



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonika instituut

Mehhatroonikasüsteemide õppetool

MHK40LT

Sander Heinlaid

Silver-Mikk Raik

**AUTOMAATSEADE LIPUKANGA
HEISKAMISEKS JA HOIUSTAMISEKS**

Bakalaureusetöö

Autorid taotlevad
tehnikateaduste bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn

2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis..... juhendamisel

“.....”201...a.

Töö autor

..... allkiri

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”201... a.

..... allkiri

TTÜ mehhatroonikainstituut
Mehhanosüsteemide komponentide õppetool
BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE

2014. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Sander Heinlaid, 103883MAHB

Silver-Mikk Raik, 093913MAHB

Õppekava: MAHB02/09

Juhendaja: dotsent Igor Penkov

Konsultandid:

LÕPUTÖÖ TEEMA (eesti ja inglise keeles):

**Automaatseade lipukanga heiskamiseks ja hoiustamiseks
Automatic device for flag hoisting and storage**

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Üldist materjali kogunemine. Olemasolevate lahenduste analüüs	04.04.2014
2.	Kasutatavate materjalide sobivuse analüüs. Korrosioon ja temperatuurised deformatsioonid. Liikuvate detailide materjalid	11.04.2014
3.	Konstruksiooni geomeetrilised mõõtmed ja kuju, tugevuse ja jäikuse arvutus	17.04.2014
4.	Pöörlemisliikumise teostamise kontseptuaalne lahendus. Liikumiseks vajalik energia, selle allikas ja energia üle kandmine	25.04.2014
5.	Küttesüsteem ja soojusvoogu liikumine. Vesi ja niiskuse eemaldamine korpusest	05.05.2014
6.	Mehhanismi juhtimissüsteem. Selle erinevad rakendused	13.05.2014
7.	Seadme modelleerimine, tehnilised joonised ja spetsifikatsioonid	16.05.2014
8.	Lõputöö vormistamine	20.05.2014

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Kruviülekanne arvutus, elektriajami valik, kütte- ja ventilatsioonisüsteemi analüüs, juhtimissüsteem

Esitatav graafiline materjal:

Kaitsmistaoetus esitada dekanaati hiljemalt 19.05.2014

Lõputöö esitamise tähtaeg 02.06.2014

Üliõpilane Sander Heinlaid /allkiri/ kuupäev 26.03.2014

Kontakttelefon 56870079 E-mail: sanderheinlaid@gmail.com

Üliõpilane Silver-Mikk Raik /allkiri/ kuupäev 26.03.2014

Kontakttelefon 5256904 E-mail: silvermr@gmail.com

Juhendaja Igor Penkov /allkiri/ kuupäev 26.03.2014

SISUKORD

Sissejuhatus	6
1. MEHAANILINE OSA	7
1.1. Seadme statsionaarne osa	7
1.1.1. Kirjeldus	7
1.1.2. Ülesanne	8
1.1.3. Ventilatsioon ja niiskuse eraldus	8
1.1.4. Küte ja ventilatsioon	9
1.2. Lipuvarras	13
1.2.1. Kirjeldus	13
1.3. Polümeerpuksid ja tihvt	14
1.3.1. Kirjeldus	14
1.3.2. Ülesanne	15
1.4. Juhtsoonega detail	15
1.5. Keevisliite tugevusarvutus	16
1.6. Käigukruvi keerme valik	18
1.7. Käigukruvi pöördemoment	19
1.8. Ekvivalentne pinge käigukruvil	20
1.9. Kruvi stabiilsuse kontroll	20
2. MATERJALIDE VALIK	22
2.1. Materjalide võrdlus	22
2.2. Materjalide valik	23
2.2.1. Metallkorpuse valik	23
2.2.2. Lipuvarde materjali valik	25
3. MOOTOR	26
3.1. Tingimused mootori valimiseks	26
3.2. Elektrimootori tüübi valimine	27
3.3. Mootori võimsuse arvutamine	27
4. SIDUR	31
4.1. Sidurite üldteave ja liigitus	31
4.1.1. Jäigad sidurid	32
4.1.2. Kompenseerivad sidurid	32
4.2. Siduri valik	33
5. ELEKTROONIKA JA JUHTIMINE	35
5.1. Mootori toiteahel	35
5.1.1. Transformaator	35

5.2.2. Alaldi	36
5.2. Juhtimismeetodid	37
5.2.1. Surulüliti	38
5.2.2. Lõpulüliti	38
5.2.3. Alternatiivsed juhtimismeetodid	39
5.3. Elektrilise tööskeemi kirjeldus	39
6. OHUTUS	41
6.1. Elektriohutus	41
6.2. Mehaaniline ohutus	42
7. MAJANDUSLIK KALKULATSIOON	43
Kokkuvõte	45
Summary	47
Kasutatud kirjanduse loetelu	49
Lisad	52

Sissejuhatus

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on luua kompaktne seade, mis hõlbustab lipu heiskamist ja hoiustamist. Käesoleva 2014 aasta jooksul on näiteks 15 lipupäeva, mil tuleks lipp välja võtta ja heisata. Eesmärgiks on luua majaseinale kinnituv seade, mis suudab lippu lipupäevadel heisata ja vahepealsel ajal ka enda sees säilitada. Töö eeldab seadme mehaanilise osa väljatöötamist, et nii lipu heiskamine kui ka hoiustamine sujuksid tõrgeteta. Samuti on kavas luua kogu elektroonika- ja juhtimisosa, mis koosneb erinevatest juhtimisvõimalustest.

Maailmas on patenteeritud kümneid erinevaid lipuheiskamise seadmete lahendusi või selle osasid. Registreeritud patentide uurimisel selgus, et päris sellist lahendust, mille poole meie püüdleme, ei ole siiani patenteeritud. Samas on internetis leiduvates andmebaasis palju Hiina päritolu patente, mille juures ei ole jooniseid ja kirjeldav tekst on keeruline ja samas ka väljendatud segases keeles. Osa patente on väga vanad ulatudes lausa 19. sajandisse, mis näiteks patenteerivad ratast ja nööri ning muid vintsimissüsteeme lipuvarda külge.

Kuna hetkel on kasvavaks trendiks tellida tooteid ja kaupu välismaalt, eriti Hiinast, uurisime ka populaarseid e-poode nagu näiteks eBay, Alibaba ja AliExpress. Neist e-poodidest võib tavaliselt leida kõikvõimalikke tooteid, kuid sellist kompaktset lipu heiskamis- ja hoiustamiseadet nagu meil kavas projekteerida, ei õnnestunud leida. Hiinast on võimalik tellida tavalisi lipumaste, mille otsa tõmmatakse lipp nööri ja elektrilise vintsi abil.

Projekteerimisel loodud detailide joonised ja mudelid on loodud tarkvaraga SolidWorks 2013. Elektriskeemid on joonestatud Solid Edge ST5 tarkvara kasutades.

1. MEHAANILINE OSA

Väljatöötatava seadme mehaanilise osa üldine ülesanne on liigutada lipukangast kahe asendi vahel. Ülesande püstituse koha pealt peab see sisaldama kruviülekanne lipu heiskamise sooritamiseks. Selleks kasutame keermelatti/käigukruvi.

Keermelatt on ümarristlõikega varras, mille välisseinale on tehtud keere. Selle samm, pikkus ja läbimõõt sõltub tarbija vajadustest. Tegemist on sisuliselt pika poldiga, millel puudub pea. Esmalt oli aruteluks mitmesammulise keermelati kasutamine. Mingitel andmetel on selline asi olemas, teistel jälle mitte. Meie seda kodumaalt ja interneti vahendusel maailmast ei leidnud. Selle põhimõtte seisneb selles, et ühe keermelati peal on kaks või enam erineva sammuga keeret, millele vastab mitmesammulise keermega mutter. See võimaldaks muuta lippu kandva varda alg- ja lõppasendi vahelist liikumist nii, et teekonna mingis osas on aksiaalliikumine vastavalt keermesammule suurem või väiksem.

Kasutusse jääb ühesammuline trapetskeermega käigukruvi, mis on suhteliselt hea kättesaadavusega.

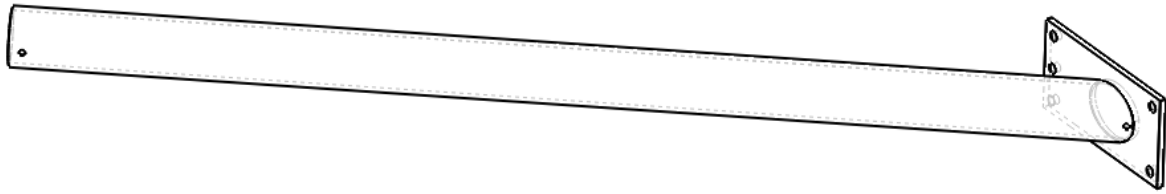
Süsteemi mehaanika välja töötamiseks sai mõeldud ja katsetatud mitmeid erinevaid lahendusi. Alljärgnevalt lahatakse lahendust, mida projekti tarvis ka kasutatakse.

1.1. Seadme statsionaarne osa

1.1.1. Kirjeldus

Süsteemi osa, mis on paigal ja kinnitatud seina külge, nimetame seadme statsionaarseks osaks. Seda on kujutatud illustratsioonil Sele 1.1.

Kogu seadme töökohale paigaldamiseks on detaili kinnitusplaadile puuritud viis avaust, mille läbimõõdud on 15 mm. Kinnituspoltideks on mõeldud poldid M14. Torujas osa ja kinnitusplaat on omavahel keevisliitega ühendatud. Samuti on puuritud avad loomuliku ventilatsiooni toimumiseks.



Sele 1.1. Seadme statsionaarne osa

1.1.2. Ülesanne

Antud osa ülesanded:

- Kaitse ilmastiku eest;
- Välisilme;
- Süsteemi kinnitamine seinale ja seal hoidmine;
- Ventilatsioon ja niiskuse eraldus.

1.1.3. Ventilatsioon ja niiskuse eraldus

Automaatne lipu heiskamis- ja hoiustamiseade on mõeldud kasutamiseks nii sise- kui välitingimustes. Siseruumid nõuavad seadmelt vähem vastupidavust erinevatele keskkonnamuutustele, mida aga ei saa öelda välitingimuste kohta. Seal hakkavad tekkima probleemid temperatuuri üsna suurte muutuste ja niiskusega. Viimased koos tähendavad kõike muud kui head. Temperatuuri kiirel muutumisel hakkab kehvasti ventileeritud keskkonnas vesi kondenseeruma. Nii ka meie süsteemis, kus lipupäevade vahel on mõnikord üsna pikk aeg.

Niiskusest põhjustatud võimalikud tagajärjed:

- Seadmesse kogunev niiskus rikub seadme sisepindu;
- Seadmesse kogunev niiskus rikub elektroonikat;
- Niiskus tekitab hallituse lipu kangale ja seadme sisepindadele;
- Tekib ebameeldiv lõhn.

Õhutemperatuuri ja niiskuse koosmõjust põhjustatud võimalikud tagajärjed:

- Seade paisub õhutemperatuuri alanedes ja vee(oleneb kogusest) külmumisel puruks või tekivad plastsed deformatsioonid;
- Järsul temperatuuri muutusel + kraadidest – kraadidesse võib lipukangas jäätuda, mis takistab lipukanga sisse- ja väljakerimist ning hoiustamist;
- Seadme sisemised liikuvosad võivad omavahel kokku külmuda.

Eelpool nimetatud probleemid on meie muutuvad kliimas aktuaalsed ning nendega tuleb seadme konstrueerimisel ja välja töötamisel arvestada.

1.1.4. Küte ja ventilatsioon

Otsides lahendusi niiskuse eemaldamiseks seadmest ja ventileerimisest, sai mõeldud mitmeid tõhusaid ja vähem tõhusaid võimalusi. Mõni neist alljärgnevalt.

Esimene variant oli teha lihtsalt avaused seadme statsionaarse osa ülemisse ja alumisse otsa, millest saaks kondenseerunud vesi ja sademed välja joosta ning tekkida niiöelda loomulik ventilatsioon.

Teine variant oli kasutada neid samu avausi, mis esimeses variandis, kuid lisada ülemisele avale väike ventilaator, mis tekitaks kerge ülerõhu seadme sisemusse ja aitaks niiskuse välja liikumisele kaasa.

Antud kahest variandist tundus parem olevat esimene variant, kuna sundventilatsiooni tekitamiseks kasutatava ventilaatoriga võivad kaasneda erinevad kestvusprobleemid ja pideval töötamisel kaasnev ebameeldiv müra. Võimalik oleks ventilaator ka tsükliliselt või mõne aja tagant tööle panna, mis aga ei eemalda vaikset kuid veidi häirivat tekitatud heli. Samuti arvestades konstruktsiooni mõõtmeid, oleks vajalik ventilaator nii väike, et selle kasulikkuses tekiks teatud kahtlusi. Sellistele hinnangutele tuginedes jäädakse esimese variandi, loomuliku ventilatsiooni, kasutamise juurde.

Teine suurem seadme mõjur on välistemperatuur. Saavutamaks süsteemi sisest temperatuuri üle 0 °C, kui ümbritsev õhutemperatuur on alla selle, tuleb seadmesse integreerida

kütteelement. Selle elemendi lisamine seadme tootmises, võiks toimub eksemplaridele, mis on mõeldud töötama vastava vajadusega riikides/paikades.

Nõuded küttele:

- Seadme sisetemperatuur pidevalt üle 0 °C;
- Mõõtmetelt sobilik;
- Vastupidav.

Isereguleeruv küttekaabel

Isereguleeruvaid küttekaableid kasutatakse jää ja lume sulatamiseks katustel ja vihmaveerennides ja -torudes, vee- ja äravoolutorude külmumise kaitseks ning kuumaveetorustikes temperatuuri hoidmiseks [7].

Oma ehituse tõttu on isereguleeruvaid küttekaableid võimalik lõigata täpselt vajamineva pikkusega lõikudeks, neid vajadusel jätkata, lühendada ning harundada [7].

Isereguleeruvus tähendab seda, et küttekaabli võimsus sõltub ümbritseva keskkonna temperatuurist, mida külmem on temperatuur, seda võimsam on küttekaabel ja vastupidi. Isereguleeruv küttekaabel ei lülita ennast kunagi ise sisse ega välja, selleks on tarvis termostaati [7].

Küttekaabli tehniline spetsifikatsioon on toodud illustratsioonil Sele 1.2. [7].

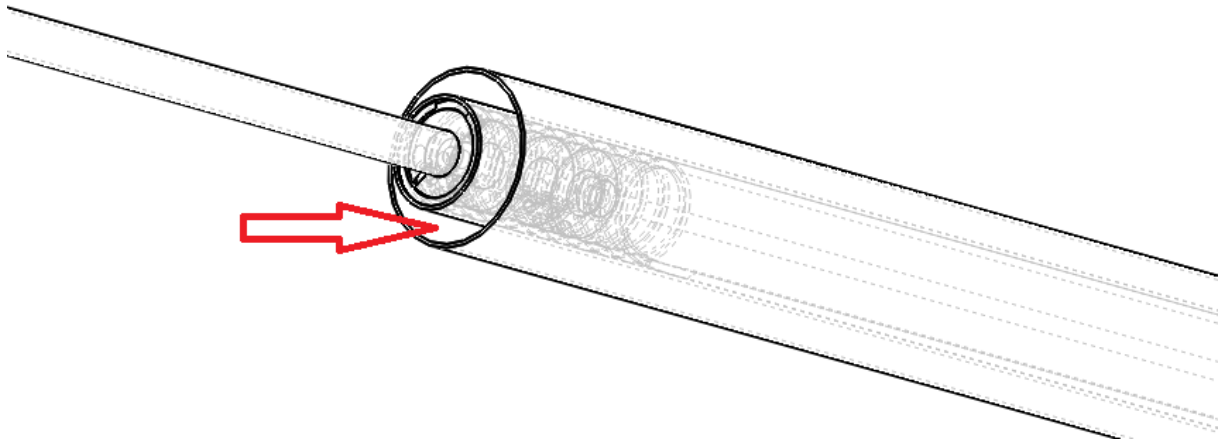
Toote kood	98300809
Nimi	DEVIiceguard™ 18
Võimsus jm.	18 W/m
Kaabli pikkus	Isereguleeruv küttekaabel trumlil (300m) m
Pinge	230 V
Kaabli tüüp	Isereguleeruv küttekaabel
Min. paigaldustemp.	-30 °C
Maks. töötemp.	65 °C
Diameeter	11,8 x 5,8 mm
IP klass	IPX7
Soone isolatsioon	TPE
Kaabli kest	TPE
Heakskiit	VDE 0254
Garantii	2 aastat
Hind k/m-ta	8,30/jm E

Sele 1.2. Küttekaabli spetsifikatsioon

Ülalpool kirjeldatud kaabel on seadme vajaliku temperatuuri hoidmiseks sobilik ning täidab etteantud nõudeid.

Probleem tekib küttekaabli paigaldamisega. Nimelt kuhu see panna? Seadme sisse, see hästi ei mahu. Teiseks peab küttekaabli ümber paiknema soojusisolatsioon, et me ei kütaks asjatult välisõhku, vaid hoiaksime soojust seadme sisse.

Lahenduseks pakume välja ühe õhukeseseinalise roostevaba toru lisamise seadme ümber. Küttekaabel keritakse seadme statsionaarse osa ümber. Kaabli ja välimise õhukese kattetoru vahele lisatakse soojusisolatsioon. Selleks on valitud Armaflexi poolt pakutav toode kujutatuna illustratsioonil Sele 1.3. Antud isolatsioon peaks oluliselt vähendama soojusvoo liikumist seadmest välja. Samale illustratsioonile tuginedes märgime siin ära, et sademete kaitseks paigaldatakse nii noolega näidatud vahemikku kui ka sellest järgmisesse sisemusvahemikku simmerlingid.



Sele 1.3 . Küttegaabli ja isolatsiooni paigaldus



Sele 1.4. Soojusisloatsiooni materjal [5]

Lipukanga külmumine

Eesti ja paljude teiste maailma riikide kliima võib vahel olla väga ettearvamatu. On olnud erinevaid juhuseid, kus keset suve sajab rahet, mille terad on võrreldavad kanamunadega; sajab vihma, kuid vaadates paarkümmend meetrit eemale, on näha, kuis sajab lund. Teinekord sajab vihma, kuid väljas valitsevad miinuskraadid.

Oletades, et lipp on heisatud ja ilm keerab ülalpool viimasena kirjeldatuks, võib juhtuda selline asi, et varem ilusasti hoiustatav lipp muutub külmunud, lehvimatuks, jäigaks objektiks. Antud olukorda vältida on kaunis keeruline.

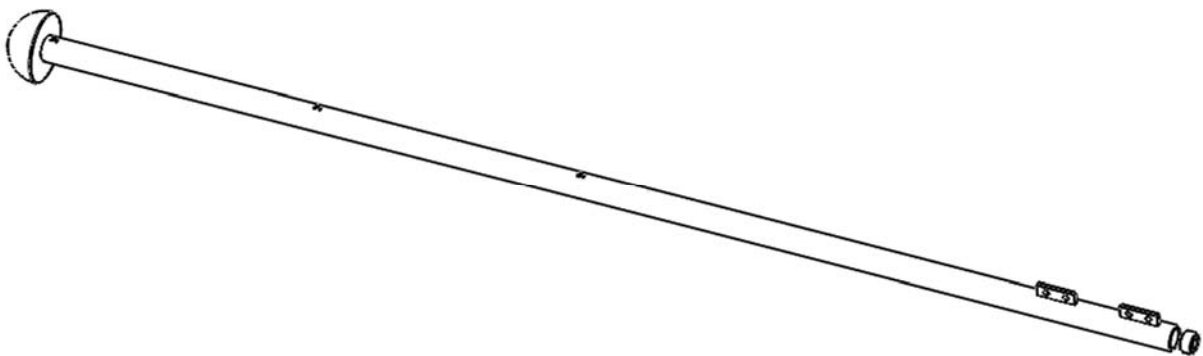
Lahenduse pakume välja, toetudes lipuseadusele, mis oma sisult ei kehtesta lipu kangale piiranguid. Lühidalt öeldes tuleb valida lipu jaoks selline materjal, mis ei märgu ja hülgab vett. See peaks vähendama riski, et lipu koostatava seadmega hoiustada ei saa nagu võib tekkida vett imavast riidest lipuga kui väljas valitsevad miinuskraadid. Seda kõike eeldusel, et olemasolevad lipukangad juba ei oma selliseid omadusi.

1.2. Lipuvarras

1.2.1. Kirjeldus

Süsteemi osa, millele kinnitatakse ja keritakse lipukangas on seadme lipuvarras. Seda on kujutatud illustratsioonil Sele 1.5.

Lipuvarras koosneb torust, mille ülemisse otsa on keevitatud ilukate, mis seadet hoiustusasendis paiknemisel sademete eest kaitseb ja silmailu pakub. Lipukanga kinnituseks on vardale kinnitatud kolm pisikest aasa. Detaili täiesti alumisse otsa on lisatud mutter, mis sobitub kasutatava keermelatiga. See valmistatakse polümeerist. Kaks ristküliku kujulist kinnitust on juhtpukside hoidmiseks. Kõik ülaltoodud detailid on torule ehk põhielemendile keevitatud.



Sele 1.5. Seadme lipuvarras

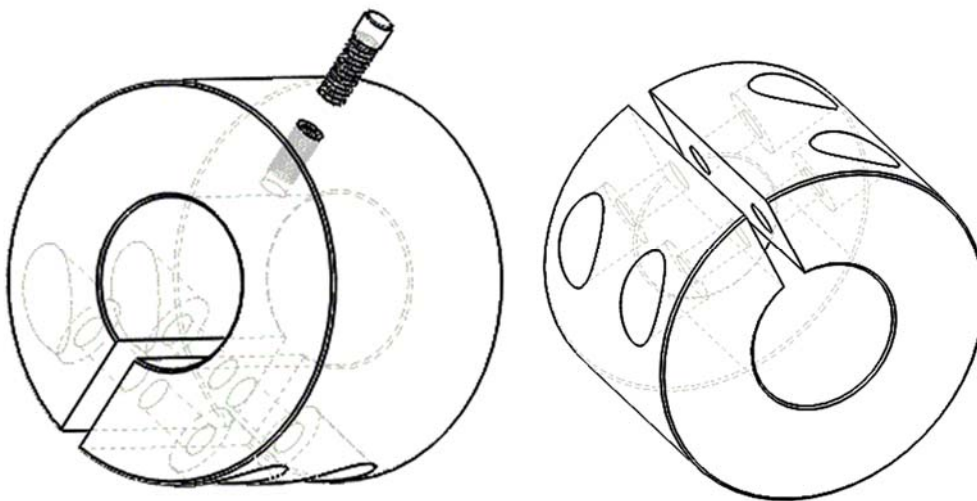
1.3. Polümeerpuksid ja tihvt

1.3.1. Kirjeldus

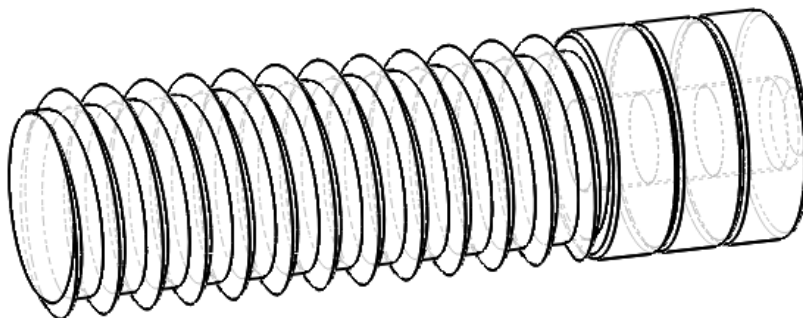
Süsteemi osad, mis tagavad liikuva osa sirgjoonelise liikumise ja loovad ruumi lipukanga mahtumiseks hoiustusasendisse. Seda on kujutatud illustratsioonil Sele 1.6.

Puksid on valmistatud polümeerist. See tagab hea töödeldavuse tootmises ning vastupidavuse staatilises ja dünaamilises kontaktis metalliga. Detailid kinnituvad lipuvarda (ptk. 1.2.1.) külge.

Tihvti kasutatakse lipuvarda liikumise suunamiseks. See on metallist ja ühildub puksiga keermesliite abil. Võimalus on sellele paigaldada laager/laagrid, mis soodustab tihvti enda liikumist ning selle läbi ka kogu süsteemi paremat toimimist. Tihvt näidatud illustratsioonil Sele1.7.



Sele 1.6. Polümeerpuksid ja välja keeratud tihvt



Sele 1.7. Tihvt koos laagritega

Laagrid valisime AS Alas-Kuul kataloogist. Infoks illustratsioon Sele 1.8. Valitud mõõtmetega laagreid tuleb tihtvile paigaldada kolm.

Laager	d (mm)	D (mm)	B (mm)	d1 (mm)	d2 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	R12 min (mm)	C (N)	Co (N)	Pu (N)	piirkiiirus määrides (p/min)	piirkiiirus õlis (p/min)	mass (kg)
618/2	2,00	5,00	1,50	2,9	2,9	4,1	4,4	0,08	156	48	2,00	85000	100000	0,00017
60/2.5	2,50	8,00	2,80	4,6	4,6	6,4	6,7	0,15	319	106	4,50	67000	80000	0,0007
623	3,00	10,00	4,00	5,2	5,2	7,5	8,2	0,15	462	132	5,60	60000	70000	0,0015
623-Z	3,00	10,00	4,00	5,2	5,2	7,5	8,2	0,15	462	132	5,60	60000	70000	0,0015

Sele 1.8. Väljalõige Alas-Kuul kataloogist [6]

1.3.2. Ülesanne

Antud osa ülesanded:

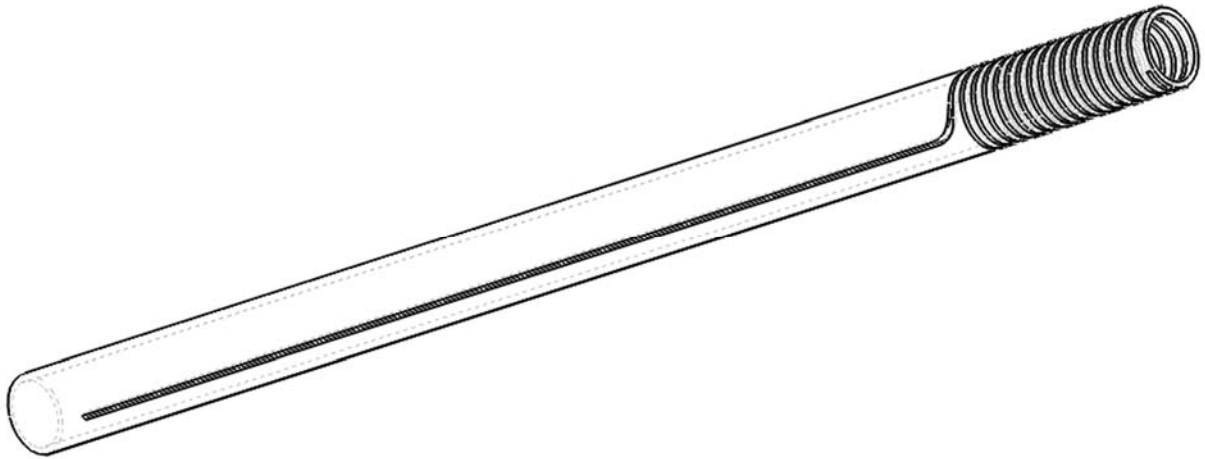
- Lipukanga hoiustusruumi loomine;
- Liikumine koos liikuva osaga;
- Ühel puksil ka seadme lipuvarda teekonna kujundamine.

1.4. Juhtsoonega detail

Juhtsoonega detailiks nimetatav süsteemi mehaanika osa tagab lipukanga lahti ja kinni kerimise täpsuse. Seda on kujutatud illustratsioonil Sele 1.9.

Antud detail kujutab endast polümeerist toru, mille sisse on tehtud juhtsoon. Selle sees omakorda hakkavad liikuma polümeerpuksid. Polümeerpuksi külge kruvitud tihtvile hakkab juhinduma antud detaili soonest ja omakorda juhindub sellest kogu lipuvarras. See tagab lipukanga lahti ja kinni kerimise. Illustratsioonilt Sele 1.9. on näha kuidas pikas ulatuses lineaarne soon muutub spiraalseks. Spiraali keerdude arv on välja arvatud nii, et lipp, mõõtmetega 1050x1650mm, keriks täpselt süsteemi liikuva osa peale ja vastupidi. Keerdude arv lipukanga kerimiseks on 10,5 pööret. See on nii katseliselt, kui arvutuslikult tõestatud.

Detail fikseeritakse seadme statsionaarse osa sisse tugeva liimiga.

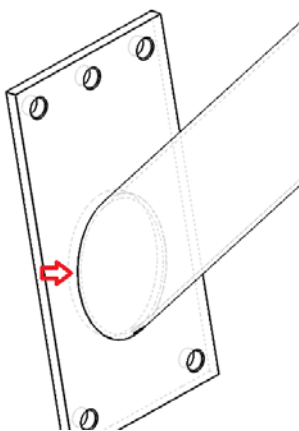


Sele 1.9. Polümeerist juhtsoonega detail

1.5. Keevisliite tugevusarvutus

Seadme konstruktsioonil peaks olema üldiselt üsna suur tugevusvaru ning võib oletada, et kõik liidesed peavad tekkivatele koormustele vastu, kuna need on suhteliselt väiksed. Näitena kogu süsteemi mass on ligikaudu 25 kg. See tähendab aga umbes 245N suurust jõudu. Kui antut võrrelda ülikoolis lahatud ülesannetega, kus jõud oli kN, on jõud väike ja varutegur vastavalt nii polt, liim kui keevisliidetele suur. Üks oletuslikult kriitiline koht on arvatud ning tulemused on näha järgnevalt.

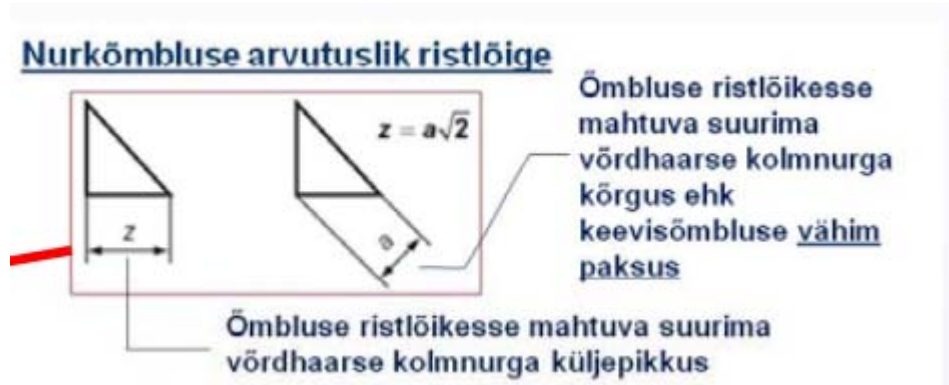
Seadme statsionaarse varda liide seinale kinnituseks mõeldud plaadi külge. Antud kohta on noolega kujutatud illustratsioonis Sele 1.10.



Sele 1.10. Keevisliite asukoht

Keevisõmbles on painde ja löike koosmõju ehk põikpaine [19].

Esmalt arvutatakse löike keskmine nihkepinge keevisõmbles. Võttes keevisõmbelse kaateti pikkuseks 5 mm.



Sele 1.11. Nurkõmbelse arvutuslik ristlõige [19]

$$\tau_{K,Q} = \frac{Q}{A} = \frac{\sqrt{2}F}{zL}, \text{ kus} \quad (1.1) [19]$$

$\tau_{K,Q}$ – keskmine löikepinge (Pa)

Q, F – mõjuv pinge/jõud (N)

A – keevisõmbelse arvutuslik löikepindala (m^2)

z – õmbelse ristlõike küljepikkus (m)

L – õmbelse pikkus (m).

Seadme mass on 25 kg, seega $Q = F = 25 \cdot 9,8 = 245 \text{ N}$ (1.2)

$$\tau_{K,Q} = \frac{245 \cdot \sqrt{2}}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,28} = 0,25 \text{ MPa}$$

Liite kujujoon on ellips, mida võib lihtsustada ringiks [19]. Ringi ümbermõõdust lähtuvalt.

Keevisõmbelse pikkus:

$$U = \pi \cdot D, \text{ kus} \quad (1.3)$$

U – ringi ümbermõõt (m)

D – ringi läbimõõt (m)

$$L = 0,0889 \cdot \pi = 0,28 \text{ m}$$

Keskmine paindepinge keevisõmbles:

$$\tau_{K,M} = \frac{\sqrt{2}M}{W} = \frac{\sqrt{2}Fh}{\frac{zL^2}{6}} = \frac{6\sqrt{2}Fh}{zL^2} = \frac{8,5Fh}{zL^2} \quad (1.4) [19]$$

$\tau_{K,M}$ – keskmine paindepinge (Pa)

h – mõjuva jõu kaugus (m)

$$\tau_{K,M} = \frac{8,5 \cdot 245 \cdot 1,7}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,28^2} = \frac{3540}{392 \cdot 10^{-6}} = 9 \text{ MPa}$$

Põikpaine tugevustingimus:

$$\tau_{K,M} = \sqrt{\tau_{K,Q} + \tau_{K,M}} \leq [\tau]_K = \frac{\tau_{y,K}}{[S]} \quad (1.5) [19]$$

$$\tau_K = \sqrt{0,25^2 + 9000000^2} \leq 9 \text{ MPa} = \frac{\tau_{y,K}}{[S]}$$

Elektroodiks valisime ettevõtte Varis valikust AV1 308L, mille voolepiir on 360 MPa [25].

Keevisõmbluse voolepiir lõikel:

$$\tau_{y,K} = 360 \cdot 0,56 = 202 \text{ MPa} \quad (1.6) [19]$$

Varutegur $[S]$:

$$[S] = \frac{\tau_{y,K}}{\tau_K} = \frac{202}{9} = 22,4 \quad (1.7) [19]$$

Lahendusest ja saadud vastusest näeme, et tugevusvaru antud liites on isegi kümneid kordi tagatud, kasutades keevitusliite loomiseks keevituskaatetit pikkusega 5 mm.

1.6. Käigukruvi keerme valik

Keerme siseläbimõõdu saame tugevustingimusest survele

$$\sigma = \frac{kF}{A} \leq [\sigma] = \frac{R_{eH}}{S}, \quad (1.8) [13]$$

kus k – väändemomenti arvestav tegur, $k = 1,25 \dots 1,35$;

A – kruvi ristlõikepindala, $A = \pi d_1^2/4$;

d_1 – keerme siseläbimõõt;

R_{eH} – kruvi materjali voolavuspiir, $R_{p0,2} = 370 \text{ MPa}$ (teras C45E)

S – varutegur, $S = 1,3 \dots 4$.

Siis

$$[\sigma] = \frac{R_{eH}}{S} = \frac{370}{3,7} = 100 \text{ MPa.}$$

Võrrandist (1.8) saame

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4kF}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,25 \cdot 100}{\pi \cdot 100 \cdot 10^6}} \approx 0,00126 \text{ m} = 1,26 \text{ mm.} \quad (1.9) [13]$$

Ehk siis antud kalkulatsioonist lähtuvalt võiksime valida meie mastaabis imepeenikese käigukruvi, kuid lähtudes seadme mastaabist ja suurusest, arvame ratsionaalseks kasutada trapetskeermega käigukruvi Tr14x4, mille $d_1 = 9,5$ mm ja $d_2 = 12$ mm ja sellest lähtuvalt koostame ka järgnevad arvutused [15].

1.7. Käigukruvi pöördemoment

Kruvi liikumapanemiseks vajalik pöördemoment

$$T = \frac{F d_2}{2} \tan(\psi + \phi'), \text{ kus} \quad (1.10) [13]$$

ψ – keeme tõusunurk,

ϕ' – redutseeritud hõõrdenurk.

$$\tan \psi = \frac{P}{\pi d_2} = \frac{4}{\pi \cdot 12} = 0,106, \text{ kus}$$

P – keeme samm.

Siis

$$\psi = \arctan 0,106 \approx 6,1^\circ.$$

Hõõrdenurk

$$\phi = \arctan \frac{f}{\cos \alpha / 2} = \arctan \frac{0,15}{\cos 15} \approx 8,8^\circ$$

$$\phi = 8,8^\circ > \psi = 6,1^\circ$$

Kruvi isepidurdumiseks on vajalik $\phi' > \psi$. Antud nõue on tagatud.

Võrrandist (1.10) saame

$$T = \frac{F d_2}{2} \tan(\psi + \phi) = \frac{100 \cdot 0,012}{2} \tan(6,1 + 8,8) = 0,6 \cdot \tan 14,9 \approx 0,16 \text{ Nm.}$$

Arvestades võrdlemisi vähest inseneripraktilist kogemust, kasutame piisava võimsusega mootori valikuks pöördemomendi puhul varutegurit s , $s = 2$.

Seega

$$T_{lipuseade} = T \cdot s = 0,16 \cdot 2 = 0,32 \text{ Nm.}$$

1.8. Ekvivalentne pinge käigukruvil

Ekvivalentpinge III tugevusteorია järgi

$$\sigma_{ekv}^{III} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}, \text{ kus} \quad (1.11) [13]$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 100}{\pi \cdot 0,0095^2} \approx 1,4 \text{ MPa}$$
$$\tau = \frac{T}{W_0} = \frac{16T}{\pi d_1^3} = \frac{16 \cdot 0,32}{\pi \cdot 0,0095^3} \approx 1,9 \text{ MPa.}$$

Siis

$$\sigma_{ekv}^{III} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{1,4^2 + 4 \cdot 1,9^2} \approx 4,1 \text{ MPa} < [\sigma] = 100 \text{ MPa.}$$

1.9. Krugi stabiilsuse kontroll

Stabiilsuskontrolli viime läbi, kasutades Euler'i võrrandi.

Samba saledus

$$\lambda = \frac{\mu \cdot z}{i}, \text{ kus} \quad (1.12) [21]$$

z – samba pikkus, $z = 1,5$ m;

μ – redutseerimistegur, $\mu = 0,5$ (kuna käigukruvi mõlemast otsast jäiga kinnitusega);

i – inertsiraadius, $i = d_1 / 4 = 9,5 / 4 = 2,38$ mm.

Siis

$$\lambda = \frac{\mu \cdot z}{i} = \frac{0,5 \cdot 1,5}{2,38 \cdot 10^{-3}} \approx 315.$$

Sellele saledusele vastab nõtketegur $\varphi \approx 0,03$, mis on leitud interpoleerides kuna nõtketegurite tabelist ei õnnestunud leida suuremaid saledusi λ kui $\lambda = 200$. Kuna nõtketegur

on vahemikus 0 kuni 1, siis määrasime 315 antud ülesande lahendamiseks nõtketeguri $\varphi \approx 0,03$ [21].

Samba sisepinge

$$\sigma_s = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 100}{\pi \cdot 0,0095^2} \approx 1,4 \text{ MPa} < \varphi[\sigma] = 0,03 \cdot 100 = 3 \text{ MPa}$$

Samba kriitiline pinge on

$$\sigma_{kr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{315^2} \approx 20,8 \text{ MPa}$$

Seega stabiilsuse varutegur

$$S = \frac{\sigma_{kr}}{\sigma_s} = \frac{20,8}{1,4} \approx 14,9$$

Sellega oleme veendunud, et kruviülekanDES stabiilsusega probleeme ei teki. Võib arvata, et kruvi on meil üledimensioneeritud, kuid samas sobib ta ülejäänud seadme konstruktsiooni ja parameetritega just hästi.

2. MATERJALIDE VALIK

Kõik meid ümbritsev koosneb keemilistest elementidest ja nende ühenditest. Koolis õpitud põhireaktsioone ja tähelepanekuid erinevate keskkonningimuste mõjust eri metallidele ja mittemetallidele, arvestame ka siin.

Tavaline rooste on oksiidikiht, mis moodustub õhu ja vee samaaegse reaktsiooni tulemusena raua või terase pinnale. Roostetamisprotsess kiireneb, kui vesi sisaldab soola või happeid. Vastavalt keemia alasele terminoloogiale on rooste raudoksiid-hüdroksiid, see tähendab keemiline ühend, mis koosneb peamiselt rauast ja hapnikust koos vesiniku elemendiga [4].

Tehnilises ja teaduslikus kontekstis kasutatakse rooste asemel terminit korrosioon - seega teras korrodeerub. Korrosioon ei teki ainult vedelas keskkonnas, vaid ilmneb ka peale kokkupuudet kuumade gaasidega, nagu näiteks kütuse põlemise tagajärjel tekkiv niiskus [4].

Lipuvarras on mõeldud kasutamiseks nii sise- kui ka välitingimustes. Viimane eeldab materjali vastupidavust korrosioonile, niiskusele, temperatuuri muutustele ja muudele mõjudele.

2.1. Materjalide võrdlus

Et vältida konstruktsiooni oksüdeerimist/roostetamist, on pakutud välja mõningad lahendused kasutatava metalli valikul ja töötlemisel:

- Värvimine
- Tsinkimine
- Alumiinium
- Roostevaba teras

Igal neist on omad plussid ja miinused.

Musta metalli katmine värviga on suhteliselt odav ja väliselt on tulemus mõnda aega ilus, kuid varda seest värvimine on keerukam ja kahjustused kergemad tulema, arvestades liikuvaid osi (keermelatt, liugurid/puksid jne) konstruktsioonitorude sees.

Tsinkingisega on praktiliselt samad puudused ja eelised nagu värvimisel.

Alumiiniumi tihedus on 2700 kg/m^3 ja võrreldes rauaga, mille tihedus on 7874 kg/m^3 , on see ligi 3 korda kergem, mis omakorda teeb seade paigaldamise füüsiliselt lihtsamaks. Alumiiniumil on hea korrosioonikindlus, mis aga väheneb sulamitel. Käesoleva mehhanismi tarvis kasutatakse siiski duralmiiniumi, kuna puhta ja pehme alumiiniumi kasutamisel võivad tekkida liigsuured kulumised liikuvate detailide vahel, mis omakorda vähendab seade eluiga. Samuti võib konstruktsioon jääda ebapiisavalt jäik [23, 29].

Roostevaba teras on korrosioonikindel, jäik ja hea kulumiskindlusega. Selle pinda pole vaja millegagi täiendavalt katta, lihvitud/poleeritud pind säilitab atraktiivse välimuse.

Eelnevast lähtudes võib baaskonstruktsiooni parimaks materjaliks antud valikust pidada roostevaba terast.

Seadme sees pole kasutatud liiteid või abiseadmeid, mille temperatuur tööttsükli käigus oluliselt tõuseks või alaneks. Peamine projekti temperatuuri muutja on kliima. Eelnevast lähtudes oletame, et roostevaba terase kasutamisel ei mõjuta temperatuursed deformatsioonid seadet liigselt ning süsteemi töös ei teki anomaaliaid.

2.2. Materjalide valik

2.2.1. Metallkorpuse valik

Sobivas mõõdus roostevaba õmbluseta toru õnnestub leida Helens Baltic (Benteler Distribution Estonia OÜ) tootevalikust. Nende pakutavas tootevalikus leidub õmbluseta terastoru vastavalt TP 304, TP 304L, TP 316, TP316L, TP 316Ti materjalile. Saadaval on nii lõõmutatud kui ka lõõmutamata toru [8].

Kas valida lõõmutatud või lõõmutamata toru? Vaatleme lõõmutamist kui protsessi lähemalt.

Lõõmutus on niisugune termotöötlemise viis, kus terast kuumutatakse üle faasimuutuse temperatuuri järgneva aeglase jahutamisega, tavaliselt koos ahjuga. Aeglane jahutamine peab kindlustama austeniidi lagunemise perliidiks. Lõõmutamine on tavaliselt esmane termotöötlusviis, mille eesmärgiks on kas kõrvaldada kuumtöötlemise eelmiste operatsioonide (valamise, sepiamise jne.) defekte või valmistada struktuuri ette järgnevateks operatsioonideks (näiteks lõiketöötlemiseks või karastamiseks). Üsna sageli on aga lõõmutamine lõplikuks termotöötlemise viisiks ja seda siis, kui lõõmutatud terase mehaanilised omadused rahuldavad, s.t. pole vaja edaspidist parendamist (karastamist ja noolutamist). Lõõmutuse peamine eesmärk on vajalike omaduste tagamine terase ümberkristalliseerimise ja sisepingete kaotamise tagajärjel. Selleks kasutatakse difusioon-, täis-, pool- ja madallõõmutust [14].

Lõõmutamise eelised [14]:

- Platsus suureneb
- Sisepinged vähenevad
- Survetöödeldavus paraneb
- Struktuur peeneneb
- Lõiketöödeldavus paraneb

Sellest tulenevalt ei ole meil lõõmutatud toru kasutamine vajalik, kuna meil ei ole vaja kasutada survetöötlust. Samuti ei ole plastsuse, sisepingete ja struktuuri omadused lipuseadme rakenduses niivõrd olulised, kuna tegemist on statsionaarse ja harva töötava seadmega. Ka lõiketöötlust on seadme valmistamisel vaja vaid vähesel määral.

Tabel 2.1. Saadaval olevate torumõõtude tabel meile sobilikus vahemikus [8]

Jrk. nr.	Toruprofiili välisdiameeter [mm]	Toruprofiili sisediameeter [mm]	Seinapaksus [mm]	Kaal [kg/m]
1.	60,30	54,7	2,80	3,99
2.	60,30	52,5	3,90	5,52
3.	60,30	49,3	5,50	7,6
4.	88,90	82,7	3,10	6,56

5.	88,90	77,9	5,50	11,47
6.	114,30	108,1	3,10	8,5
7.	114,30	102,3	6,00	16,32

Tabel võetud Helens Baltic tootekataloogist, ise on arvutatud sisediameetrid.

Lipuseadme korpuse valmistamiseks valime toru nr 4, kuna selle toru puhul on tagatud meile vajalik siseläbimõõt ja seejuures optimaalne kaal.

2.2.2. Lipuvarda materjali valik

Lipuvarda (detail, mis liigub korpusest välja ja kuhu külge kinnitub lipukangas) materjaliks tuleb meil valida samuti roostevaba õmbluseta toru. Valime kasutatava toruprofiili samuti Helens Baltic tootevalikust ning määrame toruprofiliks 35,00 x 3,00. Seejuures jääb sisediameetriks 29 mm, mis jätab sisse piisavalt ruumi käigukruvi ja selle laagerduse jaoks.

3. MOOTOR

Alustades projekteeritava lipuseadme komponentide valikut oli meil mitmeid küsimusi, kuidas lahendada õige mootori valimise küsimus. Kuna nõudmisi, mida mootori valikul jälgida, oli palju erinevaid, olid meil esialgu järgmised küsimused:

1. Kas kasutada soovitud pöörlemiskiiruse saavutamiseks sagedusmuundurit? Sagedusmuunduri kasutamise võimalikkus?
2. Millist mootorit valida? Kas eelistada vahelduvvoolu- või alalisvoolumootorit?
3. Kui suurt võimsust vajame?
4. Kas käivitusmoment on kerge või raske?
5. Vajadus tutvuda saadaval olevate mootorite valikuga, et leida vajalike kriteeriumitega sobiv mootor

3.1. Tingimused mootori valimiseks

Seadme toitepingeks kasutame igas majapidamises olemasolevat 1-faasilist 230 V vahelduvvoolu. Vajadusel saame kasutada seadme toiteahelas transformaatorit ja alaldit.

Kuna elektrimootor hakkab meil küll asuma kinnise korpuse sees, peame siiski arvestama, et seade peab taluma aastaringselt välistingimusi. Meie lipuseade omab ka naturaalselt ventilatsiooni, mille tõttu peab mootori valimisel arvestama rangemate nõudmistega kaitseaste osas.

Seega, nõudmised elektrimootorile:

- Toiteks võimalik kasutada 1-faasilist 230 V vahelduvvoolu;
 - Võimaliku mootori otsimisparameetreid laiendamaks lubame seadme toiteahelas ka alalduse kasutamise võimaluse
- Võimalik paigutada lipuseadme silindrilise korpuse sisse, korpuse piiratud sisediameetrist tingitud elektrimootori maksimaalne välisdiameeter 60 mm;
- Elektrimootori kaitseaste min IP 44;
- Mootorivaliku ja elektrisüsteemi koostamise tulemusena saavutatav mootori pöörlemiskiirus vahemikus 60 min^{-1} kuni 150 min^{-1} .

Puuduolevad tegurid õige võimsuse ja pöördemomendiga mootori valimiseks:

- liikuvate osade (keermelatt, väljaliikuv lipuvarras) massid;
- hõõrdetegurid liikuvade detailide vahel.

3.2. Elektrimootori tüübi valimine

Kui tahame kasutada vahelduvvoolumootorit, siis ainus mõistlik lahendus on reduktori kasutamine. Soovitud kiirusega (vahemikus 60 min^{-1} kuni 150 min^{-1}) saab tööle panna alalisvoolumootori. Alalisvoolumootoril sõltub kiirus koormusest rohkem kui vahelduvvoolu mootoritel. Kui soovime kasutada vahelduvvoolul asünkroonmootorit, oleks meil ilma reduktorita tarvis 50 pooluspaariga asünkroonmootorit, et näiteks saavutada 60 min^{-1} . Piiratud ruumi ja seadme mõõtmete tõttu eelistaksime reduktorit mitte kasutada. Asünkroonmootorid on küll tavaliselt kõige odavamad ja universaalsemad, kuid nende puhul oleks tarvis sagedusmuundurit ja mitmepooluselist mootorit, et saavutada niivõrd madalat kiirust. See ei ole antud lahenduse puhul väga otstarbekas. Kui soovime lahendada seadme mehaanika liikumise küsimust ilma pöörete redutseerimiseta, on lahenduseks alalisvoolumootor. Lahenduseks on ilmselt harjadega alalisvoolumootor nagu elektritööriistades, seega peaksime saama ka vajalikud mõõtmed ja kiiruse. Tõenäoliselt on kõige levinumad ja odavamad peavoolumootorid, sest neid kasutatakse paljudesööriistades suure käivitusmomendi eelise tõttu [26].

Alalisvoolu mootoris on aga kiirus määratud momentide tasakaalu ja ergutusvooluga. Kui meil on ühtlane moment, siis saab valida vastavalt sobiva mootori. Alalisvoolumootori valimiseks seadmesse peame leidma seadme mehaanika liikumise teostamiseks vajaliku momendi [26].

3.3. Mootori võimsuse arvutamine

Vajaliku mootori võimsuse saame arvutada alalisvoolumootori pöördemomendi valemist (3.2), avaldades sealt nimivõimsuse P_N . Nimipöördemoment ($M_{lipuseade} = T_N$) võllil on meil leitud punktis 1.7. ja saame seda kasutada.

Alalisvoolumootori pöördemomendi valem

$$T_N = \frac{P_N}{\omega_N} = 9,55 \frac{P_N}{n_N}, \text{ kus} \quad (3.1) [12]$$

T_N – nimipöördemoment võllil njuutonmeetrites (Nm)

P_N – nimivõimsus (mootori võllil) vattides (W)

ω_N – niminurkkiirus radiaanides sekundis (rad/s)

n_N – nimipöörlemissagedus pööretes minutis (p/min).

Antud valemist avaldame nimivõimsuse

$$P_N = \frac{T_N \cdot n_N}{9,55} \quad (3.2) [12]$$

Arvutuse teostamiseks on hetkel puudu vaid nimipöörlemissagedus, mille saab leida valemiga

$$n_N = \frac{v}{p} \cdot 60, \text{ kus} \quad (3.3) [12]$$

n_N – nimipöörlemissagedus pööretes minutis (min^{-1})

v – soovitud kruvipaari liikumiskiirus (mm/s)

p – käigukruvi keermesamm (mm).

Kui valime kruvipaari kerimise liikumiskiiruseks näiteks 10 mm/s, ja kuna 14 mm läbimõõduga käigukruvi keermesamm on 4 mm, saame teha lihtsa arvutuse pöörlemissageduse leidmiseks

$$n_N = \frac{10}{4} \cdot 60 = 150 \text{ min}^{-1}$$

Nüüd saame leida saadud pöördemomendi ja liikumiskiiruse saavutamiseks vajaliku mootori võimsuse tulles tagasi alapunkti alguses esitatud valemi juurde.

$$P_N = \frac{T_N \cdot n_N}{9,55}$$

$$P_N = \frac{0,33 \cdot 150}{9,55} = 5,18 \text{ W}$$

Leitud andmete põhjal saime kätte vajalikud orientiirid, et valida sobilike parameetritega alalisvoolumootor. Selleks sai uuritud erinevate tootjate katalooge, kuid just meile sobivate parameetritega mootorit oli siiski raske leida. Leidsime meile ligilähedaselt sobiva mootori Alibaba veebikataloogi sirvides Hiina Rahvavabariigist. Tegu on väikeseid alalisvoolumootoreid tootva ettevõttega, mis toodab ka reduktoritega mootoreid. Tabel 1.4.1.

väljendab erinevaid variante, milliste ülekandearvudega ja vastavate nimiparameetritega on võimalik mootoreid tellida.

Tabel 3.2. Tootjapoolne mootori parameetritabel [3]

Reduction ratio	6	10	20	30	60	90	120	180	270	489	540	810	1620	2430
Gearbox L mm	22.5	22.5	22.5	22.5	25	25	27	27	27	29	29	29	29	29
No load speed rpm	750	450	225	150	75	50	37	25	16	9	8	6	3	2
Rated speed rpm	560	337	168	112	56	35	28	18	12	7	6	4	2	1
rated torque kg.cm	0.3	0.5	0.9	1.3	2.6	3.5	4.2	6.4	9.5	10	10	10	10	10
Max Torque kg.cm	2	2	4	4	8	8	30	30	30	30	30	30	30	30

Kuna 150 min^{-1} on antud mootori konfiguratsiooni korral pöörlemiskiirusel ilma koormuseta, saame vastavalt tabelis antud nimipöörlemiskiirusele 112 min^{-1} leida kruvipaari liikumiskiiruse ja tarbitava võimsuse konkreetse mootori kasutamise korral [3].

Reaalne kruvipaari kiirus tuleb:

$$n_N = \frac{v}{p} \cdot 60 \Rightarrow v = \frac{n_N \cdot p}{60}$$

$$v = \frac{112 \cdot 4}{60} = 7,47 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Reaalne tarbitav võimsus tuleb:

$$P_N = \frac{0,33 \cdot 112}{9,55} = 3,87 \text{ W}$$

Valitud mootori maksimaalne elektriline väljundvõimsus on 10 W, seega jääb meil piisav võimsusvaru tagamaks ettenägematusi.



Sele 3.1. Väike alalisvoolumootor

4. SIDUR

4.1. Sidurite üldteave ja liigitus

Sidurite põhiülesanne on kahe võlli (harvem võlli ja mõne muu detaili, näit. vintsitrummi) sidumine pöördemomendi ülekandmiseks. Lisaks sellele täidavad sidurid enamasti lisafunktsioone nagu koostamishälvete kompenseerimine, löögilise koormuse pehmendamine jne. Sidurite konstruktsioone, mida tunneb maailmapraktika, on tuhandeid. Sidurid valmistavad tüüp mõõtmete järgi spetsialiseeritud firmad ja reeglina on konstruktori ülesanne neist sobivaim välja valida. Sidureid on otstarbekas liigitada 4 klassi [10].

1.klass - püsisidurid. Ei võimalda võlle ilma demontaažioperatsioonideta lahutada. Jagunevad kolme rühma: jäigad, kompenseerivad ja elastsed. On praktikas arvukaim klass [10].

2.klass - lülitatavad sidurid. Võimaldavad (sõltuvalt tüübist) võlle ühendada omavahel või neil asuvate detailidega kas seisu ajal, sünkroonsel pöörlemisel või ka ühtlustamata kiirustel. Tööprintsibiilt jagunevad mehaanilisteks, hüdrodünaamilisteks ja elektromagneetilisteks [10].

3.klass - automaatsidurid. Lülitavad võlle automaatselt sisse või välja sõltuvalt võlli pöörlemissageduse või pöördemomendi etteantud väärtusest [10].

4.klass - sidurid, mis eelmainitud kolme klassi ei mahu (näit. liitsidurid, mis koosnevad eelloetletute kombinatsioonidest) [10].

Nagu härra Kleis oma raamatus ütleb – püsisidurid on praktikas arvukaim klass - nii vaatleme ka meie just seda klassi tähelepanelikult ja püüame endale sobiva siduri sellest klassist valida. Alljärgnevates punktides vaatleme lähemalt jäiksidurid ja kompenseerivaid sidureid. Elastsed sidurid jätame antud seadme korral kõrvale, kuna elastne sidur sobib hästi pigem kõrgemate pöörlemissageduste (kuni 6000 min^{-1}) ja suurtemate momentide (kuni 40 kNm) ülekandmiseks. Eelduste kohaselt on meie seadme peaülekandevõlli pöörlemiskiirus oluliselt madalamas klassis, ka saavutatavad momendid on pigem väikesed. Lisaks ei tarvitse meil antud seadme puhul kasutada elastse siduri eeliseid nagu löökkoormuste leevendamine ja vibratsioonioht.

4.1.1. Jäigad sidurid

Jäik sidur ei luba ühendatud võllide pöörlemisel nende omavahelist liikumist.

Jäikade sidurite meie jaoks olulised eelised [20]:

- Võllide ühendus on jäik – mõlema võlli pöördemoment ja pörödenurk on sama
- Ülekantav moment on piiratud vaid liite tugevusega
- Lihtne ja odav lahendus

Puudused, millega peaksime projekteerimisel ja ehitamisel arvestama [20]:

- Jäik ühendus kannab edasi telgjõudusid ja paindemomente, milleks tuleb laagrid paigaldada siduri lähedale;
- Siduriga liidetavad võllid peavad omavahel olema tsentreeritud ja joondatud.

Jäika sidurit saab kasutada lahendustes, kus kompenseerivat funktsiooni kannab mõni teine komponent: vedruseib, paindvõll, suur lõtk vms. Meil oleks kompenseerivaks komponendiks piisav lõtk.

Jäikadest siduritest on kasutada kaks varianti [20]:

- Ääriksidur (DIN 116) – pöördemomenti kannab üle ääriku pooltevaheline hõõrdejõud ja poltide vardad koos võimaliku ühisliistuga;
- Muhvsidur (DIN 115) – pöördemomenti kannab üle muhvi materjal koos võimaliku ühisliistuga. Seejuures jaguneb antud tüüp poolitamata ja poolitatud muhvsiduriteks.

4.1.2. Kompenseerivad sidurid

Kompenseeriv sidur lubab võllide pöörlemisel nende omavahelist liikumist ning sellega leevendab võllide asendihälvetest tingitud piki- ja põikjõudude ning paindemomentide teket. Kompenseeriva siduri põhifunktsiooniks on leevendada võllide asendihälvetest tingitud lisakoormusi [20].

Kompenseerivad sidurid on võimelised kompenseerima montaaži (või ka tööprotsessi) käigus tekkivaid hälbeid. Neist aksiaalhälbe sagedaim põhjustaja on võlli termineline paisumine-

kokkutõmbumine, radiaal- ja nurkhälve võivad tekkida koostamisel, aga ka näiteks ühe masina aluse suuremal vajumisel tööprotsessis [11].

Kompenseerivad lõtkude ja libisemisega sidurid on [11]:

- Hammassidur
- Kettsidur
- *Oldham*'i sidur (libisemisega)
- Nukksidur.

4.2. Siduri valik

Vaadeldes erinevaid siduritüüpe, võrreldes eeliseid ja puuduseid meie loodava lipuseadme omaduste ja nõudmistega, tundub meile kõige otstarbekam kasutada jäika sidurit. Jäik sidur on olemuselt kõige lihtsam ja odavam sidur. Jäiga siduri kasutamisel nõuab eraldi tähelepanu asjaolu, et vajalik on võllide täpne joondamine. Selle probleemi suudame kaotada põhiliselt juba projekteerimisfaasis, kuna nii mootor kui ka ajamivõll (kruvivõll või keermelatt) on seadme korpuses fikseeritud - veokruvi töötab laagerdustel lipuvarda sees ja elektrimootor on paigaldatud vastavate kinnitustega silindrilise korpuse tsentrisse. Paigaldamisel tuleb vaid jälgida, et ei esineks võllide telgede kiivsust ega samatelgsuse hälvet ja vajadusel kinnitusi reguleerida.

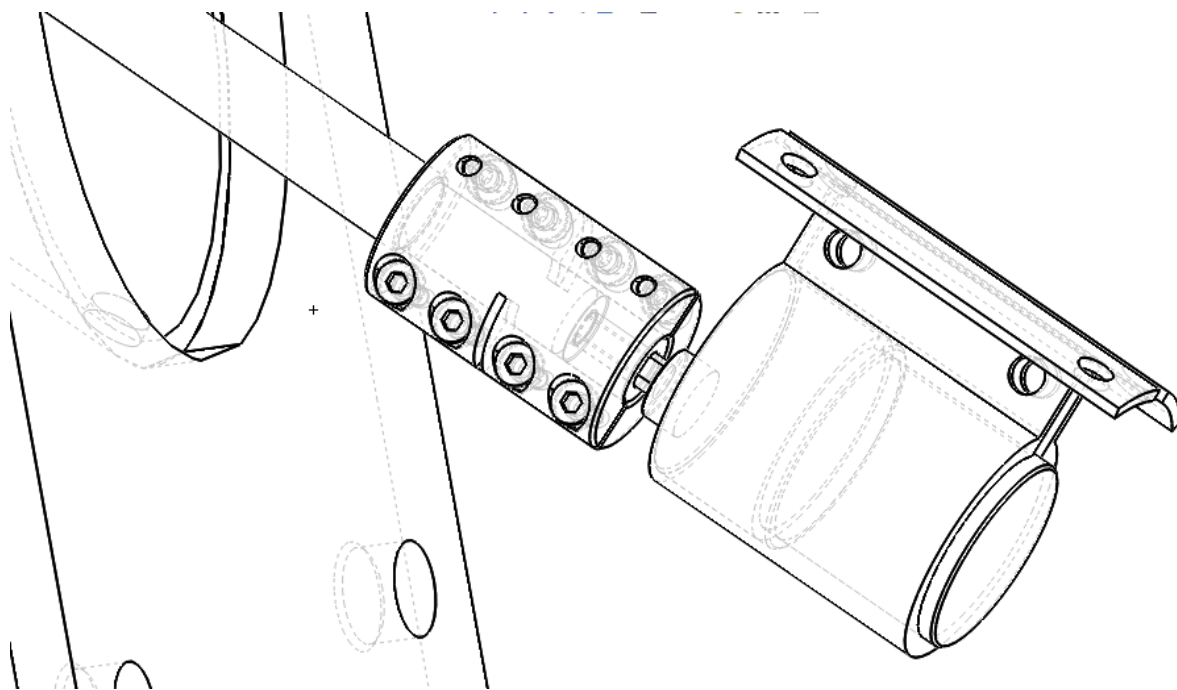
Seega jääb veel küsimus, millist jäika sidurit täpselt kasutada – kas ääriksidurit või muhvsidurit.



Sele 4.1. Jäigad sidurid – vasakul muhvsidur ja paremal ääriksidur

Sobivat sidurit otsisime erinevate firmade kataloogidest nagu näiteks Desch, Mav, Stemin, kuid neis oli kõige väiksem muhvsidur 20 mm võllile ja muhvi välisdiameeter oli seejuures

100 mm, mis ei ole meie seadme parameetreid arvestades sobilik. Asjaolusid arvestades leidsime U.S.A. ettevõtte Ruland Manufacturing Co., Inc., kes toodab väiksemaid sidureid robotikarakendustele. Neilt on võimalik saada lausa muhvsidurit alates 3 mm võllile. Rulandi kataloogist valisime enda seadmele 12 mm võllidele sobiva muhvsiduri, mille välismõõtmed sobivad kasutamiseks meie lipuseadme konstruktsioonis. Antud muhvsidur on 2-osaline ja töötab hõõrdistuga, maksimaalne ülekantav pöördemoment 32 Nm. Valitud siduri liitmiseks meie süsteemi tuleb käigukruvi kinnitusots treida 12 mm mõõdule ning mootori kinnitamiseks antud sidurisse tuleb valmistada vahepuks kuna mootori võll on 6 mm [22].



Sele 4.2. Valitud sidur meie seadmel ühendatud mootori ja ajamvõlliga

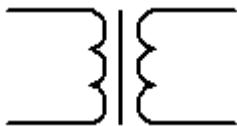
5. ELEKTROONIKA JA JUHTIMINE

5.1. Mootori toiteahel

Kuna kasutame 12 V alalisvoolumootorit, on meil võrgupinge tarvitamiseks vaja kasutada transformaatorit ja alaldit.

5.1.1. Transformaator

Transformaator ehk trafo on elektromagnetilisel induksioonil põhinev staatiline (liikuvosadeta) energiamuundur, mis võimaldab muuta vahelduvvoolu tugevust ja pinget voolusagedust muutmata. Transformaatori nimetus on tulnud ladinakeelsest sõnast *transformare* ('muundama'). Transformaatorite võimsus võib olla väga erinev murdosast voltamprist kuni gigavoltamprini ja pinge kuni sadade kilovoltideni [24].



Sele 5.1. Trafo üldtähis [24]

Transformaatoriga muudetakse pinget kõrgemaks või madalamaks, vastavalt sellele muutub ka voolutugevus. Kasutatakse enamasti elektroonikaseadmete toitmiseks. Toitetrafo ülesanne on saada võrgupingest vajalik pinge ja tagada galvaaniline (vahetu elektriline) lahtisidustus. Kõrgsagedustehnikas kasutatakse trafosid ka signaaliallikate omavaheliseks sobitamiseks [24].



Sele 5.2. Erinevad trafode liigid [30]

Trafo põhiosa moodustavad vähemalt kaks mähist - primaarmähis, millele rakendatakse muundatav ehk transformeeritav pinge ja üks või mitu sekundaarmähist, millelt saadakse vajaliku väärtusega muundatud pinge(d) [24].

Tarvis valida sobiva parameetritega (võimsus ja mõõtmed) transformaator, mille eesmärk on transformeerida pinget 230 V -> 12 V. Voolu vajame 1 A.

5.2.2. Alaldi

Alaldi - muundur, mis muudab vahelduvvoolu ühesuunaliseks vooluks. Alaldi koosseis peab olema vähemalt üks elektriventil (ühesuunalise voolu juhtimisega), võib olla transformaator, silufilter ja stabilisaator [1].

Vahelduvvool on peamine elektrienergia allikas, mida tarbivad nii tööstus kui koduelektriseadmed ning seetõttu on vahelduvvoolu vaja mitmete tarbijate jaoks muundada alalisvooluks. Antud protsessi nimetatakse alaldamiseks [1].

Alaldamiseks kasutatakse ühesuunalise juhtivusega pooljuhtseadiseid, nagu pooljuhtdiodid ja türistorid. Alaldeid, mis on koostatud diodide baasil, nimetatakse mittetüüritavateks alalditeks ja neis, mis on koostatud türistoride baasil, tüüritavateks alalditeks, sest nende alalisväljundpinge on reguleeritav [1].

Alaldite liigitus [1]:

- Elektriventilide järgi: elektron-, ioon- ja pooljuhtalaldid;
- voolu liigi järgi: ühe- ja kolmefaasilised alaldid;
- elektriskeemi järgi: ühe- ja kahetaktilised alaldid.

Meil ei ole mõtet kasutada poolperioodalaldiat, kuna see alaldab ainult ühe siinuse poole ära ja seetõttu tekivad impulsid, mis panevad 50 Hz juures mootori urisema. Seega on meil hea kasutada täisperioodalaldit ja silufiltrit, siis saab mootor kenasti stabiilse toitepinge ning töötab ühtlaselt ja ökonoomselt.

5.2. Juhtimismeetodid

Skeemi juhtimine on tavaliselt mõistlikum teha vahelduvpingega, kuna alalispingel juhtimine läheb elektrooniliselt olulisemalt keerulisemaks. Kuid kuna mootori võimsus on meil tehnilises tähenduses kaduvväike (10 W), siis kasutame lihtsuse mõttes releedega juhtumist ja saame kasutada juhtimiseks alalisvoolu. Muidugi peame arvestama ka alalisvoolu käivitusvooluga, mis on käivitumishetkel 10 kuni 15 korda suurem nimivoolust. See on alalisvoolumootori puhul ka üheks miinuseks. See aga ei ole samuti nii väikeste mootori puhul suureks probleemiks [9].

Meil on juhtimise teostamiseks 2 varianti: kas releedega või elektrooniliselt (loogikakividega). Kuna kasutame teekonnalüliteid, on ühtpidi lihtsam lahendus kasutades releesid, kuid nii väikese mootori korral võib olla ka elektrooniline juhtimine ratsionaalne. Väikest hinnauuringut tehes selgus, et releede kasutamine läheb tõenäolisemalt olulisemalt kallimaks. Siiski otsustasime koostada tööskeemi releede baasil, kuna see on lihtsam kasutada prototüübi valmistamiseks ja testimiseks. Kui lipuseadme peaks jõudma hiljem seeriatootmisesse, siis on kindlasti mõistlik koostada juhtimine läbi loogikakivide. Seadme tööskeemis kasutatamiseks sobilikud releed, 12 VDC 45 mA SPDT 12 A / 250 V, on kujutatud Selel 5.3. Sobilik transformaatoreid, 24 VA 230 VAC / 12 V 2 A EI66/22 Indel, on kujutatud Selel 5.4. [17].



Sele 5.3. 12 VDC relee seadme juhtimise teostamiseks [17]



Sele 5.4. 230/12 VAC transformator mootori toiteahelasse [18]

5.2.1. Surulüliti

Esmalt käsitleme võimalust juhtida seadet statsionaarsete nuppude abil. Lisades toodud tööskeemil on ühest kolmest juhtimisvõimalusest statsionaarsed surunupud S1, S2 ja S3, mis oma tüübi poolest on sulgekontakti ja automaattennistusega surunupplülitid. Nuppude lülitusfunktsioonideks on:

- S1 – stop. Sisuliselt hädaseiskamisnupp, võimalik seisata süsteemi tööd ükskõik, millisel hetkel.
- S2 – seadme aktiveerimine. Vajutatakse, kui soovitakse lippu heisata. Süsteem kerib lipu välja.
- S3 – seadme deaktiveerimine. Vajutatakse, kui soovitakse lipp langetada. Seade rullib lipu kokku ja lipuvarras koos lipukangaga naastakse seadme statsionaarse korpuse sisse varju.

5.2.2. Lõpulüliti

Projekteeritud lahenduse puhul vajame kahte lõpulüliti, mille abil seadme tööd juhtida. Lõpulülitid asuvad juhtsoonega detaili külge kinnitatuna nii, et lüliti juhtmed jooksevad läbi peakorpuse ja paiknevad küttekaabli kambris. Sellisel meetodil ei jääb mehaaniline osa seadme sees segamatuks. Valitud lõpulülitiks on mikrolüliti, mis sobib mõõtmetelt (6 x 6 x 3,1 mm) meie seadme juhtsoone otstesse kinnitada. Lõpulüliti puhul vajame NC kontakte ehk normaalselt suletud kontaktidega lüliti. Tarvilik oleks paigaldada lüliti nupu peale vedru, et

laagerdatud tihvt, mis lüliti kontakte avama hakkab (kui ta jõuab juhtsoone ühte või teise otsa), ei sõidaks lüliti puruks.



Sele 5.5. Valitud mikrolüliti [16]

5.2.3. Alternatiivsed juhtimismeetodid

Teisteks võimalusteks seadme juhtimiseks on näiteks kaugjuhtimispult ja mobiiltelefon. Mõlemad meetodid koosnevad kahest poolest, mille vastuvõtjapool on võimalik ühendada meie seadme tööskeemi, kuhu on jäetud vastavat kontaktid nuppude S1, S2 ja S3 juhtimiseks. Samuti on skeemi koostamisel võetud arvesse, et korraga on võimalik kasutada paralleelselt kuni 3 erinevat juhtimismeetodit ning need ei tohi omavahel töötades vastuollu minna.

5.3. Elektrilise tööskeemi kirjeldus

Sulavkaitsmed kaitsevad skeemi lühise puhul. FU1 on mõeldud kaitseks suurte lühisvoolude puhul kogu skeemi ulatuses alates trafost ja FU2 kaitseb juhtimisahelat, kus on väiksemad voolud ning on valitud selliselt, et rakendub väiksemate lühisvoolude juures või õigem oleks öelda rikkevoolude juures.

Järgnevalt kirjeldame süsteemi tööd - kuidas mis nupp millist releed juhib ja kuidas sellele vastavalt rele kontaktid kas avanevad või sulguvad ja vastavalt kuidas skeem pingestub.

S1 (sulgekontakti ja automaatenistusega surunupplüliti) töökirjeldus:

S1 täidab meil stop-nupu funktsiooni, ehk siis võimaldab süsteemi seiskamist suvalisel ajahetkel. Kui skeem on pingestatud (trafo primaarpool on ühendatud toitega), siis vajutades skeemis nuppu S1 rakendub rele KA3 mille tulemusel avaneb kontakt K3 ja vabastab releed

KA1 ja KA2 toitest juhul, kui kumbki neist oli eelnevalt pingestatud. Selle tulemusel vabanevad relee kontaktid K1 ja K2 ning mootor seiskub kui kumbki neist kontaktpaaridest oli eelnevalt suletud. Märkus - lülitusfunktsioon toimib samamoodi ka siis kui KA3 saab sisendpinge kas puldist või GSM-moodulist.

S2 (sulgekontakti ja automaatennistusega surunupplüliti) töökirjeldus:

S2 surunupp täidab seadme sisselülitamise funktsiooni, mille tulemusel lipp heisatakse. Kui skeem on pingestatud (trafo primaarpool on ühendatud toitega, siis vajutades skeemis nuppu S2 rakendub relee KA4 mille tulemusel sulgub selle relee normaalselt avatud asendis olev kontakt K4 ja avaneb sellega rööbiti rakenduv normaalselt suletud kontakt. Rööbiti avanev kontakt välistab selle, et mootori juhtimisel saaks sisse lülituda korraga KA1 ja KA2, mille tulemusel tekiks *H-bridge*-il lühis. Juhul kui kontaktid K5, K2 ja TK1 on oma algses asendis rakendub relee KA1 ja sulgeb oma kontaktid K1 mootori juures, käivitades mootori edasi-suunas. Selleks, et selline süsteemi olek jääks pidama ka peale sisendsignaali lakkamist KA4-le, rakendub KA1 rakendudes tema omatoite ahel kontakti K1 läbi juhtimisskeemi. Sellisel juhul jääb mootor tööle kuni avaneb teekonnalüliti kontakt TK1 (lipp on heisatud) või kuni KA3 või KA5 saab sisendsignaali, mille tulemusel katkestatakse KA1 toide.

S3 (sulgekontakti ja automaatennistusega surunupplüliti) töökirjeldus:

Surunupp S3 täidab meil lipu langetamise funktsiooni, mis tähendab, et nupule S3 vajutades keritakse lipp kokku ja hoiustatakse seadme korpusesse kuni järgmise lipupäevani. Nupu töökirjeldus on väga sarnane surunupu S2-ga – vajutades S2 rakendub KA5 ja sellele vastavalt edasi K5 kontaktid ning pingestub KA2 kui K1 ja TK2 on algses asendis. KA2 pingestudes sulguvad kontaktid K2.

6. OHUTUS

6.1. Elektriohutus

Kuna elektriliinil on elektriline takistus, siis elektrivoolu läbimisel tekib soojus. Kui liini juhtmel on ebapiisav ristlõikepindala, siis liigvoolu puhul hakkab juhe üle kuumenema. Eriti ohtlik on see pikaajalise koormuse korral, sest temperatuur tõuseb üle isolatsioonile maksimaalselt lubatava temperatuuri ja juhe rikneb ning võib isegi süttida. Ohu ennetamiseks tuleb arvutada lühisvoolu numbriline väärtus ja vabanev soojusenergia ning kasutada õige nimivoolu ja tunnusjoonega sulavkaitsmeid või elektriaparaate nagu automaatselülitid, mis on valitud juhtmele maksimaalselt lubatava elektrivoolu järgi. Õigesti projekteeritud elektrivarustuse süsteemil hajub kogu vabanev soojusenergia ülekuumenemiseta keskkonda [28].

Tabel 6.1. Meie seadme voolutarbed

Jrk nr	Ahel	Voolutarve	Ahela kaitsme suurus
1.	Mootor 10 W, 12 VDC, FU1	0,83 A	1 A
2.	Juhtimisahel 12 VDC, FU2	0,44 A	0,5 A
3.	Küttekaabel 4m, 72 W 230 VAC	0,31 A	0,5 A

Seadme elektrilise ohutuse tagamiseks saame ette võtte järgmist [28]:

- Projekt kontrollitud ja koostatud pädevusega isikute poolt
- Maanduse kasutamine (mootori korpuse külge)
- Vastavate sulavkaitsmete kasutamine seadme ahelates
- Rikkevoolukaitse kasutamine peakilbis antud seadme toiteahelas

NB! Elektriseadmete projekteerimisega võib tegeleda ainult vastava pädevusega isik. Kuna mehhatroonika bakalaureuseõpe sellist pädevust ei anna, siis töös antud skeemidesse tuleb suhtuda vähemalt nii palju ettevaatusega, et enne nende koostamist tuleb skeemid lasta kinnitada vastava pädevusega spetsialistil.

6.2. Mehaaniline ohutus

Antud seadme töötamine ei kujuta endast otsest ohtu, kuna lipuseadme tulenevalt oma eesmärgist on ette nähtud paigaldamiseks maja seinale piisavale kõrgusele, kus selleni keegi eriti ei ulatu. Seega on ka välistatud, et kellelgi õnnestuks näiteks oma näpud seadme liikuvate osade vahele jätta.

Ettevaatlik tuleb olla vaid seadme paigaldamise etapis, kuna seade oma arvestatavat kaalu – 25 kg. Seadme paigaldamist peaks teostama vähemalt 2 inimest ning omama ka vastavat kaitsevarustust, nagu kaitseprillid ja –kiiver. Piisava paigalduskõrguse saavutamiseks on ohutuse tagamiseks soovitatav kasutada estakaadi või muud stabiilset kõrgendust töölistele kõrgendatud seisupinna loomiseks, mis hõlbustab seadme kinnitamist piisavala kõrgusele. Seadme kinnituspunkt peaks olema ca 2 meetrit maapinnast, võib olla ka kõrgemal.

NB! Seade ei sobi mängimiseks ega kasutamiseks väikelastele. Täiskasvanutel tuleb hoida seadme juhtpulte lastele kättesaamatus kohas, samuti tuleb lipuseadme statsionaarsed juhtlülid paigutada lastele küündimatusse kohta.

7. MAJANDUSLIK KALKULATSIOON

Seadme konstrueerimisel plaanitavaks tootmiseks on mõistlik läbi viia ka kalkulatsioon, mis sisaldaks kõiki kulumaterjale ja seadme koostamiseks vajaminevat tööjõukulu.

Tabel 7.1. Põhiliste konstruktsioonidetailide hinnakiri

Jrk. nr.	Elemendi kirjeldus	Täpsustus	Kogus	Ligikaudne rea maksumus, €
1.	Peakorpus	Roostevaba õmbluseta toru, 88,9x3,1 mm	1	20
2.	Käigukruvi	14 x 4 mm	1	10
3.	Terasplaat	Roostevaba lehtmetsall, 300x150x10	1	10
4.	Lipuvarras	Roostevaba õmbluseta toru, 35x3 mm	1	20
5.	Puksid	PVC-rigid	2	50
6.	Juhtsoonega detail	CNC-lõigatud polümeertoru	1	50
7.	Riigilipp	Lipukangas 1650x1050 mm	1	15
8.	Ajamimootor	Alalisvoolumootor 12V 10W	1	15
9.	Muhvsidur	Ruland'i d=20	1	86
10.	Küttegaabel	Isereguleeruv	4 m	40
11.	Transformaator	230 VAC -> 12 VDC	1	13
12.	Juhtimispuul	RF kaugjuhtimisseade	1 kmp	35
13.	Plastikmutter	Kruviülekanndesem 4mm sammuga	1	10
14.	Radiaalkuullaagrid	Üherealine, d=2	3	20
15.	Juhtimisreleed	12 VDC releed	2	4,5
16.	Surunupp	Sulgekontaktiga, iseennistuvad	3	7

Seadme koostamiseks vajalike kulumaterjalide hinnaks tuleb ligikaudu 400 € Seejuures osade detailide valmistamine, nagu näiteks CNC-lõigatud detailid, on väikeses koguses seadme tootmisel mõistlik sisse osta. Esiialgu on kindlasti mõistlik ise tegeleda vaid koostamise ja testimisega. Tööjõukulu on raske ette näha, sest ühe lipuseadme valmistamiseks kulub aeg muutub ajas. Esimese prototüübi koostamine võtab kindlasti palju aega. Seeriatootmiseni jõudes, mis vajab ka lisainvesteeringuid, tootmisaeg kindlasti lüheneb. Praegu prognoosime, et esimeste lipuseadmete koostamine võib aega võtta ühel töölisel kuni 8 töötundi, millele lisanduks vajalik testimine kuni 2 h. Ehk kokku 10 h tööd ühe seadme kallal. Arvestame näiteks, et ühe töötunni puhaskulu on 20 € seega koostamise ja testimise töökuluks on suurusjärg 200 € See on vaid esimeste seadmete puhul nii suur. Kui tootjal õnnestub saada rohkem tellimusi ja seadmekoostajal tekivad konkreetse koostu valmistamisel vastavad

kogemused, siis antud tööaeg väheneb kindlasti vähemalt 2 korda. Seega prototüübi ja esimeste väikepartiide ehituskulu ühe seadme korral ca 500-600 €, mis olenevalt tootmisseriate suurenemisest ja materjalide hulgiostu korral võib väheneda isegi 2 kuni 3 korda, kui arvestada ka seadme optimeerimist tootmisele vastavalt ning tekkivaid ja pidevalt täienevaid kogemusi sellise seadme tootmisel. Sellest tulenevalt optimistlik prognoos, et ühe sellise seadme tootmiskulu suurema tootmisseria korral võiks olla ca 200 €juures, mis meie arvates võib olla turu suhtes isegi atraktiivne, kuna tegemist on ikkagi nii-öelda atraktiivse mugavustooteaga.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö teema pakuti välja Tallinna Tehnikaülikooli mehaanikateaduskonna mehhatroonikainstituudi mehhanosüsteemide komponentide õppetooli poolt ja on tehtud dotsent Igor Penkov juhendamisel. Töö eesmärgiks oli välja arendada elektriline majalipp, mille konstruktsioon kinnitub majaseinale 40 kraadise nurga all ja mis nupule vajutamise tulemusel on võimeline lippu heiskama ning samas lipupäevade vahelisel ajal lippu seadme korpuses hoiustama.

Elektrilise lipuseadme arenduse põhjuseks oli asjaolu, et antud seadme lahendus oli tellitud mehhatroonikainstituudilt. Sellest tulenevalt olid tellija poolt ette antud teatud parameetrid. Näiteks mehaanilise ajami keskne osa pidi töötama kruviülekande kasutamisel. Sellest tulenevalt uurisime analoogseid kaubanduses saada olevaid seadmeid. Selgus, et sellist küllalt kompaktset lahendust, mille korpuse seest liigub välja lipuvarras ning ka lipp ajami tööga lahti-kokku keritakse, ei õnnestu leida. Seega ei olnud meil konkureerivat lahendust, millest oleksime püüdnud erineda kas efektiivsema lahenduse või atraktiivsema hinna poolest. Sestap võib öelda, et antud töö projekteerimisel ei ole lähtunud majanduslikust vaatepunktist. Põhirõhk oli võimalikult töökindla prototüüplahenduse loomisel.

Projekteerimisetapi alguses sai välja mõeldud mehaanika lahendus, et soovitud lahendusele vastavalt kogu ülejäänud projekt arendada. Lahendusideeks sai juhtsoonega detaili kasutamine, mida mööda seadme liikuv osa juhindub, kasutades laagerdatud juhttihvti liikumas juhtsoone sees. Sellest lähtuvalt sai alustada seadme modelleerimist ja paralleelset edasiarendamist. Kui ajami juhtmehaanika arendus oli jõudnud piisavasse etappi, saime arvutada ja valida vajaliku trapetskeermega käigukruvi, siduri ja mootori. Tulenevalt väikese võimsusega alalisvoolumootori valimisest koostasime mootori juhtahela, kasutades prototüübi loomiseks releelahendust.

Seadme modelleerimine käis kogu projekti jooksul algusest peale, arenedes aina täiuslikumaks. Alles peale lõpliku mudeli aksepteerimist siseringides, koostasime lipuseadme 2D-joonised. 3D modelleerimine ja 2D jooniste koostamine on tehtud kasutades SolidWorks 2013 arvutitarkvara. Samuti peale elektrilise osa väljatöötamist, koostasime seadme elektrilise tööskeemi. Elektrilise tööskeemi joonis on tehtud Solid Edge ST5 tarkvara kasutades.

Peale mehaanika ja elektroonika väljatöötamist, vaatlesime ka arendatud seadme ohutust. Meie arvamuse kohaselt on tegu väga väikest või olematut ohtu kujutava seadmega, kui vaid paigaldus on tehtud õigesti ja seejuures vastava spetsialisti poolt. Samuti koostasime ülevaatliku majandusliku kalkulatsiooni, mis annab hinnainfot seadme koostamiskuludest. Arvame, et esitatud informatsiooni najale toetudes on võimalik valmistada prototüüp, mille katsetamise käigus kindlasti tekivad parandusideed ja mõningad vajadused lahendust muuta, mis on ühe arendusprojekti turuletoomise ja lõpptoote valmimisel vajalik protsess.

Elektrilise lipuseadme projekteerimise tulemusena võib öelda, et arenduse käigus on käsitletud mitmeid erinevaid probleeme ja nüansse, mis lipuseadme tootmisel ja koostamisel võivad tekkida. Käesoleva projekti järgi on vähemasti võimalik valmistada prototüüp, mille täiustamise tulemusena on tõenäoliselt võimalik luua reaalne toode, millel meie arvamuse kohaselt oleks nõudlust.

Summary

This Bachelor's thesis has been proposed by Tallinn University of Technology, Department of Mechatronics and has been done under the guidance of Igor Penkov, Ph.D. Current thesis describes the development of a electrical flag system which is attached to a house wall under 40 degrees and which is able to hoist a flag when pressing a button and store the flag between hoisting dates.

The reason for selecting the development of a electrical flag system was that this kind of solution had been ordered from Department of Mechatronics. Due to this fact there were some particular specifications given by the customer. For example the mechanical system had to use leadscrew for movements. Therefore we tried to find similar available products and applications but we were unable to find a competitive device which was compact and solid enough for hoisting and storing a flag at same time. This means that we did not have a goal to make our device cheaper or better than some other product. Our main focus was on working out the best possible solution for making a prototype device.

In the first phase of design we worked out the mechanical solution for system movements. The solution was to use a CNC-processed tube which has a guidance groove and the moving flagpole must follow the groove with attached pin (which has bearings for simplifying motion). On these basis we proceeded with device modelling and design at the same time. When most of the mechanical parts and had been clarified and designed we continued with calculations and selection of proper leadscrew, shaft coupling and motor. As the motor turned out to be with very low power we decided to use relay-solution for our project.

The improvement of 3D model was a continuous process which started in the very beginning and lasted till the very end of our project design, slowly getting better and better. After we had pretty much finished with the 3D model, we also made the 2D drawings of assembly and details. For drawings and modelling we used SolidWorks 2013 software. Also, after working out the needs and basic functions of needed electrical system, we drew the electrical scheme for our electrical flag device and for that matter we used Solid Edge ST5.

Besides designing mechanics and electronics we drew attention to safety. According to our opinion this device is very safe to the user and just needs professional installation. After that we also made some economical calculations to get the idea how much would cost making and testing a prototype device. In our opinion it possible and also reasonable to manufacture a prototype of this device. Of course ideas of improvement could rise during prototype testing but this is quite normal to get a perfect device out from the first design.

After designing a electrical flag device we can say that we have dealt with various kinds of problems which could rise in device production, assembly or exploitation. With current project design it is possible to create a real product which in our opinion could have a realistic chance to get interested customers.

Kasutatud kirjanduse loetelu

1. Alaldid, [WWW] http://www.eope.ee/_download/euni_repository/file/2737/1.%20Elektroonika%20alused.eip.zip/18_alaldid.html (05.2014)
2. Alalisvoolumootorite liigitus ergutusviisi järgi, [WWW] http://www.eope.ee/_download/euni_repository/file/3935/ELEKTRISEADMED%20JA%20MASINAD%20I.zip/alalisvoolumootorite_liigitus_ergutusviisi_jrgi.html (05.2014)
3. Alibaba, 12v DC motor low rpm, [WWW] http://www.alibaba.com/product-detail/12v-dc-motor-low-rpm_658849839.html?s=p (05.2014)
4. Amari Metals, Roostevaba teras, [WWW] <http://www.amarimetals.ee/roostevaba/teras.html> (05.2014)
5. Armacell AC, Armacell Engineered foams, [WWW] [http://www.armacell.com/WWW/armacell/ACwwwAttach.nsf/ansFiles/005-001-FIN\(FIN\).pdf/\\$File/005-001-FIN\(FIN\).pdf](http://www.armacell.com/WWW/armacell/ACwwwAttach.nsf/ansFiles/005-001-FIN(FIN).pdf/$File/005-001-FIN(FIN).pdf) (05.2014)
6. AS Alas-Kuul, 1-realised kuullaagrid, [WWW] <http://www.alas-kuul.ee/webmain.nsf/radiaalkuul1r1est!openpage> (05.2014)
7. Devi Danfoss, Isereguleeruvad küttegaablid, [WWW] http://devi.danfoss.com/Estonia/Professional/Products/Collection+Self-Limiting+Cables/Overview_Self_Limiting_Cables.htm (05.2014)
8. Helens Baltic, Õmbluseta ümartoru, [WWW] <http://helensbaltic.com/wp-content/uploads/2012/03/ombluseta-umartoru-1.pdf> (05.2014)
9. Katsman M., Elektrimasinad ja transformaatorid, Tallinn 1971, lk.108
10. Kleis I., Masinaelemendid, Tallinn 2005, lk. 71-72
11. Kleis I., Masinaelemendid, Tallinn 2005, lk. 73
12. Lahtmets R., Elektrimasinad, [WWW] http://www.ene.ttu.ee/leonardo/elektro_alused/8Elektrimasinad.pdf (05.2014)
13. Masinaelemendid, [WWW] [http://www.mh.ttu.ee/gennadi/masinaelemendid/kodutood/ULESANNETE_NAITED/\(13\)_Kruvilekanne.pdf](http://www.mh.ttu.ee/gennadi/masinaelemendid/kodutood/ULESANNETE_NAITED/(13)_Kruvilekanne.pdf) (05.2014)
14. Materjaliõpetus elektrikele, [WWW] <http://opiobjektid.tptlive.ee/Materjaliõpetus/termottlemine.html> (05.2014)
15. Mekanex, Trapetsstänger, [WWW] http://www.mekanex.se/pdf/pdfkat/160_161.pdf (05.2014)

16. Oomipood, Mikronupp, [WWW]
<http://www.oomipood.ee/product/dtshw66nb/mikronupp-6-6-3-1mm-n-0-8mm>
(05.2014)
17. Oomipood, Relee, [WWW] <http://www.oomipood.ee/product/lm1-12d/relee-12vdc-45ma-spdt-12a-250v> (05.2014)
18. Oomipood, Trafo, [WWW] <http://www.oomipood.ee/product/ts%2025/009/trafo-24va-230vac-12v-2a-ei66-22-indel> (05.2014)
19. Põdra P., Ainesliited, [WWW]
http://www.mh.ttu.ee/priitp/Masinaelemendid/Loeng/4_Ainesliited.pdf (05.2014)
20. Põdra P., Masinaelemendid, [WWW]
http://www.mh.ttu.ee/priitp/Masinaelemendid/Loeng/7_Sidurid.pdf
21. Põdra P., Nõtke, [WWW]
http://www.mh.ttu.ee/priitp/Tugevusopetus/Harjutused/NOTKE/NOTKE_Lubatav_koormus (05.2014)
22. Ruland, MSPX-12-12-SS-Rigid Coupling, [WWW] <http://www.ruland.com/shaft-coupling.php?recordID=MSPX-12-12-SS> (05.2014)
23. Sepa Grupp, Alumiiniumi lühiiseloostus, [WWW]
<http://www.sapagroup.com/ee/sapa-profiilid-as/alumiiniumist/alumiiniumi-omadused/>
(05.2014)
24. Transformaatorid, [WWW] http://www.e-ope.ee/_download/euni_repository/file/3508/Elektroonikakomponendid.zip/21_transfoormaaatorid.html (05.2014)
25. Varis, Elektroodid roostevaba terase keevitamiseks, [WWW]
<http://www.varis.lt/produktai/EST/av1308l.pdf> (05.2014)
26. Vikipeedia vaba entsüklopeedia, Alalisvoolumootor, [WWW]
<http://et.wikipedia.org/wiki/Alalisvoolumootor> (05.2014)
27. Vikipeedia vaba entsüklopeedia, Elektrimootor, [WWW]
<http://et.wikipedia.org/wiki/Elektrimootor> (04.2014)
28. Vikipeedia vaba entsüklopeedia, Elektriõhutus, [WWW]
<http://et.wikipedia.org/wiki/Elektriõhutus> (05.2014)
29. Vikipeedia vaba entsüklopeedia, Raud, [WWW] <http://et.wikipedia.org/wiki/Raud>
(05.2014)

30. Wikipedia, Transformers, [WWW]

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/84/Transformers.jpg/640px-Transformers.jpg> (05.2014)

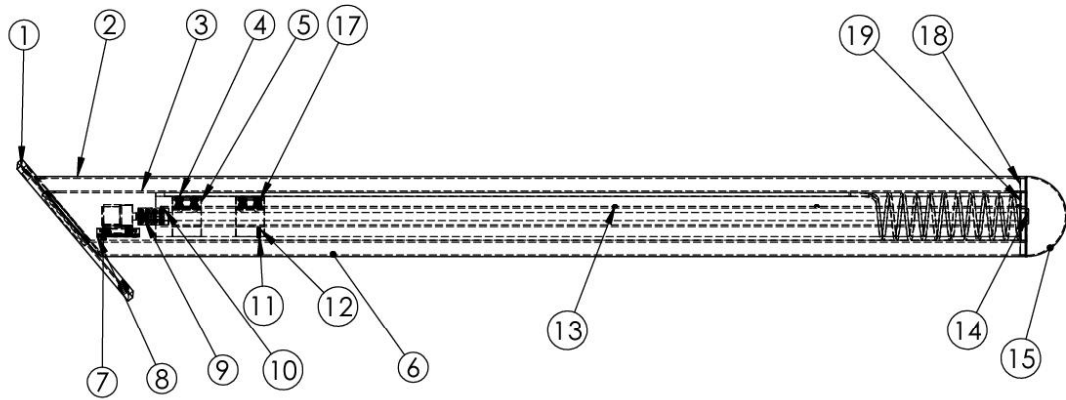
Lisad

GRAAFILINE OSA

1. Mehaanika detaili- ja koostejoonised
2. Seadme elektriline tööskeem

GRAAFILINE OSA 1

Mehaanika detaili- ja koostejoonised, illustratsioonid

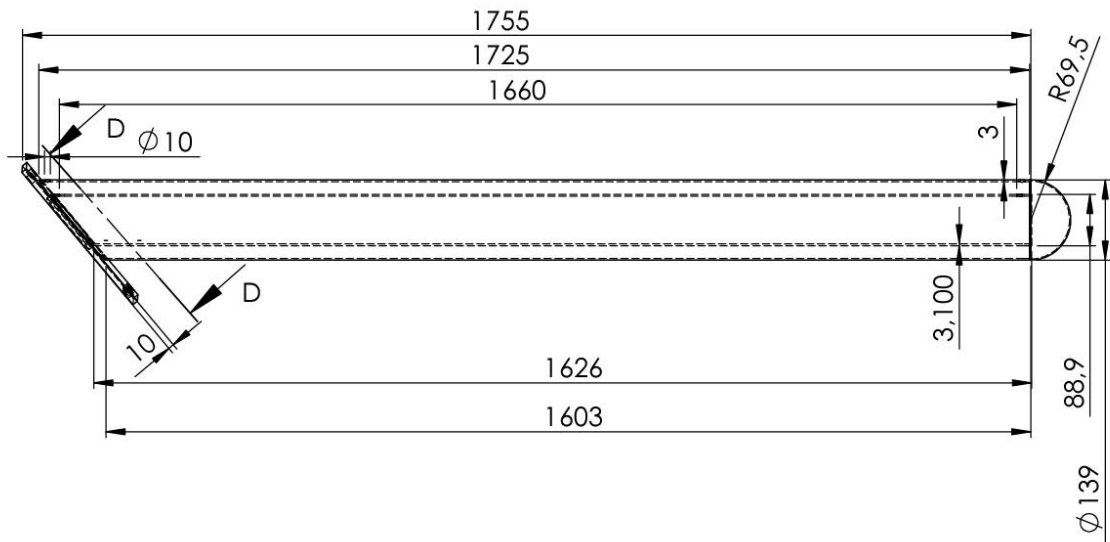
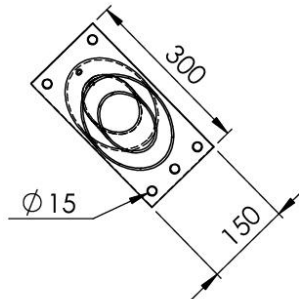


Osa number	Pealkiri	Arv
1	Kinnitusplaat	1
2	Kütfeelemendi kattetoru	1
3	Seadme stationaarne toru	1
4	Juhtsoonega element	1
5	Polümeerpüks	2
6	Käigukruvi	1
7	Mootor	1
8	Mootori kinnitus	1
9	Mootori võlli püks	1
10	Sidur	1
11	Tihvti laagerdus	3
12	Tihvt	1
13	Lipukanga kinnitusaas	3
14	Käigukruvi juhtpüks	1
15	Ilukate	1
16	M6 x 15 polt ja mutter	2
17	M6 x 25 polt ja mutter	2
18	Simmerling 88,9x133x10	1
19	Simmerling 35x82,7x10	1

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Automaatne lipuseade	Möödikava Mass
Konstruktor: S. Heinlaid		Peakoost		
Juhendaja				
TTÜ MEHAANIKA-TEADUSKOND				
Mehhatroonika instituut		Leht 1/7	Tallinn 2014	

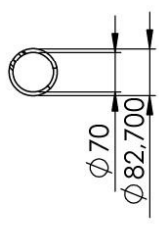
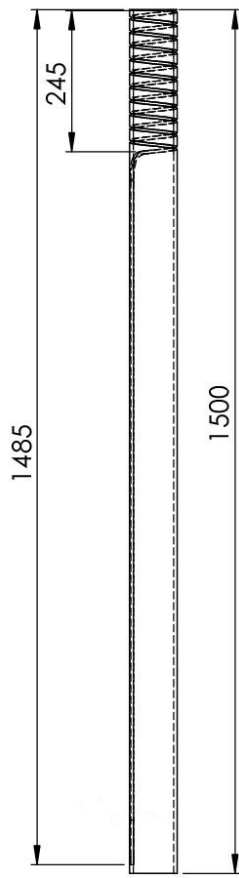
SolidWorks Student License
Academic Use Only

D-D



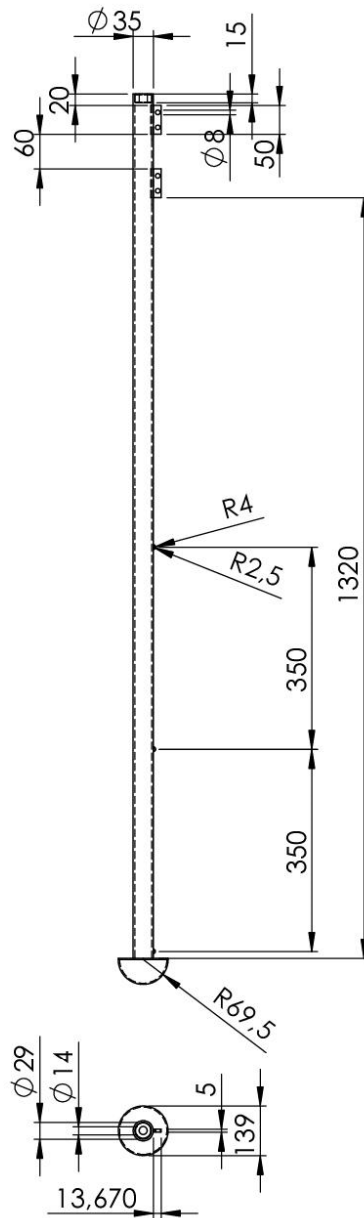
	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Automaatne lipuseade	Mõõtkava: 1:10 Mass
Konstruktor: S. Heinlaid		Seadme stationaarne osa ja kütteelemendi ümbris		
Juhendaja				
TTÜ MEHAANIKA- TEADUSKOND				
Mehatronika instituut		Leht 2/7	Tallinn 2014	

**SolidWorks Student License
Academic Use Only**



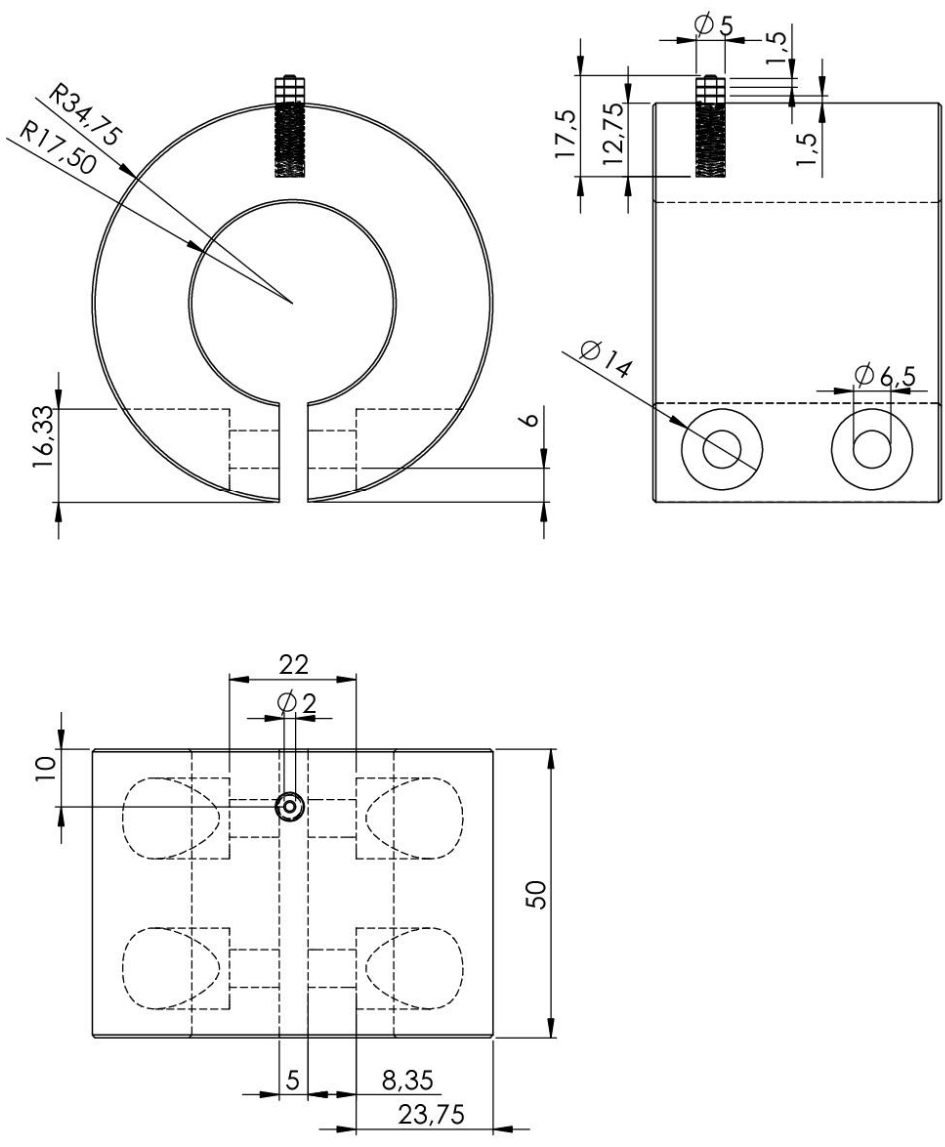
**SolidWorks Student License
Academic Use Only**

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Materjal: Plastik	Möötkava: 1 : 10
	Konstruktor: S. Heinlaid Juhendaja TTÜ MEHAANIKA- TEADUSKOND Mehhatroonika instituut			Mass Juhtsoonega detail Leht 3/7 Tallinn 2014



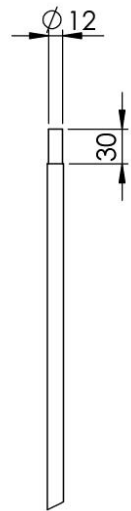
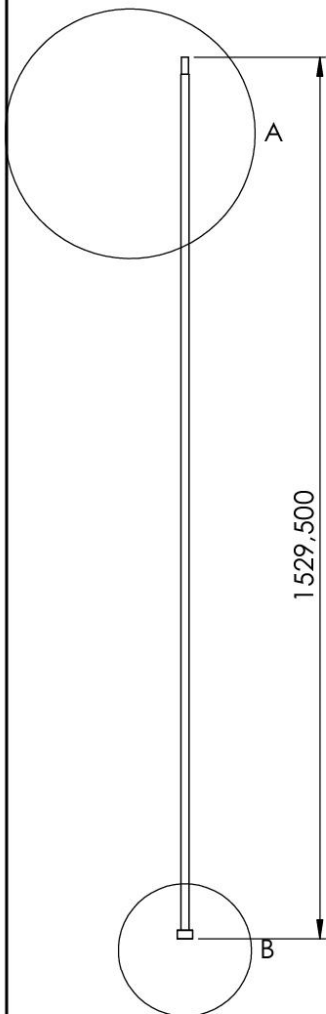
	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Automaatne lipuseade	Mõõtkava: 1 : 10
	Konstruktor: S. Heinlaid Juhendaja TTÜ MEHAANIKA- TEADUSKOND Mehatroonika instituut			Mass Lipuvarras
			Leht 4/7	Tallinn 2014

**SolidWorks Student License
Academic Use Only**

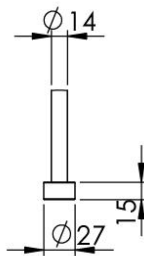


**SolidWorks Student License
Academic Use Only**

	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Automaatne lipuseade	Mõõtkava: 1 : 1
	Konstruktor: S. Heinlaid Juhendaja TTÜ MEHAANIKA- TEADUSKOND Mehhatronika instituut			Puks tihvtiga Leht 5/7 Tallinn 2014



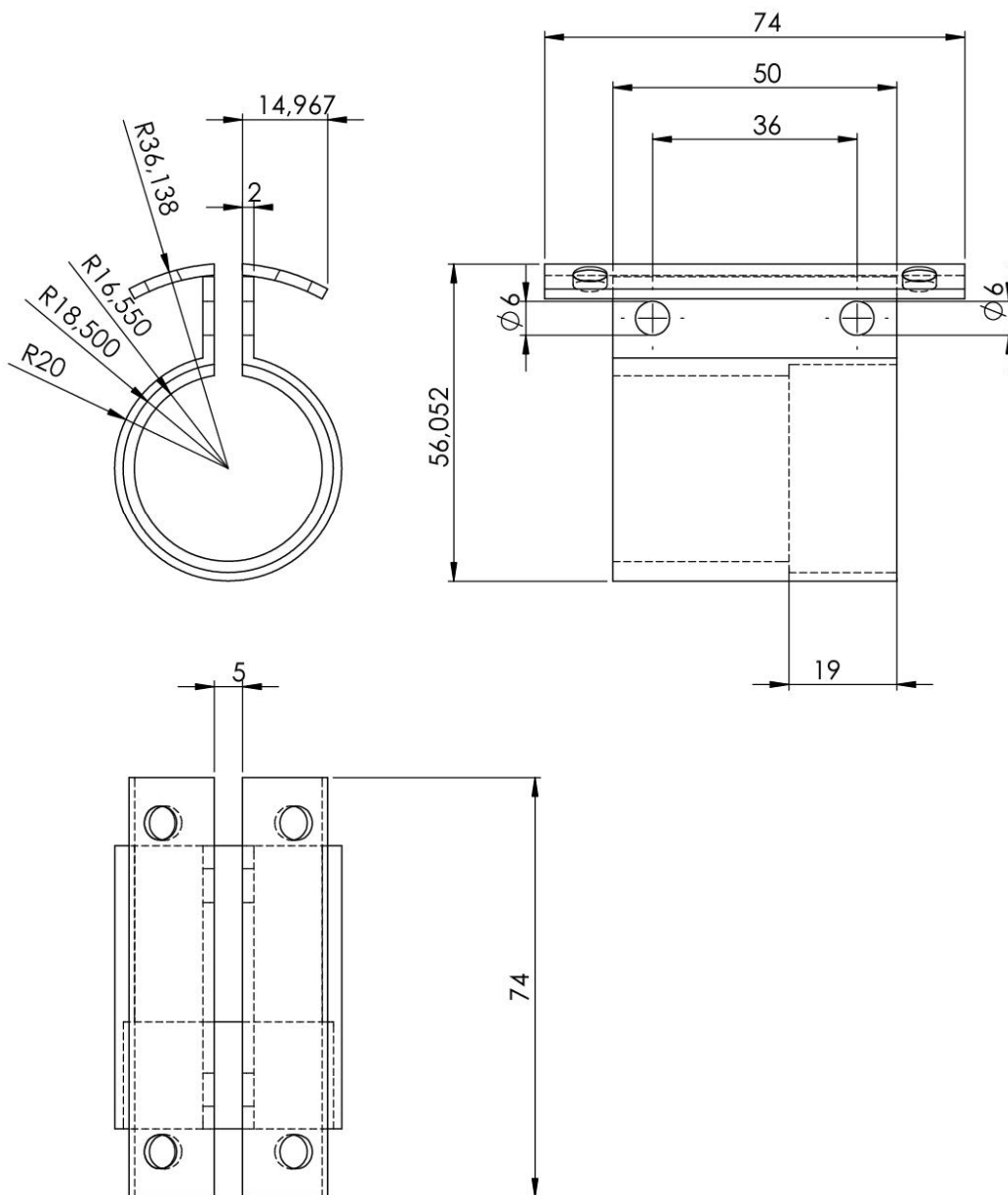
DETAIL A
SCALE 1 : 5



DETAIL B
SCALE 1 : 5

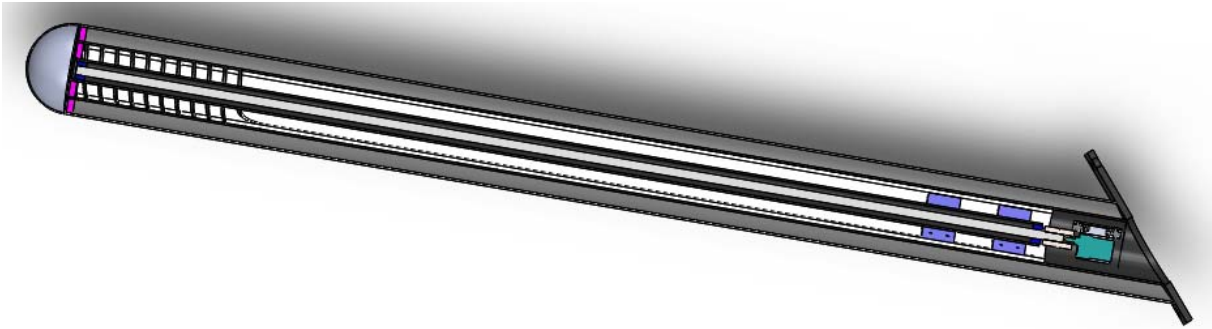
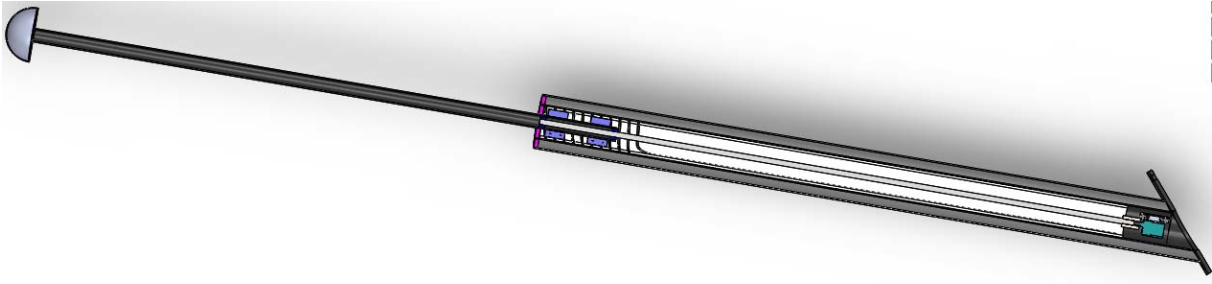
**SolidWorks Student License
Academic Use Only**

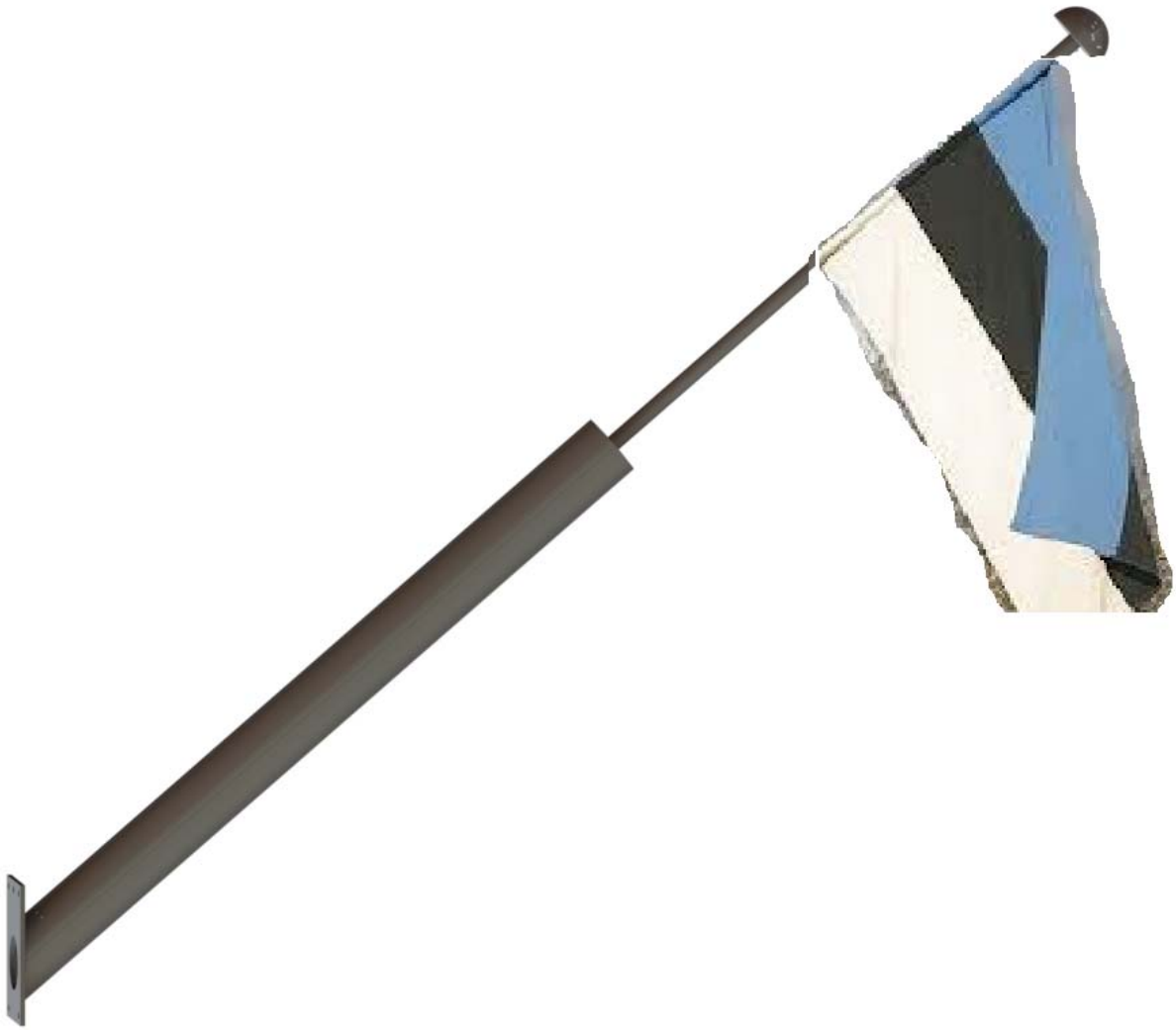
	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Automaatne lipuseade	Mõõtkava: 1 : 10 Mass
Konstruktor: S. Heinlaid		Käigukruvi		
Juhendaja				
TTÜ MEHAANIKA- TEADUSKOND				
Mehatronika instituut		Leht 6/7	Tallinn 2014	



**SolidWorks Student License
Academic Use Only**

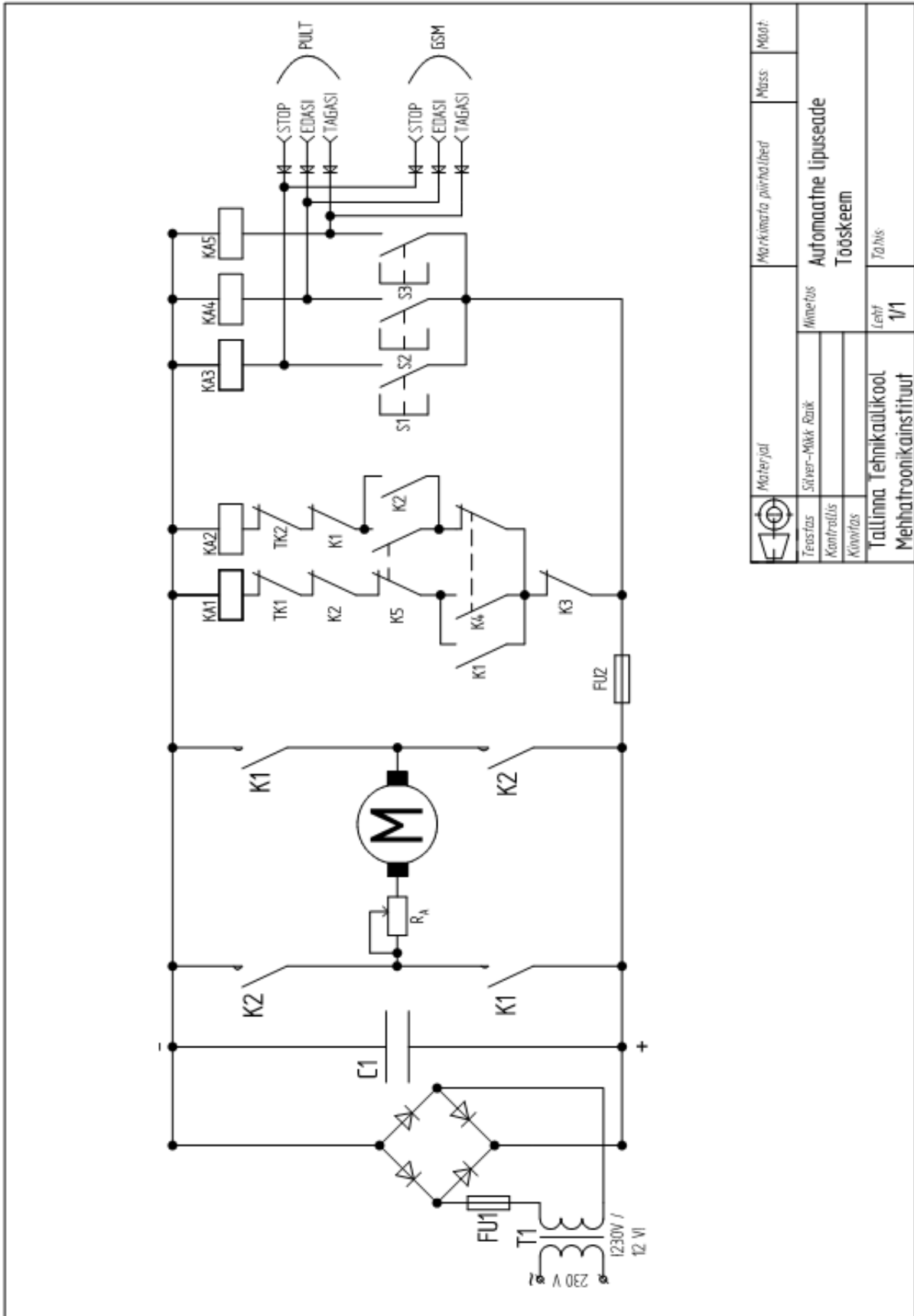
	MHE40LT	Bakalaureusetöö	Automaatne lipuseade	Mõõtkava: 1 : 1
Konstruktor: S. Heinlaid		Mootori kinnitus		
Juhendaja				
TTÜ MEHAANIKA- TEADUSKOND		Tallinn 2014		
Mehhatroonika instituut		Leht 7/7		





GRAAFILINE OSA 2

Seadme elektriline tööskeem



Material		Markimata pihvilibed		Mass:	Moat:
Teostas	Silver-Mix Rank	Arvutus		Automaatne lipuseude	
Kontrollis				Tooskeem	
Koostis				Tõnis	
Tallinna Tehnikaülikool		Leht	1/1		
Mehhatroonikainstituut					