



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonikainstituut

Mehhatroonikasüsteemide õppetool

MHK40LT

Kaarel Viik

Turvavöökeele automaatkontroll AS Normas

Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste 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 Ahti Põlder-i juhendamisel

“.....”.....2016a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....2016a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....2016a.

..... allkiri

Bakalaureusetöö ülesanne

2016. õppeaastal

Üliõpilane: Kaarel Viik 103885MAHB
Õppekava: MAHB02/09
Eriala: mehhatroonika
Juhendaja: Ahti Põlder, nooremteadur
Konsultandid: Henri Purde, innovatsiooni insener, +372 650 0358

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) **Turvavöökeele automaatkontroll AS Normas**

(inglise keeles) **Automated seat belt tongue test in Norma Ltd**

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr.	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Kontrollimis liinile esitatavate nõuete välja selgitamine ja fikseerimine.	6.11.2015
2.	Seadme mehaaniliste sõlmede projekteerimine ning komponentide valik.	30.11.2015
3.	Elektroonika ja automaatika süsteemide ettevalmistamine ja eelkoostamine.	15.01.2015
4.	Kontrolleri programmeerimine.	28.01.2016
5.	Seadme koostamine ja töö lõplik vormistamine	29.03.2016

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid: Ülesandeks on projekteerida ja koostada kontrollseade eesmärgiga vähendada praaktoodetest tingitud plastmassi survevalu vormide purunemiseid ja seisakuid. Projekteerida ja tellida seadmele vajalikud mehaanilised osad, valida välja sobivad andurid ja täiturid ning programmeerida kontroller seadme juhtimiseks. Komponentide saabumisel seade koostada, testida ja seadistada vastavalt tootmise iseärasustele.

Täiendavad märkused ja nõuded: -

Töö keel: eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt 21.03.2016

Töö esitamise tähtaeg 20.05.2016

Üliõpilane Kaarel Viik

/allkiri/

kuupäev.....

Juhendaja Ahti Põlder

/allkiri/

kuupäev.....

SISUKORD

AUTORIDEKLARATSIOON	2
Bakalaureusetöö ülesanne	3
SISUKORD	4
EESSÕNA.....	6
SISSEJUHATUS.....	7
1 PROBLEEMI KIRJELDUS.....	8
1.1 Toote iseärasused ja neist põhjustatud probleemid	8
1.2 Kontrollitav keel ja mõõtemetodid	10
2 SEADME MEHAANIKA PROJEKTEERIMINE	12
2.1 Olemasolevad kontrollabinõud.....	12
2.2 Kontrollseadme tööpõhimõte	13
2.3 Olulisemate töösõlmede kirjeldus	14
2.4 Pneumaatilised täiturid	18
2.4.1 Juhikutega pneumosilindrid	18
2.4.2 Labaga pöördsilindrid	19
2.4.3 Kahepoolsetoimega pneumosilinder	20
2.5 Suunaventiilid.....	20
2.6 Lisaseadmed	21
2.7 Pneumoskeem.....	21
3 ELEKTROONIKA	23
3.1 Elektrisüsteemi ülesehitus ja skeem	23
3.2 Kasutatav kontrolleri ja selle omadused	23
3.3 Andurid.....	24
3.4 Muu elektroonika.....	25
4 AUTOMAATIKA.....	26
4.1 Kontrolleri programmeerimine.....	26

5	SEADME HÄÄLESTUS JA KATSETAMINE	29
5.1	Seadistamine	29
5.2	Seadme testimine ja verifitseerimine	30
6	OHUTUS	31
	KOKKUVÕTE	32
	SUMMARY	33
	KASUTATUD KIRJANDUS	34
	LISAD	35
	Lisa 1: Parempoolse külgekaliibri joonis	36
	Lisa 2: Kontrollseadme pneumoskeem	37
	Lisa 3: Kontrollseadme elektriskeem	38
	Lisa 4: Programmi kood	39
	Lisa 5: MSA CLT tootegrupi kontrollseadmele	40

EESSÕNA

Lõputöö teema valik tulenes otsesest vajadusest teostada CLT nimelisse turvavöökeelte tootegrupi kuuluvatele toodetele kontuurimõõtmete kontrolli, et avastada ja eemaldada lõppfaasis probleeme põhjustavad, vale kontuuripaindega praakdetailid. Töö projekteerimine toimus 2015. aasta teises pooles ja koostamine 2016. aasta alguses AS Normas innovatsiooniinsener Henri Purde juhendamisel.

SISSEJUHATUS

Norma AS kuulub Eesti suurimate tööstusettevõtete hulka. Alates 1972. aastast on Norma tegeleenud autode turvavarustuse tootmisega ning tänaseks on sellest saanud nende põhitegevus. Lisaks tootmisele toimub Normas pidev uute toodete välja töötamine ja arendamine, millega kaasnevad uued väljakutsed ja lahendust vajavad küsimused.

Käesolev lõputöö on välja arenenud Norma AS-i seoses CLT nimelise turvavöökeelte tootegrupi prognoositava toodangumahu olulise kasvuga aastal 2016 ning sellest tuleneva vajadusega tootmisprotsessi optimeerida. Peale erinevate tootmisprotsesside kaardistamist ja jälgimist selgus, et üks kriitilisemaid kohti on plastmassi survevalu. Tootmisliini jälgimise käigus avastatud kitsaskohtadest suurimaks osutusid vigastest keelte armatuuridest põhjustatud tõrked. Nimelt põhjustavad need survevalu vormide ebatäielikku täisvoolamist ning halvematel juhtudel ka vormi kahjustumist ja purunemist. Mainitud olukordadest tingitud seisakud põhjustavad omakorda raha- ja ajakulu, sest peatavad pressi töö ning vormi remont koos kõigi seadistusprotsessidega võib kesta tunde või isegi päevi. Lisaks vormi purunemisele esineb oht, et defektiga detailid jäävad järelkontrollis märkamata ning need võivad jõuda kliendini. Kuna tegemist on autotööstusele turvavarustuse tootmisega siis on kehtestatud neile toodetele mitmekordne kontroll. Hoolimata sellest, et probleem on peamiselt ainult visuaalne ja kasutajale ohutu, kaasneb defektse detaili leiuga kliendi poolne laojäägi sorteerimine, mille kulud peab katma komponenditootja ehk antud juhul Norma.

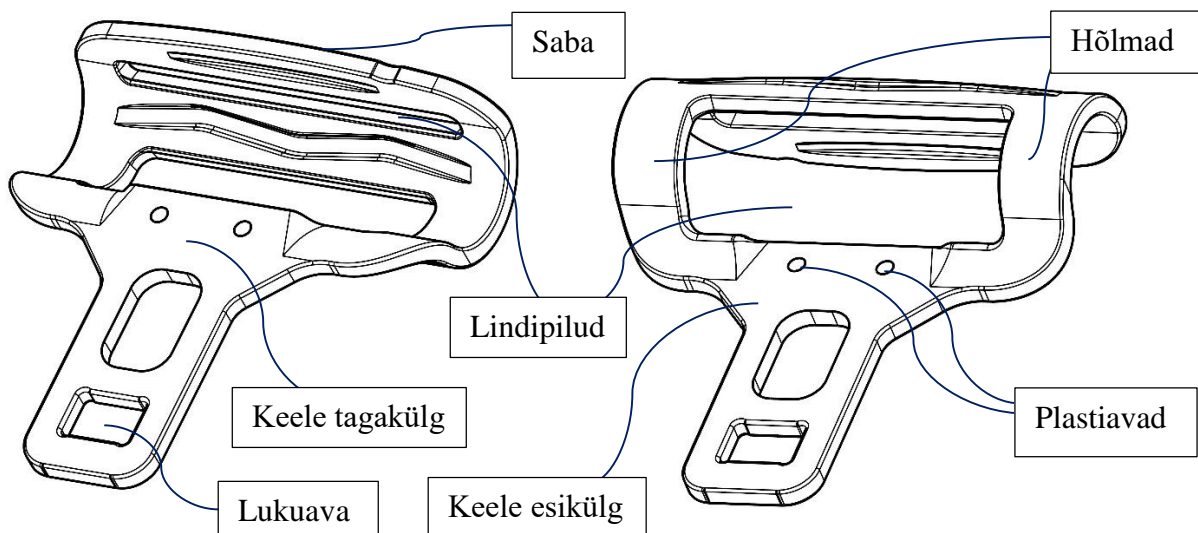
Bakalaureusetöö jaguneb viite põhilisse etappi:

- Vajaduste välja selgitamine ja ülesande püstitamine koos võimalike lahendusvariantide kirjeldamise ja analüüsiga.
- Tootmisliini lähteandmete määratlemine ja varasemate lahenduste kaardistamine. Lähteandmetele põhinedes sobivate komponentide (kontroller, andurid, täiturid jms) valimine.
- Seadme juhtloogika koostamine.
- Mehaanika (pneumatika) ja elektroonika koostamine.
- Töö dokumenteerimine

1 PROBLEEMI KIRJELDUS

1.1 Toote iseärasused ja neist põhjustatud probleemid

Töö keskmeks olevat CLT tootegrupi on Norma aidanud välja arendada ning tänasel päeval alternatiivsed tootjad maailmas puuduvad. Sellel põhjusel on tarnete õigeaegsus eriti oluline. Keele kuju suhteliselt keerukas disain, võrreldes enamike autodes kasutatavate variantidega, nõuab antud toote pidevat jälgimist, et avastada ja kõrvaldada võimalikud probleemide tekkekohad juba enne nende ilmumist. Keele teeb keerukas tema suhteliselt suur paine, mille tegemine nõuab igal korral pikka seadistamist ja pidevat detailide mõõtmist avastamaks võimalikku painde viga. Samuti mõjutab termilisetöötamise protsess antud kontuuriga keelt oluliselt rohkem just tema painde tõttu. Keele osade seletused on toodud seel 1.1 ja keele armatuur ning valatud toorik on näha seel 1.2.

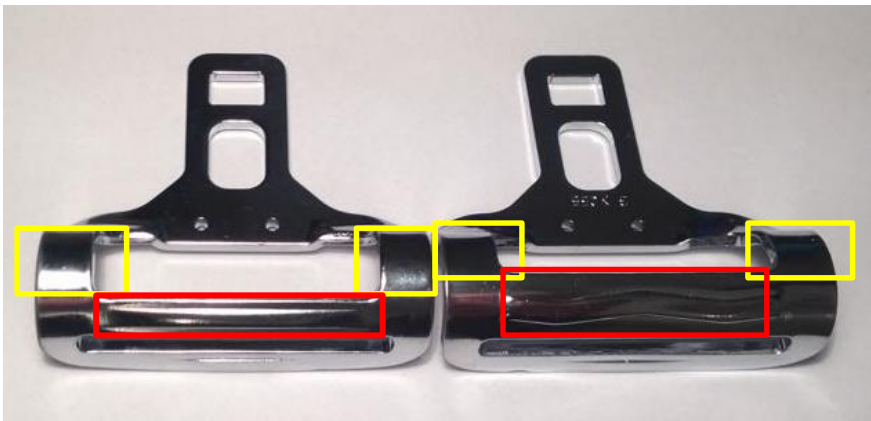


Sele 1.1 Turvavöökeele olulisemate osade kirjeldus



Sele 1.2 CLT tootegrupi valamata (vasakul) ja valatud keele toorik

Mõõtmetele mittevastavatele keeltele lisaks tekitavad ohtu ka ühte kasti sattunud erinevat tüüpi keeled. Seoses mahtude suurenemisega, on suurema koormuse all ka vibrotöötuse ja pinnakatte protsessid ning selle tulemusena satuvad aegajalt erinevad armatuurid ühte kasti kokku. Juhul kui kaks pealtnäha sarnast armatuuri omavahel ära vahetada siis ühel juhul on tegemist mittekorrektse välimusega lõppdetail ning teisel juhul plastmassi survealuvormi purunemine. Viimane on põhjus, mille pärast on vaja teostada toodangule protsessi käigus täiendavaid sorteerimisi, mis aja- ja ressursimahukad. Kahe armatuuri, CLT ja CLT-i, erinevused on näha seel 1.3



Sele 1.3 CLT (vasakul) ja CLT-i (paremal) toorikud

Seel 1.3 on näha kollasega märgitud hõlmad, mis CLT-i puhul on laiemad. Punasega on märgitud keeltele ribad. Kui hõlmade laiusel märkimisväärsed erinevused ei ole siis ribi on CLT-i keel kaks korda laiem. Kuna CLT-i sobitub CLT vormi piisavalt hästi ning võib jääda operaatorile märkamatuks, siis kaasneb sellega suur oht tekitada vormile tõsiseid kahjustusi. Nagu ka varem mainitud, siis vastupidisel juhul vormi ei rikuta, kuid keeltele esinevad visuaalsed defektid plastmassi valest voolamisest.

Defekti, mida põhjustavad kontuurihälbega ja valed detailid:

- Vormi puudulik täisvoolamine, sele 1.4;
- Vormi tööpinnal kahjustumine (kriiped, täkked);
- Kiilude purunemine.



Sele 1.4 Kontuurihälbest põhjustatud mitte täielik vormi täisvoolamine

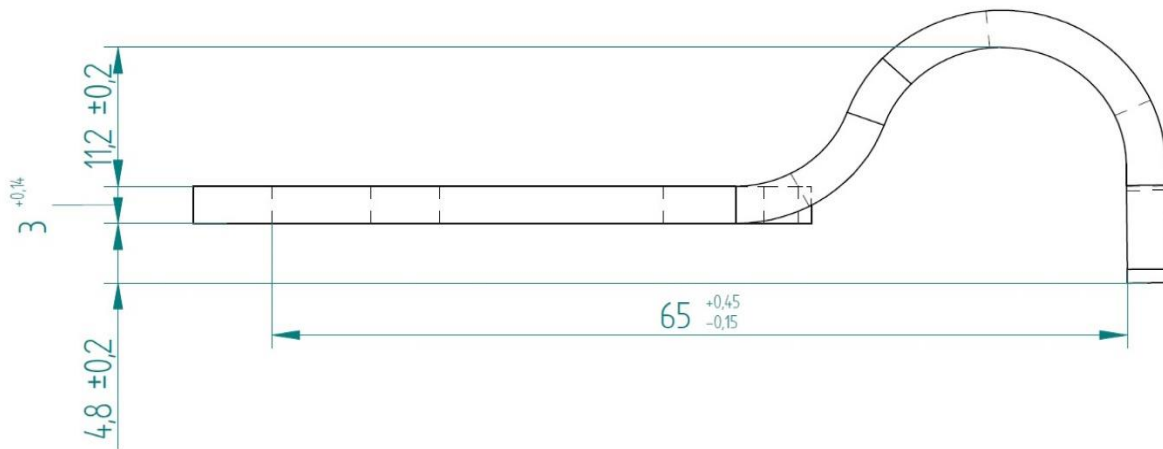
Peamisteks ebakorrektselt turvavööarmatuuridest tingitud probleemideks on vormide kiilude, ja halvemal juhul ka tööpindade kahjustumine. Kiilu purunemisest ning selle asendamisest tulenev ajakadu on keskmiselt 15-30 min. Võttes arvesse, et vormis on 8 pesa ning tunnis teeb press 69 tsükli, on kaotatud detailide hulk ühe juhtumi kohta ligikaudu 150-280 detaili. Vormi pindade kahjustumisel, mis nõuab ka vormi pressist eemaldamist, on tootmata jäävate detailide hulk veelgi suurem. Lisaks tootmata jäänud detailidele on keskmine igakuine vormide erakorralise remondi kulu 4000-5000 eurot, millest 90% on põhjustatud defektse armatuuri vormi sisestamisest.

Projekteeritava seadme ülesandeks sai pärast vormimis-, termotöötlus- ja pinnakatteprotsesside läbimist kontrollida toodangu nõuetele vastavust, et tuvastada survevalu vormile ohtlikud mittevastavused toote kontuurimõõtudes. Mõõtmete sobivuse korral, suunab liin detaili automaatselt niinimetatud rohelisse kasti, mis liigub seejärel edasi survevalu teostava operatori kätte. Mittevastavuse tuvastamisel suunab liin detaili praagikasti ning kvaliteedispetsialist kannab antud toodangu pärast vastavaid toiminguid maha. Detailide paigutamine liinile peab olema lihtne ja kiirelt teostatav. Seadmega peab olema võimalik eristada ka CLT ja CLT-i liiki armatuure ning avastada avadesse kinni jäänud vibrotöötluses kasutatavate kivide kilde. Projekteeritava liini puhul oleks esimeses järgus tegemist poolautomaatse liiniga, mille võimekus oleks kontrollida 600 detaili tunnis ehk üks detail iga 6 sekundi järel.

1.2 Kontrollitav keel ja mõõtemetodid

Turvavöökeeled koosnevad enamasti kahest peamisest komponendist: nikkelkroomiga kaetud metallkontuurist ja plastmassi survevalust lindipilu poolses otsas. CLT tootegrupi kuuluvad CLT (sele 1.2; toorik sele 1.3) ja CLT-i (toorik sele 1.3) keeled. Erinevus tüüpide vahel tuleneb

armatuuri modifikatsioonidest ning nendesse paigaldatavas kokkupõrke hetkel lööki pehmendavas mehhanismis.



Sele 1.5 Seadme valmistamisel aluseks võetud pinnakattega keelekontuuri külgvaade koos valamiseks oluliste mõõtude tolerantsidega

Peamised meetodid sellistel juhtudel on mehaaniline mõõtmine mõõtemasinaga, mõõtmine erinevate kaliibritega ning optiline mõõtmine. Tabelis 1.1 on antud meetodid omavahel kõrvutatud ning on näha erinevate ettevõttele oluliste kriteeriumite võrdlused punktiskaalal 1-3, kus 3 on kõige parem ja 1 kõige halvem.

Tabel 1.1 Erinevate võimalike kontrollimis vahendite omavaheline võrdlus

	OPTILINE SEADE	KALIIBRID	MÕÕTEMASIN
TÄPSUS	2	1	3
TARNE KIIRUS	2	3	1
TSÜKLI AEG	3	2	1
HIND	1	3	2
KOKKU	8	9	7

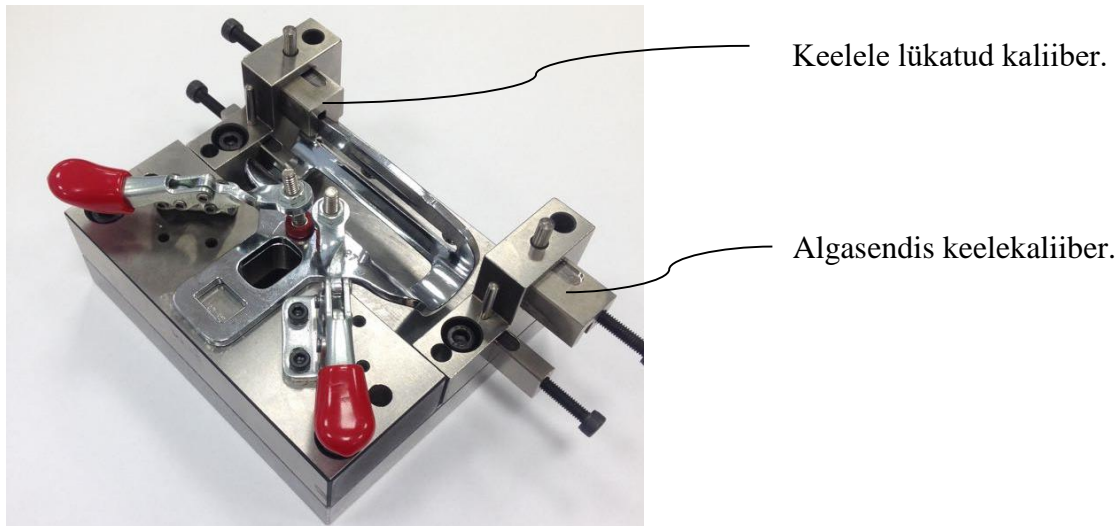
Tabelist selgub, et sobivaimaks osutus kaliibriga kontroll, kuna hind on soodne ja tarne kiirus, milleks on 2 kuud võrreldes teistega väga hea (optilisel kontrollseadmel ja mõõtemasinal vastavalt 3 ja 4 kuud). Kitsaskohtadeks on tsükli aeg ja täpsus. Esimene on parandatav süsteemi automatiseerimisega, vähendades inimese osatähtsust detaili sisestamiseni ning võimaldades seeläbi ühel operaatoril teenindada mitut sarnast seadet korraga. Täpsuse juures pole antud

olukorras oluline teada, millised on mõõdetava detaili täpsed parameetrid. Oluline on, et detaili eelmainitud mõõtmed jääksid tolerantsi piiridesse.

2 SEADME MEHAANIKA PROJEKTEERIMINE

2.1 Olemasolevad kontrollabinõud

Sissejuhatuses mainitud peamisest probleemist tulenevalt püstitati algselt eesmärgiks koostada võimalikult kompaktne kaliiber, mis oleks võimeline kontrollima toodangu mõõtmete sobivust painutusele järgnevatele protsessidele ning vähendada seeläbi tõrgetest tulenevat otsest ja kaudset aja- ning rahakulu. Protsessi raames valmis kaliiber (sele 2.1), mis võimaldab kontrollida CLT-tootegrupi kuuluvate keelte hõlmade kõrgust ja saba nihet pärast painutusoperatsiooni ning tõsta efektiivsust painutusrakiste seadistusprotsessil.



Sele 2.1 Kaliiber CLT keelte sabapainde kontrollimiseks

Kahjuks eelmainitud kaliiber probleemi ei lahendanud, sest jätkuvalt oli teadmatus termotöötles toimuvate muutuste suuruse ulatuse osas. Seoses vajadusega sorteerida vormidele ette sobivaid toorikuid, valmistati kaliibrid, millest tolerantsi piirides olevad detailid vabalt läbi läksid, sele 2.2.



Sele 2.2 Kaliiber vale paindega keelte tuvastamiseks

2.2 Kontrollseadme tööpõhimõte

Varasemalt konstrueeritud ja valmistatud kontrollseadmetel (sele 2.1) olid enamik olulisi punkte täidetud ja kontrollimise täpsuse sai lugeda piisavaks. Siinkohal on piisava täpsuse all mõeldud, et ükski antud kaliibreid läbiv detail ei ole õigel paigaldamisel vormile ohtlik. Selel 2.1 ja selel 2.2 kirjeldatud kaliibritega kontrolliti keele kontuurikõvera kõrguse ning kontuuri saba kauguse ja kõrguse tolerantsidele vastavust keele otspinna suhtes. Kuna algse kaliibri (sele 2.1) automatiseerimine tundus ebaratsionaalne, tuli alustada algusest.

Esialgsel kaliibril (sele 2.1) on ebamugav ja aega nõudev kõikide kontrolltihvtide ükshaaval liigutamine. Kuna hõlmade painete kontrollimiseks piisab antud ülesande puhul läbivkaliibri (sele 2.2) täpsusest, osutus heaks ideeks asendada esialgse kaliibri külgedel asuvad üksikud tihvtid ühe monoliitse kaliibriga. Sellega oli võimalik viia kontroll usaldusväärsemaks kuna varasema nelja eraldi juhitud kontrolltihvti asemel on kasutusel kaks kaliibrit (üks mõlemal küljel). Viimased võimaldavad kontrollida detaili painet pikemas ulatuses.

Algsetel kaliibritel puudub võimekus kontrollida keeles olevate avade ja pilude vabadust kividest ning see on puhtalt operaatori poole visuaalne kontroll. Vältimaks võimalike avadesse kinni jäänud vibrokivikestega keelte sattumise vormi, projekteeriti seadmele lisaks ka lindipilu (ja ühtlasi ka sama keskosa kõrguse) kontrollimiseks eraldi kaliiber.

Lihtsuse ja arusaadavuse tagamiseks on kogu süsteem projekteeritud nõ lõpulülitite peale ehk et kui mõni kaliiber ei jõua täielikult oma kindlaks määratud lõppasendisse siis seade kõrvaldab antud toote automaatselt. Põhimõte on sama nagu läbivkaliibril, mis on nähtav selel 2.2. Kui detaili paine kaliibriga kokku ei sobi siis kaliiber detaili profiiliga ei sobitu, ehk et suurema ulatusega liikumist silindril ei toimu ning sellele paigutatud lõppasendit registreeriv

asendiandur signaali kontrolleriile ei edasta. Sellisel juhul aktiveerib kontrolleri toote väljapraakimise tsükli. Detailsemalt on protsessi kirjeldatud järgnevas peatükis.

Uue seadme kavand valmis arvestades erinevate osapoolte huve. Painutusprotsessi vastutavate huviks oli võimalikult suur keelte painete tolerants ning survevaluprotsessi eest vastutavatel vastupidiselt võimalikult väike painde kõikumise tolerants. Analüüsi valamisprotsessi seisukohalt kriitilisi probleeme, mille kontroll on esmatähtis ning mille vältimiseks pole võimalik varasemates positsioonides soodsalt ühtegi parandust sisse viia. Selle tulemusena täiendati algselt olemasolevat paindekontrollimise abinõud lindipilu puhtuse ja sabakõrguse kontrolliga. Kavandatavasse seadmesse peab operaator keele manuaalselt sisestama, kuid kõik edasine toimub automatiseeritult.

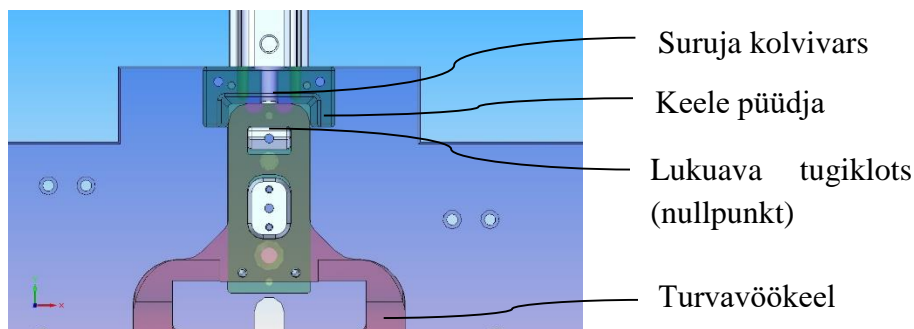
Kontrolli täitmisel on kõige olulisem osa külgmistel kontuuripainde kaliibritel ning samuti ka saba osas asetsev lindipilu tühjust ja sabaotsa kõrgust hindav kaliiber. Kontrolli teostamise hetkel juhitakse kaliibrid külgedelt detailile peale ning kui detail on korras siis liiguvad silindrid lõpuni välja ning silindrile kinnitatud positsiooniandur annab kontrolleriile vastavasisulise tagasiside. Kui aga detail on vale paindega, saba liiga pikk või liiga välja ulatuv, detaili lindipilus on mõni võõrkeha nagu näiteks vibrotööstusest, kus toimub detaili pinna karastuse järgne puhastamine, kaasa rännanud kivi, siis on silindri täielik tööasendisse liikumine takistatud ning silinder lõppasendisse ei jõuagi. Sellisel juhul ootab kontrolleri orienteeruvalt sekundi ja kui puuduvat signaali ei ole tulnud, käivitub detaili eemaldamise tsükkel ning detail suunatakse praagikasti.

2.3 Olulisemate töösõlmede kirjeldus

Seadme massi ja mõõtmete minimeerimiseks sai disaini alustalaks ruudukujulise alusplaadi asemel T-kujuline alusplaat, mis sai ka edasiste arenduste baaspinnaks. Pärast kontrollitaiturite ja kaliibrite paigutamist oli oluline kontrolli toimumise ajaks lahendada ära detaili fikseerimise ja sellele nullpunkti määramise küsimus. Detaili joonise järgi loetakse antud turvavöökeele baaspindadeks, mille suhtes mõõte kontrollitakse, lukustusava eesmist sisepinda ja keele otsa ülemist ning alumist tasapinda. Seepärast oli oluline leida lahendus, mille tulemusena oleksid need pinnad kindlalt fikseeritud ja kontrolli hetkel liikumatud. Kokkuvõttes tähendas see, et detail peab olema avadest ja külgedelt sujuvalt püütud, suunaga saba poole lukustuspinna kinni surutud ja ülemise või alumise otsmise tasapinnaga korrektselt vastu kontrolliseadme tugipinda surutud. Lukuava poolsesse otsa sai projekteeritud püüdur, et detaili oleks võimalik

kiiremini seadmes õigele kohale paigaldada. See püüdur andis võimaluse lisada seadmele täituri, mis survestaks keelt otsast, et hoida lukuava otspinda korrektselt vastu nullpunktiks valitud tugipinda.

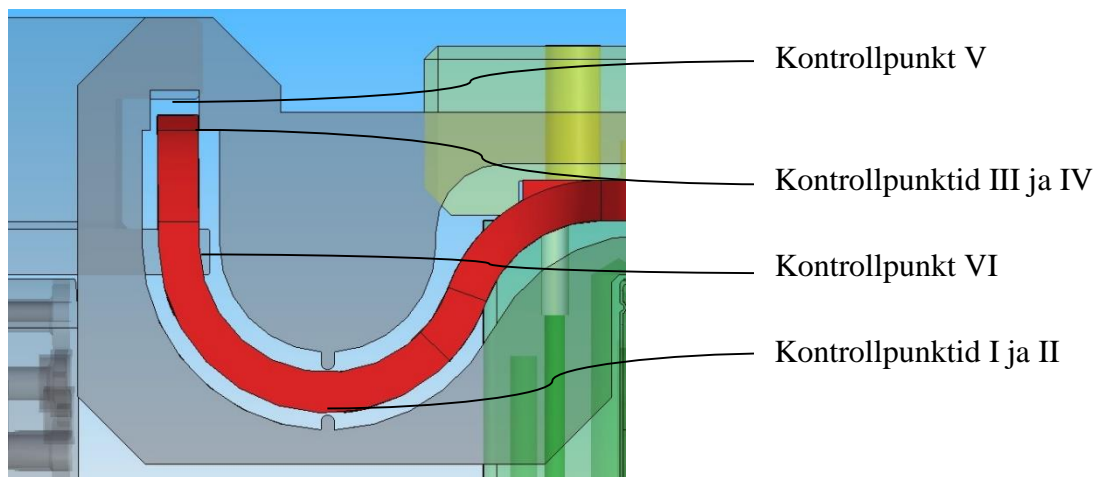
Algselt kontrollseadmest ainult detaili eemaldamiseks mõeldud haarats, sai lisäülesandeks detaili kontrolli toimumise ajal vastu tugipinda suruda. Selle eesmärgiks detaili stabiilsuse ja paigalseisu tagamine kontrolli toimumise hetkel. Eelduste kohasel aitab hoova selline kasutusviis ennetada ka probleeme, mis võiksid tekkida, kui detail jääb seadmesse vale nurga alla ning lukustusava otsast survet avaldav silinder suruks detaili oma pesast välja. Seadmes fikseeritud keel on kujutatud seel 2.3.



Sele 2.3 Keele armatuuri fikseerimise konstruktsioon kontrollseadmes

Teiseks oluliseks osaks on külgmiste kaliibrite, mis kontrollivad keele saba kaugust ja painde kõrgust, projekteerimine ja minimaalsete lõtkudega ühendamine alusplaadiga. Kaliibri kontrollvahemikes sai mõõtude määramisel konsulteeritud seadme tellinud protsessiinseneridega ning lähtunud nende soovidest. Selle tulemusena jäi painde kõrguse hindamisel tolerantsiväljaks $11,2 \pm 0,2$ mm ning saba kaugusel lukuava pinnast $65,1 \pm 0,2$ mm. Komponentide valikul oli oluline leida täituri, mis omavad võimalikult väikest garanteeritud koostamisviga ning mille kinnitamiseks mõeldud lahenduses oleks arvestatud täituri ja alusplaadi ning täituri ja kaliibri vaheliste lõtkude minimeerimisega. Antud tingimus kehtis kõikide kontrollkaliibreid liigutavate täiturite puhul.

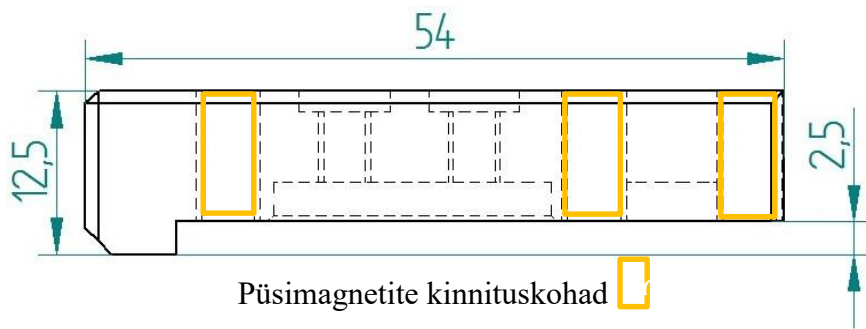
Kaliibreid on seadmel kokku kolm ning nad teostavad kontrole kokku kuues eripunktis. Kontrollpunktides I ja II teostatakse hõlma painde kõrguse kontrolli vastavalt paremal ja vasakul pool. Kontrollpunktides III ja IV kontrollitakse saba kaugust lukuava otspinnast. Kontrollpunktis V kontrollitakse saba otspinna kaugust keele pealispinna tasandist. Viimases kuuendas punktis kontrollitakse, et lindipilu oleks jäätmetest vaba. Kontrollpunktid on ära näidatud seel 2.4 ning kaliibri joonis nähtav lisas 1.



Sele 2.4 Kaliibri kontrollpunktid

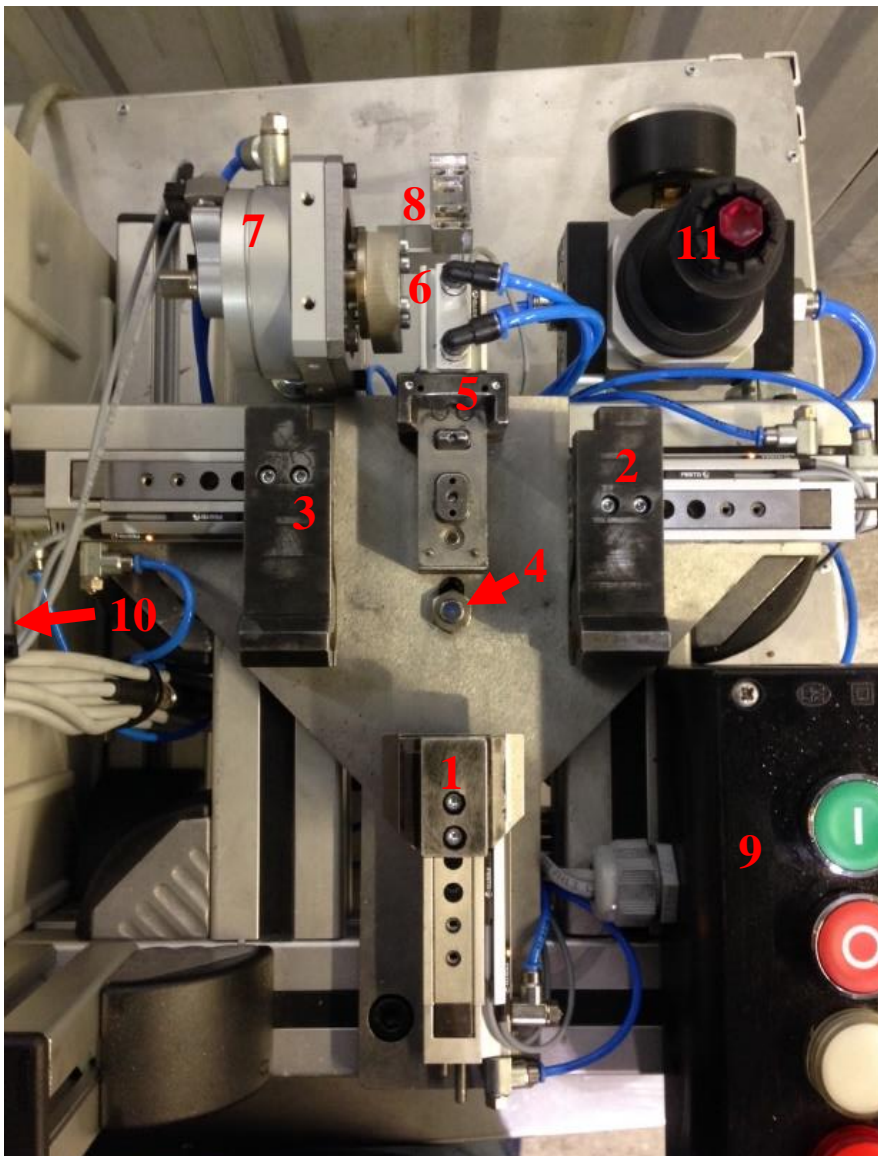
Kolmandaks etapiks oli keele eemaldamine kontrollseadmest. Selle esialgseks variandiks oli kogu seadme mööda Y telge pööramine ja detaili seejärel kaliibrite vahel vabastamine. Pärast vabanemist oleks detail kukkunud vabanemiskoha alla jäävale kaldteele, mis vastavalt tulemusele oleks juhtinud keele vastavate või mittevastavate toodete kasti. Selline lahendus oleks tähendanud kogu seadmele ümbrise ehitamist, et tagada operaatori ohutus. Samuti oleks selline lahendusviis tähendanud oluliselt suurema pöördsilindri kasutamist ning süsteemi stabiliseerimisega tulnuks rohkem vaeva näha. Samuti oleks puudunud operaatoril võimalus seadmega istudes töötada kuna jalad oleksid detailide evakuaatsioonitekonnale ette jäänud. Tulenevalt vajadusest kontrollitavat detaili vastu tugipinda suruda, arenes välja lahendus, kus pöördsilindrit ei kasutata seadme pööramiseks vaid väikse hoova liigutamiseks, mis kontrolli käigus fikseerib detaili ja hiljem eemaldab selle. Hoova otsa kinnitatud haarats on varustatud püsimagnetitega. Magnetid on vajalikud detaili kinni hoidmiseks detaili tõstmise ajal. Turvalisuse kaalutlustel on haaratsi esiservas 2,5 mm kõrgune serv (sele 2.5), mis takistab detailil klotsi küljest eraldumist tõste sooritamisel [1].

Disainimuudatuse tulemusena vähenes võimalik ohuala seadme ümbruses ning kuna detailide pesast eemaldamine toimub seadme taha siis ei sea see seadme paigaldamisele erilisi piiranguid. Samuti võimaldab selline lahendus paigutada seadme töökohal lauale, mille taga operaator mugavalt istuda saab.



Sele 2.5 Haarats ja magnetite asukohad selle sees.

Seadme konstruktsioon on nähtav seel 2.6.



Sele 2.6 Seadme konstruktsioon: 1. Sabakaliiber; 2. Parempoolne hõlmakaliiber; 3. Vasakpoolne hõlmakaliiber; 4. Induktiivandur; 5. Püüdur; 6. Täitur keele lukuavapinna fikseerimiseks; 7. Haaratsi pöördsilinder; 8. Haarats; 9. Juhtpult; 10. Elektrikilp ja 11. Rõhuregulaator.

2.4 Pneumaatilised täiturid

2.4.1 Juhikutega pneumosilindrid

Vastavalt varasemalt mainitule määrab detaili vastavuse nõuetele, kas kaliibriga täitur jõuab lõppasendisse või mitte. See tähendab, et täiturid, mida hõlmade kaliibrite liigutamiseks kasutatakse, peavad olema lõppasendis võimalikult väikse veaga. Põhjuseks see, et ainukeseks kaliibri vabadusastmeid piiravaks ühenduseks on täitur. Kui täitur ei ole korrektselt juhitud, saab kolvivarrele kinnitatud kaliiber vabalt liikuda ning seeläbi paremini sobituda detailiga, mis antud kontrollis võib anda väära tulemuse. Lisaks oli tulenevalt külgmiste kaliibrite liikumiseks vajalikust käigupikkusest oluline silindri käigupikkus 30mm ja positsiooniandurite lisamise võimalus. Valitava silindri puhul on väga oluline, et silindri poolt teoreetiliselt arendatav jõud oleks suurem, kui rakendusest tulenev vajalik jõud. Kuna kontrolli teostamisel kaliibri liigutamiseks vajalik jõud on marginaalne, ja soov on, et kaliiber sobituks kontrollitava detailiga vabalt mitte jõuga, siis antud töös ei ole jõu arvutamine oluline.

Festo DGSL seeria juhikutel täiturid on spetsiaalselt täpsust nõudvateks ülesanneteks loodud ja need on kasutusel ka teistel Normas olevatel seadmetel. Võttes aluseks nende varasema eduka majasisese kasutuse, osutuks valikuks selle seeria kõige väiksem täitur DGSL-4-30-PA. Valitud täituri lubatud varre otspinna nihe maksimaalses tööasendis on 0,01 mm, mis rahuldab täielikult meie vajadused. Lisaks kõrgele koostamistäpsusele on olemas ka seadistamiseks vajalike andurite paigaldussiinid, seadistatav käigupikkus ja amortisaator lõppasendisse jõudmisel. Selle seeria teevad eriliseks ka liuguril asuvad puksiavad, et tagada komponentide täpsem fikseerimine, kui see poltidega võimalik [2].

Pneumosüsteemi korrektseks toimimiseks on silindrite puhul oluline kontrollida nende maksimaalset lubatavat kineetilist energiat ja samuti ka arvutada välja kasutatavate täiturite maksimaalne õhukulu. Viimane on eriti oluline süsteemi ülejäänud komponentide nagu näiteks suuna- ja vooluventiilide, voolikute, liitmike jne valimisel, et töö käigus ei tekiks õhu puudujäägist tingitud efektiivsuse langust. Maksimaalse õhukulu silindris Q (l/min) arvutatakse valemiga 2.1 [3].

$$Q_{max}^{sil} = \frac{\pi * D^2}{4} * v_{max} * \frac{p + p_{atm}}{p_{atm}} * 1,4 \quad (2.1),$$

kus

D – silindri kolvi läbimõõt, dm;

v_{max} – maksimaalne silindri liikumiskiirus, dm/min;

P – rõhk süsteemis, MPa;

P_{atm} – arvutustes võtta 0,1 MPa;

1,4 – efektiivsuse koefitsient (termiliste ja muude kadude arvestamiseks)

Võttes aluseks suruõhu süsteemi rõhu 7 bar (0,7 MPa) ja kolvi läbimõõduks 6 mm, tuleb arvutada täituri maksimaalne õhukulu, et hilisemas etapis valida sobivaid lisasid. Arvutamiseks on kasutatud üleval toodud valemit 2.1.

$$\frac{3,14 * 0,6^2}{4} * 300 * \frac{0,7 * 0,1}{0,1} * 1,4 = 83,1 \text{ (l/min)}$$

83,1 l/min on võrreldes teiste Normas olevate suruõhuga toimivatel kontrollseadmetel kasutusel olevate pneumaatiliste täituritega suhteliselt väike maksimaalne õhukulu, mida võis silindrite suurust ja käigu pikkust arvestades eeldada.

2.4.2 Labaga pöördasilindrid

Labaga pöördasilindrite puhul on võimalik valida fikseeritud või seadistatava käigupikkusega täitureid. Fikseeritud pöördenurgaga silindrite lõppasendid on tavaliselt kas 90°, 180° või 270° kraadi. Festo tootevalikus olevate seadistatava pöördenurgaga täiturite töövahemik ulatub kuni 0°-270° kraadini [4].

Töös kirjeldatud kontrollseadmele sai peale valitud täitur Festo DSM-12-270-P-FW-A-B, mille pöördenurk on 270°. Täitur osutus valituks seetõttu, et täpne pöördenurk selgub seadistuse käigus ning antud täitur võimaldab reguleerimist detaili korrektseks ja ohutuks pesast eemaldamiseks vajalikus vahemikus, mis on orienteeruvalt 0 - 225°. Samuti omab see käigu lõppudes löögisummuteid ning valmidust positsiooniandurite paigaldamiseks, mida vajame süsteemi automaatseks juhtimiseks [4].

2.4.3 Kahepoolse toimega pneumosilinder

Olulist rolli antud kontrolli juures mängib detaili algne fikseerimine pesas. Tähtis on, et ei tekiks olukorda, kus detail saab kontrolli hetkel oma pesas liikuda. See võib põhjustada olukorra, kus loetakse korrektseks detail, mis seda tegelikult ei pruugi olla. Vältimaks, et kontrolli käigus hinnatakse keele saba kaugust lukuava tagaseinast valesti, on seadmele lisatud silinder, mis survestab detaili selle otsast ning tagab seeläbi korrektse paigutuse vastu püüdjä tasapinda. Silindri, millega kontrollitavat keelt fikseerida, valikul olid olulised järgmised punktid:

- Võimalus kinnitada pikki telje sihis
- Vähemalt 8 mm kolb
- Käigu pikkus 10 mm
- Positsioneerimisandurite kinnitamiseks siinid

Antud tingimustele vastas kõige paremini Festo ADVC-10-10, mis on välismõõtmetelt oluliselt väiksem, kui DGSL seeria täiturid ja mille kasuks rääkis ka soodsam hind.

Olulised parameetrid on toodud andmelehel [5]:

- Käigu pikkus: 10 mm
- Löögisummutusrõngad käigu alguses ja lõpus
- Positsiooniandurite valmidus

2.5 Suunaventiilid

Olgu mainitud, et terves süsteemis on kokku vaja viite siiber-tüüpi suunaventiili. Vastavalt ettenähtud tööpõhimõtetele pidi suunaventiilide valimisel jälgima järgmist:

- 5/2 tüüpi
- Monostabiilsed
- Tööpinge 24 V DC
- Soovitavalt M8, 3-pin ühendus
- Maksimaalne vooluhulk 166,2 (külgmiste kaliibrите juhtimiseks üks ventiil ehk vajalik õhukulu 2 x 83,1 l/min)

Väljavalituteks osutusid silindrilise siibriga 5/2 tüüpi monostabiilsed Festo VUVG-L10-M52-RT-M7-1R8L ventiilid, kuna täitsid kõiki eelnimetatud tingimusi ja omavad lisaks Normas enim-levinud M8 3-pin pistikuga ühendust.

Valitud suunaventiili tehnilised parameetrid on toodud andmelehel [6]:

- Tööpinge 24 V DC
- Tähistus: 5/2
- Funktsionaalsus: monostabiilne
- Vooluhulk: 190-380 l/min
- Elektriühendus: pistik M8, 3-pin

2.6 Lisaseadmed

Seadistusel on oluline osa veel ka vooluventiilidel, mille abil on võimalik määrata silindrite liikumiskiirus (pöördsilindritel ja mootoritel pöörlemiskiirus) ja tagada protsessi turvaline kulg. Vooluventiile ehk drosseleid on kahte liiki: reguleeritavad ja mittereguleeritavad. Samuti kombineeritakse neid ka möödavooluklapiga, et tagada õhu kiire sissevool silindrisse kuid, et piirata väljavoolu ning seeläbi ka silindri kiirust. Kontrollseadmel on silindrite reguleerimiseks kasutusel Festo reguleeritavad möödavooluklapiga drosselid GRLA-M3-QS-3, et tagada liikumisel silindri stabiilsus ja võimaldada vastavalt vajadusele silindrist väljavoolava õhu hulka, ja seeläbi kolbi kiirust, reguleerida.

Lisaks on suunaventiilide õhu väljalaskevadele paigaldatud summutid. Nende eesmärk on vähendada seadet ümbritsevas keskkonnas müra, mida tekitab silindritest väljuv suruõhk ning muuta seeläbi operaatorile töö mugavamaks.

2.7 Pneumoskeem

Pneumoskeem (lisa 2) on koostatud vabavarana saadaval oleva SMCDraw V1.0-ga. Seadme pneumaatikakeemil on välja toodud põhiliste elementidena viis silindrit, üks juhikutelsilindrite kiiruse reguleerimiseks mõeldud regulaator ning kaks silindrite liikumist juhtivat suunaventiili. Tähistused skeemil vastavalt Z, L ja V. Komponentide seletused on välja toodud tabelis 2.1 ja seadme pneumaatikaskeem on nähtav lisa 2.

Tabel 2.1 Pneumaatikaskeemi komponentide nimetused

No.	Tüüp	Nimetus	Tähis
1	Festo DGSL-4-30-PA	Vasaku hõlma kaliibri silinder	Z1
2	Festo DGSL-4-30-PA	Parema hõlma kaliibri silinder	Z2
3	Festo DGSL-4-30-PA	Saba kaliibri silinder	Z3
4	Festo ADVC-10-10	Keele fiksaatorsilinder	Z4
5	Festo DSM-12-270-P-FW-A-B	Haaratsi pöördsilinder	Z5
7	Festo VUVG-L10-M52-RT-M7-1R8L	Kontrollkaliibrите suunaventiil	V1
8	Festo VUVG-L10-M52-RT-M7-1R8L	Fiksaatorsilindri ja haaratsi suunaventiil	V2
9	Festo LR-D-7-MIDI	Rõhuregulaator	L1

Süsteemis kasutatavad silindrid Z1-Z3 on nihete vähendamiseks juhikutel silindrid, Z4 on tavaline kahepoolse toimega silinder ning Z5 pöördsilinder. Mõlemad suunaventiilid on monostabiilsed 5/2.

Silindrid Z1 ja Z2 on põhikaliibrите ehk hõlma kaliibrите ja Z3 sabakaliibri juhtimiseks. Kõik mainitud silindrid on juhitud ühe ja sama ventiili pealt (V1), et nende liikumine toimuks võimalikult üheaegselt. Eeldusel, et kaliibrid saavad paika omavahel kollineaarselt siis võimaldab nende üheaegne liikumine vähendada mõõteviga, mis võib tekkida detaili pesas nihkumise korral.

Detaili nullimine ehk lukuavas oleva nullpinna korrektselt vastu seadmel olevat püüdjat surumine toimub silindri Z4 abil. Silinder Z4 on omakorda juhitud suunaventiili V2 abil.

Detaili väljastamine kontrollseadmest toimub pöördsilindri Z5 külge ühendatud hoova ja selle otsas oleva magnetitega haaratsiga ning hoova silinder on juhitud ventiili V2 abil. Detaili eemaldus toimub pöördsilindri Z5 algasendisse liikumisel. Jõudes algasendisse tõmbab detaili haaratsilt maha U kujuline kahvel, mis suunab detaili sorteerimisrennile, mille küljes asub sorteerimisklapp. Antud klapp on samuti juhitud monostabiilse ventiili abil. Klapi ülesandeks on suunata detail kas praagikasti või kui tegemist oli hea detailiga, siis klapp avatakse ja detail suunatakse korrektsete keelte hulka. Kuna sellised seadmed peavad kaitsma kliendi huve, siis klapi vaike positsiooniks on alati suletud asend. Sellega välistatakse juhuslike tõrgete tõttu mitte korrektsete detailide sattumine heade hulka. Seadme testversioonil automaatset detailide eemaldamist ei toimu ning haaratsit kasutatakse ainult detailide fikseerimiseks seadmele.

3 ELEKTROONIKA

3.1 Elektrisüsteemi ülesehitus ja skeem

Elektrisüsteemi toiteks vajalik alalisvool 24 V DC saadakse toiteploki, mis saab oma toite valupressi külge paigaldatud 220 V väljundist. Toitejuhtmed, vastavalt märgistusele seadmel L (+) ja M (-), on toiteploki ühendatud läbi kahe jaotusploki ning süsteemile esialgu eraldi kaitsmeid peale „Hädastopp“ lüliti vahele ei ole planeeritud.

Elektriskeemil on andurite tagasiside tähistatud S-iga ning need on ühendatud nii kontrolleri kui ka selle lisamooduli sisenditesse. Viimased on skeemil tähistatud I-ga. Andurite toitejuhtmed L (+) ja kontrolleri toitejuhe L (+) on ühendatud ühisesse jaotusplokki, mis saab voolu toiteploki. Start nupp on ühendatud paralleelselt kontrolleri ja selle tagasiside S on ühendatud kontrolleri sisendiga I. Kontrolleri ja selle lisamooduli väljundid Qn on ühendatud pneumaatikat juhtivate Festo monostabiilsete suunaventiilidega B1-B5 ning suunaventiilide null-juhe M (-) omakorda kontrolleri ja kontrolleri lisamooduli neutraaliga N (-).

Täiendava ohutuse tagamiseks on seadmele paigaldatud hädastopp lüliti, mis ühendab kontrollseadme toite pressi elektrivõrgust lahti ning mille tulemusena tagastuvad kõik silindrid oma algpositsioonidesse.

Seadme elektriskeem on nähtav lisa 3.

3.2 Kasutatav kontrolleri ja selle omadused

Kontrolleri valiku tingimused:

- võimaldab ühendada vähemalt 16, tulevikule mõeldes kuni 20 erinevat andurit ja muud sisendit;
- tööpinge peab olema 24 V DC;
- kompaktne;
- omama andmesideliidest mugavamaks programmeerimiseks.

Kontrolleri, nagu ka kõigi teiste komponentide valikul, oli määravaimaks kontserni Autoliv ühtne poliitika ja tootmistes kasutatavate seadmete standardsus. Selliste tööliinide puhul on standardiks Siemens-i toodang ning seadmele valitud Siemens Logo seeriasse kuuluv kontrolleri Siemens LOGO!8 24CE (sele 3.1) on piisavalt võimekas, et sooritada kõiki kontrollseadme tööks olulisi operatsioone. Siemens-il on valikus ka S7, kuid see oleks oma omaduste, võimekuse ja hinnaklassi poolest olnud liigne üledimensioneerimine.

Kontrolleri Siemens LOGO!8 24CE põhilised omadused: [7]

- Sisendid/väljundid: 8/4
- Sisend/väljund lisamoodulite võimalus: Jah
- Sisend/tööpinge: 12/24 V DC
- Tsükli-aeg: < 0,1ms/funktsioon
- Maksimaalne programmimälu: 200 plokki
- Andmeside-liides: LOGO! PC kaabel
- Ekraan



Sele 3.1 Siemens LOGO!
kontroller. [7]

3.3 Andurid

Andurite eesmärk süsteemis on anda kontrollerile pidevalt infot tööttsükli kohta ning see võimaldab PLC-l vastavalt programmile teha otsused edaspidiste käskluste kohta. Vastavalt anduritelt tulevatele signaalile, teeb kontroller sisestatud loogikaskeemi alusel kindlaks, kas eelnev tööttsükkel on korrektselt läbitud või mitte.

Töös kirjeldatud kontrollseadme täituritel on kasutusel spetsiaalsed integreeritavad positsiooniandurid ja eraldiseisvalt PNP tüüpi induktiivandur, mille abil toimub detaili olemasolu ja variandi kontroll.

Täiturite positsioonide määramiseks on kasutusel Festo SMT seeria andurid SMT-10 ja SMT-8, mis võrreldes SME seeriaga on lihtsamad ja soodsamad. SMT seeria puhul on tegu elektroonsete magnetanduritega, mis ei sisalda liikuvaid osi ning tagavad tänu sellele süsteemi pikema eluea. SMT seeria andurite tootjapoolne lubatud korratavuse täpsus on $\pm 0,1$ mm, mis on antud ülesandes piisav [8]. Andurid kinnitatakse täiturite küljel asuvasse spetsiaalsetesse siinidesse, kus nad toimivad lõpulülititena. Siine on ühel silindril enamasti kaks, et saaks mõlema, nii positiivse kui negatiivse, asendi määramiseks paigaldada eraldi andurid. Andurite asetsemisel eraldi siinides on võimalik neid hõlpsamalt reguleerida. Andurite reguleerimine on liigutamine siinis vastavalt enda soovitud kauguseni. Silindris asuv kolb on ümbritsetud magnetiga, mis anduriga kohakuti jõudes anduri aktiveerib.

3.4 Muu elektroonika

Toiteploki valikul on esimese asjana vaja arvestada, et süsteem on projekteeritud töötama nimipingel 24 V ning sisendpinge on 220 V. Samuti on teada, et süsteemis kasutatavate viie monostabiilse suunaventiili võimsustarve on tipphetkel kokku 5 W [9]. Tipphetkeks loetakse momenti, mil enim suunaventiile on aktiivsed.

Varem mainitud kontrolleri jaoks Siemens LOGO! on tootja poolt pakutud soovituslikuks toiteploki jaoks sama seeria toode Siemens LOGO!Power. Antud seadme väljundpinge on 22,2...26,4 V, mis on sobilik ka kontrolleri sisendpinge vahemikuga 20,4...28,8 V. Samuti omab antud toiteplokk ka sobivat väljundvõimsust 60 W, mis on piisav ka ekstreemsete kadude korral [9].

Seadme toiteploki jaoks tuleb kasutusele Phoenix Contact-i STEP POWER 24 V DC/2,5 A, mis on parameetritel praktiliselt identne Siemens LOGO!Power toiteploki jaoks, kuid ettevõtte juba olemas [10]. Sama toiteploki on ettevõttes ka varem edukalt kasutatud ning tegemist on varasematel kogemustel ja majanduslikul kaalutlusel tehtud otsusega.

Positiivsete ja negatiivsete tulemustega kontrollide loendamiseks ning hilisema statistika lihtsamaks tegemiseks on kasutusel kaks loendurit Kübler-i Codix 521, mis on Normas sarnast loendamist vajavatel seadmetel levinuim.

Projekteerimisel on sobiva toitekaabli valikul lähtutud Elektroskandia kodulehel kättesaadavas lihtsustatud kaablite koormustabelis väljatoodud väärtustele. Tabelis tuuakse välja, et pindpaigalduse korral piisab < 18 A voolutugevuse juures 1,5 mm² ristlõikega juhtmetest [11]. Lähtudes neist andmetest ning teades, et toiteplokk on 2,5 A siis on võimalik seadmel muretult kasutada olemasolevat toitejuhet ristlõikepindalaga 1,5 mm².

Anduritel ja suunaventiilidel on olemas spetsiaalsed neile ettenähtud signaalkaablid, mille eraldi arvutamine siinkohal oluline ei ole.

4 AUTOMAATIKA

4.1 Kontrolleri programmeerimine

Ettevõtte omab Siemens LOGO! kontrollrite programmeerimiseks programm LOGO! Soft Comfort V8 tarkvara. See programm annab võimaluse kasutada kolme programmeerimiskeelt: FDB, LAD ja UDF.

Antud seadmele programmi koostamiseks oli kasutusel FDB programmeerimiskeel. Tegemist on keskmisest lihtsama programmeerimisvõimalusega kuna programmeerimine toimub erinevaid loogikafunktsioone sisaldavate plokkide üksteise järele tõstmise ja nende omavahelise ühendamise teel.

Erinevaid sisendeid on programmis 16 ning väljundeid 7. Kõikide nende seletused ja tähistused on välja toodud tabelis 3.1. Programmi kood on näidatud lisan 4.

Tabel 4.1 Sisendite ja väljundite seletused

Nr	Signaal	Tähis	Asend/nimetus
1	Sisend	I1	Det. olemas
2	Sisend	I2	CLT/CLT-i armatuur
3	Sisend	I3	V. Hõlm (-)
4	Sisend	I4	P. Hõlm (-)
5	Sisend	I5	Lindipilu (-)
6	Sisend	I6	V. Hõlm (+)
7	Sisend	I7	P. Hõlm (+)
8	Sisend	I8	Lindipilu (+)
10	Sisend	I10	Suruja (+)
11	Sisend	I11	Haarats (-)
12	Sisend	I12	Haarats (+)
13	Sisend	I13	Start
14	Sisend	I14	Seis/taasta
17	Väljund	Q1	Kontrollkaliibrite ventiil
18	Väljund	Q2	Fiksaatorsilindri ventiil
19	Väljund	Q3	Signaallamp roheline
20	Väljund	Q4	Signaallamp punane
21	Väljund	Q5	Loendur „Sobiliku“
22	Väljund	Q6	Loendur „Mittesobilikud“

Seadme käivitamisel kontrollib seade silindrite olekut, mis algselt peavad kõik olema avatud asendis ehk signaal peab olema andurilt I3, I4 I5 ja I11. Eelduselt, et kontrollima hakatakse CLT variandi keelt siis on sisse lülitatud ka variandivahetuse lüliti ning kontrolleri jõuab signaal I2. Detaili paigaldamisel ja start nupu vajutamisel lisanduvad signaalid I1 ja I13.

Fiksaatorsilindri ja haaratsi ventiil Q2 lülitub ümber ning juhib suruja ja haaratsi tööasendisse ning kontrollerrisse jõuavad signaalid I10 ja I12. Seejärel toimub esimene kontrolli element, kus kontrollitakse õige variandi olemasolu. Testseade on seadistatud tuvastama ainult CLT-i varianti ning ei võimalda ilma programmi muutmata kontrollida CLT varianti. CLT-i variandi sisestamisel seadmesse on peab signaal I2 olema peal. Hilisemale versioonile on projekteeritud ümberlülitusega variant, kus lisatakse seadmele lüliti ning kontrollerrile veel üks sisendsignaali. See annab võimaluse hinnata armatuuri vastavalt soovile. Nimelt kui lüliti on keeratud asendisse „CLT“ siis antakse sealt kaudu kontrollerrile sisendsignaali I_n ning pärast detaili sisestamist ei tohi sisendist I2 signaali tulla. Vastupidiselt, kui lüliti on asendis „CLT-i“ siis jällegi pole signaali sisendis I_n ning pärast detaili sisestamist peab olema signaal sisendilt I2. Kui tekib kombinatsioon, kus mõlemad signaalid on aktiivsed või vastupidi kumbagi pole siis algab evakuaatsiooni protsess. Selle käigus kontrollib seade, et oleksid aktiivsed signaalid I1, I3, I6, I7, I10, I11 ja I12 ning võtab seejärel signaali maha väljundilt Q2 ning saadab signaali väljunditesse Q4 ja Q6. See tähendab, et kõigepealt veendutakse kontrollkaliibrite asukohas ning seejärel vabastatakse detail otsmisest suruja pingest ning haarats liigub algasendisse. Samal ajal süüdatakse punane märgutuli ja saadetakse signaal mittekorrektsete detailide loendurile, mis lisab lugemile ühe ühiku. Kui signaal I11 on peal ning signaalid sisendites I1 ja I10 puuduvad, võib sisestada uue detaili. Täpsustuseks tuleb mainida, et testversioonil automaatne detailieemaldus ja sorteerimine puuduvad.

Juhul, kui tegemist on õige detaili variandiga, antud juhul CLT-i, omab kontrollerr aktiivseid signaale anduritel I1, I3, I4, I5, I10 ja I12. Selline kombinatsioon annab signaali lisaks väljundile Q1. Selle tulemusena liiguvad tööasendisse + külgmised kaliibritega silindrid ning saba kaliibriga silinder. Kui 1,5 sekundi jooksul (võib katsetuste käigus muutuda) ei ole tulnud signaali anduritel I6, I7 ja I8 siis algab defektse detaili eemaldamise protsess, ehk et väljundilt Q1 võetakse maha ja Q4 ning Q6 saadetakse signaal, mille tulemusena kontrollsilindrid tagastuvad oma algasendisse. Detaili väljastamine toimub eelnevalt kirjeldatud protsessi alusel.

Korrektse detaili mõõtmisel peab kontrollerril olema aktiivne signaal järgnevatelt anduritel: I1, I6, I7, I8, I10 ja I12. Sellise kombinatsiooni tulemusena võib järeldada, et tegu on tolerantsidesse jäävate mõõtudega detailiga ning algab teekond *rohelisse* kasti. Selleks deaktiveeritakse esmalt signaalid väljundilt Q1, et kontrollsilindrid liiguksid tagasi oma algasendisse. Seejärel toimub vahekontroll, kus peavad olema aktiivsed signaalid anduritel I1, I3, I4, I5, I10 ja I12. Kui kõik on korrektne, võetakse maha signaal väljundist Q2 ja saadetakse signaal väljunditele Q3 ja Q5, mis järel süttib roheline märgutuli, lisatakse üks ühik korrektsete

detailide loenduri näidule ning vabastatakse detail suruja poolt. Haarats alustab liikumist algasendisse ning selle otsalt eemaldatakse detail kalde all oleva U kujulise renni abil, mille vahelt haarats läbi liigub ning mis juhib detaili seejärel vastavalt, kas *punasesse* või antud juhul *rohelisse* kasti.

Märkus: testversioonil automaatset detaili eemaldust ja sorteerimist ei toimu.

Uus tsükkel ei saa alata enne, kui detaili olemasolu kontrollivalt andurilt I1 tulev signaal on vähemalt 0,5 sekundit katkestatud olnud ning I9 on korraks sisse lülitunud ehk haarats on jõudnud algasendisse. See ajaline kontroll välistab võimaluse, et haarats hakkab detaili, mida ta mingil põhjusel haarata ei suutnud, korduvalt uuesti korjama. Selline olukord võib tekkida, kui haaratsil ei õnnestu mõne võõrkeha tõttu detaili korrektselt haarata ning see vajub tagasi seadmele.

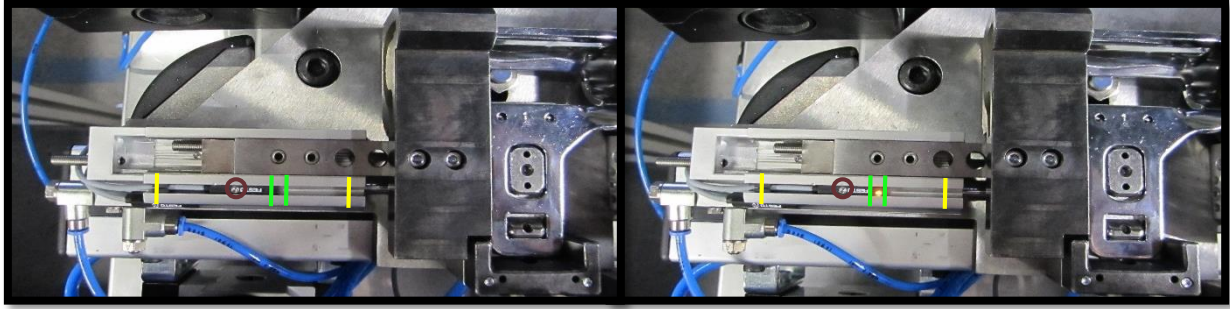
5 SEADME HÄÄLESTUS JA KATSETAMINE

5.1 Seadistamine

Seadme seadistamine koosnes kahest etapist. Esimeses etapis oli oluline seadme põhifunktsioonid tööle saada ning valmistada seadme riistvara katsetuseks ette. Teine etapp toimus katsetuse ajal ja selle eesmärgiks oli leida programmile sobiv häälestus.

Esimese tegevus oli silindrite tööulatuse määramine ja seadistamine. Antud seadistamiseks on kasutatavatel silindritel olemas mitu võimalust. Suur häälestus toimub silindrite küljel asuvate piirajate abil ning peenhäälestuseks on kasutusel silindri otsale paigutatud amortisaatoriga reguleerimiskruvid. Tulenevalt kontrollitavate toodete mõõtmetest, on antud seadmepoolsele silindritele kasutusel silindrite maksimaalne tööulatus ja seda nii kahepoolsetoimega pneumosilindritel kui ka labadega pöördsilindril. Teoreetiliselt võimaldab sabakaliibri tööpõhimõtte lühemat käiku, kuid kontrollitava detaili hõlpsamaks paigutamiseks on jäetud detaili saba suunal suurem vabastus.

Teiseks oluliseks osaks oli töösilindritel kasutatavatele anduritele sobiva positsiooni leidmine. Anduriteks on varem mainitud elektroonsed magnetandurid Festo SMT-8 ja SMT-10. Andurid reageerivad töösilindris asuva kolvi ümber olevale magnetväljale ning lülituvad tööle, kui kolb jõuab anduri reageerimisvälja. Häälestamiseks on töösilindrite välispinnale tehtud spetsiaalsed siinid, millede sees andurid paiknevad ning mille ulatuses on andureid võimalik reguleerida. Reguleerimiseks on esmalt vajalik lükata kontrollkaliiber soovitud asendisse ning seejärel paigutada andur siinil selliselt, et anduril paiknev signaallamp hakkaks põlema. See annab märku sellest, et kolb asub anduri tööalal (sele 5.1). Anduri fikseerimine toimub fiksaatorkruviga, mis keeratakse vastu andurisiini põhja (sele 5.1). Seejärel tuleb kolbi manuaalselt mõned korrad edasi-tagasi liigutada ja veenduda, et andur lülitub õigel ajal. Tähelepanu tuleb pöörata liikumissuunale, milles andur reageerima peab.



Sele 5.1 Positsiooni anduri vastavalt vale ja õige seadistus. Kollasega märgitud anduri reguleerimisvahemik ja rohelisega reageerimisvahemik tööpositsioonis. Pruuniga märgitud fiksaatorkruvi asukoht.

Kuna antud seadmel on oluline veenduda, et kontrollkaliiber on jõudnud lõppasendisse siis peab ka andur olema reguleeritud vastavalt. Andur tuleb lükata alustuseks kolvist töösuunas mööda ning seejärel tuua niipalju tagasi, et jõuaks kolvi magnetvälja. Vastupidisel juhul võib andur reageerida ka liikumistele, mis pole täielikult lõpuni sooritatud.

5.2 Seadme testimine ja verifitseerimine

Seadme esmane mõõtmine ja kontroll toimusid Norma AS mõõtelaboris. Laboris mõõdeti koordinaatmõõtemasinaga ära kaliibrите kontrollpindade ja nullpindade omavahelised suhted ning veenduti algselt määratud tolerantside kehtivuses.

Seadme testimiseks ja verifitseerimiseks võeti kokku 150 detaili, mis olid mõõtelabori poolt kontrollitud ja nummerdatud. Verifitseerimise aluseks oli MSA läbiviimine. Iga kaliibri positsiooni tarbeks oli kasutusel 50 erinevat näidist milledest 30 olid antud positsiooni mõistes head detailid ja 10 oli tolerantsist madalama ning 10 kõrgema väärtusega. Eksperimendi käigus teostati detailidele kontroll kolme erineva inimese poolt, kes kõik olid eelnevalt ühe ja sama isiku poolt samadel alustel koolitatud. Kontrollid teostati vastutava isiku järelevalve all ning operaatorid ei olnud teadlikud, millised detailid on korrektsed ja millised mitte.

Testi tulemused olid ootamatult head juba esimesel katsel ning seade täiendavat korrigeerimist ei vajanud. Eksperimendi tulemusena koostatud MSA on nähtav lisa 5.

MSA teostamise käigus mõõdistati tsükliajaga, et teada saada masina suutlikust ning ka need tulemused olid oodatust paremad. Keskmiseks tsükli ajaks tuli 4 sekundit, mis on 30% parem tulemus, kui esialgu oodatud.

6 OHUTUS

Ohutus on tootmises olulisel kohal ja pideva tähelepanu all. Tootmisettevõtetes teostatakse pidevat järelevalvet isikukaitsevahendite kasutamisele ja seadmete ohutuses veendumiseks pistelisi auditeid. Töökeskkond ja töötingimused mängivad üha suurenevat rolli inimeste valikutes ja see on eriti määrav tihedas ettevõtete vahelises konkurentsisis heade töötajate pärast. Seadme arendamisel on lähtutud Autoliv-i sisestest standarditest AS 331, AS 100 ja AS 403 ning Eesti Vabariigis kehtivast seadme ohutuse seadusest [12].

Erakorralistele situatsioonidele mõeldes, on seadmele paigaldatud hädaseisulüliti, mille abil on võimalik katkestada seadme vooluühendus. Selline teguviis tagab läbi vedrutagastusega suunaventiilide õhu väljavoolu süsteemist. Süsteem on projekteeritud vastavalt, et pärast suruõhu lahti ühendamist kõik klapid avatakse, ning kui midagi vahele jäi, siis on võimalik seda vabalt eemaldada.

Lõppseadmele on planeeritud kahe start-nupuga käivitus, mis nõuab mõlema käe ohutsoonist eemaldamist. Teades aga inimeste leidlikust siis on oluline juhtalgoritm koostada nii, et see nõuab enne uue töötsükli alustamist mõlemalt lülilt signaali üheaegset katkestamist. See välistab olukorra, kus operaator asetab ühele lülile peale raskuse, et sealne signaal koguaeg peal oleks ning opereerib seejärel ainult ühe lülitiga. Testversioonil antud lisafunktsioon puudub.

Pärast tööjaama seadistamist on võimalik algoritmile lisada automaatne väljalülitus. Seda on vaja, kui töötajal õnnestub sõrmed seadme liikuvate osade vahele jätta ja samaaegselt ka teadvus kaotada. Väljalülitus toimub kindlaks määratud aja möödudes, kui pärast vastava käskluse saamist mõne silindri algasendit fikseeriv lõpulüliti pole signaali saanud, ehk kolb pole tagasi algasendisse liikunud. Kui selline situatsioon peaks esinema, siis pärast väljalülitust kõik silindrid avatakse ja need muutuvad käsitsi vabalt juhitavateks.

KOKKUVÕTE

Käesolev bakalaureusetöö teema arenes autoril välja autode turvavarustust ja selle komponente tootvas ettevõttes Norma AS tootmisinsenerina töötades. Töö on kirjutatud Tallinna Tehnikaülikoolis nooremteaduri Ahti Põlder-i ja Norma AS-i innovatsiooniinsener Henri Purde juhendamisel ning ettevõtte kogemustele tuginedes.

Töö eesmärgiks oli välja arendada kontrollseade, mis võimaldaks tootetoorikute olulisi mõõte kontrollida vahetult enne plastmassi survealuvormi sisestamist ja sellega ennetada toorikute valedest mõõtmetest põhjustatud tõrkeid.

Esimeses osas analüüsiti ja uuriti kontrollitava detaili eripärasid, põhjendati projekteeritava seadme olulisust ja järjest suurenevat majanduslikku vajadust selle seadme järele. Selgus, et detaili eripäradest ja suurel hulgal protsessi mõjutavatest muutujatest tulenevalt, ei ole võimalik veenduda detaili sobivuses survealuvormile enne, kui kõik eelnevad protsessid on läbitud.

Teises peatükis on kirjeldatud esialgse analüüsi ja kasutusel olevate kontrollvahendite baasil loodud prototüüpi. Peatükis kirjeldati tehnilise lahenduse arengut, konstruktsiooni põhilisemaid elemente koos parameetritega ja lõpplahendit. Analüüsiti, kuidas toimub detaili kontroll ning kuidas tagada kontrolli usaldusväärsus.

Kolmandas osas on ära kirjeldatud seadmel kasutatav juhtimissüsteem ja kasutatud elektroonika. Laiemalt on selgitatud loogikasüsteem, mille alusel toimub seadme erinevate komponentide juhtimine ja mille alusel loetakse detailid kontrolli läbinuks või mitte läbinuks. Samuti on kirjeldatud elektriskeem ja kuidas tagatakse seadet kasutava operaatori ohutus ning mugavus tööajal. Tulenevalt tellimuste kasvust antud tootegrupile siis on arvestatud seadme parendamise ühe võimalusena kontrollijaama välja arendamisega.

Töö tulemusena valmis pneumaatika abil automatiseeritud kontrollseade, pärast mille lõplikku koostamist ja seadistamist on oodatav toorikutest põhjustatud seisakute vähenemine kuni 80% ning seadme planeeritud tasuvusaeg on kaks kuud. Autor usub, et kui seade end tõestab, tasub töö tulemusena valminud kontrollseadet ja selle tööpõhimõtet laiendada ka teistele sarnastele tootegruppidele.

SUMMARY

The topic of this bachelor's thesis originates from the author's experience working as a production engineer for Norma AS, a company manufacturing car safety equipment and its components. The thesis is based on the experience of the company and has been written under the supervision of Ahti Põlder, Early Stage Researcher in Tallinn University of Technology, and Henri Purde, Innovation Engineer of Norma AS.

The aim of the thesis was to develop a device that would be able to check the relevant dimensions of product billets immediately before inserting the plastic into the injection mould in order to prevent failures caused by wrong dimensions of the billets.

The first part of the thesis analysed and examined the specific character of the details that need to be checked. In addition, reasons were given for the importance of the device that would be designed, and the increasing economic need for such a device. Due to the specific character of the detail and owing to the large number of variables affecting the process, it became evident that it was not possible to determine the detail's suitability with the injection mould until all previous processes had been completed.

The second chapter describes the prototype created on the basis of the initial analysis and the checking devices already in use. The chapter outlines the development of the technical solution, the main elements and parameters of the design, and the final outcome. Furthermore, it was analysed how the inspection of the detail takes place and how to ensure its reliability.

The third chapter gives a detailed account of the control system and electronics used in the device. Also explained is the logic system controlling the components of the device and determining whether the details shall be deemed to have passed the inspection or not. Moreover, the electrical circuit has been described, as well as how to ensure the safety and comfort of the device operator while working. Due to the increase in orders for this product group, one of the ways of improving the device would be to develop a checking station.

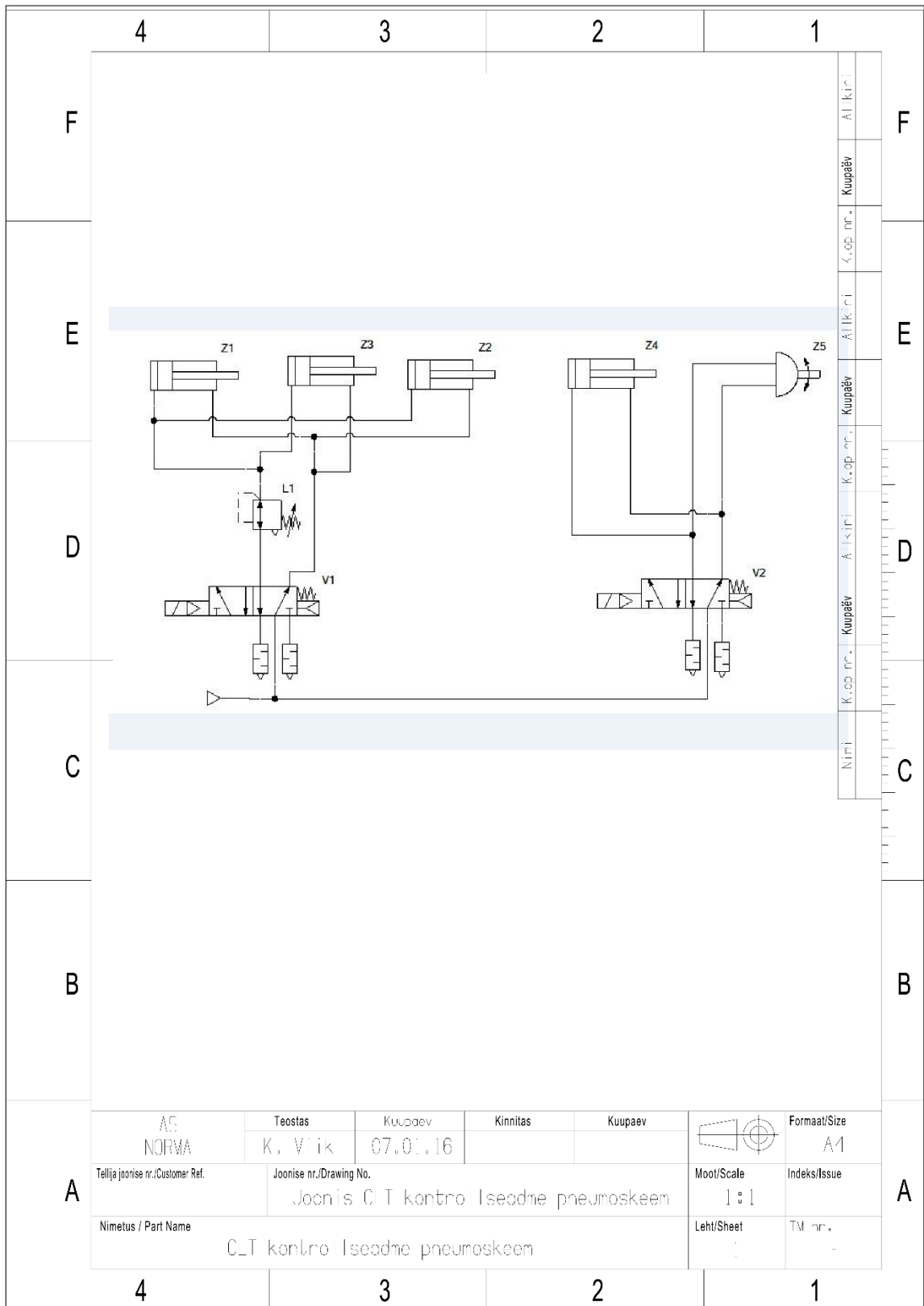
As a result of this research, a checking device automated via pneumatics was created. After its final assembly and configuration, the expected downtime caused by the billets can be reduced up to 80% and the scheduled pay-back period of the device is two months. The author believes that once the device has proven its usefulness, it is worth expanding to other similar product groups the checking device created as a result of this research as well as its working principle.

KASUTATUD KIRJANDUS

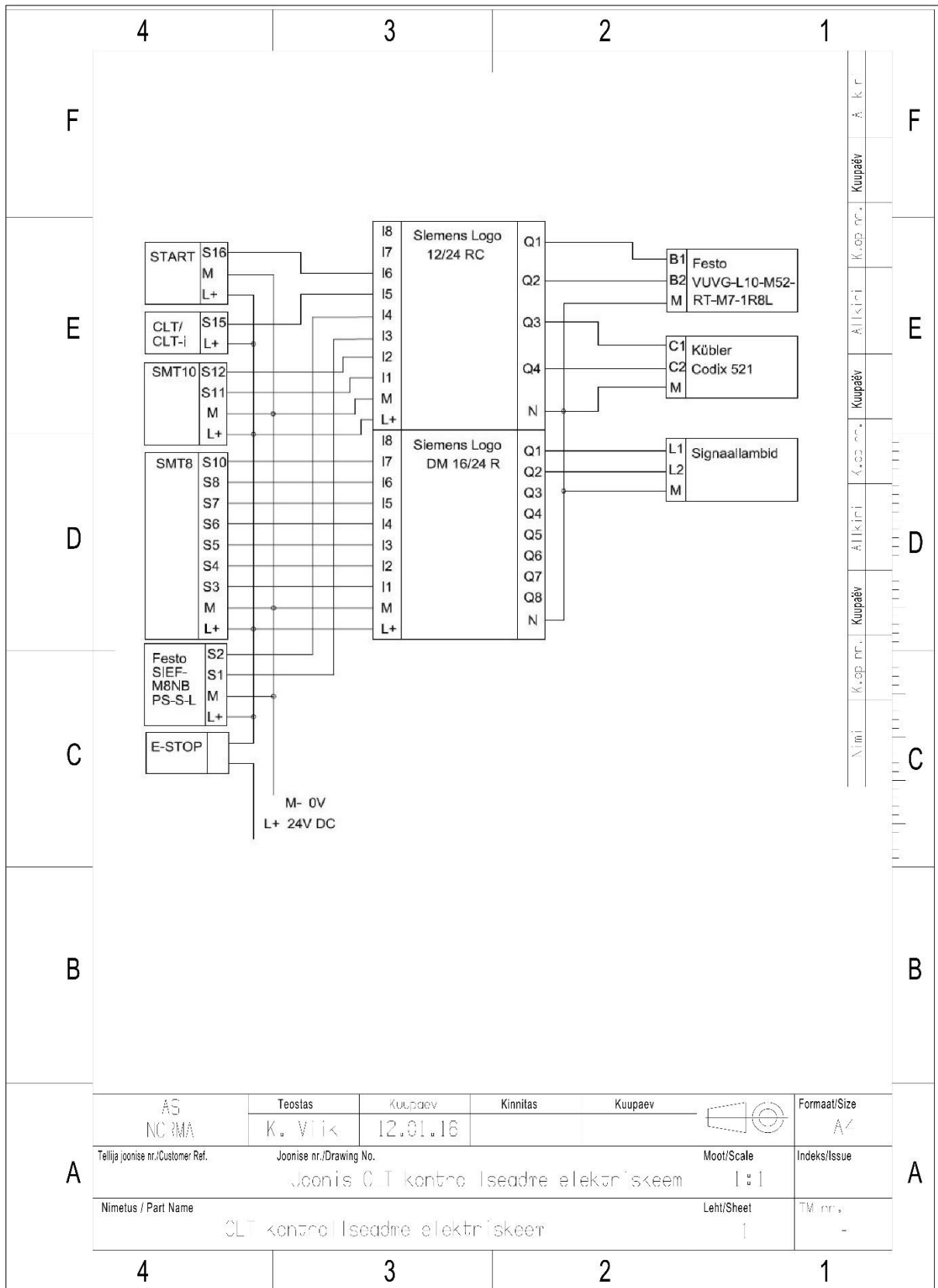
1. Amagnet OÜ kodulehekülg [WWW]
http://www.amagnet.eu/et/component/virtuemart/?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=102 (28.11.2015)
2. Festo Oy Ab kodulehekülg, juhikutel täitur DGSL [WWW]
https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/10207/DGSL_ENUS.pdf (27.11.2015)
3. TTÜ eõppekeskond Moodle, Ellen Pariku konspektid [WWW]
<https://moodle.eope.ee/mod/folder/view.php?id=442346> (26.11.2015)
4. Festo Oy Ab kodulehekülg, labadega pöörsilinder [WWW]
https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/10035/DSM_275362.pdf (27.11.2015)
5. Festo Oy Ab kodulehekülg, kahepoolse toimega täitur ADVC [WWW]
https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ENUS/PDF/US/ADVC_ENUS.PDF
(26.11.2015)
6. Festo Oy Ab kodulehekülg, suunaventiil VUVG [WWW]
https://www.festo.com/cat/en.../data/.../VUVG_ENUS.PDF (25.11.2015)
7. Farnell kodulehekülg [WWW] www.farnell.com/datasheets/1898917.pdf (24.11.2015)
8. Festo Oy Ab kodulehekülg, positsiooniandur SMX [WWW]
http://www.festo.com/cat/et_ee/data/doc_engb/PDF/EN/SMX10_EN.PDF
(24.11.2015)
9. Siemens Power Supply andmeleht [WWW]
www.farnell.com/datasheets/20749.pdf
10. Phoenix Contact Power Supply andmeleht [WWW]
http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/500000-524999/511733-da-01-en-STEP_PS_1AC_24DC_2_5_HUTSCHIENENNETZT_.pdf (23.12.2015)
11. Elektroskandia lihtsustatud kaablite koormatavuse tabel [WWW]
<http://www.elektroskandia.ee/files/Lihtsustatud%20kaablite%20koormatavuse%20tabel.pdf> (10.03.2016)
12. Riigi Teataja „Seadme ohutuse seadus“ [WWW]
<https://www.riigiteataja.ee/akt/SeOS> (12.03.2016)

LISAD

Lisa 2: Kontrollseadme pneumoskeem



Lisa 3: Kontrollseadme elektriskeem



Lisa 4: Programmi kood

