ViMeLa DISAIN labori juhised

MEESKOND

Dorota Kamińska, Anna Firych-Nowacka,
Marcin Lefik, Grzegorz Zwoliński,
Tomasz Sapiński, Kamil Chruściński,
Sławomir Wiak, Goga Cvetkovski,
Lidija Petkovska, Maja Celeska,
Mihail Digalovski, Maria Evelina Mognaschi,
Paolo Di Barba, Najmeh Rezaei,
Rain Eric Haamer, Toomas Tikk,
Gholamreza Anbarjafari

Kaasrahastatud
Euroopa liidu Erasmus+
programmi poolt

Koordinaator:
POLITECHNIKA LODZKA
Partnerid:
Ss. CYRIL AND METHODIUS UNIVERSITY IN SKOPJE
TARTU ULIKOOL
UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PAVIA

www.vimela.p.lodz.pl

2017-2019

Dorota Kamińska, Anna Firych-Nowacka, Marcin Lefik, Grzegorz Zwoliński, Tomasz Sapiński, Kamil Chruściński, Sławomir Wiak

Goga Cvetkovski, Lidija Petkovska, Maja Celeska, Mihail Digalovski

Maria Evelina Mognaschi, Paolo Di Barba, Najmeh Rezaei

Rain Eric Haamer, Toomas Tikk, Gholamreza Anbarjafari

Seda väljaannet on kaasrahastanud Euroopa Liidu programm Erasmus + (Strateegiline partnerlus, ViMeLa, 2017-1-PL01-KA203-038675).
See väljaanne kajastab ainult autorite ja riikliku agentuuri seisukohti ning Euroopa Komisjon ei vastuta selles sisalduva teabe võimaliku kasutamise eest.

BY NC SA

SISUKORD

SISUKORD 3
1. SISSEJUHATUS 5
1.1. Sissejuhatus 5
1.2. Mehhatroonika õppimine 6
1.3. Virtuaalne vs pärismaailm 7
1.4. ViMeLa projekt 8
2. 1. STSENAARIUM - ELEKTRIMOOTORITE EHITUS - JA TÖÖPÕHIMÕTTED 10
2.1. Sissejuhatus elektrimasinatesse 10
2.1.1. Induktsioonimootor (IM) 11
2.1.2. Sünkroonmasinad (SM) 12
2.1.3. Alalisvoolu masinad (DCM) 18
2.2. Elektrimasinate virtuaalne kokkupanek 20
2.2.1. Sünkroonsed püsimootorid (PMSM) 27
2.2.2. Induktsioonimootor (IM) 28
2.2.3. Lülitatav tagasikäigu mootor (SRM) 29
2.2.4. Haava staatori alalisvoolu kommutaatori mootor (WSDCCM) . 30
2.2.5. Püsimagnet alalisvoolumootor (PMDC) 31
2.2.6. Püsimagnetigeneraator (PMG) 32
2.3. Elektrimasinate tööpõhimõtted 33
3. Scenario 2 -CONSTRUCTION AND OPERATING PRINCIPLES of Electric Motors 35
3.1 FBD (Function Block Diagram) keel 35
3.2 FBD keele põhiplokid 36
3.3 Standardsed funktsionaalsed plokid 38
3.4 Construction and Operating Principles of Controllers 43
3.5 VR-programmi kirjeldus 44
4.1. Stsenaariumi eesmärk 47
STSENAARIUM 3 - SORTEERIMIS LIIN LINDIGA 47
4.2. Sissejuhatus 47
4.3. Sorteerimisliini virtuaalne kokkupanek 49

4.4. Mahtuvuslik andur 50
4.5. Induktiivne andur 51
4.6. Elektromagnetiline ajam 53
4.7. Sorteerimisliini käitamine 54
Lisa A - HTC VIVE: KASUTUSJUHEND 55
Sissejuhatus 55
Kontrollerid 55
Aktiveerimine 56
Olekutuli 56
Kasutamine 56
Tugijaamad 57
Paigaldamine 57
Aktiveerimine 58
Olekutuli 58
Peakomplekti 58
Objektiivi reguleerimine 58
Näolapi puhastamine 59
Objektiivide puhastamine 59
Olekutuli 60
Lingikast 60
SteamVR üles Seadistamine 61

1. Sissejuhatus

1.1. Sissejuhatus

21. sajandil on kõrgharidus raamatutest ja pliiatsitest liikunud interaktiivsete tehnoloogiate kasutamiseni, et aidata õpilastel teadmisi mõista ja neid edasi anda. Tänapäeval ei suuda traditsioonilised haridus- ja õpetamismeetodid, kuigi märkimisväärselt täiustatud õpetamismeetodid, hoida Interneti, mobiilide ja tahvelarvutite abil üles kasvanud õpilaste huvi piisavalt. Nende probleemide suhtes on eriti tundlikud inseneriteaduse ja eriti mehhatroonika erialade üliõpilased.

Kaasaegsed infotehnoloogia vahendeid võetakse mehhatroonikainseneriõppes kiiresti kasutusele õpilaste praktiliste kogemuste rikastamiseks. Praktiline koolitus on mehhatroonikainseneri hariduse oluline osa. Laboratoorsete katsete (hariduslikel eesmärkidel) rakendamiseks kuluv kõrge hind tõi kaasa virtuaalsete rajatiste väljatöötamise, kus füüsilisi süsteeme saab virtuaalse reaalsuse (VR) simulatsioonide abil virtuaalselt juhtida.

Multimeedia- ja VR-tehnoloogiad pakuvad suurt potentsiaali teooria ja laboratoorsete katsete tutvustamiseks täiustaval ja huvitaval, kuid siiski säästlikul viisil.

Õpilased saavad visualiseerida abstraktseid kontseptsioone, jälgida sündmusi mikro- või makromõõtmetes, külastada erinevaid keskkondi ning suhelda sündmuste ja seadmetega, mis tavaliselt koha, aja või ohutuse tõttu puuduvad. VR laboratoorsed simulatsioonid pakuvad interaktiivset kogemust. Kasutajad saavad liikuda keskkonnas vabalt, suhelda objektidega, teha katseid ning teha otsuseid ja vigu, kuni nad on selle teema omandanud.

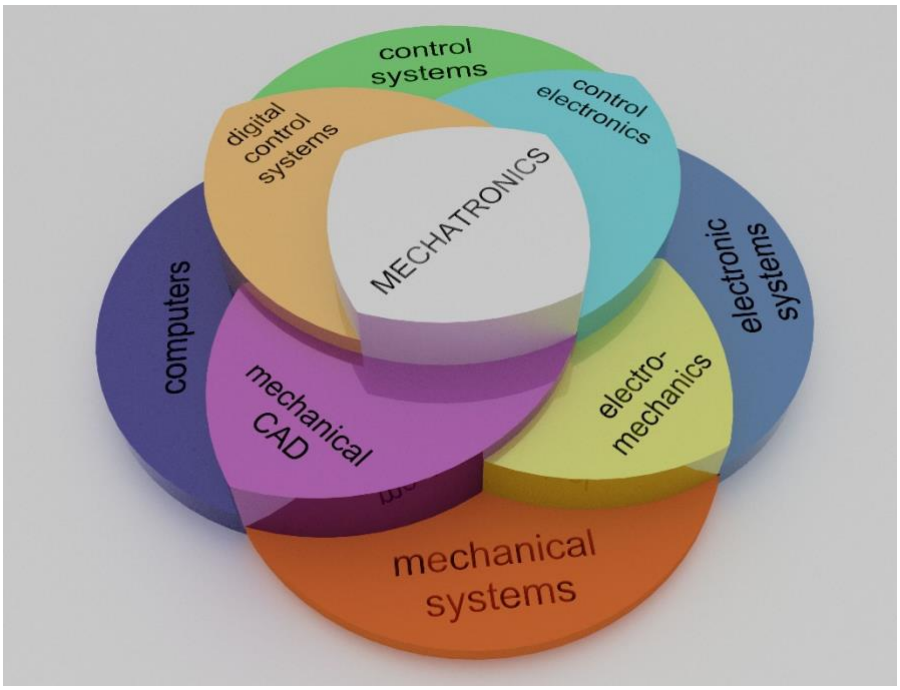
1.2. Mehhatroonika õppimine

Mehhatroonika on joonisel 1.1 näidatud mehaaniliste, elektriliste ja arvutisüsteemide sünergia ja koostoime. Seega on see masinaehituse, elektroonilise juhtimise ja arvutitehnoloogia interaktiivne kombinatsioon, mille eesmärk on saavutada ideaalne tasakaal mehaanilise struktuuri ning selle üldise juhtimise ja jõudluse vahel. Mehhatroonika alamsüsteemideks on elektromehaanika, robootika ja juhtimisseadmed.

Mehhatroonilise inseneri multidistsiplinaarsed mõisted nõuavad kõrgharidust, mis annab sobiva tasakaalu teadus - ja arendustegevuse võimekuse, samuti kvalifitseeritud inseneride koolitatud disain, tootmine, rakendamise ja teenuste osutamise oma ametialastes valdkondades.

Praegu jagunevad mehhatroonika tunnid kaheks osaks: teoreetilised loengud ja praktilised laborikursused koos katsetega, mis järgivad mudelit " õppimine tehes ".

1. Praktilisi laboratoorseid töid, kuigi üliõpilased saavad piiratud juurdepääsu masinatele, annab sügavama arusaama teoreetiline õppetunde. Kuid kalleid seadmeid ja piiratud aja koolituse ei anna piisavalt haridusplatvormide. Lisaks sellele, kuna iga laborit juhendavad tehnilised töötajad ning et õpilased jagunevad väikestesse rühmadesse, on igat tüüpi treeningute jaoks piiratud aeg.
2. Mõnel juhul viivad õpilased läbi simulatsioonidel põhinevaid harjutusi ja õpivad, kuidas mehhatroonilised süsteemid ja seadmed tegelikult töötavad, hoolimata sellest, et see võib õpilastele tunduda abstraktne ja ebaselge ning ei kajasta täielikult konkreetsete protsesside füüsilisi nähtusi.



Joonis 1.1. Mehhatroonika struktuur ja põhielemendid

Kirjeldatud puudused on mehhatroonika tundides paranenud, kui klassiruumis õpetamise toetab VR tehnoloogia ja VR tööriistad. Nendes lahendustes asuvad virtuaalsed laborid ja pakuvad interaktiivset elamust. Kõige olulisem tulemus on see, et õpilastel on lihtne õppida abstraktseid mõisteid, kuna nad saavad neid virtuaalses keskkonnas kogeda ja visualiseerida.

1.3. Virtuaalne vs pärismaailm

Virtuaalne reaalsus võib selle puhtalt määratledes pakkuda õpilastele kogemusi ja interaktsioone, mis pole kas „reaalses maailmas" praktilised või pole võimalikud.

Virtuaalne reaalsus on erinevates vormides eksisteerinud juba 1960. aastatel, kui töötati välja esimesed digitaalsed lennusimulaatorid. Tehnoloogia arenedes sai " virtuaalne reaalsus " fraasiks, mis tähistab seadmeid, mis loovad visuaalse realismiga ümbritseva interaktiivse keskkonna. Desktop VR tekkis 2000. aastate alguses, kuna personaalarvutid muutusid 3D-virtuaalsete maailmade simuleerimiseks ja renderdamiseks piisavalt võimsaks.

Tegelikult on virtuaalreaalsuse simulatsioon 3D-objektide ja -keskkondade kasutamine ümbritsevate ja kaasahaaravate õpikogemuste loomiseks. Virtuaalse reaalsuse e-õppe põhimõte on kasutaja teadmiste levitamine, harjutamine ja kontrollimine interaktiivsete stsenaariumide ja keskkondade abil, et kajastada

tegelikke olukordi. 3D-tehnoloogia abil, mida nimetatakse reaalmaailma keskkondadeks, luuakse mis tahes keskkond või olukord. Seega pakub virtuaalreaalsuse simulatsioon tõeliselt interaktiivset keskkonda ja kogemusi. Õpilased saavad liikuda keskkonnas vabalt, suhelda objektidega, teha katseid ning teha otsuseid ja vigu, kuni nad on aine valdanud.

1.4. ViMeLa projekt

Vi rtual Me chatronic La boratory - ViMeLa uuenduslik vahend mehhatroonika õpetamiseks ja õppimiseks. Kontseptsioon põhineb segaõppe meetodil, milles kasutatakse teooriaklasse ja virtuaalset reaalsust - eksperimentatsioonivahendina VR. Segaõpe on siin hübriidmeetod, mis ühendab digitaalse meediumi (VR kaudu) traditsiooniliste klassiruumi meetoditega ja on mehhatroonika õppimine tõhusam kui puhtalt näost näkku. Võimalus virtuaalset maailma hõlpsalt muuta avab uusi võimalusi seadmete testimisel ja nendega töötamisel, ilma et oleks vaja kalleid füüsilisi proove.

> "Tell me and I forget. Teach me and I remember.
> Involve me and I learn."
>
> (as per Benjamin Franklin)

Projekti osad on kolm stsenaariumi:

1. Elektrimootorite ehitus, tööpõhimõtted ja jõudlus;
2. Pneumaatiliste komponentidega sorteerimisliin;
3. Vööga jäätmete sorteerimisliin.

Kavandatud kontseptsiooni uuendus seisneb originaalse ja uudse VR-tehnoloogial põhineva mehhatroonilise õppesüsteemi väljatöötamises. See on välja töötatud ja loonud interaktiivse arvutikeskkonna - tehase, nagu on näha jooniselt 1.2, kus kolme stsenaariumi jaoks on paigutatud eraldi tööruumid. Õpilane saab jälgida, sisestada ja liikuda läbi võimaluse dünaamilisteks muutusteks stsenaariumi vahel.

Joonis 1.2. ViMeLa projekti raames VR-i abil loodud tehase saal

"Ainus teadmiste allikas on kogemus"

(vastavalt Albert Einsteinile)

2. 1. STSENAARIUM - ELEKTRIMOOTORITE EHITUS - JA TÖÖPÕHIMÕTTED

2.1. Sissejuhatus elektrimasinatesse

VR-rakendus selle osa eesmärk on tutvustada kasutajale elektrimootoreid, nende põhiosasid ja ehitust ning tööpõhimõtteid. Seetõttu valmistatakse VR-keskkonnas kuue autentse elektrimasina 3D-mudelid. Stsenaarium koosnes kahest osast. Harjutuse esimene osa võimaldab õpilastel õppida valitud tüüpi elektrimasinate põhiosasid ja omandada oskused elektrimasinate virtuaalseks kokkupanekuks ja demonteerimiseks seoses nende peamiste osade (st staatori südamik, rootor) õige valimisega südamik, püsimagnetid, mähised, laagrid, võllid, korpused jne). Simulatsioonimoodul on mõeldud mehhatroonilistes süsteemides kasutatavate masinate põhimõtete tutvustamiseks. Stsenaariumi teises osas võimaldab püsimagnetitega sünkroonmootori virtuaalne mudel õpilastel analüüsida toitetingimuste (st pinge ja sageduse väärtused, impulsi sagedus) mõju jõudlusele ja selle tööomadustele.

2.1.1. Induktsioonimootor (IM)

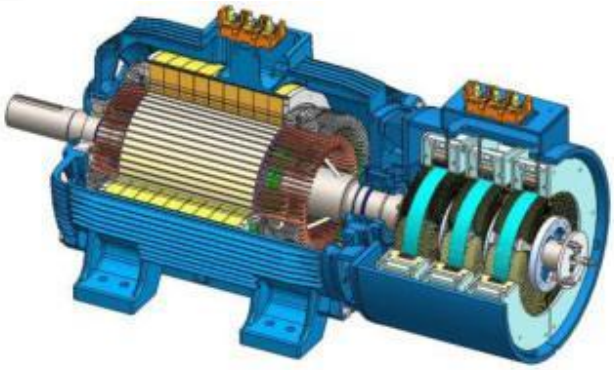
Induktsioonimasin on seade, milles vahelduvvoolud suunatakse otse staatori mähistele ja trafo toimel (induktsioon) rootorile. Elektrivoolu staatorist rootorisse seostatakse sageduse muutumisega ja väljundiks on mootori võlliga ühendatud koormusele kantav mehaaniline võimsus. Induktsioonimootor on elektrienergia tööstuslikus ja ärilises kasutuses kõige laialdasemalt kasutatav mootor. Induktsioonimootorite populaarsuse põhjusteks on lihtsus, töökindlus ja madalad kulud koos mõistliku ülekoormusvõime, minimaalsete hooldusnõuete ja hea kasuteguriga. Induktsioonimootori rootor võib olla ühte tüüpi kahte tüüpi. Haava rootori mootoris kasutatakse jaotatud mähiseid klemmidega, mis on ühendatud mootori võlli külge kinnitatud isoleeritud libisemisrõngastega (joonis 1.3). Teist tüüpi nimetatakse oravapuurrootoriks (joonis 1.4), kus mähised on lihtsalt rootori sisse põimitud juhtlatidest, mis on mõlemas otsas lühisühendusega otsrõngaste abil. Rootori klemmid on seega oravapuuri konstruktsioonis ligipääsmatud, seevastu haavarootori ehitamiseks tehakse rootori klemmid kättesaadavaks libisemisrõngaid kandvate söeharjade kaudu. Kolmefaasilise induktsioonimootori staator kannab kolme mähisekomplekti, mis on ruumis nihutatud 120 kraadi võrra, et moodustada kolmefaasiline mähiste komplekt. Kolmefaasilise pinge rakendamine staatori mähisele annab pöörleva magnetvälja ilmumise. On selge, et rootori indutseeritud voolud (tänu pöörlevale väljale) interakteeruvad väljaga, et tekitada pöördemoment, mis pöörleb rootorit pöörleva välja suunas.

Iga IE põhiosad on:

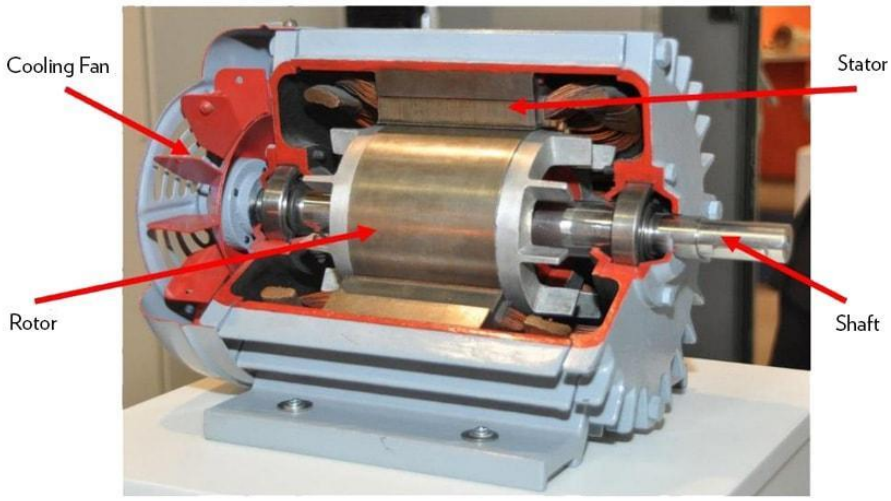
- Staatori pilus magnetiline südamik.
- Staatori elektrimähis.
- Rootoril on magnetiline südamik.
- Rootori elektrimähis.
- Rootori võll.
- Laagritega staatori raam.
- Jahutussüsteem.
- Eluase.

Induktsioonimasinaid võib liigitada mitmel viisil. Siin on mõned neist:

- Pöörd- või lineaarliikumisega.
- kolmefaasiline, ühefaasiline või mitmefaasiline toide.
- Haava- või puurrootoriga.



Joonis 1.3.
Induktsioonmootor koos haavarootoriga



Joonis 1.4.
Induktsioonmootor koos orava puurrootoriga

2.1.2. Sünkroonmasinad (SM)

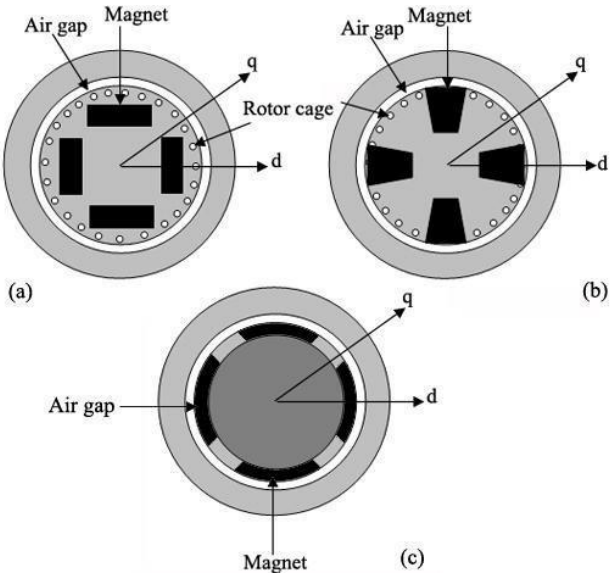
Sünkroonmootor on masin, mis muudab elektrienergia mehaaniliseks toiteks või vastupidi, kui mehaaniline muundab see elektrienergiaks, on see generaator. See tähendab, et sünkroonne masinad on Rever sib le elektrimasinad. See kehtib ka kõigi muude pöörlevate elektrimasinate, näiteks induktsioonimasinate ja alalisvoolu masinate kohta. Vahelduva kiirusega normaalse töö on täpselt võrdeline sagedusega süsteemis, millega ta on ühendatud. Kui pole teisiti öeldud, on üldiselt arusaadav, et sünkroonmootoril on alalisvoolust erutuvad väljapoolused. Mõnes uues topoloogias asendatakse ergutusmähis püsimagnetitega ja siis saab masin püsimagnetitega sünkroonmasinaks. Viimastel aastatel on elektrimasinate tootjad kaldunud tootma sünkroongeneraatoreid püsimagneteid, mida kasutatakse peamiselt tuuleenergia generaatoritena.

Sünkroonmootor on ehitatud ühe vahelduvvoolu polüfaasjaotusega mähiste komplektiga, milleks on armatuur, mis tavaliselt asub staatoril

ja on ühendatud vahelduvvoolu toitesüsteemiga. Vastupidise elemendi, tavaliselt rootori konfiguratsioon määrab sünkroonmootori tüübi. Valitsevaks tööstuslikuks tüübiks on alalisvoolu ergastatud väljalülitatud mähisega mootorid vaikse poolusega või ümmargustel rootoritel, võimsusega 150 kW kuni 75 MW ja rohkem. Harjadeta sünkroonmootoris juhitakse ergutust (väljavoolu) vahelduvvoolu ergutist võlli külge kinnitatud alaldite kaudu. Sünkroonmootori libisemisrõngas tarnitakse ergastus võllile paigaldatavast ergutist või eraldi alalisvooluallikast. Alla 4 kW võimsusega sünkroon-induktsioonimootorid, mida tavaliselt tarnitakse reguleeritava kiirusega ajammuunduritest, on konstrueeritud erineva vastumeelsusega üle õhuvahe otsesel ja kvadratuurteljel, et tekitada vastumoment ja neid nimetatakse vastumeelsusmootoriteks. Mootoritel puudub sünkroonseks tööks ergutusallikas. Sünkroonmootoreid, mis kasutavad alalismagnetvälja ergastust ja mida juhib alalisvooluallikast pärit transistormuundur, nimetatakse harjadeta alalisvoolumootoriteks ja kui neid varustatakse kolmefaasilise toitega, siis nimetatakse neid püsimagnetitega sünkroonmootoriteks.

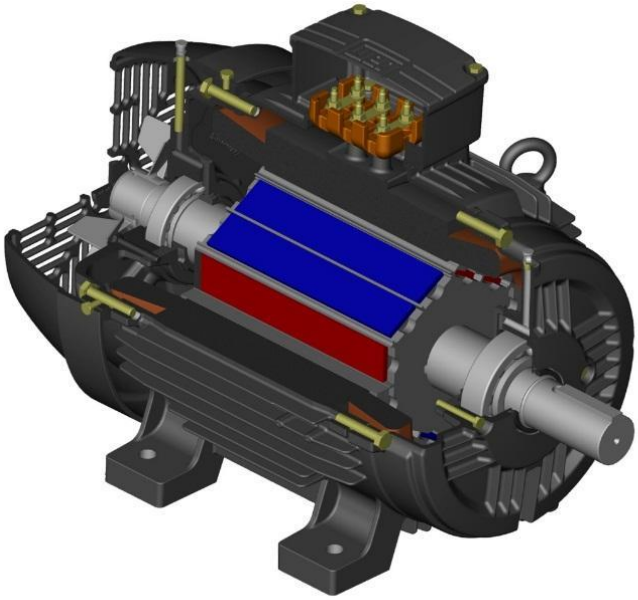
Selles jaotises tutvustatakse püsimagnetmootorite ja vastumeelsusmootorite projektihindamist, kuna seda tüüpi masinad kuuluvad stsenaariumi 1 montaažiosasse. See on korraldatud järgmisel viisil. Püsimagnetite kolm peamist geomeetrilist paigutust (joonis 1.5) tavapäraste staatoritega püsimagnetite jaoks on:

1. Pinnale paigaldatavad magnetid.
2. Sisemised püsimagnetid.
3. Maetud püsimagnetid.



Joonis 1.5. Püsimagneti paigutus sünkroonmasinate PM rootoril
a) sisemagnetid,
b) maetud magnetid,
c) pinnale kinnitatavad magnetid

Joonisel 1.6 on näidatud rootori pinnale kinnitatud magnetidega ja muidu tavapärase staatori mähisega mootori põhiline magnetiline morfoloogia. See visand ei näita masina mõningaid olulisi mehaanilisi aspekte, näiteks püsimagnetite rootori külge kinnitamise vahendeid ja seetõttu tuleks vaadata üldist laadi. Lisaks ei ole see visand ja muud järgitavad visandid tingimata sellises mahus, et tulemuseks oleks töökorras masinad.



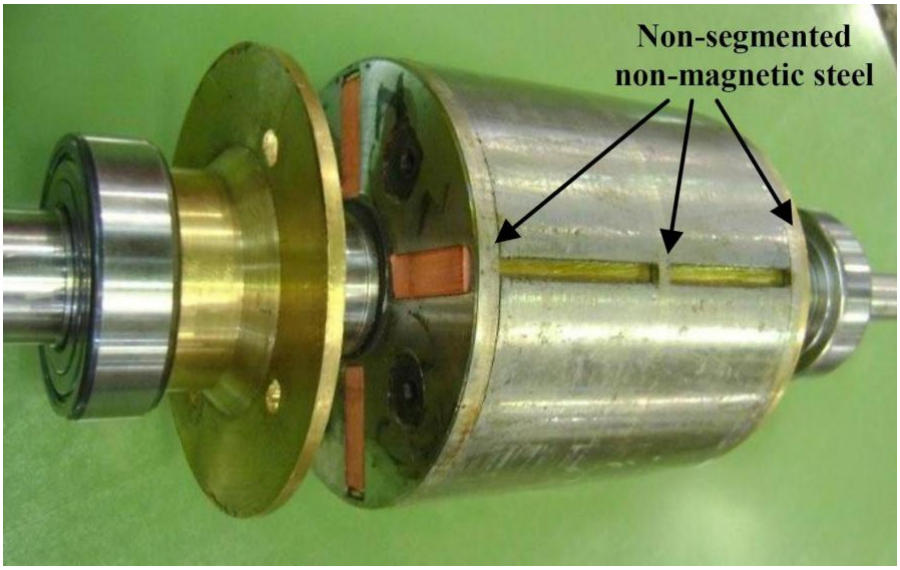
Joonis 1.6. Püsimagnetitega sünkroonmasin pinnale paigaldatavate püsimagnetitega (2 magnetiga pooluse kohta)

Joonisel on kujutatud kuuepooluselise (p = 3) masina teljelõige. Kuus magneti on paigaldatud ferromagnetilisest materjalist silindrilise rootori südamikule või otse võllile (väikeste mootorite jaoks). Tavaliselt oleks see lihtsalt terasvõll. Mõnes rakenduses võidakse magnetid lihtsalt terase külge siduda. Rakenduste jaoks, kus liimühendus ei ole rahuldav (nt kiirete masinate jaoks), on vaja rootoriribasid või kinnitusrõngaid.

Selle masina staatori mähis on „tavapärane”, väga sarnaselt induktsioonimootoriga, mis koosneb juhtmetest, mis asuvad staatori südamiku pinna piludes. Staatori tuum ise on valmistatud lamineeritud ferromagnetilisest materjalist (tavaliselt räni rauast lehed). Nende lehtede iseloom ja paksus määratakse kindlaks töösageduse ja tõhususe nõuetega. Need peavad kandma vahelduvaid magnetvälju, nii et pöörisvoolu kadude vähendamiseks tuleb need lamineerida. Seda tüüpi masin on ehituses lihtne. Pange tähele, et töötav magnetvoo tihedus õhupilves on peaaegu sama kui magnetides, nii et sellisel masinal ei saa õhupilu voo tihedus olla suurem kui magnetite püsivoolvoo tihedusel. Kui kasutatakse odavaid ferriitmagneteid, tähendab see suhteliselt madalat induktsiooni ja sellest tulenevalt

suhteliselt madalat efektiivsust ja võimsustihedust. Hoiduge siiski sellest, et tänapäevaste ja suure jõudlusega püsimagnetiliste materjalide korral, mille püsivoo tihedused võivad olla suurusjärgus 1,2 T, võivad õhupilu töövoo tihedused olla suurusjärgus 1 T. Kui pilude struktuur on ette nähtud armatuurvool, see võib niikuinii olla õhuvahe voo tiheduse praktiline piir. Samuti on oluline märkida, et selle kujunduse magnetid asuvad tõepoolest masina "õhupilus" ja seetõttu puutuvad nad kokku kõigi staatori mähise rahaturufondide aja- ja ruumiharmoonilistega. Kuna mõnel püsimagnetil on elektrijuhtivus (eriti suurema jõudlusega magnetidel), kipuvad kõik asünkroonsed väljad tekitama pöörisvoolu ja sellest tulenevaid kadusid magnetites.

Joonis 1.7. Püsimagnetitega sünkroonmasin sisemiste püsimagnetitega



Joonis 1.8. Püsimagnetitega sünkroonmasin maetud püsimagnetitega

Sisemiste ja maetud magnetide kujundus on välja töötatud pinnapealsete mootorite ilmsete või tegelike puuduste korvamiseks:

- Voolukontsentreeruvad kujundused võimaldavad õhuvahe voo tihedust olla suuremad kui magnetite voo tihedus.
- Sisemagneti kujunduses on magnetid teatud määral varjestatud poltide poolt kõrge järjestusega ruumi harmooniliste väljade eest.

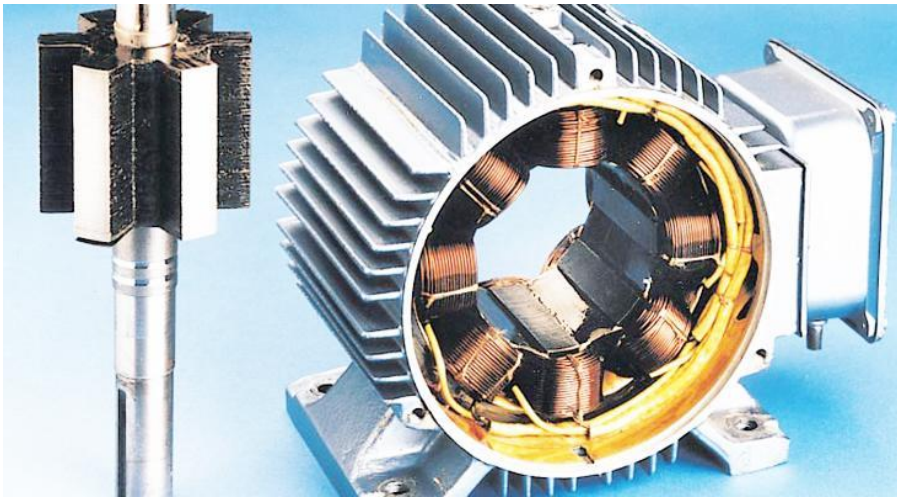
- Mõne tüüpi sisemagnetmootoritel on juhtimiseeliseid.
- Mõnel tüüpi sisemagneti konstruktsioonil on (või väidetakse, et sellel on) konstruktsioonilisi eeliseid võrreldes pinnale paigaldatava magnetiga.

Ühe tüüpi sisemagneti mootorite ja maetud magnetiliste mootorite geomeetria on näidatud joonisel 1.1. Vastavalt joonistel fig 1.7 ja joonisel 1.8. Kuvatakse neljapooluseline masin. Tavaliselt ei eeldata, et voo kontsentreerimismasinatel oleks väike pooluste arv, kuna rootori sisemusse on keeruline saada rohkem pinda kui perifeeria ümber. Teisest küljest on sel viisil ehitatud masinal, millel pole olulist voo kontsentratsiooni, siiski soolasuse ja magneti varjestusomadused. Esmapilgul tundub, et neid masinaid on üsna keeruline analüüsida ja see hinnang näib pidavat vastu pidama.
Püsimagnetitega sünkroonmasinate põhiosad on:

- Staatori pilus magnetiline südamik.
- Staatori elektrimähis.
- rootori magnetiline südamik.
- Püsimagnetid.
- rootori võll.
- Laagritega staatori raam.
- Jahutussüsteem.
- Eluase.

Selles jaotises on lühike sissejuhatus lülitatud vastumeelsusmootorile (SRM) ja selle tööpõhimõte. Mis tahes masina mõistmise võti on pöördemomendi loomise põhimõte. Masina töö tagajärjed ja selle olulisemad omadused tulenevad pöördemomendi väljendusest. Pöördemomendi väljendamine nõuab masina ja ukse ühenduste või induktiivsuse ja rootori asendi vahelist seost. Masina töötamine pöördemomendi ja kiiruse vahel tuleneb induktiivsusest vs rootori asendist, mis on masinale iseloomulik, ja kooskõlas teiste masinatega formuleeritakse SRM-i dünaamiline ekvivalentvooluring. Pöörleva SRM-i erinevad konfiguratsioonid, sealhulgas ühefaasilised masinad, on olemas. Ühefaasilistel masinatel on rakendused madala jõudlusega, kuid suuremahulistes rakendustes.
Alates 1969. aastast on muutuva pöörlemiskiirusega mootorit pakutud muutuva kiirusega rakenduste jaoks. Ehkki see masin on teatud tüüpi sünkroonmasin, on sellel teatud uudsed omadused. Sellel on staatori mähiste jaoks DC-mootori keritud mähised ja rootoril pole mähiseid ega magneteid. Nii staatoril kui ka rootoril on silindrid. seetõttu nimetatakse masinat kahekordselt silmatorkavaks. Sellist tüüpilist masinat on kujutatud joonisel 1.9. Rootor alati diametraalselt staatori poolused on põnevil. Ühes magnetahela on rootori "eelistab" tulla minimaalse vastumeelsust positsioonile eksemplariga ergastus. Kuigi kaks rootori poolust on kahe staatori poolusega joondatud, on teine rootori pooluste komplekt erineva staatori pooluste suhtes joondamata. Seejärel on see staatori pooluste komplekt elevil, et viia

rootori postid vastavusse. Samuti pööratakse rootorit, lülitades voolud järjestikku staatori mähistesse. Rootori liikumine, seega ka pöördemomendi ja võimsuse tootmine, hõlmab voolude muutmist staatori mähisteks, kui vastumeelsus on erinev; seetõttu nimetatakse seda muutuva kiirusega mootori ajamit lülitatava vastumeelsuse mootoriks.



Joonis 1.9. Sünkroonse vastumeelsuse masin

Kõigi sünkroonse vastumeelsuse masinate põhiosad on:

- Staatori magnetiline südamik koos silmapaistvate poolustega.
- Staatori elektrimähis.
- Rootori magnetiline südamik koos silmnähtavate poolustega.
- Rootori võll.
- Laagritega staatori raam.
- Jahutussüsteem.
- Eluase.

Tavaliselt on staator ja rootor valmistatud erinevast arvust silindritest. Näitena on toodud erinevad staatori ja rootori pooluste arvu kombinatsioonid joonisel 1.10.

a) 8/10 postid b) 16/12 postid c) 24/18 postid

Joonis 1.10. Sünkroonse vastumeelsuse mootorite

2.1.3. Alalisvoolu masinad (DCM)

Ajaloolisest vaatepunktist oli alalisvoolumasin kõige varasem elektromehaaniline energia muundamise seade ja kuulutas välja elektriajastu koidiku. Faraday kuulsad vaskkettakatsetused viisid edasiste leiutisteni, mis aitasid alalisvoolu masinast areneda esimeseks elektrienergiaallikaks, mida kasutatakse valgustuse jaoks.

Alalisvoolu masina eristusvõime on selle mitmekülgsus. Masin on pöörduv, nii et see võib töötada kas generaatorina, mis muundab mehaanilise energia elektrienergiaks alalisvoolu ja -pinge kujul, või mootorina, muutes elektrienergia kasulikuks mehaaniliseks tööks. Alalisvoolugeneraatoreid ei kasutata praegu laialt, kuna vahelduvvoolu genereerimine, edastamine ja jaotamine on majanduslikust seisukohast soodsam. Alalisvoolugeneraatoreid saab kasutada olukordades, kus elektrienergia tarbimine toimub tootmiskoha lähedal ja kus väljundpinge peab vastama täpselt etteantud mustritele. Viimast rakendusala saavad täita ka tahkis-juhitavad alaldiseadmed.

Alalisvoolumootorite tööomadused pakuvad selgeid eeliseid, mis muudavad need atraktiivseks paljudes tööstuslikes rakendustes. Eraldi ergastatud, seeria, šundi ja ühendväljaga mähiseühenduste mitmesuguste kombinatsioonide tulemusel on võimalik saada mitmesuguseid pöördemomendi karakteristikuid. Alalisvoolu masinate süsteemide abil on hõlpsasti saavutatav lai kiirusvahemik ja täpne juhtimine.

Alalisvoolu masin on pöörlev elektromehaaniline energiamuundusseade, millel on staator, millel on silindrid, mille ergutab üks või mitu väljamähist. Alalisvoolu masina armatuurmähis on rootoril ja vool juhitakse sellest või sealt edasi söeharjade abil kokkupuutel vaskkommutaatori segmentidega. 2-pooluselise alalisvoolumootori läbilõige on näidatud joonisel 1.11.

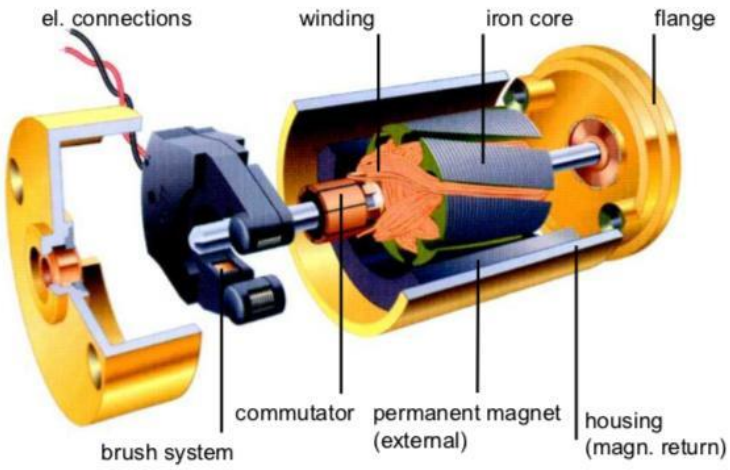
Joonis 1.11.
2-pooluseline haavaga staatori

Armatuurimähised koosnevad paljudest mähise külgedest, mis asetatakse rootorile juhtmetega paralleelselt võlliga. Väljamähiseid toidetakse alalisvooludega ja selle tulemusel on õhupilu voog peaaegu ühtlane kõigi pooluste all. Generaatori töörežiimis pööratakse rootorit püsikiirusel ja selle tulemusel ilmuvad armatuurimähistesse indutseeritud pinged.

Indutseeritud pinged on vahelduvad ja alalisvoolu saamiseks tuleb need alalistada. Rektifitseerimine toimub tavaliselt kommutaatori abil, mis on rootori külge kinnitatud silinder, mis on moodustatud üksteisest ja rootori võllist isoleeritud vasegmentidest.

Kommutaatori segmendid on kontaktis statsionaarsete süsinikuharjadega. Kommutaator on sisuliselt mehaaniline täislaine alaldi. Väljavoolu mähises alalisvoolu poolt loodud magnetväli on staatori suhtes liikumatu. Armatuurvoolud loovad statsionaarse magnetvoo jaotuse, mille telg on väljavoo suhtes täisnurga all. Kahe voogjaotuse koostoime loob alalisvoolu masinas pöördemomendi.

Mõne uuema topoloogia korral saab haava staatori ergutusmähise asendada püsimagnetitega ja mootorist saab püsimagnetiga alalisvoolu kommutaatori mootor. Selle mootori vaade on esitatud joonisel 1.12.



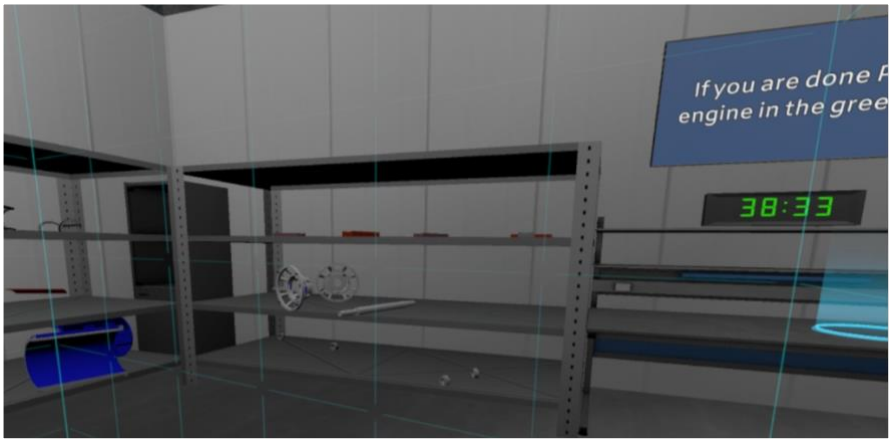
Joonis 1.12.
2-pooluseline püsimagnet DC

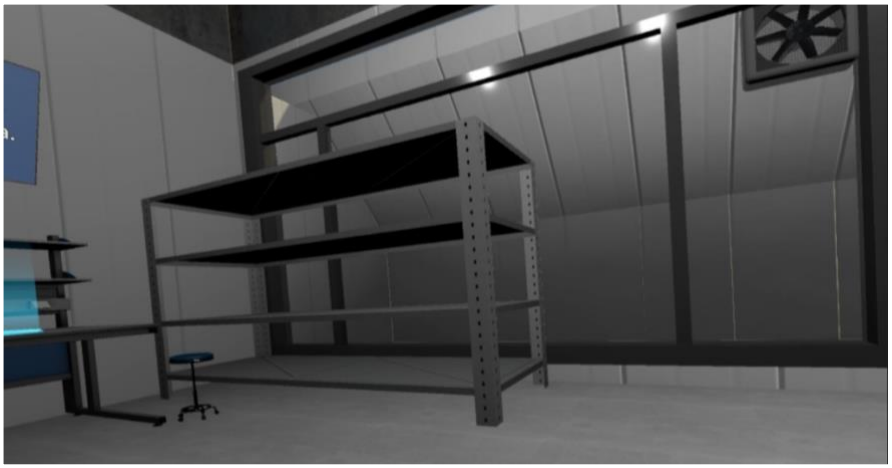
Mis tahes tüüpi alalisvoolumootori põhiosad on:

- Staatori magnetiline südamik koos silmapaistvate poolustega ja mähise või staatori südamik püsimagnetitega.
- Rootori magnetiline südamik piludega.
- Rootori võll.
- Laagritega staatori raam.
- Jahutussüsteem.
- Eluase.

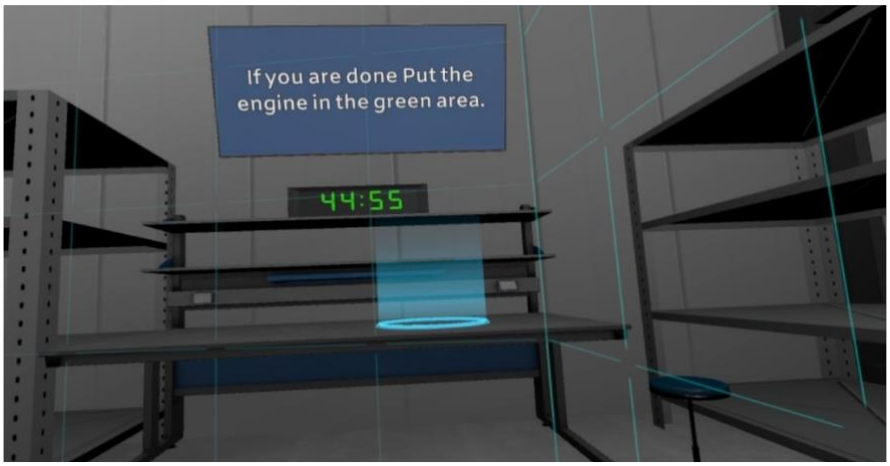
2.2. Elektrimasinate virtuaalne kokkupanek

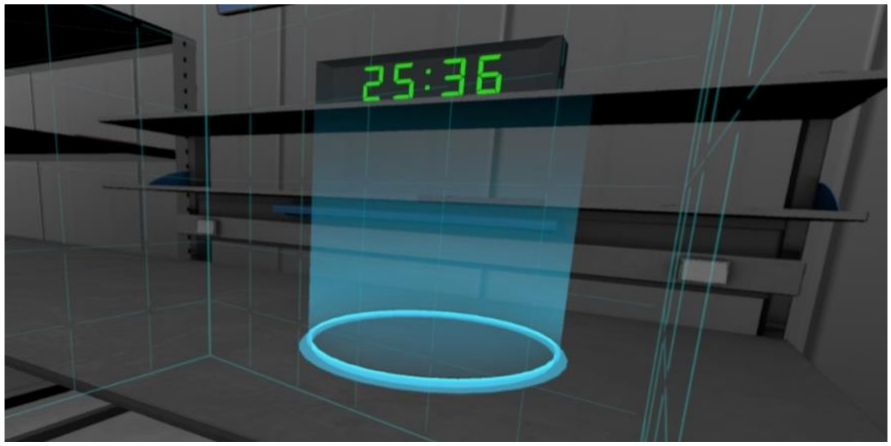
Selle treeningu töökeskkond on riiulite ja kokkupanekuga vabriku saal. Selle keskkonna esitlus on esitatud joonisel 1.13. Vaade kokkupanekupingile on näidatud joonisel 1.14. Kõigi kuue masina detailid asetatakse riiulitele vastavalt joonistele 1.15, 1.16 ja 1.7.





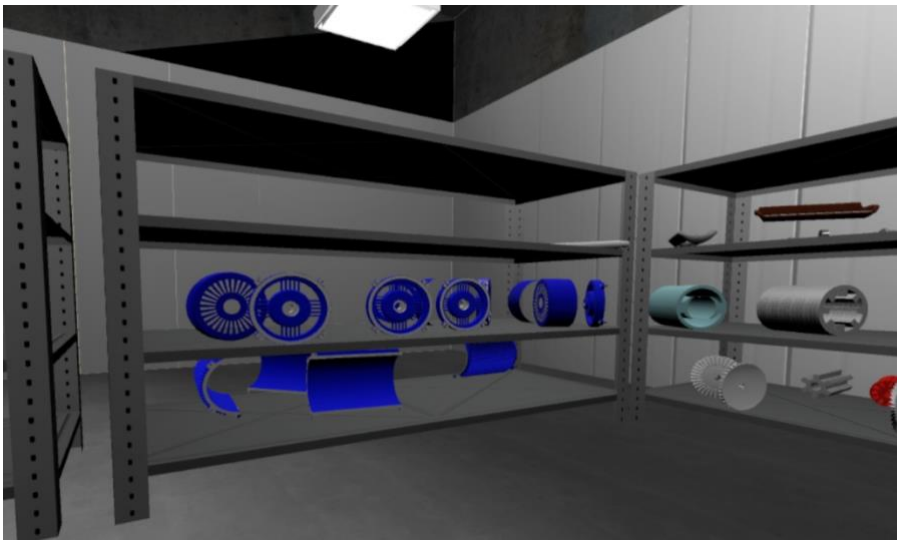
Joonis 1.13. Stsenaariumi 1 - elektrimasinate ehitamine - töökeskkonna tutvustus



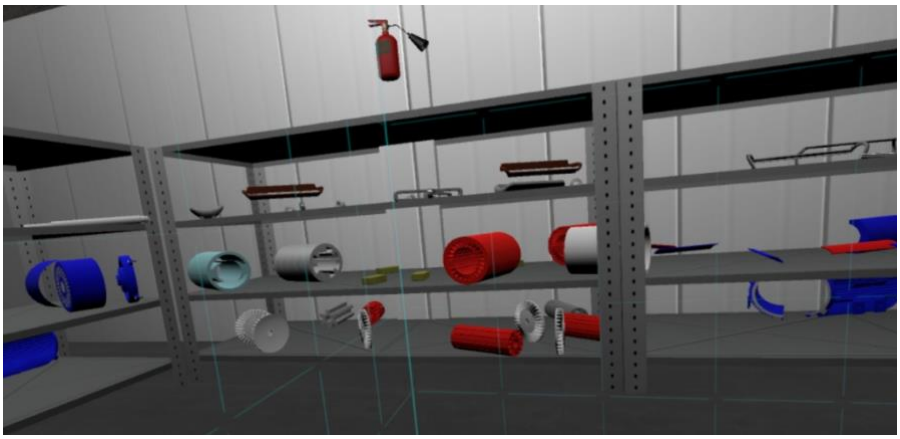


Joonis 1.14. Stsenaariumi 1 - elektrimasinate ehitamine - kokkupanekuplooni tutvustus

Joonis 1.15. Stsenaariumi 1 riiulite tutvustus elektrimasinate osadega

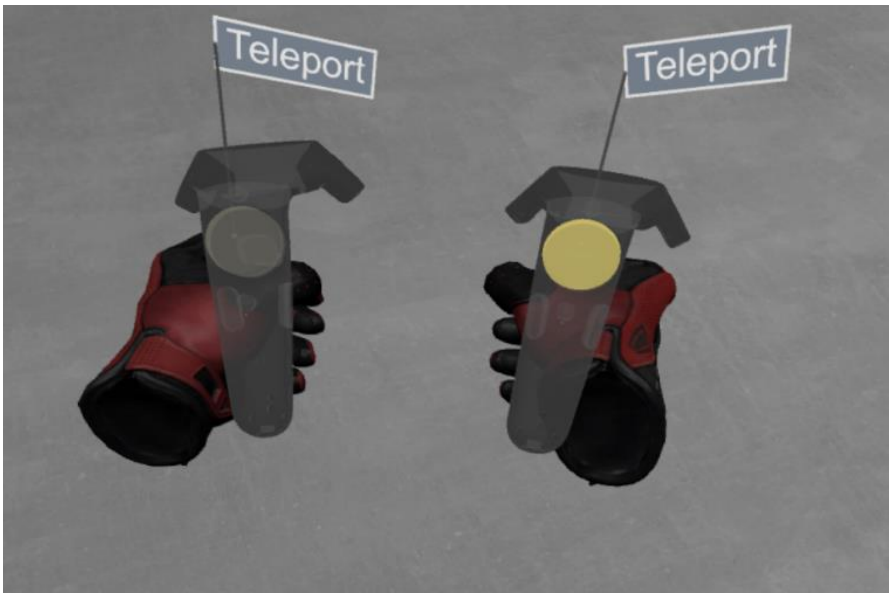


Joonis 1.16. Stsenaariumi 1 riiulite tutvustus elektrimasinate osadega



Joonis 1.17. Stsenaariumi 1 riiulite tutvustus elektrimasinate osadega

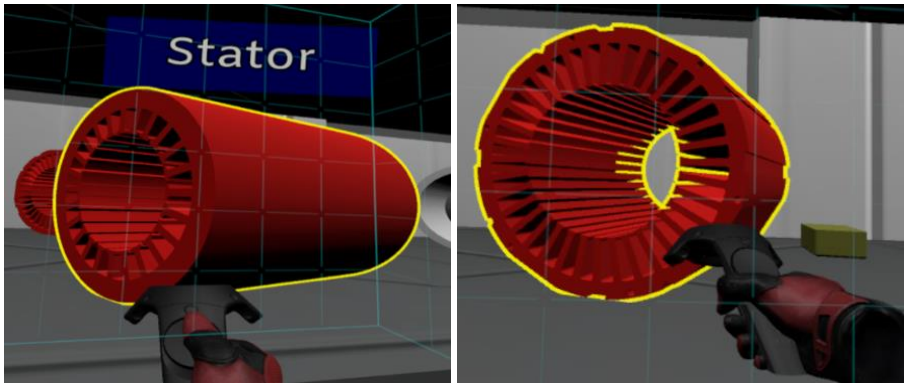
Igale õpilasele antakse ülesanne monteerida teatud tüüpi elektrimasin, mis valitakse eelnevalt kirjeldatud 6 masina nimekirjast. Osad, kasutades VR-käepidemeid, tuleks riiulitelt üles korjata ja tööpingile asetada. Vaade VR-keskkonna käepidemetest on toodud joonisel 1.18.



Joonis 1.18. Kahe käepideme esitlus VR-keskkonnas VR-prillide abil

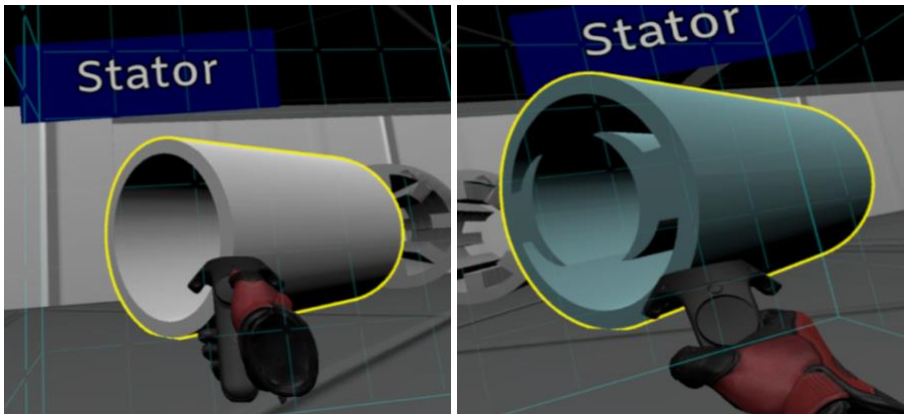
Nende kahe käepidemega saab kasutaja liikuda tööpiirkonnas, riiulitelt osi korjata ja masinaid kokku panna. Käepideme ülaservas olevat suurt ümmargust nuppu (1) kasutatakse tööpiirkonnas liikumiseks (teleport). Käepideme (7) põhjas olevat päästikut kasutatakse mootori osade korjamiseks ja töökohale paigutamiseks, nagu näidatud joonisel A.1. Osa riiulitelt ülesvõtmiseks tuleb käepide liigutada selle detaili lähedale, mida kasutaja soovib valida. Kui käepide on piisavalt lähedal, tähistatakse see osa kollase piirjoonega; selles etapis on vaja päästikut tõmmata ja hoida selles asendis, kuni kasutaja soovib selle töölauale panna; kui päästik vabastatakse, vabastatakse see ka osa ja asetatakse see kohale. Valitud staatori südamike esitlus on näidatud joonistel 1.19, 1.20 ja 1.21.

Valitud rootori südamike, võllide ja laagrite esitlus on näidatud joonistel 1.22, 1.23, 1.24 ja 1.25. Staatori ja rootori mähised, rootorilatid ja lühisrõngad ning kommutaator on näidatud joonistel 1.26, 1.27 ja 1.28. Kahe mootoritüübi jaoks valitud püsimagnetite esitlus on esitatud joonistel 1.29 ja 1.30. Mootori ülemise ja alumise korpuse ning korpuse esi- ja tagakaane esitlus on näidatud vastavalt joonistel 1.31 ja 1.32. Vihjeks kasutajale, kui käepide asub mootori detailile piisavalt lähedal, ilmub selle selgitus detaili lähedale.



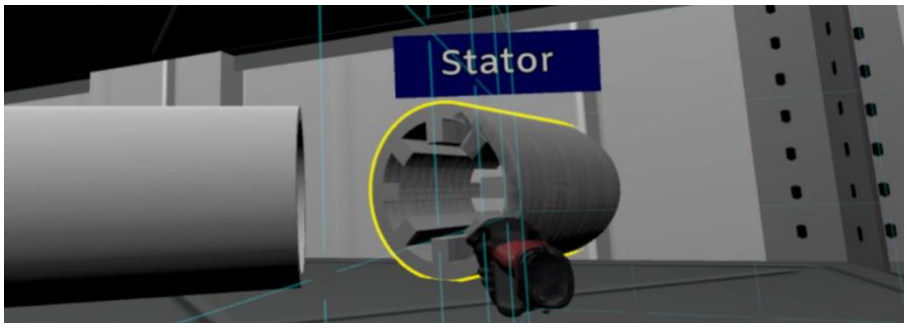
a) Induktsioonimootor b) Püsimagnetiga sünkroonmootor

Joonis 1.19. Valitud staatori raudsüdamiku esitlus

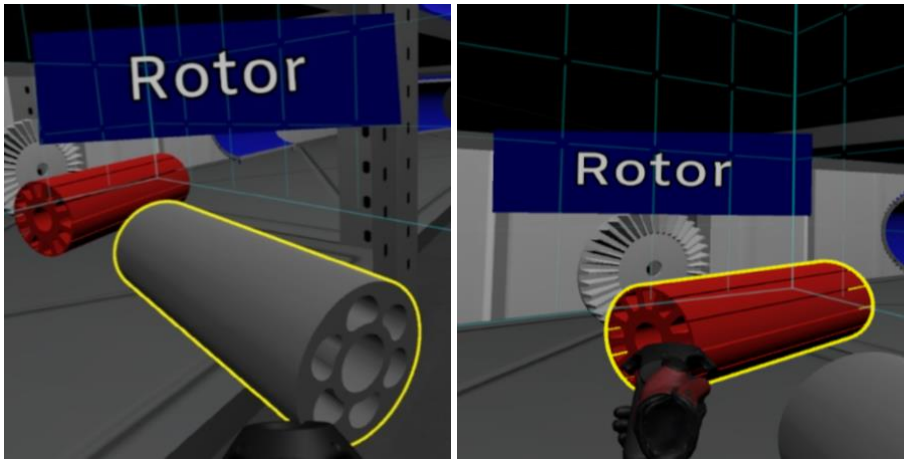


a) Püsimagnetiga alalisvoolumootor b) Haava staatori alalisvoolu kommutaatori mootor

Joonis 1.20. Valitud staatori raudsüdamiku esitlus



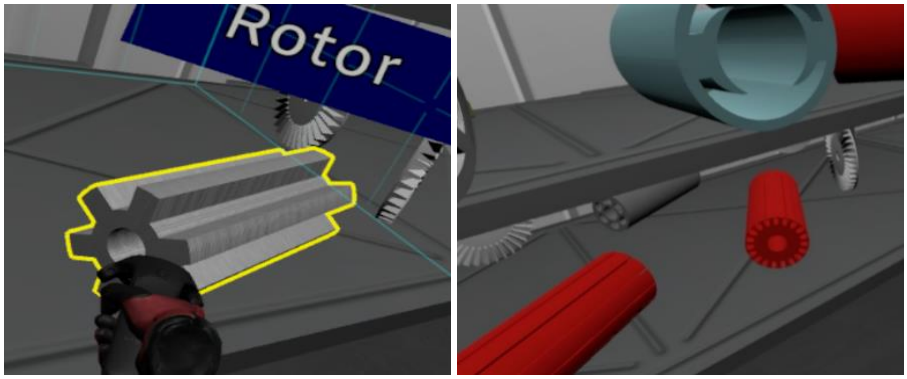
Joonis 1.21. Valitud vastumeelsusmootori jaoks mõeldud staatori raudsüdamiku esitlus



a) Püsimagnetiga sünkroonmootor

b) Haava staatori alalisvoolu kommutaatori mootor

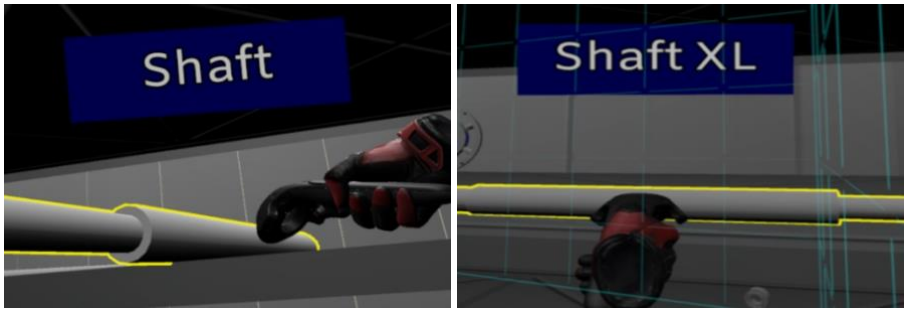
Joonis 1.22. Valitud rootori raudsüdamiku esitlus



a) Reaktsioonimootor

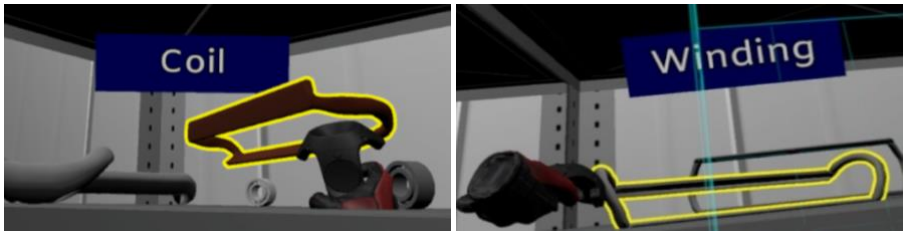
b) Induktsioonimootor

Joonis 1.23. Valitud rootori raudsüdamiku

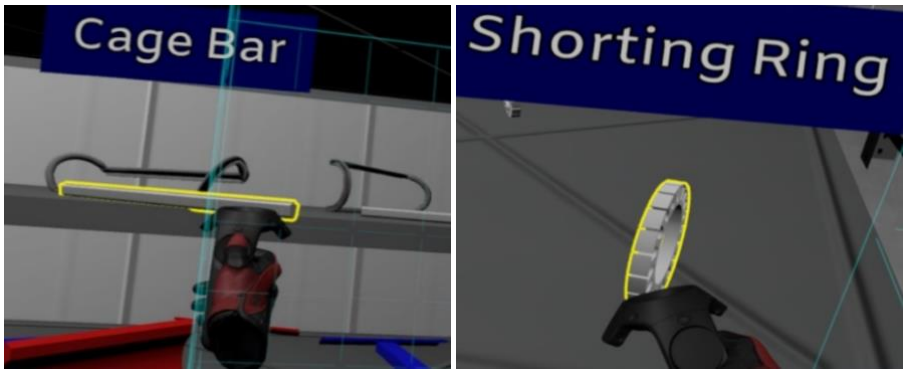


Joonis 1.24. Valitud šahtide esitlus

Joonis 1.25. Valitud laagrite tutvustus

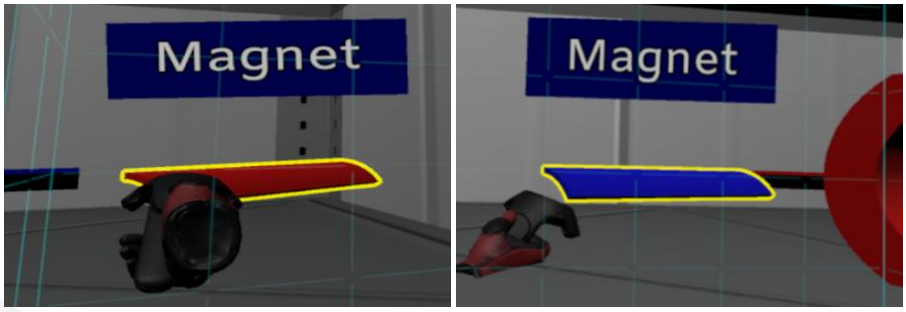


Joonis 1.26. Valitud mähiste ja mähiste tutvustus

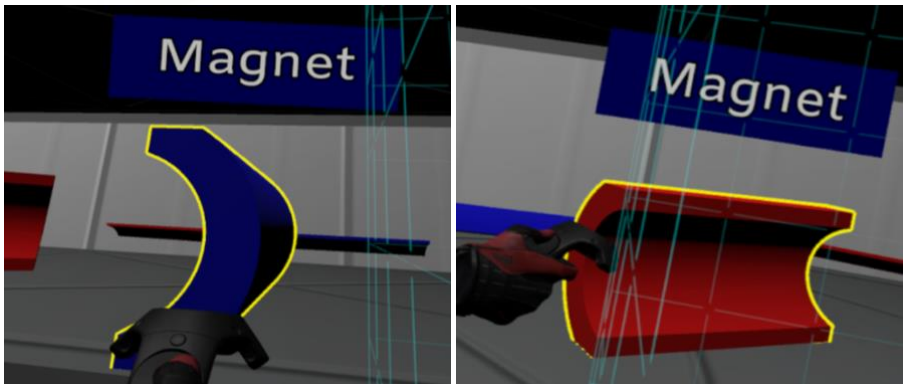


Joonis 1.27. Induktsioonmootoriga oravapuuri valitud puuribade ja lühisrõngaste tutvustus

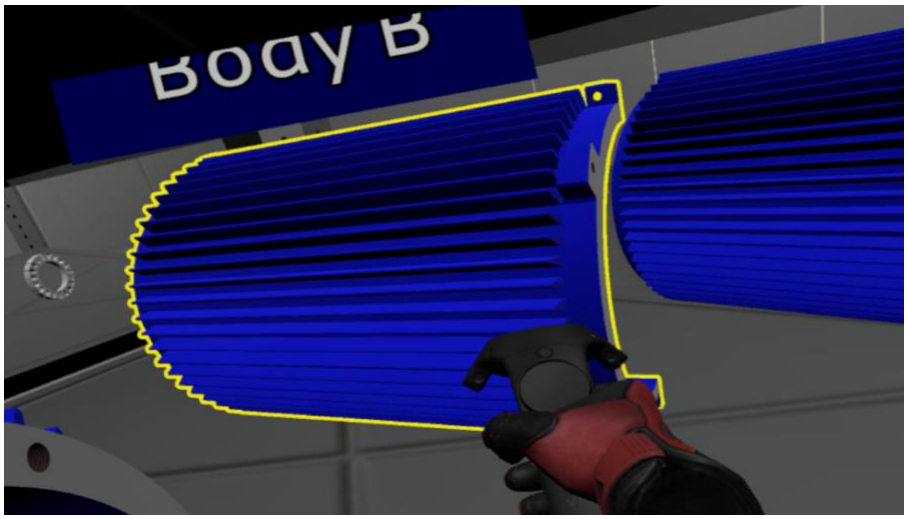
Joonis 1.28. Haava staatori alalisvoolumootori ja PM alalisvoolu kommutaatori valitud kommutaatori esitlus



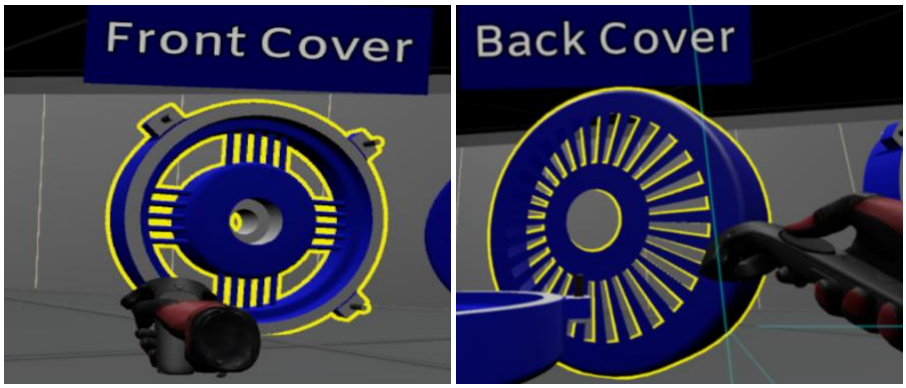
Joonis 1.29. Püsimagnetiliste sünkroonmootorite valitud püsimagnetite tutvustus



Joonis 1.30. Püsimagnetitega alalisvoolumootori valitud püsimagnetite tutvustus



Joonis 1.31. Mootori alumise ja ülemise korpuse tutvustus



Joonis 1.32. Mootori korpuse valitud esi- ja tagakaane esitlus

Kui kõik detailid on paigutatud töölauale, saab kasutaja liikuda elektrimasina ehituse juurde. Kõigepealt peaks kasutaja konstrueerima rootori. See tähendab, et võll tuleks paigaldada rootori rauasüdamikule, nagu ka kahele laagrile. Seda saab realiseerida nii, et kui rootori võll on õige asendi lähedal, kleepub see rootori rauasüdamiku külge. Kui rootoril on mähis, tuleks mähis paigaldada ja kui mootoril on püsimagnetid, tuleks see paigaldada. Lisaks, kui mootoril on kommutaator, tuleks kommutaator ka monteerida. Seejärel peaks kasutaja alustama staatori ehitamist. Staatori mähis tuleks kokku panna staatori piludesse või alalisvoolumootori ja vastumeelsusmootori staatori poolustele. Kui mootoril on staatoril

ainult püsimagnetid, tuleks staatori südamikule panna ainult püsimagnetid (püsimagnetiga alalisvoolumootori jaoks).

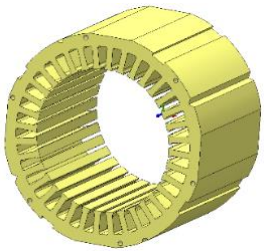
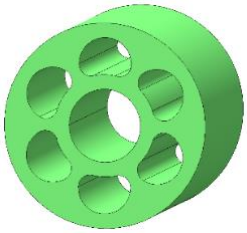
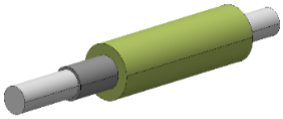
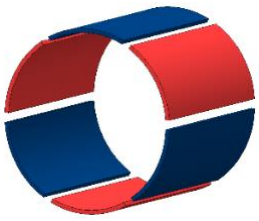
2.2.1. Sünkroonsed püsimootorid (PMSM)

Selle mootori osad, mis tuleks kokku panna, on järgmised:

#	Osa	Tükkide arv
1	Staatori südamik 36 piluga	1
2	Staatori mähis	1
3	Rootori raudsüdamik	1
4	Mootori võll	1
5	Püsivad magnetid	6 (3N & 3S)
6	Laagrid	2
7	Eluase	1

Tabel 1.1. Püsimagnetiline sünkroonmootor

Mootoriosade esitlus on esitatud tabelis 1.2.

#	Osa	Vaade
1	Staatori südamik 36 piluga	
2	Rootori raudsüdamik	
3	Mootori võll	
4	Püsivad magnetid	

Tabel 1.2. Vaade mootori põhiosadele

Kõik vajalikud detailid asetatakse VR-i monteerimisruumi riiulitele. Kasutaja peaks treeningu alustama, võttes osad riiulilt ja viima need montaažilauale. Esiteks paneb kasutaja võlli rootori südamikku ja seejärel peaks laagrid lisama. Hiljem paigutatakse püsimagnetid

rootori südamikule õiges asendis ja järjekorras. Järgmisel etapil tuleks staatori mähised asetada staatori südamiku piludesse. Järgmine samm on panna kogu rootor staatori südamiku auku ja pärast seda ülemise ja alumise korpuse osa lisada monteeritud mootorisse. Selle viimase sammuga on treeningu esimene osa lõpetatud.

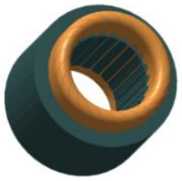
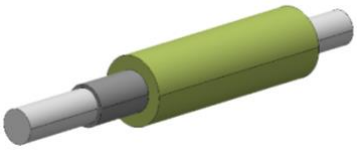
2.2.2. Induktsioonimootor (IM)

Selle mootori osad, mis tuleks kokku panna, on järgmised:

#	Osa	Tükkide arv
1	Staatori südamik 24 piluga	1
2	Staatori mähis	1
3	Rootori rauasüdamik 19 piluga	1
4	Rootorivardad	19
5	Rootori lühisrõngad	2
6	Mootori võll	1
7	Laagrid	2
8	Eluase	1

Tabel 1.3. Induktsioonimootor

Mootoriosade esitlus on esitatud tabelis 1.4.

#	Osa	Vaade
1	Staatori südamik 24 piluga ja mähisega	
2	Rootori rauasüdamik 19 piluga	
3	Mootori võll	
4	Rootorivardad ja lühisrõngad	

Tabel 1.4. Vaade mootori põhiosadele

Kõik vajalikud detailid asetatakse VR-i monteerimisruumi riiulitele. Kasutaja peaks treeningu alustama, võttes osad riiulilt ja viima need montaažilauale. Esiteks paneb kasutaja võlli rootori südamikku ja seejärel peaks laagrid lisama. Seejärel asetatakse 19 rootori pesasse 19 rootori vasktangid. Seejärel asetatakse kaks lühistusrõngast rootori

mõlemale küljele, moodustades rootori orava puuri mähise. Järgmisel etapil tuleks staatori mähised asetada staatori südamiku piludesse. Järgmine samm on panna kogu rootor staatori südamiku auku ja pärast seda ülemise ja alumise korpuse osa lisada monteeritud mootorisse. Selle viimase sammuga on treeningu esimene osa lõpetatud.

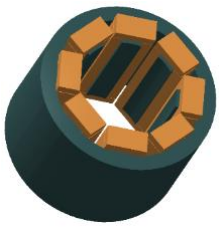
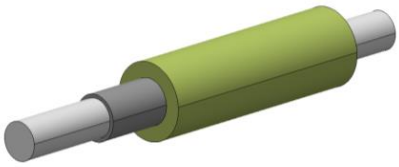
2.2.3. Lülitatav tagasikäigu mootor (SRM)

Selle mootori osad, mis tuleks kokku panna, on järgmised:

#	Osa	Tükkide arv
1	8 poolusega ja kontsentreeritud mähisega	1
2	Rootori raudsüdamik 6 poolusega	1
3	Mootori võll	1
4	Laagrid	2
5	Eluase	1

Tabel 1.5. Lülitatud vastumeelsusmootor

Mootoriosade esitlus on esitatud tabelis 1.6.

#	Osa	Vaade
1	Staatori südamik 8 poolusega ja mähisega	
2	Rootori raudsüdamik 6 poolusega	
3	Mootori võll	

Tabel 1.6. Vaade mootori põhiosadele

Kõik vajalikud detailid asetatakse VR-i monteerimisruumi riiulitele. Kasutaja peaks treeningu alustama, võttes osad riiulilt ja viima need montaažilauale. Esiteks paneb kasutaja võlli rootori südamikku 6 postiga ja seejärel peaks laagrid lisama. Järgmises etapis tuleks staatori mähised asetada staatori südamiku 8 poolusele. Järgmine samm on panna kogu rootor staatori südamiku auku ja pärast seda ülemise ja alumise korpuse osa lisada monteeritud mootorisse. Selle viimase sammuga on treeningu esimene osa lõpetatud.

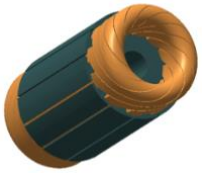
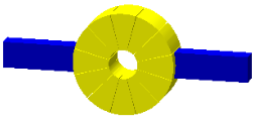
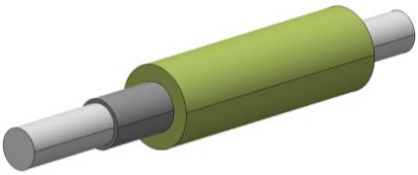
2.2.4. Haava staatori alalisvoolu kommutaatori mootor (WSDCCM)

Selle mootori osad, mis tuleks kokku panna, on järgmised:

#	Osa	Tükkide arv
1	Kahe poolusega staatori südamik	1
2	Staatori mähised	2
3	Rootori raudsüdamik 12 piluga ja armatuurmähis	1
4	Mootori võll (suurus XL)	1
5	Kommutaator	1
6	Laagrid (suurus XL)	2
7	Eluase	1

Tabel 1.7. Haava staatori alalisvoolu kommutaatori mootor

Mootoriosade esitlus on esitatud tabelis 1.8.

#	Osa	Vaade
1	Staatori südamik 2 poolusega ja mähisega	
2	Rootori rauasüdamik 12 piluga ja mähisega	
3	Kommutaator ja harjad	
4	Mootori võll (suurus XL)	

Tabel 1.8. Vaade mootori põhiosadele

Kõik vajalikud detailid asetatakse VR-i monteerimisruumi riiulitele. Kasutaja peaks treeningu alustama, võttes osad riiulilt ja viima need montaažilauale. Esiteks paneb kasutaja võlli rootori südamikku 12 piluga ja seejärel peaks lisama mähise, kommutaatori ja laagrid. Järgmises etapis tuleks staatori mähised asetada staatori südamiku 2 poolusele. Järgmine samm on panna kogu rootor staatori südamiku auku ja pärast seda ülemise ja alumise korpuse osa lisada monteeritud mootorisse. Selle viimase sammuga on treeningu esimene osa lõpetatud.

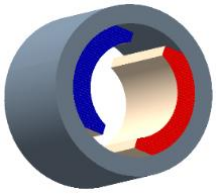
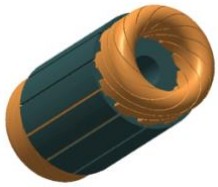
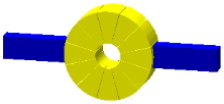
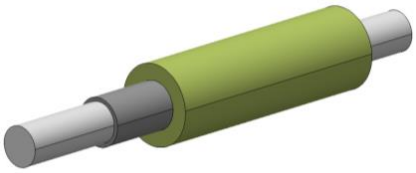
2.2.5. Püsimagnet alalisvoolumootor (PMDC)

Selle mootori osad, mis tuleks kokku panna, on järgmised:

#	Osa	Tükkide arv
1	Staatori tuum	1
2	Staatori püsimagnetid (1-N ja 1-S)	2
3	Rootori rauasüdamik 12 piluga	1
4	Armatuuri mähis	1
5	Mootori võll (suurus XL)	1
6	Kommutaator	1
7	Laagrid (suurus XL)	2
8	Eluase	1

Tabel 1.9. Püsimagnetiga alalisvoolumootor

Mootoriosade esitlus on esitatud tabelis 1.10.

#	Osa	Vaade
1	Staatori südamik koos 2 püsimagnetiga	
2	Rootori raudsüdamik 12 piluga, armatuurmähis	
3	Kommutaator ja harjad	
4	Mootori võll	

Tabel 1.10. Vaade mootori põhiosadele

Kõik vajalikud detailid asetatakse VR-i monteerimisruumi riiulitele. Kasutaja peaks treeningu alustama, võttes osad riiulilt ja viima need montaažilauale. Esiteks paneb kasutaja võlli rootori südamikku 12 piluga ja seejärel peaks lisama mähise, kommutaatori ja laagrid. Järgmises etapis tuleks staatori südamikule asetada kaks N- ja S-polaarsusega püsimagneti. Järgmine samm on panna kogu rootor staatori südamiku auku ja pärast seda ülemise ja alumise korpuse osa lisada monteeritud mootorisse. Selle viimase sammuga on treeningu esimene osa lõpetatud.

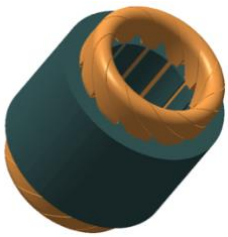
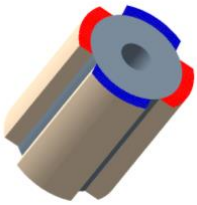
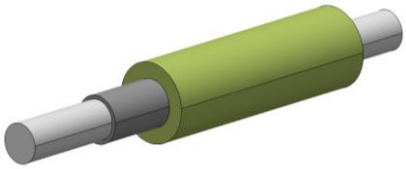
2.2.6. Püsimagnetigeneraator (PMG)

Selle generaatorimasina osad, mis tuleks kokku panna, on järgmised:

#	Osa	Tükkide arv
1	Staatori tuum	1
2	Staatori mähis	1
3	Rootori püsimagnetid (2-N ja 2-S)	4
4	Rootori raudsüdamik	1
5	Mootori võll	1
6	Laagrid	2
7	Eluase	1

Tabel 1.11. Püsimagnetigeneraator

Mootoriosade esitlus on esitatud tabelis 1.12.

#	Osa	Vaade
1	Staatori südamik 12 pilu ja mähisega	
2	Rootori rauasüdamik 4 püsimagnetiga (2-N ja 2-S)	
3	Mootori võll	

Tabel 1.12. Vaade mootori põhiosadele

Kõik vajalikud detailid asetatakse VR-i monteerimisruumi riiulitele. Kasutaja peaks treeningu alustama, võttes osad riiulilt ja viima need montaažilauale. Esiteks paneb kasutaja võlli rootori südamikku, seejärel peaks lisama neli püsimagneti järjestuses NSNS ja laagrid. Järgmises etapis tuleks staatori mähis asetada staatori südamiku piludesse. Järgmine samm on panna kogu rootor staatori südamiku auku ja pärast seda ülemise ja alumise korpuse osa lisada monteeritud mootorisse. Selle viimase sammuga on treeningu esimene osa lõpetatud.

Märge:
Kui mootor on kokku pandud, tuleks see asetada laua tähistatud alale. Kui mootor on õigesti kokku pandud, liigub treening automaatselt järgmisele tasemele, milleks on elektrimasinate tööpõhimõtted. Kui mootor pole õigesti kokku pandud, on kasutajal veel kaks võimalust määratud mootor ehitada.

2.3. Elektrimasinate tööpõhimõtted

Selles treeningu osas uuritakse püsimagnetitega sünkroonmootorit. Mootor on eelmonteeritud ja asetatud katsestendile (nagu näidatud joonisel 1.33) koos teiste laboratoorsete uuringuvahenditega. Uuritud püsiva magnetilise sünkroonmootori nimiandmed on: Un=50 V=const., nn=1000 min-1, In=11.38 A.
Testimine peaks toimuma järgmistes etappides:

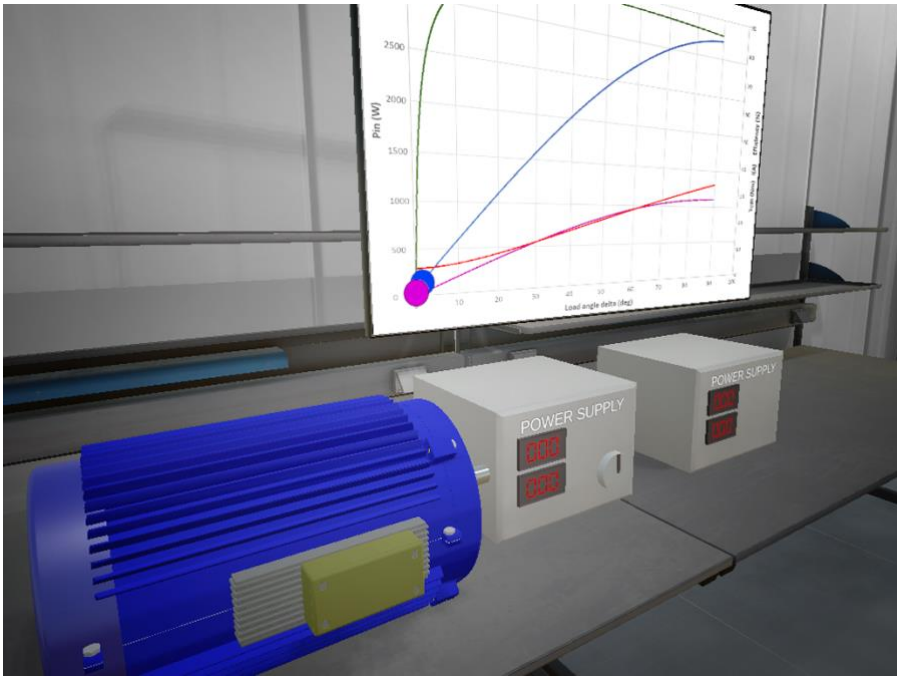
1 samm – mootor tuleb ühendada toiteallikaga, pärast mida mootor on testimiseks valmis, nagu näidatud joonisel 1.33.

2 samm – lülitage toitelüliti sisse.

3 samm – laadimisnurga juhtnupu abil alustage mootori laadimist fikseeritud koormuse nurga muutmise kiirusel (näiteks suurenemiskiirusel 5–10˚). Pärast iga kohandatud väärtust vajutage nuppu Salvesta andmed. Salvestatud andmeid tuleks graafikul näidata uue punktina või neid võib näidata joonena, mis ühendab eelmisi mõõdetud punkte. Jätkake mõõtmist hetkeni, kui mootor lakkab töötamast koormuse nurga all 90 °; sisse / välja lüliti peaks automaatselt lülituma väljalülitatud asendisse.

4 samm – Kui mootor peatub, peaks ilmuma suvaliselt valitud küsimus koos valikvastustega. Punktide saamiseks peab kasutaja valima ühe vastuse.

Pärast stsenaariumi kahe osa läbimist antakse õpilastele punktide arv, lähtudes nende tulemuslikkusest ülesande kahes osas ning vastus stsenaariumi lõpus juhuslikult antud küsimusele. Kui õpilane pani antud mootori esimesel katsel õigesti kokku, antakse sellele etapile 100% punktidest, teisel õnnestunud katsel antakse 75% punktidest ja kolmandal õnnestunud katsel 50 % punktidest. Kui õpilane jätab kõik kolm katset vahele, antakse sellele null punkti ja see ebaõnnestub. Harjutuse teise osa ja juhuslikult antud küsimuse jaoks on õpilasel ainult üks katse. Kui õpilane ühendab mootori õigesti ja viib uurimise läbi õigesti, antakse talle punktide koguarv. Sama kehtib juhuslikult antud küsimuse kohta. Vale ühenduse ja vale vastuse korral antakse õpilasele nullpunkti.

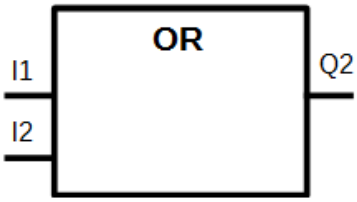


Joonis 1.33. Vaade katseseadmega ühendatud uuritud mootorile

3. Scenario 2 -Construction and Operating Principles of Electric Motors

3.1 FBD (Function Block Diagram) keel

FBD (funktsionaalne plokkskeem) on graafiline keel. Programmi täitmine põhineb signaalivoolul, mis sarnaneb signaalivooluga signaalitöötlussüsteemi elementide vahel. Signaalivool toimub funktsiooni või funktsiooniploki väljundist (paremalt küljelt) järgmise funktsiooni või funktsiooniploki ühendatud sisendisse (vasakul küljel). Graafilised sümbolid, mis tähistavad plokksidemete diagrammi üksikuid elemente, on ristkülikud ja juhtelemendid, mis on ühendatud horisontaalsete ja vertikaalsete joontega. Näitena -FBD keele ploki on näidatud in joonisel 3.1.



Joonis 1: FBD – näidis OR funktsioonist

Ahel - kogum plokke (keel elemendid), mis on omavahel ühendatud [1].

Programmi reeglite täitmine [1]:

1. Vooluahela ühegi elemendi väärtust ei saa määrata, kui kõigi selle sisendite väärtused ei ole määratud.
2. Vooluahela elemendi väärtuse kindlaksmääramine pole lõpule viidud, kui kõigi selle väljundite väärtust pole määratud.
3. Kogu vooluringi programmi täitmine pole lõpule viidud, kui kõigi selle elementide väljundite väärtus pole kindlaks määratud.
4. Tarkvara organisatsioonilise üksuse osana peaks ahela programmi täitmine olema lõpule viidud, enne järgmise vooluringi algust, kus kasutatakse eelmise vooluahela väljundeid.

Ahelate loomise reeglid [1]:

1. Funktsionaalsete plokkide väljundeid ei tohiks omavahel ühendada.

2. Kui vooluringi erinevaid elemente ühendavad jooned ristuvad, kasutage joonte ristumise sümboleid ilma ühendusteta.
3. Programmi struktuur peaks olema lineaarne, võimalikult väheste ristuvate joontega, et see oleks võimalikult loetav.
4. Tagasiside võib vooluringides ilmneda siis, kui funktsiooni või funktsiooniploki väljund sisestatakse vooluahela teise funktsiooni või funktsiooniploki sisendisse.
5. Ahelate täitmise järjekorda saab muuta hüppeljuhiste abil.

3.2 FBD keele põhiplokid

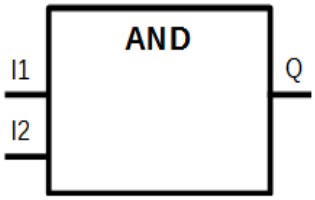
Eristada saab järgmisi FBD põhilisi keeleplokke:

- Loogiline funktsioon JA(AND) - kui väljund on seatud 1-le, peavad kõik sisendid olema olekus 1 [2];
- Loogiline funktsioon VÕI(OR) - 1-le seadistatud väljundi korral peab vähemalt sisend olema olekus 1 [2];
- Loogiline funktsioon XOR - kui väljund on seatud 1-le, peab paaritu arv sisendeid olema olekus 1 [2];
- Väljund plokid - on kasutatud määrata väljundi natuke; on samaväärsed LD-mähistega. Need on 2 väljundi plokkid (Siemens S7-1200 kontrollerite jaoks) [2]:
    - väljundi kontrolli plokk,
    - inverteritud väljundi ploki.
- Bitti seadmine ja blokkide resettimine:
    - seadistus ploki (set, S) - kui see on aktiveeritud, siis muutuja väärtus OUT väljundis muudetakse 1ks, ja kui see pole aktiveeritud jääb väärtus muutumatuks;
    - lähtestamise plokk (reset, R) - kui see on aktiveeritud, siis muutuja väärtus OUT väljundis muudetakse 0ks, ja kui see on aktiveerimata jääb väärtus samaks.

Loogilistel funktsioonidel on vähemalt kaks (2) sisendit ja üks (1) väljund. Individuaalsete loogiliste funktsioonide tööpõhimõtete tutvustamiseks võite kasutada tõeväärtustabeleid, mis näitavad väljundseisundeid erinevate sisendseisunditega. Bitiloogika sisenditel ja väljunditel võib olla kaks olekut: madal - tähistatud loogikaga 0 (null) ja kõrge - tähistatud kui loogika 1 (üks).

FBD graafikakeeles, mida kasutatakse PLC kontrollerite programmeerimiseks, on erinevatel funktsioonidel oma graafilised sümbolid.

Põhiliste loogiliste funktsioonide graafilised sümbolid koos tõeväärtustabelitega on näidatud joonistel 3.2, 3.3 ja 3.4.

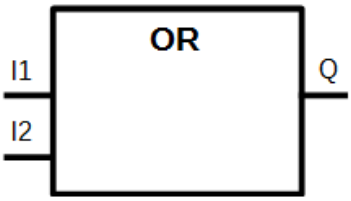


a)

I1	I2	Q
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

b)

Joonis 3.2: Funktsioon AND:
a) FBD sümbol,
b) tõeväärtus tabel

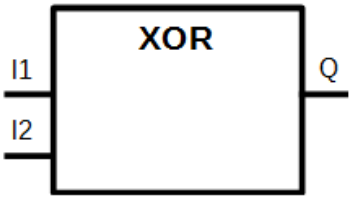


a)

I1	I2	Q
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

b)

Joonis 3.3: Funktsioon XOR:
a) FBD sümbol,
b) tõeväärtus tabel



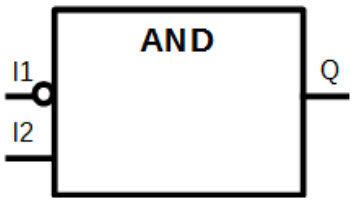
a)

I1	I2	Q
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

b)

Joonis 3.4: Funktsioon XOR:
a) FBD sümbol,
b) tõeväärtus tabel

Sisend- või väljundsignaalid võivad vajada eitamist. Negatiivne sisend või väljund muudab signaali vastupidiseks, st muudab loogilise "1" loogiliseks "0" ja vastupidi. Näitena inverteeritud sisendist on toodud joonisel. 5, inverteeritud väljundiga on toodud joonisel. 3.6

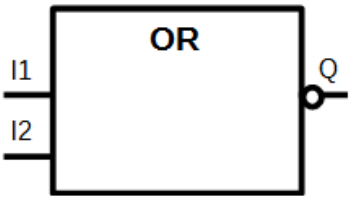


a)

I1	I2	Q
0	0	0
1	0	0
0	1	1
1	1	0

b)

Joonis 3.5.



a)

I1	I2	Q
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

b)

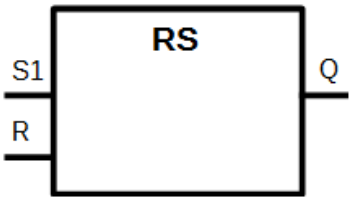
Joonis 3.6.

3.3 Standardsed funktsionaalsed plokid

Biti riivid on elemendid, mis võimaldavad tingimusi seada või kustutada antud mälu ruumidel. Need plokkid sisaldavad kahte juhtimissisendit S ja R ja üht väljundit. Nende sisendite järjekord määrab sisendi prioriteedi ja määratleb seega biti riivi tüübi [3]. Suudab tuvastada kahe oleku biti riivistusi [2]:

- RS – on domineeriv komplekt, kus komplekt domineerib. Kui (S1) kui ka (R) signaalid on tõesed, on OUT väljundiks 1.
- SR – reset domineeriv riiv, kus reset domineerib. Kui (S) kui ka (R1) signaalid on tõesed, on OUT väljundiks 0.

RS- ja SR- biti riivide graafilised sümbolid koos tõestabelitega on toodud joonisteds 3.7 ja 3.8.

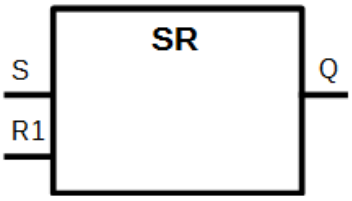


a)

S1	R	Q
0	0	previous* state
0	1	0
1	0	1
1	1	1

b)

Joonis 3.7: RS värati:
a) FBD sümbol [1],
b) tõeväärtus tabel [2]



a)

S	R1	Q
0	0	previous* state
0	1	0
1	0	1
1	1	0

b)

Joonis 3.8: SR värati:
a) FBD sümbol [1],
b) tõeväärtus tabel [2]

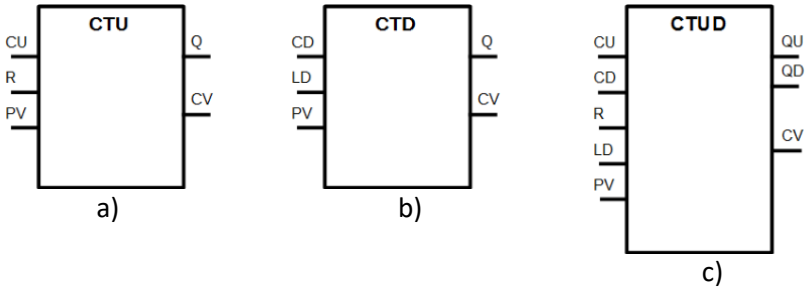
Mõiste "eelmine olek" tähendab, et käsku ei täideta, kui signaali olek kahel sisendil S ja R1 on 0. Operandi signaali olek jääb samaks.

Loendureid kasutatakse programmisiseste sündmuste ja sisemiste protsessisündmuste loendamiseks, näiteks loendavad nupuvajutusi või sensori tegevust [2].

On olmas kolm põhitüüpi loendureid [2]:

- CTU – üles loendur,
- CTD – alla loendur,
- CTUD – üles- alla loendur.

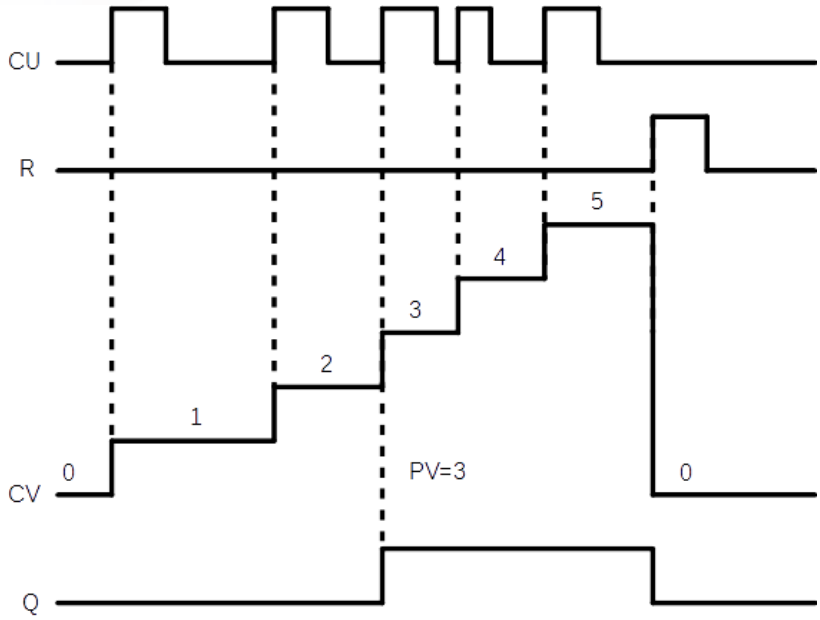
Loendurite sümbolid on toodud joonisel 3.9.



Joonis 3.9: Loendurid:
a) üles,
b) alla,
c) üles-alla [1] [2]

Üles loendur CTU (joonis 3.9. a):

- CU – sisendsignaalide tõusvate nõlvade loendamine,
- CV – praegune väärtus,
- R – lähtestamine,
- PV – eelseadistatud väärtus,
- Q – väljund Q; sisendis Q kuvatakse loogilised andmed 1, kui CV = PV.



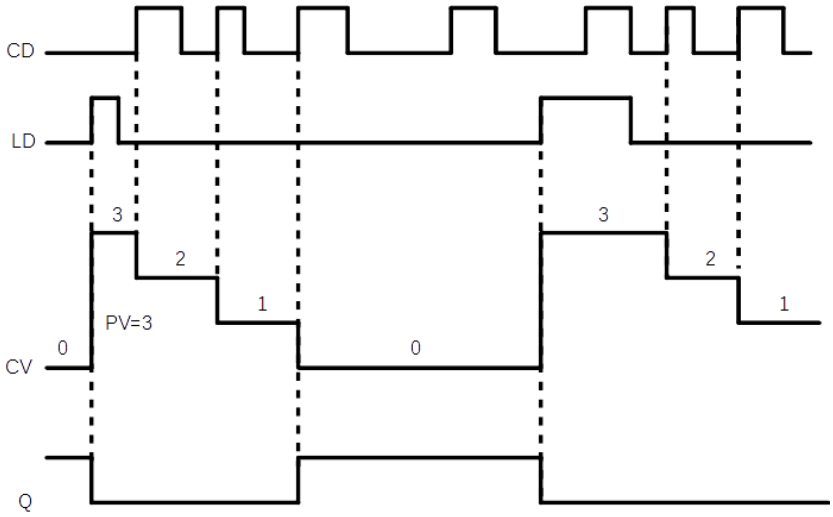
Joonis 3.10: Üles loenduri ajasignaalid [2]

Üles loenduri tööpõhimõte võib olla esindatud aeg signaalidega. Need lainekujud on näidatud joonisel 3.10.

Alla loendur CTD (joonis. 3.9b):

- CD – sisendsignaalide tõusvate nõlvade loendamine,
- CV – praegune väärtus, a) b) c) Joonis 5: Loendurid: liitmine (a), lahutamine (b), liitmine-lahutamine (c)
- LD – koormus,
- PV – eelseadistatud väärtus,
- Q – väljund Q; sisendis Q kuvatakse loogilised andmed 1, kui CV = 0.

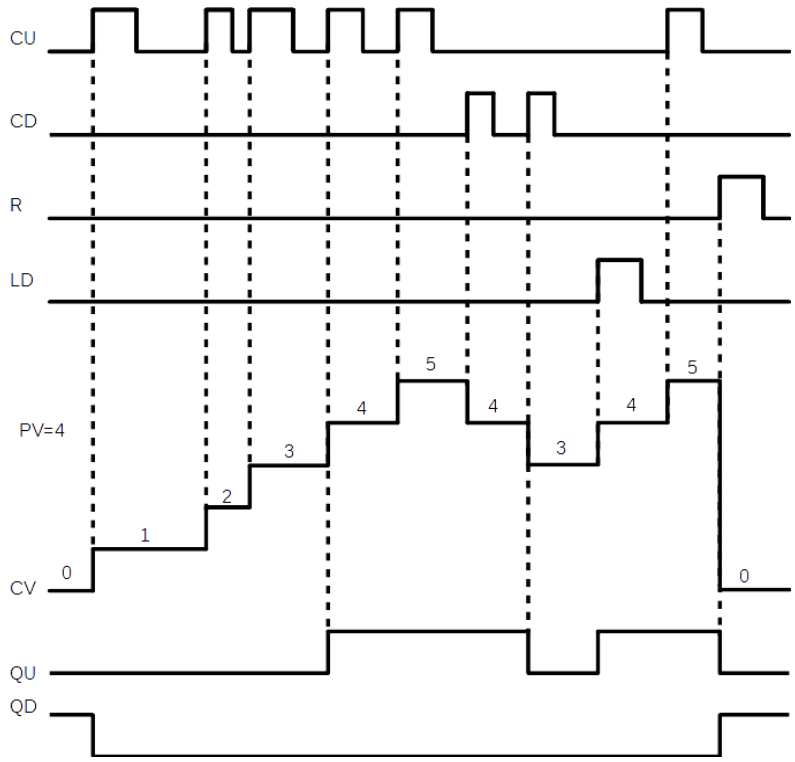
Alla loenduri tööpõhimõte võib olla esindatud aeg signaalidega. Need lainekujud on näidatud joonisel 3.11.



Joonis 3.11: Alla loenduri ajasignaalid [2]

Üles-alla loendur CTUD (joonis 3.9c) see on kombinatsioon eelmisest kahest loendurist CTU ja CTD. Seetõttu on sellel 2 loendussisendit ja 2 väljundit, lisaks 1 lähtestamissisend ja 1 laadimissisend.

Üles-alla loenduri tööpõhimõtet saab esitada ajasignaalidega. Need lainekujud on näidatud joonisel 3.12.



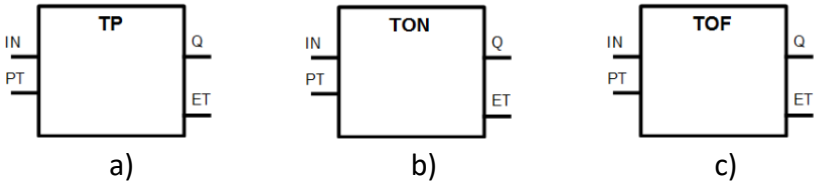
Joonis 3.12: Üles-alla loenduri ajasignaalid [2]

Taimerid on funktsionaalsed plokid mida kasutatakse ajastuseks, sisse- või väljalülitamiseks, võttes arvesse ajalisi tingimusi (nt viivitust) [1]

Taimereid on kolm põhitüüpi [1]:

- TP – impulss,
- TON – käivitus-viivitus,
- TOF – välja lülitus-viivitus.

Konkreetsed taimeri sümbolid on esitatud joonisel 3.13.



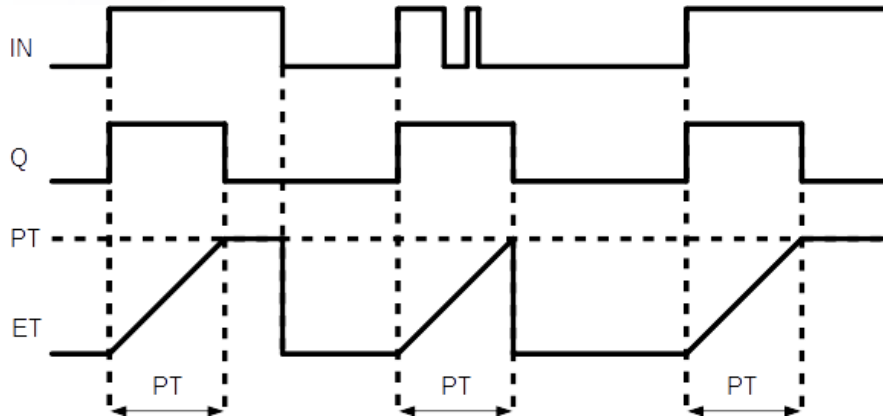
a) b) c)

Joonis 3.13: Loendurid:
a) TP,
b) TON,
c) TOF [1]

Taimer TP (Joon. 3.13 a):

- IN – taimeri sisend,
- PT – eelseadistatud aeg,
- ET – möödunud aeg,
- Q – väljund.

Taimer TP tööpõhimõtte saab esitada aja signaalidega. Need lainekujud on näidatud joonisel 3.14.

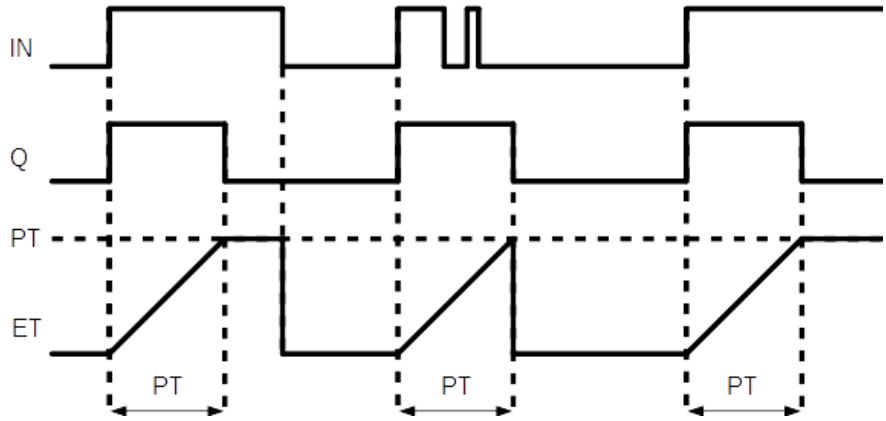


Joonis 3.14: Loendur TP ajasignaalid

Timer TON (Joon. 13 b):

- IN – taimeri sisend,
- PT – eelseadistatud aeg,
- ET – möödunud aeg,
- Q – väljund.

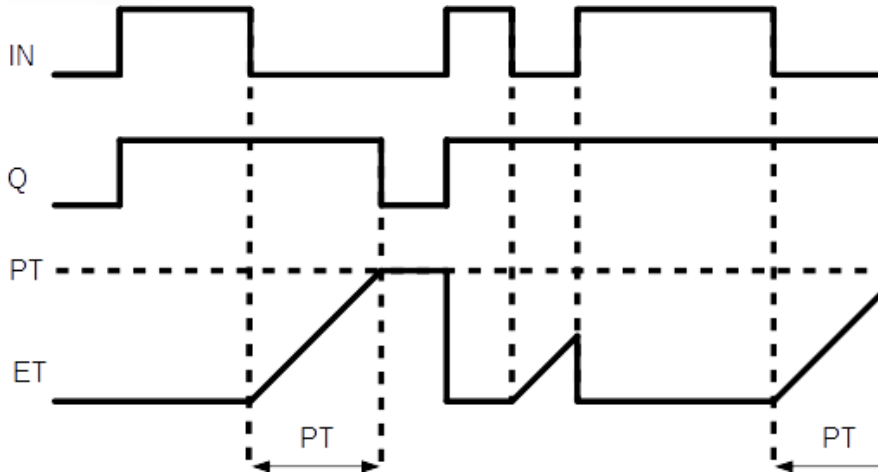
Taimer TON tööpõhimõtte saab esitada aja signaalidega. Need lainekujud on näidatud joonisel 3.15.



Joonis 3.15: Loendur TON ajasignaalid

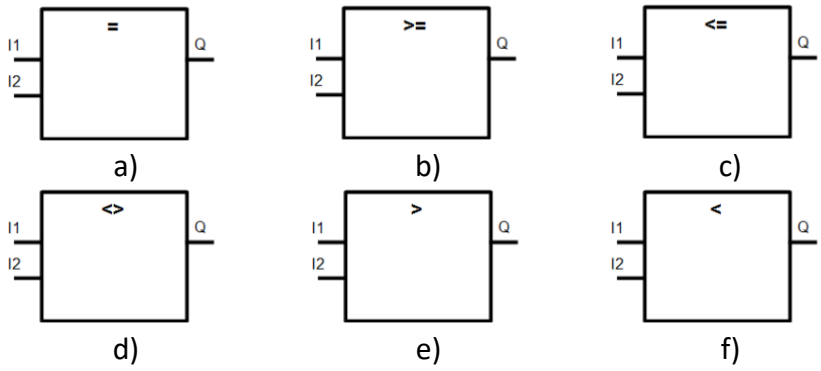
Timer TOF (Joon. 3.13 c):

- IN – taimeri sisend,
- PT – eelseadistatud aeg,
- ET – möödunud aeg,
- Q – väljund. Taimer TOF tööpõhimõtte saab esitada aja signaalidega. Need lainekujud on näidatud joonisel 3.16.



Joonis 3.16: loenduri TOF ajasignaalid

Võrdlusfunktsioone kasutatakse kahe sama tüüpi sisendi (I1 ja I2) andmeväärtuse võrdlemiseks. Kui võrdlustingimus on täidetud, kuvatakse väljundis Q loogika 1. Võrdlusfunktsiooni sümbolid on näidatud joonisel 3.17 [2].



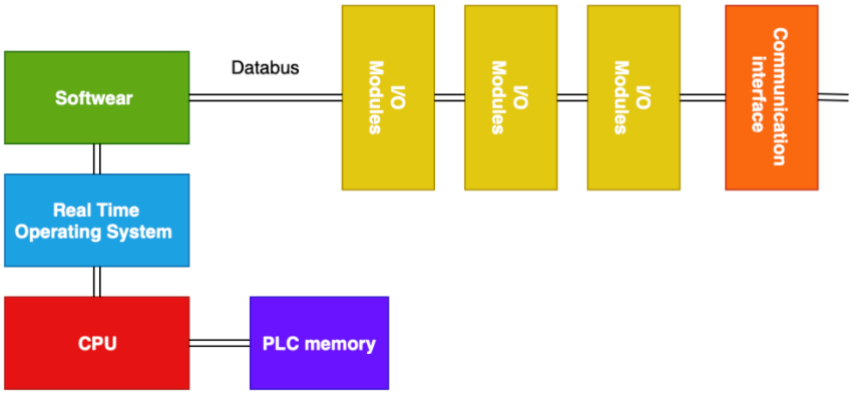
Joonis 3.17: Erinevad võrdlus funktsioonid:
a) võrdväärtus,
b) suurem-võrdne,
c) väiksem-võrdne,
d) erinevad,
e) suurem,
f) väiksem [1]

3.4 Construction and Operating Principles of Controllers

Programmeeritav loogikakontroller PLC on tööstusarvuti, mis täidab järgmisi reaalajalisi funktsioone opsüsteemi juhtimisel [1]:

1. **Kogub mõõtmisi (tulemusi)** kasutades digitaalseid ja analoogseid sisendeid andurite ja mõõteseadmete abil;
2. **Jooksutab kasutaja programme,** mis sisaldavad kodeeritud kontrolli ja andmete töötlemiseks algoritme, kasutades saadud andmeid umbeskontrollitud protsess või masinaga;
3. **Genereerib juhtsignaali,** mis on vastavad kasutaja programmi arvutustele ja saadab neid läbi väljundmoodulite lõppkomponentideni;
4. **Edastab andmeid** moodulite ja sideühenduste abil;
5. **Täidab** tarkvara ja riistvara **diagnostikafunktsioone**.

Selle definitsiooni kohaselt on PLC tööstuslik arvuti. Seetõttu peaks kontrolleri konstruktsioon sarnanema arvutikomplektiga. Nende kahe seadme ühised elemendid on kahtlemata: mikroprotsessor, RAM ja ROM-mälu, siin, operatsioonisüsteem (kontrolleritele on see reaalajas süsteem). Lisaks on PLC varustatud sisend- ja väljundsüsteemiga teabe kasutamiseks kontrollerite ja keskkonna vahel. Tüüpilise programmeeritava loogikakontrolleri lihtsustatud arhitektuur on välja toodud joonisel 3.17.



Joonis 3.17: PLC kontrolleri lihtsustatud arhitektuur [4]

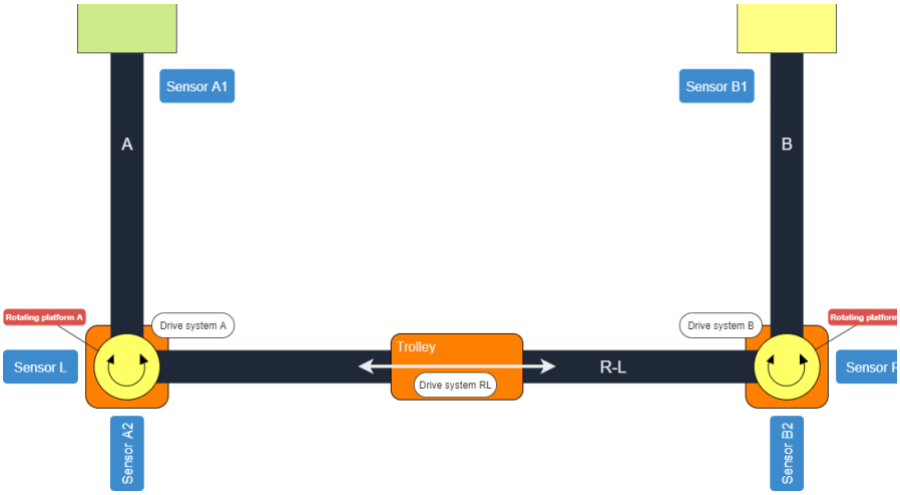
3.5 VR-programmi kirjeldus

Selle stsenaariumi harjutuste tegemise koht on virtuaalne tehase ruum. Ruumis on jaam koos käruga, mis liigub piki radu kasutades simuleeritud PLC kontrollerit. Toa vaade on näidatud joonisel 3.18.

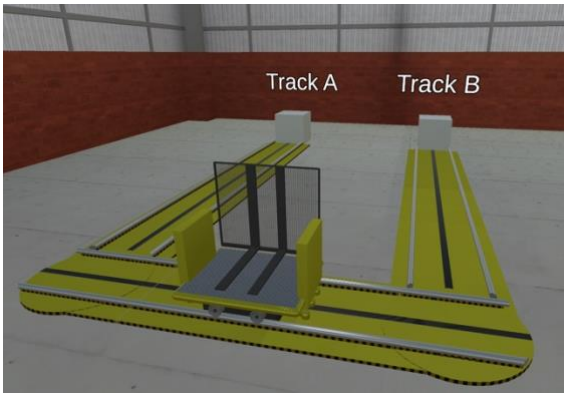
Joonis 3.18: tehase ruum

Jaama skeem on näidatud joonisel 3. Käru on varustatud oma RL Drive süsteemiga, mis liigub koos sellega. Tõstuk võib liikuda mööda radu R-L ja A ja B. Kõrvalistele radadele keeramine nõuavab 90 ° pööramist. Pöörlevat platvormi A ja pöörlevat platvormi B kasutatakse

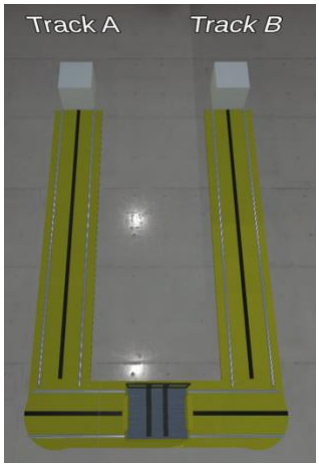
pöörlemiseks mõlemas suunas. Igal platvormil on oma ajam - vastavalt A-süsteem ja B-süsteem. Igal rajal on ka piiriandurid: rajal A - andur A1 ja andur A2, rajal B - andur B1 ja andur B2 ning rajal RL - andur R ja andur L.



Joonis 3.19: Jaama skeem



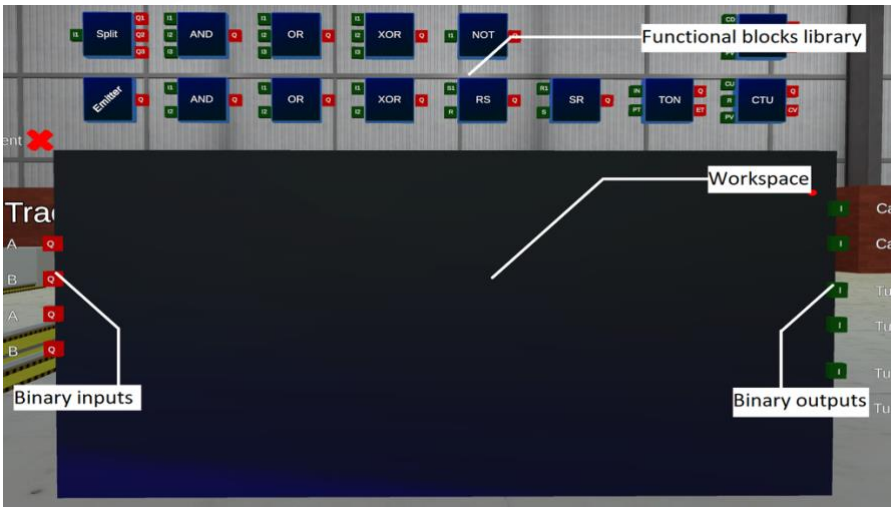
a)



b)

Joonis 3.20:
a) jaam;
b) kõrgemal

PLC simulaator paneel koosneb funktsiooniplokkide kogumikust, töö ruumist, kus programmi plokid asetatud ja ühendatud, ning sisenditest ja väljunditest. PLC simulaatori tahvli vaade on näidatud joonisel 3.21. PLC simulaatoril on 4 binaarset sisendit ja 6 binaarset väljundit. Simulaatori sisendid on ühendatud jaama sensoritega: neist kaks teatavad, et käru on pöörleval platvormil: pöörlev platvorm A või pöörlev platvorm B, ja kaks andurit, mis teatavad, et käru on jõudnud raja A või raja B lõppu. Simulaatori binaarsed väljundid annavad signaale: pöörlevatele platvormidele - need aktiveerivad platvormide pöörlemist CW ja CCW suunas ning kaks väljundit mis aktiveerivad käru liikumise (vasakule või paremale).

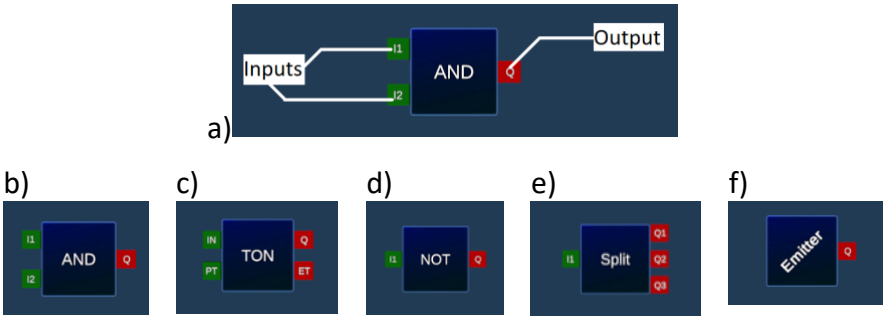


Joonis 3.21: PLC simulaatorilaud

PLC simulaatori tahvli kohal on funktsiooniplokkide raamatukogu. See sisaldab järgmisi elemente:

- loogiline funktsioon : JA (AND), VÕI (OR) ja XOR,
- eitav lause : EI (NOT),
- biti värati : SR ja RS,
- ja taimer: TON.

Ülalnimetatud elemendid sisaldavad kahte või kolme sisendit. Lisaks on saadaval ka signaali eraldav poolitus-värati ja loogikaväljundi "1". Valimik PLC simulaator funktsiooni plokkidest on joonisel 3.22.



Joonis 3.22: PLC simulaatori funktsiooniploki sümbolid :
a) funktsiooniplokk 2 sisendiga,
b) funktsiooniplokk 3 sisendiga,
c) taimer TON,
d) eitav lause,
e) poolitus-värati,
f) loogikaväljund

Tööstuslike rakenduste juhtimisprogrammi loomiseks tuleb sisestada tööruumi sobivad funktsiooniplokid ja luua nende vahel õiged ühendused. Plokid on võimalik funktsiooniblokkide kogumikust alla haarata kasutades virtuaalseid manipulaatoreid. Haaratud plokk tuleb paigutada tööruumi ja ühendada seejärel teiste plokkidega. On võimalik ühendada ühe plokki väljund järgmise plokki sisendiga. Väljundeid ei ole omavahel võimalik ühendada. Siiski on võimalik jagada väljundsignaali kasutades poolitus - väratit. Programmi käivitamiseks on vaja kasutada loogikaväljund plokki. Käru saab algasendisse viia „Reset” nupuga, mis asub PLC simulaatori tahvli tööruumi kõrval.

Viidet:

[1]. Kasprzyk J., Programowanie sterowników przemysłowych, WNT Warszawa 2006

[2]. Simatic S7 Programowalny sterownik S7-1200. Podręcznik systemu, Wydanie 04/2009

[3]. Kwaśniewski J., Sterowniki SIMATIC S7-1200 w praktyce inżynierskiej, BTC Legionowo 2013

[4]. Kwiecień R., Komputerowe systemy automatyki przemysłowej, Helion Gliwice 2013

STSENAARIUM 3 - SORTEERIMIS LIIN LINDIGA

4.1. Stsenaariumi eesmärk

Viimase aastakümne jooksul on automaatset jäätmete sorteerimine olnud huvitav teema üle kogu maailma. Uurimisvaldkonnas on kirjutatud palju artikleid jäätmete tõhusat sorteerimist käsitlevate uute meetodite, andurite ja ajamite kohta.

Õpilased hakkavad tundma taaskasutuse protsessi, mis peamiselt sisaldab jäätmete sorteerimist. Eelkõige on õpilastel võimalus seadistada ja kasutada sorteerimisliinil kasutatavaid elektromagnetilisi andureid ja ajameid.

Tööstuses sorteeritakse sega jäätmed tavapäraste meetodite alusel. Tavaliselt on suurem osa kasutamata jäänud esemetest ja jäätmetest pärinevad köögist ja koosnevad metallist, klaasist, paberist, plastist või biolagunevatest jäätmetest. Neid materjale saab edasiseks kasutamiseks ringlusse võtta. Esimene samm ringlussevõtu suunas on jäätmete sortimine.

Sorteerimisliini ehitades saab kasutaja kogeda, kuidas treeningul saadaolevaid sensoreid ja ajameid seadistada ja õigesti kasutada.

4.2. Sissejuhatus

Stsenaariumis on kaks sorteerimise alaliiki, nimelt olmeprügi ja tööstusjäätmed, seega seal on kaks stsenaariumi valida: olmeprügi ja tööstusjäätmed sorteerimine vastavalt. Valiku saab teha joonisel 4.1 näidatud peamenüü abil.

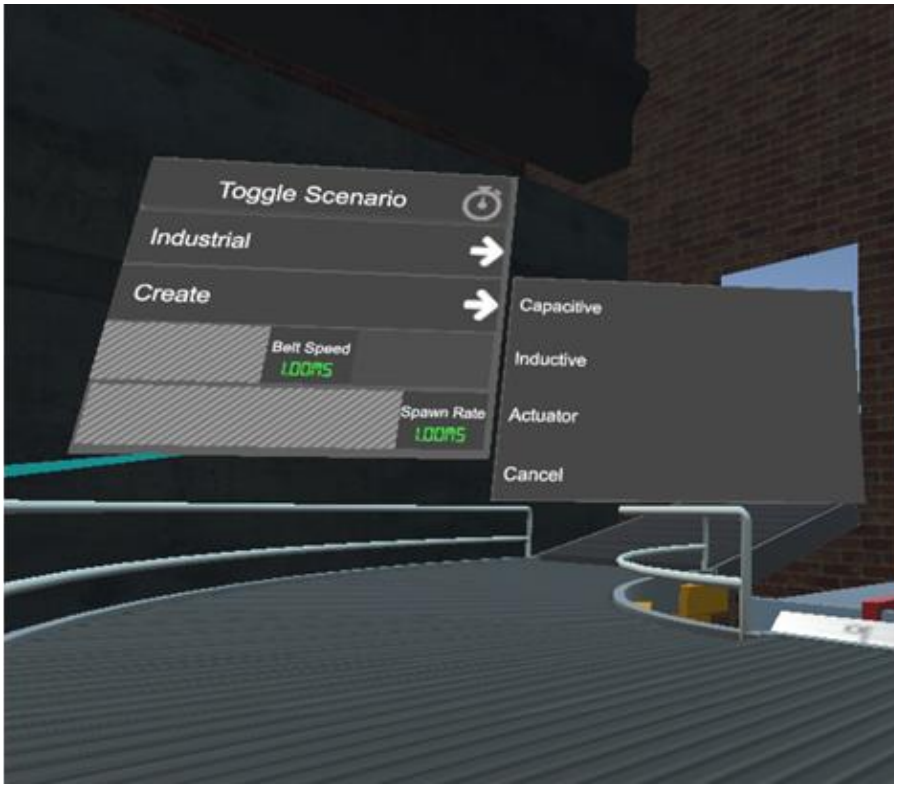
Teisest menüüst on võimalik valida siis kahe pakutud tsenaariumi vahel:

- olmeprügi.

- tööstusjäätmed.

Olmejäätmete sorteerimine koosneb kolmest kategooriast:

- Orgaanilised jäätmed;
- Klaaspudelid;
- Plastist (toidupakendid).



Joonis 3.1. Põhimenüü

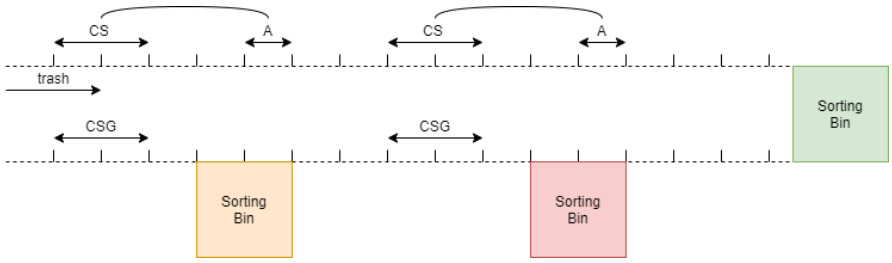
Tööstusjäätmete sorteerimisel on kolme tüüpi materjale:

- Ferromagnetiline ja mittejuhtiv (nt mootori südamiku ferriit ja kaabli varjestus);
- Juhtiv ja mitteferromagnetiline (näiteks mootorivarda ja mähiste alumiinium ja vask);
- Plastist (mootorite osad plastist).

Selles stsenaariumis saab kasutada kahte tüüpi andureid: induktiivsensor ja mahtuvuslik andur. Induktiivsensor on võimeline eristama metallilisi ja ferromagnetilisi objekte, samas kui mahtuvuslik andur on tundlik plastikust, klaasist ja orgaanilistest jäätmetest.Pärast kui andurid tuvastavad jäätmete materjali, suruvad aktuaatorid sorteeritud prügi vastavasse prügikasti.
Kasutuajal tulev seadistada sorteerimis liin ning kasutajal pole ajalist piirangut ülesande täitmiseks.
Peamenüüs on võimalik seadistada ka liini kiirust ja prügi tekke kiirust.

4.3. Sorteerimisliini virtuaalne kokkupanek

Andurid ja täiturid tuleb kasutaja poolt lisada (abil nuppu "registreeri" põhimenüüs, vt. 4.1) ja panna eelnevalt kindlaks määratud kohale. Eelnevalt määratletud pilud on 20 cm laiad, seetõttu induktiivsensor, mille läbimõõt on 20 cm, tuleb asetada ühte ettemääratud pesasse. Mahtuvuslik andur, mis on 20–60 cm, võib hõivata kuni kolm eelnevalt määratletud pilu ühel vöö küljel (toiteelektrood) ja kolme pilu teisel rihma küljel (maandatud elektrood). Täiturmehhanismid tuleks asetada eelnevalt määratletud pesasse.
Kõik andurid ja ajamid peaksid asuma eelnevalt määratletud asendis sortimisrihma konkreetsetes piludes; ajamid peaksid asuma iga prügikasti ees.
Näite huvides on joonisel 4.2 esitatud stsenaariumi A sorteerimisliini võimalik konfiguratsioon (CS ja CSG on mahtuvusliku anduri kaks plaati).



Joonis 4.2. Sorteerimisliini võimalik konfiguratsioon.

Pärast sortimisjoone kokkupanekut tuleb iga anduri ja ajami parameetrid seadistada.
Igal objektil klõpsates on võimalik seadistada antud vahemikus vastavad parameetrid.

4.4. Mahtuvuslik andur

Mahtuvuslik andur koosneb kahest elektroodiplaadist: üks on maandatud, teine toidetakse vahelduvpingega. Jäätme tükki on võimalik tuvastada kui see läheb sensori vahelt läbi. Sorteeritavate prügitükkide erinevate dielektriliste omaduste tõttu tekivad muutused mahus C, mille andur tuvastab. Sensor on toodud joonisel. 4.3.

Joonis 4.3. Mahtuvuslik andur

Plaatide mõõtmed on erineva pikkusega. T ta saab kasutaja määrata pikkuse valides 20, 40 või 60 cm valides 1, 2 või 3 konfigureerimis menüüst.
Kasutaja saab klõpsata anduri plussmärgil ja avaneb menüü: siin saab kasutaja seada rakendatava pinge suuruse ja sageduse ning plaatide pikkuse (valida vahemikus 20, 40 või 60 cm).

Lisaks plaatide pikkusele on võimalik muuta, sagedust f ja amplituudi V. Pinge ja sageduse võib muuta etteantud vahemikus järgmiselt:

$$10\ \text{kHz} \leq f \leq 20\ \text{MHz}$$

$$100\ \text{mV} \leq V \leq 20\ \text{V}$$

(eq. 1)

Anduri vool seejärel saab arvutada kasutades valemit

$$\mathrm{I} = \frac{V1}{\left|\frac{1}{j\omega C}\right|} = V2\pi f C \quad [A]$$

(eq. 2)

Antud stsenaariums on anduril võimalik tuvastada voolu suuruseid vahemikus:

$$50\ \ [\mu\text{A}] \leq \mathrm{I} \leq 10\ [\text{mA}].$$

(eq. 3)

Kui väljundvool on alla 50 µA, ei ole vool tuvastatavas vahemikus, nii et väljundsignaali ei genereerita. Üle 10 mA süsteem loob häiret ja andur võib mõne aja pärast põleda (anduri ülekuumenemine). Kuid mahtuvusliku anduri vool on vahemikus 50µA10mA, siis see töötab korrektselt.

4.5. Induktiivne andur

Induktiivne andur on võimeline tajuma elektrit juhtivaid ja ferromagnetilisi objekte. Juhtivate objektide tajumise põhimõte põhineb pöörisvooludel: kui mähisele antakse ajaliselt muutuv vool (meie anduris on vahelduvvool), tekivad juhis pöörisvoolud, mis muudavad magnetvälja jaotust. Ferromagnetiliste materjalide tundmise põhimõte põhineb magnetvälja jaotuse muutmisel ferromagnetilise objekti tõttu, mis kipub väljade jooni meelitama.

Andur on valmistatud mähises olevast rauasüdamikust, mida toidetakse vahelduvpingega, ja juhtitakse ekraanist. Kui mähis on koormamata (ei ole tajutavaid ferromagnetilisi ega juhtivaid objekte), iseloomustatakse seda impedantsi etteantud väärtusega. Kui anduri

ees on juhtiv objekt, muutub mähise impedants madalamaks.Kui anduri ees on ferromagnetiline objekt, tõuseb mähise impedants suuremaks. Induktiivandur on näidatud joonisel 4.4.

Joon ure 4.4. Induktiivne andur

Kasutaja saab klõpsata anduril ja avaneb menüü: siin saab kasutaja määrata rakendatud pinge suuruse ja sageduse.
Rakendatud sagedust f ja pinget V saab muuta etteantud vahemikkus järgmiselt:

$$10\ \text{kHz} \leq f \leq 1\ \text{MHz}$$

$$100\ \text{mV} \leq V \leq 10\ \text{V}$$

(eq. 4)

Selle Anduri voolutugevust saab tuletada kasutades

$$I = \frac{V}{|j\omega L|} = \frac{V}{2\pi f L}\ \ [A]$$

(eq. 5)

Antud stsenaariums on anduril võimalik tuvastada voolu suuruseid vahemikus:

$$50\ \ [\mu A] \leq I \leq 10\ [mA].$$

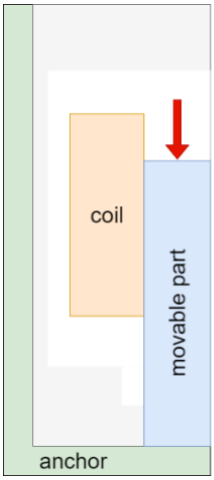
(eq. 6)

Kui väljundvool on alla 50 µA, ei ole vool tuvastatavas vahemikus, nii et väljundsignaali ei genereerita. Üle 10 mA süsteem loob häiret ja

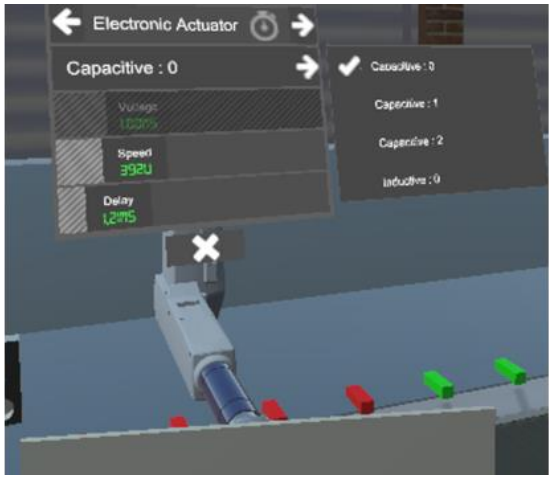
andur võib mõne aja pärast põleda (anduri ülekuumenemine). Kuid induktiivse anduri vool on vahemikus 50µA10mA, siis see töötab korrektselt.

4.6. Elektromagnetiline ajam

Elektromagneetiline aktuaator koosneb magnetilisest vooluringist ja mähisest. Kui poolis on vool, siis liikuv osa ajamil (punasega Joon. 4.5) tõmmatakse täiturmehhanismi sees (liikumine alt üles joonisel. 4.5) ja seega ankur (roheline joonisel 4.5a) lükkab jäätmeid. Kui vool on välja lülitatud, siis liikuv osa väljub täiturist (liikumist ülevalt alla joon. 4.5) ja ankur jääb sisse. Stsenaariumis nähtavat elektromagnetilist ajamit on näidatud joonisel 4.5b.



(a)



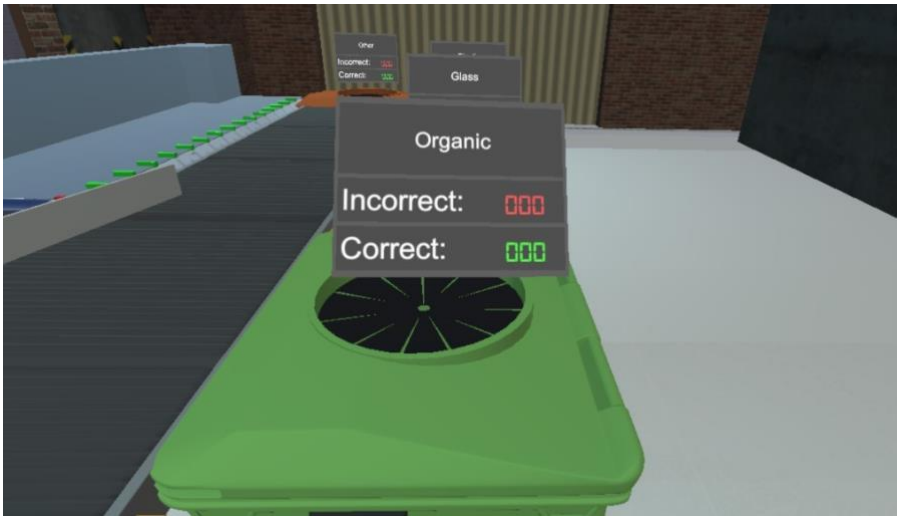
(b)

Joonis 4.5. Elektromagnetiline ajam

Kasutaja saab klõpsata täiturmehhanismile ja avaneb menüü: siin saab kasutaja määrata ankru kiiruse. Kiirus on seotud jõuga, mis on võrdeline voolu ruutväärtusega.
Aktuaatorit on võimalik siduda asjakohase sensoriga, valides nimekirjast nagu on näidatud joonisel. 4.5b.
Täiturseade on võimeline jäätmeid prügikasti lükama, kui kiirus on seatud õigete väärtuste vahemikku. Vastasel juhul lükatakse ese prügikastist välja või see jääb lindile.
Täiturmehhanismi viivitus tuleb seadistada: teades rihma kiirust (vt peamenüüd) ja rihma küljel olevate roheliste (või punaste) ribade vahelist kaugust, mis on 20 cm, on võimalik arvutada õige seadistatav viivitus.

4.7. Sorteerimisliini käitamine

Pärast liini seadmist jookseb stsenaarium ise: selle osa kestus on 2 minutit. Stsenaariumi aktiveerimiseks või peatamiseks peab kasutaja klõpsama peamenüüs nuppu "Lülita stsenaarium" (vt joonis 4.1). Õigesti või valesti sorteeritud jäätme tükkide arvu järgi saab määrata kasutajale hinde (vt joonis 4.6).



Joonis 4.6. Maht orgaaniliste jäätmete jaoks ja skoor

Lisa A - HTC VIVE: KASUTUSJUHEND

Sissejuhatus

See juhend on mõeldud HTC Vive üles seadmiseks, korrektseks kasutuseks ja hoolitsemiseks. See juhend sisaldab põhijuhiseid, mida tuleb järgida, kokkupanekul ja Vive esmakordsel sisselülitamisel. Kontrollerite osa sisaldab jaotist, mis kirjeldab, kuidas navigeerida VR-keskkonnas. Viimane osa kirjeldab peakomplekti puhastamist ja selle eest hoolt kandmist. Juhend põhineb ametlikul HTC Vive kasutusjuhendil:

https://www.htc.com/managedassets/shared/desktop/vive/Vive

Kontrollerid

1. Menüünupp
2. Puuteplaat
3. Süsteemi nupp
4. Olekutuli
5. USB laadimisadapter
6. Jälgimissensor
7. Päästik
8. Haaramisnupp

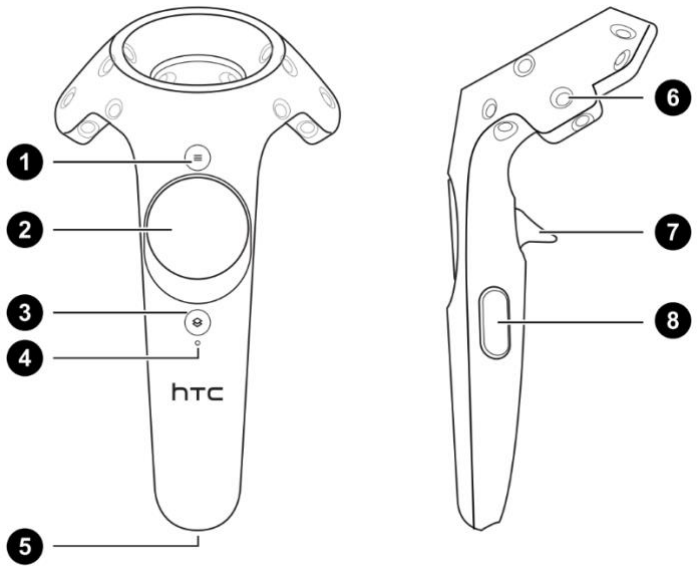


Figure A.1. Vive controller

Aktiveerimine

Kontrolleri sisselülitamiseks hoidke all Süsteemi nupp kuni kuulete piiksu. Kontrollerite väljalülitamiseks hoidke süsteeminuppu all, kuni kuulete piiksu. Esimest korda sisse lülitades alustavad kontrollerid automaatselt peakomplektiga sidumise. Kontrollerite käsitsi sidumiseks käivitage rakendus SteamVR ja minge seejärel jaotisse **Settings ⇒ Devices ⇒ Pair Controller**

Olekutuli

1. Valge tuli näitab, et kontroller on täielikult laetud kui see on laadimas
2. Valge tuli näitab, et kontroller on täielikult laetud kui see on laadimas
3. Sinine, kui kontrollerid on seotud
4. Vilgub punaselt, kui aku on madal
5. Oranž tuli põleb, kui kontroller on laadimas
6. Roheline tuli, kui kontroller on aktiivne

Kasutamine

VR-keskkonnas navigeerimiseks määrake kontroller soovitud menüü sihtpunktis ja vajutage päästiku nuppu. Puuteplaate saab kasutada VR-siseseks liikumiseks. Selleks hoidke puutenuppu, mis projitseerib asukoha indikaatori. Vajutades puutenuppu, teleportib kasutaja valitud asukohta. Süsteeminuppu saab kasutada SteamVR-i peamenüüsse sisenemiseks mis tahes VR-keskkonnast ja sellest saab väljuda teist korda nuppu vajutades. SteamVR menüüd ei kuvata eraldimonitoril, selle menüü olemas olekust on ainult võimalik aru saada kui monitoril resolutsioon väheneb.

Tugijaamad

1. Olekutuli
2. LED-objektiiv
3. Kanali indikaator
4. Toiteport
5. Kanali nupp
6. Sünkrooni kaabli port
7. Mikro-USB-port

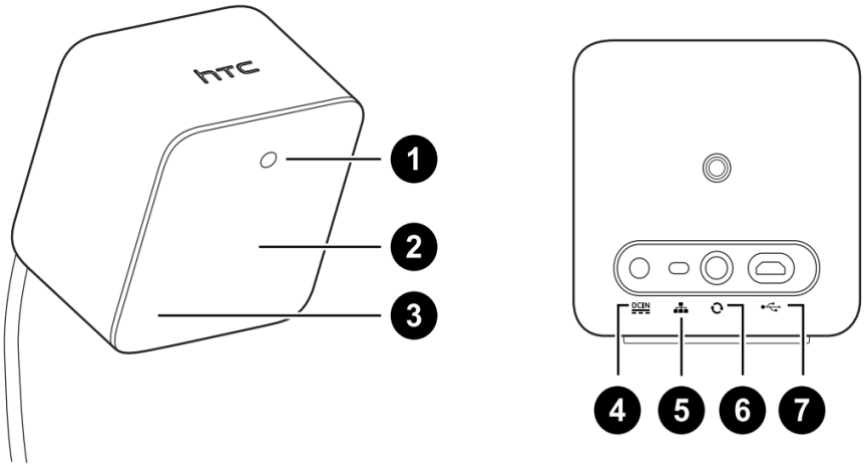


Figure A.2. Tugijaamad

Paigaldamine

Paigutage tugijaamad diagonaalselt üle ruumi ja üle omakõrguse. Parimaks jälgimiseks veenduge, et maksimaalne vahemaa kahe tugijaama vahel on 5 meetrit ja minimaalne on 2 meetrit. Igal tugijaamal on 120-kraadi vaateväli. Soovitav on, et need oleksid alla suunatud nurgaga 30 kuni 45 kraadi.

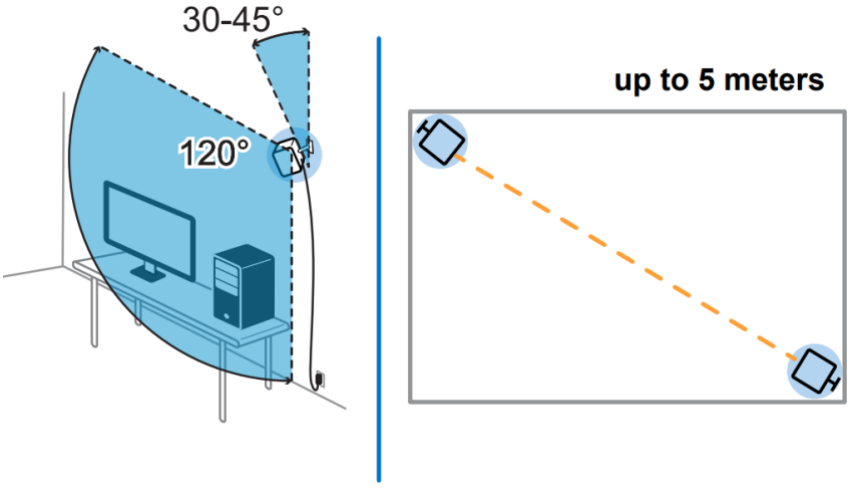


Figure A.3.

Aktiveerimine

Pärast toitekaabliühendamist tugijaamaga. Vajutage tugi-jaamade taga olevat nuppu Kanal nii, et üks tugijaam on seatud kanalile “b”, ja teine oleks seadistatud “c”-kanalisse.

Olekutuli

1. Roheline, kui tugijaam on aktiivne
2. Vilgub roheliselt, kui tugijaam on ooterežiimis
3. Lilla, kui tugijaamad üritavad sünkroonida
4. Vilgub lilla, kui sünkroonimine on blokeeritud

Peakomplekti

Objektiivi reguleerimine

Objektiivide vahelise vahekauguse reguleerimiseks reguleerige nuppu peakomplekti vasakus alumises servas,

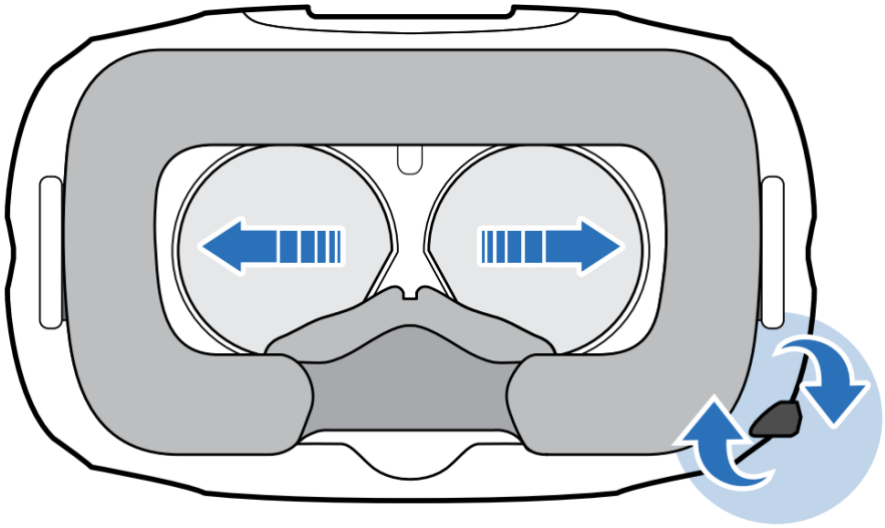


Figure A.4.

Näolapi puhastamine

Näopadja puhastamiseks koorige padi mõlemalt poolelt peakomplekti küljest lahti. Seejärel pühkige padi niiske sileda lapiga ja kuivatage toatemperatuuril. Ärge kastke, leotage, hõõruge, väänake ega pleegitage näopatja.

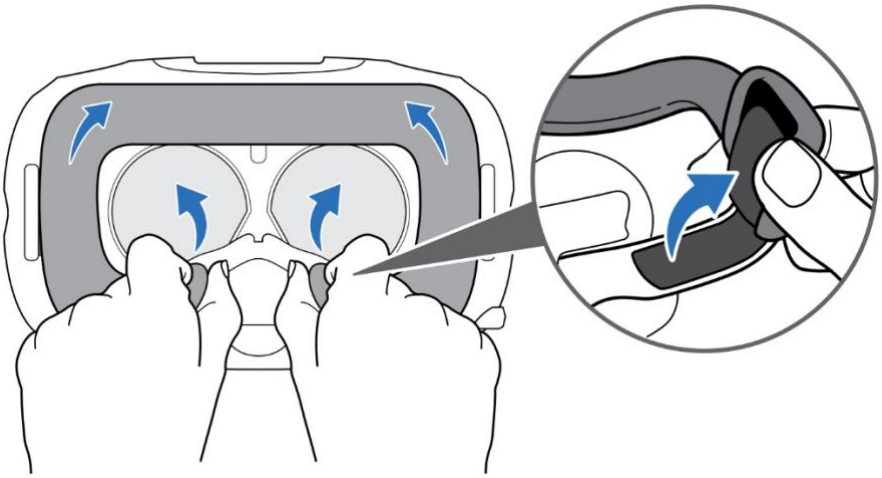


Figure A.5.

Objektiivide puhastamine

Peakomplekti läätsede puhastamiseks pühkige objektiivid alkoholiga leotatud (või läätsede puhastus vedelikuga) mikrokiust lapiga, hõõruge läätsi ümmarguse liikumissuunaga. Ärge jätke läätsi otsese päikesevalguse kätte, kuna see võib kahjustada ekraani.

Figure A.6.

Olekutuli

1. Roheline tuli näitab, et peakomplekt on aktiivne
2. Aeglaselt roheliselt vilkuv peakomplekt on ooterežiimis
3. Punane, kui seadmel on ilmnenud tõrge kaabli võiekraaniga

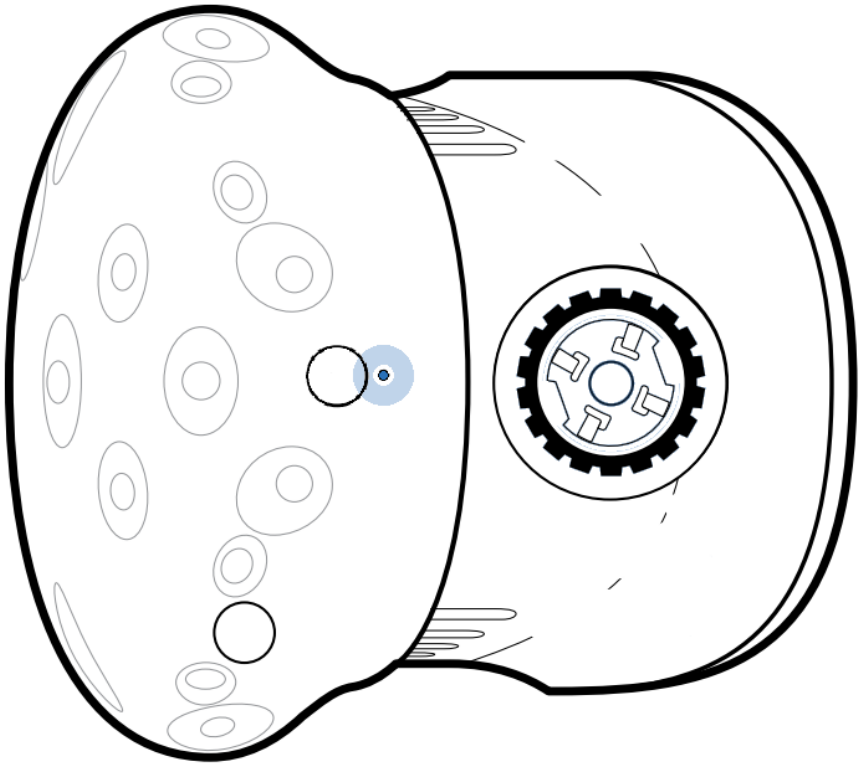


Figure A.7.

Lingikast

Ühendage peakomplekt lingikasti abil arvutiga kasutades kaasasolevaid kaableid. Peakomplekti toide tuleb läbi lingi kasti kasutades eraldi laadijat.

1. Peakomplekti kaabel
2. Toiteport
3. USB-port
4. Mini DisplayPort (alternatiiv HDMI-le)
5. HDMI-port

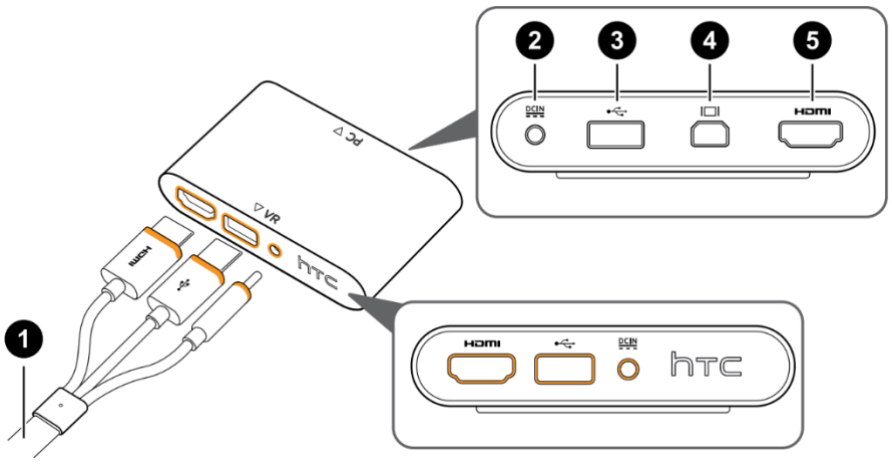


Figure A.8.

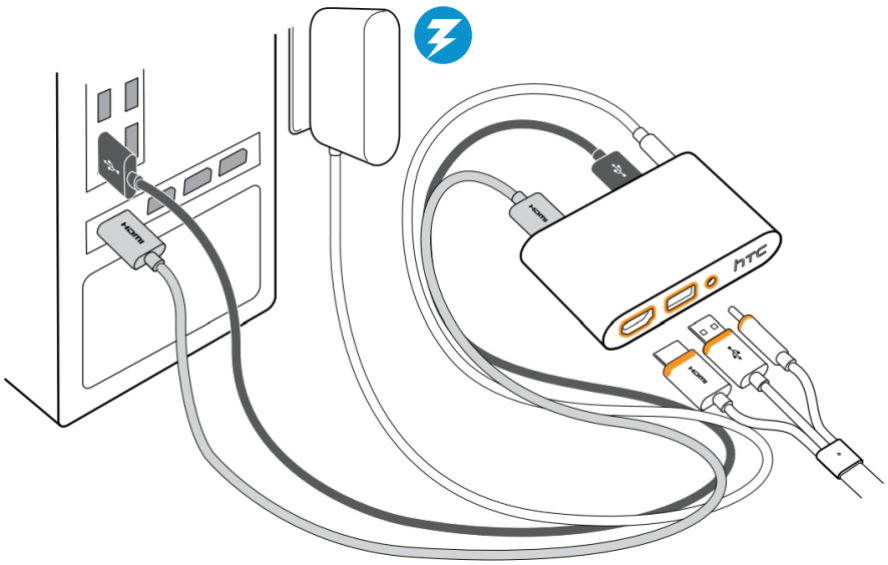


Figure A.9.

SteamVR üles Seadistamine

Enne Vive'i kasutamist tuleb läbi viia seadistusprotsess, mis hõlmab mänguala määratlemist. Alustamiseks laadige alla ja installige rakendus Steam saidilt
http://store.steampowered.com/about/.
Tuleb luua oma Steami konto. Kui Steam on installitud või kui teil juba on Steam, minge Library⇒Tools SteamVR rakenduse installimiseks. Kui see on valmis, käivitage rakendus SteamVR. Valige SteamVR-is Run Room Setup⇒Room-scale ja järgige ekraanil kuvatavaid juhiseid.