

Servo-ohjauksen suunnittelu, ohjelmointi ja toteutus koulu- tus- ja demokäyttöön

Samuli Heinonen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2020

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

HEINONEN, SAMULI:

Servo-ohjauksen suunnittelu, ohjelmointi ja toteutus koulutus- ja demokäyttöön

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2020

Tämän opinnäytetyön aiheena on servo-ohjaussolun suunnittelu sekä luominen koulutus- ja demokäyttöön. Työn toimeksiantajana on Yaskawa Finland Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda toimiva ja monipuolinen servo-ohjaus, jolla pystytään opastamaan perusasioiden lisäksi myös optiokortin logiikan ohjelmointia.

Opinnäytetyö alkoi kokonaisuuden suunnittelulla, jossa pohdittiin järjestelmän koteloinnin soveltuvuutta erilaisiin kohteisiin sekä toiminnallisuuksien selkeää havainnollistamista. Suunnittelussa päädyttiin vaakamalliseen laatikkoon, jonka sisälle epäolennaiset järjestelmän osat saatiin piilotettua. Sähkösuunnitteluvaiheessa piirrettiin järjestelmään liittyvien oheislaitteiden kytkennät ja luotettavat releohjaukset havainnollisuutta luoville valoille.

Kokonaisuuteen vaadittavien osien suunnittelun ja kasauksen jälkeen aloitettiin laitteen ohjelmointi. Ohjelmoinnissa pyrittiin selkeään ja helppolukaiseen logiikkaohjelmaan, jonka pohjalta pystyisi tekemään myös haastavampia servo-ohjausjärjestelmiä. Logiikkaohjelma sisälsi sekä servon ohjauksen että ulkoisten tulojen ja lähtöjen ohjauksia.

Opinnäytetyön tavoite toteutui toiminnoiltaan hyvin sekä ulkonäöllisesti odotettua paremmin. Servojärjestelmästä tuli selkeä ja kompakti kokonaisuus. Samalla järjestelmä loi riittävästi mahdollisuuksia monipuolisen servo-ohjauksen koulutukseen ja esittelyyn.

Asiasanat: servo-ohjaus, servovahvistin, servomoottori, kulma-anturi

ABSTRACT

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

HEINONEN, SAMULI:
Servo Control System for Training and Demonstration Usage

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 2 pages
April 2020

The purpose of this thesis was to design and build a servo motor demo. The study was commissioned by Yaskawa Finland Oy located in Turku, Finland. The aim was to create a servo control cell for training and demonstration around the Yaskawa Sigma-5 servo amplifier.

The first objective of this study was to gather information of the possibilities offered by servo amplifiers, and to create functional and versatile system. It was found that the most reasonable way was to control the servo motor with an external encoder, and to include some lights and switches to demonstrate the function of the card.

The next step was to model the system's body and assemble all the parts belonging to it. At the same time a schematic of all the wirings was drawn and the logic programming was started.

The outcome of this study was versatile. A functional system was achieved, and the logic program was considered as easy to understand, and usable for further applications. Furthermore, all of the wanted functionalities worked like planned, and all of the parts that were acquired in advance were utilized.

The results of this work made Yaskawa Finland Oy capable to test, demonstrate, and provide education on the operation of servo amplifiers better than before. Also, it is now possible for the company to give further training to their staff on the possibilities and programming of the servo system.

Key words: servo amplifier, servo motor, encoder, motionworks

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	SERVOJÄRJESTELMÄ	7
	2.1 Servo-ohjaus	7
	2.2 Servomootorit	8
	2.3 Kulma-anturit servojärjestelmässä	10
	2.3.1 Inkrementtianturi	10
	2.3.2 Absoluuttianturi	11
	2.3.3 Magneettianturi	12
	2.4 IEC 61131-3 standardi ohjelmointiin	13
	2.4.1 PLCopen	16
3	KOULUTUSJÄRJESTELMÄ	17
	3.1 Suunnittelu	17
	3.1.1 Mekaaniset osat	18
	3.1.2 Sähkösuunnittelu	20
	3.2 Asennus	21
	3.3 Ohjelmointi	24
	3.4 Käyttö ja sovellukset	29
	3.4.1 Järjestelmän luomat mahdollisuudet	30
	3.4.2 Sovelluskohteet	30
4	POHDINTA	32
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	35
	Liite 1. Järjestelmän sähkökuvat 1 (2)	35
	Liite 2. Järjestelmän sähkökuvat 2 (2)	36

LYHENTEET JA TERMIT

DIN	eurooppalainen teollisuustavaroiden valmistusta koskeva standardi
EMI	electromagnetic interference, elektromagneettinen häiriö
IEC	international electrotechnical commission, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
IO	input & output, tulot ja lähdöt
IP-osoite	internet protocol address, internetin protokollaosoite
IPv4	internet protocol version 4, internetin protokollaosoite versio 4
OPC	open platform communication, avoin kommunikointistandardi teollisuuden automaatiojärjestelmille
PLC	programmable logic controller, ohjelmitava logiikka
PSE	program support environment, tuottajan ohjelmaympäristö
RGB	punaista, vihreää ja sinistä pääväreinä tuottava led
VDC	volts direct current, tasajännite

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on servo-ohjaussolu koulutus- ja demokäyttöön. Työssä perehdytään Yaskawan valmistaman Sigma 5 -sarjan servovahvistimen toimintaan sekä siihen liitettävän älykkään lisäkortin ohjelmointiin. Opinnäytetyössä käydään läpi servojärjestelmän toimintaa, taustoja sekä lisäkortin ohjelmointia ja siihen liittyviä standardeja.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii vuonna 1983 perustettu Yaskawa Finland Oy. Yritys toimittaa joustavan robotisoinnin ja automaattisten tuotantojärjestelmien kokonaisuuksia, jotka sisältävät kaikki osa-alueet aina ideoinnista järjestelmien asennukseen, käyttökoulutukseen ja huoltoon. Yrityksen tuotantotilat ja pääkonttori sijaitsevat Turussa, jossa työskentelee tällä hetkellä 35 henkilöä. (Yaskawa Finland 2020)

Opinnäytetyön päätavoitteena on suunnitella sekä luoda koulutus- ja demokäyttöön soveltuva servo-ohjausjärjestelmä. Työssä tutustutaan yleisesti servo-ohjauksen pääperiaatteisiin, standardin IEC 61131-3 mukaisen ohjelmoinnin peruskäsitteisiin sekä pyritään luomaan yleiskäsitys servo-ohjaimen lisäkortin tuomista mahdollisuuksista. Järjestelmän luomisen lisäksi tärkeänä osana on selkeän ja käyttökelpoisen servo-ohjauksen aikaansaaminen ja sen aikana havaittujen haasteiden sekä oivallusten esille tuonti. Työssä keskitytään Yaskawa Electric Corporationin valmistamien servo-ohjaimen, optiokortin ja servomoottorin toimintaan sekä ohjelmointiin pääasiassa toteutetun servo-ohjausjärjestelmän näkökulmasta.

2 SERVOJÄRJESTELMÄ

Servotekniikassa (lat. servus = palvelija) järjestelmän tehtävänä on ohjata takaisinkytkennän tai -kytkentöjen avulla haluttu suure järjestelmän ohjauksen antamaan arvoon. Takaisinkytkennästä mitattua lähtöarvoa verrataan järjestelmän ohjauksen arvoon, jonka perusteella moottoria ajetaan kohti uutta arvoa. Servot jaetaan säädettävän suureen mukaan asema-, nopeus-, voima- ja momentti-servoihin. (Fonselius, Rinkinen & Vilenius 1998, 7)

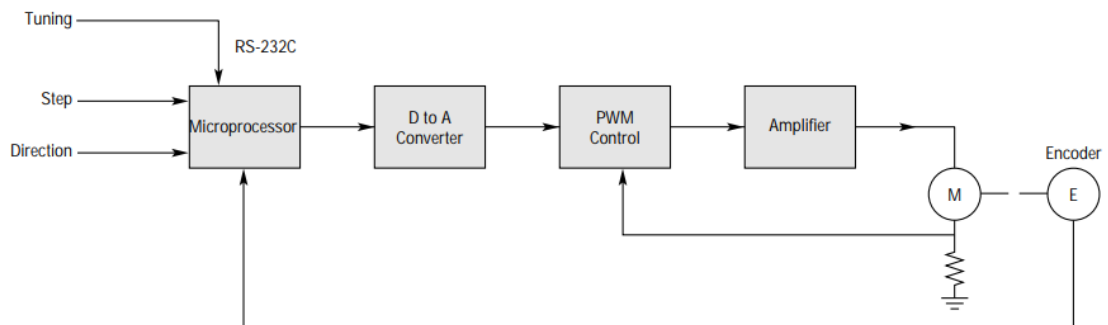
Servojärjestelmä koostuu neljästä pääkomponentista: servovahvistimesta, servo-ohjaimesta, servomoottorista ja takaisinkytkennästä. Servojärjestelmässä oleellista on takaisinkytkennän avulla varmistaa toimilaitteelle annetun asetusarvon toteutuminen. Järjestelmissä servo-ohjain ja vahvistin voivat olla yhdistetty yhdeksi kokonaisuudeksi. (Galil 2010)

2.1 Servo-ohjaus

Servomoottoreita on olemassa kahdenlaisia: analogisia ja digitaalisia. Molempia tyyppisiä on sekä harjattomina että harjallisina malleina, jolloin valitaan haluttujen ominaisuuksien perusteella analoginen tai digitaalinen malli. Analoginen ohjaus on halpa ja suorituskykyinen järjestelmä ilman viivettä, luoden kuitenkin säädöllään kankean järjestelmän. Digitaalinen järjestelmä on analogista huomattavasti kalliimpi, mutta helpompi säätää ja kopioida useampaan laitteeseen. Digitaalisella järjestelmällä saadaan helposti hoidettua kohteet, joissa moottorin kuormitus vaihtelee tai sen mittaaminen on haastavaa. (Parker n.d.)

Analogisessa ohjauksessa moottorin anturitieto tulee analogisena ja se annetaan usein ± 10 voltin rajoilla, jolloin positiivinen pyörimissuunta tarkoittaa $+10 \dots 0$ V aluetta. Analogisissa järjestelmissä moottorin tarkkuuden viritys tapahtuu usein potentiometreillä. Laitteen vaihdon yhteydessä säätöjen uudelleenasetus voi viedä runsaasti aikaa. Digitaalisesti ohjatuissa järjestelmissä data kierrätetään

mikroprosessorilla, joka luo mahdollisuuden automaattiseen viritykseen. Digitaalinen ohjaus on usein kokonaan digitaalinen, huomioimatta tehonsyöttöä moottorille. (Parker n.d.)

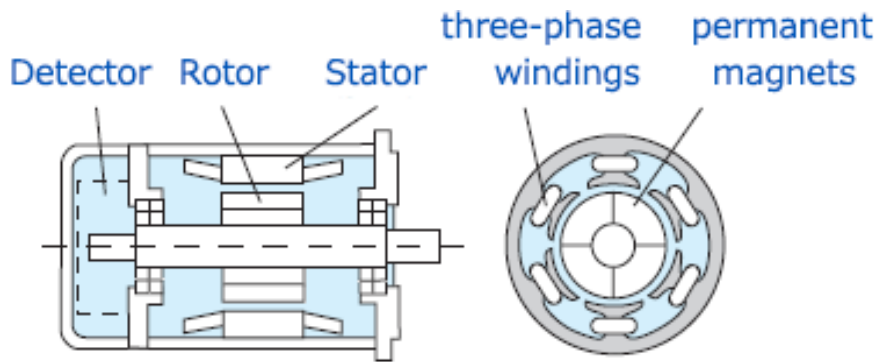


KUVA 1. Digitaalinen servojärjestelmä (Parker n.d.)

Kuvassa 1 havainnollistetussa digitaalisessa servojärjestelmässä päätoiminnallisuudet toteutetaan mikroprosessorilla, jonka ohjaus muunnetaan digitaalisesta analogiseksi moottoriohjaimen vaatimalla tavalla. Tästä eteenpäin ohjaus muistuttaa analogista ohjausta. Digitaalisessa ohjauksessa kulma-anturilta saadun tiedon prosessointiin kuluu aikaa, tyypillisesti $100\mu\text{s} \dots 2\text{ms}$. Tällöin pyörimisnopeuden muutoksiin ei pystytä reagoimaan. (Parker n.d.)

2.2 Servomoottorit

Servomoottorit koostuvat moottorista, asentoanturista ja takaisinkytkennästä. Moottori voi olla tyypiltään tasavirtamoottori tai vaihtovirtamoottori. Tasavirta-servot Yaskawa toi markkinoille 1960-luvulla, kun vuonna 1983 se kaupallisti myös AC-servot. Nykyisin lähes kaikki teollisuuden automaatiovalmistajat käyttävät AC-servomoottoreita. (Yaskawa n.d.)



KUVA 2. AC-servomoottorin rakenne (Yaskawa n.d.)

Kuvassa 2 on esitetty kestmagnetoidun AC-servomoottorin rakenne, joka on lähellä tavallisen sähkömoottorin rakennetta. AC-servomoottori koostuu staattorin käämityksistä, kestmagnetoidusta roottorista ja akselin toiseen päähän liitetystä kulma-anturista, joka on tärkeä osa servomoottoria. Anturi välittää tiedon kontrolleille eli ohjaavalle osalle servovahvistinta, jolloin syntyy takaisinkytkentä moottorin liikkeestä. (Yaskawa n.d.) Servomoottorit ovat keskenään saman tehoisia, mutta kestmagneettien ansiosta tavallisia sähkömoottoreita pienempiä. Tämä mahdollistaa servomoottorista saatavan paremman hyötysuhteen sekä väännön verrattuna tavallisiin sähkömoottoreihin.

Servomoottorin valinta on haastavampaa verrattuna tavallisen oikosulkumoottorin valintaan. Servomoottorissa täytyy kierrosnopeuden, kiihdytyksen, hidastuksen ja väännön lisäksi huomioida kuormittavan kuorman aiheuttamat vaihtelut moottorille. Inertian eli massan hitauden aiheuttama voima hidastavaan ja kiihdyttävään moottoriin täytyy tietää, jotta voidaan valita kuormitusta vastaavaan käyttöön soveltuva servomoottori. Inertian voi laskea seuraavalla kaavalla:

$$Inertia = \frac{J_L}{J_M}$$

Kaavassa J_L on kuorman aiheuttama inertia ja J_M on moottorin inertia. (Motion Control Tips 2012)

Servomoottorin inertian arvon löytää moottorin datalehdessä, mutta kuorman inertian laskenta on monimutkaisempaa. Kuorman inertiasa tulee huomioida

myös mekaanisten osien vaikutus, kuten vaihteistojen, kierreruuvien, hihnavälitysten ja liukupintojen vaikutukset moottorille aiheutettuun massan hitauteen. Moottorille aiheutettu kokonaisinertia on massan ja mekaanisten välitysten aiheuttamien hitausmomenttien summa. Kuorman ja moottorin inertian välisen suhteen pitäisi olla 1:1, mutta se ei yleensä ole mahdollista. Kuitenkin mitä enemmän välityksiä kuorman ja moottorin välillä on, sitä alhaisempi suhteen pitäisi olla tehokasta ohjausta ajatellen. Hitauksien suhteen tulee kuitenkin olla pienempi kuin 10:1, jotta moottori ei ota enempää virtaa kuin on tarpeen. (Motion Control Tips 2015)

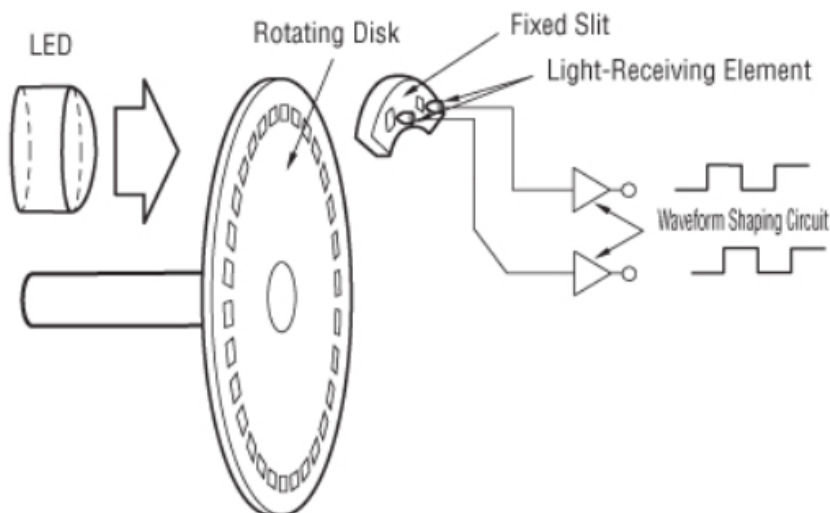
2.3 Kulma-anturit servojärjestelmässä

Servoissa kulma-antureilla seurataan servomoottorin akselin paikkaa ja annetaan takaisinkytkennälle tieto akselin kulmasta uutta ohjausta varten. Kulma-antureita voidaan käyttää myös esimerkiksi servomoottorin ohjaamiseen ja servomoottorin pyörittämän tai liikuttaman osan asennon varmistamiseen. Servojärjestelmässä voidaan käyttää digitaalisia tai analogisia antureita, mutta näistä yleisempiä ovat digitaalianturit. Niitä voidaan suoraan lukea digitaalisilla ohjauslaitteilla. Kulma-anturit voidaan jakaa pääosin inkrementti- ja absoluuttiantureihin. Anturityypeistä on useita variaatioita eri valmistajilta, mutta antureiden toimintaperiaate on kuitenkin sama.

2.3.1 Inkrementtianturi

Inkrementti- eli pulssianturi on yksinkertainen kääntymiskulman osoittava anturi, joka menettää paikkatietonsa sähkönsyötön katketessa. Inkrementtianturin rakenne (KUVA 3) koostuu valoa lähettävästä LEDistä, optisesta pulssikiekosta sekä valoa vastaanottavasta diodista. Pulssikiekko on kiinnitettynä akseliin, jolloin se pyörii akselin mukana valon lähettimen ja vastaanottimen välissä. Kiekkossa on keskeltä ulkokehälle suunnattuja viivoja, joista joka toisesta valo pääsee läpi vastaanottimelle. Viivojen lukumäärä vastaa anturin resoluutiota. Inkrementtianturin akselin pyöriessä, vastaanottimelle saadun valon vaihtelusta muodostetaan suorakulmainen kanttiaalto anturin ulostulolle. Pyörimissuunnan indi-

koimiseksi kiekossa on kaksi viivakehää 90° vaihesiirrossa toisiinsa nähden, jolloin toisen signaalin ollessa "1" ja toisen signaalin arvon muuttuessa, tiedetään pyörimisen suunta. Anturi antaa jokaisella kierroksella lisäksi yhden nollapulssin, Z-signaalin, jolla saadaan seurattua kierroslukua. (OEM n.d.)



KUVA 3. Inkrementtianturin rakenne (Orientalmotors n.d.)

2.3.2 Absoluuttianturi

Absoluuttianturin rakenne muistuttaa paljon inkrementtianturin rakennetta, kuten myös pulssien muodostus. Absoluuttianturin kiekossa on pelkkien viivojen lisäksi usealle sisäkkäiselle kehälle värjätty aina koko tiettyä asentoa ilmaiseva binäärikoodi. Kuvassa 4 näkyy absoluuttianturin kiekko, jolla saadaan anturin paikkatieto sähkökatkon jälkeenkin, ilman anturin liikuttamista nollapisteeseen. (Posital n.d.)



KUVA 4. Absoluuttianturin kiekko (Linear Motion Tips 2015)

Absoluuttianturit voidaan jakaa kolmeen ryhmään toimintatapojensa perusteella: yksikierroksisiin, monikierroksisiin ja kenttäväyläantureihin. Kenttäväyläanturit voidaan ohjelmoida toimimaan yksi- tai monikierroksisina antureina, jolloin niissä voidaan käyttää suuriakin tarkkuuksia kenttäväylän suuren tiedonsiirtokapasiteetin ansiosta. Yksikierroksisissa absoluuttiantureissa mitataan vain kääntymiskulma eli yhden kierroksen pulssit, jonka jälkeen koodi alkaa alusta. Monikierroksisissa antureissa on kääntymiskulman mittauksen lisäksi kierrosten laskenta, jolloin rinnakkaismuotoisena tiedonsiirtona tarvitaan paljon johdinpareja. Tämän vuoksi monikierroksisissa antureissa voidaan käyttää sarjamuotoista tiedonsiirtoa, jolloin anturin paikkatieto saadaan mahtumaan jopa 2-johtimiseen dataväylään. Monikierroksisia absoluuttiantureita on saatavana myös ohjelmoitavina, jolloin niiden resoluution, kiertosuunnan ja nollakohdan voi ohjelmoida vapaasti. (OEM n.d.)

2.3.3 Magneettianturi

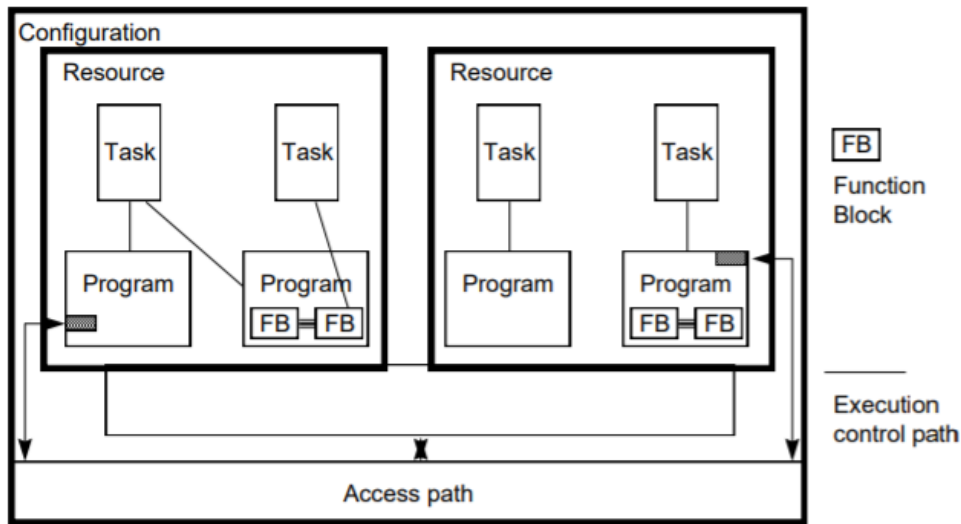
Magneettianturit perustuvat Hall-ilmiöön. Anturi muodostuu polarisoidusta magneetista sekä Hall-anturin sisältävästä mikropiiristä. Magneetti kiinnitetään servomoottorin akselille ja magneetti asetetaan pyörimään mikropiirin yläpuolelle. Näin pyörivä magneettikenttä saa aikaan siniaaltoja, jonka mikropiiri muuttaa absoluuttiseksi kulmatiedoksi. Anturin ulostulona voidaan käyttää maksimissaan 13 bitistä absoluuttia ulostuloa tai 1024 P/K inkrementti ulostuloa. (OEM n.d.)

2.4 IEC 61131-3 standardi ohjelmointiin

Standardi IEC 61131-3 kuuluu standardiin IEC 61131, jossa käsitellään kokonaisuutena ohjelmitaville logiikoille esitetyt vaatimukset. Nämä standardissa esitetyt määritelmät sisältävät sekä laite- että ohjelmointijärjestelmien vaatimukset. Ensimmäisen kerran suuremman standardin kolmas osa IEC 61131-3 julkaistiin vuonna 1993. Kolmas osa standardista käsittelee ohjelmointikieliä. Kyseinen standardi oli ensimmäinen maailmanlaajuisesti, joka määritteli ohjelmointikielet teollisuusautomaatioon. (Karl-Heinz & Tiegelkamp 2010, 12-15)

Kolmas osa eli standardi IEC 61131-3 on ensimmäinen todellinen yritys standardoida ohjelmointikielet teollisuusautomaatiossa. Standardi sisältää määritykset useimmin käytetyille ohjelmointikielille tavallisimmissa sovelluksissa kuten syntaksiset ja semanttiset säännöt, ohjelmistoelementit, testaukset ja mukauttamisen käyttäjän omiin sovelluksiin. Standardi sisältää 9 osaa, joissa kussakin käsitellään itsenäistä asiaa. Standardi voidaan kuitenkin jakaa kahteen pääosaan, joista ensimmäinen sisältää yleiset elementit ohjelmoinnille ja toinen ohjelmointikielten määrittelyt. (PLCopen 2016)

Standardin yleisissä elementeissä määritellään datatyypit ja niiden käyttö, muutujat ja niiden rajoitukset, konfigurointi, resurssit, työtehtävät ja ohjelman organisoituyksikön, sekä SFC-kielen määrittelyt. Kuvassa 5 nähdään standardissa IEC 61131-3 esitelty ohjelmistomalli, jolla selkeytetään ohjelmiston määrittelyä. Kuvassa ulompana, korkeimmalla tasolla on konfigurointi, joka määrittelee koko laitteiston, muistin osoitteet IO:lle sekä kyvyt järjestelmälle. Toiseksi merkittävimpänä mallissa on resurssilohkot, joita voidaan määrittellä yksi tai useampia. Resurssilohkot vastaavat esimerkiksi PLC- ohjaimia, joilla voidaan keskeyttää ohjelmien ajo. Kuten resurssilohkoja, myös työtehtäviä (Task) voidaan määrittellä useampia resurssilohkoihin. "Task"-lohkot ohjaavat ja hoitavat keskeytykset ohjelmalohkoissa, jotka koostuvat toimilohkoista (function blocks) ja toiminnosta (functions). Tavallinen PLC sisältää yhden resurssilohkon, joka ohjaa yhtä työtä yhdellä ohjelmalla, jota toistetaan suljetussa silmukassa. (PLCopen 2016)



KUVA 5. IEC 61131-3 standardin mukainen ohjelmistomalli

Standardi määrittelee myös logiikan ohjelmoinnin kannalta keskeisen POU:n eli "Program Organization Unit" -osion. IEC 61131-3 määrittelee ohjelmat, toimilohkot ja toiminnot (KUVA 5), jotka kuuluvat "Program Organization Units" -osioon. Ohjelmat koostuvat useista toimilohkoista ja/tai toiminnoista. Toimilohkot ja toiminnot ovat ohjelman perusosia, jotka sisältävät tietorakenteen sekä algoritmit, joita pystytään kopioimaan uudelleen muihin ohjelmiin. (PLCopen 2016)

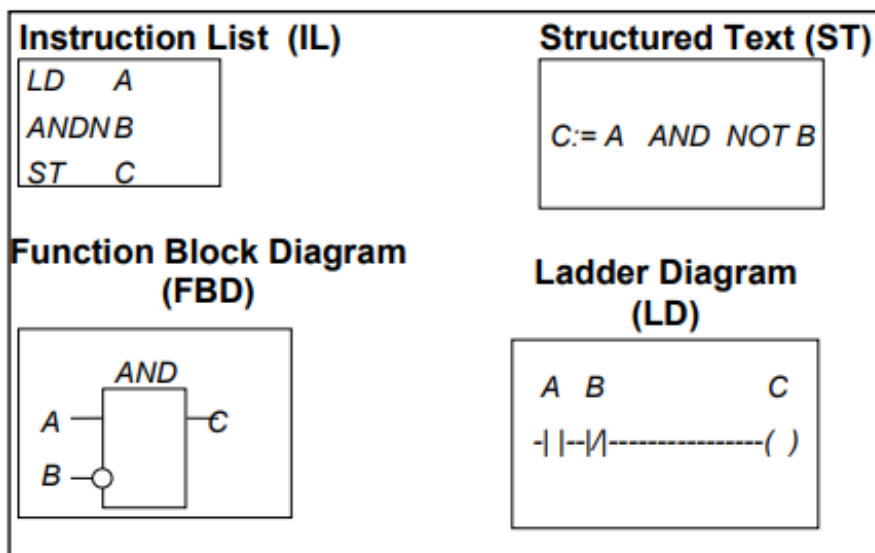
SFC eli vuokaavio kuvaa graafisesti ohjelman sisällön. Portaittain etenevä ohjelma helpottaa ohjelman seuraamista ja muutosten tekemistä oikeaan osaan ohjelmaa. Jokainen ohjelman askel esittää jotain prosessin vaihetta ja kun siirtymään asetettu ehto täyttyy, on aika siirtyä ohjelmassa seuraavaan askeleeseen. Jokainen askel voidaan ohjelmoida eri IEC 61131-3 standardiin kuuluvalla ohjelmointikielellä, mukaan lukien SFC. Standardi luo mahdollisuuden myös rinnakkaisien ja vaihtoehtoisten sekvenssien tekoon, joka usein on tarpeellista tuotantoerien ohjelmoinnin yhteydessä. (PLCopen 2016)

Toinen IEC 61131-3 standardin osioista sisältää ohjelmointikielien, joita standardissa on yhteensä neljä: kaksi tekstipohjaista ja kaksi graafista. Taulukossa 1 on esitettyinä standardin mukaiset LD, FBD, IL ja ST kielet, sekä niiden editorityypit. IEC 61131-3 standardi määrittää ohjelmointikielien tarkasti määrittäen niiden syntaksiset ja semanttiset säännöt sulkien näin pois mahdollisuudet murteiden käyttöön. (PLCopen 2016)

Lyhenne	Ohjelmointikieli	Käännös suomeksi	Editorityyppi
LD	Ladder Diagram	Tikapuukaavio	Graafinen
FBD	Function Block Diagram	Toimilohkokaavio	Graafinen
SFC	Sequential Function Chart	Vuokaavio	Graafinen
IL	Instruction List	Käskylista	Teksti
ST	Structured Text	Rakenteinen teksti	Teksti

TAULUKKO 1. IEC 61131-3 standardin mukaiset ohjelmointikielien sekä vuokaavio taulukoituna

Taulukossa 1 esitellyistä ohjelmointikielistä ladder diagram on lähtöisin Yhdysvalloista ja se pohjautuu relelogiikkaan. Instruction list on LD:n eurooppalainen vastine, joka muistuttaa assembler-ohjelmointia. FBD-ohjelmointikieli on yleinen prosessiteollisuudessa. Se ilmaisee toimintojen käyttäytymisen ja toimilohkot joukkona toisiinsa kytkettyjä graafisia lohkoja. Rakenteinen teksti -ohjelmointikieli on korkeamman luokan ohjelmointikieli, joka pohjautuu Ada, Pascal ja "C" ohjelmointikieliin. ST-kieltä voidaan käyttää esimerkiksi toimilohkojen toimintojen ohjelmointiin. (PLCopen 2016)



KUVA 6. Sama ohjelmaosuus standardin IEC 61131-3 mukaisilla kielillä (PLCopen 2016)

Kuvan 6 ohjelmaesimerkeissä sama ohjelmaosuus on tehty kaikilla IEC 61131-3 standardin mukaisilla ohjelmointikielillä niiden erojen havainnollistamiseksi. Esi-

tellyssä ohjelmaosassa tulon A ollessa aktiivisena eli tilassa "1", lähtö C on aktiivisena. Tulon B ollessa aktiivisena lähtö C menee pois päältä tai pysyy poissa eli tilassa "0", riippuen lähdön tilasta lähtötilanteessa. Lähdön ja tulon sijaan voidaan käyttää myös muuttujien arvoja edellä mainittujen kirjainten tilalla.

2.4.1 PLCopen

PLCopen on valmistaja- ja tuoteriippumaton kansainvälinen organisaatio, jonka avulla teollisuusautomaatio tehostuu käyttäjien tarpeiden mukaisesti. Organisaatioon kuuluu yrityksiä, jälleenmyyjiä, järjestöjä, oppilaitoksia, sekä käyttäjiä. PLCopen on perustettu vuonna 1992 ja sen pääkonttori sijaitsee Alankomaissa. Organisaation tarkoituksena on luoda teknisiä määrittelyitä IEC 61131-3 standardin ympärille, joiden on tarkoitus vähentää suunnittelun kustannuksia. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi standardoituja kirjastoja eri sovelluskentille, kielten yhdenmukaisuutta, liityntärajapintoja sekä viestinnän avoimuutta. (PLCopen n.d.)

PLCopen-organisaation jäsenet ovat järjestäytyneet kuuteen tekniseen komiteaan muodostaakseen oman erikoisalansa määrittelyt yhteistyössä loppukäyttäjien kanssa. Työryhmä TC1 kerää standardeista ehdotuksia jäseniltä ja toimittaa ne eteenpäin. Työryhmä TC2 käsittelee kirjastoja toimilohkoihin, esimerkiksi liikkeen ohjaukseen liittyen. TC3-työryhmä määrittelee sertifiointijärjestelmän IEC 61131-3 PSE:lle eli tuottajien ohjelmaympäristöille. Työryhmä TC4 määrittelee kommunikoinnin ja ohjelmointikielen välisiä suhteita, muun muassa kuinka rajapinnat toimivat. TC5-työryhmä valmistele turva-automaatiosovelluksien suosituksia standardiin IEC 61131-3. TC6-työryhmä työskentelee XML formaatin määrittelyiden parissa. (PLCopen 2016)

3 KOULUTUSJÄRJESTELMÄ

Koulutus- ja demojärjestelmän lähtökohtana oli luoda siirrettävissä oleva servo-ohjaussolu, jolla pystytään kouluttamaan ja testaamaan servo-ohjaimen toimintaa. Järjestelmän monikäyttöisyyden takaamiseksi järjestelmään lisättiin ohjelmoitava lisäkortti, jolla pystytään tekemään logiikkaohjelmia teoriaosassa esitellyn IEC 61131-3 ohjelmointikielen mukaisesti sekä ohjaamaan servoa osana logiikkaohjelmaa.

3.1 Suunnittelu

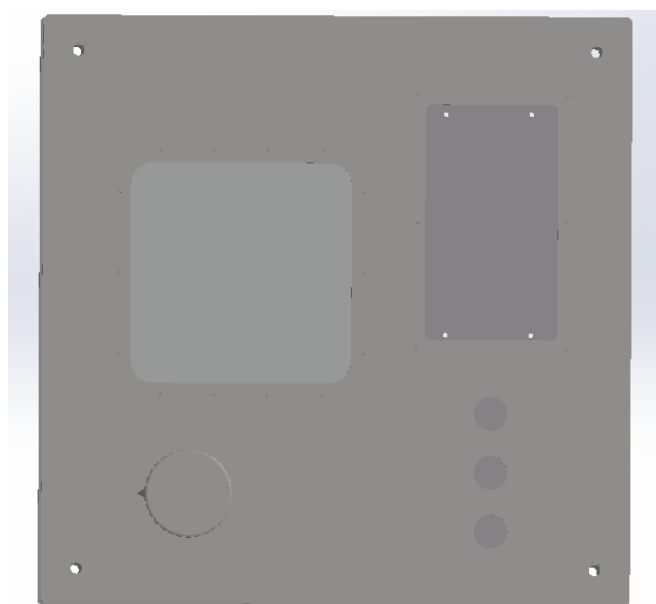
Järjestelmää aloitettiin rakentamaan Sigma 5 -sarjan SGD5V-5R5AE1A servo-vahvistimen ympärille, johon hankittiin virraltaan ja jännitteeltään sopiva jarruton servomoottori SGM5V-04ADA61 20-bittisellä inkrementaalisella kulma-anturilla. Servomoottorin inertian vaikutusta mitoitukseen on käsitelty teorialuvussa 2.2. Lisäksi hankittiin optiokortti MP2600iec SGD5V-OCC02A sekä pienempää 26 pinnistä terminaalia monikäyttöisempi 50-pinninen IO-terminaali. Kyseisillä elementeillä pystyttiin toteuttamaan toimiva servo-ohjaus, mutta servo-ohjauksen esittelemiseksi sekä järjestelmän monikäyttöisyyden luomiseksi servo-ohjauksen toimintaa piti pystyä havainnollistamaan.

Servomoottorin sekä -vahvistimen tarkkuus, nopeus ja vasteaika ohjauksesta haluttiin tuoda servon ohjauksessa esille, joten moottoria ei haluttu pyörittää jatkuvasti tavallisen oikosulkumoottorin tavoin. Servojärjestelmän toimintaa on avattu enemmän teoriaosion luvussa 2. Moottorin pyöriminen valittiin tehtäväksi kulma-anturin asentoa lukemalla ja sen asentoa matkimalla. Servo-ohjaukseen perehtymättömän mielestä pyöritettävän kulma-anturin kanssa samalla tavalla pyörivä servomoottori ei välttämättä näyttäisi erikoiselta, joten välityssuhde anturin ja servon välillä haluttiin muutettavaksi. Muuttaminen toteutettiin kaksi-asentoisella vipukytkimellä, jolla pystyttiin vaihtelevaan kahden eri välityssuhteen välillä. Kulma-anturiksi valittiin Omron E6C2-CWZ1X inkrementaalinen kulma-anturi, jonka resoluutio oli 1000 P/R. Käsin kulma-anturia pyöritettäessä katsottiin 1000 pulssia kierrosta kohti olevan riittävä tarkkuus anturille.

Kompaktin rakenteen nimissä silmällä nähtävää havainnollistusta päätettiin luoda napeilla ja niihin sijoitetuilla valoilla. Järjestelmään haluttiin toiminnallisuuksien lisäksi luoda modernin tyylikästä ilmettä. Sen vuoksi ohjattavaksi valittiin myös RGB-valonauha, jolla pystytään luomaan moderni ja kiinnostavampi vaikutelma katsojalle. Led-valonauha luo myös lisää uusia ohjausvaihtoehtoja logiikkaohjelmalle ja sitä kautta lisämahdollisuuksia järjestelmän toiminnalle.

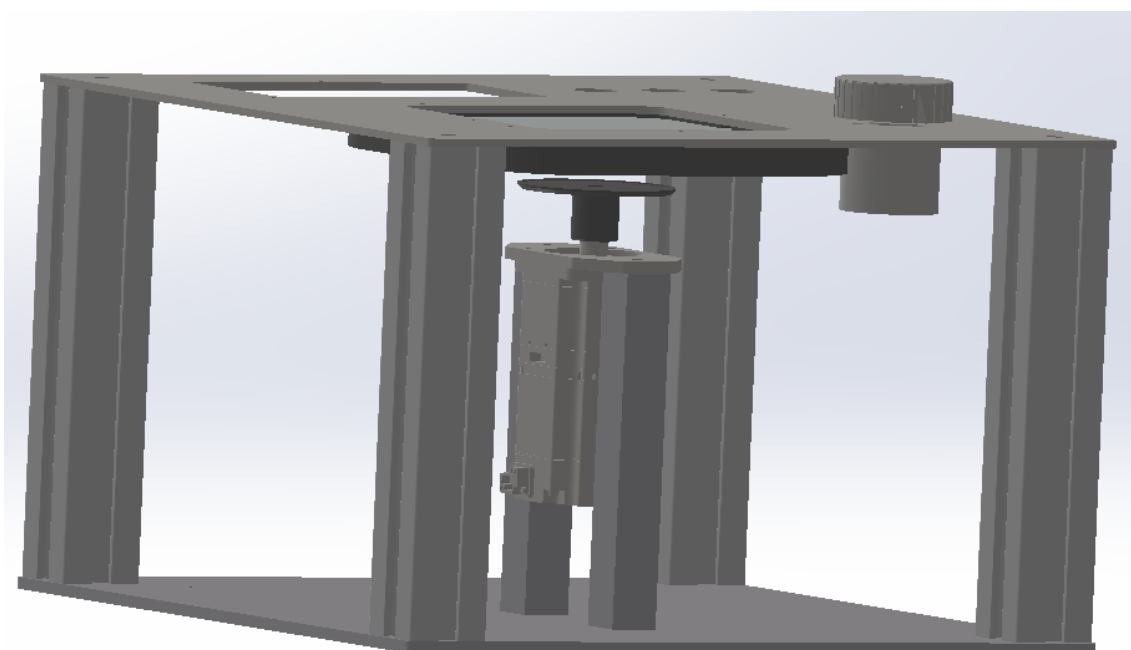
3.1.1 Mekaaniset osat

Järjestelmän tarkoituksena oli toimia demo- ja koulutuslaitteena, joten osien tuli lähtökohtaisesti olla käyttöä kestäviä ja kaiken koulutuksen sekä toiminnan kannalta epäolennaisen tuli olla poissa näkyvistä ja kosketeltavista. Näin ollen rakenteeltaan solun käytettävien ja nähtävien osien täytyi olla pysty- tai vaakatasoon asennettuja, jolloin epäolennaiset osat pystyttiin piilottamaan levyn taakse. Rakenteessa päädyttiin vaakamalliin, koska näkyville tulevia osia oli vähän. Molemmissa vaihtoehdoissa tarvittiin kuitenkin järjestelmän taakse asennettava levy piilotettujen osien kiinnittämiseksi. Vaakamalli vaikutti ohjaukseen ja havainnollistamiseen käytettävien laitteiden näkyvyyden kannalta paremmalta vaihtoehdolta, koska se antoi edellytykset niiden näkyvyyteen useammasta suunnasta katsottuna. Huomioon otettiin myös vaakamallin tasapainoinen kokonaisuus, jolloin laite ei pääsisi kaatumaan.



KUVA 7. Kuvakaappaus 3D-mallinnetusta etulevystä

Järjestelmästä ei ollut tarkoitus tehdä kaupallista, mutta turvallisuus haluttiin silti ehdottomasti säilyttää. Tämän vuoksi servomoottori haluttiin laittaa kotelon sisälle ja tehdä sille neliön mallinen tarkasteluaukko (KUVA 7) läpinäkyvän suojan takaa. Pääkomponenttina käytettävä servo-ohjain haluttiin myös osittain näkyviin, joten kotelon etupaneeliin tehtiin servovahvistimelle suorakaiteen muotoinen aukko (KUVA 7). Kuvassa 7 oikealla alhaalla näkyvät kolme reikää on tehty painikevaloja varten ja vasemmalla alhaalla näkyy kulma-anturin päähän mallinnettu rulla, josta anturin akselia on helpompi pyörittää.



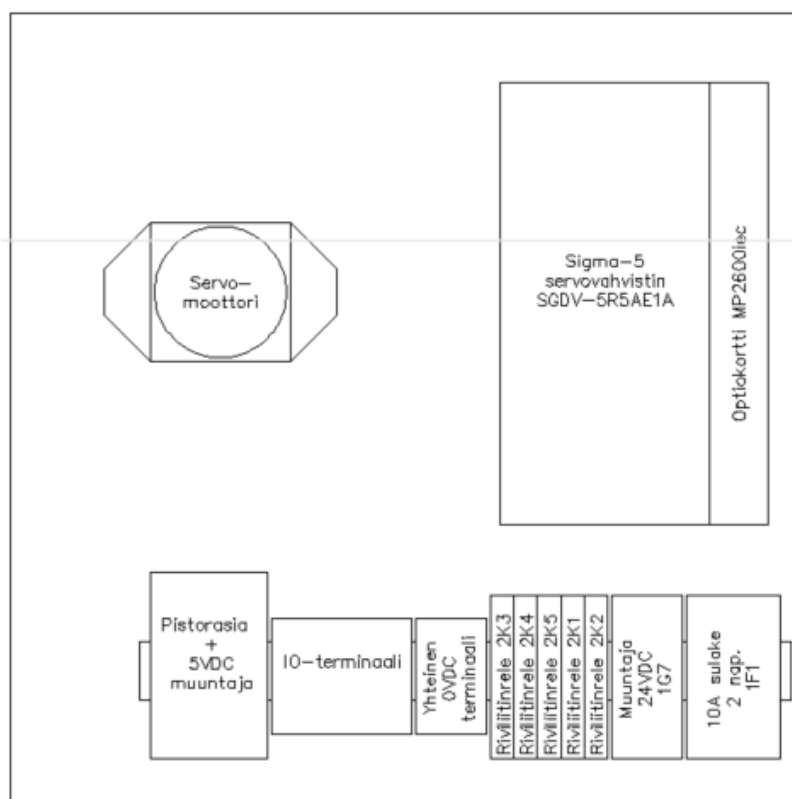
KUVA 8. Kuvakaappaus 3D-mallinnetusta rungosta

Kuvassa 8 on kuvattu kotelon runkokokonaisuutta, josta nähdään myös pystytolpat, joiden väleihin saadaan laitettua levyt. Kuvassa 8 keskellä on servomoottorimalli kiinnitettynä kahdella alumiinitolpalla ylemmäs kohti etulevyä. Oikeassa yläkulmassa etulevyyn on mallinnettuna suunnittelua varten kulma-anturi, jonka päähän ulkopuolelle on mallinnettu kiekko pyörittämistä helpottamaan. Reunaan laitettavilla levyillä toteutetaan laitteen kosketussuojaus, jolloin kotelon kaikki reunat ovat umpinaiset, eikä sisäpuolella oleviin jännitteisiin osiin pääse kosketamaan.

3.1.2 Sähkösuunnittelu

Logiikkaohjelman luomisen avuksi ja mahdollisten vikojen selvittelyä varten järjestelmästä tuli olla sähkökuvat. Sähkökuivissa (Liite 1) on ensimmäisellä sivulla päävirtakaavio, jonka servo-ohjaimen liittyvät kytkennät on selvitetty servo-ohjaimen manuaalista. Servo-ohjaimen ja syöttävän verkon väliin piirrettiin verkkoeli EMI-suodatin. Verkkosuodatin suojaa laitetta sekä estää servo-ohjaimen tuottamien elektromagneettisten häiriöiden pääsyn verkkoon ja sitä kautta muihin laitteisiin. EMI standardi määrittää häiriöolosuhteet ja rajat, jolloin EMI häiriöön teknisesti tarvitaan häiriöiden synnyttäjä, häiriöiden siirtäjä sekä häiriöistä häiriintyvä uhri (Hietalahti 2013, 82–83). Päävirtakaavioon on piirretty myös ulkoiset jännitelähteet, joiden alemmat potentiaalit on liitetty toisiinsa ja kytketty maadoituksen kanssa samaan potentiaaliin häiriöiden sekä halutusta poikkeavien jännitetasojen poissulkemiseksi.

Sähkökuvien (Liite 1) toisella sivulla on piirrettynä optiokortin ohjaamat tulot ja lähdöt eli kaikki logiikkaohjelmassa käytetyt IO:t. Järjestelmään kuuluu kaksi ulkoista jännitelähdettä, koska itse servovahvistimessa tai optiokortissa ei ole riittävää tehonsyöttömahdollisuutta. Toinen 5 VDC jännitelähde toimii vain kulma-anturin tehonsyöttönä, kun toinen 24 VDC jännitelähde toimii muiden IO-komponenttien jännitelähteenä. Ulkoinen kulma-anturi kytkettiin optiokortin terminaalissa sille varattuihin paikkoihin, jolloin logiikkaohjelmassa pystyttiin suoraan lukemaan ulkoisen kulma-anturin tietoja. Optiokortin tuloja on mahdollista käyttää jännitteen tullessa tuloon tai jännitteen hävitessä tulosta, riippuen johdotuksesta tuloihin. Työssä tulosignaali havaittiin jännitteen tullessa tuloon, jolloin tulojen yhteismaahan kytkettiin 0 VDC. Optiokortin lähtöjä käytettiin relelähtöinä, jolloin ulkoinen rele saatiin vetämään kytkemällä lähtö päälle. Sähkökuvat perustuvat suurimmaksi osaksi servovahvistimen ja optiokortin manuaaleista löytyvien esimerkkien pohjalta piirrettyihin kuviin.



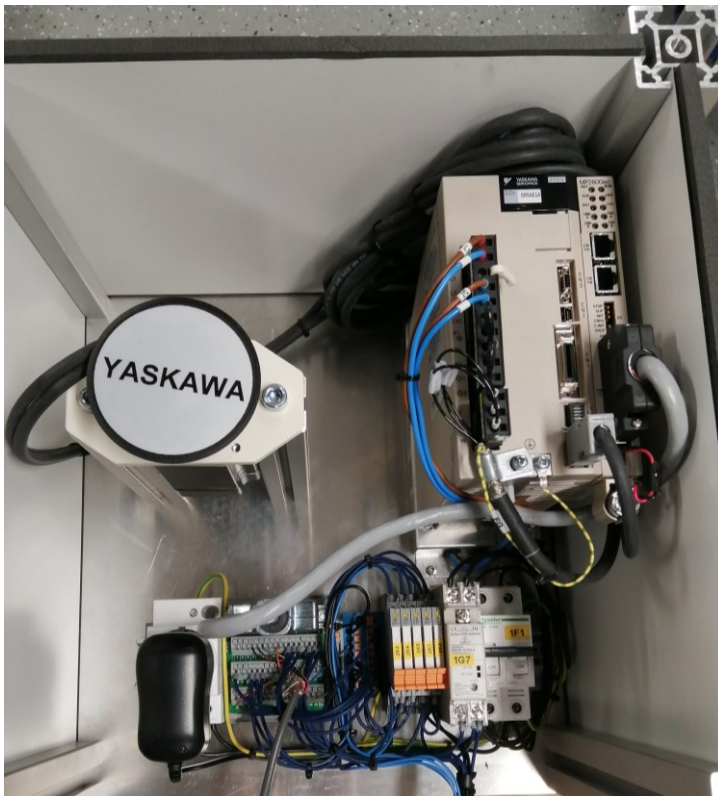
KUVA 9. Kotelon pohjalevyyn asennettavaksi suunnitellut tarvikkeet

Kuvassa 9 on kuvattu sähkötarvikkeet, jotka asennetaan kotelon sisälle piiloon. EMI-suodatin sopii kiinnitykseltään suoraan servovahvistimen alle, joten sitä ei piirretty erikseen kuviin. Kotelon kokoa olisi pystytty hieman pienentämään, mutta pienellä koon pienennyksellä ja siitä syntyvällä ahtaudella ei katsottu olevan etua, ennemminkin päinvastoin. Kaikki pienet oheislaitteet hankittiin DIN-kisko kiinnitteisinä, jotta ne saatiin vierekkäin siististi samaan kiskoon.

3.2 Asennus

3D mallinnetut etu- ja takalevyt tilattiin ulkopuoliselta metallipajalta siistin lopputuloksen saamiseksi ja loput mekaaniset osat valmistettiin 3D-tulostamalla tai käsityökaluin työstämällä tuotantotiloissa. Hyvän suunnittelun ansiosta mekaaninen järjestelmän kokoaminen sujui hyvin ilman ongelmia. Sähköisten kytkentöjen huolellinen tekeminen ja siistin lopputuloksen saaminen yhdessä mekaanisen kokoamisen kanssa veivät odotettua pidemmän ajan. Kaikki kiinnitetyt osat kiinnitettiin ruuviliitoksilla helpon osien vaihtamisen sekä kestävien liitosten taakamiseksi.

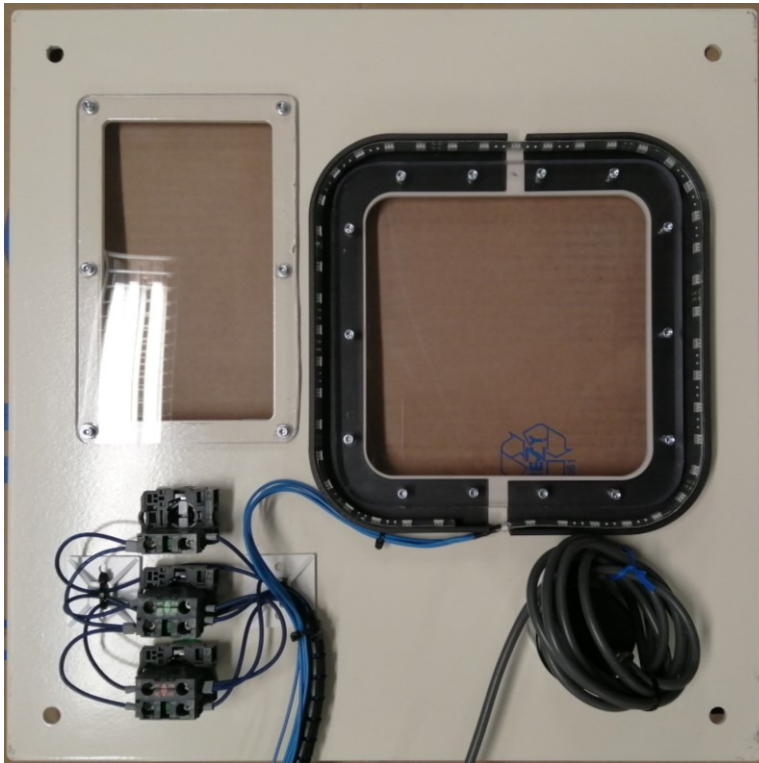
Asennuksen aikana entuudestaan tutut käsityökalut olivat olennaisesti mukana työssä mm. kierteiden teossa ja suojamuovien valmistuksessa. Asennuksessa tuli erityisesti huomioida maadoitusten kytkentä sekä tietysti yleinen sähkötyöturvallisuus. Servovahvistimen tuottamat elektromagneettiset häiriöt pystytään välttämään maadoittamalla järjestelmän osat valmistajan ohjeiden mukaisesti. Erityisesti servovahvistimen ja servomoottorin välisen syöttökaapelin vaipan hyvä maadoittaminen on tärkeää ympäristössä oleviin laitteisiin vaikuttavien häiriöiden välttämiseksi. Kulma-anturin kaapelin johtoparit tulee kiertää toistensa ympäri, jotta korkeiden taajuuksien signaaleihin ei tule häiriöitä johdinten ulkopuolelta. Anturin johdinmaadoitus ja anturin rungon maadoitus ovat myös tärkeitä toimenpiteitä virheettömän toiminnan aikaansaamiseksi.



KUVA 10. Koteloon sisälle asennetut laitteet

Kuvassa 10 näkyy kotelon sisälle asennetut laitteet, joista keskeisimpänä on servovahvistin oikeassa ylänurkassa. Kuvan alareunassa näkyy DIN-kiskoon asennettuja oheislaitteita. Tarkemmin laitteet ovat eriteltyinä kuvassa 9 suunnitelman yhteydessä. Vasempaan ylänurkkaan on kiinnitetty servomoottori metal-

lisellä telineellä, jotta moottori ei pyöriessään aiheuta tärinää tai irtoa kiinnityksistään nopeiden liikkeiden seurauksena. Moottorin päähän on asennettuna 3D-tulostettu kiekko akselin asentojen helpompaa havainnointia varten.



KUVA 11. Kotelon kansi sisäpuolelta kuvattuna

Kotelon kanteen on kiinnitetty vasempaan alanurkkaan kolme painiketta, joista kuvassa kahdessa alemmassa on myös valot painikkeissa. Kulma-anturi sijaitsee kuvan oikeassa alanurkassa johtokiepin alla. Muovisten suojalevyjen lisäksi led-nauhan pidike on kiinnitetty neliön muotoisen aukon reunoille, sekä itse RGB-valonauha mustassa pidikkeessä reiän ympärillä. Kansilevy tehtiin 3mm paksusta teräksestä, jotta siihen saatiin tehtyä kierteistetyt reiät siistien kiinnitysten aikaan saamiseksi. Led-nauhan kiinnikkeet suunniteltiin kiinnitettäväksi samoihin reikiin suojalevyn kanssa, jotta reikien määrä kansilevyssä saatiin minimoitua.

Kotelon sisuskalujen paikalleen saamisen jälkeen koteloon piti saada myös seinät, jotta järjestelmästä tulisi turvallinen käyttää ja esitellä. Servovahvistimen päälle tulevien johtoliitosten vuoksi servovahvistimen IP-luokitus oli alhainen IP10, jonka vuoksi servovahvistin täytyi koteloida laatikon sisään. Alussa suunniteltujen seinälevyjen materiaaliksi valittiin pinnoitettu muovi, joka on yleisesti

kestävää ja siistin näköistä. Kaikkien sivulevyjen reunoihin liimattiin tasotiivisteet siisteyden ja tiiviyn saavuttamiseksi sekä levyjen työstössä mahdollisesti syntyneiden mittavirheiden kompensoimiseksi. Tiivisteet asettuivat levyjen ylä- ja alareunoihin nätisti, jolloin ne pitivät levyt tiiviisti paikoillaan estäen levyjä värisevästä ja aiheuttamasta ylimääräisiä ääniä.



KUVA 12. Järjestelmä lopullisessa muodossaan valmiustilassa

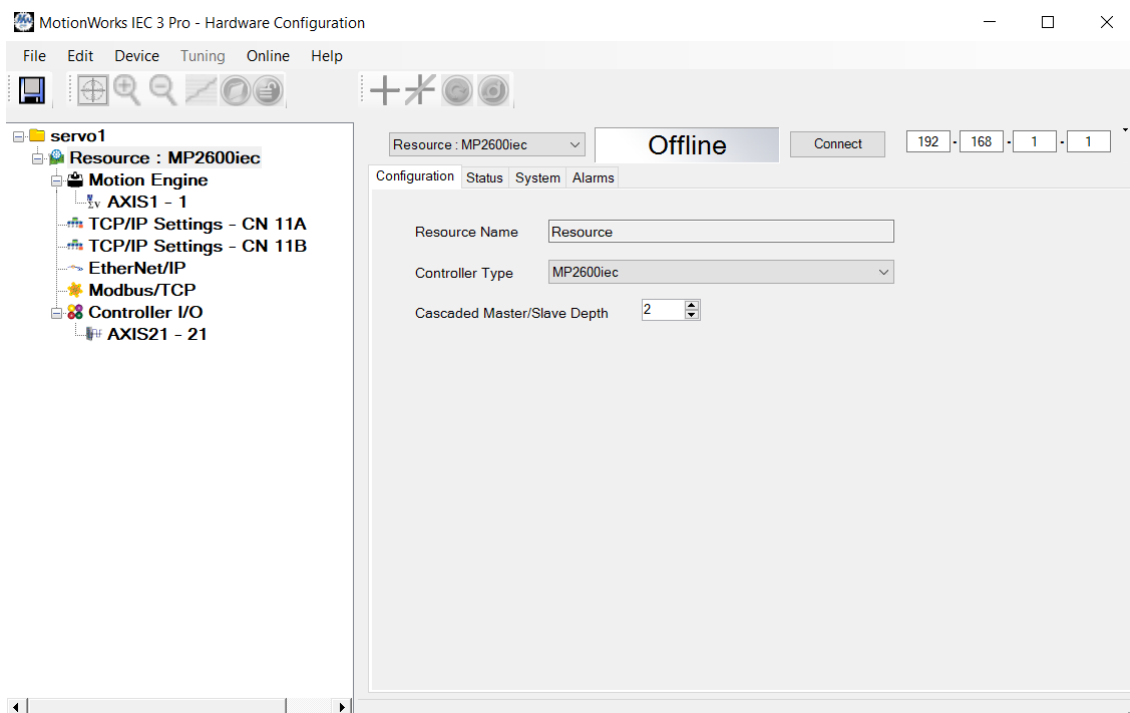
Lopullisesta järjestelmän ulkonäöstä tuli asiallinen ja silmää miellyttävä (KUVA 12). Hyvin suunniteltu kokonaisuus vaikutti jämakältä ja käyttöä kestävältä kuten oli tarkoitus. Suojamuovien takaa näkee kaiken tarpeellisen järjestelmän toiminnasta sen ollessa samalla hyvin suojattuna turvallinen käyttää. Käyttöpaneelin nappulat on nimetty selkeyden vuoksi, jotta järjestelmän käyttäminen mahdollistuu tuntematta ohjelmoidun ohjelman toimintaa.

3.3 Ohjelmointi

Ohjelmointi suoritettiin servovahvistimeen tulevaan optiomoduuliin, jonka kautta pystytään ohjelmoimaan myös itse servovahvistinta. Ohjelmointi tapahtui kan-

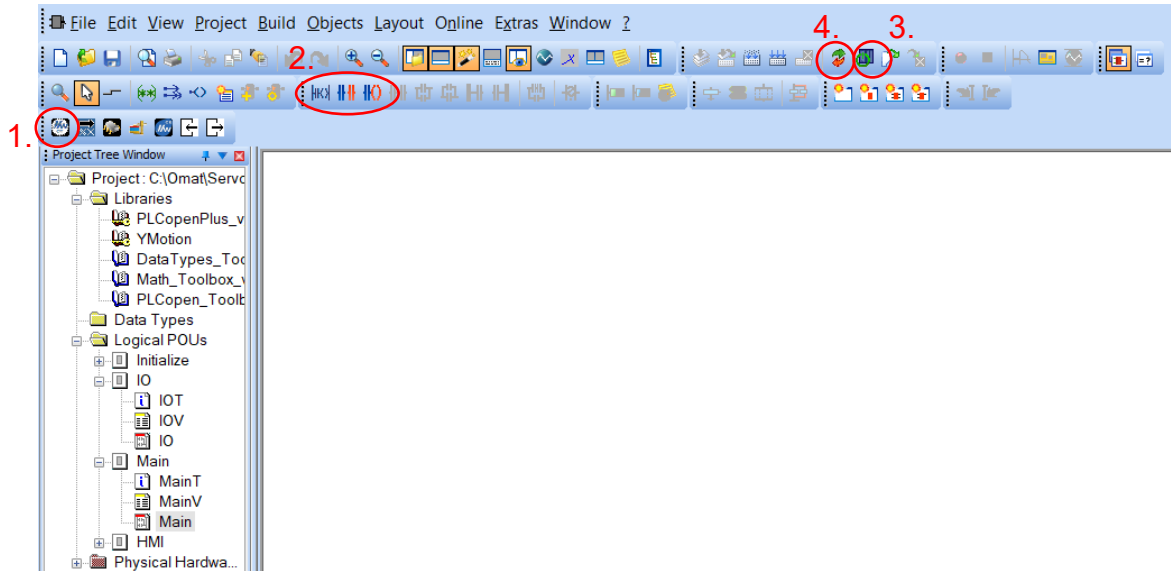
sainvälisen IEC 61131-3 standardin mukaisessa ohjelmointiympäristössä MotionWorks IEC 3 Pro ohjelmalla. Ohjelmointiin voi käyttää standardin IEC 61131-3 mukaisesti useita tavallisesti logiikan ohjelmointiin käytettyjä ohjelmointikieliä. Ohjelma tarjoaa mahdollisuuden käyttää saumattomasti tikapuukaavio- ja toimilohkokaavio-ohjelmointia samalla ohjelmalehdellä. Tarkemmin ohjelmointikielien ovat esitelty luvussa 2.4.

Optiomoduulia liitettäessä MotionWorks-ohjelmistoon tulee kortin ohjelmistoversion ja ohjelmointiympäristön olla samaa ohjelmistoversiota. Version ollessa kortissa vanhempi tulee ongelmia viimeistään yrittäessä ladata luotua logiikkaohjelmaa optiokorttiin. Optiomoduuli liitettiin tietokoneeseen Ethernet-kaapelilla. Optiokortissa on kaksi Ethernet-porttia, joiden IP-osoitteet ovat oletuksena Portille A 192.168.1.1 ja Portille B 192.168.2.1. Optiokortissa olevalla viidennellä dippikytkimellä pystytään lukitsemaan Ethernet-osoitteet oletusosoitteiksi, kun osoitteita ei ole lukittu. Porttien osoitteita pystyy vaihtamaan haluamukseen Ethernet-protokollan mukaisesti. Liitettävän tietokoneen IP-osoite on myös asetettava samaan verkkoon kytkettävän portin osoitteen kanssa. Tietokoneen sovitinasetuksista muutetaan IPv4 protokollan IP-osoite samaan verkkoon portin IP-osoitteen kanssa, esimerkiksi portin A oletusosoitteen tapauksessa IP-osoite voisi olla 192.168.1.10.



KUVA 13. MotionWorks IEC 3 Pro -ohjelman laitteiston konfigurointi -ikkuna

Laitteiston konfigurointi-ikkunassa (KUVA 13) pystyy muuttamaan laitteistoon liittyviä asetuksia kuten Ethernet-porttien IP-osoitteita, osoitetta johon yhteys muodostetaan, optiokortin tyyppiä sekä akseleiden konfigurointeja, yksiköitä ja parametreja.



KUVA 14. MotionWorks IEC 3 Pro -ohjelman perusvalikot

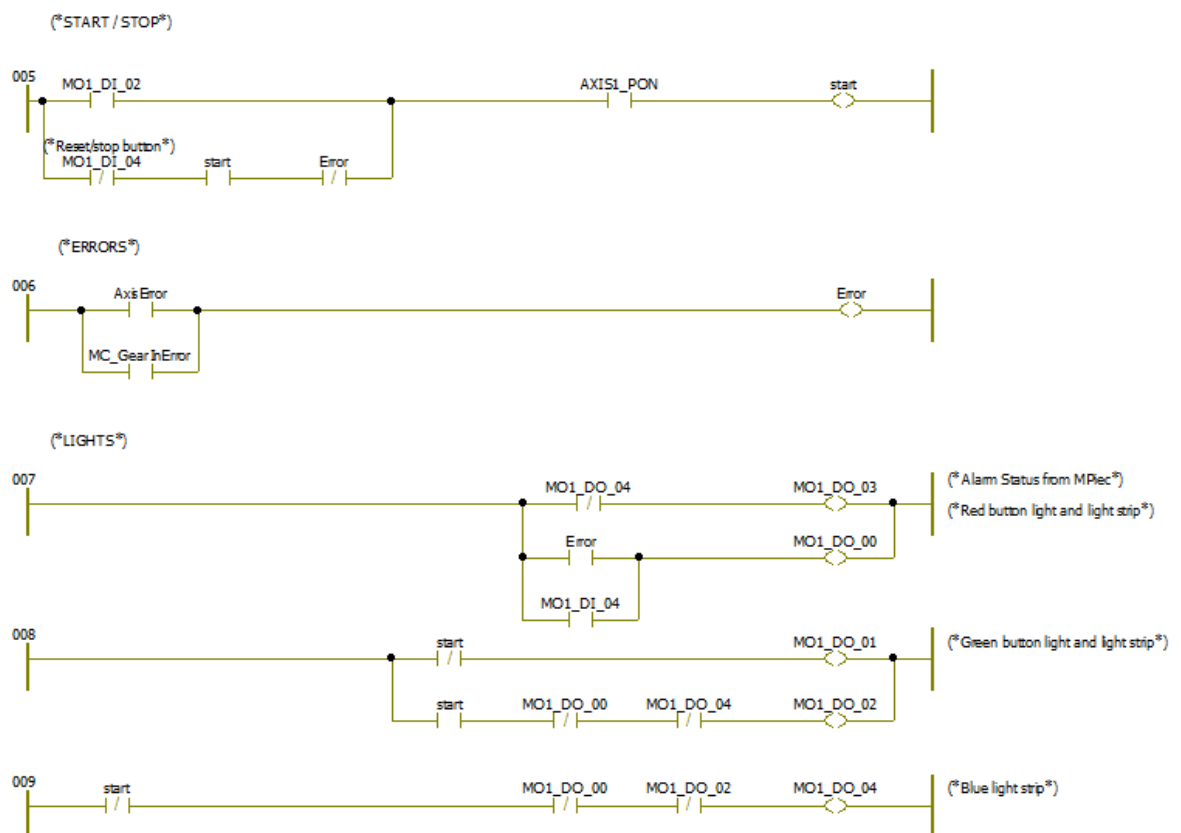
Kuvassa 14 ensimmäisenä merkintänä on painike, josta saa avattua laitteiston konfiguroinnin ja jonka kautta saa luotua yhteyden servovahvistimen optiokorttiin. Ohjelmoinnin saa aloitettua valitsemalla kuvan 14 vasemmassa laidassa olevan Main-valikon alta Main välilehden. Välilehdelle saa tuotua "Edit Wizard" -ikkunasta haluamiaan toimilohkoja sekä valmiita kirjastofunktioita servon ohjaukseen. Ominaisuuden saa käyttöön valitsemalla ohjelman ylälaidasta "View" ja "Edit Wizard".

Ohjelmaan voidaan tehdä sekä toimilohko-ohjelmointia että esimerkiksi tikapuukaaviota sekaisin. Etenkin yksinkertaisten ohjausten tekeminen tikapuukaaviona saattaa olla järkevää, jos esimerkiksi muutamalla tulolla tai muuttujalla ohjataan lähtöä. Tikapuukaavion perusrungon saa ohjelman lehdelle luotua perusvalikoiden keskimmäiseltä riviltä (2. merkintä) "Network" painikkeesta, jonka kuvakkeessa näkyy pystyviivojen välissä kontakti ja lähtö. Samalta riviltä painikkeen jälkeen saa lisättyä kontakteja valitun kohdan eri puolille. Kontaktin tyyppiä saa

muutettua samalta riviltä löytyvästä "Contact Type" -painikkeesta tai valitsemalla painikkeen ja menemällä sen "Object Properties" -asetuksiin.

Ohjelman tultua testausvalmiiksi se pystytään lataamaan "Project Control Dialog" -painikkeesta (3. merkintä) laitteeseen. Ikkunan avauduttua ja latauksen suorituksen jälkeen ohjelma voidaan käynnistää Cold-toiminnolla, jolloin ohjelma suoritetaan alkuperäisillä muuttujan arvoilla. Toisella mahdollisella käynnistyksellä, Hot-toiminnolla, käytetään edellisiä muuttujien arvoja. Pysyvän ohjelmalatauksen pystyy tekemään ikkunasta löytyvän "More"-painikkeen takaa, muutoin ladattu ohjelma ei käynnisty ilman ohjelmointilaitteelta käynnistämistä.

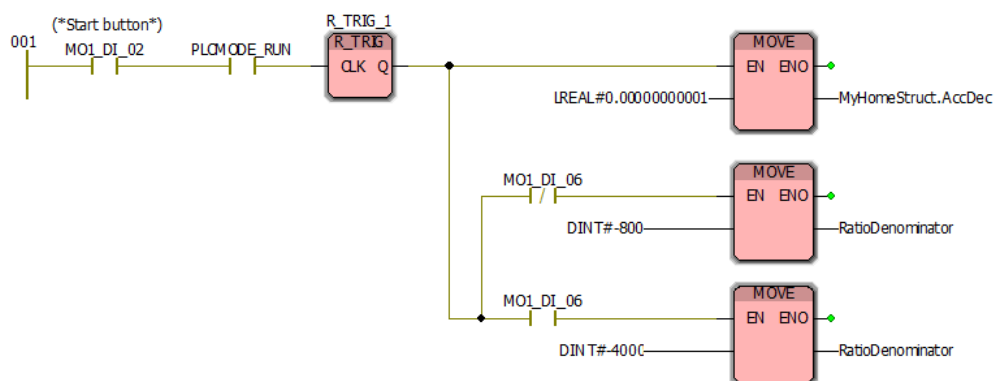
Neljännellä merkinnällä on korostettu "Debug on/off" -toiminto, jolla pystytään seuraamaan muuttujien arvoja sekä logiikkaohjelman toimintaa näytöllä. Toiminto auttaa huomattavasti ohjelman seuraamisessa, etenkin jos ei ole aivan varma sen toiminnasta. Toimintoa voi käyttää etenkin vian etsinnässä, sekä uusien ohjelmien testauksessa.



KUVA 15. Tikapuukaaviona tehty valojen toiminta sekä käynnistyksen pitopiiri

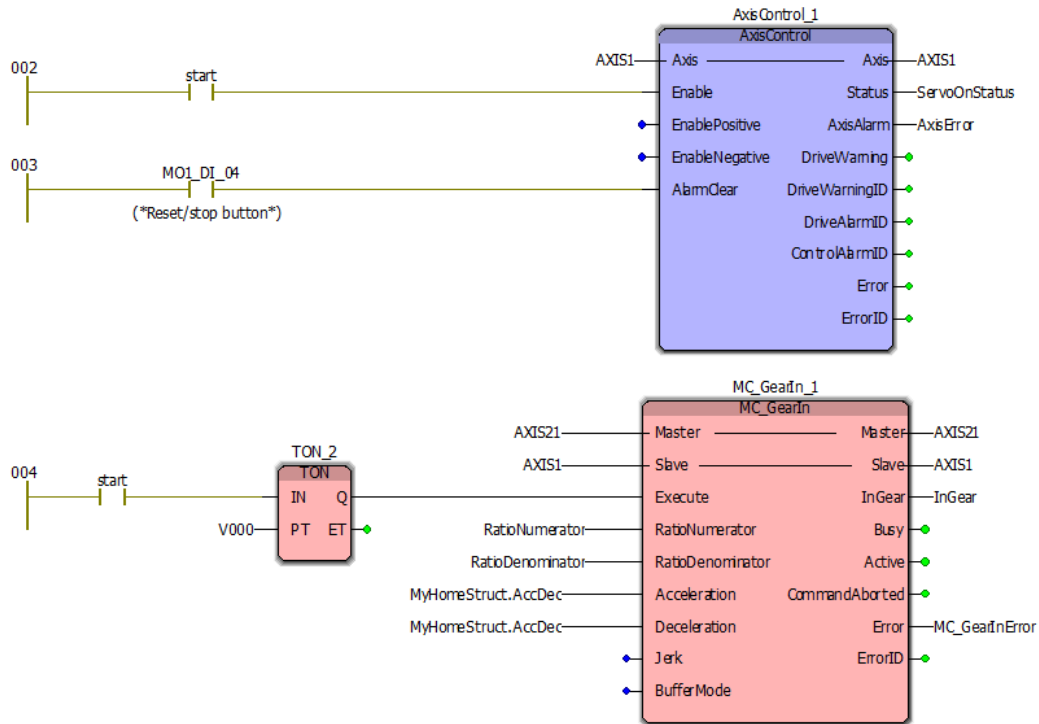
Kuvassa 15 on esitetty työssä toteutettu valojen ohjaus tikapuukaaviona. Valoja ohjataan järjestelmän tilan mukaan: vihreä painikevalo palaa, kun sitä tulisi painaa servo-ohjauksen aktivoimiseksi, punainen painikevalo palaa järjestelmän ollessa käynnissä sekä silloin kun napista pystyy pysäyttämään servo-ohjauksen valmiustilaan. Led-valonauhan valoilla havainnollistetaan suoraan järjestelmän tilaa: vihreä valo palaa virran ollessa päällä servossa, punainen palaa vika-tilanteessa sekä stop-nappia painettaessa ja sininen valo ilmaisee järjestelmän olevan valmiustilassa.

Kuvassa 15 esitetty käynnistyksen pitopiiri pitää servovirran päällä käynnistysnapin painamisen jälkeen. Servovirta katkaistaan vian tai pysäytysnapin painamisen seurauksena, jolloin käynnistyksen pitopiiri katkeaa. Vikatilanteita varten on luotu oma muuttujansa, joka kytkeytyy päälle kumman tahansa vian ilmaantua.



KUVA 16. Servon ohjauksessa käytetyt muuttujat logiikkaohjelmassa

Vipukytkimellä toteutettu välityssuhteen muutos on toteutettu kuvan 16 mukaisesti. Start-napin painaminen luo nousureunan, jonka "R_TRIG" havaitsee ja aktivoi lähtönsä, jolloin MOVE-lohkot päivittävät muuttujien arvot. Tässä tapauksessa muuttujien arvot muuttuvat vain "RatioDenominator"-muuttujassa kytkimellä valitun asennon mukaan. Vipukytkimen ollessa hitaalla puolella, on logiikan seitsemäs tulo eli "MO1_DI_06" aktiivisena, jolloin alempi MOVE-lohko siirtää välityssuhteen jakajan arvoksi -4000. Luonnollisesti kytkimen ollessa toisessa asennossa tulo ei ole aktiivisena ja jakajan arvoksi siirretään ylemmällä loholla arvo -800. Samalla muuttujien päivityskerralla päivitetään myös kiihdytyksen ja hidastuksen arvo, jolle on syötetty kiinteä pieni arvo.



KUVA 17. Servomootorin ohjaus kulma-anturin avulla, logiikkaohjelma

Kuvassa 17 on esitetty tarpeelliset lohkot servomootorin ohjaamiseksi. Ylempi toimilohko ohjaa servomootoria ja antaa tietoa servomootorin tilasta. Alemmassa toimilohkossa kulma-anturi "AXIS21" ohjaa servomootoria "AXIS1" annetulla välityssuhteella ja lisäksi hidastus- sekä kiihdytysnopeuksilla. "MC_GearIn" -toimilohko toimii siis vaihteistona, jolla voidaan muuttaa kulma-anturin ja servomootorin välisiä riippuvuuksia toisistaan.

3.4 Käyttö ja sovellukset

Järjestelmä suunniteltiin lähtötietojen perusteella koulutus- ja demokäytön lisäksi myös mahdollisesti messuille tai muuhun esittelyyn sopivaksi. Messuilla tarkoituksena on esitellä järjestelmän toimintaa sekä havainnollistaa optiokortin ominaisuuksia ja niiden tuomia lisämahdollisuuksia. Järjestelmään lisättiin esittelyyn soveltuvuuden ja toiminnallisuuksien lisäämiseksi led-nauhaa, jolla saatiin moderni ja kiinnostavampi ilme järjestelmälle. Järjestelmästä tuli kaikkiin suunniteltuihin kohteisiin hyvin soveltuva kokonaisuus.

3.4.1 Järjestelmän luomat mahdollisuudet

Järjestelmän monien toiminnallisuuksien myötä sillä pystytään kouluttamaan henkilökuntaa monipuolisesti. Opinnäytetyön toimeksiantajayritys Yaskawa myy ja käyttää usein tavallisia servovahvistimia, joten myös niiden koulutus ja käyttö-opastus on tavallista. Servovahvistimeen pystytään syöttämään omalla kaapelillaan halutut parametrit, joilla servomoottoria pyöritetään. Servovahvistimelle pystytään syöttämään arvoja ja liikekomentoja myös väylän kautta, mikä on teollisuussovelluksissa hyvin yleistä. Erillisen väyläkortin liittämällä servovahvistin voidaan liittää useimpiin yleisesti käytössä oleviin väylätyyppeihin. Väylään liitettäessä luodun järjestelmän mahdollisuudet kasvavat aiemmasta vielä runsaasti. Nykyinen optiokortti MP2600iec tukee EtherNet/IP ja ModBus TCP protokollia, joiden lisäksi verkkopalvelinyhteyttä (Web Server) ja OPC server -monitorointia on mahdollista käyttää.

Servojärjestelmän avulla mahdollistettiin myös tavallisen logiikan ohjelmoinnin harjoittelu ja perusteisiin tutustuminen. Servovahvistimen optiokortilla pystytään tekemään logiikkaohjelmia, joiden avulla voidaan ohjata kahdeksaa lähtöä enimmillään kahdeksaa tuloa apuna käyttäen. Optiokortin IO-terminaaliin pystytään suoraan liittämään kulma-anturi, jonka asentoa pystytään lukemaan logiikalla akselitietona. Logiikkaohjelmaan pystytään liittämään myös väylän kautta saatavia tietoja, kuten muuttujien arvoja. Logiikkaohjelman luominen antaa huomattavan määrän lisätoimintoja verrattuna pelkkään servovahvistimeen. Lisäksi se on kompaktimman kokoinen lisäys, kun vertaa erilliseen PLC -yksikköön. Erilliseen PLC-yksikköön verrattuna pystytään säästämään työtä ja rahaa, kun ei tarvitse konfiguroida logiikkaa toimimaan servovahvistimen kanssa tai ostaa erillistä väyläkorttia logiikan liittämistä varten.

3.4.2 Sovelluskohteet

Servo-ohjausjärjestelmää pystytään sovellettuna käyttämään yrityksen asiakastoiminnassa, esimerkiksi osana robottisolua. Robottisoluissa robottiin pystytään liittämään ulkoisia akseleita, joilla pystytään pyörittämään esimerkiksi hitsauspöytä, kuljettimia tai muita ulkoisia laitteita, joiden liikkeiden täytyy olla hallittuja ja

tarkkoja tavallisen oikosulkumoottorin käyttämisen sijaan. Robotin ulkoisia akseleita pystytään käyttämään synkronoidusti robotin kanssa, eli robotti liikkuu esimerkiksi työkalullaan ulkoisella akselilla pyöritettävän pöydän tiettyä pistettä seuraten tai pöydällä olevan kappaleen suoraa linjaa pitkin pöydän pyöriessä. Robotin ulkoisten akselien koko on kuitenkin rajallinen, jolloin suuria moottoreita ei pystytä ohjaamaan suoraan robotilla. Tällaisessa tapauksessa robotissa voi olla kiinni pieni ulkoinen akseli, jolla pyöritetään kulma-anturia. Servovahvistimen optiokortilla luettaisiin kulma-anturin asentoa ja pyöritettäisiin tällä tavoin isoa servomoottoria synkronoidusti robotin kanssa.

Servo-ohjausta voidaan käyttää robottien kanssa myös tarkkuutta vaativissa kohteissa, joissa robotin omat servot ovat liian epätarkkoja. Näissä tapauksissa robottia voidaan käyttää muihin toimintoihin, esimerkiksi kappaleiden siirtelyyn. Ulkoiseen akseliin liitetyllä servo-ohjaus ja kulma-anturi yhdistelmällä voidaan alen-
taa välityssuhdetta, jolloin ulkoisilla akseleilla pystytään toteuttamaan tarkkoja liikkeitä. Ratkaisua voitaisiin hyödyntää esimerkiksi koneistus ympäristössä.

Kulma-anturilla servomoottorin pyöritys voisi toimia myös manuaalisesti tehdyissä tarkkoissa tehtävissä, joissa ihmisen käden liikkeet ovat liian suuria tai käden heilahdus voisi aiheuttaa suuria vahinkoja. Tällaisia voisi olla esimerkiksi leikkaustoimenpiteissä, joissa saataisiin liikkeen tarkkuutta parannettua pienentämällä välityssuhdetta. Servo-ohjaus voisi tulla kyseeseen myös tapauksissa, joissa ihmisen ei haluta olevan tapahtuman lähellä, esimerkiksi myrkyllisten aineiden työstössä, jolloin servolla pystyttäisiin etänä ohjaamaan liikettä tai liikkeitä.

4 POHDINTA

Servotekniikan osaaminen ja sen yhdistäminen käytäntöön voi olla joskus vaikeaa. Servotekniikan osalta on tullut paljon automaattisesti säätyviä ja itsestään kalibroitavia järjestelmiä, joiden käyttö vaatii enemmän tietoteknistä osaamista kuin servotekniikan tuntemista. Kuitenkin sopivan servovahvistimen ja servomoottorin valitseminen sovelluskohteeseen on tärkeää. Servotekniikan vieminen käytäntöön vaatii paljon laajaa tietämystä ja servotekniikan yltäessä niin sähkövoimatekniikan kuin säätötekniikankin puolelle voidaan todeta nykyisten automaattisten järjestelmien auttavan servojärjestelmien tekemisessä huomattavasti. Automaattisesti virittyvä järjestelmä antaa servojärjestelmän suunnittelijalle ja ohjelmoinnin ammattilaiselle helpotusta työhön, mutta myös aikaa keskittyä muihin järjestelmän osa-alueisiin.

Opinnäytetyössä aiheena ollut servojärjestelmän suunnittelu ja ohjelmointi toi lopputuloksena esittelykelpoisen ja toimivan järjestelmän monilla ominaisuuksilla. Työn lopputulos vastasi hyvin lähtökohtia, sillä alussa suhteellisen vapaasti valitut ominaisuudet järjestelmälle saatiin toteutettua hyvin. Järjestelmän toiminnallisuuksia piti kuitenkin rajata aiheen työmäärään sopiviksi, joten kaikkia mahdollisia ominaisuuksia ei voitu järjestelmään saada. Kaikki työn teettäjän antamat tavoitteet kuitenkin saavutettiin hyvin sekä teknisesti että ulkonäöllisesti.

Työn aikana havaitut oivallukset keskittyivät lähinnä sähkösuunnitelmien piirtämisen aikana havaittuihin IO-laitteiden kytkentöihin ja ohjelmoinnin alussa havaittuihin asioihin. Kaikista oivalluksista on pyritty kertomaan aiemmissa luvuissa aiheeseen liittyvän tekstin yhteydessä. Järjestelmä itsessään testattiin toimivaksi ja siihen liittyvä teoria pyrittiin rajaamaan mahdollisimman hyvin työtä tukevaksi. Työssä esille tuotu teoriaosuus on suurelta osin hyvin pintapuolinen raapaisu aiheeseen, mutta mielestäni siinä on käsitelty riittävät ja olennaiset asiat opinnäytetyön sisällön ymmärtämiseksi.

Työn jatkokehittämistä voisi harkita etenkin IO puolen osalta. Analogisilla tuloilla voisi esimerkiksi potentiometrin avulla säätää portaattomasti haluttua kulma-anturin ja servomoottorin välistä pyörimisnopeutta. Analogia lähtöä voisi käyttää

esimerkiksi toimilaitteen ohjaussignaalina tai havainnollisesti valon himmentämiseen. Optiokortin väylään liittämistä ei pystytty testaamaan ajan asettamien rajoitteiden vuoksi, joten myös väylän kautta servomoottorin ohjaamisen voisi lukea jatkokehityskohteeksi. Tällä hetkellä järjestelmä on kuitenkin sellaisenaan hyödyllinen, joten jatkokehitystä voi servo-ohjaukselle harkita osien vaihdon yhteydessä tai uusien koulutustarpeiden ilmetessä.

LÄHTEET

Fonselius, J., Rinkinen, J. & Vilenius, M. 1998. Servotekniikka. 1. painos. Helsinki: Oy Edita Ab.

Galil. 2010. Servo Motor Controller Basics. Verkkodokumentti. Julkaistu 02.2010. Luettu 13.3.2020. <http://www.galilmc.com/news/motion-controllers/servo-motor-controller-basics>

Hietalahti, L. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. 1. painos. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.

Karl-Heinz, J. & Tiegelkamp, M. 2010. IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems. 2. painos. Berliini: Springer-Veglag.

Linear Motion Tips. 2015. How encoder resolution is determined. Verkkodokumentti. Julkaistu 16.10.2015. Luettu 12.3.2020. <https://www.linearmotion-tips.com/how-encoder-resolution-is-determined/>

Motion Control Tips. 2012. How to Choose a Servo Motor. Artikkel. Julkaistu 24.8.2012. Luettu 13.3.2020. <https://www.motioncontroltips.com/tips-for-sizing-a-servo-motor/>

Motion Control Tips. 2015. FAQ: What is servo motor inertia and why does it matter. Artikkel. Julkaistu 20.8.2015. Luettu 13.3.2020. <https://www.motioncontroltips.com/faq-what-is-servo-motor-inertia-and-why-does-it-matter/>

OEM. Pulssianturien teoriaa. Verkkodokumentti. Luettu 12.3.2020. <https://www.oem.fi/products/anturi/pulssianturit/yleist%C3%A4-pulssiantureista-450649/pulssianturien-teoriaa-164972#tab-0>

Parker. Drive Technologies. Verkkodokumentti. Luettu 13.3.2020. <http://www.compumotor.com/catalog/catalogA/A31-A33.pdf>

PLCopen. 2016. IEC 61131-3: a standard programming resource. Verkkodokumentti. Julkaistu 10.2016. Luettu 16.3.2020. https://plcopen.org/sites/default/files/downloads/intro_iec_oct2016.pdf

PLCopen. What is PLCopen. Verkkodokumentti. Luettu 16.3.2020 <https://plcopen.org/what-plcopen>

Posital. Absolute vs incremental rotary encoders. Verkkodokumentti. Luettu 12.3.2020. <https://www.posital.com/en/products/absolute-encoders/absolute-vs-incremental.php>

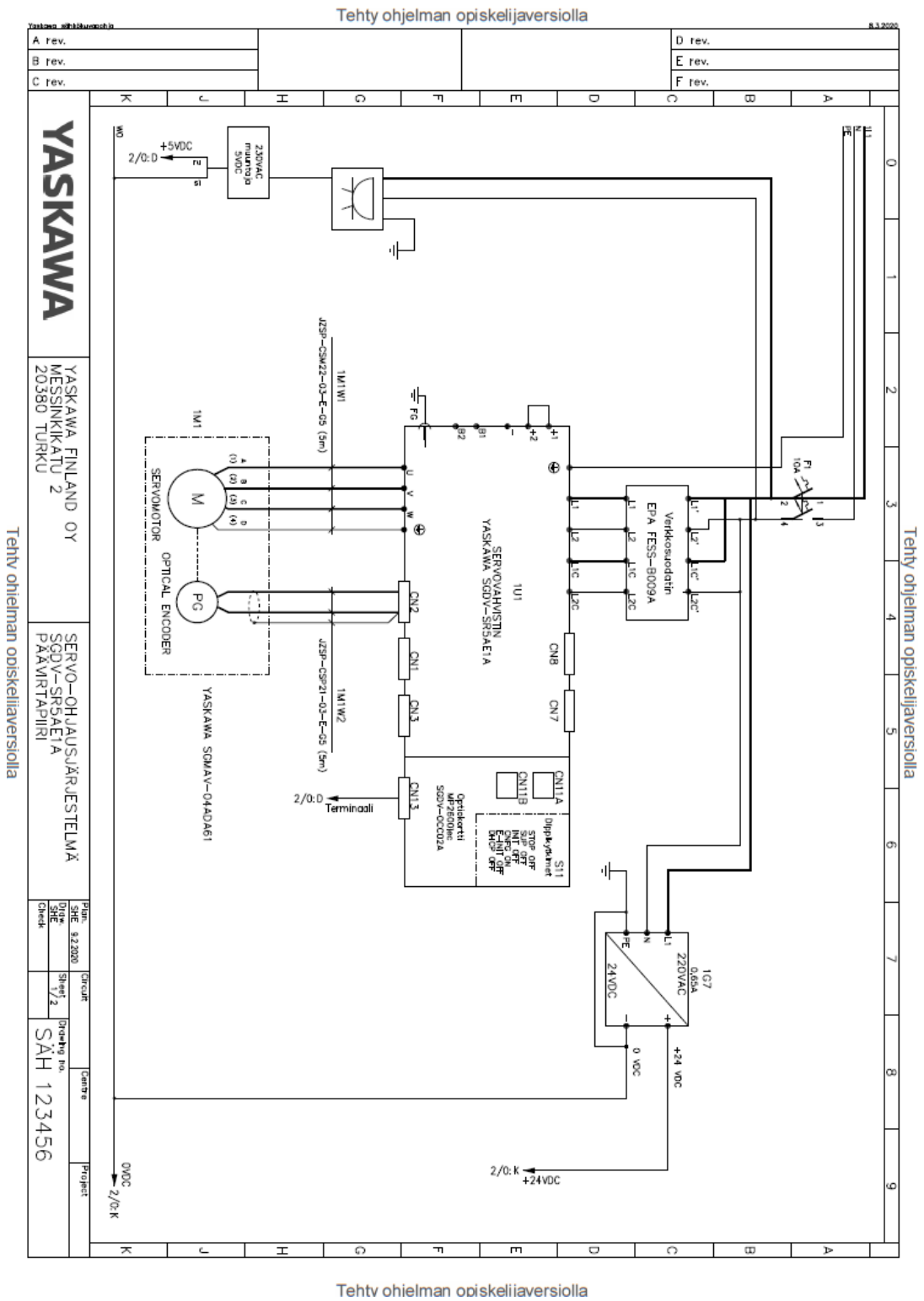
Yaskawa. What is a servo motor. Verkkodokumentti. Luettu 13.3.2020. <https://www.yaskawa-global.com/product/mc/about-servo>

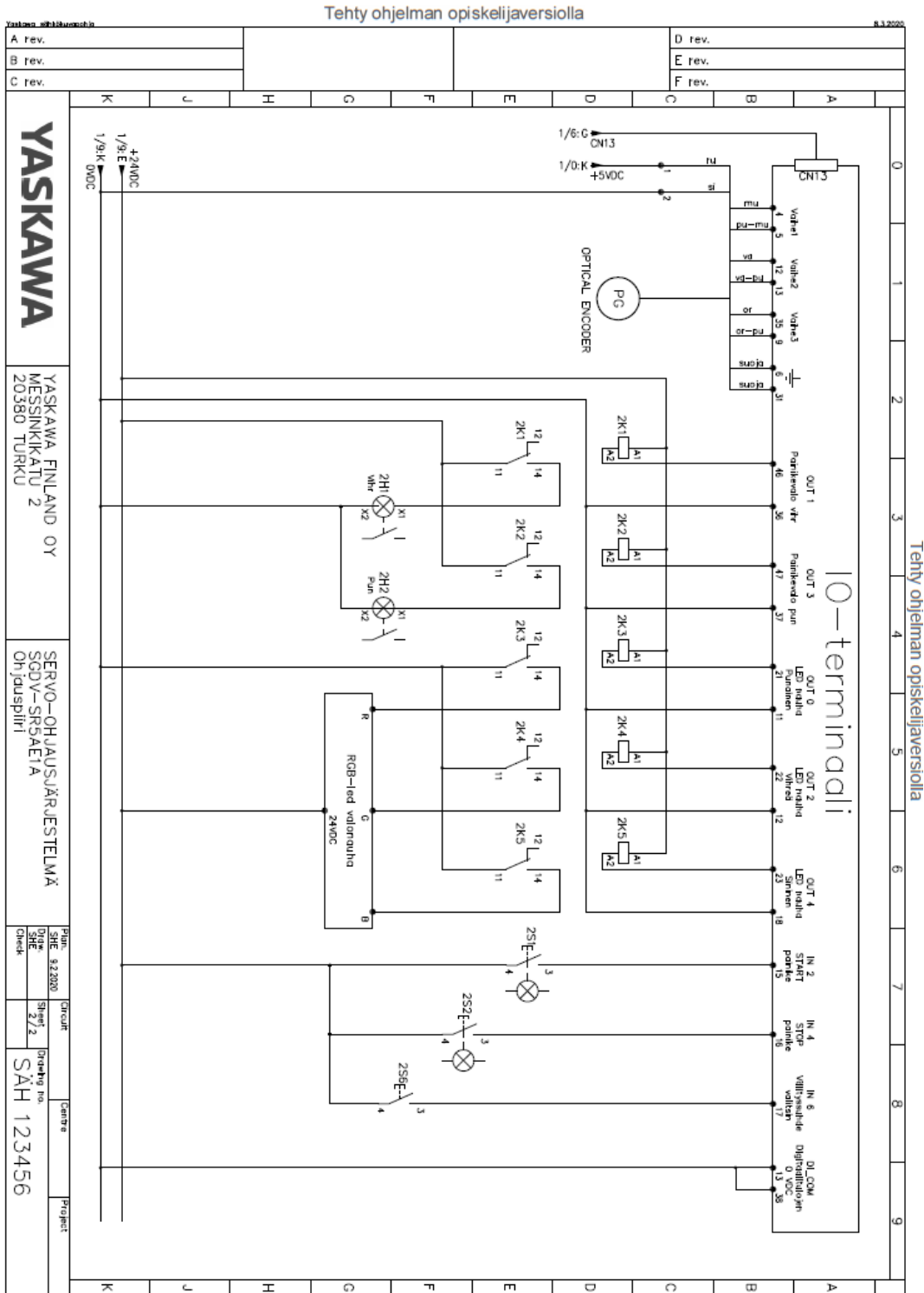
Yaskawa. 2020. Yaskawa Suomessa. Verkkodokumentti. Luettu 17.3.2020. <https://www.yaskawa.fi/fi/yritys/tietoa-meistae/yaskawa-suomessa/>

LIITTEET

Liite 1. Järjestelmän sähkökuvat

1 (2)





Tehty ohjelman opiskelijaversiolla