

Mikk Aeg

**SÕIDUKI
AUTOMAATKLIIMASEADME
JUHTIMINE SÕIDUAUTO
LEXUS BAASIL**

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2015

Mikk Aeg

**SÕIDUKI
AUTOMAATKLIIMASEADME
JUHTIMINE SÕIDUAUTO LEXUS
BAASIL**

LÕPUTÖÖ

Transporditeaduskond

Autotehnika eriala

Tallinn 2015

Mina,

.....
.....
tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Lõputöö autor

.....
Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

.....
Üliõpilase kood

Õpperühm

Lõputöö vastab sellele püstitatud kehtivatele nõuetele ja tingimustele.

Juhendajad

.....
Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

.....
Konsultandid

.....
Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

.....
Kaitsemisele lubatud „.....“20....a.

..... teaduskonna dekaan

Teaduskonna nimetus

Nimi ja allkiri

SISUKORD

SISUKORD	4
SISSEJUHATUS.....	6
1. SÜSTEEMI KOMPONENDID JA ÜLESEHITUS	8
1.1. Komponendid	8
1.2. Sõiduki salongi soojendamine	9
1.3. Sõiduki salongi jahutamine	10
1.3.1. Külmaaine R-134a.....	11
1.3.2. Külmaaine R-1234yf	12
1.4. Automaatsüsteemi ülesehitus	13
1.4.1. Kliimaseadme andmeside.....	16
2. AUTOMAATKLIIMA STEND.....	18
2.1. Alternatiivid.....	18
2.2. Raam ja selle ehitus	19
2.2.1. Materjali valik	19
2.2.2. Konstruksioon	19
2.2.3. Komponentide paigutus.....	20
2.2.4. Rihmülekande arvutus.....	21
2.3. Ajami valik	23
2.4. Elektrimootori rihmaratta konstrueerimine	24
2.5. Rikete genereerimine	26
2.6. Andurite signaalide mõõtmine.....	27
3. OHUTUS.....	28
3.1. Seadusest tulenevad piirangud.....	28
3.1.1. Kohaldamisala.....	28
3.1.2. Käitlemise mõiste.....	28
3.1.3. Pädevusnõuded.....	28
3.2. Külmaaine ohutu käitlemine.....	29
3.3. Elektriseadmete ohutus.....	30

3.4.	Liikuvate osadega seotud ohutus	31
3.5.	Temperatuuriga seotud ohutus.....	32
4.	KULUARVESTUS	33
4.1.	Materjalide kulu.....	33
4.2.	Tööjõu kulu.....	35
5.	PRAKTIILISED TÖÖD STENDIGA	37
5.1.	Stendiga tutvumine	37
5.2.	Andurite signaalide mõõtmine.....	37
5.3.	Vigade tuvastamine	38
5.4.	Lekete tuvastamine	38
5.4.1.	Süsteemi hooldamine	40
	KOKKUVÕTE.....	41
	SUMMARY	42
	VIIDATUD ALLIKAD.....	43
	LISAD	46
	Lisa 1. Raami tööjoonis.....	47
	Lisa 2. Elektrimootori rihmaratta tööjoonis	48

SISSEJUHATUS

Diplomitöö teemaks on „sõiduauto automaatkliima õppestendi konstrueerimine“. Töö on välja pakutud Tallinna Tehnikakõrgkooli poolt, loomaks autotehnika tudengitele parem ülevaade automaatkliima süsteemi tööst ja kõigest, mis sellega kaasneb. Stend tuleb ehitada nii, et kõikidele komponentidele oleks lihtne visuaalne ligipääs ning andurite signaale oleks lihtne mõõta.

Automaatkliima süsteem töötab auto siseõhemismootori energia abil. Auto kasutajal on salongis kontroll paneel, mille kaudu valib juht salongis vajaliku temperatuuri. Kliimaseadme juhtarvuti saab süsteemi juhtimiseks alginfo autosse paigaldatud anduritelt, salongi paigaldatud andurid mõõdavad hetke temperatuuri ning saadavad signaali juhtarvutile. Juhtarvuti võrdleb saadud alginfot salongis valitud temperatuuriga ning viib sisse korrektuurid. Selleks, et soojendada või jahutada temperatuuri, tuleb kasutada, kas auto jahutusvedelikku, mis on sooja mootori puhul ligikaudu 90°C või külmaainet, mille keemistemperatuur on -26°C. Auto jahutusvedeliku ringluse tagab veepump ning külmaaine ringluse ja rõhu tagab kompressor. Mõlemad seadmed on käitavad rihtmaga, auto mootorilt.

Hetkeseisuga on olemas kogu „Lexuse“ kliimaseade süsteem, mis on eemaldatud auto küljest. Selleks, et projekt panna tööle iseseisvalt, on vaja välja mõelda süsteemid, kuidas tõsta rõhku külmaaine süsteemis ning samas on vajalik sooja vedeliku ringlus süsteemis. Kuna kliimaseadmed on eraldatud sõiduki mootorist, ei ole võimalik kasutada auto jahutussüsteemis ringlevat jahutusvedelikku ning kliimasüsteemi kompressoril puudub rihtmüekanne auto mootoriga. Selleks tuleb stendile ehitada suletud süsteem, milles ringleb kuum vedelik, mida soojendatakse elektrilise küttekehaga. Kuna vedelik soojenedes paisub on vaja lisada ka paisupaak. Külmaaine süsteemile tuleb lisada elektrimootor, mille pöörlemiskiirust on võimalik muuta, selleks et simuleerida mootori pöörlemiskiiruse muutust.

Kõike eelnevat arvesse võttes, tuleb konstrueerida tugiraam, mille külge kogu süsteem monteerida tuleb. Raami koostamisel tuleb lähtuda lihtsusest, mobiilsusest, kompaktsusest, vastupidavusest ja ohutusest.

Suurt tähelepanu tuleb pöörata stendi ohutusele, kuna tegu on ennekõike õppevahendiga ning kasutajate turvalisus on selliste vahendite juures esmatähtis.

1. SÜSTEEMI KOMPONENDID JA ÜLESEHITUS

Enne kui saab hakata rääkima süsteemi ülesehitusest on oluline selgeks saada kõik komponendid ning mis on nende ülesanded süsteemis.

1.1. Komponentid

- Kolbkompressor – toimub külmaaine rõhu tõstmine süsteemis
- Kondensaator – ehk konditsioneer radiاتور, toimub külmaaine veeldamine
- Aurusti – radiاتور, mille pinnal toimub sõiduki salongist soojuse sidumine
- Filterkuivati – toimub süsteemist liigse niiskuse eemaldamine
- Paisventiil – toimub aurustis piisavalt gaasilise külmaaine oleku tagamine
- Torustik – ühendab külmaaine ringluseks vajalikke komponente
- Salongiventilaator – tagab õhu ringlemise sõiduki salongis
- Auto mootori jahutussüsteem – toimub sooja õhu tekitamine
- Automaatkliima juhtplokk – toimub täiturite töö juhtimine
- Auto mootori juhtplokk – toimub auto sisepõlemismootori juhtimine
- Salongi temperatuuri andurid – toimub salongi temperatuuri pideva mõõtmise ning signaali edastamine juhtplokkidele
- Välistemperatuuri andur – toimub atmosfääri temperatuuri pidev mõõtmine ning signaali edastamine juhtplokkidele
- UV-kiirguse andur – toimub UV-kiirguse tugevuse ja suuna pidev mõõtmine ning signaali edastamine juhtplokkidele
- Vingugaasi andur – toimub sõiduki ümbert vingugaasi sisalduse pidev mõõtmine, lülitamaks liigse õhu saastatuse tõttu süsteemi ümber salongi õhu tsirkuleerimisele
- Juhtpaneel – annab kasutajale võimaluse reguleerida salongi temperatuuri ja puhutava õhu suunda ning tugevust.

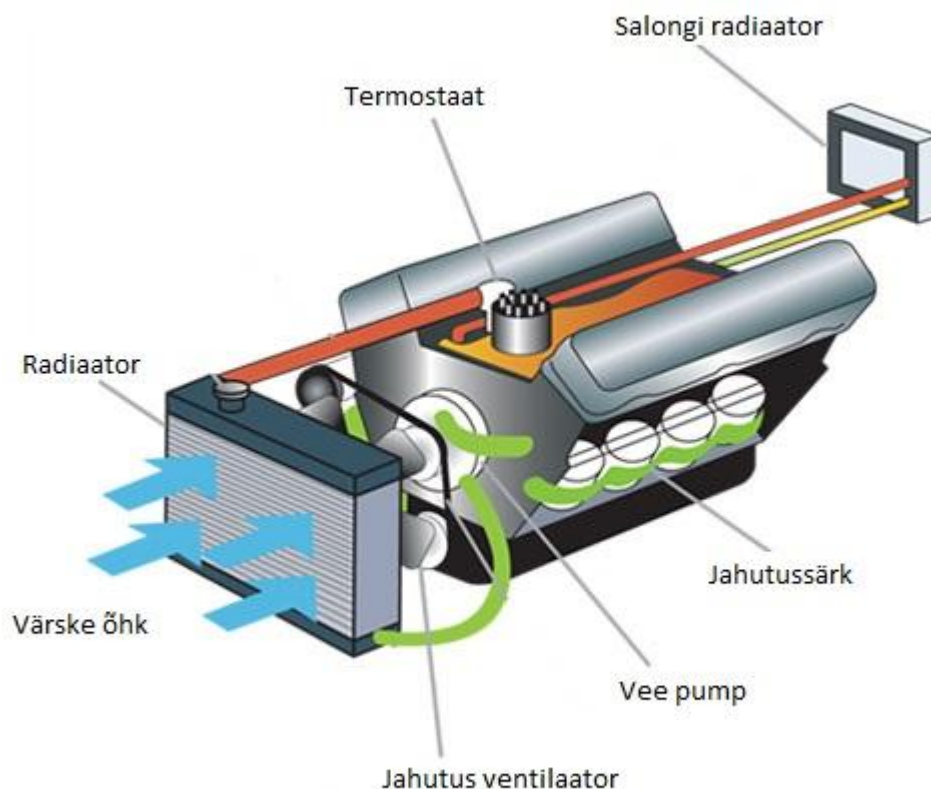
1.2. Sõiduki salongi soojendamine

Sisepõlemismootoris, gaaside paisumise tagajärjel, liigutatakse vāntvōlliga ūhendatud kolbe silindri sees ūles-alla. Kolvid on silindri seinaga pidevas kontaktis lābi kolvirōngaste. Silindriseina ja kolvirōngaste omavahelise hōōrdumise tagajärjel eraldub suurel hulgal soojusenergiat, samuti eraldub soojust ka pōlemiskambris pōlemise tagajärjel.

Liigne soojus on ennekōike kahjulik mootoris ringlevale ōlile. Mootoriōli peamisteks ūlesaanneteks on liugelaagri- ning kolvi ja silindri seina pindade māārimine, hōōrdpindadelt liigse soojuse sidumine ning auto mootorist vāljutamine ning hōōrdumisel tekkinud sadestuste ja keemiliste ūhendite sidumine. Liiga kōrge temperatuuri juures, ōli molekulide vahelised sidemed hakkavad lagunema ning selle tagajärjel ei teki vajalikku ōli kihti liugelaagri pindade vahele. Kui liugelaagri pindade vahelt puudub vajalik ōli kiht, tekib hōōrdpindade vaheline liigne kulumine ning temperatuuri kiire tōus. Temperatuuri tōustes tekib metall-osade paisumine ning selle tagajärjel mootori hōōrdpindade kiilumine.

Sisepõlemismootori jahutussārk koosneb kanalitest mootoriplokis ja plokikaanes. Kanalitest pumbatakse lābi jahutusvedelikku, mis seob endaga liigse soojuse ning juhatab soojuse auto mootorist vālja. Jahutusvedelik jahutatakse radiaatoris. Kui auto on liikumises juhatakse ōhk lābi radiaatori, liikudes autoga ōhust lābi, koha peal seistes tōmbab ventilaator vāliskeskkonnast jahedat ōhku lābi radiaatori (Sele 1).

Jahutussūsteem koosneb vāiksesest ringlusest ja suurest ringlusest. Vāike ringlus koosneb jahutussārgist ja salongiradiaatorist ning suurde ringlusesse lisandub veel jahutusradiaator ja paisupaak (Sele 1). Kūlma mootori korral ringleb jahutusvedelik vāikseses ringluses, et tagada kiirem mootori ning salongi soojenemine. Kui jahutusvedelik saavutab vajaliku temperatuuri, avaneb termostaat ning selle tulemusena hakkab jahutusvedelik ringlema ka lābi jahutusradiaatori, et toimuks temperatuuri hoidmine sūsteemis. Kuna jahutusvedeliku temperatuuri hoitakse pidevalt 80-90°C, saab seda soojust ka āra kasutada salongi soojendamiseks. Selleks juhatakse jahutusvedelik ka lābi salongi radiaatori, lābi mille puhutakse sooja ōhku auto salongi.



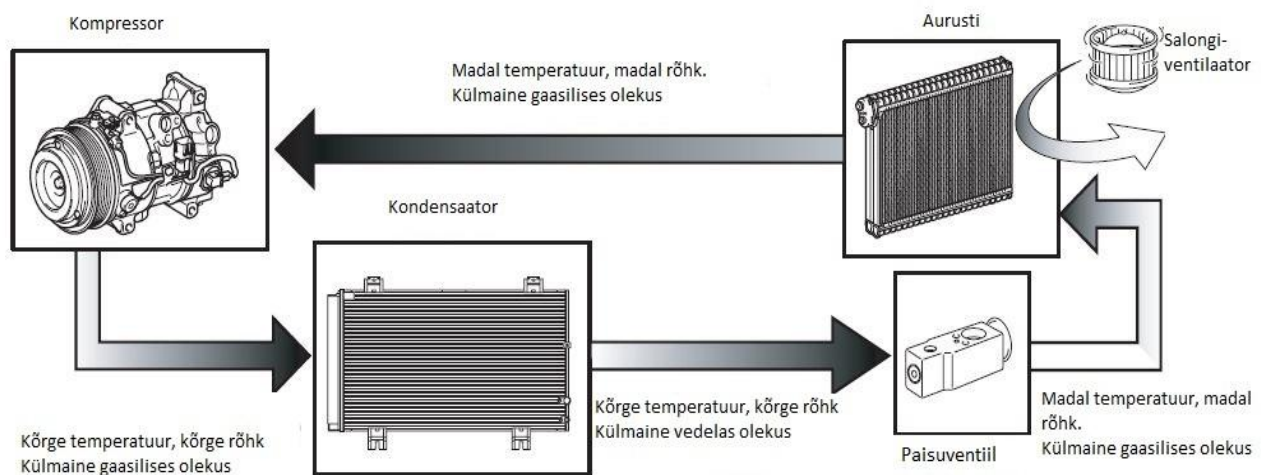
Sele 1. Sisepõlemismootori jahutussüsteem

1.3. Sõiduki salongi jahutamine

Termodünaamika 2. seaduse kohaselt, liigub soojus soojemalt kehalt jahedamale kehale, külmutussüsteemis on soojuskandjaks külmaaine. Selleks, et soojus panna liikuma vastupidises suunas on vaja teha tööd. Külmaaine süsteemis tegeleb selle tööga kompressor, mida käitab auto sisepõlemismootor. Soojustehnika aluste kohaselt on võimalik külmaaine olekut muuta rõhu ja temperatuuri tõstmise ja langetamisega. [1, p. 17]

Külmaaine seob endas sõiduki salongis oleva soojuse aurustis, kus külmaaine on aurustunud olekus ning madala temperatuuriga. Aurustunud külmaaine imeb kompressor endasse ning surub selle kokku, tõstes sellega külmaaine rõhku. Selle tulemusena külmaaine aur ülekuumeneb ning külmaaine surutakse kondensaatorisse, kus külmaaine veeldub, andes soojust ära atmosfääri. Kondensaatorist edasi juhitakse vedelas olekus külmaaine läbi paisventiili, kus külmaaine rõhk ja temperatuur

langevad ning osa külmaainest aurustub juba enne aurustisse jõudmist. Seejärel protsess kordub. (Sele 2). [1, p. 18], [2]



Sele 2. Külmutustsükkel

1.3.1. Külmaaine R-134a

Enne aastat 1996 võisid autotootjad kasutada konditsioneerisüsteemides ainet R-12. Alates aastast 1996 on keelatud R-12 kasutamine sõidukite konditsioneerisüsteemides, kuna tegemist on CFC-tüüpi gaasiga. CFC on lühend gaasi keemilisest koostisest (kloor, fluor, süsinik), mida nimetatakse klorofluoralkaanideks ehk freoonideks. CFC-gaasid toimisid konditsioneerisüsteemides hästi, kuid kloori sisaldusest tingituna on nad keskkonnale kahjulikud, kuna soodustavad osooniaukude teket. [2]

Alates 1996. aastast on kohustuslik kasutada konditsioneerisüsteemides ainet R-134a. Tegemist on HFC-tüüpi gaasiga, mis ei sisalda kloori ning on keskkonnasõbralikum. Autotootjate jaoks tegi ülemineku olukorra keeruliseks asjaolu, et R-12 gaasiga süsteemi tihendid ja õlid ei sobi kokku R-134a gaasiga töötava süsteemi omadega. Seega tuli varasema ajajärgu süsteemid ümber teha, sobimaks kokku uue gaasi eripäradega. R-12 süsteemis ringles aines lahustuv mineraalõli, selle õli kasutamisel R-134a süsteemides, tekib paks vedelik, mis pärsib kompressori liikuvate osade määrimist ning rikub kompressori. [2]

R-134a keemistemperatuur on -26°C atmosfääri rõhu juures. Lisaks on gaas värvitu ja lõhnatu, ei ole mürgine ega põle või plahvata, on õhust raskem ning auruna hügrokoopne. [2]

1.3.2. Külmaaine R-1234yf

Aastal 2011 võeti vastu Euroopa direktiiv, mis määrab ära sõidutautodes kasutatavate külmaainete globaalse soojenemise potentsiaali (GWP) maksimumiks 150. GWP on indeks mis määratakse gaasidele selle järgi, kui kaua gaas atmosfääris püsib. Külmaaine R-134a GWP on 1300, kuid külmaaine R-1234yf puhul on GWP 4. Võrdluseks saab tuua süsihappegaasi (CO₂), mille GWP on 1. (Tabel 1) Tänu külmaaine R-1234yf madalale GWP-le, on alates 2011-st aastast kõik autotootjad, kes Euroopa turule tooteid valmistavad, kohustatud kasutama külmaainet R-1234yf [3],[4].

Teine indeks, mille järgi külmaainete kahjulikkust keskkonnale mõõdetakse on osooni kahanemise potentsiaal (ODP). ODP näitab keemilise ühendi osoonikihi vähendamise suhtelist kogust. (Tabel 1) [4].

Tabel 1

Külmaainete GWP ja ODP väärtused [4]

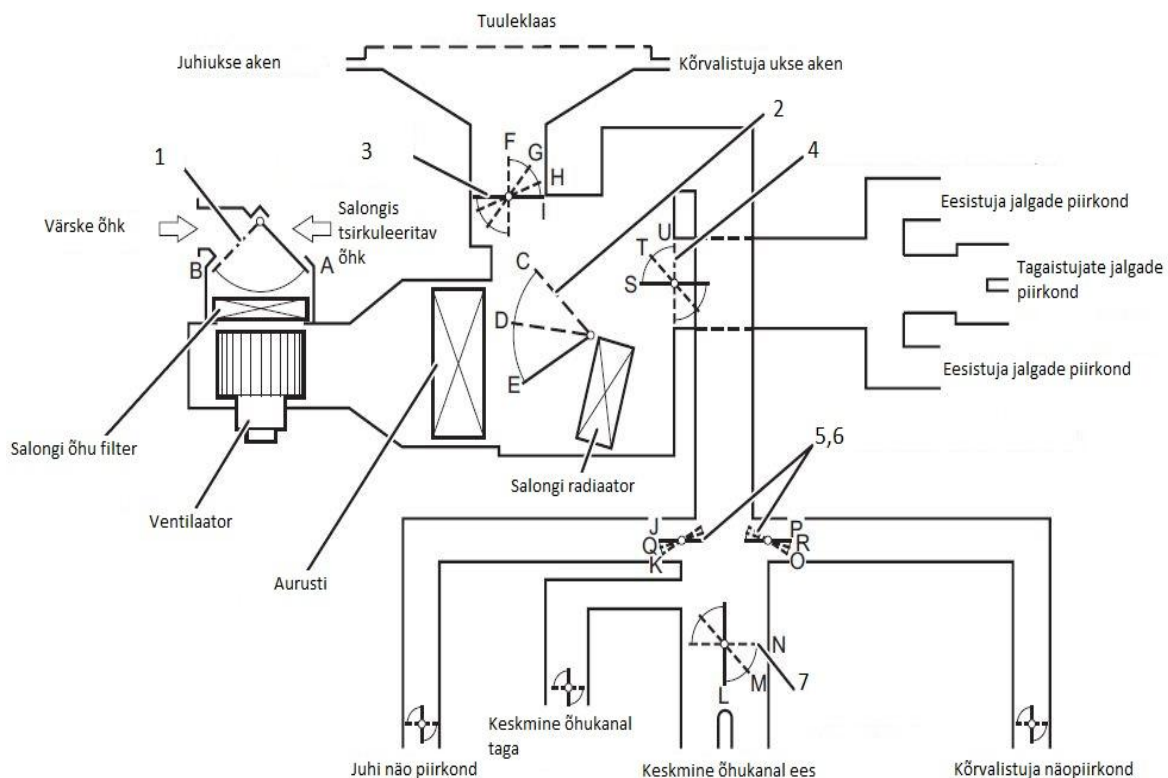
Külmaaine	GWP	ODP
R-12	2400	1.0
R-134a	1300	0
R-1234yf	4	0
R-744 (CO ₂)	1	-

Kuna R-1234yf on valmistatud propaani baasil, on tegemist tuleohtliku gaasiga ning samuti on gaas väheselt mürgine. Rõhu- ja temperatuuri karakteristik on sarnane R-134a külmaainele ning keemistemperatuur on -30°C.

Suur probleem uue külmaaine kasutamisel on asjaolu, et külmaaine R-134a ja R-1234yf ei tohi omavahel kokku sattuda. Seega on kliimaseadmete hoolduse ja remondiga tegelevatel töökodadel vaja soetada lisa hooldusjaam, spetsiaalselt külmaaine R-1234yf tarbeks. Väidetavalt ei ole Eestis üheski sõiduauto kliimaseadmeid hooldavas ettevõttes veel vastavaid hooldusjaamasid. Sellest tulenevalt kasutatakse praegusel hetkel varianti, kus hooldust vajav kliimaseade tühjendatakse külmaainest R-1234yf ja külmaainega seotud õlist ning asendatakse külmaainega R-134a ning sellega kokkusobiva õliga. Kuna projekteeritava stendi puhul muutub keeruliseks seadme hooldamine, kui kasutatakse külmaainet R-1234yf, siis tuleb stend projekteerida külmaaine R-134a baasil.

1.4. Automaatsüsteemi ülesehitus

Nagu nimest välja saab lugeda, on automaatsüsteemi ja tavapärase konditsioneerisüsteemi erinevus automaatikas. Ilma automaatikata süsteemide kasutamisel valib kasutaja, missuguste õhukanalite kaudu toimub õhu soojendamine või jahutamine salongis, samuti tuleb kasutajal kontrollnuppude kaudu valida ventilaatori kiirus ning sissepuhutava õhu temperatuur. Automaatsüsteemide puhul tegeleb eelnevalt mainitud protseduuridega süsteem ise, kasutajal tuleb vaid valida temperatuur, mida auto salongi soovitakse. Selleks, et automaatika toimiks, on vaja juhtida erinevaid mootoreid, juhtimaks klappe, mille kaudu saavutatakse kasutaja soovitud temperatuur salongis. Konkreetsetel sõidukil on neid mootoreid seitse (Sele 3) [5].



Sele 3. Süsteemi täituriid [5]

- Mootor nr.1 juhib klappi, mille kaudu valitakse, kas õhk imetakse ja surutakse vastuvoolava õhuga auto väliskeskkonnast või käib ringluses salongis olev õhk.
- Mootor nr.2 juhib klappi, mis reguleerib aurustist ja auto sisepõlemismootori jahutussärgiga ühenduses oleva salongi radiaatorist läbi puhutava õhu suhet.

- Mootor nr.3 juhib klappi, mis määrab ära vahekorra, kui palju õhku puhutakse tuuleklaasile ning eesmistele küljeklaasidele.
- Mootor nr.4 juhib klappi, mis määrab ära vahekorra, kui palju õhku puhutakse esi- ja tagaistujate jalgadele.
- Mootor nr.5 juhib klappi, mis määrab ära vahekorra, kui palju õhku puhutakse autojuhi näopiirkonda.
- Mootor nr.6 juhib klappi, mis määrab ära vahekorra, kui palju õhku puhutakse kaasreisija näopiirkonda
- Mootor nr.7 juhib klappi, mis määrab ära vahekorra, kui palju õhku puhutakse keskmiste näopiirkonna- ning tagumiste näopiirkonna õhukanalite kaudu.

Suures plaanis valib süsteem viie režiimi vahel, kuidas salongis temperatuuri reguleerida:

1. Õhku juhitakse kõigi salongis viibijate näopiirkonda, ülejäänud õhukanalid on selles režiimis suletud (Sele 4) [5].



Sele 4. Režiimi nr 1 sümbol [5]

2. Mitmetasandiline õhu juhtimine. Selles režiimis suunatakse 2/3 õhuhulgast salongis viibijate jalgadele ning 1/3 näopiirkonda (Sele 5) [5].



Sele 5. Režiimi nr 2 sümbol [5]

3. Õhku juhitakse salongis viibijate jalgadele, suletud on akendele suunatud õhukanalid ning vähesel määral juhitakse õhku ka näopiirkonda (Sele 6) [5].



Sele 6. Režiimi nr 3 sümbol [5]

4. Õhku juhitakse tuuleklaasile, eesmistele ukseakendele ning salongis viibijate jalgadele (Sele 7) [5].



Sele 7. Režiimi nr 4 sümbol [5]

5. Tuule- ja eesmistelt küljeklaasidelt jää sulatamise režiim. Õhku juhitakse ainult tuuleklaasile ja eesmistele küljeklaasidele, ülejäänud õhukanalid on selles režiimis suletud (Sele 8) [5].



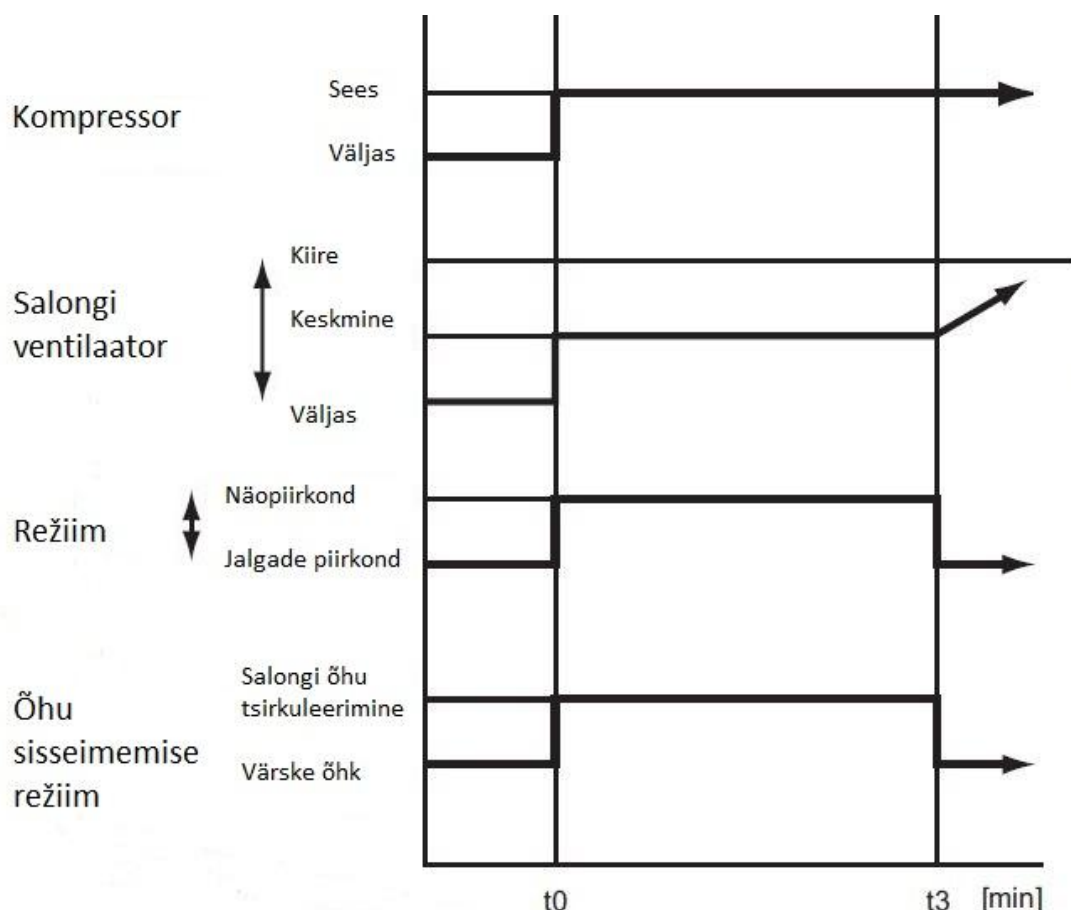
Sele 8. Režiimi nr 5 sümbol [5]

Lisaks eelpool mainitud režiimidele on kasutajal võimalus valida režiim, millega süsteem puhastab salongi tolmutükibemetest (Pollen removal mode) (Sele 9) [5].



Sele 9. Tolmukübemete eemaldamise režiimi sümbol [5]

Kuna õhu tihedus jahtudes suureneb, ei suuda õhk enam nii palju niiskust endas hoida. Eraldunud niiskus kondenseerub aurusti pinnale ning kondenseerunud veepiisad seovad endaga salongis olevat tolmu. Aurusti pinnale kondenseerunud vesi juhatatakse auto salongist välja.



Sele 10. Süsteemi osade lülitusskeem tolmukübemete eemaldamise režiimis [5]

Tolmukübemete eemaldamise režiim kestab kolm minutit, madala välistemperatuuri korral ühe minuti. Lülitades režiimi lülitit, teeb juhtplokki korraga neli lülitust – kui kasutaja vastaval hetkel ei kasutanud konditsioneeri, lülitab juhtplokki sisse kompressori, salongi ventilaator lülitatakse keskmisele kiirusele, suletakse kõik õhukanalid välja arvatud näopiirkonnale puhuvad kanalid ning värske õhu sissevõtu kanal lülitatakse ümber salongi ringluse režiimile (Sele 10). Oluline osa on salongi õhu retsirkuleerimisel. Vähendades välisõhu sattumist auto salongi, on võimalik vastaval ajahetkel võimalikult suur hulk tolmukübemeid püüda aurusti pinnale. Peale kolme või ühe minutit tsüklit lülitatakse süsteem tagasi eelnevalt kasutaja poolt valitud seadistusele. [5]

1.4.1. Kliimaseadme andmeside

Sõiduki ja kliimaseadme kasutaja osaleb süsteemi kommunikeerimisel vaid temperatuuri ja õhu suuna valimisega, kuid ülejäänud suhtlemine käib kasutajale märkamatu. Süsteemis on andurid mõõtmaks salongi- ja välistemperatuuri, jahutusvedeliku temperatuuri, UV-kiirgust ning õhuniiskust. Täituriteks on süsteemis mootorid, mis juhivad sisseimetavat õhku erinevate õhukanalite vahel, sooja- ja külma õhu vahel ning sisseimetava õhu hulka ja kiirust. Selleks, et

andurite signaali põhjal tehtaks täiturite töös korrekture, tuleb automaatkliima süsteemi juhtplokis läbi viia arvutused ja võrdlused.

Kliimaseadme tööd juhib kliimaseadme juhtplokk (A/C ECU). Juhtplokki ülesandeks on vastu võtta andurite signaal ning sisse viia korrektureid täiturite töös, vastavalt kasutaja poolt valitud seadistusele. Ohutuse ja mootori jõudluse tarbeks toimub erinevate juhtplokkide vahel kommunikeerumine CAN ja BUS liinide kaudu. Erinevalt CAN-liinist, võimaldab BUS-liin informatsiooni edastada ainult ühte pidi. BUS-liine kasutatakse süsteemis mootori juhtplokile (ENGINE ECU) kriitilise informatsiooni edastamiseks. CAN (Controller Area Network) on iseseisvate juhtplokkide/kontrollerite võrk, mis kasutab kahepidise informatsiooni edastamise liine, informatsiooni talletamiseks ning korrektuuride tegemiseks. Erineva informatsiooni tõlgib juhtplokkide jaoks läbipääsu juhtplokk (GATEWAY ECU). Läbipääsu juhtplokk saab BUS liinide kaudu informatsiooni alamsüsteemidelt, nagu automaatkliima süsteem. Seejärel tõlgib informatsiooni vajalikuks ning edastab CAN-liini kaudu mootori juhtplokile. Mootori juhtplokk viib vajadusel sisse korrektureid, ning edastab informatsiooni läbipääsu juhtplokile. [5]

Selleks, et auto mootor suudaks vajadusel kasutada kogu võimsust, lülitab mootori juhtplokk välja kõik agregaadid, mida mootori käitamise protsessi juures vaja ei ole. Sellest tingituna lülitatakse välja ka kompressor, mis külmaainet konditsioneerisüsteemi pumpab. Kliimaseadme juhtplokki sisse- ja väljalülitamine toimub läbi mootori juhtplokki.

Kliimaseadme juhtplokk vajab informatsiooni ka teistelt juhtplokkidelt, mis tegelevad sõiduki ohutuse, salongis asetseva olukorra ning sõiduki kasutajale informatsiooni edastamisega.

2. AUTOMAATKLIIMA STEND

2.1. Alternatiivid

Sarnaseid tooteid toodetakse üsna palju. Palju on sellised stende, kus primaarne osa on auto mootori stend, kuid ühe osana on jäetud ka automaatkliima süsteem stendi osaks. Välja otsitud toodetest on vaid üks taoline stend. (Tabel 2)

Tabel 2

Alternatiivsed tooted[6],[7],[8],[9],[10]

Tootja	Komponentide tootja	Kirjeldus
Megatech	-	5hj elektrimootor, 220 V, mootori pöörlemiskiirus muudetav.
Hampden	-	Võimalus soetada koos vigade genereerimise juhtpaneeliga, muudetava ja fikseeritud kiirusega mootoritega
LJ Create	Ford	Algselt Ford DuraTech mootori õppestend, kuid lisaks on stendil ka automaatkliima süsteem
AG Block	Citroën/Peugeot	Diagnostikaseadme tugi, ning kuue veaga juhtplokk
Flamefast	Citroën/Peugeot	Diagnostikaseadme tugi, kuue veaga juhtplokk ning andurite signaalide mõõtmise võimalus

Eelpool nimetatud toodete puhul on raskendav asjaolu stendi liigne kompaktsus. Suuremat rõhku on pandud stendi väiksele ruumi nõudlusele, kuid selle tulemusena kannatab komponentide paigutus selliselt, et komponendid on paigutatud üksteisele võimalikult lähedale ning õppevahendina on keeruline komponentide ära tundmine ning tööpõhimõtte selgitamine.

2.2. Raam ja selle ehitus

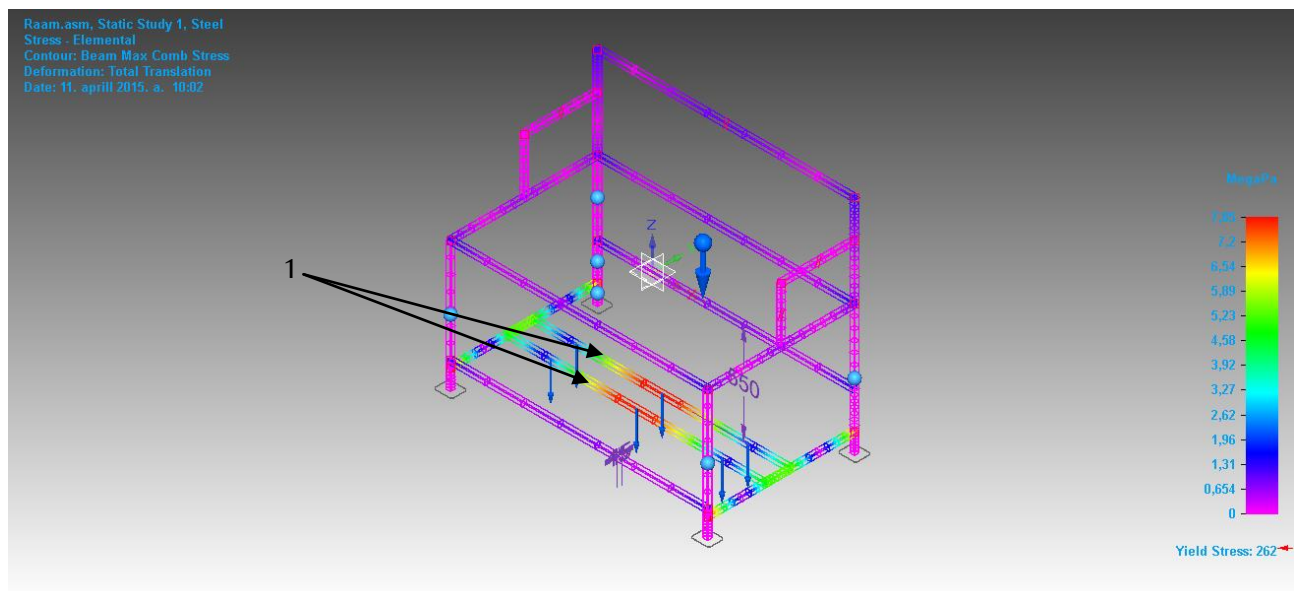
2.2.1. Materjali valik

Materjali valikul on lähtutud eelkõige vastupidavusest. Stendi raamistiku materjaliks on valitud konstruktsiooniteras S235JR, voolavuspiiriga 235 MPa ning tõmbetugevusega 360...510 N/mm² [11]. Konstruktsioon peab vastu pidama elektrimootori poolt tekitatud vibratsioonile. Lisaks peab konstruktsioon vastu pidama transportimisele. Teisalt tuleb lähtuda projekti maksumusest. Alumiiniumi kasutamisel ei ole vaja muretseda korrosiooni pärast, kuid maksumus kasvab. Alumiinium raami projekteerimisel tuleb arvestada ka materjali keevitamisega seotud keerukustega.

2.2.2. Konstruktsioon

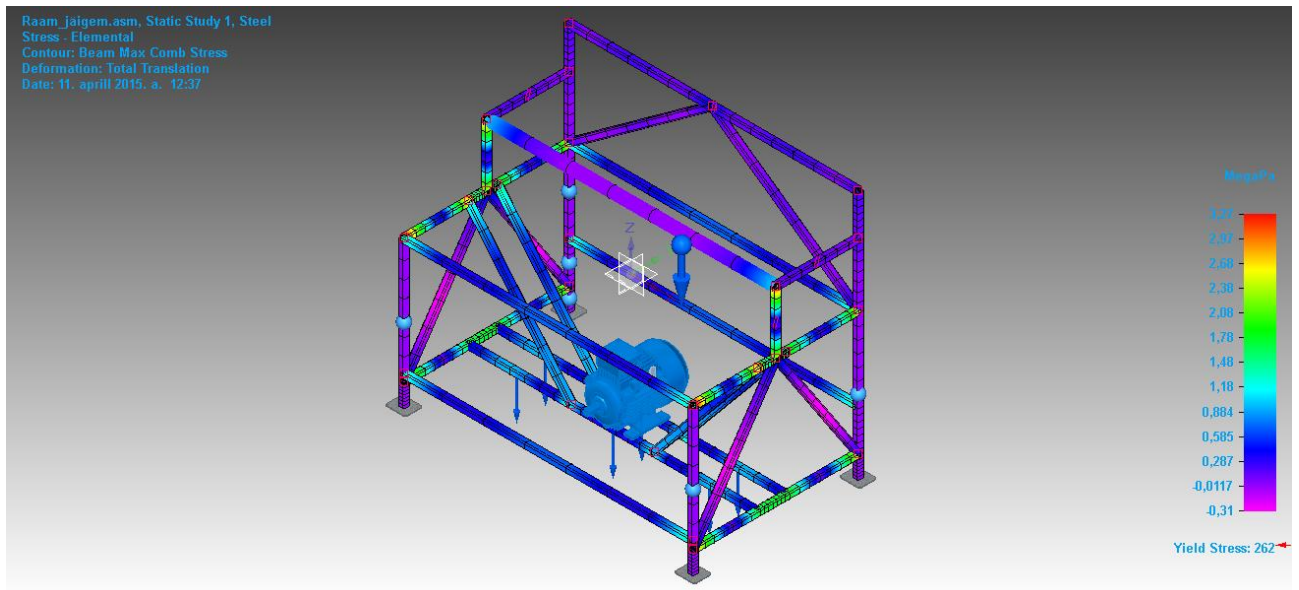
Solid Edge CAD joonestamis tarkvara abiga oli võimalik modelleerida raamistikust 3D mudel, mis annaks esmase nägemuse projektist. Raamistik on valmistatud 30x30x2,6mm nelikanttorust.

Algelisel raami variandil puuduvad igasugused jäikust lisavad konstruktsiooni elemendid. Selleks, et leida üles sõlmed, mis vajavad lisa elemente parema jäikuse saavutamiseks, on sooritatud koormuse katse CAD keskkonnas (Sele 11). Elektrimootor asetub raami keskele, number 1-ga tähistatud torudele. Mootori kaal on 32 kg, tekitades sellega jõu 314,24 N. Selline koormus tekitab torude keskpunktis painde kuni 7,85MPa. Sellest tingituna võib tekkida toru murdumine.



Sele 11. Esialgse raami koormuse mõju

Torude murdumise vältimiseks ning koormuse hajutamiseks tuleb lisada jäikuse tagamiseks tugevdustorud. Eelnevalt tuli välja, et torud, mille peale on kinnitatud käitusmootor, peavad taluma suurt koormust ning selle tulemusena on oht torude murdumisele. Jäikuse tagamiseks lisatud torud hajutavad koormust kogu konstruktsiooni peale ühtlasemalt ning vähendavad murdumise ohtu (Sele 12). Lisaks koormuse hajutamise tagajärjel on langenud ka kõrgeima tekitatava pinge väärtus. Eelnevalt oli suurim pinge 7,85 MPa, kuid nüüd 3,27 MPa ning suurim koormus ei teki enam toru keskpunkti vaid torude ühenduskohtadesse.



Sele 12. Tugevdatud raami koormuse mõju

2.2.3. Komponentide paigutus

Kuna tegemist on õppevahendiga, siis on olulisel kohal stendi visuaalne pool. Esimese asjana on oluline tudengitele selgeks teha süsteemi komponendid. Selle lihtustamiseks on soovinud õppejõud ja koolitajad, kes stendiga töötama hakkavad, et stend oleks ehitatud nii, nagu komponendid on autos paigutatud. Selline komponentide paigutus, peaks lihtsustama süsteemi ülesehituse mõistmist.

Elektrimootori paigutamisel raami keskele, tuleb arvestada mootori kinnitustega. Kuna mootori kinnitamiseks tuleb konstrueerida raamile lisa torud, siis tekib torude kinnituskohdades suur moment ning oht vibratsiooni all puruneda. Lisaks tekib oht rihmülekandele juhul, kui liiga pikast kinnitustorust tingitud võnkumisele kaob ära rihmarattaid ühendava rihma pinge ning tänu sellele ka ülekantav moment ja pöörlemiskiirus.

2.2.4. Rihmülekande arvutus

Süsteemi kompressori käitamine on auto mootori küljes rihmülekandega ning kasutatav kompressor on juba varustatud rihmaratta ja siduriga. Seega tuleb projekteerida käitusmootorile rihmaratas, arvutada ülekandearv ning kõike eelnevat arvestades valida käitusrihm.

Esmalt tuleb arvutada ülekandearv u (1), [12, p. 35] :

$$u = \frac{D_2}{D_1(1 - \varepsilon)} = \frac{120}{140(1 - 0,015)} = 0,87, \quad (1)$$

kus $\varepsilon = 0,02-0,01g$ – libisemistegur

$g = 0,5$ – optimistegur

Leiame kompressorile mõjuva võimsuse P_k (2), [12, p. 23]:

$$P_k = P_m \times \eta_{r\ddot{u}} \times \eta_{vl} = 5,5 \times 0,95 \times 0,99 = 5,17 kW, \quad (2)$$

kus $\eta_{r\ddot{u}}$ – rihmülekande kasutegur

η_{vl} – veerelaagri kasutegur

Leiame mootori tekitatava nurkkiiruse ω_{nom} (3), [12, p. 23]:

$$\omega_{nom} = \frac{\pi \times n_{nom}}{30} = \frac{3,14 \times 2890}{30} = 302,49 \frac{1}{s}, \quad (3)$$

kus n_{nom} – mootori pöörlemiskiirus

Leiame kompressori pöörlemissageduse n_1 (4), [12, p. 23]:

$$n_1 = \frac{n_{nom}}{u} = \frac{2890}{0,87} = 3321,8 \frac{p}{min} \quad (4)$$

Leiame kompressori rihmaratta nurkkiiruse ω_1 (5), [12, p. 23]:

$$\omega_1 = \frac{\omega_{nom}}{u} = \frac{302,49}{0,87} = 347,69 \frac{1}{s} \quad (5)$$

Leiame mootori pöördemomendi T_m (6), [12, p. 23]:

$$T_m = \frac{P_m \times 10^3}{\omega_{nom}} = \frac{5,5 \times 10^3}{302,49} = 18,18 Nm \quad (6)$$

Leiame kompressorile avaldatava pöördemomendi T_1 (7), [12, p. 23]:

$$T_1 = T_m \times u \times \eta_{r\ddot{u}} \times \eta_{vl} = 18,18 \times 0,87 \times 0,95 \times 0,99 = 14,88 Nm \quad (7)$$

Leiame orienteeruva minimaalse telgede vahe a (8), [12, p. 36]:

$$a \geq 0,55(D_1 + D_2) + H$$

$$a \geq 0,55(140 + 120) + 9,5 \quad (8)$$

$$a \geq 152,5 \text{ mm} ,$$

Kus $H = 9,5$ – Mitmikkiilrihma kõrgus

Sellisel komponentide paigutusel, kus elektrimootor asub raamistiku põhja keskel ning kompressor ühes servas tuleb arvestada võimalusega, kus elektrimootori ja kompressori vöallide tsentrite vahe on 640mm.

Leiame standard rihma pikkuste (1800 ja 1600mm) järgi võimalikud telgede vahed a (9), [12, p. 36]:

$$a_1 = \frac{2l - \pi(D_2 + D_1) + \sqrt{[2l - \pi(D_2 + D_1)]^2 - 8 \times (D_2 - D_1)^2}}{8} =$$

$$\frac{2 \times 1800 - 3,14 \times (120 + 140) + \sqrt{[2 \times 1800 - 3,14(120 + 140)]^2 - 8 \times (120 - 140)^2}}{8} = 683,54 \text{ mm} \quad (9)$$

$$a_2 = \frac{2 \times 1600 - 3,14 \times (120 + 140) + \sqrt{[2 \times 1600 - 3,14(120 + 140)]^2 - 8 \times (120 - 140)^2}}{8} =$$

$$= 581,37 \text{ mm}$$

1800 mm pikkuse rihma kasutamisel tuleb, kas kompressorit vertikaaltelge pidi kõrgemale tõsta või elektrimootorit raami keskteljest eemale nihutada. Kuna stendi kasutajate soov oli komponente paigutada nii, nagu nad on paigutatud auto küljes, ei ole võimalik elektrimootorit raami keskteljest eemale nihutada ning kompressori kõrgemale tõstmine muudab oluliselt rihma pingutamise mehhanismi projekteerimist. Seega on mõistlik kasutada 1600 mm pikkust mitmikkiilrihma. Sellisel juhul võimaldab rihma pikkusest tingitud kompressori ja elektrimootori telgede tsentrite vahe, paigutada mõlemad komponendid ühele tasapinnale.

Rihma rihmarattale peale panemiseks tuleb arvestada võimalusega, vähendada telgede vahet 0,01 rihma pikkuse võrra. Rihma pingutamisel tuleb arvestada telgede vahe suurendamise võimalusega 0,025 rihma pikkuse võrra. [12]

Leiame rihmülekande pingutusvahemiku a_{vah} (10),(11),(12), [12, p. 36]:

$$a_{neg} = a - 0,01 \times l = 581,37 - 0,01 \times 1600 = 565,37mm \quad (10)$$

$$a_{pos} = a + 0,025 \times l = 581,37 + 0,025 \times 1600 = 621,37mm \quad (11)$$

$$a_{vah} = a_{pos} - a_{neg} = 565,37 - 621,37 = 56mm \quad (12)$$

Järelikult tuleb arvestada kompressori kinnituse projekteerimisel 56 mm pikkuse pingutus- ja rihma pealepaneku reguleerimismaaga.

2.3. Ajami valik

Mootori valikul tuleb esimesena arvestada kompressori jaoks vajaliku võimsuse üle kandmist. Lexuse süsteemi puhul on mootori võimsuse kadu, kompressori siduri lülitamisel ligikaudu 5kW. Järelikult on kompressori käitamiseks vaja elektrimootorit võimsusega vähemalt 5kW.

Valitud elektrimootori tüüp on 4A-112M2-2, mis teeb 50 Hz juures 2890 pööret minutis ning 5,5 kW võimsust.

Vahelduvvoolu elektrimootori pöörlemiskiiruse muutmiseks on vajalik sagedusmuunduri olemasolu süsteemis. Sagedusmuundur DELTA VFD055E43A sisendpinge on 380...480 V, sagedusel 50/60 Hz ning voolutugevus 14A. Väljundsageduse vahemik on 0,1...600Hz.

Leiame sagedusmuunduri võimaldatava pöörlemiskiiruse n_{vmax} ja n_{vmin} (13),(14):

$$n_{vmax} = f_{max} \times T = 600 \times 60 = 36000 \frac{p}{min} \quad (13)$$

$$n_{vmin} = f_{min} \times T = 0,1 \times 60 = 6 \frac{p}{min}, \quad (14)$$

kus f – sagedus

T – periood

Leitud tulemustest saab välja lugeda, et eelpool kirjeldatud sagedusmuundur võimaldab muuta elektrimootori pöörlemiskiirust, vahemikus 6...36000 p/min. Nii suurt pööretevahemiku stendi kasutamiseks ei ole vaja. On teada, et elektrimootori pöörlemiskiirus peab jääma vahemikku 700...3000 p/min.

Leiame vajaliku sagedusvahemiku f_v (15), (16):

$$f_1 = \frac{n_{min}}{T} = \frac{700}{60} = 11,67 \text{ Hz} \quad (15)$$

$$f_2 = \frac{n_{max}}{T} = \frac{3000}{60} = 50 \text{ Hz} , \quad (16)$$

kus n_{min} – madalaim soovitud elektrimootori pöörlemissagedus

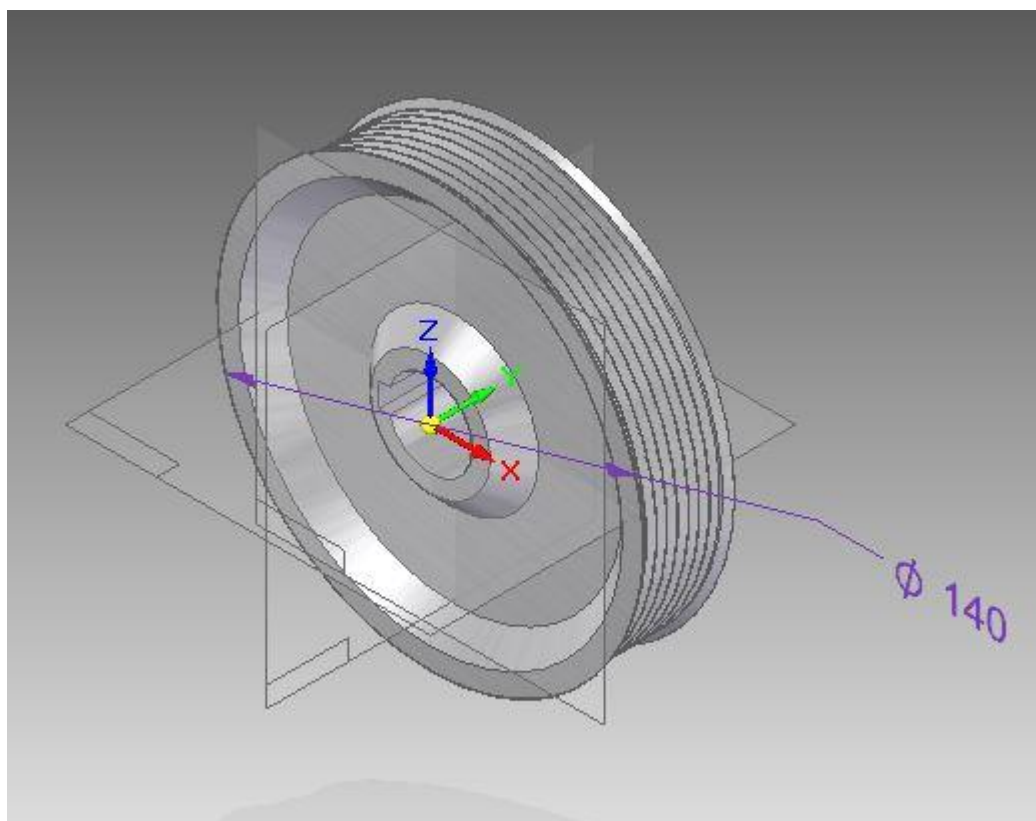
n_{max} – kõrgeid soovitud elektrimootori pöörlemissagedus

Järelikult tuleb seadistada sagedusmuundur töötama vahemikus 11,67...50 Hz.

Enne sagedusmuunduri seadistamist tuleb tutvuda sagedusmuunduri pakendiga kaasa pakendatud kasutusjuhendiga, samuti tuleb kõigil stendiga praktiliste tundide läbiviijatel kasutusjuhendiga tutvuda.

2.4. Elektrimootori rihmaratta konstrueerimine

Lexuse sõiduautolt eemaldatud detailide seas on komplektne kompressor, mille osadeks on ka sidur koos rihmarattaga. Kompressori rihmaratta läbimõõt on 120mm ning vāntvōlli rihmaratas on läbimōōduga 140mm. Seega tuleks elektrimootorile konstrueerida rihmaratas, läbimōōduga 140mm. Sealjuures tuleb arvesse võtta asjaolu, et rihm, mis ajamit kompressoriga ühendab on kindla profiiliga ning ajami rihmaratas tuleb projekteerida selle järgi (Sele 13).



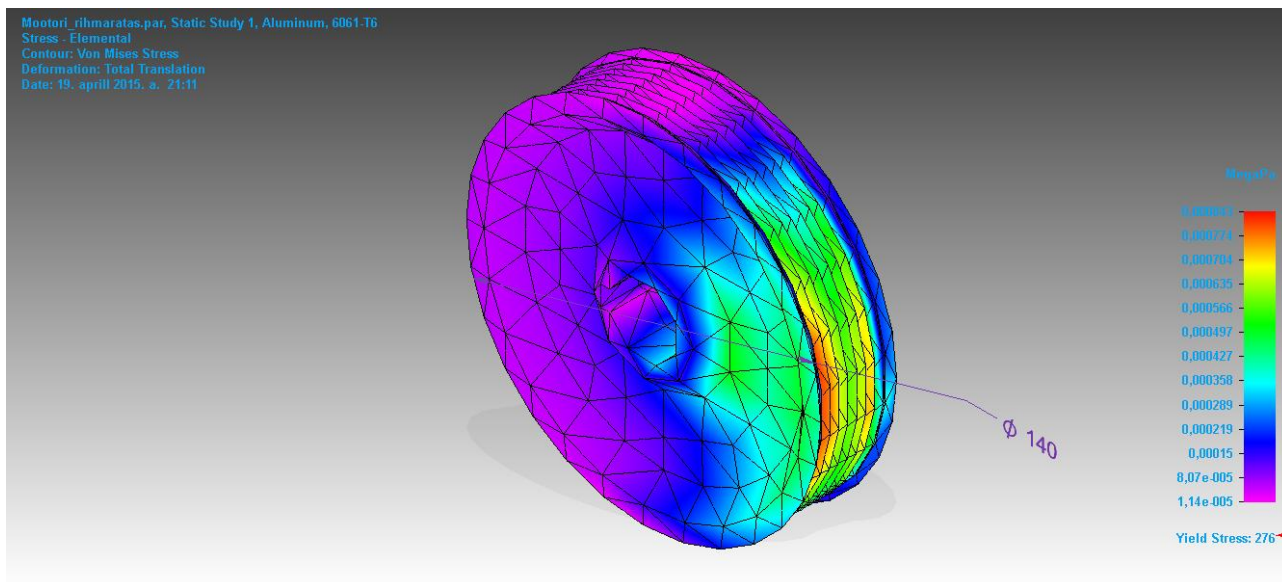
Sele 13. Elektrimootori rihmaratas

Mootori rihmaratta konstrueerimisel peab silmas pidama rihmaratta kergust. Mootori maksimaalne pöörlemiskiirus on 2890 pööret minutis ning ülekantav võimsus 5,5 kW, samas tuleb arvestada löökoormusega, mis avaldub kompressori siduri rakendumisel. Selleks, et mootori võimsuse kadu oleks võimalikult väike, peab rihmaratta kaal olema võimalikult madal, tagades sealjuures piisava jäikuse peale rihma pingutamist ning vastupidavuse ilma deformatsioonideta.

Kõike seda arvesse võttes tuleb rihmaratas treida viienda seeria alumiiniumist, madalama seeria alumiiniumit kasutamise korral, on materjali tihedus sama, kuid tõmbetugevuse erinevus ligikaudu kümnekordne. Alumiiniumi tihedus on erinevate seeriade korral vahemikus $2684 \dots 2795 \text{ kg/m}^3$, kuid tõmbetugevuse vahemik on oluliselt suurem. Esimese seeria alumiiniumi, Al 1060 tõmbetugevus on 27,579 MPa, kuid viienda seeria alumiiniumi, Al 50582 puhul on see 280 MPa.

Rihmülekande puhul tekivad suurimad koormused rihmaratta servadele, mida tekitab pingutatud rihm. Kuna rihmaratas on pidevalt ringlevas liikumises, siis ei teki koormus koguaeg ainult ühele punktile rihmarattal, vaid jaguneb ühtlaselt terve rihmaratta välisringjoone ulatuses.

Planeeritud seadistuse juures tekitab rihm kõige suuremat koormust rihmaratta servadele, kuid nagu eelnevalt mainitud on kuuenda seeria alumiiniumi tõmbetugevus ligikaudu 280 MPa, seega ei tekita rihma pingutusest tingitud koormus sellise suurusega pinget, et rihmaratas peaks deformeeruma või purunema. Kõige suurem koormus, mida rihm suudab sellises seadistuses tekitada on 843 Pa (Sele 14).



Sele 14. Rihma poolt tekitatavad jõud rihmarattale.

2.5. Rikete genereerimine

Stend annab hea ülevaate komponentidest ja süsteemi tööpõhimõttest, kuid paremate teadmiste saavutamiseks tuleb süsteemi projekteerida vigade plokk. Vigade ploki ülesanne on genereerida tuntumaid probleeme, mis konditsioneer- ja kliimasüsteemis võivad esineda.

Esiialgu on planeeritud kuue erineva komponendi katkestust:

1. Jahutusvedeliku temperatuuri anduri signaali katkestus
2. Kompressori relee kaktkestus
3. Kompressori siduri signaali katkestus
4. Salongi temperatuuri anduri signaali katkestus
5. Salongi ventilaatori ja juhtploki vahelise signaali katkestus
6. Salongi ventilaatori toitekaabli katkestus

2.6. Andurite signaalide mõõtmine

Andurid on autos paigutatud üldjuhul selliselt, et auto elektroonikat mittetundev kasutaja, ei suuda neid tuvastada ning selle tulemusena väheneb oht andurit kahjustada. Õppestendi kasutajate jaoks on väga oluline tuvastada kõik süsteemi andurid ning olla kursis nende tööpõhimõtetega. Kuna andurid on tihti paigutatud halbade kohtade peale, on nende signaalide mõõtmine tihtipeale keeruline. Stendi puhul tuleb seda lihtsustada, et vältida vigastuste teket ning et pikendada stendi tööea pikkust.

Multimeetriga signaali mõõtes on oluline saavutada hea kontakt multimeetri klemmi ja anduri juhtme vahel. Selle tarbeks on vaja stendile monteerida eraldi banaani pesad (Sele 15). Pesade tarbeks on vaja ka paneeli, kuhu kõik pesad kinnitada ja märgistada vastavalt anduritele.



Sele 15. Banaani pesa [13]

3. OHUTUS

Stendiga hakkavad tööle nii õppejõud, kui ka tudengid, seega on oluline, et kõik õppevahendi kasutajad järgiksid rangelt ohutusnõudeid. Sealjuures on tähtis projekteerida stend nii, et selle kasutamine oleks võimalikult ohutu.

3.1. Seadusest tulenevad piirangud

Eesti Vabariigis on seadusega määratletud, kes ja missugustel tingimustel tohivad kliimaseadmete remondi ja hooldustöödega tegeleda. Välisõhu kaitse seaduse, §111, lõige 1 määrab ära vastava inimese pädevusnõuded. Nimelt peab olema osoonikihti kahandavate ainete ning seadmete käitlemisega tegeleval isikul olema vastavad teadmised ja oskused ning ka sellekohaste teadmiste ja oskuste olemasolu kinnitavad dokumendid. Pädevusnõuded on kehtestatud välisõhu kaitse seaduse §111, lõike 2 alusel. [14]

3.1.1. Kohaldamisala

Vastava määrusega kohaldatakse osoonikihti kahandavaid aineid sisaldavate seadmete või osoonikihti kahandavaid aineid sisaldavate mahutite käitlemisega tegelevale isikule pädevusnõuetele vastavust tõendavad dokumendid [15].

3.1.2. Käitlemise mõiste

Käitlemise all mõistetakse osoonikihti kahandavate ainete kogumist süsteemist ning selle säilitamist mahutites. Lisaks peetakse käitlemiseks ka külmaaine torustiku kontuuride avamist ja täitmist, kontuuride või seadmete eemaldamist, kontrolli, hooldamist ja remonti ning lekkekонтроlli ja lekete eemaldamist [15].

3.1.3. Pädevusnõuded

Kuni kolme kilogrammi külmaaine käitlemine on lubatud isikule, kellel on vähemalt põhiharidus ning omandanud vastavate seadmete käitlemise ja lekete vältimise koolituse või isikule, kellel on

vähemalt põhiharidus ja on vähemalt ühe aasta praktiseerinud vastavate seadmetega töötamise töökogemuse.

Kolme- ja enam kilogrammi külmaaine käitlemine on lubatud isikule, kes on lõpetanud kõrgkooli, rakenduskõrgkooli või kutsekooli külmaerialal või lõpetanud kõrgkooli soojusenergeetika või elektroenergeetika erialal või vähemalt põhiharidusega isik, kes on saanud vastavate seadmetega töötamise koolituse ning vähemalt ühe aasta praktiseerinud kolme- või enam kilogrammiga külmaaine sisaldusega seadmetega käitlemise töökogemuse [15].

3.2. Külmaaine ohutu käitlemine

Kõikide gaaside ohutu kasutamise tarbeks on võetud kasutusele spetsiaalsed ohutuskardid. Ohutuskardilt on võimalik teada saada kõik vajalik, et vastavat gaasi õigesti käidelda. Kuna punktis 2.3 on valitud stendi külmaaine süsteemis pumbatavaks gaasiks R-134a, siis järgnevas osas on kirjeldatud R-134a külmaaine spetsiifikast tingitud ohutust.

Tetrafluoretaan ehk R-134a tüüpi gaasi puhul on kõige olulisem teada, et tegemist on mittesüttiva ja mittemürgise gaasiga. Selle tähistamiseks märgitakse gaasianumale sellekohane märgistus (Sele 16).



Sele 16. Mittesüttivad, mittemürgised gaasid[16]

Vaatamata asjaolule, et tegemist on mittesüttiva gaasiga, võib gaasianum kuumenemisel või tulega kokkupuutel rebeneda või plahvatada, kuna tegemist on rõhu all veeldatud gaasiga. R-134a on klassifitseerimine direktiivi 67/548/EMÜ järgi liigitatud mitteohtlikuks aineks. Kõige ohtlikum on gaasi puhul asjaolu, et selle tihendus on suurem kui õhul. Selle tulemusena langeb gaas maapinnale ning süvenditesse nagu autotöökodade kanalid ning võib põhjustada lämbumist. Sümptomiteks on teadvusekaotus ning liikumisvõimetus. Kannatanud ei pruugi lämbumisest teadlik olla [16].

Sissehingamisel tuleb osutada kohest esmaabi, toimetades ohver ohualalt eemale, hoida soojas ja puhkeasendis. Hingamise seiskumisel teha kunstlikku hingamist. Nahale või silma sattudes loputada rohke veega [16].

Tulekahju korral võib kasutada kõiki tuntumaid tulekustutus meetmeid ning põlemissaadused pole mürgisemad, kui gaas ise. Gaasianuma liigse kuumenemise korral jahutada anumad veega olles ise ohutus kauguses. Hädaolukorras evakueerida ala, üritada peatada leke ning tagada piisav õhutus [16].

Isikukaitsevahenditest tuleb ära märkida, et täitmise ja lahti ühendamise ajal peab kasutama näokaitset ning balloone käsitlemisel nahkkindaid [16].

Gaas on lõhnatu, värvitu ning õhust raskem. [16]

Süsteemi kokkupanemisel tuleb veenduda, et kõik torude ja voolikute kinnitused on kinnitatud vastavalt nende kinnituste eripäradele.

3.3. Elektriseadmete ohutus

Eletkriseadmete vale kasutamine võib lõppeda raskete vigastustega. Selle vältimiseks tuleb järgida rangelt ohustuseeskirja ning vigastuste tekkimisel osata anda esmaabi. Lisaks on oluline, et kõik seadme kasutajad teavad, kus asub avarii lüliti ja esmaabi tarvikud.

Elektriseadmete puhul on suurimaks ohuks elektrilöögi saamine. Teadupäraselt juhib vesi ideaalselt elektrit, seega ei tohiks seadet hoida niiskes keskkonnas. Niiskuse tõttu võib tekkida elektriahelates lühiseid, mis võivad rikkuda seadmeid ning juhtplokkide. Teiseks tekitab niiskus kontaktide korrodeerumist ning selle tagajärjel kaob ühendus kontaktide vahel.

Süsteemi tuleb kindlalt projekteerida avariilüliti. Avariilüliti peab välja lülitama kogu süsteemi nii, et ühelegi elektroonilisele komponendile elektrivoolu peale ei jõuaks. Kõige lihtsam on seda teha läbi toitejuhtme. Avariilüliti peab olema lihtsasti eristatav ja nähtavalt kohal, lisaks peab lüliti olema piisavalt suur ning lihtsasti lülitatav. Toitejuhtme puhul tuleb jälgida perioodiliselt juhtme seisukorda. Kuna stend on küllaltki mobiilne, on olemas võimalus, kus stendi ümberpaiknemisel saab viga pistikupessa ühendatud toitekaabel. Samuti võib liigne pistiku ühendamine rikkuda pistikupesa, selleks tuleb alati enne toitejuhtme ühendamist veenduda kaabli ja pistiku korrasolekut ning kahtluse korral vahetada kahtlust äratavad detailid. Selleks, et stend kaldus pööranda tõttu soovimatult liikuma ei hakkaks tuleb stendi rattad varustada ka piduritega

Elektriseadmete puhul on oluline ka välistada võimalus, kus lühistatud juhtmete või kontaktide tagajärjel võivad seadmed saada kahjustada, selleks peab süsteem sisaldama ka kaitsme plokki. Elektriseadmetega töötades vastutab ohutuse eest isik, kes praktilist tööd läbi viib ning on tutvunud stendi kasutamist ja ohutust sisaldavate materjalidega. Elektrilöögi ohule tähelepanu pööramiseks tuleb ohtlikud seadmed varustada vastava kleebisega (Sele 17).



Sele 17. Elektrilöögi ohtu märgistav kleebis [17]

3.4. Liikuvate osadega seotud ohutus

Stendil on nähtaval asuvatest liikuvatest osadest, vaid rihmülekande ja jahutusventilaatori osa. Maksimaalse kiirusega pöörleva mootori korral tõuseb ka rihma kiirus üsna suureks. Selleks, et vältida ebavajalike esemete sattumist rihmülekande vahele, tuleb ülekanne kinni katta jäiga kattega. Vastasel juhul võib võõrkeha sattumine rihma vahele rikkuda kõiki ülekande osi, halvemal juhul lõhkuda rihma. Lisaks, peavad stendi kasutajad veenduma, et stendiga töötamisel ei tohi olla riidel lahtiseid nööre ja muud seesugust, mis võiks takerduda rihma vahele ja kaasa tuua raskeid vigastusi inimestele.

Samasuguseid ohutusnõudeid tuleb kasutada ka jahutusventilaatori korral. Kuna jahutusventilaator tõmbab jahedat õhku läbi radiaatori, ei tohi ventilaatori surve poolt kinni katta.

Liikuvate osadega seotud ohtude vähendamiseks tuleb stend varustada ka vastavate tähelepanu äratavate kleebistega, mis püüavad pilku ning suunavad tähelepanelikumalt seadmeid kasutama (Sele 18).



Sele 18. Liikuvate osade ohtu märgistavad kleebised [18], [19]

3.5. Temperatuuriga seotud ohutus

Süsteemis pumbatakse ringi jahutusvedelikku, mille temperatuuri hoitakse pidevalt 80...90°C. Selle tulemusena on osa torustikust ning jahutusvedeliku reservuaar palja käega katsumiseks liiga kõrge temperatuuriga. Teisalt on külmaaine torustiku osa, kus temperatuur on piisavalt madal, et tekitada külmakahjustusi nahale.

Eelnevalt mainitud kahjustuste tekkimise vältimiseks tuleks kasutada temperatuuri mõõtmiseks laser termomeetrit. Sellisel toimimisel on võimalik näitlikustada erinevate süsteemi osade temperatuuri ohutult.

4. KULUARVESTUS

Igal taolisel projektil on paratamatult maksumus ning projekti tellijal on alati kõige suurem huvi just selles osas, kui palju tuleb investeerida raha projekti ellu viimiseks. Kuna on teada, et sarnaseid tooteid pakutakse turul ka valmis produktina, on oluline aspekt ka sealjuures, kas stendi projekteerimine ja valmis ehitamine on soodsam, kui valmistoote soetamine.

Suureks eeliseks selle projekti puhul on asjaolu, et Lexus sõiduauto, mille pealt komponendid demonteeriti, oli avariiline ning selle tulemusena olid ka komponendid oluliselt soodsamad, kui turu hind ette näeb.

4.1. Materjalide kulu

Alustuseks on vaja teada, kui palju maksavad Lexus sõiduauto komponendid tehasehindadega ning kui suur on vahe nende hindade ja kooli poolt soetatud detailide omahinna vahel. Avariilise sõiduki pealt demonteeritud komponentide arvutuslik hind on 1000€ ning ainuke uus komponent on kondensaator koos kuivatiga, ülejäänud komponendid on ostetud romulast ning sellest on ka tingitud turuhinnast kordades madalamad hinnad. Kasutatud ning avariilise sõiduki detaile kasutades on võimalik tehasekomponente soetada ligikaudu 10 korda soodsama hinnaga (Tabel 3). Hinnad sisaldavad käibemaksu. [20]

Tabel 3

Komponentide turuhinna ja omahinna võrdlus [20]

Komponendi nimetus	Turuhind, €	Omahind, €
Aurusti üksus	1768,88	1000,00
Kompressor	582,16	
Salongi ventilaatori koost	577,89	
Kliimaseadme juhtplokk	406,16	
Salongi temp. andur	87,5	
Välis temp. andur	48,76	
UV-kiirguse andur	30	
Vingugaasi andur	97,53	
Jahutusvedeliku torustik	20	
Õhukanalid salongis	585,67	
Kondensaator koos kuivatiga	561,03	107,80
Jahutusventilaator	142,07	30,00
Juhtpaneel	5341,19	30,00
Külmaaine torustik	705,73	60,00
Mootori juhtplokk	996,57	100,00
Kokku	11951,14	1327,80

Lisaks Lexus sõiduauto komponentidele tuleb soetada seadmeid, mis asendavad sisepõlemismootori poolt tehtavat tööd (Tabel 4). Hinnad sisaldavad käibemaksu.[21],[22],[23]

Tabel 4

Lisaseadmete kulu [21],[22], [23]

Komponendi nimetus	Soetushind, €
Elektrimootor	204
Sagedusmuundur	468
Tsirkulatsiooni pump	119
Küttekeha	14,86
Kokku	805,86

Toormaterjali stendi ehitamiseks ning seadmete käitamiseks tuleb soetada eraldi. Teras nelikant toru meetri hind on keskmiselt 2,5 €. Rihmaratta materjal tuleb lõigata 145 mm läbimõõduga ümarprofiiliga alumiiniumist. Kuna rihmaratta paksus on 30 mm, tuleb võtta toorikumaterjali paksuseks 35 mm. Lehtmaterjali on vaja stendi erinevate osade kinnitamiseks, kronsteinide ja kinnituste valmistamiseks. Projekti jaoks on arvestatud 1 m² lehtmaterjali, paksusega 4mm. Stendi

mobiilsuse tagamiseks on vajalikud ka tööstusrattad. Rattad on läbimõõduga 125mm. Neljast rattast kaks, peavad olema piduritega, et tagada stendi kasutamisel piisav stabiilsus. Lisaks on vaja ka külmaainet, et täita süsteemi ning kompressoriõli kompressori määrimiseks. (Tabel 5) [24],[25],[26].

Tabel 5

Matejalide kulu[24],[25],[26]

Komponendi nimetus	Soetushind, €
Nelikanttoru 30x30x2, 21m	52,5
Rihmaratta materjal, Al 5052	6
Lehtmaterjal, 4mm	10
Tööstusrattad 4tk	127,2
Külmaaine, 600g	106,8
Kompressori õli PAG, 250ml	8,25
Kokku	310,75

4.2. Tööjõu kulu

Stendile kulunud töö hind tuleb arvestada erinevalt, vastavalt sellele, missuguse iseloomuga on tehtud töö. Eraldi tuleb arvestada inseneri- ja lukksepa tööd. Inseneri tööd on arvestatud tunnitasega 10 € ning lukksepa tööd tunnitasega 5 €. Lisaks tuleb arvestada raami kokku keevitamiseks alltöövõtjaga. Keevitustöökodades on hinnad erinevad, kuid selle projekti raames on arvestatud tunnitaseks 30 €. Teine töö, mis tuleb alltöövõtja poolt teostada, on treialitöö. Elektrimootori rihmaratas tuleb lasta treida selleks vastava ettevalmistuse saanud treialil, et rihmaratta vastupidavus oleks maksimaalne. Treialitöö tunnitaseks on arvestatud 25€. (Tabel 6)

Tabel 6

Tööjõu kulu

Töö nimetus	Kulunud tunde	Tunnihind, €	Kokku, €
Projekteerimine	50	10	500
Keevitamine	5	30	150
Treialitöö	5	25	125
Komplekteerimine	5	5	25
Katsetamine	20	10	200
Kokku	85	80	1000

Kõiki kulutusi kokku arvestades, tuleb välja, et taolise õppevahendi valmistamine tehasekomponentidest läheb maksma 14067,75 €. Suure osa sellest hinnast moodustavadki tehasekomponendid. Tallinna Tehnikakõrgkooli poolt soetatud avariilise sõiduauto abil oli võimalik projekti kogumaksumuseks saada ligikaudu kolm korda madalam hind, milleks kujunes 3444,41 €.

5. PRAKTIILISED TÖÖD STENDIGA

Kliimaseadme töö õpetamise saab lisada kahe erineva loengu osaks. Võimalik oleks õpetada kliimaseadme tööd õppeaines auto elektriseadmed ning õppeaines lisa- ja mugavusseadmed.

Enne stendiga tööle asumist on oluline, et kõik stendiga töötavad isikud teavad pingiga seotud ohtusid ning oskavad ohu korral vastavalt tegutseda.

5.1. Stendiga tutvumine

Tutvumise eesmärk on anda tudengile selge ülevaade stendist. Peamine on süsteemi komponentide tutvustamine ning komponentide ülesannete selgitamine. Stendiga tutvumisel tuleb selgeks teha süsteemis ringleva külmaaine omadused, ning gaasiga käitlemise ohud.

Kõige olulisem selles faasis on ohutus. Ohutusnõuete tutvustamisel tuleb veenduda õppetunni läbiviijal, et kõik tudengid on kursis, missuguseid kahjustusi võivad stendi erinevad osad tekitada.

Esimese praktilise töö läbiviimiseks vajalikud töövahendid on:

- Kliimastend
- Ohutusnõuete eeskiri
- Lasertermomeeter

5.2. Andurite signaalide mõõtmine

Teiseks ülesandeks on andurite signaalide mõõtmine. Stendi töötamise ajal muutuvad andurite signaalid pidevalt ning tudengid peavad oskama mõõta neid signaale ja oskama hinnata anduri seisukorda. Selles etapis on oluline, et stendi kasutajad teavad andurite tööpõhimõtet ning on tutvunud multimeetriga, millega suurem osa ülesandest läbi viiakse.

Teise praktilise töö läbiviimiseks vajalikud töövahendid on:

- Kliimastend

- Multimeeter
- Lasertermomeeter

5.3. Vigade tuvastamine

Selles etapis tuleb tudengitel tuvuda lõputöö punktis 3.5 kirjeldatud vigade identifitseerimisega. Vigade identifitseerimise juures on oluline tunda sümptomeid, mis kaasnevad teatud kakestuste juures. Taoline praktiline töö annab hea ülevaate, tudengile näitamaks, missugused on konditsioneer- ja kliimaseadme tihedamalt esinevad vead ja missugused on teatud vigade korral sümptomid.

Selle kohast informatsiooni on võimalik teada saada ka margipõhisest remondijuhendist, kuid tänapäevases autoremondi töökojas on oluline kõik remondi- ja hooldustööd teostada võimalikult kiiresti, üldjuhul nõutakse ka tööde kiiremat teostamist, kui seda näeb ette remondijuhend, et tõsta töökoja täituvust. Selleks, et kiirendada tööprotsesse, mis puudutavad konditsioneer- ja kliimaseadet, tuleks selgeks saada tüüpilisemad vead ning kuidas neid identifitseerida, sõltumata remondijuhendist.

Kolmanda praktilise töö vahendid on:

- Kliimastend koos vigade genereerimise plokiga
- Multimeeter
- Lasertermomeeter

5.4. Lekete tuvastamine

Peale stendiga töötamist on oluline veenduda, et kõik süsteemi osad on töökorras ja terved. Oluline osa on lekete otsimisel ja nende korrektsel tuvastamisel. Konditsioneer- ja kliimaseadmete käitlejad on kasutanud mitmeid erinevaid mooduseid lekete tuvastamisel.

Kõige levinum meetod lekete tuvastamisel on värvaine kasutamine. Värvaine pumbatakse külmaaine torustikku ning seejärel otsitakse vastava UV-valgustusega lekkivaid kohti. Värvaine kasutamine ei ole kõige efektiivsem lahendus, kuna värvainet ei saa külmaaine torustikust kätte ning iga järgmise lekkeotsimise käigus, tuleb süsteemi pumbata teine värvitoon, et lekkeid eristada. Kliimaseadmete käitlejate koolitajad soovivad kasutada lämmastiku abil lekete otsimist.

Lämmastiku kasutamise suur eelis on see, et lämmastik ei ole mürgine ning ei jäta külmaaine torustikku värvijääke.

Lämmastiku kasutamisel on kaks võimalust:

1. Lämmastikuga survestamine süsteemi rõhule – seda meetodit kasutades täidetakse süsteem lämmastikuga rõhuni, mis süsteemi komponente ei kahjusta. Seejärel määratakse komponentidele vahutavat vedelikku ning jälgitakse mullitamist. Mullitama hakanud koht lekib lämmastikku süsteemist välja ning tuleb parandada või välja vahetada.
2. Lämmastikuga survestamine ülerõhule – seda meetodit kasutades täidetakse süsteem lämmastikuga ülerõhuni. Ülerõhu all puruneb süsteemi kõige nõrgem koht ehk koht, mis lekib. Selle meetodi kasutamise negatiivne pool on asjaolu, et purunenud detail tuleb kindlalt välja vahetada. Seda meetodit kasutatakse ainult juhul, kui teistel meetoditel pole võimalik leket tuvastada.

Viimaseks üsnagi efektiivseks meetodiks peetakse helivõimendi kasutamist. Helivõimendi koosneb mikrofonist, võimendist ja kõrvaklappidest. Mikrofoniga sondeeritakse kogu süsteemi torustik ning kuulatakse lekkekohtade asukohti. Meetodi eeliseks on süsteemi vähene kahjustamine, kuna süsteemi ei pumbata eraldi ühtegi muud ainet. Sellise meetodi kasutamine on ideaalne ventiili- ning muude ühenduskohtade lekete otsimiseks.

Tänapäeval mitte väga populaarse meetodina kasutati elektroonilist nuusutajat. Nuusutajaga sondeeriti kogu süsteemi torustik ning gaasi konsistentsi suurenedes andis seade helisignaali kaudu sellest teada. Suureks probleemiks sellise meetodi korral on asjaolu, et süsteemi lekke korral on sõiduki mootoriruum juba külmaaine poolt reostatud ning seade ei pruugi korrektselt lekkekohta tuvastada. Elektroonilist nuusutajat kasutatakse tänapäeval automaatsetes lekketuvastussüsteemides ning seadet täiustatakse pidevalt.

Lekke tuvastamisel tuleb leke koheselt kõrvaldada. Lekke kõrvaldamisega võib tegeleda vaid selleks sertifitseeritud isik, kui vastava isiku hinnangul on lekke kõrvaldamine piisavalt ohutu tohivad tudengid, parema ülevaate saavutamiseks, jälgida süsteemi tühjendamise protsessi. Samuti on kohustatud stendiga praktiliste tööde läbiviija omama kliimaseadmete käitlejale vastavat dokumenti.

5.4.1. Süsteemi hooldamine

Konditsioneer- ja kliimasüsteemid peavad olema piisavalt hermeetilised, et vältida külmaaine sattumist atmosfääri, kuid külmaaine torustik on varustatud O-rõngaste ja ventiilidega, mis on valmistatud kummist. Kummist detailide puhul tuleb arvestada materjali vastupidavusega temperatuuride vaheldumisel. Kuuma ja külma vaheldumisel hakkavad kummist detailid muutuma rabedaks ning nende tihendamisvõime väheneb. Selle tulemusena hakkab külmaaine lekkima atmosfääri. Vastava projekti puhul on soodustavaks asjaoluks see, et süsteemist puudub sisepõlemismootor, mis kiirgab suures koguses soojust. Sellest olenemata, tuleb kontrollida külmaaine torustiku olukorda stabiilselt. Oluline osa külmaaine süsteemi juures on süsteemi puhastamine. Olukorras, kus kompressor on saanud viga ning tuleb välja vahetada, on suur oht, et kompressori liikuvatest osadest murdunud metalli tükid on külmaaine süsteemis sees. Selle tulemusena tuleb külmaaine süsteem puhastada metalliosadest, mis võivad kahjustada uut kompressorit.

Kui tuvastatud leke on avastatud täiteventiilis, on võimalik ventiil vahetada ilma süsteemi tühjendamata. Selle tarbeks on olemas spetsiaalne tööriist (Sele 19) [27]. Ventiilivahetus tööriistal on olemas kiirkinnitus otsikud nii madala- kui ka kõrgrõhu ventiili vahetamiseks. Tööriist kinnitatakse ventiili korpuse külge kiirkinnitus otsikuga, seejärel keeratakse ventiil pesast välja ning tõmmatakse rõõriista korpuse sees väljutamisasendisse. Tööriist on endiselt hermeetiliselt ventiilikorpuse küljes. Seejärel keeratakse eraldusklapp kinnisesse asendisse. Eraldusklapiga eraldatakse väljakeeratud ventiil gaasikeskkonnast ning ventiil on võimalik eemaldada tööriista korpuse seest ja vahetada uue vastu. Tagamaks hea töökorra vahetatakse välja mõlemad, nii kõrg- kui ka madalrõhu poole ventiilid.



Sele 19. Külmaaine täiteventiilide eemaldamise tööriist [27]

KOKKUVÕTE

Antud diplomitöö eesmärk oli projekteerida ning koostada õppevahend, millega imiteerida kliimaseadme tööprotsessi Tallinna Tehnikakõrgkooli autotehnika tudengitele. Eesmärgid said täidetud osaliselt, kuna füüsilist stendi ei ole konstrueeritud. Koostatud on projekt ning tehtud vajalikud arvutused, et soetada materjalid ning monteerida tugiraam, lasta treida rihmaratas elektrimootorile ning soetada õige pikkusega käitusrihm.

Taolise õppevahendi valmistamine, Lexus sõiduauto baasil, tuleb eraisikule kindlasti liiga kallis, kuna tehasekomponendid on kordades suuremas hinnaklassis, kui Tallinna Tehnikakõrgkooli poolt soetatud avariilise sõiduki komponendid. Teisalt ei ole kuigi kasumlik hakata ehitama seeriatoodanguna taolisi õppevahendeid, kuna asutusi, kes oleks toodetest huvitatud on küllaltki vähe. Selle tulemusena jääb projekteeritud stend üksikkorras toodetud seadmeks.

Oluline aspekt stendi tootmise juures on see, et keskkonna säästmise eesmärgil liigutakse pidevalt külmaainete poole, mis kahjustavad vähem osoonikihti ning omavad madalamat globaalse soojenemise potsentsiaali. Taolised muutused toovad kaasa süsteemi näitajate muutmise, mis omakorda nõuab süsteemi uuendamisi, selle tulemusena peab ka seadme tootja suutma tagada vajalikud ümberehitused ning hooldused, et tagada parimat tulemust õppuritele.

Kuigi sarnaseid tooteid on Aasia turgudel, erinevates variatsioonides olemas, tundub, et Eestis ei ole siiani kliimaseadmete käitlejad piisavalt huvi tundnud õppestendide soetamise vastu. Tänapäevaks on huvi kliimaseadmete käitlejate kvalifikatsiooni tõstmiseks kasvanud, kuna kliimaseadmete käitlejate koolitajad on projekti valmimisest huvitatud ning suureks abiks projekteerimise juures. Stend peab andma õppuritele parema ülevaate kliimaseadmete tööpõhimõttest ja selle tüüpvigadest.

SUMMARY

The purpose of the thesis was to design and compose a climate control trainer for automotive students of Tallinn University of Applied Sciences. The purpose was partially executed, because the physical part of the trainer was not completed. The design of the framework and the calculations have been finished. This allows to purchase the materials and compose the framework, send the drafts to the turnary for the pulley of the electric motor and purchase the necessary belt.

A trainer, based on a Lexus vehicle, is too expensive for a civilian to buy and compose, because the factory components of Lexus have times the price of the damaged vehicle components purchased by Tallinn University of Applied Sciences. For the second reason, it is not very profitable to put such a trainer into serial production, because there are only few institutions which could be intrested in a climate control trainer. Because of that, this project is going to be an individual product.

A relevant part of producing this trainer, are the environmental problems, which constantly leads to refrigerants, that do less damage to the ozone layer and own a lower global warming potential. Changes like that will bring changes to the parameters of the system, which leads to constant system updates. Because of that, the manufacturer of the product, has to provide the rebuilds and services of the trainer, for the students to have the best education.

Although, there are many alternatives in the Asian market, it looks like in Estonia, the air conditioning handlers have not found the trainer to be useful. Today, the interest is growing, for a better results in qualification, of air conditioning servicing. The instructors, who teach the knowledge of repairing and servicing air conditioning devices, are very intrested in working with the device and offer assistance in the process of making the project. The trainer must give a better overview of the principals and the most common failures of the system.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] E. Kaappola, A. Hirvelä, M. Jokela ja J. Kianta, Külmatehnika alused, Tallinn: Eesti Külмалиит MTÜ, 2014, p. 264.
- [2] L. Päränd, Soojustehnika, Tallinn, 2010.
- [3] Wikipedia, „Wikipedia, the free encyclopedia,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/2,3,3,3-Tetrafluoropropene>. [Kasutatud 2 Märts 2015].
- [4] „The Engineering Toolbox,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://www.engineeringtoolbox.com/Refrigerants-Environment-Properties-d_1220.html. [Kasutatud 24 Märts 2015].
- [5] T. M. C. Service Manual.
- [6] „AG Block Automotive,“ Block Automotive, [Võrgumaterjal]. Available: <http://agblock.co.uk/catalogue/air-conditioning>. [Kasutatud 10 Aprill 2015].
- [7] „Hampden,“ Hampden Engineering Corporation, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.hampden.com/product-details.php?viewid=102>. [Kasutatud 10 Aprill 2015].
- [8] „Flamefast,“ Flamefast, [Võrgumaterjal]. Available: <http://flamefast.co.uk/automotive-training/cc-ff001-climate-control/>. [Kasutatud 10 Aprill 2015].
- [9] „LJ Create,“ LJ Group, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ljcreate.com/products/product.asp?id=185&program=226&curr=49>. [Kasutatud 10 Aprill 2015].
- [10] „Bestech,“ Megatech Corportation, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.bestech.com.au/wp-content/uploads/Heating_AC.pdf. [Kasutatud 10 Aprill 2015].
- [11] „Ruukki,“ Rautaruukki, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ruukki.ee/Ehitamine/Steel-frame-structures/Toruprofiilidest-konstruktsioonid/Structural-HS-S355J2H-S235JRH-Square>. [Kasutatud 19 Aprill 2015].

- [12] M. Tiidemann, Masinaelementide projekteerimise alused, Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2010, p. 117.
- [13] „Oomipood,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.oomipood.ee/product/bc-124/b/4mm-banaani-pesa-paneelil-isoleeritud-pistikule-must-10a&s=banaani%20pesa>. [Kasutatud 13 Aprill 2015].
- [14] Välisõhu kaitse seadus, 2013.
- [15] Osoonikihti kahandavaid aineid sisaldavate või nendel ainetel põhinevate toodete, seadmete või mahutite käitlemisega tegeleva isiku pädevusnõuded, 2013.
- [16] A. E. AGA, „AGA Tööstusgaasid,“ 31 Märts 2014. [Võrgumaterjal]. Available: http://www.aga.ee/internet.lg.lg.est/et/images/r134_ee607_118869.pdf. [Kasutatud 12 Aprill 2015].
- [17] „Modern Signs Digital,“ Modern Signs Digital, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.store.modernsignsdigital.co.uk/electrical-hazard-signs/345-danger-electricity.html>. [Kasutatud 4 Mai 2015].
- [18] „Clarion Safety,“ Clarion, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.clarionsafety.com/610371-7>. [Kasutatud 4 Mai 2015].
- [19] „Label Source,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.labelsourceonline.co.uk/General-Hazard-Warning-Safety-Signs-Page-15-Prodlist.html>. [Kasutatud 30 Aprill 2015].
- [20] „Lexus of South Atlanta,“ Lexus, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.lexussouthatlantaparts.com/productSearch.aspx>. [Kasutatud 14 Aprill 2015].
- [21] „Cerbos,“ Askoll, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.cerbos.ee/et/tsirkulatsioonipumbad-ringluspumbad/667-komplekt-tsirkulatsioonipump-liimikud.html>. [Kasutatud 14 Aprill 2015].
- [22] „Lemona,“ Katinimo, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.lemona.ee/index.php?page=itemlist&b_id=194. [Kasutatud 28 Aprill 2015].
- [23] „Bevi,“ Bevi, [Võrgumaterjal]. Available: www.bevi.ee. [Kasutatud 16 Veebruar 2015].
- [24] „AJ Tooted,“ AJ Group, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ajtooted.ee/ee/transport-ja-toste/rattad/toostusratas/463815-59444.wf>. [Kasutatud 4 Mai 2015].
- [25] „Aardla Autoteenindus,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.aardlateenindus.ee/hinnakiri/kliimaseadmete-olid-ja-kontrastained>. [Kasutatud 1 Mai 2015].

- [26] „Autokaubad 24,“ Magnetti Marelli, [Võrgumaterjal]. Available:
<http://www.autokaubad24.ee/et/tooted/autokeemia-lisandid-remontained-auto-konditsioneeridained/auto-konditsioneerid>. [Kasutatud 1 Mai 2015].
- [27] „Isuu,“ [Võrgumaterjal]. Available:
http://issuu.com/autoekspert/docs/auto_kliimaseadmete_hooldusseadmed_2012/17. [Kasutatud 27 Aprill 2015].

LISAD

Lisa 1. Raami tööjoonis

Lisa 2. Elektrimootori rihmaratta tööjoonis

Lisa 1. Raami tööjoonis

Lisa 2. Elektrimootori rihmaratta tööjoonis