

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikka, Insinööri

2021

Saku Suoja

LABORATORIOHARJOITUSTEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS OPETUSKÄYTTÖÖN

Saku Suoja

LABORATORIOHARJOITUSTEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS OPETUSKÄYTTÖÖN

Tämä opinnäytetyö tehtiin Turun ammattikorkeakoulun toimeksiannosta ja sen tavoitteena oli suunnitella sekä toteuttaa laboratorioharjoituksia tuleville konetekniikan opiskelijoille. Näitä harjoituksia voidaan hyödyntää opetuksen teoriaosuuden tukena pneumatiikan sekä hydrauliiikan peruskursseilla. Opinnäytetyön aihe valittiin, koska koulutusohjelmassa oli tarve parantaa laboratorioharjoitusten kokonaisuutta. Selkeyden vuoksi jokainen harjoitus koottiin omiin laatikoihin siten, että laatikko sisältää kannettavan tietokoneen, jossa oli tarvittavat ohjelmistot asennettuna, Easyport-moduulin, luettelon tarvittavista komponenteista sekä ohjekirjan, jota seuraamalla opiskelijan on helppo suorittaa harjoitukset itsenäisesti.

Opinnäytetyö aloitettiin inventaariolla, jonka avulla selvitettiin mitä komponentteja koululla oli käytettävissä ja oliko tarvetta tilata lisää osia. Tämän jälkeen selvitettiin komponenttien ominaisuudet sekä käyttömahdollisuudet harjoituksissa mahdollisimman monipuolisesti. Keskeisenä osana harjoituksia tuli olla Easyport, jonka avulla pystytään yhdistämään FluidSim simulointiohjelma sekä oikean maailman laitteet, mikä tarkoittaa sitä, että fyysistä kytkentää pystytään ohjaamaan suoraan tietokoneelta.

Opinnäytetyön tuloksena laboratorioharjoituksia luotiin viisi eri tasoista, niin, että harjoituksen numerot 1-5 vastaisivat opiskelijan tavoittelemaa arvosanaa. Kolme harjoitusta käsitteli pneumatiikkaa ja kaksi hydrauliiikkaa. Harjoituksista saatiin monipuolisia ja ne tukevat opiskelijan kehitystä.

ASIASANAT:

Simulaatio, Laboratorioharjoitus, Konetekniikka

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering, Engineer

2021 | 29 pages, 6 pages in appendices

Saku Suoja

PLANNING AND IMPLEMENTATION OF LABORATORY EXERCISES FOR TEACHING USE

This thesis was commissioned by Turku University of Applied Sciences and its goal was to plan and implement laboratory exercises for mechanical engineering students. These exercises could be utilized to support the theoretical part of teaching in pneumatics as well as hydraulics courses. The topic of the thesis was chosen because the school saw the need to improve the overall set of laboratory exercises. For clarity, each exercise was assembled in its own box, which contained a laptop with the necessary software installed, an Easyport module, a list of required components and an instruction manual that makes it easy for the student to complete the exercises independently.

The thesis started with an inventory, which was used to find out what components were available at the school and whether there was a need to order more parts. After that, the properties of the components as well as the possibilities of use in the exercises were investigated in as versatile way as possible. A key part of the exercises was to be Easyport, which makes it possible to combine the FluidSim simulation program with the world's devices, which means that the physical connection can be controlled directly from a computer.

As a result of the thesis, laboratory exercises were created at five different levels, so that the numbers 1-5 of the exercise would correspond to the grade the student was aiming at. Three exercises dealt with pneumatics and two exercises with hydraulics. The exercises were varied and supported the student's development.

KEYWORDS:

Simulation, Laboratory exercise, Mechanical engineering

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 TOIMEKSIANTAJA	7
2.1 Toimeksiantaja	7
2.2 Laboratorioharjoitukset opiskelun tukena	7
3 PNEUMATIIKAN JA HYDRAULIIKAN PERUSTEITA	8
3.1 Pneumatiikka	8
3.2 Pneumatiikan toimilaitteet	9
3.3 Hydraulikka	11
3.4 Hydrauliiikan toimilaitteet	11
3.5 Hydrauliiikan laskukaavat	14
4 TYÖSSÄ KÄYTETYT TOIMILAITTEET JA OHJELMISTOT	17
4.1 Pneumaattiset toimilaitteet	17
4.2 Hydrauliset toimilaitteet	19
4.3 Ohjelmistot sekä Easyport	21
5 HARJOITUKSET	23
6 YHTEENVETO JA POHDINNAT	28
LÄHTEET	29

LIITTEET

- Liite 1. Harjoitustyöt
- Liite 2. Inventaario

KAAVAT

Kaava 1. Paine	14
Kaava 2. Hydrostaattinen paine	14
Kaava 3. Tilavuusvirta	15
Kaava 4. Pumpun tilavuusvirta	15

Kaava 5. Leikkausjännitys	16
Kaava 6. Hydraulinen teho	16

KUVAT

Kuva 1. Paineilman laatuluokat. (Tamrotor 2021)	9
Kuva 2. Yksitoiminen sylinteri ja piirrosmerkki.	17
Kuva 3. Kaksitoiminen sylinteri ja piirrosmerkki.	18
Kuva 4. 3/2 suuntaventtiili ja piirrosmerkki.	18
Kuva 5. 4/2 venttiili ja piirrosmerkki.	19
Kuva 6. Kaksitoiminen hydraulinen sylinteri ja piirrosmerkki.	19
Kuva 7. Hydraulinen moottori ja piirrosmerkki.	20
Kuva 8. 4/2 suuntaventtiili ja piirrosmerkki.	20
Kuva 9. FluidSIMin alunäyttö ja sähköisesti ohjattu sylinteri.	21
Kuva 10. Easyport-moduuli.	22
Kuva 11. Harjoitus 1 kytkentä.	23
Kuva 12. Harjoitus 2 kytkentä.	24
Kuva 13. Harjoitus 3 kytkentä.	25
Kuva 14. Harjoitus 4b kytkentä	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kuva 15. Harjoitus 4c kytkentä	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kuva 16 Harjoitus 5 kytkentä.	27

KUVIOT

Taulukko 2. Pneumatiikan kompressori tyypit ja toiminta-alueet (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 26–32).	8
Taulukko 3. Viskositeetin muutos	16

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin osana Turun ammattikorkeakoulun Insinööri (AMK), konetekniikan opintoja, ja sen tavoitteena oli luoda tuleville ammattikorkeakoulun opiskelijoille laboratorioharjoituksia, jotka ovat osa pneumatiikan ja hydraulikan kursseja. Harjoitusten tarkoitus on syventää opiskelijoiden osaamista käytännön harjoitteilla ja tukea opittua teoriaosuutta. Opinnäytetyön aiheen valintaan päädyttiin, koska koulutusohjelmalla oli tarve selkeyttää laboratorioharjoitusten kokonaisuutta sekä parantaa työtilan käyttöä. Tarkoitus oli luoda viisi eritasoista harjoitusta (H 1-5) niin, että harjoituksen numero vastaisi opiskelijan tavoittelemaa arvosanaa. Kaikki harjoituksessa tarvittavat komponentit koottiin yhteen laatikkoon, joka pitää sisällään myös kannettavan tietokoneen, jossa on valmiiksi asennettuna kaikki tarvittavat ohjelmistot sekä ohjekirjan, jota seuraamalla opiskelijan on helppo tehdä harjoitukset itsenäisesti.

Opinnäytetyö aloitetaan inventaariolla, jonka avulla selvitetään koululla käytössä olevat komponentit, ja pohtimalla, oliko tarvetta tilata lisää osia. Kun tilanne on kartoitettu, aloitetaan selvittämään komponenttien ominaisuuksia, toimintaperiaatteita ja sitä miten kyseisiä komponentteja voitaisiin käyttää mahdollisimman monipuolisesti hyödyksi harjoituksissa. Olennaisena osana harjoituksia oli FluidSim simulointiohjelma sekä Easyport, jonka avulla simulaatio ja oikean maailman laitteet saadaan yhdistettyä.

Aluksi tutustutaan toimeksiantajaan ja laboratorioharjoitusten tarpeellisuuteen. Sen jälkeen tutustutaan yleisesti hydraulikan ja pneumatiikan teoriaan sekä komponentteihin siltä osin, kun niitä harjoituksissa käytettiin. Luvussa neljä käydään tarkemmin läpi harjoituksissa käytettyjä komponentteja ja niiden ominaisuuksia ja perustellaan kyseisten komponenttien käyttö. Seuraavaksi käydään läpi luodut harjoitukset ja niiden tavoitteet. Viimeisessä luvussa pohditaan opinnäytetyöprosessin onnistumista ja miten tavoitteisiin päästiin.

2 TOIMEKSIANTAJA

2.1 Toimeksiantaja

Turun ammattikorkeakoulu on yksi Suomen suurimmista ammattikorkeakouluista, josta valmistuu joka vuosi tuhansia opiskelijoita. Koulutusaloja on valittavana useita, joiden sisällä voi erikoistua tarkemmin haluamaansa suuntaan. Tämä opinnäytetyö tehtiin osana koneautomaatio insinöörin opintoja, joka pitää sisällään muun muassa automaationohjausjärjestelmiä sekä teollisuusrobotiikkaa. Muita erikoistumisvaihtoehtoja on tuotekehitystekniikka, muotoilu, tuotantotekniikka sekä moottori- ja energiateknologia.

Konetekniikan insinöörinkoulutus luo vahvan teknisen perusosaamisen, jota syvennetään valitsemallaan erikoistumisalalla. Koneautomaatiotekniikka antaa hyvät valmiudet automaatiolaitteiden suunnitteluun ja ohjelmointiin sekä käsityksen automaatiosta osana tuotantoa. Opinnot ovat monipuolisia, joissa isona osana on itsenäinen opiskelu sekä aito kiinnostus teknologiaa kohtaan. Opiskelu on käytännönläheistä ja isona osana opetusta on erilaiset projektit ja laboratorioharjoitukset, jotka suoritetaan tehtaalla, joka on moderni kehitys- ja oppimisympäristö. (Turun ammattikorkeakoulu 2021a.)

Opinnäytetyö toteutetaan #Tehtaalla, joka toimii samoissa tiloissa Koneteknologiakeskuksen kanssa Kupittaalla. Tehdas on moderni kehitys- ja oppimisympäristö, jossa on laajat mahdollisuudet harjoitella käytännössä oppitunneilta opittuja asioita konepajalla sekä automaatiolaboratoriossa. (Turun ammattikorkeakoulu 2021b.)

2.2 Laboratorioharjoitukset opiskelun tukena

Laboratorioharjoitukset ovat tekemällä oppimisen muoto, jossa konkretisoidaan teoriaopetuksessa opittuja asioita ja sen tavoitteena on tukea opiskelijan oppimista ja ammatillista kasvua. Harjoitukset soveltuvat erinomaisesti sekä yksin tai ryhmässä työskentelyyn, joka osaltaan valmistaa opiskelijaa työelämään. Laboratorioharjoitukset ovat hyvä keino opetella ryhmässä toimimista ja ne kehittävät ihmisen vuorovaikutustaitoja. (Oulun ammattikorkeakoulu 2002)

3 PNEUMATIIKAN JA HYDRAULIIKAN PERUSTEITA

3.1 Pneumatiikka

Kompressorin avulla tuotettua paineilmaa käytetään erilaisten toimilaitteiden liikkeiden luomiseen. Paineistettu ilma ohjataan venttiileiden kautta sylintereille, moottoreille ja erilaisille tarttujille. Venttiileitä voidaan ohjata mekaanisesti, pneumaattisesti tai sähköisesti. Viimeksi mainitulla on tekniikassa merkittävin osa, koska se mahdollistaa älykkään ohjauslogiikan käytön. Pneumaattisia järjestelmiä käytetään esimerkiksi kosteissa olosuhteissa tai räjähdysriskissä tiloissa, koska paineilma on ihmiselle turvallisin energiamuoto. Paineilmaa käytetään silloin kuin kappaleet ovat kevyitä, liike on äärilaidasta toiseen, hygieenisessä tilassa tai silloin kun tartunnan on oltava pehmeä ja nopea liikkeen. Paineilmaa voidaan myös käyttää imutehtävissä, koska sen avulla voidaan helposti tuottaa alipainetta, jota tarvitaan imukupein tapahtuvissa nostoissa. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 21–82.)

Paineilman tuottaminen

Paineilman tuottaminen on kolmivaiheinen prosessi, johon kuuluu ilman paineistaminen, paineilman puhdistus, jos käyttökohde niin vaatii sekä ilman varastointi paineen tasaukseksi.

1. Kompressorit

- Kompressorin avulla luodaan järjestelmän vaatima paine puristamalla ilma kasaan.

Tyyppi	Tuotettu paine (MPa)	Tilavuusvirta(m ³ /min)
Mäntäkompressorit	0,1-100	0,005-3
Ruuvikompressorit	0,08-3	0,25-10
Lamellikompressorit	0,02-0,8	0,08-2
Radiaaliturbokompressorit	0,07-30	0,1-50
Aksiaaliturbokompressorit	0,08-0,5	10-100

Taulukko 1. Pneumatiikan kompressorit tyytit ja toiminta-alueet (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 26–32).

2. Jäähdytin

- Kompressori puristaa ilman korkeampaan paineeseen, tästä johtuen ilman lämpötila sekä höyrypitoisuus nousevat. Jotta laatuvaatimukset täyttyvät tuulee paineilma aina jäähdyttää + 10°C - 35°C asteeseen.

3. Suodatin

- Paineilmasta suodatetaan ei toivotut hiukkaset ja käyttökohteen mukaan valitaan suodatuksen taso. Ilmasta voidaan myös poistaa hajuja aktiivihiliisuodattamien avulla sekä steriloida ilma esimerkiksi lääketeollisuudessa käytettäväksi.

4. Veden ja öljyn erottimet

Partikkelikoko ja partikkelipitoisuus			Paineenalainen kastepiste		Öljypitoisuus	
Laatuluokka	Partikkelikoko μ =mikronia	Pitoisuus mg/m ³	Laatuluokka	Kastepiste	Laatuluokka	Öljypitoisuus mg/m ³
1	0.1	0.1	1	-70	1	0.01
2	1.0	1.0	2	-40	2	0.1
3	5.0	5.0	3	-20	3	1.0
4	15.0	8.0	4	+3	4	5.0
5	40.0	10.0	5	+7	5	25.0
			6	+10		
			7	Ei määritetty		

Kuva 1. Paineilman laatuluokat. (Tamrotor 2021)

3.2 Pneumatiikan toimilaitteet

Venttiili

Venttiili on laite, jonka tarkoitus on ohjata ja säätää ilmavirtaa, kun ilma ohjataan toimilaitteille tai toisille venttiileille. Venttiilit voidaan jakaa kuuteen eri ryhmään niiden käyttötarkoituksen mukaan:

1. Suuntaventtiilit
 - Ohjaavat ilmavirran suuntaa joko yhden tai useamman virtaustien avaamisella/sulkemisella.
2. Vastaventtiilit
 - Sallivat virtauksen vain yhteen suuntaan.
3. Paineventtiilit
 - Säättävät painetta joko alentamalla, pitämällä paineen vakiona tai sallivat virtauksen vain silloin kuin tietty ohjauspaine saavutetaan.
4. Virtausventtiilit
 - Säättävät tilavuusvirtaa säätöruuvia aukaisemalla tai sulkemalla.
5. Sulkuventtiilit
 - Estävät ilmavirran pääsyn tarpeettomiin kohteisiin ja sen avulla voidaan myös erottaa järjestelmiä toisistaan esimerkiksi huoltotöiden ajaksi.
6. Erikoisventtiilit
 - Esimerkiksi aikaventtiili ja kaksipaineventtiili.

Sylinteri

Sylinteri muuttaa paineilman mekaaniseksi liikkeeksi, yleensä lineaariseksi. Sylinteriä käytetään esimerkiksi kappaleen kiinnittämiseen tai siirtämiseen. Sylinteriä ohjataan yleisimmin venttiileiden avulla ja ne voidaan jaotella kolmeen ryhmään:

1. Yksitoiminen sylinteri
 - Sylinteri on plusliikkeen ääripäässä niin kauan, kun järjestelmässä on paine. Kun paine vapautetaan jousi palauttaa sylinterin alkuperäiseen positioon. Sylinteriä käytetään niissä tilanteissa, kun voimaa tarvitaan vain yhteen suuntaan esimerkiksi asemointi, puristus tai kokoon painaminen. Sylinteri voi olla joko työntävä tai vetävä. Yksitoimista sylinteriä suositaan sen edullisen hinnan, yksinkertaisen rakenteen ja kompaktin koon vuoksi.
2. Kaksitoiminen sylinteri
 - Voidaan tuottaa voimaa molempiin suuntiin. Kytetään paine sille puolelle mäntää mihin voima halutaan tuottaa, ja vastaavasti toiselta puolelta paine poistetaan.

- Esimerkiksi teleskooppisylinteri, vääntösylinterit ja tandemsylinteri.

3.3 Hydrauliiikka

Hydrauliiikassa käytettävä mekaaninen energia tuotetaan tavallisimmin sähkö- tai polttomoottoreilla. Sitten se siirretään tehonsiirtojärjestelmien avulla hydrauliseksi tehoksi eli paineeksi ja tilavuusvirraksi. Tehonsiirto voidaan toteuttaa kahdella tavalla: hydrostaattisesti, eli energia siirtyy nesteen potentiaalienergian välityksellä tai hydrodynaamisesti, eli liike-energian välityksellä. Teho siirretään putkia tai letkuja pitkin käyttökohteelle ja siellä toimilaitteet muuttavat energian takaisin mekaaniseksi liike-energiaksi. Hydraulisia toimilaitteita valmistetaan useissa maissa, joten on tärkeää, että osat ovat standardoituja ja ne sopivat yhteen valmistusmaasta riippumatta. Nämä standardit käsittelevät muun muassa nimellispaineita, liitännöitä sekä komponenttien kokoa. Hydrauliiikkaa käytetään laajasti teollisuudessa ja työkoneissa, koska osat ovat kokoonsa nähden erittäin tehokkaita ja ne voidaan sijoittaa ahtaisiin paikkoihin.

Hydrauliiikan edut verrattuna pneumatiikkaan ovat suurien voimien ja momenttien tuottaminen ja säätäminen, sähköinen ohjaus on helposti toteutettavissa ja hydraulineste jäähdyttää ja voitelee järjestelmää, jonka takia erillistä jäähdytintä ei tarvita. Hydrauliiikan haittoja ovat esimerkiksi huono hyötysuhde ja öljyvuodot järjestelmässä, jotka johtuvat siitä, että pumpun imu- ja painepuolen välillä on paine-ero. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 170–197.)

3.4 Hydrauliiikan toimilaitteet

Hydraulipumppu

Hydraulipumput toimivat syrjäytysperiaatteella ja niiden avulla tuotetaan tilavuusvirtaa. Pumpun akselille tuotu mekaaninen energia muuttuu paineeksi ja tilavuusvirraksi, joiden tuloa kutsutaan hydrauliseksi tehoksi. Pumput voidaan jakaa säätötilavuus- ja vakiotilavuuspumppeihin sen perusteella, että voiko niiden tilavuusvirtaa muuttaa muuttamatta pyörimisnopeutta. (Metropolia 2021.)

1. Hammaspyöräpumppu

- Vakio-tilavuuspumppuja, jotka voidaan jakaa ulko- ja sisähammaspyöräisiin pumppuihin. Pumpun toinen hammaspyörä on kytketty suoraan käyttömootoriin ja toinen pyörä pyörii vapaasti. Pumpun tilavuusvirta ei ole tasaista, jonka vuoksi on kehitetty erilaisia hammaspyörä ratkaisuja tasaamaan pumpun tuottoa.

2. Ruuvipumppu

- Vakio-tilavuuspumppuja, jotka voivat olla rakenteeltaan yksi-, kaksi- tai kolmiruuvisia. Hydraulineeste kulkee imupuolelta painepuolelle ruuvien ja pumpun rungosta muodostamassa kammiossa.

3. Siipipumppu

- Voivat olla vakio tai säätötilavuuspumppuja. Siivet voidaan sijoittaa joko pyörivään roottoriin ja liikkumattomaan staattoriin. Hydraulineeste siirtyy imupuolelta painepuolelle pumpun kammiossa siipien ja kammion seinämän muodostamassa tilassa.

4. Mäntäpumppu

- Voivat olla joko vakio tai säätötilavuuspumppuja ja ne voidaan luokitella mäntien sijoituksen perusteella kolmeen ryhmään: rivimäntäpumppu, säteismäntäpumppu, aksiaalimäntäpumppu.

Suodattimet

- Suodattimia käytetään poistamaan hydraulijärjestelmän öljystä siinä olevia epäpuhtauksia. Epäpuhtauksien poisto auttaa järjestelmää pysymään puhtaana ja se vähentää myös korjausten sekä huoltojen tarvetta. (Tamrotor 2021)

Venttiilit

1. Paineventtiili

- Käytetään sekä järjestelmän paineen säätöön että sen toiminnan ohjaamiseen. Säätämällä painetta voidaan vaikuttaa toimilaitteista saataviin voimiin ja momentteihin.

2. Paineenrajoitusventtiili

- Löytyy jokaisesta hydraulijärjestelmästä ja sen tehtävänä on rajoittaa järjestelmän paine tiettyyn maksimiarvoon. Maksimiarvon määrittäminen suojaa järjestelmän komponentteja vaurioilta, jota paineen kasvu liian suureksi aiheuttaisi.

3. Paineen alennusventtiili

- Venttiilin avulla voidaan alentaa painetta järjestelmän tietyissä osissa.

4. Paineohjausventtiili

- Toiselta nimeltään sekvenssiventtiili. Sen avulla ohjataan järjestelmän toimilaitteiden toimintajärjestystä eli sekvenssiä. Käytetään kun järjestelmässä on useita toimilaitteita, joiden tulee toimia tietyssä järjestyksessä. Paineen saavuttaessa tietyn tason venttiili avautuu ja haluttu toiminto suoritetaan.

5. Suuntaventtiili

- Venttiilin avulla voidaan ohjata tilavuusvirran suunta sinne missä sitä kulloinkin tarvitaan esimerkiksi siinä tilanteessa, kun halutaan ajaa kaksitoimista sylinteriä edestakaisin.

Hydraulisyylinterit

1. Yksitoimiset sylinteri

- Muuttavat hydraulisen energian liikkeeksi, joka toimii vain yhteen suuntaan. Palautus tapahtuu ulkoisen kuorman tai jousen avulla.

2. Kaksitoiminen sylinteri

- Muuttaa hydraulisen energian liikkeeksi, jonka avulla voidaan tuottaa molempiin suuntiin.

Hydraulimoottorit

- Muuttavat hydraulinesteen sisältämän hydraulisen energian mekaaniseksi energiaksi eli pyörimisliikkeeksi. Moottorit voidaan jakaa hidaskäynti- tai nopeakäyntimoottoreihin. Hitaat tuottavat hitaalla pyörimisellä lähes maksimi

momenttinsa. Niitä käytetään kohteissa, joissa pyörimisnopeutta on pystytävä säätämään.

3.5 Hydrauliiikan laskukaavat

Hydraulikkajärjestelmän suunnittelussa tulee ottaa huomioon useita asioita esimerkiksi virtausnopeus, paine, leikkausjännitys sekä häviöt. Nämä kaikki voidaan laskea kaavoilla ja niiden perusteella valitaan sopivat komponentit sekä käyttöpaineet järjestelmään. Alla esitetyt kaavat olettavat, että järjestelmässä käytetty neste on ns. ideaalinen eli sillä ei ole sisäistä kitkaa, tehonsiirto ei vaadi työtä eikä neste sido kineettistä energiaa. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 170–176)

Kun neste on levossa siihen vaikuttaa vain puristus, jota kutsutaan **paineeksi**. Paine vaikuttaa aina kohtisuoraan pintaelementtiä vastaan ja se on yhtä suuri jokaiseen suuntaan.

$$P = \frac{F}{A}$$

Kaava 1. Paine

jossa,

P=paine (N/m²) eli Pascal (Pa)

F=voima (N)

A=pinta-ala (m²)

Hydrostaattinen paine on paine, joka muodostuu nesteen omasta massasta. Normaalisti voidaan jättää huomioimatta järjestelmää suunniteltaessa.

$$p = \rho \times g \times h$$

Kaava 2. Hydrostaattinen paine

jossa,

p =Hydrostaattinen paine

ρ =Nesteen tiheys (kg/m³)

g =putoamiskiihtyvyys (9.81m/s)

h =Tarkasteltavan pisteen etäisyys pinnasta (m)

Tilavuusvirta on nestemäärä, joka virtaa tietyn ajan aikana. SI järjestelmässä käytetään kuutiota sekunnissa, mutta yleensä tämä suure on liian suuri, joten se muutetaan litraa minuutissa.

$$Q = A \times v$$

Kaava 3. Tilavuusvirta

jossa,

Q =tilavuusvirta (m³/s)

A =Putken poikkipinta-ala (m²)

v =virtausnopeus (m/s)

Pumpun tilavuusvirta

$$Q = V_k \times n$$

Kaava 4. Pumpun tilavuusvirta

jossa,

Q =tilavuusvirta (m³/s)

V_k =kierrostilavuus (m³/r)

n = kierrosnopeus (r/s)

Kun kaksi nesteen erottamaa pintaa liikkuu toisiinsa nähden, syntyy **leikkausjännitys**. Ilmiötä kutsutaan Newtonin laiksi.

$$\tau = \eta * \frac{dv}{dy}$$

Kaava 5. Leikkausjännitys

jossa,

τ =leikkausjännitys

η =nesteen dynaaminen eli absoluuttinen viskositeetti

dv =kahden toisiaan lähellä olevan nestekerroksen nopeus ero

dy =nestekerrosten välimatka

Viskositeetti on nesteen kyky vastustaa virtaamista, toisin sanoen se kertoo nesteen paksuuden. Viskositeetti voi muuttua lämpötilan tai paineen noustessa tai laskiessa. Esimerkiksi kun lämpötila nousee, nesteen viskositeetti pienenee. Tämän takia järjestelmän lämpötila tulee pitää mahdollisimman tasaisena.

Liian suuri viskositeetti	Liian pieni viskositeetti
Hyötysuhde heikkenee	Hyötysuhde heikkenee
Kuluminen lisääntyy	Vuodot järjestelmässä
Kavitaatio (paineen laskun johdosta neste alkaa kiehumaan)	Kuluminen lisääntyy
Virtausvastukset nousevat	Lämpötila nousee

Taulukko 2. Viskositeetin muutos

Hydrauliseen tehoon vaikuttaa nesteen paine sekä tilavuusvirta. Hydrauliiikan komponenteissa paine alenee ja tämä muutos merkitään Δp

$$P = Q * \Delta p$$

Kaava 6. Hydraulinen teho

jossa,

P =hydraulinen teho

Q =tilavuusvirta (m³/s)

Δp =paine-ero (N/m²)

4 TYÖSSÄ KÄYTETYT TOIMILAITTEET JA OHJELMISTOT

Harjoitukset koostuivat pääosin neljästä osasta:

1. Kannettavasta tietokoneesta sekä FluidSim simulointiohjelmasta, jolla käyttäjä ohjaa kytkennän toimintoja.
2. Feston EasyPortista, joka on rajapinta työkalu kaksisuuntaiselle sarjaliikenteelle PC:n ja prosessinohjausjärjestelmän välillä.
3. Feston kytkentäyksiköstä, johon EasyPort kytketään ja jolla ohjataan kytkentää.
4. Pneumaattisesta tai hydraulisesta kytkennästä sekä toimilaitteista.

4.1 Pneumaattiset toimilaitteet

Pneumaattiset harjoitukset (harjoitukset 1-3) pidettiin rakenteeltaan suhteellisen yksinkertaisina, koska pääpaino näissä harjoituksissa oli perehtyä Easyportin toimintaan ja sen käyttömahdollisuuksiin. Tämän vuoksi näissä harjoituksissa käytettiin vain yksi- ja kaksitoimista sylinteriä sekä kahta erilaista venttiiliä.

Yksitoiminen sylinteri tekee vain plusliikkeen ja palautuu sitten alkuperäiseen positiionsa jousen avulla. Harjoituksessa 1 käytettiin yksitoimista sylinteriä, koska se on helpokäyttöinen ja tarkoitus oli perehtyä Easyportin toimintaan, ei niinkään kytkentöihin.



Kuva 2. Yksitoiminen sylinteri ja piirrosmerkki.

Kaksitoimisen sylinterin avulla voidaan toteuttaa esimerkiksi erilaisia sekvenssejä eli toimintoja tietyssä järjestyksessä. Esimerkiksi kun toinen sylinteri tekee plusliikkeen niin toinen sylinteri tekee miinusliikkeen. Voidaan käyttää kappaleiden asemointiin, nopeisiin edestakaisiin liikkeisiin ja kappaleiden siirtämiseen.



Kuva 3. Kaksitoiminen sylinteri ja piirrosmerkki.

3/2 sähköisesti ohjattu suuntaventtiili on yksinkertainen venttiili, joka on joko auki tai kiinni. Soveltuu yksitoimisen sylinterin ohjaamiseen. 3/2 venttiili tarkoittaa, että siinä on kolme liitäntäaukkoa 1 (tulo aukko), 2 (lähtöaukko) ja 3 (poisto aukko) sekä kaksi toiminta-asentoa. Piirrosmerkissä nuolet ilmoittavat virtaussuunnan.



Kuva 4. 3/2 suuntaventtiili ja piirrosmerkki.

5/2 sähköisesti ohjatussa suuntaventtiilissä on kaksi lähtöaukkoa. Sen avulla voidaan ohjata kaksitoimista sylinteriä plus tai miinus suuntaan. 5/2 venttiili tarkoittaa, että siinä on viisi liitäntää 1-5 sekä kaksi toiminta-asentoa. Nuolilla merkitään virtaussuuntaa.



Kuva 5. 5/2 venttiili ja piirrosmerkki.

4.2 Hydrauliset toimilaitteet

Useassa harjoituksessa käytettiin kaksitoimista, sen monipuolisuuden vuoksi. Toiminnot tapahtuvat riippuen siitä missä asennossa sylinteri on.



Kuva 6. Kaksitoiminen hydraulinen sylinteri ja piirrosmerkki.

Harjoitukset tehtiin siten, että ne vastaisivat tilanteita, joita tulee vastaan teollisuudessa. Tähän ajatukseen hydraulinen moottori soveltui erinomaisesti. Esimerkiksi kun sylinteri on tietyssä asennossa ja työntää kappaleen eteenpäin, moottori käynnistyy ja pyörittää liukuhihnaa.



Kuva 7. Hydraulinen moottori ja piirrosmerkki.

4/2 sähköisesti ohjatussa suuntaventtiilissä on kaksi ulostuloa A ja B. Sen avulla voidaan ohjata kaksitoimista sylinteriä plus tai miinus suuntaan. 4/2 venttiili tarkoittaa, että siinä on neljä liitäntää A, B, P ja T sekä kaksi toiminta-asentoa. Nuolilla merkitään virtaus-suunta.

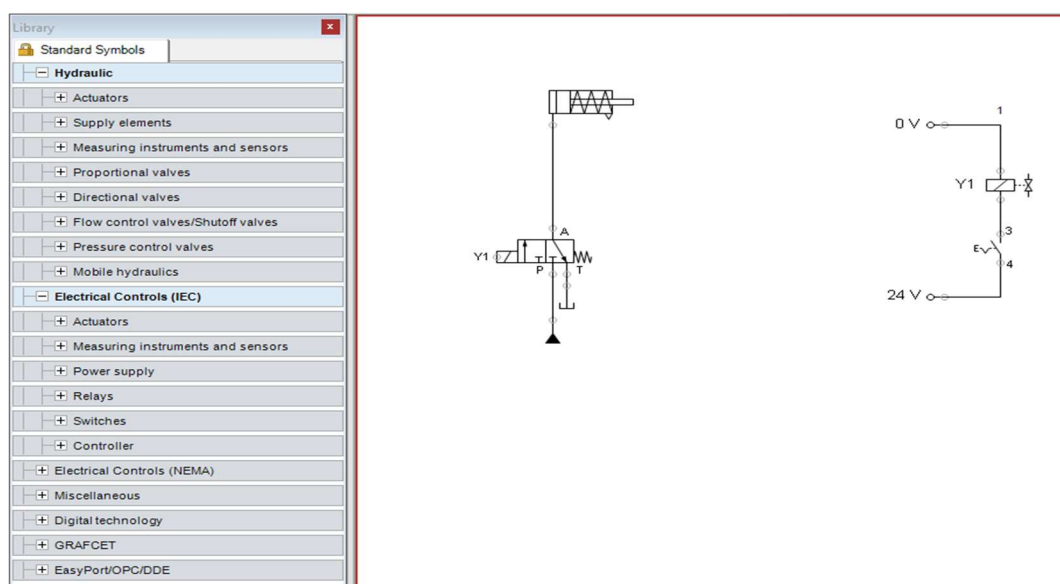


Kuva 8. 4/2 suuntaventtiili ja piirrosmerkki.

4.3 Ohjelmistot sekä Easyport

FluidSim

FluidSim on kattava simulointiohjelma, jonka avulla voidaan tehdä järjestelmän kytkennät, ja tarkastella sen toimintaa ennen kuin tehdään itse fyysinen kytkentä. Sen avulla voidaan toteuttaa pneumaattiset ja hydrauliset kytkennät sekä luoda näihin sähköiset ohjaukset. FluidSim on turvallinen testausympäristö kytkennän testaukseen ilman riskiä komponenttien rikkoutumisesta, joka parantaa tehokkuutta ja takaa paremman laadun. FluidSIM on erinomainen ohjelmisto opiskelijan itsenäiseen opiskeluun, koska se sisältää tarkat kuvaukset jokaisesta komponentista. Animaatioiden avulla mahdolliset viat havaitaan nopeasti ja sen yksinkertainen käyttöliittymä on helppo oppia. (Festo 2020a.)



Kuva 9. FluidSIMin alkunäyttö ja sähköisesti ohjattu sylinteri.

Easyportin avulla kytketään FluidSim–simulointiohjelma sekä oikean maailman laitteet niin, että koko prosessia voidaan ohjata PC:ltä. Easyport kytketään syslink-kaapelilla PC:n ja kytkentäyksikön välille. FluidSim tunnistaa automaattisesti Easyportin, joten erillistä asennusta ei vaadita. Kytkennän vaiheet tapahtuvat samanaikaisesti sekä harjoituspöydällä että tietokoneen näytöllä, eli käyttäjän on mahdollista tietää sylinterin tai muun toimilaitteen positio ilman, että näkee itse kytkentää.

Easyport-moduuli luo rajapinnan kaksisuuntaiselle sarjaliikenteelle tietokoneen ja prosessinohjausjärjestelmän välille. Moduuleita on mahdollista liittää useita samaan kuituoptiseen silmukkaan, joka mahdollistaa usean prosessin ohjauksen samalta PC:ltä. Easyport on alun perin suunniteltu opetuskäyttöön, mutta sitä voidaan myös hyödyntää teollisuudessa. (Festo 2021b.)

Harjoituksissa käytettiin kolmea erilaista moduulia:

Easyport D8A (Festo 2021c)

- Moduulissa on 8 lähtöä ja tuloa digitaaliselle viestille sekä 2 analogista lähtöä ja 4 analogista tuloa.

Easyport D16 (Festo 2021d)

- Moduulissa on 16 digitaalista lähtöä ja tuloa.

Easyport USB (Festo 2021e)

- Voidaan lähettää ja vastaanottaa sekä analogista- ja digitaalista signaalia. Tulo- ja lähtösignaalit voidaan lukea tietokoneelta.



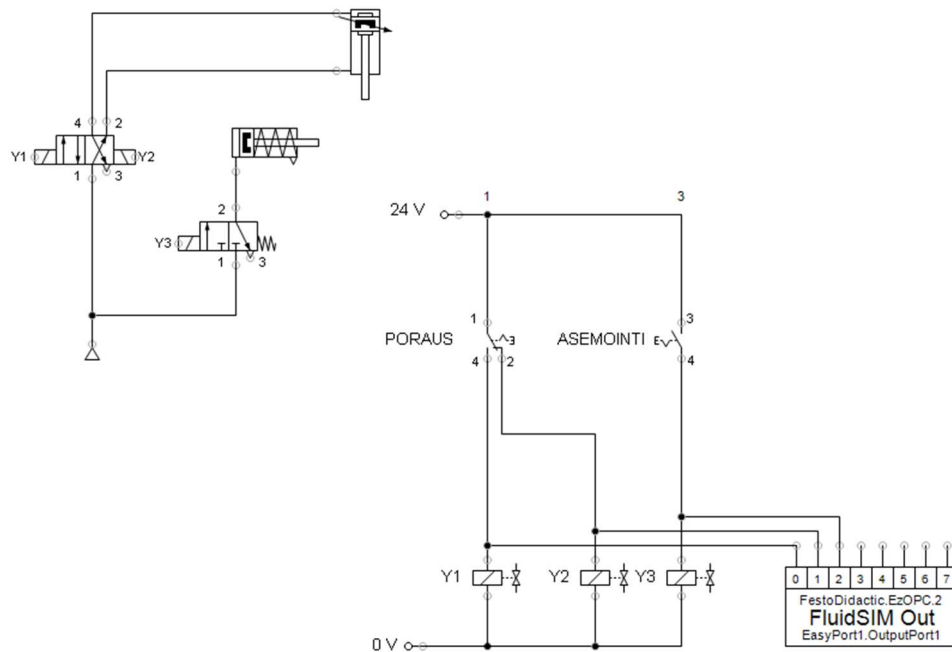
Kuva 10. Easyport-moduuli.

5 HARJOITUKSET

Harjoitus 1

Harjoituksen tavoitteena oli, että opiskelija hallitsee pneumatiikan perusteet sekä osaa tehdä yksinkertaisen kytkennän. Harjoituksessa kytketään yksitoiminen sylinteri sekä kaksitoiminen sylinteri erillisiin venttiileihin ja ohjataan näitä EasyPortin kautta.

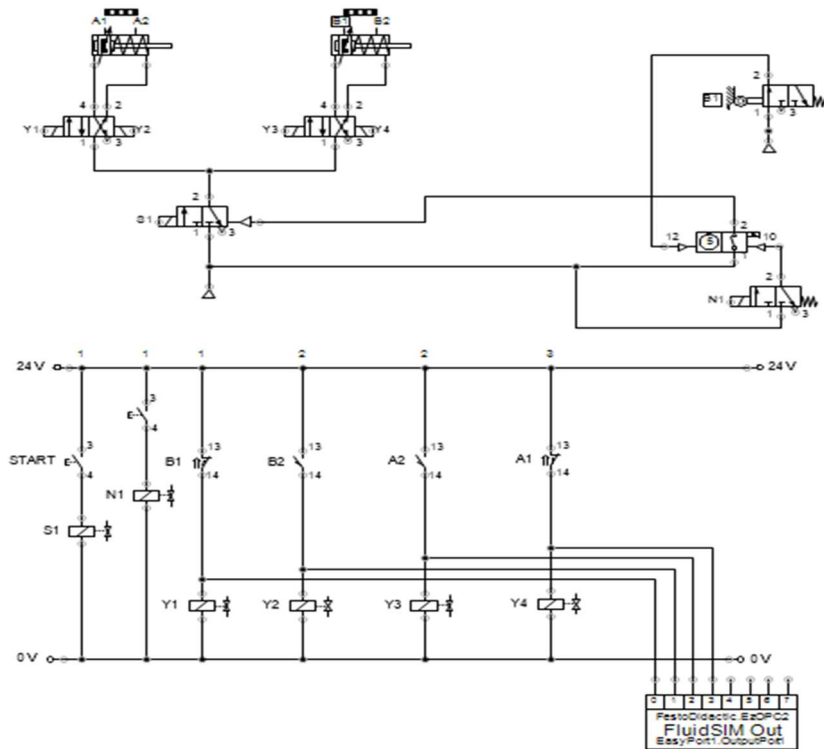
Harjoituksen kuvaus: asemoidaan kuvitteellinen kappale yksitoimisella sylinterillä niin, että sylinteri pitää kappaleen paikallaan, eli sylinteri tekee plus liikkeen ja pysyy ääri-asennossa, kunnes se vapautetaan. Kaksitoimisella sylinterillä porataan kappale yhdellä painauksella niin, että se tekee edestakaisen liikkeen.



Kuva 11. Harjoitus 1 kytkentä.

Harjoitus 2

Kytetään kaksi kappaletta kaksitoimista sylinteriä niin, että kun toinen sylinteri on ääri-asennossa, toinen sylinteri lähtee liikkeelle. Lisätään harjoitukseen laskuri, joka toistaa liikkeitä käyttäjän määrittämän määrän.

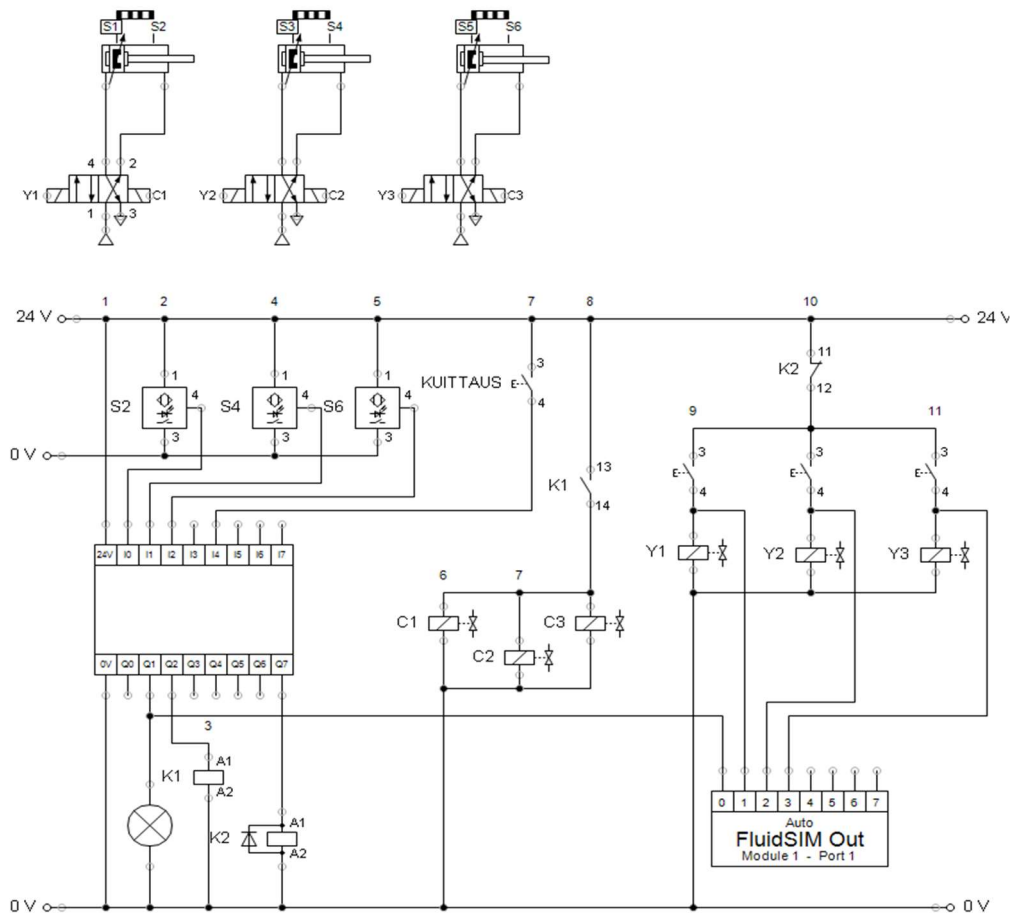


Kuva 12. Harjoitus 2 kytkentä.

Harjoitus 3

Luodaan vikatilanne eli kun tehdään toiminnot väärässä järjestyksessä, varoitusvalo syttyy ja kytkentä palautuu ”turvalliseen” asentoon eli siihen pisteeseen mistä lähdettiin. Kytkentä vaatii logiikkamoduulin, johon tehdään vaadittavat käskyt.

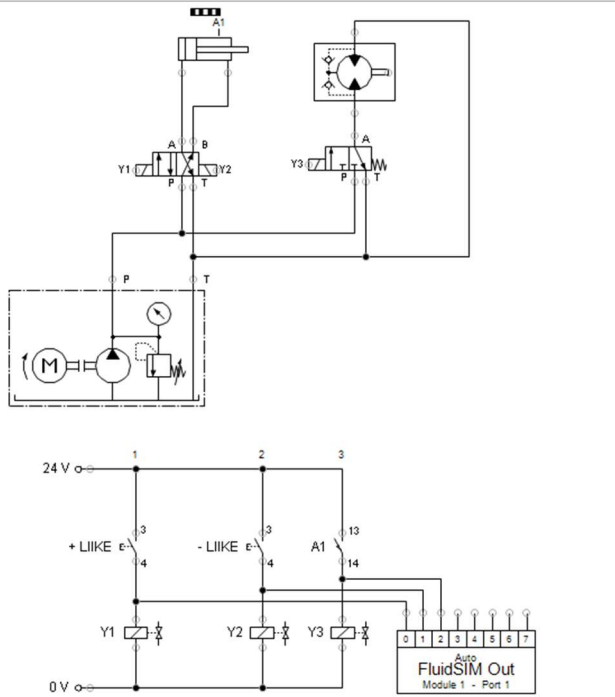
Harjoitus tehtiin niin, että kytkettiin kolme kaksitoimista sylinteriä, ja jos näistä kolmesta kaksi sylinteriä on plusliikkeen ääripäässä, varoitusvalo syttyy ja sylinterit palautuvat alkuperäiseen asentoon. Ohjaus ei toimi ennen kuin käyttäjän on kuitannut vikatilanteen tietokoneelta.



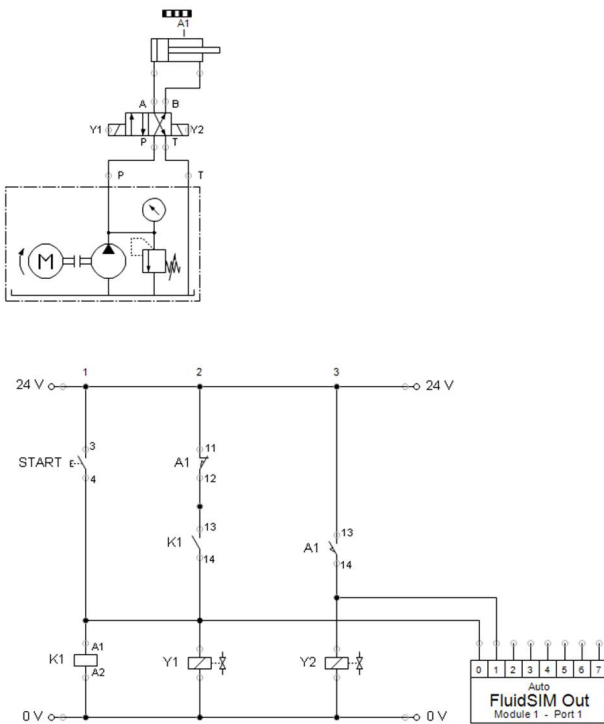
Kuva 13. Harjoitus 3 kytkentä.

Harjoitus 4 (A-C)

- Ohjataan hydraulista sylinteriä sähköisesti plus- ja miinussuuntaan.
- Lisätään harjoitukseen hydraulinen moottori, joka lähtee pyörimään, kun sylinteri ajetaan plus liikkeen ääripäähän. Moottorin tulisi sammua, kun sylinteri ajetaan alkuperäiseen asentoon.
- Kun sylinteri ajetaan käyttäjän määrittämään kohtaan, se palautuu välittömästi. Määritetään piste esimerkiksi puoleen väliin liikettä.



Kuva 14. Harjoitus 4b kytkentä.



Kuva 15. Harjoitus 4c kytkentä.

Harjoitus 5

Hydraulinen. PIDin avulla toteutettu kytkentä niin, että sylinteri saadaan ohjattua tiettyyn asentoon ja pidettyä siinä. Sylinterin asento määritetään tietokoneelta.

PID eli Proportional-integral-derivative-säädin. Säätimen ulostulo koostuu kolmesta termistä:

P eli suhdeososa

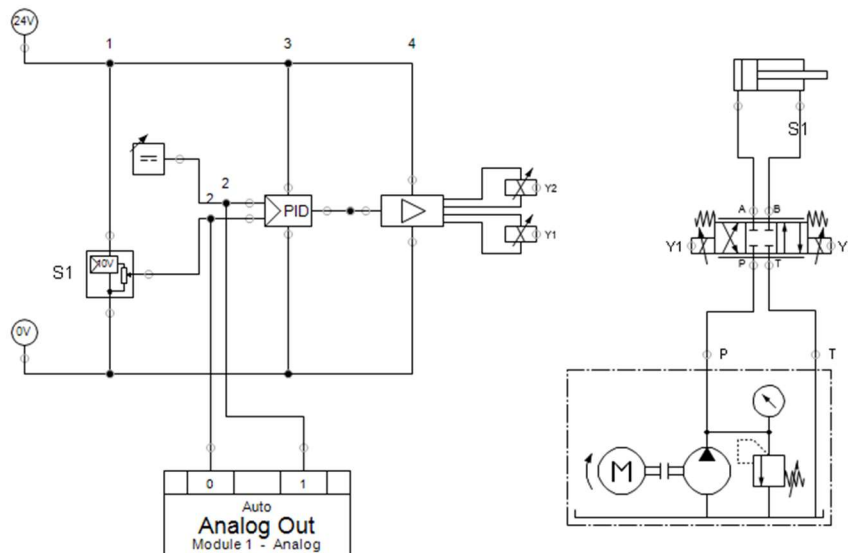
- Ulostulo on suoraan verrannollinen sisäänmenon kanssa.

I eli integroiva osa

- Ulostulo riippuu ero suuruudesta sekä sen kestoajasta.

D eli derivoiva osa

- Pyrkii kompensoimaan muutoksia, kun ne ovat vasta muodostumassa eli se mittaa ero suureen muutosnopeutta.



Kuva 16. Harjoitus 5 kytkentä.

6 YHTEENVETO JA POHDINNAT

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa laboratorioharjoituksia tuleville koneetekniikan opiskelijoille. Harjoituksia luotiin viisi kappaletta ja ne käsittelivät pneumatiikkaa ja hydraulikkaa, ja niiden ohjausta tietokoneelta käyttäen EasyPort-moduulia. Harjoitukset ovat pneumatiikan ja hydraulikan kurssien teoriaosuuden tukena ja realisoivat tunnilla opitut asiat käytännössä. Harjoitukset koottiin harjoituspöydille, joita laboratorion löytyi kuusi kappaletta pneumatiikan harjoituksiin ja neljä hydraulikan. Harjoituksissa käytettiin jo olemassa olevia komponentteja eikä osia tarvinnut hankkia lisää. EasyPort-moduulia ei ollut käytössä muissa harjoituksissa, joten näiden viiden harjoituksen oli tarkoitus toimia pohjana ja esimerkkinä, miten Easyportia voidaan käyttää. Jatkossa harjoituksia voitaisiin muokata sopivaksi eri kursseilla. Tavoitteissa onnistuttiin ja saatiin luotua hyvä kokonaisuus harjoituksista.

Opinnäytetyö oli pitkä prosessi mikä osaltaan johtui siitä, ettei tekijällä ollut kovin vankkaa pohjaa pneumatiikkaan tai hydraulikkaan. Tämän vuoksi työn alussa piti käyttää paljon aikaa itseopiskeluun ja komponenttien ominaisuuksien selvittämiseen. Jälkikäteen mietittynä joitain asioita olisi voinut hoitaa eri tavalla, esimerkiksi suorittaa enemmän testi ajoja opiskelijoilla ja konsultoida tehokkaammin opettajaa.

LÄHTEET

Festo 2021a, FluidSim. Viitattu 7.10.2021. <https://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/software-e-learning/fluidsim/fluidsim-5.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC41OTEuNzk3NQ>

Festo 2021b, Easyport. Viitattu 7.10.2021. <https://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/digital-learning/fluidsim/easyport-usb-an-interface-for-measuring,open-loop-control,closed-loop-control.-connects-the-simulation-to-the-real-world.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC41OTEuNTM4Mg>

Festo 2021c. Viitattu 7.10.2021. <https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/00613626001078835657.pdf>

Festo 2021d. Viitattu 7.10.2021. <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/printed-media/data-sheets/electronics-plc/easyport-d16-167121.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMj4xMDk3LjYwODM>

Festo 2021e. Viitattu 7.10.2021. <https://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/digital-learning/other-training-software/easyveep/easyport-usb-an-interface-for-measuring,open-loop-control,closed-loop-control.-connects-the-simulation-to-the-real-world.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC44NTMuNTM4Mg>

Festo Easyport. Viitattu 20.8.2021. https://www.festo.com/cat/fi_fi/products.

<https://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/software-e-learning/fluidsim/fluidsim-5.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC41OTEuNzk3NQ>

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2009. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. 1.-2. painos. Helsinki: WSOYpro OY

Metropolia 2021, hydraulipumput. Viitattu 11.10.2021. <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/9.+Hydrauliikkapumput>

Oulun ammattikorkeakoulu, laboratorioharjoitukset. Viitattu 12.8.2021 <http://www.oamk.fi/amok/oppimat/LO/Opetusmenetelmat06a/html/laboraatiotyot.html>

Paineilman suodatus. Viitattu 1.4.2021 <http://www.compressor.fi/media/EsitePDF/Suodatus%20ja%20kuivaus%202017.pdf>.

Pneumatiikka ja hydraulikka perusteet. Viitattu 9.9.2021. <https://peda.net/jao-ammattillinen/pilotoinnit/sjap/smjt1a/sja/tk2/hjp/teoriaa/teoriaa>

Tamrotor 2021. Paineilma laatuluokat. Viitattu 13.10.2021 http://www.compressor.fi/www/media/EsitePDF/Suodatus_ja_kuivaus.pdf

Turun ammattikorkeakoulu 2021a. Viitattu 6.4.2021. <https://www.turkuamk.fi/fi/>

Turun ammattikorkeakoulu 2021b. Viitattu 6.4.2021. <https://www.turkuamk.fi/fi/turun-amk/yksikot-ja-kampukset/tehdas/>

Liitteet

HARJOITUS 1

Yleiset ohjeet

Kaikki pneumaattiset kytkennät tulee tehdä paineettomana. Kun paineet ovat päällä suo-
jalasien käyttö on pakollista.

- 1) Avaa PC:ltä eduVPN, ohjelma avaa selaimessa uuden ikkunan.
- 2) Kirjaudu sisään omilla HAKA-tunnuksillasi.
- 3) Paina eduVPN ohjelmasta Student Institute Access ja odota, että se yhdistyy.
- 4) Avaa FluidSim Pneumatics

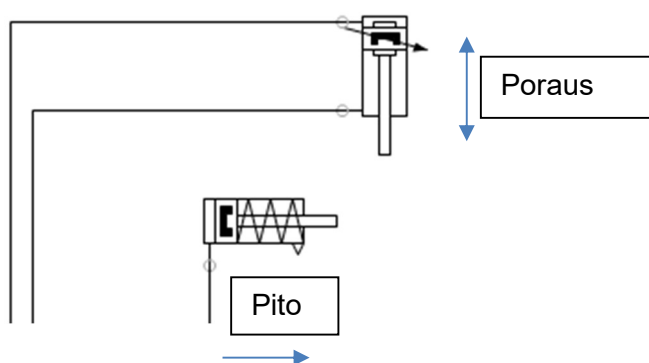
Harjoituksen tavoite

Tutustua Easyportin toimintaan, sen liitäntöihin, toimintaperiaatteeseen ja ymmärtää mi-
ten sen kautta saadaan ohjattua oikean maailman laitteita harjoituspöydällä.

Tehtävä:

Asemoidaan kuvitteellinen kappale vaakatasossa yksitoimisella sylinterillä niin, että sy-
linteri pitää kappaletta paikallaan, kun se porataan kaksitoimisella sylinterillä.

Tee kytkentä ensin FluidSimillä ja testaa sen toiminta, tämän jälkeen tee sama kytkentä
harjoituspöydälle. Kaikki harjoituksessa tarvittavat komponentit löytyvät Harjoitus 1 laa-
tikosta. Tee kytkentä niin että se toimii EasyPortin kautta eli kytkennän ohjaus tapahtuu
tietokoneelta



HARJOITUS 2

Yleiset ohjeet

Kaikki pneumaattiset kytkennät tulee tehdä paineettomana, kun paineet ovat päällä suojalasisien käyttö on pakollista.

- 1) Avaa PC:ltä eduVPN, ohjelma avaa selaimessa uuden ikkunan.
- 2) Kirjaudu sisään omilla HAKA-tunnuksillasi.
- 3) Paina eduVPN ohjelmasta Student Institute Access ja odota, että se yhdistyy.
- 4) Avaa FluidSim Pneumatics.

Harjoituksen tavoite

Tarkoitus perehtyä tarkemmin EasyPortin tuomiin mahdollisuuksiin. Liikesarjan toteuttaminen ilman kytkimiä harjoituspöydällä, joka selkeyttää kytkentää koska se vaatii vähemmän fyysisiä kytkentöjä ja johtoja.

Tehtävä:

Luodaan liikesarja (kts. kuva 1) jonka ohjaus tapahtuu tietokoneelta niin, että FluidSimin avulla voidaan määrittää toistettavien liikkeiden lukumäärä, jonka jälkeen sylinterit jäävät alkuperäiseen asentoon. Laskurin nollaus toteutetaan erillisellä kytkimellä.

Tee kytkentä ensin FluidSimillä ja testaa sen toiminta, tämän jälkeen tee sama kytkentä harjoituspöydälle. Kaikki harjoituksessa tarvittavat komponentit löytyvät Harjoitus 2 laatikosta. Lisää Fluidsimiin Easyport output port (FluidSIM Output Port) ja tee kytkentä niin, että kytkennän ohjaus tapahtuu PC:ltä, ja liikkeet tapahtuvat samanaikaisesti FluidSimissä sekä harjoituspöydällä. Kytke Easyport syslink-kaapelilla kytkentäyksikköön.



Kuva 1. Liikesarja: A+ B+ A- B-

HARJOITUS 3

Yleiset ohjeet

Kaikki pneumaattiset kytkennät tulee tehdä paineettomana, kun paineet ovat päällä suo-
jalasien käyttö on pakollista.

- 1) Avaa PC:ltä eduVPN, ohjelma avaa selaimessa uuden ikkunan.
- 2) Kirjaudu sisään omilla HAKA-tunnuksillasi.
- 3) Paina eduVPN ohjelmasta Student Institute Access ja odota, että se yhdistyy.
- 4) Avaa FluidSim Pneumatics.

Harjoituksen tavoite

Tärkeänä osana kaikki pneumaattisia sekä hydraulisia järjestelmiä on vikatilanteiden hal-
linta. Tämän harjoituksen tavoitteena on luoda vikatilanne, joka estää kytkimien käytön
ja palauttaa järjestelmän turvalliseen asentoon, jotta vika voidaan paikantaa turvallisesti.

Tehtävä:

Luodaan pakotetusti vikatilanne kolmella kaksitoimisella sylinterillä niin, että kun mitkä
tahansa kaksi sylinteriä on plus liikkeen ääripäässä, merkkivalo syttyy sekä FluidSimissä
että kytkentäpöydällä. Tämä pakottaa järjestelmän palauttamaan kaikki sylinterit alkupe-
räiseen asentoonsa. Järjestelmää ei pystytä käyttämään ennen kuin käyttäjä on kuitan-
nut hälytyksen erillisellä kytkimellä, joka samalla sammuttaa merkkivalon.

HARJOITUS 4

Yleiset ohjeet

- 1) Avaa PC:ltä eduVPN, ohjelma avaa selaimessa uuden ikkunan.
- 2) Kirjaudu sisään omilla HAKA-tunnuksillasi.
- 3) Paina eduVPN ohjelmasta Student Institute Access ja odota, että se yhdistyy.
- 4) Avaa FluidSim Hydraulics.

Harjoituksen tavoite

Tehtävä:

- A. Ohjataan hydraulista sylinteriä sähköisesti plus- ja miinussuuntaan.
- B. Lisätään harjoitukseen hydraulinen moottori, joka lähtee pyörimään, kun sylinteri ajetaan plus liikkeen ääripäähän. Moottorin tulisi sammua, kun sylinteri ajetaan alkuperäiseen asentoon.
- C. Kun sylinteri ajetaan käyttäjän määrittämään kohtaan, se palautuu välittömästi. Määritetään piste esimerkiksi puoleen väliin liikettä.

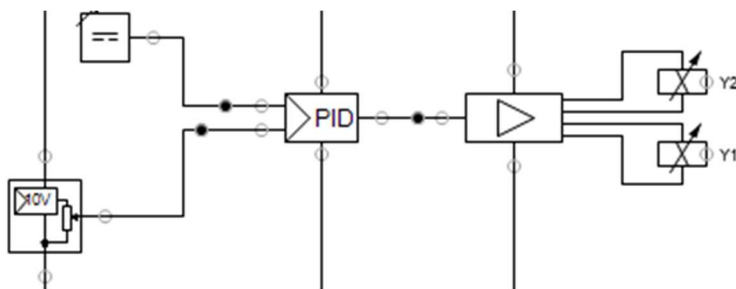
HARJOITUS 5

Yleiset ohjeet

- 1) Avaa PC:ltä eduVPN, ohjelma avaa selaimessa uuden ikkunan.
- 2) Kirjaudu sisään omilla HAKA-tunnuksillasi.
- 3) Paina eduVPN ohjelmasta Student Institute Access ja odota, että se yhdistyy.
- 4) Avaa FluidSim Hydraulics.

Harjoituksen tavoite

PID-piirin avulla toteutettu kytkentä niin, että sylinteri saadaan ohjattua tiettyyn asentoon ja pidettyä siinä. Tee PID-säätöpiiri FluidSimillä, niin että säätämällä sisääntulon jännitettä kaksitoiminen sylinterin asento riippuu jännitteen suuruudesta. Koko kytkentää hallitaan tietokoneelta.



INVENTAARIO

Inventaariossa keskityttiin niihin komponentteihin mitä alustavan suunnitelman mukaan haluttiin harjoituksilta. Tietokoneita löytyi viisi käyttämätöntä, jotka varattiin tämän opin-
näytetyön tekemiseen. Muita komponentteja ei ollut mahdollista varata näihin harjoituk-
siin, koska niitä käytetään muissakin harjoituksissa. Koneisiin asennettiin tarvittavat oh-
jelmistot eli FluidSim hydraulics ja pneumatics sekä eduVPN. Tietokoneet olivat vanhoja
ja tästä syystä ne olivat hitaita ja välillä eivät toimineet lainkaan. Uusien koneiden han-
kinta on jossain kohtaa ajankohtaista, jotta automaatiolaboratoriossa voi jatkossakin
tehdä harjoituksia sujuvasti. Komponentteja sekä kaapeleita löytyi riittävästi mikä mah-
dollistaa kaikkien viiden harjoituksen tekemisen yhtäaikaisesti.

Inventaarion pohjalta löytyi seuraavat komponentit

Toimilaite	Pneumatiikka	Hydrauliikka
Yksitoiminen sylinteri	9kpl	-
Kaksitoiminen sylinteri	14kpl	2kpl
3/2 suuntaventtiili	11kpl	3kpl
4/2 suuntaventtiili	7kpl	5kpl
KytKentäyksikkö	5kpl	5kpl
EasyPort D8A	5kpl	5kpl
EasyPort D16	1kpl	1kpl
EasyPort USB	2kpl	2kpl
Kaapelit	OK	OK
Letkut	OK	OK

Tietokone tunnus	Ohjelmistot
SEPLT1392	OK
SEPLT1569	OK
SEPLT1389	OK
Tehdas@192.168.8	OK
I33063	OK