

Scara-robotin muuttaminen servomoottorikäyttöiseksi

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma
Suunnittelupainotteinen
mekatroniikka
opinnäytetyö
syksy 2016
Veikko Mäkelä

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

MÄKELÄ, VEIKKO: Scara-robotin muuttaminen
servomoottorikäyttöiseksi

Mekatroniikan opinnäytetyö, 25 sivua, 6 liitesivua

Syksy 2016

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä scara-tyyppinen robottikäsi toimimaan servomootoreilla siinä valmiiksi olevien DC-sähkömootoreiden sijasta. Tarkoituksena oli selvittää servomootoreiden käytön mahdollisuuksia Scara-robotissa. Työn tilaajana on Lahden ammattikorkeakoulu ja sitä tullaan käyttämään koululla opetuksessa.

Työ sisältää moottoreiden asentamisen lisäksi moottoreiden ja muiden siihen kuuluvien sähkölaitteiden ja rakenneosien ohjauksen suunnittelun, rakentamisen ja asentamisen. Scara-robotille ja kaikille siihen kuuluville komponenteille rakennettiin alusta ja turvakaari, jonka sisällä olevalla työalustan alueella robottikäsi-varren on tarkoitus toimia. Tekniset piirustukset tehtiin Solidworks-ohjelmalla, sähkökaaviot CADS-sähkösuunnitteluohjelmalla ja ohjelmointi toteutettiin TwinCAT-PC-ohjelmoinnilla.

Avainsanat: scara, robotti, servomoottori, TwinCAT

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

MÄKELÄ, VEIKKO: Turning Scara-robot into
servomotor-operated

Bachelor's Thesis in Mechatronics, 25 pages, 6 pages of appendices

Autumn 2016

ABSTRACT

The goal of this Bachelor thesis was to make Scara-type robotarm moving by servo-motors instead of normal DC-motors which are already placed in it. The aim of this project was to search possible practical uses for servomotors in Scara-robots. The commissioner of this project was Lahti University of Applied Sciences and the robot will be used in teaching.

The work involved not just installing the motors, but also planning, constructing and installing the electronic devices and other parts which were related to the project. A bed and a safety frame will be built for the scara-robot, where the robot ought to move inside the work area. Technical blueprints will be made using Solidworks, electrical circuit diagrams with CADS-electronic planning, and programming will be implemented with TwinCAT-software.

Keywords: scara, robot, servomotor, TwinCAT

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SUUNNITTELU	3
2.1	Alusta	3
2.1.1	Esisuunnittelu	3
2.1.2	Mitoitus	4
2.1.3	Työalue	6
2.2	Jalka	7
2.2.2	Vaatimukset	7
2.2.2	Rakenne	8
2.4	Turvakehikko	10
2.4.1	Työalueen rajaaminen	11
2.4.2	Turvakytkimet	11
2.5	Servomoottorit	12
2.5.1	Rakenne	12
2.5.2	Servomoottoreiden liittäminen	13
2.6	Alustan kokoaminen	14
3	SÄHKÖSUUNNITTELU	16
3.1	Sähkökeskus	16
3.2	Moottorinohjainkortit	17
3.2.1	Toiminta	17
3.2.2	Liittäminen	20
3.3	TWINCAT	22
4	YHTEENVETO	24
	LÄHTEET	26
	LIITTEET	27

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä on tarkoitus muuttaa koulun sähkölaboratorion varastossa oleva Sankyo_Roboticsin Scara-robotti servomoottorikäyttöiseksi. Scara on lyhenne sanoista *Selective Compliant Assembly Robot Arm*, joka on suoraan suomennettuna ”valikoivasti taipuva robottikäsivarsi”. Scara-robotissa on neljä ulottuvuutta ja kaikilla akseleilla on omat moottorinsa. Scara-robotin kaksi ensimmäistä akselia liikkuvat XY-ulottuvuudessa. Kolmas akseli liikuttaa työkalupäätä akselinsa ympäri. Neljäs akseli liikuttaa työkalupäätä z-ulottuvuudessa.



KUVIO 1. Scara-robotin havainnekuva (Bosch Rexroth 2016)

Rinnakkaisten akseliensa vuoksi käsivarsi antaa hieman myöten XY-suunnassa, mutta on jäykkä Z-suunnassa, mistä tulee sen nimi *Selective Compliant* (valikoivasti taipuisa). Tästä on hyötyä monentyyppisessä kokoonpano tehtävässä, kuten pyöreän tapin asettamisessa reikään ilman kanttausta. Toinen Scara-robotin piirre on kahden nivelvarren sijoittelu niin,

että se muistuttaa ihmisen kättä, mistä nimitys Articulated (nivel-). Tämä mahdollistaa käsivarren yltämisen ahtaisiin paikkoihin sekä vetäytymisen tai väistämisen pieneen tilaan. Tästä on hyötyä, kun osia siirretään yhdestä suljetusta robotisolusta toiseen. SCARA-robotit ovat yleisesti nopeampia kuin karteesiset järjestelmät. Ne vaativat vain vähän lattiatilaa yhden kiinnityspisteen vuoksi. Toisaalta Scara-järjestelmät voivat olla kalliimpia kuin vastaavat karteesiset järjestelmät, ja ohjausjärjestelmä vaatii käänteistä kinematiikkaa lineaariliikkeitä varten. Tämä ohjelmisto on tyypillisesti kuitenkin robotin ohjausjärjestelmässä ja näkymätöntä käyttäjälle. (Wikipedia.a)

Ohjausteknisesti teollisuusroboteissa on oleellista liikeakseleiden aseman mittausta ja takaisinkytkentä eli servo-ohjaus (Wikipedia.b). Sen takia scara-robotissa käytetään myös servomootoreita vaadittavan tarkkuuden ja nopeuden saamiseksi. Robotissa olevia välityksiä ja voimansiirtoa eri akseleille ei tarvitse muuttaa, vaan uudet moottorit on asetettava välityksissä olevien akseleiden kiinnityksen mukaan niin, että robotin liikeradat pysyvät samoina. Robotti on laitettava erillisen pylväsmäisen jalustan, eli jalan päälle, koska käytettävien Beckhoffin servomootoreiden johdot ovat liian lyhyitä yltääkseen sähkökaappiin asti. Johtoja ei voi jatkaa, eikä johtoihin liitettäviä moottorinohjauskortteja voi asentaa robotin oman kotelon sisälle. Siksi servomootoreiden johtoihin liitettävät ohjainkortit on asennettava robotin alle tulevaan jalkaan.

Servomoottorissa on itse moottorin kanssa samaan pakettiin sijoitettu yleensä pulssityyppinen anturi akselin kulman mittaamiseksi ja pyörimiskertojen laske-
miseksi. Servomoottoria ohjataan elektronisen servo-ohjaimen avulla. Servo-ohjain ohjaa servomoottoria vastaanottamalla servomoottorin asematiedon ja vertaamalla sitä haluttuun asematietoon. Tämän tiedon perusteella se ohjaa servomoottorin pyörimistä. (Wikipedia.a 2016.)

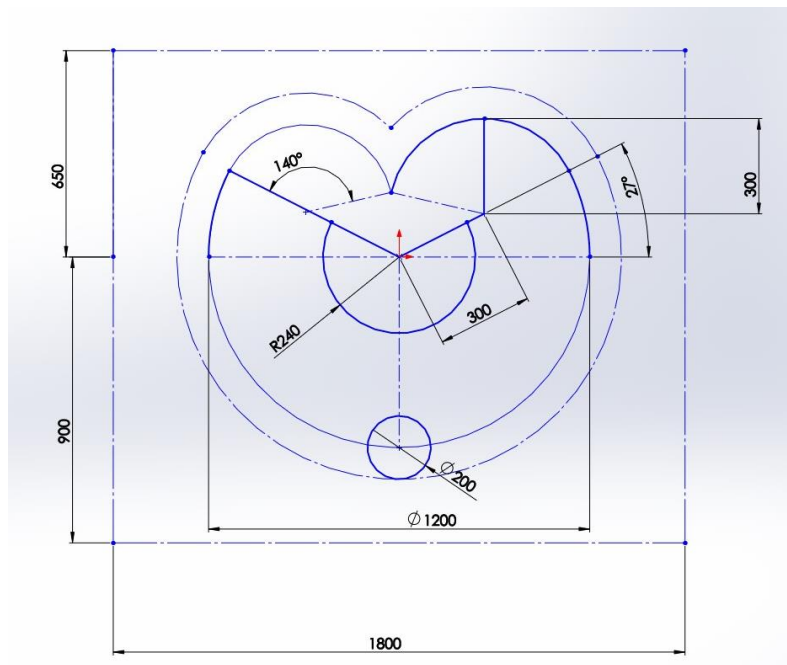
2 SUUNNITTELU

2.1. Alusta

Scara-robotille rakennetaan alusta, jotta sitä voisi liikutella. Sen tulee olla jäykkä, kestävä ja liikuteltava. Sen päälle tehdään työtaso ja suojakehikko. Siinä tulee olla myös paikka sähkökeskukselle. Lisäksi alustasta täytyi saada tarpeeksi raskas, jotta Scara-robottia käytettäessä syntyvä värinä ei vaikuta työsykliin. Alustan kokonaisuudessa työtason, kehikon, jalan ja Scara-robottikäsivarren kanssa saatiin riittäväksi, niin ettei alustaa pystynyt nostamaan käsin.

2.1.1 Esisuunnittelu

Aluksi Scara-robotille piti tehdä alusta, joka kannattelisi sen painoa ja pitäisi sen paikallaan. Lisäksi alusta kannattelisi työtasoa, jonka päällä robottikäsivarsi liikkuisi ja sisältäisi sähkökaapin ja tietokoneen liikuttelemista varten. Alustan käyttö ja vaatimukset vaikuttavat sen kokoon, suunniteluun ja muotoiluun.



KUVIO 2. Scara-robotin ulottumat ja työalue

Ensinnäkin työalustan (KUVIO 2) kokoon vaikutti robotin liikerata. Robotin suurin ulottuma on 600 mm, käsivarsi suorana. Ensimmäisen ja toisen akselin välinen pituus on 300 mm ja kääntösäde 234° . Toisen akselin ja työkalupään välinen pituus on 300 mm ja kääntösäde 360° . Lisäksi scara-robotin päässä olevan työkalun asennuspaikan ulottuma on säteeltään 100 mm, mikä perustuu suurimman työkalun kokoon, mitä voi asentaa robotin käsivarteen. Alustan päälle tuleva työtaso mitoitetaan näiden mittojen mukaan ja se sisällytetään alustan muotoiluun. Kolmas akseli kiertää pystyakselia, eli neljättä akselia. Neljännen akselin yläraja on -40 mm ja alaraja -240 mm käsivarren tasosta katsottuna, eli liikealue on pystysuunnassa 200 mm. Lisäksi sitä tulisi pystyä kuljettamaan trukilla, joten maavaran on oltava vähintään 9 cm, jotta trukin voisi saada sen alle. Maavara voidaan saada osittain toteutettua säädettävillä jaloilla.

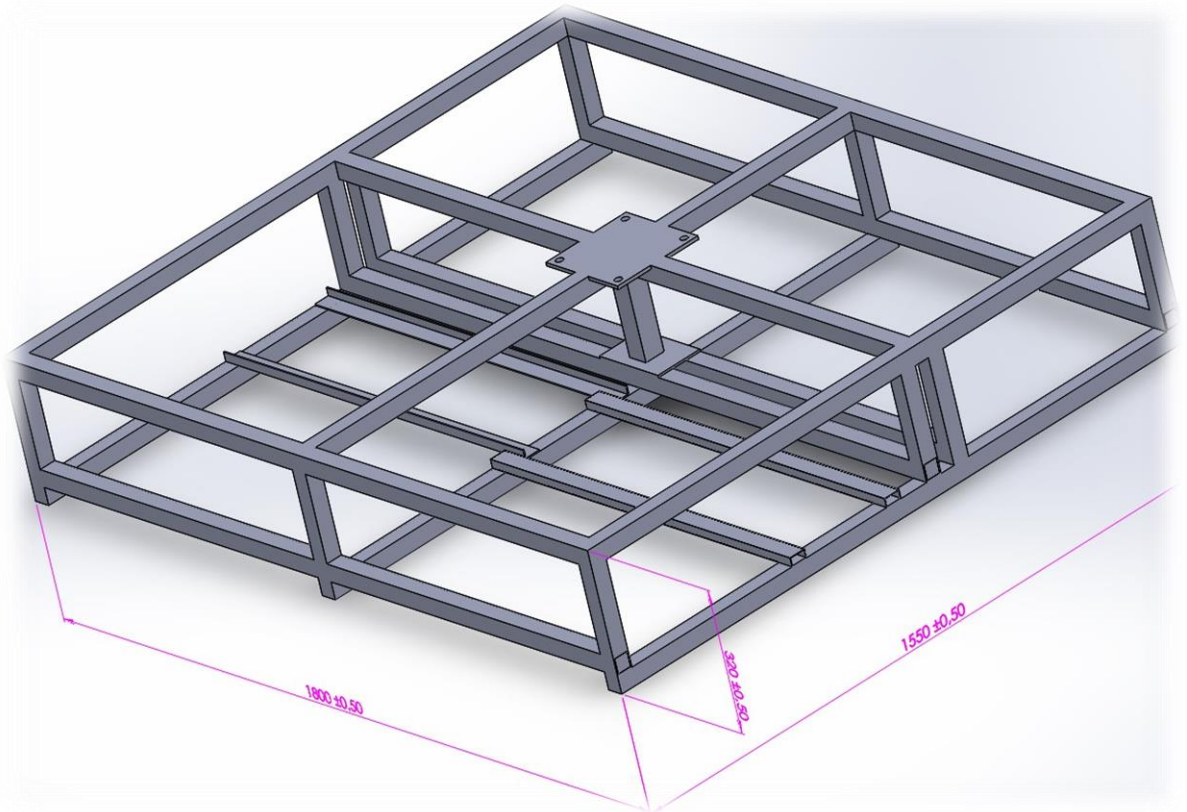
Sähkökaappi on tarkoitus asentaa alustan sisälle niin, että sitä voisi liikuttaa sisään ja ulos laakeroiduilla kiskoilla. Siten alustan korkeus määräytyy sähkökaapin mukaan. Scaran-robotin ohjaamiseen tarkoitettu tietokone voidaan asentaa kyljelleen alustan sisälle, ja se on standardisähkökaappiin verrattuna matalampi, joten se ei vaikuta alustan korkeuteen.

Turvaseinä olisi tarkoitus tulla alustan sivuille kiinni tarpeeksi isoilla pulteilla. Sen vuoksi työtason päälle ei tarvitse tehdä muutoksia turvaseinien saamiseksi kiinni alustaan. Työtason reuna on saatava työstettyä niin, ettei se mene alustan reunan yli, jotta työtaso ja alusta jäisivät turvaseinän sisälle.

2.1.2 Mitoitus

Alustan mitoittamisessa lähdettiin siitä, että Scara-robotilla on tarpeeksi liikkumavaraa työtason sisällä. Origoksi valittiin Scara-robotin ensimmäisen akselin keskipiste, koska siitä lähtee muut ulottuvuudet ja se pysyy paikallaan. Suurin ulottuma on 600 mm ja lisätään 300 mm siitä muodostettavaan puoliympyrän säteen pituuteen ja saadaan 900mm, joka on riittävä robotin esteettömälle liikkumiselle.

Leveydeksi saadaan siten **1800 mm**, kun lisätään maksimi ulottuman halkaisijaan $2 \times 300 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$. Robotin suurin ulottuma taakse kun siihen lisätään työkalupidikkeen pituus, niin saadaan 650 mm. Siihen lisättäessä suurin ulottuman eteen (600 mm) niin saadaan (KUVIO 3) alustalle **pituuksi 1550 mm**.



KUVIO 3. Alustan runko

Leveyteen ja pituuteen huomioitiin myös Scara-robotin päässä olevan työkaluvarren säde, joka on noin 100 mm.

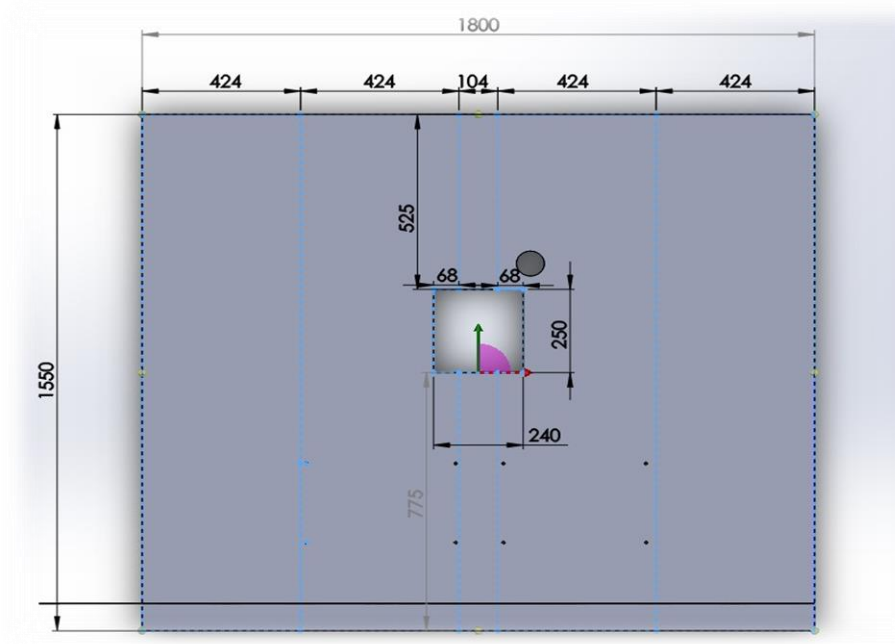
Alustan korkeuden määrittelee siihen liitettävä sähkökaappi, jonka korkeus on noin 200 mm. Sähkökaappiin liitettävät kiskot ja teräspalkit, joihin kiskot tulevat kiinni, lisäävät kokonaiskorkeutta 30 mm:llä. Alustan rungon sisään jäävään tyhjään tilaan on varattava vähintään 230 mm. Kun siihen lisätään teräspalkkien paksuus (40 mm) niin alustan lopulliseksi korkeudeksi saadaan 340 mm.

Alusta kootaan käyttämällä 40x40x3mm neliön muotoista rakenneputkea sen riittävän väsymislujuuskestävyyden takia. Suurin rasitus kohdistuu Scaran alla olevaan pystypalkkiin, joten sen on oltava 60x60x3mm teräspalkkia.

2.1.3 Työalue

Työtaso (KUVIO 4) tehtiin neljästä 5 mm:n teräslevystä, joita oli saatavilla konelaboratoriossa. Sen oli tarkoitus kattaa koko työalue. Sen leveys on 1800mm ja pituus 1550mm, eli alustan kokonaispinta-ala.

Saatavien teräslevyjen leveys on 424mm. Kun neljä kyseistä teräslevyä laitetaan vierekkäin, muodostuu vasta 1696mm tarvittavasta leveydestä. Leveys jää vielä vajaaksi 104 mm verran. Levyjen pituus oli varastosta saataessa 1700mm. Ne saatiin oikean pituiseksi polttoleikkaamalla, ja jäljelle jääneiden palojen leveydeksi jäi noin 120mm. Jäljelle jääneistä paloista sai hitsaamalla ja hiomalla työtasoon puuttuvan kaistaleen.



KUVIO 4. Työtaso

Työtasoon tehdään aukko, johon saa laitettua jalan. Jalalle tarvitsee tehdä 250 mm leveä ja 260mm pitkä aukko, koska jalan pohja ei ole neliö vaan suorakaide, jonka mitat ovat 240x250mm. Asennettaessa jalkaa alustaan tilaa jää 5mm kaikilta puolilta asennuksen helpottamiseksi. Työtasoon tehdään pyöreä reikä johtojen läpiviemiseksi, jotta alustan sisällä oleva sähkökaappi ja tietokone voidaan kytkeä jalassa olevien moottorinohjainkorttien kanssa. Reikä tehdään jalan välittömään läheisyyteen. Siksi reikä tehdään takavasemmalle pukista katsottuna. Reikä tehdään 50mm päästä levyn reunasta ja 40mm päästä jalalle tehdystä aukosta, jotta se ei vaikuttaisi heikentävästi työalustan kestävyys, muttei myöskään ole liian kaukana jalustasta. Reiän reunaan kiinnitetään kumitiiviste johtojen, kuten myös moottorinohjainkorttien koteloon. Työtasoon tulevien liitännäisten varalle siihen liitetään hitsaamalla asennustappeja, joihin saa M6-pultteja kiinni. Tapit tehdään sorvaamalla 12mm levyisestä tangosta 15mm pituisia pätkiä, joihin porataan 12mm syvä 5mm reikä ja jyrsimällä 2mm pois 5mm:n matkalta tapin kaulusta.

2.2 JALKA

Scara-robotin asentamisen helpottamiseen tarkoitettulla jalalla saadaan asennettua Scara-robotin käsivarsi työtason päälle. Lisäksi siihen saadaan asennettua kotelo Moottorinohjainkortteille.

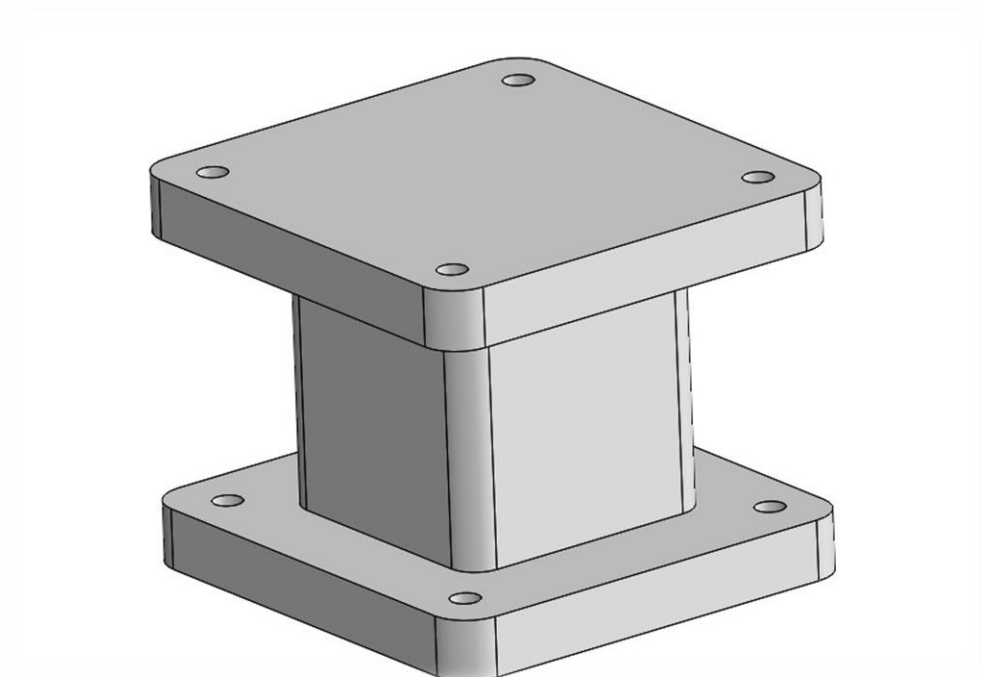
2.2.1 Vaatimukset

Servomoottorit on tarkoitus liittää niille tarkoitettuihin moottorinohjain kortteihin, joiden avulla niitä pystyy ohjaamaan. Käytettävien servomoottoreiden johtojen pituus osoittautui liian lyhyeksi yltääkseen suunniteltuun sähkökaappiin, ja robotin oma kotelo oli liian ahdas niille tarkoitettujen moottorinohjainkorttien sijoituspaikaksi. Johtoja ei voi jatkaa niiden toimivuuden ja luotettavuuden säilymisen kannalta.

Ratkaisuksi keksittiin tehdä Scara-robotille tarkoitettun pylväsmäisen alustan, eli ns. jalan (KUVIO 5) sisälle DIN-kiskolle paikka, johon moottorinohjain-

kortit on tarkoitus asentaa. Jalka oli saatavissa varastossa, ja se oli säilynyt käyttökelpoisena.

Siinä oli valkoinen maalikerros, mutta työstön aikana se naarmuuntui. Siksi se hiekkapuhallettiin, jotta sen voitiin maalata alkuperäisen valkoisen väriseksi.



KUVIO 5. Scara-robotin jalka

2.2.2 Rakenne

Aluksi jalan takimmaiseen seinään pitää työstää aukko, johon saadaan asennettua moottorinohjainkorttien kotelo. Aukon tulee olla kooltaan 133x120mm, eli käytännössä koko takaseinä piti poistaa jyrsimällä kotelon tieltä. Jalan kylkeen porataan neljälle M6-mutterille reiät kotelon kiinnittämiseksi jalkaan.

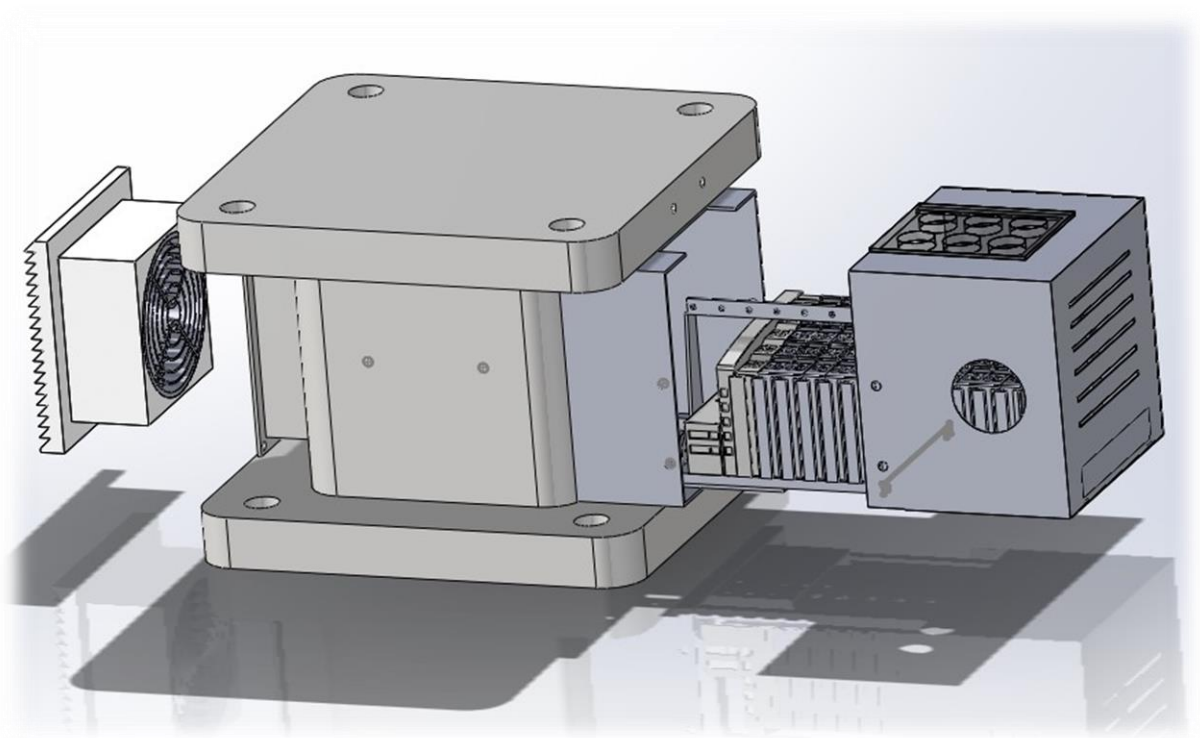


KUVIO 6. ALFAA-5 suodattimella varustettu tuuletin (Dynarep 2016)

Jalkaan asennetaan tuuletin, jotta jalan sisällä olevien sähkökomponenttien lämpö ei pääsisi nousemaan liian korkeaksi. Tuuletin on Alfa Electricin suodattimella varustettu ALFAA5-sarjan keskustuuletin (KUVIO 6). Jalan etuosaan jyrssiin neliskulmainen 80x80mm reikä tuulettimelle. Jotta tuuletin ei veisi tilaa jalan sisältä, tuulettimelle tarkoitettua reikää jatkettiin teräslevystä tehdyllä jatkeella. Teräslevypala muotoillaan neliskulmaiseksi putkeksi ja sen päähän liitetään hitsaamalla tasainen levyosa tuulettimen kiinnisaamiseksi.

Koteloon (KUVIO 7) kuuluu jalassa kiinni oleva sisäinen osa, kansi, levy, johon DIN-kisko on tarkoitus asentaa ja kaksiosainen vedonpoistaja johdoille. Jalan sisällä olevan kotelon osan ulkoreunat tulevat täyttämään koko jalan sisäosan tiiveyden ja kiinnipysyvyyden varmistamiseksi. Siten saadaan jalan sisälle tuulettimen ja takakannen ritilän välille läpiveto moottorinohjainkorttien pitämiseksi viileänä ja pölyn sisäänpääsyn estämiseksi.

Moottoreilta, eli robotilta tulevien johtojen, pitää olla vedottomia, eli niihin ei saa kohdistua johtojen suuntaista vetoa. Vedon poistamiseksi kotelon sisälle tulee teräksinen kaarimainen kappale ja kotelon päälle tulevaan kanteen johdonsuojaholkkeja jokaiselle johdolle. Kotelon sisäinen vedonpoistaja tulee



KUVIO 7. Jalan ja ohjainkorttien kotelointi

DIN-kiskoon kiinni ja johdot kiinnitetään ruuveilla vastakkaisen metallikappaleen ja kaaren väliin. Kotelon kansi tehdään akryylistä ja siihen porataan kuudelle johdonsuojaholkille reiät, jotka myös poistavat johtojen suuntaisen vedon. Kannen ollessa kiinni kotelossa se ottaa vastaan pystysuoraa vetoa suojaten holkkeja ja samalla varmistaa vesitiiveyden ylhäältä päin tulevaa pisarointia vastaan. Lisäksi koteloon tehtiin reikä johtojen läpiviemiseksi sähkökaappiin ja reiän tiiveys varmistetaan kumitiivisteellä.

2.4 TURVAKEHIKKO

Alustan ja työtason päälle asennettavan kehikon tarkoitus on varmistaa henkilösuojaus käyttäjän kannalta ja samalla estää roskien ja muiden epäpuhtauksien pääsy työalueelle.

2.4.1 Työalueen rajaaminen

Työturvallisuuden vuoksi alustaan liitetään turvarajat ja turva-anturit. Työalueelle pääsyn estämiseksi alustan ympärille tehdään teräspalkeista kehikko, johon voidaan liittää 3 mm:n läpinäkyvät akryylilevyt. Niiden tarkoitus on estää työalueelle pääsy fyysisesti kaikkialta muualta, paitsi ovien kautta. Ovien turvarajoilla on tarkoitus estää työalueelle pääsy ovien kautta, kun Scara-robotti on työtilassa.

2.4.2 Turvakytkimet

Turvakytkimien tarkoituksena on varmistaa sujuvan työkierron turvaaminen, mahdollistamalla ohjelman pysäyttäminen tarvittaessa ongelmatilanteiden varalta. Keskukseen tulee sekä hätä-stop-painikkeelle että ovirajoille turvarele ja kuittauspainike. Lisäksi turvapiiriin yksi lähtö liitetään ohjelmiston logiikan tulopiiriin, jotta ohjelmalle voidaan saada tieto työalueen olevan suljettuna.

Ovien turvakytkimien tarkoitus on varmistaa, että ovet ovat kiinni työkierron aikana ja pitää järjestelmää jännitteettömänä ovien ollessa auki. Ovien ollessa kiinni voidaan todeta työalueen olevan suljettu henkilösuojausta ajatellen. Kytkiminä käytetään kahta *Guardmaster Trojan 5*-kielityyppistä turvarajakytkintä (KUVIO 8).



KUVIO 8. Trojan 5-kielityyppinen turvarajakytkin (Allen-Bradley 2016)

Lisäksi työalueen ulkopuolelle sijoitetaan kaksi Häätä-Stop-painiketta käsien ulottuville, joilla saa myös työkierron pysäytettyä pakotetusti. Toinen Häätä-Stop-painikkeista tulee sähkökeskuksen kylkeen ja sen kuittaus tulee sen lähetyville.

2.5 Servomootorit

Servomootorit, jotka asennetaan Scara-robottiin, eroavat sen alkuperäisistä moottoreista paremmalla ohjattavuudella ja luotettavuudella. Niitä ohjataan moottorinohjainkortteilla ja niiden kautta ne saavat vaadittavan käyttöjännitteen.

2.5.1 Rakenne

Asennettavat servomootorit (KUVIO 9) ovat Beckhoffin AM813x-tyypin servomootoreita tarkkaan paikoituskäyttöön tarkoitettua AM81xx-sarjasta. Niitä tullaan asentamaan Scara-robottiin neljä kappaletta jokaiselle ulottumalle.



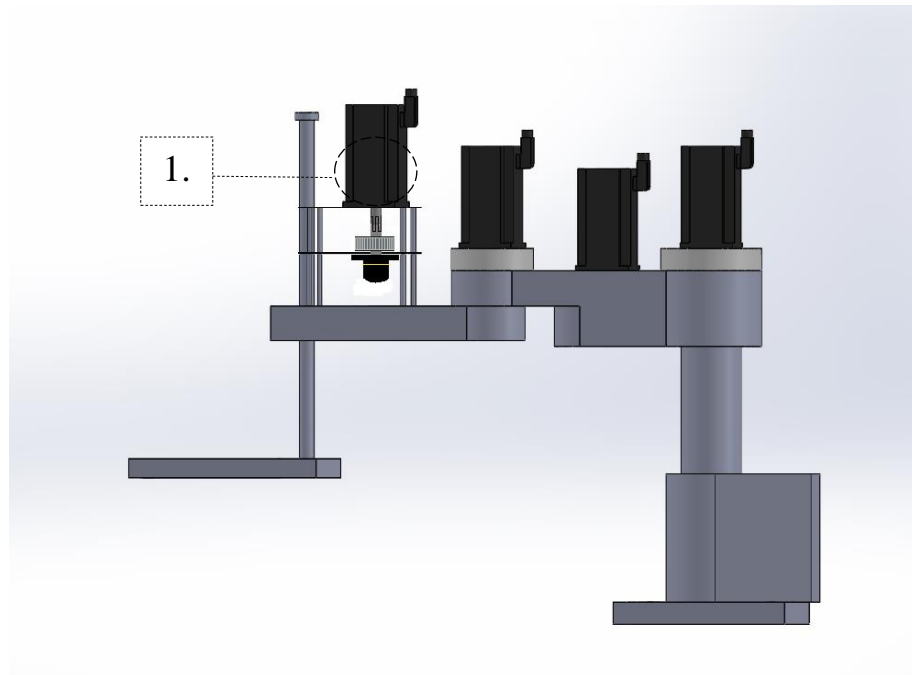
KUVIO 9. AM813x-servomoottori (Beckhoff.d)

AM8100-servomootorit AM8000-sarjasta on erityisesti suunniteltu toimimaan EL7201- ja EL7211-servoterminaalien, eli moottorinohjainkorttien kanssa. Servomootoreiden korkea dynamiikka avaa monia mahdollisia sovelluksia, esimerkiksi *pick-and-place*-sovelluksia teollisuuden roboteille tai yleisesti koneenrakennuksessa, jossa kompakti muotoilu ja korkea paikannustarkkuus ovat tarpeen.

Kuten kaikki moottorit AM8xxx-sarjassa, ne ovat käytettävissä yhden kaapelin tekniikassa (MMA) versioina, joissa voima ja takaisinkytkentä yhdistyvät samassa kaapelissa. Itseohjautuvuus ei ole enää tarpeen moottoriin integroidun absoluuttianturin ansiosta: asema tallennetaan EEPROM:iin, joka on ihanteellinen akselia säädettäessä. Koodi välitetään täysin digitaalisesti EL7201-0010- tai EL7211-0010-servoterminaalista moottoriin kaapelin kautta. Anturikaapelista voidaan luopua. Servo-päätteen sisällyttäminen Beckhoffin ohjausjärjestelmään helpottaa käyttöönottoa akselin ajon yhteydessä. Kaikki AM8xxx-sarjan moottorit käyttävät sähköistä levytyyppiä, jolla moottorin parametrien lukeminen on yksinkertaista ja kustannustehokasta. Beckhoffin TwinCAT-automaatio-ohjelmiston avulla voi kätevästi säädellä servomoottoreiden muuttujia. AM81xx-moottorit voidaan vaihtoehtoisesti varustaa välyksettömällä kestomagneettisella pitojarrulla, tiivisterenkaalla tai kiila-uralla. Ne on varustettu kestävillä pyörivillä resolveri-antureilla ja pitkää käyttöaikaa ajatellen on kehitetty runsaasti mitoitettuja laakereita yleiseen mekaaniseen suunnitteluun. Yhteensopivat vaihteet ja valmiit liittäntäkaapelit täydentävät kompaktia akseliajoa. (Beckhoff 2015.)

2.5.2 Servomoottoreiden liittäminen

Moottoreiden liittämisessä (KUVIO 10) pyritään säilyttämään Scara-robotin omat voimien välitykset. XY-akseleiden moottoreiden vaihtamisessa joutuu työstämään vanhojen moottoreiden asennuspaikkaa, jotta uudet servomoottorit saadaan pysymään paikallaan. R- ja Z-akseleiden paikalla oli DC-moottorit, ja jotta uudet servomoottorit saadaan asennettua paikoilleen, on niille tehtävä riittävän paksusta teräslevystä asennuslevyt.



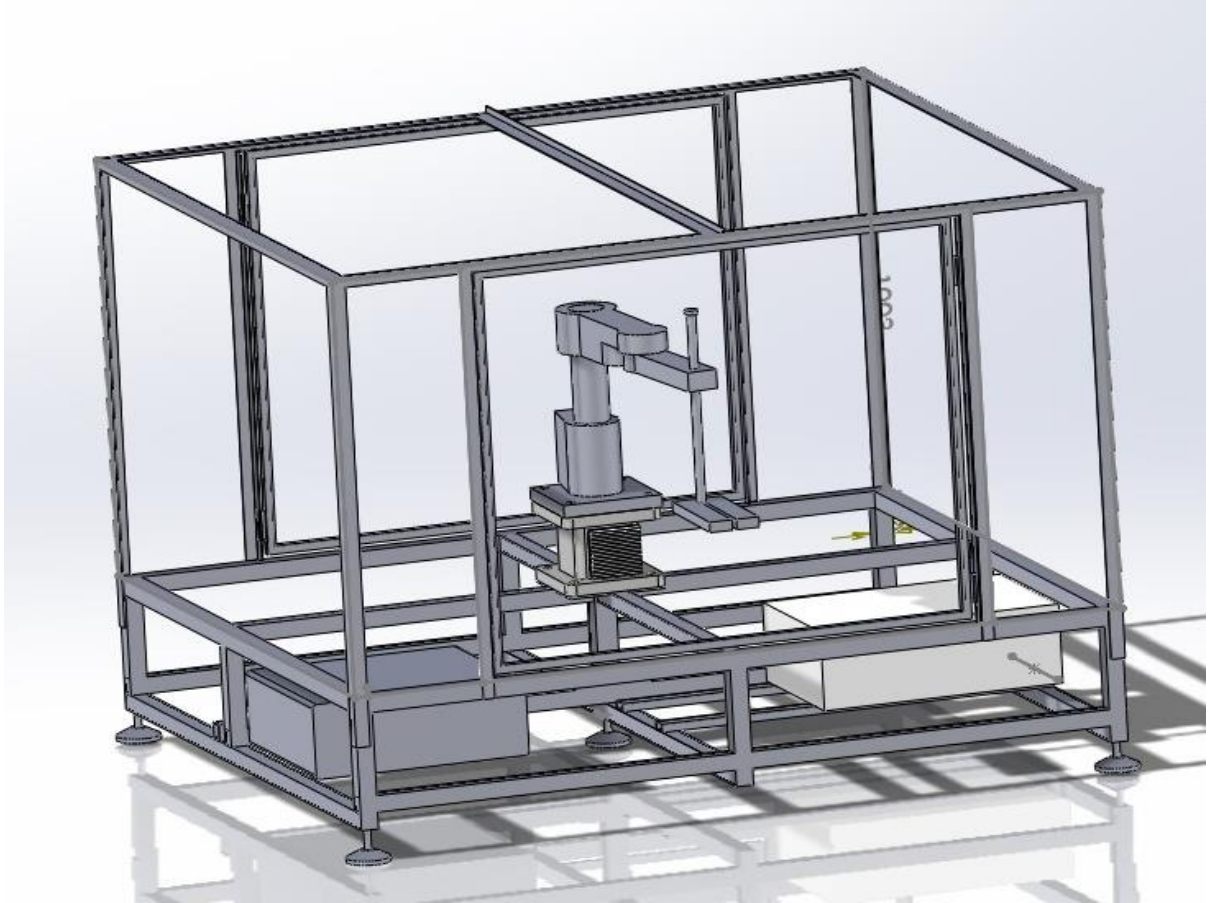
KUVIO 10. Servomootoreiden sijoitus scara-robottiin

Z-akselin moottorin akseliin liitetään myös jarru (KUVIO 10. kohta1), jota ohjataan releellä. Jarrun relettä ohjataan EL2008-EtherCAT-kortilla, joka vapauttaa jarrun lukituksen tullessaan jännitteelliseksi. Muutoin jarru on lukitusasennossa, jotta Z-akseli ei lähde valumaan alaspäin Scara-robotin ollessa jännitteetön.

2.6 Alustan kokoaminen

Runko kootaan ensin tukijalkoineen alustaa vasten ja sen keskelle asennetaan scara-robotin jalka, minkä jälkeen saadaan laitettua työtason teräslevyt. Vasta sen jälkeen saadaan asennettua kehikko työtason päälle. Kehikko kiinnitetään M12-pulteilla sivulta, muutoin kehikko lepää työtason päällä omalla painollaan.

Kehikon ollessa kiinni saadaan asennettua akryylilevyt, lukuun ottamatta kattoon asennettavaa levyä, joka asennetaan kehikkoon ennen kiinnittämistä runkoon. Sen jälkeen voidaan kiinnittää ovet turva-antureineen. Sähköasennukset tehdään ennen Scara-robottikäsivarren asentamista paikoilleen sekä tehdään käyttöönottotesti.

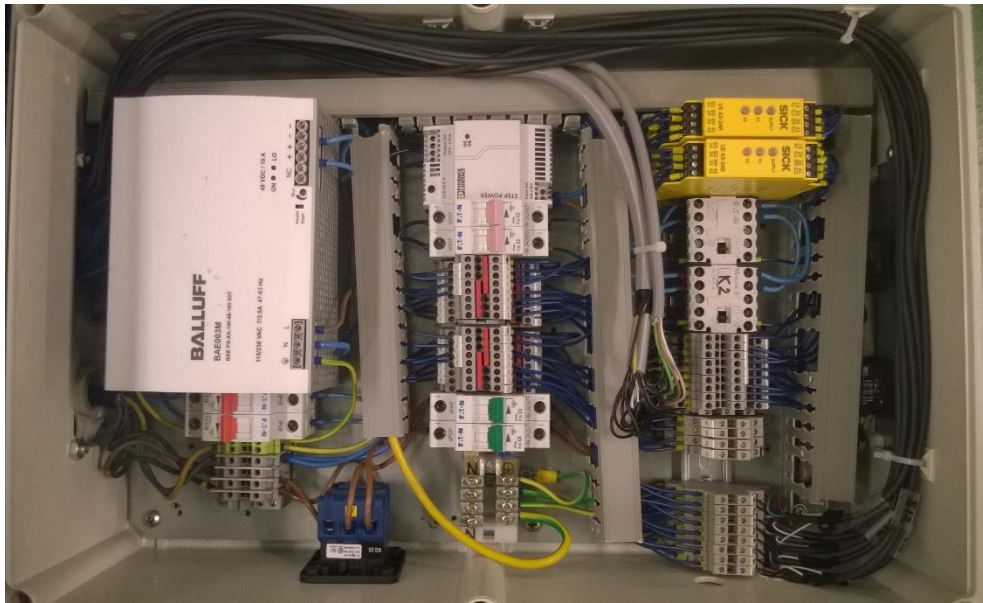


KUVIO 11. Kokoaminen

3 SÄHKÖSUUNNITTELU

3.1 Sähkökeskus

Runkoon asennettavan sähkökeskuksen (KUVIO 12.) pääasiallinen tehtävä on muuntaa verkkojännite Scara-robotin moottoreille soveltuvaksi käyttöjännitteeksi sekä niiden ohjaamiseen. Lisäksi sähkökeskuksen kautta käytetään turvapiiriä, jolla saadaan tarvittaessa katkaistua moottoreiden käyttämä 48VDC jännite.



KUVIO 12. Sähkökeskus

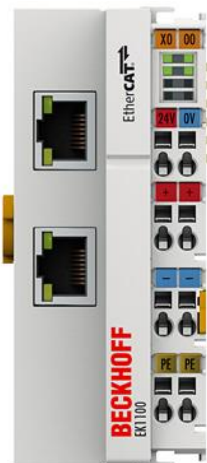
Sähkökeskuksen jännitteensyötössä (LIITE 1) käytetään kahta muuntajaa: ensimmäinen 24 VDC:n ohjausjännitteen ja toinen 48VDC:n käyttöjännitteen aikaansaamiseksi moottoreille. Turva-piirissä (LIITE 2) käytetään kahta Sickin UE43-3AR-turvarelettä, jotka ohjaavat kahta kontaktoria. Niiden kautta ohjataan 48VDC:n jännite moottorinohjainkortteille (LIITE 4). Turvapiiriin kuuluu lisäksi kolmas kontaktori, joka ohjaa turvareleille tulevaa ohjausjännitettä, jotta järjestelmä olisi mahdollista ohjelmoida moottoreiden ollessa jännitteettömiä. 24 VDC:n ohjausjännite tuottaa jännitettä turvareleille, Scara-robotissa oleville antureille, moottorinohjainkorttien ohjaukseen sekä muille scaran rinnalla toimiville käyttölaitteille; keskuksen tuulettimelle ja moottorin jarrulle (LIITTEET 3, 5, 6).

3.2 Moottoriohjainkortit

Beckhoff Oy:n tuottamilla moottoriohjainkortteilla oli tarkoitus toimia moottoreita ohjaavina elementteinä, ja joiden kautta myös ohjataan moottoreiden tarvitsema käyttöjännite sähkökeskukselta.

3.2.1 Toiminta

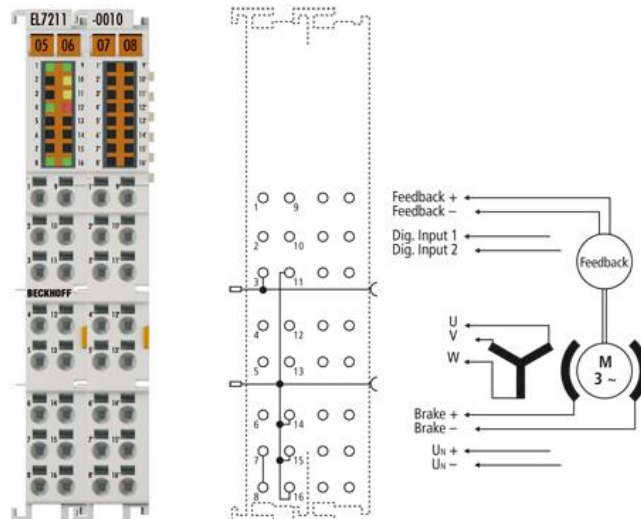
Moottoreiden ohjausjärjestelmässä tullaan käyttämään Beckhoffin EK1100- (KUVIO 13), EL7211-0010- (KUVIO 14), EL9576- (KUVIO 15), EL1008- sekä EL2008-terminaaleja (KUVIO 16) (kortteja). Ne voidaan kytkeä toisiinsa sarjaan DIN-kiskoon kiinni kosketinkokoonpanon avulla.



KUVIO 13. EK1100 (Beckhoff.b)

EK1100-liitin yhdistää EtherCAT-ohjelman EtherCAT-terminaaleihin (ELxxxx). Yksi asema koostuu EK1100-liittimetä, määrittelemättömästä määrästä EtherCAT-terminaaleista ja linja päästä. Yhdistin muuntaa Ethernet 100BASE-TX:lta kulkevia sähköitä E-bus-signaalimääreiksi. Liitin on kytketty verkkoon ylemmän Ethernet-liitännän kautta. Alemmalla RJ45-liitimellä voidaan kytkeä muita EtherCAT-laitteita samaan lohkokon. EtherCAT verkossa EK1100-liitin voidaan asentaa

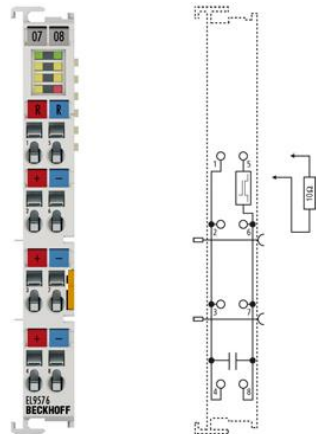
mihin tahansa Ethernet-signaalin siirto-osaan (100BASE-TX) - paitsi suoraan kytkimeen. BK9000-yhdistin (K-bus osalle) suositellaan asennettavaksi kytkimeen. (Beckhoff 2016.)



KUVIO 14. EL7211-0010 (Beckhoff 2016)

Yhdelle kaapelille integroitu EL7211-0010-terminaali servomootorille tarjoaa korkeaa suorituskykyä servolle erittäin kompaktilla muotoilulla AM8100:lta 4,5 A_{RMS}:n moottoreille. Yksi kaapeli yhdistää moottorikaapelin ja absoluuttisen signaalin takaisinkytkennän. AM81xx-moottoreiden sähköistä integroitua tyyppikilpeä voidaan lukea automaattisesti servopäätteeltä moottorin parametrien määrittämiseksi. Niinpä johdotuksien ja käyttöönoton menot minimoituvat. Field-suuntautuneeseen ja PI-säätöön perustuva nopea ohjaustekniikka tukee nopeita ja dynaamisia paikoitusprosesseja. Lukuisten parametrien seuranta, kuten yli- ja alijännitteen, ylivirran, terminaalin lämpötilan tai moottorin kuormituksen I²t-laskennan kautta, tarjoaa suuren toimintavarmuuden. EtherCAT, kuten korkean suorituskyvyn järjestelmäviestintä, ja CAN-over-EtherCAT (EN), kuten sovellustasolla, mahdollistavat ihanteelliset valmiudet PC-pohjaiseen ohjaustekniikkaan. Uusim-

mat tehpuolijohteet takaavat vähäistä tehohäviötä ja mahdollistavat takaisinkytkennän välipiiriin jarrutuksessa. 16 LED-valoa ilmaisevat tilan, varoitus- ja virheilmoitukset sekä mahdollisista aktiivisista rajoituksista. (Beckhoff 2016.)

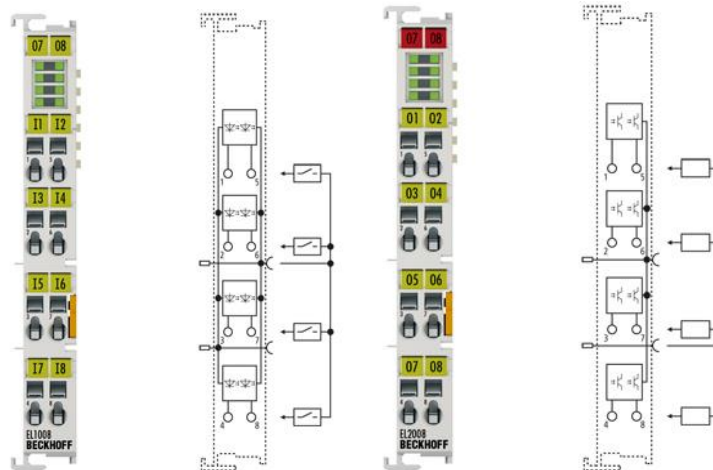


KUVIO 15. EL9576 (Beckhoff.f)

EL9576 EtherCAT-terminaali sisältää korkean suorituskyvyn kondensaattoreita käyttöjännitteen vakauttamiseksi. EL9576:ta voidaan käyttää EL70x1-askelmoottorien päätelaitteiden, EL73x2-tasavirtamoottorien terminaalien ja EL72x1-servomoottorien terminaalien kanssa. Alhainen sisäinen vastus ja korkeapulssisen virran vastustuskyky mahdollistavat hyvän puskuroinnin virtalähteen rinnalla. Paluuvirrat voidaan varastoida, erityisesti moottorikäyttösovelluksien yhteydessä, mikä ehkäisee ylijännitettä. Jos energian regenerointi ylittää kondensaattorien kapasiteetin, energia voidaan ohjata ulkoiseen kuristinvastukseen. Vastaava kynnyks voidaan parametroida suoraan TwinCAT System Manageriin. (Beckhoff 2016.)

Prosessin tuloja ja lähtöjä voidaan hallinnoida EL1008:lla ja EL2008:lla. Kummassakin terminaalissa on kahdeksan liitäntää tuloille ja lähdöille. Prosessin tuloja ovat koti- ja ääriraja-anturit sekä turvapiiriltä tuleva vahvistussignaali, joka ilmaisee työalueen olevan suljettu. Prosessissa on vain kaksi lähtöä: keskuksen tuuletin

ja Z-akselin moottorinjarru. Terminaalien kokoonpanoon lisätään vielä ylimääräiset I/O-kortit varalle.



KUVIO 16. EL1008 tulo- ja EL2008-lähtökortit (Beckhoff.c,d)

EL1008 digitaalinen tuloliittimien terminaali vastaanottaa binääriohjaussignaalit prosessitasolta ja lähettää ne sähköisesti eristetyssä muodossa ylemmän tason automaatioyksikköön. EL100x-sarjan digitaalisten tuloliittimien päässä on 3 ms tulosuodatin. Terminaali ilmaisee signaalien tilan ledien kautta. (Beckhoff.c)

EL2008 digitaalinen lähtöliittimien terminaali yhdistää binääriohjauksessa signaalit automaatioyksikön toimilaitteisiin prosessitasolla. Terminaali ilmaisee signaalien tilan ledien kautta. (Beckhoff.d)

3.2.2 Liittäminen

Moottorihjain- ja muut EtherCAT-kortit sijoitetaan scara-robotin läheisyyteen iskuja, roiskeita ja pölyä estävään kotelon sisälle. DIN-kisko on suunnitteluvaiheessa sijoitettu asennuslevylle niin, että kortit ovat levyn keskellä ja liitäntäkohdat korteissa ovat sitä sivua kohti, josta johdot vedetään kotelon sisään. EtherCAT-kortit sijoitetaan DIN-kiskon vasempaan reunaan niin, että koteloon tulevien

releiden ja riviliittimien paikka on oikeassa reunassa sähkökeskuksen puoleiselta sivulta katsottuna.

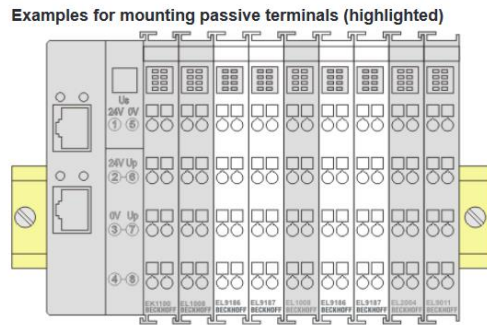


Fig. 26: Correct configuration

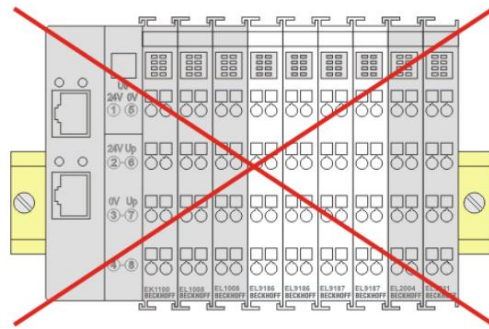


Fig. 27: Incorrect configuration

KUVIO 17. Esimerkki terminaalien liittämisestä (Beckhoff.a)

Asennus alkaa EK1100-päätteestä, joka sijoitetaan vasempaan reunaan, jolloin muut kortit tulevat siitä katsottuna oikealle päin. Moottorinohjainkorttien liittämisessä tärkein kriteeri on, että EL7211-0010-terminaaleja ei liitetä vierekkäin, vaan niiden väliin on liitettävä vähintään yksi muu moduuli (KUVIO 17).

Kortit on asetettu EK1100-päätteeseen seuraavasti: ensimmäinen EL7211-0010, EL1008, toinen EL7211-0010, EL9576, kolmas EL7211-0010, EL2008, neljäs EL7211-0010.

3.3 TWINCAT

Moottorinohjainkorttien ja muiden lähtö-piirien ohjauksen käyttöjärjestelmänä käytetään Beckhoffin TwinCAT-ohjelmaa. Se on PC-ohjaustekniikkaa, jolla voi hallinnoida toimintoja suoraan tietokoneelta.

Beckhoffin TwinCAT-ohjelmistolla saa muutettua melkein minkä tahansa tietokoneen reaaliaikaiseksi ohjaimeksi usean PLC-järjestelmän, NC-akselin ohjauksen, ohjelmointiympäristön ja operatiiviselle asemalle. TwinCAT korvaa tavanomaiset PLC- ja NC/CNC-ohjaimet sekä seuraavat käyttölaitteet:

- avoin, yhteensopivan tietokoneen laitteisto
- sulautetut IEC 61131-3 PLC-ohjelmistot, NC-ohjelmistot ja CNC-ohjelmistojen Windows NT / 2000 / XP / Vista, Windows 7, NT / XP Embedded, CE
- ohjelmointi ja ajonaikaiset mahdollisesti tietokoneesta yhdessä tai erotetut järjestelmät
- yhteys kaikkiin yleisimpiin kenttäväyliä
- PC:llä tuetut liittymät
- tiedonsiirrot käyttöliittymiä ja muita ohjelmia varten avoimilla Microsoft-standardeilla muun muassa OPC, OCX, DLL.

(Beckhoff.a)

TwinCAT koostuu ajonaikaisista järjestelmistä, jotka suorittavat reaaliajassa ohjelmien valvontaa sekä kehityspohjia ohjelmointiin, diagnostiikkaan ja kokoonpanoon. Kaikki Windows-ohjelmat, esimerkiksi visualisointiohjelmat tai Office-ohjelmat, voivat käyttää TwinCAT-ohjelmasta saatavaa tietoa tai suorittaa komentoja Microsoftin liittymällä. (Beckhoff.a)

TwinCAT tarjoaa tarkan aikakannan, jossa ohjelmat suoritetaan korkeilla deterministisillä ominaisuuksilla, muista prosessorin tehtävistä riippumattomana. Reaaliaikainen lataus tietokoneeseen on asetettu TwinCATiin; määritellyt toimintatapojen käyttäytymiset saavutetaan tällä tavoin. TwinCAT ilmaisee järjestelmän lataukset käynnissä oleville ohjelmille. Latauksen kynnyсарvo voidaan asettaa, jotta määritelty laskentakapasiteetti varmistettaisiin sellaisille käyttöjärjestelmille kuin

Windows NT / 2000 / XP / Vista tai Windows 7:lle. Järjestelmä generoidaan, jos tämä kynnys ylitetään. (Beckhoff.a)

4 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli modernisoida Scara-robottia uudella moottorinohjaustermiinalien ja niihin yhteensopivien moottorien avulla, ja jos aika olisi riittänyt, niin ohjausjärjestelmää olisi voinut kokeilla ja samalla kokeilla moottoreiden toimivuus. Työhön kuului myös tehdä Scara-robotille alusta ja työympäristö, jotta moottorinohjainkorttien käyttö Scara-robottikäsivarressa olisi sujuvaa.

Työ oli kaikin puolin haastavaa ja sisälsi suurimmalta osin suunnittelua ja rakentamista. Tehtäväksi saatu opinnäytetyö on alun perin tarkoitettu ryhmätyöksi sen koon vuoksi, mutta koska sille ei löytynyt tekijöitä projektitoissa, se muutettiin opinnäytetyöksi. Sen laajuus tuli selemmäksi sitä mukaan, kun sitä teki. Arvioidessani syksyllä 2015 työn aikataulua arvioin suunnittelutyön vievän koko syyslukukauden, jonka jälkeen mekaniikkapuoli veisi joulukuusta maaliskuun alkuun ja sähköpuoli veisi loput ajasta ja olisi valmis ennen arvioidua valmistumispäivää toukokuussa. Suunnittelutyö saatiin suoritettua joulukuussa ja koko rakennelman kokonaisuus saatiin hahmotettua. Silloin päästiin myös aloittamaan mekaanista rakentamista. Mekaaninen rakentaminen aloitettiin Scara-robotin jalasta, jonka jälkeen tehtiin runko, turvakehikko, ovet ja työtaso. Scara-robotin jalan työstäminen vaati eniten tarkkuutta ja suunnitelmia piti muuttaa useasti koteloa tehtäessä, mutta sen tekemisessä pysyttiin aikataulussa ja se saatiin tehtyä tammikuun aikana. Rungon ja kehikon tekeminen vei eniten aikaa, niin että ne saatiin valmiiksi toukokuun alussa, kuten myös työtaso ja ovet.

Sähkösuunnittelua aloitettiin jo runkoa tehtäessä. Minulla ei ole aiempaa käytännön kokemusta sähkösuunnittelusta edes projektitunneilta, koska olin yleensä mekaniikkasuunnittelijana. Aloitin sähkösuunnitelmien tekemisen kertamalla sähkösuunnittelu- ja sähkösuunnittelun jatkokurssien materiaaleja. Lisäksi sain ohjeita suunnitelmia tarkastaneilta sähkö-alan opettajilta. Sain tehtyä kaikki sähkösuunnitelmat ja aloitettua sähkökeskuksen kokoamisen ennen kuin Lahden ammattikorkeakoulun kevätlukukausi päättyi, jolloin työskentely koululla jatkui vasta syyslukukauden alettua. Kesän aikana keskityin

opinnäytetyön kirjoittamiseen. Lisäksi sain suoritettua työharjoittelujakson heinä-syyskuun aikana, jolloin keskityin eniten siihen. Syksyllä jatkoin sähkökeskuksen kokoamista ja sen tarkastaminen vei kauan, koska keskuksen

johdotuksien ja kytkentöjen tarkastajana toimi sähköpuolen opettaja Markus Halme ja hänellä oli kiireinen aikataulu. Sähköpuolen valmistuessa sain selville, että opinnäytetyöhön tarkoitettuja servomootoreita aiottiin käyttää muuhun projektiin, minkä takia opinnäytetyötä ei saatu tehtyä loppuun asti. Kaikki muu oli siis saatu valmiiksi moottoreita lukuun ottamatta.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää servomootoreiden PC-ohjauksen soveltuvuutta scara-robottiin. Ohjelmointia ei voinut käyttöönottaa ja testata laitteen kokonaisuuden keskeneräisyyden takia, mutta saatiin tehtyä järjestelmä, jossa servomootoreiden käyttö Scara-robotissa on mahdollista sekä mekaanisesti että sähkökytkentöjen osalta. Opinnäytetyötä tehdessä sai lisää kokemusta mekaniikkapuolen töistä. Sähköpuolen osalta siinä sai kokemusta suunnittelun ja asennuksen osalta. Kokonaisuutena tästä opinnäytetyöstä sai hyvin kokemusta automaattisuunnittelusta aina suunnitteluvaiheesta rakentamiseen. Aikataulun ja työvaiheiden suunnittelussa sekä niiden välillä siirtyminen seuraavaan vaiheeseen oli vielä parannettavaa. Työvaiheiden dokumentointi opinnäytetyötä varten oli myös uutta ja sen tekeminen vei oman aikansa.

LÄHTEET

Allen-Bradley 2016. Sensors-Switches/Safety-Interlock-Switches/Trojan-5-and-6-Tongue-Interlock-Switches [viitattu 26.5.2016]. Saatavissa: <http://www.rockwellautomation.com>

Beckhoff 2016a. Automation/TwinCAT 2 [viitattu 26.9.2016]. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com>

Beckhoff 2016b. EtherCAT Terminals/EK1100 [viitattu 14.9.2016]. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com>

Beckhoff 2016c. EtherCAT Terminals/Digital input EL1xxx, ES1xxx/ EL1008 [viitattu 18.9.2016]. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com>

Beckhoff 2016d. EtherCAT Terminals/Digital output EL2xxx, ES2xxx, EM2xxx/EL2008 [viitattu 18.9.2016]. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com>

Beckhoff 2016e. EtherCAT Terminals/Motion EL/ES/EM7xxx/ EL7211-0010 [viitattu 14.9.2016]. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com>

Beckhoff 2016f. EtherCAT Terminals/ System terminals EL9xxx, ES9xxx/EL9576 [viitattu 15.9.2016]. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com>

Beckhoff 2016d. Motion/Motor Series/Synchronous Servomotors/ AM81xx [viitattu 20.6.2016]. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com>

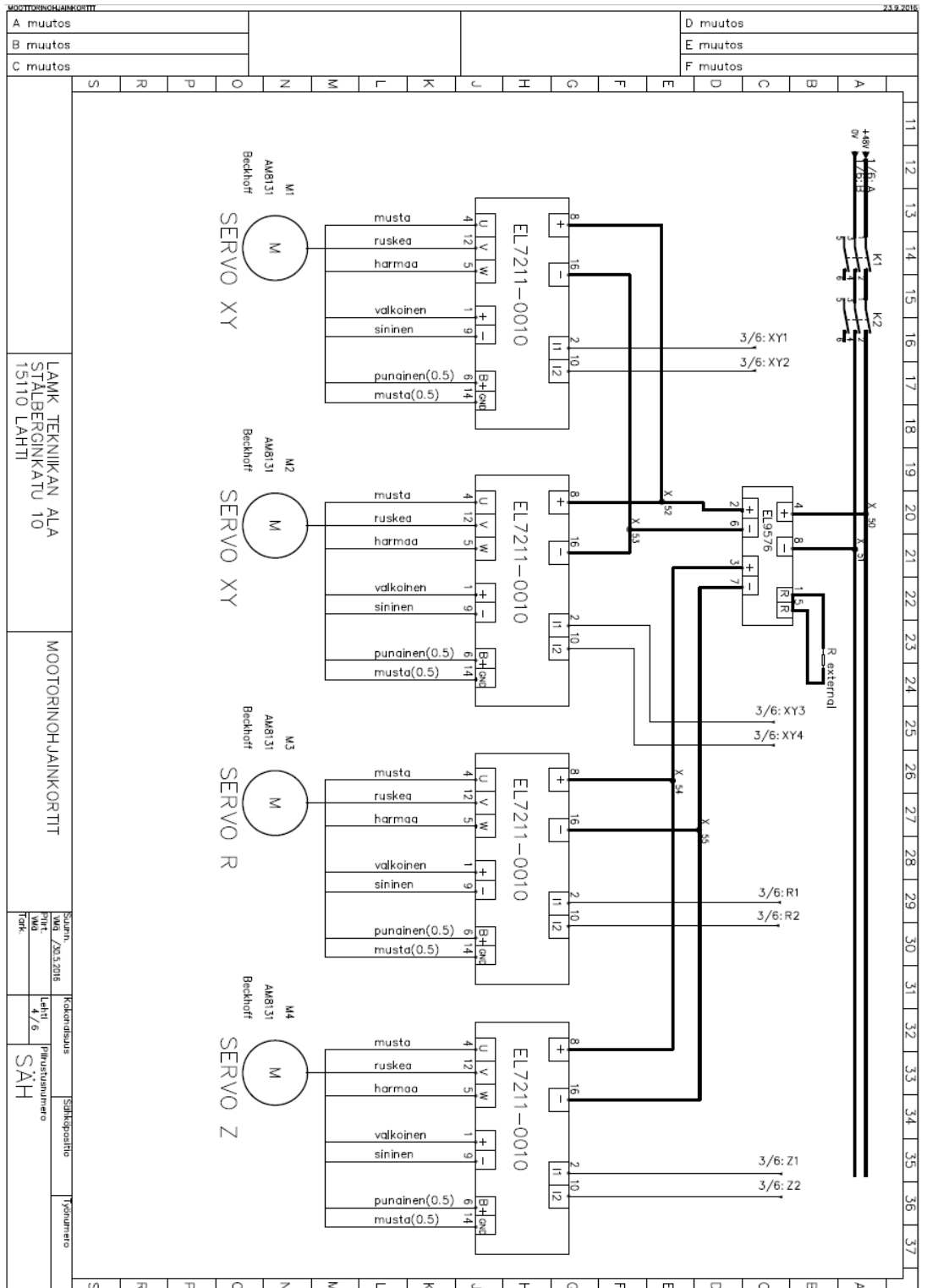
Bosch Rexroth 2016. Trends and Technology; Robotics [viitattu 3.1.2016]. Saatavissa: <http://www.boschrexroth.com>

Dynarep 2016. Alfa Products/Filterfans/ALFAA5 24m³/h [viitattu 15.1.2016]. Saatavissa <http://www.schaltschrankklimatisierung.com>

Wikipedia 2016a. Scara [viitattu 25.10.2016]. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/SCARA>

Wikipedia 2016b. Servo [viitattu 25.10.2016]. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Servo>

LIITE 4. Sähkösuunnitelmat; Moottorinohjaintortit



LAMK TEKNIIKAN ALA
STÄLBERGINKKATU 10
15110 LAHTI

MOOTTORINOHJAINKORTIT

Säännö.
Määr. / 2015/2016
Päivä
Tark.

Kokouksuus
Lähti
4 / 6

Sähkösähkö
Puheluinumero
SAH

Yhteyshenkilö

LIITE 5. Sähkösuunnitelmat; Digital input

