



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonika instituut

Kvaliteeditehnika ja metroloogia õppetool

MHT40LT

Kristjan Kikkas

**Toodangu evakuatsiooni automatiseerimine ettevõttele AS
Norma**

Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn
2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis..... juhendamisel

“.....”.....201...a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....201... a.

..... allkiri

Bakalaureusetöö ülesanne

2014. aastal kevadsemester

Üliõpilane: Kristjan Kikkas 112463MAHB

Õppekava: MAHB02/09- mehhatroonika

Eriala: Mehhatroonika

Juhendaja: Martin Parker, nooremteadur

Konsultandid: Andrei Pokatilov, teadur, 6203211

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) **Toodangu evakuatsiooni automatiseerimine ettevõttele AS Norma.**

(inglise keeles) **Automation of product evacuation for AS Norma.**

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Evakueeritava detaili alusplaadi projekteerimine	01.04.2014
2.	Evakuatsiooni seadme mehaanilise osa projekteerimine ja koostamine	08.04.2014
3.	Pneumosilindrite ja suunaventiilide valik, nende paigutus ja ühendused.	15.04.2014
4.	Kontrolleri ja andurite valik.	22.04.2014
5.	Valitud kontrolleri programmeerimine, elektrijuhtmete ja andurite ühendamine kontrolleriga.	29.04.2014

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid: Töö eesmärgiks on luua soodne ja töökindel süsteem kasutades võimalikult palju olemasolevaid komponente. Projekteerida evakueeritava detaili alusplaat ja seadme mehaanilised osad. Valida välja ja ühendada omavahel toimivaks süsteemiks pneumosilidrid, suunaventiilid ja andurid . Leida sobiv kontroller, see programeerida ning rakendada toote evakuatsioonisüsteem.

Täiendavad märkused ja nõuded: -

Töö keel: eesti keel

Kaitsmistaoetus esitada hiljemalt 12.05.2014

Töö esitamise tähtaeg 22.05.2014

Üliõpilane Kristjan Kikkas

/allkiri/ kuupäev.....

Juhendaja Martin Parker

/allkiri/ kuupäev.....

SISUKORD

Bakalaureusetöö ülesanne	3
EESÕNA	6
SISSEJUHATUS	7
1. ALUSPLAADI PROJEKTEERIMINE	8
2. MEHAANILINE OSA	10
2.1 Alumiiniumprofiil	10
2.2 Alusplaadi, alumiiniumprofiili, silindrite kinnitamine.....	10
3. PNEUMAATILISED TÄITURID	12
3.1 Tööpõhimõte	12
3.2 Pneumotäiturite liigitus	14
3.3 Valitud silindrid.....	14
3.3.1 Paralleelhaarats.....	14
3.3.2 Juhikutega pneumosilinder.....	15
3.3.3 Kolvivarreta pilutihendiga silinder.....	16
3.4 Vooluventiilid, voolikud	17
4. SUUNAVENTIILID	19
4.1 Tööpõhimõte	19
4.2 Valitud suunaventiil	20
5. PROGRAMMEERITAV KONTROLLER	21
5.1 Olemasolevad kontrollid	21
5.2 Kontrolleri valik	23
6. ANDURID	25
6.1 Andurite üldpõhimõtted	25
6.2 Valitud andurid.....	26
7. KONTROLLERI PROGRAMMEERIMINE	27

7.1 Üldpõhimõtted.....	27
7.2 Programmikoodi seletus	28
8. ELEKTRILINE OSA.....	31
8.1 Elektrijuhtmete ja andurite ühendamine kontrolleriiga.....	31
9. SÜSTEEMI OHUTUS	32
KOKKUVÕTE	33
SUMMARY.....	35
KASUTATUD KIRJANDUS	37

EESÕNA

Lõputöö teema arenes välja praktiliselt olles AS Normas. Ettevõtte oli vajadusel arendada välja soodne ning firmal olemasolevatest komponentidest koosnev abiliin praaktodangu avastamiseks. Töö projekteerimine ja koostamine käis 2013. aasta suvel AS Normas, kus konsultatsioone ja juhtnõore andsid komponentide tootmise tehnikajuht Priit Pärna ja mehaanikainsener Meelis Mets.

SISSEJUHATUS

Lõputöö eesmärgiks oli ehitada valmis pool-automaatne tööstusliin ettevõttele AS Norma. Tööstusliini eesmärgiks on tootmispressi alt tuleva detaili kontroll, mis avastab, kas press on vajaliku komponendi kinnitanud detaili külge või ei. Pressi alt tulev detail pannakse lõputöö käigus projekteeritud alusplaadile, kust lõputöö käigus ehitatud automaatne süsteem tõstab detaili ülesse kinnitatud komponendi kohast. Kui kinnitus on tugev, viib süsteem detaili kogumiskasti, vastasel juhul viiakse kogumiskasti vaid pressi alt tulnud komponent. Alusplaadile jäänud detail tõstetakse praaktoodangusse.

Ettevõtte soov oli kasutada võimalikult palju olemasolevaid komponente. Olemas olid pneumosilindrid, alumiiniumprofiilid ning erinevad metallplaadid. Lisaks olid saadaval erinevad andurid, pneumoliitmikud ning voolikud.

Töö käik oli jaotatud 5 suuremaks etapiks.

1. Detaili joonisega tutvumine ja alusplaadi projekteerimine, kus joonise mõõtmete järgi projekteerisin alusplaadi.
2. Süsteemi raamistiku ehitamine ja komponentide ühendamine.
3. Programmeeritava kontrolleri valik.
4. Kontrolleri programmeerimine.
5. Valmislahenduse kokkupanemine

Projekteerimiseks kasutasin SolidWorks programmi, kus tegin alusplaadi joonised. Kontrolleri programmeerimiseks kasutasin LOGO!Soft Comford programmi.

Inseneritehnilise külje pealt tutvusin erinevate programmeeritavate kontrolleritega ning õppisin selgeks uue programmi, millega saab programmeerida kontrollereid. Töö käigus sain selgeks pneumosilindrite tööpõhimõtte ning tutvusin pneumaatika alaste süsteemidega ning neis kasutatavate komponentidega nagu suunaventiilid ning vooluventiilid. Lisaks tutvusin erinevate pneumoajamites kasutatavate anduritega ning nende tööpõhimõtetega.

1. ALUSPLAADI PROJEKTEERIMINE

Töö eesmärgiks oli projekteerida alusplaat, millele detaili panek on kerge ning mugav. Selel 1.1 on näha, et tegemist on keerulise ning ebasümmeetrilise detailiga ning seetõttu tuli arvestada iga nurga ja külje omapärasid. Projekteerimisel ei ajanud taga asetseva detaili iga kumerust, on 3 puutepinda, mis fikseerivad õige asendi, et detail on pandud täpselt plaadile. Kokku koosneb alusplaat 3 detailist, mis on tehtud metallist ja 4 magnetist.



Sele 1.1. Projekteeritava alusplaadi detail

Projekteerimisel kasutan SolidWorks tarkvara. Koostasin projekteeritava alusplaadi 3D mudeli ning selle põhjal detaili joonised. Selel 1.2 on näidatud alusplaadi kõik mõõtmed igas vaates. Põhiosa külgedele kinnituvad 2 plaati, mis ei lase töötajatel detaili alusplaadist mööda panna ning tagab paneku täpsuse. Plaadid kinnitatakse külgedele M5 poltidega. Põhiosa külgedel on kokku 4 sisselõiget läbimõõduga 5 mm, mõlemal küljele 2, keermestatud M5 poltide jaoks.

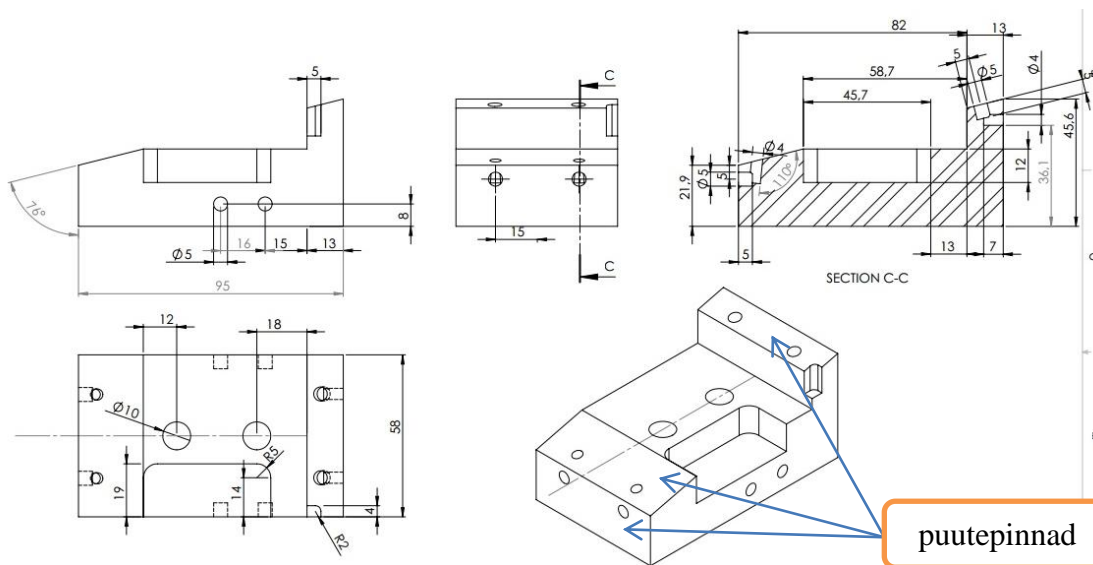
Neli sisselõiget on magnetite jaoks (sele 1.2), mis hoiavad detaili alusplaadil kinni (sele 1.3). Magneti valimisel tuli lähtuda, et tõmbejõud ei oleks liiga tugev, silinder jõuaks detaili plaadilt ära võtta, kuid hoiaks piisava jõuga detaili alusplaadil. Valisin välja silindrilise neodyüüm püsimagneeti.

Magneti parameetrid [1] :

- Mõõtmed: Diameeter– 4 mm, kõrgus– 4 mm
- Materjal: Neodyüüm (NdFeB)

- Kate: Nikkel (NiCuNi)
- Magneti tüüp: püsimagnet
- Maksimaalne tõmbejõud: 0,45 kg
- Kaal: 0,37 grammi

Magneti avade projekteerimisel tegin lisaavad, mille abil saab magnetit välja vahetada, kui selleks tekib vajadus. Alusplaadi keskel on kaks ava M10 poltide jaoks kinnitamaks alumiiniumprofiiliga.



Sele 1.2. Alusplaat

Võtsin arvesse, et alusplaati oleks kerge välja lõigata CNC pingis ning detail ei tuleks liiga raske. Kõik sisselõigatud nurga ääred tegin ümarateks, et freesil oleks parem ligipääsnuhkadesse, ning et lõige oleks puhas.



Sele 1.3. Detail valmis alusplaadil

2. MEHAANILINE OSA

2.1 Alumiiniumprofiil

Koostatud süsteem toetub 45 x 45 mm profiililist tehtud alumiiniumraamistikule. Alumiiniumprofiil on laialt levinud materjal tööstustes erinevate konstruktsioonide tegemiseks. Profiile ning teisi komponente on kerge omavahel ühendada Tabelis 2.2 on toodud alumiiniumprofiili omadused. Pidin kasutama laos olevaid materjale. Lao valikus olid alumiiniumprofiilid, millel on sirged kinnitussooned, mis võimaldab M10 standardpoltide ja – mutrite kasutamist liitekohtades. Lisaks on alumiinium kerge, lihtsasti töödeldav, vastupidav metall (tabel 2.1). Ta on äärmiselt korrosioonikindel ning suure elektri- ja soojusjuhtivusega materjal.

Tabel 2.1. Alumiiniumi omadused [2] [3]

Tihedus , kg/m ³	2700, kõigest kolmandik terase tihedusest
Tõmbetugevus R _m , N/mm ²	Puhas alumiinium 80...135 Sulamid 600
Sulamistemperatuur, °C	660

Tabel 2.2. Alumiiniumprofiili omadused [2]

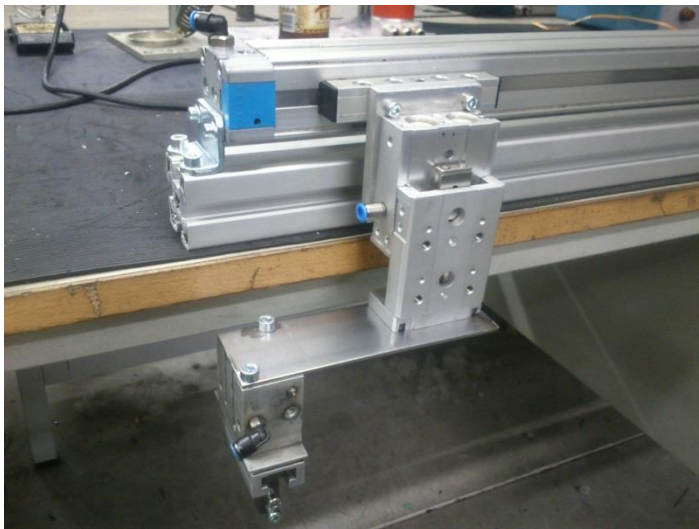
Liitmine	Liitekohad on tihti profiili sisse kavandatud. Lisaks saab liita keevitamise, teipimise ja liimimise teel.
Mehaaniline töötlemine	Töötlemise energiakulu on väike. Allub hästi freesimisele, puurimisele, lõikamisele.

2.2 Alusplaadi, alumiiniumprofiili, silindrite kinnitamine.

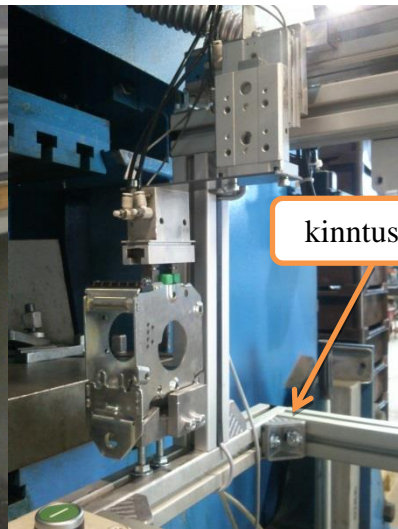
Profiili kinnitamiseks kasutasin spetsiaalselt alumiiniumprofiili kinnitusklotse, näha seel 2.1 b, mis tagavad tugeva ja jäiga kinnituse. Kinnitamine oli kerge ning vaja oli vaid kuuskant võtit. Pihutihendiga silindri ühendasin profiiliga spetsiaalse kinnitusega, mis mõeldud

silindrite kinnitamiseks detailiga [4]. Sele 2.1 a on näha pihutihendiga silindri kinnitust alumiiniumprofiilile. Puuris in profiilile kaks lisaauku, kuhu tegin keermed poltkinnituse jaoks.

Silindritel on olemas keermetega augud külgedel. Seetõttu ühendasin silindrid omavahel laos leiduvate plaatide vahele, kuna kasutada oli vaja võimalikult palju olemasolevaid komponente. Seel 2.1. a. on näidatud, et ühendasin juhikute pneumosilindri alumiiniumplaadi abil pihutihendiga silindriga nelja M5 poldiga. Paralleelhaaratsi alumisse külge kinnitasin terasplaadi, mille teise otsa kinnitub kahe M5 poldiga paralleelhaarats. Kasutasin pikka terasplaati pikendusena, kuna haarats ei küündinud kinni võtma detailist, mis on alusplaadil.



Sele 2.1. a) Pneumosilindrite kinnitused



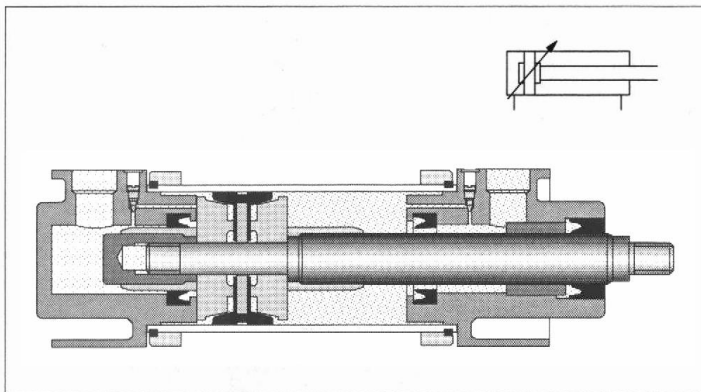
b) Alusplaadi kinnitus profiiliga

Alusplaadi kinnitamisel profiiliga kasutasin kahte spetsiaalse peaga pikka polti, mis käivad profiili kinnitussuonte sisse. Nende abil saab reguleerida alusplaadi kõrgust profiilist ning ei pidanud tegema pikka haaratsi labade kinnitust. Alusplaadi keskelt läheb läbi kaks polti ning aluplaad fikseeritakse kahe mutri abil. Fikseeritavad mutrid toetuvad alusplaadi põhjale.

3. PNEUMAATILISED TÄITURID

3.1 Tööpõhimõte

Süsteemis kasutatavad täiturid on kõik sarnased kahepoolse toimega silindriga. Kahepoolse toimega silindri tingmärk on näitatud seel 3.5. paremal üleval nurgas. Kolvi liikumine silindris toimub suruõhuga mõlemas suunas, nii miinus- kui ka plussuunas. Kui silindrit kasutatakse suurte masside liigutamiseks, siis kasutatakse löökide ja purunemiste vähendamiseks silindrisse sisseehitatuid amortisaatoreid. Kui kolb on jõudnud piirasendi lähedale, sulgeb amortisaator kolbi väljavoolavale õhule otseväljavoolu ning õhk pääseb välja läbi drosseli, kolb liigub aeglustusega piirasendisse. Enamikel juhtudel on aeglustus reguleeritav. Silindri teisesuunalisel liikumisel pääseb õhk kolvi taha otse läbi möödavooluklapi, (sele 3.1) [5].



Sele 3.1. Mõlemapoolse amortisaatoriga varustatud kahepoolne pneumosilinder ning tingmärk [5]

Silindri poolt arendatav jõud sõltub tööõhust, mis normaaltingimustes on 0,4-0,8 MPa vahel, kolvi läbimõõdust ning tihendite poolt põhjustatud hõõrdejõust.

Kahepoolse toimega silindri poolt teoreetiliselt arendatav jõud F^+ ja F^- saab arvutada valemitega 3.1 ja 3.2 [6] :

$$F^+ = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3.1)$$

$$F^- = p \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \quad (3.2)$$

kus p – rõhk süsteemis, MPa

D - silindri kolvi läbimõõt, mm

d - silindri kolvivarre läbimõõt, mm

π - matemaatiline konstant [6]

Maksimaalne õhukulu on vajalik leida, et valida õigesti suunaventiile, vooluventiile ning teisi pneumaatilisi komponente.

Maksimaalne õhukulu Q_{max} , mis läbib pneumotäitureid, on leitav valemiga 3.3 [6]:

$$Q_{max} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_{max} \cdot \frac{p \cdot p_{atm}}{p_{atm}} \cdot 1,4 \quad (3.3)$$

Kus, D - silindri kolvi läbimõõt,

v_{max} - maksimaalne silindri liikumiskiirus

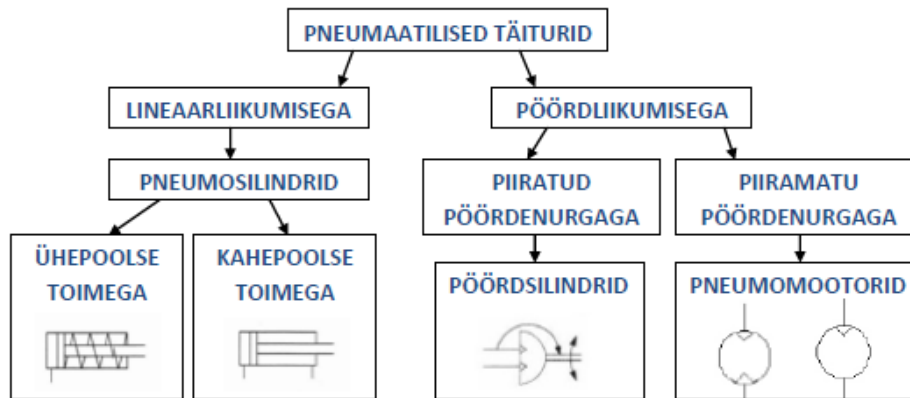
p - rõhk süsteemis

p_{atm} - atmosfääri rõhk, arvutuses võtta 0,1 MPa

1,4- efektiivsuse tegur

3.2 Pneumatiliste täiturite liigitus

Pneumatilised täiturid jagunevad lineaar- ja pöördliikumisega täituriteks, näidatud seel 3.2. Lineaartäiturid on tavaliselt pneumosilindrid, kui pöördliikumisega jagunevad omakorda veel piiratud pöördenergiaga ehk haaratsid ning piiramatu pöördenergiaga ehk pneumomootorid.



Sele 3.2. Pneumatiliste täiturite liigitus [6]

3.3 Valitud silindrid

Süsteemi jaoks oli vaja kahte lineaarset liikumist. Üks liikumine vertikaalselt ning teine horisontaalselt. Silindrite töö rõhk peab olema kõigil vahemikus 0,4-0,8 MPa. Tõstekaal vertikaalsel ning horisontaalsel silindril peab olema vahemikus 2-4 kg. Detaili kinni haaramiseks on vaja haaratsit koos käppadega, mis liiguksid paralleelselt. Kõik silindrid olid olemas ning midagi ei pidanud tellima.

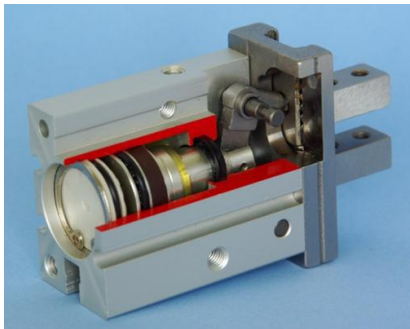
3.3.1 Paralleelhaarats

Pneumohaaratsid kasutatakse manipulaatorites ja tööstuslikes robotites teisaldavate objektide haaramiseks ja hoidmiseks teisaldusprotsessides [6]. Oli ainuõige kasutada süsteemis kahepoolse toimega paralleelhaaratsid detaili haaramiseks alusplaadilt. Haaratsit on näidatud seel 3.3. AS Normal olid olemas erinevaid haaratsid firmadelt Fiesto kui ka SMC, nii paralleel – kui nurkhaaratsid erineva suurusega ning ei olnud vajalik midagi juurde tellida. Kasutan SMC MHZ seeria paralleelhaaratsit [7], kuna laos oleval Festo nurkhaaratsil haaratav käpp liigub kuni 180 ° nurga all, mistõttu ei ulatu haaratsi käpad kinni võtma vajaminevat

detaili. Haaratsi haardeulatus ei tohtinud olla liiga lai, muidu ei oleks haarats detaili saanud haarata.

SMC MHZ2 16D paralleelhaaratsi olulisemad parameetrid [7]:

- Töörõhk: 0,1-0,7 MPa
- Toiming: kahepoolse toimega
- Haaratsi kinni/lahti käimis käik (mõlemas suunas): 12 mm
- Väline haardejõud ühe haaratsi kohta: 34 N
- Sisemine haardejõud ühe haaratsi kohta: 45 N



Sele 3.3. Paralleelhaaratsi lõige [6]

3.3.2 Juhikutega pneumosilinder

Juhikutega pneumosilindreid kasutatakse komponentide horisontaalseks või vertikaalsete liikumisteks ning kasutatakse ka stopperitena. Mina kasutan seda vertikaalseks liikumiseks, haaratsi alla viimiseks detaili kinnivõtmiseks ning teisaldamiseks uude kohta. Valisin just SMC MXS 16-20 seeria silindri, kuna see oli laos olemas.

MXS 16-20 silindri parameetrid [8]:

- Töörõhk: 0,15-0,7 MPa
- Töökiirus: 50-500 m/s
- Maksimaalne tõstekaal: 4kg
- Maksimaalne lubatud jõumoment: 11.3 N·m
- Käigukoormus 0 mm juures : 13 N ja maksimumi juures : 17 N

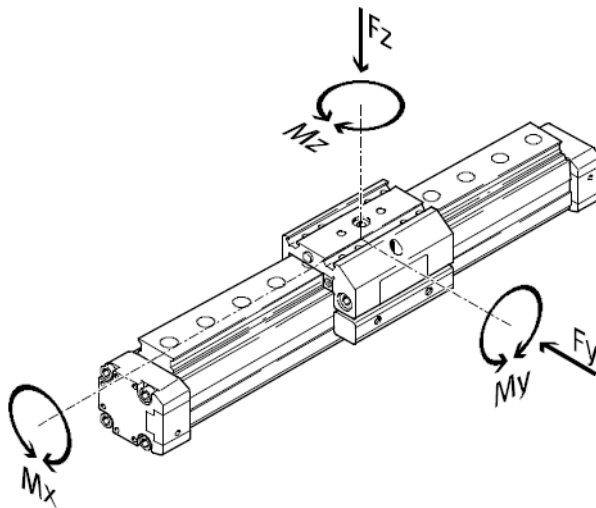
3.3.3 Kolvivarreta pilutihendiga silinder

Valisin just kolvivarreta silindri, kuna võimaldavad realiseerida pikki liikumisi, säästes samaaegselt ruumi [6]. Kolb ja liugur on omavahel mehaaniliselt seotud, silindri ja kolvi vaheline tihendamine toimub erikonstruktsiooniga tihendi abil (sele 3.4) [5].

Silindrit kasutan horisontaalseks liikumiseks. Kolvivarreta silindri eeliseks on olemasolev liugur, mille külge saan kergelt ühendada vajaminevaid komponente. Laos oli olemas kaks sellist silindrit, üks pikem Festo DGPL-GF seeria oma koos juhikuga ning teine lühem Festo DGP ilma juhikuta. Tabelis 3.1 on toodud silindrite erinevaid näitajad. Sümbloite tähendused on ära näidatud seel 3.4.

Tabel 3.1. Silindrite võrdlus [9]

Silindri tüüp (Festo)	Jõud ja pöördemomendid					Silindri kolvi läbimõõt	Teoreetiline jõud 600 kPa juures	Töörõhk	Kasutusvaldkond
Sümbolid	Fy, N	Fz, N	Mx, Nm	My, Nm	Mz, Nm	D, mm	F _{teor} , N	P, kPa	Väikesed koormused
DGP	-	120	0.5	11	1	18	153	200-800	
DGPL-GF	430	430	5.4	14	14	25	295	200-800	Keskised, suured koormused




Sele 3.4. Pilutihendiga silindri koordinaadistik [9]

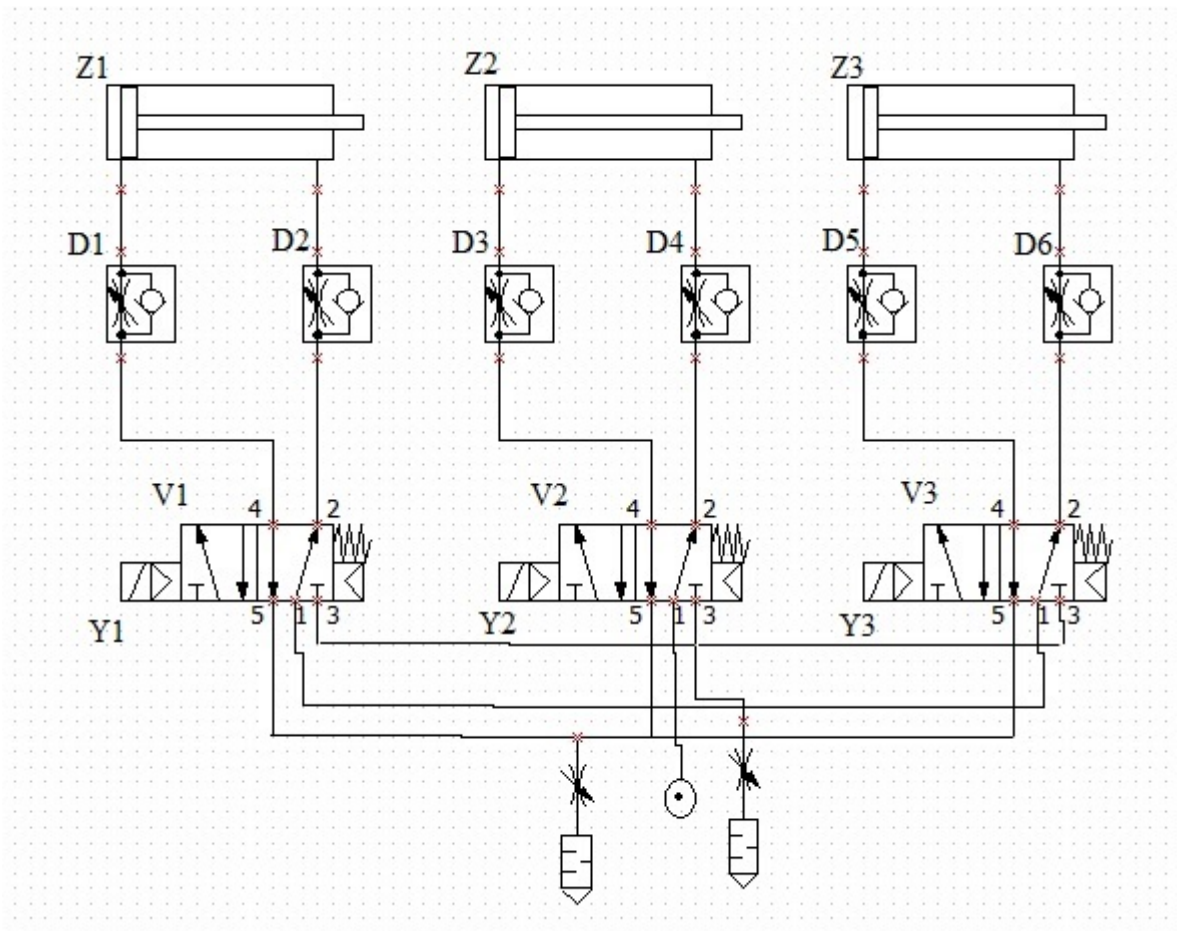
Kasutan Festo DGPL-GF pikemat silindrit, kuna sellel on palju paremad jõunäitajad ning saan teha pikemat liikumist. On olemas juhik, mis suudab vedada juhiku otsa kinnitatud silindreid F_y suunas jõuga 430 N, kuid DGP silindri puhul puudub selline võimalus. Töörõhk silindril on 0.2-0.8 MPa vahel, mis täidab eelpool mainitud tingimusi.

3.4 Vooluventiilid, voolikud

Kõik kasutatavad silindrid on kahepoolse toimega, ehk on kaks ava; sisse- ja väljavool.

Silindri õhu avadesse on pandud reguleeritavad vooluventiilid  (drosselid.), mida kasutatakse läbivoolava õhu vooluhulga reguleerimisel. Antud süsteemis on vastuklapiga vooluventiilide (sele 3.5) ülesandeks pneumaatiliste silindrite liikumiskiiruste reguleerimine vastavalt vajadusele.

Vooluventiilide külge ühendatakse voolikud, mis tulevad suunaventiidest. Suruõhu juhtimiseks torustikust seadmesse kasutatakse kummi-või plastmassvoolikuid. Torustikust alusplaadini kasutasin plastmassvoolikud ning suunaventiidest pneumosilindrini kasutasin kummivoolikuid, kuna nad pole jäigad.

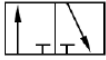


Sele 3.5. Süsteemi pneumoskeem

Pneumoskeemil Z tähistab silindreid, D drosseleid, Y1 suunaventiili elektromagnetit ning V suunaventiili. Skeemi koostamiseks kasutasin programmi SMC PneuDraw.

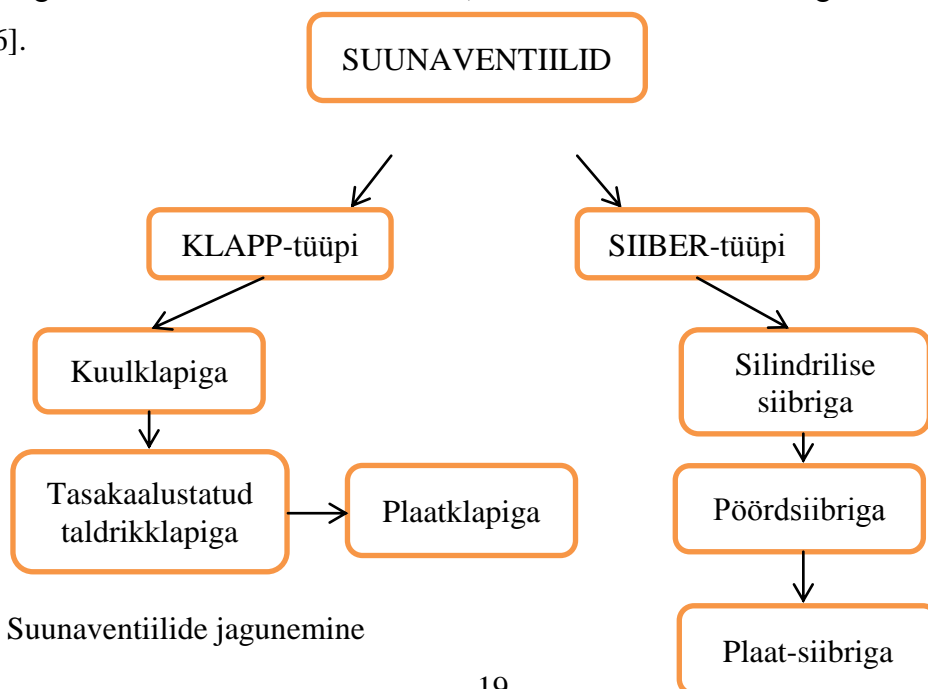
4. SUUNAVENTIILID

4.1 Tööpõhimõte

Suunaventiilide funktsioon on muuta õhuvoolu suunda pneumaatika ning hüdraulika süsteemides muutes sisend-ja väljundavade ühendusskeeme. Nad koosnevad tavaliselt kolvi sees olevast silindrist, mis on mehaaniliselt või elektriliselt juhitud. Erinevaid töoasendeid näidatakse tingmargil ruuduna, mille sisse on märgitud õhuvoolamisskeem  (3/2 suunaventiil). Suunaventiile tähistatakse kahe numbriga, millest esimene näitab suunaventiilide avade arvu ning teine näitab töoasendite arvu [6]. Ühepoolse toimega pneumosilindreid juhitakse 2/2 ning 3/2 suunaventiilidega, kahepoolse toimega aga 4/2, 5/2 ja 5/3 suunaventiilidega. Lisatakse veel joonise juurde juhtimiselemente, milleks võivad olla muskulaarne, mehaaniline, pneumaatiline, elektriline või kombineeritud juhtimine. Suunaventiilide ülesanneteks pneumosüsteemis on:

- Täituri juhtimine
- Pneumosignaali andmine
- Loogikafunktsioonide realiseerimine

Konstruktsioonilt jagunevad suunaventiilid kaheks grupiks, näidatud seel 4.1. On klapp- ja siiber-tüüpi suunaventiile. Klapp-tüüpi ventiilidel toimub õhuvoolukanali sulgemine ja avamine klapi abil, mis liigub õhuvoolu telje suunas. Siiber-tüüpi ventiilide korral toimub kanalite sulgemine silindris liikuva siibri abil, mille liikumissuund ei lange kokku õhuvoolu teljega [6].



Sele 4.1. Suunaventiilide jagunemine

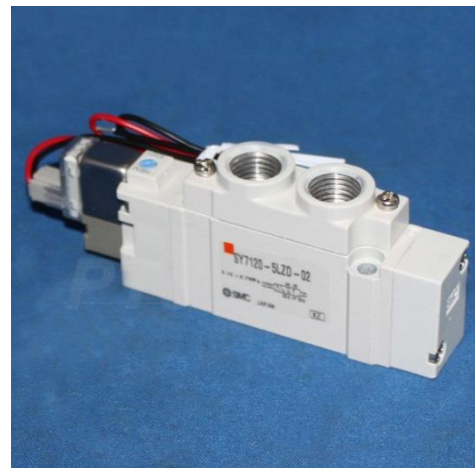
4.2 Valitud suunaventiil

Olemasolevaid suunaventiile firmal ei olnud. Seega tuli tellida 3 suunaventiili. Suunaventiili valikul tuli lähtuda, et tegemist oleks kahepoolse toimega silindritele mõeldud ventiiliga. Suunaventiil peab olema juhitud elektriliselt ühelt poolt, kuna ventiilide juhtimine käib andurite abil. Tööpinge peab olema 24 V-DC, kuna kasutatav kontrolleri töötab 24 V DC peal. Lisaks peab suunaventiilil olema eemaldatav pistikupes, kuhu otsa on kinnitada kontrolleri tulevad juhtmed. Töörõhk, millega ventiil töötab, peab olema 0,4-0,8 MPa vahel.

Nõuetele vastavaid ventiile on saadaval SMC Corporation ning Festo tootevalikus. Määravaks sai hinnavahe ning kättesaadavus. Elfa e-poes oli müügil SMC suunaventiile hinnaga 79,5 eurot ning need oli kohe saadaval [10]. Festo suunaventiile poodides ei müüda ning neid peab tellima välismaalt, mistõttu valisin SMC firma ventiilid kuna kohaletoomisega oleks läinud liiga palju aega ning hinnavahe puudus. Kasutan kolme elektriliselt juhtivat monostabiilset 5/2 suunaventiili SMC SY7120, kuna see täidab kõiki eespool kirjeldatud tingimusi, (sele 4.1).

Valitud suunaventiili tehnilised parameetrid [10]:

- Tööpinge: 24 V DC
- Töörõhk: 0,15...0,7 MPa
- Tähistus: 5/2, 5 ava ja 2 tööasendit
- Funktsioon: monostabiilne
- Vooluhulk: 800 l/min
- Elektriühendus: pistik



Sele 4.1. Suunaventiil

Kolm suunaventiili ühendan ühendusplaadile kruvide abil, mis on mõeldud spetsiaalselt mitme suunaventiili ühendamiseks ning nende õhuvoolude juhtimiseks. Külge käivad veel 2 summutit, mis on mõeldud suruõhu väljalaskmiseks süsteemist ja müra summutamiseks. Lisaks käib ühendusplaadi külge konnektor, mille külge käib peavoolik, kust suruõhk süsteemi tuleb.

5. PROGRAMMEERITAV KONTROLLER

Programmeeritav kontrollerr ehk PLC (*ingl.* Programmable Logic Controller) on programmjuhtimisseade, mis juhib keerukat tehnoloogilist protsessi või seadet varem koostatud programmi järgi. PLC on universaalne kontrollerr, millega saab protsesse või masina funktsioone automaatselt juhtida aktiveerides neid loogilises järjekordas.

Algne ülesanne oli sisendsignaali ühendamine vastavate väljunditega kindlaksmääratud programmi järgi. Binaaralgebra moodustab matemaatilise baasi operatsiooni jaoks, mis tunnistab täpselt muutuja kahest määratletud olekust 0 ja 1 ainult ühe. PLC väljund saab omada kahte olekut. Tänapäeval on PLC võimeline teostama taimerite ja loendurite funktsioone, mälu väärtuste seadmist ja lähtestamist ning vajalikke matemaatilisi arvutusi [11].

Standart IEC 61131 defineerib PLC kui:

Digitalselt toimiv elektrooniline süsteem, mis on mõeldud kasutamiseks tööstuslikus keskkonnas, mis kasutab kasutaja juhiste ja funktsioonide nagu loogika, järjestus, ajastus, loendus ja aritmeetika salvestamiseks programmeeritavat mälu ning kontrollib läbi digitaal- või analoogsisendite ja –väljundite mitmesuguseid masinaid või protsesse. Nii PLC kui ka sellega seotud välisseadmed on projekteeritud nii, et neid saab hõlpsasti integreerida tööstusliku juhtimissüsteemi ning neid saab kergelt kasutada kavandatud funktsioonide teostamiseks [12].

5.1 Olemasolevad kontrollerrid

Olenevalt, missugune on CPU (keskjuhtimismoodul) ehitus ja kuidas on see ühendatud teiste moodulitega, saab PLC jagada ehituselt kaheks põhigrupiks:

- kompaktkontrollerrid
- moodulkontrollerrid



Sele 5.1. Kompaktkontrollerid

Kompaktkontrollerites on CPU, toitemoodul ja signaalimoodulid paigutatud ühte väiksesse korpusesse, (sele 5.1). Neil on kindel arv digitaal väljundeid ja sisendeid, mitte üle 30. Üks või kaks andmesideleidest seadme esipaneelil, mis võimaldab programmeatori või vastava tarkvara puudumisel teda programmeerida. Lisaks on võimalik ühendada lisamooduleid sisendite ja väljundite arvu suurendamiseks.

Neid kasutatakse automatiseerimisel releede asendusena. Programmeerimine on sama paindlik kui juhtmega releskeemi koostamine. Nõrgaks küljeks on vähene mälu, programmi ja andmete jaoks nõrk protsessori jõudlus ning taimerite ja loendurite väike arv [11].



Sele 5.2. Moodulkontrollerid

Moodulkontrollerid on võimsamad ja omavad rohkem funktsioone ning erinevaid moodulid paiknevad eraldi korpustes, (sele 5.2). Võrreldes kompaktkontrolleriga on need võimelised kasutama suuremal arvul sisendeid ja väljundeid, toetab suuri tööprogramme, suurte andmemahtude salvestamist ning on võimeline lahendama mitut erinevat ülesannet korraga [11].

Moodulkontrollerid jagunevad oma jõudluse ja ülesehituse järgi järgmiselt :

- mikrokontrollerid, mis võimaldavad lahendada ülesandeid, milles ei kasutata suuri kiirusi ega mille sisendite/väljundite maht ei ole üle 500.

- Keskastme kontrollid, mis võimaldavad juhitavas protsessis kasutada kuni mitu tuhat andurit ja täiturit, tagades suuremat töökiirust.
- Kõrgastme kontrollid, mis võimaldavad protsessis kasutada mõnikümmed tuhat andurit ja täiturit, tagades väga kõrge töökiiruse [13].

5.2 Kontrolleri valik

Kontrolleri valiku kriteerumiteks: vähemalt 7 sisendit andurite ning start nupu jaoks ning 3 väljundit suunaventiilide juhtimiseks. Tööpinge peab controlleril olema 24 VDC. Kindlasti peab controller olema kompaktne, kuna tegemist pole keerulise programmi juhtimisega ning olemas peab olema andmesideliides arvutiga ja juhtimisvõimalus programmiga Logo!Soft Comfort, kuna AS Normal oli olemas see programm. Lisaks peab controlleril olema ekraan nuppudega, muutmaks tööprogrammi ilma arvutit kasutamata, kui tekib selleks vajadus.

Kuna üheks kriteeriumiks controlleril on Logo!Soft Comfort tarkvara olemasolu, siis tegingi valiku Siemens Logo seeria PLC-de vahel. Tellisin Siemens LOGO! 0BA6 seeria 12/24RC kompaktkontrolleri, (sele 5.3.), mis täidab mainitud tingimused ja mis maksab Elfa e-poes 129 eurot. [14]

Kontrolleri tehnilised omadused [15] :

- Sisendid: 8
- Väljundid: 4 releed
- Sisend/tööpinge: 12/24 V DC
- Enerigatarve: 12 V DC – 30...140 mA, 24 V DC 20...75 mA
- Tsükliäeg: < 0.1 ms/funktsioon
- Maksimaalne programmimälu: 200 plokki
- Kaabliühendus: LOGO! PC kaabel, (RS232 või USB)
- Ekraan

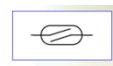


Sele 5.3. Valitud PLC

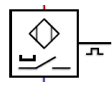
6. ANDURID

Andureid kasutatakse pneumosilindrite asendite määramiseks. Andurid reageerivad kolvile paigaldatud püsिमagnetrõnga peale. Kogu automaatne süsteem on üles ehitatud andurite põhjal, andes informatsiooni kontrollerrisse, mis paneb silindrit vastavalt andurist tulnud informatsioonile tööle.

6.1 Andurite üldpõhimõtted



Pneumaatikas kasutatavad anduri jaotuvad kahte suurde gruppi, on herkonid

(hermeetiline kontakt) ja elektroonsed magnetandurid . Herkonid sisaldavad liikuvaid kontakte, kui kolv jõuab anduri lähedale, siis püsिमagnet, mis on kolvi küljes, oma magnetjõuga lükkab kontakti kinniseks ning paneb märgulambi põlema. Elektroonsed magnetandurid ei sisalda liikuvaid kontakte, seetõttu on neil pikem eluiga ning väiksem reageerimisaeg võrreldes herkonitega. Magnetandurid kinnitatakse silindri sidepoldile või silindritesse projekteeritud soontesse. Olemas on ka klamber- ja siinikinnitus. Lisaks levinud elektroonsed andurid on induktiiv-, mahtuvus-, optiline-, ning ultraheliandurid [6].

Induktiivandurit kasutatakse metallide ja magnetmaterjalide äratundmiseks. Talitus põhineb induktiivsuse sõltuvusel süsteemi magnetilisest takistusest. Anduri tundlikus sõltub objekti materjalist [6].

Mahutuvusandurit kasutatakse kõikide materjalide äratundmiseks ning see lubab tuvastada objekte ka läbi teiste materjalide. Tööpõhimõtte seisneb temas suurenda kondensaatori mahtuvuse muutuse fikseerimisel. Ehituselt kujutab andur endast tasaparalleelsete või silindriliste elektrodidega kondensaatorit, mille plaatide vahekaugus, silindrite või ketaste kattuulatus muutub vastavalt mõõdetava suuruse muutumisel [16].

Optiline andur on kasutamiseks tundmaks ära kõiki materjale. Andur koosneb kahest detailist, saatjast ning vastuvõtjast. Andurist signaal väljastatakse sõltuvalt sellest, kas saatjast kiiratud kiirgus jõuab vastuvõtjani või ei [6].

Ultrahelianduri kasutatakse samuti kõikide materjalide tundmiseks. Tuvastamisvõime sõltub materjali helisummutusomadustest, objekti kujust ning nurgast, mille all objekti on pööratud anduri suhtes. Tööpõhimõte seisneb akustilise laine levimise mõõtmisel, kui ta on anduri ja mõõdetava objekti vahel. Aega mõõdetakse kontrolleri sisse ehitatud loenduriga.

6.2 Valitud andurid

Andureid tellima ei pidanud. Olemas oli spetsiaalselt silindritele mõeldud Fiesto SME-10 seeria [17] herkonid, mis käivad silindri soonte külge, (sele 6.1.). Andureid on süsteemis kokku 6, igal pneumosilindril on 2 andurit silindrite lõppasendites.



Sele 6.1. Andurid haaratsi soonte küljes

Anduri parameetrid [17]:

- Lülitusväljund : kokkupuude, bipolaarne
- Lülituselemendi funktsioon: N/O kontakt
- Sisselülitusaeg: 0,6 ms
- Väljalülitusaeg: 0,05 ms
- Maksimaalne väljundvool: 100 mA
- Tööpinge: 12-27 V DC
- Elektriühendus: kaabel
- Lülituse kuvamine: Kollane LED

7. KONTROLLERI PROGRAMMEERIMINE

7.1 Üldpõhimõtted

Kontrolleri programmeerimiseks kasutan LOGO!Soft Comfort programmi. Sellel programmil on olemas 3 programmeerimiskeelt:

- FDB (*ingl.* Function block diagram)
- LAD (*ingl.* Ladder diagram)
- UDF (*ingl.* User-defined function diagramm)

FDB on graafiline keel aritmeetika, Boole või teiste funktsioonielementide ja –plokkide ühendamiseks. Kirjutatud kood on jagatud lõikudeks, mida tuntakse segmentidena. Segmentid võimaldavad struktureerida programmi ülesehitust funktsiooniplokis. Segmenti graafiline osa sisaldab ristkülikuid ja programmi juhtimise avaldusi koos ühendatud horisontaalsete ning vertikaalsete joontega. Ristkülikute sisendid võivad olla ühendatud muutujate, konstantidega või siis olla kasutamata. Ühendusjooned on horisontaalsed ja vertikaalsed, mis võivad hargneda mitmeks. Ühe sisendiga ei tohi ühendada mitut väljundit, kuna võib põhjustada programmis ebakõlasid [18].

FBD-s hinnatakse segmentis oleva programmi täitmist järgmiste reeglite järgi:

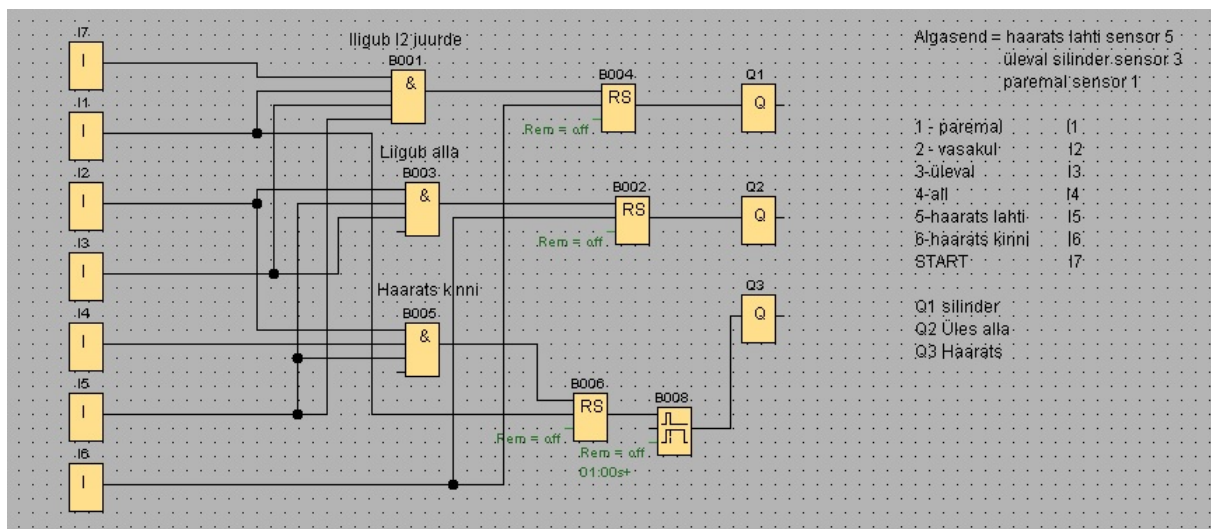
1. Hinnatakse elemendi kõiki sisendite olekud enne selle sisu teostamist
2. Elemendi hindamine on lõppenud, kui kõik tema väljundid on väärtustatud
3. Segmenti hindamine on läbi, kui selles olevate kõikide elementide väljundid on väärtustatud

LAD on graafiline keel, mille abil seotakse Boole'i tüüpi muutujad. On võrreldav releeskeemiga, milles esitatakse graafiliselt energia liikumist elektriskeemis. LAD on mõeldud Bool'i tüüpi signaalide (ÕIGE/VALE) töötlemiseks. Segment on piiratud vasakult ja paremalt poolt vertikaalsete siinidega. Vasakult siinilist jõuab energia, loogika signaal väärtusega 1 kõikide temaga seotud elementideni. Sõltuvalt skeemielementide olekust lasevad energiat edasi liikuda paremale järgmise elemendini või katkestavad liikumise [18].

LAD elementide ühendamise käib horisontaalsete ja vertikaalsete ühendusjoontega ja sisaldab ristumispunkte. Kontakt teostab sissetuleva joonega seotud muutuja väärtusega loogika operatsiooni. Teostatav loogikaoperatsioon sõltub kontakti tüübist. Tulemusele saadud väärtus antakse koheselt edasi väljuvale joonele. Kõikide muutujate andmetüübid on Boole ja elementide vahelised seosed kannavad edasi ainult Boole väärtusi [18].


7.2 Programmikoodi seletus

Töös kasutan FDB programmeerimiskeelt, millega on kerge programmeerida, kuna kood koosneb blokkidest, mis tuleb lihtsalt omavahel ühendada. Kogu programmi tööpõhimõte seisneb andurite ehk sisend signaalide vahetumisel. Programmikood on näidatud seel 7.1.



Sele 7.1. Programmikood FDB

Sisendiks kasutan seitset INPUT plokki , kus 1-6 tähistavad süsteemis olevaid andureid ning input 7 tähistab start nuppu. Sisendid 1 ja 2 on kolvivarreta silindri, 3 ja 4 on juhikuga silindri ning 5 ja 6 on haaratsi andurid. Väljunditeks on suunaventiilid, kasutan OUTPUT plokki . Igasse plokki saab tulla vaid üks signaal. Q1 tähistab kolvivarreta silindri suunaventiili, Q2 juhikuga silindri ventiili ning Q3 haaratsi suunaventiili. Programmi teostsin kolme AND funktsiooniga , mille iga ploki külge saan kinnitada 4 sisendit ning kolm RS-

trigerit , kuna AND ja OR lülidest oleks programm väga keeruline tulnud, ja ühe On-

Delay taimeriga .

Binaarloogika AND funktsiooni väljundis on signaal väärtusega 1, kui kõikides sisendites on signaal väärtusga 1. Väljund on 0 isegi siis, kui ainult ühes sisendis on signaal 0.

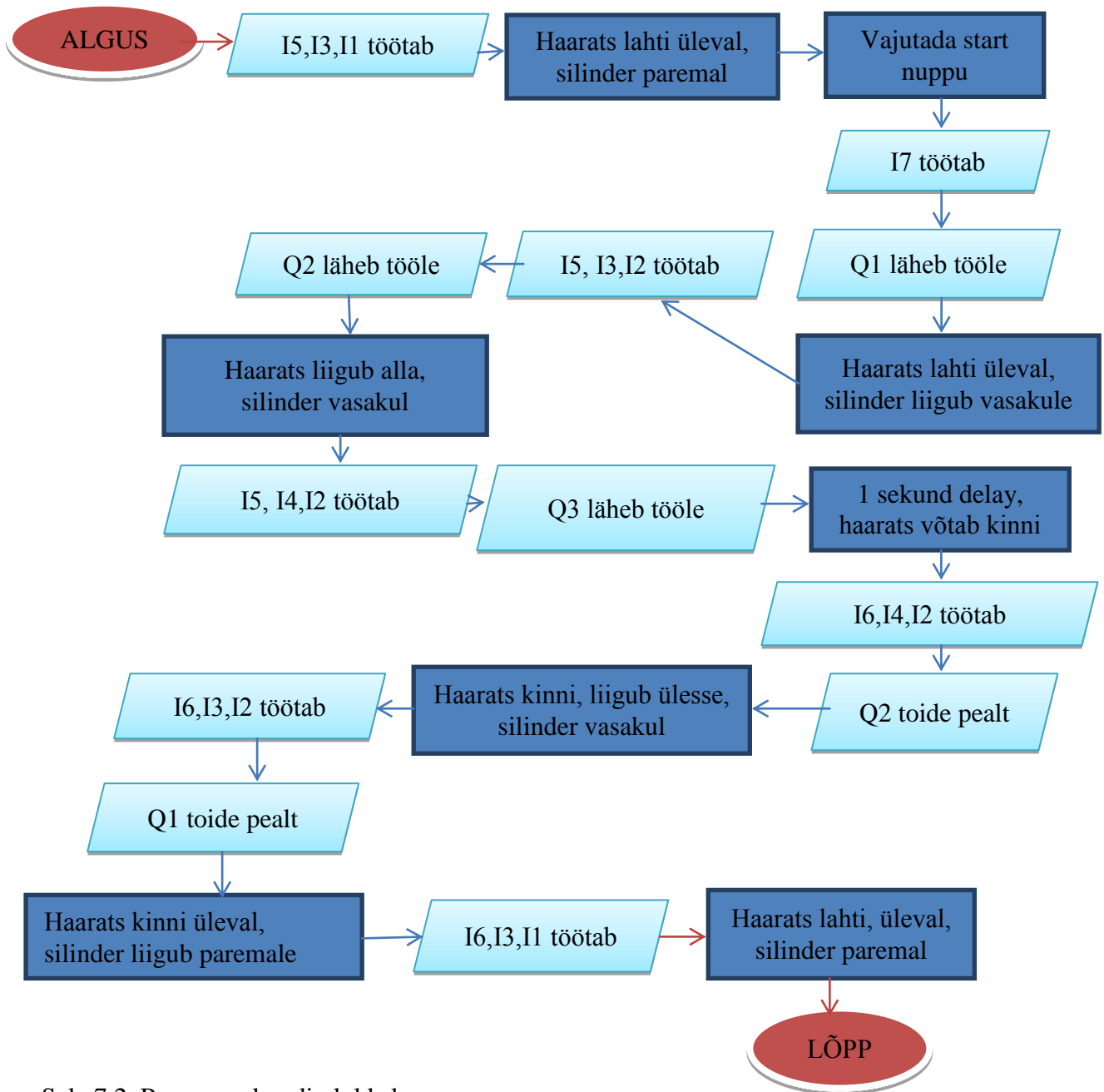
RS- trigereid kasutakse lüli sisendisse saabuva lühiajalise signaali oleku pikendamiseks. Signaali väärtus salvestatakse lüli ehk teostatakse mälufunktsioone. Antud programmis on trigerite ülesandeks hoida suunaventiile töös just niikaua, et teha vastavad liikumised süsteemis.

Programmi põhimõte on ära näidatud seel 7.2. Süsteemis algasendiks on, et süsteem on paremal pool, haarats üleval ning lahti. Ehk sisendid I1, I3, I5 peavad olema aktiivsed. Süsteem hakkab tööle, kui sisendid I1, I3, I5 ja I7 on aktiivsed ning signaal liigub edasi läbi AND B001 RS-trigeri B004 R sisendisse aktiveerides väljundi Q1. Triger on aktiivne niikaua, kuni saab S sisendisse signaali andurilt I6. Väljund Q1 paneb tööle suunaventiili, mis liigutab süsteemi vasakule poole ehk siis I1 pole enam aktiivne vaid on I2.

Vasakule poole jõudes on süsteem kohakuti eemaldatava detailiga, mis on alusplaadil. Nüüdseks on aktiivsed sisendid I2, I3 ja I5, andes läbi AND B003 signaali edasi RS trigerile B002 R sisendisse, mis aktiveerib Q2. Triger on aktiivne kuniks saab sisendisse R signaali andurilt I6. Q2 aktiveerides pannakse tööle suunaventiil. mis liigutab vasakul oleva haaratsi alla detaili juurde.

Nüüd on aktiivsed sisendid I2, I4 ja I5 tehes aktiivseks AND B005, mis omakorda annab signaali RS-trigeri B006 R sisendisse, muutes aktiivseks väljundi Q3, mis paneb tööle haaratsi. RS-triger on aktiivne kuniks saab S sisendisse signaali I1. RS-trigeri ja Q3 väljundi vahele on pandud On-Delay viivitusega 1 s. Probleemiks oli, et detaili lahti laskmisel süsteem veel liikus ning sellega tagatakse, et kõik silindrit on jõudnud oma lõppasendisse ja detail lastakse lahti õigesti. Kui väljund Q3 on aktiivne, siis haarats haarab detaili käppade vahele ning aktiivseks läheb sisend I6, mis omakorda lõpetab trigerite B002 ja B004 signaali andmise.

Väljunditele Q1 ja Q2 ei tule enam signaali, kui Q3 on aktiivne. Süsteem liigub tagasi algasendisse, hoides haaratsiga detaili kinni. Jõudes algasendisse on aktiivsed sisendid I1, I3, I6. Nüüd saab triger B006 S sisendisse signaali andurilt I1, mis lõpetab signaali andmise väljundile Q3. Detail lastakse haaratsi vahelt lahti. Süsteem on uuesti algasendis.



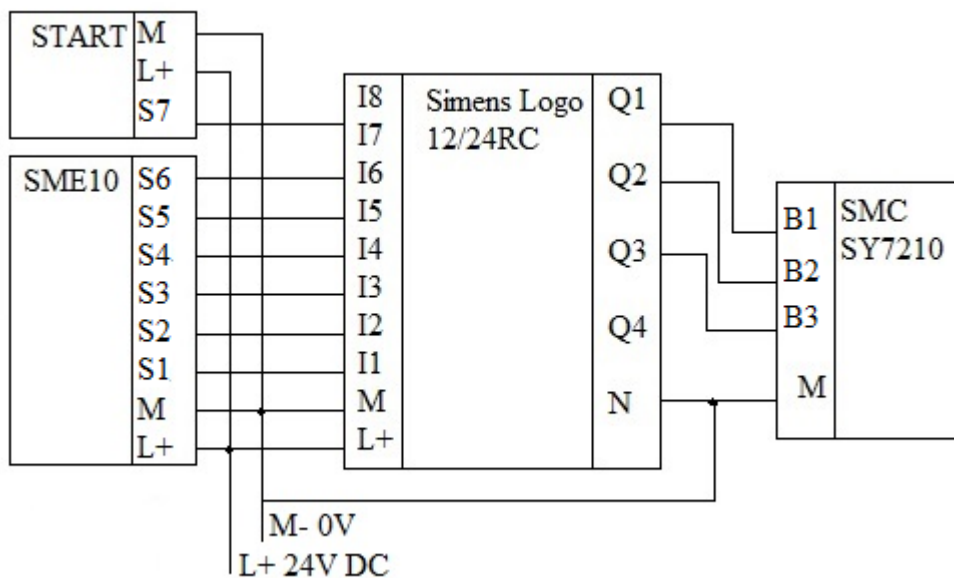
Sele 7.2. Programmkoode plokkskeem

8. ELEKTRILINE OSA

8.1 Elektri juhtmete ja andurite ühendamine kontrolleri

Süsteemi alalisvool 24 VDC saadakse tööstuspressi toiteadapterilt, mille kõrvale ehitasin pool - automaatse süsteemi. Kõik toitejuhtmed L+ ning maandusjuhtmed M on viidud kontrolleri eraldi kahele jaotusplokile, kust need edasi lähevad pressi toiteadapterisse.

Andurite tagasiside on tähistatud S pordiga ning kõik andurite tagasiside ühendan Simens Logo kontrolleri sisenditesse I1, I2, I3, I4, I5, I6, (sele 8.1). Andurite toitejuhtme L+ ühendan kontrolleri L+ porti.



Sele 8.1. Süsteemi elektriskeem

Suunaventiilid SY7210 on tähistatud B1, B2, B3 ning need on ühendatud paralleelselt kontrolleri väljunditega Q1, Q2 ja Q3. Kontrolleri neutraalporti N on ühendatud suunaventiili M pordist tulnud juhe.

Start nupp, millega süsteem tööle läheb, on ühendatud paralleelselt kontrolleri. Start nupu tagasiside S7 on ühendatud kontrolleri sisendiga I7.

9. SÜSTEEMI OHUTUS

Turvalisus ja ohutus on väga olulised faktorid, mida tuleb arvesse võtta pool-automaatse liini ehitamisel. Olemas on hädaseisunupp, mis tagab kõigi liikuvate seadmete peatamise, võtab voolu välja kontrollerist. Ennetama peab ka seda, et keegi ei satuks või ei topiks asju liikuvate silindrite vahele. Selleks tuleb ehitada kaitsekate ümber liikuvate objektide, jättes ava vaid töölistele objekti panemiseks projekteeritud alusplaadile. Kaitsekarkassi ehitamisel saab kasutada olemasolevat alumiiniumprofiili, mille soonte sisse saab hõlpsasti panna pleksiklaasi PMMA, mis on läbipaistev, võimaldades jälgida süsteemi tööd.

KOKKUVÕTE

Antud bakalaureuse töö teema arenes välja praktiliselt olles ettevõttes AS Norma, mille käigus tuli ehitada valmis süsteem, mille põhimõtteks oli leida firma toodangus praaktooteid ning need likvideerida tootmisprotsessist. Konsultatsioone ja juhtnõore andsid AS Norma komponentide tootmise tehnikajuht Priit Pärna ja mehaanikainsener Meelis Mets. Töö eesmärgiks oli luua soodne ja töökindel süsteem kasutades võimalikult palju olemasolevaid komponente.

Projekteerimistöö esietapil tutvusin detaili joonistega ja projekteerisin evakueeritava detaili alusplaadi. Kokku koosnes alusplaat 3 detailist, mis on tehtud metallist ja 4 magnetist. Valisin välja silindrilise neuduüm püsimagneti, kuna tuli lähtuda, et tõmbejõud ei oleks liiga tugev, silinder jõuaks detaili plaadilt ära võtta, samal ajal hoiaks piisava jõuga detaili alusplaadil. Projekteerimisel kasutasin SolidWorks tarkvara. Võtsin arvesse, et alusplaati oleks kerge välja lõigata CNC pingis ning detail ei tuleks liiga raske.

Töö käigus projekteerisin seadme mehaanilised osad ning ehitasin alumiiniumprofiilist raamistiku, seda sellepärast et alumiiniumprofiilil on sirged kinnitussooned, mis võimaldas kergelt ühendamist. Projekteerimise käigus valisin välja ning hiljem koostasid omavahel toimivaks süsteemiks pneumosilindrid, suunaventiilid ja andurid. Töö käigus tutvusin pneumaatika alaste süsteemidega ning neis kasutatavate komponentidega. Olemas olid pneuosilindrid ja andurid. Suunaventiilid valisin välja vastavalt pneumosilindrite tüübile. Pihutihendiga silindri ühendasin profiiliga spetsiaalse kinnitusega, mis on mõeldud silindrite kinnitamiseks detailiga. Ülejäänud pneumosilindrid ühendasin omavahel laos leiduvate plaatide abil, seda sellepärast et silindritel olid olemas keermetega augud külgedel. Pneumosilindritel olid olemas spetsiaalsed sooned, kuhu ühendasin andurid.

Viimaseks etapiks bakalaureusetöös oli sobiva programmeeritava kompaktkontrolleri valik, selle programmeerimine ning kogu süsteemi ühendamine ühtseks tervikuks. Valitud kontrolleri programmeerisin Logo!Soft Comfort tarkvaraga. Kokkuühendatud süsteem töötas vastavalt ülesandele.

Kokkuvõtteks võin öelda, et täitsin ettevõtte eesmärgi ehitades valmis süsteemi kasutades võimalikult palju olemasolevad komponente. Tehtud tööga jäi ettevõtte rahule ning valmis seadet katsetati koheselt tööstuses, kus süsteem täitis oma ülesannet.

SUMMARY

This bachelor thesis is about developing a system which purpose is to recognize faulty products and remove them from production process. The study started and evolved from the time I was taking part in an internship program at Norma Ltd. Consultations and guidelines were given by two persons: Priit Pärna, the head of components manufacturing division; and Meelis Mets, a mechanical engineer. The aim of the study was to generate an affordable and reliable system by using as much components already available as possible.

During the phase of design, I became acquainted with the drawings of details and designed a base plate for evacuating faulty products. The base plate consisted of three components, made of metal, and four magnets. To comply with mechanism's purpose, I used permanent cylindrical magnets, made of neodymium. This allowed applying average level of tensile force, which was strong enough to keep the detail on the plate, but at the same time enabled the cylinder to remove it. In designing the plate I used SolidWorks software taking into consideration two important aspects. Firstly, it has to be easily cut out at the CNC-table. Secondly, the detail should not be too heavy.

For the rest of the system, I designed the mechanical parts and constructed aluminum framework. The aluminum was used because of its straight mounting grooves which made connection between different pieces easier. Also, I picked some special pneumatic cylinders, directional control valves and sensors and combined them to the working system. This effort made me more acquainted with pneumatic systems and their components. The sensors and pneumatic cylinders were already available. The directional control valves had to be chosen according to the types of already available cylinders. Cylinders with pocket seals were mounted by special mounting systems. The other cylinders were mounted by some slabs available in storage. The sensors were attached to the cylinders by using the special grooves.

The last phase was to choose the most appropriate compact controller, program it, and attach to the rest of the system. The chosen controller was programmed with Logo!Soft Comfort software. The system, while appropriately applied, worked according to its desired purpose.

In conclusion, I can say that I fulfilled the task assigned to me. I designed, constructed and finally created an affordable and workable system which recognizes faulty products and

removes them from production process. The managerial staff of the company was satisfied and the system was integrated into production process.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Amagnet OÜ kodulehekülg [WWW]
http://www.amagnet.eu/et/component/virtuemart/?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=102 (24.03.2014).
2. Sapa Profiilid kodulehekülg [WWW] <http://www.sapagroup.com/ee/sapa-profiilid-as/alumiiniumist/alumiiniumi-omadused/> (24.03.2014).
3. Enn, H. Priit, K. Jakob, K. Tiit, M. Olev, T. Materjalitehnika. Õpperaamat Tallinn. TTÜ Kirjastus. 2003. 30.
4. Festo OY kodulehekülg [WWW] http://www.festo.com/cat/et_ee/products_ZM_FU (24.03.2014).
5. Uulma, R. Festo Didactic. 1996.
6. TTÜ eõppekeskond Moodle [WWW]
<https://moodle.eope.ee/mod/folder/view.php?id=442346> (25.03.2014)
7. [WWW]
[http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/10\)Air_Gripper/10.2\)Parallel_style/c\)MHZL2/MHZ_EU.pdf](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/10)Air_Gripper/10.2)Parallel_style/c)MHZL2/MHZ_EU.pdf) (25.03.2014).
8. [WWW]
[http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/06\)Combination_Cylinder/6.2\)Cylinder_with_Table/e\)MXS/MXS_EU.pdf](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/06)Combination_Cylinder/6.2)Cylinder_with_Table/e)MXS/MXS_EU.pdf) (26.03.2014).
9. [WWW] http://www.festo.com/cat/et_ee/data/doc_engb/PDF/EN/DGP_EN.PDF.
10. [WWW] https://www.elfa.se/elfa3~ee_et/elfa/init.do?item=54-227-62&toc=0&q=SMC+SY7120 (26.03.201).
11. Tallinna Tööstushariduskeskuse kodulehekülg [WWW]
<http://www.tthk.ee/MEH/progkont.html> (26.03.2014).
12. Programmable controllers. (2003) . Part 1. General information. EVS-EN 61131-1:2003. Tallinn. Eesti Standardikeskus.
13. [WWW] <http://www.ene.ttu.ee/leonardo/loogika/LOGGS7.pdf> (26.03.2014).
14. [WWW] https://www.elfa.se/elfa3~ee_et/elfa/init.do?item=25-704-63&toc=18822&name=logic_module,_8_di,_4_ro,_logo._12/24rc (24.03.2014).
15. [WWW] <https://c4b.gss.siemens.com/resources/images/articles/e20001-a1120-p271-x-7600.pdf> (26.03.2014)
16. [WWW] http://www.eope.ee/_download/euni_repository/file/99/Materjalid.zip/jkIng3.pdf (27.03.2014).

17. [WWW] http://www.festo.com/cat/et_ee/data/doc_engb/PDF/EN/SMX10_EN.PDF
(27.03.2014).