



MEHHATROONIKAINSTITUUT

Mehhatroonikasüsteemide õppetool

MHK40LT

Risto Randla

**PNEUMAATILINE TESTSÜSTEEM NUPPUDE
VASTUPIDAVUSE TESTIMISEKS**

Autor taotleb
tehnikateaduse bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn 2016

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

“...” 20....a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureustööle esitatavatele nõuetele.

“...” 20....a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“...” 20....a.

..... allkiri

SISUKORD

BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE	5
EESSÕNA.....	7
SISSEJUHATUS.....	8
PÕHIOSA.....	9
1. Testsüsteemile esitatavad nõuded	9
2. Silindrite valik.....	10
3. Pneumaatiline kontseptsioon.....	12
4. Mehaaniline kontspetsioon.....	13
4.1. Testsüsteemi koost	13
4.2. Alusplaadi disain.....	14
4.3. Toote kinnitus plaadi disain	14
4.4. Külgsplaadi disain	14
4.5. Silindrite kinnitamiseks mõeldud plaadi disain	15
5. Elektriline kontseptsioon ja juhtimine.....	20
5.1. Elektroonika üldstruktuur	20
5.2. National Instruments riistvara.....	21
6. Tarkvaraline kontseptsioon ja lahendus	24
6.1. Tarkvarale esitatavad kriteeriumid.....	24
6.2. Tarkvara ülesehitus	24
6.3. Tarkvara kirjutamise keskkond.....	25
6.4. Tarkvara ülesehituse lahtiseletus	26
7. Testseadme komplekteeritud koost	28
7.1. Rõhureled	29
7.2. Magnetandurid	30
8. Testsüsteemi seadistamine	31
9. Silindrite jõu analüüs.....	33
9.1. Tulemuste analüüs	34
KOKKUVÕTE.....	36
SUMMARY	38
KASUTATUD KIRJANDUS	40

LISAD	42
Lisa 1. Pneumaatika joonis.....	42
Lisa 2. Elektriskeem	43
Lisa 3. Alusplaadi joonis	44
Lisa 4. Toote kinnitus plaadi joonis	45
Lisa 5. Silindrite kinnitus plaadi joonis.....	46
Lisa 6. Külg plaadi joonis	47
Lisa 7. DMM-10-30-P-A silindri kinnitus plaat.....	48
Lisa 8. C11M-16-6-160 ES silindri kinnitus plaat	49
Lisa 9. Tarkvara kasutaja paneel	50
Lisa 10. Tarkvara kood.....	51
Lisa 11. Koodi lisa pinge logimiseks	54
Lisa 12. Silindrite vajutuste graafikud	55

TTÜ mehhatroonikainstituut

Mehhatroonikasüsteemide õppetool

BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE

2016. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Risto Randla, 121151MAHB

Õppekava: MAHB02/13

Juhendaja: teadur Robert Hudjakov

LÕPUTÖÖ TEEMA (eesti ja inglise keeles):

Pneumaatiline testsüsteem nuppude vastupidavuse testimiseks

Pneumatic test system for button endurance testing

Ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Silindrite valik	01.12.2015
2.	Testsüsteemi algdisain	01.01.2016
3.	Testsüsteemi lõplik disain	01.02.2016
4.	Testsüsteemi komplekteerimine	01.03.2016
5.	Bakalaureusetöö allkirjastatud ja kinnitatud teema esitamine	21.03.2016
6.	Tarkvara kirjutamine	20.04.2016
7.	Bakalaureusetöö mustand	30.04.2016
8.	Kõidetud ja allkirjastatud bakalaureusetöö esitamine	20.05.2016

Lahendatavad insenertehnilised probleemid:

- Projekteerida testsüsteem nuppude vastupidavustestide sooritamiseks
- Testsüsteemile tarkvara kirjutamine
- Testsüsteemi komplekteerimine

Esitatav graafiline materjal:

Kaitsmistaoetus esitada dekanaati hiljemalt 16.05.2016

Lõputöö esitamise tähtaeg 20.05.2016

Üliõpilane Risto Randla /allkirjastatud digitaalselt/ kuupäev 17.03.2016

Kontakt-telefon: 5212127

E-mail: ristorandla@gmail.com

Juhendaja Robert Hudjakov /allkirjastatud digitaalselt/ kuupäev 17.03.2016

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

EESSÕNA

Käesoleva bakalaureusetöö autor on Risto Randla. Töö autor töötab ettevõttes Stoneridge Electronics AS [1], kus tema peamisteks tööülesanneteks ning kohustusteks on autoelektronika toodete testimine ning testseadmete arendamine. Erinevate testide eesmärk on tõestada kliendile, et toode mida ettevõttes arendatakse ning tootma hakatakse, vastab nii kliendi poolt määratud nõuetele kui ka autotööstuses kehtivatele standarditele. Konkreetne teema sai valitud kuna ettevõtte testilaboris on vaja luua uus testseade nuppude vastupidavuse testimiseks ning ühtlasi põimib antud teema endas kõiki põhilisi mehhatroonika valdkondi, milleks on elektroonika, mehaanika ning programmeerimine. Nii avaneski võimalus siduda lõputöö reaalse tööülesannete ning projektiga.

SISSEJUHATUS

Käesoleva bakalaureusetöö ülesandeks on luua autoelektronikat arendava ettevõtte, Stoneridge Electronics AS, testilaborisse testsüsteem nuppude vastupidavuse testimiseks.

Valdav osa tooteid, mida autodes kasutatakse, peavad arenduse käigus ning enne tootmisesse jõudmist läbima valideerimise protsessi, mille käigus testitakse tooteid vastavalt klientide spetsifikatsioonidele ning autotööstuses kehtivatele standarditele. See tagab selle, et klient suudab anda tootele garantii aja, mille vältel peab toode töötama ilma probleemide ning tõrgeteta.

Konkreetses töös luuakse testsüsteem nuppude vastupidavuse testimiseks. Sellise testi käigus vajutatakse nuppudele vastavalt kliendi poolt määratud spetsifikatsioonile kindel arv kordi kindla jõuga. Antud testi eesmärk on teha läbi toote eluea kohta arvestatud lülitused ning tagada toote tõrgeteta töötamine kogu toote eluea vältel.

Töö käigus disainitakse ning komplekteeritakse testsüsteem vastavalt ettevõtte vajadustele, võttes arvesse testitavate toodete dimensioone ning vajaminevaid nupuvajutusjõude. Samuti on olulisel kohal ka testsüsteemile tarkvara kirjutamine, pidades silmas kasutajasõbralikkust.

Töö on jaotatud kuute suuremasse osasse, millest esimene käsitleb testsüsteemile seatud kriteeriumeid ning teine mehaanilist kontseptsiooni. Nendes töö osades kirjeldatakse põhilisi testsüsteemile seatud kriteeriumeid ning projekteeritakse mehhaaniline koost. Kolmas osa käsitleb endas seadme elektrisüsteemi ja juhtimise lahendamist. Neljas osa kirjeldab katseseadme tarkvara arendust ning viiendas osas kirjeldatakse testsüsteemi seadistamist. Kuuendas osas analüüsitakse testsüsteemi silindrite vajutuse jõudusid.

Antud töös on testsüsteemi pneumaatiline kontseptsioon loodud Festo FluidSIM [2] keskkonnas, mehaanilised elemendid projekteeritud PTC Creo [3] ning Solidworks [4] tarkvara abil. Katseseadme tarkvara on arendatud LabVIEW [5] programmeerimis keskkonnas.

PÕHIOISA

1. Testsüsteemile esitatavad nõuded

Antud töö raames ehitatava testsüsteemi võtmesõnaks on „univeraalsus.“ Konstrueeritava katseseadmega peab olema võimalik katta ära nuppude vastupidavuse testimise vajadus suuremal osal ettevõttes tootmises ja arenduses olevatest toodetest. Üha suureneva tootevaliku ning klientide poolt esitatavate nõute tõttu peab ehitatav testsüsteem vastama järgnevatele kriteeriumitele:

- Nupu vajatus jõudude vahemik peab olema 5 N – 120 N.
- Toote kinnitamiseks mõeldud aluse dimensioonid peavad olema vähemalt: 360 mm x 200 mm.
- Silindritega peab olema võimalik katta võimalikult suur osa toote kinnitamiseks mõeldud alusest.
- Silindreid peab olema võimalik üksteisele võimalikult lähedale paigutada.
- Silindreid peab olema võimalik liigutada kolme telje suhtes.
- Süsteemile peab olema võimalik lisada erineva disainiga silindreid ilma suuri muudatusi tegemata.

Testsüsteemi tarkvarale esitatud kriteeriumeid käsitletakse sektsioonis 6.1.

2. Silindrite valik

Kuna ettevõttes tootmises ja arenduses olevate toodete valik on suur ning erineva kasutusala toodete nupud on varieeruvad, peab olema võimalik nuppude vastupidavust testida jõuga 5 N – 120 N.

Silindrite valiku puhul tuleb meeles pidada ka seda, et ettevõtte peatrasist saadava suruõhu maksimum rõhk on 7 bar.

Kasutades valemit (2.1) [6] leiame vajaliku silindri kolvipea diameetri.

$$F = p \cdot \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.1)$$

On teada, et maksimum saadav rõhk on 7 bar ning madalaim kasutatav pilootrõhk jaotiterminali ümberlülitamiseks on 0,9 bar. Samuti on ka teada, et testsüsteemile määratud madalaim vajutusjõud on 5 N. Saab välja arvutada mis on väikseima jõu saavutamiseks vajalik silindri kolvipea diameeter.

Valemi (2.1) kaudu on tuletatud valem diameetri arvutamiseks.

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi p}} \quad (2.2)$$

F – Vajutusjõud 5 N

P – Rõhk 0,9 bar = 0,09 MPa

D – Silindri kolvipea diameeter

Kasutades valemit (2.2) on arvatud vajaliku kolvipea diameetri suurus.

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5}{\pi \cdot 0,09}} \approx 8,4 \text{ mm}$$

Lähim Festo tootekataloogist [7] leitav silindri kolvipea diameeter on aga 10 mm. Antud silindriga on saavutatav madalaim jõud leitav valemiga (2.1).

$$F = p \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 0,09 \cdot \frac{\pi \cdot 100}{4} \approx 7,1 \text{ N}$$

Selgub, et jõud on vajaliku 5 N asemel 7,1 N. Kui võtta aga kasutusele väiksema kolvipea diameetriga silindrid, siis jääb silindri poolt saavutatav maksimaalne jõud liiga väikseks.

Seega osutub üheks kasutatavaks silindriks Festo DMM-10-30-P-A [8] ning jõu probleem on lahendatav kui vajadusel paigaldada lisa rõhuregulaator jaotiterminali ning silindri vahele. See võimaldab silindreid liigutada väiksema rõhuga kui seda on vaja suunaventiilide ümberlülitamiseks.

Antud silindriga on ettevõtte tingimustes saavutatav jõuvahemik 7,1 N – 54,95 N.

Tuleb valida veel järgmist tüüpi silinder millega oleks saavutatav vaja mineva jõu maksimum piirkond (kuni 120 N).

Ettevõttes leidub 2 kasutatud silindrit, mida on nende sobivuse korral võimalik käesoleva tööga siduda. Tegemist on vanemate Rootsi päritolu silindritega Atlas Copco C11M-16-6-160 ES. Tuleb kontrollida, kas antud silindrid oleksid sobilikud.

Silindri kolvipea pindala on 16 mm.

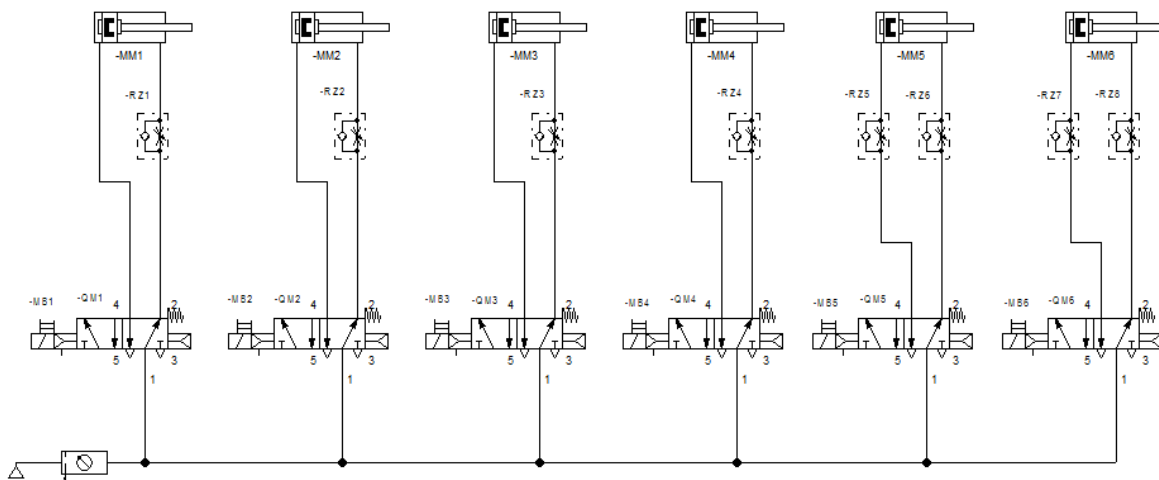
Kasutades valemit (2.1) leiame maksimaalse ja minimaalse jõu, mida on võimalik nende silindritega saavutada.

$$F = p \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 0,7 \cdot \frac{\pi \cdot 256}{4} \approx 140,7 \text{ N}$$

Näeme, et silindritega saavutatav maksimaalne jõud on 140,7 N, seega on kaetud terve jõuvahemik, mida on vaja testsüsteemiga saavutada.

3. Pneumaatiline kontseptsioon

Testsüsteem koosneb kuuest kahepoolsetoimega silindrist. Iga silindri liikumine peab olema kontrollitav individuaalselt. Selleks kasutatakse testsüsteemis kuute 5/2 suunaventiili. Olulisel kohal on ka silindri liikumise kiiruse reguleerimine pluss suunalisel liikumisel, selle jaoks kasutatakse drosselleid silindrist väljuva õhu hulga reguleerimiseks. Joonis 1 kirjeldab antud testsüsteemis kasutatavat pneumaatilist skeemi.



Joonis 1 – Pneumaatiline skeem silindrite juhtimiseks

Kuna aga peatükis 2 tehtud arvutuste kohaselt jääb silindrite jõu piirkonna madalamas otsas jõud veel liiga suureks tööle seatud kriteeriumite suhtes, siis on juurde tellitud ka 4 rõhuregulaatorit Festo tootekataloogist, mida saab vajadusel ühendada silindrite ja suunaventiilide vahele. See omakorda võimaldab ka silindreid samaaegselt erinevate rõhkudega töötama panna.

Testsüsteemis kasutatavad pneumaatilised seadmed:

- Silindrid 4 x Festo DMM-10-30-P-A
- Silindrid 2 x Atlas Copco C11M-16-6-160 ES
- 5/2 suunaventiilid 6 x VUVG-B10-M52-RZT-F-1P3 [9]
- Drosselid 4 x GRLA-M3-QS-3 [10]
- Jaotiterminal VTUG-10-SH2-B1T-Q8-UL-Q3S-6A
- Rõhuregulaatorid 4x MS4-LR-1/8-D5-AS [11]

4. Mehaaniline kontspetsioon

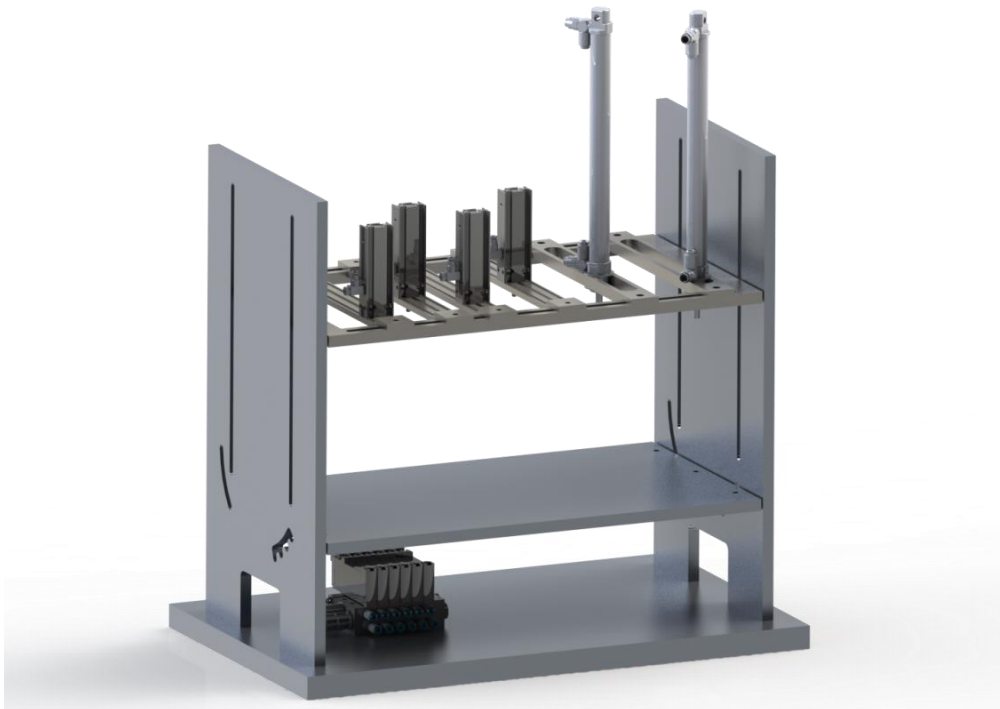
4.1. Testsüsteemi koost

Mehaanilist kontseptsiooni lahendades tuleb meeles pidada, et testsüsteem peab olema vähemalt 360 mm x 200 mm pindalaga ning võimalikult universaalne. Selle all peetakse silmas, et oleks võimalik testida erinevaid tooteid ilma suuri muudatusi tegemata. Kindlasti tuleb lähtuda ka peatükis 1 mainitud kriteeriumitest.

Üldidee mehaanilise kontseptsiooni loomisel on järgmine: testsüsteem koosneb massiivsest alusplaadist, mille külge on kinnitatud kogu ülejäänud süsteem, kahest külgmisest plaadist, kuhu vahele on kinnitatud toote fikseerimiseks ning silindrite hoidmiseks mõeldud plaat.

Käesoleva töö peatükkides 4.2, 4.3, 4.4 ning 4.5 käsitletakse koostu kõikide detailide mehaanilise kontseptsiooni ja disaini protsessi.

Pärast kõikide komponentide valmimist ning nende omavahelise kokkusobivuse kontrollimist on võimalik koostada testsüsteemi mudeli lõplik koost (Joonis 2).



Joonis 2 – Testsüsteemi mudeli lõplik koost

4.2. Alusplaadi disain

Alusplaadi peamiseks ülesandeks testsüsteemi kui terviku juures on hoida testsüsteemi ühes tükis ning stabiilsena. Antud plaadi külge on kinnitatud terve ülejäänud konstruktsioon lisaks ka pneumaatilised suunaventiilid koos jaotiterminaliga. Tagamaks stabiilsust on alusplaat paksem kui teised konstruktsioonis kasutatavad plaadid.

Detaili tööjoonis asub Lisa 3. Alusplaadi joonis.

4.3. Toote kinnitus plaadi disain

Kuna üheks võtmesõnaks testsüsteemi disainimisel on universaalsus, siis tuleb toodete kinnitamiseks mõeldud plaat teha võimalikult lihtsa lahendusega, kuhu vajadusel saaks kinnitada erineva disainiga tooteid.

Selleks on antud plaat disainitud nii, et sinna oleks võimalik vastavalt testitava toote disaini eripärast lähtudes kinnitada spetsiaalselt antud toote jaoks mõeldud plaat.

Selleks on plaadi mõlemas ääres avad, mille kaudu fikseeritakse tootespetsiifiline kinnitusplaat, mida on võimalik liigutada 1 telje suhtes.

Detaili tööjoonis asub Lisa 4. Toote kinnitus plaadi joonis.

4.4. Külgplaadi disain

Külgplaati disainides peab lähtuma sellest, et silindrite kinnitamiseks mõeldud plaati oleks võimalik liigutada vertikaalses suunas, selleks jookseb mööda plaati vertikaalselt kaks soont.

Tähtis on ka see, et toote kinnitamiseks mõeldud plaati oleks võimalik keerata 10°, 20° ning 30° võrra. Seda seetõttu, kuna mõningad tootjad nõuvad enda spetsifikatsioonides, et teatud toodete nuppe testitakse vajutades neile nurga all (Joonis 3).



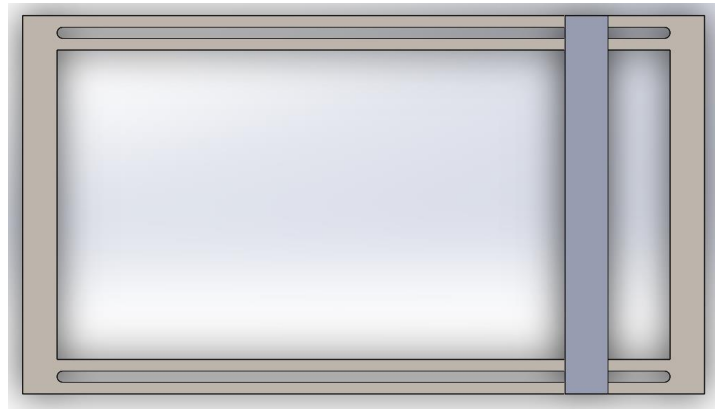
Joonis 3 – Külgplaadi disain

Detaili tööjoonis asub Lisa 6. Külg plaadi joonis.

4.5. Silindrite kinnitamiseks mõeldud plaadi disain

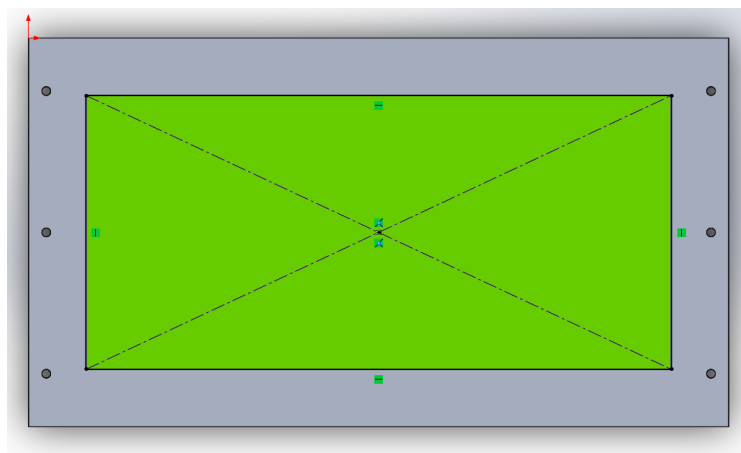
Silindrite kinnitamiseks mõeldud plaadi juures on oluline, et silindreid liigutades oleks võimalik katta võimalikult suur osa toote fikseerimiseks mõeldud plaadi pindalast. Tähtsal kohal on ka see, et plaadi külge saaks kinnitada erinevat tüüpi silindreid, pidades silmas, et testsüsteemis kasutatakse kahte erinevat silindri tüüpi ning et jääks ka võimalus vajadusel kolmandat tüüpi silindreid kasutusele võtta.

Kirjeldatud idee realiseerimiseks kasutatakse töös ühte suurt plaati, mis on keskelt tühi ning mille külge on võimalik risti kinnitada konkreetsete silindrite jaoks disainitud plaate, mida on võimalik liigutada pikki alumist plaati. Vaata Joonis 4.



Joonis 4 – Silindrite kinnitamise plaat

Ühtlasi võimaldab antud disain ka testsüsteemil korraga kasutada mitut erineva disainiga silindrit ning võimaldab silindreid liigutades katta võimalikult suure osa toote kinnitamiseks mõeldud plaadist. Vaata Joonis 5.



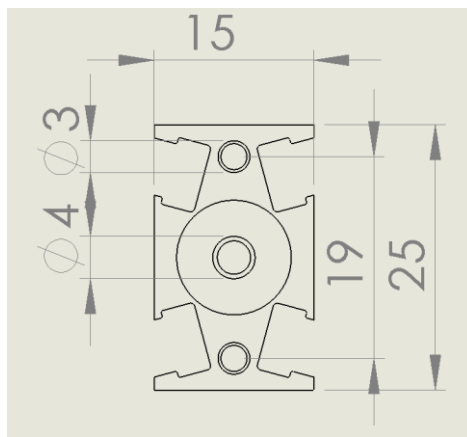
Joonis 5 – Silindreid liigutades tootekinnitusplaadist kaetav osa

Detaili tööjoonis asub Lisa 5. Silindrite kinnitus plaadi joonis.

4.5.1. Festo DMM-10-30-P-A kinnitus plaad

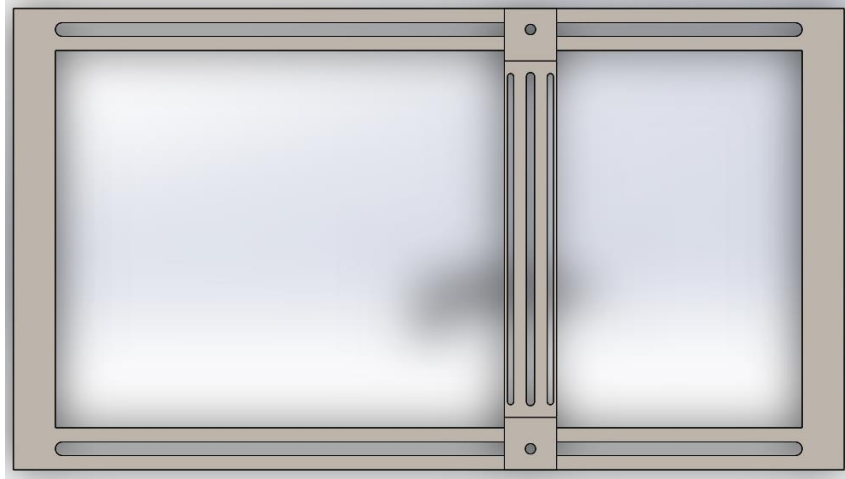
Kuna silindrite kinnitamiseks mõeldud suurem plaat on disainitud vastavalt, et seda ei peaks iga silindri tüübi kohta uut tegema, vaid sinna kinnitatakse vastavalt silindritele disainitud spetsiifilised plaadid, siis tuleb selle töö raames disainida plaadid kahe silindri tüübi jaoks.

Vastavalt Festo DMM-10-30-P-A spetsifikatsioonile, mida kirjeldab Joonis 6, on võimalik disainida selle konkreetse silindri jaoks mõeldud kinnitusplaat.



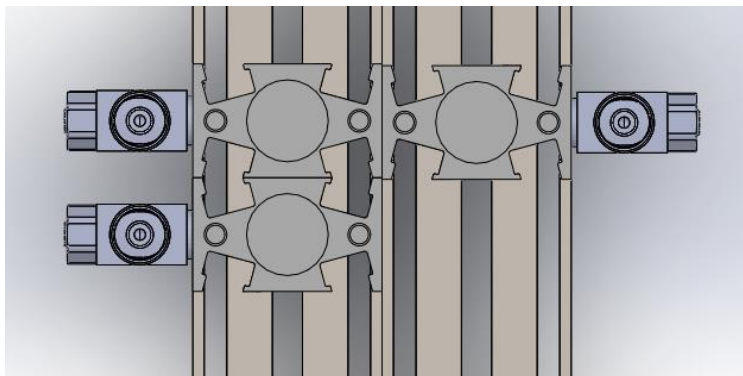
Joonis 6 – Festo DMM-10-30-P-A dimensioonid

Joonis 6 järgi on näha, et plaadi laius peab olema vähemalt 25 mm ning sellel peab olema kolm soont, mida mööda on võimalik silindrit pikki plaati liigutada (Joonis 7).



Joonis 7 – Festo DMM-10-30-P-A silindri kinnitamis plaat

Antud disain võimaldab silindrid ka omavahel üksteisele võimalikult lähedale seada, kui plaadid omavahel kokku lükata või silindrid sama plaadi peale asetada (Joonis 8).



Joonis 8 – Festo DMM-10-30-P-A silindrite positioneerimine lähestiku

Detaili tööjoonis asub Lisa 7. DMM-10-30-P-A silindri kinnitus plaat.

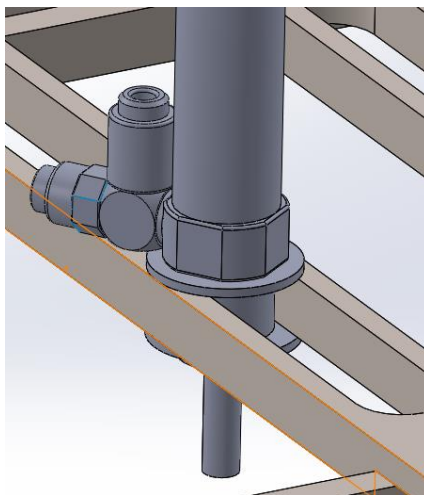
4.5.2. Atlas Copco C11M-16-6-160 ES kinnitus plaat

Antud silindri kinnitamiseks mõeldud plaadi disainimist käistletakse töös sarnaselt nagu Festo DMM-10-30-P-A silindrite plaadi disainimist peatükis 4.5.1. Kuna antud silindrid on vanad ning nende kohta ei ole internetist võimalik jooniseid leida, siis on dimensioonid nihikuga mõõdetud. Silindri kinnituse juures on diameeter 15,8 mm, sellega arvestades tuleb teha kinnitus plaati piklik ava, mida mööda saaks silindrit pikki plaati liigutada (Joonis 9).



Joonis 9 – Atlas Copco C11M-16-6-160 ES silindri kinnitusplaat

Antud disaini puhul on aga kindlasti oluline lisada silindri toestamiseks seibid mõlemale poole kinnitusplaati, kuna muidu jääb silindri toestamiseks alles liiga vähe pinda (Joonis 10).



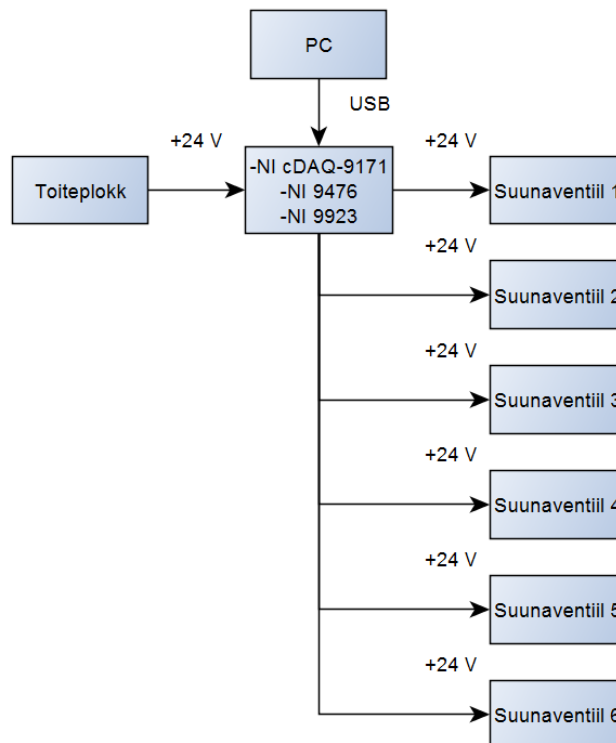
Joonis 10 – Atlas Copco C11M-16-6-160 ES kinnitamine

Detaili tööjoonis asub Lisa 8. C11M-16-6-160 ES silindri kinnitus plaat.

5. Elektriline kontseptsioon ja juhtimine

5.1. Elektroonika üldstruktuur

Kogu süsteemi juhtimiseks kasutatav programm asub sülearvutis, millega juhitakse läbi USB kaabli ning NI 9476 releemooduli [12] testsüsteemi suunaventiile. Elektroonika üldist juhtimis-struktuuri kirjeldab Joonis 11.



Joonis 11 – Elektriskeem

Testsüsteemis kasutatav elektroonika:

- 24 V toiteplokk
- Sülearvuti
- NI cDAQ-9171 [13]
- NI 9476
- NI 9923 [14]

5.2. National Instruments riistvara

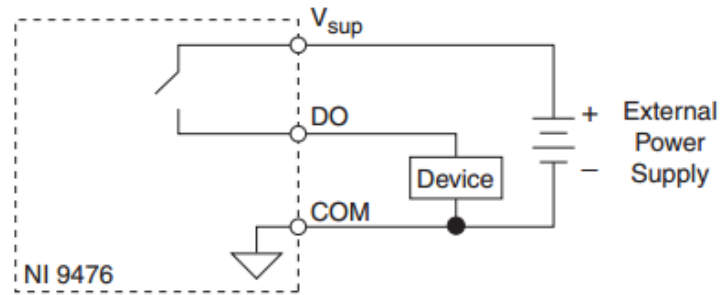
Suunaventiilide juhtimiseks kasutatakse antud testsüsteemi puhul National Instruments (edaspidi NI) riistvara, täpsemalt NI 9476 releemoodulit, mis ühendatakse arvutiga NI cDAQ-9171 kompakt USB raamimooduli kaudu. Kõiki kolme National Instruments komponenti komplekteerituna kirjeldab Joonis 12.



Joonis 12 – NI cDAQ-9171 ühendatud NI 9476 ja NI 9923-ga

Suunaventiilide miinus juhtmed ühendatakse kõik toiteallikasse ning toiteallikast ühendatakse +24 V releemoodulisse, ühtlasi ühendatakse releemoodulisse ka toiteallika miinus.

NI 9476 töötab releena, saades arvutilt signaali ühendab ta V_{sup} konkreetse DO-ga millele signaal arvuti kaudu tuli, seega hakkab sealt vool läbi minema (Joonis 13).



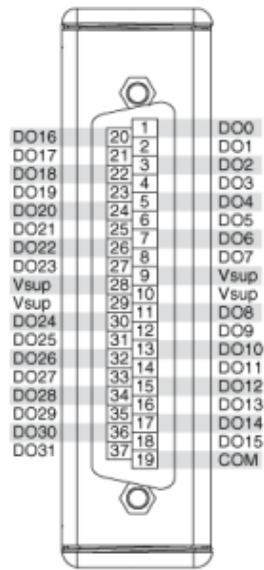
Joonis 13 – NI 9476 skeem

Suunaventiilid ühendatakse NI 9476-ga NI 9923 terminalide bloki kaudu (Joonis 14).

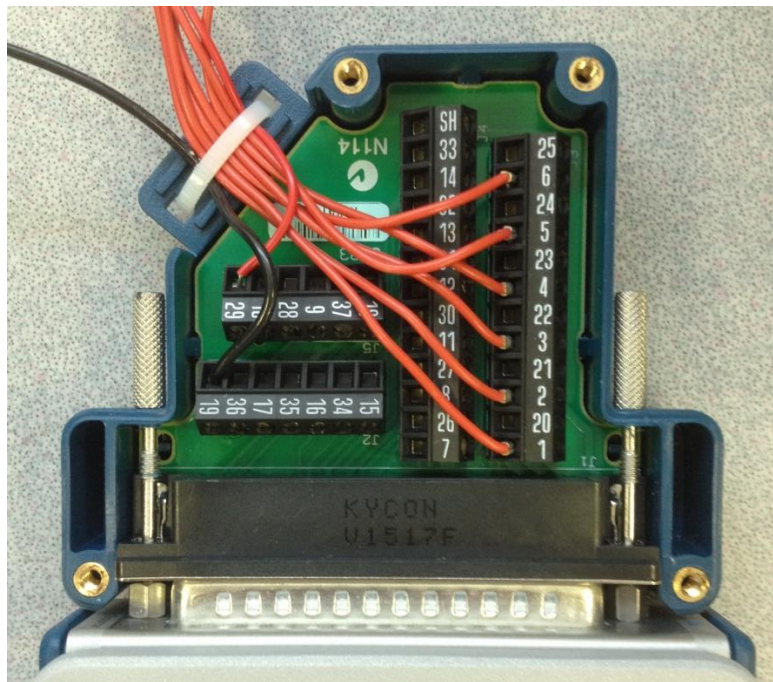


Joonis 14 – NI 9476 ühendatud NI 9923-ga

Juhtmed ühendatakse vastavalt Joonis 15 järgi, +24 V sisendisse 29, maandus sisendisse 19 ning suunaventiilide pluss juhtmed vastavalt DO0 – DO5.



Joonis 15 – NI 9476 pinout



Joonis 16 – NI 9923 terminalide ühendused

Elektriskeemi joonis asub Lisa 2. Elektriskeem.

6. Tarkvaraline kontseptsioon ja lahendus

6.1. Tarkvarale esitatavad kriteeriumid

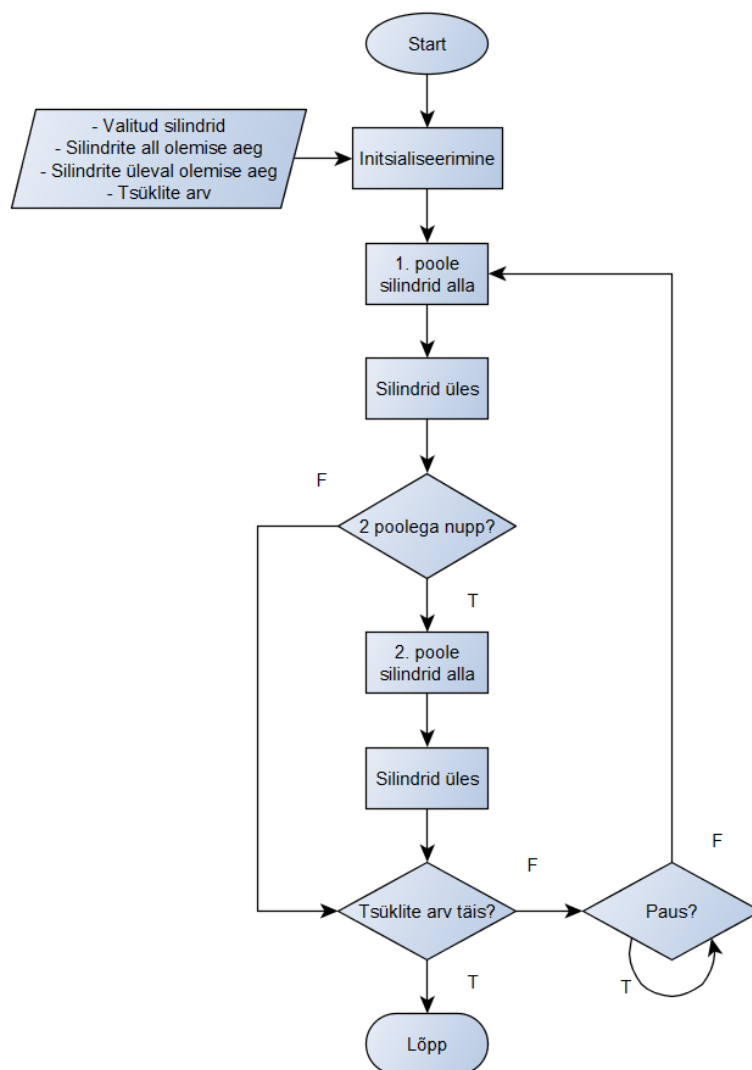
Tarkvarale esitatud kriteeriumid:

- Programm peab olema kasutajasõbralik, et sellega suudaks opereerida ilma keerukate instruktsioonideta.
- Iga silinder peab olema iseseisvalt juhitav, see tähendab, et saab valida millised silindrid sooritavad liikumisi.
- Peab olema võimalik määrata/muuta tsüklite arvu testis.
- Peab olema võimalik määrata/muuta silindri liikumise soorituse ehk nupule vajutuse kestvust.
- Peab olema võimalik määrata/muuta kestvust vajutuste vahel.
- Peab olema võimalik valida kahe režiimi vahel (tavaline nupp või kahe poolega nupp nagu näiteks auto akende kontrollimiseks mõeldud nupp)
- Testi peab olema võimalik pausile panna ning samast kohast jätkata.
- Peab olema võimalik näha ennustatavat testi lõpu aega.

6.2. Tarkvara ülesehitus

Kuna ettevõttes testitakse erinevat tüüpi lüliteid, millest osad on tavalised nupud ning osad kahe poolega nupud nagu auto akende kontrollimiseks mõeldud nupud, siis peab olema tarkvaraliselt võimalus valida kas tsükkel koosneb ainult ühele nupu poolele vajutamisest, silindrite üles tõstmisest ja tsükli lugemisest või ühele poolele vajutamisest, üles tõstmisest ning ka teisele poolele vajutamisest, üles tõstmisest ja tsükli lugemisest.

Tarkvara idee lihtsustatud algoritmi kirjeldab Joonis 17.



Joonis 17 – Tarkvara lihtsustatud algoritm

6.3. Tarkvara kirjutamise keskkond

Kuna testsüsteemis kasutatakse National Instruments [15] riistvara, siis sobib hästi ka programmeerimisel kasutatavaks keskkonnaks National Instrumenti poolt loodud LabVIEW. Antud programmeerimise keskkond on suurepäraselt ühilduv ka National Instruments-i poolt pakutava riistvaraga. LabVIEW platvorm on suunatud inseneri- ja teadusaplikatsioonides kasutamiseks. Selle graafiline programmeerimise keskkond teeb kergeks koodide visualiseerimise ning loomise. Antud platvorm sobib hästi erinevate andmete salvestamiseks ning rakenduste juhtimiseks ja jälgimiseks. Ühtlasi on ka lihtne luua selget ja arusaadavat kasutajaliidest.

6.4. Tarkvara ülesehituse lahtiseletus

6.4.1. Initsialiseerimine

Initsialiseerimise staadiumis tehakse programmile selgeks, kas testitakse tavalist ühe poolega nuppu või kahe poolega nuppu. Ühtlasi kirjeldatakse ka selles staadiumis, millised silindrid peavad liikumisi sooritama, kui pikk on vajutuse kestvus ning vajutuste vaheliste perioodide kestvus. Samuti öeldakse ka programmile tehtavate tsüklite arv. Järgmisena liigutakse staadiumisse Esimene pool alla (6.4.2).

6.4.2. Esimene pool alla

Selles staadiumis liigutab programm määratud ajaks alla nupu esimese poole silindrid, selles staadiumis toimub ka tehtud tsüklite arvu suurendamine 1 võrra ning ennustatava lõpu aja arvutamine. Edasi liigub programm staadiumisse Üles (6.4.3).

6.4.3. Üles

Antud staadiumis tõstab programm kõik silindrid üles ettenähtud ajaks. Selles staadiumis kontrollib programm kas testitava nupuna on tegemist ühe või kahe poolse nupuga, kui kahe poolse nupuga, siis teeb programm kindlaks kas staadium Teine pool alla (6.4.4) on läbitud, kui ei, siis liigub programm mainitud staadiumisse. Kui staadium on läbitud, kontrollib programm kas on vajutatud nupule „Paus“, kui on, siis liigub programm staadiumisse Paus (6.4.5). Kui antud nupule ei ole vajutatud, siis teeb programm kindlaks kas tsüklite arv on täis, kui on täis, siis liigutakse staadiumisse Stop (6.4.6), kui ei ole täis, siis tagasi staadiumisse Esimene pool alla (6.4.2).

6.4.4. Teine pool alla

Antud staadiumis liigutab programm ettenähtud ajaks alla teise nupu poole jaoks määratud silindrid ning seejärel liigub programm staadiumisse Üles (6.4.3).

6.4.5. Paus

Selles staadiumis on programm nii kaua kuni „Paus“ nupp on alla vajutatud, kui nupp ei ole enam alla vajutatud asendis, siis liigub programm tagasi staadiumisse Esimene pool alla (6.4.2).

6.4.6. Stop

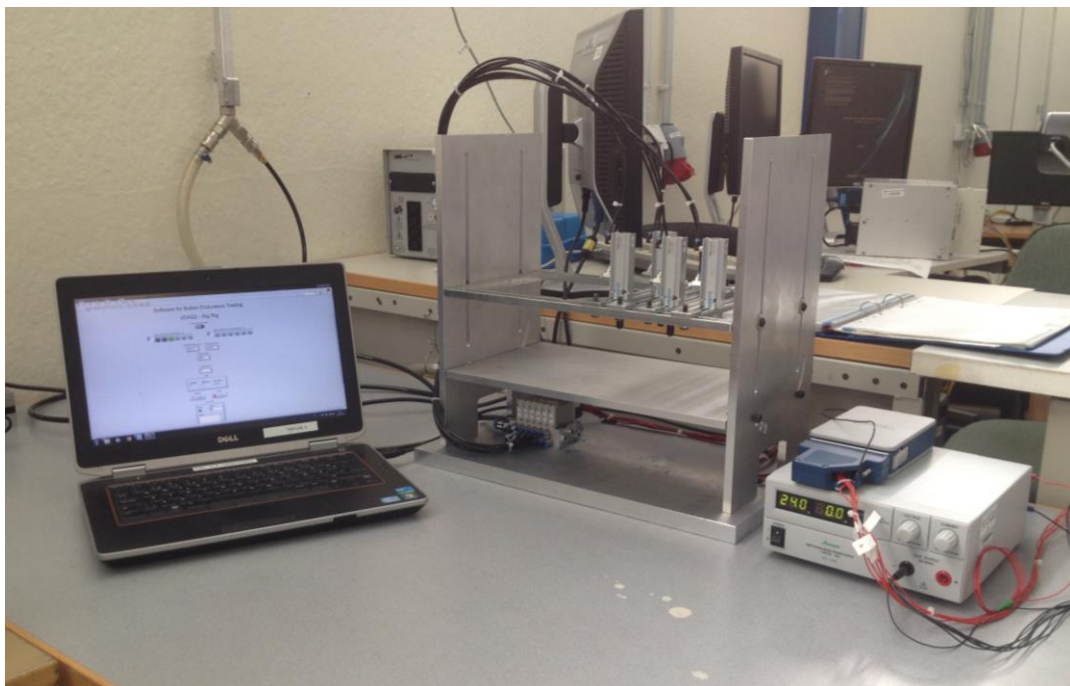
Selles staadiumis lõpetab programm töö, ning sulgeb suhtluse National Instruments-i releemooduliga.

Terve tarkvara programmi kood asub Lisa 10. Tarkvara kood.

7. Testseadme komplekteeritud koost

Testseadme lõplikku koostu kuuluvad kasutajaliidesena juhtimiseks mõeldud sülearvuti, rakis koos pneumaatiliste täiturite ning suunaventiilidega, National Instruments-i releemoodul ning toiteallikas. Vaata Joonis 18. Antud joonisel ei ole testsüsteemile kinnitatud Atlas Copco C11M-16-6-160 silindreid.

Testsüsteemi vahetus läheduses asuvad nii toiteallikas kui ka pea-rõhuregulaator, seega on ohu tekkimise korral võimalik kiiresti toide välja lülitada ning rõhk maha keerata.



Joonis 18 – Komplekteeritud testsüsteem

Nagu eelnevalt käesoleva töö peatükis 3 mainitud, siis on testsüsteemile võimalik vajadusel lisada 4 rõhuregulaatorit, mis paigutatakse suunaventiilide ning pneumaatiliste silindrite vahele (Joonis 19). See võimaldab liigutada silindreid väikseme rõhuga kui on vaja suunaventiilide asendi vahetamiseks, see omakorda resultaadina võimaldab kasutada väiksemaid jõude kui seda ainult pilootõhku kasutades. Ühtlasi võimaldab see ka silindreid samal ajal erineva rõhuga kasutada.



Joonis 19 – Rõhuregulaatorid suunaventiilide ja silindrite vahel

Antud töö raames ei ole testsüsteemile paigaldatud silindrite lõpuandureid. Tulevikus tuleks kindlasti kaaluda andurite lisamist turvalisuse ja kindluse suurendamiseks ning veendumaks, et silindrid on sooritanud liikumise. Hetkel kontrollitakse silindrite liikumist toote signaalide logimise kaudu, kui nupud on lülitunud. Kui aga ettevõttes peaks toimuma rõhu kadumine, siis toote logist võib lugeda, et nupud ei ole lülitunud, kuid kindlaks jääb tegemata kas viga on tootes või testsüsteemis.

Andurite lisamisel tuleb kindlasti meeles pidada, et konkreetse aplikaatsiooni puhul ei soorita silindrid valdaval osal ajast liikumist kogu oma käigu ulatuses, vaid silindrid liiguvad seni, kuni saavutavad kindlaks määratud jõu ning seejärel jäävad seda hoidma kuni järgmise käsu saamiseni.

Testsüsteemi täiendamisel sobiksid kasutamiseks järgmised meetmed:

- Rõhureleed
- Magnetandurid

7.1. Rõhureleed

Konkreetse testsüsteemi puhul sobiksid silindrite soorituste kontrollimiseks hästi rõhureleed. Rõhureleed tuleks paigutada silindri ja suunaventiili vahele. Releed tuleks reguleerida

soovitud rõhu peale reageerima ning see rõhk peaks olema sama või natukene madalam kui nuppude vajutamiseks tarvis oleva jõu saavutamiseks vajalik rõhk, et vältida olukordi kus releed ei lülitu kui sooritus toimub.

Kui releed lülituvad soovitud rõhu saavutades, tuleks see relee lülitus logida koos lülituse järjekorra numbriga ning kuupäeva ja kellaajaga, nii on võimalik kahtluste vältimiseks võrrelda ja kontrollida toote ning testsüsteemi logisid.

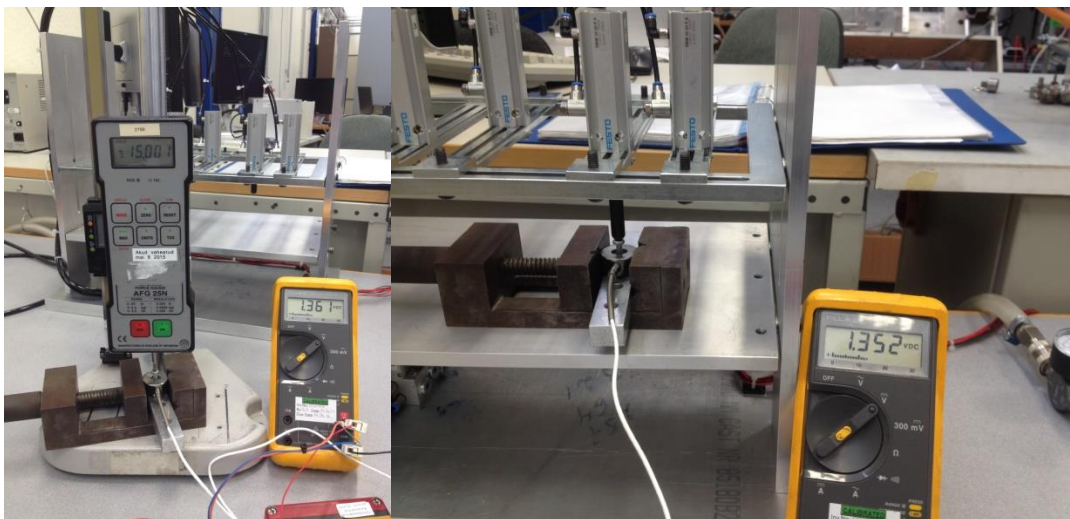
7.2. Magnetandurid

Veel üks võimalus antud testseadet turvalisemaks teha on kasutada rõhureleede asemel magnetandureid. Konkreetse aplikaatsiooni puhul piisaks igale silindrile ühe anduri paigaldamisest. Andur peaks olema paigaldatud silindri miinus-asendi kontrollimiseks. Sedasi töötaks antud seadistus kontrollides silindri kolvi miinus-asendist ära liikumist ning ühtlasi kontrollides ka tagasi jõudmist. Kui andurid on vastavad signaalid arvutile edastanud, võib olla kindel, et silindri kolb on liikunud enda miinus-asendist ära ning ka tagasi jõudnud, seega sooritus on tehtud. Ühtlasi tuleb see ka logida sarnaselt peatükis 7.1 mainitule, logides ühtlasi ka soorituse järjekorra numbrit, kuupäeva ning kellaega.

8. Testsüsteemi seadistamine

Antud töö raames koostatud testsüsteemi seadistamiseks tuleb alguses selgeks teha millist jõudu peavad silindrid rakendama hakkama. Kui soovitud jõud on peatükis 2 mainitu põhjal väiksem kui 7 N, tuleb kasutada testsüsteemi koos täiendavate rõhuregulaatoritega, mis paigutatakse suunaventilide ja silindrite vahele. Antud rõhuregulaatoreid on võimalik testsüsteemile juurde lisada, et saavutada väiksemaid jõude kui 7 N ning nende abil on võimalik ka silindreid panna üksteisest sõltumatult erineva rõhuga tööle. Antud regulaatoreid on võimalik paigutada vabalt valitud nelja silindri vahele.

Teades, mis jõuga peavad silindrid töötama, tuleb edasiseks jõu reguleerimiseks kasutada jõumõõturit ning jõuandurit. Jõumõõturiga osutatakse jõuandurile survet, kuni esimene näitab soovitud väärtust, seejärel loetakse multimeetri abil jõuanduri näit. Järgmisena tuleb jõuandur asetada kindlalt fikseerituna silindri alla ning sooritada silindriga pluss-suunaline liikumine. Silindrite rõhku tuleb reguleerida seni kuni jõuandurilt on võimalik multimeetriga lugeda sama näitu kui siis kui andur oli jõumõõturi all. Antud protsessi illustreerib Joonis 20.

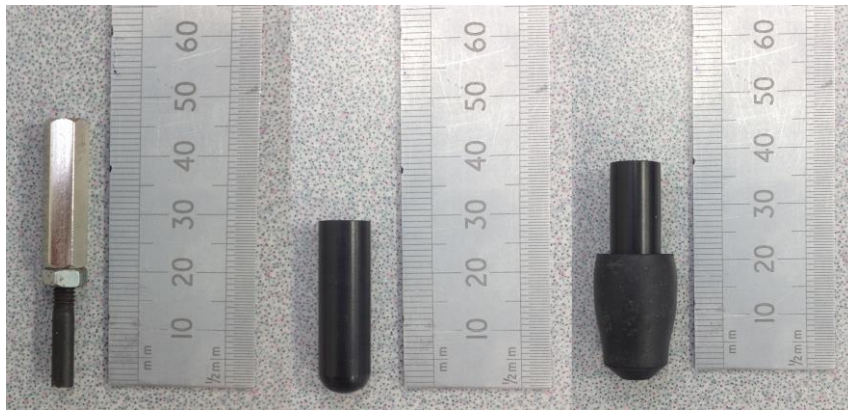


Joonis 20 – Jõu seadistamine jõuanduri abil

Olles saavutanud soovitud jõu, tuleb täita juhtimiseks mõeldud arvutis programmi kasutajaliides (vaata Lisa 9. Tarkvara kasutaja paneel). Valida tuleb millises režiimis nupud

töötavad, vastavalt sellele määrata silindrid mis hakkavad liikumisi sooritama. Lisaks tuleb ka defineerida soovitud tsüklite arv ning silindrite pluss- ja miinus-asendis olemise aeg.

Lisaks on võimalik valida millised otsikud silindritele kinnitatakse. Hetkel kasutatakse ettevõttes peamiselt kolme erinevat otsikut (vaata Joonis 21), kuid otsikuid on võimalik kerge vaevaga ise modifitseerida või juurde teha, kuna need kinnitatakse silindri kolvivarre külge tavalise M4 keermega.



Joonis 21 – Silindrite otsikud

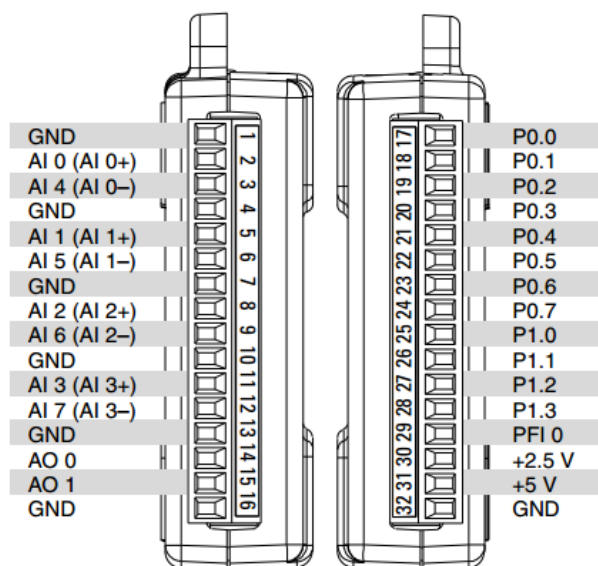
9. Silindrite jõu analüüs

Pärast testsüsteemi valmimist, on töö raames läbi viidud katse, kus sooritatakse kõigi nelja Festo DMM-10-30-P-A silindriga 25 000 vajutust. Iga vajutust logitakse ning seejärel analüüsitakse saadud tulemusi.

Katse sooritamiseks vajutatakse silindritega peatükis 8 mainitud jõuandurile ning kasutades seadet NI-USB-6008 [16] logitakse anduri pinget iga vajutuse puhul ning hiljem arvutatakse pinge ümber jõuks.

NI-USB-6008 on National Instruments poolt loodud lihtne digitaal ning analoog sisendite ja väljunditega seade, mis võimaldab sooritada mõõtmisi, andmete logimisi ning muidu laboratoorseid eksperimente.

Antud katse sooritamiseks tuleb ühendada jõuandur NI-USB-6008 GND ning AI0 terminalidega (Joonis 22). Lisaks on täiendatud ka testseadme tarkvara logimisele pühendatud programmi koodi lisaga (Lisa 11. Koodi lisa pinge logimiseks).



Joonis 22 – NI-USB-6008

Antud katse käigus kasutatakse kõikide silindrite puhul sama pilootrõhku, mis seadistatakse ühe silindri järgi. Eksperimendi eesmärk on teha selgeks, kui suur on silindrite omavaheline rõhu kõikumine ning näha kas ja kui oluline on kasutada eraldi rõhuregulaatoreid iga suunaventili ja silindri vahel.

9.1. Tulemuste analüüs

Iga silindri 25 000 vajutuse tulemusi kirjeldavad Tabel 1 ning graafikud, mis asuvad Lisa 12. Silindrite vajutuste graafikud.

Tabel 1 – Mõõtetulemuste kokkuvõte

	Silinder 3		Silinder 4		Silinder 5		Silinder 6	
	Pinge (V)	Jõud (N)	Pinge (V)	Jõud (N)	Pinge (V)	Jõud (N)	Pinge (V)	Jõud (N)
Maksimum	1,555	16,6	1,450	15,6	1,486	15,9	1,489	15,9
Keskmine	1,390	15,0	1,374	14,8	1,336	14,4	1,414	15,2
Miinumum	1,254	13,6	1,302	14,1	1,171	12,9	1,336	14,4
Erinevus		3,0		1,5		3,0		1,5

Enne katse alustamist seadistati testsüsteemi rõhk ehk vajutuste jõud Silinder 5 järgi 14,5 N peale. Tabel 1 põhjal on näha, et Silinder 5 keskmine jõud üle 25 000 vajutuse oli 14,4 N, mis on väga lähedal soovitud tulemusele. Kõikide silindrite keskmine tulemus kõikus vahemikus 14,4 N – 15,2 N ehk erinevus oli 0,8 N.

Samuti võib Tabel 1 ning silindrite individuaalsete graafikute (Lisa 12. Silindrite vajutuste graafikud) põhjal näha jõu kõikumist iga silindri vajutuste jooksul. Silindrite 4 ja 6 vajutustega võib jääda rahule, graafikud on ühtlased ning maksimumi ja miinimumi vaheline erinevus on kõigest 1,5 N. Silindrite 3 ja 5 puhul on aga graafikud ebaühtlased ning jõudude maksimumi ja miinimumi vahe on 3,0 N, mis on antud skaala puhul liiga suur erinevus.

Katse põhjal võib järeldada, et soovitatav on kasutada eraldi rõhuregulaatoreid iga silindri ja iga silindri suunaventiili vahel, kuna kasutades sama pilootrõhku kogu süsteemi ulatuses, töötavad silindrid siiski natuke erineva jõuga. Kasutades aga rõhuregulaatoreid ning seadistades iga silindri rõhk eraldi, saab garanteerida, et keskmine vajutuse jõud tuleb ligilähedane seadistatud jõuga.

Vaadates silindrite vajutuste graafikuid, võib näha, et graafikutel on väga palju elektrilist müra. Ka see võib olla põhjus, et Silindrite 3 ja 5 puhul on jõudude erinevus väga suur ning ka graafikud ebaühtlased. See võib tuleneda antud mõõtemetodist. NI-USB-6008 ei suuda pinge mõõtmisel välja filtreerida elektrist tekkivat müra ning sama pinget logides võib tulemus olla erinev. Katset tuleks tulevikus korrata kasutades spetsiaalset multimeetrit, mida on võimalik arvutiga ühendada, see võimaldaks saada oluliselt täpsemaid ja usaldusväärsemaid mõõtetulemusi. Ühtlasi tasuks järgmises katses kasutada ka eraldi rõhuregulaatoreid. Kui sisse viia mainitud muudatused, siis on võimalik katse sooritada täpsemini ning ka tulemused oleksid usaldusväärsemad ning toekamad. Ühtlasi on ka suur tõenäosus, et katse tulemused paranevad.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö raames disainiti ning koostati pneumaatiline testsüsteem nuppude vastupidavuse testimiseks. Seade on vajalik, kuna autotööstuses viiakse toodete arendamise faasis läbi kliendi nõuete ning autotööstuses kehtivate standardite kohaseid katseid, mis peavad klienti veenma, et toote kvaliteet vastab seatud kriteeriumitele ning on sobiv tootmisesse laskmiseks. Antud katseseadme ülesandeks on sooritada vajutusi toodete nuppudele etteantud jõuga ning kindel arv kordi. Tootel ei tohi testi lõppedes ega testi ajal esineda mehaanilisi ega funktsionaalseid vigu.

Pärast testseadme valmimist võib öelda, et seade vastab peatükkides 1 ja 6.1 seatud nõuetele. Pneumaatilisest kontseptsioonist lähtudes on võimalik kinnitada, et süsteemi jõuvahemikule seatud kriteerium on täidetud. Testseadme maksimaalne jõud on 140,7 N ning minimaalne jõud 7,1 N. Kasutades täiendavaid rõhuregulaatoreid silindrite ning suunaventiilide vahel, on võimalik minimaalne saavutatav jõud viia alla 5 N ning samas on võimalik silindreid panna samaaegselt erineva rõhuga tööle.

Testsüsteem on ka mehaanilisest aspektist vaadelduna õnnestunud. Täidetud on kõik seatud tingimused, lähtudes nii dimensioonidest kui ka funktsionaalsusest. Seade on väga universaalne. Silindreid on võimalik liigutada kogu toote kinnitamiseks mõeldud plaadi ulatuses ning toodet on võimalik kallutada 10°, 20° ning 30° võrra. Kinnitamaks erinevaid tooteid testsüsteemile on võimalik disainida tootepõhine kinnitusplaat ning kinnitada see lihtsa vaevaga süsteemile. Samuti on võimalik vajaduse korral katseseadet täiendada, lisades seadmele lihtsa vaevaga ning suuri muudatusi tegemata uusi silindreid.

Katseseadme tarkvara arendamisel järgiti, et tulemus oleks kasutajale lihtne ja selge. Seade on väga kerge vaevaga operaatori poolt seadistatav. Selge kasutajapaneeli kaudu on võimalik valida kahe testi režiimi vahel, ühtlasi võimaldab kasutajaliides valida konkreetseid silindreid, mis sooritavad liikumisi ning ühtlasi ka määrata aeg, kui kaua viibivad silindrid pluss ja miinus asendis. Määratav on ka soorituste arv. Testsüsteemi programm ennustab vastavalt viimastele sooritustele testi lõpu aega ning testi on võimalik panna ka pausile ning jätkata pooleli jäänud kohast.

Tulevikus võiks vastavalt vajadusele kaaluda testseadme turvalisemaks muutmist. Selleks oleks mõistlik täiendada süsteemi kas rõhureleede või magnetanduritega, mille kaudu

kontrollida testi vältel silindrite tehtud sooritusi ning neid ühtlasi ka logida. Nii on võimalik võrrelda testi lõppedes silindrite soorituste arvu ning toodete lülituste arvu ja selle põhjal järeldusi teha.

Ühtlasi tasuks tulevikus viia läbi uus ja põhjalikum katse, mille käigus analüüsida silindrite vajutusjõudusid üle mitme vajutuse ning kasutada jõuanduri pinge logimiseks täppismultimeetrit, mida on võimalik arvutiga ühendada ning logida. See väldiks liigse müra logimist ning sellega kaasnevalt ka katseandmete moonutumist.

Kokkuvõttes võib sooritatud projektiga rahule jääda. Katseseadmele seatud põhilised kriteeriumid on täidetud ning testsüsteem täidab oma eesmärgi. Viies läbi eelmainitud arendused ja muudatused, on võimalik testsüsteemi veel täiendada ning selle kaudu tõsta klientide usaldust ettevõtte testimetmes.

SUMMARY

In the process of the given paper, a pneumatic test system for button endurance testing was designed and built. The device is necessary to perform button endurance tests by customer specifications and automotive standards during the product development phase. These tests are performed to assure the customer that the products quality meets the set requirements and that the product is ready to go into mass production. The task of the given test system is to press on the products buttons with the required force for the required number of times. The product must not show any functional or mechanical faults during or after the test.

After the completion of the test system it can be said that the final result meets the requirements set in the current papers chapters 1 and 6.1. From the pneumatics point of view the device is capable of performing the tests through the desired range of force. The test system can reach up to 140.7 N and the minimum force is 7.1 N. It is possible to reach forces under 5 N by using individual air pressure regulators for each pneumatic actuator. These air regulators also provide a possibility for the cylinders to actuate simultaneously but with different air pressure.

The test system also meets all the given requirements in the field mechanics, considering the dimensions and functionality of the test device. The test system is universal, the design provides a possibility to move and fixate the actuators over the whole area of the products fastening panel, it is also possible to tilt the products fastening panel by 10°, 20° and 30°. The design of the products fastening panel makes it easy to design new product specific fixtures for securing the product onto the test system. The design of the test system also leaves an option to improve it by adding new cylinders with different designs if necessary.

During the process of developing software for the test system it was made a priority for the final result to be clear and user friendly. The software provides an easy program setup for the operator. The clear user interface provides a possibility to choose between two different test modes and select the exact actuators that are going to be used during the test. The duration and the number of cycles also can be specified. The test software forecasts the end time of the test and provides an option to pause test and continue from the same point.

Depending on the need, the test systems safety measurements can be improved in the future. It would be reasonable to consider adding either pressure switches or magnetic sensors to the

actuators, providing a possibility to count and log the test cycles. The given improvement would serve as a safety measure by comparing the number of cycles of the test system and the number of switches the product has register after the end of the test.

In the future, also another and more thorough test for analysing the cylinders actuation forces should be conducted. The test should be performed covering a number of cycles and using a highly accurate digital voltmeter that can be connected with a PC. The voltmeter would be used for measuring the voltage of the load cell during the test and logging the results. Using the mentioned method would make it possible to filter out the electrical noise from the measurements and therefor provide accurate and non-distorted results for analysing the actuators forces.

To sum up, the project can be considered as successfully completed. The test system meets all the given requirements and serves its purpose. By completing the mentioned improvements, the test system could be considered more accurate and the company would gain further trust from the customers in the used test methods.

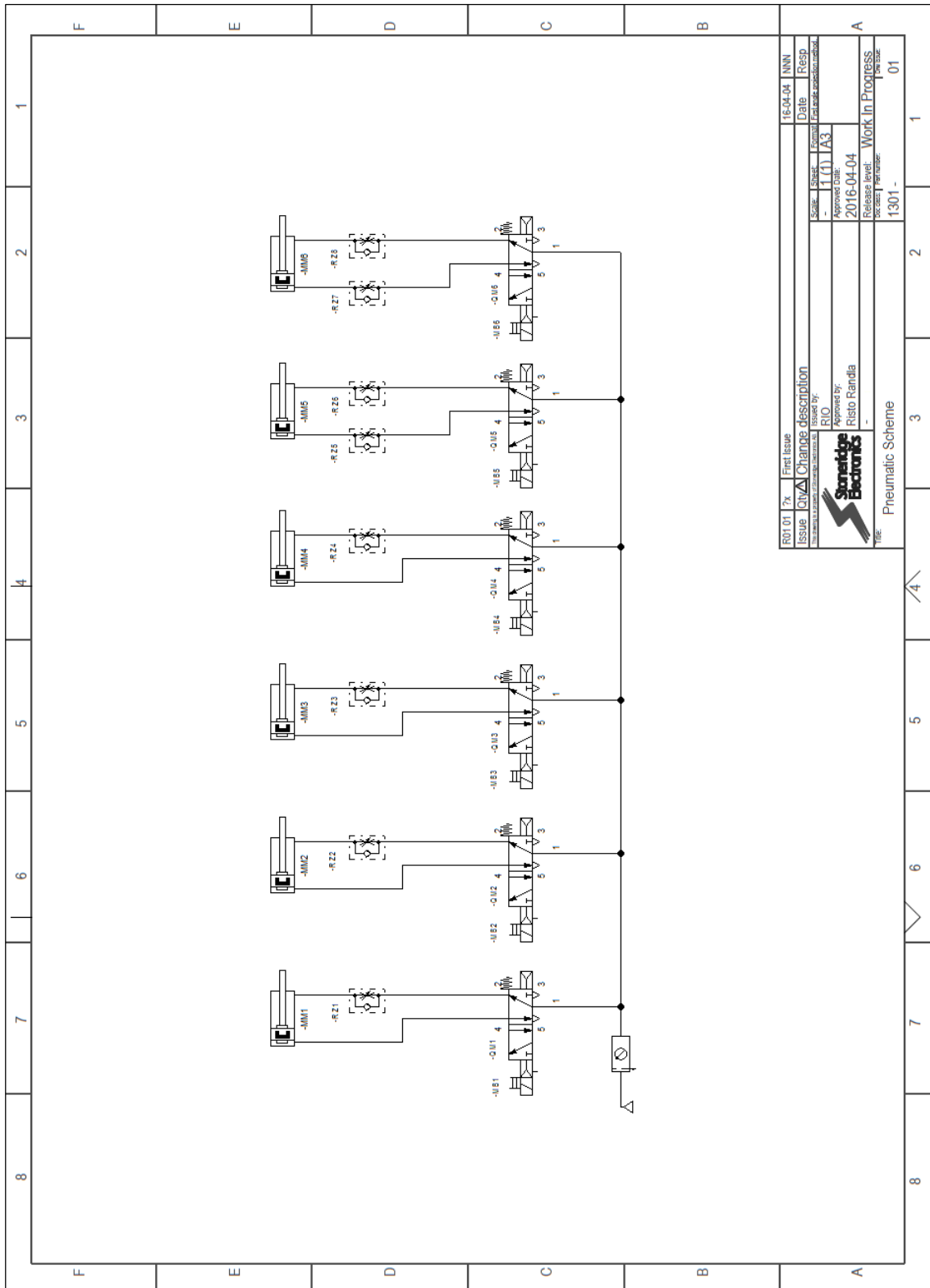
KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Stoneridge Electronics kodulehekülg [WWW]
<http://www.stoneridge.com/> (11.04.2016)
- [2] Festo FluidSIM kodulehekülg [WWW]
http://www.fluidsim.de/fluidsim/index5_e.htm (11.04.2016)
- [3] PTC Creo Parametric kodulehekülg [WWW]
<http://www.ptc.com/cad/creo/parametric> (11.04.2016)
- [4] Solidworks Premium kodulehekülg [WWW]
<https://www.solidworks.com/sw/products/3d-cad/solidworks-premium.htm>
(11.04.2016)
- [5] LabVIEW kodulehekülg [WWW]
<http://www.ni.com/labview/> (11.04.2016)
- [6] Hüdro- ja pneumoajamid kursuse lehekülg [WWW]
<https://moodle.hitsa.ee/course/info.php?id=3001> (11.04.2016)
- [7] Festo tootekataloog [WWW]
https://www.festo.com/cat/et_ee/products (11.04.2016)
- [8] Festo DMM-10-30-P-A spetsifikatsioon [WWW]
https://www.festo.com/cat/et_ee/products_DMM_EMM (11.04.2016)
- [9] Festo VUVG ja VTUG suunaventiilide spetsifikatsioon [WWW]
https://www.festo.com/cat/et_ee/products_VUVG (11.04.2016)
- [10] Festo ühesuunaliste drosselite spetsifikatsioon [WWW]
https://www.festo.com/cat/et_ee/products_GRLA_QS (11.04.2016)
- [11] Festo MS4-LR rõhuregulaatori spetsifikatsioon [WWW]
https://www.festo.com/cat/et_ee/products_MS4_LR (11.04.2016)
- [12] NI 9476 spetsifikatsioon [WWW]
<http://www.ni.com/pdf/manuals/373964d.pdf> (11.04.2016)

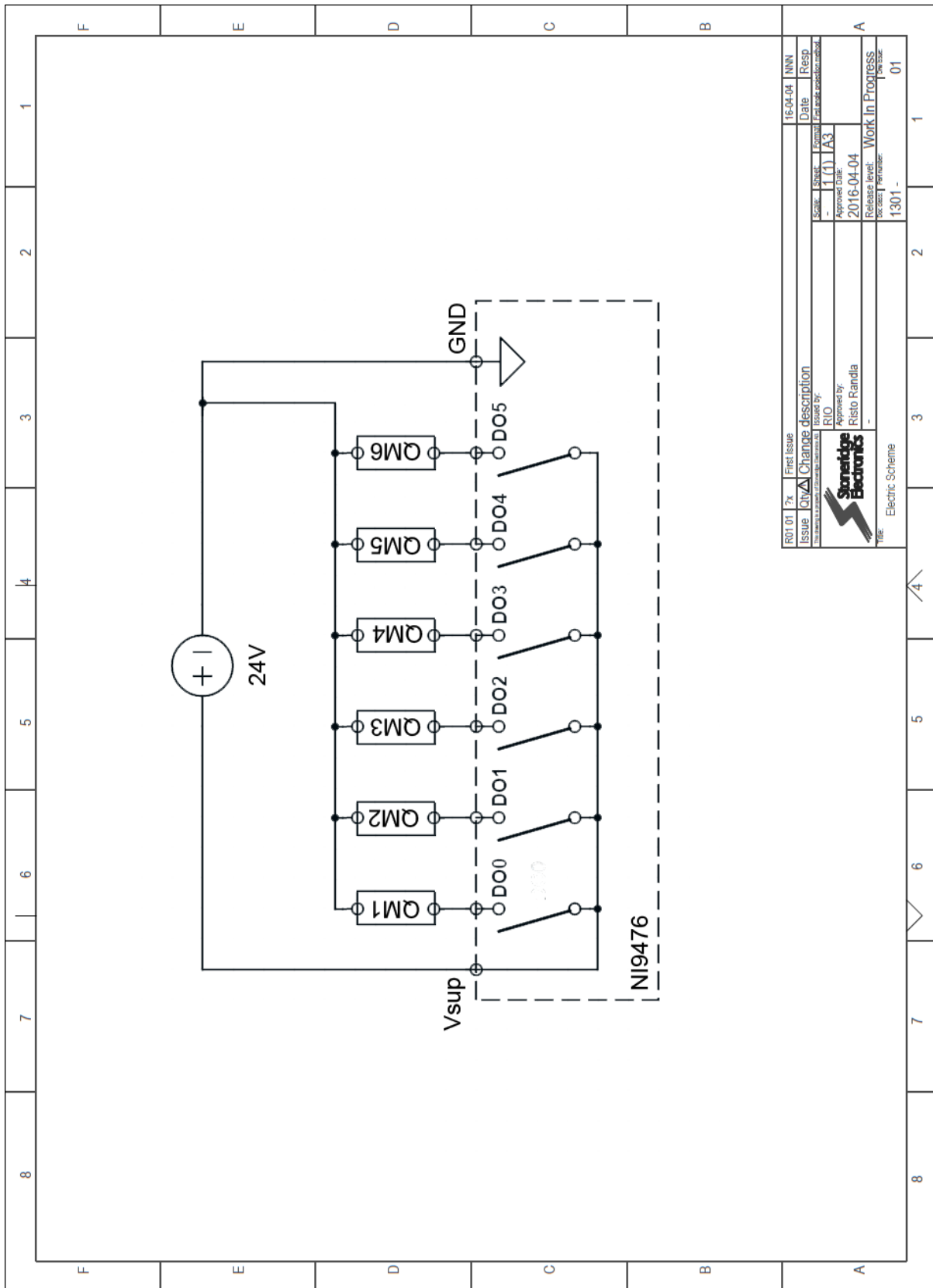
- [13] NI cDAQ-9171 spetsifikatsioon [WWW]
<http://www.ni.com/pdf/manuals/374037a.pdf> (11.04.2016)
- [14] NI 9923 spetsifikatsioon [WWW]
<http://www.ni.com/pdf/manuals/375923c.pdf> (11.04.2016)
- [15] National Instruments kodulehekülg [WWW]
<http://www.ni.com/en-us.html> (11.04.2016)
- [16] NI-USB-6008 spetsifikatsioon [WWW]
<http://www.ni.com/pdf/manuals/371303n.pdf> (01.05.2016)

LISAD

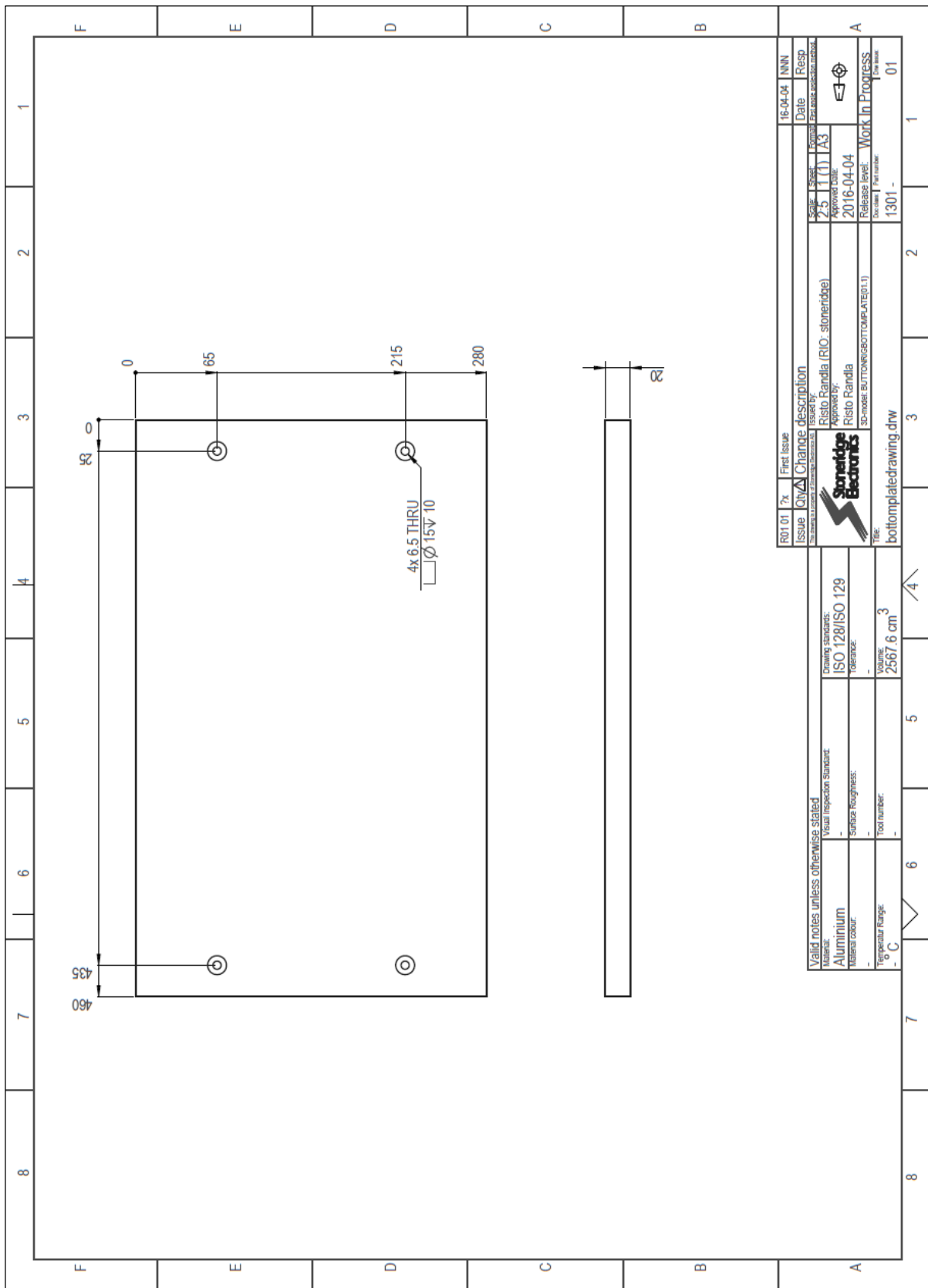
Lisa 1. Pneumaatika joonis



Lisa 2. Elektriskeem

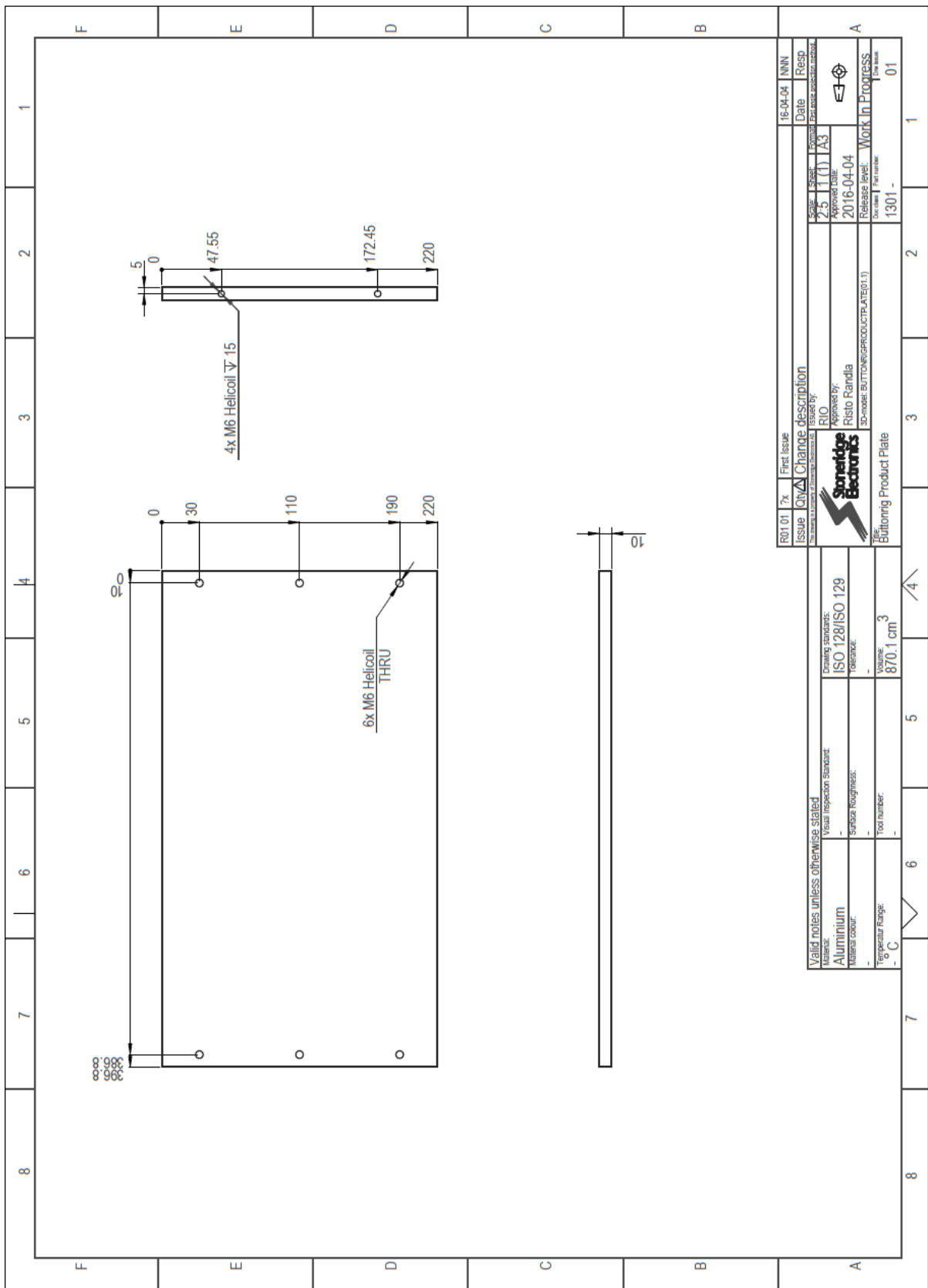


Lisa 3. Alusplaadi joonis

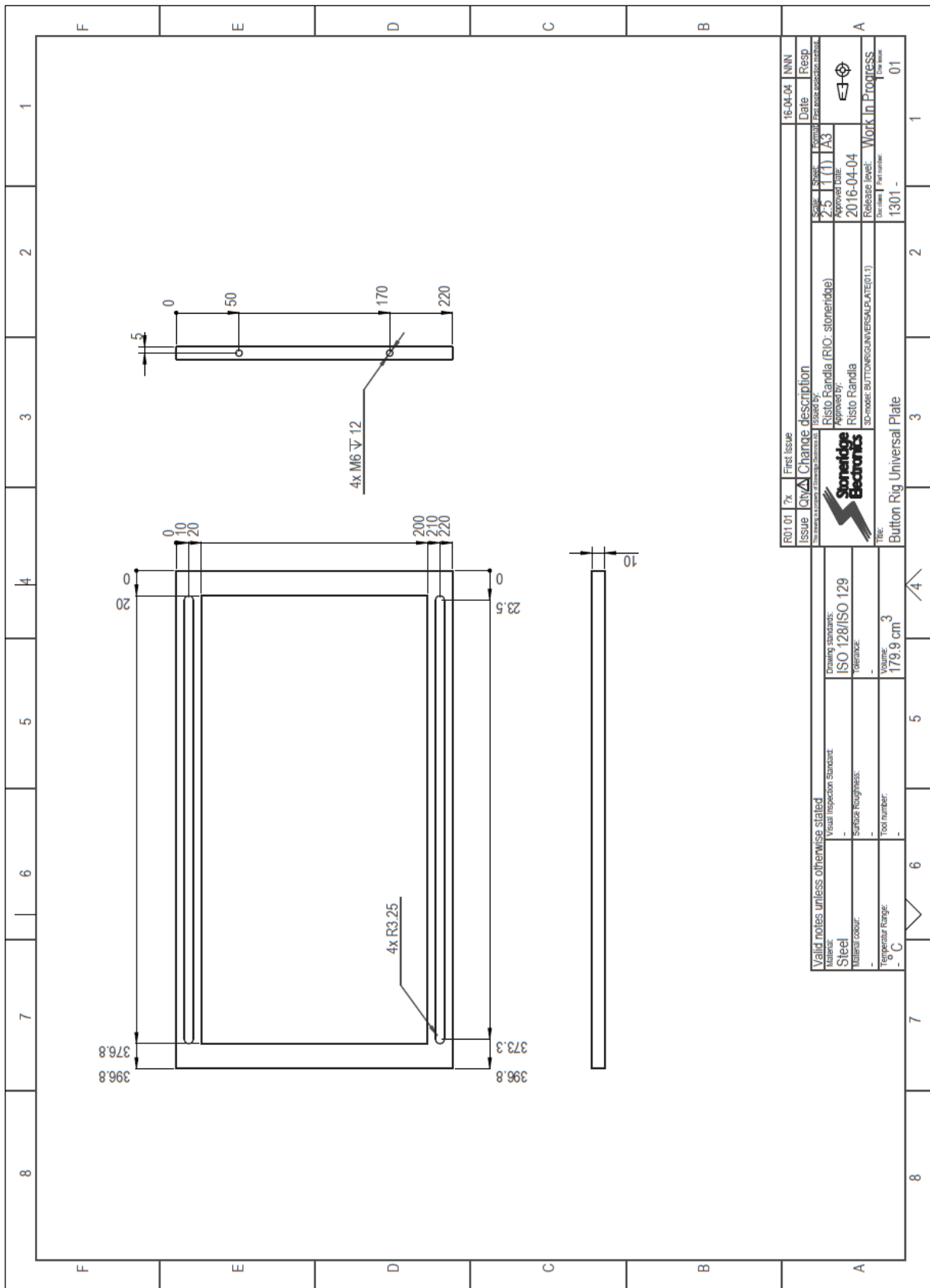


R01 01	7x	First Issue	16-04-04	NNN
Issue	City	Change description	Date	Resp
Valid notes unless otherwise stated		Project: Risto Randa (RIO: stoneride)	16-04-04	
Material: Aluminium	Visual Inspection Standard: ISO 128/ISO 129	Project: Risto Randa	17-04-04	
Material colour: -	Surface Roughness: reference	Project: Risto Randa	2016-04-04	
Temperature Range: - C	Tool number: -	3D-model: BOTTOMVIEWBOTTOMPLATE(0.1)	Release level: Work In Progress	
	Volume: 2567.6 cm ³	Doc name: Part number: 1301 -		Doc Issue: 01
		Title: bottomplatedrawing.dwg		

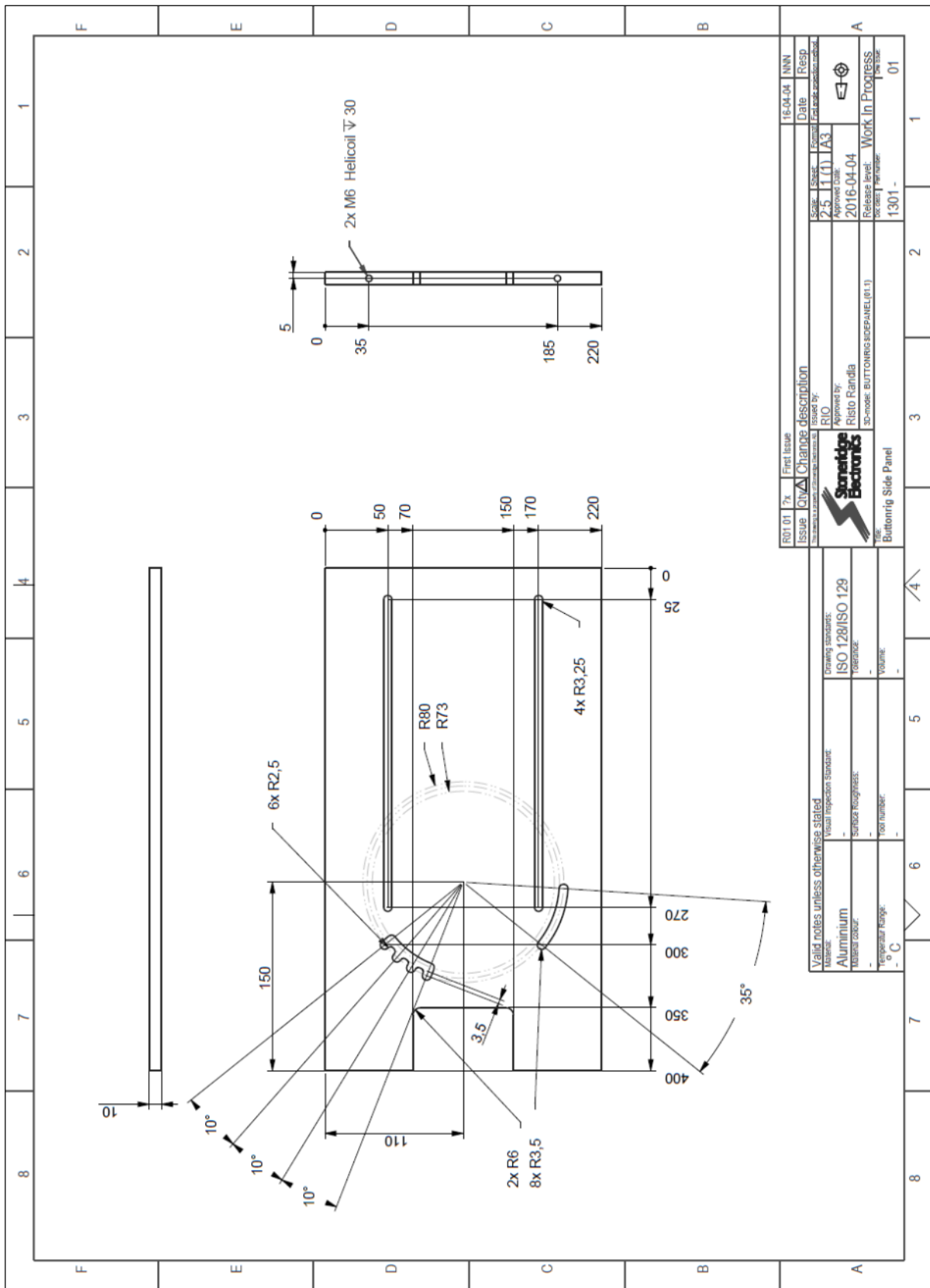
Lisa 4. Toote kinnitus plaadi joonis



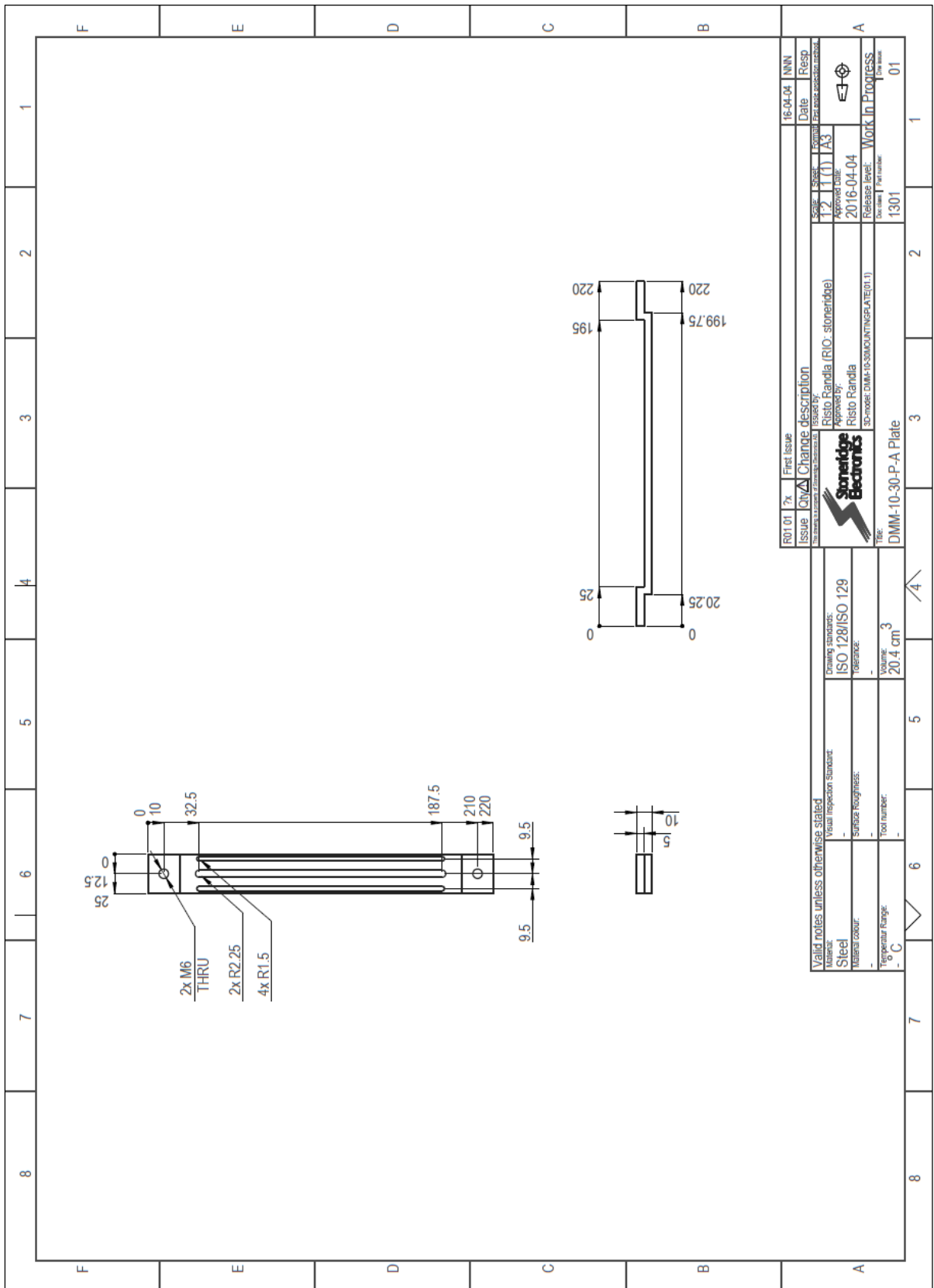
Lisa 5. Silindrite kinnitus plaadi joonis



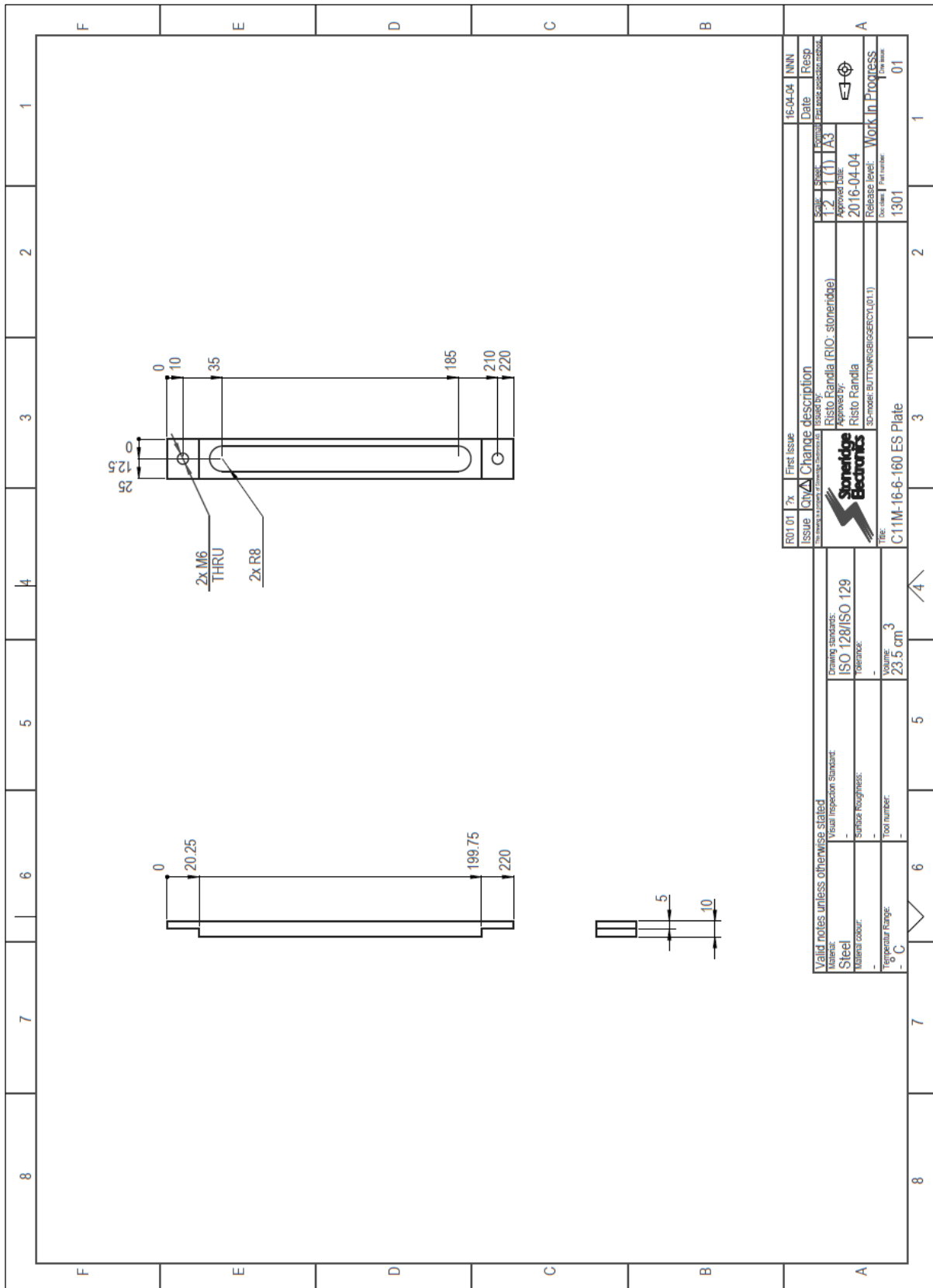
Lisa 6. Külg plaadi joonis



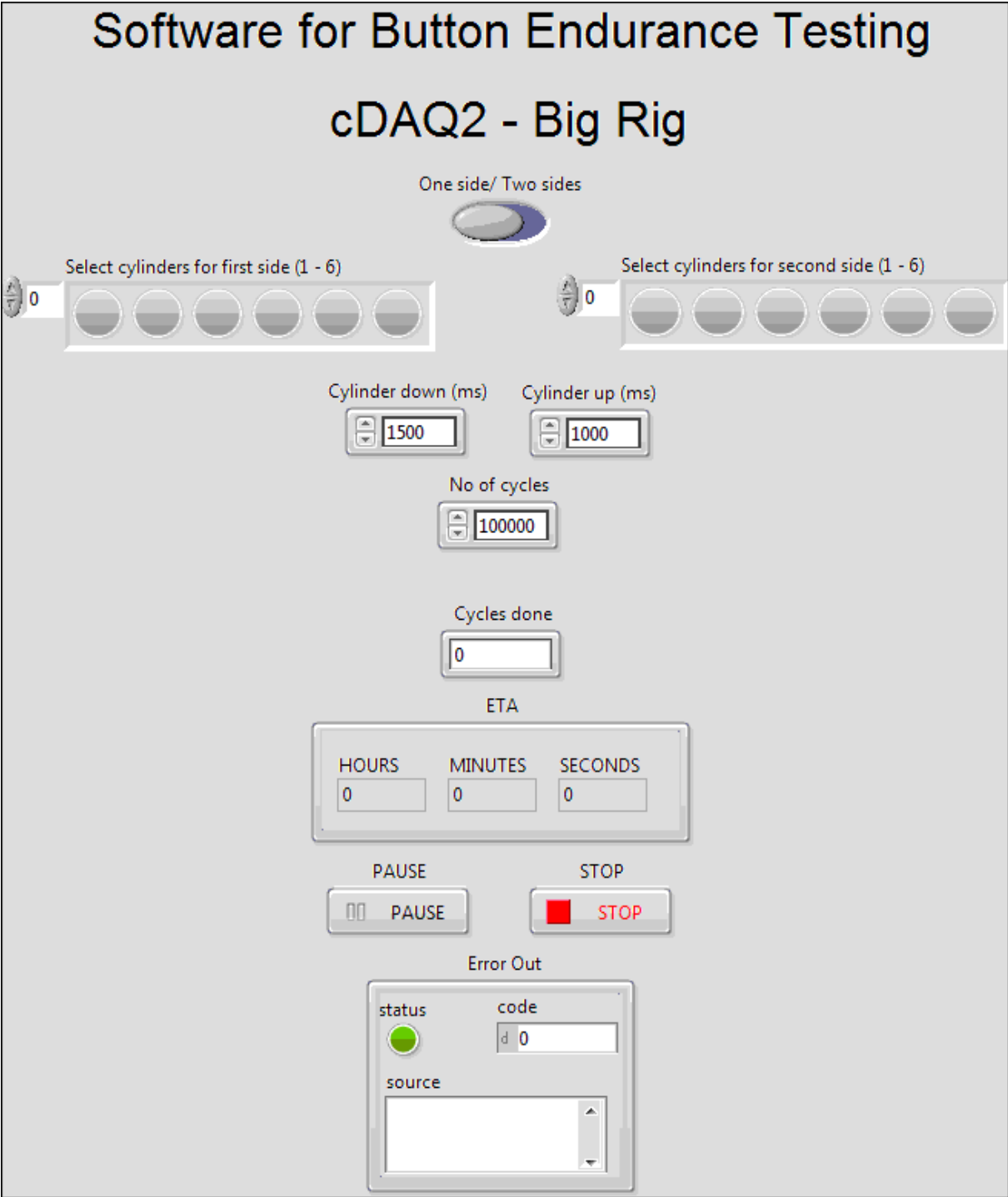
Lisa 7. DMM-10-30-P-A silindri kinnitus plaat



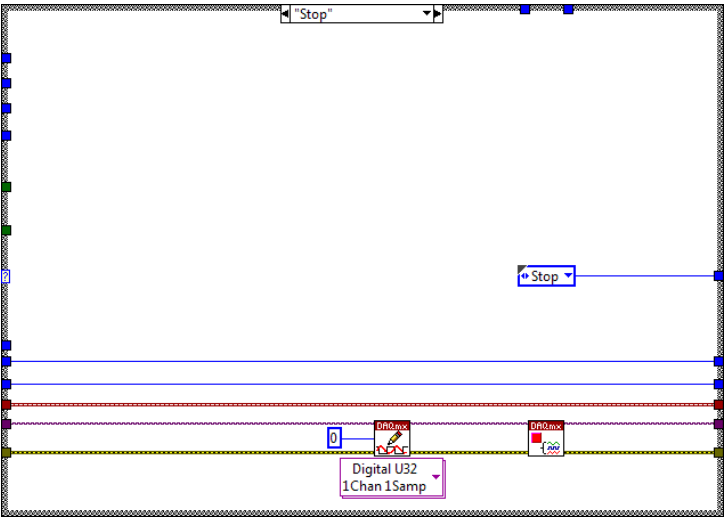
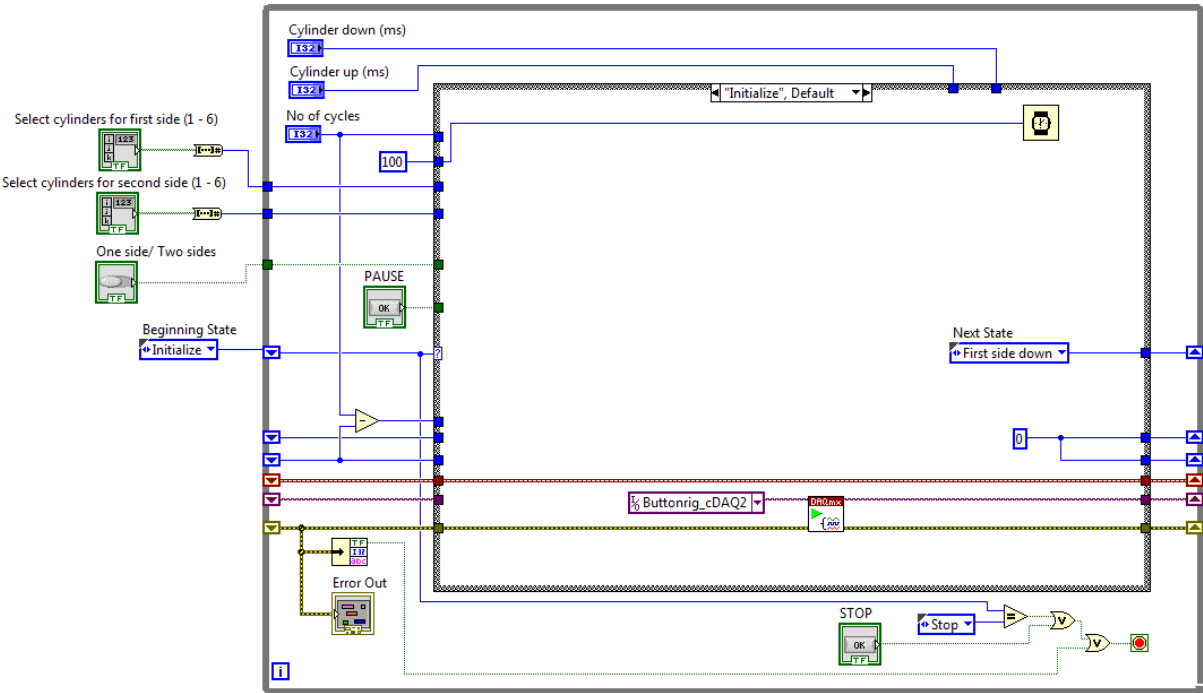
Lisa 8. C11M-16-6-160 ES silindri kinnitus plaat

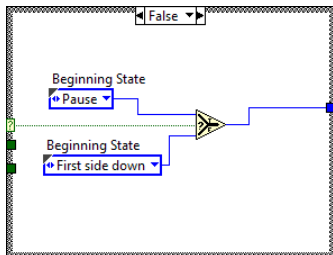
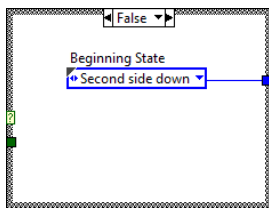
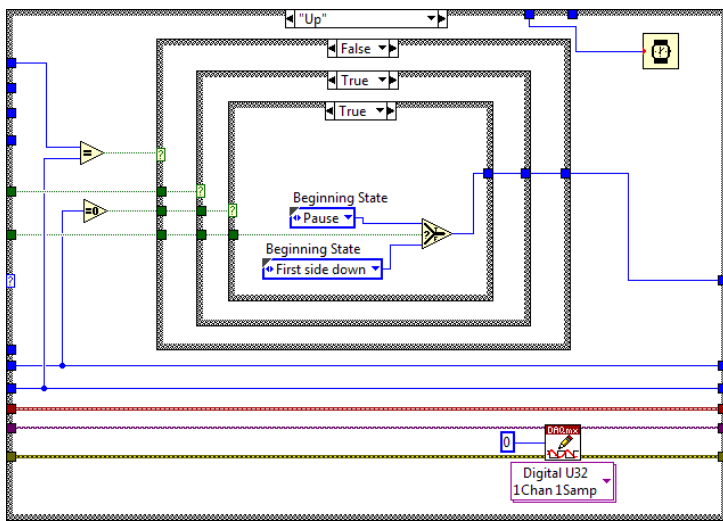
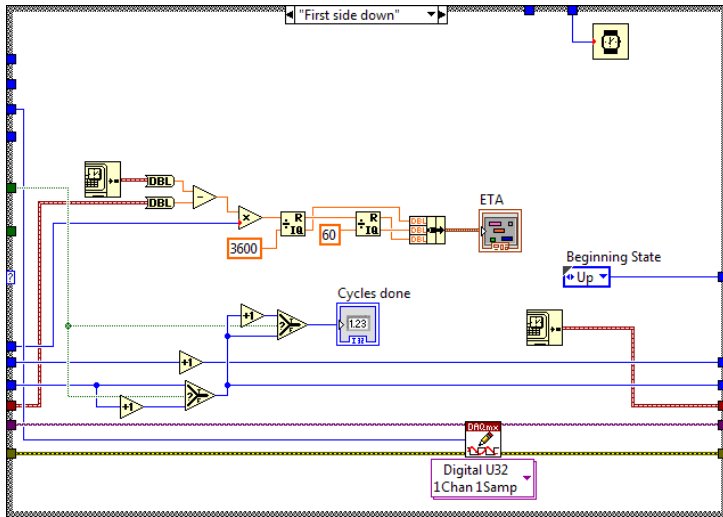


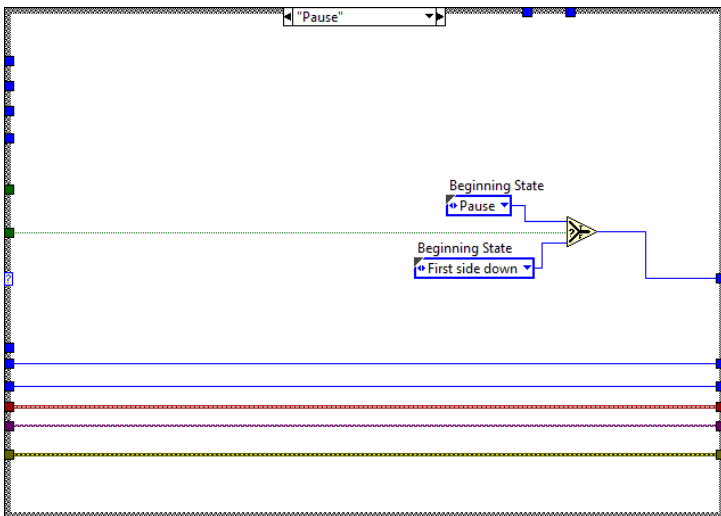
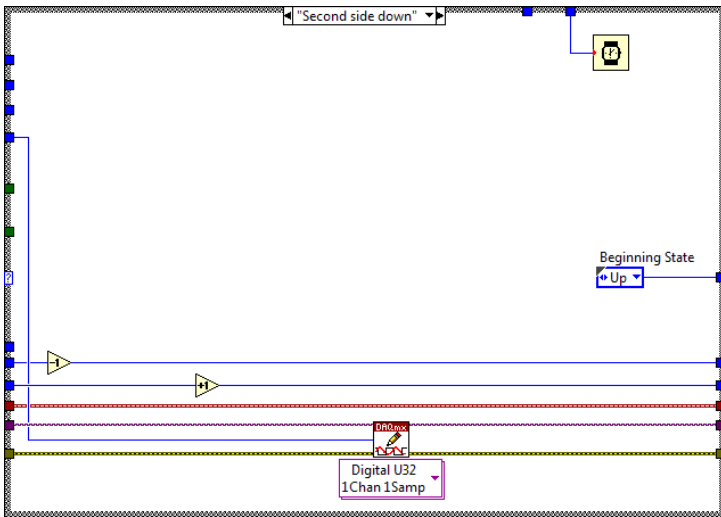
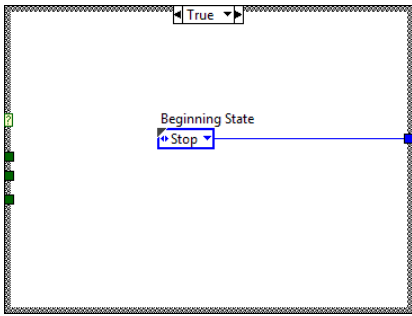
Lisa 9. Tarkvara kasutaja paneel



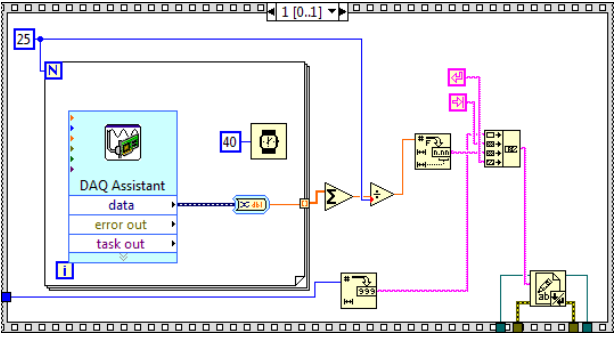
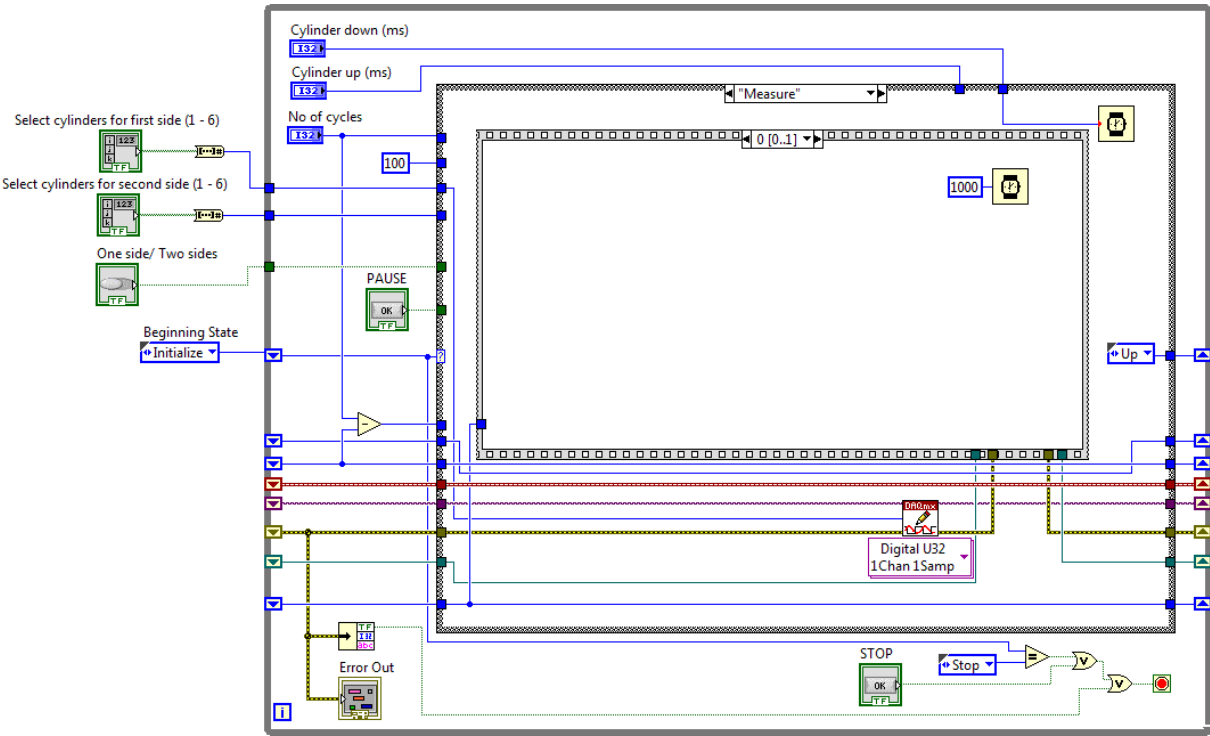
Lisa 10. Tarkvara kood







Lisa 11. Koodi lisa pinge logimiseks



Lisa 12. Silindrite vajutuste graafikud

