoon suunnittelin mihin tuloihin anturit kytketään ja mihin lähtöihin toimilaitteet kytketään uudessa PLC:ssä. Ohjelmistosta löytyi valmiit symbolit IFM CR0403 moduulille, joten tulo- ja lähtöpiirikaavioiden piirtäminen onnistui helposti.

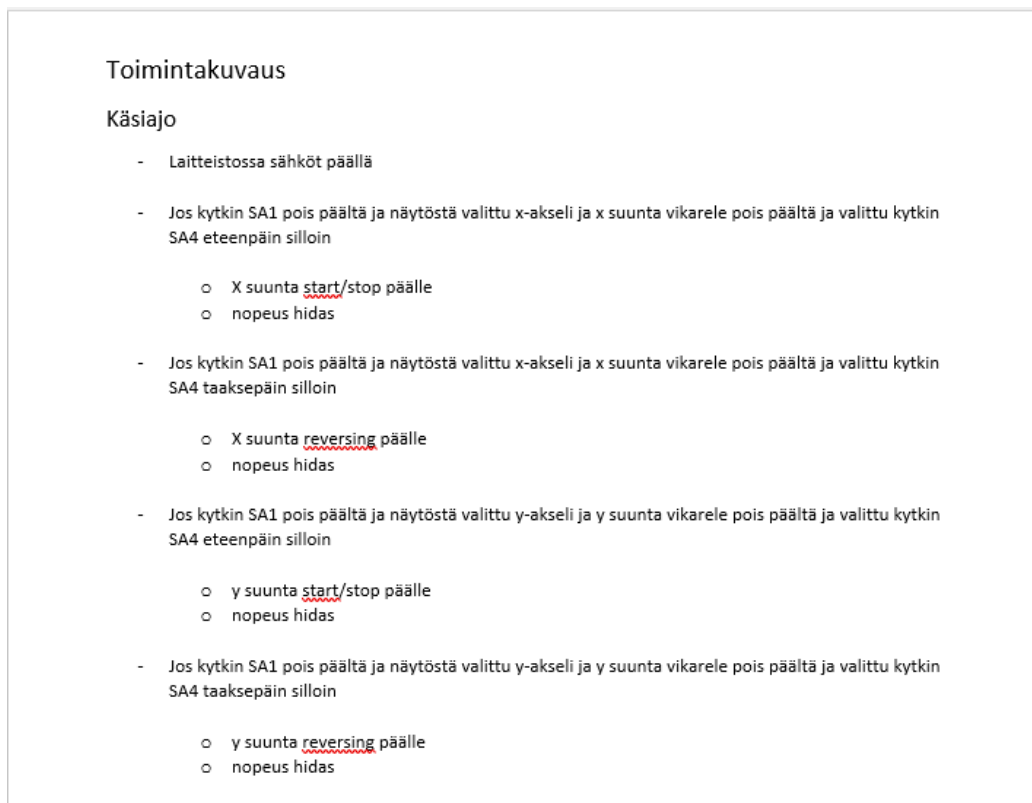
Robotin laitteiston sähkö- ja ohjauskeskuksen komponenttien päävirtapiirin ja ohjauksien kuvien piirtäminen vei enemmän aikaa kuin tulo- ja lähtöpiirikaavioiden piirtäminen. Kuvien piirtäminen aloitettiin tutkimalla keskusta ja selvittämällä komponenttien johdotuksia. Alun selvitystyötä helpotti huomattavasti hyvin merkatut johdot ja näin ollen ei tarvinnut repiä jokaista johtokourun kantta irti. Johdotuksien kaapeleiden merkintätapa näkyy kuvassa 20. Selvitystä tehtäessä tehtiin muistiinpanoja ja otettiin paljon valokuvia, jotka helpottivat toimistolla johdotusten piirtämistä. Alkuselvittelyn jälkeen tehtiin hahmotelmat johdotuksista lyijykynällä paperille, jonka jälkeen siirryttiin piirtämään E3 ohjelmistolla kuvia. Suurimalle osalle komponenteista löytyi valmis symboli E3:sta ja lopuihin jouduttiin piirtämään symbolit. Kuvien piirtämisessä oli pieni ongelmia epäselvien johdotuksien takia, mutta keskukselta saatiin piirrettyä piirikaaviokuvat, joista selviää komponenttien kytkennät ja niiden ohjaukset. Valmiit sähkökuvat on esitelty liitteessä 1.



Kuva 20. Kaapelinmerkintä on toteutettu hyvin keskuksessa

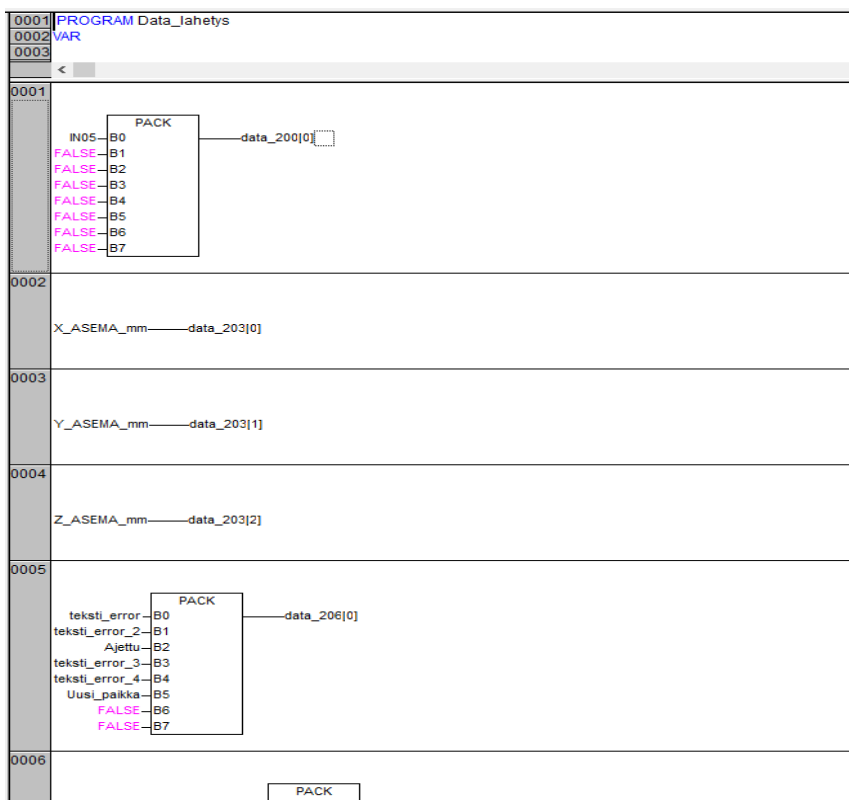
5.3 PLC ohjelmointi

Logiikoiden ohjelmointia lähdettiin suunnittelemaan, kun oli selvillä mikä mitäkin laitetta ohjaa. Ohjelmointi aloitettiin tekemällä sanallinen toimintakuvaus, josta selvisi miten robotin ja kuljettimien tulisi toimia esimerkiksi käsiajolla tai automaattiajolla. Tehtyä käsiajon tilan toimintakuvausta on havainnollistettu kuvassa 21. Toimintakuvauksen pohjalta oli hyvä lähteä tekemään ohjelmointikoodia.

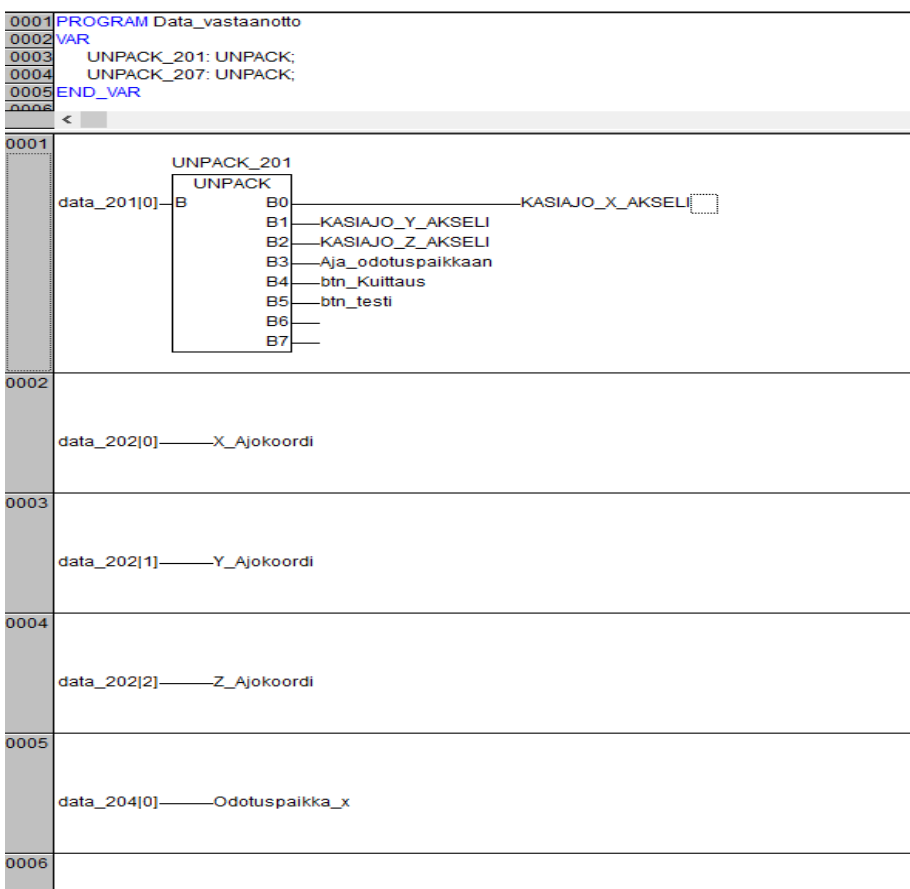


Kuva 21. Toimintakuvaus käsiajotilasta

Ohjelmointi suoritettiin Codesys ohjelmistolla, jossa käytettiin ohjelmointikielenä function block sekä structured text tapaa. Työssä käytettyjen PLC IFM CR0403 moduulien ohjelmointi suoritettiin PLC kohtaisesti. Vaikka työssä käytettiin kolmea PLC:tä, niin jokaiselle PLC:lle tehtiin ohjelma sen mukaan, mitä tuloja ja lähtöjä moduuliin oli kytketty. Mikäli toinen moduuli tarvitsi tietoja toisesta moduulista, ne lähetettiin CAN väylän kautta. Kuvassa 22 ja 23 näkyy, miten datan lähetys tehtiin toiseen PLC:hen sekä datan vastaanoton ohjelmointi.

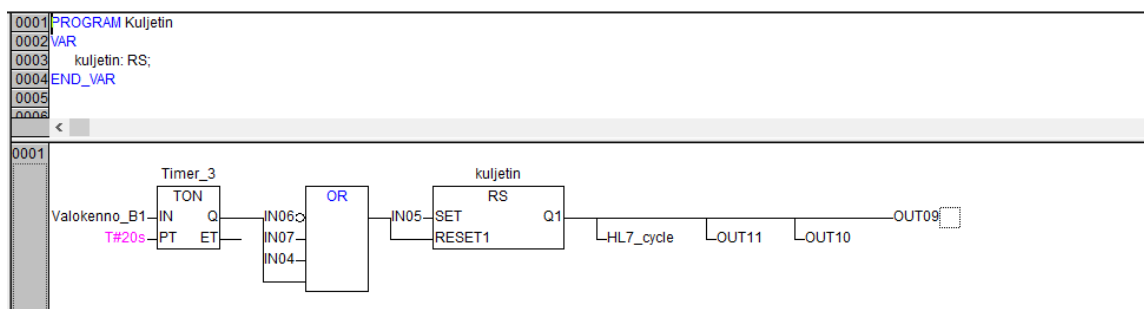


KUVA 22. Datan lähetys CAN väylään



Kuva 23. Datan vastaanotto CAN väylältä

Ensimmäinen ohjelmakoodi tehtiin kuljettimille, mikä oli melko yksinkertainen koodi toteutettuna yhdellä RS funktiolla. Eniten aikaa ja pisin ohjelmakoodi liittyi robotin ohjaukseen. Robotin ohjauksen ohjelmointi toteutettiin tilakonetyyppisesti, jossa automaattiajon ollessa päällä ohjelma menee eteenpäin askel kerrallaan. Kuvissa 24 ja 25 on kuvattu kuljettimen ja pakkausrobotin ohjelmointikoodia. Ohjelma on tehty siten, että yksi toiminto on yksi askel ja jos askeleen ehdot ja ohjaus eivät ole toteutuneet, niin ohjelma ei voi siirtyä seuraavaan askeleeseen. Tällä tavoin saatiin tehtyä ohjelma robotille järkevästi ja siten, että robotti tekee aina tietyt liikkeet ennen kuin se voi tehdä seuraavan liikkeen. Robotin ohjelmointiin olisi voinut löytyä muunkinlaisia tapoja, mutta kyseinen tapa todettiin selkeäksi ja helpoksi toteuttaa.



Kuva 24. Kuljettimien ohjelmakoodi

```

0001 PROGRAM Robotti
0002 VAR
0181 32: (*hiljennetään nopeutta*)
0182 IF Z_ASEMA_mm < (Odotuspaikka_z+100) THEN
0183   Z_nopeus :=200;
0184   askel :=35;
0185 END_IF;
0186
0187 35: (*z akseli odotuspaikassa*)
0188 IF Z_ASEMA_mm < (Odotuspaikka_z+10) THEN
0189   OUT08 := FALSE;
0190   OUT05 :=FALSE;
0191   Z_nopeus :=0;
0192   askel := 40;
0193 END_IF;
0194
0195
0196 40: (*paletit paikallaa*)
0197 IF (IN10 AND Lava_counter_CV =0) OR (IN11 AND Lava_counter_CV =1) THEN
0198   askel :=45;
0199 END_IF;
0200
0201 45: (*x akseli lavapaikkaan*)
0202 IF X_ASEMA_mm > X_Ajokoordi THEN
0203   OUT06 :=TRUE;
0204   OUT03 :=TRUE;
0205   X_nopeus :=1000;
0206 ELSE
0207   OUT06 :=TRUE;
0208   X_nopeus :=1000;
0209   askel :=50;
0210 END_IF;
0211
0212 50: (*x akselin nopeuden hidastus*)
0213 IF X_ASEMA_mm > (X_Ajokoordi -100) AND X_ASEMA_mm < (X_Ajokoordi +100) THEN

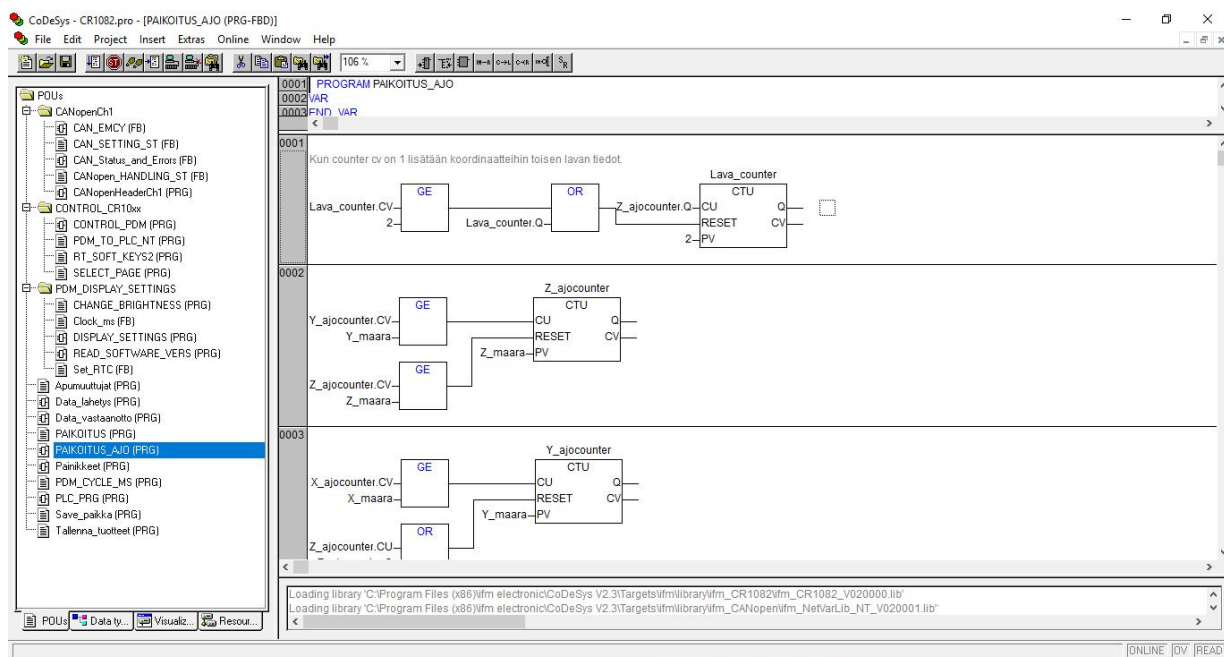
```

Kuva 25. Pakkausrobotin ohjelmakoodia

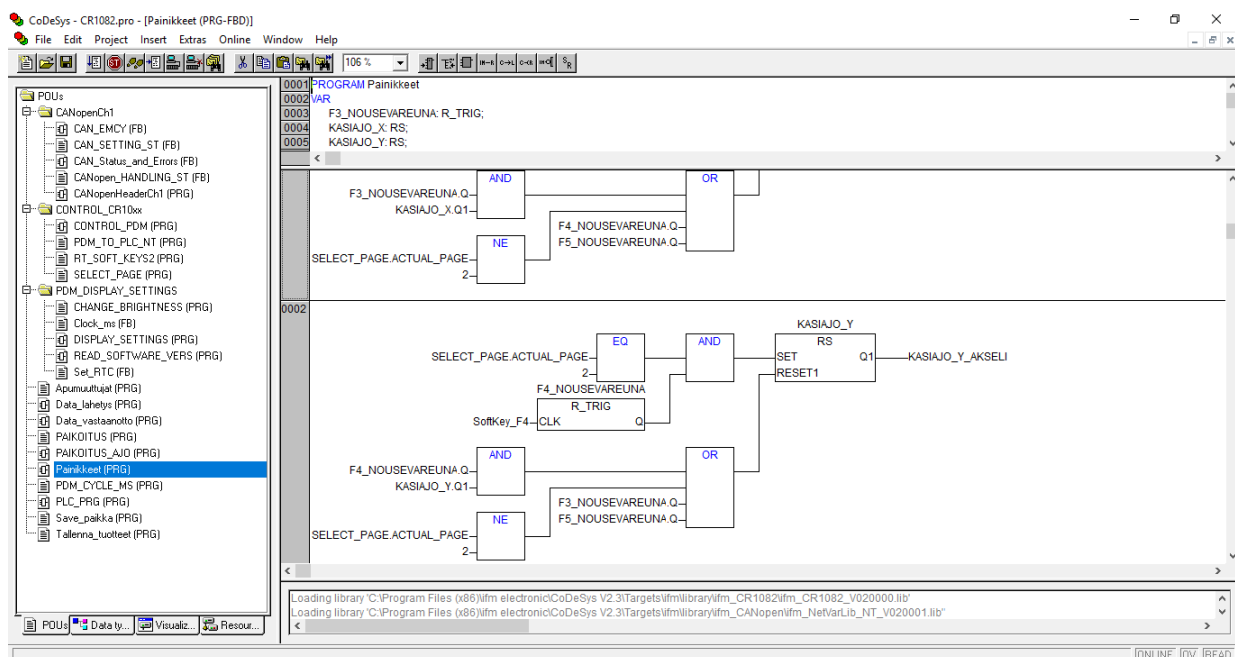
5.4 Käyttöliittymän ohjelmointi

Käyttöliittymän osalta toimeksiantajalla oli selkeä näkemys siitä, mitä siinä tulisi näkyä ja mitä sillä pystyy tekemään. Aloituspalaverissa todettiin, että koko käyttöliittymän ohjelmoinnin toteuttaminen yksin tässä opinnäytetyössä ei olisi mahdollista aikataulun puitteissa. Toimeksiantajan yrityksestä yksi työntekijä teki alustavan ohjelman patkän, minkä pohjalta oli helppo lähteä rakentamaan ohjelmointi loppuun. Ohjelma sisältää paikoitusohjelman, jossa lasketaan lavan koon mukaan, montako pakettia siihen mahtuu ja mikä on seuraavan paketin sijainti lavalla.

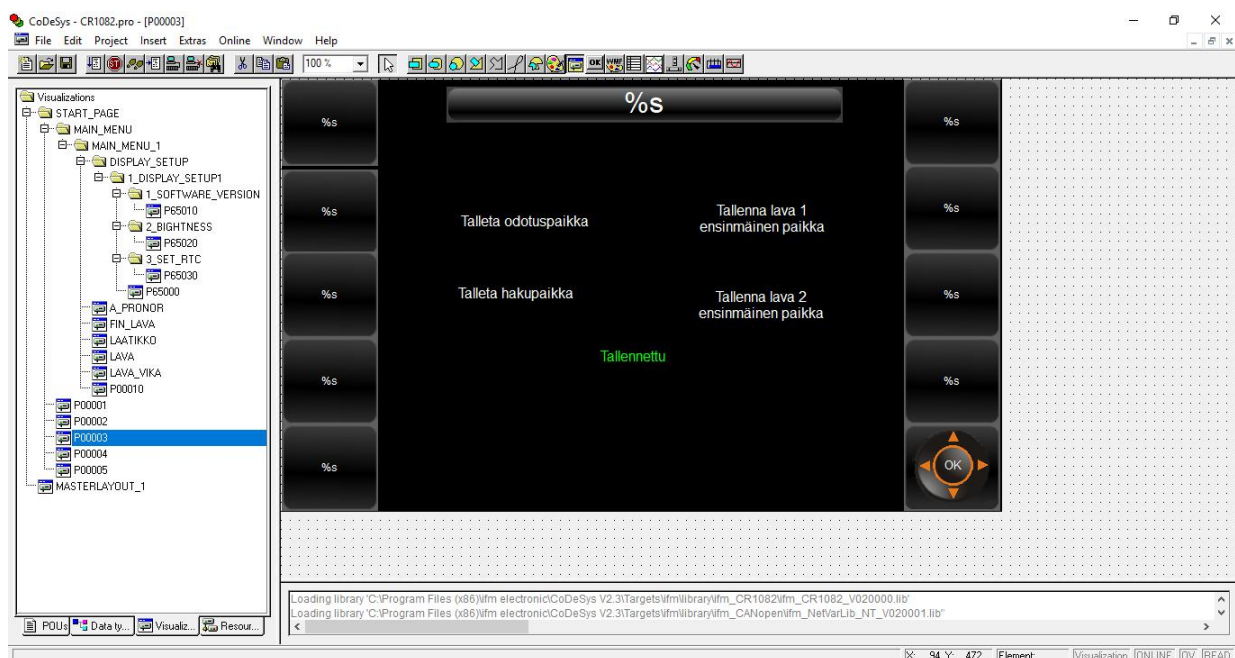
Paikoitusohjelma jouduttiin tekemään näyttöpaneeliin, koska logiikkamoduulissa ei riittänyt retain eli pysyvä muisti. I/O tietoja näyttöpaneelin ja logiikkamoduulin välillä siirretään CAN-väylää pitkin. IFM näyttöpaneelissa muisti olisi riittänyt, vaikka koko ohjelma olisi tehty sen sisälle. Paikoitusohjelman lisäksi näyttöpaneelin ohjelma sisältää painikkeiden toimintaa varten tarvittavan ohjelmakoodin sekä eri näyttösivujen visualisoinnin. Seuraavissa kuvissa (kuvat 26 - 28) on esitelty näkymät IFM CR1082 paneelin ohjelmoinnista.



Kuva 26. Paikoitusta varten tehty ohjelmakoodi



Kuva 27. Painikkeiden ohjelmakoodia



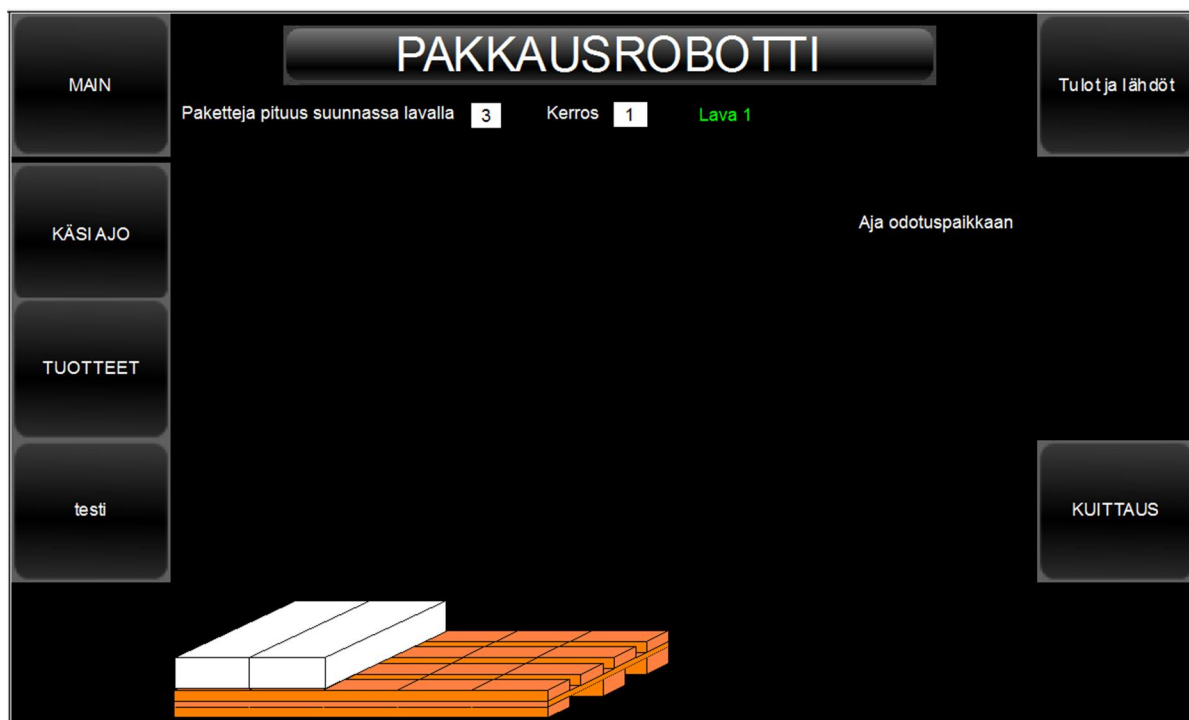
Kuva 28. Näyttösivujen visualisoinnin ohjelmointia

Paikoitusohjelman pohjalta lähdettiin kehittämään lopullisen käyttöliittymän ohjelmointia. Käyttöliittymäpaneeli keskustelee CAN väylän kautta PLC:den kanssa. Tietoa joudutaan lähettämään melko paljon paneelilta PLC:lle ja PLC:ltä paneelille, jotta saadaan oikeat tiedot tarvittavaan paikkaan ohjelman toiminnan kannalta. Paneeliin tehtiin toiminto, jonka avulla voidaan tallentaa ensimmäisen paketin paikka lavalla. Näiden koordinaattien avulla ja paikoitusohjelman laskutoiminnoilla saadaan seuraavien pakettien paikat lavalla.

Paneeliin tehtiin yhdelle sivulle painikkeet, joista voidaan valita mitä akselia halutaan liikutella käsiajotilassa. Paneeliin tuli päänäytön lisäksi neljä muuta sivua, jotka saadaan auki päänäytöltä tai joltain muulta sivulta. Paneeliin tehtiin sivu, jossa näkyvät PLC1:n ja PLC2:n kaikki tulot ja lähdöt sekä niiden tila. Vihreä valo indikoi, että tulo tai lähtö on toteutunut ja punainen valo, että tulo tai lähtö on pois päältä. Tämän toiminnon tarkoituksena on helpottaa vian etsintää tarvittaessa.

Robotin toiminnan kannalta yksi tärkeimmistä sivuista on tuotetietojen syöttösivu. Tältä sivulta syötetään lavan koko, pakettien koko ja haluttujen kerrosten määrä lavalla. Näiden syötettyjen tietojen avulla ohjelmisto osaa laskea, montako pakettia mahtuu pituus- ja leveysuunnassa lavalle joka kerrokseen. Näitä tietoja myös hyödynnetään ohjelman laskiessa paketille paikan, minne robotti vie ne lavaa täyttäessään. Tuotetietojen syöttösivulle tehtiin toiminnot, joiden avulla pystytään tallentamaan kolmen eri paketin tiedot muistiin ja tuomaan ne muistista käyttöön. Tämä toiminto helpottaa työtä, mikäli pakataan erikokoisia paketteja. Tällöin joka kerta ei tarvitse erikseen muuttaa jokaista tuotetietoa.

Päänäytössä on näkyvillä lava, johon tulee paketteja näkyviin sitä mukaan, kun robotti tuo ne lavalle. Päänäytöstä näkyy myös, onko lava 1 vai lava 2 täyttövuoressa. Lisäksi näkyy tekstimuodossa, monesko kerros ja montako pakettia on lavalla pituus- ja leveysuunnassa. Päänäyttöön tulee näkyviin ohjelmoidut virheilmoitukset ja samalta sivulta löytyy niiden kuittausnappi. Seuraavissa kuvissa (kuvat 29 - 33) esitellään vielä näyttöön ohjelmoitujen sivujen ulkoasua.



Kuva 29. Päänäytön ulkoasu. Näytössä näkyy pakkauksen tilanne ja pystytään siirtymään muille sivuille.

Kuva 30. Tuotteiden tietojen syöttösivu. Valikosta voidaan määrittää lavan ja paketin koko ja pystytään myös määrittämään, montako pakettia lavalle pakataan. Sivussa olevilla painikkeilla saadaan tallennettua tiedot muistiin.

PLC1		PLC2	
Input	Output	Input	Output
IN0	OUT0	IN0	OUT0
IN1	OUT1	IN1	OUT1
IN2	OUT2	IN2	OUT2
IN3	OUT3	IN3	OUT3
IN4	OUT4	IN4	OUT4
IN5	OUT5	IN5	OUT5
IN6	OUT6	IN6	OUT6
IN7	OUT7	IN7	OUT7
IN8	OUT8	IN8	OUT8
IN9	OUT9	IN9	OUT9
IN10	OUT10	IN10	OUT10
IN11	OUT11	IN11	OUT11

Kuva 31. Tulot ja lähdöt valikko. Nähdään, mikä tulo tai lähtö on päällä tai pois päältä.

Mikäli kuvan 31 näyttösivuun olisi jokainen tulo ja lähtö nimetty erikseen, olisi sivulta loppunut tila eikä siitä olisi saatu järkevää näköistä. Lisäksi tämä sivu tehtiin pääasiassa vian etsinnän helpottamiseksi varten. Sivua tulee käyttää lähinnä asentaja, joka tulee korjaamaan laitteistoa. Sähkökuvissa on kuvattu tarkemmin, mitä tuloja ja lähtöjä mikäkin IO-numero vastaa.



Kuva 32. Käsiäjo valikon ulkoasu. Valikosta pystytään valitsemaan, mitä akselia ajetaan ja näkyy myös akselin sijainti millimetreinä.

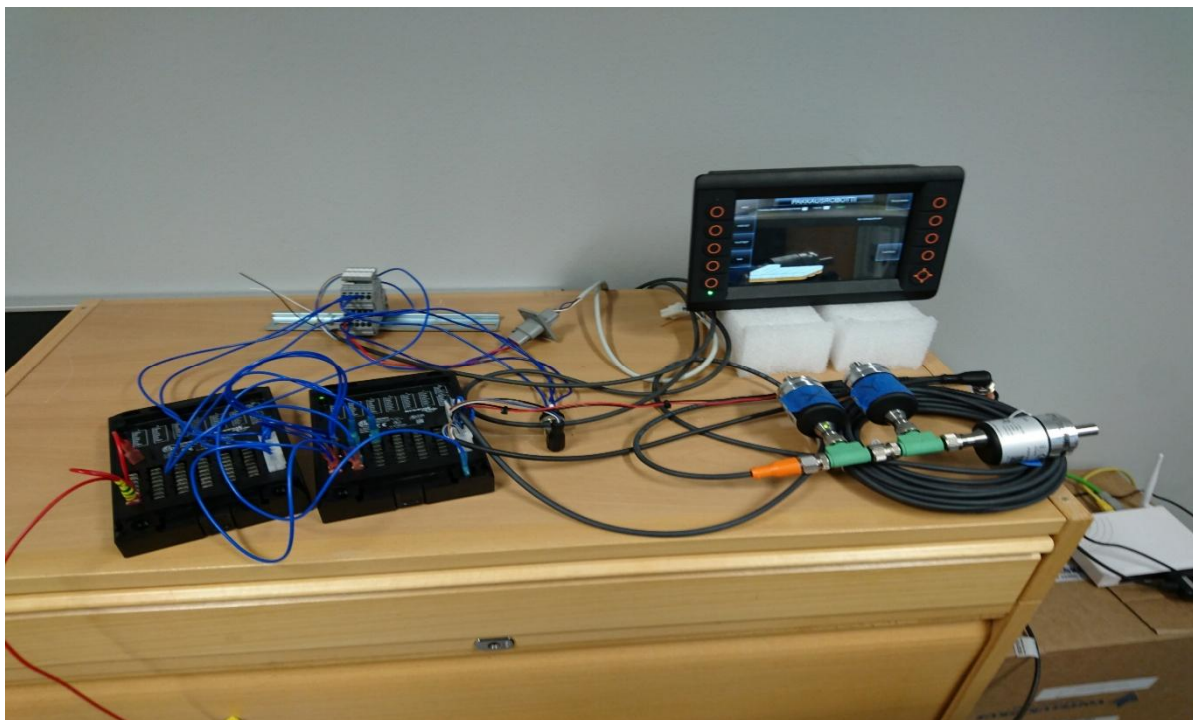


Kuva 33. Tallennusvalikko, nappien avulla pystytään tallentamaan akseleille haku-, odotus- ja lavapaikan koordinaatit, jotta robotti osaa siirtyä esimerkiksi hakupaikasta lavapaikkaan.

5.5 Ohjelmistojen testaus

PLC: iden ja käyttöliittymän ohjelmistoja testattiin, ennen kuin ne käyttöön otettiin robottilaitteistossa. Testauksessa käytettiin apuna laitteita, jotka tullaan uusimaan robotin käyttöön otossa eli PLC:t, näyttöpaneeli ja pulssianturit. Kuvissa 34 - 36 näkyy koottu testilaitteisto. Testauksen avulla saatiin todettua CAN väylän toiminta ja varmistettiin datan siirtyminen väylässä oikein. Testilaitteiston avulla saatiin simuloitua kaikki ohjelmistot läpi ja todettua, että ne toimivat halutulla tavalla. Testaus oli tärkeä toimenpide, koska sen avulla huomattiin ohjelmoinnissa tulleet virheet ja saatiin ne korjattua. Näin robotin oikeassa käyttöön otossa ei tullut ohjelmistojen kannalta suurempia yllätyksiä ja tuotannon seisakki aika jäi lyhyeksi.

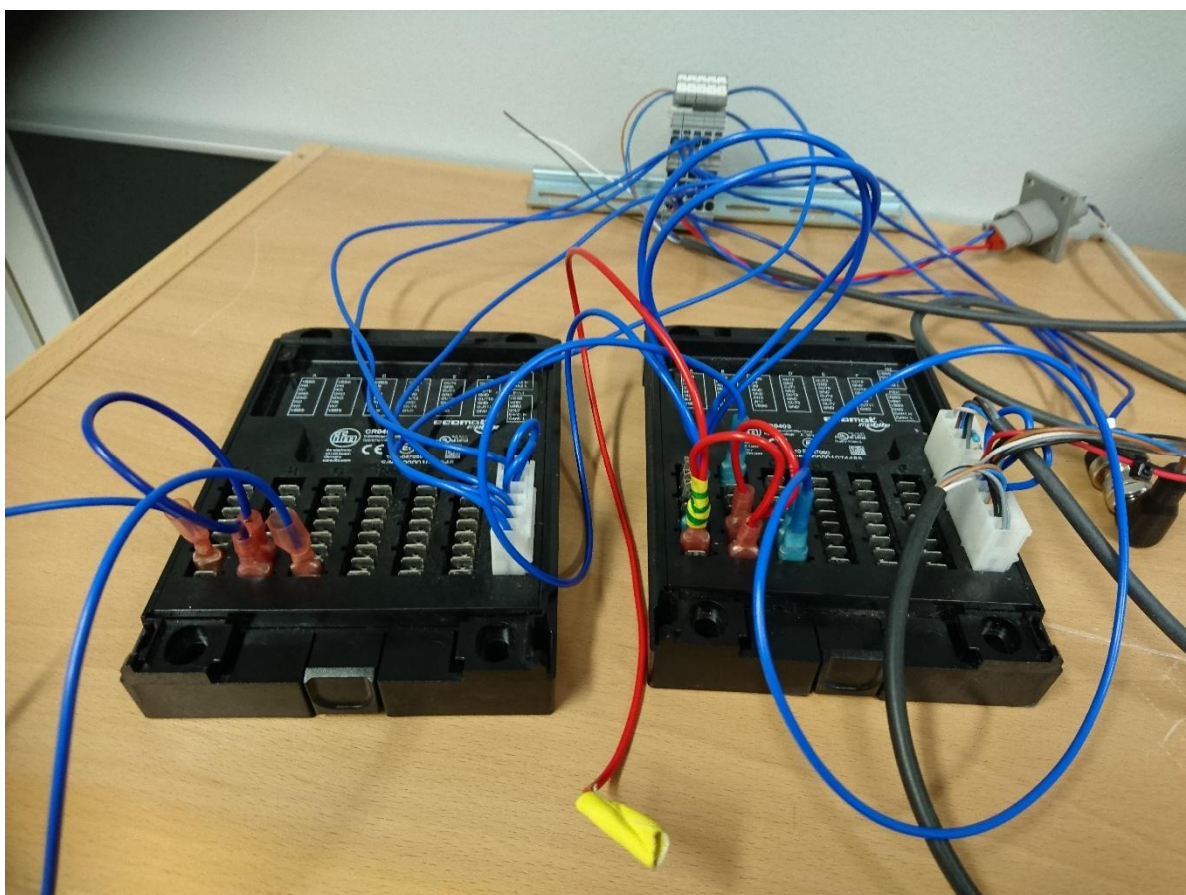
Testauksien avulla kokeiltiin myös käyttöliittymän toiminnat, jotta sitä ei tarvinnut enää juuri muokata käyttöön otossa. Käyttöliittymän testauksen avulla saatiin testattua kaikkien painikkeiden toiminta näytössä ja todettua että näyttöihin tulevat oikeat tiedot näkyviin. Käyttöliittymän ulkoasu oli myös helpompi muokata testauksia tehdessä toimistolla.



Kuva 34. Rakennettu testalaitteisto ohjelman testausta varten



Kuva 35. Absoluuttipulssiantureiden testikytkentä. Anturit kytketään samaan väylään sarjaan ja viimeisessä kytkentäpisteessä pitää olla päätevastus, jotta väylä toimii.



Kuva 36. CR0403 moduuleiden testikytkentä. Testauksessa käytettiin apuna väliaikaisia apujohtoja, joilla saatiin simuloitua tiettyjä tuloja päälle ja nähtiin, että ohjelma toimii oikein.

6 YHTEENVETO

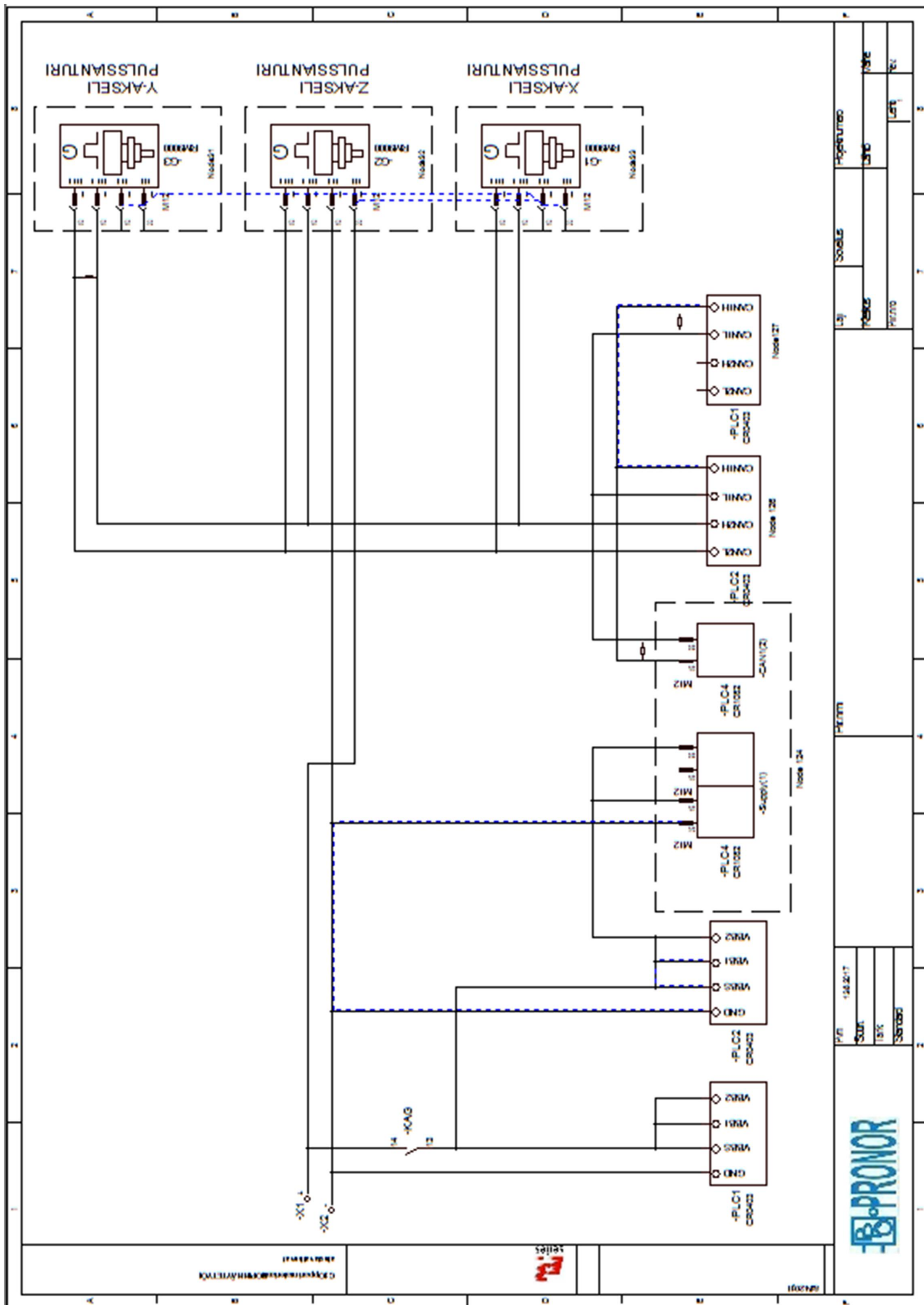
Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli saada tehtyä toimivat ohjelmistot pakkausrobotin ohjaukseen ja ajan tasalla olevat sähkökuvat laitteistosta. Opinnäytetyön aikana opettelin uusien ohjelmistojen käyttöä ja itselleni uudenlaisen tavan tehdä logiikkaohjelmointia. Työn tavoitteet saavutettiin ja asiakkaalle saatiin toimivat ohjelmistot, joilla tuotantoa pystyttiin jatkamaan ja kehittämään. Ohjelmistot suunniteltiin siten, että niitä on helppo muokata ja soveltaa tuotannon muutoksiin.

Opinnäytetyön toteuttaminen kehitti osaamistani paljon ja uskon, että tulen soveltamaan oppimaani tulevaisuudessa. Työtä suorittaessa pääsin tutustumaan itselleni aiemmin tuntemattomaan laitteistoon. Sähkökuvia piirtäessä opettelin käyttämään E3 ohjelmistoa ja logiikkaohjelmointia tehdessä opettelin Codesys ohjelmiston käyttöä. Näiden ohjelmistojen hallitsemisesta on varmasti hyötyä tulevaisuudessa.

Opinnäytetyötä tehdessä ilmeni myös jonkun verran ongelmia. Alkuperäinen aikataulu ei toteutunut, koska työ olikin hankalampi mitä aluksi ajateltiin ja työmäärä olikin paljon suurempi. Suurimpia hankaluuksia aiheutti uusien ohjelmistojen opettelu, koska en ollut aikaisemmin ohjelmoinut mitään saman tyyppisiä laitetta. Vaikeuksista selvittiin, kun sain hyviä vinkkejä miten kyseisen robotin ohjelmisto kannattaisi ohjelmoida.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- 3S-Smart Software Solutions GmbH. 2017. CODESYS. *CODESYS kotisivut*. [Online] 2017. [Viitattu: 24. 10 2017.] <https://www.codesys.com/>.
- Alanen, Jarmo. 2000. CAN-ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisväylä. *VTT Automaatio, Koneautomaatio*. [Online] 28. Tammikuu 2000. [Viitattu: 14. Toukokuu 2017.] http://www.oamk.fi/~eero/Opetus/Ohjausjarjestelmat/CAN/CAN-perusteet_AlasenMateriaalia.pdf.
- Asko K. Kippo, Aimo Tikka. 2008. *AUTOMAATIOTEKNIIKAN PERUSTEET*. Helsinki : Edita Prima Oy, 2008. ISBN 978-951-37-4912-5.
- CCS Group. E3.series moduulit. [Online] [Viitattu: 16. Toukokuu 2017.] <http://www.ccsgroup.com/fi/e3.series/moduulit>.
- CCS Gruppen. E3 series Videoer/Datasheets. *Tuoteseloste CCS Groupin sivuilta*. [Online] [Viitattu: 23. 10 2017.] <http://www.ccsgroup.no/e3.series/videoer-datasheets/e3.datasheets/e3-overview>.
- Digi. 2015. Hyvä käyttöliittymä-10 muistisääntöä. [Online] Graafinen, 12. 02 2015. [Viitattu: 30. 11 2017.] <http://www.graafinen.com/suunnittelu/digi/hyva-kayttoliittyma-10-muistisaantoa/>.
- IFM. IFM nettisivut. [Online] [Viitattu: 12. Toukokuu 2017.] <https://www.ifm.com/ifmfin/web/home.htm>.
- MultiPaperi Finland. MultiPaperi Finland Oy. [Online] [Viitattu: 17. 10 2017.] <http://www.multipaperi.fi/index.html>.
- OEM AUTOMATIC. *OEM AUTOMATIC nettisivut*. [Online] [Viitattu: 10. 5 2017.] http://www.oem.fi/Tuotteet/Anturi/Pulssianturit/Yleista/Pulssianturien_teoriaa/825723-526144.html.
- Pronor. Pronor. [Online] [Viitattu: 17. 10 2017.] <http://www.pronor.fi/>.
- SKS Group. Codesys. [Online] [Viitattu: 16. Toukokuu 2017.] http://www.sks.fi/www/_Codesys&id=CODESYS.
- Sundquist, Matti. 2008. *Turvaväylät*. Espoo : Multiprint Oy, 2008. ISBN 978-951-98254-3-4.
- Tiainen, Jukka. 2015. Loistavan käyttöliittymän salaisuus. [Online] Develore, 21. 10 2015. [Viitattu: 30. 11 2017.] <http://www.develore.com/artikkeli/loistavan-kayttoliittyma-salaisuus/>.
- Toimi Keinänen, Pentti Kärkkäinen, Markku Lähetkangas, Matti Sumujärvi. 2007. *Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat*. Helsinki : WSOY Oppimateriaalit Oy, 2007.
- Zuken. 2017. E3.series. [Online] 2017. [Viitattu: 16. Toukokuu 2017.] <https://www.zuken.com/en/products/electrical-wire-harness-design/e3-series>.



PLN	14.2.2017
SKM	
TSK	
SKM	



PLN/PM

PLN/PM

PLN/PM

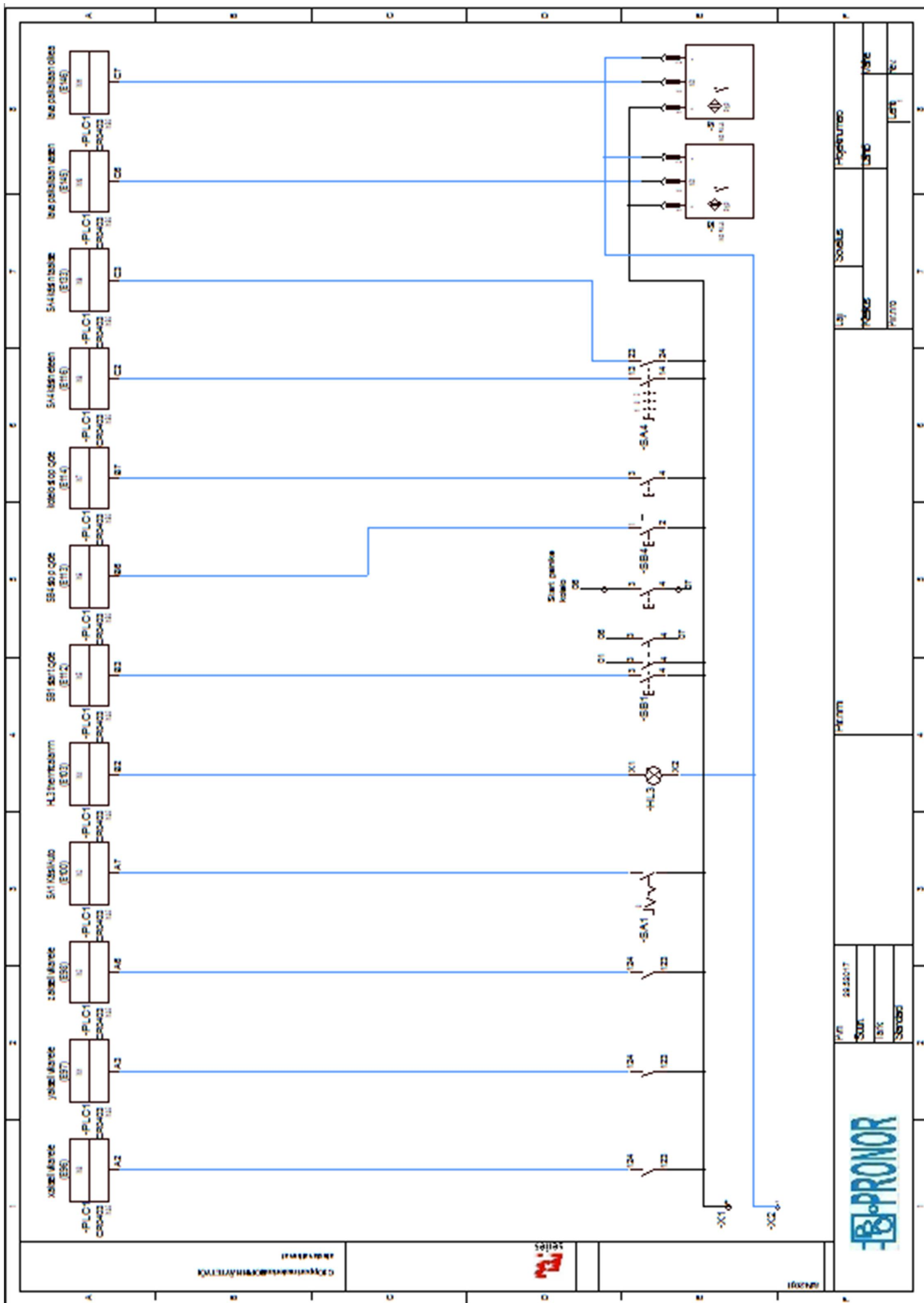
PLN/PM

PLN/PM	PLN/PM
PLN/PM	PLN/PM

© Pysyvätkä Oy 2017
 Tekijä: Pysyvätkä Oy



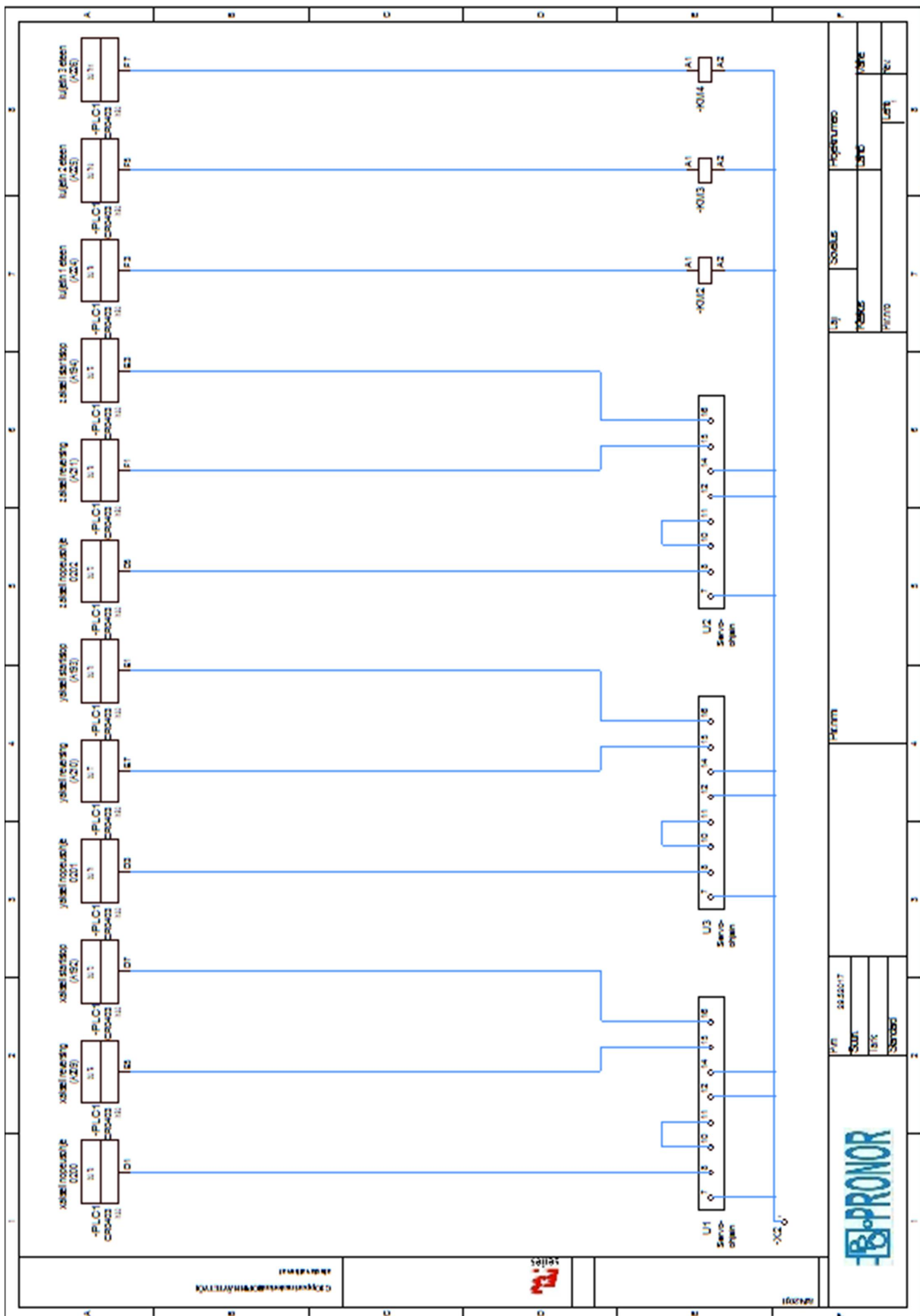
PLN/PM



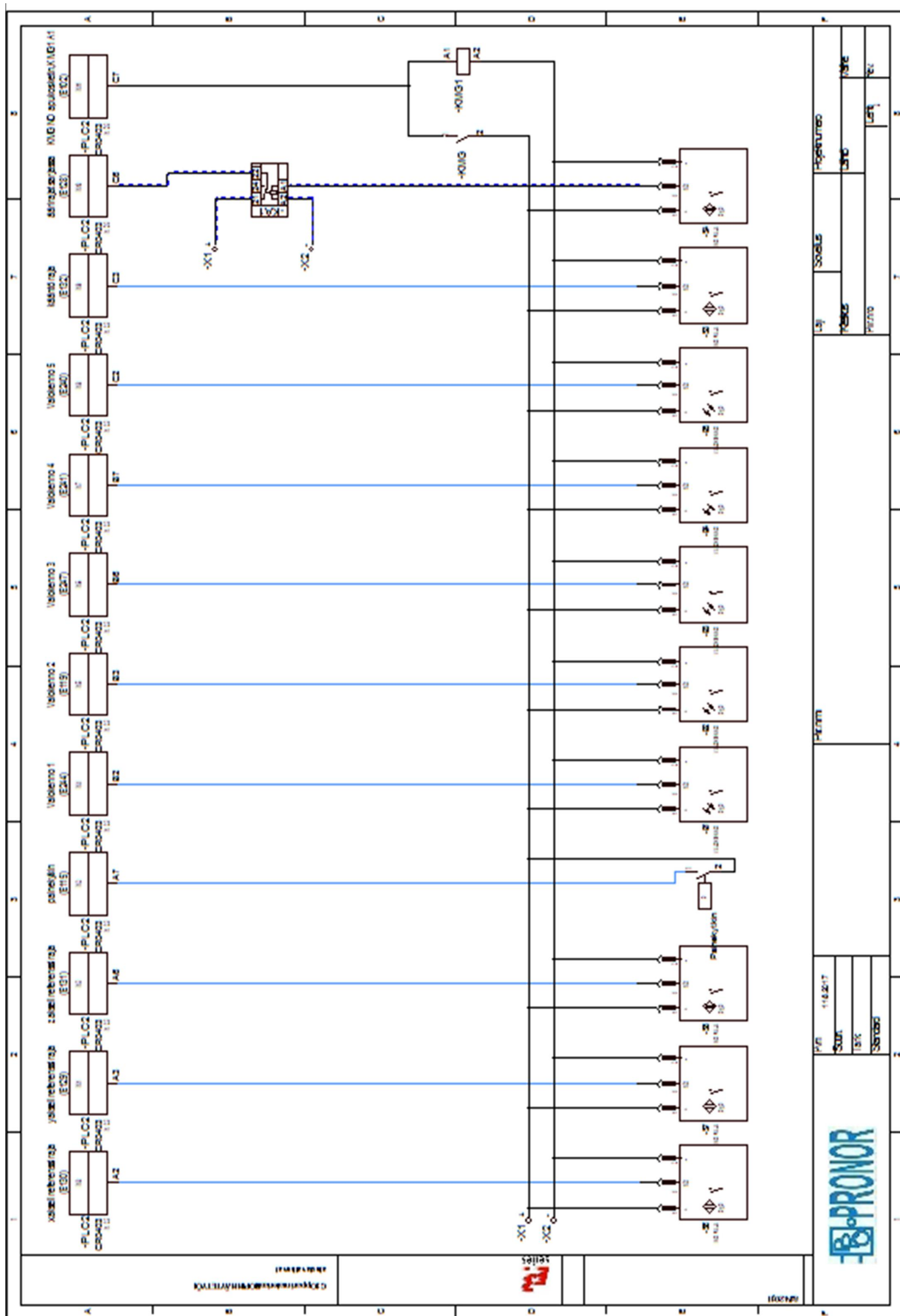
INDONESIA
KEMENTERIAN RI
KEMENTERIAN RI



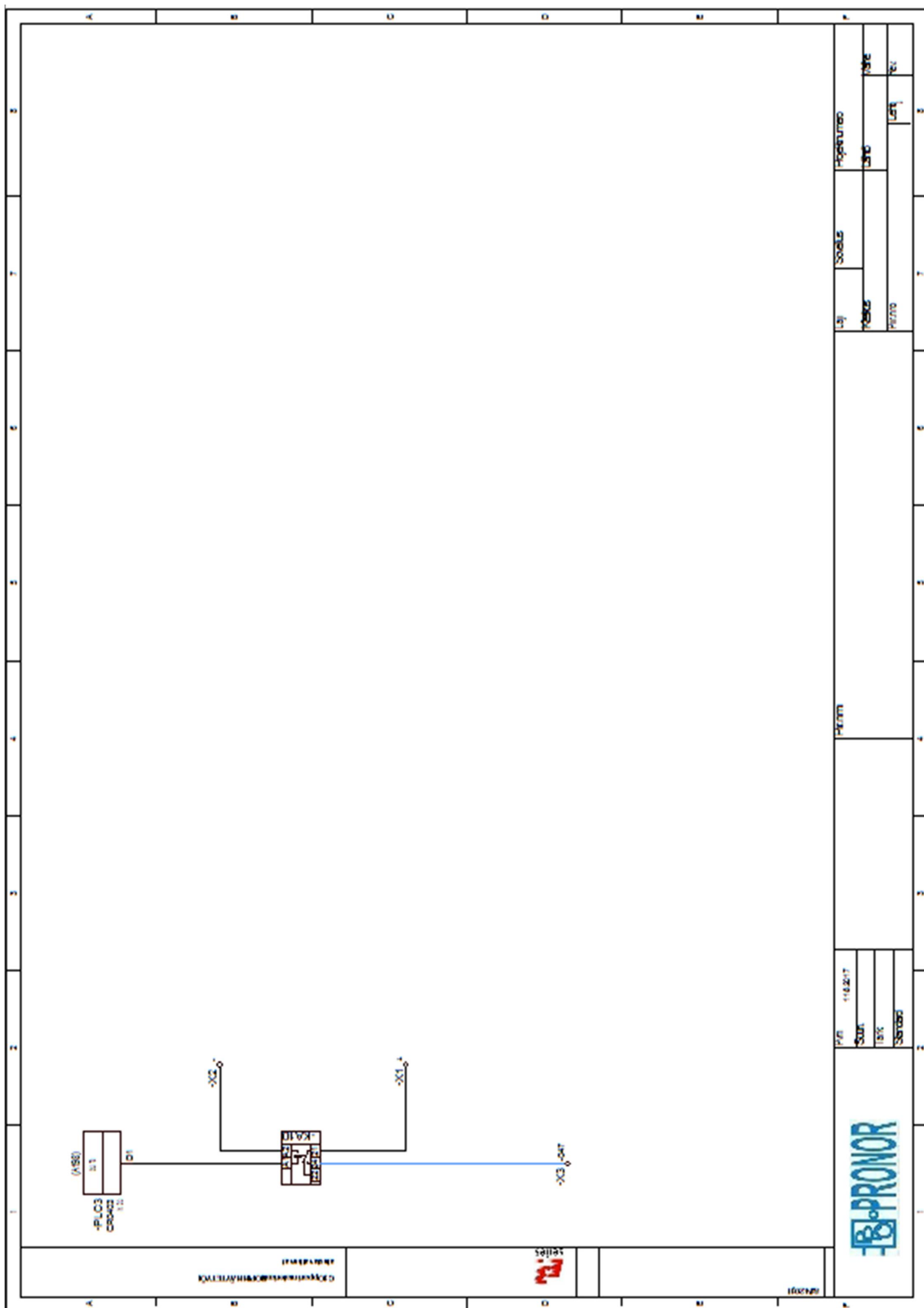
PT PRONOR
Jl. Raya
No. 100
Surabaya

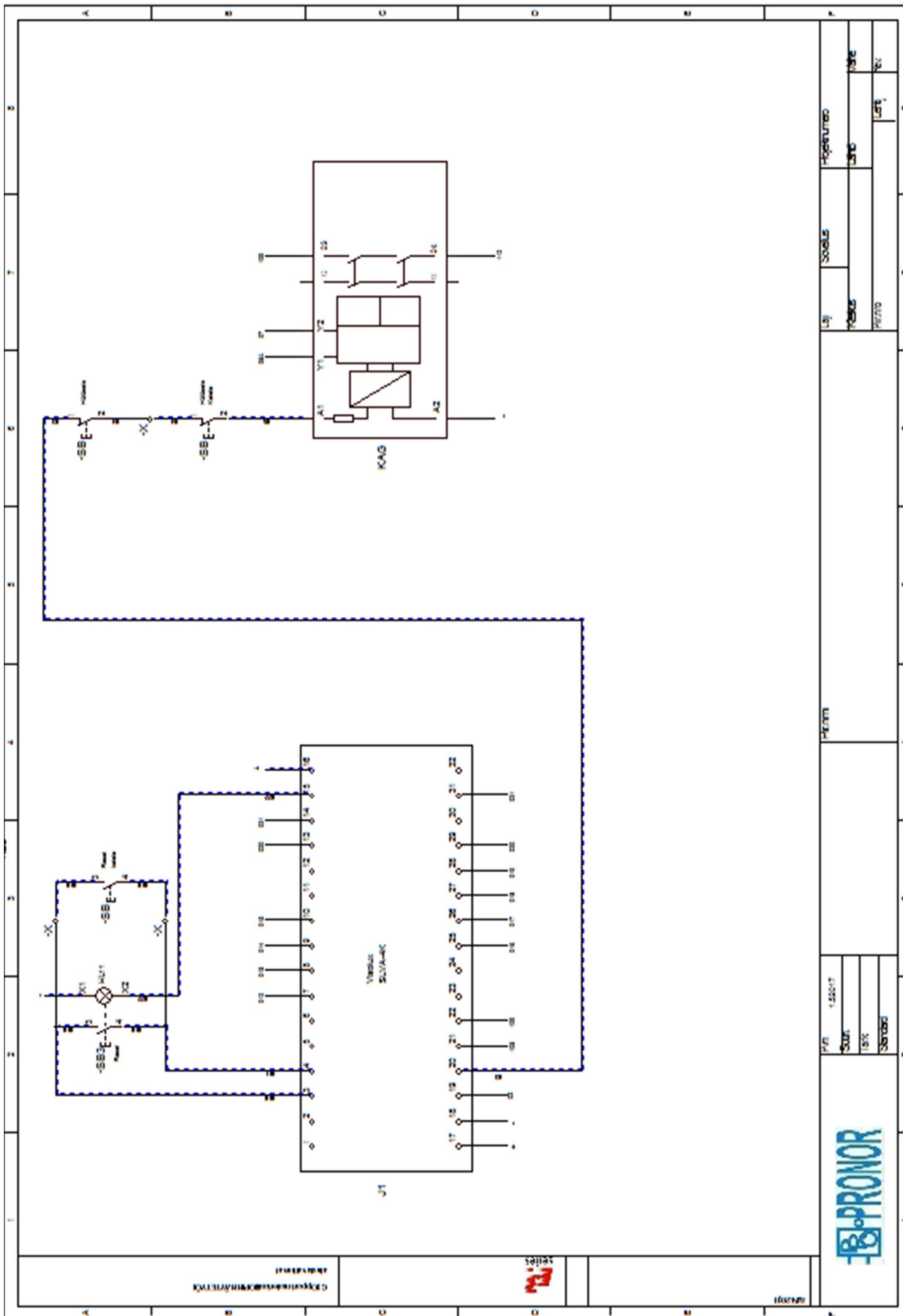


		ҮН 24.10.17 СУР ТЭГ СЕРВИС	Хүмүү		Л3) Соёл ТЭГ ТЭГ	Хөгжүүлэлт ТЭГ ТЭГ
--	--	-------------------------------------	-------	--	------------------------	--------------------------



		P/N 116.2017 Stav: _____ 13/12 Stavba: _____		Mesto: _____ Datum: _____ Strana: _____	
		P/N 116.2017 Stav: _____ 13/12 Stavba: _____			





© KÖNIGSTEINER & SÖHNLEBEN
 486494411



10/2020

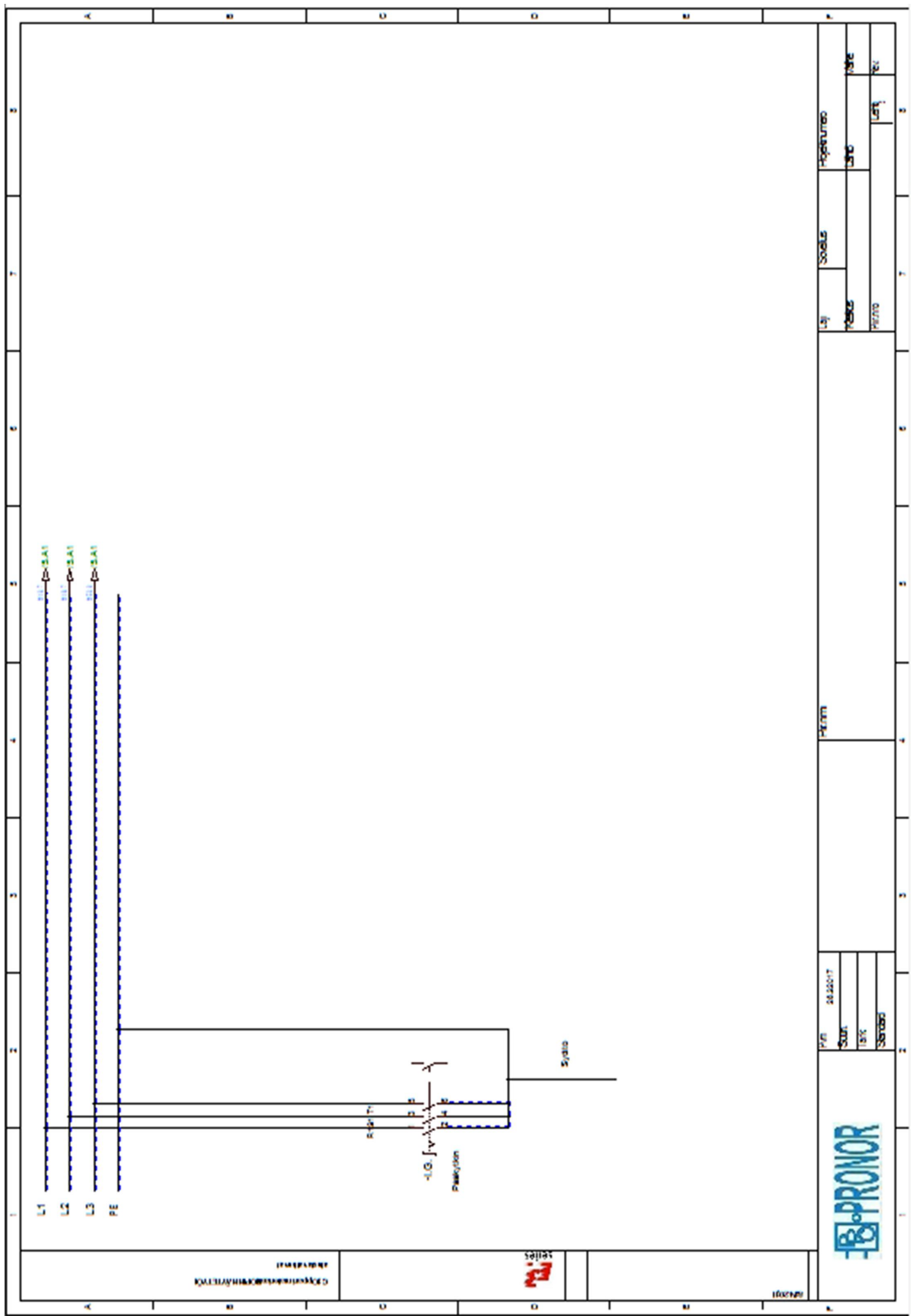


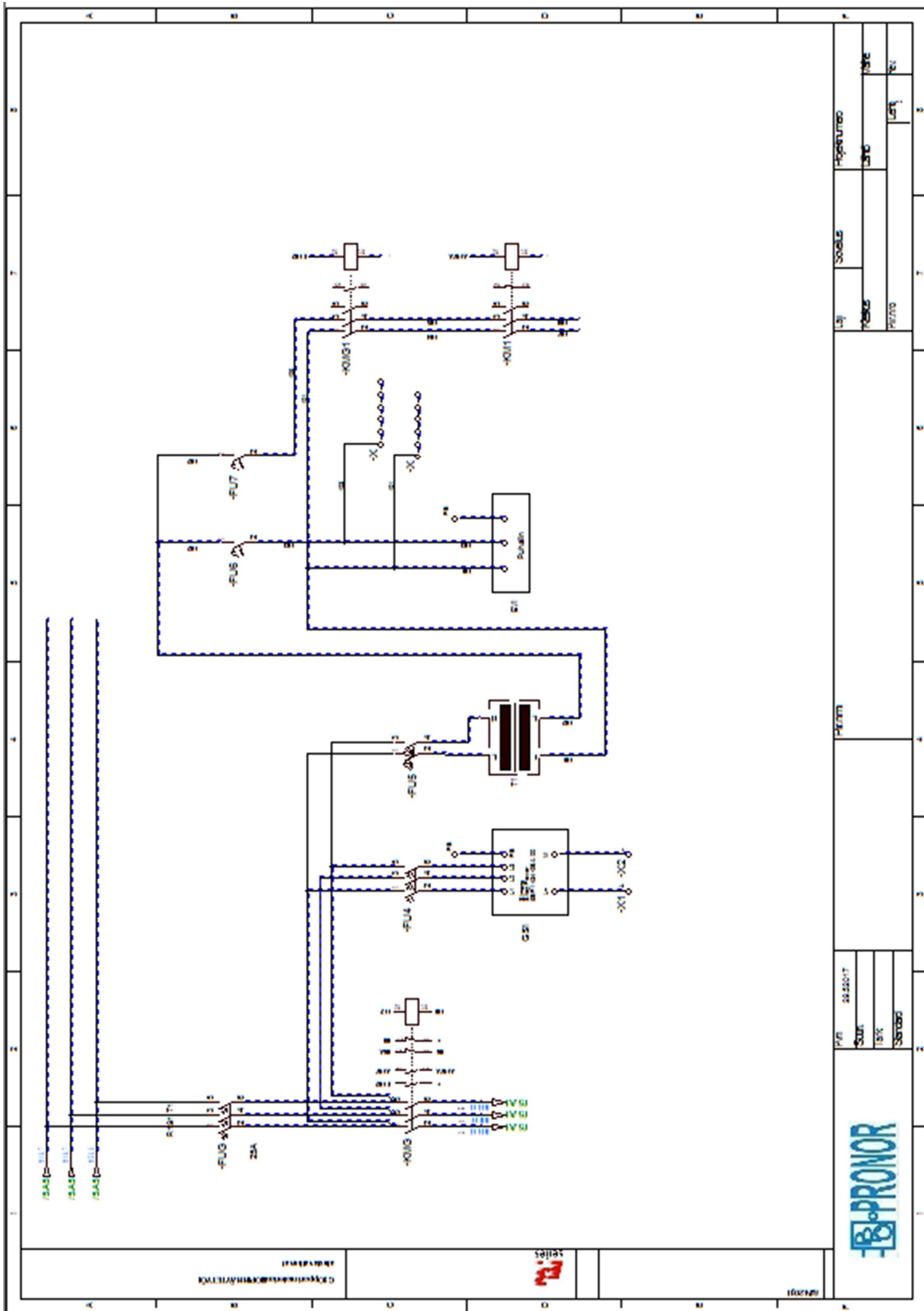
145017
 145017
 145017
 145017

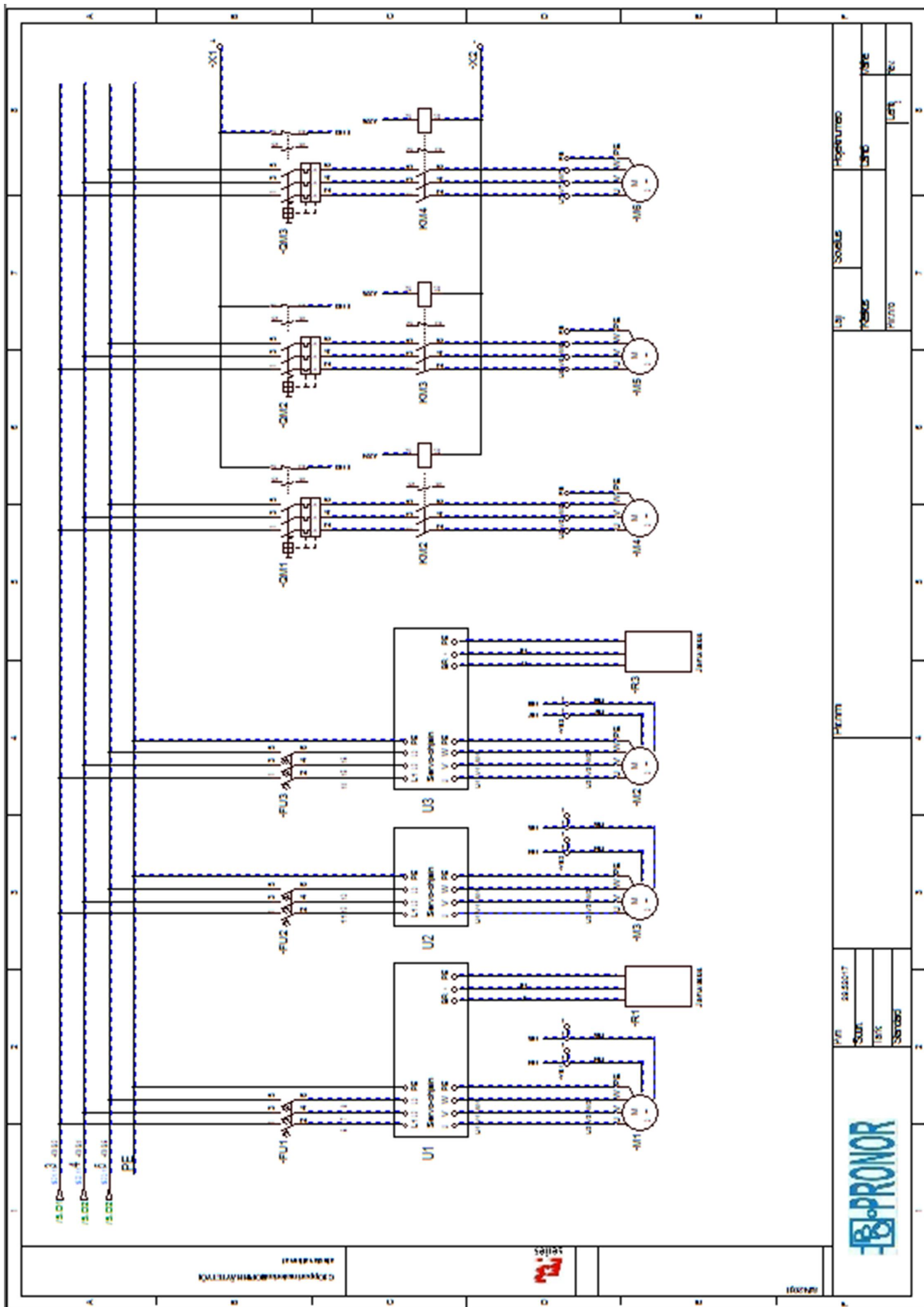
145017

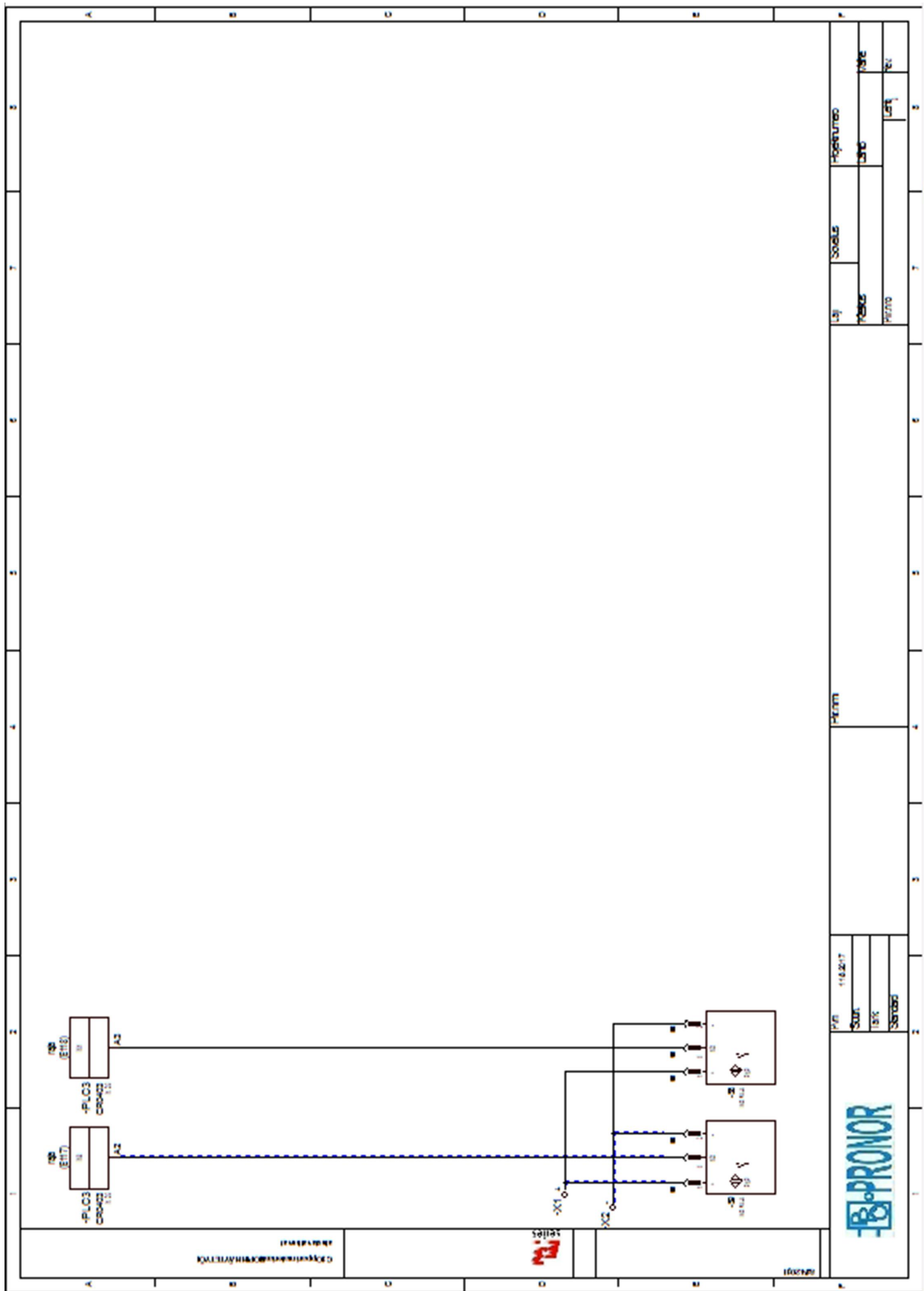
145017
 145017
 145017
 145017


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100











 P/B 11.02.17

Surf	
Tisk	
Strana	

Naziv		Projekt	
Socijal		Socijal	
Mesto		Mesto	
Datum		Datum	
Lis		Lis	
Strana		Strana	