

Jouni Lepistö

KEITTIÖKALUSTEIDEN KULUTUKSENKESTÄVYYDEN
TESTAUSLAITTEISTO

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2016

KEITTIÖKALUSTEIDEN KULUTUKSENKESTÄVYYDEN TESTAUSLAITTEISTO

Lepistö, Jouni
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Syyskuu 2016
Ohjaaja: Tuomela, Jorma
Sivumäärä: 39
Liitteitä: 5

Asiasanat: testauslaitteet, servotekniikka, keittiökalu

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja rakentaa automaattinen testauspenkki keittiökalu

teiden kulutuksenkestävyyden testaukseen. Työn tilaajana toimi Puustelli Group Oy.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käydään läpi testauksessa huomioitavien keittiökalu

teiden mittoja ja liikeratoja, sekä selvitetään millä komponenteilla liikeradat voitaisiin mahdollisesti toteuttaa. Näistä komponenteista valitaan parhaiten lineaarisen liikkeen toteutukseen soveltuvat osat, jotka sitten hankitaan.

Opinnäytetyön käytännön osiossa käsitellään osien hankintaprosessia sekä laitteen rakentamisen eri vaiheita sekä ohjelman luomista.

TESTING EQUIPMENT FOR DURABILITY TESTING OF KITCHEN FURNITURE

Lepistö, Jouni

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Technology

September 2016

Supervisor: Tuomela, Jorma

Number of pages: 39

Appendices: 5

Keywords: test equipment, servo technology, kitchen furniture

The purpose of this thesis was to design and build automatic test equipment for durability testing of kitchen furniture. The project was commissioned by Puustelli Group Oy, which is kitchen furniture manufacturer in Harjavalta.

A theoretical part considers measurements and movements of furniture which may be tested, and also which components are best suited for implementations of movements. Of these components were selected best suitable parts for linear movements, which were purchased.

In practical section of the thesis are considered about components purchasing process and various stages of building process of the test equipment and the creating of software.

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 6 |
| 2 | TAUSTATIETOA..... | 7 |
| 2.1 | Puustelli Group Oy | 7 |
| 2.2 | Kalusteiden testaus Puustelli Group Oy:ssä | 7 |
| 3 | TESTAUKSEN PERUSTEET | 8 |
| 3.1 | Standardin vaatimukset..... | 8 |
| 3.1.1 | Ovien kulutuksenkestävyys | 8 |
| 3.1.2 | Laatikoiden kulutuksenkestävyys..... | 8 |
| 3.2 | Asiakkaan toiveet..... | 8 |
| 4 | KALUSTEET | 9 |
| 4.1 | Sivusaranoitu kaapinovi..... | 9 |
| 4.2 | Liukuovi..... | 10 |
| 4.3 | Ylöspäin aukeava sarana..... | 10 |
| 4.4 | Laatikko | 11 |
| 5 | LIIKERADAT | 12 |
| 5.1 | Sivusaranoitu ovi | 12 |
| 5.2 | Liukuovi..... | 12 |
| 5.3 | Taiteovi | 13 |
| 5.4 | Yläsaranoitu ovi..... | 14 |
| 5.5 | Laatikko | 14 |
| 6 | VAIHTOEHDOT LIIKERATOJEN TOTEUTTAMISEEN | 14 |
| 6.1 | Lineaarinen liike | 14 |
| 6.1.1 | Sähköinen lineaariyksikkö..... | 15 |
| 6.2 | Sivusaranoitu ovi | 16 |
| 6.2.1 | Kaksitoiminen paineilmasylinteri..... | 16 |
| 6.2.2 | Sähköinen kääntöpöytä..... | 17 |
| 6.3 | Ylöspäin aukeavat kaapinovet | 19 |
| 6.3.1 | Kaksitoiminen paineilmasylinteri..... | 19 |
| 7 | ENSIMMÄINEN HANKINTAESITYS | 20 |
| 7.1 | Sähköinen lineaariyksikkö | 21 |
| 7.2 | Ohjelmoitava logiikka..... | 21 |
| 7.3 | Operointipaneeli..... | 22 |
| 8 | TOINEN HANKINTAESITYS | 23 |
| 8.1 | Koneautomaatio-ohjain..... | 24 |

| | | |
|-----|--|----|
| 8.2 | Servokäyttö | 25 |
| 8.3 | Operointipaneeli..... | 26 |
| 8.4 | Lineaarijohde | 26 |
| | 8.4.1 SMC Pneumatics Oy | 26 |
| | 8.4.2 Festo | 27 |
| 9 | OSIEN HANKINTA | 28 |
| 10 | KOKOONPANO..... | 29 |
| | 10.1 Kotelon kokoonpano..... | 29 |
| | 10.2 Muutokset kokoonpanossa..... | 31 |
| | 10.2.1 Kotelon jäähdytys | 31 |
| | 10.2.2 Turvareleen lisäys | 31 |
| | 10.2.3 24VDC johdonsuojakatkaisija | 32 |
| | 10.3 Kotelon lopullinen kokoonpano..... | 32 |
| 11 | OHJELMOINTI | 34 |
| | 11.1 Sysmac studio | 35 |
| | 11.2 Hardware konfiguraatio | 35 |
| | 11.3 Ohjelman luominen..... | 36 |
| 12 | LOPPUSANAT | 38 |
| | LÄHTEET | 39 |
| | LIITTEET | |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Puustelli Group Oy:lle ja työn tavoitteena oli suunnitella testipenkki keittiökalusteiden kulutuksenkestävyyden testaukseen. Merkittävin toive yrityksen puolelta oli, että testipenkki olisi muokattava ja että siitä löytyisi riittävästi säätöjä siten, että se soveltuisi mahdollisimman hyvin erityyppisten sekä erikokoisten kalusteiden testaamiseen.

Testattavia kalusteita on neljää eri tyyppiä; normaali sivusaranoitu kaapinovi, liukuovi, yläsaranoitu kaapinovi sekä vetolaatikko. Testauksen perusteena on ensisijaisesti tarkoitus noudattaa SFS 4969:1983-standardia, joka määrittelee asunnon kiintokalusteiden toiminnalliset ominaisuudet, testausmenetelmät sekä vaatimukset.

Myöhemmässä palaverissa yrityksen tuotekehityspäällikkö Toni Suomisen kanssa keskustelimme siitä, että kaikki yläsaranoitujen sekä sivusaranoitujen kaappien mekanismit tulevat keittiökalusteita ja mekanismeja valmistavalta Blumilta ja he ovat testanneet tuotteet. Näin ollen mekanismien uudelleen testaus on näiden tuotteiden osalta melko tarpeetonta ja kannattaisi keskittyä pääasiassa erilaisten laatikkomekanismien sekä liukuovien testaamiseen. Tästä syystä opinnäytetyössä keskitytään pääasiassa lineaaristen liikkeiden testaukseen ja käydään vain kevyesti läpi Blumin mekanismeja sisältävien tuotteiden testaus, kuten yläsaranoitut kaapit.

2 TAUSTATIETOA

2.1 Puustelli Group Oy

Puustelli Group Oy on Suomen johtava keittiökalusteiden valmistaja. Puustelli Group Oy kuuluu Harjavalta-konserniin ja se sijaitsee samalla paikalla Harjavallan Merstolassa, johon aikanaan perustettiin nykyinen emoyhtiö Harjavalta Oy. (Puustelli Group Oy:n www-sivut 2016)

Harjavalta-konserni on suomalainen perheyhtiö joka on perustettu vuonna 1920. Konserniin kuuluu Puustelli Group Oy:n lisäksi Kastelli-talot Oy. Konserni työllistää verkostoineen yhteensä noin 2000 henkilöä ja vuonna 2014 konsernin liikevaihto oli noin 240 miljoonaa euroa. (Puustelli Group Oy:n www-sivut 2016)

Puustelli-keittiöt ovat vuosia olleet alansa markkinajohtaja kotimaassa ja tuotteet ovat tunnettuja korkeasta laadustaan ja kestävydestään. Puustelli-keittiöitä myydään vuosittain noin 10 000 kappaletta. (Puustelli Group Oy:n www-sivut 2016)

2.2 Kalusteiden testaus Puustelli Group Oy:ssä

Puustelli Group Oy:ssä on kiinnitetty huomiota keittiökalusteiden testaamiseen ja yrityksellä on oma testauslaboratorio erilaisia testejä varten. Laboratoriossa testataan muun muassa hyllyjen taipumista määrättyllä kuormalla, hyllyjen kannattimien lujuutta sekä eri pintamateriaalien kestävyyttä joutuessa alttiiksi erilaisille nesteille ja kuiville aineille.

3 TESTAUKSEN PERUSTEET

3.1 Standardin vaatimukset

Testipenkin suunnittelu käytännössä aloitettiin tutustumalla standardiin SFS 4969:1983, joka määrittelee tarkemmin asunnon kiintokalusteiden testausmenetelmät ja vaatimukset. Tämän pohjalta alettiin suunnitella testipenkin toiminnallisuuksia ottaen huomioon myös asiakkaan toiveet.

3.1.1 Ovien kulutuksenkestävyys

Standardin ohjetiedosto määrittelee että ovilevyn ja sen saranoiden tulee kestää vaurioitumatta 40 000 aukaisukertaa. Testauksen jälkeen oven tulee toimia moitteettomasti. Ovilevyn pystysuora siirtymä kalusteen runkoon verrattuna saa olla enintään 1,0 mm sen alkuperäiseen sijaintiin nähden, oven ollessa suljettu.

Ovien kulutuksenkestävyyden määrittelevää standardia sovelletaan sivusaranoituihin oviin, liukuoviin sekä yläsaranoituihin oviin. (SFS 4969:1983 4.1)

3.1.2 Laatikoiden kulutuksenkestävyys

Kulutuksenkestävyys testissä laatikko kuormitetaan $0,25 \text{ kg/dm}^3$ suuruisella kuormalla. Laatikkoa aukaistaan $2/3$ sen kokonaissyvyydestä ja sen tulee kestää vaurioitumatta 20 000 aukaisukertaa. Testauksen jälkeen laatikon etusarjan pystysuora siirtymä sen alkuperäiseen sijaintiin verrattuna saa olla enintään 1,0 mm. (SFS 4969:1983 5.1)

3.2 Asiakkaan toiveet

Aloituspalaverissa Puustelli Group Oy:n tuotekehityspäällikön käydyssä keskustelussa perusteella kävi ilmi, että testipenkin tulisi olla mahdollisimman paljon oltava muokattavissa. Kuten johdannossa jo kävi ilmi, testipenkillä tulisi voida testata si-

vusaranoituja ja yläsaranoituja kaapinovia, liukuovia sekä laatikkoja eri kokoluokissa. Lisäksi yrityksellä oli toiveena, että normaalisti aukeavien sivusaranoitujen ovien sekä vetolaatikoiden lisäksi testattaisiin kyseisistä malleista olemassa olevia push open –malleja. Push open –mekanismilla toteutetut kalusteet poikkeavat normaaleista kalusteista siten, että niistä puuttuvat vetimet ja ne aukeavat, kun kaapin ovesta tai laatikon etusarjasta painetaan sisäänpäin.

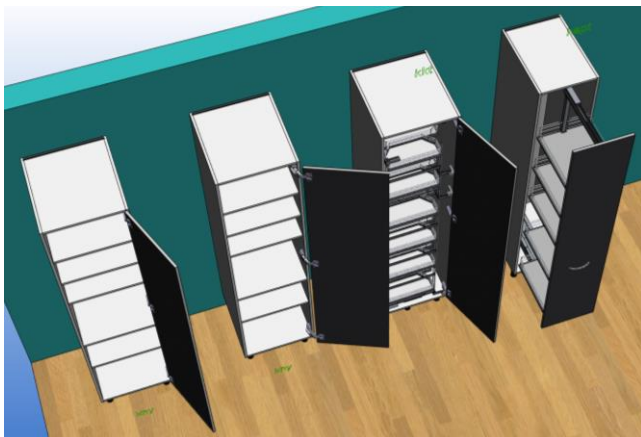
Kuitenkin myöhemmässä palaverissa sovimme, että sivusaranoidut sekä yläsaranoituvat kaapinovat jätettäisiin testauksen ulkopuolelle, koska ne on testattu jo mekaniikkavalmistajan toimesta. Kuitenkin myös näille liikkeille tulisi miettiä mahdollisia toteutusvaihtoehtoja opinnäytetyön raportissa.

4 KALUSTEET

Puustelli Group Oy:n testaukseen sisällytettävät kalusteet voidaan jakaa kahteen eri päätyyppiin; laatikostoihin sekä kaappeihin. Laatikot toimivat kaikki samalla toimintaperiaatteella, mutta kaapinovien avautumismekanismeissa on eroja. Kaapinovissa käytössä on sivusaranoitu kaapinovi, liukuovi sekä ylöspäin aukeava kaapinovi.

4.1 Sivusaranoitu kaapinovi

Sivusaranoidussa kaapissa saranat sijaitsevat joko kaapin oikean, tai vasemman puoleisella sivulla. Normaalit sivusaranoidut ovet aukeavat 110 astetta, mutta tietyissä rungoissa käytetään 155 astetta aukeavia saranoita. Kuvassa 1 on näkyvissä Puustelin ratkaisut sivusaranoiduissa kaapinovissa. Ensimmäisenä vasemmalta on normaali 110 astetta aukeava sarana ja seuraavana 155 astetta aukeava sarana. Kolmas kaappi on normaali sivusaranoitu 110 astetta aukeava sarana, jossa mekanismi tulee oven mukana ulos. Viimeisenä on tyypillinen ”apteekkimekanismi”, jossa ovi aukeaa suoraan eteenpäin ja on kiinnitetty mekaniikkiin.



Kuva 1. Erityyppisiä sarana ratkaisuja

Sivusaranoitujen, 110 astetta aukeavien kaapinovien leveys vaihtelee välillä 195 - 595 mm, ja 155 astetta aukeavia ovia on saatavilla mitoissa 395 -595 mm. Runkojen korkeus vaihtelee välillä 608 – 2123 mm ja syvyys vaihtelee välillä 140 – 570 mm. (Suominen sähköposti 24.11.2015)

4.2 Liukuovi

Puustellin testattavat liukuovet vaihtelevat leveydeltään 400 – 1200 millimetrin välillä. Liukuovi tarvitsee toimiakseen tuplasti omat leveytensä verran tilaa, jolloin liukuovellisen rungon leveys vaihtelee välillä 800 – 2400 mm. Syvyys vaihteluväli on sama kuin sivusaranoitussa kaapissa; 140 – 570 mm. Liukuovellisen kaapin maksimikorkeus on parhaimmillaan 2500 mm. (Suominen sähköposti 24.11.2015)

4.3 Ylöspäin aukeava sarana

Puustellin mallistosta löytyy myös kaappeja, jotka ovat saranoitu ovien yläreunasta ja joiden ovet aukeavat ylöspäin. Tämän tyyppisiä kaappeja on kolme eri mallia; kuvassa 2, vasemmalta kaksi ensimmäistä kaappia aukeavat samaan tapaan kuin sivusaranoitut kaapitkin, mutta vain ylöspäin, kolmannessa kaapissa ovi aukeaa hie- man rungon päälle ja neljännessä mallissa on ns. taiteovet.



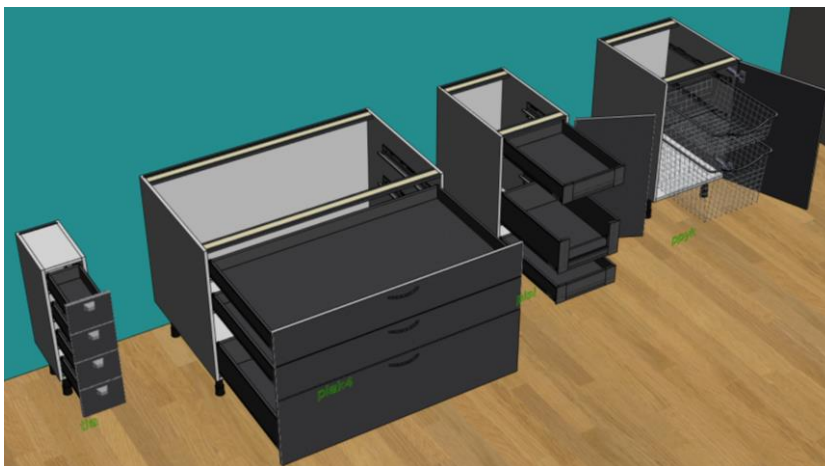
Kuva 2. Kaappeja ylöspäin aukeavilla saranoilla

Ylöspäin aukeavilla mekanismeilla varustettujen kaappien oven avauskulma on 107 astetta. Kaapinovien mitat vaihtelevat seuraavasti: oven korkeuden ollessa 215 – 300 mm, oven leveys voi olla väliltä 395 – 1195 mm. Jos oven korkeus on 405 mm, voi leveys vaihdella väliltä 395 – 995mm.

Taiteovellisissa kaapeissa leveys vaihtelee väliltä 495 – 1195 mm ja korkeusvaihtoehtoja rungoissa kaksi; 613 mm ja 715 mm. Näissä malleissa ovikorkeus on 300 mm tai 353 mm. (Suominen sähköposti 24.11.2015)

4.4 Laatikko

Puustellin mallistossa olevien laatikoiden syvyys vaihtelee välillä 300 mm (kylpyhuoneen laatikkosyvyys) ja 650 mm (ns. XL laatikko). Tavallisin laatikkosyvyys keittiötuotteissa on 500 mm ja maksimileveys on 1200 mm. Normaalien keittiölaatikoiden lisäksi mahdollisia testattavia laatikkomalleja ovat esimerkiksi jätevaunut, sekä kuvassa 3 oikealla olevat lankakorit. (Suominen sähköposti 24.11.2015)



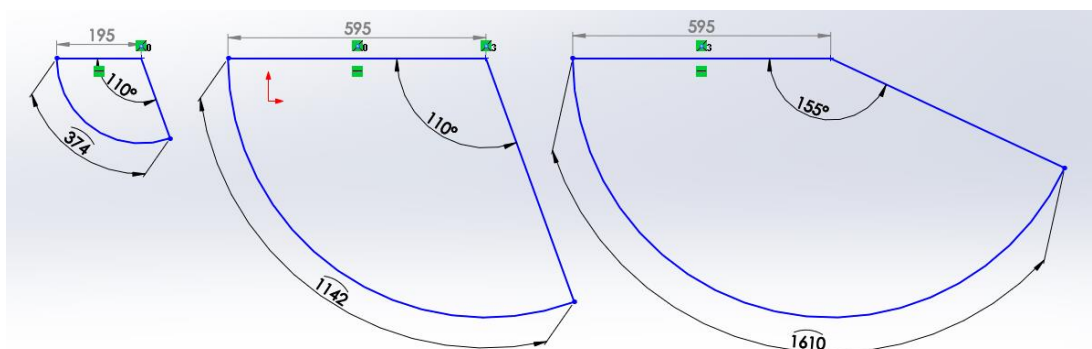
Kuva 3. Erityyppisiä laatikkomalleja

5 LIIKERADAT

Testipenkin suunnittelu alkoi pohdinnalla, millaisia liikeratoja testausta tarvitsevat kalusteet sisältävät ja miten pitkiä liikeradat ovat. Näiden tietojen pohjalta alettiin miettiä sopivia komponentteja liikkeiden toteutukseen.

5.1 Sivusaranoitu ovi

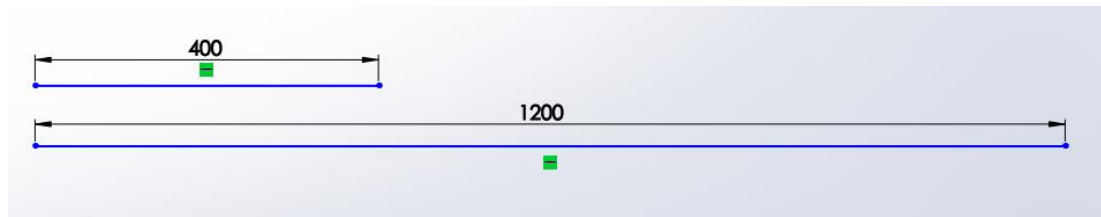
Sivusaranoitun oven liikkeenpituuden määrittää kaapinoven leveys, joka on väliltä 195 – 595 mm. 110 astetta aukeavissa ovissa liikkeenpituus mitattuna saranan vastaisesta reunasta on maksimissaan 374 - 1142 mm ja 155 astetta aukeavassa 1066 – 1610 mm (kuva 4). Liikerata on siis kaareva ja kiertää keskipisteen ympäri 110 tai 155 astetta. Puustellin mallistosta on saatavilla myös push open - mekanismilla varustettuja sivusaranoituja runkoja. Kyseisissä ovissa ei ole vedintä lainkaan, vaan ovi ponnahtaa auki, kun sitä painetaan sisäänpäin.



Kuva 4. Sivusaranoitujen ovien liikepituudet

5.2 Liukuovi

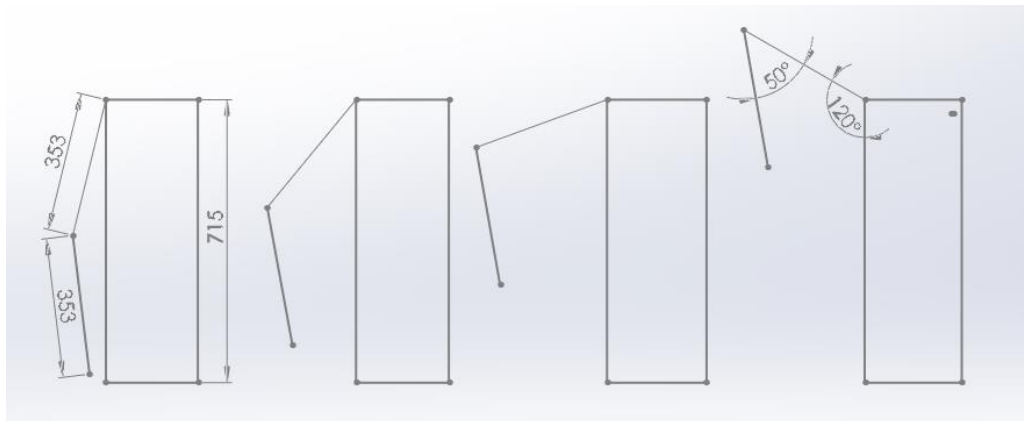
Liukuovien leveydet ovat väliltä 400 – 1200 mm. Koska liukuovi vaatii toimiakseen tuplasti oman leveytensä verran tilaa, kaappien runkojen leveydet vaihtelevat välillä 800 – 2400 mm. Koska ovi liikkuu oman tilansa verran oikealle ja vasemmalla, liikkeen pituus on sama kuin oven leveys. Liukuovien liike on täysin lineaarinen, kuten kuvasta 5 voi havaita.



Kuva 5. Liukuovien minimi ja maksimi liikepituudet

5.3 Taiteovi

Taiteovi koostuu kahdesta samankokoisesta paneelista. Paneelien leveys vaihtelee välillä 495 – 1195 mm ja runkoa on saatavilla kahta eri korkeutta; 613 ja 715 mm, joissa paneelien korkeudet ovat 300 tai 353 mm. Ylempi paneeli on saranoitu yläreunastaan runkoon normaalilla saranalla ja aukeaa, kuten mikä tahansa ovi. Alempi paneeli on varustettu mekanismilla, joka nostaa oven ylös automaattisesti, kun alempaa paneelia vedetään vetimestä hieman ulospäin. Kuvassa 6 on havainnollistettu taiteoven liike sen avautuessa. (Suominen sähköposti 18.1.2016)



Kuva 6. Hahmotelma taiteovien liikeradasta

5.4 Yläsaranoitu ovi

Yläsaranoitussa kaapinovessa saranat on kiinnitetty oven yläreunaan ja ovi aukeaa ylöspäin. Liike on samankaltainen kuin sivusaranoitussa ovessa, mutta oven suurin avautumiskulma on 107 astetta. Ovien mitat vaihtelevat siten, että oven korkeuden ollessa 215 – 300 mm oven leveys voi olla väliltä 395 – 1195mm. Mikäli oven korkeus on 405mm, oven leveys vaihtelee välillä 395 – 995 mm. (Suominen sähköposti 18.1.2016)

5.5 Laatikko

Laatikoiden liikerata on lineaarinen. Laatikoiden syvyys vaihtelee välillä 300 – 650 mm, mutta todellisuudessa laatikkojen liikerata on hieman lyhyempi kuin nimellissyvyys. Laatikoita on saatavilla myös push open -mekanismilla varustettuna. Kyseisen mekanismin toimii siten, että laatikko avataan painamalla laatikon etulevyä sisäänpäin, jonka jälkeen laatikko pongahtaa auki. Laatikko suljetaan työntämällä se sisään ja painamalla etulevystä laatikko aivan pohjaan asti, jolloin se lukittuu.

6 VAIHTOEHDOT LIIKERATOJEN TOTEUTTAMISEEN

6.1 Lineaarinen liike

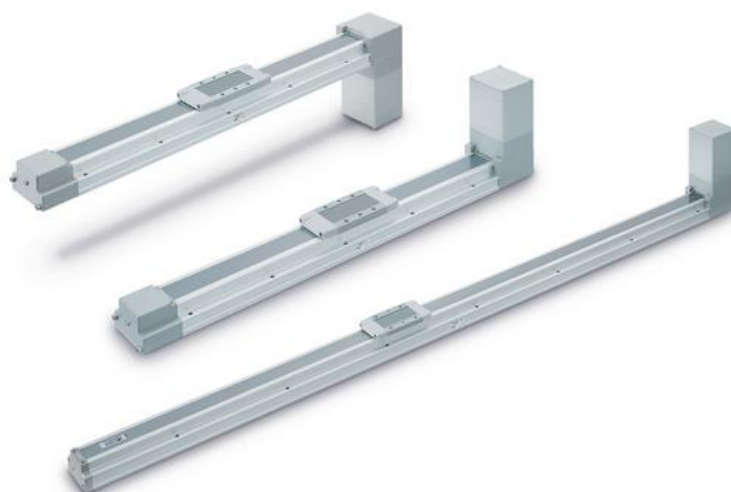
Testattavista kalusteista liukuovien sekä laatikkojen mekanismit sisältävät lineaarista liikettä. Näiden liikkeiden pituudet vaihtelevat lyhimmän laatikon 300 millimetristä liukuoven leveimpään kokoon, joka on 1200 millimetriä. Liikkeen tulee olla edestakaista siten, että se liikuttaa toistuvasti laatikkoa tai liukuovea ääriasentoihin, poikkeuksena kuitenkin laatikoihin saatavilla oleva push open – mekanismi.

Alkuperäisenä ajatuksena oli, että lineaarisen liikkeen toteuttamiseen käytettäisiin paineilmasylinteriä; joko normaalia männänvarrellista tai männänvarretonta. Kuitenkin keskusteltuani SMC Pneumatics Finland Oy:n myynti-insinööri Jani Stengårdin

kanssa, kävi ilmi, että useiden eri välipysäytysten toteutus paineilmatoimisilla sylinterillä on hankalaa sekä hyvin epätarkkaa. Sylinterit on tarkoitettu pääasiassa toimimaan ääriasennosta ääriasentoon, jolloin tulisi valita aina juuri oikean mittainen sylinteri. Aloin miettiä jotain muuta ratkaisua, koska ei tuntunut hyvältä ajatukselta, että jokaiselle liikkeelle hankittaisiin oma sylinteri. Lisäksi halutessa testata push open -toimintoa olisi se käytännössä mahdoton toteuttaa normaalilla paineilmasyylinterillä. SMC:n edustaja ehdottikin, että liikkeet voisi toteuttaa sähköisellä lineaariyksiköllä, joka vastaa ulkonäöltään paineilmakäyttöistä männänvarretonta sylinteriä. Sähkökäyttöisessä on kuitenkin useita etuja verrattuna paineilmakäyttöiseen sylinteriin.

6.1.1 Sähköinen lineaariyksikkö

Sähköinen lineaariyksikkö muistuttaa ulkoisesti hyvin paljon männänvarretonta paineilmatoimista sylinteriä, kuten kuvasta 6 voi havaita. Erona männänvarrettomaan sylinteriin, lineaariyksikön liike toteutetaan askel- tai servomootorilla, jota ohjataan erillisellä ohjausyksiköllä. Lineaariyksiköissä on kaksi käyttövaihtoehtoa, joko hihnaveto tai kuularuuvikäyttö. Kuularuuvikäyttöinen lineaariyksikkö on tarkoitettu hieman raskaampien liikkeiden toteutukseen ja se omaa paremman hyötysuhteen kuin hihnakäyttöinen.



Kuva 7. SMC Pneumaticsin sähköisiä lineaariyksiköjä

Sain SMC pneumatics Finland Oy:ltä tarjouksen sähköisestä lineaariyksiköstä malliltaan LEFB32T-1200-R3C918. Sen iskunpituus on 1200 mm, joka riittää hyvin tarvittavaan testaukseen. Mallin suurin työkuorma on 19 kg ja sen nopeus on ohjelmoitavissa välille 48 – 1500 mm/s. Hihnakäyttöinen servomoottorilla varustettu malli on paikoitustarkkuudeltaan erittäin tarkka, vain $\pm 0,1$ millimetriä ja sille on ohjelmoitavissa yhteensä 64 eri paikoituspistettä. Lineaariyksikön nimellinen elinikä on 3000 km tai 30 miljoonaa edestakaista liikettä täydellä kuormalla. Kun tuo määrä täyttyy, laitteen toistotarkkuus saattaa heiketä tuosta $\pm 0,1$ millimetristä. (SMC pneumaticsin www-sivut 2016)

Lineaariyksikön ohjaimeksi valittiin JXC91-mallinen ohjausyksikkö. Ohjain liitetään ohjelmoitavaan logiikkaan Ethernet/IP - kenttäväylällä, joka mahdollistaa ohjaimen jatkuvan kommunikoinnin PLC:n kanssa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lineaariyksikköön ja ohjaimeen voi syöttää esimerkiksi paikoituspisteitä ja nopeusohjeita suoraan logiikkaan liitetyn ohjauspaneelin kautta. Käytettäessä SMC:n LEC -sarjan ohjainta, tämä ei olisi onnistunut, vaan ohjelmoitavalla logiikalla olisi ainoastaan pystynyt ohjaamaan lineaariyksikköä ennalta asetettuihin paikoituspisteisiin. (SMC pneumaticsin www-sivut 2016)

6.2 Sivusaranoitu ovi

Sivusaranoitun oven testaus oli aluksi tarkoitus toteuttaa kaksitoimisilla paineilmasyntereillä. Eri ratkaisuja pohdittaessa tuli esille kääntösynterin tai kääntöpöydän käyttämistä oven avaamiseen. Sen etuna olisi se että kaapinoven leveydellä ei olisi merkitystä, vaan ainoastaan oven avautumiskulma olisi merkityksellinen.

6.2.1 Kaksitoiminen paineilmasynteri

Yksinkertaisin ja edullisin ratkaisu olisi toteuttaa sivusaranoitujen ovien testaus kaksitoimisilla syntereillä. Mietittäisiin, mitkä ovat esimerkiksi viisi yleisintä liikepituutta ja hankittaisiin niihin iskunpituudeltaan sopivat kaksitoimiset paineilmasynterit. Synterit kiinnitettäisiin suljettuna olevaan kaapinoveen noin 45 asteen kulmaan ja toinen pää kiinnitettäisiin esimerkiksi alumiiniprofiiliin. Synterin molem-

mat päät olisi nivelöity, jolloin sylinteri pääsisi elämään molemmista päistä. Sylinteriä ajettaisiin edestakaisin ääriasennosta ääriasentoon sylinterin iskunpituuden verran. Tästä syystä, kun iskunpituutta halutaan muuttaa, tulisi aina koko sylinteri vaihtaa eri iskunpituuden omaavaan sylinteriin. Tämä tehtäisiin helpoksi käyttämällä pikakiinnityksellä olevia päätyraja-antureita sekä letkuja, jolloin sylinterin vaihto kävisi nopeasti.

Sylinterien lisäksi kyseinen ratkaisu tarvitsisi toimiakseen sähkötoimisen 5/2-venttiilin, 2 kappaletta pikakiinnikkeistä anturia havaitsemaan sylinterivarren asento, nivelöidyt kiinnikkeet sylinterin molempiin päihin sekä paineilmaletkua. Sylinterien toimintaa ohjattaisiin ohjelmoitavalla logiikalla. Pyytämieni tarjousten perusteella esimerkiksi SMC Pneumaticsin tuotteille tulisi hintaa arviolta noin 450 euroa sisältäen 2 erimittaista sylinteriä. Tähän hintaan ei siis sisälly ohjelmoitava logiikka eikä asennustarvikkeet, kuten letkut.

Kuten sanottua, paineilmasylinterit olisivat yksinkertainen ja edullinen ratkaisu, mutta negatiivisina puolena voidaan pitää esimerkiksi sitä, että sylinterin iskunpituus olisi mitoitettava hyvin tarkkaan kaapinoven liikeradan pituuteen. Muuten saattaa käydä siten, että kaapinovi aukeaa yli 110 astetta ja kaappi tai saranat saattavat vaurioitua. Lisäksi paineilmasylintereitä käytettäessä ongelmaksi muodostuvat kuitenkin 155 astetta aukeava kaapinovi, joka olisi vaikea toteuttaa vain yhdellä paineilmasylinterillä sekä push open - mekanismilla toimivat ovet. Niiden vaatima, vain muutaman millimetrin liike on hyvin vaikea, ellei jopa mahdoton toteuttaa normaalilla kaksitoimisella sylinterillä.

6.2.2 Sähköinen kääntöpöytä

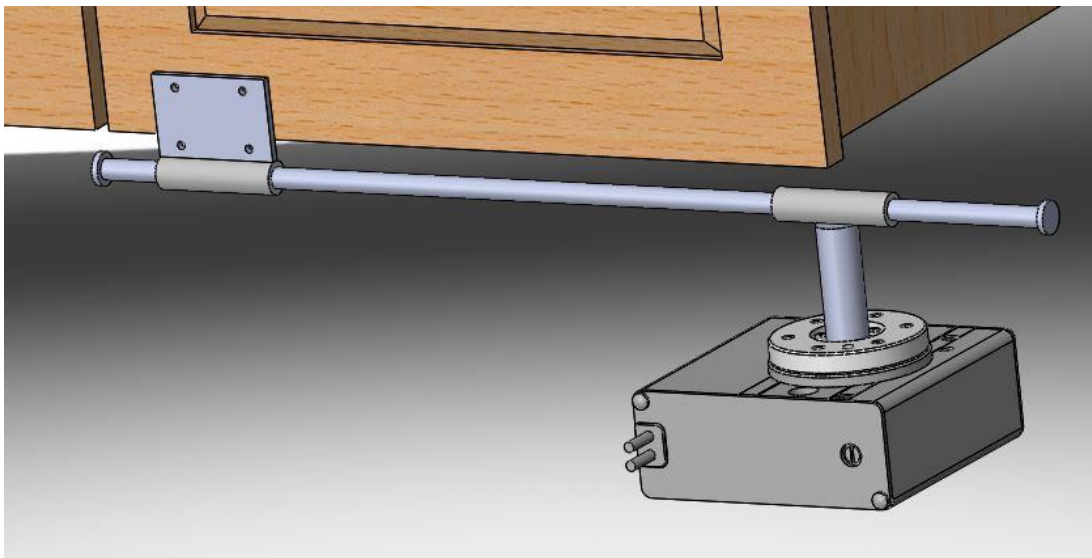
Vaihtoehtoja paineilmasylinterille mietittäessä heräsi ajatus kääntösylinterin käyttämisestä (kuva 8). Alun perin ajatuksena oli käyttää paineilmalla toimivaa kääntösylinteriä, mutta sähköisen kääntösylinterin monipuolisemmat ominaisuudet saivat kallistumaan sen kannalle. SMC Pneumaticsin tarjoama sähköinen kääntöpöytä LER50K-R36P1 käyttää servomootoria, jota ohjataan erillisellä ohjausyksiköllä. Kääntöpöydän kiertymiskulma on 320 astetta ja suurin vääntömomentti on 10 Nm,

joka riittää ainakin leveimpien kaapinovie avaamiseen. Kääntöpöydässä on kattavat asennon, nopeuden sekä kiihtyvyyden/hidastuvuuden säädöt. Eri paikoituspisteitä on ohjelmoitavissa maksimissaan 64 kappaletta ja paikoitustarkkuus on $\pm 0,05$ astetta. Kääntöpöydän ohjaukseen paras ratkaisu olisi SMC:n LEC – sarjan ohjausyksikkö, johon paikoituspisteet sekä nopeus voidaan ohjelmoida ennalta käsiohjaimella tai tietokoneohjelmalla. Näitä ennalta asetettuja arvoja voidaan ohjata sitten ohjelmoitavalla logiikalla. (SMC pneumaticsin www-sivut 2016)



Kuva 8. SMC Pneumaticsin sähköisiä kääntöpöytiä

Suunnitelmana olisi toteuttaa sivusaranoidun kaapinoven testaus niin, että sähköinen kääntöpöytä asetettaisiin kaapin alle siten, että kääntöpöydässä olevan kääntyvän lautasen keskipiste olisi samassa linjassa saranan keskipisteen kanssa. Kuvassa 9 näkyvä tanko pääsisi liikkumaan vapaasti holkkien välissä eikä näin rasittaisi ovea. Holkkien sisäpinta kannattaisi valmistaa esimerkiksi polyamidi eli nylon putkesta, jolloin kitka tankoon olisi mahdollisimman pieni.



Kuva 9. Esimerkkiratkaisu sivusaranoitun kaapinoven testauksen toteuttamiseen

6.3 Ylöspäin aukeavat kaapinovat

Kuten aiemmin mainittua, yläsaranoituja kaappeja on kolmea eri tyyppistä joista kaikkien mekanismit on toteutettu Blumin tuotteilla. Näin ollen kyseisiä mekanismeja ei ole tarvetta testata. Käsittelen kuitenkin millä komponenteilla kyseisiä kalusteita kannattaisi testata.

6.3.1 Kaksitoiminen paineilmasylinteri

Mielestäni paras ratkaisu ylöspäin aukeavien kaappien testaukseen olisi samantyylinen ratkaisu kuin sivusaranoitulle ovelle ehdotin; kaksitoiminen paineilmasylinteri. Testaustilan kattoon kiinnitettäisiin alumiiniprofiili vaakatasoon siten, että se olisi 90 asteen kulmassa seinään nähden, johon testattavat kaapit kiinnitettäisiin. Alumiiniprofiili on mallia, jossa sen sivuilla on kiskot, johon voidaan kiinnittää kelkka. Kelkka on lukittavissa paikoilleen ja se liikkuu vapaasti alumiiniprofiilin suuntaisesti. Kelkkaan on kiinnitetty paineilmasylinteri nivelöidyllä kiinnikkeellä, jolloin sylinteri pääsee liikkumaan vapaasti. Samantyyppinen nivelöity kiinnike kiinnitetään myös kaapinoveen. Kuvassa 10 on havainnollistettu paremmin ratkaisun toteutusmalli. Samaa kuvassa näkyvää periaatetta voitaisiin käyttää myös sivusaranoitujen ovien testaamiseen, mutta tällöin profiili asennettaisiin vain siten, että sylinteri olisi vaakatasossa.



Kuva 10. Esimerkkiratkaisu yläsaranoitujen kaapinovien testaamiseksi.

Paineilmasyliä ohjattaisiin sähkökäyttöisellä 5/2-venttiilillä ja venttiiliä taas ohjelmoitavalla logiikalla, melko yksinkertaisella ohjelmalla. Koska kaapinovien korkeus vaihtelee, tulisi jokaiselle koolle hankkia iskunpituudeltaan oikeanmittainen sylinteri. Sylinteri tulisi vaihtaa joka kerta, kun kaapinoven korkeus muuttuu. Vaihtaminen kävisi kuitenkin melko helposti, koska sylinterin kiinnitys toteutettaisiin tappeilla, jossa olisi esimerkiksi sokat pitämässä tapin paikallaan. Lisäksi paineilmalaukut sekä päätyraja anturit olisivat pikakiinnitteistä mallia.

7 ENSIMMÄINEN HANKINTAESITYS

Alkuperäisen suunnitelman mukaan oli tarkoitus ainoastaan tehdä suunnitelma testipenkistä ja komponenteista, joilla liikkeet kannattaisi toteuttaa. Kuitenkin palaverissa Puustelli Group Oy:n tuotekehityspäällikkö Toni Suomen kanssa keskustelimme, että etenkin lineaarista liikettä sisältävien kalusteiden testaaminen olisi näistä eniten

hyödyllistä, koska heille tulee esimerkiksi erilaisia laatikkomekanismeja eri valmistajalta kuin esimerkiksi yläsaranoidut tai sivusaranoidut kaapinovet tulevat. Erilaiset saranat ja mekanismit tulevat merkittävältä Itävaltalaiselta kaluste ja mekanismitoimittajalta, Blumilta. He ovat testanneet tuotteensa kattavasti, joten niiden uudelleen testaaminen on melko hyödytöntä.

Tämän perusteella lähetin muutamiin yrityksiin tarjouspyyntöjä osista, joilla lineaarinen liike kannattaisi toteuttaa. Tarjouksien pohjalta tein Puustellille hankintaesityksen, jonka perusteella he päättävät, kannattaako kyseistä kokoonpanoa alkaa rakentaa. Seuraavassa käydään läpi komponentit, joista tein esityksen mahdollista hankintaa varten.

7.1 Sähköinen lineaariyksikkö

Sähköinen lineaariyksikkö on malliltaan LEFB32T-1200-R3C918. Tarjous kyseiseen yksikköön saatiin SMC Pneumatics Finland Oy:ltä Ulvilasta. (Stengård sähköposti 14.3.2016)

Sähköisen lineaariyksikön ominaisuuksia käsiteltiin tarkemmin jo aiemmassa kohdassa 6.1.1.

7.2 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavasta logiikasta tein tarjouspyynnön Sata-Automaatio Oy:lle Ulvilaan. Vierailin yrityksessä keskustelemassa PLC:n vaatimuksista ja he näkivät sopivimpana vaihtoehtona Siemensin S7-1200 – logiikan ja tarkemmalta malliltaan CPU 1212 C. Se on Siemensin pienimpiä malleja joihin on mahdollista liittää erillinen kosketusnäyttöllinen operointipaneeli. Lisäksi sitä on mahdollisuus laajentaa, mikäli testiin halutaan tulevaisuudessa lisätä esimerkiksi paineilmasylinteitä. Logiikassa on 8 digitaalista ja 2 analogista tuloa sekä 6 digitaalista lähtöä (Kuva 11). (Aalto sähköposti 8.3.2016)



Kuva 11. Siemens S7-1200

7.3 Operointipaneeli

Käyttöliittymästä tein myös tarjouspyynnön Sata-Automaatio Oy:lle ja he laittoivat tarjouksen kolmesta erikokoisesta Siemensin operointipaneelisti, joiden koot olivat 7, 9 ja 12 tuumaa. Valitsin näistä pienimmän eli seitsemän tuumaisen mallin joka on nimikkeeltään Siemens KTP700 (kuva 12). Mielestäni se riittää kokonsa puolesta hyvin, koska lineaariyksikön ohjaus ei tarvitse montaa painiketta ja 9 tuumaiseen mallin hinta olisi ollut jo melkein tuplasti 7 tuumaiseen malliin verrattuna. Paneeliin on mahdollista ohjelmoida useita eri välilehtiä, ja näin ollen useiden laitteiden ohjaus onnistuu myös tällä samalla näytöllä. (Aalto sähköposti 8.3.2016)



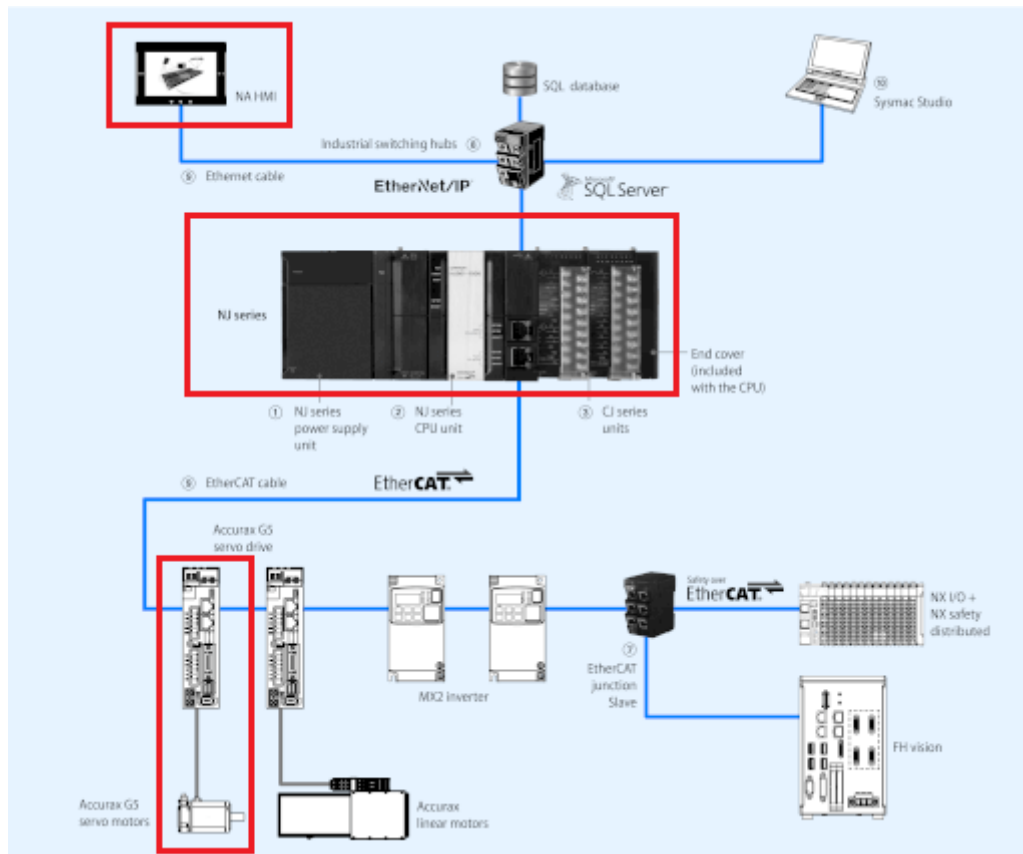
Kuva 12. Siemens KTP700 operointipaneeli

Vaihtoehtona kosketusnäytölliselle operointipaneelille olisi ollut mekaanisilla painikkeilla varustettu käyttöliittymä, joka olisi varmasti tullut edullisemmaksi. Mielestäni kuitenkin kosketusnäytöllinen operointipaneeli on huomattavasti monipuolisempi ja sitä on helppo muokata sekä laajentaa vastaamaan mahdollisia lisätarpeita.

8 TOINEN HANKINTAESITYS

Toimitin Puustellille hankintaesityksen aiemmin mainituista osista. Hankintaesitys menikin läpi, mutta he toivoivat myös vaihtoehtoisia tarjouksia myös muilta toimittajilta todetakseen, että hinnat ja tuotteet ovat kilpailukykyiset. Lähetin uusia tarjouspyyntöjä vastaavista osista eri yrityksille. Tässä vaiheessa kävi myös ilmi, että Puustellilla on käytössä Omronin ohjelmoitavat logiikat ja he eivät hyväksy Siemensin logiikoita.

Tässä vaiheessa otin yhteyttä suoraan Omronille ja pyysin heiltä tarjousta vastaavallisesta logiikasta, operointipaneelista sekä sähköisestä lineaariyksiköstä. Omronin Pertti Hännisen ja Velipekka Hyvärin kanssa käytyjen sähköposti- ja puhelinkeskustelujen seurauksena selvisi, että Omronilta ei ole saatavissa valmiita lineaariyksiköitä, vaan ainoastaan esimerkiksi lineaarijohteeseen asennettavia servomoottoreita. He suosittelivatkin, että hankkisin heiltä servomoottorin ja itse lineaarijohteet tulisivat muilta valmistajilta. Servomoottoria ohjaamaan he suosittelivat NJ -sarjan koneohjainta, jossa yhdistyvät sekä ohjelmoitava logiikka että liikkeenohjain. Näin ollen siistin Omronille tarjouspyynnön koneohjaimesta, servomoottorista ja vahvistimesta sekä operointipaneelista. Lineaarijohteista tein tarjouspyynnöt SMC Pneumatics Oy:lle sekä Festo Oy:lle. Kuvasta 13 käy selväksi mahdollinen kokoonpano.



Kuva 13. Omron servokäytön kokoonpano merkattu punaisella (Omron www-sivut 2016)

8.1 Koneautomaatio-ohjain

Omronilta tarjoutua pyydettyä heidän ehdotuksensa oli Sysmac NJ101-1000 -koneohjain. Se on yhdistelmälaite, jossa samassa paketissa on sekä ohjelmoitava logiikka että liikkeenohjain servokäyttöä varten. NJ101 on Omronin koneohjaimien malliston pienin malli ja se on tarkoitettu yksinkertaisen koneiden sekä maksimissaan kahden akselin ohjaamiseen. NJ1-sarjan laitteissa nopein sykli aika on 1 ms ja ohjelmalle varatun muistin määrä on 3 MB (kuva 14). (Omron www-sivut 2016)

Koneohjaimen liittämisen toisiin laitteisiin takaavat kaksi eri ethernet pohjaista porttia; portti 1 tukee EtherNet/IP protokollaa ja portti 2 EtherCAT protokollaa. EtherNet/IP portti on tarkoitettu tässä tapauksessa operointipaneelille ja EtherCAT portti servovahvistimelle. (Omron www-sivut 2016)



Kuva 14. Omron NJ101 – koneautomaatio-ohjain (Omron www-sivut 2016)

8.2 Servokäyttö

Servokäyttö koostuu sekä servomootorista että servovahvistimesta. Omronin tarjoksessa sopivimmiksi oli valittu G5 sarjaan kuuluvat R88M-K20030H-S2 servomoottori sekä R88D-KN02H-ECT servovahvistin (kuva 15). (Omron www-sivut 2016)



Kuva 15. Omron G5-sarjan servokäyttö (Omron www-sivut 2016)

R88M-K20030H-S2 on jarruton servomoottori, teholtaan 200 wattia. Se toimii 230 voltin jännitteellä ja maksimi kierrosluku on 3000 rpm. Paikoitus on toteutettu 20-bittisellä enkooderilla joka takaa hyvä paikoitustarkkuuden. Puustellilla suorittamiemi mittauksien mukaan suurimpien laatikoiden avaamiseen tarvittava voima ilman kuormaa oli noin 50 N. Moottorin nimellinen vääntömomentti on 0,64 Nm ja se on mitoitettu tuottamaan 100 Nm voiman lineaariselle liikkeelle. Tiedonsiirto on toteutettu EtherCAT -väylällä. (Omron www-sivut 2016)

8.3 Operointipaneeli

Operointipaneeliksi valikoitui NA- sarjan malli NA5-7W001B. Se on kooltaan 7 tuumaa ja resoluutioltaan 800x480 ja siinä on 24-bittinen värisyvyys. Paneeli toimii 24 voltin tasajännitteellä ja kuluttaa maksimissaan 35 W tunnissa. Operointipaneelin ulkomitat ovat 236 mm x 165 mm x 69 mm ja asennusaukon koko on 197 x 141 mm (kuva 16). (Omron www-sivut 2016)



Kuva 16. Omron NA5-7W001B operointipaneeli

8.4 Lineaarijohde

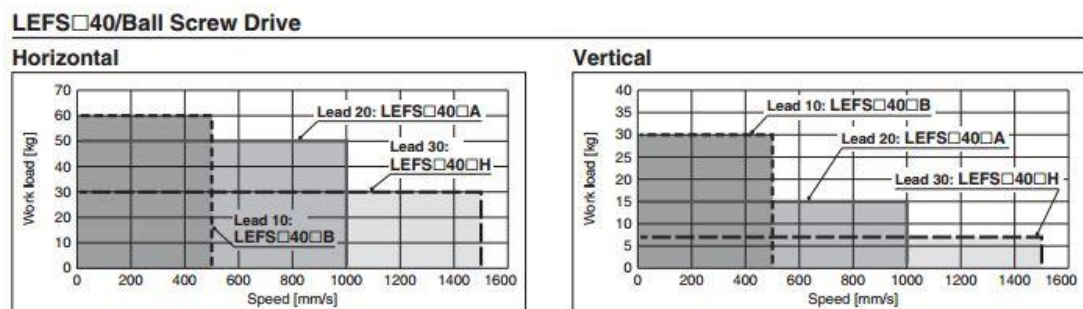
Lineaarijohteista pyydettiin tarjoukset kahdelta toimittajalta, SMC Pneumatics Oy:tä sekä Festo Oy:ltä. Aluksi pyysin tarjousta hihnatoimisista lineaarijohteista, mutta lopulta päädyttiin paremman hyötysuhteen omaaviin kuularuuvitoimisiin johteisiin.

8.4.1 SMC Pneumatics Oy

SMC:n vaihtoehto lineaarijohteeksi on malliltaan LEFS40NY-B-1200. Se on tyypiltään kuularuuvikäyttöinen ja iskunpituudeltaan 1200 mm. Johde on valmistettu suoraan Omronin servomootoria varten, josta kertoo mallinumerossa oleva kirjainyhdistelmä NY. Kirjain B puolestaan kertoo kuularuuvin kierteen nousun joka on tässä tapauksessa 10mm (kuva 17). Kyseisellä nousulla saavutetaan maksimissaan 500

millimetrin sekuntinopeus, joka riittää testaukseen mainiosti. Seuraavalla kierrekool-la olisi saavutettu jo nopeus 1000 mm/s, mutta vastaavasti kuormituskyky olisi las-kenut 10 kilolla vaakaliikkeessä sekä 15 kilolla pystyliikkeessä. Tämän vuoksi mie-lestäni 10mm nousulla varustettu kuularuuvi soveltuu paremmin kalusteiden testaa-miseen. (SMC pneumaticsin www-sivut 2016)

SMC:n johteen nimellinen elinikä on 5000 km tai 30 miljoonaa edestakaista liikettä. Johde on huoltovapaa mutta olisi hyvä, jos akseli ajettaisiin välillä päästä päähän, jolloin rasvat levittyvät tasaisesti. (Paasisalo sähköposti 25.7.2016)



Kuva 17. SMC:n LEFS – mallin kierteen nousun vaikutus nopeuteen sekä voimaan (SMC pneumaticsin www-sivut 2016)

8.4.2 Festo

Feston tarjoama malli oli aluksi hihnakäyttöinen, mutta lopulta päätin, että käytettäisiin kuularuuvikäyttöistä johdetta esimerkiksi paremman hyötysuhteen vuoksi. Feston kuularuuvikäyttöinen johde on malliltaan EGC-80-1200-BS-KF (kuva 18).



Kuva 18. Feston EGC-sarjan kuularuuvijohde (Festo www-sivut 2016)

9 OSIEN HANKINTA

Hankintaesitys meni hyväksytysti läpi Puustellilla ja osat tilattiin pääosin Sata-automaatio Oy:stä. Lineaarijohteen kohdalla päädyttiin valitsemaan SMC:n johde lähinnä huokeamman hankintahinnan perusteella, kun ominaisuudet molemmissa olivat hyvin pitkälti samat. Lisäksi SMC:n lineaarijohteen hintaan kuului valmiit sovitteosat Omronin servomoottorille. Festolla ei ollut tarjota valmiita sovitteita kyseiselle moottorille, joten osat olisi pitänyt teettää erikseen, josta olisi syntynyt vielä lisäkustannuksia. Näin ollen SMC:n malli nähtiin parempana vaihtoehtona. Kokonaisuudessaan hankittiin siis seuraavat Omronin valmistamat komponentit:

- NJ101-1000 koneohjain
- NJ-PA3001 virtalähde koneohjaimelle
- CJ1W-ID211 digitaalitulo
- CJ1W-OD212 digitaalilähtö
- NA5-7W HMI paneeli
- S8VK-G06024 hakkurivirtalähde operointipaneelille
- R88D-KN02H-ECT servovahvistin
- R88M-K20030H-S2 servomoottori
- Sysmac studio –ohjelmisto

Lisäksi Sata-automaation tilauksen mukana tulivat tarvittavat kaapelit osien kytkemiseksi.

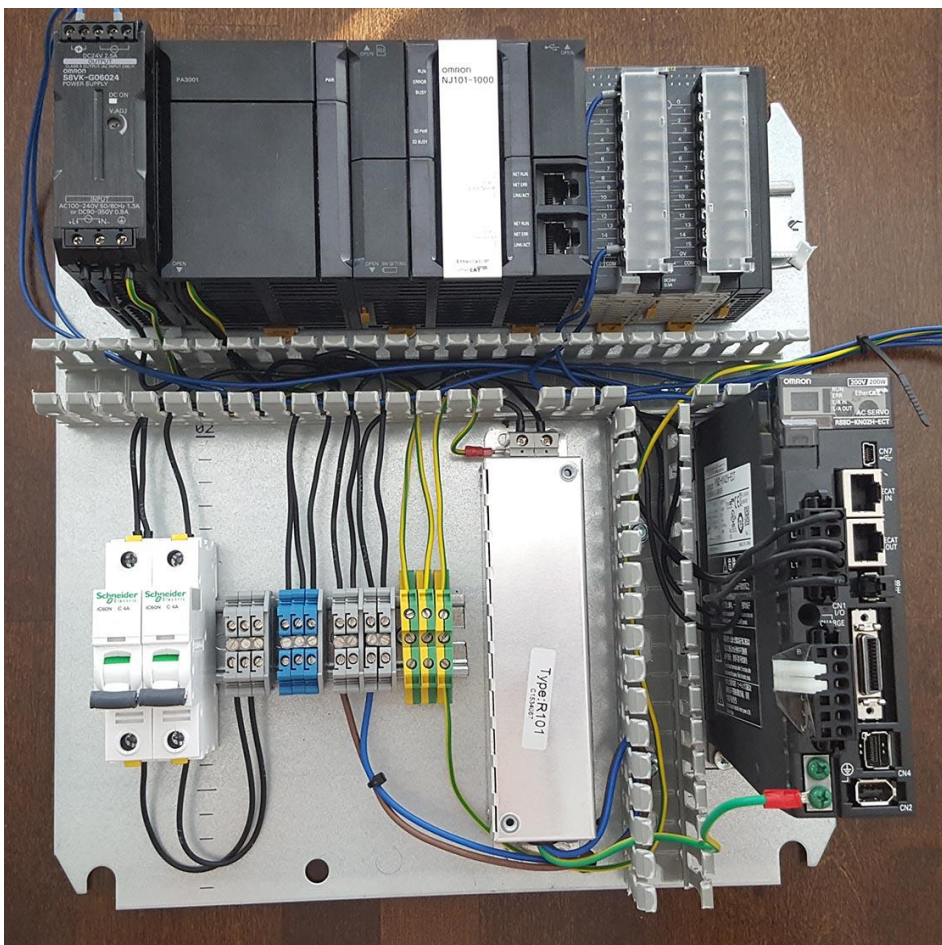
Lineaarijohde hankittiin siis SMC Pneumatics Oy:ltä ja se on malliltaan LEFS40NY-B-1200, kuten luvussa 8.4.1 jo mainittiin.

10 KOKOONPANO

10.1 Kotelon kokoonpano

Ajatuksena oli että osat kasattaisiin ovelliseen koteloon ja operointipaneelille tehtäisiin oveen aukko, johon se voitaisiin upottaa. Sopiva kotelo löytyi Rittalin AE -sarjasta malliltaan AE 1380.500. Se on valmistettu metallista ja sen mitat ovat seuraavat: leveys on 380 mm, korkeus 380 mm ja syvyys 210 mm. (Rittal www-sivut 2016)

Kotelon kasaaminen aloitettiin asettelemalla komponentit asennuslevylle sekä sommittelemalla osien alustavat paikat (kuva 19). Kun sopivat paikat olivat löytyneet, kiinnitettiin DIN-kiskot pohjalevyyn ruuveilla. DIN-kiskoja käytettiin koneohjaimen, virtalähteen, johdonsuojakatkaisijoiden sekä riviliittimien kiinnitykseen. Servovahvistin sekä häiriönpoistaja kiinnitettiin ruuveilla suoraan asennuslevyyn.



Kuva 19. Testilaitteiston komponentit kiinnitettyinä asennuslevyyn.

Kun komponentit saatiin asennettua, tehtiin kotelon oveen aukko kosketuspaneelille sekä hätä seis katkaisijalle (kuva 20). Komponenttien asennuksen aikana huomasin, että kotelo oli ehkä hieman liian pieni syvyytensä puolesta. En ollut ottanut huomioon servovahvistimen enkooderikaapelia, joka lähtee kohtisuoraan ylöspäin servovahvistimesta ja vaatii ainakin useamman kymmenen millia tilaa, jotta kaapelin taitoksesta ei tule liian tiukka, sekä sitä, että HMI-paneelin syvyys on 69 mm ja ne saattavat osua päällekkäin servovahvistimen kanssa. Siirtämällä servovahvistimen niin oikeaan reunaan asennuslevyllä kuin mahdollista, sekä tekemällä aukon paneelille niin vasempaan reunaan kotelon ovea kuin mahdollista, välttyttiin siltä, että komponentit olisivat tulleet päällekkäin. Mikäli olisi hankittu kotelo, jonka syvyys olisi ollut suurempi kuin 210 mm, olisi pohjan pinta-ala kasvanut jo huomattavasti suuremmaksi, joten en halunnut tähän lähteä, koska kotelo oli muuten niin kompaktin kokoinen.



Kuva 20. HMI-paneeli sekä hätä seis painike asennettuna kotelon oveen.

10.2 Muutokset kokoonpanossa

10.2.1 Kotelon jäähdytys

Kun komponentit saatiin asennettua koteloon ja kytkennät tehtyä, tuli mieleen muutamia muutoksia, joita laitteeseen tulisi tehdä. Ensimmäinen liittyi kotelon jäähdytykseen. Aluksi ajatuksena oli, että jäähdytystä ei välttämättä tarvittaisi ja kotelon kuoren läpi ympäröivään ilmaan johdettu lämpö riittäisi. Kuitenkin kun laitteet saatiin päälle ja kotelon sisäinen lämpötila päästiin mittaamaan, heräsi ajatus, että jäähdytys voisi sittenkin olla järkevä vaihtoehto. Tavallisella ulkolämpötilamittarilla suoritetujen mittausten perusteella, laitteiden ollessa tyhjäkäynnillä, kotelon sisälämpötila kohosi noin 45 asteeseen ympäröivän ilman ollessa noin 23 asteista. Omronin koneohjaimen sekä servovahvistimen suositeltu operointilämpötila on 0-55 astetta, joten aivan maksimilämpötiloissa ei vielä oltu, mutta nähtiin kuitenkin parhaaksi, että jonkinlaista jäähdytystä asennettaisiin.

Vaihtoehtona oli joko aktiivinen tai passiivinen jäähdytys, joista päädyttiin valitsemaan passiivinen jäähdytys, joka toteutettiin kolmella Rittalin SK 3238.200 poistoilmasuodattimella. Poistoilmasuodattimista kaksi asennettiin kotelon sivuille sekä yksi kotelon kattoon. Mikäli jossain vaiheessa korkeiden lämpötilojen kassa tulee ongelmia, on yksi näistä poistoilmasuodattimista helppo korvata Rittalin suodatintuulettimella, jolla saadaan tehostettua jäähdytystä jo huomattavasti.

10.2.2 Turvareleen lisäys

Servomoottorin turvallista pysäytystä Omronilta tiedusteltaessa kävi ilmi, että se on suositeltavaa tehdä joko turvareleellä tai turvalogiikalla. Tässä tapauksessa kustannusten sekä tilan säästämiseksi ainoa vaihtoehto oli turvarele, josta pyydettiin Sata-automaation kautta tarjous. Kävi kuitenkin ilmi että Puustellilta löytyy Omronin turvareleitä hyllystä heidän omasta varastostaan, malliltaan G9SR-BC201-RC. Omronin mukaan tämä rele soveltuu hyvin tähän tarkoitukseen, joten päätin asentaa kyseisen releen laitteistoon.

Omronin servovahvistimessa on turvatuloportti CN8, johon kytkettiin Omronin oma turvakaapeli R88A-CSK003S-E. Turvakaapelin johtimien toiset päät kytkettiin turvareleen lähtöihin, 24V jännitesyöttöön sekä EDM porttiin, joka on ns. takaisinkytkentä luuppi. Näin saatiin servovahvistimeen asianmukainen E-stop toiminto käyttöön ja hätätilanteessa servomoottorin pysäyttäminen tapahtuu nopeasti.

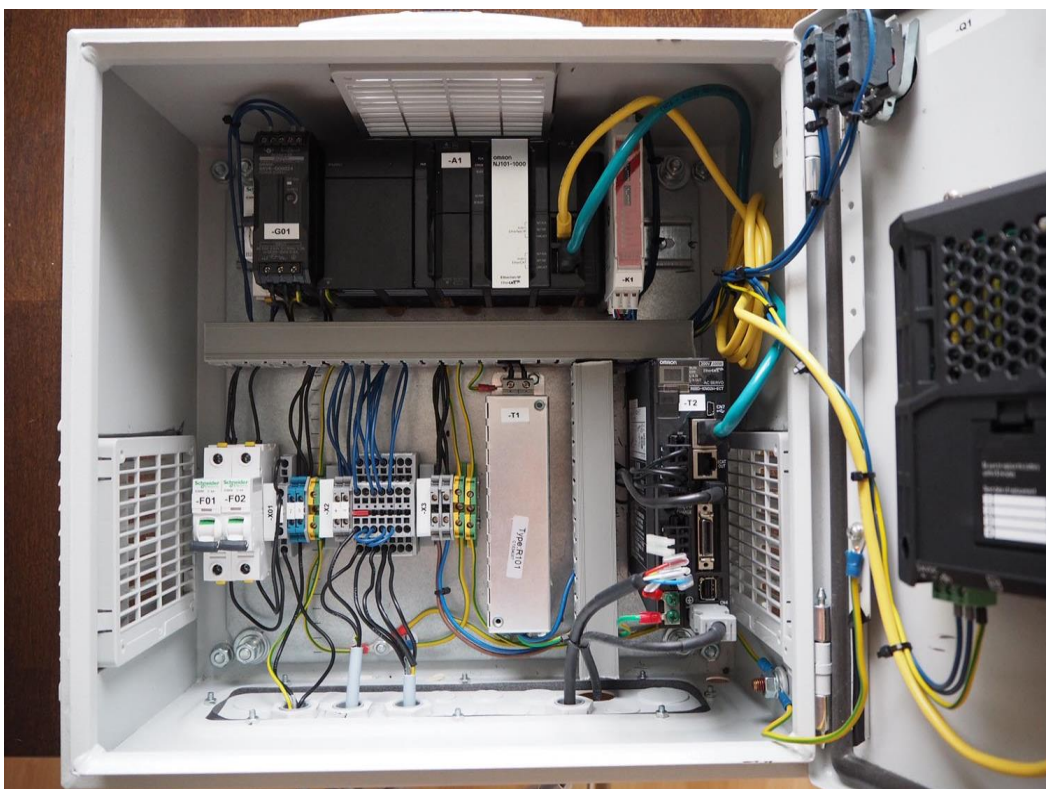
Turvarelettä asentaessa huomasin, että koneohjaimen sekä korttien päässä oleva tila on melko ahdas, koska turvarele otti kiinni kotelon aluslevyn kiinnityspultteihin. Koneohjaimen toisella puolella olisi kyllä tilaa, mutta siellä 24 voltin tasajännitteen johdonsuojakatkaisija ottaa myös kiinnityspulttiin kiinni, joten koko pakettiakaan ei voinut siirtää vasemmalle. Niinpä näin helpommaksi ratkaisuksi irrottaa logiikan tulo- ja lähtökortit, jolloin tilaa vapautui reilusti. Korteilla ei tässä vaiheessa ollut varsinaista tarvetta, koska kaikki ohjaus tapahtuu näyttöpaneelin kautta ja servovahvistimen ohjaus taas EtherCAT -väylän kautta. Mikäli korteille tulee tulevaisuudessa tarvetta, on ne helppo lisätä takaisin paikalleen.

10.2.3 24VDC johdonsuojakatkaisija

Aiemmin 24 voltin tasajännitteelle ei ollut lainakaan erillistä johdonsuojakatkaisijaa. Tuli kuitenkin mieleen, että sellainen olisi hyvä olla ja johdonsuojakatkaisija päätettiin hankkia Schneider electricin Acti9 mallistosta, tarkemmalta malliltaan iC60N B2A. Johdonsuojakatkaisija on laukaisutyypiltään B, joka on siis nopea ja sopii hyvin 24 voltin tasajännitteelle. Nimellisvirta on 2 ampeeria ja se suojaa HMI-paneelia sekä turvarelettä. (Schneider electric www-sivu 2016)

10.3 Kotelon lopullinen kokoonpano

Kun kotelon sähköasennukset saatiin viimeistelyä, merkattiin kotelossa olevat laitteet ja komponentit tarratulostimella tulostetuilla tarroilla sekä sähköasennuksista tehtiin piirikaaviokuvat AutoCAD:illä. Koteloon asennettiin kaksi hätä seis painiketta; toinen kotelon kanteen ja toinen erilliseen rasiaan, joka voidaan asentaa esimerkiksi seinään testauslaitteiston välittömään läheisyyteen. Myös turvareleen kuittauspainike asennettiin erilliseen rasiaan. Kuvissa 21, 22 ja 23 on nähtävissä lopputulos.



Kuva 21. Kotelon sähköasennusten lopullinen kokoonpano



Kuva 22. Kotelo ulkoapäin



Kuva 23. Testauslaitteisto kokonaisuudessaan

11 OHJELMOINTI

Kun kokoonpano vaihe saatiin päätökseen, aloin suunnittelemaan logiikkaohjelmaa sekä operointipaneelin ulkoasua. Lähtökohtana oli, että laitteesta tehtäisiin mahdollisimman helppokäyttöinen ja operointipaneelin näytöstä yksinkertainen.

11.1 Sysmac studio

Sysmac studio on Omronin kehittämä ohjelmointiympäristö, jossa yhdellä alustalla onnistuu logiikan, liikkeenohjauksen sekä konenäön ohjaus. Esimerkiksi tässäkin työssä käytetyn NJ-sarjan koneohjaimen ohjelmointiin ei tarvita mitään muita ohjelmistoja. (Omron www-sivut 2016)

Minulle kyseinen ohjelmisto oli ennalta täysin tuntematon ja kokemusta oli Omronin ohjelmistoista ainoastaan CX-Programmerista, joten olin hieman epävarma sen suhteen. Kuitenkin pienen tutustumisen jälkeen ohjelma osoittautui hyvinkin helppokäyttöiseksi.

11.2 Hardware konfiguraatio

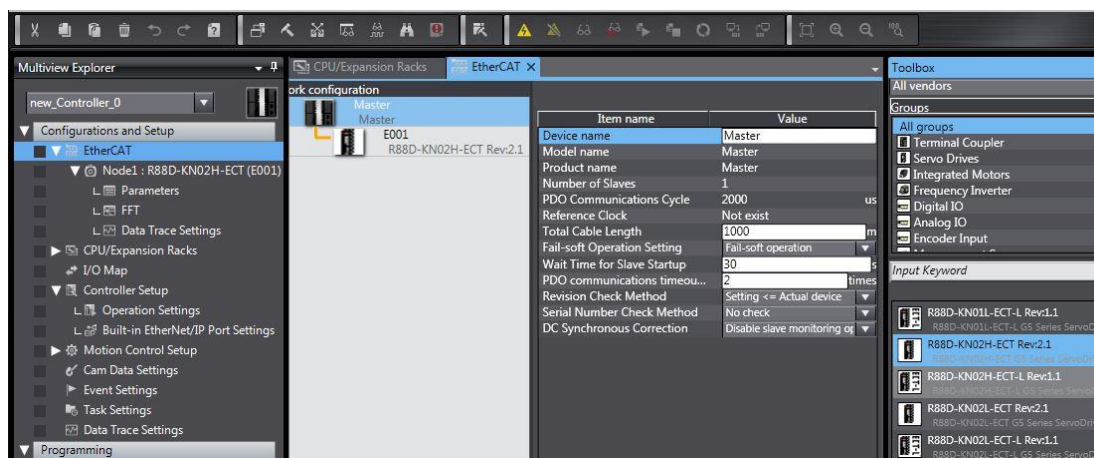
Hardware konfiguraation tekeminen oli hyvin yksinkertaista ja oikeat komponentit löytyivät helposti ohjelman kirjastosta. Konfiguraatiossa lisäsin kokoonpanoon virtalähteen NJ-PA3001, koneohjaimen NJ-101 sekä tulo ja lähtökortit CJ1W-ID211 sekä CJ1W-OD211. Kuitenkin myöhemmin turvarelettä asentaessani irrotin kortit logiikasta, joten poistin ne myös hardware konfiguraatiosta.

Myös operointipaneelin lisäys kokoonpanoon oli helppoa. Kun näyttö oli kytketty ethernet kaapelilla koneohjaimen EtherNet/IP –porttiin, insert valikosta valittiin vain HMI ja ohjelma tarjosi lisättäväksi oikeaa mallia eli NA5. Tämän jälkeen asetettiin paneelin oikea versio sekä varmistettiin että IP -osoite on oikea jonka jälkeen paneeli oli valmis keskustelemaan logiikan kanssa.

Seuraavaksi vuorossa oli servovahvistimen lisäys samaan verkkoon. Koneohjain ja servovahvistin toimivat master/slave periaatteella, joten servovahvistin R88D-KN02H-ECT lisättiin NJ101 koneohjaimen slaveksi ja ne keskustelevat EtherCAT väylän välityksellä.

Kuten kuvasta 23 voi havaita, myös oikea servovahvistin löytyi ohjelman kirjastosta vaivattomasti ja se lisättiin logiikan slaveksi vain drag and drop periaatteella. Käy-

tännössä pieniä parametri säätöjä lukuun ottamatta vahvistin oli valmis keskustelemaan koneohjaimen kanssa.



Kuva 23. Servovahvistimen liittäminen samaan verkkoon koneohjaimen kanssa

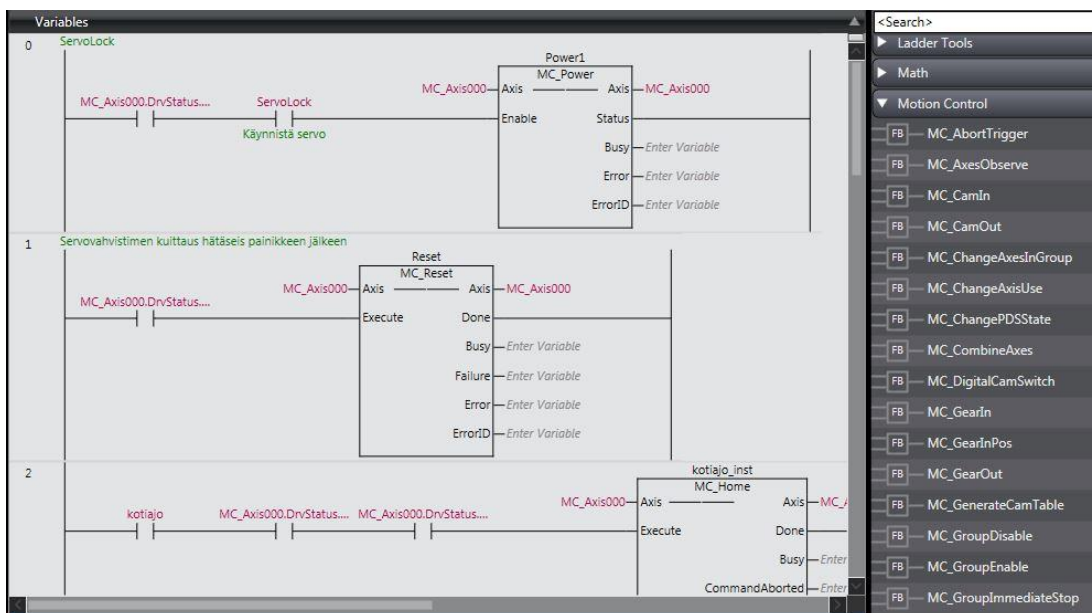
Ennen kun servomootoria pääsi pyörittämään, pieniä ongelmia tuottivat muutamat turvaparametrit, jotka pakottivat servovahvistimen häiriötilaan. Kuitenkin Omronilta saadun konsultaation avulla parametrit saatiin kytkettyä pois päältä.

11.3 Ohjelman luominen

Servokäytön ohjaaminen oli yllättävän helppoa ohjelmassa valmiina olevien liikkeenohjauslohkojen ansiosta, joilla pystyi toteuttamaan servon eri toiminnot lisäämällä tarvittavat muuttujat sekä parametrit lohkoihin. (Kuva 24)

Ohjelmasta luotiin rakenteeltaan sellainen, että operointipaneelilta ajetaan käsiajolla kelkkaa haluttuun pisteeseen. Tässä tapauksessa siis siihen positioon, jossa laatikko tai liukuovi on kiinni. Tämä paikkatieto tallennetaan muuttujaan operointipaneelista nappia painamalla. Tämän jälkeen kelkka ajetaan seuraavaan positioon, jossa laatikko tai liukuovi on auki, jonka jälkeen tämä paikkatieto tallennetaan muuttujaan myös operointipaneelista nappia painamalla. Tämän jälkeen operointipaneelista asetetaan haluttu toistojen määrä, toisin sanoen, kuinka monta kertaa laatikko tai liukuovi halutaan sulkea. Kun haluttu toistojen määrä on asetettu, käynnistetään testaus paneelista.

Tämän jälkeen laite ajaa edestakaisin määriteltyä väliä niin monta kertaa, kuin on toistojen määräksi asetettu. Operointipaneelin ulkoasu on nähtävillä kuvassa 25.



Kuva 24. Oikealla valmiita liikkeenohjauslohkoja



Kuva 25. Operointipaneelin näyttö

12 LOPPUSANAT

Puustellin alkuperäisen toivomuksen mukaan he halusivat muokattavan testipenkin, jossa voitaisiin testata kuutta erityyppistä kalustetta. Muokattavuutta piti olla siten, että sillä pystyttäisiin testaamaan kaiken kokoisia kalusteita näistä kuudesta eri kalustetyypistä. Opinnäytetyöni aiheena oli suunnitella ja toteuttaa tällainen testauspenkki.

Muutaman viikon suunnittelun jälkeen olin sitä mieltä, että kokonaisuudessaan testauspenkin suunnittelu ja toteuttaminen on liian laaja aihealue sisältäessään monia erityyppisiä liikkeitä, joiden pituudet vaihtelevat suuresti. Lisäksi testipenkki sisälsi huomattavasti mekaniikan sekä erilaisen osien suunnittelua, joista minulla ei ollut aiempaa kokemusta, eikä se vastannut koulutustani. Kysyinkin alkuperäiseltä yhteyshenkilöltä koululla, jos opinnäytetyötä voisi rajata, jolloin olisi helpompi keskittyä pienempään kokonaisuuteen. Hän oli kuitenkin sitä mieltä, että työn laajuus oli sopiva eikä nähnyt tarvetta supistaa sitä.

Jatkoin testauspenkin suunnittelua ja noin kolmen kuukauden jälkeenkin en ollut vielä keksinyt sellaista ratkaisua, että yhdellä testauspenkillä voitaisiin testata kaikkia vaadittavia liikkeitä. Eniten ongelmia tuottivat yläsaranoituidut kaapit sekä liikepituuksien suuri vaihteluväli sekä epäsäännöllisyys. Käytin runsaasti aikaa luoden 3d-mallinnoksia yrittämällä löytää ratkaisua niiden avulla siinä kuitenkaan onnistumatta.

Kun jossain vaiheessa päätettiin, että keskityttäisiin ainoastaan lineaarisen liikkeen toteutukseen, tuli asiaan ihan eri mielenkiinto, koska kokonaisuus supistui huomattavasti eikä tarvinnut yrittää miettiä kaikkien liikkeiden toteutuksia.

Lopulta tämä servokäytön toteutus projekti on ollut erittäin opettavainen kokonaisuudessaan sekä hyvin mielenkiintoinen. Mielestäni olisi pitänyt heti alun alkaenkin rajata opinnäytetyö ainoastaan tähän, niin aikataulu ei olisi venynyt niin pitkäksi. Kokonaisuudessaan testauslaitteiston rakentaminen onnistui mielestäni erinomaisesti ja olen hyvin tyytyväinen lopputulokseen.

LÄHTEET

SMC Pneumatics Finland Oy www-sivut. 2016. Viitattu 21.3.2016.
<https://www.smc.fi>

SFS 4696. Asunnon kiintokalusteet, toiminnalliset ominaisuudet, testausmenetelmät ja vaatimukset. 1983. Viitattu 6.1.2016.

Puustelli Group Oy www-sivut. 2016. Viitattu 6.1.2016. www.puustelli.fi

Stengård, J. Sähköpostiviesti SMC Pneumatics Finland Oy:n tarjoamista komponenteista. Lähetetty 14.3.2016. Viitattu 23.3.2016.

Aalto, T. Sähköpostiviesti Sata-automaatio Oy:n tarjoamista ohjelmoitavista logiikoista. Lähetetty 8.3.2016. Viitattu 23.3.2016.

Omron Electronics Oy www-sivut. 2016. Viitattu 29.4.2016
<https://industrial.omron.fi/fi/home>

Suominen, T. Puustellin tuotekehityspäällikön 24.11.2015 lähettämä sähköpostiviesti kalusteiden mitoista. Viitattu 6.1.2016.

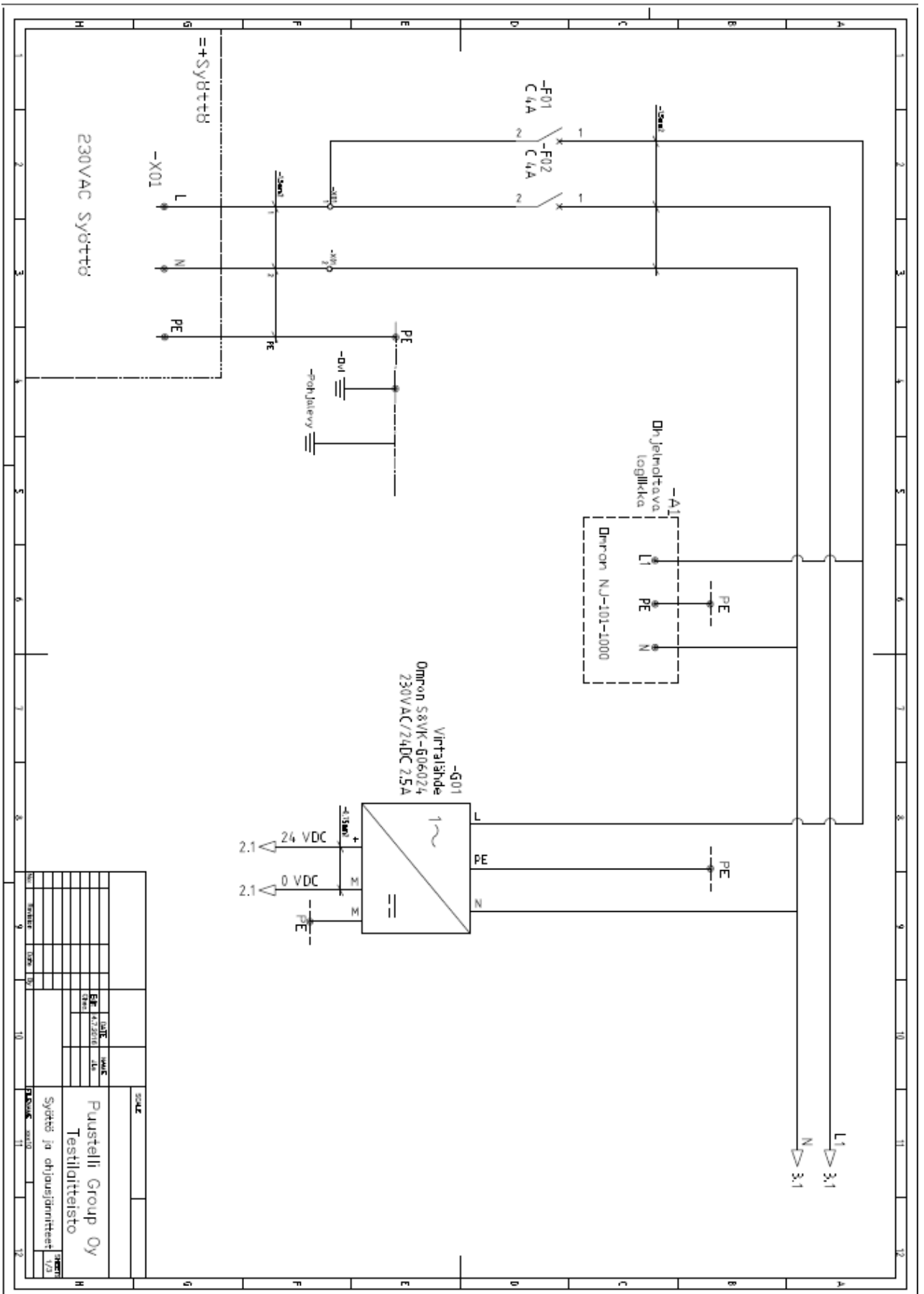
Suominen, T. Puustellin tuotekehityspäällikön 18.1.2016 lähettämä sähköpostiviesti yläsaranoitujen kaapinovie mitoista. Viitattu 3.2.2016.

Paasisalo, S. Sähköpostiviesti koskien SMC Pneumatics Finland Oy:n johteen elinikää ja huoltotarvetta. Lähetetty 25.7.2016. Viitattu 27.8.2016.

Festo www-sivut. Viitattu 19.5.2016. <https://www.festo.com/>

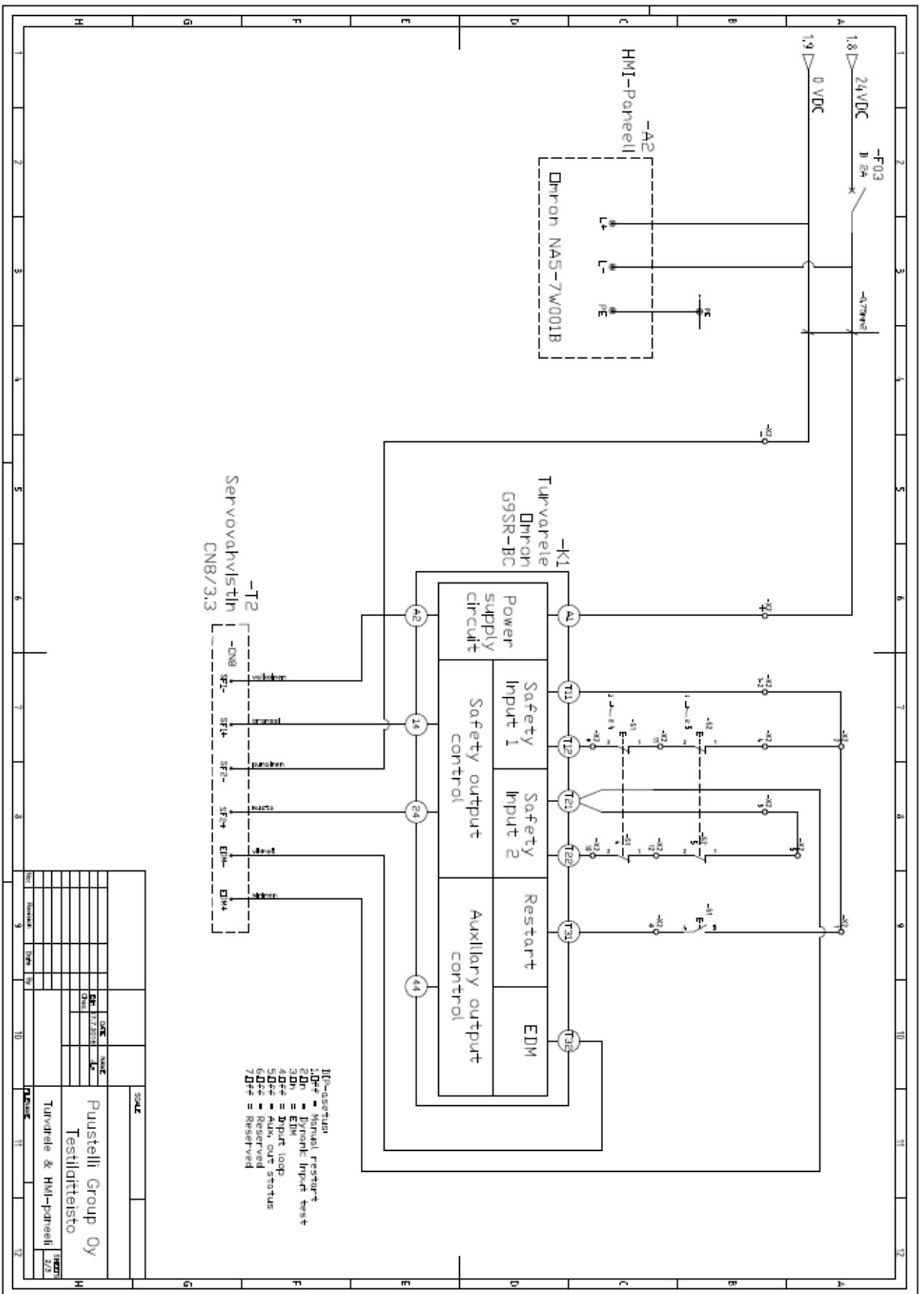
Rittal www-sivut. Viitattu 19.8.2016. <http://www.rittal.com/fi-fi/content/fi/start/>

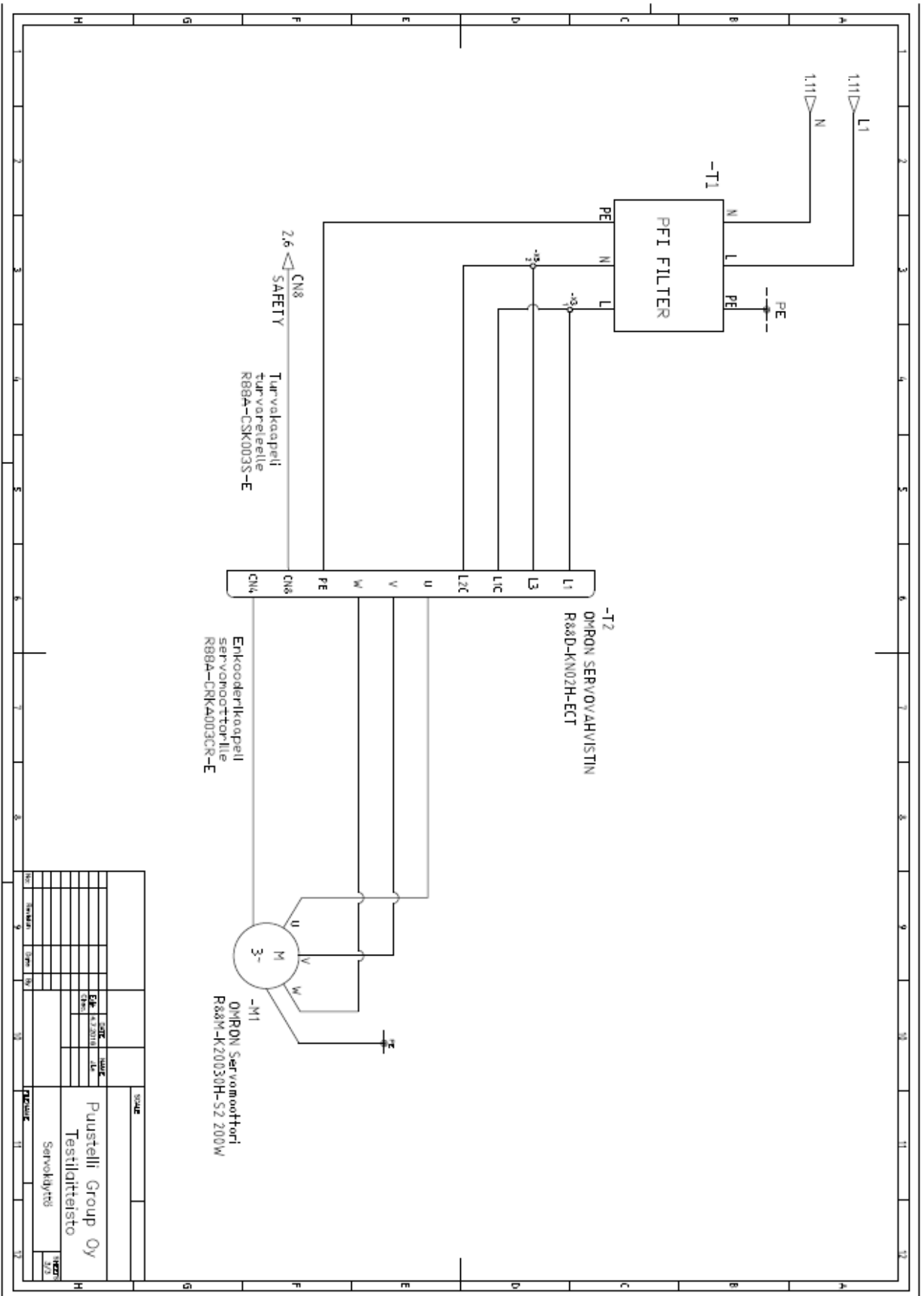
Schneider Electric www-sivut. Viitattu 24.8.2016. <http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/fi/>



| № | Symbol | Value | Unit | Notes |
|---|--------|-------|------|-------|
| 1 | U | 230 | V | AC |
| 2 | I | 2.5 | A | AC |
| 3 | U | 24 | V | DC |
| 4 | I | 2.5 | A | DC |

| | |
|-------------------------------|--|
| SÄHKÖTEKNIIKKA | |
| Puustelli Group Oy | |
| Testilaitteisto | |
| Systeet ja ohjauksen toteutus | |
| Sivertti | |





RISKIEN ARVIONTI

Arvioitava laite: Keittiökalusteiden testaus laitteisto

Riskien arvioimisessa käytetään apuna standardia SFS-EN 12100 sekä Tapio Siirilän sekä Tuiri Kerttulan vuonna 2007 julkaistusta teoksesta Koneturvallisuuden perusteet löytyviä riskien arviointi kaavioita.

Riskiä kuvaava lukuarvo saadaan kun kerrotaan seurausten vakavuus (kuva 1) tapaturman todennäköisyydellä (kuva 2). Saatua lukuarvoa verrataan sivulle neljä olevaan kuvan 3 taulukkoon, josta saadaan riskin suuruus.

Riskien arviointi perustuu minun arviooni ja on ainoastaan suuntaa antava.

1. Laitteen riskit

Testauslaitteiston läheisyydessä esiintyy seuraavia mekaanisia riskejä seuraavasti (SFS-EN ISO 12100, liite B)

- Liikkuvat kone-elimet

Joista saattaa seurata:

- puristuminen
- takertuminen
- hankautuminen tai hiertyminen

2. Riskien arviointi

Liikkuva lineaarijohteen kelkka tai esimerkiksi liikkuva laatikko saattavat pahimmillaan aiheuttaa pieniä luunmurtumia tai pysyviä lievähkötä vammoja kuten palan lähteminen sormesta. Lisäksi haavat tai hankaumat ovat mahdollisia.

Arviointitaulukkoa käyttämällä arvioisin seurausten vakavuudeksi 40. Ilman mitään laitteen suojauksia mutta laitteen hitaan liikkeenopeuden huomioon ottaen tapahtuman todennäköisyydeksi arvioisin 0,4.

Näin ollen kertomalla seurausten vakavuus (40) todennäköisyydellä (0,4) saadaan tulokseksi 16. Siirilän & Kerttulan taulukossa arvo 16 on kohtalaisen riskin alarajalla.

3. Suojaustoimenpiteet

Suojataan lineaarijohde turvaverkolla jolloin laitteen työskentelyalueelle ei pääse. Oveen asennetaan turvarajakytkin, joka katkaisee turvapiirin ja pysäyttää laitteen, kun ovi avataan.

Toinen vaihtoehto on että asetetaan laitteeseen ohjelmallisesti sellainen momenttiraja, että se avaa tarvittavat laatikot mutta mikäli momentti kasvaa liian suureksi esimerkiksi sormen ollessa välissä, kelkka pysähtyy.

4. Riskien uudelleen arviointi

Rakennettaessa aita laitteen ympärille ja liittämällä oven turvarajakytkin turvareleen hätä seis piirin, seurausten vakavuus pysyy samana mutta todennäköisyys tapaturmalle pienenee.

Liitteenä olevia arviointitaulukkoja käytettäessä seurausten vakavuus on edelleen 40 mutta mikäli turvalaitteita käytetään asianmukaisesti, todennäköisyydeksi arvioisin 0,1, josta tuloksi saadaan 4 joka tarkoittaa vähäistä riskiä.

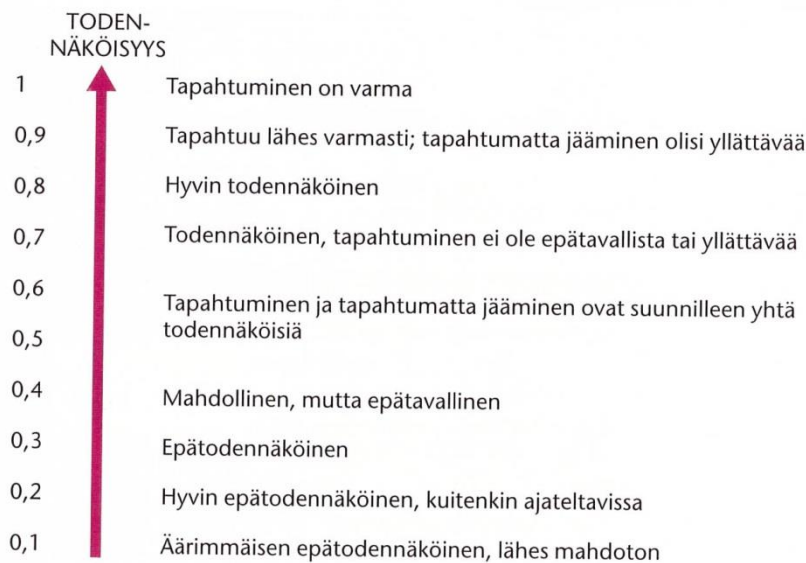
Mikäli laitteeseen asetetaan jatkuva maksimi momenttiraja, arvioisin seurausten vakavuuden olevan maksimissaan 20. Tapahtuman todennäköisyydeksi arvioisin 0,3 jolloin tuloksi muodostuu 6 joka tarkoittaa siedettävää riskiä. On kuitenkin huomioitava että pelkkä momenttirajan asettaminen ei ole hyväksyttävä laitteen turvallistamiskeino.

5. Turvallistamisessa sovellettavat suojalaitteet

Parhaaseen lopputulokseen päästään asentamalla suojaverkko laitteen ympärille, johon kulkua valvotaan oveen asennettavalla turvarajakytkimellä. Lisäksi asetetaan laitteeseen momenttiraja joka henkilösuojauskeskeisesti lisäksi suojaa myös itse konetta mahdollisia vikatilanteiden varalta.

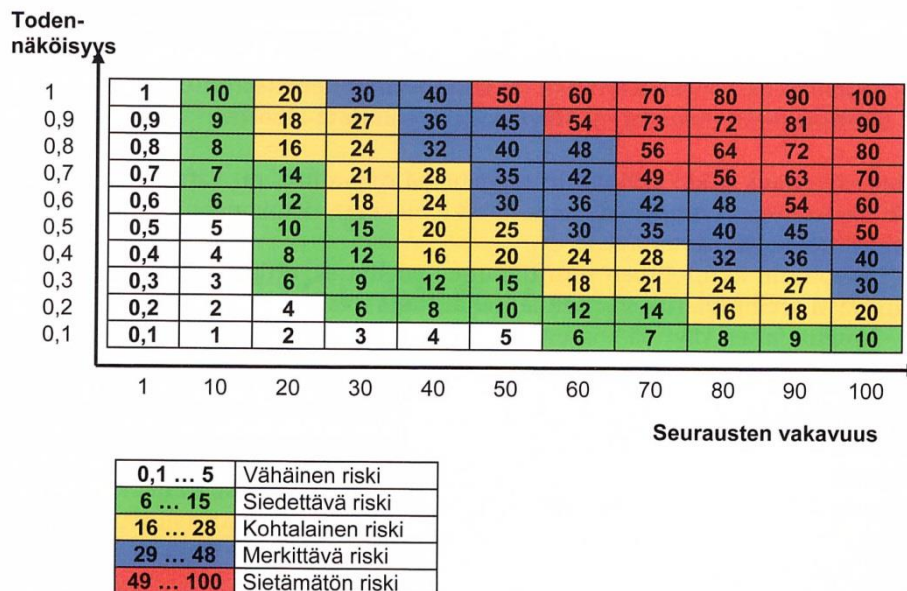
| SEURAUSTEN VAKAVUUS | |
|---------------------|--|
| 100 | Kuolema tai hyvin vakavia vammoja (esim. pysyvä tajuttomuus (kooma) tai aivovaurio). |
| 90 | |
| 80 | Kahden raajan menetys tai sokeutuminen sekä muita vastaavia pysyviä vammoja (esim. halvautuminen) |
| 70 | |
| 60 | Raajan, silmän tai kuulon menetys taikka muita vastaavia pysyviä vammoja (mm. useamman sormen menettäminen tai niiden toimintakyvyn heikentyminen) |
| 50 | |
| 40 | Suuren luun murtuma tai vaikea sairaus (parantuu) taikka pysyviä lievähköjä vammoja (pala pois sormesta, nivelen toiminta-alueen rajoittuminen tms.) |
| 30 | |
| 20 | Pieni luunmurtuma tai pienehkö sairaus (palautuva) |
| 10 | |
| 10 | Haava, hankautuma, huonoa oloa |
| 10 | Naarmuja tai mustelmia |
| 1 | Ei seurauksia |

Kuva 1. Koneturvallisuuden perusteet. Siirilä & Kerttula. 2007. s. 36



Riskien arviointia tekevässä ryhmässä olisi pyrittävä pitämään huoli siitä, että eri vaaratekijöihin liittyviä riskejä arvioitaessa todennäköisyyden arvioimiseen käytetään samoja perusteita. Muuten riskitasot eivät ole vertailukelpoisia. Vertailtavuus on tärkeää erityisesti silloin, kun päätetään riskien vähentämisen erilaisten vaihtoehtojen paremmuudesta tai riittävydestä.

Kuva 2. Koneturvallisuuden perusteen. Siirilä & Kerttula. 2007. s.37



Kuva 3. Koneturvallisuuden perusteen. Siirilä & Kerttula. 2007. s.47

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Suojamaadoituspiirin jatkuvuus

LIITE 3

Testattu laite: Keittiökalusteiden testaus laitteisto
Rakentaja: Jouni Lepistö, Luvianpuistokatu 2 a 8 28100 Pori
Suoritettut mittaukset: Suojamaadoituspiirin jatkuvuus 10 ampeerin virralla
Mittauslaitteisto: Unitest 9050 machine master

Suojamaadoituspiirin jatkuvuuden mittauksessa toisena mittauspisteenä käytettiin laitteen kiinteän johtimen päässä olevan pistotulpan maadoituspintaa. Johtimen pituus on noin 3 metriä.

Suojamaadoituspiirin jatkuvuus testattiin kahdella tapaa; mittaamalla jännitehäviö sekä suojamaadoituspiirin silmukan vastus.

Laitteiston johtimien pinta-ala on 1.5mm^2 joten suurin sallittu jännitehäviö on $\leq 2.6\text{V}$ ja suurin sallittu vastus on 0.30Ω

Mittaustulokset:

| Mittauskohde | Jännitehäviö [V] | Resistanssi [Ω] |
|--|------------------|--------------------------|
| Kotelon aluslevy | 0.37 | 0.038 |
| Kotelon kiinnityskorva | 0.50 | 0.056 |
| Kotelon lukko | 0.42 | 0.045 |
| Lineaarijohde, moottorin puoleinen pää | 0.86 | 0.079 |
| Lineaarijohde, moottorin vastainen pää | 0.82 | 0.079 |
| Servomoottorin kiinnitysruuvi | 0.73 | 0.068 |
| Kotelon oven kirkas kohta | 0.43 | 0.047 |
| Kotelon pohjaruuvit | 0.40 | 0.041 |
| Näytön maadoitusliitin | 0.50 | 0.052 |
| Virtalähteen maadoitusliitin | 0.43 | 0.047 |
| DIN-kisko | 0.37 | 0.038 |
| Hätä seis painikkeen runko | 0.46 | 0.047 |
| Logiikan maadoitusliitin | 0.44 | 0.044 |
| Kotelon ovi sisäpuolelta | 0.46 | 0.045 |

Näin ollen testauslaitteisto täyttää standardin SFS-EN 60204 vaatimukset suojamaadoituspiirin osalta.

Paikka, aika sekä mittauksen suorittajan allekirjoitus sekä nimenselvennys:

Käyttöohje keittiökalusteiden testauslaitteistolle

Testauslaitteistoa käytettäessä on noudatettava erityistä varovaisuutta!

Laitteen käyttöönotto

1. Ennen kuin pistotulppa kytketään pistorasiaan, varmista pistorasiasta, että kumpi on vaihe- ja kumpi on nollajohdin. Laitteen pistotulppaan on merkattu L vaiheen sekä N nollajohtimen merkiksi. Kun asia on varmistettu esim. yleismittarilla, voidaan pistotulppa kytkeä pistorasiaan siten, että laitteen pistotulpan vaihe L kytketään pistorasian vaihejohtimeen ja pistotulpan nollajohdin N pistorasian nollajohtimeen. Suosittelen hankkimaan laitteelle 3-napaisen pistotulpan sekä pistorasian johon pistotulpan voi kytkeä ainoastaan yhteen asentoon.
2. Tämän jälkeen johdonsuojakatkaisijat F1, F2 ja F3 voi kytkeä kiinni, jolloin laitteet käynnistyvät.
3. Käynnistyksen jälkeen servovahvistin sekä turvarele ovat stop -tilassa. Varmista että lineaarijohteen kelkka ei ole kiinnitettynä mihinkään, eikä henkilöitä ole kosketuksissa johteeseen. Mikäli hätä seis painikkeet on painettu pohjaan, tulee ne nostaa ylös. Tämän jälkeen paina turvareleen oranssia kuitausnappia S1, jolloin turvarele kuitaantuu sekä servovahvistin siirtyy normaalitilaan.
4. Nyt laite on käyttövalmis ja sitä voidaan alkaa ohjaamaan operointipaneelista.

Laitteen käyttäminen

5. Servovahvistin käynnistyy kun painetaan **Käynnistä servo** – painiketta operointipaneelista. Tällä komennolla servo saadaan tilaan, jolloin sitä voidaan alkaa ajamaan, esimerkiksi käsiajot toimivat tämän jälkeen joten varmista että lineaarijohde ei aiheuta vaaraa kenellekään. Käynnistä servovahvistin.
6. Aina aloittaessa testausta, paina **Asetusten nollaus** – painiketta operointipaneelista. Toiminto nolaa kelkan paikkatiedon, asetetut kohdepositiot sekä laskurin arvon. Näin ei ole sitä vaaraa, että muistissa olisi vanhoja kohdepositioita, ja kelkka liikkuisi yllättävään paikkaan. Varmista että kelkan positio sekä laskurin arvot nollaantuvat.
7. Aseta laitteelle maksimi momenttiraja painamalla operointipaneelista **Momenttiraja** – tekstin alla olevaa tekstinsyöttökenttää, jolloin näytölle aukeaa tekstinsyöttöpaneeli. Aseta haluamasi maksimimomentti ja paina Enter. Suosittelen käyttämään

mahdollisimman alhaista momenttia, jolla kuitenkin pystytään kalusteita testaamaan vielä hyvin. Aluksi sopiva arvo voisi olla vaikka **25 Nm**, jolla suoritetaan rajojen määritykset. Mikäli koneen käynnistyessä momenttirajana on **0 Nm**, todennäköisesti **Momenttiraja ylitetty** – merkkivalo palaa. Paina tässä tapauksessa Momenttirajan **Kuittaus** – painiketta jolloin Momenttiraja ylitetty – merkkivalo sammuu. Älä vaihda käsiajossa suuntaa liian nopeasti, tai logiikka menee virhetilaan. Mikäli näin käy, katso kohta Virhetilanteet.

8. Aseta kelkalle nopeus painamalla **Aseta nopeus** – tekstin alla olevaa tekstinsyöttökenttää. Aseta avautuvaan tekstinsyöttö paneeliin haluamasi kelkan nopeus. Tämä nopeusarvo vaikuttaa ainoastaan kelkan testauksen aikaiseen nopeuteen, ei käsiajonopeuteen. Aseta arvoksi aluksi esimerkiksi **150 mm/s** ja nosta arvoa vähitellen, mikäli nopeus tuntuu liian hitaalta testauksen aikana. Nopeus on rajoitettu arvoon 400 mm/s.
9. Ennen kuin aletaan kelkkaa ajaa käsiajolla, varmista että kelkan liike on esteetön eikä se aiheuta vaaraa kenellekään. Paina näytöltä olevaa painiketta **Aja vasemmalle** tai **Aja oikealle**, riippuen siitä kumpaan suuntaa kelkkaa halutaan ajaa. Kelkkaan sekä johteen runkoon on merkattu, kumpi on vasen ja kumpi oikea epäselvyyksien välttämiseksi, mikäli kelkkaa katsotaan toiselta puolelta. Mikäli kelkkaa ajetaan päin johteen päätyjä, tai jotain muita esteitä, momenttiraja ylittyy ja **Momenttiraja ylitetty** – merkkivalo syttyy. Kuittaa hälytys painamalla Momenttirajan **Kuittaus** – painiketta.
10. Mikäli laitteella testataan laatikoita, aseta johde poikkisuoraan kohti laatikoita siten, että johteen pää jossa ei ole moottoria, on lähempänä laatikoita ja moottorillinen pää on kauempana laatikoista. Näin moottori ei ole tiellä testausten aikana.
11. Aja kelkkaa vasemmalle käsiajolla, kunnes se on kohdassa josta testaus halutaan aloittaa. Laatikko on siis kiinni tässä vaiheessa. Muista jättää tyhjää tilaa kelkan ja laatikon etuseinän väliin, jotta kelkka ei paina laatikkoa kiinni väkisin, vaan se pääse liukumaan kiinni omalla painollaa. Kun kelkka on sopivassa kohdassa, josta testaus halutaan aloittaa, paina paneelilta **Aseta vasen raja** – painiketta. Nyt kyseinen positio on asetettu muistiin, ja kelkka palaa tähän asemaan testauksen aikana.
12. Aja kelkkaa oikealle kunnes se on sopivassa kohdassa. Älä kiinnitä laatikkoa kelkkaan vielä tässä vaiheessa, jotta se ei vaurioidu, mikäli käsiajolla ajetaan liian pitkälle. Voit avata laatikon käsin ja ajaa kelkkaa sen alapuolella, jotta näet mikä on oikea kohta, johon testauksen toinen raja halutaan asettaa. Ota huomioon että SFS 4969 standardissa, pykälässä 5.1 määritellään että laatikoita avataan vain 2/3 osaa sen kokonaissyvyydestä. Kun kelkka on sopivassa kohdassa laatikkoon nähden, paina **Aseta oikea raja** – painiketta. Nyt laitteelle on määritelty testausväli, jota se toistaa.

13. Aseta haluttu toistojen määrä painamalla **Aseta toistojen määrä** – tekstin alla olevaa tekstinsyöttökenttää. Tässä vaiheessa arvoksi voi asettaa esimerkiksi **5**, jolla ajetaan ensiksi testiajo. Standardin SFS 4969 mukaan laatikon tulee kestää 20 000 avauskertaa, $0,25 \text{ kg/dm}^3$ suuruisella kuormalla ja kaapinoven 40 000 kertaa. Aseta oikea arvo testattavan kohteen mukaan. Älä kuitenkaan vielä kiinnitä testattavaa kohdetta kelkkaan, vaan ensin ajetaan testiajo, jotta nähdään että kelkka liikkuu oikealla välillä.
14. Operointipaneelilla on tekstinsyöttö kenttä jossa lukee **Viive liikkeiden välillä**. Tähän kenttään määritellään kuinka kauan kelkka on pysähdyksissä, kun se savuttaa kohdepositionsa. Arvoksi voi asettaa myös **0**, jolloin viivettä ei ole, ja kelkka lähtee saman tien vastakkaiseen suuntaan, kun se on saavuttanut kohdeposition. Arvoa voi säätää myös testauksen aikana, ja se kannattaakin säätää testattavan kalusteen mukaan. Suositeltava oletusarvo viiveeksi on **2-3 sekuntia**, josta sitä voi tarvittaessa nostaa tai laskea.
15. Nyt voidaan aloittaa testiajo, joten varmista että kelkka ei liikkeelle lähtiessään aiheuta vaaraa, eikä ole vielä kiinnitettynä testattavaan kohteeseen. Paina operointipaneelista painiketta **Aloita testaus**, jolloin kelkan pitäisi lähteä liikkeelle toistamaan määritettyä testaus väliä. Mikäli näin ei tapahdu, katso kohta Virhetilanteet.
16. Mikäli näyttää että kelkka liikkuu määritetyllä alueella kuten pitääkin, odota että testi ajo on suoritettu.
17. Kiinnitä laatikko tai liukuovi kelkkaan siihen tehdyllä mekanismilla (ei sisälly toimitukseen) ja aseta toistojen määräksi esimerkiksi 10 ja nosta momenttirajaa riittävästi, siten että johde jaksaa avata laatikon joutumatta virhetilaan. Paina **Aloita testaus**, jolloin testaus alkaa. Tässä vaiheessa on tarkoitus seurata, miten suuren momentin laatikko vaatii avautuakseen. Arvoa voi seurata paneelilta kohdasta **Momentti**. Anna testin pyöriä loppuun asti.
18. Kun momenttiajo on suoritettu ja on selvinnyt maksimimomentti, jonka laatikko vaatii avautuakseen, aseta **Momenttiraja** hieman tätä arvoa suuremmaksi. Tällä estetään se, että mikäli testauksen aikana esimerkiksi laatikko jumiutuu, on momenttiraja tarpeeksi matalalla, jolloin servo reagoi herkästi momenttirajan ylitykseen ja keskeyttää testauksen.
19. Kun momenttiraja on säädetty oikeaksi, voidaan itse testaus aloittaa. **Aseta toistojen määrä** – kenttään haluttu testauksen pituus ja paina **Aloita testaus**.
20. Kun testaus on päättynyt ja näytössä palaa vihreä merkkivalo, jonka yläpuolella lukee **Testaus valmis**, paina vihreänä palavaa käynnistä servo painiketta, jossa lukee **Servo käynnissä**. Kun painike on palautunut harmaaksi, servo on lukittu. Mikäli näytössä palaa

punaisella **Momenttiraja ylitetty** – merkkivalo, on testauksen aikana momenttiraja noussut yli sallitun ja tämä on aiheuttanut testauksen keskeytyksen. Varmista testattavan kohteen kunto ja mikäli kaikki on kunnossa testauksen jatkamiseksi, paina **Momenttirajan kuittaus** – painiketta ja **Aloita testaus** – painiketta, jolloin testi jatkuu.

Virhetilanteet

Mikäli servo ei käynnisty ja moottori ei pyöri, tarkista ensimmäisenä, että hätä seis katkaisijat ovat ylhäällä ja turvarele on kuitattu Kuittaus – painikkeesta -S1. Tässä tapauksessa asian voi varmistaa avaamalla kotelon oven, ja mikäli servovahvistimessa palaa punaisin kirjaimin **St**, on vahvistin STOP – tilassa ja pitäisi palautua normaali tilaan kuittauspainiketta painamalla.

Mikäli tämä ei auta, on todennäköistä että logiikassa on jokin virhe päällä, ja tällöin logiikassa vilkkuu punainen valo. Logiikan virhelokiin pääsee näyttöpaneelin kautta siten, että painaa operointipaneelin aivan vasenta yläkulmaa tai oikeaa alakulmaa, jolloin menu aukeaa. Paina **NJ/NX Troubleshooter** kuvaketta, jolloin näyttöön ilmestyy rivi, jossa näkyy **new_Controller_0**, joka on siis kyseisen koneohjaimen nimi. Valitse tämä rivi painamalla rivin päältä, jolloin painike **Show Controller Events** aktivoituu. Paina sitä, jolloin näyttöön ilmestyy mahdolliset virhetapahtumat. Esimerkiksi hätä seis painiketta painettaessa lokiin ilmestyy Safety Input Error, josta ei varsinaisesti ole haittaa, koska logiikka toimii normaalisti, vaikka kyseinen virhe olisi aktiivisena. Paina ikkunan alareunasta painiketta **Error Reset**, jonka jälkeen tulee vielä vahvistus, että haluatko varmasti nollata virheet, paina Yes. Virheiden pitäisi hävitä näytöltä ja voit painaa Exit oikeasta yläkulmasta palataksesi alunäyttöön. Kyseisestä valikosta voi muutenkin säätää haluamiaan paneelin asetuksia

Huolto

Lineaarijohteen nimellinen käyttöikä on 5000 kilometriä tai 30 miljoonaa edestakaista liikettä. SMC:n mukaan johde on huoltovapaa, mutta olisi hyvä toisinaan ajaa kelkkaa päästä päähän, jolloin ruuvissa oleva rasva levittyisi tasaisesti koko matkalle. Suosittelen joka testauksen jälkeen, että kelkkaa ajetaan päästä päähän muutamia kertoja.

Logiikan puskuriparisto suositellaan vaihdettavaksi noin 3 vuoden välein, jolloin välttyään mahdollisilta ohjelma menetyksiltä.

Puskuriparisto vaihdetaan Omronin manuaalin W500-E1-12 kohdan 6-2 mukaan.

Puskuripariston tyyppi on: CJ1W-BAT01

-valmistuspäivämäärä on paristossa

-laitteen luovutushetkellä olevan pariston valmistuspäivämäärä: Helmikuu 2016

VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS

Valmistaja: Jouni Lepistö

Luvianpuistokatu 2 a 8
28100 Pori

Teknisten asiakirjojen kokoaja: Jouni Lepistö

Laitteen kuvaus: **Keittiökalusteiden testauslaitteisto**

- Laitetta voidaan käyttää lineaarista liikettä sisältävien keittiökalusteiden mekaanisen liikkeen simuloimiseen, sekä kulumisen testaukseen
- Soveltuakseen testaukseen laite vaatii vielä mekaanisia osia.

Vakuutetaan, että kone

- täyttää konedirektiivin (2006/42/EY ja VnA 400/2008) sen voimaansaattavien kansallisten säädösten vaatimukset
- täyttää seuraavien ETY:n muiden direktiivien vaatimukset:
 - Pienjännitedirektiivi 2006/95/EY
 - EMC-direktiivi 2004/108/EY
- seuraavia standardeja on sovellettu:
 - EN ISO 13949-1
 - SFS-EN 61508
 - SFS-EN 13850