



Festo Didactic -oppimisympäristön käyttöönotto

Petri Heikkinen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Petri Heikkinen	
Työn nimi Festo Didactic -oppimisympäristön käyttöönotto	
Päiväys 15.12.2010	Sivumäärä/Liitteet 35/3
Ohjaaja(t) Yliopettaja Risto Rönkä	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu	
Tiivistelmä <p>Savonia-ammattikorkeakoulun automaatiotekniikan laboratoriossa on kolme Festo Didactic-työpistettä, mutta niitä ei ole vielä hyödynnetty kovin tehokkaasti. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia järjestelmien soveltuvuutta opetukseen ja selvittää, kuinka työpisteiden käyttöä pystyisi tehostamaan. Lisäksi tutkittiin sitä pystyykö niillä tutkimaan pneumatiikan komponentteja.</p> <p>Komponenttien mittaukset suoritettiin Festo Didactic -työpisteiden avulla. Mittauksissa käytettiin Festo-työpisteissä sijaitsevia komponentteja ja mittauslaitteistoja ja tulosten laskennassa Excel-taulukkolaskentaohjelmaa. Lisäksi suoritettiin Festo-työkirjoissa olevia esimerkkitehtäviä. Opinnäytetyössä tutkittiin myös, kuinka laskennalliset arvot pätevät mitattuihin arvoihin.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin tietoa Fest Didactic -järjestelmän suomista mahdollisuuksista niin opetukseen kuin paineilmakomponenttien tutkimiseen. Festo-työkirjat ovat hyviä oppikirjoja, mutta vaadittaessa lisää monimutkaisuutta niitä joutuu soveltamaan, mikä on myös hyvää harjoitusta. Järjestelmän monimutkaistaminen vaatisi komponenttien ostamista, koska nyt komponentteja riittää periaatteessa yhden tai kahden sylinterin yksinkertaiseen ohjaukseen.</p> <p>Opinnäytetyössä todennettiin 20 vuotta vanhan oppikirjan painehäviön kaavan paikkansapitävyys uusille venttiileille mittausten ja laskujen avulla.</p>	
Avainsanat Festo, Didactic, pneumatiikka	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Petri Heikkinen			
Title of Thesis Introduction of Festo Didactic Learning System			
Date	December 15, 2010	Pages/Appendices	35/3
Supervisor(s) Mr Risto Rönkä, Senior Lecturer			
Project/Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>The laboratory of automation technology of Savonia University of Applied Sciences has three Festo Didactic teaching, investigation and interpretation workstations that have not yet been used efficiently. The aim of this project was to examine the system and how the workstations could be used more efficiently. Their suitability for studying pneumatic components was also studied.</p> <p>Component measurements were conducted using Festo Didactic workstations using Festo components and measuring equipment. Excel spreadsheet program was used to calculate the results and the tasks in Festo study files were done to test the program. It was also studied how the calculatory values applied to the values measured.</p> <p>As a result of the project there was information on the possibilities of the system for measuring pneumatic components and its suitability for studying the course contents. Festo study files are good in basic learning but when more complexity is required they have to be applied. When more complexity is required the shortage of components becomes a problem. Now there are enough components for controlling a system that includes a cylinder or two of them. In the thesis a formula of pressure loss in a valve in a 20-year old textbook was verified to apply to new modern valves as well.</p>			
Keywords Festo Didactic, pneumatics			

ALKUSANAT

Haluan kiittää yliopettaja Risto Rönkää ja laboratorioteknikko Reino Hyvöstä, joiden avulla sain tehtyä tämän opinnäytetyön.

Haluan myös kiittää isääni ja äitiäni, jotka ovat tukeneet ja kannustaneet minua koko opiskelujeni ajan.

Kuopiossa 15.12.2010

Petri Heikkinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	PAINEILMA	7
	2.1 Festo didactic	8
	2.2 Komponentit	9
3	TYÖVAIHEET.....	10
	3.1 Fluidlab.....	10
	3.2 Häviö venttiilissä.....	15
	3.3 Venttiilin kytkentäviive.....	22
4	FESTO TYÖKIRJA.....	24
	4.1 Tehtävä 1	25
	4.2 Tehtävä 2	27
	4.3 Tehtävä 3	29
5	POHDINTA.....	32
6	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET.....	35

LIITTEET

- Liite 1 Juustotahkojen harjaaminen
- Liite 2 Liukuoven ohjaaminen
- Liite 3 Kansien paikoilleen puristaminen

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheen sain keväällä yliopettaja Risto Röngältä 2009. Työn tavoitteena on käyttöönottaa Festo Didactic -järjestelmä ja opetella sen käyttöä. Lisäksi tarkoituksena on tutkia ja vertailla sen avulla uusien ja vanhojen venttiilien tehosiheysarvoja. Lisäksi tutkitaan sitä, kuinka hyvin järjestelmää voidaan hyödyntää opetuksessa.

Työssä tutustutaan järjestelmään mittausten avulla. Järjestelmän avulla selvitetään myös sitä, ovatko uudet venttiilit parempia kuin vanhemmat

Keskeisenä menetelmänä käytetään koululla olevia Feston järjestelmiä, joilla saadaan mittausarvot kuvaajineen tietokoneelle. Näin voidaan hyvinkin yksityiskohtaisesti tutkia venttiilien virtausarvojen käyttäytymistä.

2 PAINEILMA

Paineilma on ylipaineistettua ilmaa, joka on saatu aikaan pumpaamalla joko lihasvoimin tai koneellisesti. Perinteisin esimerkki on polkupyörän renkaan pumpaaminen jossa ilma muutetaan lihasenergian ja pumpun avulla ylipaineeksi, jolloin lihasenergia muuttuu pneumaattiseksi energiaksi.

Koska pneumaattisella energialla on kyky tehdä työtä, on sen käyttö mekaanisissa laitteissa yleistä. Moni raskas, vaarallinen tai epämiellyttävä jatkuvaa toistoa vaativa työ onkin yleensä hoidettu joko pneumatiikan tai hydraulikan avulla.

Pneumatiikan käyttö yleistyi hitaasti 1800-luvun loppupuolelta, ja nykyään pneumatiikkaa käytetäänkin jo kaikilla teollisuuden aloilla. Paineilma voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

1. sylinteripneumatiikka
2. pyörivien liikkeiden tuottaminen
3. paineilmalla suoritettu työ

Ensimmäisessä pääryhmässä suoraviivaisten liikkeiden tuottamiseen käytetään sylinteripneumatiikkaa. Sylinteripneumatiikka on erittäin laaja pneumatiikan osa-alue. Sylinteripneumatiikkaa sovelletaan eri teollisuuden aloilla lukemattomiin erityyppisiin tehtäviin. Erilaisissa koneissa käytetyt sylinterit ovat yleensä vakiomallisia, mutta koneet ovat yleensä yksilöllisiä ja suunnitellaan eri käyttötarkoitusten mukaan erilaisiksi. [4]

Toiseen ryhmään kuuluu pyörivien liikkeiden tuottaminen, kuten paineilmamoottorit, mutterinvääntimet ja pora- tai hiomakoneet. Tällaiset koneet ovat yleensä valmiita, jolloin tarvitsee vain liittää kone paineilmaverkkoon ja painaa käynnistintä, jolloin liike alkaa tai pysähtyy. [4]

Kolmannessa ryhmässä on varsinaisesti paineilmalla tehty työ, esimerkiksi ruiskumaalaus, jäähdytyspuhallus tai esimerkiksi auton renkaassa vaimentimena toimiva ilma [4].

Moni ajattelee, että paineilma on vain ilmaa, mutta koska sen tuottamiseen tarvitaan sähköä, niin se on melko arvokasta ilmaa. Tämän takia monissa yrityksissä ei tulla ajatelleeksi, että paineilmajärjestelmien optimoinnilla voitaisiin aikaansaada suuriakin säästöjä vuosittaisessa energiankulutuksessa. [1]

LAITTEISTO

2.1 Festo didactic

Festo Didactic on automaatioon ja tekniikkaan keskittyvä koulutusjärjestelmä, jossa erilaiset koulutuspaketit on tarkoitettu mahdollisimman monipuoliseen ja havainnoivaan käyttöön [5]. Tässä työssä käytän Fluidlab-ohjelmaa, johon kuuluu valmiita testejä ja joka hyödyntää pneumatiikan komponentteja.

Koulutuspaketit on jaoteltu seuraavasti:

- Perustason paketit antavat kyseisen tekniikan osa-alueen perustietoa.
- Tekniikkapaketeissa keskitytään ohjaus- ja säätötekniikan tärkeimpiin aiheisiin.
- Toimintopaketissa selvitetään automatisoitujen järjestelmien perustoiminnot.
- Sovelluspakettien avulla voidaan harjoitella käytäntöä mukailevaa perus- ja jatkokoulutusta.

Feston tekniikkapaketteihin kuuluvat tekniikat ovat pneumatiikka, sähköpneumatiikka, ohjelmoitavat logiikat, PC-tietokoneisiin perustuva automaatio, hydraulikka, sähköhydraulikka, portaattomasti säätävä hydraulikka sekä robotiikka [5].

Koulutusjärjestelmässä on modulaarinen rakenne, minkä vuoksi eri paketteja pystyy tarvittaessa laajentamaan ja yhdistelemään. Esimerkiksi pneumaattisia, hydraulisia ja sähköisiä laitteita voidaan ohjata ohjelmoitavien logiikoiden avulla [5].

Työssäni käytin sähköpneumatiikan komponentteja, joita ohjataan PC:n kautta Fluidlab-ohjelmalla. Fluidlab-järjestelmä käyttää Easyport D/A -muunninta sekä analogista ja digitaalista I/O-terminaalia.

2.2 Komponentit

Testeissä keskeiset komponentit olivat paineanturi, Feston venttiilit sekä virtausmittari.

Paineanturi

Paineanturi on suhteellista painetta ilmaiseva pietsoresistiivinen muunnin, jonka yhteyteen on integroitu vahvistin ja lämpötilan kompensointipiirit. Mitattava paine päästetään vaikuttamaan silikonipinnoitteeseen pietsoresistiiviseen elementtiin. Tästä aiheutuva signaalin muunnos lähetetään integroidun vahvistimen kautta jännitteenä eli kytkentäsignaalina lähtöliittimille. Anturin käyttöpaine on 0 - 10 bar, joka antaa analogilähtönä 0 - 10 V jännitteen. [6]

Venttiilit

Mittauksissa käytin kahta erilaista venttiiliä, joista toinen on 3/2 normaalisti suljettu magneettiventtiili. Magneettiventtiilin kytkentätila muuttuu, kun sen magneetin kelaan tuodaan jännite, joka on tässä tapauksessa 24 V tasavirtaa. Kun jännite katkeaa, kytkentätila muuttuu jousen työntämänä alkuasentoon. [6]

Venttiilissä on LED-valo ilmaisemassa kytkentätilaa. Venttiilin painealue on 3 - 8 bar ja normaali nimellisläpivirtaus 1000 l/min. Venttiilin kytkentäviiveet paineen ollessa 6 bar ovat päälle 20 ms ja pois 33 ms. 5/2 jousipalautteisella venttiilillä arvot ovat muuten samat, mutta kytkentäviiveet ovat hieman suuremmat, päälle 25 ms ja pois 40 ms. [6]

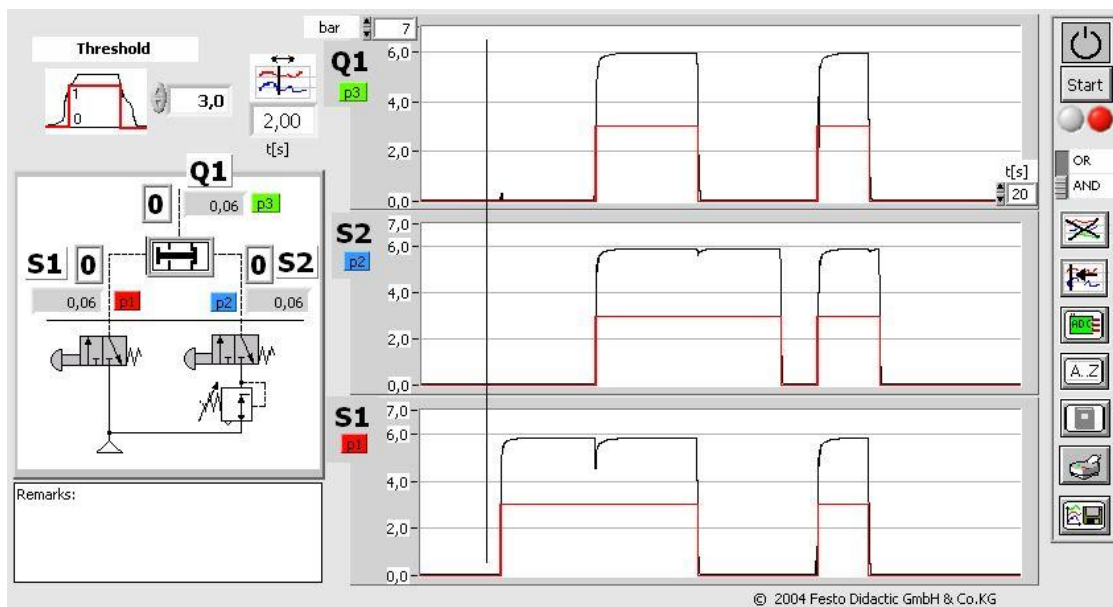
3 TYÖVAIHEET

3.1 Fluidlab

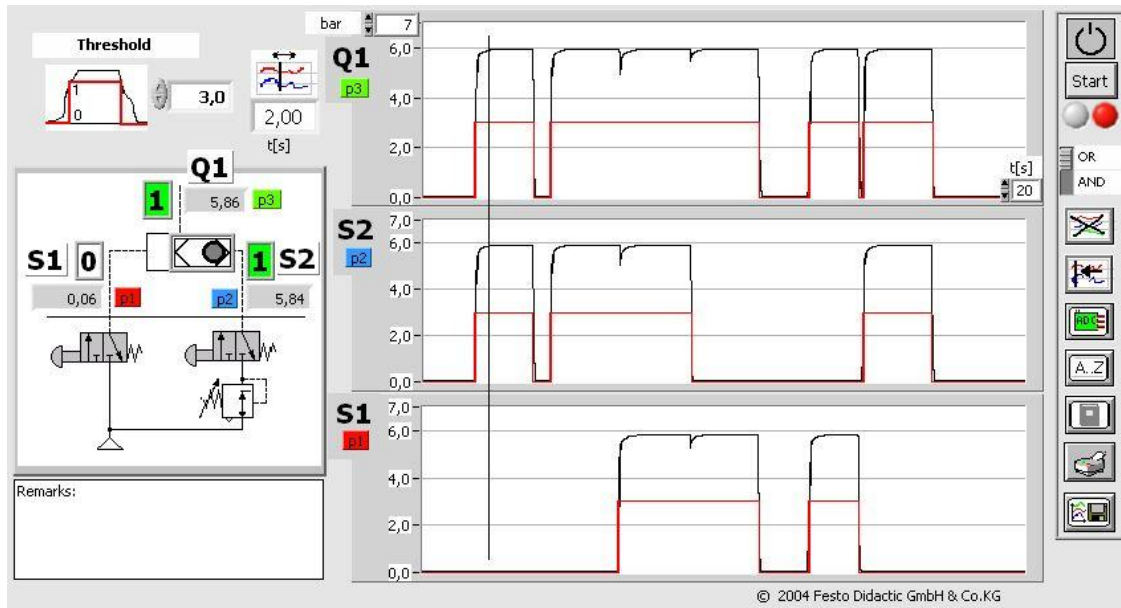
Tarkoituksena oli tutkia, mitä käytännön harjoitustöitä Feston järjestelmällä ja erityisesti Fluidlab ohjelmalla voidaan tehdä. Toisena asiana keskitytään mittaamaan venttiilien painehäviötä suhteessa virtaukseen.

Ensiksi selvitetään, mitä toimintoja Feston Fluidlab ohjelmassa on. Ohjelmassa testit jakautuvat kolmeen pääosiin: perustestit, sylinteritestit ja proportionaalitekniikan testit.

Perustestit sisältävät pääasiassa perussuureiden havainnointia ja paineilman käyttäytymistä rajoittimen yli. Perustesteissä on myös havainnointityökalu perus JA- ja TAI-venttiilien toiminnan toteuttamiseen, jonka tarkoituksena on osoittaa kuinka analogisignaalit muuttuvat digitaalisignaaleiksi. Kuvissa 1 ja 2 on nähtävissä JA- ja TAI-elimet. Kuvassa 1 on havainnoitavana JA-elimien käyttöä, jonka toimintaperiaate on antaa vaste Q1 ainoastaan silloin, kun herätteet S1 ja S2 ovat vaikuttavina. Tässä tapauksessa JA-elimien toiminta edellyttää sitä, että S1- ja S2-paineet ovat yhtä suuret. Kuvassa 2 on esitettyä TAI-elimien käyttöä. TAI-elimien toimintaperiaate on vastaavan kaltainen JA-elimien sille erotuksella, että TAI-elimessä vaste tulee, vain toinen heräte olisi vaikuttavina.

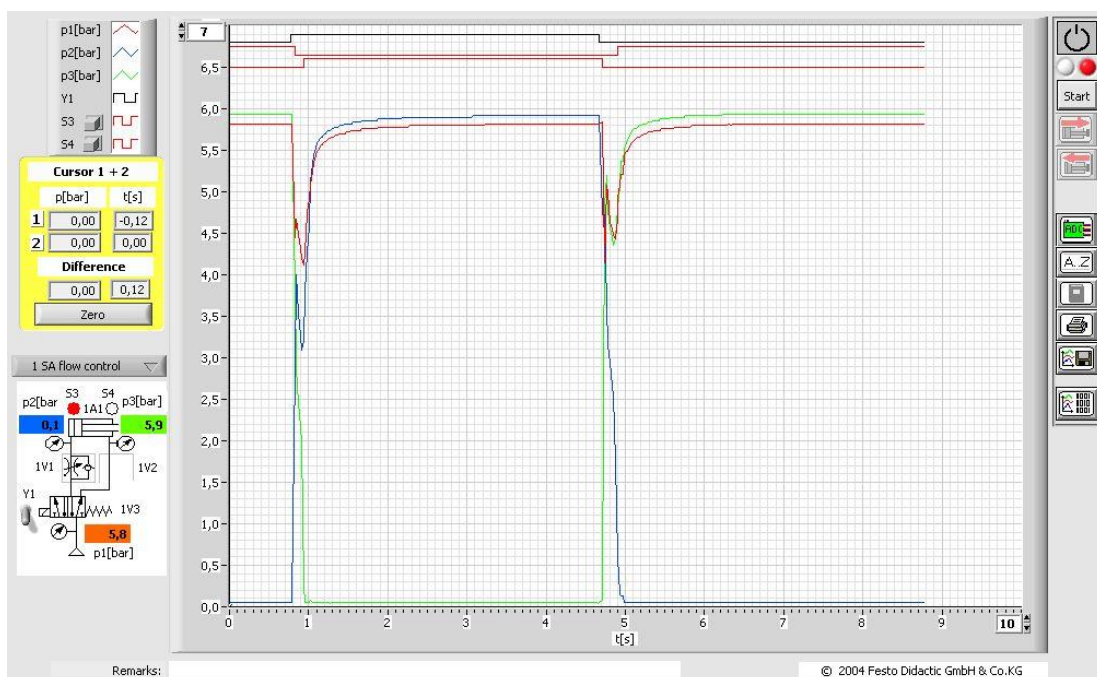


Kuva 1. AND venttiili

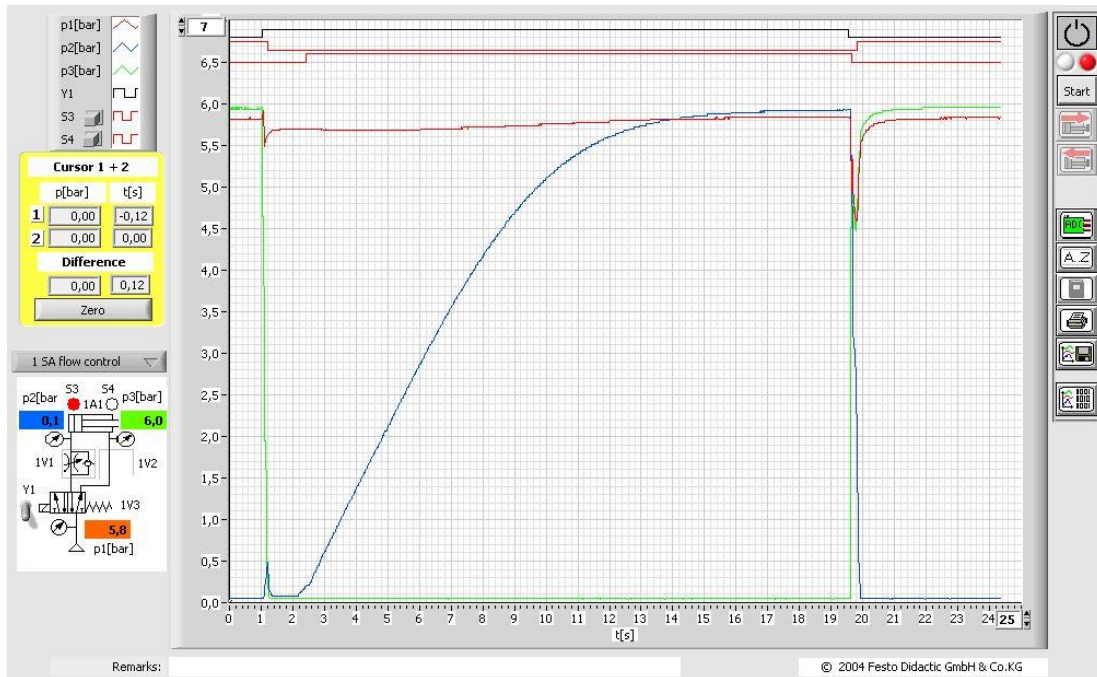


Kuva 2. OR venttiili

Sylinteritestit keskittyvät mittaamaan paineen käyttäytymistä sylinterissä. Testeissä on myös mahdollista mitata sylinterin aiheuttamaa voimaa, mutta koulun järjestelmään ei kuulunut voima-anturia. Kuvissa 3 ja 4 on huomattavissa, millainen ero paineen nousussa tapahtuu, kun linjaan asennettu kuristin on täysin auki ja miltei kiinni. Kun paine kytketään, on molemmissa tapauksissa havaittavissa pieni paineen nousu juuri ennen kun sylinteri lähtee liikkumaan. Tämä johtuu lepokitkan vaikutuksesta.



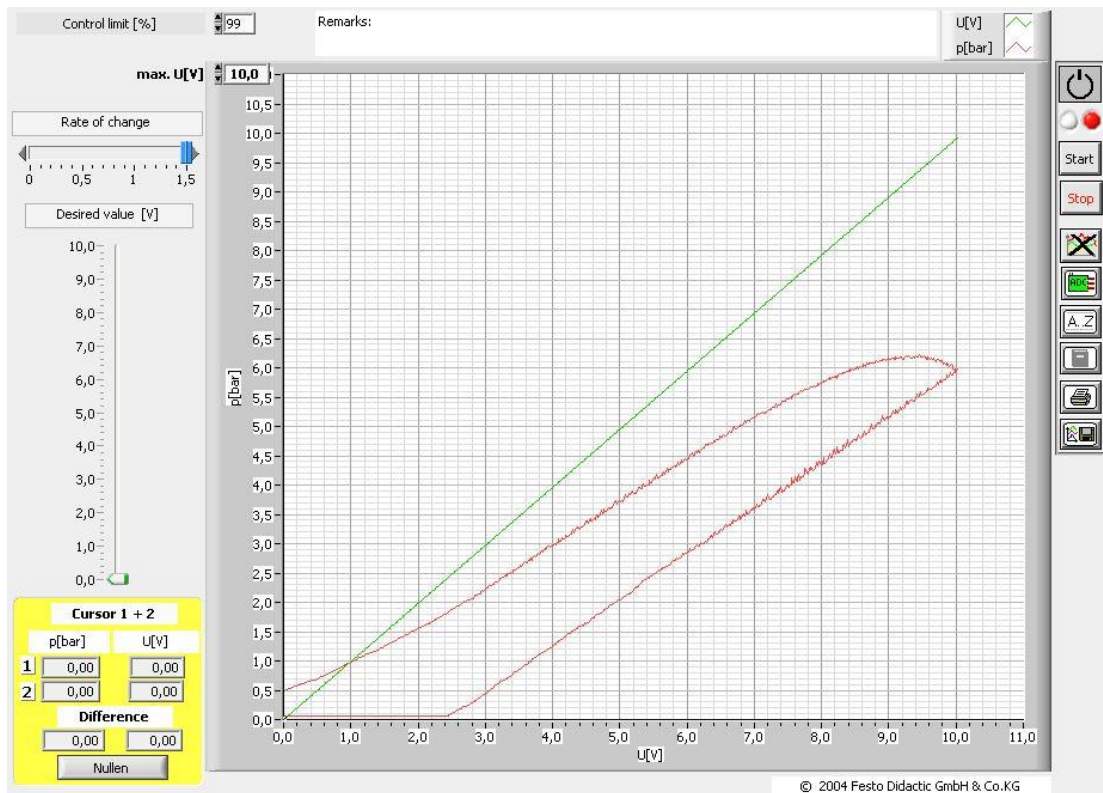
Kuva 3. Kuristin auki



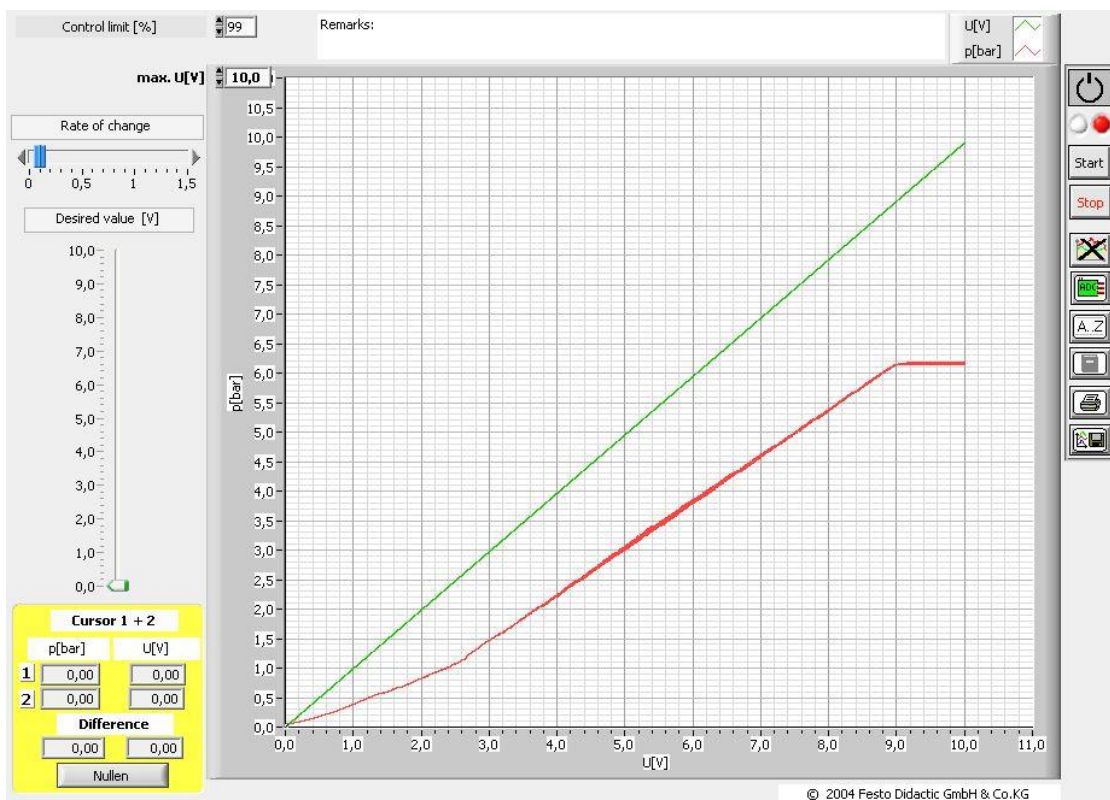
Kuva 4. Kuristin melkein kiinni

Proportioonalitesteissä voidaan venttiilin ohjausta säätää manuaalisesti tai antaa koneen säätää ennalta määrättyjä kurveja. Kuvissa 5 ja 6 on proportionaaliventtiin automaattisesti kahdella eri käskyn muutosnopeudella. Testi ajaa jännitteen määrättyyn maksimiarvoon ja sen jälkeen palautuu takaisin 0 V:iin. Kuvassa 5 muutosnopeus on 1,5 V sekunnissa ja kuvassa 6 n. 0,1 V sekunnissa.

Kuvista on helposti havaittavissa, että suurella muutosnopeudella esiintyy hystereesiä, mutta pienellä muutosnopeudella sitä ei esiinny. Testillä voisi periaatteessa todeta sen, pitävätkö proportionaaliventtiileissä ilmoitetut hystereesin arvot paikkaansa. Tässä tapauksessa ei ollut saatavilla proportionaaliventtiin arvoja.



Kuva 5. Autocurve nopea ohjauksen muutos. Hystereesiä esiintyy



Kuva 6. Autocurve hidus ohjauksen muutos. Hystereesiä ei esiinny

Ohjelma sisältää jokaisessa testissä hyvin seikkaperäiset ohjeet kytkentöjen tekemiselle. Ohjeet ovat kuvina ja tekstinä testin suorittamiseen.

Miltei jokaisessa testissä tulokset saa kuvana ja tekstitiedostona, jossa anturoinnin mittausravot on listattu testissä käytettyjen suureiden funktiona.

Alkaessani suorittamaan virtausmittauksia huomasin, että järjestelmän oma virtausmittari on käyttöalueeltaan suunniteltu pienille virtauksille ja sen skaala loppuu melko nopeasti. Järjestelmän alkuperäinen mittari oli nimelliskooltaan 50 l/min, joten hetken aikaa tutkittani vaihtoehtoja tiedustelin Festolta millaista mittaria olisi järjestelmään tarjolla. Festolta ehdotettiin järjestelmään sopivaa nimelliskooltaan 200 l/min anturia. Kun hinta ja anturin virtausalue tuntui sopivalta, päädyin tilaamaan kyseisen anturin.

Uutta anturia tilatessa en ollut ottanut huomioon sitä, että vaikka järjestelmän I/O paneelissa on sekä voltti- että milliampeeri-inputit, Fluidlab ohjelma ei osaa käsitellä milliampeeriviestiä. Yksi idea oli, että kytkemällä signaalin rinnalle 500 ohmin vastus saadaan signaali muutettua alueelle 0 - 10 V, joten sen pitäisi toimia järjestelmässä. Anturi saatiin näyttämään lukemia, mutta sen kalibrointi tuotti ongelmia.

Fluidlab ohjelmassa on factor- ja offset-säädöt. Factor-säädöllä säädetään kerrointa. Esimerkiksi 10 barin paineanturi tuottaa jännitteen 0 - 10 V jolloin 1 bar on 1 V ja 10 bar 10 V. Tällöin factor-asetus eli kerroin on 1. Alkuperäisessä anturissa oli ulostulojännite 0 - 5 V ja factor-asetus 1. Uudelle anturille oli mietittävä millaisilla asetuksilla järjestelmä saataisiin näyttämään oikein. Uusi anturi antaa ulostulovirtaa 4 - 20 mA, joten se antaa nollavirtauksellakin ulos 2 V.

Päätin mitata jännitteet ja virtaukset asteittain nolasta maksimiin ja huomasin, että anturin tuottaman jännitteen ja järjestelmän ilmoittaman jännitteen jännite-ero kasvoi sitä mukaa, kun virtausta kasvatettiin. Tästä seuraa ongelma, että kun factor kerrointa kasvatetaan, kasvaa myös järjestelmän ilmoittama mittarivirhe. Tästä syystä anturin kalibrointi kyseiselle ohjelmalle ei käytännössä onnistu. Anturilla pystyy kirjaamaan mittaustuloksia, mutta ohjelman suoma etu jää silloin pois. Vaikka anturilla ei saisikaan absoluuttisia tuloksia, sillä onnistuu venttiilien keskinäinen vertailu.

3.2 Häviö venttiilissä

Venttiilin läpäisykyky ilmoitetaan yleensä venttiilin nimellisen tilavuusvirran (Q_n) avulla. Se on venttiilin normaalipaineeseen skaalattu tilavuusvirta.

Venttiilissä tapahtuvan virtauksen luonne riippuu absoluuttisten paineiden suhteesta (p_2/p_1). Virtaus muuttuu kun saavutetaan kriittinen painesuhde, jonka jälkeen tilavuusvirta ei enää kasva. Ilman teoreettinen kriittinen painesuhde on $p_2/p_1=0,53$. Venttiilin mitoituksessa on otettava huomioon, että ylikriittistä aluetta tulisi välttää ja pysyä alikriittisellä alueella [3].

Yhtenä venttiilin mitoituskriteerinä on, että venttiilin ja sylinterin välinen painehäviö ei saa ylittää arvoa 1 bar. Koska venttiilin käyttöpaine on yleensä 5 - 6 bar, nimellistilavuusvirta antaa ehdottoman alarajan venttiilin läpäisykyvyille. [3]

Päätin kyseenalaistaa kaavojen paikkansapitävyyden ja todentaa niitä mittausten ja laskujen avulla. Venttiilin läpäisykyky voidaan laskea teoreettisesta yhtälöstä ja Pneumatiikka kirjan mukaan käytännön mitoitusyössä käytettävä kaava.

$$q = C \sqrt{\Delta p \frac{p_k}{p_i}} \quad (1)$$

jossa	q	= normaali-ilmanpaineeseen skaalattu tilavuusvirta
	C	= häviökerroin
	Δp	= painehäviö venttiilin yli
	p_k	= käyttöpaine
	p_i	= ilmanpaine

Tässä muodossa kaavan epätarkkuus on alle 15 %. Kun häviökerroin C identifioidaan venttiilin normaalitilavuusvirran mukaan ($\Delta p=1$ bar), saadaan yhtälö esitettyä muodossa, josta voi laskea venttiilin painehäviön normaalitilavuusvirrasta poikkeavilla tilavuusvirroilla [2].

$$\Delta p = \left(\frac{q}{Q_n}\right)^2 \quad (2)$$

jossa	Δp	= painehäviö venttiilin yli
	q	= tarkasteltava tilavuusvirta
	Q_n	= venttiilin normaalitilavuusvirta

Koneautomaatio: Pneumatiikka kirjan mukaan läpimenevä tilavuusvirta riippuu painesuhteesta venttiilissä ja sen mukaan kokeellisesti on voitu osoittaa, että tilavuusvirta noudattaa melko hyvin yhtälöä

$$q_v = p_1 * C * \sqrt{1 - \left(\frac{p_2/p_1 - b}{1-b}\right)^2} \quad (3)$$

jossa

- C = virtauskerroin
- b = venttiilin rakennekerroin
- q_v = tilavuusvirta
- p_1 ja p_2 = absoluuttiset paineet

Edellä mainittu yhtälö pätee virtaukselle, jossa tulevan ilman lämpötila on +20 Celsius astetta. Jos lämpötila on jotain muuta tulee korjauskerroin K_t

Kokeissani oletan ilman lämpötilan olevan +20 celsius astetta joten korjauskerrointa ei tarvitse huomioida

Venttiilin painehäviölle on myös erilainen kaava koneautomaatio kirjan mukaan

$$\Delta p = (1 - b) * \left[p_1 - \sqrt{p_1^2 - \left(\frac{q_v}{C * K_t}\right)^2} \right] \quad (4)$$

Yhtälöiden käytön edellytyksenä on, että venttiilin valmistajat ilmoittavat venttiilille kertoimet b ja C. Koska valmistajalta ei saanut kertoimia käyttämilleni venttiileille päätin kokeellisesti etsiä virtauskerroimen C arvon laskukaavaa soveltamalla ja b:n arvoksi oletin oppikirjassa annetun 0.3 joka on normaalille suuntaventtiilille annettu kerroin.

Tarkoituksena oli kokeilla kaavojen paikkansapitävyys ja tulosten yhteneväisyys vanhemman ja uudemman kirjan kaavoissa.

Päätin etsiä virtauskertoimen C arvoa soveltamalla laskukaavoja, jotka on tarkoitettu laskemaan virtausta. Koska virtausmittarin avulla saatu virtaus oli jo tiedossa, jäi minulle ainoaksi tuntemattomaksi arvo C sillä edellytyksellä, että olettaisın arvon b olevan 0,3. Virtauskertoimen arvon tulisi olla sama samantyyppiselle, mutta eri ohjauksella olevalla venttiilille, joten seuraavaksi laskin painehäviön arvon laskukaavaa hyväksikäyttäen jonka todennan mittausten avulla. Venttiilin virtauskertoimen hakemiseen käytän 5/2 jousipalautteista venttiiliä ja laskennallisen paine-eron hakemiseen 5/2 bistabiilia venttiiliä.

Ensimmäiseksi piti saada selville virtauskerroin C ja siihen sovelsin kaavaa kolme

$$C = \frac{q_v}{p_1 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{p_2/p_1 - b}{1-b}\right)^2}} \quad (5)$$

Seuraavaksi rakensin pneumatiikkajärjestelmän, johon kuului kaksi paineanturia, 5/2 jousipalautteinen venttiili, kuristin ja virtausmittari. P₁-painetta mittattiin venttiilin tulopuolelta ja painetta P₂ venttiilin lähtöpuolelta, jonka jälkeen tuli kuristin ja virtausmittari.

Paineeeksi asetin 6 bar ja avasin kuristinta asteittain ja kirjasin muistiin painearvot ja virtauksen. Heti mittausten alussa huomasin, että venttiilin jälkeisen paineanturin näyttämä oli alle 20 l/min virtauksella hieman suurempi kuin tulopuolen. Tästä johtuen päätin jättää huomioimatta alle 20 l/min mittaustuloksia koska niillä ei olisi muutenkaan painoarvoa pienen virtauksen vuoksi.

Mittauksissa maksimivirtaus kuristin täysin auki oli 83 l/min. Viimeiseksi mittaukseksi otin vielä arvon ilman kuristinta, joka oli 99 l/min. Näin ollen järjestelmän letkukoon pienuuden vuoksi en aivan päässyt lähelle venttiilin nimelliskoon virtausta, joka on 500 l/min, mutta näistäkin tuloksista oli havaittavissa virtauskertoimen C arvo.

Syötin tiedot Excel-taulukkoon, jonka avulla laskin virtauskertoimen arvoja eri mittauspisteissä. Huomasin, että mittausten keskivaiheilla vallitseva arvo oli n. 30, joten päätin virtauskertoimen arvoksi 30. Aivan pienillä virtauksilla laskukaava ei toiminut, koska jo aiemmin havaitun painemittauksen virheellisen näyttämän takia paine-ero jää negatiiviseksi. Mittaukset ovat nähtävissä taulukko 1:ssä

Taulukko 1. 5/2 jousipalautteisen venttiilin mittaukset ja laskettu C arvo

Q_v	P_1	P_2	Δp	b	C laskennallinen
0	5,99	6,02	-0,03	0,3	0
2,2	5,88	5,92	-0,04	0,3	0
10,3	5,69	5,73	-0,04	0,3	0
20,1	5,54	5,55	-0,01	0,3	0
29,1	5,43	5,4	0,03	0,3	42,74
39	5,26	5,17	0,09	0,3	33,74
49,7	5,05	4,86	0,19	0,3	30,43
57,2	4,88	4,61	0,27	0,3	30,08
63	4,71	4,38	0,33	0,3	30,67
71,6	4,46	3,99	0,47	0,3	30,42
79,6	4,2	3,54	0,66	0,3	30,02
82,3	4,1	3,38	0,72	0,3	30,30
83	4,04	3,3	0,74	0,3	30,46
99	3,48	2,1	1,38	0,3	31,57

Periaatteessa samantyyppisellä venttiilillä tulisi olla sama virtauskerroin, joten päätin laskea kaavan neljä mukaan painehäviön samanlaiselle luistityyppiselle suuntaventtiilille, jonka ohjaus kuitenkin olisi erilainen

Tässä tapauksessa oli 5/2 bistabiili luistiventtiili, jolle olin tehnyt samanlaiset mittaukset kuin aiemmin mainitulle 5/2 jousipalautteiselle venttiilille. Tilavuusvirran korjauskertoimena C käytin arvoa 30 ja venttiilin rakennekertoimena b arvoa 0,3. Tulokset ovat nähtävissä taulukossa 2.

Taulukko 2. Laskennallinen ja mitattu paine-ero 5/2 bistabiilille venttiilille

Q_v	P_1	P_2	Δp	Δp laskennallinen	Δp erotus bar
0	6	6,04	-0,04	0,00	-0,04
4,1	5,83	5,88	-0,05	0,00	-0,05
9,9	5,69	5,74	-0,05	0,01	-0,06
20	5,54	5,55	-0,01	0,03	-0,04
27,3	5,46	5,43	0,03	0,05	-0,02
38,4	5,27	5,18	0,09	0,11	-0,02
47,5	5,1	4,92	0,18	0,18	0,00
56	4,9	4,64	0,26	0,26	0,00
62,5	4,73	4,38	0,35	0,34	0,01
70,8	4,48	3,99	0,49	0,47	0,02
80	4,17	3,48	0,69	0,67	0,02
83	4,12	3,38	0,74	0,75	-0,01
99,3	3,51	2,1	1,41	1,64	-0,23

Tuloksista on havaittavissa, että laskennallinen arvo pitää paikkansa melko hyvin mittausten keskivaiheilla, mikä johtuu todennäköisesti siitä, että aiemmin mitattu virtauskerroimen C arvo piti paikkansa hyvin myös mittausten keskivaiheilla ja poikkesi vain mittausten ääripäissä.

Koulun automaatiolaboratoriossa on myös hieman vanhempia Feston 5/2 suuntaventtiileitä ja päätin kokeilla, onko samantyyppisillä, mutta eri vuosikymmenten venttiileillä eroja ja mikä niistä olisi merkittävin. Selvä ero oli se, että vanhemmissa venttiileissä oli nimelliskoko 2,5 mm ja nimellisvirtaus 105 l/min.

Vanhempi Feston 5/2 venttiili oli asennettu telineeseen, jossa on suuremman letkukoon liittimet, joten jouduin käyttämään sovittelintä, mikä saattaa hieman vaikuttaa tuloksiin. Tuloksista on havaittavissa selvä ero uuden ja vanhan venttiilin välillä etenkin paine-eron osalta, mikä johtuu osittain myös siitä, että venttiilin nimelliskoko on pienempi kuin uusien. Taulukossa 3 on Festo MFH-5-PK-3 -jousipalautteisen suuntaventtiilin mittaustulokset ja taulukossa 4 Festo JMFH-5-PK-3 -bistabiilin suuntaventtiilin mittaustulokset. Taulukoissa on laskettu virtauskertoimen C ja paine-eron Δp arvot.

Taulukko 3. Festo MFH-5-PK-3 -jousipalautteisen venttiilin mittaustulokset.

Q_v	P_1	P_2	Δp	b	C laskennallinen
0	6,03	6,06	-0,03	0,3	0
2,5	5,9	5,94	-0,04	0,3	0
10	5,71	5,73	-0,02	0,3	0
20,3	5,55	5,49	0,06	0,3	20,89
33,2	5,39	5,14	0,25	0,3	17,21
40,3	5,28	4,88	0,4	0,3	16,87
48,6	5,13	4,52	0,61	0,3	16,99
56,4	4,98	4,12	0,86	0,3	17,22
61,8	4,86	3,76	1,1	0,3	17,27
65,5	4,76	3,48	1,28	0,3	17,47
70,8	4,63	3,06	1,57	0,3	17,85
82	4,6	2,95	1,65	0,3	20,42
81,6	4,36	1,92	2,44	0,3	19,10

Taulukko 4. Festo MFH-5-PK-3 bistabiilin venttiilin mittaustulokset

Q_v	P_1	P_2	Δp	b	C laskennallinen
0	5,96	6	-0,04	0,3	0
2	5,88	5,92	-0,04	0,3	0
10,1	5,68	5,7	-0,02	0,3	0
20,2	5,54	5,5	0,04	0,3	25,45
30,4	5,42	5,28	0,14	0,3	20,84
40,6	5,29	4,95	0,34	0,3	18,34
48	5,14	4,66	0,48	0,3	18,71
53,1	5,04	4,44	0,6	0,3	18,89
61,3	4,88	4,02	0,86	0,3	18,93
68	4,7	3,6	1,1	0,3	19,39
72	4,61	3,31	1,3	0,3	19,47
74,7	4,53	3,11	1,42	0,3	19,78
85,8	4,25	2,05	2,2	0,3	20,91

Laskennallisessa virtauskertoimen C arvossa on samoja piirteitä kuin uudemmassa venttiilissä. Vanhemmissa venttiileissä käy samoin, että mittausten alku ja loppupäässä on eroa keskialueeseen. Myös vanhempien venttiileiden virtauskertoimen arvo eroaa keskinäisessä tarkastelussa. Huomattavaa on myös se, että vaikka venttiilin nimellisvirtaus on 105 l/min, paine-ero kasvaa yli yhden barin jo vähän yli puolenvälin nimellisarvosta.

Tuloksissa täytyy ottaa huomioon, että laskukaavoissa täytyi olettaa b kertoimen arvo ja mittauksista lasketun C arvo päättää epätarkasti. Uudempien suuntaventtiilien tapauksessa ei myöskään päästy lähellekään venttiilin tehollisaluetta, joten tulokset ovat hieman epäolennaisia todellisen käytön suhteen.

Tuloksissa paine-ero on laskettuna ja mitattuna sen takia koska laskennallisen paine-eron laskemiseen käytin oletettua rakennekertoimen b ja eri venttiilin avulla laskettua virtauskertoimen arvoa C. Laskukaavaa käytettäessä tulee helposti suurikin virhe jos oletetut arvot eivät pidä paikkaansa, mutta tässä tapauksessa todensin laskennallisen paine-eron myös mittaamalla sen. Virtauskertoimen C ja rakennekertoimen b täytyy olla melko tarkkoja, sillä laskennallinen ja mitattu paine-ero pysyvät erittäin hyvin virhemarginaalin sisällä.

3.3 Venttiilin kytkentäviive

Venttiilin kytkentäviiveitä mittasin ohjelmasta löytyvällä valve response time testillä joka on tarkoitettu mittaamaan signaalin kytkemisestä paineen muodostumiseen kuluvaa aikaa. Testin graafisessa kuvassa on nähtävissä signaali ja paine ajan funktiona. Mittausten tarkemman analysoinnin suoritin Fluidlab:n tiedostoon tulostamasta datasta.

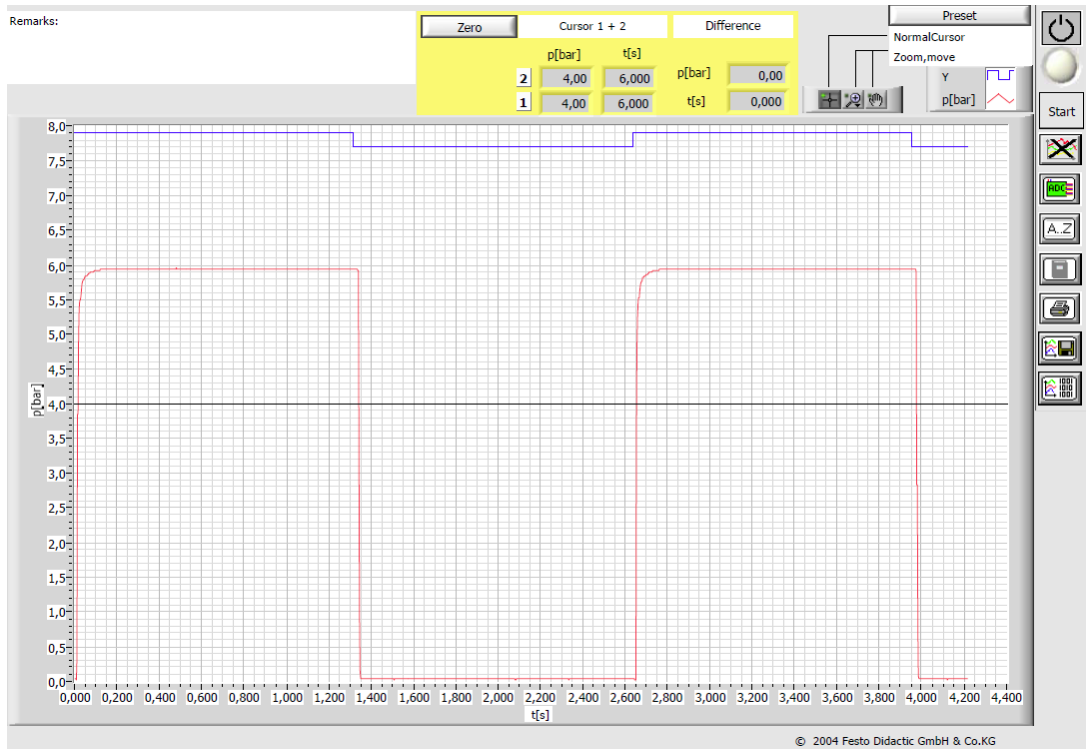
Venttiilin ja paineen toimintaan liittyy venttiilille tuotu heräte ja vaste. Kytkeytymisviive lasketaan herätteen eli sähköisen impulssin kytkemisestä ja vasteen eli paineen muodostumisen muodostamasta ajasta

Valmistaja ilmoittaa 3/2 venttiilille kytkeytymisviiveeksi 10 ms ja testin tulostamasta datasta voidaan havaita, että paine pysyy lähtöarvossaan 11 ms ajan ja 13 ms kohdalla paine on 1,543 bar. Olettaessa huomioon ilman virtauksen kuluttaman ajan muodostama viive voidaan todeta, että valmistajan ilmoittama kytkeytymisviive pitää paikkansa. Pois kytkettäessä venttiilin valmistaja ilmoittaa viiveeksi 22 ms, mutta tuloksia tarkasteltaessa voidaan havaita, että paine alkaa pudota jo 10 ms kohdalla.

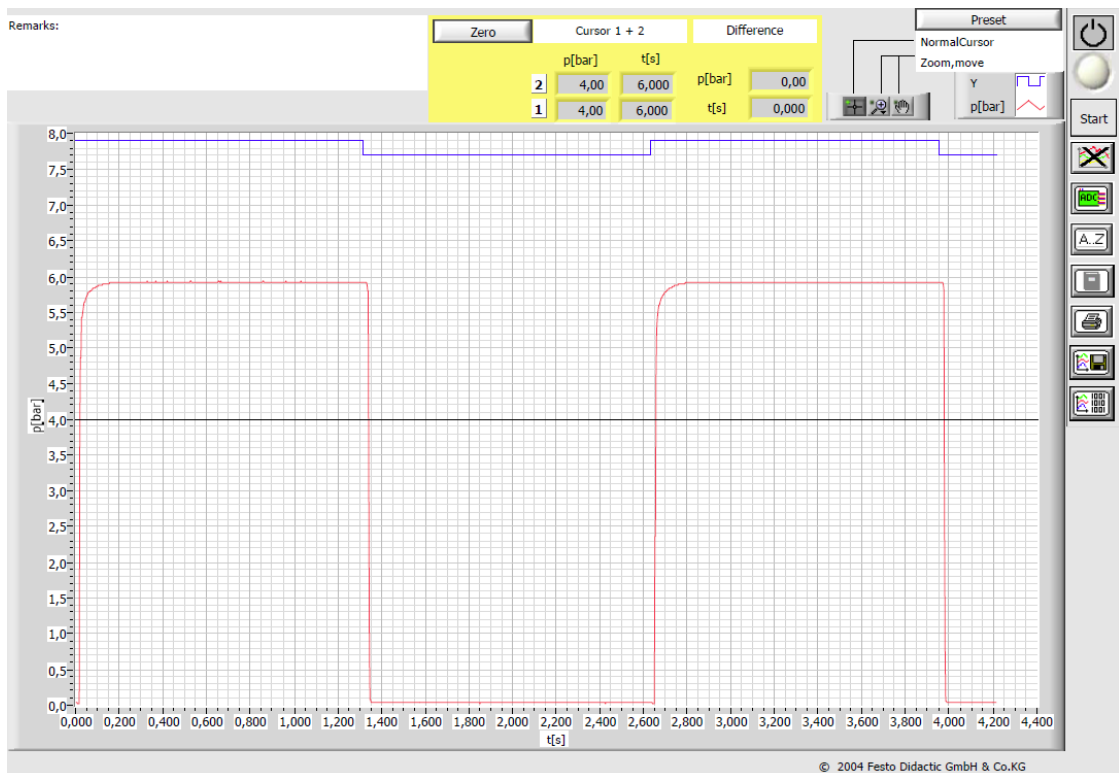
Suoritin testin samalla periaatteella myös 5/2 venttiilille, jossa ensimmäinen paineen nousu oli havaittavissa jo 18 ms kohdalla vaikka valmistaja ilmoittaa viiveeksi 25ms. Tällä venttiilille oli myös valmistajan ilmoittama parempi poiskytketymsviive. Tälläkin venttiilillä paine alkaa pudota jo 10 ms kohdalla vaikka valmistaja ilmoittaa kyseisen ajan nelinkertaiseksi 40ms.

Kuvissa 7 ja 8 on nähtävissä ohjelman piirtämä kuva jossa ilmenee paineen nousu ja lasku ajan funktiona. Kuvien yläreunassa on huomattavissa sinisellä piirretty heräte eli hetki jolloin venttiili kytkeytyy ja punaisella on paineen muodostama vaste. Testi tekee kaksi kertaa päälle/pois sekvenssin.

Tämän kokoisten venttiilien kytkeytymisviiveet ovat nykypäivänä erittäin pieniä ja jotta niillä olisi kovin suurta merkitystä järjestelmän tehokkuuteen tarvitsisi järjestelmän olla erittäin suuri.



Kuva 7. Festo 3/2 jousipalautteinen suuntaventtiili



Kuva 8. Festo 5/2 jousipalautteinen suuntaventtiili

4 FESTO TYÖKIRJA

Työkirja on osa Festo Didactic-koulutusjärjestelmää. Järjestelmä antaa hyvän mahdollisuuden käytännönläheiselle perus- ja jatkokoulutukselle. Koululla on saatavilla työkirjat TP101 ja TP201. Työkirjojen tehtävät sisältävät: oppimistavoitteet, ongelmanasettelun, reunaehdot ja hankkeen tehtävät. [5]

TP101 on suunniteltu pneumaattisen ohjaustekniikan peruskoulutukseen. Siinä käsiteltävät asiat antavat perustiedot pneumatiikan fysikaalisista lainalaisuuksista sekä pneumaattisten laitteiden toiminnasta ja käytöstä.

TP201 on tarkoitettu pneumaattisen ohjaustekniikan jatkokoulutukseen. Laitteiston avulla voidaan muodostaa laajoja kytkentäyhdistelmiä tulo- ja lähtösignaalien loogisine laskutoimituksineen sekä ohjausjärjestelmiä, joissa käytetään kellosignaalia ohjattavia komponentteja. [5]

Koululla on kolme Festo didactic-työpistettä ja lähdin miettimään kuinka järjestelmiä voitaisiin käyttää hyödyksi opetuksessa. Työkirjat voisi olla runkona ohjausjärjestelmät 1 ja 2 kurseille, mutta voitaisiinko niitä hyödyntää tehokkaasti työpisteissä olevien komponenttien pienen määrän takia. Onko kolme työpistettä riittävästi isomman oppilasryhmä tarpeisiin ja kuinka tehtävien suorittaminen sujuvasti onnistuisi. Olisiko parasta jakaa ryhmä pienempiin ryhmiin ja antaa jokaiselle oma työpiste vai tehdä työpistekohtainen työ jolla ryhmät kiertäisivät.

Päätin ottaa kolme esimerkkitehtävää TP101 työkirjasta ja pohtia ovatko ne hyviä ja tarkoituksenmukaisia kurssin sisällöksi ja kuinka niitä voitaisiin tehdä järkevästi.

Ensimmäinen havaittava asia työkirjojen soveltuvuudesta ammattikorkeakoulun opetukseen oli se, että ensimmäiset tehtävät olivat jopa turhankin helppoja kurssien perusteisiin. Systemien monimutkaisuus myös harppaa kerralla huomattavasti monimutkaisempaan suuntaan.

4.1 Tehtävä 1

Ensimmäiseksi tehtäväksi valitsin työkirjan [5] tehtävän numero 9, sillä aiemmat tehtävät olivat hieman liian yksinkertaisia ammattikorkeakoulussa opiskeltavan kurssin sisällöksi. Tehtävän oppimistavoitteena on:

- Osaat selittää epäsuorien ohjausjärjestelmien periaatteen ja rakentaa sellaisen.
- Osaat selittää loogiset laskutoimitukset AND/OR/NOT ja toteuttaa sellaiset.
- Osaat selittää itsepitokytkennät ja rakentaa sellaisia.

Tehtävien ongelmanasettelu on jostain käytännön laitteen toiminnasta, tässä tapauksessa tehtävä oli juustotahkojen harjaaminen. Juustoja valmistettaessa on juustotahkoja harjattava ja juustojen asettamista harjauslaitteeseen ohjataan käsin. Juustotahkot tuodaan työpisteeseen hihnakuuljettimella. Laitteiston ollessa täynnä pidätellään materiaalin kulkua sulkuluistin avulla. Pneumaattinen kytkentäkaavio liitteessä 1.

Reunaehdoissa kerrotaan, kuinka systeemin tulisi toimia:

- Materiaalin kulkua on määrä ohjata kahdella venttiilillä, joita käytetään painonapilla; painonapeista yksi on eston asettamista ja toinen vapauttamista varten.
- Koska painonapin signaali on päällä vain lyhyen aikaa, on rakennettava kytkentä, jossa signaalin tila jää muistiin.

Hankkeeseen kuuluvat tehtävät:

1. Kuvaile vaihtventtiilin toimintaa.
2. Kuvaile itsepitokytkennän toimintaa.
3. Täydennä pneumatiikkakaavio.
4. Rakenna laitteisto.
5. Tarkista kytkennän rakenne.
6. Kuvaile kytkennän toimintatapa.
7. Laadi laiteluettelo.

Järjestelmän toiminta tulisi olla seuraava:

1. Kun painonappia painetaan, työntyy sylinteri ulos ja työntää luistin materiaalien kulun esteeksi.
2. Sylinteri jää tähän asentoon senkin jälkeen, kun painonappi on päästetty vapaaksi ja materiaalin kulku on keskeytynyt.
3. Painettaessa toista painonappia vetäytyy sylinteri takimmaiseen ääriasentoonsa ja päästää materiaalin kulkemaan taas vapaasti.
4. Sylinteri pysyy tässä asennossa, kunnes ensimmäistä painonappia painetaan uudelleen.

Lisätehtäviin kuuluu:

- Mitä virheitä voi esiintyä kytkentää jodotettaessa?
- Miten nämä johdotusvirheet vaikuttavat? Kuvaile niitä.
- Kuvaile itsepitokytkennän toimintatapaa kytkennän perusteella.

Tehtävää aloittaessani huomasin, että jousipalautteisia paineohjattuja 5/2 venttiilejä löytyi vain yksi kappale, joten ongelmia löytyi heti. Järjestelmää rakentaessani oikaisin hieman ja rakensin kytkennän valmiin ratkaisun perusteella. Kurssin aikana tähän ei ole tarvetta, sillä asiat ovat tuoreessa muistissa ja ratkaisun hakeminen huomattavasti sujuvampaa. Paineilmaohjattuja kytkentöjä tehtäessä järjestelmistä tulee helposti sekavan näköisiä monien ilmaletkujen vuoksi, mutta tässä tapauksessa järjestelmä pysyi hyvin järjestyksessä seinälle sijoitettavien komponenttien johdosta.

Vaikka teinkin kytkennän valmiista ratkaisusta, ilmeni silti pieni ongelma, jota joutui selvittämään jonkin aikaa. Kytkennässä käytettiin kahta erilaista painonappia, joista toinen oli normaalisti avoin ja toinen normaalisti suljettu. Epähuomiossa olin kytkenyt painonapit väärinpäin, ja tästä syystä järjestelmä ei toiminut. Vaikka ongelma oli pieni, oli se silti ratkaiseva ja sopiva muistutus tarkkuudesta.

Lisätehtäviin kirja antoi vastauksiksi perusvirheitä kuten, että letkut eivät ole kunnolla paikoillaan ja sylinteri ei ole kunnolla kiinnitetty. Itselleni tuli heti mielen myös asia, että jos letkut eivät ole kunnolla paikoillaan, saattaa pitkä letku olla vaarallinen sinkoillestaan suurella nopeudella.

4.2 Tehtävä 2

Toiseksi tehtäväksi valitsin tehtävän 11, johon oli lisätty vaikeusastetta logiikkaelinten yhdistelminä ja lisäämällä systeemiin lähestymiskytkin. Tehtävän tarkoitus on liukuoven ohjaaminen. Tehtävän 11 oppimistavoitteet olivat seuraavat:

- Osaat selittää loogiset laskutoimitukset AND/OR/NOT ja toteuttaa sellaiset.
- Osaat tehdä logiikkaelinten yhdistelmiä. Tunnet magneettisten lähestymiskytkinten rakenteen ja toimintatavan.
- Osaat erottaa 5/2 suuntaventtiilit sekä valita sellaisen annettujen tietojen mukaisesti ja soveltaa venttiiliä käyttöön

Ongelmanasettelu tehtävässä oli liukuoven ohjaaminen, jossa liukuovi on määrä avata ja sulkea kummaltakin puolelta painonapin avulla. Kummallakin puolella liukuovea tulee olla vain yksi painonappi hätätilanteessa sattuvien käyttövirheiden eliminoimiseksi [5].

Pneumaattinen kytkentäkaavio liitteessä 2.

Reunaehdot:

- Kummatkin liikkeet saadaan käynnistää vain oven ollessa jommassakumassa ääriasennossaan.
- Paine on turvallisuussyistä rajoitettava arvoon 3 bar.

Hankkeen tehtävät:

1. Piirrä liukuoven ohjausjärjestelmän pneumatiikkakaavio.
2. Rakenna laitteisto.
3. Tarkista kytkennän rakenne.
4. Kuvaile kytkennän toimintatapa.
5. Laadi laiteluettelo

Järjestelmän toiminta tulisi olla seuraava:

1. Kun liukuovi on määritellyssä ääriasennossa, voidaan se siirtää painonappia painamalla toiseen ääriasentoonsa. Täten se voidaan avata tai sulkea.
2. Niin kauan kuin ovi ei ole jommassakummassa ääriasennossaan, ei avaus- tai sulkuvaihetta voida käynnistää.

Lisätehtävät:

- Mitä virheitä voi esiintyä kytkentää rakennettaessa tai johdotettaessa?
- Miten nämä virheet vaikuttavat? Kuvaile niitä.
- Mitä tapahtuu, jos paineilman syöttö katkeaa eteen- tai taakse-liikkeen aikana?
- Miten kytkentä voidaan ottaa uudelleen käyttöön ja mitä on tätä varten tehtävä?

Tehtävässä 11 on aiempaan tehtävään verrattuna yhdistelty JA- ja TAI-elementtejä sekä lisätty sylinterille pneumaattiset lähestymiskytkimet. Tässäkin tapauksessa aloitin rakentamaan järjestelmää valmiista ratkaisusta ja sain rakennettua sen melko nopeasti. Rakenne näyttää melko yksinkertaiselta, mutta antaa varmasti sopivan haasteen kurssille.

Tehtävässä käytetään sylinterillä pneumaattisia lähestymiskytkimiä, joita on kaksi kappaletta työpisteessään. Lähestymiskytkimet toimivat 3/2 venttiilin tavoin. Kytkentä ei ruvennut toimimaan ja kummastakaan painonapista ei tapahtunut mitään. Paikallistin vian pneumaattiseen lähestymiskytkimeen, joka oli siinä päässä, jolloin sylinteri on vetäytyneenä. Vaikka kytkin olikin aivan äärimmäisessä asennossaan, aktivoitui se silti ennen kuin sylinterin varsi oli täysin vetäytyneenä. Tästä syystä järjestelmä ei toiminut oikein. Yritin säätää lähestymiskytkintä, mutta sille ei ollut mitään tehtävissä. Päätin korvata lähestymiskytkimet rullaohjatuilla 3/2 suuntaventtiileillä periaatteen pysyessä samana. Kytkentä rupesi toimimaan, mutta havaitsin heti pienen parannusehdotuksen. Nappia pidettäessä pohjassa jää sylinteri sahaamaan edestakaisin, kun mielestäni olisi järkevämpää, että liike tapahtuu vain kerran. Muuten tehtävä tuntui sopivan haastavalta ja kuvasi hyvin liukuoven pneumaattista ohjausta.

Lisätehtävissä oli mietittävänä samat letkuista koituvat ongelmat kuin tehtävässä 2, mutta lisäksi siihen kuului kaksi melko yksinkertaista kysymystä. Paineilman syötön katketessa liike pysähtyy ja kytkentä otetaan uudelleen käyttöön viemällä se jommallekummalle rajalle.

4.3 Tehtävä 3

Viimeiseksi tehtäväksi otin työkirjan [5] viimeisen tehtävän jonka periaatteessa pitäisi olla jo melko monipuolinen ja haastava. Oppimistavoitteena tehtävässä oli kyky analysoida ja rakentaa kaksisylinterisiä kytkentöjä.

Tehtävän esimerkki oli kansien paikoilleen puristaminen, jossa ongelmanasettelu oli seuraava:

Työpisteessä puristetaan kansia paikoilleen. Kannet asetetaan aluksi istukkansa päälle. Tämän jälkeen ne puristetaan istukkaansa puristussylinterin avulla.

Kansien paikoilleen asetus on määrä käynnistää painonapilla. Kun kannet ovat paikoillaan, käynnistyy puristusvaihe. Kun puristussylinteri on ehtinyt etummaiseen ääriasentoonsa, tulee molempien sylinterien palata alkuasentoonsa. Pneumaattinen kytkentäkaavio liitteessä 3.

Reunaehdot:

- Työkappaleiden paikoilleen vientiin on määrä käyttää yksitoimista sylinteriä.
- Paikoilleen vientisylinterin etummaiseen ääriasentoon pääsyn tunnistamiseen on määrä käyttää rullaohjattua venttiiliä.
- Puristussylinterinä käytetään kaksitoimista sylinteriä.
- Sekä paikoilleen vienti, että puristussylinterin eteentyöntymisnopeuksia on voitava säätää.

Hankkeen tehtävät:

1. Analysoi kansien puristuslaitteiston pneumatiikkakaaviota.
2. Rakenna laitteisto.
3. Tarkista kytkennän rakenne.
4. Kuvaile kytkennän toimintatapa.
5. Laadi laiteluettelo.

Järjestelmän toiminta tulisi olla seuraava:

1. Muovikannet asetetaan istukkaan.
2. Puristusvaihe saadaan käyntiin painonapilla.
3. Paikoilleenvientisylinterin etummaiseen ääriasentoon pääsyn tunnistamiseen on määrä käyttää lähestymiskytkintä.
4. Puristussylinterin tulee työntyä ulos vasta kun paikoilleenvientisylinteri on päässyt etummaiseen ääriasentoonsa.
5. Kun muovikansi on puristettu paikoilleen, palaavat molemmat sylinterit takaisin alkuasentonsa.

Lisätehtävät:

- Mitä virheitä voi esiintyä kytkentää rakennettaessa tai johdotettaessa?
- Miten nämä virheet vaikuttavat? Kuvaile niitä?
- Mitä tapahtuu, kun sylinterissä olevaa lähestymiskytkintä 1B2 siirretään?

Viimeistä kytkentää tehdessä huomasin, että tehtävät eivät loppujen lopuksi muutu kovinkaan paljoa vaikka järjestelmä hieman monimutkaistuukin. Tehtävien monimutkaistaminen tehdään lähinnä komponenteilla eikä sekvenssin monimuotoisuutta lisäämällä. Huomasin myös, että tehtävässä käytettävää 3/2 bistabiilia suuntaventtiiliä ei löytynyt yhdestäkään työpisteestä joten korvasin venttiilin 5/2 bistabiililla suuntaventtiilillä josta tulppasin yhden liitännän.

Kytkenässä käytetään kuten aiemmassakin tehtävässä sylinterillä pneumaattisia lähestymiskytkimiä, mutta olin jättänyt sylinterin ja rullaohjatut 3/2 venttiilit paikoilleen koska tässä tehtävässä käytetään samoja komponentteja. Kytkenässä tarvitaan kuitenkin vielä yhtä rullaohjattua 3/2 venttiiliä ja koska työpisteeseen kuuluu kyseistä komponenttia vain kaksi kappaletta, jouduin ottamaan yhden toisesta työpisteestä. Tässä tulee taas vastaan töiden suorittamisen sujuvuus koko ryhmällä jolloin kaikki työpisteet ovat käytössä ja komponentteja ei tule olemaan riittävästi kaikille.

Itse kytkentä tuntui jopa liiankin yksinkertaiselta viimeiseksi tehtäväksi joka johtui lähinnä siitä, että kytkennässä on kaksi yksinkertaisempaa peruskytkentää yhdistetty toimimaan sekvenssinä.

Tehtävien johdottamiseen menee aikaa noin 10 minuuttia kun on pneumatiikkakaavio on saatu täydennettyä. Kytkennät ovat loppujen lopuksi sen verran yksinkertaisia, että vaikka niissä olisikin joku virhe niin se ei voi olla kovin monimutkainen ja oppilas ei joudu miettimään kovinkaan paljoa ratkaistakseen sen.

5 POHDINTA

Käytännössä huomasi, että ei ole järkevää tehdä mittauksia venttiilien tehosiheydestä, sillä järjestelmän mitoitus on kokonaisuudessaan tehty ominaiskooltaan pienemmälle systeemille. Käytettäessä nimelliskoko (virtausaukon koko millimetreissä) viiden venttiiliä kasvavat ilman virtausmäärät jo niin suuriksi, että jostain kohtaa systeemiä löytyy aina venttiiliä suurempi rajoittava tekijä.

Tutkimuskäyttöön tarkoitetun laitteiston tulisikin olla aina kertaluokkaa suurempi kuin tutkittavan kohteen, koska tutkimus- tai mittauslaitteisto ei saa olla missään kohtaa rajoittavampi tekijä kuin tutkittava kohde. Tämän takia koulun järjestelmä ei sovellu järkevään tutkimuskäyttöön, sillä järjestelmä on yksinkertainen ja käytettävissä olevien komponenttien nimelliskoko on niin pieni. Tästä syystä järjestelmästä ei ole esimerkiksi yrityksille tarjottavaksi tutkimuspalveluksi.

Festo Didactic -järjestelmä on suunniteltu ja rakennettu alun pitäen opetuskäyttöön, ja siihen se soveltuukin hyvin. Festo-oppipakettiin kuuluu oppikirjat, jotka sisältävät harjoitustehtäviä, tietoa komponenteista, kytkennän periaatteen ja kytkentöjen ratkaisut. Kyseinen uusi oppiympäristö on ollut koululla jo useamman vuoden ajan, mutta työpisteitä ei ole vielä osattu hyödyntää tehokkaasti. Tämä saattaa johtua siitä, että henkilökunnalla ei ole riittävästi aikaa tutustua järjestelmään. Aiheeseen on perehtynyt vain muutama henkilö ja hekin työllistetty täysipäiväisesti. Nykyään opetustuntien vähentyessä olisi siis opetuksen tehokkuuteen panostettava aiempaa enemmän, jolloin täytyy ottaa huomioon, kuinka hyvin oppilas pystyy sisäistämään opetetun asian. Tällöin olisi apuna kyseinen Festo-ympäristö, jossa esimerkiksi yhdessä tehtävässä on johdonmukaisesti kerrottu tavoitteet ja tehtävä sisältää teoreettisen tiedon kytkentöineen, joka on taas helposti siirrettävissä työpisteellä käytöntöön.

Opetuksessa olisi hyvä siirtyä käyttämään Festo työkirjoja. Oppilaan näkökulmasta huomaisin niiden olevan hyviä esim. Ohjausjärjestelmät 1 ja 2 - kurssille. Aiemmin käytetyt oppimisympäristöt ovat myös Festo Didactic -järjestelmää, mutta ne ovat kaksi vuosikymmentä vanhoja; uusi järjestelmä tarjoaa vähintään samat mahdollisuudet huomattavasti kompaktimmissa muodossa. Koululta löytyvissä järjestelmäkokonaisuuksissa on kuitenkin komponentteja niin vähän, että täysipainoinen systeemin hyödyntäminen edellyttäisi lisäkomponenttien hankintaa.

Mielestäni onnistuin työssä hyvin, vaikka motivaatio-ongelmien takia aikaa kului odotettua kauemmin. Odotukset Feston järjestelmää kohtaan olivat korkealla, mutta järjestelmää tutkiessani huomaisin, kuinka kankea se loppujen lopuksi on. Ajattelin, että järjestelmällä pystyisi monipuoliseen tiedonkeruuseen, mutta todellisuudessa järjestelmä on suunniteltu vain opetuskokonaisuutta silmällä pitäen. Tästä syystä esim. Fluidlab-ohjelman funktiot ja kuvaajat ovat ennalta määrättyjä toimimaan valmiiksi suunnitellun kytkennän mukaan eikä niitä pysty juurikaan muokkaamaan omiin tarkoituksiin.

Jälkeenpäin ajateltuna olisin voinut lähteä alun perin miettimään asiaa enemmän opetuskäytön kannalta. Nyt keskityin lähinnä tutkimaan järjestelmän hyödyntämistä tutkimuskäyttöön, joten en osannut ajatella asiaa laajemmalti. Vasta myöhemmässä vaiheessa päädyimme Risto Röngän ja Reino Hyvösen kanssa siihen, että olisi hyvä tutkia, kuinka järjestelmää voisi hyödyntää enemmän opetuksessa, johon se on oikeasti tarkoitettu.

Festo-työkirjojen tarkemmasta tutkimisesta olisi sisältöä jopa toiseen insinööriyöhön, sillä sellaisenaan ne eivät ole täysin sopivia kurssien sisällöksi. Työkirjoissa on hyvä perusrakenne, mutta monipuolisuutta voisi hakea sekvenssejä monimutkaistamalla. Tämä edellyttäisi, että työpisteissä tiettyjen komponenttien määrä jopa kaksinkertaistettaisiin. Myös tehtävien tekemistä olisi hieman sovellettava ryhmäkoon mukaan. Mielestäni työpistettä kohden kolme oppilasta on enimmäismäärä, sillä tätä suuremmalla määrällä kaikki opiskelijat eivät välttämättä pääse osallistumaan.

6 YHTEENVETO

Työn lopputuloksena saatiin tietoa Fest Didactic -järjestelmän suomista mahdollisuuksista niin opetukseen kuin myös mahdollisuudesta paineilmakomponenttien tutkimiseen.

Festo-työkirjat ovat hyviä oppikirjoja, mutta vaadittaessa lisää monimutkaisuutta niitä joutuisi soveltamaan, mikä on myös hyvää harjoitusta. Monimutkaistettaessa järjestelmää vaadittaisiin komponenttien ostamista, koska nyt komponentteja riittää periaatteessa yhden tai kahden sylinterin yksinkertaiseen ohjaukseen.

Opinnäytetyössä kävi ilmi, että jopa kolmekymmentä vuotta vanhat laskentakaavat pätevät edelleen myös uusimpiin venttiileihin.

Itse järjestelmä antaisi paljon enemmän mahdollisuuksia, jos sille löytyisi monipuolisempi PC-ohjelma, jossa voisi itse määrittää haluansa attribuutit. Nyt käytössä oleva ohjelma on kankea ja suunniteltu nimenomaan Didactic-työkirjojen käyttöön, mikä rajoittaa monipuolisuutta erittäin paljon.

Järjestelmän mukana tullut virtausmittari on alikokoinen, jopa siihen suunniteltuun järjestelmään, jossa sitä käytetään. Olisiko uusi virtausmittari toiminut oikein, jos se olisi ollut oikeanlainen eli ulostulo olisi ollut voltteja.

Odotin työltä paljon, minkä vuoksi työ käynnistyikin hyvin. Huomattuani että järjestelmällä ei ole edellytyksiä monimutkaisempaan tutkimiseen, kärsin pienistä motivaatio-ongelmista ja työn tekeminen hidastui. Loppua kohden sain uusia ideoita ja kannustusta, jolloin sain tulosta aikaan.

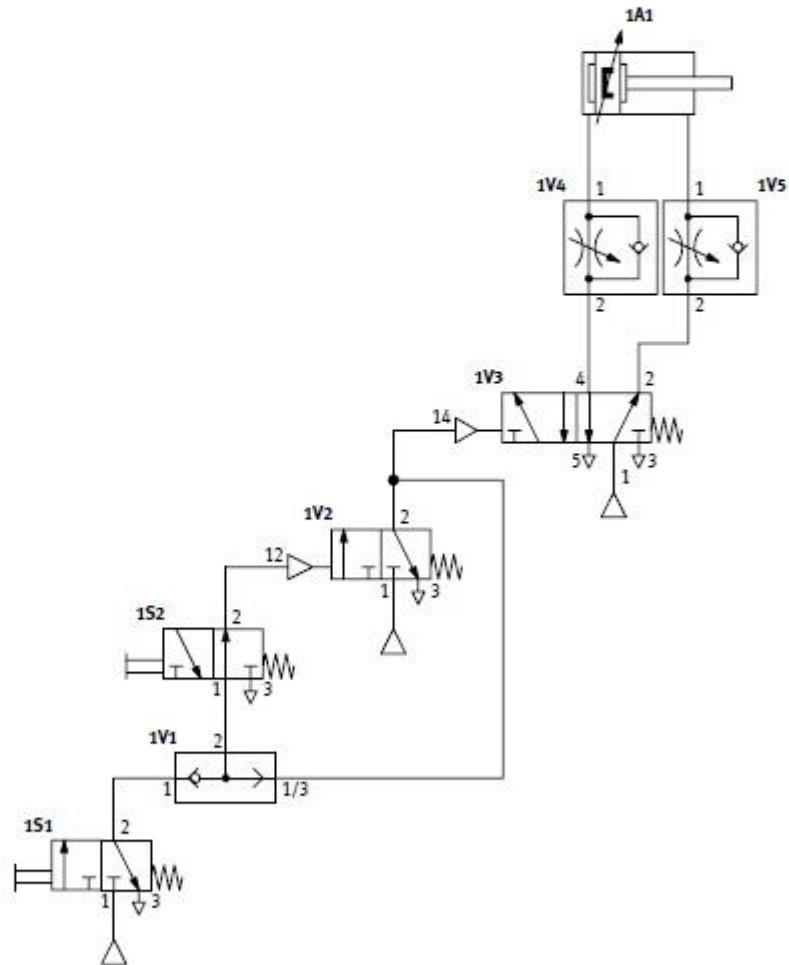
Tämän työn tavoitteet saavutettiin hyvin, jotka olivat järjestelmän soveltuvuus ammattikorkeakoulun opetukseen ja sen erilaisten mahdollisuuksien etsiminen.

LÄHTEET

1. Aaltonen. N, Rouhikko. T, *Paineilmasanomat 1/2007*, Paineilmakartoitus Kemira Pigmentsissä Porissa, s3, Rocca group http://www.rocca-group.com/upload/julkaisut/pdf/Paineilmasanomat_1_2007.pdf
2. Ellman. A, Hautanen. J, Järvinen. K, Simpuora. A. *Pneumatiikka*. EDITA. 2002
3. Fonselius. J, Korhonen. J, Saarineva. J, Pekkola. K. *Koneautomaatio: Pneumatiikka*. Valtion painatuskeskus. 1986
4. Hulkkonen. V. *FLUID klinikka, Pneumatiikan perusteita*, No 13 FLUID finland 4-2005. Suomen Lehtiyhtymä.
5. Pany. M, Scharf. S. *TP101 oppikirja*. Festo Didactic GmbH & Co. Kg.
6. Pany. M, Scharf. S. *TP201 oppikirja*. Festo Didactic GmbH & Co. Kg.

Tehtävä 9: Juustotahkojen harjaaminen – ratkaisut

Tehtävä 9: Juustotahkojen harjaaminen	
Nimi:	Päivämäärä:
Pneumatikkakaavion täydentäminen	Lehti 2 (2)

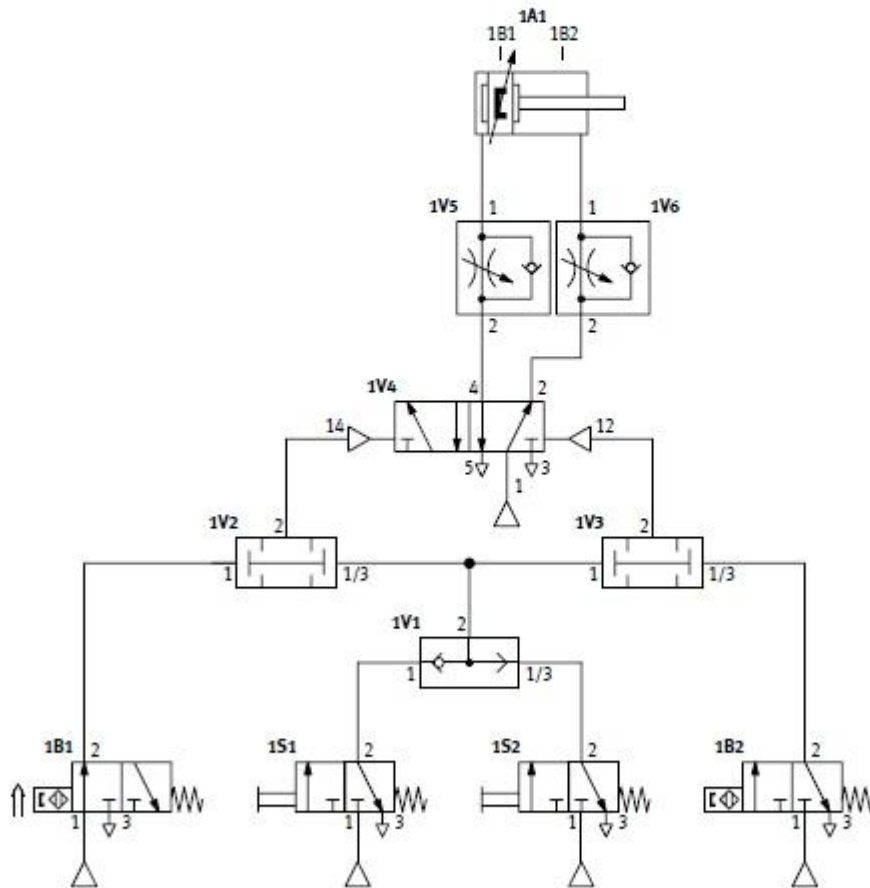


Pneumatikkakaavio – yksinkertaistettu esitys, josta puuttuu huoltoyksikkö sulku- ja paineenalennusventtiileineen

Tehtävä 11: Liukuoven ohjaaminen

Ratkaisut

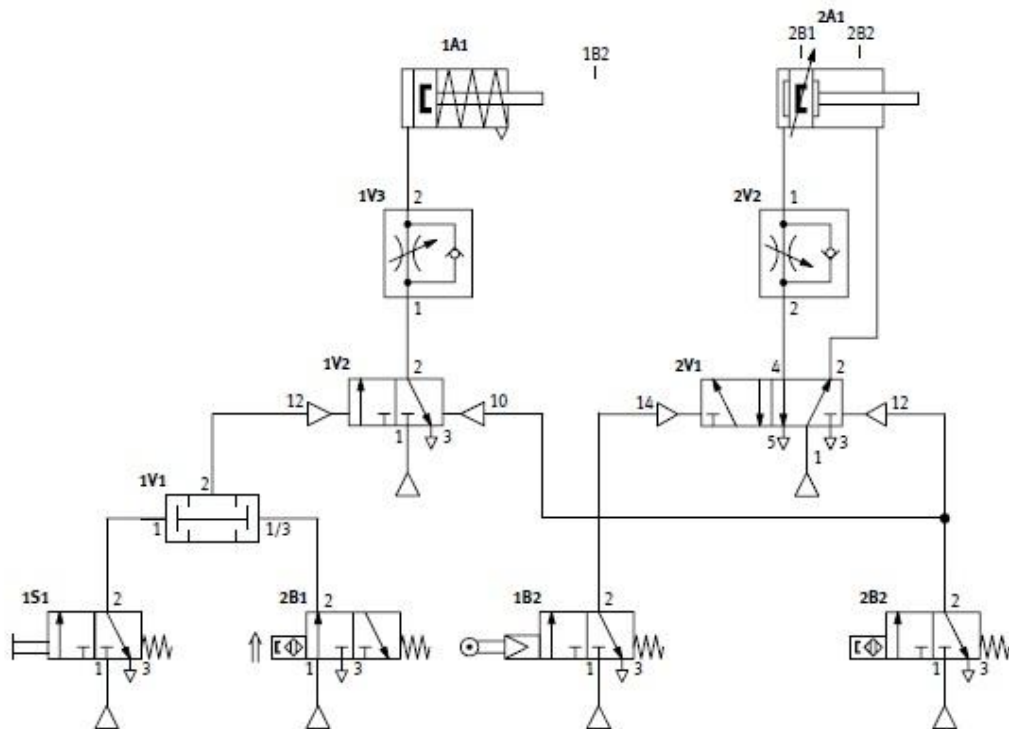
Tehtävä 11: Liukuoven ohjaaminen	
Nimi:	Päivämäärä:
Pneumatikkakaavion täydentäminen	Lehti 1 (1)



Pneumatikkakaavio

Tehtävä 18: Kansien paikoilleenpuristaminen
Ratkaisut

Tehtävä 18: Kansien paikoilleenpuristaminen	
Nimi:	Päivämäärä:
Pneumatiikkakaavion täydentäminen	Lehti 1 (1)



Pneumatiikkakaavio