

Jari-Pekka Eskelinen

FMS-SOLUN KOKOONPANO

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Syksy 2007



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Jari-Pekka Eskelinen	
Työn nimi FMS- solun kokoonpano	
Vaihtoehtoiset ammattipinnot Elektroniikan tuotanto	Ohjaaja(t) Pekka Juntunen Toimeksiantaja Kajaanin ammattikorkeakoulu
Aika Syksy 2007	Sivumäärä ja liitteet 46 + 2 liitettä
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän insinöörityön aiheena oli rakentaa FMC-linjastoon ruuvaussolu. Työhön kuuluu myös tutustuminen lineaariliikkuihin, pneumaattisiin komponentteihin ja ohjelmoitaviin logiikoihin. Kajaanin ammattikorkeakoululla on jo käytössä oleva FMS-tuotantolinjasto, josta puuttuu tämä yksi solu.</p> <p>Keskeisimpinä tavoitteina oli saada suoritettua kokoonpano ja paikalleen asennus. Työn tekeminen alkoi komponentteihin tutustumisella ja komponenttien asentamisella. Solusta oli olemassa jo alustavat suunnitelmat.</p> <p>Solu toimii siten, että se nostaa paletilla olevan työkappaleen toiselle alustalle. Lineaariliikkujat ohjaavat ruuvinnostolaitetta ja ruuvainta. Ruuvit noudetaan niille tehdystä makasiinista ja siirretään työkappaleessa oleviin paikkoihin. Tämän jälkeen ruuvain ruuvaa yhden ruuvin kerrallaan kiinni ja työkappale nostetaan takaisin linjastolle.</p> <p>Aikataulusta johtuen insinöörityö jaettiin kahteen osaan, kokoonpano ja ohjelmointi. Lopputulokseksi saatiin mekaanisesti toimiva ruuvaussolu.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	FMS
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Jari-Pekka Eskelinen	
Title The Assembly of an FMS Cell	
Optional Professional Studies Electronics Production	Instructor(s) Pekka Juntunen
	Commissioned by Kajaani University of Applied Sciences
Date Autumn 2007	Total Number of Pages and Appendices 46 + 2 appendices
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to assemble a screwing cell to an FMS production line. The thesis also included becoming familiar with the electric linear units, pneumatic components and programmable logics. The Kajaani University of Applied Sciences already had a fully functional FMS production line but it is missing this particular cell.</p> <p>The task was to manage the assembly of the unit and to install it into the production line. The actual work was started by assembling the components and becoming familiar with the functions. There already existed a design for the cell.</p> <p>The cell picks up the workpiece from the pallette and places it to a different pallette. The linear units move the screw lifting device and the screwdriver, screws are picked up from a special magazine and brought to the workpiece. After this the screwdriver tightens every screw one by one. The last operation is that the workpiece is lifted and placed back to the production line.</p> <p>Because of the schedule, the thesis was divided into two parts: assembly and programming. As a result, mechanically-driven screwing cells were found.</p>	
Language of Thesis Finnish	
Keywords FMS	
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 JOUSTAVAT VALMISTUSJÄRJESTELMÄT	2
2.1 Joustava automaattinen valmistusjärjestelmä	2
2.2 Joustava automaattinen valmistusyksikkö	4
2.3 Joustava automaattinen solu	4
3 NUMEERINEN OHJAUS	5
4 KOKOONPANO FMS	6
5 PNEUMATIikka	9
5.1 Suuntaventtiilit	9
5.2 Kaksoismäntäsylinteri	10
5.3 Kääntöpöytä	10
5.4 Ejektorit	11
5.5 Imukupit	11
6 OHJELMOITAVA LOGIIKKA	13
6.1 Yleistä	13
6.2 Omron CPM2A	14
7 ANTURIT	15
7.1 Mekaaninen rajakytkin	16
7.2 REED-kytkin, magneettikytkin	16
7.3 Induktiivinen anturi	17
8 LINEAARIJOHTEET	18
8.1 Lineaariliike	18
8.2 Lineaarijohde LJ1H20	18
9 ASI-VÄYLÄ	19
9.1 Yleistä ASI-väylästä	19
9.2 Toimintaperiaate	19

9.3 Tiedonsiirto väylässä	20
9.4 Siirtonopeus	21
Taulukko 1. Teknisiä tietoja	21
10 FMS-SOLUN KOKOONPANO	22
10.1 Lähtötilanne	22
10.2 Kokoonpanon valmistelu	22
10.3 FMS-solun kokoonpanon aloitus	23
10.4 Lineaariliikkujan LJH120 kiinnitys	24
10.5 Ruuvaimen kiinnitys	24
10.6 Lineaariliikkujen yhdistäminen	25
10.7 Makasiini	26
10.8 Kääntöpöydän kokoaminen	27
10.9 Kappaleen nostaminen linjastolta	27
10.10 Hammashihnapyörä	29
10.11 Alipaineen kehittäminen	29
10.12 Imukupin kiinnitys sylinteriin	30
10.13 Sylinterin kiinnitys lineaariliikkujaan	30
10.14 Ruuvaimen kiinnitys lineaariliikkujaan	32
11 KOKOONPANOON ARVIOINTI	33
12 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Konepajojen valmistusjärjestelmät ovat kehittyneet jatkuvasti. Kehitystä on tapahtunut kaikilla osa-alueilla, mutta viime vuosikymmenten kehitystä on leimannut nimenomaan valmistuksen ohjauksen kehittyminen. [1.]

Nykyään pyritään yhä enemmän vähentämään ihmisen suoran työn osuutta ja muuttamaan se epäsuoraksi. Tämä tarkoittaa automaation kehittämistä, ja työntekijän osa siirtyy lähinnä ohjelmointiin ja koneen valvontaan. [1.]

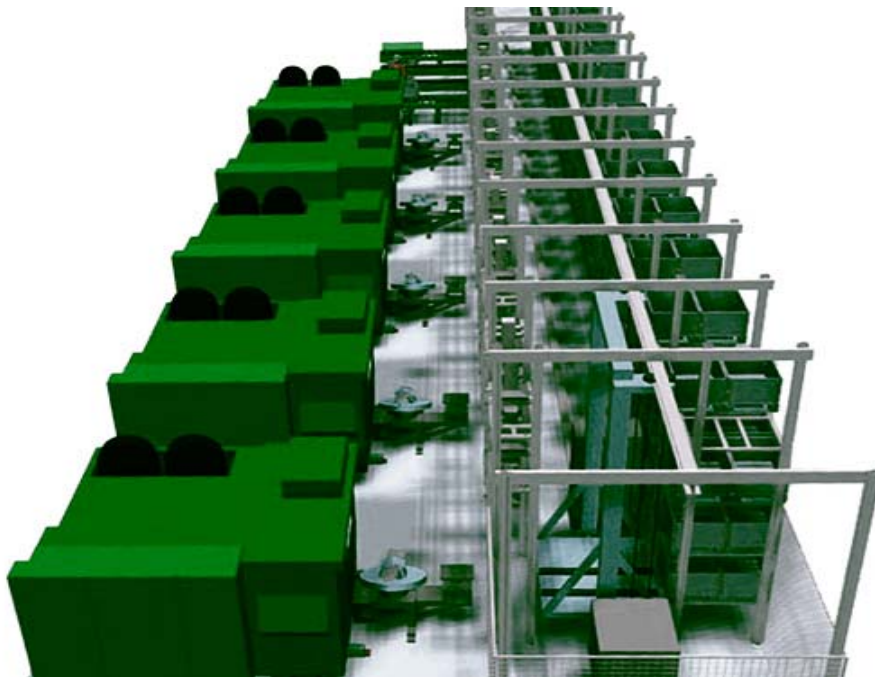
Useimmissa tapauksissa on vielä niin, että tuote-erät ja valmistus tapahtuu yhä pienemmissä erissä. Tässä vaiheessa automaatiolta tarvitaan joustavuutta ja muokattavuutta. Tämän takia joustavat valmistusjärjestelmät ovatkin kovassa nousussa.

Kajaanin ammattikorkeakoulu lisää automaatiotekniikan opetusta, ja tämän takia automaatiolaitteistoa päivitetään. Tämän työn tarkoituksena on rakentaa lisäsolu koulun FMS-linjastoon. Tämä ruuvausasema tulee näyttämään, kuinka automaatio ruuvaa tuotteeseen neljä ruuvia ja näin on osana joustavaa tuotantoa.

2 JOUSTAVAT VALMISTUSJÄRJESTELMÄT

2.1 Joustava automaattinen valmistusjärjestelmä

Tässä osiossa on esitelty joustavien järjestelmien rakenteet kuvan 1 mukaisesti. Joustavat järjestelmät on jaoteltu yksikköön, soluun ja järjestelmään. Järjestelmällä (FMS) tarkoitetaan koko systeemin kokonaisuutta ja solu (FMC) tarkoittaa kahden tai useamman työkonteen yhdistettyä järjestelmää. Yksiköllä (FMU) tarkoitetaan yksittäistä konetta. [2.]



Kuva 1. Flexible Manufacturing System [2.]

Flexible Manufacturing System (FMS) eli joustava automaattinen valmistusjärjestelmä muodostuu kahdesta tai useammasta NC-työstökoneesta, automaattisesta työkalujen käsittelystä ja automaattisesta materiaalinkäsittelystä. [2.]

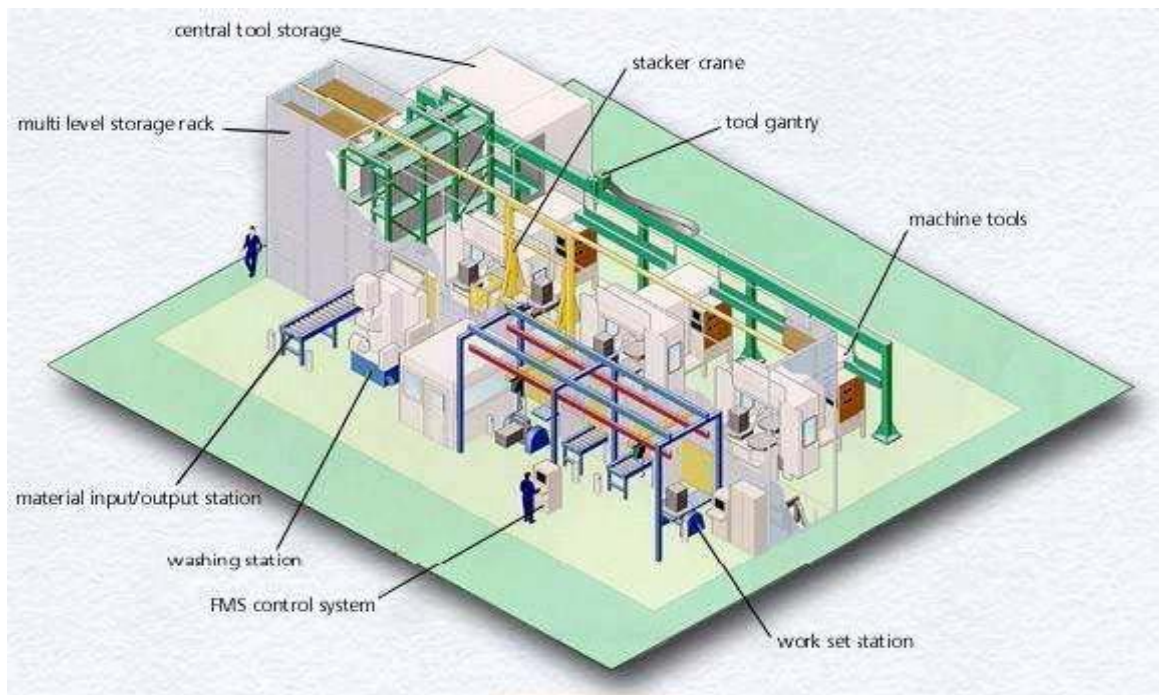
Järjestelmän materiaalinhallinta perustuu automaattiseen varastointi- ja kuljetusjärjestelmään, joka sitoo muun järjestelmän yhdeksi kokonaisuudeksi. Varsinaisten mekaanisten järjestelmien lisäksi FM-järjestelmään kuuluu olennaisena osana tiedonhallinnan järjestelmät, jotka

mahdollistavat automaation, tuotannonhallinnan ja järjestelmän ohjauksen. FMS:n vaatimukseen kuuluu myös se, että tarvittaessa järjestelmä on integroitavissa automatisoidun tehtaan tietojärjestelmään. [2.]

Periaate on, että FM-järjestelmällä pyritään hallitsemaan suurehkon tuoteperheen osavalmistus sattumanvaraisina erinä jopa yksittäiskappaleina, yhtä joustavasti kuin suuremman kappalemäärän omaavia eräkokoja. [2.]

Kuvan 2 FMS-järjestelmälle on tyypillistä, että se koostuu yhdestä tai useammasta NC-koneesta ja se on suunniteltu tuotteen valmistamiseen alusta loppuun. FMS-järjestelmä sisältää automaattisen työkalujen siirto- ja vaihtojärjestelmän. Tyypillisesti siihen kuuluu automaattinen varastointijärjestelmä ja kaikki terät sisältyvät siihen.

NC-ohjelmat voidaan varastoida joko hajautetusti koneille tai keskitetysti. Koko järjestelmää ohjataan tietokoneella ja sitä voidaan laajentaa vaiheittain.



Kuva 2. FMS:n yksiköt [2.]

2.2 Joustava automaattinen valmistusyksikkö

Flexible Manufacturing Unit (FMU) eli joustava automaattinen valmistusyksikkö on järjestelmän perusta. FMU on tavallisimmin yksittäinen NC-ohjattu työstökone, joka rakenteensa ja varustelunsa puolesta kykenee automaattiseen toimintaan ja on materiaali- ja tiedonhallinnan osalta liitettävissä muuhun järjestelmään. [2.]

2.3 Joustava automaattinen solu

Flexible Manufacturing Cell (FMC) eli joustava automaattinen solu. FMC on kahden tai useamman työstökoneen muodostama täysin automatisoitu solu. FMC on käsitteenä kuitenkin epäselvempi kuin muut, koska johtuen varsinkin nykyisestä tavasta rakentaa järjestelmä suoraan sitä palvelevan korkeavaraston yhteyteen, ei varsinaisia erillisiä tuotantosoluja pääse usein syntymään. [2.]

3 NUMEERINEN OHJAUS

Numeerinen ohjaus (NC, Numerical Control) tarkoittaa työstö- tai muun koneen käyttöä sovitun koodin mukaisilla komennoilla (merkeillä ja numeroilla), jotka koneen ohjauselektronikka toteuttaa muuntamalla ne tarvittaviksi moottorien liikkeiksi. [3.]

Usein puhutaan CNC-koneista (computerized numerical control), jolloin tarkoitetaan uudempia (noin vuoden 1974 jälkeen hankittuja) NC-koneita varustettuina ohjauksella, johon kuuluu pientietokone ja ohjelmamuisti. Vuosien myötä lyhenne CNC on menettänyt merkityksensä. [3.]

NC-koneella tarkoitetaan jo yleisesti konetta, jonka ohjaukseen kuuluu ohjelmamuisti ja tietokone ohjaamaan sen toimintoja. Siis käytetään vain termiä NC puhuttaessa numeerisesti ohjatuista työstökoneista, kun ei haluta ilmaista erityisesti ohjauksen tietokonetta ja sen suorituskykyä. Samoin puhutaan NC-koneistajasta eikä CNC-koneistajasta. Tällä tarkoitetaan myös hieman laajempaa käsitettä, joka kattaa kaikki ne tuotantolaitteet, joissa matkainformaatio annetaan numeroina. Tällaisia laitteita ovat normaaleiden numeerisesti ohjattujen työstökoneiden lisäksi mm. robotit. [4.]

NC-ohjelman koodit ja sanat ovat kansainvälisesti standardoidut, ISO 840-1973, ISO 841-1974, ISO 1056-1976, ISO 1057-1973. Yleensä sama sana tarkoittaa samaa asiaa jokaisella NC-koneella. Suurin osa valmistelevista G-koodeista on kullekin konetyypille samat. Koordinaattikoodit ilmaisevat tietenkin aina koordinaattitietoa. Eniten eroa on eri koneiden välillä kytkevien M-koodien osalla. M-koodit ilmaisevat konekohtaisia kytkeäntäfunctioita, ja niissä on eroja jopa eri yritystenkin hankkimien samanlaisten koneiden välillä. [4.]

4 KOKOONPANO FMS

Kokoonpanoon kuuluu suuri joukko erilaisia komponentteja ja koneistusta. Yleisesti käsitellessä normaaliin FMS-järjestelmään kuuluvat ainakin seuraavat komponentit. [2.]

Panostus- ja purkuasemat

Kuvan 3 latausasemassa operaattori pääsee käsiksi palettiin ja kykenee käsittelemään sitä. Järjestelmä tuo paletin sinne, kun on tehtävä manuaalisia työvaiheita. [2.]



Kuva 3. Latausasema

Latausasemaa käytetään:

- aihoiden lataamiseen ja kiinnittämiseen
- kappaleiden vaihtamiseen ja kääntämiseen
- valmiiden kappaleiden ulosottamiseen.

[2.]

Latausasema varustetaan normaalisti:

- ohjauspaneelilla (ovien ohjaukseen, paletin lähetykseen)
- PC:llä (paletissa olevien kappaleiden hallinta, valmistusreitti).

[2.]

Työkoneet

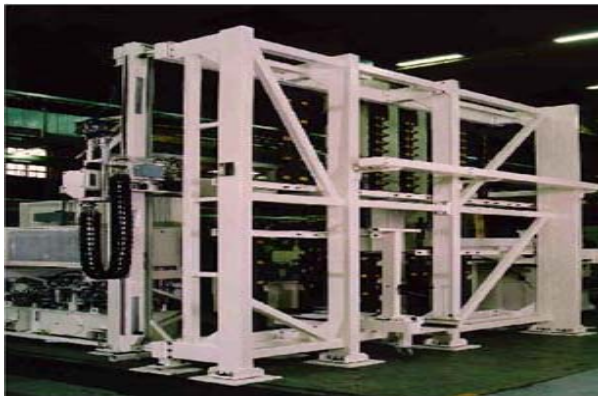
Työkoneet on integroitu toimimaan osana FMS:ää, jolloin saadaan seuraavat hyödyt aikaiseksi. Ne antavat informaatiota FM-järjestelmälle (MMS:lle) (koneistuksen alku, loppu, status) ja vaihdossa myös saavat informaatiota järjestelmältä (Ohjelma numero, työkalutiedot). [2.]

Puhdistusasemat

Pesukoneet poistavat kappaleista lastut ja leikkuunesteet, mahdollistaen operaattorille puhaiden ja kuivien kappaleiden käsittelyn. Valmiit kappaleet voi näin myös suoraan lähettää seuraaviin työvaiheisiin. [2.]

Työväline- ja kiinnitinjärjestelmät

Keskitettyt työkalumakasiinit, kuten kuvassa 4, vähentävät työkalujen varastointia, koska koneet saavat työkalut aina samasta hyllyköstä. [2.]



Kuva 4. Työkalumakasiini [2.]

Materiaalin hallinnat

Materiaaleiksi voidaan laskea: [2.]

1. aihiot
2. keskeneräiset kappaleet
3. valmiit tuotteet
4. kiinnittimet

Joka kappale on kirjattu järjestelmän tietokantaan (perustiedot). Erikokoisia eriä voidaan laittaa samalle lavalle. [2.]

Materiaaliasema

Materiaalin varastointi ja käyttö tapahtuu materiaaliasemassa. Materiaaliasemassa käyttäjä pääsee lavaan käsiksi. Hän voi tilata tai lähettää haluttuja lavoja tai kappaleita [2.]

Hyllystöhissit

Hyllystöhisseillä tarkoitetaan erilaisia siirtovaunuja. Siirtovaunua käytetään siirtämään lavoja ja paletteja järjestelmän eri osien välillä (Työstökoneet, lataus/materiaaliasemat, varasto.) [2.]

Varastoinnit

Joka konepaletilla on oma paikkansa varastossa, materiaalilavat voivat hakea lähimmin vapaan ja sopivan paikan. Varastossa on järjestelmän kaikki paletit (paitsi koneilla, vaunussa tai muilla laitteilla olevat). [2.]

5 PNEUMATIikka

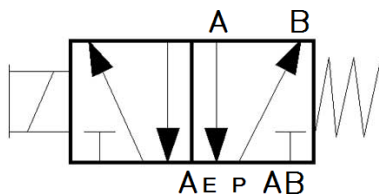
Paineilma on ylipaineista ilmaa, jota käytetään mm. työkalujen ja koneiden käyttövoimana sekä hengityslaitteissa. Paineilman paine on yleensä alle 10 Baria, ja se voi vaihdella järjestelmästä toiseen. [6.]

Pneumatiikka on yleisnimitys järjestelmille ja laitteille, joissa käytetään kokoonpuristuvaa väliainetta (kaasua). Paineilma muodostetaan ilmasta kompressorin avulla. Tätä ilmaa käytetään pneumaattisissa laitteissa. Pneumaattisissa laitteistoissa on niin hyvä kuin huonojakin puolia. Paineilma on helppokäyttöinen väliaine. Se ei likaa, siinä on pieni paine, puristuu kokoon, ohjaus pneumaattisesti tai sähköisesti, pienet voimat, pehmeät liikkeet, pitkä kestoikä laitteilla ja komponentit ovat halpoja. [6.]

5.1 Suuntaventtiilit

Työssä käytettiin kuvan 5 mukaista 5/2-suuntaventtiiliä sylinterien ohjaamiseen. Suuntaventtiili määrää paineilman virtaussuunnan ja toimilaitteen liikesuunnan. Toisin sanoen venttiili ohjaa paineilman vuorotellen lähtöliitäntöihin, joita on yleensä kaksi. Suuntaventtiilien karalla on vain täsmälliset asennot, mutta merkityksellisiä väliasentoja. Lisäksi suuntaventtiili on rakennettu siten, ettei tulopaine pääse suoraan poistokanavaan. [8.]

Suuntaventtiilityyppi määräytyy venttiilin karan asemien määrästä (2, 3 ja joskus 4) sekä venttiilin liitäntäaukkojen määrästä (2-5). Venttiilityypin nimessä, esim. 5/2-venttiili, ensimmäinen luku (5) on paineilma-liitäntöjen määrä ja jälkimmäinen luku (2) asentojen määrä. [8.]



Kuva5. 5/- suuntaventtiili

5.2 Kaksoismäntäsylinteri

CXS-sylinterien tärkeä etu on suuri voima kompakteilla mitoilla. Koska CXS:ssä on kaksoismännät, jotka antavat kaksinkertaisen voiman, se selviytyy suurta voimaa vaativista sovelluksista, ja sen johteet on mitoitettu myös kestäämään nämä voimat. Tiedetään, että näitä sylintereitä käytetään monissa erilaisissa sovelluksissa. Ne soveltuvat erityisen hyvin pick-and-place-laitteisiin, joissa vaaditaan usein pitkää liikealuetta, kompakteja mittoja sekä asennettujen laitteiden kantokykyä. [7.]

5.3 Kääntöpöytä

Kuvan 6 kääntöpöydällä saadaan muutettua lineaarinen pneumaattinen liike pyöriväksi liikkeeksi. Projektissa käytettiin SMC:ltä tilattua MSQ-kääntöpöytää.



Kuva 6. MSQ-kääntöpöytä

5.4 Ejektorit

Kuvan 7 ejektorit ovat kooltaan pieniä, ilman mekaanisia osia toimivia alipaineenkehittämiä. Ne toimivat venturiperiaatteella. Suodatettu ja mielellään öljytön paineilma ohjataan kuristimen kautta ulkoilmaan. Kuristimen jälkeinen ilmanopeus kasvaa. Bernoulin yhtälön mukaan virtausnopeuden kasvaessa paine pienenee ja imuliittimeen syntyy alipaine. Ejektorilla pyritään saavuttamaan haluttu alipaine mahdollisimman nopeasti mahdollisimman pienellä ilman kulutuksella. [8.]



Kuva 7. Ejektori

5.5 Imukupit

Kuvan 8 imukuppeilla voidaan nostaa ja kiinnittää kappaleita. Paino voi vaihdella muutamasta grammasta aina kymmeneen kilogrammoin saakka. Mikäli imukupin nostovoima ei riitä tai materiaaliin tulee tarttua useammasta kohdasta, voidaan valita useita imukuppeja. Imukuppi mitoitetaan normaalisti kaavalla 1. [8.]



Kuva 8. Imukupit

$$F = \Delta p \cdot A$$

$$F = \text{Kiinnitysvoima} \quad (1)$$

$$\Delta p = \text{Paine-ero}$$

$$A = \text{Imukupin pinta-ala}$$

Tulee muistaa, ettei paine-ero voi olla suurempi kuin 0,1 Mpa. Jos imukuppeja on useampia, tulee voima jakaa niiden kesken. Lisäksi laskennassa on voimalla syytä käyttää varmuuskerrointa (yleensä 2). [8.]

Työssä käytettiin imukuppeja kappaleen nostamiseen ruuvausasemaan ja ruuvien nostamiseen makasiinista ja edelleen kappaleeseen. Käytimme kahta erilaista imukuppia. Toinen on ruuvien nostoon tarkoitettu pienempi, ja toiset ovat kappaleen nostoon.

6 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

6.1 Yleistä

Ohjelmoitava logiikka (Programmable Logic Controller) eli PLC tai logiikka on pieni tietokone, jota käytetään tosiaikaisten automaatioprosessien ohjauksessa, kuten esimerkiksi koneen tai tehtaan kokoamislinjan ohjaamisessa. Yhdellä logiikalla voi helposti korvata satoja tai tuhansia aiemmin käytettyjä releitä ja ajastimia. Ohjelmoitavat logiikat otettiin käyttöön alun perin autoteollisuudessa, missä ohjelmistopäivitykset korvasivat ohjausjärjestelmien uudelleen johdotukset. [9.]

Ohjelmoitava logiikka on mikroprosessoripohjainen laite, jossa on joko modulaarisia tai integroituja tulo- ja lähtöportteja, joihin on kytketty kentällä olevia antureita (paine-, lämpötilamittauksia jne.) ja toimilaitteita (moottorin käynnistimiä, solenoideja, merkkivaloja, venttiilejä jne.). [9.]

Logiikka ohjaa toimilaitteita käyttäjän luoman paristovarmennettuun muistiin sijoitetun ohjelman ja sensoreiden antamien tietojen mukaisesti. Ohjelmoitavan logiikan toiminnallisuus on vähitellen kasvanut perinteisestä releiden korvaajasta ohjauskeskukseksi, joka hallitsee kehittyneen liikkeen ohjauksen, prosessin säädön, hajautetut hallintajärjestelmät ja tietokoneverkot. [9.]

Ohjelmoitavan logiikan ulkoisista liitännöistä käytetään yleisesti termejä tulo ja lähtö. Nimitys juontuu termistä I/O, input/output. Tuloporttien kautta logiikka saa tietoa järjestelmän tilasta, ja lähtöporttien kautta se voi ohjata järjestelmää. [9.]

Kenttäväylätekniikka (esim. ProfibusDP tai Modbus) mahdollistaa I/O:n hajauttamisen kentälle ja älykkäiden toimilaitteiden ja antureiden liittäminen logiikkaan, jolloin siirrettävät tietomäärät voivat olla suurempia kuin perinteisellä johdotetulla tekniikalla ja siirrettävä tieto voi olla jo kenttälaitteen oman älyn jalostamaa. [9.]

6.2 Omron CPM2A

Jokaiseen CPM2A-keskusyksikköön kuuluu RS-232C-liitäntä, jonka avulla keskusyksikkö voidaan helposti liittää esimerkiksi ohjelmitavaan päätteeseen koneen nopeaa ja helppoa tarkkailua tai asetusrvojen säätämistä ja muita tehtäviä varten. Yksinkertainen paikoittaminen pulssi-I/O-toiminnolla on toinen esimerkki edistyksellisistä ominaisuuksista ja lisäarvosta, jotka CPM2A tuo pienikokoisiin koneisiin. Irrotettavat riviliittimet helpottavat ylläpitoa. CPM2A käyttää samoja I/O-laajennusyksiköitä kuin CPM1A, joten järjestelmäkomponenttien jakaminen on helppoa ja edullista. [9.]

- Reaaliaikainen kellotoiminto
- 20–60 digitaalista I/O-liitäntää, joissa on irrotettavat liittimet
- Valmiina 20 kHz:n laskuritulo ja kaksi 10 kHz:n pulssilähtöä
- Kaksi sisäistä tietoliikenneporttia ovat vapaasti käytettävissä
- Digitaaliset, analogiset ja kenttäväylälaajennusyksiköt.

[9.]

7 ANTURIT

Useimmat anturit ovat sähköisiä tai elektronisia, mutta myös muuntyyppisiä antureita on olemassa. Anturi on muuntimen eräs sovellus. Anturit ilmaisevat mitattavan suureen suoraan (esimerkiksi elohopealämpömittari), tai se voidaan liittää jonkinlaiseen näyttölaitteeseen (esimerkiksi epäsuorasti A/D-muuntimen kautta tietokoneeseen) mittaustuloksen saamiseksi ihmisen ymmärtämään muotoon. Antureita käytetään paljon automaatioissa, esimerkiksi robotiikassa. [10.]

Antureissa on tuntoelin, johon mitattava ilmiö vaikuttaa. Mitattavan suureen arvot eli mittausarvot muunnetaan mittamuuntimella mittausviestiksi. Mittausviesti muunnetaan mittalähttimellä standardin mukaiseksi lähtöviestiksi. Koneen ohjausjärjestelmä muuntaa vastaanottamansa lähtöviestin mittaustulokseksi. Mittaustulos voi olla myös mittarin näyttämä. Mittaustuloksia käytetään hyväksi säädössä ja raportoinnissa. [11.]

Tyypillisiä antureita:

- Paineanturi, esim. pietsokideanturi
- lämpötila-anturi, esim. NTC-vastus
- paikka-anturi, esim. optinen pulssianturi
- nopeus-anturi, esim. takometri
- kiihtyvyytanturi, esim. pietsokideanturi
- voima-anturi, esim. venymäliuska-anturi.

[11.]

7.1 Mekaaninen rajakytkin

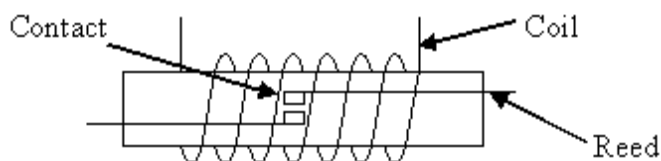
Mekaanisia rajakytkimiä käytetään yleisesti turvakytkiminä niiden perusluotettavuuden ansiosta. Sallittu kytkentätaajuus on vain 1 – 3 kytkentää sekunnissa ja tilanvaihtoon kuuluva aika on pitkäkö, 2ms – 10ms. Ilmoitettu elinikä on yleensä 10 – 30 miljoonaa kytkentää

Mekaaninen rajakytkin vaatii selvän kosketuksen toimiakseen. Kytkin tarvitsee minimissään vain kaksi johdinta. Toimintaperiaate on normaali sulkeutuva tai avautuva kytkin

7.2 REED-kytkin, magneettikytkin

Kuvan 9 REED - kytkimen toiminta perustuu suljettuun koteloon (tyhjiöön) suljetusta ferromagneettisesta kosketinparista. Kosketinpari saadaan johtavaksi ulkoisella magneettikentällä. [11]

- kytkentätaajuus maksimissaan: 4 – 40mm
- toimintataajuus maksimissaan: 1000 Hz
- kytkentä ja avautumisajat: 0.3 – 0.6 ms
- virrankesto 0.5 – 3 A (suuri kokoonsa nähden).



Kuva 9. REED-kytkin

7.3 Induktiivinen anturi

Anturissa on värähtelypiiri, jonka kela muodostaa tuntoelimen. Kun kelan käämiin syötetään vaihtojännite, kelan keskiosan läpi kulkee magneettikenttä. Johtavan materiaalin lähestyessä tuntopintaa pyörrevirrat aiheuttavat värähtelypiiriin kuormituksen ja värähtely vaimenee. Lähtöpiiri antaa lähtöviestin, joka kytkimen tyyppin mukaan vastaa avautuvaa tai sulkeutuvaa kosketintoimintoa.

Induktiivinen kytkin on kosketukseton anturi, mikä antaa paljon sovellusmahdollisuuksia ja takaa mekaanisen kestävyuden (kun anturiin ei törmätä). Sitä käytetään mm. liikkuvien työkappaleiden ja koneenosien paikantamiseen, kappaleiden laskentaan ja pyörimisnopeuden valvontaan.

Kytkimelle saatetaan ilmoittaa nimellistunnistusetäisyys, josta käytännössä enintään 80 % on varmaa toiminta-aluetta. Todellinen kytkentäetäisyys, joka on tavallisesti 2–20 mm ja erikoismalleilla 60–70 mm, joudutaan etsimään käsiteltävillä kappaleilla. Induktiivinen kytkin tunnistaa luotettavasti vain metalleja. Yleensä luvutut tunnistusetäisyydet vaativat tietyn suuruisen kappaleen ja päivittäisen tunnistuksen.

Anturi soveltuu jopa 5000 Hz kytkentätaajuudelle. Se on kytkentäetäisyydeltään tarkka, hinnaltaan edullinen (rajakytkimien luokkaa) ja tarjonta runsasta. Liitäntä ohjausjärjestelmään vaatii kaksi tai kolme johdinta anturityypistä riippuen. Toimintavalmiudesta kytkin tarvitsee jatkuvan jännitteensyötön värähtelypiiriin ja kuluttaa siten hieman tehoa. Suurimmat käyttöjännitteet ovat 24–50 VDC ja 250 VAC. Virrankesto on kytkintyyppin mukaan 100–700 mA.. Työssä käytettiin kuvan 10 Omronin induktiivista anturia. [13.]



Kuva 10 Induktiivinen anturi

8 LINEAARIJOHTEET

8.1 Lineaariliike

Yleisin tapa aikaansaada lineaariliike sähköllä on ollut käyttää pyörivää sähkömoottoria, johon on liitetty erilaisia mekanisme. Hihnat, ruuvit, ja hammastangot muuttavat pyörivän liikkeen edestakaiseksi liikkeeksi. Samalla myös energiaa kuluu hihnan ja hihnapyörän, ruuvin ja mutterin sekä hammaspyörän ja hammastangon välissä. Kaikki edellä mainitut osat ovat kuluvia osia ja vaativat huoltoa. Kukin osa on tietenkin hankittava ja asennettava erikseen.

8.2 Linearijohde LJ1H20

Työssä käytettiin SMC:ltä tilattua kahta kuvan 10 ja 11 mukaista lineaarijohdetta LJ1H20 ja LJ1H10, jotka yhdistettyinä toimivat x- ja y- suunnassa.



Kuva 10. LJ1H20



Kuva 11. LJ1H10

Linearijohdeet toimivat tarkkuuskuularuuvien avulla, joita ohjataan erillisillä servomoottoreilla. Tämäntyyppisillä lineaarijohdeilla saadaan aikaiseksi erittäin suuri tarkkuus ja kuormakestävyys.

9 ASI-VÄYLÄ

9.1 Yleistä ASI-väylästä

AS-interface on toimintaympäristö yksinkertaisten binääristen ohjausten toteuttamiseen. ASI-väylällä voidaan ohjata järjestelmää, jossa on rajakytkimiä, induktiivisia sensoreita ja yksinkertaisia toimilaitteita. Ohjaustoiminnot ovat yksinkertaisia päälle/pois, jolloin järjestelmässä kulkevan tiedon määrä on pieni. [12.]

9.2 Toimintaperiaate

ASI-väylässä yksi isäntä (master) ohjaa 31:tä renkiä (slave). Slave-asema on 4-bittinen ja ne voivat olla joko inputeja tai outputeja. Isäntä ja renkit kytketään toisiinsa tiedonsiirtokaapelilla, joka on rakenteeltaan tavallista parikaapelia. Kaapeli voi olla litteää keltaista ASI-parikaapelia, tai siinä voidaan käyttää muuta pinta-alaltaan vähintään 1,5 mm² johtoa. Keltainen standardikaapeli helpottaa väylän paikallistamista käytännön sovelluksissa. Kaapelia pitkin kulkee myös laitteiden tarvitsema virta. ASI-väylään liitettävät komponentit liitetään yksinkertaisesti ja nopeasti puristamalla ne suoraan kaapeliin kiinni. [12.]

Yhden isäntä-renki-parin suurin toimintaetäisyys on jopa 100 metriä. Renkiasemaan voidaan kytkeä neljä tuloa ja neljä lähtöä, jolloin yhden segmentin I/O-määrä voi olla jopa 248. Tuloilla ja lähdöillä voidaan ohjata ja valvoa yksinkertaisia antureita, rajakytkimiä, induktiivisia sensoreita ja toimilaitteita. [12.]

Järjestelmän ulottuvuutta voidaan parantaa asentamalla siihen toistin, jolloin siihen voidaan liittää uusi isäntä. ASI-väylän pituutta voidaan kasvattaa kahdella toistimella, jolloin sen maksimipituus on 300 metriä. Verkon rakenne on puumainen tai tähtimäinen, eli haaroja voidaan liittää mihin halutaan. [12.]

Master ohjaa renkejä sekä kommunikoi ohjauksen joko PC:n ohjauskortin, erillisen ohjaimen tai logiikan kanssa. Ohjauksen kautta ASI voi olla yhteydessä muiden kenttäväylien, kuten profibus tai can kanssa. [12.]

ASI on siis kehittyneemmän väylän pikku apulainen, joka hoitaa yksinkertaiset rutiinit. Slave kommunikoi masterin kanssa antureiden ja toimilaitteiden tilasta sekä syöttää niille tehoa. [12.]

Järjestelmän toimii 24 V:n jännitteellä, jolloin suurin virta on 8 A. Laitteille voidaan syöttää myös ulkopuolista virtaa. Järjestelmässä kulkee siis samaan aikaan ohjaustietoa bittimuodossa ja sähkövirtaa. [12.]

Väylää pitkin ei voi siirtää analogista tietoa, joten analogisia antureita ei voi suoraan käyttää järjestelmässä. Puutetta voidaan korvata käyttämällä älykkäitä antureita. On kuitenkin muistettava, että tiedonsiirtokapasiteetti on vain 4 bittiä. Älykkäät anturit voivat kerätä ennakkoivaa tietoa, kuten säätöpoikkeamia. [12.]

Älykkään anturin vaatimukseen kuuluu, että se kykenee itsenäisesti prosessoimaan mittaus-signaalia. Se voi olla ohjelmoitava eri tavalla prosessoimaan mittaussignaalia. Anturi kykenee päättämään ennalta annettujen ohjeiden perusteella uusia ratkaisuja tilanteisiin ja oppii niistä. [12.]

9.3 Tiedonsiirto väylässä

Väylä toimii tavallisen sarjaväylän periaatteella. Ohjattavat laitteet kytketään parikaapeliin, jossa bittipohjainen tieto välittyy jännitetason vaihteluna tietyllä kellotaajuudella. Tiedon siirto aloitetaan aloitusbitillä, jolloin jännitetaso pudotetaan yhden kellopulssin ajaksi nolnaan. ASI-väylässä isäntä lähettää viestin, jossa on kerrottu rengin osoite ja välitettävä viesti. Haluttu renki vastaa kiertokyselyn kiertoajan kuluttua, joka on 5 millisekuntia kaikkien 31 renkiaseman ollessa liitettynä järjestelmään. Vasteaika on pienempi, jos järjestelmässä on vähemmän renkejä. Kiertokyselystä käytetään myös nimitystä polling. Viestin jälkeen seuraa lopetusbitti, josta tiedetään viestin päätyneen. Siirretyn tiedon oikeellisuus varmistetaan pariteettibitillä. Jos tarkistus osoittaa viestin olevan puutteellinen, se lähetetään uudelleen. Siirretty tieto on Manchesterkoodattu (MAN), ja siirtoprotokolla on standardoitu, eli sanoman sisältö ja käytettävät käskyt on yksiselitteisesti määrätty. [12.]

9.4 Siirtonopeus

Väylän nopeus riippuu siihen liitettyjen I/O-liityntöjen määrästä. Kun kaikki liitynnät ovat käytössä, on vasteaika 5 ms. Taulukosta1 saadaan selville, että väylän siirtonopeus on pieni. 167 kbit/s, koska siirrettävät viestit ovat luokkaa laite päälle/pois. Vasteaika on nopea, ja se on lähellä ajoneuvoihin tarkoitettua C-luokan tosiaikaista tiedonvälitystä, jossa tiedonsiirtonopeus on vähintään 1 Mb/s. ASI-väylän taajuus on siis 167 kHz. [12.]

Taulukko 1. Teknisiä tietoja

Toimintaperiaate	Master-asema ohjaa kiertokyselyllä slave-asemien I/O-liityntöjen tilaa.
Siirtonopeus	Väylän nopeus on 167 kbit/s.
Liityntäkapasiteetti	Yhteen masteriin voidaan liittää 31 slavea, joissa on 4 tuloa ja 4 lähtöä eli yhteensä 248 I/O. Toistimen avulla voidaan tehdä kolmen masterin järjestelmä.
Kiertokyselyn aika 31:n slaven järjestelmässä	5 ms.
Topologia	Väylä on puumainen tai tähtimäinen.
Siirtotie	Parikaapeli. Samaa kaapelia käytetään energian ja tiedon siirtoon. Kaapelin enimmäispituus 100 m yhdellä master-asemalla.
Protokolla	ASI-standardi määrittää siirtoprotokollan.
Toimintajännite	24 voltia, suurin virta 8 A.
Koodaus	Viestit lähetetään Manchesterkoodattuina.
Ohjattavat toiminnot	Antureita, rajakytkimiä, induktiivisia sensoreita ja toimilaitteita.

10 FMS-SOLUN KOKOONPANO

10.1 Lähtötilanne

Lähtötilanteena oli koota ja asentaa FSM-ruuvaussolu jo olemassa olevaan FMS-linjastoon. Suurin osa komponenteista oli jo tilattu ja asennusta vaille valmiina.

Kokoonpanoprosessi alkoi tutustumalla Pekka Heikkisen tekemään insinööriyöhön, jossa oli tehty solun suunnitelma. Tämän jälkeen tutustuttiin jo tilattuihin komponentteihin ja näiden kytkentä ohjeisiin. Aloitustilanteessa suunnitelma ja komponenttiluettelo olivat jo valmiina.

10.2 Kokoonpanon valmistelu

Ensimmäinen askel oli vaihtaa solulle tarkoitettu pöytä. Entinen oli liian lyhyt tähän tarkoitukseen, joten tilasimme uuden alumiinisen T-urapöydän, leveydeltään 810 mm ja pituudeltaan 900 mm. Se on rakennettu kolmesta 270x19-profiilista, jotka kiinnitetään kahdella 19x32 profiililla päädyistä toisiinsa. Pöydän profiili ei kuitenkaan ollut aivan samanlainen, joten siihen jouduttiin poraamaan uudet kiinnitysreiät jalkoja varten. Tämä sujui harmittomasti ja jalat saatiin paikoilleen.

Pöytään täytyi kiinnittää myös solun ohjauslevy. Linjastossa jouduttiin siirtämään jo valmiiksi olevia paletin tunnistusantureita sekä mekaanista rajakytkintä, joka tunnistaa, kun paletti on asemassaan. Suunnitelmassamme nämä kytkimet tulevat eri kohtaan kuin alkuperäisessä ruuvausasemassa.

Toinen askel oli saattaa loppuun osien tilaukset. Osa osista puuttui vielä, joten kokoonpanoa ei voinut aloittaa. Kokoonpanon aloittamisen osalta tärkeimmät osat eli alumiiniset kiinnityslätkät puuttuivat. Koneistaminen osoittautui todelliseksi ongelmaksi, koska monikaan yritys ei ruvennut tekemään niin pieniä sarjamääriä.

Tässä vaiheessa tiedettiin, että aikataulu tulisi viivästymään. Osa yrityksistä lupasi 8 viikon toimitusaikaa. Lopulta valittiin kajaanilainen yritys, joka valmistaisi osat. Tässäkin tapauksessa valmistus kestää useita viikkoja koneistajien puutteen vuoksi.

Soluun kuuluu myös ruuvien kiristys, joten siihen täytyi valita ruuvain. Päädyimme tilaamaan EBL35-ruuvaimen, jossa on kaikki tarvittavat toiminnot projektiämme varten. Tilauksen yhteydessä sattui kuitenkin virheitä, koska maahantuoja oli pakannut vääränlaisen välikaapelin ohjausyksikön ja ruuvaimen välillä. Ei ollut muuta vaihtoehtoa kuin sopia johdon vaihtoperaatio.

Johdon vaihdettuamme päästiin testaamaan ruuvainta. Ruuvain toimi hyvin ja toiminnot olivat tarpeeksi monipuoliset. Ruuvain oli kuitenkin suhteellisen painava, 0,8 kg. Ruuvainyksikkö EBL35 päätettiin vaihtaa kevyempään samanlaiseen EBL03 -malliin.

Pöydässä olevasta ohjauslevystä puuttui kaksitoiminen kytkin, jolla voitiin valita, toimiiko laite manuaalisesti askel kerrallaan vai automaattisesti. ELFA:n luettelosta selattiin sopivia kytkimiä, ja tilasimme uuden entisen särkyneen tilalle.

10.3 FMS-solun kokoonpanon aloitus

Aloitimme Kokoonpanon kiinnittämällä lineaariyksiköiden kuvan 12 ohjausyksiköt.



Kuva 12. Lineaariliikkujien ohjausyksiköt

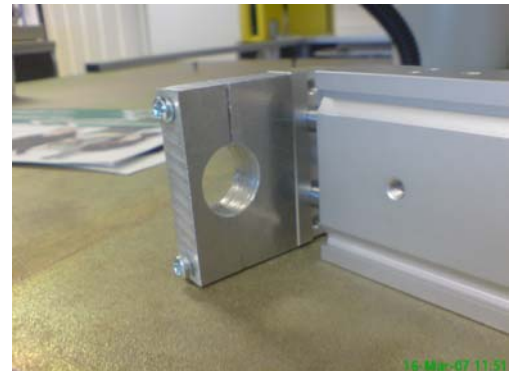
10.4 Lineaariliikkujan LJH120 kiinnitys

Lineaariliikkuja täytyy asettaa niin, että se ylettää siirtämään kappaleen halutusta paikasta ja ruuvata ruuvit omaan paikkaan.

Pöydässä olevat kiinnitysurat eivät sopineet LJ1H20-liikkujan mittoihin joten se kiinnitettiin läpipulteihin pöytään. LJ1H20-liikkujassa on läpipulteille kiinnitysmahdollisuus, jota varten jouduttiin aukaisemaan liikkujan kansi ja paikoittamaan kahdeksan kiinnityspaikkaa. Pöytään porattiin reiät ja liikkuja kiinnitettiin paikalleen.

10.5 Ruuvaimen kiinnitys

EBL03-ruuvaimen kiinnitys oli yksi ongelmakohta projektin toteuttamisessa. Tätä varten tehtiin kuvan 13 kiinnitysalusta ruuvainta varten. Alumiinilevystä leikattiin n. 10 mm paksuinen sylinterinkannan levyinen kappale, johon tehtiin ruuvaimen varren kokoinen reikä. Tämä kappale sahattiin keskeltä poikki, ja porattiin ruuveille kiinnitysreiät sylinterinkannan mukaan.



Kuva 13. Ruuvaimen kiinnitysmekanismi

10.6 Lineaariliikkujien yhdistäminen

Alumiiniosien saavuttua voitiin aloittaa varsinainen kokoonpano. Ensimmäiseksi koottiin lineaariliikkujien yhdistämiseen tarvittava kuvan 14 välikappale. Tämä koostui neljästä eri koneistetusta kappaleesta, jotka kiinnitettiin kuusiokoloruuveilla toisiinsa.



Kuva 14. Lineaariliikkujien välikappale

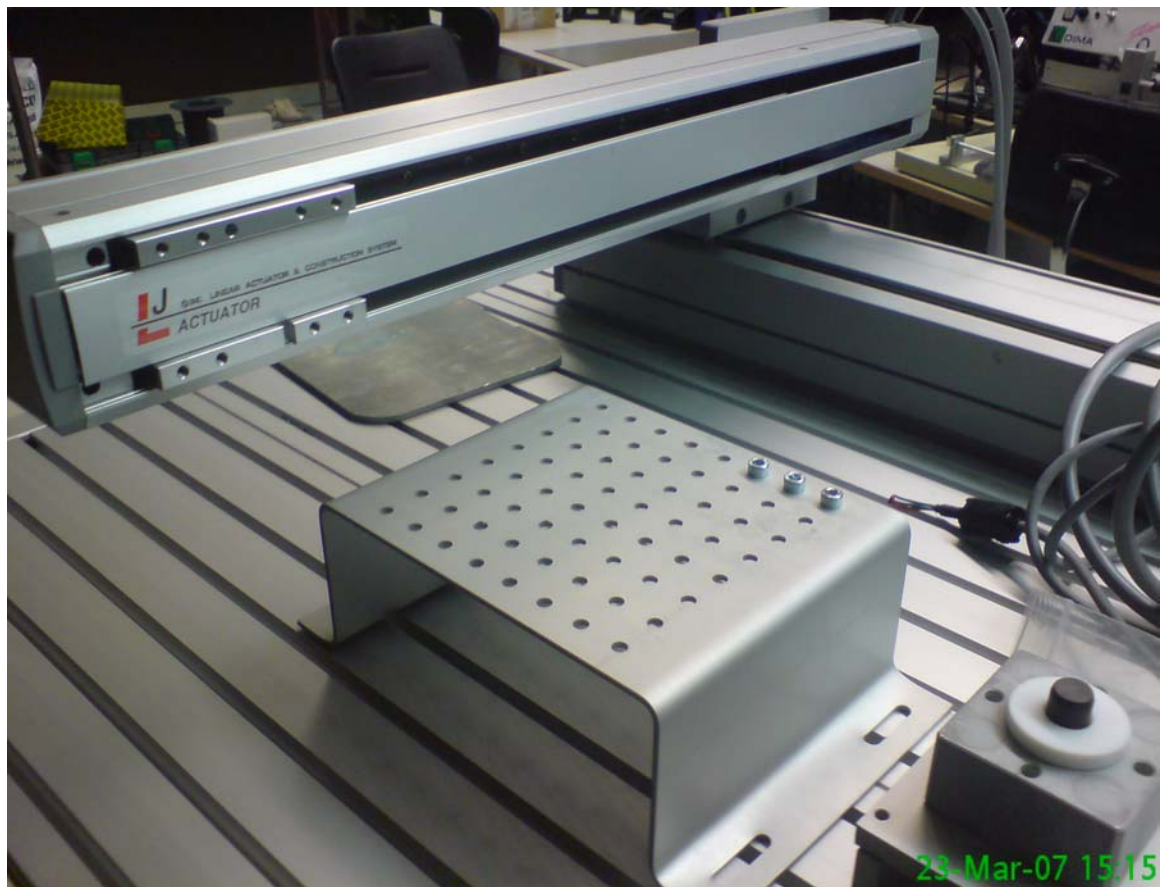
Lineaariliikkujat on saatava tarkasti oikeille paikoille, koska pelivaraa ei ole ylimääräistä. Liik-
keet ja alumiinikappaleet mitoitettiin hyvin tarkasti.

Tässä vaiheessa työtä huomattiin myös, että liikkujan LJ1H10 (ylempi) ohjaus- ja virtajohdo-
tukset tulivat väärältä suunnalta. Tätä varten on liikkujissa useita eri vaihtoehtoja johtojen
ulosviennille, joten johdot oli helppo siirtää haluttuun paikkaan.

Lineaariliikkujissa on itsessään hyvin toimivat kiinnityspaikat. Pienemmässä LJ1H10-liikkujassa on pohjassa liikuteltavia vastakierrekappaleita, joiden avulla on helppo paikoittaa kiinnitys. Isommassa LJ1H20-liikkujassa on kiinteät läpivientireiät.

10.7 Makasiini

Makasiini täytyy paikoittaa siten, että lineaariliikkuajat ylettävät hakemaan ruuvin ja viemään sen työkappaleeseen. Makasiini sijoitetaan kuvan 15 mukaan.



Kuva 15. makasiinin sijoitus

Makasiinissa on 64 reikää ruuveja varten. Jokainen reikä on kokoa M5, joka on myös ruuvin koko. Ruuvi tulee nostaa pystysuoraan pois reiästä, ettei se tartu kiinni. Tämän takia makasiinin tulee olla tarkasti vaakasuorassa.

10.8 Kääntöpöydän kokoaminen

Kääntöpöytä koostuu alumiiniprofilista, kääntöpöydästä, hammashihnatangosta, imukupinrungosta ja imukupista. Kokoaminen aloitettiin kiinnittämällä alumiiniprofiili sille koneistettuun jalustaan. Tämän jälkeen kiinnitettiin kääntöpöytä alumiiniprofiiliin kuvan 16 mukaisesti.



Kuva 16. kääntöpöytä

Kääntöpöytä pitää sijoittaa siten, että sen toimintasäde riittää nostamaan kappaleen tuotantolinjalta. Tätä varten pöytää piti käyttää paikallaan ja kokeilla, mihin kohtaan kääntöpöytä pitää sijoittaa.

Kiinnitys on suunniteltu siten, että alumiinijalustaa on helppo liikutella. Näin ollen paikoitus on paljon helpompaa.

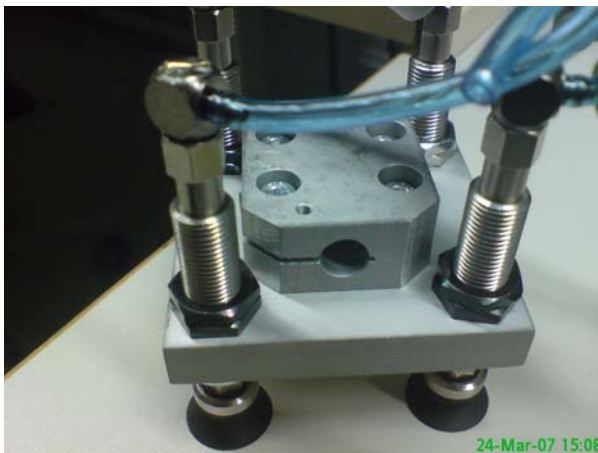
10.9 Kappaleen nostaminen linjastolta

Kappaleen nostaminen tapahtuu alipaineen avulla. Tässä tapauksessa käytämme neljää imukuppia, jotka tarttuvat kiinni nostettavaan kappaleeseen. Kytkimme imukupit sarjaan, joille tuotamme alipaineen alipaine-ejektoreilla. Näitä ohjataan logiikan avulla sähköisillä venttiileillä. Koneistetuissa osissa oli mukana imukupeille tarkoitettu kuvan 17 mukainen alusta, johon kiinnitimme neljä imukuppia.



Kuva 17. Imukuppien kiinnitys

Imukupit on saatava tarkasti samalle korkeudella ja tasaisesti. Alipaine onnistuu vain, jos ilma ei pääse karkaamaan mistään kohtaa. Seuraavaksi kiinnitettiin kääntöpöytään tuleva akselipesä. Tämä ei aluksi sopinut imukuppien väliin, vaan sitä jouduttiin hiomaan, kuten kuvasta 18 voi huomata.

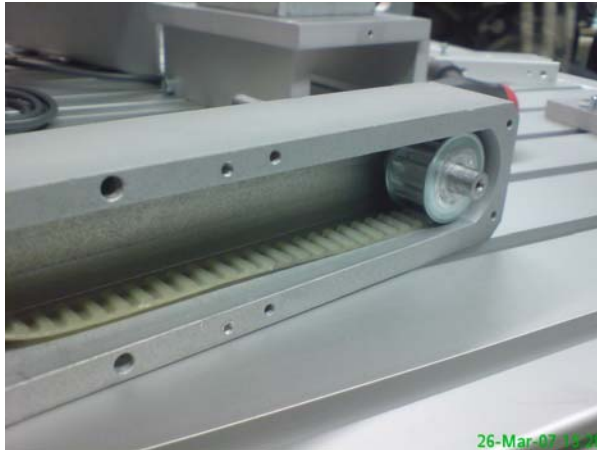


Kuva 18. Akselipesä

Hammashihnatangossa oleva akseli kiinnitetään akselipesään puristamalla halkaistu alumiinikiinnike sen ympärille. Akseli ei saa päästä pyörimään, jotta imukupit pysyvät koko liikkeen vaakatasossa.

10.10 Hammashihnapyörä

Kuvan 19 hammashihnapyörä koottiin seitsemästä eri osasta. Siihen kuuluu alumiinikotelo, alumiininen kansi, kaksi hammashihnapyörää, hammashihna ja kaksi akselitappia. Hammashihnapyörän tarkoitus on pitää imukuppipöytä vaakatasossa koko liikkeen ajan.



Kuva 19. Hammashihnapyörä avattuna

10.11 Alipaineen kehittäminen

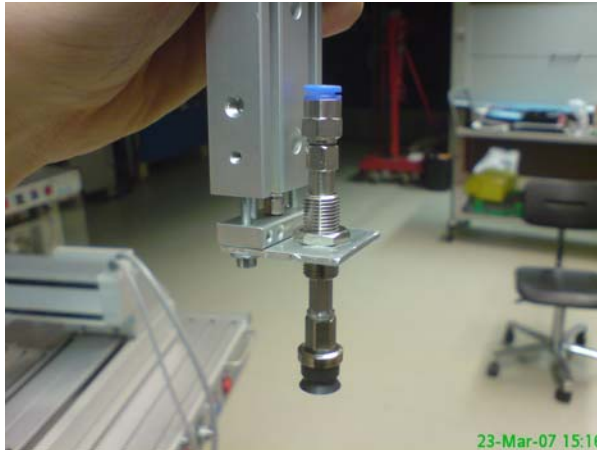
Alipaine kehitetään ejektorin avulla, jota seurataan alipaineanturin avulla. Tätä varten koottiin kuvan 20 mukainen rakennelma, jolla saatiin hoidettua alipaineen kehittäminen ja sen seuranta.



Kuva 20 Alipaine-ejektori ja anturi

10.12 Imukupin kiinnitys sylinteriin

Imukuppia varten jouduttiin tekemään erillinen alumiinilevy, johon teimme imukuppia ja sylinterin kantaa varten sopivat kiinnitysreiät kuvan 21 mukaisesti.



Kuva 21. Imukupin kiinnitys

Imukupin paikoitus on todella tärkeä. Sylinterin liike on rajallinen, joten sylinteri pitää paikoittaa oikealle korkeudelle liikkajaan. Tämä riippuu makasiinin korkeudesta ja siitä kuinka korkealle jää nostettavien ruuvien kanta. Imukupissa on kuitenkin muutaman sentin joustovara.

10.13 Sylinterin kiinnitys lineaariliikkajaan

Imukupilla varustettu sylinteri kiinnitetään LJ1H10 liikkajaan erillisen alumiinilevyn avulla. Tämä kuvan 22 kappale oli miltei mahdoton koneistaa etukäteen, koska sylinterin paikat pitää mitata niiden ollessa koottuna.

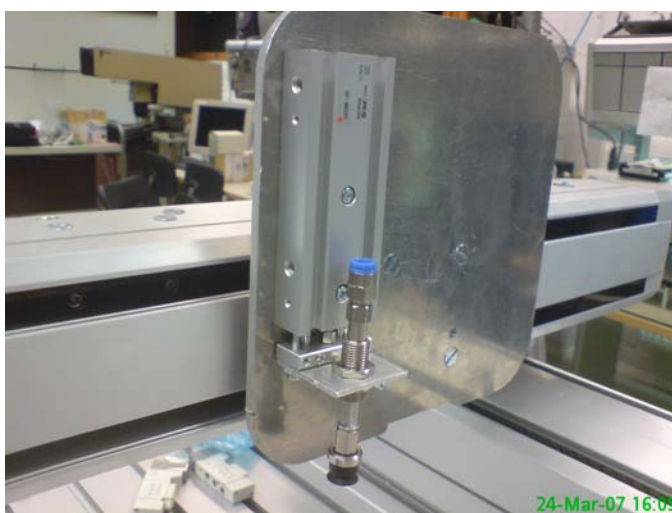


Kuva 22. Alumiininen kiinnityspala

Tämän kappaleen valmistuksen jälkeen asetettiin muut tarvikkeet (makasiini ja paletti) paikalleen ja mitattiin sopiva paikka sylinterille. Paikoituksessa oli tärkeää, että sylinteri ylettää tekemään tarvittavat liikkeet.

Kuvassa 23 on sylinteri kiinnitettyä omalle paikalleen. Sylinteri ylettää nostaa ruuvimaksiniinista ja siirtää sen sille tarkoitettuun paikkaan työkappaleessa.

Alumiinilevyyn olisi ollut suotavaa jyrsiä kiinnitysuraat sylinteriä varten. Näin olisi helpotettu sylinterin paikoitusta, mutta laitteisto tämän suorittamiseen ei ollut riittävä sillä hetkellä. Sylinteri täytyi mitoittaa hieman tarkemmin ja tehdä vain yhdet kiinnitysreiät.



Kuva 23. Sylinterin kiinnitys

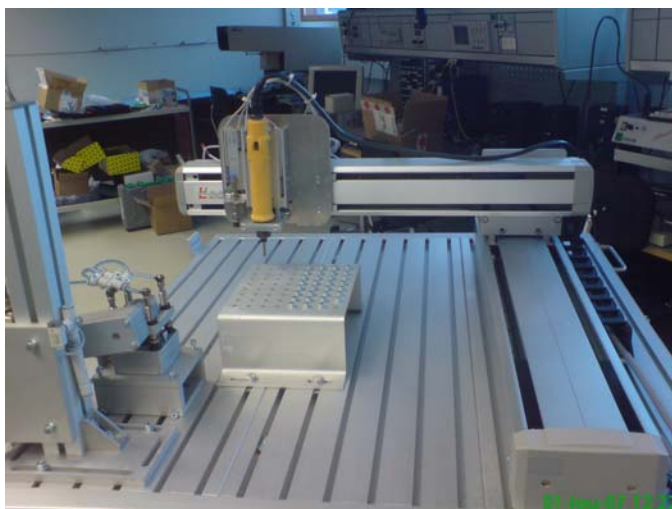
10.14 Ruuvaimen kiinnitys lineaariliikkujaan

Ruuvain kiinnitetään lineaariliikkujaan sylinterin avulla kuvan 24 tavalla. Sylinteri suorittaa ruuvaimen z-suuntaisen liikkeen. Sylinteri tulee kiinnittää tarpeeksi ylös alumiinilevyyn, jotta ruuvaimen kärki nousee tarpeeksi ylös. Kiinnitin ruuvaimen teholähteen lineaariliikkujen taakse. Välijohdot kuljetetaan muovisuojaa pitkin lineaariliikkujan kärkeen ja edelleen ruuvaimen.



Kuva 24. Ruuvaimen kiinnitys

Insinööryöstä saatiin kuvan 25 mukainen tulos. Kaikki mekaaniset osat ovat paikallaan ja valmiina ohjelmoitavaksi.



Kuva 25. Toimintalaitteiden asettelu

11 KOKOONPANON ARVIOINTI

Kokoonpano alkoi huonoissa merkeissä, koska suurin osa tilatuista kappaleista puuttui. Tästä johtuen aloitin kokoonpanon tilaamalla puuttuvat kappaleet. Alumiiniosien koneistajaa oli vaikea löytää, koska kyseessä oli 15 erilaista yksittäistä alumiiniosaa. Tämä tuotti koneistajille paljon töitä, koska jokainen osa oli tehtävä erikseen. Vaihdoin myös alun perin suunnitellun ruuvaimen EBL35 pienempään ja kevyempään vaihtoehtoon EBL03, koska toiminnot olivat riittävät ja paino väheni kolmasosan.

Ruuvaimen kanssa tuli uskomattoman paljon ongelmia. Aluksi ruuvaimen ja ohjausyksikön välikaapeli oli vääränlainen. Tämä saatiin kuitenkin korjattua maahantuojaan (Atlas Copcon) kanssa. EBL03:n saavuttua huomasin laitteessa olevan vian. Ruuvaimen painokytkin oli epä-kunnossa. Jouduin lähettämään ruuvaimen huoltoon. Lopulta sain onneksi ruuvaimen toimimaan.

Kun alumiiniosat saatiin vihdoin koneistettua ja anodisoitua, pääsin aloittamaan itse kokoonpanon. Koneistamossa oli kuitenkin tapahtunut virhe ja kaksi osaa oli jäänyt koneistamatta, kääntöpöytään tarvittavat kaksi tappia. Tilasin nämä osat eri yhtiöltä toimitusaikojen takia. Osassa kappaleista oli suunnitteluvirheitä ja näitä jouduttiin muokkaamaan koulun omassa pajassa.

Hammashihnapyörän kokoamisessa tuli suuri ongelma, koska tarttujan päästä puuttui laakerointi. Tämä aiheutti sen, että imukuppipöytä ei päässyt pyörimään vapaasti. Toiminnan kannalta on tärkeää saada liike toimimaan sujuvasti ilman ongelmia. Aikataulun takia jouduin jättämään laakeroinnin suunnittelun ja tilaamisen seuraavaan opinnäytetyöhön.

Omana arviona voin todeta, että aluksi helpon tuntuksessa projektissa ilmeni todella paljon ongelmia ja työn laajuus kasvoi päivä päivältä suuremmaksi. Tämä toi kuitenkin paljon kokemusta siitä kuinka toimia yritysten kanssa. Opin myös paljon mekaniikasta ja omakätisestä työstä. Työ oli mielestäni hyvin mielenkiintoinen ja todella opettava. Projektiiin kuului niin paljon eri osa-alueita mekaniikasta pneumatiikkaan.

Jatkokehitys suunnitelma

Työn kokoonpano jatkuu laakeroinnin suunnittelulla. Imukuppipöydän akseliin täytyy etsiä sopiva laakeri, joko suoraan alan liikkeestä tai tilaamalla. Alumiinikotelossa oleva reikä täytyy suurentaa sopivaksi laakerin mittoihin tai koneistaa uusi alumiinikotelo. Seuraavaksi täytyy asentaa paineletkut pneumaattisille komponenteille. Projekti jatkuu kytkemällä lineaariliikkujat ruuvainpöydässä olevaan virtaliitäntään. Tämän jälkeen kytketään logiikka ja testataan antureiden toimivuus ja kytkentä logiikan avulla.

Logiikka ohjelmoidaan CX-programmerilla kytkentäkaapelin avulla. Vastaavista soluista voidaan ottaa valmis ohjelma, joista ottaa mallia. Ohjelmointiin löytyy paljon ohjeita ja tietoa koululta. Ohjelman valmistuttua testataan koneen toiminta ja mahdolliset viimeistelysäädot kokoonpanossa.

12 YHTEENVETO

Insinöörityön tarkoituksena oli FMS-ruuvaussolun kokoonpano ja ohjelmointi. Työn kuvaan kuului osien tilauksien loppuunsaattaminen ja oikeaksi todentaminen. Työstä oli tarkoitus saada toimiva kokonaisuus ja valmis linjastoon liitettäväksi. Työ vaati automaatiokomponenttien toimintaperiaatteiden ja asennustapojen opiskelua. Työssä suureksi osaksi osoittautui myös kappaleiden tilaaminen.

Työssä etsittiin ratkaisu ruuvaussolun toteuttamiseksi opiskelijavoimin. Työn suunnittelu ja kokoonpano onnistui hyvin, mutta suurimmat ongelmat johtuivat muista syistä. Kappaleiden hankkiminen ja koneistaminen oli todella aikaa vievä prosessi. Solusta tuli kuitenkin kokoonpanollisesti toimiva kokonaisuus ja kustannukset jäivät todennäköisesti huomasti valmiiksi tilattua halvemmaksi.

Työ oli hyvin mielenkiintoinen suorittaa ja tämä antoi minulle paljon itsevarmuutta ja kokemusta projektin suorittamisesta, vaikka työ jäikin hieman keskeneräiseksi. Työn loppuvaiheessa huomattiin työn laajuuden kasvavan liian isoksi, jos siihen liitetään laitteiden toiminnan ohjelmointi. Työ sisälsi paljon haasteita ja ongelmatilanteiden ratkaisukykyä.

Työ koostuu kahdesta lineaariliikkujasta LJ1H10 ja LJ1H20, jotka yhdistämällä yhdeksi kokonaisuudeksi saadaan aikaiseksi X- ja Y-suuntainen liike. Kappaleen siirto tuotantolinjalta työasemaan tapahtuu kääntöpöydän avulla. Ruuvien ruuvaus toteutetaan erillisin ruuvaimen avulla. Nämä ovat solun pääkomponentit, joiden ympärille rakennettiin valmis automaattinen kokonaisuus. Työn rajaamisen tuloksena työstä saa vielä yhden insinöörityön, johon kuuluu toiminnan ohjelmointi ja kytkeminen.

LÄHTEET

1. Fastems [pdf dokumentti]. Saatavilla.
http://www.fastems.com/education/fms_ajokortti
Luettu 12.09.2007
2. Fastems opiskelumateriaali. Saatavilla.
http://www.fastems.com/education/fms_ajokortti/romppumateriaali/teoria_ajokortti/
Luettu 15.06.2007
3. Kajaanin ammattikorkeakoulu oppimateriaali. Saatavilla.
<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/nctekniikka>
Luettu 10.06.2007
4. Wikipedia vapaa tietosanakirja. Saatavilla.
http://fi.wikipedia.org/wiki/Numeerinen_ohjaus
Luettu 11.06.2007
5. Wikipedia vapaa tietosanakirja. Saatavilla. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Paineilma>
Luettu 15.06.2007
6. SMC pneumaattinen info. Saatavilla. <http://www.tec.sci.fi/pdf/372003.pdf>
luettu 12.09.07
7. Jaakko Fonselius, Pneumatiikka. Saatavilla. Edita Oy, Helsinki 1997, ISBN 951-37-2225-2
8. SMC pneumatics Finland OY. Saatavilla. <http://www.tec.sci.fi/smcfield/>
Luettu 13.09.2007
9. Wikipedia vapaa tietosanakirja. Saatavilla.

http://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmoitava_logiikka

Luettu 17.05.2007

10. Wikipedia vapaa tietosanakirja. Saatavilla. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Anturi>

Luettu 17.05.2007

11. Kajaanin ammattikorkeakoulun opiskelumateriaali. Saatavilla.

http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/HonHar/ma/ELE_A%20N%20T%20U%20R%20I%20T.pdf

Luettu 13.09.2007

12. Fluid power Finland [www dokumentti]. Saatavilla

http://www.fhpa.fi/fpf/arkisto/_seminarit/index.php?p=seminarit&l=20011014asi_vayla

Luettu 15.06.2007

13. PDF dokumentti. Saatavilla. <http://ameba.lpt.fi/~ahonjuss/mek02/Antureita.pdf>

Luettu 29.11.2007

LIITTEIDEN LUETTELO

LIITE 1. OSALUETTELO

LIITE 2. LJ1 LINEAARILIIKKUJAT

Tarvittujen osien tilauslista

Kappale	Toimittaja	Tilausnumero	Määrä
Nostolaite			
Kääntöpöytä	SMC	MSQB50A	1 KPL
Imukuppi	SMC	ZPT16CNK10-B5-A10	4 KPL
Ejektori	SMC	ZU07S	1 KPL
Reed anturi	SMC	D-A93L	3 KPL
Alipainekeytkin	SMC	PS-1100-R06L	2 KPL
Lineaarijohde			
LJ1H20	SMC	LJ1H20*22PA-400-F-X10	1 KPL
Sylinterit			
Kaksoismäntäsylinteri	SMC	CXSM20-50	1 KPL
Kaksoismäntäsylinteri	SMC	CXSM6-50	1 KPL
Reed anturi	SMC	D-Z73L	4 KPL
Imukuppi	SMC	ZPT10CNK10-B5-A10	1 KPL
Ejektori	SMC	ZU05S	1 KPL
Alipainekeytkin	SMC	PS-1100-R06L	1 KPL
LC8 Kaapelit/Liittimet			
Haaroitusliitin	SMC	LC8-1-MP	2 KPL
Sarjaan liitoskaapeli	SMC	LC8-1-C2	1 KPL

Venttiilit

Monostabiili 5/2	SMC	SY3160-5LOU-M5-Q	4 KPL
5/3 kesk.as.suljettu	SMC	SY3360-5LOU-M5-Q	1 KPL
Ryhmäasennusarja	SMC	SS5Y3-60-05D-Q	1 KPL

Ruuvain

EBL03SS	Atlas copco	8431 0170 33	1 KPL
Kuusiokulmakärki	Atlas copco	4023 0820 00	1 KPL

Logiikka

Omron	Omron	CPM2A-60CDR-D-NL	1 KPL
Indukt. Anturi	Omron	E2A-M12KN08-WP-B1 2M	1 KPL

Alumiiniprofiilit

Alumiiniprofili 45x45	Drivematic	P.4545.L	1 KPL
Peitelevy45x45	Drivematic	C.4545	1 KPL
Kulmatuki	Drivematic	K.1840	2 KPL

LJ1 tekniset tiedot.

Single Axis Electric Actuator Series LJ1

Two Types of Guide and Three Types of Lead Screw

LJ1H/High Rigidity Direct Acting Guide LJ1S/Slider Guide

High rigidity
High rigidity achieved by the use of a hollow box type aluminum construction.

Model	Sectional secondary moment		W	H	
	$I_x \text{ cm}^4$	$I_y \text{ cm}^4$			
Linear guide	LJ1H10□□	7	48	70	24.7
	LJ1H20□□	40	374	122	44.8
	LJ1H30□□	84	836	151	55
Slider guide	LJ1S10□□	15	52	70	36
	LJ1S20□□	60	402	122	56.3
	LJ1S30□□	177	1000	151	73.3

High

Positioning accuracy

Low

Work load/Allowable moment

Low → **High**

- Work load**

Slider guide	5 to 20 kg
High rigidity direct acting guide	10 to 60 kg
- Positioning repeatability**

Slide screw	±0.1 mm
Rolled ball screw	±0.05 mm
Ground ball screw	±0.02 mm

LJ1H
High rigidity direct acting guide + Ground ball screw

LJ1H
High rigidity direct acting guide + Rolled ball screw

LJ1S
Slider guide + Slide screw

LJ1H
High rigidity direct acting guide + Slide screw

Low noise (slide screw type)
Slide screw + Slider guide: 47 dB (LJ1S)
Slide screw + Linear guide: 53 dB (LJ1H)

Cable entry is possible from 5 directions

Table traveling accuracy

Model	Traveling accuracy / 300mm	
	C side against A side	D side against B side
LJ1H10	0.07 or less	0.07 or less
LJ1H20	0.06 or less	0.03 or less
LJ1H30	0.03 or less	0.09 or less
LJ1S10	0.015 or less	0.12 or less
LJ1S20	0.1 or less	0.1 or less
LJ1S30	0.1 or less	0.1 or less

Variations

Series	Motor type	Guide type	Mounting orientation	Lead screw type	Made to order
LJ1H10	SMC Standard motor [Tamagawa Seiki Co., Ltd.]	High rigidity direct acting guide	Horizontal	Ground ball screw Rolled ball screw Slide screw	Clean room Dust cover CABLEVEYOR
LJ1H20					
LJ1H30					
LJ1S10	Non-standard motor [Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.] [Mitsubishi Electric Corporation] [Yaskawa Electric Corporation]	Slider guide	Horizontal	Slide screw	Dust cover CABLEVEYOR
LJ1S20					
LJ1S30					

CABLEVEYOR is made by TSUBAKIMOTO CHAIN CO.

Two mounting styles T-slots enable highly flexible mounting.

Bottom mount

Top mount

(Except LJ1H10/LJ1S10)