

Alexandre Migovk

Venttiilien liittäminen kappaletavara-automaatiojärjestelmään

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

7.11.2017

Tekijä(t) Otsikko	Alexandre Migovk Venttiilien liittäminen kappaletavara-automaatiojärjestelmään
Sivumäärä Aika	25 sivua + 1 liite 7.11.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Jari Savolainen
<p>Insinööriyön tavoitteena oli jatkokehittää Metropolia Ammattikorkeakoulun opiskelijaryhmän innovaatioprojektia. Projekti oli koulun automaatiolaboratoriossa sijaitseva kesken-eräinen kappaletavara-automaatiojärjestelmä, jonka tarkoitus oli poimia kuljettimelta kappaleita tarttujalla talteen.</p> <p>Projektia jatkettiin vaihtamalla ja käyttöönottamalla sähköisesti esiohjatut pneumaattiset suuntaventtiilit. Venttiilit ohjaavat kuljettimella kappaleen lukituksia ja tarttujan sylinteriä. Järjestelmää ohjataan Beckhoffin ohjelmoitavalla logiikalla. Työssä valittiin ja asennettiin venttiilit ja lopuksi tehtiin testiohjelma TwinCAT 3 -ohjelmistolla, jolla testattiin toimilaitteiden ja venttiilien käyttökelpoisuutta.</p> <p>Kirjallisessa raportissa kerrottiin projektin taustasta, perehdyttiin erityyppisten pneumaattisten venttiilien toimintaan ja kerrottiin yksityiskohtaisesti työn käytännönsuuden toteutuksesta ja käytetyistä menetelmistä.</p> <p>Työ tehtiin pääosin koulun automaatiolaboratoriossa käyttäen sen laitteita ja työkaluja. Työ on vielä kehitysvaiheessa ja siinä on käyttöönotettava kaksi kuljetinta pyörittävää oikosulkumoottoria, optiset anturit sekä tarttujaa ohjaavien askelmoottorien ohjelmointikoodiin tulisi tehdä parannus.</p>	
Avainsanat	Kappaletavara-automaatiojärjestelmä, venttiili, Beckhoff, TwinCAT

Author(s) Title	Alexandre Migovk Installing Valves to an Automation System
Number of Pages Date	25 pages + 1 appendix 7 November 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Jari Savolainen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this study was to develop an incomplete automation system further. This system is to be used in laboratory exercises at Metropolia University of Applied Sciences. The function of the automation system is to move objects with a robot arm from a conveyor to a container.</p> <p>The work was about selecting, installing and creating a testing program and deploying pneumatic directional control valves. The valves are controlled by Beckhoff-logic and the valves control the pneumatic cylinders in the system. The testing program was designed by TwinCAT 3 software aimed at testing actuators and valves' workability.</p> <p>This thesis focuses on the project backgrounds, explores several valves' functions and describes the practical part in detail.</p> <p>The work was carried out in automation laboratory utilizing its tools and devices. The project is not entirely completed. Optical sensors and conveyor rotating induction motors have to be deployed. Additionally, the program code of the robot arm controlling stepper motors needs to be improved.</p>	
Keywords	Automation system, valve, Beckhoff, TwinCAT

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Projektin lähtötilanne	1
2.1	Työn kuvaus	1
2.2	Päätelmät	2
2.3	EtherCAT-kenttäväylä	2
2.4	Laitteisto	2
3	Pneumaattiset venttiilit	4
3.1	Yleistä	4
3.2	Suuntaventtiilit	5
3.2.1	Toimintaperiaate	5
3.2.2	Suuntaventtiilien ohjaustavat	8
3.3	Venttiilien koon valinta	9
4	Toimilaitteet	11
4.1	Kaksitoiminen sylinteri	11
4.2	Lyhytrakennesylinteri	11
4.3	Projektin toimilaitteet	11
5	Varsinainen työ	12
5.1	Venttiilien valinta	12
5.2	Venttiilien asennus	13
5.2.1	EL2004-väyläterminaali	13
5.2.2	Venttiilimoduulien liittäminen EL2004-terminaaliin	14
5.3	Yhteyden muodostaminen	15
5.3.1	TwinCAT 3	15
5.3.2	Ohjelmoitava logiikka CP2607-0000	16
5.3.3	Konfigurointi	17
5.4	Testiohjelman luonti	19
5.5	Sylinterin rajakytkimet	21
5.5.1	Yleistä	21

5.5.2 Käyttöönotto	22
6 Lopuksi	24
Lähteet	25

Lyhenteet

BSP	British Standard Pipe. Euroopassa putkiliitännässä käytetty putkikierteitä varten tarkoitettu standardi.
CNC	Computerized numerical control eli tietokoneistettu numeerinen ohjaus. Työstökoneiden ohjaamiseen käytetään pientietokoneita.
FBD	Function Block Diagram. Ohjelmoitavaan logiikkaan tarkoitettu graafinen ohjelmointikieli.
I/O	Input/Output. Tiedon siirtäminen automaatiolaitteiston välillä.
IP	Internet Protocol. TCP/IP-mallin Internet-kerroksen protokolla, joka huolehtii IP-tietoliikennepakettien toimittamisesta perille internet-verkossa.
ISO	International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardisointijärjestö.
NC	Numerical Control eli numeerinen ohjaus. Tarkoittaa työstökoneiden ohjaamista yksiselitteisillä symboleilla.
NPTF	National Pipe Tapered for Fuels. Yhdysvalloissa putkiliitännöjen kartiokierteissä käytetty standardi.
PC	Personal computer eli henkilökohtainen tietokone. Yksityishenkilölle tarkoitettu mikrotietokone.
PLC	Programmable Logic Controller eli ohjelmoitava logiikka. Tietokone, jota käytetään reaaliaikaisten automaatioprosessien ohjauksissa.

SFS	Suomen Standardisoimisliitto. Suomalainen standardisoinnin keskusjärjestö.
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol. Usean internet-liikennöinnissä käytettävän tietoverkkoprotokollan yhdistelmä.

.

.

.

1 Johdanto

Insinööri työ tehdään lehtori Jari Savolaisen ohjaamana Myyrmäen Metropolia Ammattikorkeakoululle. Työn tavoitteena on jatkaa keskeneräistä projektia, jota edellisen innovaatioprojektiryhmä kehitti. Projektissa on koulun automaatiolaboratoriossa sijaitseva kappaletavara-automaatiojärjestelmä, jossa kuljettimen alustalta poimitaan kappaleita tarttujalla ja liikutetaan ne säiliöön. Järjestelmä koostuu optisista antureista, kuljettimesta, kahdesta oikosulkumoottorista, ohjelmoitavasta logiikasta, sylintereistä ja kahdesta askelmoottorista. Tarttujan sylinteri, imusuutin sekä kuljettimella alustan neljä lukitusta toimivat paineilmalla. Tarttujan sylinteri liikkuu pystytasossa saavuttaakseen kohteen pinnan, jolla sylinterin päässä oleva imusuutin mahdollistaa tarttumisen ja alustalla olevan kappaleen liikuttamisen askelmoottorien varassa vaakatasossa. Paineilmasääntöä ohjataan pneumaattisilla venttiileillä.

Ongelmaksi osoittautui järjestelmässä käytössä oleva Profibus DP -kenttäväylällä varustettu venttiilimoduuli, joka ei sovellu Beckhoffin logiikkaan. Tarkoituksena on valita sopiva venttiiliratkaisu, jota voidaan käyttää jatkossa Beckhoffin I/O:ssa. Työn päämääränä on jatkossa asentaa, tehdä testiohjelma ja käyttöönottaa venttiilit.

Työ tehdään koulun automaatiolaboratoriossa käyttäen sen työkaluja. Tiedon lähteenä käytetään internetsivustoja, edellisen ryhmän raporttia, oppikirjoja sekä omaa kokemuspohjaista osaamista.

2 Projektin lähtötilanne

2.1 Työn kuvaus

Edellisen ryhmän projektissa tarkoituksena oli uusia askelmoottorit automaatiojärjestelmään. Vanhojen komponenttien tilalle asennettiin askelmoottorien lisäksi

- kaksi ohjainkorttia
- virtalähde
- logiikka.

Kaksi Beckhoffin askelmoottoria ja testikäyttöön tarkoitettu virtalähde saatiin koulun automaatiolaboratoriosta. Projektin edetessä virtalähde vaihdettiin uuteen Mean wellin virtalähteeseen, joka kiinnitettiin ohjainkaapissa DIN-kiskoon. Askelmoottorit kytkettiin näyttöpaneelilla varustettuun Beckhoffin logiikkaan.

Askelmoottorit ohjelmoitiin TwinCAT 3 -tietokoneohjelmistolla. Ryhmällä oli käytössä valmis tietokoneohjelma, jota mukautettiin projektin käyttötarkoitukseen. Ohjelmaan lisättiin myös toinen akseli. Akselilla tarkoitetaan moottorin pyöritettävää osaa, joka liikuttaa tarttujaa vaakatasossa x-suunnan lisäksi myös y-suunnassa. [1.]

2.2 Päätelmät

Työn lopputuloksena saatiin molemmat askelmoottorit liikkumaan, mutta niiden kiihdytys oli hidasta. Useista yrityksistä huolimatta ongelma ei ratkennut. Työ on innovaatioprojektiryhmän mukaan siinä vaiheessa, että moottoreita voi käyttää sen luomalla ohjelmalla ja jatkokehittää projektia tulevaisuudessa (Liite 1). [1.]

2.3 EtherCAT-kenttäväylä

EtherCAT eli Ethernet for Control Automation Technology on Beckhoffin kehittämä reaaliaikaisen teollisuuden Ethernet-teknologia. EtherCAT tunnetaan ominaisuuksiltaan erityäin lyhyistä vasteajoista ja soveltuu hyvin kaikenlaiseen automaation tiedonsiirtoon. EtherCAT upottaa sen tietosisällön standardi-Ethernet-kehukseen. Kehyksen sisällä tiedonsiirto tapahtuu omalla protokollalla. Väylässä on yksi isäntälaitte, jolla on oikeus ainoastaan lähettää kehys eteenpäin orjalaitteille. Kehys kuljetetaan jokaisen orjalaitteen läpi, ja viimeinen orjalaitte lähettää kehuksen takaisin isäntälaitteelle. Orjalaitteet lukevat niille tarkoitetun tiedon kehuksen kulkiessa niiden läpi ja tarvittaessa kirjoittavat samanaikaisesti tiedon kehukseen. Tällainen menettely nopeuttaa tiedonsiirtoa ja säästää aikaa. [2.]

2.4 Laitteisto

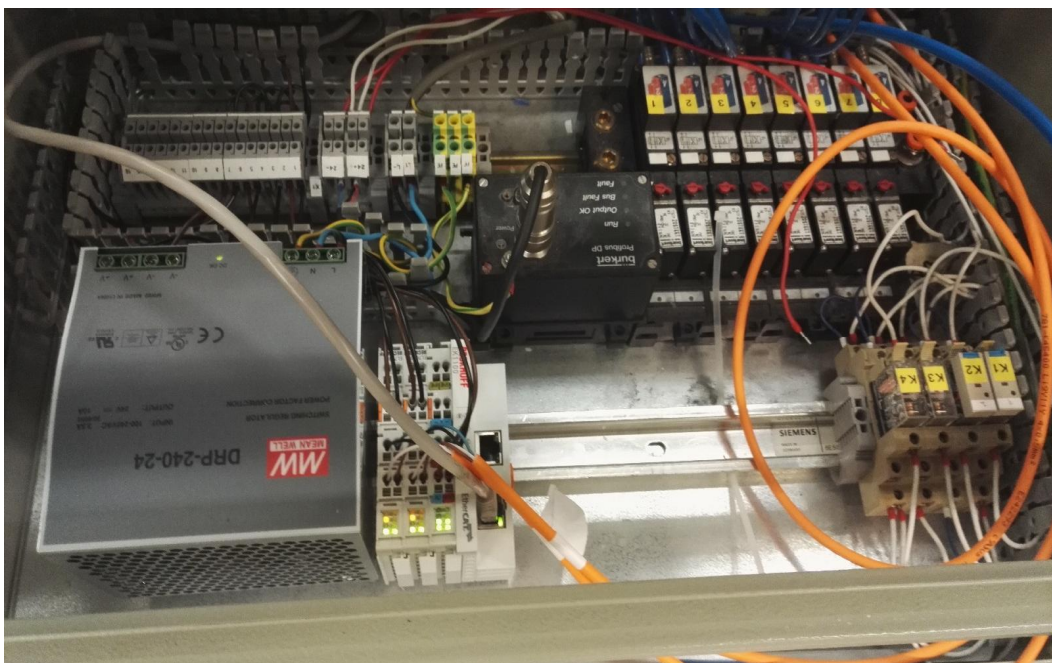
Taulukossa 1 luetellaan laitteet, joita ryhmä käytti projektin etenemiseen. Taulukkoon lisättiin EtherCAT-väyläliitin, jota ei mainittu ryhmän raportissa.

Taulukko 1. Edellisen ryhmän laiteluettelo. [1.]

Laitte	Malli	Valmistaja	Virra	Jännite	Teho
Virtalähde	DRP-240-24	Mean well	10 A	24 V	240 W
Askelmoottori	AS1020-0000	Beckhoff	1 A	24 V	
Askelmoottori	AS1020-0000	Beckhoff	1 A	24 V	
Logiikka	CP2607-0000	Beckhoff		24 V	
Ohjainkortti	7031	Beckhoff		24 V	
Ohjainkortti	7031	Beckhoff		24 V	
EtherCAT -väyläliitin	EK1100	Beckhoff	10 A	24 V	

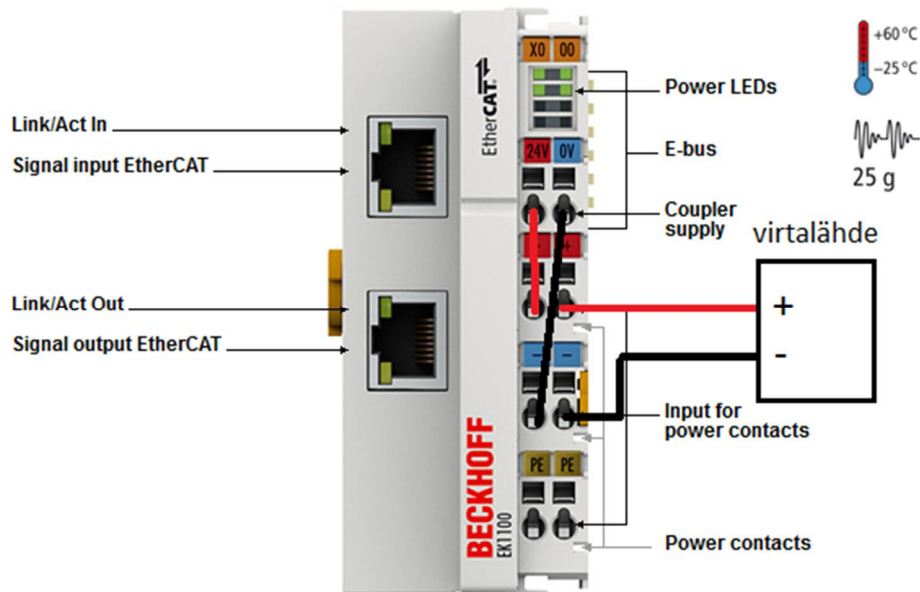
Kuvassa 1 esitetään ohjainlaatikko taulukossa mainituille laitteille lukuun ottamatta logiikkaa ja askelmoottoreita. Kuvassa näkyy myös alkuperäinen Burkertin venttiilimoduuli, jossa on Profibus DP -kenttäväylä. Harmaan virtalähteen vieressä oikealla puolella ovat 7031-ohjainkortit ja väyläliitin.

Kaksi 7031-ohjainkorttia on kytketty EtherCAT-väyläliittimeen, joka mahdollistaa I/O-korttien yhteyden logiikalle. Väyläliittimelle sekä logiikalle jaetaan virta samasta virtalähteestä. Väyläliitin jakaa virran ohjainkorttien kanssa. Se myös toimii kommunikointilaitteena logiikalle ja muille etänä oleville EtherCAT-väylällä varustetuille laitteille.



Kuva 1. Ohjainlaatikko. [1.]

EK1100-väyläliitin muuttaa sähköisen Ethernet 100BASETX-viestin E-bus-väylän viestimuotoon. EtherCAT-väylällä väyläliitin voidaan asettaa minne tahansa 100BASETX-verkossa paitsi suoraan kytkimelle. Kuvassa 2 ylempi RJ45-pistoke Signal input EtherCAT on tarkoitettu Ethernet-kaapelille, joka yhdistetään isäntälaitteeseen ja alempi Signal output EtherCAT muihin väyläterminaaleihin, jolloin pystytään jatkamaan väylää topologiassa eteenpäin. Kuvassa 2 esitetään virtalähteen kytkentäperiaate. [3.]



Kuva 2. EtherCAT-väyläliitin EK1100, johon on lisätty virtalähde ja sen kytkentäkaavio. [3.]

3 Pneumaattiset venttiilit

3.1 Yleistä

Pneumaattisten venttiilien tarkoitus on ohjata ja säätää pneumaattista järjestelmää. Kompressorit työntää paineella ilmaa pneumaattisten venttiilien läpi toimilaitteelle esimerkiksi sylinterille. Venttiilit jaetaan standardin SFS 2247 mukaan seuraaviin ryhmiin:

- suuntaventtiilit
- vastaventtiilit
- paineventtiilit

- virta- ja sulkuventtiilit.

Pneumaattisten järjestelmien paineen tarve on erilainen ja vaihtelee 4–8 baarin välillä. Tällöin nimellispaine on useimmiten 10 baaria. Sen takia niiden valmistusmateriaalina käytetään erilaisia kevytmetalleja ja muoveja. [4, s. 60.]

Vastaventtiilit säätelevät virtauksen nopeutta ja sallivat virtauksen vain yhteen suuntaan. Paineventtiileillä säädetään painetta. Niillä pystytään vaikuttamaan toimilaitteeseen kohdistuvalla erisuuruusvoimalla. Virtaventtiileillä voidaan vaikuttaa paineilman tilavuusvirtaan, ja sulkuventtiilit katkaisevat tai kytkevät paineilman virtauksen. Pneumaattisissa järjestelmissä ilmavirtaputket varustetaan sulkuventtiileillä huoltotoimenpiteitä ja vikatilanteita varten. [4, s. 60–70.]

3.2 Suuntaventtiilit

3.2.1 Toimintaperiaate

Suuntaventtiilit ohjaavat ilmavirran suunnan ja näin ollen toimilaitteen liikesuunnan. Ne ovat istukka- tai karatyypisiä. Karatyypisten suuntaventtiilien etuina ovat

- liikkuvien osien vähäisyys
- edullisuus
- mahdollisuus asentaa ryhmälaattaan
- toimilaitteiden liikkeen nopeuden säätö käyttämällä poistoliitäntöjä paineilman kuristamiseen.

Haittoina ovat

- todennäköisempi tukkeutuvuus (impulssiventtiilit)
- hidas toiminta karan pitkän liike-etäisyyden takia

- venttiilien pieni läpivirtaus
- lyhyempi käyttöikä.

Istukkaventtiilien etuina ovat

- suuri läpivirtaus
- lyhyt liikematka ja siten nopea toiminta
- venttiilien epäpuhtauksien kestävyys
- ryhmäasennettavuus
- pidempi käyttöikä.

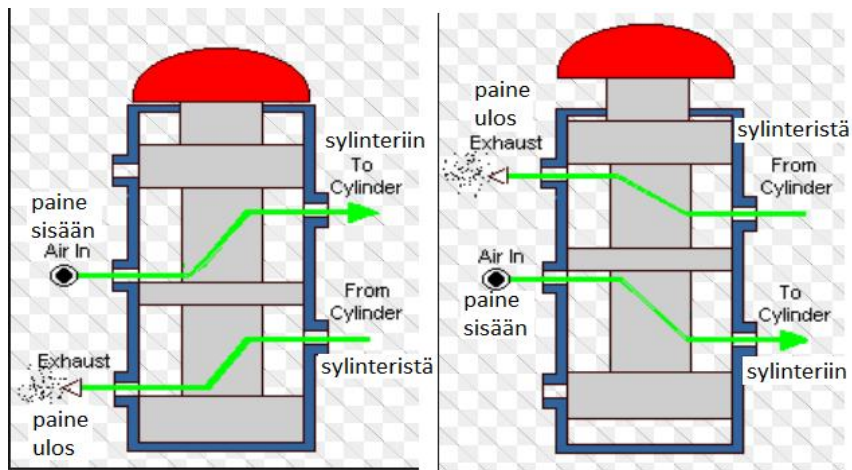
Haittoina ovat

- differentiaaliventtiilien poistoliitännöiden kuristus ei onnistu
- kalliimpi hankintahinta
- enemmän osia.

Suuntaventtiilien valinnassa kannattaa kiinnittää huomio helppohuoltoisuuteen, ISO-standardin mukaiseen liitännäjärjestykseen, käsiohjaustarpeeseen ja modulaarisuuteen. Modulaarisuudella tarkoitetaan sitä, että venttiilit voidaan asettaa samaan laattaan ja ohjata paineen kulkua venttiileissä vain yhdellä moduulin paineilmasyötöllä. [4, s. 61.]

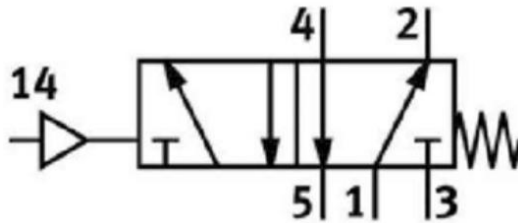
Suuntaventtiilit koostuvat ontosta rungosta, jossa on liitännäaukot paineilmaputkien liittämistä ja ilmapaineen ohjausta varten. Karaa eli luistinta liikutetaan rungossa, jossa muutetaan ilman kulkua eri liitännäaukkoihin. [5, s. 88.] Kuvassa 3 havainnollistetaan ilman kulkua venttiilissä ja karan käyttäytymistä rungossa. Huomataan, että venttiilin vasemmassa reunassa on yksi sisääntuloaukko ja kaksi ulostuloaukkoa, joista vain yksi ulostuloaukosta on käytössä kussakin asennossa. Venttiilin oikeassa reunassa on kaksi auk-

koa, jotka vievät putkia pitkin toimilaitteelle esimerkiksi sylinterille. Sylinteri koostuu männästä, joka liikkuu joko sisään tai ulos paineen vaikutuksesta riippuen mihin kammioon paine tulee. Jos jompaankumpaan kammioon tulee painetta, niin toisesta kammioista ilman on poistuttava, jotta mäntä liikkuisi. Punaisen napin ollessa ala-asennossa sisään-tulopaine pääsee ylemmästä kanavasta sylinteriin ja sylinteristä poistuva ilma kulkee alimmasta ulostuloaukosta pois. Punaisen napin ollessa yläasennossa sisääntulopaine kulkee alimmasta kanavasta sylinteriin toisesta aukosta. Poistoilma kulkee nyt ylemmästä ulostuloaukosta pois. Kuvassa 3 näytetään kyseisen venttiilin kaksi asentoa.



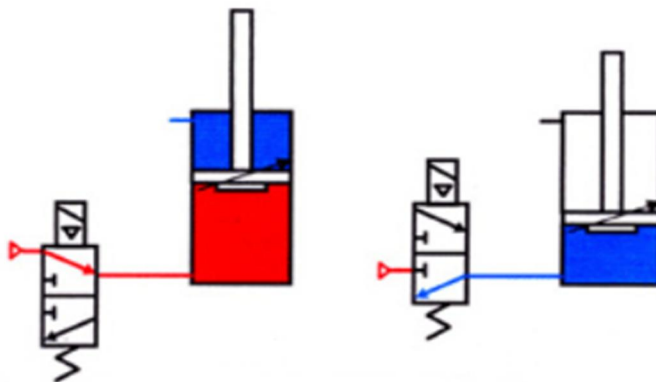
Kuva 3. 5/2-suuntaventtiilin toimintaperiaate. [6.]

Venttiilin toimintakaavio esitetään piirroskuvilla (kuva 4). Piirroskuvissa on neliöitä, joissa on liitäntäkohtia ja nuolia. Neliöiden määrä tarkoittaa karan eri asentoja. Niitä voi olla kahdesta neljään. Venttiilin liitäntäkohtia merkitään neliöistä lähtevistä lyhyillä viivoilla, joita on kahdesta viiteen, ja ne numeroidaan piirroskuvaan. Nuolet kuvastavat karan portteja, joista ilma virtaa eri aukkoihin. Numero 14 kohdalla on kolmio. Se tarkoittaa, että karan asentoa ohjataan paineilmalla. Kuvan oikealla puolella on jousi, joka palauttaa venttiilin lähtöasemaan, kun siihen ei vaikuteta. Venttiiliä kutsutaan silloin monostabiiliksi. Bistabiilissa venttiilissä on erona se, että jousen tilalla on toinen paineilmaohjaus, joka mahdollistaa karan siirtymistä alkuasentoon. [5, s. 89.]



Kuva 4. Paineella ohjattu monostabiili 5/2-suuntaventtiili. [7.]

Paineen syöttöaukko merkitään numerolla 1 (kuva 4). Lähtöaukot, joista ilma tuodaan toimilaitteisiin, merkitään 2:lla ja 4:lla. Poistoaukot, joista paine lähtee pois, merkitään 3:lla ja 5:lla. Ohjauspaineaukko 14 avaa yhteyden paineaukosta 1 lähtöaukkoon 2 tai 4, riippuen karan asennosta. [5, s. 88.] Kuvassa 5 havainnollistetaan 3/2-suuntaventtiilin vaikutusta sylinteriin. Jousipalautteisiin sylintereihin soveltuu 3/2 -suuntaventtiili, jossa on kolme liitäntäaukkoa ja kaksi karan asentoa.



Kuva 5. Sähköisesti esiohjatun monostabiilin 3/2-suuntaventtiilin vaikutus jousipalautteiseen sylinteriin. [8.]

3.2.2 Suuntaventtiilien ohjaustavat

Suuntaventtiilien ohjaus tapahtuu karaa siirrettäessä asennosta toiseen. Suuntaventtiilejä voidaan ohjata eri tavoilla. Ohjausmenetelmät jaetaan seuraavasti:

- mekaaninen ohjaus
- paineohjaus

- sähköohjaus
- lihasohjaus
- esiohjatut venttiilit.

Lihasohtauksella tarkoitetaan sitä, että ihminen itse voi fyysisesti muuttaa venttiilin asentoa joko jalalla tai kädellä. Lihasohtaukstopoja ovat muun muassa vipu-, poljin- ja painonappiohtaukset. Mekaanisia ohtaukstopoja ovat jousi- ja rullavipuohtaus. Mekaanisesti ohtatut venttiilit toimivat yleensä toimilaitteen esimerkiksi sylinterin koskettaessa rullaa, jolloin venttiilin asento muuttuu. Mekaanisissa venttiileissä käytetään yleensä toisessa tai molemmissa päissä jouta, jotta asennon palautus olisi automaattinen.

Paineohtaus toteutetaan yleensä differentiaali- eli voimaero-ohjauksena. Differentiaaliohtauksen menetelmässä karan päätypintoihin vaikutetaan erisuuruksilla ohtauspaineilla. [5, s. 91–92.]

Automaatiojärjestelmien ohjelmoitavien logiikkojen kanssa käytetään magneettikelalla varustettuja sähköohtattuja venttiilejä. Sähköohtattujen venttiilien kanssa tulee huomioida mukaan sähköinen suojaluokka SFS 2972. Lisäksi on varmistettava venttiilin kelan ja ohtauksen yhteensopivuus. [5, s. 94.]

Nykyään ohtaukstopoista yleisin on sähköpaineohtaus, jota voidaan kutsua myös sähköiseksi esiohtaukseksi. Tällaista tapaa kutsutaan yhdistelmäohtaukseksi, joka koostuu peräkkäisistä tai rinnakkaisista ohtauksista. Sähköpaineohtauksessa pienitehoisella magneettikelalla suunnataan ohtauspaine venttiilin päälüistin ääriasentoon. Sähköohtauksen sijasta käytetään sähköpaineohtaukstopoista, kun venttiilin nimelliskoko on suurempi kuin 3 mm. Sähköinen esiohtaus on yleisempi vähäisemmän tehokulutuksen ja pienemmän magneettikelan koon takia. [5, s. 92–94.]

3.3 Venttiilien koon valinta

Pneumaattisissa venttiileissä läpivirtaus on riippuvainen virtauspoikkipinta-alasta ja venttiilien liitäntäaukkojen paine-erosta. Käytettäessä 5/2-suuntaventtiiliä toimilaitteen oh-

jaukseen syntyy sisäänmeno- ja ulostuloaukoissa virtaushäviöitä. Venttiilien virtausominaisuuksia voidaan tutkia standardin ISO 6358 mukaisesti. Virtaus voi olla joko yli- tai alikriittistä. Ylikriittisellä alueella virtausnopeus ylittää äänennopeuden. Virtaus puristuu venttiileissä, ja läpimenevä virtaus on suoraan verrannollinen tulopaineeseen. Tilavuusvirran verrannollisuuskerroin tunnetaan merkiltään C. Ylikriittiselle tilavuusvirralle yhtälö on

$$q = C p_1 \quad (1)$$

jossa q on venttiilissä menevä tilavuusvirta ja p_1 on tulopaine. Alikriittinen virtaus alittaa äänennopeuden ja venttiilissä menevä virtaus on riippuvainen venttiilin painesuhteesta. Yhtälö

$$q = p_1 C \sqrt{1 - \left(\frac{p_2/p_1 - b}{1 - b}\right)^2} \quad (2)$$

noudattaa alikriittistä virtausta, jossa b arvo on riippuvainen venttiilin rakenteesta. Tavallisille suuntaventtiileille b :n arvo on 0,5. P_2 on lähtöpaine. Molemmat yhtälöt pitävät paikkansa, jos tulevan ilman lämpötila on +20 °C. Lämpötilan ollessa jokin muu molempiin yhtälöihin tulee korjauskerroin K_T . Korjauskerroin lasketaan yhtälöstä

$$K_t = \sqrt{\frac{293}{273 + T_1}} \quad (3)$$

jossa T_1 on tulonpuolen lämpötila celsius asteina. [5, s. 27–28.]

Venttiilien koon valinta perustuu Cetopin RP50P-suositukseen, jossa venttiilin valmistaja veloitetaan ilmoittamaan venttiilien virtauskerroimen C. Sylinterin liitäntäaukot on mitoitettu siten, että mäntä voi saavuttaa nopeuden 5 m/s. Tällaisia nopeuksia käytetään harvoin. Useimmissa tapauksissa pääventtiilin koko voidaan valita yhtä tai joskus kahta luokkaa pienemmäksi. Supistusliitin asennetaan sylinterin liitäntäaukkoon. Venttiilin liitäntäkoon ei useimmiten tarvitse olla sylinterin paineaukon kokoinen tai suurempi. Venttiilin tuloputki on yleensä isompi kuin venttiilin ja toimilaitteen välinen putki. Venttiilin liitäntäosissa R-putkikierteet ovat yleisiä Euroopassa. Ne noudattavat BSP-kierresarjaa ja Yhdysvalloissa NPTF-kartiokierteitä. Yleisimmät koot R-putkikierteistä ovat R1/8, R3/8,

R1/4, R1/2 ja R3/4. Jos venttiilin liitäntäaukko on R1/4, vapaa-aukon halkaisija on noin 6 mm. [5, s. 95.]

4 Toimilaitteet

4.1 Kaksitoiminen sylinteri

Paineilmasyylintereillä saadaan nopeaa liikettä paineilman herkkäliikkeisyyden ansiosta. Sylintereillä liikutetaan tuotteita ja kiinnitetään kappaleita. Yleisesti ottaen paineilmasylinterit olivat ennen epätarkkoja paineilman kokoonpuristuvuuden takia. Nykyään tuotekehityksen myötä sylintereistä on saatu älykkäämpiä ja niitä voidaan ajaa sadasosamillimetrien tarkkuudella. Sylintereissä käytetään päätyvaimenninta, jonka tarkoituksena on jarruttaa tehokkaasti männänvartta suurilla nopeuksilla. Se pidentää sylinterin käyttöaikaa ja vaimentaa melua. [4, s. 75–76.]

Kaksitoiminen sylinteri liikkuu paineilmalla sisään sekä ulos (ks. sivu 6). Sylinterillä on mahdollista tehdä tehollista työtä molempiin suuntiin. Kaksitoimisen sylinterin liikenopeus voi olla teoriassa rajoittamaton, mutta käytännössä nurjahdusriski estää kasvattamasta sitä tarpeiden yli. Sylintereiden standardisoidut halkaisijat ovat laadittu standardissa SFS 3958 ja iskunpituudet standardissa SFS 4557. [4, s. 53.]

4.2 Lyhytrakennesylinteri

Lyhytrakennesylintereitä valmistetaan nopeiden mäntien ja lyhyiden työliikkeiden tarpeisiin. Männänhalkaisijat ovat yleensä 16–63 mm:n välillä. Sylinterissä saattaa olla myös päätyvaimennus ja siihen on mahdollista lisätä mekaaninen lukkolaite. [4, s. 78.] Stopparisylinteri on yksi lyhytrakennesylintereistä. Sen tarkoituksena on pysäyttää kappaleita kuljettimella. Stopparisylinterin männänvarsi on vankasti laakeroitu poikittaista rasiitusta vastaan. [5, s. 63.]

4.3 Projektin toimilaitteet

Projektin toimilaitteet, joita ohjataan pneumaattisesti, koostuvat

- kaksitoimisesta sylinteristä
- imusuuttimesta
- kolmesta jousipalautteisesta lyhytrakennesylinteristä
- yhdestä kaksitoimisesta lyhytrakennesylinteristä.

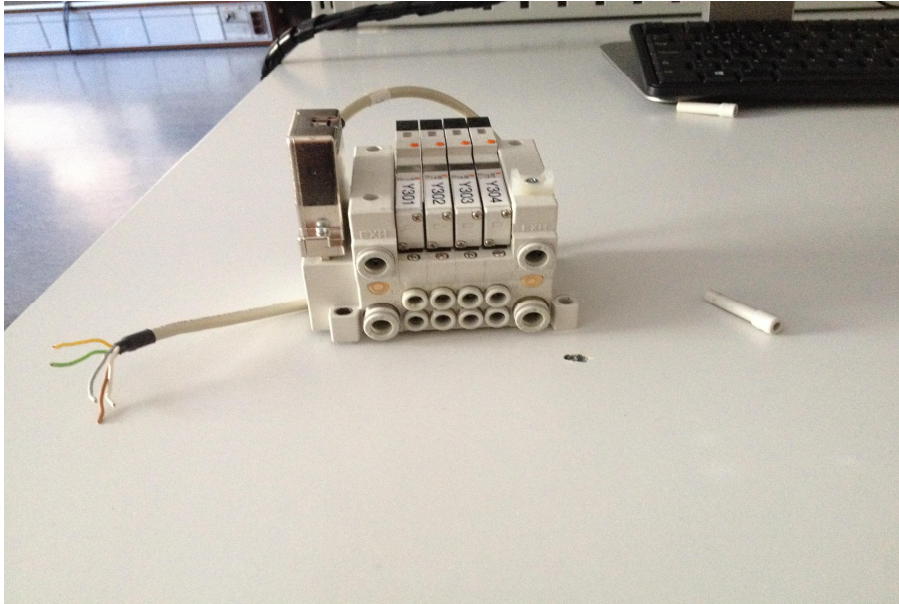
Kaksitoimista sylinteriä liikutetaan xy-koordinaatistossa. Kun sylinteri saavuttaa kohteen, mäntä työntyy ulos ja alipaineen voimalla tarttuu esineeseen sylinterin päässä olevalla imusuuttimella. Ejektorin avulla voidaan muuttaa suuttimeen tuleva paine alipaineeksi. Kolme lukitusta eli jousipalautteista lyhytrakennesylinteriä voidaan ohjata 3/2-suunta-venttiilillä ja yhtä kaksitoimista lyhytrakennesylinteriä voidaan ohjata joko 4/2- tai 5/2-suunta-venttiilillä. Toiminnallisesti 4/2- tai 5/2-suunta-venttiilit eivät eroa juuri ollenkaan. 5/2-venttiilissä on vain yksi ylimääräinen poistoaukko. 4/2-venttiilissä ilma kulkee samasta poistoaukosta pois riippumatta karan asennosta. Kaksitoimisista sylintereistä lähtee aina kaksi paineputkea venttiilille ja jousipalautteisista yksi. Kolme jousipalautteista lyhytrakennesylinteriä ovat valmistajalta Bosch Rexroth ja käyttöpaine on 4–8 baaria. Kaksisuuntaisen sylinterin valmistaja on sama. Sen männän halkaisija on 32 mm ja käyttöpaine 0,1–6 baaria.

5 Varsinainen työ

5.1 Venttiilien valinta

Venttiilit pitää valita siten, että niiden käyttöjännitteenä on 24 VDC, niitä pystytään ohjaamaan Beckhoffin digitaalisilla lähtökorteilla ja toimilaitteista lähtevät putket sopivat venttiilimoduuliin. Putket ovat 6 mm:n paksuiset. Venttiilit oli tarkoitus aluksi tilata Festolta, mutta Metropolia Ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriossa on saatavilla SMC valmistajalta kaksi kappaletta D-sub liittimellä varustettua venttiilimoduulia, joista yksi koostuu neljästä VQ1100N-5-Q -venttiilistä. Venttiilit ovat 5/2-tyyppisiä. Käyttöjännitteenä käytetään 24 VDC ja ne ovat sähköisesti esiohjattuja monostabiilejä venttiilejä (kuva 6).

Venttiilimoduulin D-liittimestä lähtee kaapeli, jossa on viisi johtoa. Ruskea johto on maa. Neljään muuhun johtoon syöttäessä 24 V DC eli 24 voltia tasajännitettä saadaan aktivoitua venttiilin karan joko yksitellen tai samaan aikaan. Tällä tavalla kokeilemalla saadaan selville johdon ja venttiilin välinen vastaavuus.



Kuva 6. VQ1100N-5-Q-venttiilimoduuli

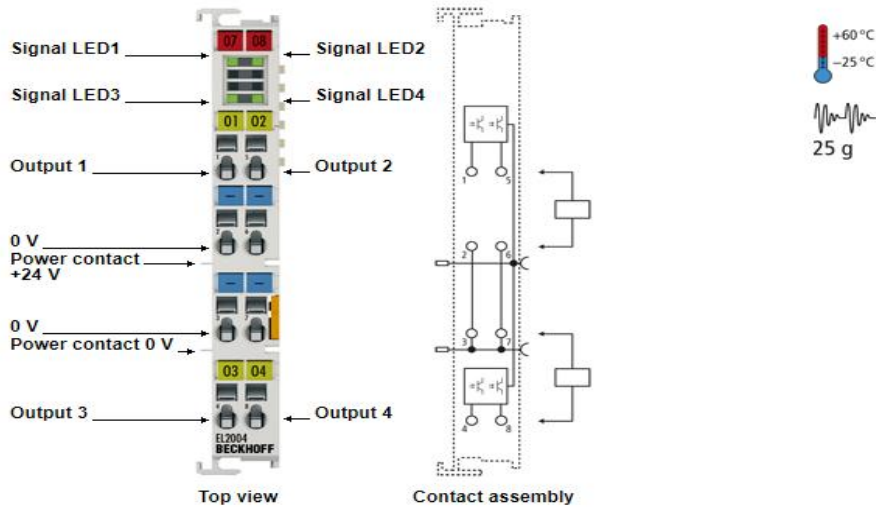
Kuvassa 6 nähdään neljä isoa liittantaaukkoa, joista ylimmät aukot on tarkoitettu poistoilmalle ja alimmat tulopaineelle. Tukkimalla jommankumman puolen molemmat aukot ja syöttämällä paine toiseen tuloaukkoon saadaan ohjattua neljää toimilaitetta. Kaksi pienempää aukkoa (ylempi ja alempi) kussakin venttiilissä vastaavat numeroita 4 ja 2 (kuva 4). Kukaan venttiili käyttää samaa tulopaineaukkoa ja poistoilma-aukkoa. Tukkimalla lisäksi yksi pienemmistä aukoista saadaan yksittäinen venttiili muutettua toiminnallisesti 3/2 -venttiiliksi. Venttiilin toimintapaine on 0,1–0,7 MPa.

5.2 Venttiilien asennus

5.2.1 EL2004-väyläterminaali

Venttiilien binaariin ohjaukseen tarvitaan kaksi kappaletta Beckhoffin digitaalisia EL2004 -lähtöterminaaleja (kuva 7). Yhdessä terminaalissa on neljä kanavaa, joista lähtee venttiileille 24 V DC:n signaali ohjausyksikön antamalla binaariarvolla 1. Kun binaariarvo on 0, jännite on silloin 0 VDC. EL2004-terminaalin kanavan tunnistettua signaalin syytty vihreä LED-valo. Lähtövirta on maksimissaan 0,5 A kanavaa kohden. [9.]

Kuvassa 7 lähdöt on numeroitu 01–04. Miinusnavoille on neljä paikkaa kuvan osoittamassa paikassa.



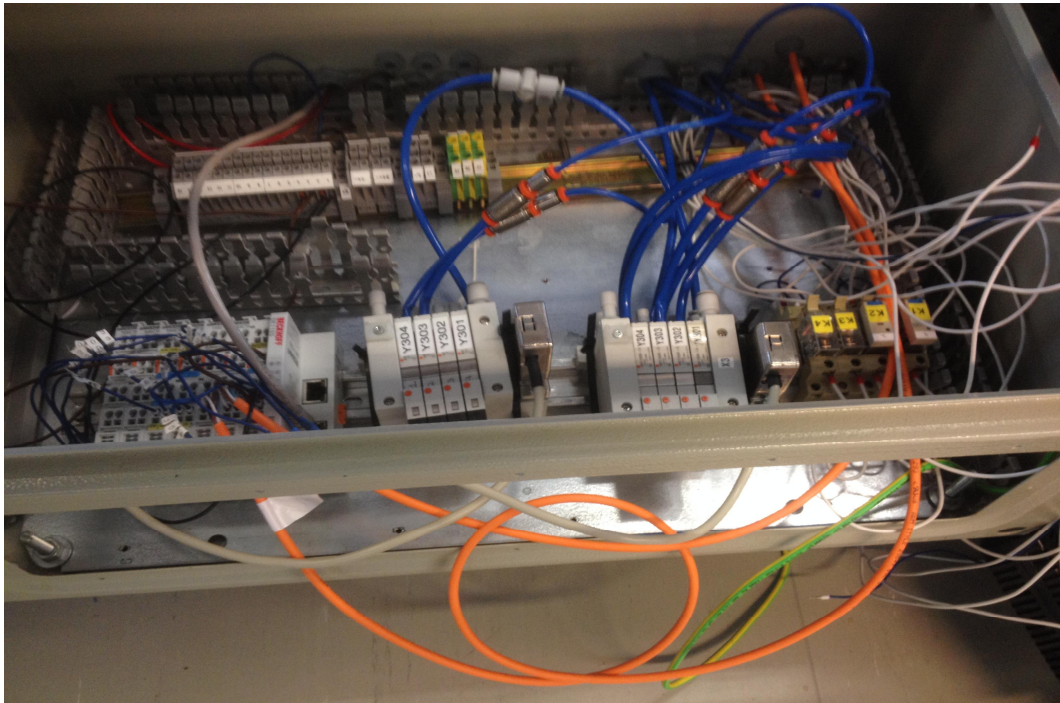
Kuva 7. EL2004-väyläterminaali. [9.]

5.2.2 Venttiilimoduulien liittäminen EL2004-terminaaliin

Koulun sähkölaboratoriosta on saatavilla neljä kappaletta EL2004-terminaalia. Kahdessa terminaalissa on käytettävissä kahdeksan lähtöpaikkaa, joista tarvitaan kuusi. Neljä kappaletta EL2004-terminaalia asennetaan rinnakkain kahteen 7031-ohjainkorttiin (kuva 8). Ennen venttiilien liittämistä terminaalin nastoihin venttiileihin pitää juottaa jatkojohtoja, jotta saadaan pidennettyä venttiilien ulottuvuutta. Venttiilit asennetaan vierekkäin laatikkoon. Johdot numeroidaan venttiilikohteisesti työn selkeyttämistä varten. Toimilaitteiden putket asennetaan venttiileihin kuvan 8 mukaisesti vasemmalta oikealle:

- tarttujaa ohjaava sylinteri
- imusuutin
- kaksiporttinen lukitus
- kolme yksiporttista lukitusta.

Paineet syötetään koulun automaatiolaboratoriossa kompressorilta väliasemalle ja siitä järjestelmille. Väliasemalta tuleva paine on noin 5 baaria, ja se ohjataan T-jakajalla venttiilimoduuleihin.



Kuva 8. VQ1100N-5-Q-venttiilimoduulit liitettynä EL2004-terminaaleihin ja paineputket liitettyinä toimilaitteista venttiilimoduuleihin.

5.3 Yhteyden muodostaminen

5.3.1 TwinCAT 3

Ohjelmointi tapahtuu Beckhoffin kehittämän TwinCAT 3 eli The Windows Control and Automation Technology -ohjelmistolla. Yksi TwinCATin ohjelmiston osista on eXtended Automation Engineering (XAE), joka on sulautettu kokonaan Microsoft Visual Studio -ohjelmointiympäristöön. Tämä mahdollistaa monien ohjelmointikielten käytön, kuten C ja C++. Microsoft Visual Studio tukee myös MATLAB Simulink -malleja. FBD- ja C++ -ohjelmointikieliä voidaan käyttää rinnakkain. Luodut moduulit voivat keskenään vaihtaa tietoa ja kutsua toisia itsenäisesti niihin kirjoitetuilla ohjelmointi kielillä. TwinCAT System Manager on sulautettu kehitysympäristöön. Sen ansiosta vain yksi ohjelmisto on tarpeen konfiguroida sekä säätää sen parametriarvoja. Sillä myös voidaan ohjelmoida ja diagnosoida automaatiolaitteita. TwinCAT 3 -ohjelmisto mukauttaa lähestulkoon kaikki PC-järjestelmät reaaliaikaiseen ohjaukseen mukaan lukien PLC, NC ja CNC. [10.]

5.3.2 Ohjelmoitava logiikka CP2607-0000

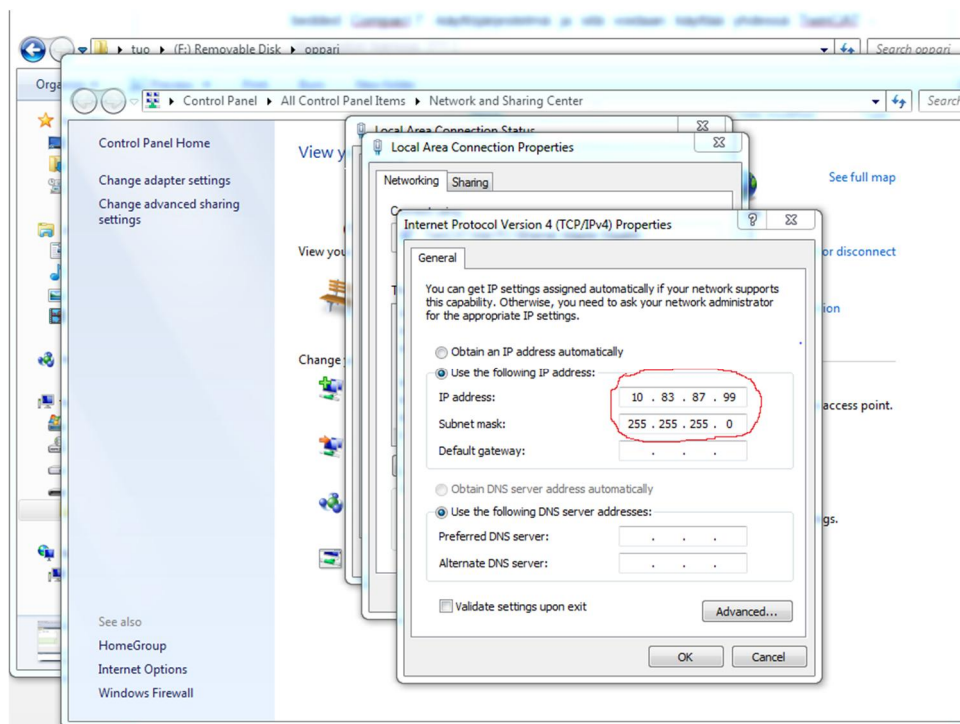
Käytössä on ARM Cortex™-A8 -prosessorilla, kosketusnäytöllä ja 1 GHz:n taajuudella varustettu Beckhoffin ohjelmoitava logiikka. Logiikassa on

- 512 Mb microSD -muistikortti
- 1 Gb:n RAM -muisti
- 1 Ethernet 10/100BASE-T sovitin RJ-45-liittimen kanssa
- 1 EtherCAT-sovitin RJ-45-liittimen kanssa
- 2 USB 2.0 porttia
- 7 tuuman näyttöpaneeli.

CP2607-0000 on lähinnä pienkokoinen tietokone. Siihen on asennettu Windows Embedded Compact 7 -käyttöjärjestelmä ja sitä voidaan käyttää yhdessä TwinCAT-ohjelmiston kanssa. [11.]

5.3.3 Konfigurointi

Ohjelmoitavan logiikan kytkeminen PC:hen tapahtuu Ethernet-kaapelin välityksellä. CP2607-000-logiikan IP-osoite on 10.83.87.98 ja verkon peite 255.255.255.0. Jotta yhteyden muodostaminen onnistuisi, PC:n dynaaminen TCP/IPv4-osoite muutetaan samaan verkkoavaruuteen logiikan kanssa. IP-osoitteeksi annetaan viimeisellä luvulla loogikasta poikkeava IP-osoite. Muutetaan esimerkiksi yksi numero ylöspäin verkko- ja jakamiskeskuksesta. (kuva 9).

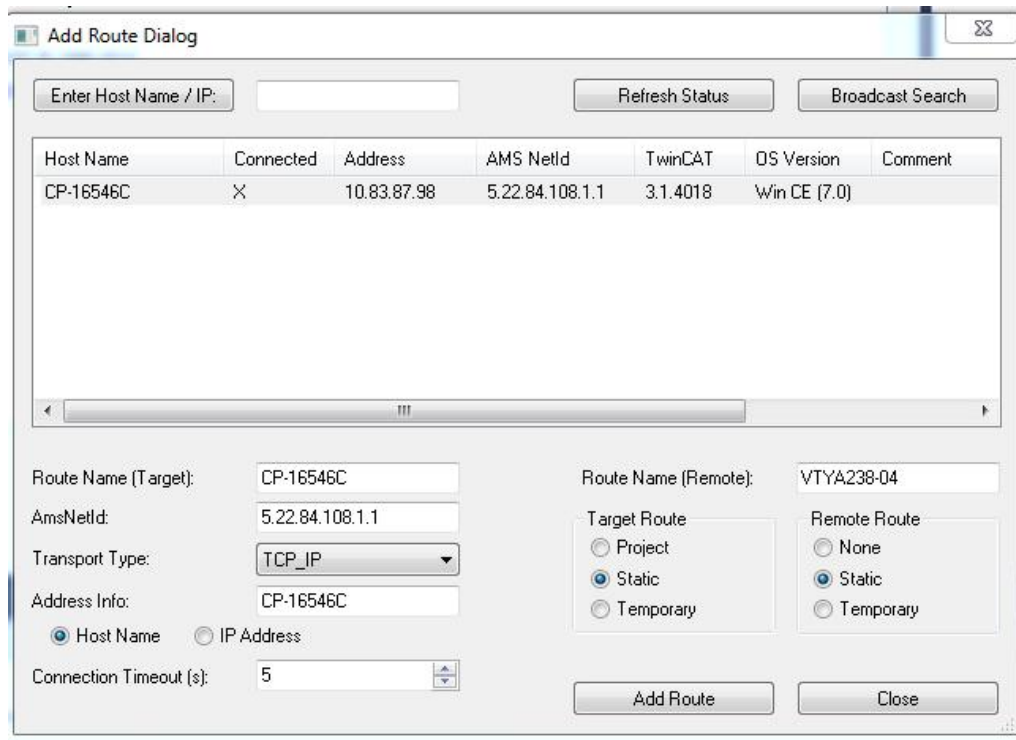


Kuva 9. TCP/IPv4-osoitemuunnos

Käynnistetään ohjelma TwinCAT XAE (VS 2013). Avataan uusi projekti TwinCAT XAE Project (XML) ja annetaan sille nimi. Solution Explorer -painikkeesta avautuu tikapuuvalikko. Sieltä edelleen SYSTEMin yleisestä valikosta valitaan kohde ja Search Ethernet -valikon jälkeen avautuu ikkuna, jossa on Broadcast Search -painike. Siitä avautuu logiikan tunnistamat kohdelaitteet. Niiden joukosta löytyy PC:n hiljattain muutettu IP-osoite. Valitaan se ja edelliseen ikkunaan ilmestyy laitteen Host-nimi CP-16546C ja sen IP-osoite 10.83.87.98. Lisätään polku ja yhteys muodostuu.

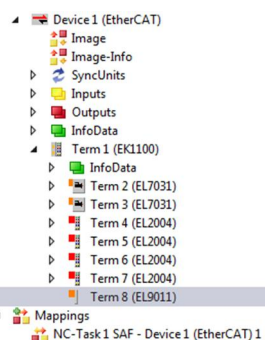
Kuvassa 10 X-kirjain Connected-sarakkeella tarkoittaa laitteen olevan yhteydessä TwinCAT-ohjelmistoon. Jotta yhteys saadaan muodostettua, on varmistettava, että TwinCAT

on konfiguraatiotilassa. Yhteys ei aina tahdo muodostua, ja silloin voidaan kokeilla vaihtaa PC:n IP-osoitteessa esimerkiksi viimeistä lukua alaspäin. IP-osoitteeksi saadaan silloin 10.83.87.97.



Kuva 10. CP-16546C-laite on yhdistetty EtherCAT-väylällä TwinCAT-ohjelmistoon

Seuraavaksi konfiguroidaan neljä kappaletta EL2004-terminaalia. Samassa tikapuuvalikossa on Devices-valikko. Klikkaamalla hiiren oikeata näppäintä ja valitsemalla Scan avautuu ikkuna, josta valitaan ruksaamalla ainoastaan Device 1 (EtherCAT). Sen jälkeen valitaan NC – Configuration. Tikapuissa Device-valikon alta ilmestyy (Device 1 EtherCAT), jonka alta löytyy EK1100-väyläliittimeen kytketyt TwinCAT-ohjelmiston tunnistamat laitteet (kuva 11). Terminaalien lähtöihin voi nyt linkittää muuttujat, jos sellaiset ovat luotu.



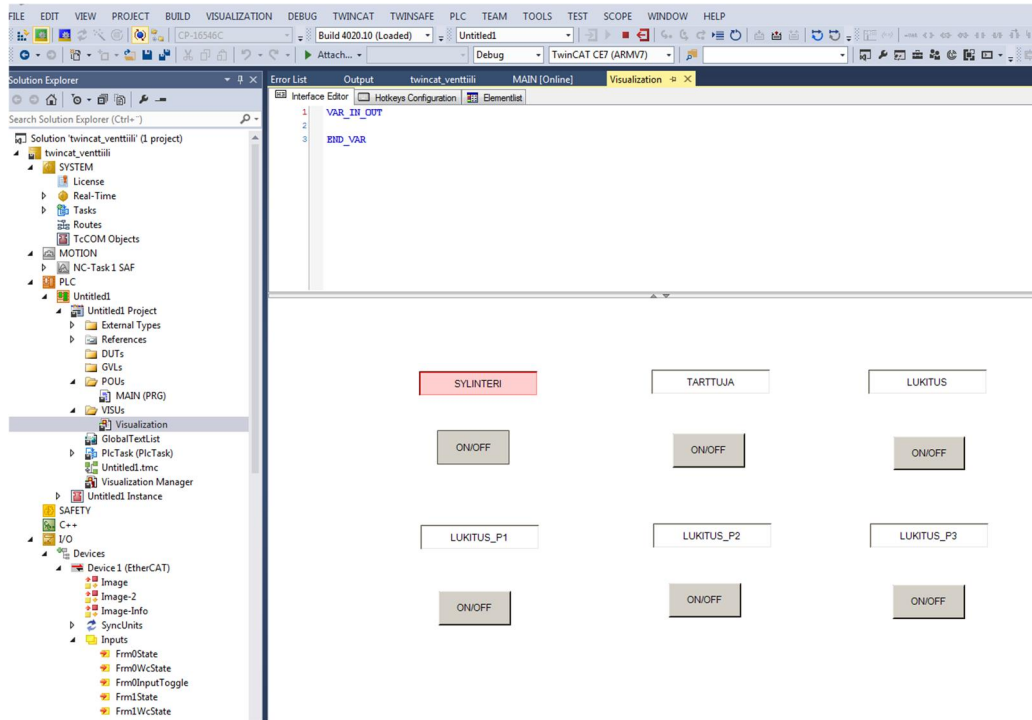
Kuva 11. TwinCAT 3 -ohjelmistoon konfiguroidut EK1100-väyläliittimeen kytketyt terminaalit

5.4 Testiohjelman luonti

Seuraavaksi luodaan muuttujat sylintereille. PLC-valikosta painetaan hiiren oikeata näppäintä ja listään Standard PLC Project. PLC-tikapuuvalikosta löytyy POUs ja VISUs. POUs-valikon alla on pääohjelmakenttä MAIN (PRG). Siihen kenttään luodaan muuttujat ja testiohjelma.

Muuttujat listataan VAR:n ja END_VAR:n väliin. Jotta muuttajat voidaan linkittää EL-2004 terminaalien lähtöihin, ne luodaan globaalimuuttujiksi. Keksitään muuttuja lähdölle esimerkiksi nimi sylinteri ja perään kirjoitetaan AT %Q*: BOOL. Vastaavasti tulon Q:n paikalle tulee I.

Tarkoituksena on luoda yksinkertainen käyttöliittymä, jossa voidaan testata kaikkien toimilaitteiden liikkuvuutta ja toimivuutta sekä aktivoimalla ne käyttöliittymässä. Tämä onnistuu VISUs:ssa. Hiiren oikeata näppäintä klikkaamalla voidaan lisätä Visualization-kenttä. Työkalulaatikosta vedetään Visualization-kenttään kuusi kappaletta Text field -laatikkoa. Laatikoiden Properties-kenttään kirjoitetaan globaalimuuttujia vastaavat nimet. Siellä tehdään myös muut asetukset. Text field -laatikot ovat tarkoitettu binaarimuuttujien käyttöön. Kun laatikkoon linkitetty muuttuja saa arvon TRUE, se muuttaa laatikon kehyksen väriä. Asetetaan tämä väri esimerkiksi punaiseksi Properties-kentän Alarm-state-palkissa. Inputconfiguration-palkin alla on Toggle-palkki, johon linkitetään laatikkoja vastaavat globaalimuuttujat. Togglen ominaisuutena on pitää nappia painettuna yhdellä hiiren painalluksella. Tap-palkkiin linkitetty muuttujat pysyvät painettuina, jos niihin jatkuvasti vaikutetaan hiirellä.



Kuva 12. Testikäyttöliittymässä havainnollistetaan sylinterin asemaa kehyksen punaisella värillä, kun ON/OFF on painettuna.

Seuraavaksi tehdään painonappi, joka löytyy nimellä Button. Viedään kuusi kappaletta painonappia visualization-kenttään Text field -laatikoiden alle ja linkitetään Toggle-pal-kissa painonappien ON/OFF-muuttujat. ON/OFF-painonapeilla käsketään sylinterejä sisään ja ulos (kuva 12).

Tehdään pääohjelmassa koodi, jonka avulla voidaan ajaa toimilaitteita käyttöliittymässä. Kun ON/OFF-nappi on painettuna se saa arvon TRUE, jolloin sylinterin muuttuja saa arvon TRUE. Kun ON/OFF-nappi on painettu uudestaan, se saa arvon FALSE, jolloin myös sylinterin muuttuja saa arvon FALSE. Ohjelman suoritusvaiheessa käyttöliittymään johdetuttujen muuttujien tilat muuttuvat vastaavanlaisiksi (kuva 13).

Kuvassa 13 on esitetty osa koodista, jossa näytetään koodin pääperiaate. Kuvan vasem-malla puolella on tehty globaalimuuttujat lähdoille ja kaksi tuloille. Loput muuttujat kuva-savat painonappeja, joilla aktivoidaan kyseisiä globaalimuuttujia. Globaalimuuttujat akti-voivat venttiilien asentoja TRUE- ja FALSE-käskyillä kuvan oikealla puolella olevalla koo-dipätkällä.

```

1 PROGRAM MAIN
2 VAR
3     sylinteri AT %Q*: BOOL;
4     tarttuja AT %Q*: BOOL;
5     lukitus_p1 AT %Q*: BOOL;
6     lukitus_p2 AT %Q*: BOOL;
7     lukitus_p3 AT %Q*: BOOL;
8     lukitus AT %Q*: BOOL;
9     ON_OFF:BOOL;
10    ON_OFF2:BOOL;
11    ON_OFF3:BOOL;
12    ON_OFF4:BOOL;
13    ON_OFF5:BOOL;
14    ON_OFF6:BOOL;
15    rajakytkin_sisaan AT %I*:BOOL;
16    rajakytkin_ulos AT %I*:BOOL;
17
18
19 END_VAR
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

Kuva 13. Sylinterejä ohjaava koodi

Venttiilien asennot puolestaan vaihtavat sylinterien asentoja. Koodi on yksinkertainen, ja sen tarkoitus on testata sylinterien ja venttiilien kelpoisuutta projektin jatkokehitystä varten.

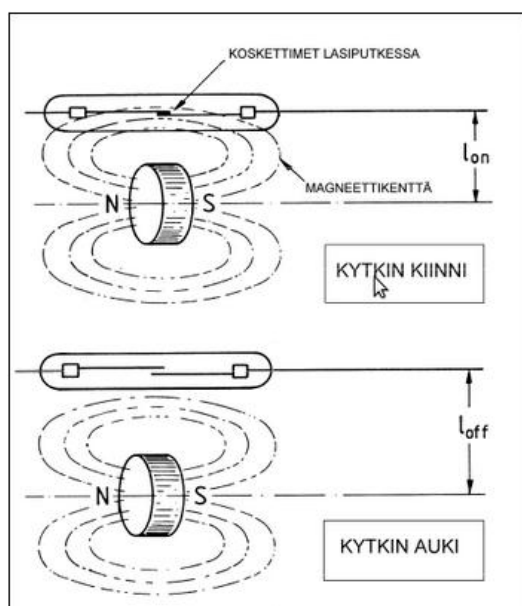
Viimeisessä vaiheessa viedään tehdyt globaalimuuttujat EL2004-termiinalin lähdöille. Tämä tapahtuu Solution Explorerin -tikapuuvalikossa. Valitaan Devicesin alta EL2004-termiinalin ensimmäinen lähtö (Output) ja klikataan siitä. Ilmestyy ikkuna, josta Linked to -painikkeesta voidaan valita luotu globaalimuuttuja kyseiseen lähtöön. Näin tehdään jokaiselle globaalimuuttujalle. Ohjelma on testausta vaille valmis.

5.5 Sylinterin rajakytkimet

5.5.1 Yleistä

Kaksitoimiseen sylinteriin on asennettu kaksi magneettista rajakytkintä. Niiden tarkoituksena on havaita männän ääriasennon paikka. Magneettisen rajakytkimen toimintaperiaatteena on reed-kytkin, joka sulkeutuu magneetin vaikutuksesta ja sulkee näin ollen virtapiirin. Sähkösignaali kulkeutuu digitaalisten lähtökorttien kautta logiikalle, ja tämä tunnistaa kytkimen kiinni asennon. Magneettinen rajakytkin tunnistaa magneettiset varaukset omaavat kappaleet. Kytkimen toiminnan takaamiseksi sen läheisyydessä ei saa olla muita häiriöitä aiheuttavia magneetteja. Kuvassa 14 on esitetty magneettisen rajakytkimen toimintaperiaate. [12.]

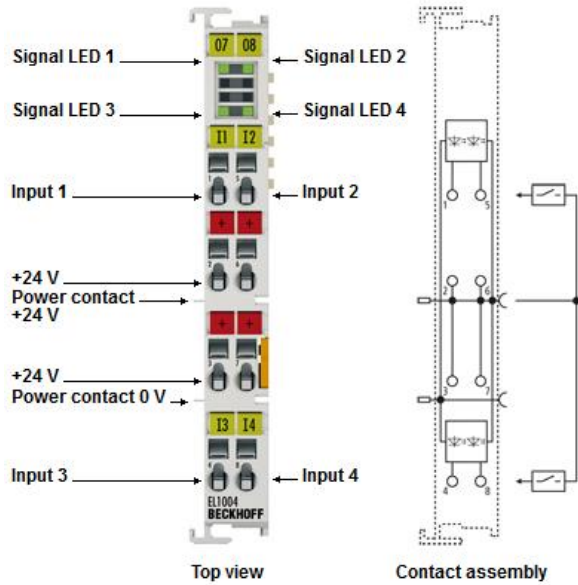
Kytkimien käyttökohteena ovat pneumaattiset sylinterit. Niillä voidaan myös tunnistaa pyörimisliikettä.



Kuva 14. Magneettikentän vaikutus reed-kytkimeen [12.]

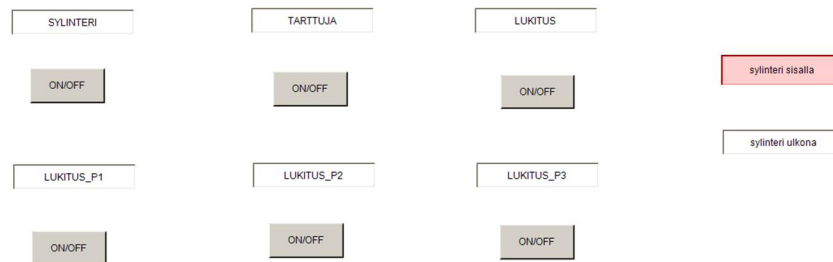
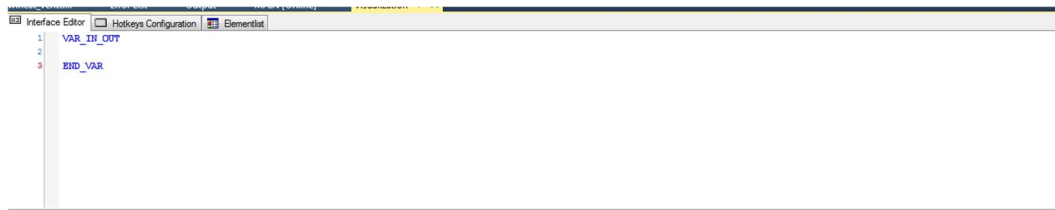
5.5.2 Käyttöönotto

Kytkimien liittämistä järjestelmää varten tarvitaan digitaalinen tulokortti. Koulun automaatiolaboratoriossa on saatavilla Beckhoffin EL1004-väyläterminaali (kuva 15). EL1004-terminaalin asennusta varten kaksi ylimääräistä EL2004-terminaalia poistetaan. Ne osoittautuivat tarpeettomiksi. EL1004 asennetaan DIN-kiskoon muiden terminaalien rinnalle. EL1004-terminaalin neljä tulopaikkaa on merkitty I1–I4. Niihin menee 24 VDC, kun rajakytkimen rele sulkeutuu. Terminaalin keskiosassa on neljä plusnapaa. Kytken-
tätapana käytetään kaksijohtomenetelmää. Signaalin jännitteen arvoilla -3...5 V saadaan binaariarvoksi 0 ja 11–30 V saadaan 1. Kytken-
tä tapahtui kokeilemalla eri kytkentäkombinaatioita, kunnes rajakytkin tunnisti männän ääriasentoja punaisilla LED-valoilla kytkimissä.



Kuva 15. EL1004-väyläterminaali. [13.]

Molemmasta rajakytkimestä lähtee kolme johtoa, joiden värikoodi on epäselvä. Kytkenässä käytetään kahta johtoa, miinusta ja plussia yhtä rajakytkintä kohden.



Kuva 16. Rajakytkimien toiminta havainnollistetaan käyttöliittymässä.

Muodostetaan TwinCAT 3 -ohjelmistoon kaksi tulomuuttujaa, rajakytkin_sisaan ja rajakytkin_ulos (kuva 13). Visualization-kenttään tehdään kaksi kappaletta Text field -laatikkoja, joihin johdetaan luodut tulomuuttujat. Kirjoitetaan Text field -laatikkoihin muuttujia vastaavat nimet sylinteri sisällä ja sylinteri ulkona (kuva 16). Lopuksi johdetaan muuttujat

EL1004-terminaalin kanaviin.

Ajettaessa TwinCATin simulointitilaan viedään se pois konfiguraatiotilasta painamalla Restart TwinCat system ja sen jälkeen Activate Configuration. Jos käytetyt toiminnot eivät anna virheilmoituksia, jatketaan painamalla Login ja sen jälkeen Start. Sylintereitä on mahdollista nyt testata sekä seurata muuttujien ja toimilaitteiden käyttäytymistä (PRG) MAIN -simulointitilassa.

6 Lopuksi

Projektia oli tarkoitus jatkokehittää asentamalla ja käyttöönottamalla paineilmaventtiilit kappaletavara-automaatiojärjestelmään. Työ onnistui ja päämäärä saavutettiin. Työn raportointiosuus eteni hitaasti työajan puutteen takia. Projektin suurin haaste oli TwinCAT -ohjelmiston käyttö, josta on ollut vähän omakohtaista kokemusta. Toimilaitteet ja venttiilit toimivat alusta alkaen ongelmitta, eikä niitä tarvinnut erikseen säätää. Työssä käytettiin ainoastaan koululta saatavia laitteita ja työkaluja säästyen näin ylimääräisiltä kuluilta.

Projektin puutteellisten taustatietojen takia oli vaikeaa aloittaa projektin työstäminen. Venttiilien vaihtaminen ja käyttöönotto ei kuitenkaan vaatinut paljon taustatietoja projektin kehittämiseen, joten projektia päätettiin jatkaa siitä.

Projektin jatkokehitystä varten on käyttöönotettava optiset anturit, kaksi liukuhihnaa pyörittävää oikosulkumoottoria sekä kehittävä askelmoottorien ohjelmointikoodia. Optisten antureiden tarkoitus on havaita kappale alustalla, jonka jälkeen logiikka lähettää aktivointikäskyn lukituksille. Lukitukset pysäyttävät alustan vaaditussa paikassa.

Projekti on nyt siinä vaiheessa, että sylinterejä ja niiden muuttujia voidaan käyttää innovaatioprojektiryhmän luoman tarttujaa ohjaavan ohjelman kanssa, kun ohjelmaa on saatu parannettua.

Lähteet

- 1 Eronen, Atte; Hietala, Jesse; Malm, Aki; Kilpiä, Lari & Lammi, Juha-Matti. 2016. Askelmoottorien uusintaprojekti. Myyrmäki: Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 2 EtherCAT. Verkkodokumentti. EtherCAT Technology Group. <<https://www.ethercat.org/en/technology.html>>. Luettu 13.10.2017
- 3 EK1100. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy. <<http://www.beckhoff.co.jp/english.asp?ethercat/ek1100.htm>>. Päivitetty 31.5.2017. Luettu 3.6.2017.
- 4 Keinänen, Toimi & Kärkkäinen, Pentti. 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- 5 Fonselius, Jaakko; Hautanen, Juha; Mutikainen, Tuomo; Pekkola, Kari; Salmijärvi, Olli & Simpura, Antti. 1997. Pneumatiikka. Helsinki: Oy Edita Ab.
- 6 5 Port Valve Animation. Verkkodokumentti. <http://www.dtzone.com/systems/pneu_valves.htm>. Luettu 14.6.2017.
- 7 Paineilmaventtiili FESTO VL. Verkkodokumentti. Ahlsell Oy. <<https://www.ahlsell.fi/34/tyokalut-ja-teollisuustuotteet/paineilma/pneumatiikka/venttiilit-ja-saatimet/venttiilit-saatimet-ja-mittarit---festo/t18004756/>>. Luettu 16.6.2017.
- 8 Directional Control Valves. Verkkodokumentti. Hydraulics & Pneumatics. <<http://www.hydraulicspneumatics.com/other-technologies/book-2-chapter-8-directional-control-valves>>. Luettu 20.6.2017.
- 9 EL2004. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy. <<https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el2004.htm>>. Päivitetty 26.7.2017. Luettu 9.8.2017.
- 10 TwinCAT 3. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy. <<https://www.beckhoff.com/twincat3/>>. Päivitetty 24.8.2017. Luettu 29.8.2017.
- 11 CP26xx-0000. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy. <https://www.beckhoff.com/english.asp?industrial_pc/cp26xx_0000.htm>. Päivitetty 24.8.2017. Luettu 29.8.2017.
- 12 Magneettiset. Verkkodokumentti. Metropolia Confluence. <<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Magneettiset>>. Luettu 29.9.2017.
- 13 EL1004. Verkkodokumentti. Beckhoff Automation Oy. <<https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el1004.htm>>. Päivitetty 26.7.2017. Luettu 9.8.2017.

Kappaletavara-automaatiojärjestelmä

