

MANIPULAATTORIN SUUNNITTELU

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Mekatronikka
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Matias Pusa

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

PUSA, MATIAS:

Manipulaattorin suunnittelu

Mekatroniikan opinnäytetyö, 32 sivua

Kevät 2012

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käsitellään manipulaattorin mekaanisen rakenteen suunnittelua, käytännön toteutusta ja sähkö- ja automaatioesisuunnittelua. Opinnäytetyön aikana suunniteltiin Pablo Canterían esisuunnittelun pohjalta Lahden Ammattikorkeakoulun robottilaboratorioon manipulaattorin mekaaninen rakenne ja rakennettiin se. Työn tilaajana ja ohjaajana oli Teijo Lahtinen Lahden ammattikorkeakoulusta.

Työssä perehdytään alkuperäiseen suunnitelmaan tehtyihin muutoksiin ja mekaanisen rakenteen käytännön toteutukseen. Sähkö- ja automaatioesisuunnittelussa esitellään yksi ratkaisumalli työkiertoineen sähkö- ja automaatioesisuunnittelun tueksi, käydään läpi komponentteja ja niiden toimintaa sekä STEP7-logiikkaohjelmoinnin perusteita.

Opinnäytetyön lopputuloksena on robottilaboratorioon rakennettu manipulaattorin mekaniikka, Solidworks 3d-malli koneesta ja alustava suunnitelma sähköjen ja automaation toteuttamiseksi.

Avainsanat: manipulaattori, robottisolu, mekaniikkasuunnittelu

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

PUSA, MATIAS:

Engineering design of manipulator

Bachelor's Thesis in Mechatronics, 32 pages

Spring 2012

ABSTRACT

This thesis deals with the engineering design and building of the mechanical structure of a manipulator, and electrical and automation pre-engineering. The mechanical structure of the manipulator was re-engineered and built in the robotics laboratory of Lahti University of Applied Sciences. Pre-engineering was based on preliminary engineering by Pablo Cantería. Teijo Lahtinen ordered the work for Lahti University of Applied Sciences.

The thesis describes the changes made to the original mechanical plans and the building of the mechanical structure. Electrical and automation pre-engineering demonstrates one solution along with the work cycle, to support actual planning. Some information about electrical components and basics of the STEP7 logics programming are also covered in the theory part.

The result of the thesis is the mechanics of the manipulator built in the robotics laboratory, a SolidWorks 3D model of the machine and the draft plan for electricity and automation implementation.

Key words: manipulator, robotic cell, mechanical engineering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Työn tavoitteet ja rajaus	1
1.2	Työn taustaa ja laboratorioympäristö	1
2	MANIPULAATTORIN MEKANIKKASUUNNITTELU	3
2.1	Yleistä manipulaattoreista	3
2.2	Mekaniikkasuunnittelun lähtökohdat	3
2.3	Rakenteen lujuuslaskenta	6
2.4	Mekaniikkaan tehdyt muutokset	7
2.4.1	Moottoreiden kiinnitys	8
2.4.2	Voimansiirto	8
3	MANIPULAATTORIN RAKENTAMINEN	11
4	SÄHKÖJEN ESISUUNNITTELU	14
4.1	Alustavan sähkösuunnitelman tekeminen	14
4.2	Komponenttivalinnat	15
4.2.1	Taajuusmuuttaja ja sen parametointi	15
4.2.2	Inkrementtianturi	19
5	AUTOMAATIOESISUUNNITTELU	21
5.1	Ohjelmoitava logiikka	21
5.1.1	Tulot ja lähdöt	21
5.1.2	Siemens S7-300	22
5.2	Profibus DP-kenttäväylä	22
5.3	Logiikkaohjelma	23
5.3.1	STEP7-logiikkaohjelmointi	24
5.3.2	STEP7 tietotyypit	29
6	YHTEENVETO	31
6.1	Tavoitteiden täytyminen	31
6.2	Kehitysehdotukset	32

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoitteet ja rajaus

Tässä opinnäytetyössä käsitellään manipulaattorin mekaanista suunnittelua ja sähkö- ja automaatioesisuunnittelua. Laitteen mekaanisen rakenteen on esisuunnitellut Lahden ammattikorkeakoulussa ERASMUS-vaihdossa ollut Pablo Cantería. Opinnäytetyöhön ei kuulu tarttujan suunnittelu laitteeseen.

Laitteeseen tulee kolme paikoitettavaa akselia, joita ajetaan taajuusmuuttajakäyttöillä. Manipulaattorin integroimiseksi robottilaboratorion vanhan laitteiston ohjaukseen pitää laitteesta löytyä Profibus DP -väylä. Profibus DP:n kautta laitteen ohjaus muutetaan myöhemmin teollisuus-PC:hen asennetun InTouch-valvomo-ohjelmiston alle.

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja rakentaa manipulaattorin mekaaninen rakenne valmiiksi, tehdä laitteesta 3d-malli Solidworks-suunnitteluohjelmistolla ja tuottaa alustava dokumentointi sähkö- ja automaatioesisuunnittelun tueksi.

1.2 Työn taustaa ja laboratorioympäristö

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Lahden ammattikorkeakoulu. Tekniikan laitoksen robottilaboratorioon rakennetaan oppilastyönä varastomanipulaattori. Manipulaattorin avulla robottilaboratorion työkiertoa pystytään monipuolistamaan varastoimalla esiasetetuille varastopaikoille työkierrossa kulkevat pahvilaatikat.

Lahden ammattikorkeakoulun robottilaboratoriossa on kolme kuusivapausasteista ABB:n valmistamaa nivelvarsirobottia. Järjestelmän keskeisin osa on vuonna 2008 hankittu alipainetarttujalla varustettu ABB IRB 6620 -nivelvarsirobotti, jonka kuormankäsittelykyky on 150 kg ja ulottuma 2,2 m. Robotin ohjelmat tehdään RAPID-ohjelmointikielellä ja ohjauksena toimii IRC5. IRB 6620:n ympärille on rakennettu kuuden rullakuljettimen ja yhden kääntöpöydän kuljetinjärjestelmä. Kaksi järjestelmän kuljettimista on mitoitettu euro-kokoisten kuormalavojen siir-

tämiseen. (Pitkälä 2010.)

Lavakuljettimen päässä on laboratorion vanhin (asennettu 1992) robotti malliltaan ABB IRB 2000. Siihen on rakennettu seitsemäs akseli asentamalla se lineaarijoh-teiden päälle. IRB 2000:n kuormankäsittelykyky on 10 kg. Siihen on asennettavis-sa ulkoinen 6 m:n akseli, jolla saadaan lisättyä ulottuvuutta. Tarttujana IRB 2000:ssa käytetään alipainetarttujaa tai jyrsinpäättä. IRB 2000 eroaa muista labora-torion roboteista ARLA-ohjelmistokielenä vuoksi. (Pitkälä 2010.)

IRB 6620:n toisella puolella on keskikokoinen vuosimallin 1999 ABB IRB 4400. Sen kuormankäsittelykyky on 60 kg ja ohjelmointikielenä käytetään RAPID-kieltä. Ohjaimena IRB 4400:ssa on S4C. Tarttujina IRB 4400:ssa käytetään ali-painetarttujaa, suurnopeuskarajyrsintä, paineilmamoottorilla varustettua hioma-konetta ja erilaisia sovelluskohtaisia tarttuvia.

Koko robottilaboratorion järjestelmää ohjataan InTouch-valvomo-ohjelmistolla. Robottisolujen ohjausjärjestelmä pohjautuu Siemens S7-300 -sarjan modulaari-seen logiikkaan ja hajautusyksiköihin. Tiedonsiirrossa käytetään tehdastasolla Ethernetiä, ohjausväylänä Profibusia ja anturitasolla AS-i-väylää. Robottilaborato-rion tuotannonhallinta perustuu Siemensin UHF-taajuusalueen RFID-järjestelmään. IRB 4400:n yhteydessä toimii Omronin F150-konenäköanturi.

2 MANIPULAATTORIN MEKANIKKASUUNNITTELU

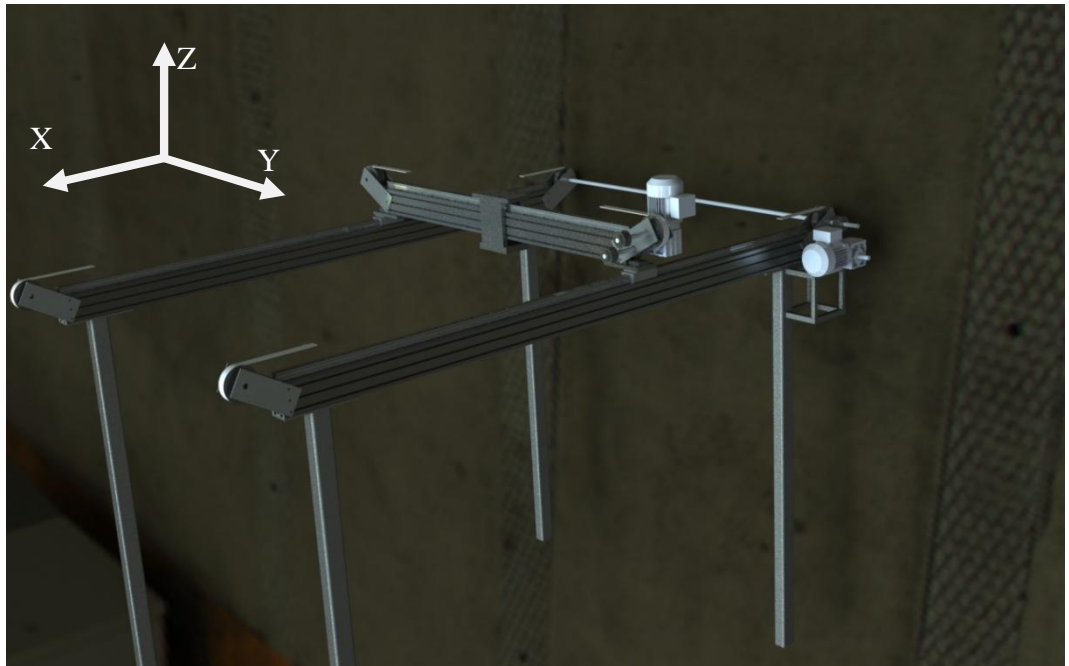
2.1 Yleistä manipulaattoreista

Manipulaattori eli portaalirobotti on kolmiakselinen paikoittava automaattinen laite, jota käytetään teollisuudessa kappaleiden siirtoon ja varastointiin. Manipulaattorin työalue on suorakulmainen. Laitteen tarttuvat liikkuvat kolmiulotteisessa koordinaatistossa laitteen alle muodostuvassa avoimessa tilassa. (Aaltonen & Torvinen 1997, 238.)

Manipulaattori on yleensä tuettu kummastakin reunastaan ja reunojen välillä kulkee vaakatasossa palkki, johon on asennettu tarttujan pystysuuntainen akseli. Rakenteensa ansiosta manipulaattorit pystyvät käsittelemään suuria massoja. Myös niiden paikoitus- ja toistotarkkuus on työalueen koko huomioiden hyvä. Isoillakin manipulaattoreilla tarkkuus on parhaimmillaan ± 1 mm. (Aaltonen & Torvinen 1997, 238.)

2.2 Mekaniikkasuunnittelun lähtökohdat

Laitteen suunnittelu lähti liikkeelle ERASMUS-vaihdossa olleen Pablo Canterían työstä, jonka tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa Lahden ammattikorkeakoulun robottilaboratorioon laite, joka poimii pahvilaatikoita kuljettimelta ja asettaa ne kuormalavalle. Laitteelle suunniteltu tila, idea kierrätysmateriaalin mahdollisimman suuresta osuudesta rakenteissa ja käytännön toteutuksen vaatima tieto ja taito eivät mahdollistaneet nivelvarsirobotin tekemistä, joten manipulaattorin tekeminen muodostui ainoaksi mahdollisuudeksi. Manipulaattorin alkuperäisestä suunnitelmasta muutettiin opinnäytetyön aikana kaikki rungon perusrakennetta ja y-akselin suuntaisia tukia lukuun ottamatta.



KUVIO 1. Manipulaattorin alkuperäinen 3D-kokoonpano

Kuviossa 1 on esitettyä manipulaattorin kokoonpano ennen siihen tehtyjä muutoksia. Manipulaattorin rungon päärakenteena toimii neljä kulmissa pystyssä olevaa teräsputkipalkkia, jotka on pultattu robottilaboratorion lattiaan teräsputkipalkkeihin hitsatuista teräslevyistä. Teräsputkipalkkien päälle on kiinnitetty vaakatasoon kaksi alumiiniprofiilia. Alumiiniprofiileihin on kiinnitetty liukujohteet x-suuntaan. Liukujohteissa kulkeviin kelkkoihin on kiinnitetty toinen alumiiniprofiili y-suuntaisesti. Y-suuntaiseen alumiiniprofiilin kelkkaan on kiinnitetty teline valmistusta z-akselia varten.

Pursottamalla valmistetut alumiiniprofiilit ovat sekä materiaaliominaisuuksiensa vuoksi että rakenteensa ansiosta sitkeitä, mutta myös keveitä rakennusmateriaalina. Alumiiniprofiilijärjestelmät on suunniteltu käytettäväksi koneiden ja laitteiden runkomateriaaleina. Niiden etuja ovat helppo kiinnitettävyyden profiilien jokaisessa sivussa olevien urien ja sisäpuolella olevien reikien ansiosta ja helppo muokattavuus. Myös alumiiniprofiilien uudelleenkäyttö on helppoa, koska niissä käytetään vain ruuvikiinnityksiä. (MiniTec 2012.)

Johteina manipulaattorissa käytetään THK HSR -linearijohteita ja niihin sopivia kelkkoja. HSR-linearijohteissa kelkan kosketus lineaarikiskoon tapahtuu neljän kuularuuvien välityksellä. Kuularivit kiertävät kehää kelkan sisällä kuulapitimien ja päätyjen ohjaamana. Kiskon muodon ansiosta kuularivit osuvat johteeseen 45 asteen kulmassa, minkä ansiosta johteen voisi asentaa miten päin tahansa. Manipulaattorin tapauksessa johteet ovat asennettuina alumiiniprofiilien yläpintaan. HSR johteet ovat erittäin jäykkiä ja kestäviä. Kelkkoja voi myös kuormittaa kaikista neljästä suunnasta. (SKS Group 2010b.)

Rungossa käytettävät alumiiniprofiilit ovat toisesta projektista kierrätettyjä. Teräsputkipalkit tilattiin manipulaattoria varten.

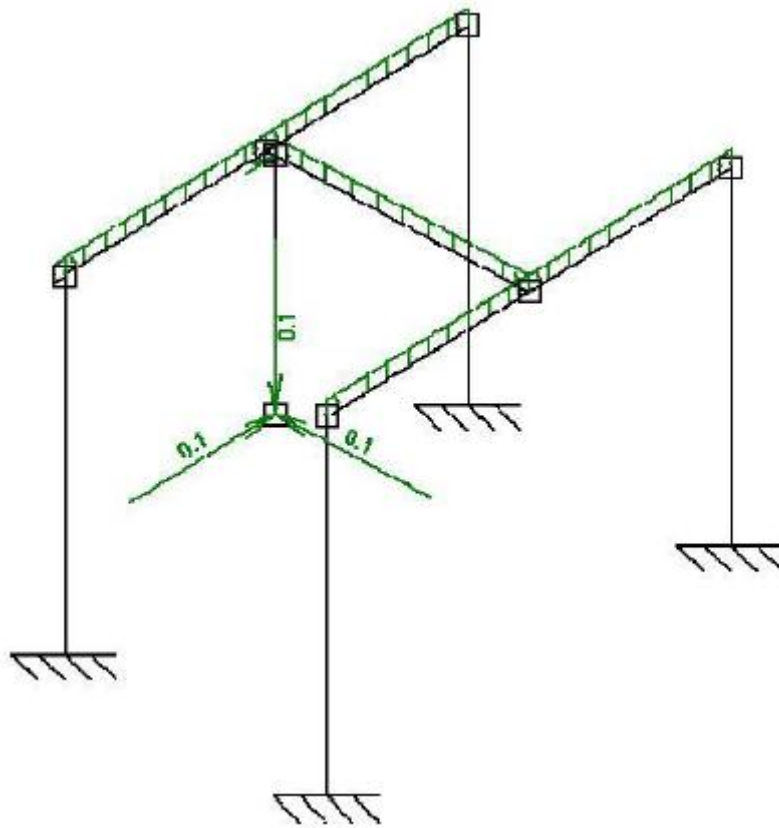
Manipulaattorin rungon kasausvaiheessa huomattiin, ettei rakenne ole tarpeeksi tukeva. Rakennetta päätettiin vahvistaa vaakasuuntaisilla teräsputkilla y-akselin suuntaisesti, jolloin robottilaboratorion lattiaan ei kohdistu liian suuria voimia ja lattia kestää akseleiden pysähtymisistä aiheutuvat voimat. Pelkät vaakasuuntaiset putket eivät kuitenkaan riitä rakenteen vahvistamiseen ja tuet päätettiin toteuttaa Olli Kaikkosen ehdotuksesta vaaka-vino-tukina. Kuviossa 2 on vaaka-vino-tuen 3d kokoonpano. Koska manipulaattorin rakenteen mittatarkkuus ei ole kovinkaan tarkka, tuki on säädettävissä toisesta reunastaan. Tällä ratkaisulla myös varmistetaan se, ettei tukien vuoksi manipulaattorin runkoon tule ylimääräisiä jännityksiä. Tuen asennus vakautti manipulaattorin runkoa huomattavasti.



KUVIO 2. Y-akselin suuntaisen poikittaistuen 3D-malli

2.3 Rakenteen lujuuslaskenta

Manipulaattorin rakenteen lujuuslaskennat on suoritettu CYPE-nimisellä ohjelmistolla 3d-mallin ja AutoCAD-kuvien perusteella. Laskennan suoritti toinen ERASMUS-opiskelija Vicent Cardona. Lujuuslaskennan tavoitteena oli varmistaa laitteen rakenteiden kestävyys ja samalla opetella käyttämään ohjelmaa lujuuslaskennan tekemiseen. Kuviossa 3 on esitettynä rungon geometria CYPEssä.



KUVIO 3. CYPEen syötetty rungon geometria

Rungon eri komponenttien lujuudet selvitettiin mallintamalla 3d-mallit Solidworksilla, jonka jälkeen Solidworksin laskemat arvot syötettiin CYPEen. Manipulaattorin tapauksessa suuri osa kuormasta liikkuu käytön aikana, joten lujuuslaskentoja tehtiin kuusi kappaletta ja näiden tuloksia verrattiin manipulaattorissa käytettävän alumiiniprofiilin ja teräsputkipalkin kestävyysiin. Lujuuslaskennalla varmistettiin lähinnä rungon kestävyys.

2.4 Mekaniikkaan tehdyt muutokset

Opinnäytetyön näkyvin osa käytännön toteutuksen lisäksi on alkuperäiseen suunnitelmaan tehdyt muutokset. Muutosten ansiosta manipulaattori on tukevampi ja tarkempi. Näillä muutoksilla pyrittiin siihen, että myöhemmin olisi mahdollista vaihtaa oikosulkumoottoreiden tilalle servomoottorit. Suurimmat muutokset kos-

kevat moottoreiden kiinnitystä, hammashihnapyörien laakerointia ja -kiinnitystä ja hammashihnojen paikkaa.

2.4.1 Moottoreiden kiinnitys

X- ja y-akseleilla on käytössä samanlaiset Sew Eurodrive WA20 DT71D4 -oikosulkumoottorit. Moottorit ovat teholtaan 0,37 kW ja varustettuja alennusvaihteella. Moottorit ovat kierrätettyjä toisesta projektista ja löytyivät koululta valmiina.

X-akselin moottorille suunnittelin ja valmistin yksinkertaisen petin 5 mm paksuisesta teräslevystä. Moottoripeti on kiinnitetty kahdella M10-pultilla manipulaattorin rungon teräsputkipalkkiin. Moottori on kiinni moottoripetissä neljällä M6-ruuvilla. Kaksi ruuveista on senkkaruuveja, koska ruuvit oli laitettava kannat kohti teräsputkipalkkia.

Y-akselin moottoripeti kiinnitettiin y-akselina toimivan alumiiniprofiilin päähän kiinni M8-senkkaruuveilla. Pursotetussa alumiiniprofiilissa on koko matkalla 6,5 mm:n reikä, johon tehtiin M8-kierre. Hammashihnan kiristystä varten moottori liukuu moottoripetiä pitkin. Moottorin liikuttamista varten on moottoripetissä M8-pultti, jonka kanta työntää moottoria petiä pitkin.

2.4.2 Voimansiirto

Moottoreilta tuleva voima välitetään hammashihnapyörien ja hammashihnojen avulla akseleille. Pablo Canterían suunnitelmissa hammashihna kulkee alumiiniprofiilin sisällä ja johteiden päällä, kuitenkin irti niistä. Koska päätin muuttaa moottorien petit, samalla muuttui myös hammashihnapyörien paikka. Muutoksen jälkeen hammashihnapyörien laakerit ovat sekä x- että y-akseleilla kiinnitetty pulteilla alumiiniprofiilien uriin. Alumiiniprofiileihin porasin reiät akseleita varten.

Uudessa rakenteessa on huomattavasti vähemmän liitoksia, jolloin se on tukevampi ja siinä on vähemmän paikkoja, jotka voivat pettää. Alkuperäisessä suunnitelmassa ei myöskään ollut alennusvaihdetta moottorikäytöissä. 19:40-alennusvaihte lisää manipulaattorin tarkkuutta ja mahdollistaa melko pienitehoisten moottorien käytön liikeakseleilla. Tällä konstruktiolla nopeus kuitenkin vähennee noin puoleen alkuperäisestä, mutta opetuslaboratorion olosuhteissa se ei ole niin kriittistä.

Hammashihnoina manipulaattorissa käytetään AT10-profiililla olevia 32 mm:n levyisiä polyuretaanihammashihnoja. AT10-profiilisen hammashihnan hammaskoko on 10 mm. X- ja y-akseleilla on käytössä yhteensä viisi polyuretaanihammashihnaa. Sekä AT10-profiili että 32 mm hammashihnan leveys ovat ylimitoitettuja 0,37 kW:n moottoriteholle, mutta ne ovat tarpeen, mikäli manipulaattorin moottorit päivitetään tulevaisuudessa servomoottoreihin. 32 mm leveän hihnan maksimi vetolujuus on 4880 N ja murtokuorma 16600 N. Polyuretaanihammashihnakäytöissä on etuina hyvä paikoitustarkkuus, hihnojen maksimipituudet ovat pitkiä ja käyttölämpötila-alue on laaja. (SKS Group 2010a.)

Hammashihnapyörinä polyuretaanihihnojen kanssa käytetään alumiinista valmistettuja esiporattuja AT10-hammashihnapyöriä. Hammashihnapyöriin oli esiporattu tehtaalla 16 mm:n akselinreikä, joka jouduttiin avartamaan sorvissa 28 millimetriseksi. Manipulaattorissa on käytössä moottoriakseleilla 19-hampaiset hammashihnapyörät ja muilla akseleilla 40-hampaiset. Hammashihnapyörät ovat kiinni 20 mm:n akseleissa HX-20-kiilakitkaholkeilla. Holkki kiristää 28 mm sisähalkaisijaltaan olevan hammashihnapyörän 20 mm akseliin.

X- ja y-akselien liikkeissä käytetään pitkiä noin kuuden metrin pituisia hammashihnoja. Hammashihnat ostettiin opinnäytetyötäni varten. Hammashihnat toimitettiin rullalla päistään avoimena, joten hihnoille piti suunnitella kiinnitys ja kiristys. Alkuperäinen suunnitelma meni tässäkin kohtaa uusiksi, koska hammashihnojen paikka muuttui ja alkuperäisessä suunnitelmassa ei ollut suunniteltu minkäänlaista hihnankiristystä pitkille hammashihnoille. Pitkissä hammashihnoissa hihnan kiristys on oltava sellainen, että sitä on helppo käyttää hihnan asennushetkellä. Kiinnityslevyt oli katkaistu ja porattu valmiiksi alkuperäisen suunnitel-

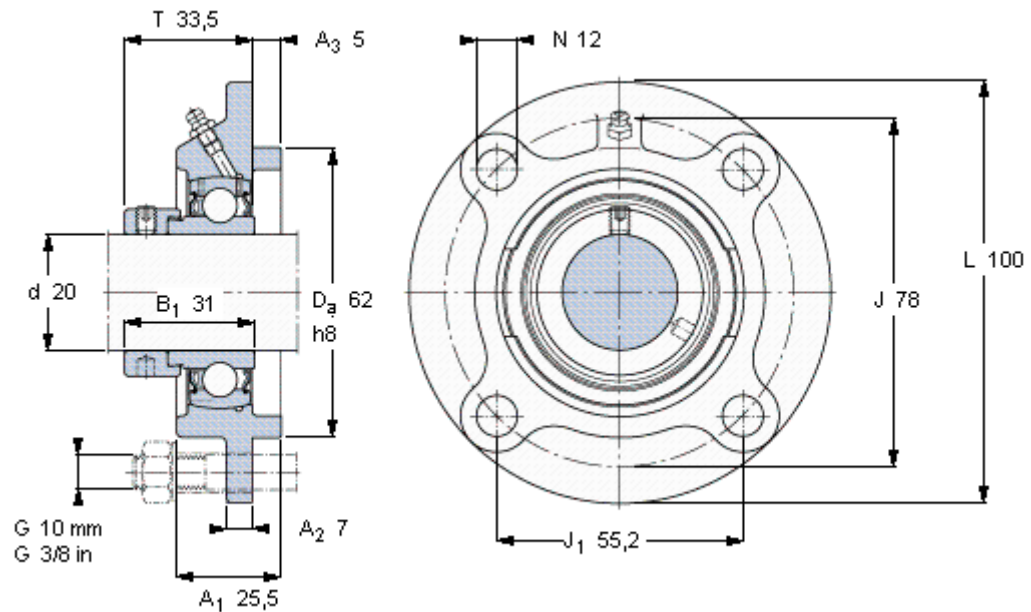
man mukaisesti, mutta pienillä muutoksilla ne kävivät uuteenkin kiinnitykseen. Uusi kiinnitys koostuu kolmesta alumiinilevystä, jotka on pultattu U-muotoon kiinni toisiinsa. Päätylevyihin koneistin reiät, joista hihnan päät menevät läpi kiinnityslevyille. Toisessa päätylevyissä on kaksi pulttia, joilla toista kiinnityslevyä saa liikutettua ja hihna kiristyy. Kiristysvaraa tällä konstruktiolla hihnalle tulee noin 35 mm.

3 MANIPULAATTORIN RAKENTAMINEN

Manipulaattorin rakentamisessa olin aluksi Pablo Canterían apuna ja Pablon lähdettyä takaisin Espanjaan otin päävastuun rakentamisesta. Hankalimpien ja raskaimpien työvaiheiden ja ideoinnin osalta sain apua robottilaboratorion laboratorioinsinööri Timo Lahtiselta. Robottilaboratorio sijaitsee Lahden ammattikorkeakoululla puulaboratorion yhteydessä, mikä vaikeutti hieman rakennusurakkaa. Puulaboratorion hienojakoinen pöly tekee myös robottilaboratoriosta räjähdysvaarallisen ATEX (atmosphères explosibles) -tilan, minkä vuoksi kaikki kipinöitä aiheuttava työstö on kiellettyä. Tilassa ei myöskään voi hitsata. Tämän vuoksi kaikki robottilaboratoriossa tehdyt liitokset oli toteutettava pulteilla ja muttereilla.

Pablon lähtiessä manipulaattorin runko oli pääosiltaan kasassa. Pystysuuntaisiin teräsputkipalkkeihin oli hitsattuna laput päihin ja ne oli propattu robottilaboratorion lattiaan kiinni. Teräsputkipalkkien päälle oli nostettu alumiiniprofiilit ja kiinnitetty ne palkkeihin. Alumiiniprofiilien päälle oli kiinnitettynä HSR lineaarijohteet ja kelkat olivat paikallaan johteissa. Kelkkojen päälle oli nostettuna lyhyempi Y-akselina toimiva alumiiniprofiili ja siihen kiinnitettynä sekä HSR lineaarijohteet että kelkat.

Rakennusosuuden aluksi piti alumiiniprofiileihin porata akseleita varten reiät. Helpoiten tämä olisi hoitunut konelaboratoriossa pylväsporakoneella, mutta päädyin poraamaan reiät alumiiniprofiilien ollessa paikallaan, koska alumiiniprofiilien purkaminen jo valmiista rakenteesta olisi ollut hankalaa ja vienyt sen tuomaan hyötyyn nähden liiaksi aikaa. Alumiiniprofiilien päädyissä oli sattumalta sopivassa kohdassa reiät, joten normaalilla rasiaporalla sai porattua reiät samoihin kohtiin jokaiseen profiilinpäähän kätevästi.



KUVIO 4. SKF FYC 20 FM -laakerin mittakuva

Alkuperäisestä rakenteesta poiketen alumiiniprofiilien kylkiin tuli kiinni laakeripukit akseleita varten. Sopivat laakeripukit löytyivät SKF:n valikoimasta. Tärkeimmät mitat laakereiden valinnassa olivat kiinnitysreikien etäisyys toisistaan ja laakerin sisähalkaisija. Laakereiden takapinnassa ollut olake koneistettiin pois, jolloin suurempi pinta-ala laakerista on alumiiniprofiilia vasten. Akselien halkaisijan määräsi valmiina koululta löytyneet akselikytkimet ja hammashihnapyörät. Laakerit on kiinnitetty alumiiniprofiilien kyljissä oleviin uriin, ja näiden urien etäisyyden perusteella valittiin SKF FYC 20 FM -laakerit.

Reikien poraamisen ja laakereiden kiinnittämisen jälkeen katkaisin 20 mm terästangosta X-akselin kummassakin päässä olevat pitkät akselit. Kustannussyistä akseleina käytetään rakenneterästankoa. Myös Y-akselin lyhyet akselit ovat samaa materiaalia. Tangot katkaisin vannesahalla konelaboratoriossa.

Uudet moottoripukit rakennettiin 5 mm:n vahvuisesta teräslevystä. Moottoripukit hitsattiin kasaan piirustusten mukaisesti. Niiden valmistuttua kumpaakin moottoripukkia täytyi vielä hieman modifioida. X-akselin moottoripukissa oli selkeä suunnitteluvirhe. Mikäli sitä ei olisi muutettu, olisi moottoriakseli tullut noin 200 mm ulos moottorista. 200 mm:n vipuvarsi olisi aiheuttanut varmasti hankaluuksia,

joten koko moottoria päätettiin siirtää. Moottorin siirtämiseksi porasin jo valmiiseen moottoripukkiin uudet reiät moottorin kiinnitystä varten ja tein senkkaukset kahteen rei'istä. Senkkaruuvien käyttö oli välttämätöntä, koska ruuvien kannat tuli rungon teräsputkipalkkia vasten.

Y-akselin moottoripukin olin suunnitellut liian mittatarkasti ja todellisuus ei vastannutkaan täysin suunniteltua. Tästä pukista jouduin hioa kulmahiomakoneella hitsaussaumata auki, lyhentää jokaista teräslevyä noin 5mm ja hitsata koko rakenteen uudelleen kasaan.

Rakennusvaiheen työläin osuus oli ehdottomasti hihnakiinnitysten ja -kiristimien tekeminen. Koululta löytynyt alumiinilevy oli käyrää, likaista ja epätasaista, joten se piti ensin oikaista jyrsimellä suoraksi. Suoraksi jyrsimisen jälkeen porasin jyrsimellä levyihin reiät ja jyrnsin olakkeet. Työvaiheen työläys johtuu siitä, etten ollut käyttänyt jyrsimä ikinä ennen tätä vaihetta ja uuden työkalun käytön opettelussa meni varmasti saman verran aikaa kuin itse työn tekemisessä. Hihnojen kiinnityksistä tuli siitakin huolimatta melko mittatarkat ja tukevat. Kiinnityskehikot ovat kiinni Y-akselissa M8-ruuveilla. Ruuveja varten porasin ja kierteytin reiät Y-akselissa lineaarikelkkojen päällä oleviin alumiinilevyihin akkuporakoneella. Myös Y-akselin hihnakiinnitys on tehty alumiinilevystä jyrsimällä.

4 SÄHKÖJEN ESISUUNNITTELU

Manipulaattorin sähköjen esisuunnittelun tavoitteena oli tuottaa ehdotus, jonka pohjalta sähköt voidaan alan ammattilaisen toimesta suunnitella ja kasata miettimättä kasausvaiheessa komponenttien sijoittelua tai kytkentää. Kasausvaiheessa asentajalla tulee olla käytössään pääkaaviot, piirikaaviot, logiikan lähdöt ja tulot listauksena ja kuvana, ohjauskeskuksen layout kuva ja komponenttistausta.

4.1 Alustavan sähkösuunnitelman tekeminen

Manipulaattorin sähkösuunnittelu alkoi I/O-listan kartoittamisella. I/O-lista sisältää logiikan lähdöt ja tulot. Lähdöillä ohjataan järjestelmän toimilaitteita ja tuloilla luetaan anturitietoa kentältä. Näiden ja valittujen komponenttien pohjalta voi ruveta piirtämään sähkökuvia.

Sähkönsyöttö manipulaattorille otetaan robottilaboratoriossa kolmivaiheisesta 16 A:n pistorasiasta pistotulpalla. Syöttö ohjataan riviliittimien kautta keskuksessa olevalle pääkytkimelle. Moottoreille on yksi yhteinen pääkontaktori, jota ohjataan piirikaaviossa olevan pitopiirin avulla. Pitopiiri koostuu kahdesta painonapista, kontaktorin apukärjestä ja kontaktorin kelasta. Häätä-seis-toiminto on toteutettu turvareleellä. Ohjauskeskukseen tulee myös kaksi kappaletta pistorasioita tietokoneen laturin kytkemiseksi ja huoltotöiden helpottamiseksi. Pistorasioiden johdonsuojakatkaisija on mitoitettu niin pieneksi, ettei esimerkiksi hitsaus onnistu ottamalla sähkönsyöttö ohjauskeskuksesta.

Moottorilähtöjä manipulaattorissa on kolme, ja ne kaikki ovat sähköiseltä toteutukseltaan samanlaisia. Taajuusmuuttajille tuleva yksivaiheinen sähkönsyöttö otetaan jokaiselle moottorikäytölle eri vaiheesta kuormitettavuuden vuoksi. Taajuusmuuttajan lisäksi jokaisessa moottorikäytössä on johdonsuojakatkaisijat.

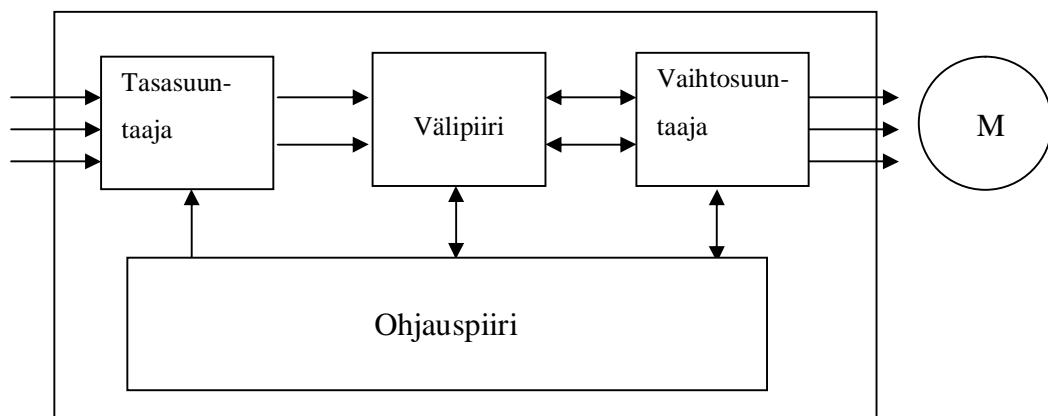
Taajuusmuuttajissa on omat 24 VDC-virtalähteensä, joista otetaan jännite taajuusmuuttajien tuloille. Tulot, joita ohjataan logiikalla, joudutaan kytkemään apureleiden kautta taajuusmuuttajiin.

4.2 Komponenttivalinnat

Esisuunnittelun alkaessa oli tiedossa muutamia faktoja: Ohjaus tullaan toteuttamaan Siemens S7-300 ohjelmoitavalla logiikalla, moottorikäyttöjä ajetaan taajuusmuuttajalla ja moottorikäyttöjen tulee olla paikoitettavia. Paikoitus suunniteltiin toteutettavan Profibus DP -liitäntäisillä absoluutti-pulssiantureilla. Profibus DP:n lisäksi oli vaihtoehtona kytkeä anturit suoraan logiikkaan, mutta tämä kytkentä vaatisi logiikkaan laskurikortit. Nämä paikoitusvaihtoehdot kuitenkin osoittautuivat liian kalliiksi. Paikoitukseen päätin ehdottaa Omron MX2 -taajuusmuuttajan paikoitustoimintoa. Taajuusmuuttajalla paikoittaessa varastopaiikat ovat kiinteitä ja ne on parametroitu suoraan taajuusmuuttajaan. Taajuusmuuttajaan pulssitieto syötetään inkrementtianturilla.

4.2.1 Taajuusmuuttaja ja sen parametointi

Taajuusmuuttaja on elektroninen laite, jolla voidaan muuttaa portaattomasti kolmivaiheisen vaihtovirtamoottorin pyörimisnopeutta muuttamalla syöttöverkosta tulevaa kiinteää jännitettä ja taajuutta. Taajuusmuuttaja koostuu yksinkertaisimmillaan tasasuuntaajasta, välipiiristä, vaihtosuuntaajasta ja ohjauspiiristä. (Danfoss Drives A/S 2000, 52.)



KUVIO 5. Taajuusmuuttajan periaatekuva

Syöttö taajuusmuuttajalle tulee tasasuuntaajalle. Tasasuuntaaja muuttaa yksi- tai kolmivaiheisen jännitteen sykkiväksi tasajännitteeksi. Välipiirin tyyppi vaihtelee taajuusmuuttajissa. Välipiiri voi tasata tasasuuntaajalta tulevan jännitteen tasavirraksi, stabiloida sykkivän tasajännitteen ja lähettää sen vaihtosuuntaajalle tai muuttaa tasasuuntaajan tasasuuntaajan tasajännitteen vaihtojännitteeksi. Välipiiri toimii varastona, josta moottori saa energiansa vaihtosuuntaajan välityksellä. Vaihtosuunta muuntaa moottorille syötettävän vaihtojännitteen. Taajuusmuuttajan signaalien suunta on selvitetty kuviossa 5. (Danfoss Drives A/S 2000, 52.)

Ohjauspiiri sisältää elektroniikan, jolla voidaan lukea tasasuuntaajan, välipiirin ja vaihtosuuntaajan tiloja ja lähettää niille käskyjä. Kaikille taajuusmuuttajille on yhteistä, että ohjauspiiri lähettää vaihtosuuntaajan puolijohteille käskyjä, joilla se ohjaa puolijohteet johtamis tai katkaisutilaan. (Danfoss Drives A/S 2000, 53.)

Omron MX2 -taajuusmuuttajia on saatavilla useita eri malleja syöttöjännitteen ja tehon mukaan. Kaikissa taajuusmuuttajissa on 200 %:n käynnistysmomentti, momenttiohjaus, turvatoiminnot ISO13849-1 CAT 3:n mukaisesti ja paikoitus esiase-tettuihin aseisiin pulssianturin avulla. MX2-taajuusmuuttajissa on kaksi turvatuloa ja yksi EDM (External Device Monitor) -lähtö. Taajuusmuuttajan lähtössä ei tarvitse käyttää kahta kontaktoria turvatoiminnon toteuttamiseksi, vaan laite kytetään suoraan turvareleeseen. (Omron Corporation 2010.)



KUVIO 6. Omron MX2 -taajuusmuuttaja

MX2-taajuusmuuttajassa on RS485 Modbus -sarjaliikenne sisäänrakennettuna ja se on mahdollista kytkeä DeviceNet-, Profibus-, CANopen-, CompoNet-, ML-II- tai Ethercat-teollisuuskenttäväyliin lisäkortin avulla. Manipulaattorin tapauksessa taajuusmuuttaja tullaan liittämään myöhemmin Profibus-väylän kautta samaan valvomojärjestelmään muiden robottilaboratorion laitteiden kanssa. (Omron Corporation 2010.)

Taajuusmuuttajassa on valmiina paikoitusohjain, jolla saadaan toteutettua yksinkertainen paikoitussovellus. Siihen on mahdollista parametroida kahdeksan paikoituspistettä ja kotipaikka. Paikat ovat käyttäjän valittavissa kolmen taajuusmuuttajan tulon kautta. Taulukossa 1 on esitetty taajuusmuuttajan tulosten ohjaus kunkin paikan saamiseksi. (Omron 2010, 161.)

TAULUKKO 1. Taajuusmuuttajan tulojen ohjaus paikoituksessa

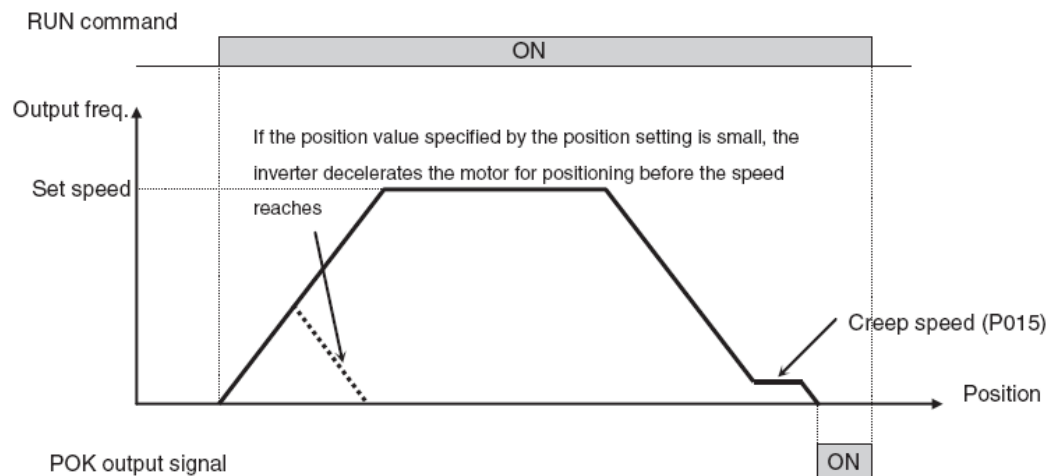
Position setting	CP3	CP2	CP1
Multistage position 0 (P060)	0	0	0
Multistage position 1 (P061)	0	0	1
Multistage position 2 (P062)	0	1	0
Multistage position 3 (P063)	0	1	1
Multistage position 4 (P064)	1	0	0
Multistage position 5 (P065)	1	0	1
Multistage position 6 (P066)	1	1	0
Multistage position 7 (P067)	1	1	1

Omron MX2 -taajuusmuuttaja parametroidaan Omronin CX-Drive-ohjelmistolla. Taajuusmuuttajan parametrikaapelina käytetään mini-B-tyypin USB-kaapelia. Tässä työssä parametroinnissa keskitytään ainoastaan paikoitusparametreihin. Taajuusmuuttajasta löytyy paikoitusparametrien lisäksi toiminnot PID-säädölle, analogiatulojen ja -lähtöjen ohjaukselle, nopeuden säädölle, vääntömomenttisäädöille ja jarrun ohjaukselle.

Taajuusmuuttajan paikoituskäytössä inkrementtianturi kytketään suoraan taajuusmuuttajaan johdottamatta sitä logiikalle lainkaan. Omron MX2 -taajuusmuuttajan suurimmat pulssitaajuudet inkrementtianturilta ovat 32 kHz A-kanavasta ja 2 kHz B-kanavasta. A-kanava kytketään taajuusmuuttajan EA-tuloon ja B-kanava 7/EB-tuloon. (Omron 2010, 157.)

Paikoituksessa taajuusmuuttajan parametreihin asetetaan ensin paikoitus päälle parametrilla P012. Taajuusmuuttajan EA-tulo, johon on kytketty inkrementtianturin A-kanava, kytketään päälle parametrilla P003. Parametrilla P004 valitaan, millä tavalla pulssit tulevat inkrementtianturilta taajuusmuuttajalle. Valittavia vaihtoehtoja ovat pelkän A-kanavan käyttäminen, 90° vaihe-erolla olevien A- ja B-kanavien käyttäminen ja vain A-kanavan käyttäminen suuntatiedon kanssa. Parametreilla P072 ja P073 asetetaan paikoituksessa käytettävän pulssialueen ala- ja ylärajat. Paikkatiedot asetetaan parametreihin P060-P067. Paikotuksen ohjaus tapahtuu taajuusmuuttajan tulojen avulla. Tulojen parametointi tapahtuu C001-C007 -parametreilla, joihin tulee asettaa CP1-CP3 -arvot. C007-parametrissa pitää kuitenkin olla valittuna EB. (Omron 2010, 159.)

Taajuusmuuttajan voi parametroida antamaan signaalin paikoituksen ollessa valmis. Manipulaattorin tapauksessa signaalin ottaminen taajuusmuuttajalta on pakollista, koska pulssianturit eivät ole kytkettynä logiikkaan. Taajuusmuuttajan C036-parametriksi asetetaan 00 (Normally open) ja C026-parametriksi 23 (POK: Position completed). Kuviossa 7 näkyy käyränä POK-signaalin toiminta. Signaali logiikalle lähtee taajuusmuuttajan AL1-liitännästä apureleen kautta.



KUVIO 7. POK-signaalin toiminta

4.2.2 Inkrementtianturi

Inkrementtianturi eli pulssianturi on yksinkertainen pyörimisensä mukaan pulsseja antava anturi. Sen rakenne koostuu LEDistä, joka lähettää vastaanottavalle diodille valoa. LEDin ja diodin välissä on kiekko, jossa on vuorotellen läpinäkyviä ja läpinäkymättömiä viivoja. Kiekon pyöriessä valo vuorotellen näkyy ja ei näy vastaanottavalle diodille ja syntyy pulsseja. Nämä pulssit muutetaan suorakulmaiseksi kantiaalloksi ja vahvistetaan ulostuloon. (OEM-Automatic 2006.)

Anturissa on kolme viivakehää. Anturin pyörimissuunta saadaan indikoitua kahdella viivakehällä. Kehät ovat 90° vaihesiirrossa toisiinsa nähden. Näistä kahdesta

viivakehästä syntyvät A- ja B-kanavat. Jos pyörimissuunta on myötäpäivään, tulee A-signaalin nouseva reuna B-signaalin ollessa 1. Kun akseli pyörii vastapäivään, tulee A-signaalin nouseva reuna B-signaalin ollessa 0. Kolmas kehä antaa vain yhden pulssin kierroksella. Tämä pulssi on nollapulssi eli Z-pulssi. Z-pulssin nouseva reuna tulee samaan aikaan A-pulssin nousevan reunan kanssa ja laskeva reuna on B-kanavan laskevan reunan kanssa samanaikainen. (OEM-Automatic, 2006.)

Anturin resoluutio määräytyy viivakehällä olevien läpinäkymättömien kohtien mukaan. Inkrementtianturin valintaan vaikuttaa resoluutio, kanavien määrä, käytettävä jännite, anturin kiinnitystapa ja sen fyysinen koko. Pulssiantureita on olemassa myös väylä liitännäisinä, jolloin logiikkaan ei tarvitse liittää erillistä laskurikorttia. (OEM-Automatic 2006.)

5 AUTOMAATIOESISUUNNITTELU

Automaatioesisuunnittelu käsittää tässä työssä anturoinnin suunnittelun ja logiikkaohjelman työkierron kuvaamisen. Anturoinnin valinta on manipulaattorin tapauksessa yksinkertainen. Jokaiselle paikoitettavalle akselille tulee mekaaniset rajakytkimet päätyrajoiksi ja yhdet mekaaniset anturit kotipaikan merkiksi. Kaikki anturit kytketään logiikan tuloihin. Kotipaikka-antureiden tieto ohjataan logiikan kautta taajuusmuuttajalle.

5.1 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavaa logiikkaa (Programmable Logic Controller, PLC) käytetään automaatiojärjestelmien ohjauksessa. Ohjelmoitavat logiikat ovat syrjäyttäneet suureksi osaksi releillä toteutetut ohjaukset. Logiikkaohjaus otettiin ensimmäisenä käyttöön autoteollisuudessa, missä uudelleenjohtotusten tarve linjojen modernisoinnissa väheni huomattavasti. Ohjelmoitavat logiikat ovat kehittyneet releiden korvaajista täydellisiksi ohjausjärjestelmiksi, millä pystytään ohjaamaan koko prosessin tilaa. Ohjelmoitava logiikka suorittaa flash-muistiin ladattua ohjelmaa, lukee tuloja ja ohjelman perusteella ohjaa päälle digitaalisia ja analogisia lähtöjä, joihin toimilaitteet on kytketty. (Saha 2005, 12.)

Modulaarinen ohjelmoitava logiikka koostuu virtalähteestä (PS), keskusyksiköstä (CPU) ja signaaliyksiköistä (SM). Vaativissa laskutehoa vaativissa sovelluksissa, kuten paikoituskäytöt, käytetään laskurikortteja (FM). Lisäksi on olemassa erilaisia laajennusyksiköitä väyläliitäntöjä, signaalinkäsittelyä ja vaativaa laskentaa varten. Edellämainitut moduulit kiinnitetään asennuskiskoon ja yksiköt toisiinsa kaapelilla.

5.1.1 Tulot ja lähdöt

Ohjelmoitavien logiikoiden ulkoisista liitännöistä käytetään yleisesti nimityksiä tulo (input) ja lähtö (output). Tuloporteilla luetaan järjestelmän tilaa antureilta ja lähdöillä ohjataan järjestelmän toimilaitteita. Tuloja ja lähtöjä on olemassa analo-

gisina ja digitaalisina. Analogisissa liitännöissä käytetään normaalisti joko jännite tai virtaviestiä. Jänniteviesti on normaalisti 0 – 10 V ja virtaviestit ovat 4 – 20 mA tai 0 – 20 mA. 4 – 20 mA viestin etuna on johtorikkotapauksissa sen välitön huomauttaminen. Digitaaliliitännöissä tulon tai lähdön ollessa 1, siihen johdetaan jännite, joka riippuu käytettävästä logiikkatyypistä. Digitaaliliitännät ovat normaalisti joko 230 VAC tai 24 VDC.

5.1.2 Siemens S7-300

Siemens S7-300 -sarjan logiikat ovat modulaarisia. Manipulaattoria varten valittiin S7-315-2DP-logiikka, joka sijoittuu Siemensin logiikkamalliston keskivaiheille. Se sisältää 48 kb työmuistin, 80 kb latausmuistin ja on varustettu MPI-portin lisäksi Profibus DP -liitännällä ja MMC-muistikorttipaikalla. Digitaalisia lähtöjä ja tuloja voi logiikkaan kytkeä yhteensä 1024 kpl ja analogisia 128 kpl. S7-315-2DP-logiikkaan voidaan liittää 125 kpl väylälaitteita. Laskureita voi ohjelmassa olla 64 kpl. Ohjelmointiohjelmana toimii Siemensin Simatic Manager STEP7 V5.4 SP1.

5.2 Profibus DP-kenttäväylä

Kenttäväylien avulla I/O-liitännät ja toimilaitteiden ohjaus saadaan hajautettua kentälle, jolloin johdottaminen helpottuu ja pystytään käyttämään älykkäitä toimilaitteita ja antureita. Kenttäväylissä on useampia keskitettyjä I/O-pisteitä, joihin tuotu I/O-tieto siirretään kaksisuuntaista kenttäväylää pitkin pää-CPU:lle käsiteltäväksi. Kenttäväyliin pystytään kytkemään myös yksittäisiä laitteita, kuten väyläliitäntäisiä antureita ja taajuusmuuttajia.

Profibus DP (Process Field Bus) on valmistajasta riippumaton avoin kenttäväyläjärjestelmä, joka perustuu EN 50 170 -standardiin (CENELEC-standardi). Profibusin kautta eri valmistajien laitteet pystyvät kommunikoimaan keskenään ilman liitäntäsovituksia. Profibusin tiedonsiirto tapahtuu RS-485:tä, IEC 1158-2:ta tai valokaapelia käyttäen. Näistä RS-485 on käytetyin. RS-485-kaapeli on halpaa, ja

sen tiedonsiirtonopeus on suuri. Tiedonsiirtonopeus on valittavissa väliltä 9,6 kbit/s – 12 Mbit/s. Kaikissa väylän laitteissa on käytettävä samaa tiedonsiirtonopeutta. Kaapelina käytetään suojattua kuparikaapelia, jossa on yksi johdinpari. RS-485-liitäntäisen väylän suurin kantama on 100 m – 1200 m riippuen tiedonsiirtonopeudesta. (Process Field Bus 1999.)

Profibus on multi-master-järjestelmä, jossa voi olla useampia Master-tason laitteita. Master-laitteet määrittävät väylän tietoliikennettä, ja niillä on oikeus lähettää väylään tietoa. Slave-laitteet ovat periferia-laitteita, kuten I/O-laitteet, venttiilit, anturit ja toimilaitteet. Slave-laite ei saa lähettää tietoa väylään vaan se välittää sanomia ainoastaan master-laitteen pyynnöstä. Manipulaattori tullaan liittämään myöhemmässä vaiheessa robottilaboratoriossa olevaan Profibus DP -kenttäväylään, jonka kautta myös laitteen ohjaus tullaan toteuttamaan.

5.3 Logiikkaohjelma

Logiikkaohjelmointi aloitetaan suunnittelemalla manipulaattorin työkierto. Työkierron avulla logiikkaohjelmasta voidaan hahmotella vuokaavio, jonka perusteella itse logiikkaohjelma on helppo tehdä. Työkierrossa laatikon tullessa manipulaattorin työalueelle noudettavaksi manipulaattorin X- ja Y-akselit paikoittuvat kotipaikkaan, josta haku tapahtuu. Kun X- ja Y-akselit saapuvat kotipaikkaan, Z-akseli laskeutuu alas, odottaa alhaalla sekunnin ajan ja nousee takaisin ylös. Sekunnin odotus Z-akselin laskeuduttua alas mahdollistaa manipulaattorin tarttujan kunnollisen toiminnan.

Kun Z-akseli on noussut takaisin ylös, paikoitetaan manipulaattorin X- ja Y-akselit ensimmäiseen vapaaseen varastopaikkaan. Varastopaikkoja manipulaattorissa on kahdeksan. Jokaiselle varastopaikalle on oma apumuistinsa, jonka avulla varastopaikan vapaana oleminen merkitään. Kun X- ja Y-akselit ovat paikoittuneet, lasketaan manipulaattorin Z-akseli alas. Z-akseli odottaa alhaalla sekunnin, jonka jälkeen nousee ylös. Tämän jälkeen X- ja Y-akselit ajetaan takaisin kotipaikkaan odottamaan seuraavaa työkiertoa.

Törmäysten välttämiseksi manipulaattorin kaikkia akseleita ei voida ajaa samanaikaisesti. X- ja Y-akselien liikkeet ovat yhdenaikaiset, mutta Z-akseli ajetaan alaja yläasentoihin vain X- ja Y-akselien ollessa jo paikoittuneet. Z-akselin ajon mahdollistava signaali saadaan logiikalle taajuusmuuttajan lähdöstä.

Varastosovelluksessa manipulaattori osaa myös hakea kappaleita varastopaikoista. Haun liikkeet tapahtuvat samalla tavalla kuin varastoinnissakin. Hakua käytettäessä käyttäjän tulee valita varastopaikka, josta haluaa kappaleen noudettavan ja manipulaattori siirtää kappaleen ennalta määritettyyn pisteeseen esimerkiksi kuljettimelle.

Toinen tälle manipulaattorille sopiva sovellus on lavaus. Manipulaattorin työalueen läpi kulkee lavakuljetin. Lavaussovelluksessa manipulaattori hakee aina samalta paikalta laatikoita, jotka lavataan kuormalavalle rivi kerrallaan. Lavauksessa käytettävät taajuusmuuttajaan asetettavat kiinteät paikat on parametroitava taajuusmuuttajaan erikseen. Lavaussovelluksessa huomattavasti parempi paikoitusvaihtoehto olisi paikottaminen logiikkaan kytkettävillä pulssiantureilla. Logiikkaan kytkettyjen pulssiantureiden ja paneeli- tai valvomokäyttöliittymän avulla voisi lavaussovelluksessa määrittää lavattavien kappaleiden mitat ja lavauskuvion. Näin manipulaattorin lavaussovelluksessa olisi mahdollista käyttää erilaisia työkappaleita ja lavauskuvio olisi muutettavissa täysin jokaisen kappaleen tarpeisiin konfiguroimatta taajuusmuuttajaa jokaista kappaletta varten erikseen.

5.3.1 STEP7-logiikkaohjelmointi

Logiikkaohjelmoinnissa ohjelmana toimii Siemens Simatic Manager STEP7. Simatic Manager STEP7:n ohjelmointitavoista käytetyimpiä ovat LAD eli relekaavio-ohjelmointi, FBD eli toimintakaavio-ohjelmointi ja STL eli käskylistaohjelmointi. LAD-ohjelmointi on pienissä sovelluksissa havainnollisin eri ohjelmointitavoista ja sen avulla tuotettava ohjelma on helppolukuista.

Slot	Component
1	PS 307 2A
2	CPU 315-2 DP
X2	DP
3	
4	DI16xDC24V
5	DO16xDC24V/0.5A
6	
7	
8	
9	
10	
11	

KUVIO 8. Railiin asetetut komponentit

Ennen logiikkaohjelmoinnin aloittamista pitää ohjelmaan tehdä hardware config eli asettaa ohjelmaan modulaarisessa logiikassa käytettävät moduulit. Moduulien lisäys aloitetaan valitsemalla Rail eli asennuskisko Simatic Managerin HW Config -ohjelmaan. Tämän jälkeen asennuskiskolle valitaan käytettävä virtalähde. Tässä työssä virtalähteenä käytetään PS 307 2A -virtalähdettä. Virtalähteen jälkeen asennuskiskoon valitaan käytettävä logiikan CPU. Mikäli CPU sisältää DP-väyläyksikön, se ilmestyy CPU:n alle.

Kun virtalähde ja CPU on asetettu, ruvetaan HW Configiin lisäämään käytettäviä input- ja outputyksiköitä. DI16xDC24V on 16 tulon input-yksikkö, johon signaalit tuodaan 24 V tasajännitteellä. DO16xDC24V/0.5A on 16 lähdön output-yksikkö, jonka avulla ohjataan apureleitä. Sen antama signaali on 24 V tasajännite. Kuviossa 8 on Railissa esimerkkikokoonpano Input- ja Output-yksikköineen.

Slot	Module	Order number	Firmware	MPI address	I address	Q address	Comment
1	PS 307 2A	6ES7 307-1BA00-0AA0					
2	CPU 315-2 DP	6ES7 315-2AG10-0AB0	V2.0	2			
3	DP				2047		
4	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0			0...1		
5	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0				4...5	
6							

KUVIO 9. HW Configissa asetettujen moduulien osoitteet

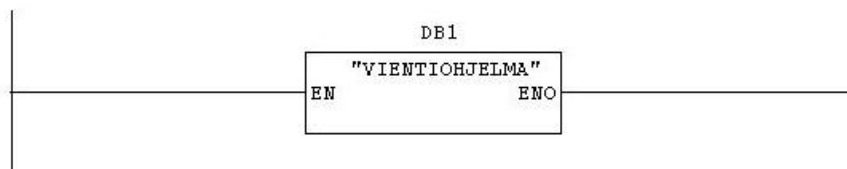
Kun logiikassa käytettävät moduulit on asetettu asennuskiskoon, saadaan ruudun alalaidasta luettua ohjelmoinnissa käytettävät osoitealueet. Ruudun alalaidan taulukkoon tulee näkyviin jokainen asennuskiskoon asennettu moduuli, sen Siemensin tilausnumero ja sen mahdollinen osoiteavaruus. Kuviossa 9 näkyy tämän työn moduulien tilausnumerot ja osoitteet. Järjestelmän tulo-osoitteet ovat I0-I1 ja lähtöosoitteet Q4-Q5.

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Comment:

Network 1: Title:

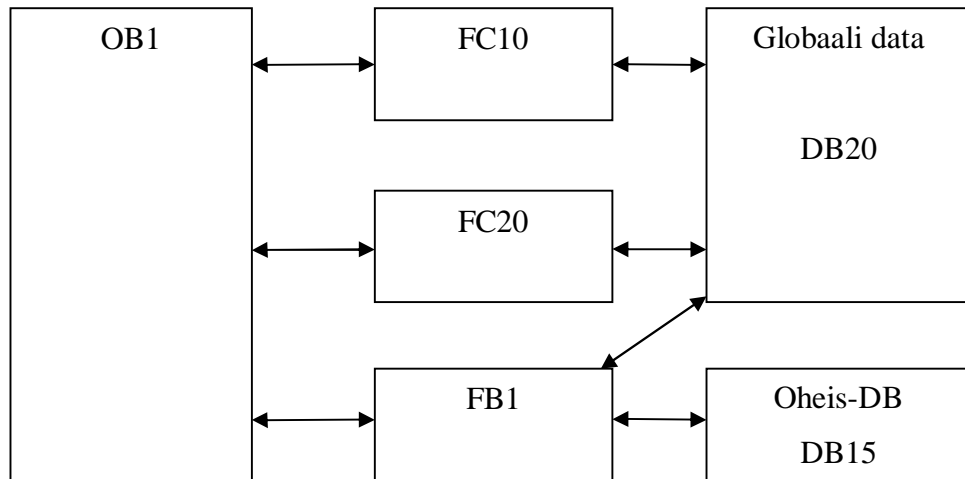
Comment:



KUVIO 10. Vientiohjelma-aliohjelman kutsu

Ohjelmoinnissa ohjelman eri osat tehdään omiin aliohjelmiinsa, joita kutsutaan tietyillä ehdoilla pääohjelmassa. Pienissä sovelluksissa ohjelman voi tehdä kokonaisuudessaan pääohjelmalohkoon, mutta ohjelman yksinkertaistamiseksi kannattaa ohjelma pilkkoa useampiin aina samalla tavalla tehtäviin osioihin, joita kutsutaan ohjelmassa tarpeen mukaan. Kuviossa 10 on esitetty vientialiohjelman kutsu pääohjelmasta. Tässä tapauksessa vientiohjelmaa kutsutaan heti ohjelman alkaessa. Eri ohjelmayksiköt on nimetty niiden käytön mukaan. Pääohjelma tehdään

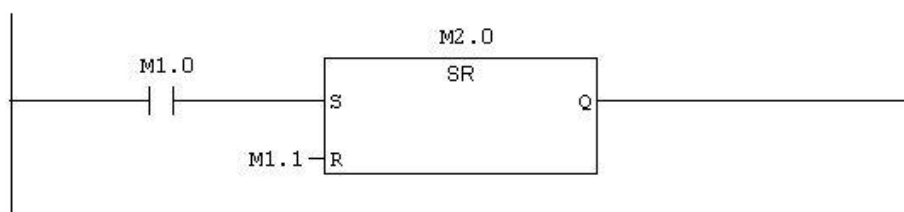
aina ohjelmayksikköön OB ja aliohjelmat yksiköihin FC ja FB niiden DB-tarpeen mukaan. FB-ohjelmayksiköllä käytetään omaa DB-tiedostoyksikköä, joita muut ohjelmayksiköt eivät pysty lukea.



KUVIO 11. Tiedostoyksiköiden käyttö

Tiedostoyksiköt ovat CPU:n muistialuetta, johon ohjelman dataa tallennetaan. Ohjelmat tehdään eri ohjelmayksiköihin ohjelman käyttökohteen mukaan. Globaalidatan sisältäviä tiedostoyksiköitä voidaan lukea kaikista ohjelmalohkoista. Jokainen OB, FC ja FB voivat lukea ja kirjoittaa dataa niihin. Kuviossa 11 on kuvattu eri tiedostoyksiköiden kommunikointi keskenään.

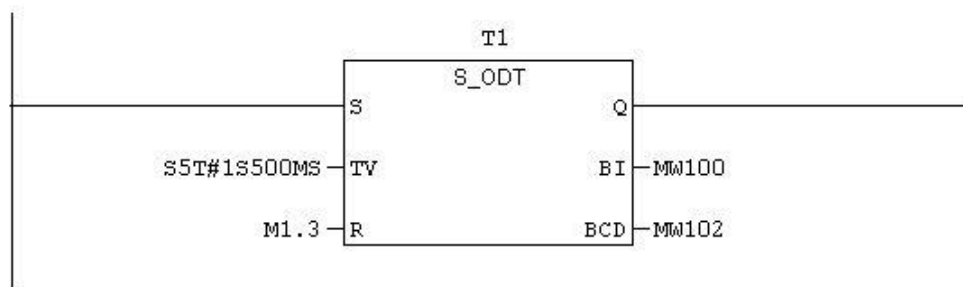
Oheis-DB on tarkoitettu vain tietyn FB:n käyttöön. Kaikki siihen tallennetut arvot kuuluvat vain tälle FB:lle. DB:lle muodostuu kopio FB:n parametrien selvitystaulukosta. Nämä parametrit pitävät arvonsa, vaikka FB ei olisi ajossa ja ne ovat siellä edelleen, kun seuraavan kerran ohjelmassa kutsutaan tätä FB:tä.



KUVIO 12. Set-Reset

Logiikkaohjelmoinnissa käytetään paljon kuviossa 12 esitettävää SR-kiikkua. Tällä operaattorilla asetetaan lähtöä M2.0 päälle ja pois päältä ehtojen mukaisesti. Esimerkkikuviossa muistipaikan M1.0 mennessä päälle muistipaikka M2.0 muuttuu arvoon TRUE. Muistipaikka M2.0 pysyy arvossa TRUE, kunnes M1.1 resetoisen arvoon FALSE. STEP7-ohjelmoinnissa on sekä SR että RS operaattorit. RS-operaattorissa operaattorin tulot ovat eri päin. Tuloista vahvempi on aina ylempänä oleva. Jos siis M1.1 on päällä ja M1.0 menee samanaikaisesti päälle, muuttuu M2.0 arvoon TRUE, koska M1.0 on vahvempi.

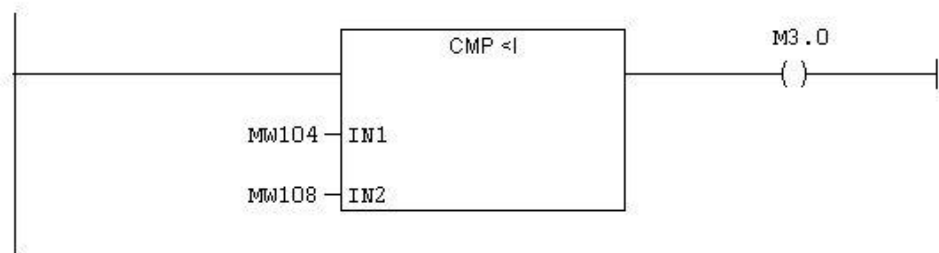
Simatic Manager STEP7 sisältää toiminnaltaan erilaisia ajastimia. On-relay eli vetohidasteinen ajastin päästää signaalin läpi asetetun ajan jälkeen, Off-relay eli päästöhidasteinen ajastin ei päästä signaalia läpi ennalta asetetun ajan jälkeen, Pulse Timer toimii pulssien perusteella. Lisäksi osa ajastimista tallentaa arvojaan muistipaikkoihin.



KUVIO 13: S_ODT-ajastin eli vetohidasteinen ajastin T1

Kuviossa 13 on vetohidasteinen ajastin T1. Ajastin tarvitsee parametreja, kuten laskettavan ajan ja ajastimen nollauksen lähdön tai muistipaikan. Ajastinta parametreidessa parametriin TV asetetaan laskettava aika S5Time-muodossa. S5Time-muodossa aika asetetaan normaalisti sekunteina ja millisekunteina. Esimerkissä ajastimeen on asetettuna 1,5 sekunnin aika eli yksi sekunti ja 500 millisekuntia. Parametriin R asetetaan lähtö tai muistipaikka, jolla ajastin nollataan. BI- ja BCD-parametreihin saa asetettua muistipaikat, joihin ajastimen laskema aika saadaan asetettua esimerkiksi paneelikäyttöä varten. Esimerkissä aika menee muistipaikkaan MW100 binäärimuodossa ja muistipaikkaan MW102 BCD-muodossa. Ajas-

tin asetetaan päälle tulolla S ja lähdöstä Q lähtee signaali ajastimen laskettua siihen asetetun ajan.



KUVIO 14. Comparator eli vertailuoperaattori

Comparatorilla (CMP) vertaillaan kahdessa muistipaikassa olevia arvoja. Vertailuoperaattoreilla voidaan vertailla, onko toinen luku toista suurempi, pienempi, yhtä suuri, suurempi tai yhtä suuri ja pienempi tai yhtä suuri. Vertailuoperaattorit ovat erikseen eri lukutyypeille. Comparatoria käytetään yleisesti pulssiantureilla tapahtuvassa paikoituksessa vertaamaan pulssianturin antamaa pulssimäärää tietyn paikan pulssiarvoon.

Kuviossa 14 on esitettyä pienempi kuin -vertailu integer-luvuille. Jos muistipaikassa MW104 oleva luku on pienempi kuin MW108, muistipaikka M3.0 on päällä.

5.3.2 STEP7 tietotyypit

Kaikelle ohjelmassa käytettävälle datalle on määritettävä tiedostotyyppi. Tällöin sen tiedostomuoto ja pituus on määritelty. Tiedostotyyppin mukaan määräytyy muistintarve. Esimerkiksi WORD-tyyppinen muistiarvo varaa 16 bittiä käyttäjämuitia logiikalta. Taulukossa 2 on tärkeimmät STEP7-ohjelmoinnissa käytettävät tietotyypit ja esimerkit niiden käytöstä.

TAULUKKO 2. Tärkeimmät STEP7-tietotyypit (Siemens AG 1996, 197)

Avainsana	Leveys (bittä)	Esimerkki
BOOL	1	1 tai 0
BYTE	8	16#A9
WORD	16	16#12AF
DWORD	32	16#ADAC1EF5
CHAR	8	" w "
STRING	>=16	"Tämä on jono"
S5TIME	16	S5T#1s500ms
INT	16	123
DINT	32	65539
REAL	32	1,2 tai 34,5E-12

6 YHTEENVETO

6.1 Tavoitteiden täytyminen

Opinnäytetyön tärkein tavoite oli manipulaattorin mekaniikan rakentaminen siihen pisteeseen, että tulevissa manipulaattorin ympärille suunniteltavissa projekteissa voidaan keskittyä tarttujan rakentamiseen, manipulaattorin sähköistykseen ja automaation rakentamiseen. Tässä tavoitteessa mielestäni onnistuin huolimatta Z-akselin vielä hieman keskeneräisestä rakenteesta. Koululta Z-akselia varten löytynyt lineaariyksikkö ei ole paras mahdollinen tähän käyttötarkoitukseen. Koneeseen suunnittelemani ja rakentamani muutokset järjeistävät koneen rakennetta ja helpottavat varsinkin hihnojen kiristämistä.

3d-mallinnos laitteesta syntyi suunnittelutyön ohella. 3d-suunnittelun ansiosta pystyin suunnittelemaan manipulaattorin muutokset kotona, mikä mahdollisti kaiken koululla viettämäni ajan hyödyntämisen rakentamiseen ja osien valmistamiseen. Alkuperäinen Pablo Canterían tekemä 3d-malli toimi mallinnuksen pohjana. Alkuperäisen mallin käyttöä vaikeutti se, että sen tiedostonimet ja osien nimet oli kirjoitettu espanjaksi.

Laitteen sähkö- ja automaatioesisuunnittelu jäi melko pintapuoliseksi, opinnäytetyön luonteen muuttuessa ajan kuluessa. Sähköt suosittelenkin suunnittelemaan laitteeseen alusta saakka vallitsevien olosuhteiden mukaisiksi. Sähkösuunnittelussa kannattanee hyväksikäyttää robottilaboratoriossa jo valmiina olevaa sähkökeskusta ja suunnitella automaatio integroitavaksi täysin muuhun robottilaboratorion automaatioon.

Opinnäytetyön alkuperäinen aikataulu venyi erittäin paljon oman työtilanteeni vuoksi. Opinnäytetyön ja päivätyön yhdistäminen osoittautui raskaaksi ja aikaa opinnäytetyön tekemiselle jäi viikkotasolla valitettavan vähän.

6.2 Kehitysehdotukset

Tulevaisuudessa manipulaattorin olisi hyvä suunnitella ja rakentaa uudet Z-akseli ja tarttuja. Vaihtoehtona on ostaa Z-akseliksi juuri tätä käyttöä varten lineaariyksikkö ja suunnitella sen jatkoksi tarttuja. Ilman tarttujaa koneen käyttö on mahdotonta.

LÄHTEET

Aaltonen, K. & Torvinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY.

Danfoss Drives A/S. 2000. Tietämisen arvoista asiaa taajuudenmuuttajista. Kolmas laitos, ensimmäinen painos 2000. Danfoss.

Pitkälä, M. 2010. Robottiikka. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala

Saha, H. 2005. Johdatus väylätekniikkaan. Fluid Finland 3/2005, 12-16 [viitattu 23.3.2010] Saatavissa: <http://www.canopen.fi/artikkelit/Johdanto.pdf>

MiniTec. 2012. MiniTec Catalogue [viitattu 4.4.2012]. Saatavissa: www.movetec.fi/images/pdf/Profilesystem.pdf

OEM-Automatic. 2006 Kone 2006-2007. Tuote-esite.

Omron. 2010. MX2 Cat. No. I570-E2-01-Xm. User's Manual.

Omron Corporation. 2010. MX2-taajuusmuuttaja - moottori ja koneohjauksen historiaa [viitattu 7.5.2010]. Saatavissa: http://industrial.omron.fi/fi/misc/dm/mx2_epromotion_nordic.html

Process Field Bus. 1999. Technical Description. 9/1999. Profibus Brochure [Viitattu 23.4.2010] Saatavissa: <http://www.itk.ntnu.no/fag/TTK4175/Lab/Profibus/Profibus-Technical%20Description.pdf>

Siemens AG. 1996. SIMATIC S7 FUP/FBD S7-300/400 Yksiköiden ohjelmointi toimintakaaviomuodossa. Käsikirja.

SKS Group Oy. 2010a. Polyuretaani hammashihnakäytöt [viitattu 4.4.2012]. Saatavissa: http://www.sks.fi/tuotteet/polyuretaani_hammashihnakaytot

SKS Group Oy. 2010b. THK lineaarijohde HSR [viitattu 4.4.2012]. Saatavissa:
http://www.sks.fi/tuotteet/THK_lineaarijohde_HSR