



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonikainstituut
Mehhatroonikasüsteemide õppetool

MHK40LT

Lauri Loot

Juhtimissüsteem traktori palgivintsile
Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn
2013

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis juhendamisel

“.....”20.....a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”20.....a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”20..... a.

..... allkiri

BAKALAUREUSETÖÖÜLESANNE

2013 aasta sügissemester

Üliõpilane: Lauri Loot 061325

Õppekava: MAHB02/04

Eriala: Mehhatroonika

Juhendaja: Maido Hiiemaa

BAKALAUREUSE TÖÖ TEEMA: Juhtimissüsteem traktori palgivintsile

(inglise keeles): Control System for Tractor Logging Winch

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Taustauuringud ja projekteeritava süsteemi nõuete väljaselgitamine	3.11.2013
2.	Pneumo- ja elektrisüsteemi väljatöötamine	10.11.2013
3.	Ohutussüsteemi ja algoritmide väljatöötamine	17.11.2013

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Bakalaureusetöö ülesandeks on universaalse traktori palgivintsi juhtimise väljatöötamine, lähtudes metsaomanike olulisest vajadusest oma metsa korras hoida. Lõpptulemuseks on metsahooldustöid lihtsustava palgivintsi edasiarendus, mis muudab selle palgivintsi kasutamise mugavaks ja ohutuks, tõstes töö efektiivsust.

Töö keel: eesti

Kaitsmistootlus esitada hiljemalt: 13.01.2014 **Töö esitamise tähtaeg hiljemalt:** 13.01.2014

Üliõpilane: **Lauri Loot** **11.11.2013**

Juhendaja: **Maido Hiiemaa** **11.11.2013**

SISUKORD

Bakalaureusetöö ülesanne-----	3
Eessõna -----	5
SISSEJUHATUS -----	6
1. TÖÖ PRAKTILINE ALUS -----	7
2. TURUANALÜÜS -----	8
3. VINTSI TEHNILINE ISELOOMUSTUS -----	9
4. JUHTIMISSÜSTEEM PALGIVINTSILE -----	10
4.1. Vintsi lülitamiseks vajaliku jõu leidmise meetod-----	11
4.2. Vintsi töösilindri valik-----	12
4.3. Pneumaatika süsteem -----	16
4.4. Juhtimis- ja elektrisüsteem -----	18
4.5. Ohutuscontroller ja algoritmid-----	21
KOKKUVÕTE -----	28
SUMMARY -----	29
KASUTATUD KIRJANDUS -----	30
LISAD:	
Lisa 1. Vintsi kolmemõõtmelised illustratsioonid -----	31
Lisa 2. Vintsi ohutuscontrolleri skeem -----	33
Lisa 3. Ohutuscontrolleri programmi kood-----	34

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema valikul olid abiks Tallinna Tehnikaülikooli mehaanika teaduskonna professor Toivo Pappel ja nooremteadur Maido Hiimaa. Häid nõuandeid ja praktilisi soovitusi töö teostamiseks jagas hea mehaanikust sõber Udo Vään, kes igapäevaselt tegeleb praktiliste tehnikavaldkonda kuuluvate probleemide lahendamisega ja kelle garaažis on autor praktiliselt omandatud erinevaid oskuseid ja töövõtteid mehaanika vallas. Autor valis teema arvestades isiklikku huvi ja kodumetsas töötades tekkinud praktilist vajadust.

SISSEJUHATUS

Traktorit omavatel metsaomanikel on metsa korrashoidmist lihtsustavaks töövahendiks traktori vints, mille abil saab murdunud puid ja palke metsast välja tõmmata. Vints väga universaalne tööriist, mis võimaldab traktorit ennast päästa kinni jäämisel või teostada töid, mis nõuavad suurt tõmbejõudu. Lõputöö idee tuli praktilisest vajadusest ehitada kodusele metsavintsile lisaajam, et lihtsustada vintsiiga töötamist metsas. Üldiselt on teisaldatavad palgivintsid kinnitatud traktori rippsüsteemi külge ja jõud kantakse üle jõuvõtuvõllilt kardaaniga. Vintsi juhtimine on enamasti lahendatud vintsi küljes asuva kangli liigutamise või on paremal juhul kangile lisaks nõör ja plokiratas, mille abil saab traktorist või vintsi operaator ohutult vintsi sisse lülitada. Bakalaureuse töö eesmärgiks on sarnasele vintsile ehitada ajam ja selle juhtimine nii, et see praktiliselt lihtsustaks metsas töötamist, oleks võimalikult lihtne, universaalne ja ohutu.

1. TÖÖ PRAKTILINE ALUS

Kujutame natuke ette tööd metsas vintsi. Tavaliselt on töötajaid metsas üks või rohkem. Ühe töötaja korral peaks traktorist iga tõmmatava palgi pärast kabiinist välja ronima, trossi kinnitama ja vintsi sisse lülitama ning kui tõmmatav palk peaks kuskile kinni jääma siis oleks tõenäoliselt kõndimist üsna palju ja ajakulu suur. Tänapäeval on traktorid üsna kõrged ja sisse-välja ronimiseks kulub traktoristil palju energiat ning pikas perspektiivis võivad kaasneda sellise tööga, erinevad haigused. Metsaalune pinnas võib olla raskesti läbitav, pehme või eeldab ringiga käimist. Sellistes tingimustes töö on üsna koormav ja jõudlus väike. Kuna üksi metsas töötamine pole ohutuse mõttes soovituslik, siis tegeleb metsas töötamisega tavaliselt mitu inimest. Teinekord on vintsitav objekt kaugel ja töötav traktor tekitab müra siis on kahe inimesega töötades probleeme märguannete täpsusega. Omavaheline kõne ei kuulu ja käemärguandeid ei pruugi tihedas metsas märgata. Halvimal juhul võib üks töötaja kuhugi vahele jääda kui teine töötaja näiteks liiga vara vintsi sisse lülitab või ei näe ohtliku olukorda. Lõputöö eesmärk on teha vintsi sisselülitamine lihtsamaks, mugavamaks ja ohutumaks.

2. TURUANALÜÜS

Lõputöös kasutatava tööpõhimõttega vintse toodetakse erinevate firmade poolt praegugi. Põhiliselt on uuematel vintsidel disaini muudetud kasutajasõbralikumaks ja optimeeritud materjali kulu.

Sele 2.1. Kuna traktorid on ajapikku muutunud võimsamaks, siis on ka vintside valikusse tulnud erineva võimsusega vintse. Palgivintside tõmbejõud jääb enamasti 3000kgF juurde kuigi turul on ka poole suurema tõmbejõuga vintse. Turul olevatest tootjatest on huvi pakkuvad ettevõtte „Farmi“ palgivintsid, kus lisavarustusena pakutakse kaugjuhtimist *sele 2.2.* Antud projekt lähtub olemasolevast üheksakümnendatel toodetud AS Estre palgivintsidest. [1], [2]

Sele 2.1. Sarnase tööpõhimõttega vints



Sele 2.2. Farmi vints.



3. VINTSI TEHNILINE ISELOOMUSTUS

Vints kinnitatakse traktori rippüsteemi külge kolme tapi abil. Rippsüsteem reguleeritakse nii, et rippsüsteem võimaldaks vintsi raami tõsta maast võimalikult kõrgele selliselt, et kardaanvõlli ei oleks võimalik tõstmisel kogemata kõveraks painutada. Samas peab arvestama, et kui vints on traktori taga tõmbe asendis, siis peab saama vintsi sahk tungida võimalikult maa sisse, et haardumine oleks maksimaalne. Samuti peab jälgima, et ülestõstetud asendis kui plaanitakse vintsi raamiga (sahaga) midagi lükata, siis võib rippsüsteem kerkida lubatust ülespoole ja kardaan võib kõverduda. Vintsi käitatakse traktori jõuvõtu võllilt 540p/min. Vintsi võlli teises otsas on hammasratas, millelt on kettülekanne järgmisele suuremale hammasrattale. Suur hammasratas ja trossi pool on oma telje peal lahtiselt. Suure hammasratta pooli poolsele küljele on liimitud friktsioonkate. Vintsi sisselülitamise toimub pooli ja suure hammasrattaga samal teljel oleva kolme koonusega töötava mehhaanilise pressiga. Mõõda vintsi trossi pooli, hammasrattast ja pressi läbivat telge on pandud otstest keermestatud teraspulk, mille abil tõmmatakse press, pool ja hammasratas kokku sellise pingega, et pressi algasendis ei haaku pöörleva hammasratta friktsioonkate trossi pooliga ja poolile pöörlemist edasi ei kandu. Samas kui hakkata vintsi-hoova kaudu pressiga trummilt ja hammasrattast kokku suruma, siis ei saavuta normaalse kasutamistingimuste juures press oma telgsuunas liikumise maksimaalset väärtust. Hammasratas on surutud maksimaalse lubatud jõuga vastu trumlit ja trumlile keritud trossi tõmbejõud on maksimaalne. Keermestatud teraspulga otsas on määrdennippel ja pulga sees on kanalid pressi ja trumli ning hammasratta ja vintsi raami vaheliste aksiaaltugilaagrite määrimiseks. Keti pingutamise toimub keti mitte vedava poole peal ning on teostatud laagritega rulliku ja vedruga. *Sele 3.1.*



Sele 3.1. Vintsi keti pingutus

4. JUHTIMISSÜSTEEM PALGIVINTSILE

Vintsi sisselülitamine on algselt mõeldud kangi abil, mis asub vintsi küljes. Kuna enamus traktoritel on tänapäeval kompressorid peal, siis tekkis mõte, et miks ei võiks antud hooba sisse lülitada kahepoolse toimega pneumosilindri abi? Pneumosilindri kasutamisel oleks mitmeid eeliseid. Alustades sellest, et tegu oleks üsna puhta süsteemiga ja rikke korral ei peaks muretsema reostuse pärast. Võrreldes hüdro süsteemiga saaks paremini reguleerida silindri liikumise kiirust ja silindri poolt arendavat jõudu. Elektriga antud süsteemi lahendamisel kaasneksid probleemid piisava võimsuse ja vajaliku pinge saamisega. Antud juhul oleks kasutada olnud 12V alalispinge. Samas jääks pneumosilindri kasutamisel alles ka võimalus vintsi käsitsi kasutada, sest kui pneumosilindri õhuavad on avatud on silindri poolt takistus väike ja nii saab vintsi hooba käsitsi liigutada. See oleks hea variant, kui näiteks metsas peaks mõni voolik kuskile taha jääma ja katki minema või soovitakse kasutada vintsi sellise traktori taga, millel puudub elektrisüsteem või suruõhtusüsteem.



Sele 4.1. Vintsi lülituse planeerimine

4.1 Vintsi lülitamiseks vajaliku jõu leidmise meetod

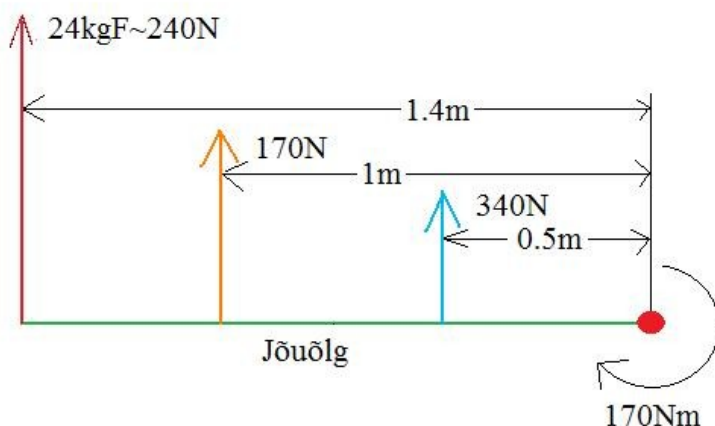
Vintsi mehaanika ja pneumosilindri valimiseks tuli leida vintsi lülitamiseks vajalik jõud.

Teoreetiliselt peaks see käima dünamomeetriga aga kuna koduste vahendite hulgas dünamomeetrit polnud siis tuli kasutada selleks tarbeks kodust kehamassi määramise kaalu. Arvestades, et 1kg on ligikaudu raskusjõud 10N. Kuna antud mõõtmisvahend polnud mõeldud selleks otstarbeks ja mõõtmine ei toimunud maksimaalselt headel tingimustel siis tuli arvestada, et valmiv süsteem peab võimaldama suures vahemikus reguleerimist. Võttes arvesse, et saab muuta süsteemi töörohku, reguleerida vintsi sidurit, valida sobiva läbimõõduga ja käigupikkusega silindrit, muuta jõuõla pikkust siis võis sellise mõõtmisviisi sobivaks lugeda. Kuna mõõtmisel oli vintsil hoob nurga all tuli kasutada täiendavalt terasvarrast. Sele 4.1.1.



Sele 4.1.1. Vintsi lülitamiseks vajaliku jõu leidmine

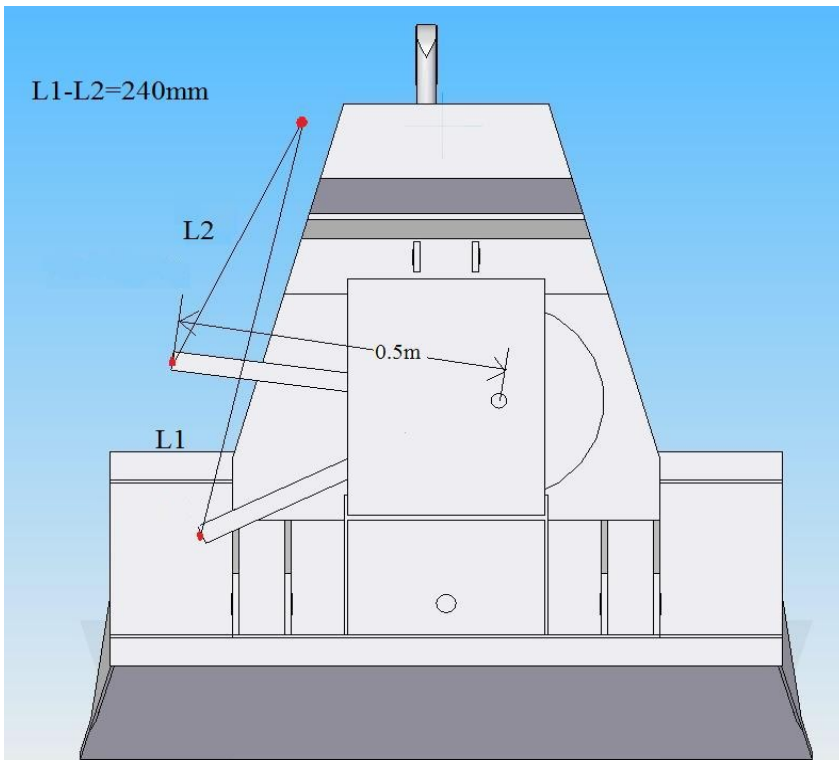
Jõuõlg ehk siis lühima ristlõigu pikkus võlli tsestrist jõu mõjusirgeni oli mõõtmise ajal mõõdlindiga mõõtmisel 1.4m. Mõõtmiseks kasutatud kaalu tulemus sellise mõõtmise korral oli 24kgF ehk ligikaudselt teisendatuna 240N ja seega vintsi lülitamiseks vajalik vääne ligikaudu 170Nm. Illustreeriv skeem *sele 4.1.2*



Sele 4.1.2. Vintsi lülitamiseks vajalik jõud erineva pikkusega jõuõla korral

4.2 Vintsi töösilindri valik

Praktiliselt on raske vintsile töösilindrit valida. Arvestades, et saab valida paljude erinevate silindrite hulgast. Lisaks saab valida sobivat käigupikkust ja antud juhul ka tööõhku ning erinevaid kinnitusi silindrile. Selleks tarbeks on mõistlik teha kolmemõõtmeline joonis ja valida sobiva käiguga silinder ja kinnitused. Algselt oli vintsil küljes 40cm pikkune hoob, mille otsa oli keevitatud toru. Vintsi sisselülitamine toimus sellesse torusse pistetud kangi abil. Sobiva silindri valimiseks tuleb leida jõu suurus, mida peaks silinder arendama. Kolmemõõtmelisel joonisel on paika pandud vintsi sisselülitamise hoova piirasendid *sele 4.2.1*. Kui vaadata vintsi hooba alumises asendis siis selleks, et vintsi hoob ja silinder väga gabariitidest välja ei ulatuks võiks olla vintsi hoova pikkuseks umbes 0,5m. Selline suurus on väga mugav arvutada ligikaudse silindripoolt arendava jõu leidmiseks. Kui esialgsel mõõtmisel saime vintsi täielikuks lülitamiseks vajalik väände 170Nm siis poolelühema jõuõla puhul on see kaks korda suurem *sele 4.1.2*. Seega oleks sellisel juhul vaja silindrit, mis peaks arendama jõudu vähemalt 340N. Kuna varasemalt on kogemused pneumotarvikute tootjaga SMC siis on väga mugav kasutada vastava seeria juures olevat tabelit silindri poolt arendatava jõu leidmiseks.



Sele 4.2.1. Vintsi kolmemõõtmeline joonis ja hoova piirasendid

Teades, et traktori kompressori poolt arendatav rõhk on ligikaudu 6bar ehk 0,6MPa. Saaks põhimõtteliselt siinkohal välja arvutada silindi kolvi pindalad ja leida vastava läbimõõduga silindri. Praktiliselt on lihtsam vaadata tootja tabelit, sest silindritel on standard-läbimõõdud. Arvestama peab, et traktoril on peal ka rõhuregulaator ja sellega saab vajadusel silindri töö rõhku vähendada. Nii väheneb silindri poolt arendatav jõud.[3]

Series MB

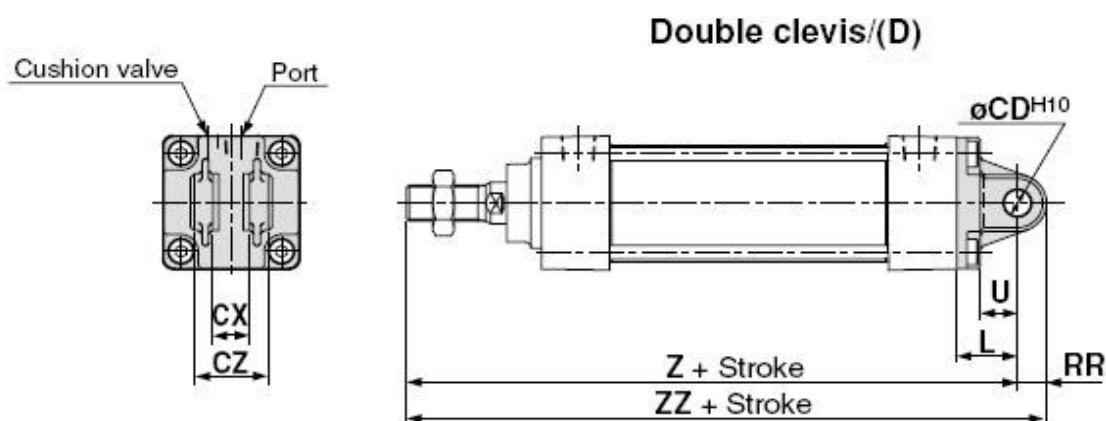
Theoretical Force (Unit: N) IN

Bore size (mm)	Rod diameter (mm)	Operating direction	Piston area (mm ²)	Operating pressure (MPa)									
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
32	12	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804	
		IN	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691	
40	16	OUT	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257	
		IN	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056	
50	20	OUT	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963	
		IN	1649	330	495	660	825	989	1154	1319	1484	1649	
63	20	OUT	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117	
		IN	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803	
80	25	OUT	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027	
		IN	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536	
100	30	OUT	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7069	7854	
		IN	7147	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	7147	

Note) Theoretical force (N)=Pressure (MPa) X Piston area (mm²)

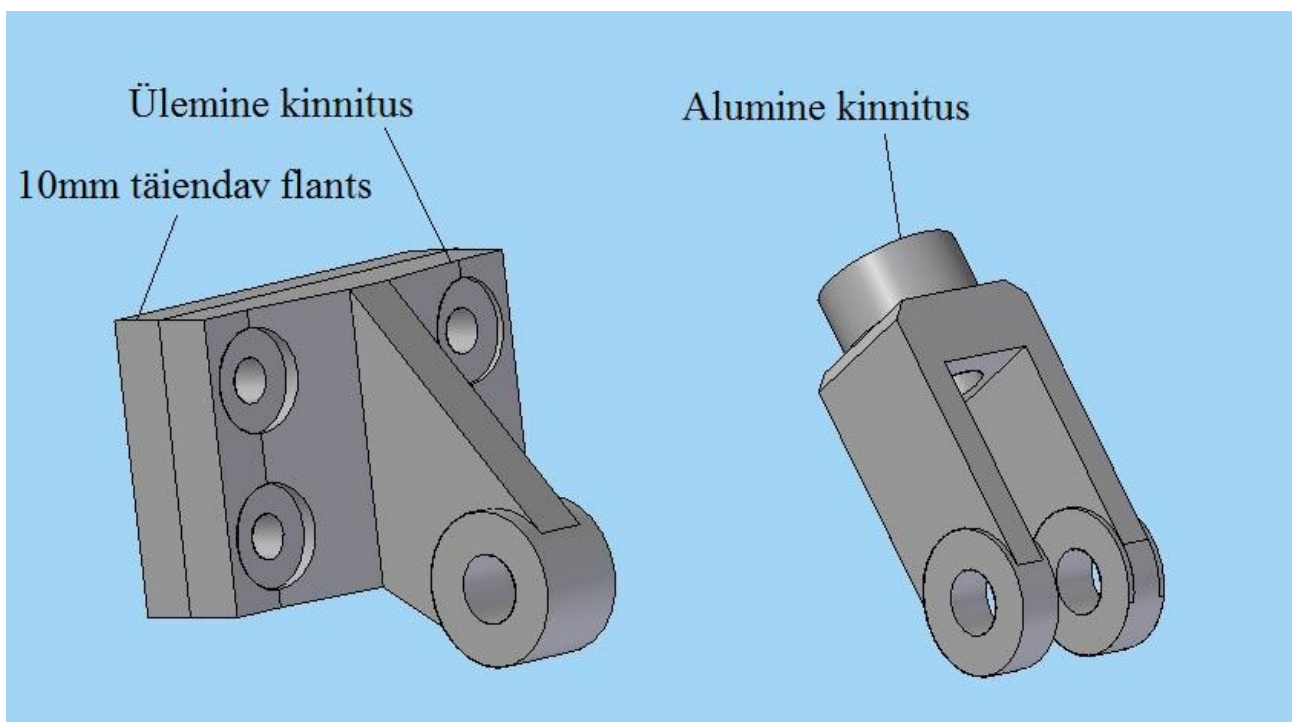
Sele 4.2.1. Silindri teoreetiline arendatav jõud

Silindri valikul tuleb lähtuda, et liiga nõrga silindri valikul tekib oht, et vintsi sidur hakkab libisema ja sellega kaasneb siduri liigne kulumine ning vintsi ei arenda maksimaalset tõmbejõudu. Kui silinder on nõrk, annaks seda tööõhu tõstmisega korrigeerida aga samas hakkaks see pikemas perspektiivis liigselt kompressorit koormama. Liiga suur silinder võib vintsi hoova kõveraks painutada või ära murda. Lisaks vajab suurem silinder rohkem õhku. Seega võib kujuneda silindri töö aeglaseks. Kuna tootja kodulehel on palju erinevaid pneumosilindrite seeriaid, siis arvestades, et antud tööriist on pigem abivahend kui väga suure hõivatusega töövahend on mõistlik valida sobiv silinder keskmise vastupidavusega MB seeria silindrite hulgast. Antud projekti jaoks sobib ühe kolvivarrega kahepoolse toimega silinder. Vaadates tootjapoolset silindri poolt arendatava jõu tabelit *sele 4.2.1*, on valida kahe silindri vahel läbimõõduga 32mm ja 40mm. Silindri valimisel on määravaks eelkõige silindri sisseliikumisel arendatav jõud. Vaadates tabelit siis silinder läbimõõduga 32mm arendab vajaliku jõu 0,5MPa juures. 0,6MPa juures on teoreetiline arendatav jõud juba 415N. Vaadates läbimõõduga 40mm silindrit saame vajaliku jõu kätte rõhul vahemikus 0,3-0,4MPa. Selleks, et võimaliku mõõtmisest tingitud viga kompenseerida, tuleb jätta suurem varu. Sellepärast tuleb valida silinder läbimõõduga 40mm. Kuna pneumosüsteemis eksisteerib reguleeritav rõhuregulaator, siis hiljem saab selle abil silindri poolt arendavat jõudu suurtes piirides väga lihtsalt muuta. Pneumosilindri valimiseks on vaja teada veel silindri kolvi käigupikkust. Kuna kolmemõõtmeline mudel on juba antud vintsiist olemas *sele 4.2.1* ja lülitushoova piirasendid on näha, siis valides orienteeruva silindri kinnituspunkti, arvestades silindri läbimõõtu saame jooniselt mõõta vajaliku käigupikkuse. Antud juhul on see ligikaudu 240mm. Kuna vintsi sidur on reguleeritav, peab vintsi olema nii reguleeritud, et vintsi lülitushoova mõlemad piirasendid saavad pneumosilindri käiguga kaetud. [4]



Sele 4.2.2. Silinder kooskahvelkinnitusega

Pneumosilindrite tootja pakub silindrile erinevaid kinnitusi. Töö kokkuhoiu mõttes on kasulik koos silindriga valida ka sobivad kinnitused silindrile. *Sele 4.2.2.* Lisaks on mõistlik tellida silinder koos kolvi magnetiga. Hiljem saab silindri olekut ohutussüsteemiga kontrollida. Antud projektile on vajalik ka tootja pakutav kahvli ja tihvti komplekt kolvivarrele ja silindrile liigendkinnitusega flants. *Sele 4.2.3.* Kuna jõuõlg on võetud 0,5m, siis peab olema vintsi hoob 15mm pikem, et saaks sellest 0,5m pikkuse juures 10mm augu läbi puurida ja tihvti läbi panna. Pneumosilindril tuleks ülemist flantsi 90 kraadi keerata. Sellisel juhul väheneb oht, et silindri pneumovoolikud jäävad metsas kuskile taha kinni. Silindri sobitamisel selgub, et väljalülitatud asendis kipub silindri sein liiga vintsi raami vastu minema. Selle probleemi kõrvaldamiseks on vaja teha silindri kinnitusele 10mm paksune täiendav flants. *Sele 4.2.3.* Silinder koos flantsiga kinnitatakse poltidega diameetriga 6mm. Vintsi raam on silindri kinnitamise kohalt ligikaudu 10mm paksune ja antud koht täiendavat tugevdamist ei vaja. Kuna seadmele kandub traktori vibratsioon ja löögid, siis tuleks stoppermutreid kasutada ning aeg-ajalt kontrollida poltide pingsust.

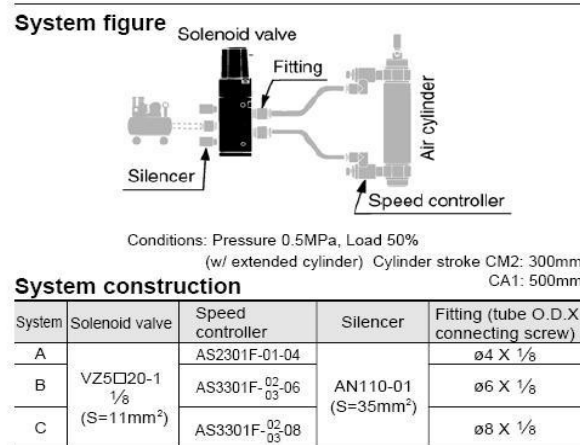
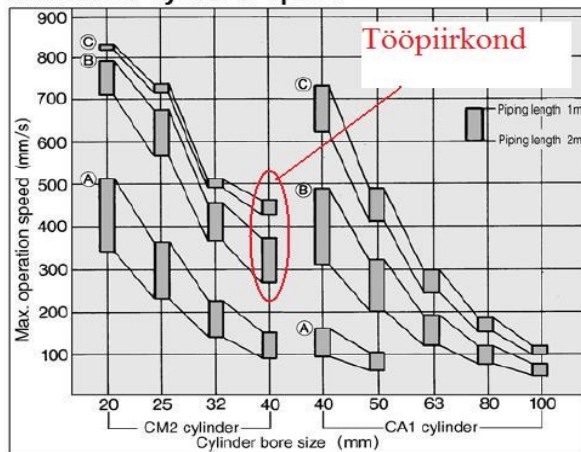


Sele 4.2.3. Silindri kinnitused

4.3. Pneumaatika süsteem

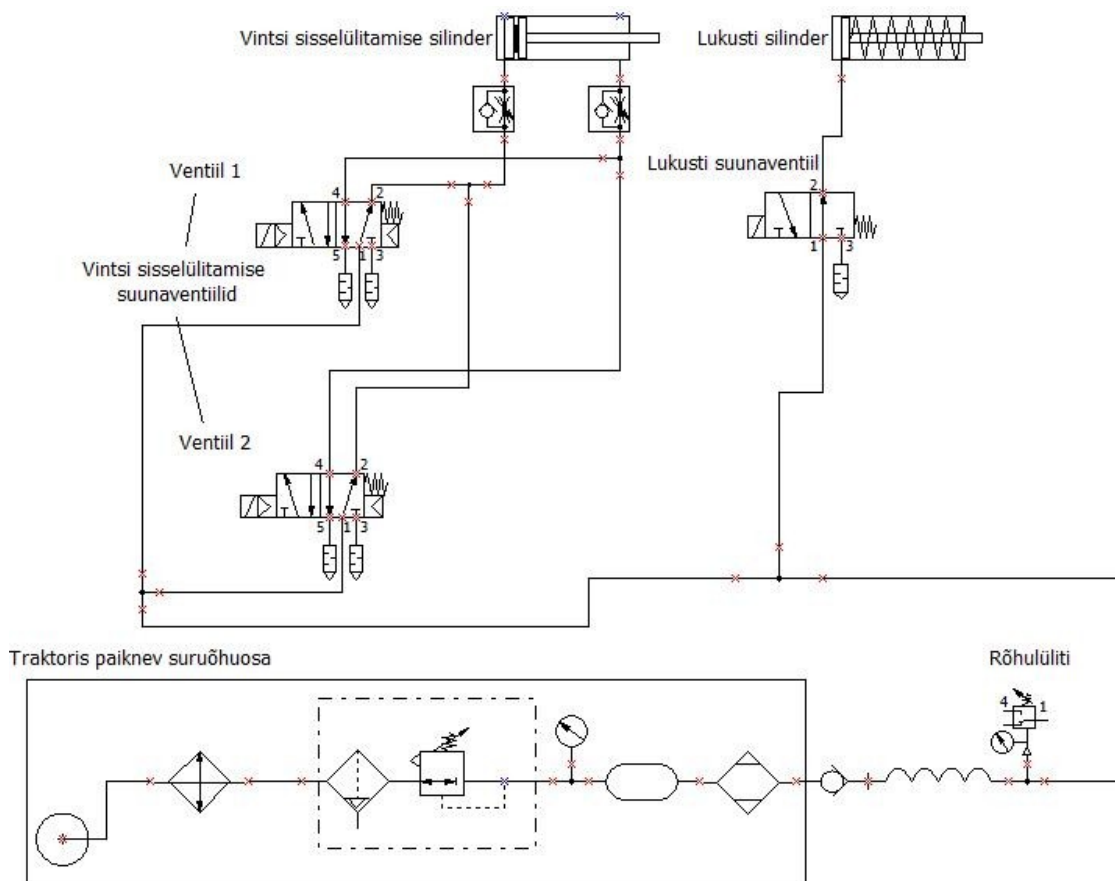
Vintsi töösilindri juhtimiseks on kasutusel kaks paralleelset viie pordiga monostabiilset 12V mähisega elektrilist suunaventiili. Pneumotorustikuks kasutatakse 8mm läbimõõduga plastikust torusid. Suunaventiilid on valitud SMC seeriast VZ5000 või analoogsed, tagamaks silindri piisavat liikumiskiirust *sele 4.3.1.* [5]

Maximum Cylinder Speed



Sele 4.3.1. silindri teoreetiline liikumiskiirus

Silinder peab liikuma suurusjärgus üks käigupikkus (240mm) sekundis. Arvestama peab, et kuna on kaks suunaventiili ja samas on tegelik tööõhk 0.3-0.5 MPa vahemikus siis hakkab silinder liikuma natuke kiiremini kui kord sekundis. Silindri liikumise reguleerimiseks kasutatakse 8mm kiirühendustega vastuklapiga reguleeritavaid drosseleid ja silindri reguleeritavat leevendit. Silindri töö reguleeritakse selliselt, et silinder liiguks võimalikult kiirelt samas ei tohi esineda silindri töös lööke. Pneumotorustikuks kasutatakse 8mm läbimõõduga plastikust torusid. Traktori ja vintsi vahele on mõeldud 8mm või jämedam spiraaltoru, mis kinnitub traktori külge standardse torgatava suruõhu kiirühendusega. Vintsi silindri õhusüsteem *sele 4.3.2* on arvestatud suurema varuga. Esmalt on see vajalik, et vintsi silindri töö oleks reguleeritav võimalikult suures ulatuses. See võimaldab vajadusel korrigeerida vintsi töörežiimi näiteks külma ilma korral. Alati võib tekida vajadus vintsi tööd reguleerida peale mehaanilist deformatsiooni, mis võib antud töö juures paratamatult juhtuda. Kaks paralleelset suunaventiili on kasutusel eelkõige ohutuse seisukohast. Praktikas on juhuseid kus suunaventiil on külmunud või mingil muul põhjusel kinni jäänud. Kahe suunaventiil kasutamisel ühe suunaventiili kinnijäämise korral hakkab õhk läbi avatud oleva suunaventiili välja jooksma ja pneumosüsteem läheb avariiolekusse. Kuna pneumosüsteemi rike või ebaühtlase tööga võivad kaasneda töötajale eluohtlikud olukorrad, siis on kahe suunaventiili kasutamine õigustatud.



Sele 4.3.2. Vintsi pneumoskeem

Õhu ettevalmistamine toimub traktori poole peal ja vajadusel lisatakse puuduolevad filtrid traktori õhusüsteemi. Pneumotorud on valitud erksavärvilised, mis on metsas paremini nähtavamad.

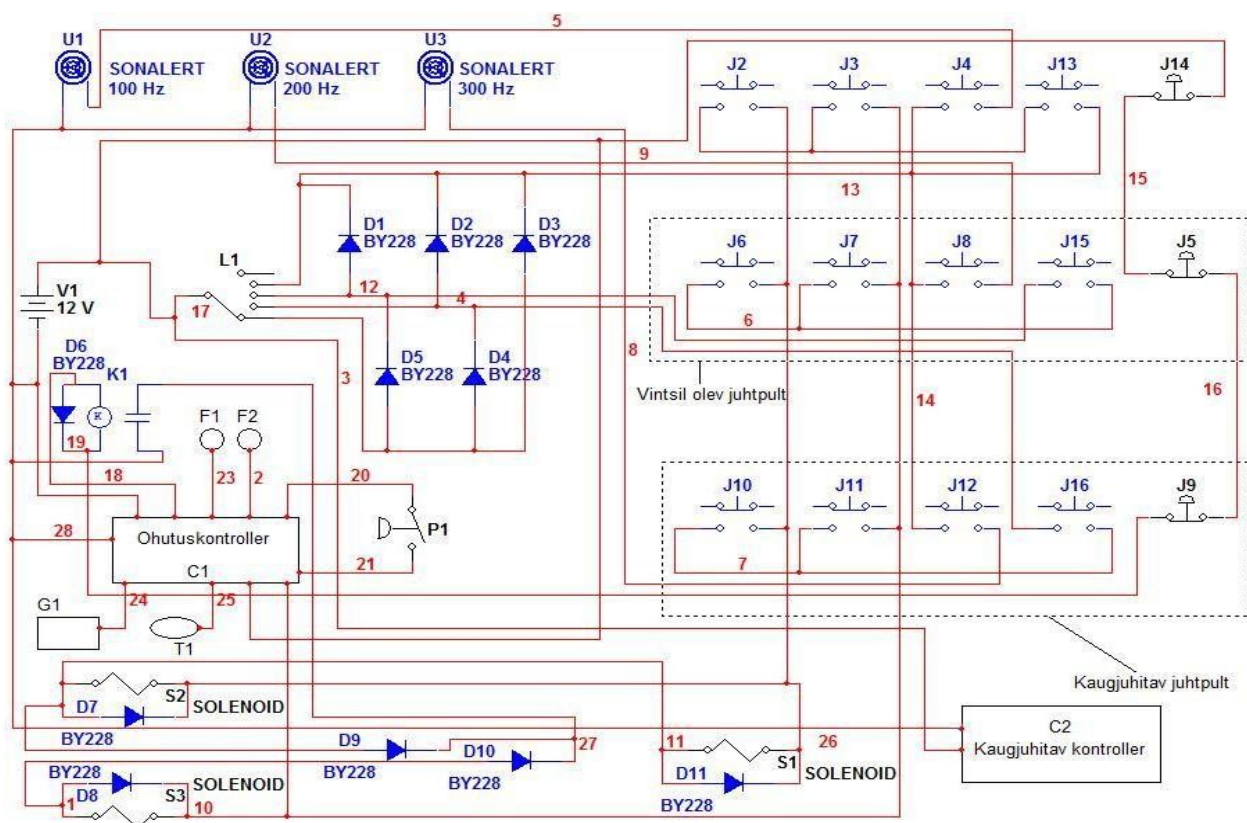
Jämedamad suruõhutorud on mehaaniliselt tugevamad ja suurema läbilaske võimega.

Pneumosüsteemi rõhulülitit kasutatakse süsteemi valmisoleku kontrolliks. Kui süsteemi rõhk on liiga madal, siis ei toimi pneumolülitused korralikult, silinder ei arenda vajaliku jõudu ja vintsi sidur hakkab libisema. Liiga suure rõhu korral näiteks (rõhuregulaatori rike) võib kaasneda kompressori rike või mõne muu süsteemi osa kahjustumine.

Pneumoskeemil on ka üks ühepoolne vedruga tagastatav silinder ja kolme pordiga monostabiilne suunaventiil, mida on plaanis tulevikus kasutada trossi lukusti tarbeks. Antud hetkel on trossilukusti käsitsi lülitatav.

4.4. Juhtimis- ja elektrisüsteem

Vintsi elektriskeem on projekteeritud selliselt, et juhtimine toimub primitiivsete ja lihtsate lülitustega, mis tagavad töökindluse ja kiire reageerimise. *Sele 4.4.1.* [6]



Sele 4.4.1. Vintsi juhtimise elektriskeem

Ohutussüsteem koosneb kahest osast, milleks on jadamisi ühendatud avarii STOP lülitite ahel (J14, J5, J9) ja täiesti iseseisev ohutuse ja monitooringu kontrollier (C1). Juhtimiseks on kasutusel kolm juhtpulti, millest esimene juhtpult (J2, J3, J4, J13, J14) koos kontrollieritega asub traktori sees. Teine pult (J6, J7, J8, J15, J5) asetseb vintsi raami küljes ja võimaldab traktori kõrval seisval töötajal vintsi juhtida. Kolmas (J10, J11, J12, J16, J9) on raadioteel juhitud 50m distantliga juhtpult. Juhtpuldid koostatakse ABB Pilot devices katoloogi tooteid kasutades, mida on kiirkinnitusega võimalik traktori kabiinis kinnitada ja omavad IP67 kaitset. Juhtpultidel on viis nuppu, millest üks on avarii STOP nupp (J9, J5, J14) *sele 4.4.2.* [7] Vintsi sisselülitamine toimub kahe lülitil abil. Vältimaks juhuslikku vintsi sisselülitumist nupu vajutamisel on igale puldile paigaldatud täiendav nupp (J13, J15, J16), mida on vaja täiendavalt vajutada, et oleks garanteeritud, et vintsi sisselülitumine ei olnud juhuslik nupuvajutus.

Lisaks on traktoril oleval puldil üks viiepositsiooniline võtme selektorlülit (L1), mille abil valitakse vastav töörežiim. Töörežiimid on valitud vastavalt kasutatavate juhtkohtade arvule.

Tabel 4.4.1.

Asend	1.	Väljalülitatud.
Asend	2.	Juhtimine ainult traktorist.
Asend	3.	Juhtimine traktorist ja vintsilt.
Asend	4.	Juhtimine traktorist ja kaugjuhitavast puldist.
Asend	5.	Juhtimine traktorist, vintsilt ja puldist.

Tabel 4.4.1. Selektorlülitid

Reeglina on vintsi kasutamise eest vastutav traktorist. Seega on ohutuse seisukohalt mõistlik traktoristil mittekasutatavad juhtimiskohad välja lülitada, vältimaks juhuslikku vintsi sisselülitamist, näiteks kõrvalise isiku poolt. Vintsi elektrisüsteemiga on ühendatud kolm erineva tooniga sireeni (U1, U2, U3) selliselt, et igal juhtpuldil on erineva tooniga signaalmärguanne. Selline lahendus võimaldab metsas kiiremini reageerida ja informatsiooni edastada. Helisignaali saab sisselülitada igas juhtpuldil ja selektorlülitid asendis, välja arvatud väljalülitatud olekus. Vintsi elektrisüsteem on varustatud ka lukusti silindri solenoidi (S3) ühendamise võimalusega ning lisanuppu (J13, J15, J16) kasutatakse ka lukusti silindri lüliti juhusliku lülitamise kaitseks. Hetkel ei ole lukustisilinder kasutusel ja lukusti on mehaaniline.



Sele 4.4.2. Vintsi juhtpultide nupude näidised

Vintsi kaugjuhitav pult *sele 4.4.3.* [8] on lahendatud kasutades universaalset kaugjuhitavat kontrolleri (C2), mille väljunditeks on releekontaktid. Kaugjuhitava kontrolleri toide on võetud pärast ohutusreleed ja kontrolleri toite kadumisel lülituvad kontaktid algasendisse. Kontrolleri on programmeeritud ja valitud nii, et kui ükskõik, millist töönuppu all hoides toimub aktiivne side puldi ja kontrolleri vahel ning vastavad relee kontaktid on suletud. Nupu lahti lastes, levialast välja minnes või mingi muu kõrvalmõju korral lülituvad kontaktid lahti ja vints seiskub. Erandiks on avariiSTOP lüliti, mille nupule vajutades peab kaugjuhitava kontrolleri väljund fikseeruma kuni ohtliku olukorra lõppemiseni.

Vintsi elektriliste suunaventiilide (S1, S2) toide käib läbi relee (K1) kontaktide. Mähise toide jookseb üheltpoolt jadamisi läbi avariiSTOP lülitite. Kui kasvõi üks nuppudest on aktiveeritud lülituvad relee kontaktid lahti ja vints lülitub välja. Teiselt poolt jookseb relee toide läbi ohutuskontrolleri. Selline ühendus tagab vähemalt ühe ohutussüsteemi toimimise. Voolu katkemise korral lülitab suunaventiil monostabiilse tõttu pneumosilindri algasendisse.

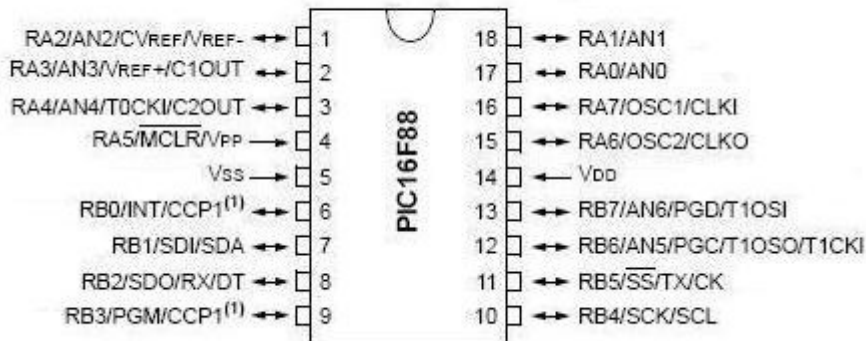


Sele 4.4.3. Universaalne kaugjuhitav kontrolleri

4.5. Ohutuskontroller ja algoritmid

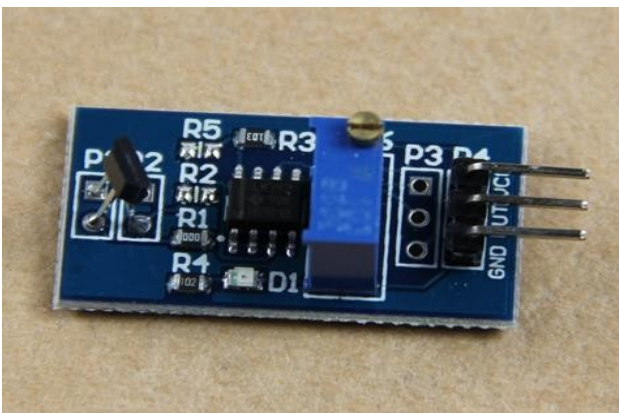
Traktori vints on varustatud ohutuskontrolleriga (C1) *sele 4.4.1*. Antud kontroller on paigaldatud, vältimaks vintsi liigset kulumist ja hoidmaks ära töö käigus tekkida võivaid õnnetusi. Ohutuskontroller on tehtud mikrokontrolleri PIC 16F88 baasil *sele 4.5.1*. Kontrolleri toide on stabiliseeritud 3.3v pingestabilisaatoriga. [9]

18-Pin PDIP, SOIC

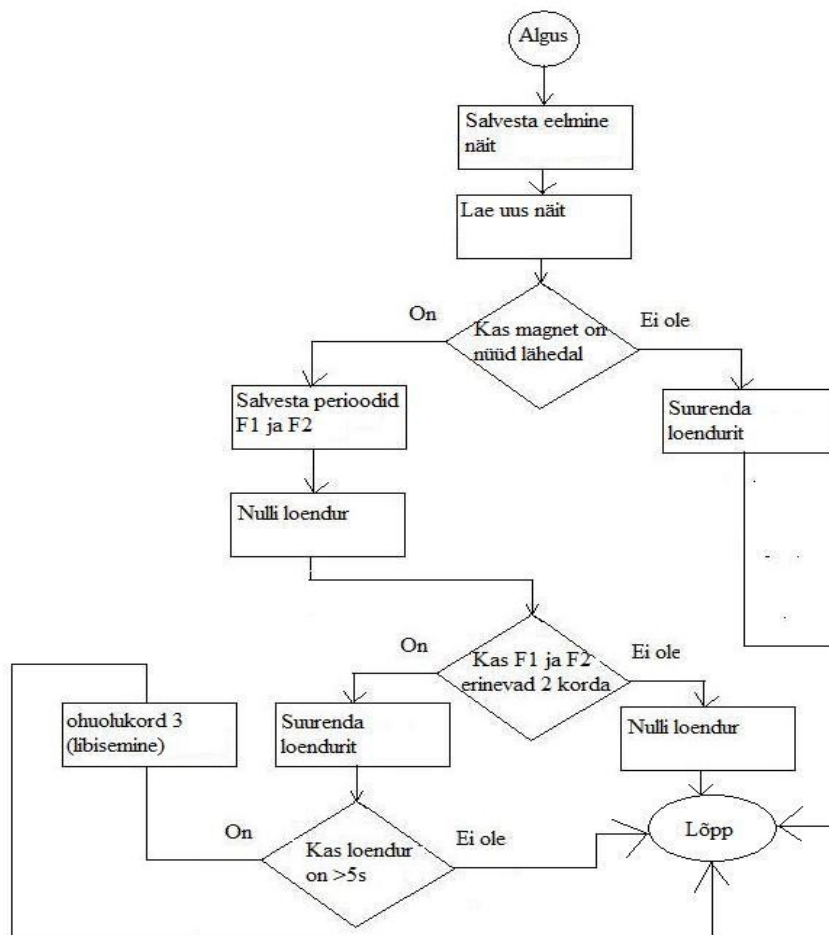


Sele 4.5.1. PIC mikrokontroller

Mikrokontrolleri sisenditesse RA0 ja RA1 on ühendatud halli andurid, mis paigaldatakse vintsi suurema ketiratta ja vintsi pooli juurde *sele 4.5.2*. Magneti paigaldamiseks puuritakse kettasse väike auk ja liimitakse pisike silindriline magnet. Halliandureid kasutatakse vintsi pooli ja vedava ketiratta vahelise libisemise määramiseks jälgides nende pöörlemissagedust. Programm on kirjutatud nii, et vints lülitub välja, kui silindi suunaventiilil on toide olemas ja samal ajal vedava ketta ja pooli vaheline kiiruste erinevus on rohkem kui kaks korda ja kestvus rohkem kui viis sekundit. Vintsi siduri libisemise määramise algoritm *sele 4.5.3*. [10]

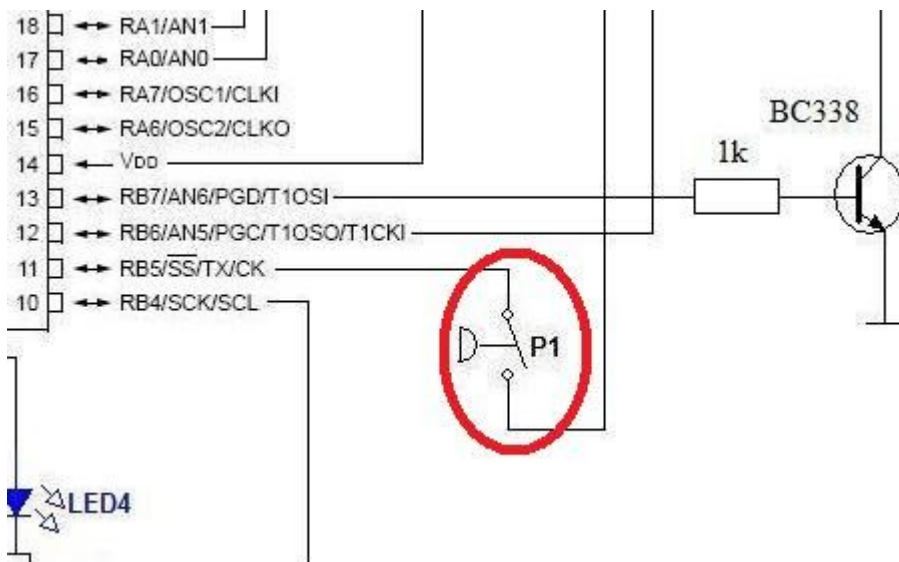


Sele 4.5.2 Halli andur



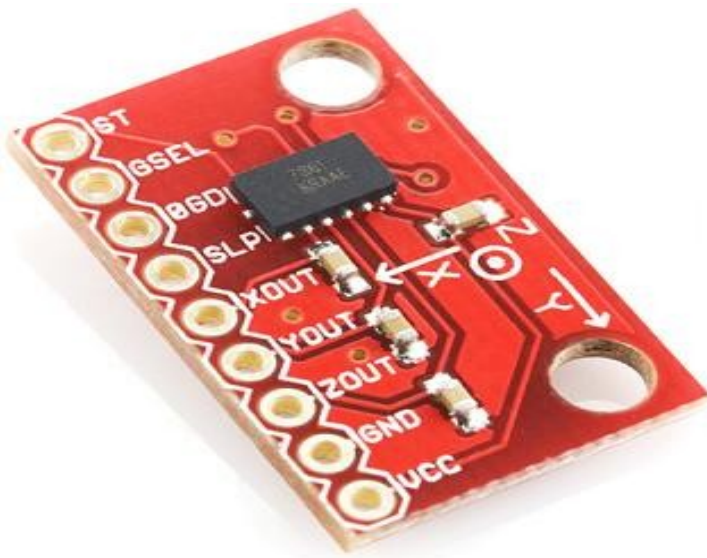
Sele 4.5.3. Vintsi siduri libisemise algoritm

Algoritmi alguses sele 4.5.3. salvestatakse mõlema hallianduri eelmine näit ja laetakse mõlema anduri uus näit. Näidu all mõeldakse magneti olemasolu eraldi mõlema anduri juures. Nii leitakse mõlema pöörleva ketta perioodid. Peale perioodide salvestamist nullitakse loendur ja võrreldakse perioode. Kui perioodid erinevad rohkem, kui kaks korda, siis suurendatakse loendurit, mille abil määratakse libisemise maksimaalne kestvus. Kui libisemine on kestnud rohkem, kui viis sekundit, siis vintsi seisatakse ja kuvatakse libisemise viga. Halliandur sele 4.5.2. on kasutusel ka vintsi trossi lõpplülitina. Vintsi trossi lõppu on paigaldatud magnet ja piiraja. Kui tross on kokku keritud, siis magnet asub kohakuti hallianduriga. Antud funktsioon on kasulik ka siis kui on vaja näiteks piirata sissekeritava trossi pikkust. Reguleeritav rõhuandur (P1) sele 4.5.4. on kasutusel, et kontrollida suruõhupiiisavust vintsi tööks vajalike operatsioonide jaoks. Trossilõpu anduri ja õhusurve anduri rakendumisel lülitatakse vintsi välja ja pannakse põlema vastava vea LED märgutuli. [10]

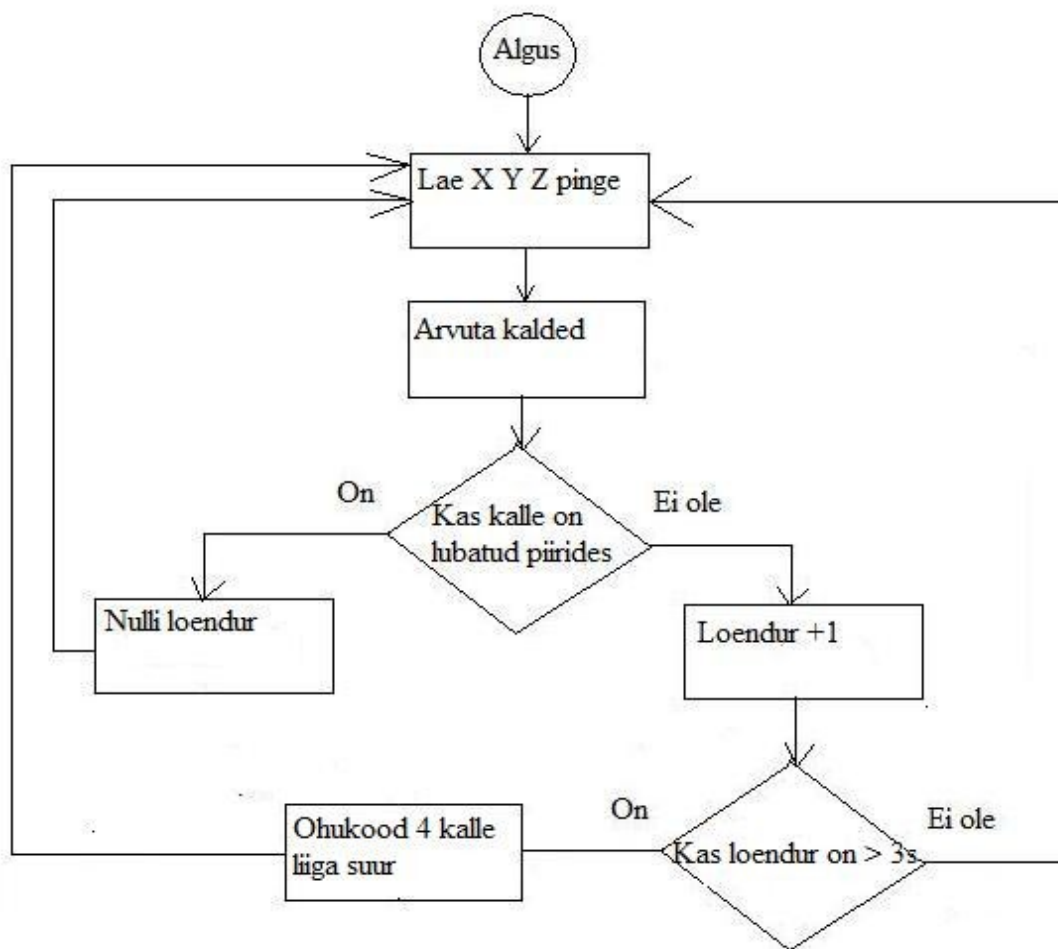


Sele 4.5.4. Vintsi reguleeritav rõhuandur

Vintsi Ohutusrelee juhtimine käib läbi NPN transistori BC338. Sele 4.5.4. Ohutus relee ahela katkestamisel lülitatakse vintsi solenoid välja ja vints jääb seisma. Ohutusrelee mähise pluss on ühendatud jadamisi läbi avarii STOPP-lülitite. Kui mikrokontrolleri väljundist tuleb aktiivne signaal transistori baas klemmle, siis lülitub vints sisse. Ohuolukorras transistori baasil aktiivset signaali ei ole ja vints on väljalülitatud. [11]

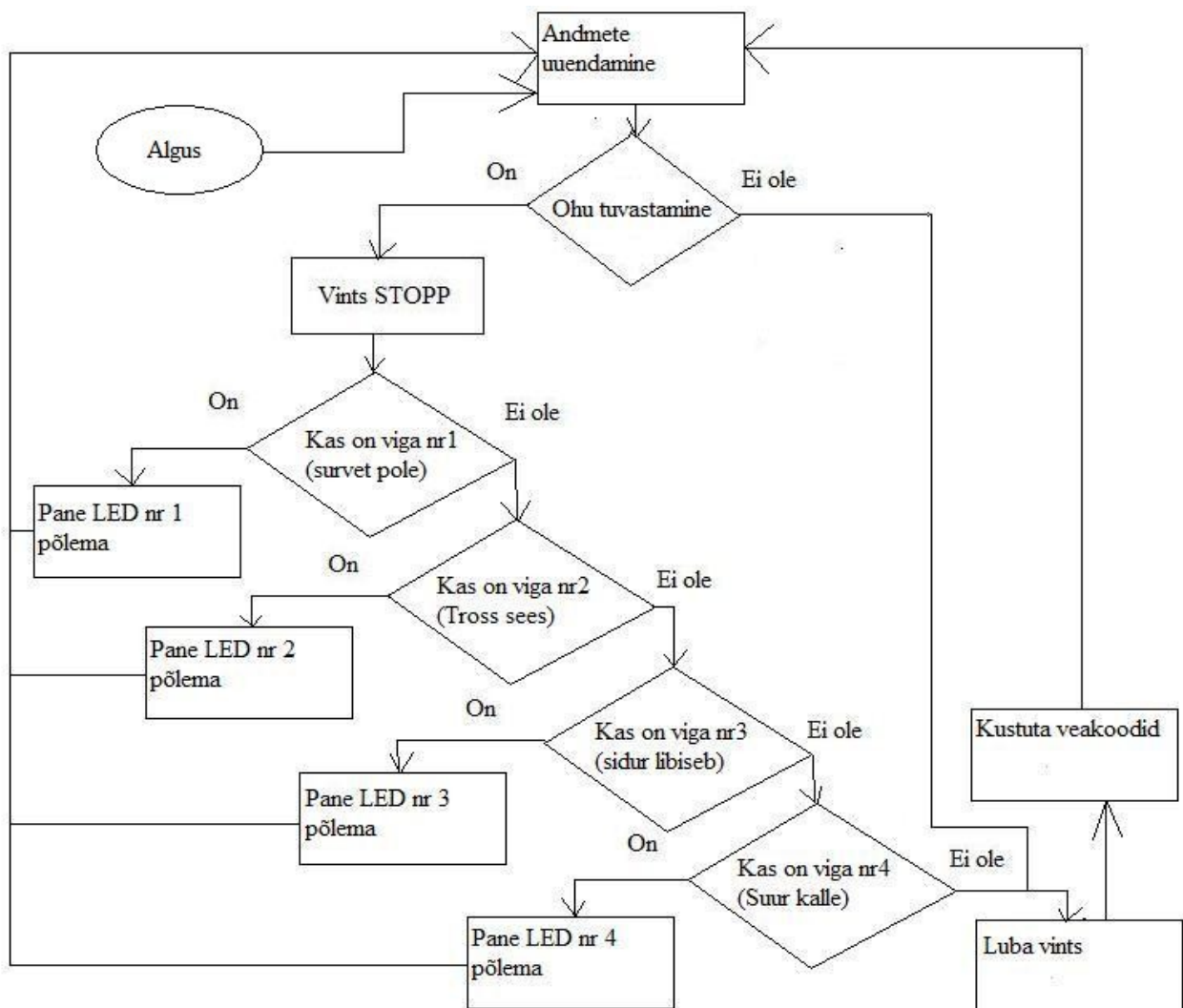


Sele 4.5.5. Kiirendusandur



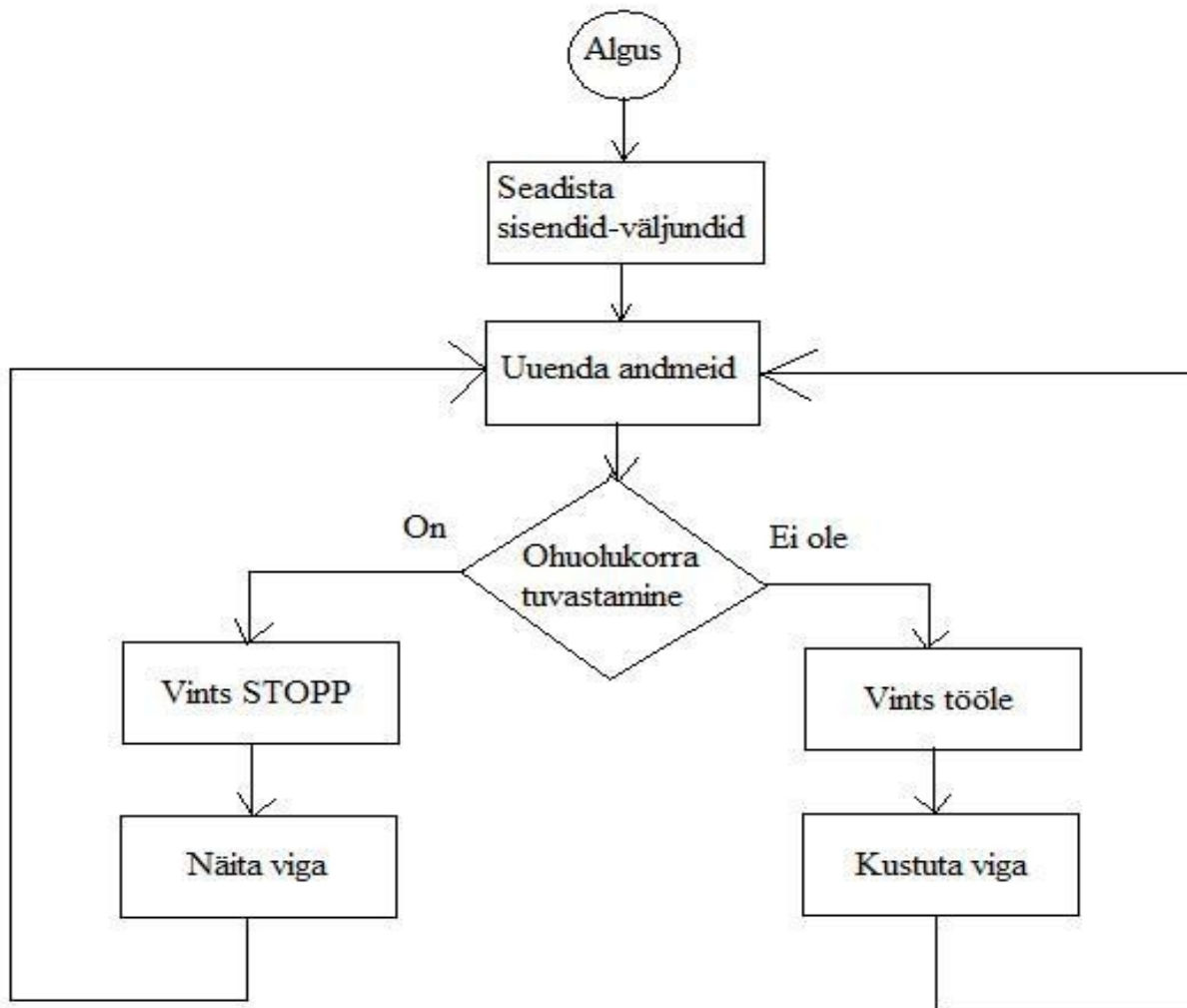
Sele 4.5.6. Traktori ohtliku kalde tuvastamise algoritm

Vintsi mikrokontrolleriga on ühendatud kiirendusandur MMA7361 sele 4.5.5. Kiirendusandurit kasutatakse traktori ümbertõmbamise vältimiseks, samuti ei lülitu vints sisse, kui traktor on juba enne tõmbamist kriitilise kalde peal. Kiirendusandur on paigaldatud nii, et Z-telje positiivne suund on maa suunas ja X-telje positiivne suund traktori sõidusuunas. Traktori kalde korral, kas siis sõidusuunas või külgsuunas projekteerub osa raskuskiirendusest X-teljele või Y-teljele. Kui programm arvutab, et traktori kalle on ületanud lubatud 20 kraadi, siis suurendatakse kalde all oleku perioodi ühe võrra. Kui traktor on olnud kalde all rohkem, kui kolm sekundit, siis lülitatakse vints välja ja lülitatakse sisse liiga suure traktorikalde märgutuli. Hetkel pole arvestatud, et vintsi tross võib tõmbamise ajal tekitada kiirendusandurile liigseid piike ja müra. Vajadusel tuleb vintstile programmeerida vastav madalpääsfilter. [12]



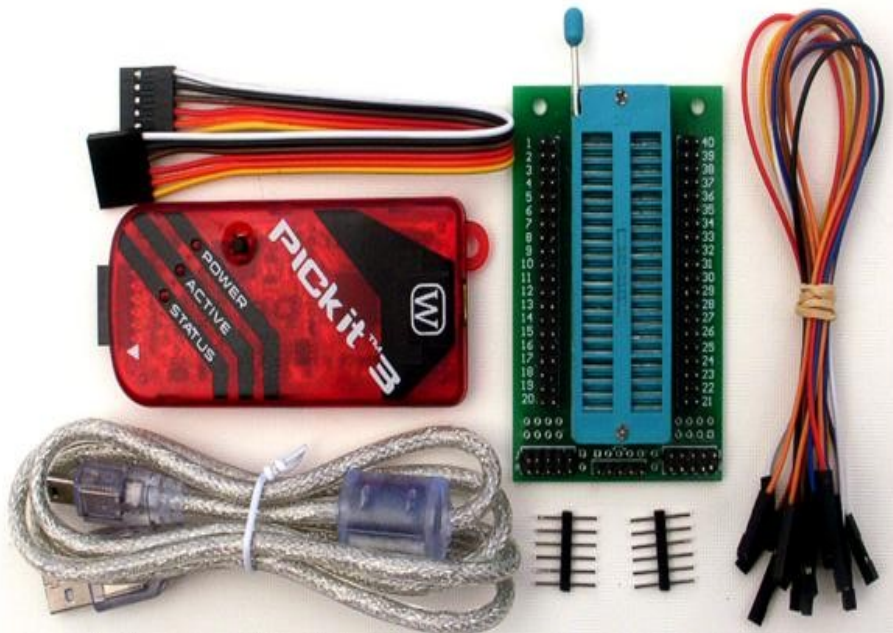
Sele 4.5.7. Vintsi vigade kuvamise algoritm

Vintsi mikrokontrolleri väljundite külge (RB0-RB3) lisa 2 on ühendatud vigade tuvastamiseks LED märgutuled. Kui vints peaks ohutuskontrollerist tulenevalt teadmata põhjusel seisma jääma, siis pannakse põlema vastava vea LED märgutuli. Mikrokontrolleri programmis toimub ohu tuvastamine enne, kui vastava LED märgutule süütamine. Ohust tulenevalt pannakse vints seisma ja alles siis leitakse konkreetne viga ja pannakse vastav märgutuli põlema. Vintsi mikrokontrolleri vea indikaatoritulede programmi algoritm on kujutatud *selel 4.5.7*. Kõigepealt kontrollitakse õhusurvet, kui õhusurve on liiga väike, siis mikrokontrolleri sisendis (RB5) lisa 2 puudub aktiivne signaal ja vints ei lülitu sisse. Kui viga oli õhusurves, siis pannakse põlema LED nr1. Mikrokontroller on programmeeritud nii, et vea indikaator ei näita korraga mitut viga. Kui vigu on mitu, siis tuleb kõigepealt eemaldada see viga, mille märgutuli põleb ja kui on veel vigasid, siis süttib järgmine vea indikaatori tuli.



Sele 4.5.8. Vintsi üldine töö algorithm

Mikrokontroller PIC16F88 on valitud vintsi ohutuskontrollerisse analoogsisendite vajaduse tõttu. Kuna kiirendusandur MMA7361 on analoog väljunditega sele 4.5.5. ja töötab 3.3V pealt, siis on ka PIC16F88 mikrokontroller valitud, et oleksid olemas kiirendusanduri jaoks analoogsisendid ning ühine toitepinge 3.3V. Eelnevatel programmi algoritmidel on kirjeldatud üldise ohutuskontrolleri programmi algoritmi osasid. Üldine programmi algoritm on kujutatud selet 4.5.8. Kui mikrokontrollerile lülitatakse toide sisse, siis kõigepealt seadistatakse mikrokontrolleri sisendid 0-7 port A ja 4-6 port B ning väljundid 0-2 ja 7 port B. Lisaks aktiveeritakse analoogsisendid 2,3,4 port A kiirendusanduri jaoks. Andmete uuendamine toimub iga 2 millisekundi tagant. Järgneb ohuolukorra tuvastamine. Kui on oht, siis pannakse vints seisma. Vea tuvastamise algoritmi järgi näidatakse, milles on viga ja antud tsüklil kestab kuni ohuolukorda enam ei eksisteeri. Sellisel juhul lülitatakse vints tööle ja kustutatakse seejärel varasemad veaindikaatorid. Normaalses töörežiimis vigasid ega ohte ei ole, vints töötab ja kontroller monitoorib ohte. [21], [24]



Sele 4.5.9. Universaalne PIC mikrokontrollerite programmeerija

Mikrokontrolleri programmeerimiseks kirjutatakse vastavalt algoritmile programm. Antud kontrollerile on programm kirjutatud C-keeles lisas 3. Universaalse PIC programmeerija sele 4.5.9. kasutamiseks on tuleb programmi kood kompileerida programmeerija jaoks masinkoodi laiendiga HEX. C-keelest kompileerimiseks kasutatakse programmi nimega MikroC. Saadud masinkoodi HEX fail kirjutatakse universaalse programmeerijaga mikrokontrollerile. [13], [14]

KOKKUVÕTE

Käesolevas töös on arendatud välja traktori palgivintsi juhtimissüsteem. Vajadus antud süsteemi järgi on tekkinud töö autori praktilisest vajadusest kodus majapidamises metsahooldustöid teha.

Vintsi juhtimissüsteem lihtsustab oluliselt vintsi teostatavaid töid, tõstab efektiivsust ja kokkuvõtte on nii aja, tööjõu kui ka traktori kütusekulu arvelt.

Töö esimeses osas kirjeldatakse erinevaid turul pakutavaid sarnaseid tooteid ja proovitakse leida antud töö eeliseid konkureerivate toodete ees. Antud projektis leitakse ja dimensioneeritakse sobivad detailid. Vintsi juhtimiseks kasutusel 240mm pikkuse kolvikäiguga SMC MB seeria pneumosilinder, mida juhivad kaks VZ5000 seeria monostabiilset suunaventiili. Silinder sobitatakse vintsi külge Solid Edge kolmemõõtmelist mudelit kasutades.

Elektrisüsteem koosneb kolmest kiirkinnitatavast juhtpuldist, millest üks asub traktoris, teine asub vintsi küljes ja kolmas on raadioteel kaugjuhitav. Kõikidel pultidel on arusaadavuse mõttes samade funktsioonidega nupud. Erandina on traktoris oleval puldil võtmega selektorlülit, mille abil saab sisse-välja lülitada teisi juhtpulte vältimaks kõrvaliste isikute juhuslikke nupuvajutusi. Kõikidel pultidel on signaalmärguande nupp, mis erinevad signaali tooni poolest. Selline lahendus võimaldab kiiremini aru saada, kes signaali lasi ja aitab vähendada ohtusid, sest metsas töötades ei pruugi inimese kõne kostuda piisavalt kaugelt.

Lisaks ohutusnuppudele on vintsi ohutussüsteemiga ühendatud ka ohutuskontroller.

Ohutuskontroller on tehtud PIC 16f88 mikrokontrolleri baasil, mille eesmärk on täiendavalt jälgida vintsi tööd ja vintsi töö peatada, kui tekib vintsi töötamisel ohtlik olukord. Ohutuskontroller jälgib läbi kiirendusanduri traktori kallet, vältimaks võimalust traktor külili tõmmata. Vintsi siduri kaitseks kontrollitakse kahe halli anduri abil siduri libisemist. Liigse libisemise korral lülitatakse vintsi välja. Lisaks kontrollitakse suruõhu rõhku ja trossi olekut.

Töökäigus tutvuti põhiliste mehhatroonika valdkonda kuuluvate teemadega alustades mehaanikast lõpetades infotehnoloogiaga. Praktilisest seisukohast on kindlasti tegu vajaliku arendusega ning antud lahendust võiks praktiseerida ka teiste sarnaste palgivintside peal.

SUMMARY

The present work has been developed Control System for Tractor Logging Winch. The requirement for the system is generated by the author's practical need for forest maintenance work. Winch control system greatly simplifies the work, increases efficiency and saving on both time, labor and cost of tractor fuel expense.

The first part of the work describes a variety of similar products available on the market and try to find of the advantages of competing products. This project is considered suitable and match details. For Winch is used piston stroke 240mm SMC MB series pneumatic cylinder, which is controlled by two VZ5000 series monostabile air valve. The cylinder is fitted a winch attached to the Solid Edge using three- dimensional models .

Electrical system consists of three control panels, one of which is located on the tractor, the second is located on a winch and the third attached to a remote controlled. Remote control all functions of the buttons are the same in the all control panels. Except tractor remote panel with key selector, which can be switched controlpanels on or off to prevent unauthorized persons from accidental key presses. Each control panel is a signal, which are different in terms of the tone signal. This solution enables faster to figure out who had the signal and helps to reduce the risks, because working in the forest might be problems to be heard a human voice.

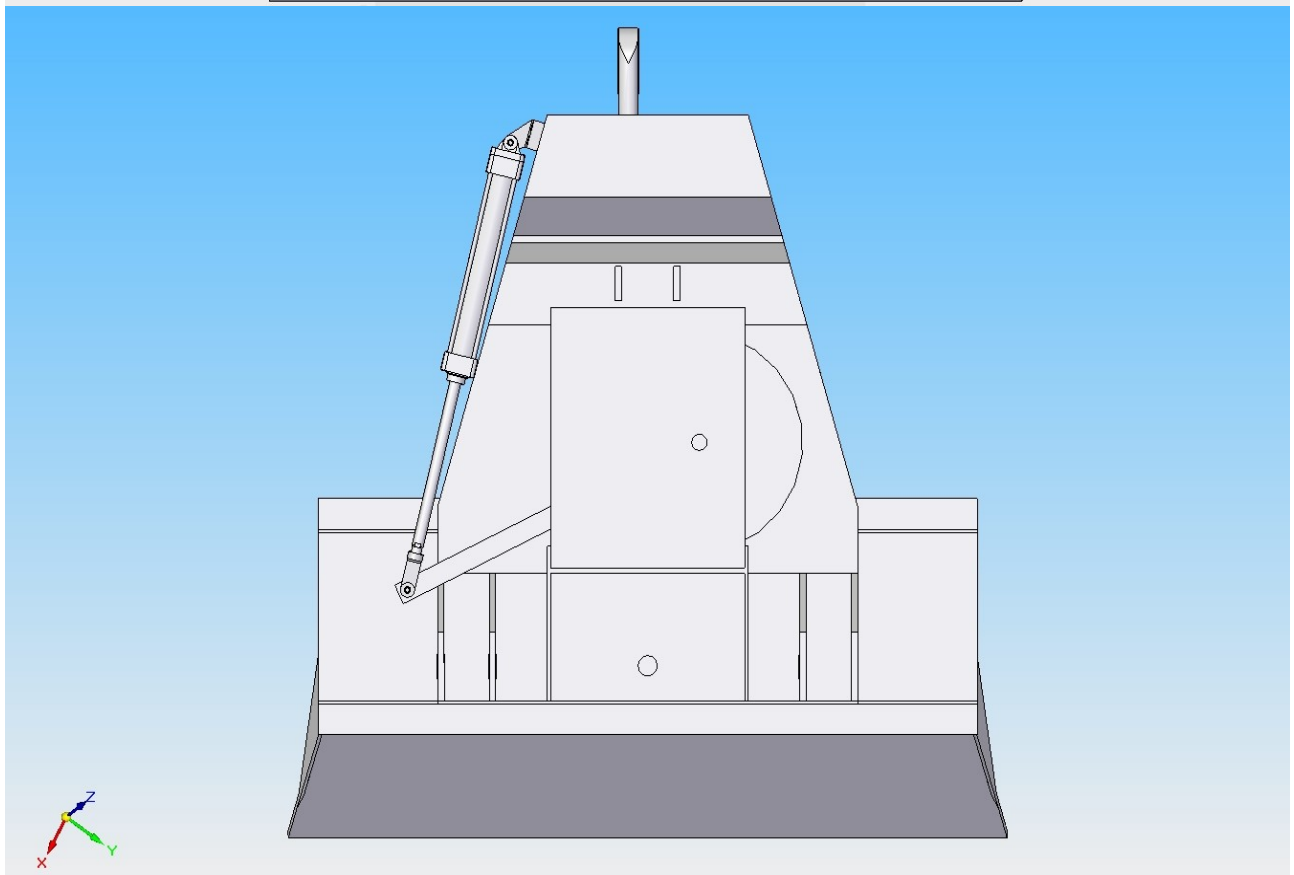
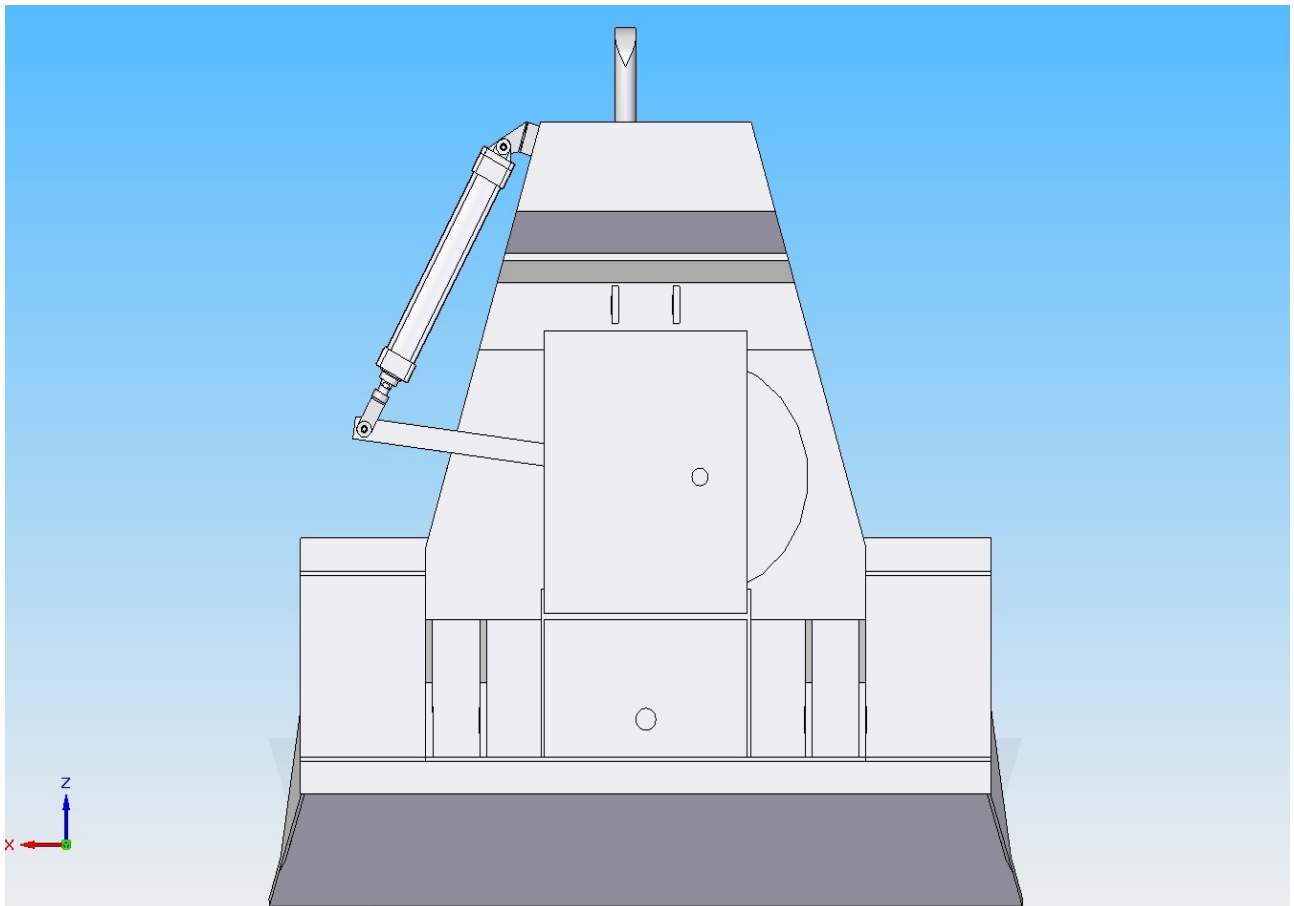
In addition, the safety button on the winch safety system is also connected to the safety controller . Safety Controller is made 16f88 PIC microcontroller based, which aims to further monitor the work of the winch and stop the work if there is a dangerous situation. Safety Controller monitors the tractor through the acceleration, to avoid the possibility of a tractor pull sideways. Winch clutch is checked by the two hall effect sensors to avoid clutch slipping. If there is excessive slipping then the winch is turned off. In addition is controlled the pressure of the compressed air and the status of the pulling cable. Work consists basic issues in the area of mechatronics, starting with the mechanics ending of infotechnology. From a practical point of view, it is certainly necessary for development, and the solution could practice with other similar winches.

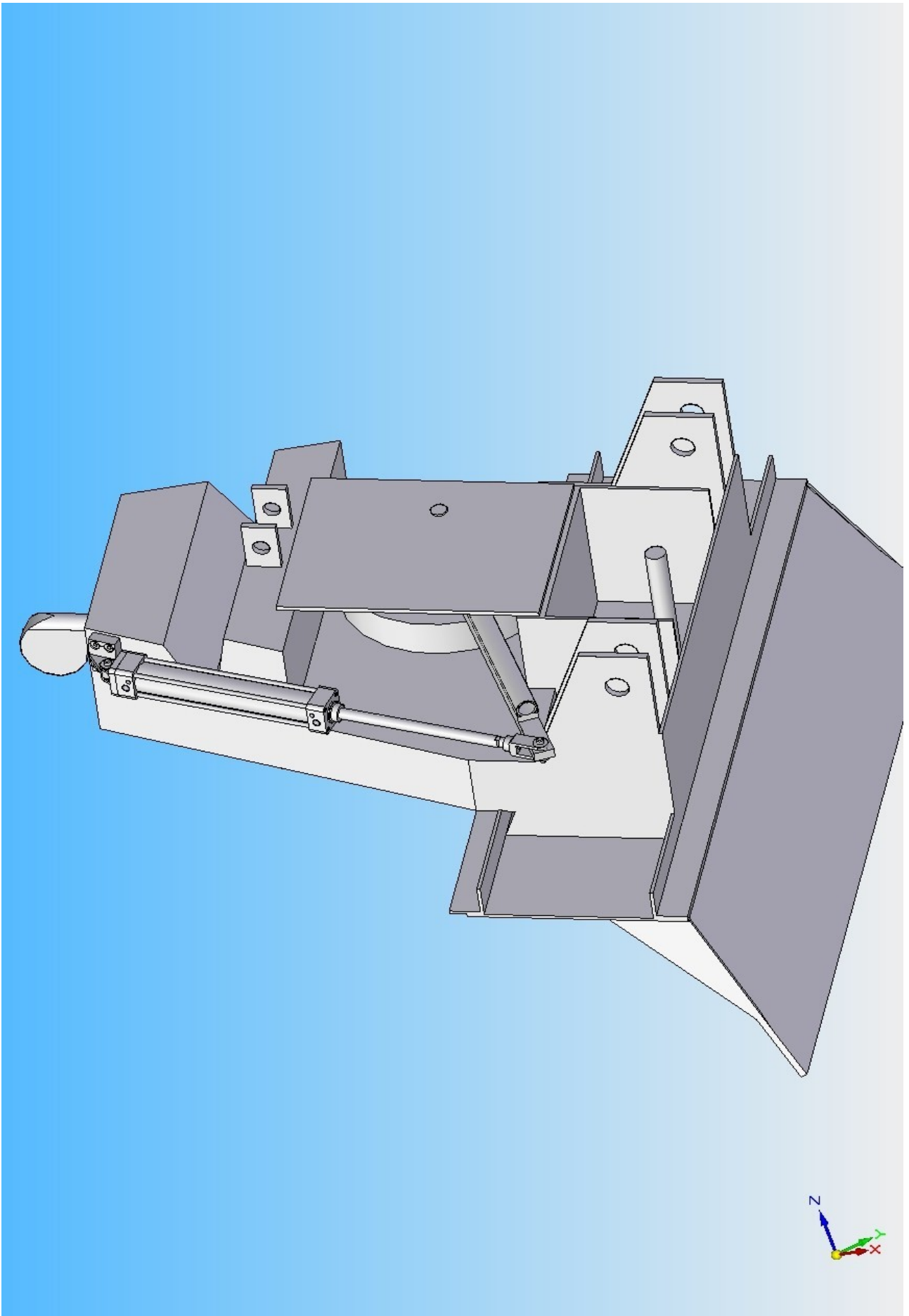
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] [WWW] <http://siimruz.wix.com/hevo#!news/photostackgallery0=65> (4.01.2014)
- [2] [WWW] <http://www.farmiwinch.com/newpage46.htm> (4.01.2014)
- [3] [WWW] [http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/01\)Solenoid_Valve/1.1\)4_5_Port_Solenoid_V/f\)VZ1000_3000_5000/VZ_EU.pdf](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/01)Solenoid_Valve/1.1)4_5_Port_Solenoid_V/f)VZ1000_3000_5000/VZ_EU.pdf) (04.01.2014)
- [3] [WWW] [http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/08\)Related_Products/8.2\)Technical_Data/a\)Technical_Data/T_DATA_EU.pdf](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/08)Related_Products/8.2)Technical_Data/a)Technical_Data/T_DATA_EU.pdf) (04.01.2014)
- [4][WWW][http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/05\)Standard_Air_Cylinder/5.1\)Standard_Air_Cylinder/h\)MB/MB_EU.pdf](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/05)Standard_Air_Cylinder/5.1)Standard_Air_Cylinder/h)MB/MB_EU.pdf)(4.01.2014)
- [5] [WWW] [http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/01\)Solenoid_Valve/1.1\)4_5_Port_Solenoid_V/f\)VZ1000_3000_5000/VZ_EU.pdf](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/01)Solenoid_Valve/1.1)4_5_Port_Solenoid_V/f)VZ1000_3000_5000/VZ_EU.pdf) (04.01.2014)
- [6] [WWW] <http://www.vishay.com/docs/86003/86003.pdf> (04.01.2014)
- [7] [WWW] <http://www.aliexpress.com/item-img/ABB-button-indicator-230VAC-LED-CL-523Y-yellow-indicator-lamp/615375280.html#> (04.01.2014)
- [7] [WWW] <http://www.abb.ee/product/ee/9AAC100140.aspx?country=EE> (04.01.2014)
- [8] [WWW] http://www.obohos.com/product_view.asp?ArticleID=33 (04.01.2014)
- [9] [WWW] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30487D.pdf> (04.01.2014)
- [10] [WWW] <http://www.lctech-inc.com/Hardware/Detail.aspx?id=bd0acad1-a36f-4885-8cb3-051ccde950e1> (04.01.2014)
- [11] [WWW] <http://www.fairchildsemi.com/ds/BC/BC337.pdf> (04.01.2014)
- [12] [WWW] <https://www.sparkfun.com/products/9652> (04.01.2014)
- [13] [WWW] http://www.ebay.com/itm/Easy-To-Use-USB-PIC-chip-PICKit3-programmer-ICSP-PICKit-3-Full-Pack-From-USA-2-/271261843858#ht_6449wt_1124 (04.01.2014)
- [13] [WWW] http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en538340 (04.01.2014)
- [14] [WWW] <http://www.mikroe.com/mikroc/pic/> (04.01.2014)

LISA 1

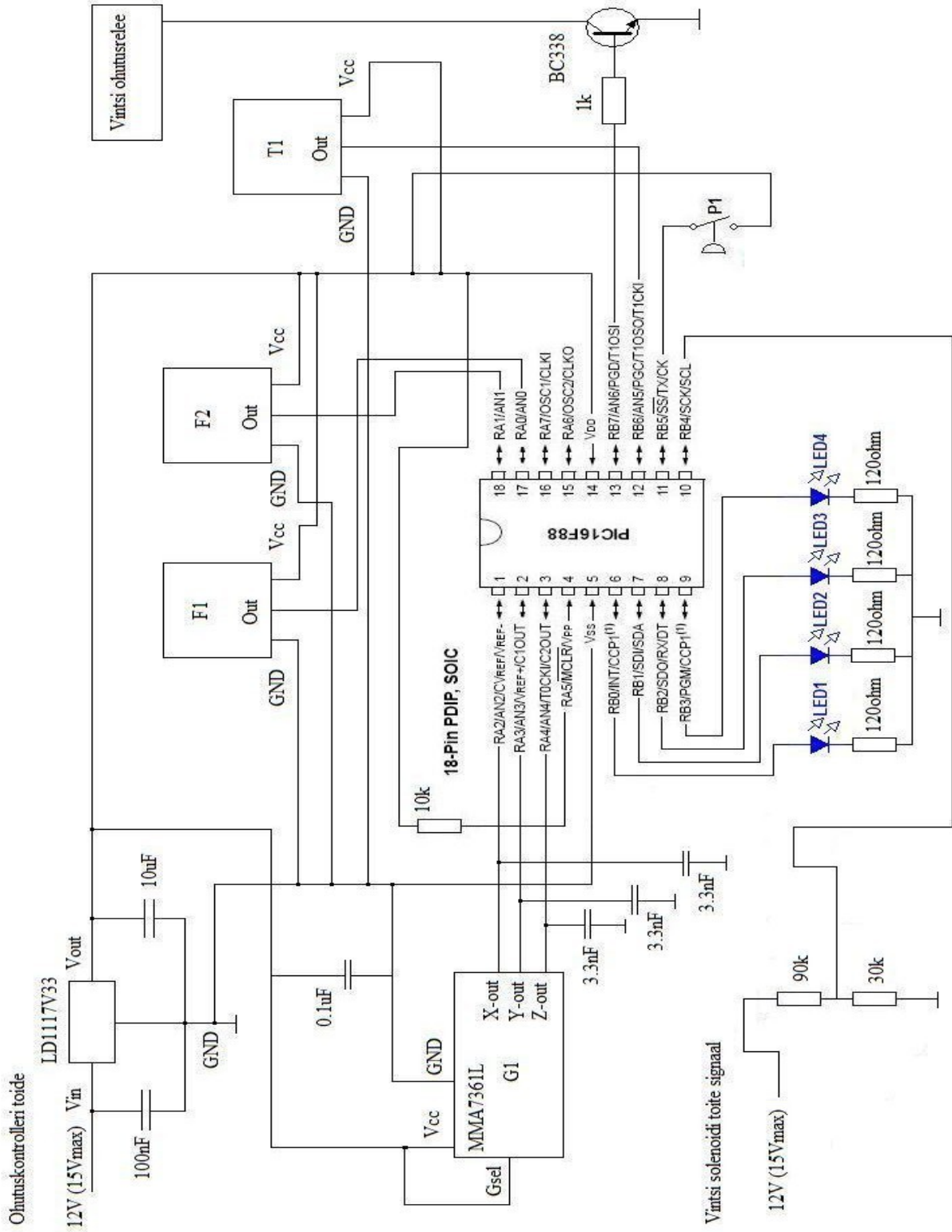
Vintsi kolmemõõtmelised illustatsioonid





LISA 2

Vintsi ohutuskontrolleri skeem



LISA 3

```
#define SetBit(var, bitnum) (var)|=(1<<(bitnum))
#define ClearBit(var, bitnum) (var)&=~(1<<(bitnum))
#define TestBit(var, bitnum) (var)&(1<<(bitnum))

/*
PIC16F88

RA0 - Halli anduri digitaalsisend (1 = magnet läheduses) (vedav ketas)
RA1 - Halli anduri digitaalsisend (1 = magnet läheduses) (vintsi ketas)
RA2 - Kasutuse analoogsisendina (A2) - Kiirendusandur X
RA3 - Kasutuse analoogsisendina (A3) - Kiirendusandur X
RA4 - Kasutuse analoogsisendina (A4) - Kiirendusandur X
RA5 - Kasutamata
RA6 - Kasutamata
RA7 - Kasutamata

RB0 - Veaindikaatori digitaalväljund (Surve puudub)
RB1 - Veaindikaatori digitaalväljund (Tross juba täielikult sees)
RB2 - Veaindikaatori digitaalväljund (Libiseb)
RB3 - Veaindikaatori digitaalväljund (Kalle liiga suur)
RB4 - Solenoidi digitaalsisend (1 = vints tõmbab)
RB5 - Õhusurve digitaalsisend (1 = surve olemas)
RB6 - Trossi lõpulüliti digitaalsisend (1 = tross on lõpuni sisse keritud)
RB7 - Turvarelee digitaalväljund (1 = relee aktiveeritud)

*/

const long PERIOD_MS = 2;
const long MAX_PERIOD = 100000000;
const long MAX_REL_KIIRUS = 2;
const long LIBISEMINE_MAX = 5000 / PERIOD_MS;
const float MAX_KALLE_SIN = 0.1156; // (sin(Max kalle))^2, 0.1156 = ca 20 kraadi
```

```
const long MAX_KALLE_AEG = 3000 / PERIOD_MS;
```

```
// Globaalsed muutujad
```

```
// Üldised
```

```
char onSolenoid = 0;
```

```
char onTross = 0;
```

```
char onSurve = 0;
```

```
char ohuolukorraKood = 0;
```

```
// Ketaste libisemine
```

```
char hall1 = 0;
```

```
char hall2 = 0;
```

```
char hall1Eelmine = 0;
```

```
char hall2Eelmine = 0;
```

```
long hall1Period = 0;
```

```
long hall2Period = 0;
```

```
long hall1UusPeriod = 0;
```

```
long hall2UusPeriod = 0;
```

```
long libisenud = 0;
```

```
// Kiirenduse andur
```

```
float kiirendusX = 0;
```

```
float kiirendusY = 0;
```

```
float kiirendusZ = 0;
```

```
float kiirendusSumma = 0;
```

```
float kalleSinA = 0;
```

```
float kalleSinB = 0;
```

```
long ohtlikuKaldeAeg = 0;
```

```
/*
```

```
Abifunktsioon Halli anduri näitutest ketaste kiiruste arvutamiseks ja
```

```
tuvastamiseks, kas toimub libisemine
```

```
*/
```

```

void UuendaKetasteKiirused(){
    // Salvestame eelmised väärtused ja loeme sisse uued
    hall1Eelmine = hall1;
    hall2Eelmine = hall2;
    hall1 = TestBit(PORTA, 0);
    hall2 = TestBit(PORTA, 1);

    if (hall1 && !hall1Eelmine) {
        // Kui andur oli varem deaktiveeritud ja nüüd on aktiveeritud,
        // siis teme, et ketas on teinud ühe täispöörde. Salvestame
        // eelmiseks pöördeks kulunud aja ja alustame uue aja lugemist.
        hall1Period = hall1UusPeriod;
        hall1UusPeriod = -1;
    }

    if (hall2 && !hall2Eelmine) {
        hall2Period = hall2UusPeriod;
        hall2UusPeriod = -1;
    }

    // Ketaste perioodi mõõtmise muutujad
    hall1UusPeriod++;
    hall2UusPeriod++;

    // Juhul kui ketaste suhteline kiirus erineb rohkem kui MAX_REL_KIIRUS,
    // siis kettad libisevad. Muutuja libesenud näitab kui kaua on kettad
    // libisenud.
    if (onSolenoid && (MAX_REL_KIIRUS * hall1Period < hall2Period ||
        MAX_REL_KIIRUS * hall2Period < hall1Period))
    {
        libisenud++;
    } else {
        libisenud = 0;
    }
}

```

```

// Et vältida muutujate ületäitumist on kõikide ajaloenduridel
// maksimaalne väärtus MAX_PERIOD. Kõiki aegu loendatakse PERIOD_MS
// ühikutes.
hall1UusPeriood = max(hall1UusPeriood, MAX_PERIOD);
hall2UusPeriood = max(hall2UusPeriood, MAX_PERIOD);
libisenud = max(libisenud, MAX_PERIOD);
}

void UuendaKiirenduseAndur(){
    // Kiirendusandur https://www.sparkfun.com/products/9652
    // Loeb kiirendusanduri väljundi pingete väärtused
    kiirendusX = (float)ADC_Read(2) * 3.3 / 1024.0 - 1.65;
    kiirendusY = (float)ADC_Read(3) * 3.3 / 1024.0 - 1.65;
    kiirendusZ = (float)ADC_Read(4) * 3.3 / 1024.0 - 1.65;

    // Leiab traktori kalde nurkade siinuste ruudud
    kiirendusSumma = kiirendusX * kiirendusX + kiirendusY * kiirendusY +
        + kiirendusZ * kiirendusZ;
    kalleSinA = abs(kiirendusX * kiirendusX / kiirendusSumma);
    kalleSinB = abs(kiirendusY * kiirendusY / kiirendusSumma);

    // Kui kalle on maksimaalsest suurem, siis hakkab lugema
    // ohtliku kalde aega
    if (max(kalleSinA, kalleSinB) > MAX_KALLE_SIN){
        ohtlikuKaldeAeg++;
    } else {
        ohtlikuKaldeAeg = 0;
    }
    ohtlikuKaldeAeg = max(ohtlikuKaldeAeg, MAX_PERIOD);
}

/*

```

Abifunktsioon andmete uuendamiseks

Kutsutakse välja iga programmi töötsükli alguses

*/

```
void UuendaAndmed() {
    onSolenoid = TestBit(PORTB, 4);    // Solenoidi andur
    onSurve = TestBit(PORTB, 5);      // Surve lüliti
    onTross = TestBit(PORTB, 6);      // Trossi lõpu andur
    UuendaKetasteKiirused();
    UuendaKiirenduseAndur();
}

char OnOhuolukord() {
    if (onSolenoid && !onSurve) {
        // Vintsil puudub õhusurve
        return 1;
    }

    if (onSolenoid && onTross) {
        // Tross on täielikult sees, ei saa rohkem kerida
        return 2;
    }

    if (onSolenoid && libisenud > LIBISEMINE_MAX) {
        // Vints on järjest libisenud kauem kui LIBISEMINE_MAX * PERIOD_MS
        return 3;
    }

    if (onSolenoid && ohtlikuKaldeAeg > MAX_KALLE_AEG) {
        // Traktor on olnud järjest MAX_KALLE_AEG * PERIOD_MS suurema kalde
        // all kui ruutjuur(arcsin(MAX_KALLE_SIN))
        return 4;
    }

    // Ohuolukorda pole
```

```

    return 0;
}

// Abifunktsioon, deaktiveerib turverelee
void LubaVints(){
    // Deaktiveerib turvarelee
    ClearBit(PORTB, 4);

    // Deaktiveerib veaindikaatorid
    ClearBit(PORTB, 0);
    ClearBit(PORTB, 1);
    ClearBit(PORTB, 2);
    ClearBit(PORTB, 3);
}

// Abifunktsioon, aktiveerib turvarelee ja aktiveerib vastava veaindikaatori
void SeiskaVints(char ohuolukorraKood){
    // Aktiveeri turvarelee
    SetBit(PORTB, 4);

    // Kuva veaindikaator
    ClearBit(PORTB, 0);
    ClearBit(PORTB, 1);
    ClearBit(PORTB, 2);
    ClearBit(PORTB, 3);

    if (ohuolukorraKood == 1){
        SetBit(PORTB, 0);
    } else if (ohuolukorraKood == 2){
        SetBit(PORTB, 1);
    } else if (ohuolukorraKood == 3){
        SetBit(PORTB, 2);
    } else if (ohuolukorraKood == 4){
        SetBit(PORTB, 3);
    }
}

```

```

    }
}

// Abifunktsioon, tegutseb vastavalt ohuolukorra koodile (vt funktsioon OnOhuolukord)
void Tegutse(char ohuolukorraKood){
    if (ohuolukorraKood == 0){
        // Ohuolukorda pole
        LubaVints();
    } else {
        // Ohuolukord
        SeiskaVints(ohuolukorraKood);
    }
}
}
/*
Peafunktsioon
Kutsutakse välja mikroprotsessori käivitamisel
*/
void main() {
    // Mikroprotsessori sisendite/väljundite seadistamine
    TRISA = 0xFF;    // RA0 - RA7 on sisendid (0x tähistab 16ndik süsteemi, F võrdub
kahendkoodis 1111)
    TRISB = 0x38;    // RB0 - RB2 ja RB7 on väljundid, RB4 - RB6 on sisendid
    ANSEL = 0x1C;    // analoogsisendid 2, 3, 4 on aktiveeritud (kiirendusandur)
    // ADC Library algseadistamine (lihtsustab analoogsisendite kasutamist)
    ADC_Init();
    // Programmi lõpmatu töötsükkel
    while (1){
        UuendaAndmed();
        ohuolukorraKood = OnOhuolukord();
        Tegutse(ohuolukorraKood);

        Delay_ms(PERIOD_MS); // Vintsi ketaste kiirus << 25 pööret sekundis
    }
}

```