# ViMeLa проект

## упатство за лабораториски вежби

## Членови на тимот

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

Кофинансиран од програмата Еразмус + на Европската унија

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

www.vimela.p.lodz.pl

2017-2019

Dorota Kamińska, Grzegorz Zwoliński, Tomasz Sapiński, Anna Firych-Nowacka, Marcin Lefik, 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

CC BY NC SA

Ова издание е кофинансирано од програмата Еразмус + на Европската унија (Стратешко партнерство, ВиМеЛа, 2017-1-PL01-KA2-13-038675)
Оваа публикација е одраз на сфаќањата и погледите само на авторите, при што Националната агенција и Европската комисија не смеат да бидат земени на одговорност за било каква информација која се содржи во текстот.

# Содржина


Содржина ..... 3

1. Вовед ..... 5

1.1. Вовед ..... 5

1.2. Изучување на мехатрониката ..... 6

1.3. Виртуелен спрема реален свет ..... 7

1.4. Проектот ViMeLa ..... 8

2. Сценарио 1 – Конструкција и принципи на работа на електрични мотори ..... 10

2.1. Цел на сценарио 1 ..... 10

2.1.1. Асинхрон мотор (АМ) ..... 11

2.1.2. Синхрони машини (СМ) ..... 12

2.1.3. Машини на еднонасочна струја (МЕС) ..... 19

2.2. Виртуелно составување на електричните машини ..... 21

2.2.1. Синхрон мотор со перманентни магнети ..... 29

2.2.2. Асинхрон мотор ..... 30

2.2.3. Електронски управуван релуктантен мотор ..... 31

2.2.4. Еднонасочен колекторски мотор (ЕКМ) ..... 32

2.2.5. Еднонасочен мотор со перманентни магнети ..... 33

2.2.6. Генератор со перманетни магнети ..... 34

2.3. Принципи на работа на електричните машини ..... 35

3. Scenario 2 -Construction and Operating Principles of Electric Motors 37

3.1 FBD (Функциски блок дијаграм) јазик ..... 37

3.2 Основни блокови во FBD јазикот ..... 38

3.3 Стандардни функциски блокови ..... 40

3.4 Construction and Operating Principles of Controllers ..... 46

3.5 Опис на VR програмот ..... 47

4.1. Цел на сценариото ..... 50

Сценарио 3 – Линија за селекција со бесконечна лента ..... 50

4.2. Вовед ..... 50

4.3. Виртуелно склопување на линијата за селекција .....52
4.4. Капацитивен сензор .....53
4.5. Индуктивен сензор.....54
4.6. Електромагнетен задвижувач .....56
4.7. Работа на лентата за селекција .....57
Додаток А -HTC VIVE: УПАТСТВО .....58
Вовед .....58
Команди .....58
Активирање.....59
Светло за состојба .....59
Употреба.....59
Базна станица .....60
Инсталација.....60
Активирање.....61
Светло за состојба .....61
VR конзола.....61
Подесување на леќите .....61
Чистење на перничето за лице .....62
Чистење на леќите.....62
Светло за состојба .....63
Приклучна кутија .....63
Подесување на апликацијатаSteam VR .....64

# 1. Вовед

## 1.1. Вовед

Во текот на 21 век, високото образование напреднува кон користење нови интерактивни технологии, кои ги заменуваат пенкалата и книгите, со цел да се помогне при пренесувањето на знаењето на студентите, а тие и поедноставно да го совладаат материјалот. Денес, традиционалните методи кои се користат во образованието и наставата, иако со значително подобрени техники на предавање, не го задржуваат интересот кај студентите кои пораснале користејќи интернет, мобилни телефони и таблети. Ваквиот недостаток особено се забележува кај студентите на инженерските науки, а особено кај мехатрониката.

Современите информатичко-компјутерски технологии, брзо се усвојуваат и применуваат образовниот процес при изучување на мехатрониката, како алатка за збогатување на практичното искуство на студентите. Практичната работа е клучен дел од образованието на студентите по инженерските предмети. Сепак, високата цена за спроведување на лабораториски вежби (за образовни цели), наведува да се развиваат виртуелни простории во кои може практично да се симулираат и контролираат вежби во виртуелна реалност (ВР).

Мултимедиските и ВР технологии нудат голем потенцијал за презентирање на теорија и изведување на лабораториски вежби на подобрен и интересен, но сепак економски поисплатлив начин.

Студентите се во можност да ги визуелизираат апстрактните концепти, да набљудуваат настани во микро или макро размери, да посетуваат разни работни околини и да истражуваат уреди и да симулираат состојби, кои вообичаено поради безбедносен фактор не се достапни. ВР лабораториските симулации овозможуваат интерактивно искуство за студентите. Корисниците можат слободно да се движат низ симулираната работна околината, да работата со сите уреди, да вршат испитувања, да донесуваат одлуки и да прават грешки, сè додека комплетно не ја совладаат конкретната тема..

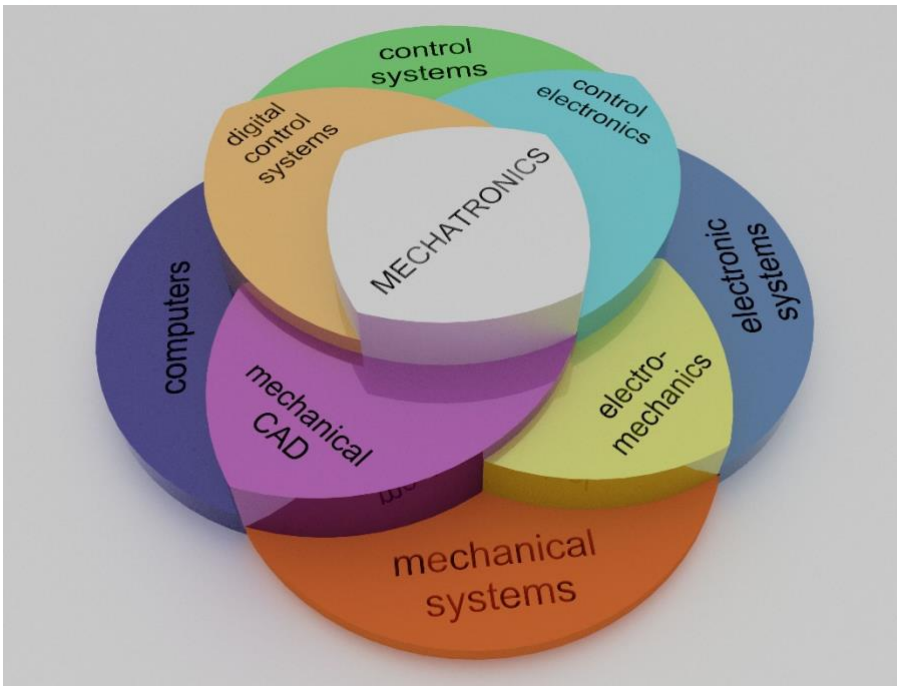
## 1.2. Изучување на мехатрониката

Мехатрониката е област која претставува синергија и соединување на механички, електрични и компјутерски системи, како што е прикажано на слика 1.1. Оттука, евидентно е дека оваа област е интерактивна комбинација на машинско инженерство, електроника и компјутерски технологии, со цел да се постигне идеална рамнотежа помеѓу механичката структура и нејзино целокупно изведување и управување. Подсистеми на мехатрониката се електромеханика, роботика и управување.

Мултидисциплинарниот пристап, во спој со мехатроничкото инженерство, изискува високо академско образование во соодветен баланс со можностите за истражување и развој. Односно, инжинери кои се квалификувани и обучени за дизајнирање, производство, спроведување и обезбедување услуги во нивните професионални, потесни области.

Во моментов, предавањата по мехатроника се поделени на два дела: теоретски предавања и практични лабораториски вежби со изведба на експерименти според методот „учење преку практична реализација“.

1. И покрај ограниченото пристап до машините кој го имаат студентите, практичната лабораториска работа овозможува посуштинско разбирање на теоретските предавања. Сепак, скапата опрема и ограниченото време за обука на студентите не резултираат со очекуваното ниво на совладано знаење. Дополнително, поради фактот дека секоја лабораторија е надгледувана од технички персонал, како и тоа дека студентите при изведување на вежбите се поделени во помали групи, постои ограничен временски период за изведување на секоја вежба.
2. Во некои случаи, студентите изведуваат вежби засновани врз симулации и учат како функционираат мехатроничките системи и уредите во реалноста, но сепак тоа може да изгледа апстрактно и нејасно за студентите и да не ги отсликува во целост физичките феномени на одредени процеси и состојби.




Слика 1.1. Приказ на структурата и клучните елементи на мехатрониката

Опишаните недостатоци при изучување на мехатрониката значително се подобруваат доколку наставата може да биде поддржана од ВР технологија и алатки за ВР. Виртуелните лаборатории кога се користат за ваква примена, на студентите има нудат интерактивно искуство. Најзначајниот исход е тоа што студентите лесно можат да ги научат и совладаат апстрактните концепти, бидејќи можат да ги доживеат и визуелизираат во виртуелната околина.

## 1.3. Виртуелен спрема реален свет

Виртуелната реалност, според основното дефинирање, занчи дека овозможува искуства и интеракции за студентите кои се или непрактични или невозможни да се изведат во „реалниот свет“.

Виртуелната реалност како технологија постоела во различни форми уште во почетокот на 1960 години кога биле развиени првите симулатори за дигитални летови. Како што напредувала технологијата, „виртуелната реалност“ станала начин на прикажување на уреди кои создаваат импресивна, интерактивна средина со визуелизација на реалноста. Виртуелна реалност за пресонален компјутер, се појавила во почетокот на 21 век, бидејќи персоналните компјутери станале доволно моќни за да може да симулираат и овозможат 3Д виртуелни светови.

Воедно, симулацијата на виртуелната реалност е употреба на 3Д објекти и работни околини за создавање на привлечна средина за учење. Принципот на е-учење за виртуелна реалност е да се пренесат, вежбаат и проверуваат знаењата на корисникот, преку примена на интерактивни сценарија и околини за да се прикажат ситуации од реалниот живот. Користејќи 3Д технологија, која овозможува симулација на околини од реалниот свет, се создава одредено опкружување или ситуација. Така, симулацијата на виртуелната реалност обезбедува интерактивно опкружување и искуство. Студентите можат слободно да се движат низ работната околината, директно да анализираат предмети, да вршат испитувања, да донесуваат одлуки и можат да прават грешки сè додека не ја совладаат конкретната тема.

## 1.4. Проектот ViMeLa

Виртуелната лабораторија по мехатроника (eng. Virtual Mechatronic Laboratory – ViMeLa) претставува иновативна алатка за одржување настава и учење по мехатроника. Концептот се заснова на комбиниран метод на учење преку часови по теорија и виртуелна реалност -ВР како алатка за експериментирање. Комбинираното учење претстаува хибриден метод кој ги комбинира дигиталните медиуми (преку ВР) со традиционалните методи во училницата и е поефективен при изучување на мехатрониката, споредено со постојано одржуваните часови лице в лице со студентите. Можноста за лесно менување на виртуелниот свет, односно работна околина, нуди нови можности за тестирање и работа со опрема, без потреба од набавување на скапа реална опрема.

"Tell me and I forget. Teach me and I remember.
Involve me and I learn."

(as per Benjamin Franklin)

Во проектот се развиени три сценарија:

1. Конструкција и принципи на работа на електрични мотори;
2. Подвижна лента за сортирање со пневматски компоненти;
3. Селекција на отпад на подвижна лента.

Иновативноста на предложениот концепт се должи на развојот на нов и оригинален пристап за изучување на мехатрониката, заснован на ВР технологија. Конкретно, создадена е и развиена компјутерска интерактивна околина - фабрика, како што може да се види на слика 1.2, каде се издвоени посебни места за изведување на сите три сценарија. Студентот може да набљудува, да влезе и да се движи низ работната околина, со можност а внесува и динамички промени од сценарио до сценарио.

Слика 1.2. Хала во фабрика развиена во проектот ViMeLa со примена на ВР

"Единствениот извор на знаење е искуството"

(Алберт Ајнштајн)

# 2. Сценарио 1 – Конструкција и принципи на работа на електрични мотори

## 2.1. Цел на сценарио 1

Целта на овој дел од апликацијата ВР е запознавање на корисникот со електричните мотори, нивните основни делови и конструкцијата, како и со нивните принципи на работа. Затоа, 3Д модели на шест автентични електрични машини се подготвени во околината на ВР. Ова сценарио се состои од два дела. Првиот дел од вежбата ќе им овозможи на студентите да ги научат главните составни делови од избраните типови на електрични машини и да стекнат вештина за виртуелно склопување и расклопување на електрични машини во корелација со правилниот избор на нивните главни делови (т.е. статорско јадро, роторско јадно, перманентни магнети, намотки, лагери, вратила, заштитни куќишта и сл.). Симулацискиот модул е дизајниран да ги претстави принципите на машините што се користат во мехатроничките системи. Во вториот дел од првото сценарио, во виртуелниот модел на синхрон мотор со перманентни магнет студентите ќе може да го анализираат влијанието на влезните параметри (пр. различни вредности на напон, фреквенција) врз неговите работни карактеристики и особини.

## 2.1.1. Асинхрон мотор (АМ)

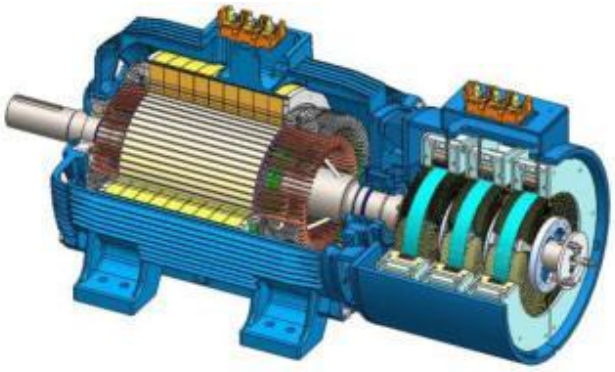
Асинхрона машина е онаа кај која наизменичните струи се испорачуваат директно од намотките на статорот и под дејство на трансформација (индукција) на роторот. Протокот на моќност од статорот во роторот е поврзан со промена на фреквенцијата, а излезот е механичка моќност пренесена кон оптоварувањето поврзано на иста оска со моторот. Асинхрониот мотор е најчесто користениот мотор во индустриското и комерцијалното искористување на електричната енергија. Причините за ваквата применливост на асинхроните мотори, се должи на: едноставниот дизајн, робустна и доверлива работа, ниска цена, минимални одржувања и висока ефикасност. Роторот на асинхрониот мотор може да биде изведен на два начини. Кај моторите со намотан ротор, распределената роторска намотка на едниот крај се изведува до трите лизгачки прстени цврсто сврзани со роторот и се вртат заедно со оската (сл. 1.3). Вториот тип се нарекува асинхрон мотор со кафезен ротор (сл. 1.4), каде што во каналите на роторот се поставуваат кружни проводници - прачки, кои на бочните страни на роторот кусо се поврзуваат со прстени. Во овој случај влезните краеви на роторот не се достапни, за разлика од моторот со намотан ротор, каде приклучните краеви на роторската намотка се поврзани со изолирани лизгачки прстени и се поставени на оската. Графитните четчиња што се прикачени на овие прстени ги прават приклучните краеви на роторот достапни за надворешноста на моторот. Кај трифазен асинхрониот мотор, трите намотки на статорот треба да создадат кружно вртливо поле, т.е. тие треба да бидат изведени врз принципите на трифазни намотки со просторно изместување за ±2π/3 и низ нив треба да протекуваат трифазни симетрични струи, временски изместени за ±2π/3. Примената на трифазен напон на статорската намотка резултира со резултира со појава на вртливо магнетно поле. Јасно е дека индуцираните струи во роторот (поради вртливото поле) заемно дејствуваат со полето за да произведат вртлив момент што го врти роторот во насока на вртливото поле.

Главни составни делови на секој АМ, се:

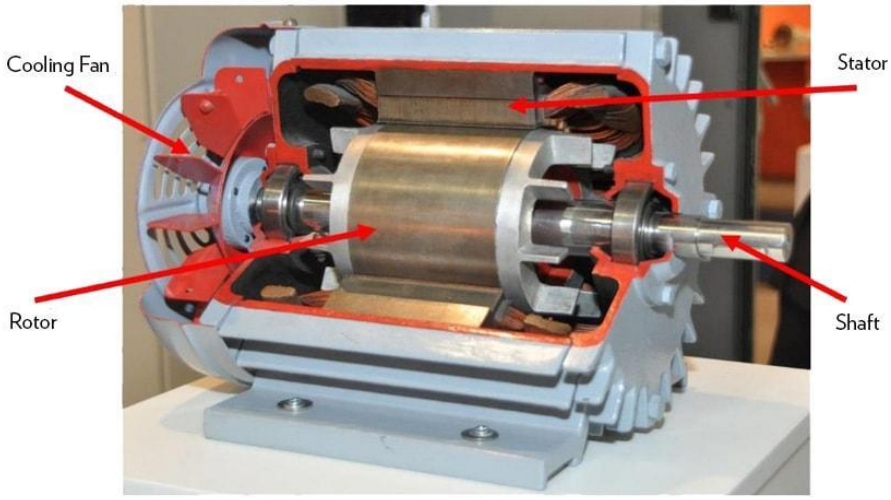
- Статорско магнетно јадро, составено од меѓусебно, изолирани магнетни лимови,
- Статорска намотка,
- Роторско магнетно јадро, составено од меѓусебно, изолирани магнетни лимови,
- Роторска намотка,
- Оска на која е поставен роторот,
- Рамката на статорот со лежишта,
- Систем за ладење,
- Куќиште.

Асинхроните машини може да бидат класифицирани според раслични основи. Некои типови на асинхрони машини се:

- Со вртливо или линеарно движење,
- Еднофазни, трифазни или повеќефазни машини,
- Со намотан или кафезен ротор.



Слика 1.3. Асинхрон мотор со намотан ротор




Слика 1.4. Асинхрон мотор со кафезен ротор

## 2.1.2. Синхрони машини (СМ)

Синхрон мотор е машина која ја трансформира електричната енергија во механичка, или обратно, таа е генератор кој ја трансформира механичката во електрична енергија. Ова значи дека синхроните машини се реверзибилни електрични машини. Поточно, ова важи и за сите други вртливи електрични машини, како што се асинхроните машини и еднонасочните машини. Брзината на вртење на роторот во номинален режим на работа е целосно пропорционална со фреквенцијата на системот на кој е поврзана машината. Освен ако не е поинаку наведено, генерално

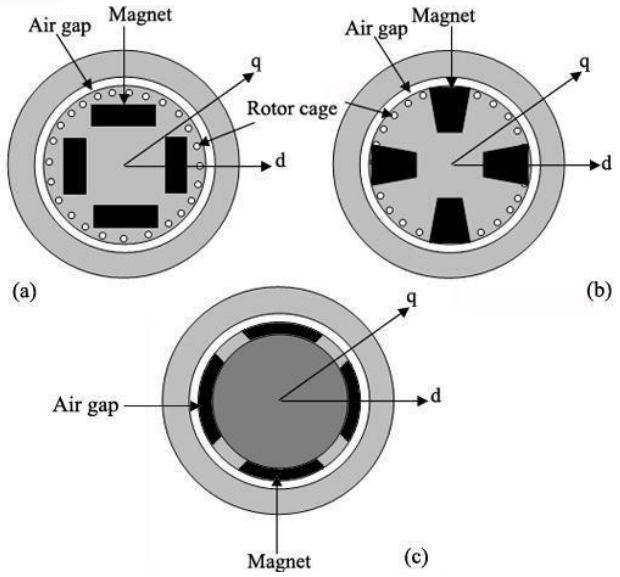
се подразбира дека синхрониот мотор има магнетни полови возбудени преку намотка низ која протекува еднонасочна струја. Во некои нови топологии, возбудната намотка се заменува со перманентни магнети и при тоа имаме синхрона машина со перманентни магнети. Во последните неколку години производителите на електрични машини имаат тенденција да произведуваат синхрони генератори со перманентни магнети кои главно се користат како ветрогенератори.

Синхрониот мотор е составен од еден сет на наизменична дистрибуирана полифазна намотка, назначена со арматура, која вообично е на статорот и е поврзана со системот за снабдување со наизменична енергија. Конфигурацијата на другиот дел-роторот, го одредува типот на синхрониот мотор. Моторите со еднонасочна возбудна намотка поставена на испакнатите манетни полови на роторот, најчесто со моќности помеѓу 150 kW-75 MW и поголеми, се доминантен индустриски тип. Кај безчеткичниот синхрон мотор, возбудата се обезбедува преку исправувачи поставени на оската, кои се напојуваат со наизменична возбуда. Кај синхрониот мотор со лизгачки прстен, возбудата се испорачува од возбудуница поставена на оската или преку одделно еднонасочно напојување.

Синхроните мотори кои имаат моќност под 4 kW, и кои вообичаено се напојуваат преку брзинско-управувани инвертори, се дизајнирани така што имаат различна магнетна релуктанса во воздушниот зјај, гледано по попречната и подолжната оска, со што се развива релуктантен вртлив момент, па така овие машини се познати како релуктантни мотори. Овие мотори немаат извор на возбуда за синхроно работење. Синхроните мотори кои користат возбудно поле од перманентни магнети и кои се управувани од инверторот приклучен на еднонасочно напојување, се нарекуваат безчеткични еднонасочни мотори, а доколку се напојуваат преку трифазно напојување, тогаш се нарекуваат синхрони мотори со перманентни магнети.

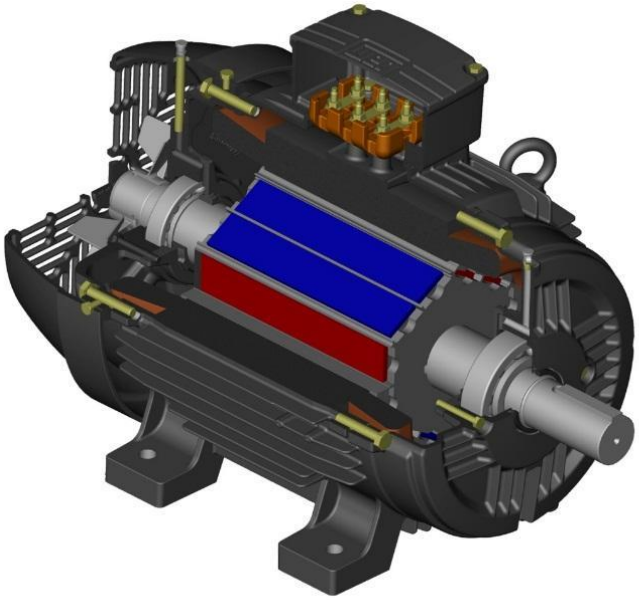
Во овој дел се претставени различните конфигурации на мотор со перманентни магнети и релуктантен мотор, со оглед на тоа што овие типови машини се вклучени во анализата и склопувачкиот дел на сценарио 1. Трите основни геометриски диспозиции на перманентните магнети (сл. 1.5), за машини со перманентни магнети и конвенционални статори се:

1. Површински поставени магнети.
2. Внатрешно поставени магнети.
3. Вкопани магнети.




Слика 1.5. Начин на изведување на перманентните магнети на роторот кај СМ со перманентни магнети
a) Внатрешно поставени магнети,
b) Вкопани магнети,
c) Површински поставени магнети

На слика 1.6 е прикажана основната магнетна морфологија на моторот со магнети поставени на површината на роторот и конвенционално намотување на намотката на статорот. Оваа конфигурација не покажува некои важни механички аспекти на машината, како што се начините на прицврстување на перманентните магнети на роторот, и ваквиот приказ треба да се прифати како генераен. Дополнително, оваа шема и другите шеми што ќе следат не мора значи дека ќе бидат во обем што ќе резултира во склопените вртливи машини.

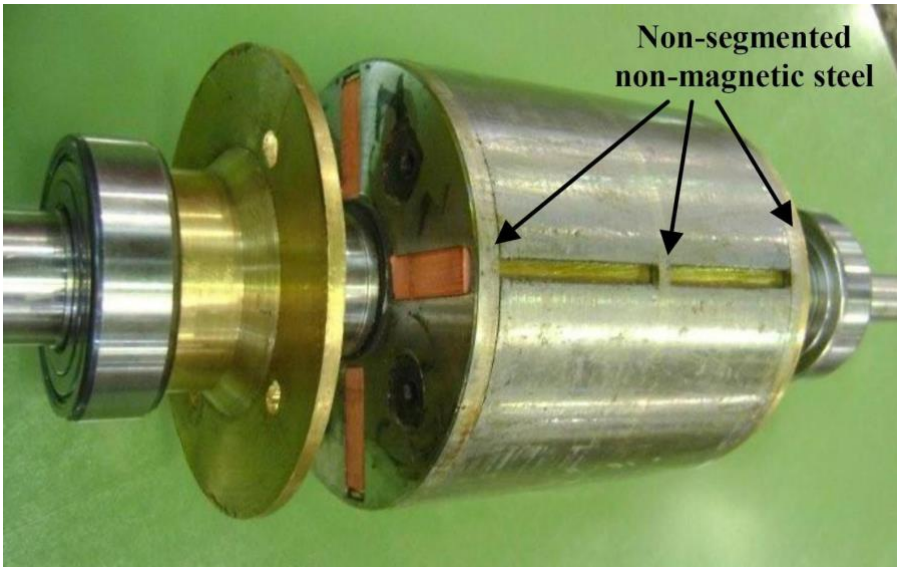


Слика 1.6. Синхрона машина со перманентни магнети со површински поставени магнети (по два магнети на секој пол)

Оваа слика дава приказ на аксијален пресек на машина со шест полови (p = 3). Шестте магнети се поставени на цилиндричен ротор „јадро“, или директно на оската (за мали мотори), изработени од феромагнетни материјали. Вообичаено, ова би било челична оска, т.е вратило. Во некои апликации, магнетите може да бидат едноставно фиксирани на челикот. За апликации во кои спојувањето со лепило не ги задоволува условте (на пр. за машини со голема брзина на вртење), потребен е некаков вид структура за спојување на роторот или потпорен прстен.

Намотката на статорот на оваа машина е „конвенционална“, односно многу е слична на онаа на асинхрониот мотор, кој се состои од проводници сместени во канали распределени по целата аксијална должина на јадрото на статорот. Самото јадро на статорот е изработено од ламиниран феромагнетен материјал (обично лимови од силиконско железо). Карактерот и дебелината на овие лимови се одредуваат според фреквенцијата и барањата за ефикасност на машината. Овие лимови треба да ги поднесат наизменичните магнетни полиња, така што тие мора да бидат ламинирани со цел да се намалат загубите во виорни струи. Овој вид машина е многу едноставна конструкциски. Може да се забележи дека дека работната густина на магнетниот флукс во воздушинот зјај е скоро иста како и кај магнетните полови, така што овој вид машина не може да има густини на флукс во воздушен зјај поголеми од онаа на постојаната густина на флуксот на магнетите. Доколку се користат феритни магнети јадра со ниска цена, тоа значи и релативно ниска магнетна индукција и следствено, релативно ниска ефикасност и густина на моќност. Треба да се напомене дека сепак, со современи, перманентни магнетни материјали со висок квалитет, во кои може густината на реманентен магнетизам да биде од ред 1,2 T, густините на работниот магнетизам во воздухот и празнините можат да бидат од ред 1 T. Исто така, важно е да се напомене дека магнетите во овој дизајн се навистина во „воздушниот зјај“ на машината, и затоа се изложени на сите временски и просторни хармоници од статорската намотка. Бидејќи некои постојани магнети имаат електрична спроводливост (особено некои магнети со повисок квалитет), сите асинхрони полиња имаат тенденција да произведуваат виорни струи, а со тоа загуби во магнетите.

Слика 1.7. Синхрона машина со внатрешно поставени перманентни магнети




Слика 1.8. Синхрон мотор со вкопани перманентни магнети

Дизјанот на ротор со внатрешно вкопани перманентни магнетни, е развиен со цел да се елиминираат неколкуте очигледни недостатоци на мотори со површинска поставување на магнетите:

- Дизајните со концентрација на флуксот овозможува густината на флуксот во зјајот да биде поголема од концентрацијата на флуксот во самите магнети.
- Во дизајните со магнет за внатрешни работи, постои одреден степен на заштитеност на магнетите од просторни хармонични полиња од висок ред од страна на магнетните парчиња.
- Постојат предности во начинот на управување за овие типови на мотори.
- Некои видови внатрешни дизајни за магнети имаат (или се тврди дека имаат) структурни предности во однос на дизајнираните магнети на површината

Геометријата на еден мотор со внатрепно поставени и мотор со вкопани магнети се прикажани на сл. 1.7 и слика 1.8, соодветно. Прикажана е четири-полова машина. Вообичаено, не се очекува машините за концентрација на флукс да имаат мал број на полови, бидејќи тешко е да се добие поголема површина во роторот

отколку околу неговата периферијата. Од друга страна, машина конструирана на овој начин, но без значителна концентрација на флукс, сепак ќе има својства на изразени магнетни полови. На прв поглед, овие машини се чини дека се доста комплицирани за анализа.

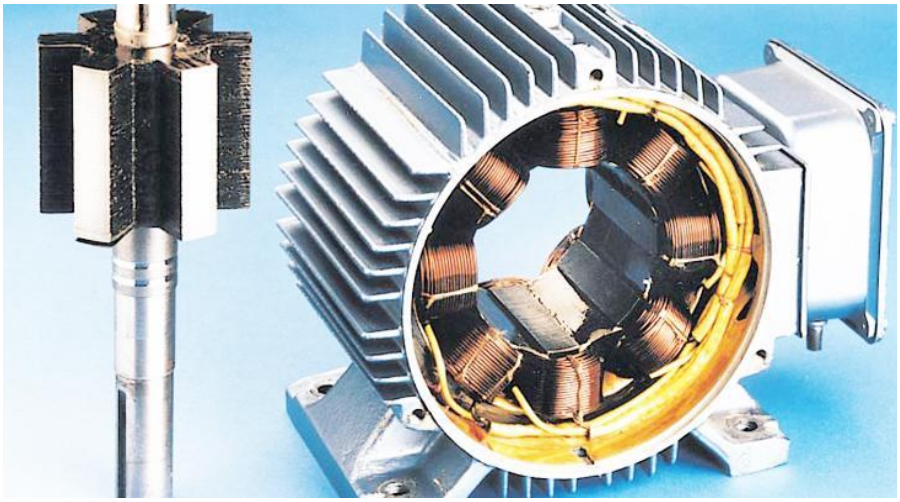
Главни составни делови на секоја СМ со перманентни магнети, се:

- Статорско магнетно јадро, составено од меѓусебно изолирани магнетни лимови,
- Статорска намотка,
- Роторско магнетно јадро,
- Роторска намотка,
- Оска на која е поставен роторот,
- Рамката на статорот со лежишта,
- Систем за ладење,
- Куќиште.

Во наредниот дел ќе биде даде краток вовед во електронски управуваниот релуктантен мотор и неговите принципи на работа. Клучно за да се разбере принципот на работа на секоја вртлива машина е да се сфати принципот на производство на вртлив момент. Поврзаност на принципот на работа на машината и нејзините истакнати карактеристики се добиваат од изразот на вртливиот момент. Изразот на вртливиот момент бара врска помеѓу растурниот флукс или индуктивноста и положбата на роторот. При тоа се дефинираат работните карактеристики на машината, односно вртливиот работен момент на машината може да се прикаже со односот на индуктивноста наспроти брзината на вртење на роторот и, во согласност со другите машини, се формулира т.н. динамичното еквивалентно коло на електронски управуваниот релуктантен мотор. Постојат повеќе различни конфигурации на ваквите мотори. На пример еднофазниот електронски управуваниот релуктантен мотор најчесто се применува во апликации каде има потреби од пониски перформанси.

Од 1969 година, предложен е релукатнтен мотор со променлива брзина. И покрај тоа што оваа машина е еден вид синхрона машина, таа има одредени нови карактеристики. Во овој сллучај статорската намотка е изведена исто како кај еднонасочниот мотор и нема намотки или магнети на неговиот ротор. И статорот и роторот имаат истакнати полови; оттука машината се нарекува двојно испакната машина (слика 1.9). Роторот ги усогласува своите полови кога се возбудени дијаметрално на спротивните столбови. Во магнетно коло, роторот се стреми да дојде во позиција на минимална магнетна отпорност- релуктанса во процесот на возбудување. Додека двата полови на роторот се усогласени со двата пола на статорот, друг сет на роторни столбови е не се

усогласени во однос на другиот сет на полови на статорот. Па така овој пар полови на статорот се така возбудени да ги придвижат паровите половите на роторот за да се усогласат. Исто така, со редоследното пуштање на струите во намотките на статорот, роторот започнува да севрти. Задвижувањето на роторот, според тоа создавањето на вртлив момент и механичка моќност, повлекува редоследно протекување на струите низ статорските наомтки соодветно на варијацијата на релуктансата, па затоа ваквата варијабилност на брзината на вртење на моторот е карактеристика на овој електронски управуваниот релуктантен мотор.



Слика 1.9. Синхрона релуктантна машина

Главни составни делови на секоја релуктантна СМ, се:

- Статорско магнетно јадро, со испакнати полови
- Статорска намотка
- Роторско магнетно јадро, со испакнати полови
- Оска на која е поставен роторот
- Рамката на статорот со лежишта
- Систем за ладење
- Куќиште.

Вообичаено, статорот и роторот се изработени со различен број на испакнати полови. Пример за приказ на различни комбинации за изведба на бројот на полови на статорот и роторот, е дадена на слика 1.10.

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

Слика 1.10. Различни конфигурции на синхрони релуктантни

## 2.1.3. Машини на еднонасочна струја (МЕС)

Историски гледано, еднонасочните машини се првите уреди кои се користеле за електромеханичка конверзија на енергијата. Познатите експерименти на Фарадеј, довеле до понатамошни пронајдоци коои придонесле во еволуцијата на еднонасочните машини во првите уреди за производство на електрична енергија, која се користела само за осветлување.

Најистакнатата карактеристика на еднонасочната машина е ненивната разноврсност. Машината е реверзибилна, така што може да работи или како генератор што ја претвора механичката енергија во електрична енергија во форма на еднонасочна струја и напон, или како мотор, претворајќи ја електричната енергија во корисна механичка работа. Еднонасочните генератори во последно време не се користат, бидејќи производството, преносот и дистрибуцијата на електричната енергија се поповолни од економска гледна точка кога се изведуваат со наизнемични големини. Еднонасочните генератори можат да се користат во ситуации кога потрошувачката на електрична енергија се одвива многу блиску до локацијата на производство, и во случаи кога е потребно излезниот напон да е модулиран според строго дефинирани вредности. Ова може да се изведе и со користење на исправувачи на наименичен напон.

Еднонасочната машина е вртлив уред за конверзија на електромеханичката енергија, кој има статор со изразени полови, а кои пак се возбудени со помош на една или повеќе возбудни намотки. Намотката на роторот служи за спроведување на електричната енерги од или кон машината, а тоа е изведно преку графитни четкици поставени на комутаторсите ламели. Напречен пресек на еднонасочен мотор со два магнетни пола,е прикажан на слика 1.11.

Намотката на роторот се сосоти од голем број на навивки, кои се сместени во каналите на роторот и се позиционирани паралелно

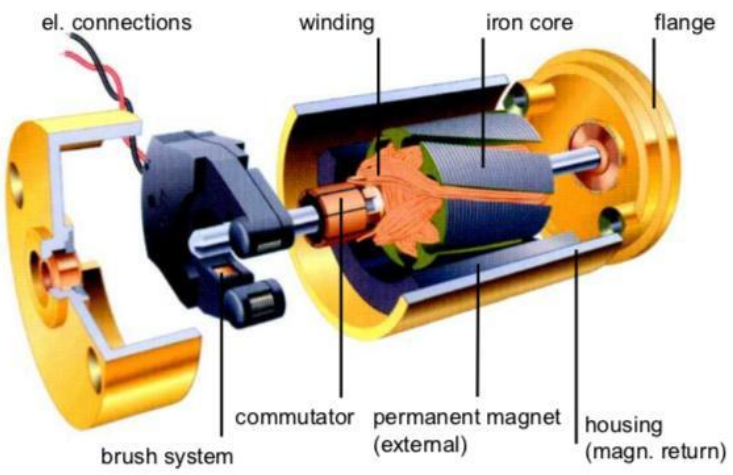
на осовината на моторот. Низ возбудната намотка се спроведува еднонасочна струја и како резултат на тоа флуксот во воздушниот зјај е речиси константен под секој изразен магнетен пол. Во режим на генератор, роторот се врти со константа брзина, а тоа резултира со индуцирање напон на роторската намотка.

Слика 1.11. Дво-полов еднонасочен мотор со намотан статор

Индуцираните напони се со некаква назименична форма и мора да се трансформираат во еднонасочни, со цел да се произведе еднонасочна електрична енергија. Исправувањето на формата на напонот се изведува со употреба на комутатор, кој практично е цилиндер поставен на роторот и е формиран од бакарни сегменти изолирани едни од други, како и одосовината на роторот.

Деловите на комутаторот се поврзани преку графитни четкички. Комутаторот во суштина е механички цело-бранов исправувач. Магнетното поле кое воспоставено од еднонасочната струја во возбудната намотка, е неподвижно во однос на статорот. Струите низ ротоската намотка генерираат стационарна респределба на магнетниот флукс чија оска е под прав агол во однос наоската на возбудното поле. Интеракцијата на двата флуксеви создава вртлив момент во еднонасочната машината.

Кај некои понови топологии, возбудната намотка на статорот се заменува со перманентни магнети и моторот всупност претставува еднонасочен мотор со перманентни магнети. Преглед на ваков тип на мотор е претставен на слика. 1.12.



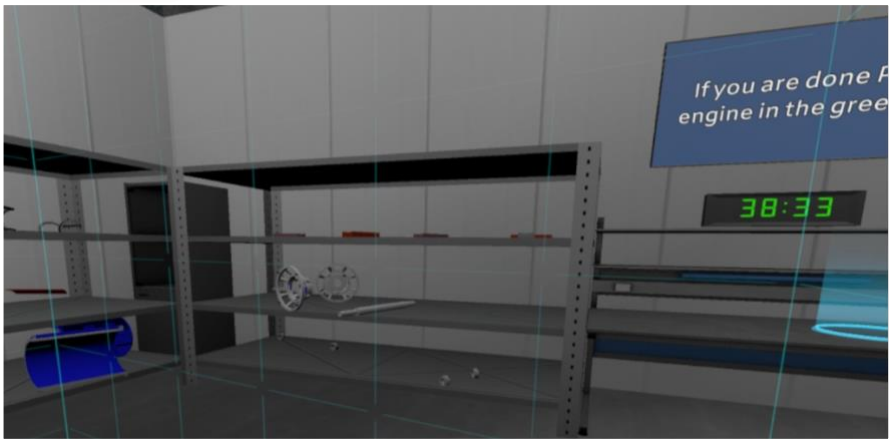

Слика 1.12. Дво-полов еднонасочен мотор со перманетни магнети

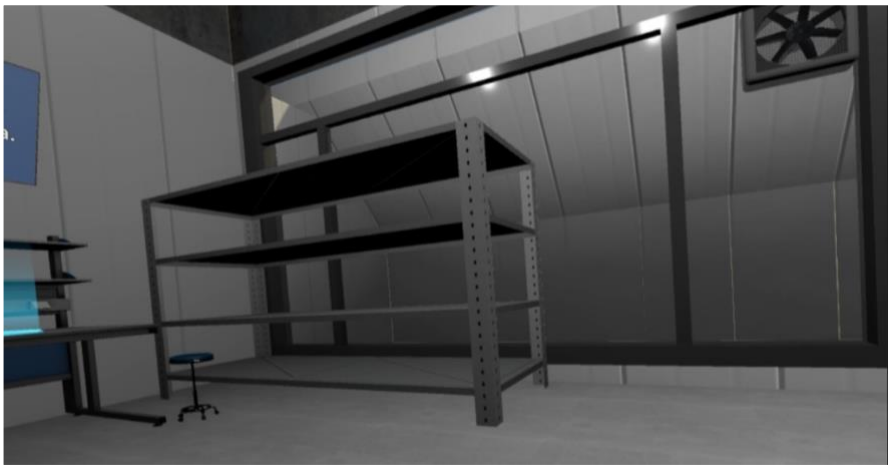
Главни составни делови на секој еднонасочен мотор, се:

- Статорско магнетно јадро, со испакнати полови и намотка или статорско јадро со перманентни магнети,
- Роторско магнетно јадро, вдлабени канали,
- Оска на која е поставен роторот,
- Рамката на статорот со лежишта,
- Систем за ладење,
- Куќиште.

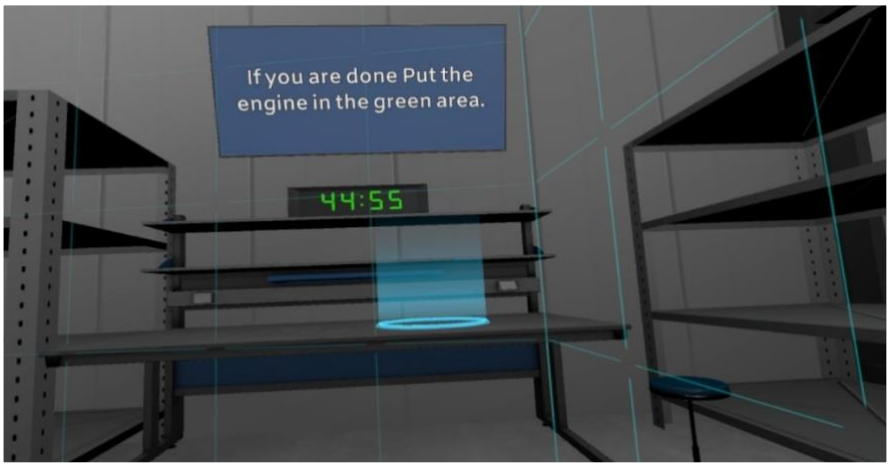
## 2.2. Виртуелно составување на електричните машини

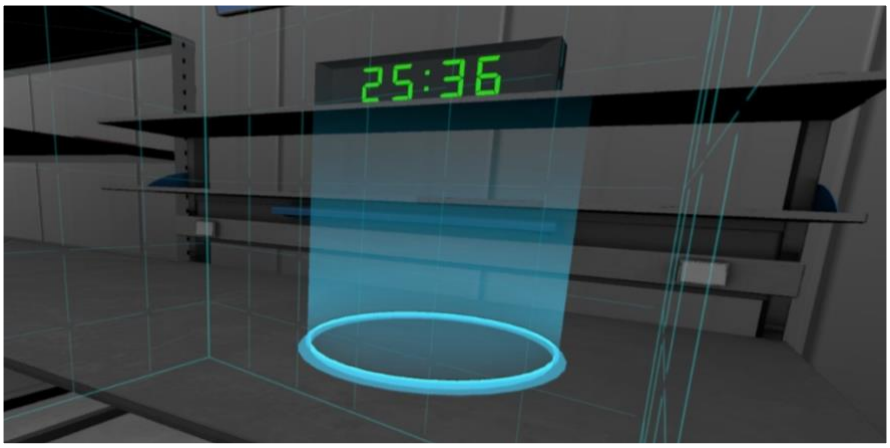
Работната околина за првото сценарио е хала во фабрика каде има полици и работна маса за составување на машините. Приказ на оваа работна околина е даден на слика1.13. Преглед на работната површина каде се составуваат машините  е даден на слика 1.14. Поедниначните делови на сите шест типа на машини се поставени на полиците и тие се прикажани на сликите 1.15, 1.16 и 1.17.



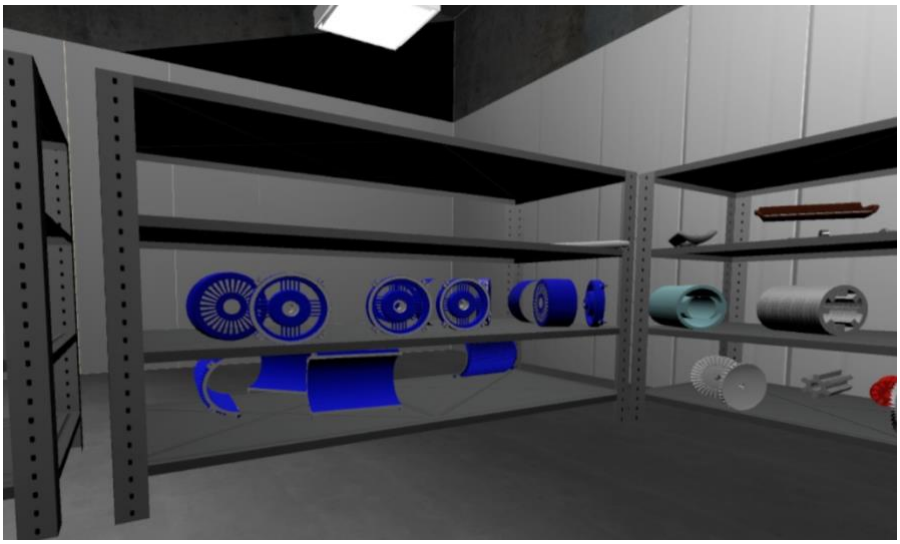
Слика 1.13. Приказ на работната околина за сценарио 1 – Составување на елелктрични машини



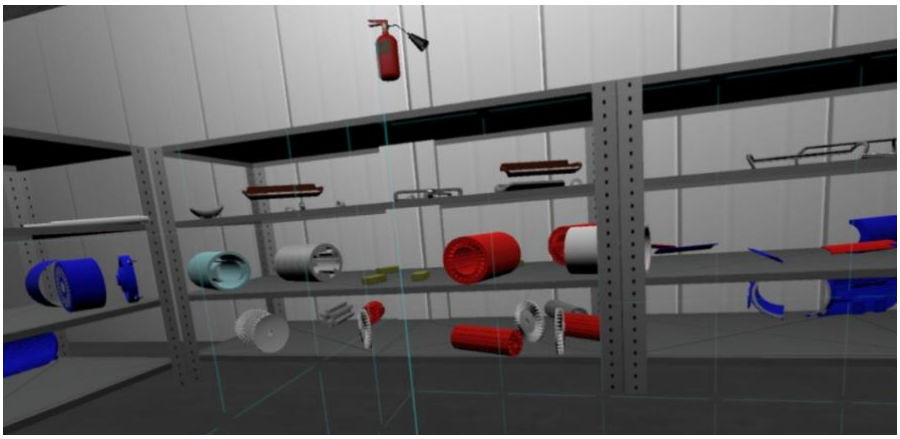




Слика 1.14. Приказ на работната површина во сценарио 1 – Составување на елелктрични машини

Слика 1.15. Приказ на полиците и одредени делови за склопување на електричните машини за сценарио 1



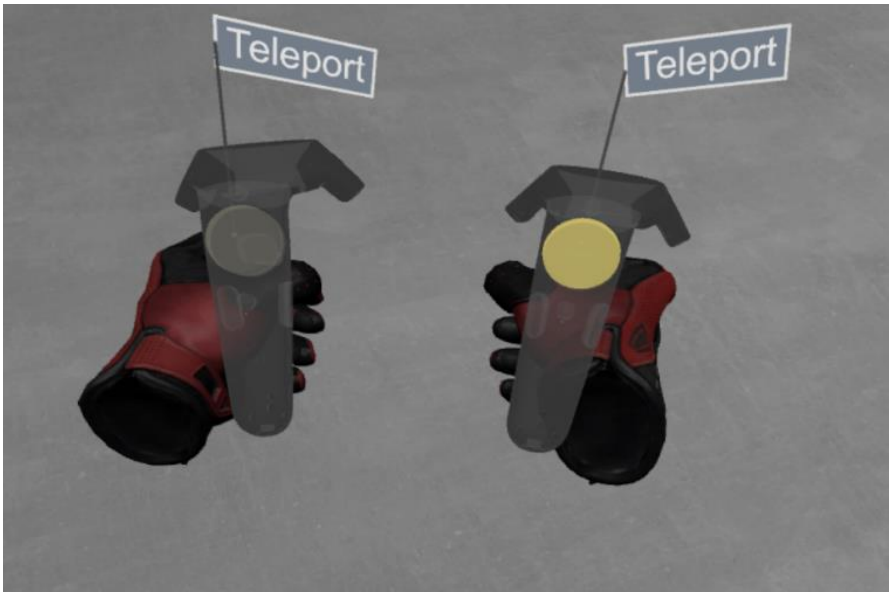
Слика 1.16. Приказ на полиците и одредени делови склопување на електричните машини за сценарио 1



Слика 1.17. Приказ на полиците и одредени делови а склопување на електричните машини за сценарио 1

На секој студент ќе му се даде задача да состави еден тип на електрична машина избрана од наведените шест машини, што беа претходно опишани. Со користење на виртуелните контролери-палки, студентот треба да ги собере потребните делови за машината од полиците и да ги постави на работната површина.

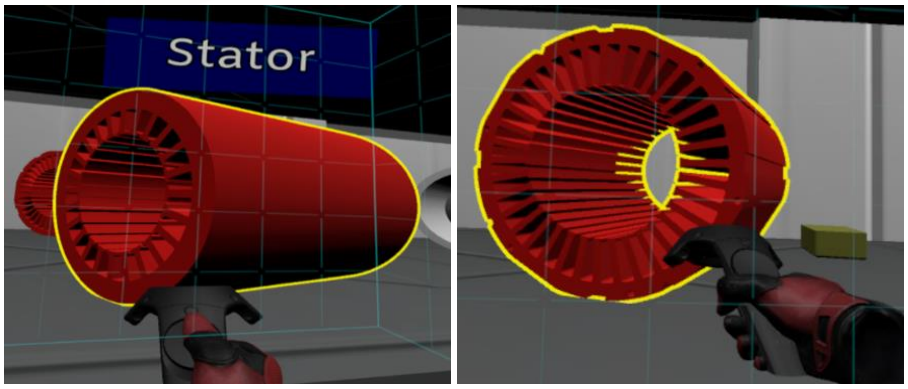
Приказ на палките за работа во ВР околината, е даден на слика 1.18.




Слика 1.18. Приказ на двете палки во ВР околина, видени преку ВР очила

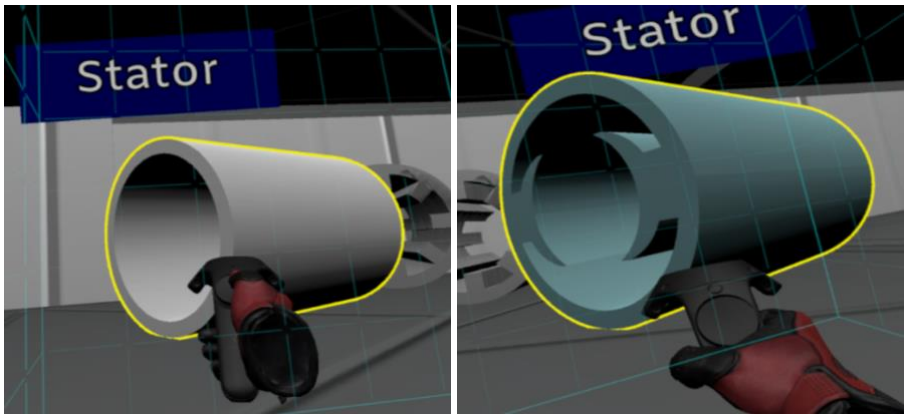
Со помош на овие две сензитивни палки, корисникот може да се движи низ работниот простор, да поместува делови од машините и да ги соединува истите. Големиот круг кој е поставен одозгора и на средина (1) (сл. 1.18) служи за движење низ просторот (телепортирање). Јазичето на дното на палката (7) се користи за подигнување на делови и поставување на работната површина, како што е прикажано на слика А.1. Доколку корисникот сака да земе некој елемент од полицата, треба внимателно да ја позиционира палката блиску до посакуваниот дел што сака да го избере. Штом палката е доволно блиску, конкретниот елемент ќе биде обележан со жолта гранична линија и тогаш потребно е да се повлече јазичето на задната страна на рачката, т.е. да се активира и да се задржи во таа позиција сè додека корисникот сака да го постави делот на работната површина. Откако ќе се отпушти јазичето, делот се спушта и се позиционира. Приказ на избрани статорски јадра се дадени на Сл. 1.19, Сл. 1.20 и Сл. 1.21.

Приказ на избрани, односно селектирани јадра на различни типови на ротори, осовини и лежишта се прикажани на Сл. 1.22, Сл. 1.23, Сл. 1.24, и Сл. 1.25. Намотките на статорот и на роторот, оските на роторите и лизгачките прстени, како и комутаторите се прикажани на Сл. 1.26, Сл. 1.27, и Сл. 1.28. На Сл. 1.29 и Сл. 1.30 се прикажани избрани перманентни магнети за два типа на мотори. Исто така, на Сл. 1.31 се претставени горниот и долниот дело до куќиштето на моторот, а на Сл. 1.32 се прикажани предниот и задниот дел од куќиштето. За олеснување на вежбите, кога рачката е доволно блиску до одреден елемент и тој сеуште не е избран, се појавува краток опис за истиот тој елемент.



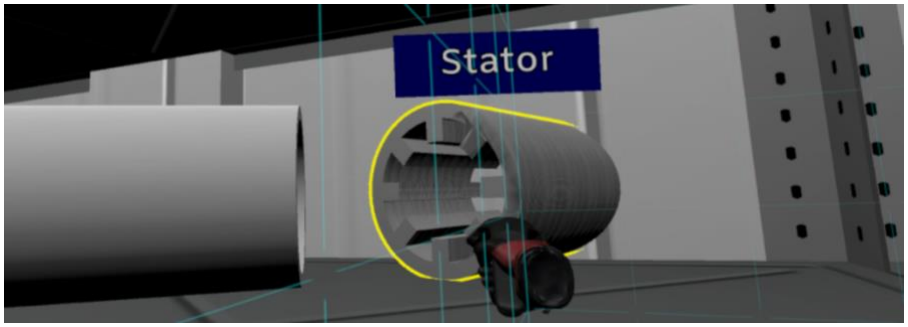

a) Дел од асинхрон мотор b) Дел од синхрон мотор со перманентни магнети

Слика 1.19. Приказ на селектирано статсорско јадро

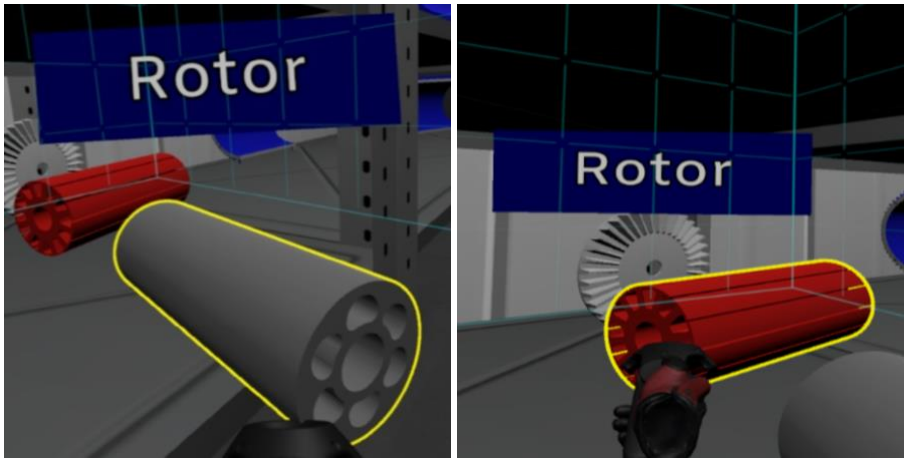



a) Дел од ендонасочен мотор со перманентни магнети b) Еднонасочен мотор со коумтатор со намотан ротор

Слика 1.20. Приказ на селектирано статорско јадро

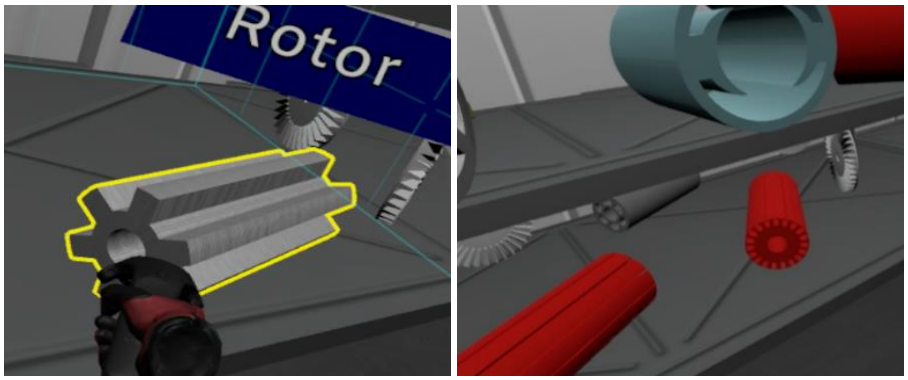



Слика 1.21. Приказ на селектирано статорско јадро на релуктантен мотор



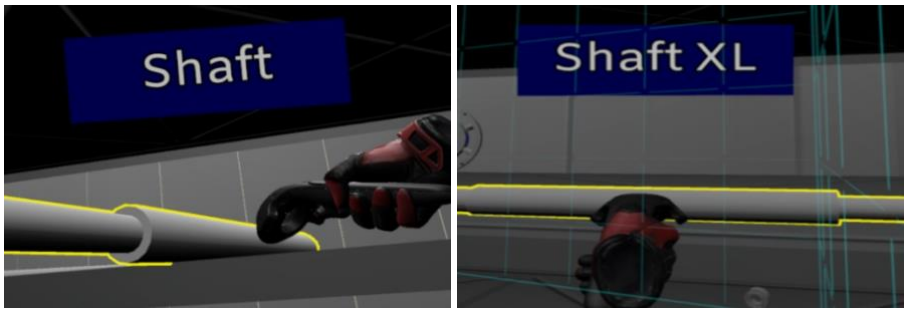

a) Синхрон мотор со перманентни магнети b) Еднонасочен мотор со комутатор

Слика 1.22. Приказ на роторските јадра на одредени типови на машини

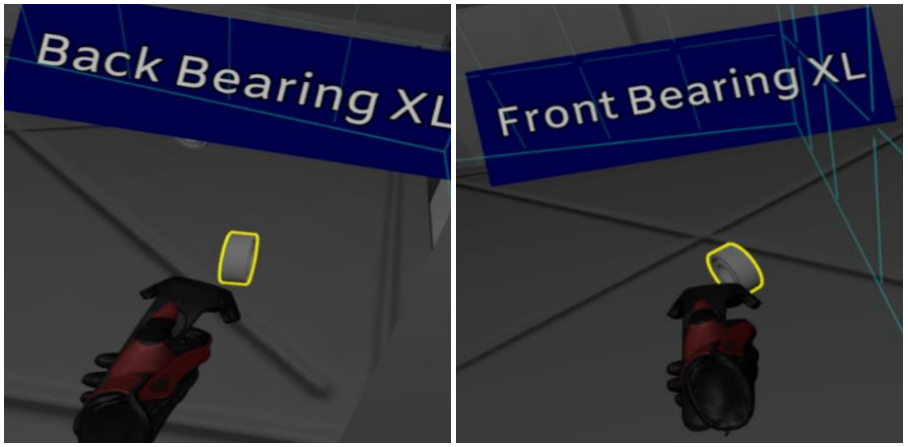



a) Релуктантен мотор b) Асинхрон мотор

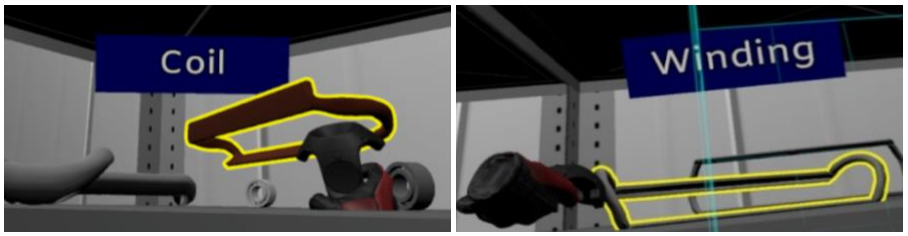
Слика 1.23. Приказ на роторските јадра на одредени типови на машини



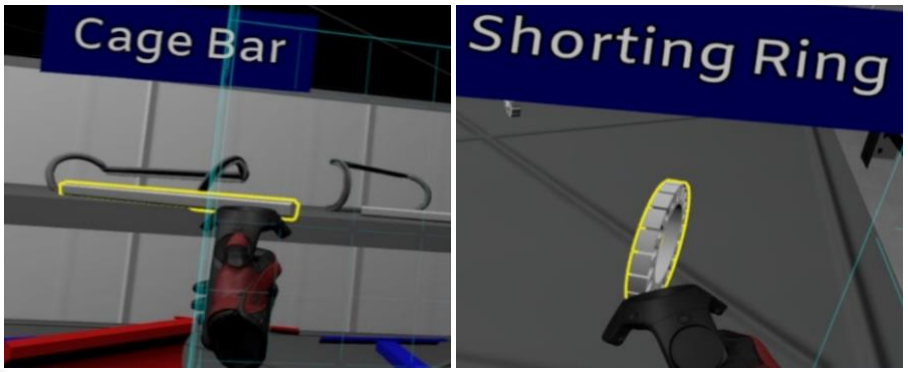

Слика 1.24. Приказ на избрани осовини




Слика 1.25. Приказ на избрани лежишта

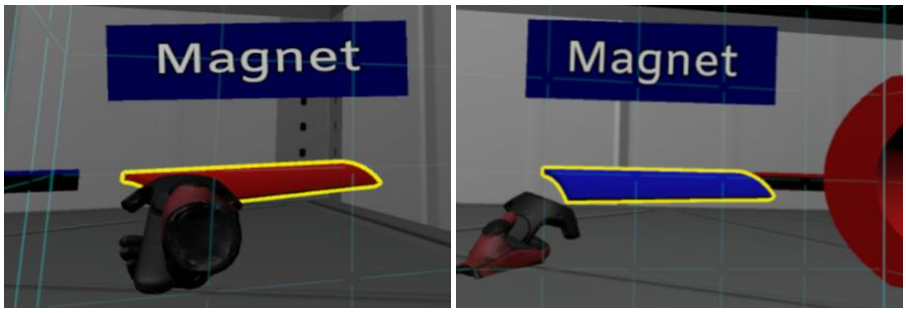



Слика 1.27. Приказ на селектирани намотки

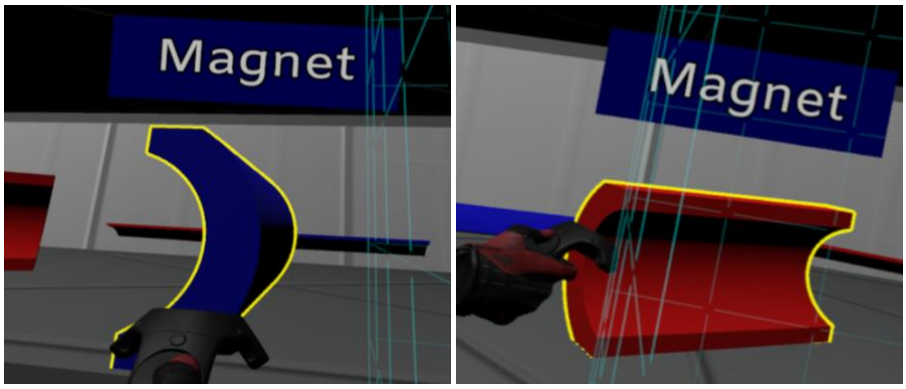



Слика 1.27. Приказ на избрани проводни шипки и проводни прстени за формирање на кафезната намотка на асинхрон мотор

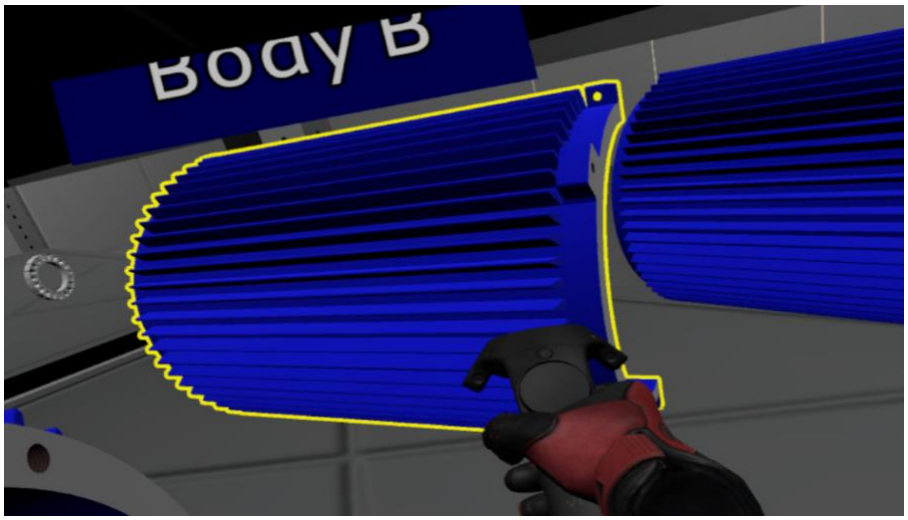
Слика 1.28. Приказ на избран комутатор за еднонасочен мотор со перманентни магнети



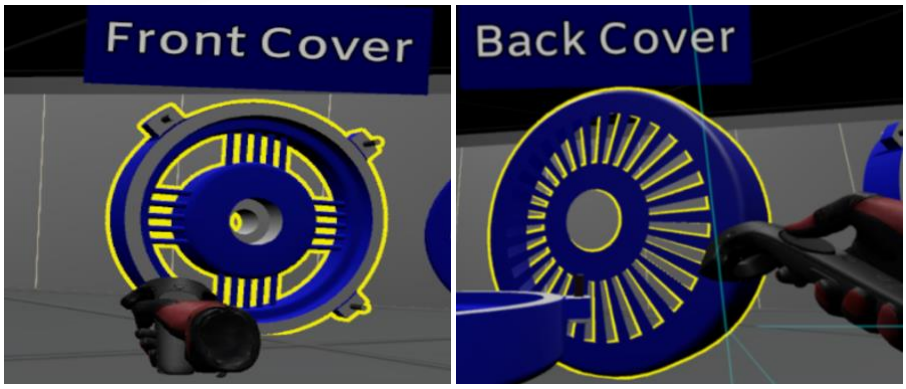

Слика 1.29. Приказ на избрани перманентни магнети потребни за синхрон мотор со перманентни магнети




Слика 1.30. Приказ на избрани перманентни магнети потребни за еднонасочен мотор со перманентни магнети



Слика 1.32. Приказ на избрани горен и долен дел од куќиштето




Слика 1.32. Приказ на избрани преден и заден дел на куќиштето

Откако сите делови ќе бидат поставени на работната површина, корисникот може да продолжи со соединување на електрична машина. Прво, корисникот треба да го конструира роторот. Значи осовината треба да се постави на јадрото на роторот, а потоа и двете лежишта. Ова се реалзира на таков начин што кога осовината на роторот е близу до точната позиција, автоматски ќе се задржи во јадрото на роторот. Ако роторот има намотка, треба да се постави намотката и ако моторот има перманентни магнети, треба да се монтираат магнетите. Дополнително, кога моторот има комутатор, треба да се монтира и комутаторот. Потоа, корисникот треба да продолжи со соединување на статорот. Намотката на статорот треба да се постави во каналите на статорот или на половите на статорот, за еднонасочен мотор. Ако моторот има само перманентни магнети на статорот, тогаш само тие треба да бидат поставени на јадрото на статорот.

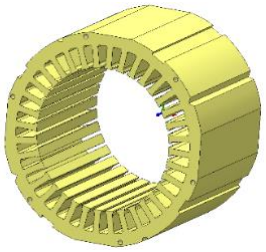
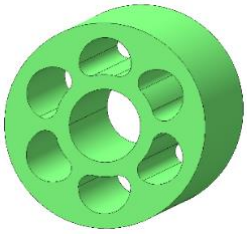
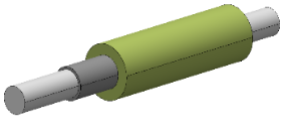
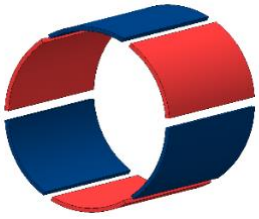
## 2.2.1. Синхрон мотор со перманентни магнети

Деловите на моторот кои треба да се соединат се:

| # | Делови на моторот | Број на парчиња |
|---|---|---|
| 1 | Статорско јадро со 36 канали | 1 |
| 2 | Статорска намотка | 1 |
| 3 | Роторско јадро | 1 |
| 4 | Осовина | 1 |
| 5 | Перманентни магнети | 6 (3N & 3S) |
| 6 | Лежишта | 2 |
| 7 | Куќиште | 1 |

Табела 1.1. Синхрон мотор со перманентни магнети

Приказ на деловите на моторот се дадени во Табела 1.2.

| # | Делови на моторот | Преглед |
|---|---|---|
| **1** | Статорско јадро со 36 канали |  |
| **2** | Роторско јадро |  |
| **3** | Осовина |  |
| **4** | Перманентни магнети |  |

Табела 1.2. Приказ на главните делови на моторот

Сите потребни делови се поставени на полиците во работната просторија симулирана во ВР околина. Корисникот треба да ја започне вежбата со тоа што ќе ги извади деловите од полицата и ќе ги помести кон работната површина. Прво, корисникот треба да ја вметне осовината во јадрото на роторот, а потоа треба да додаде лежишта. Подоцна, перманентните магнети ќе бидат поставени во правилна позиција и соодветен редослед на јадрото

на роторот. Во следниот чекор, намотките на статорот треба да бидат поставени во каналите на јадрото на статорот. Следниот чекор е да се постави целиот ротор во отворот на јадрото на статорот, а потоа горниот и долниот дел на куќиштето да се додадат на соединетиот мотор. Со овој последен чекор, првиот дел од вежбата е завршен.

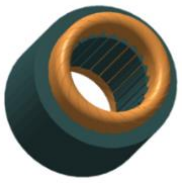
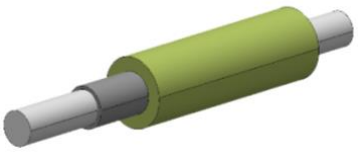
## 2.2.2. Асинхрон мотор

Деловите на моторот кои треба да се соединат се:

| # | Делови на моторот | Број на парчиња |
|---|---|---|
| 1 | Статорско јадро со 24 канали | 1 |
| 2 | Статорска намотка | 1 |
| 3 | Роторско јадро со 19 канали | 1 |
| 4 | Прачки на роторот | 19 |
| 5 | Спојни прстени на роторот | 2 |
| 6 | Комутатор | 1 |
| 7 | Лежишта | 2 |
| 8 | Куќиште | 1 |

Табела 1.3. Асинхрон мотор

Приказ на деловите на моторот се дадени во Табела 1.4.

| # | Делови на моторот | Преглед |
|---|---|---|
| 1 | Статорско јадро со 24 канали |  |
| 2 | Роторско јадро со 19 канали | |
| 3 | Осовина |  |
| 4 | Кафезен ротор составен од прачки и спојни прстени | |

Табела 1.4. Приказ на главните делови на моторот

Сите потребни делови се поставени на полиците во работната просторија симулирана во ВР околина. Корисникот треба да ја започне вежбата со тоа што ќе ги извади деловите од полицата и ќе ги помести кон работната површина. Прво, корисникот треба да

ја вметне осовината во јадрото на роторот, а потоа треба да се додадат лежишта. Потоа, се сместуват проводните те бакарни шипки во 19 канали на јадрото на роторот. Потоа, двата прстени се поставуваат со што се формира кафезната намотка. Во следниот чекор, намотките на статорот треба да бидат поставени во каналите на јадрото на статорот. Следниот чекор е да се вметне целиот ротор во отворот на јадрото на статорот, а потоа горниот и долниот дел на куќиштето да се додадат на составениот мотор. Со овој последен чекор, првиот дел од вежбата е завршен.

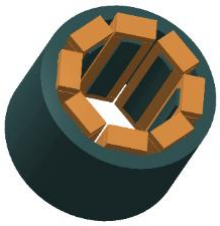
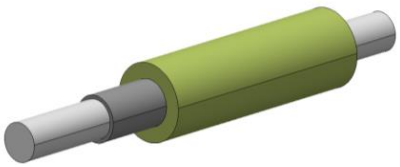
## 2.2.3. Електронски управуван релуктантен мотор

Деловите на моторот кои треба да се соединат се:

| # | Делови на моторот | Број на парчиња |
|---|---|---|
| 1 | Статорско јадро со 8 полови и статорска концентрична намотка | 1 |
| 2 | Роторско јадро со 6 испакнати полови | 1 |
| 3 | Осовина | 1 |
| 4 | Лежишта | 2 |
| 5 | Куќиште | 1 |

Табела 1.5. Електронски управуван релуктантен мотор

Приказ на деловите на моторот се дадени во Табела 1.6.

| # | Делови на моторот | Преглед |
|---|---|---|
| 1 | Статорско јадро со 8 полови |  |
| 2 | Роторско јадро со 6 испакнати полови | |
| 3 | Осовина |  |

Табела 1.6. Приказ на главните делови на моторот

Сите потребни делови се поставени на полиците во работната просторија симулирана во ВР околина. Корисникот треба да ја започне вежбата со тоа што ќе ги извади деловите од полицата и ќе ги помести кон работната површина. Прво, корисникот треба да ја вметне осовината во јадрото на роторот со 6 испакнати полови

и треба да ги додаде лежиштата. Во следниот чекор, намотките на статорот треба да бидат поставени на 8 испакнати полови на јадрото на статорот. Следниот чекор е се вметне целиот ротор во отворот на јадрото на статорот, а потоа горниот и долниот дел на куќиштето да се додадат на соединетиот мотор. Со овој последен чекор, првиот дел од вежбата е завршен.

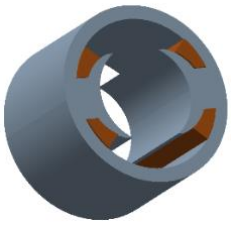
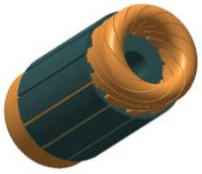
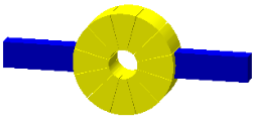
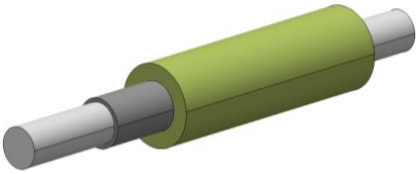
## 2.2.4. Еднонасочен колекторски мотор (ЕКМ)

Деловите на моторот кои треба да се соединат се:

| # | Делови на моторот | Број на парчиња |
|---|---|---|
| 1 | Статорско јадро со два пола | 1 |
| 2 | Статорка намотка | 2 |
| 3 | Роторско јадро со 12 канли и роторска намотка | 1 |
| 4 | осовина (големина XL) | 1 |
| 5 | Комутатор | 1 |
| 6 | Лежишта (големина XL) | 2 |
| 7 | Куќиште | 1 |

Table 1.7. Wound stator DC commutator motor

Приказ на деловите на моторот се дадени во Табела 1.8.

| # | Делови на моторот | Преглед |
|---|---|---|
| 1 | Статорско јадро со испакнати полови и на нив поставена статорска намотка |  |
| 2 | Роторско јадро со 12 канали |  |
| 3 | Комутатор и четкици |  |
| 4 | Осовина (големина XL) |  |

Табела 1.8. Приказ на главните делови на моторот

Сите потребни делови се поставени на полиците во работната просторија симулирана во ВР околина. Корисникот треба да ја започне вежбата со тоа што ќе ги извади деловите од полицата и

ќе ги помести кон работната површина. Прво, корисникот треба да ја вметне осовината во јадрото на роторот со 12 канали, а потоа треба да ги додаде намотката, комутаторот и лежиштата. Во следниот чекор, намотките на статорот треба да бидат поставени на двата испакнати полови на јадрото на статорот. Следниот чекор е се вметне целиот ротор во отворот на јадрото на статорот, а потоа горниот и долниот дел на куќиштето да се додадат на соединетиот мотор. Со овој последен чекор, првиот дел од вежбата е завршен.

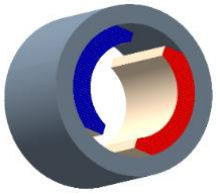
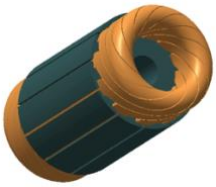
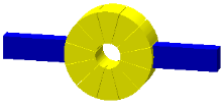
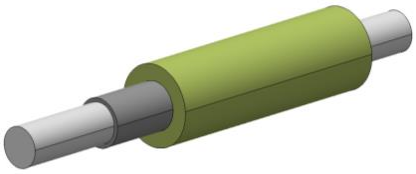
## 2.2.5. Еднонасочен мотор со перманентни магнети

Деловите на моторот кои треба да се соединат се:

| # | Делови на моторот | Број на парчиња |
|---|---|---|
| 1 | Статорско јадро | 1 |
| 2 | Перманентни магнети за статорот (1-N and 1-S) | 2 |
| 3 | Роторско јадро со 12 канали | 1 |
| 4 | Роторска намотка | 1 |
| 5 | Осовина (големина XL) | 1 |
| 6 | Комутатор | 1 |
| 7 | Лежишта (големина XL) | 2 |
| 8 | Куќиште | 1 |

Табела 1.9. Еднонасочен мотор со перманентни магнети

Приказ на деловите на моторот се дадени во табела 1.10.

| # | Делови на моторот | Преглед |
|---|---|---|
| 1 | Статорско јадро со 2 перманентни магнети |  |
| 2 | Јадро на ротор со 12 канали за сместување на намотката на роторот |  |
| 3 | Комутатор со четкичци |  |
| 4 | Осовина на моторот |  |

Табела 1.10. Приказ на главните делови на моторот

Сите потребни делови се поставени на полиците во работната просторија симулирана во ВР околина. Корисникот треба да ја започне вежбата со тоа што ќе ги извади деловите од полицата и ќе ги помести кон работната површина. Прво, корисникот треба да ја вметне осовината во јадрото на роторот со 12 сканали, а потоа треба да ги додаде намотката на роторот, комутаторот и лежиштата. Во следниот чекор, двата постојани магнети со N и S поларитет треба да бидат поставени на јадрото на статорот. Следниот чекор е да се постави целиот ротор во отворот на јадрото на статорот, а потоа горниот и долниот дел на куќиштето да се додадат на комплетираниот мотор. Со овој последен чекор, првиот дел од вежбата е завршен.

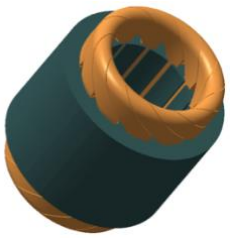
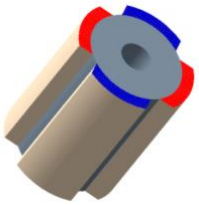
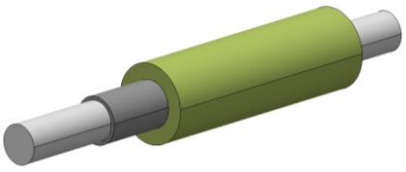
## 2.2.6. Генератор со перманетни магнети

Деловите од генераторот кои треба да се соединат, се:

| # | Делови на моторот | Број на парчиња |
|---|---|---|
| 1 | Статорско јадро | 1 |
| 2 | Статорска намотка | 1 |
| 3 | Перманентни магнети за роторот (2-N and 2-S) | 4 |
| 4 | Роторско јадро | 1 |
| 5 | Осовина | 1 |
| 6 | Лежишта | 2 |
| 7 | Куќиште | 1 |

Табела 1.11. Генератор со перманентни магнети

Приказ на деловите на моторот се дадени во Табела 1.12.

| # | Делови на моторот | Преглед |
|---|---|---|
| 1 | Јадро на статорот со 12 канали за сметување на намотката |  |
| **2** | Јадро на ротор со 4 перманентни магнети (2-N и 2-S) |  |
| **3** | Осовина на моторот |  |

Табела 1.12. Приказ на главните делови на моторот

Сите потребни делови се поставени на полиците во работната просторија симулирана во ВР околина. Корисникот треба да ја започне вежбата со тоа што ќе ги извади деловите од полицата и ќе ги помести кон работната површина. Прво, корисникот треба да ја вметне осовината во јадрото на роторот, потоа треба да додаде 4 перманентни магнети по редослед N-S-N-S, и да ги постави лежиштата. Во следниот чекор, намотката на статорот треба да биде поставена во каналите на јадрото на статорот. Следниот чекор е да се постави целиот ротор во отворот на јадрото на статорот, а потоа горниот и долниот дел на куќиштето да се додадат на склопениот мотор. Со овој последен чекор, првиот дел од вежбата е завршен.

**Забелешка:**
**Откако моторот е соединет, треба да се постави во означената област на работната површина. Ако моторот е правилно склопен, вежбата автоматски се одвива на следното ниво- Принципи на работа на електричните машини. Ако моторот не е правилно склопен, корисникот ќе има уште две шанси да го соедини назначениот мотор.**

## 2.3. Принципи на работа на електричните машини

Во овој дел од вежбата се испитува синхрон мотор со перманени магнети. Моторот однапре е соединет и е поставен на работната површина (како на Сл. 1.34), заедно со останата опрема потребна за испитување. Номиналните податоци за овој синхрон мотор со перманенни магнети, се: Un=50 V=const., nn=1000 min-1, In=11.38 A.

Испитувањето намоторот треба да се реализира според следните неколку чекори:

**Step 1** – Моторот треба да se поврзе со напојување, по што тој е подготвен за тестирање, како што е прикажано на Сл. 1.35.

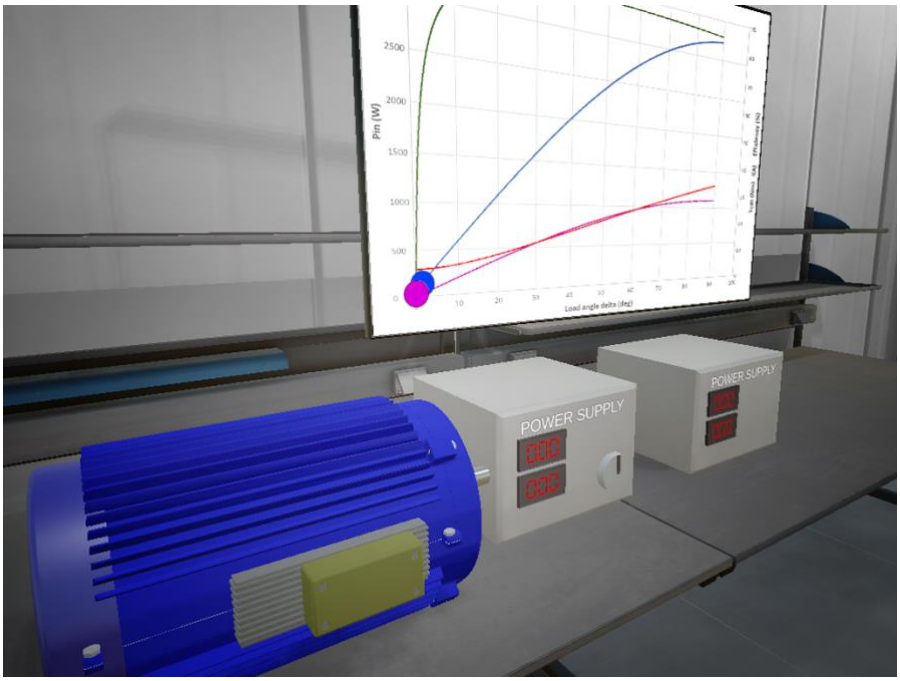
**Step 2** – Се вклучува копчето ON.

**Step 3** – Со користење на го копчето за контрола на аголот на оптоварување, се започнува со оптоварување на моторот со одреден чекор за зголемување на аголот на оптоварување (на пример со стапка на зголемување од 5˚ или 10˚). По секоја прилагодена вредност, се притиска копчето за зачувување на регистрираните вредности (Record Data). Снимените податоци треба да бидат прикажани на графикот како нова точка или можат да бидат прикажани како линија што ги поврзува

претходните измерени точки. Мерењата продолжуваат сé до моментот кога моторот престанува да работи под агол на оптоварување од 90 ˚; прекинувачот за вклучување / исклучување треба автоматски да се префрли на позиција OFF

**Step 4** – Откако ќе затсане моторот, ќе се појави случајно избрано прашање со неколку понудени одговори и студнетот треба да избере еден одговор за да добие поени.

По завршувањето на двата дела од ова сценарио, на студентите им се доделуваат поени врз основа на нивната ефикасност во двата дела од вежбата и одговорот на случајно даденото прашање на крајот од сценариото. Доколку студентот го составил соодветно дадениот мотор при неговиот прв обид, ќе му бидат доделени 100% од бодовите за оваа фаза, на неговиот втор успешен обид, ќе добие 75% од бодовите и на неговиот трет успешен обид ќе бидат доделени 50 % од бодовите. Ако студентот ги промаши сите три обиди, не добива поени и се заклучува дека не ја изработил вежбата. За вториот дел од вежбата и случајно даденото прашање, студентот ќе има само еден обид. Доколку студентот правилно го поврзе моторот и правилно го спроведе испитувањето, ќе му бидат доделени вкупниот број на поени. Истото важи и за случајно даденото прашање. За погрешна поврзаност и погрешен одговор не следуваат поени.




Слика 1.33 Преглед на испитуваниот мотор, поврзан на опремата за испитување

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

## 3.1 FBD (Функциски блок дијаграм) јазик

FBD (Функциски блок дијаграм) е графички јазик. Извршувањето на програмата се заснова на проток на сигнали слично на тек на еден сигнал помеѓу елементите на систем за обработка на сигнали. Текот на сигналот е од излезот (десна страна) на функцијата или функцискиот блок кон поврзаниот влез (лева страна) на следната функција или функциски блок [1].

Графичките симболи со кои се претставуваат поединечните елементи во блок дијаграмот за поврзување се правоаголници, а управувачките елементи се поврзуваат со хоризонтални и вертикални линии. Пример за ова во FBD јазикот е прикажан на Слика 3.1.

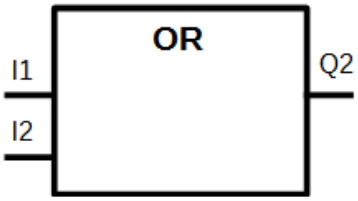



Figure 3.1. FBD - the example of the OR function

**Коло –** определен број на блокови (елементи на јазикот) поврзани со линии[1].

Правила за извршување на програмот [1]:

1. Вредноста на било кој елемент во колото не е определена, освен ако не се определени вредностите за сите влезови.
2. Определувањето на вредноста на некој елемент од колото не е завршена, ако вредностите на сите излези се уште не се определени.
3. Извршувањето на програма за целото коло не е завршена, ако вредностите на сите елементи не се определени.
4. Како дел од софтверската организациска единица, извршувањето на програмата за колото ќе биде завршена пред да дојде на ред следното коло, во кое се користат излезите од претходното коло.

Правила за создавање на кола [1]:

1. Излезите од функциските блокови не треба да се поврзуваат заедно.
2. Ако линиите кои поврзуваат различни елементи од колото се сечат помеѓу себе, користете симболи за преминување на линија без поврзување.
3. Структурата на програмата треба да биде линеарна, со што е можно помал број на пресечни линии, за да биде што е можно почитлива.
4. Може да се прават повратни врски во кола каде што излезот од функција или функциски блок претставува влез за друга функција или функциски блок во колото.
5. Редоследот по кој ќе се извршуваат колата може да се менува со инструкции за скокање.

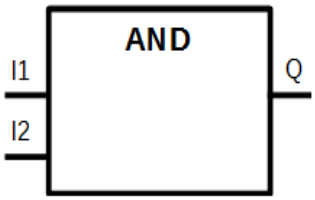
## 3.2 Основни блокови во FBD јазикот

Во FBD јазикот се разликуваат следните блокови:

- Логичка функција AND – за излезот да се сетира на 1, сите влезови треба да се во состојба 1 [2];
- Логичка функција OR – за излезот да се сетира на 1, било кој од влезовите треба да е во состојба 1 [2];
- Логичка функција XOR – за излезот да се сетира на 1, при непарен број на влезови треба да е во состојба 1 [2];
- Излезните блокови – се користат да се дефинира излезен бит. Тие се еквивалентни на LD намотки. Постојат 2 излезни блокови за Siemens S7-1200 контролери [2]:
    - излезен блок,
    - негиран излезен блок.
- Блокови за сетирање и ресетирање:
    - блок за сетирање (set, S) – кога е активиран, тогаш вредноста на променливата на излезната адреса се сетира на 1, а кога не активиран тогаш вредноста останува непроменета;
    - блок за ресетирање (reset, R) – кога е активиран, тогаш вредноста на променливата на излезната адреса се сетира на 0, а кога не активиран тогаш вредноста останува непроменета.

Логичките функции имаат најмалку два влеза и еден излез. За да се претстават принципите на работа на секој од блоковите, се користат таблици на вистинитост, кои ја покажуваат состојбата на излезот во зависност од состојбата на влезовите. Влезовите и

излезите во логиката со битови може да имаат две состојби: ниска-означена како 0 (нула) и висока означена како 1 (единица). Во FBD графичкиот јазик, кој се користи за програмирање на PLC, поединечните функции имаат свои графички симболи.
Графичките симболи на логичките функции со табели на вистинитост се прикажани на сликите 3.2, 3.3 и 3.4.

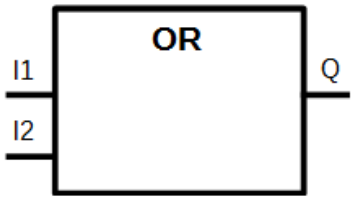



a)

| I1 | I2 | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

b)

Figure 3.2. Function AND:
a) FBD symbol,
b) truth table

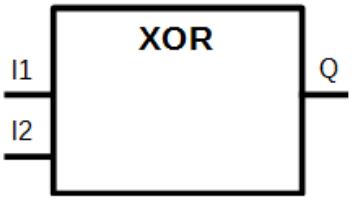



a)

| I1 | I2 | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

b)

Figure 3.3. Function OR:
a) FBD symbol,
b) truth table



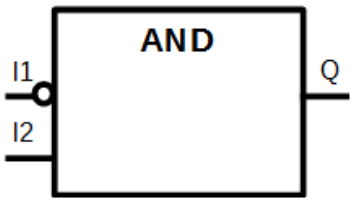

a)

| I1 | I2 | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

b)

Figure 3.4. Function XOR:
a) FBD symbol,
b) truth table

Кај влезовите и излезите некогаш е потребно негирање. Негираниот влез или излез го инвертире сигналот со спротивна вредност, односно тој се менува од логчка единица “1” во логичка нула “0” и обратно. Пример за негирани влезови се дадени на сл. 3.5, додека за негирани излези на сл. 3.6.

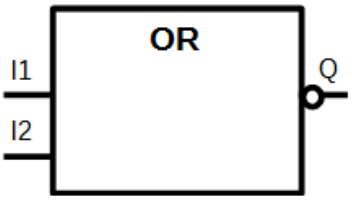



a)

| I1 | I2 | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

b)

Figure 3.5.




a)

| I1 | I2 | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

b)

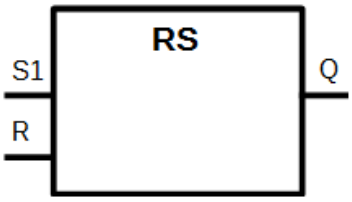
Figure 3.6.

## 3.3 Стандардни функциски блокови

Бистабилните елементи овозможуваат условно сетирање или бришење на одреден бит во меморискиот простор. Блокот содржи два управувачки влезови S и R и еден излез. Редоследот на овие влезови го одредува приоритетниот влез, а тоа го дефинира и видот на бистабилот [3]. Може да се дефинираат две состојби[2]:

- RS – е сет доминантен бистабил. Ако сигналите сет (S1) и ресет (R) се единици, излезот Q ќе биде единица.
- SR – е ресет доминантен бистабил. Ако сигналите сет (S) и ресет (R1) се единици, излезот Q ќе биде нула.

Графичките симболи за RS и SR бистабилите со таблици на вистинитост се прикажани на Сл. 3.7 и 3.8

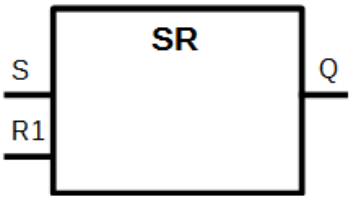



a)

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

b)

Figure 3.7. RS bit latch:
a) FBD symbol [1],
b) truth table [2]




a)

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

b)

Figure 3.8. SR bit latch:
a) FBD symbol [1],
b) truth table [2]

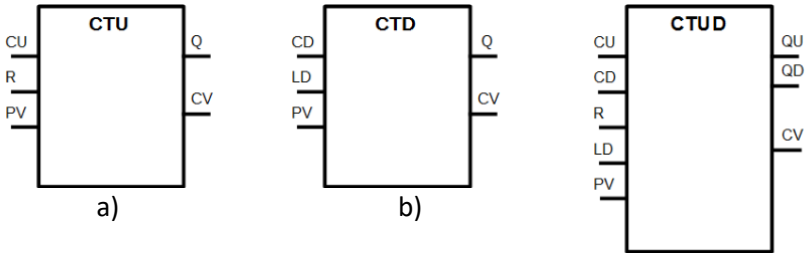
Терминот “претходна состојба” значи дека инструкцијата не се извршува ако состојбата на сигналот на двата влеза S и R е 0. Тогаш состојбата на сигналот на операндот ќе остане непроменета.

**Бројачите** се користат за броење на внатрешни настани во програмот и за внатрешни настани во процесот, како што се броење на притискање на копчињата или броење на активирање на крајните прекинувачи. [2].

Тука се наведени основните типови на бројачи [2]:

- CTU – растечки бројач.
- CTD – опаѓачки бројач.
- CTUD – растечко-опаѓачки бројач.

Симболите на поединечните бројачи се прикажани на Сл. 3.9.




a) b) c)

Figure 3.9. Counters:
a) up,
b) down,
c) up-down [1] [2]

**Броењене нагоре CTU** (Сл. 9а):

- CU – ги брои растечките ивици на влезните сигнали,
- CV – моментална вредност,
- R – ресет,
- PV – претходно поставена вредност,
- Q – излез Q; на излезот Q се појавува логичка единица - 1, кога CV=PV.

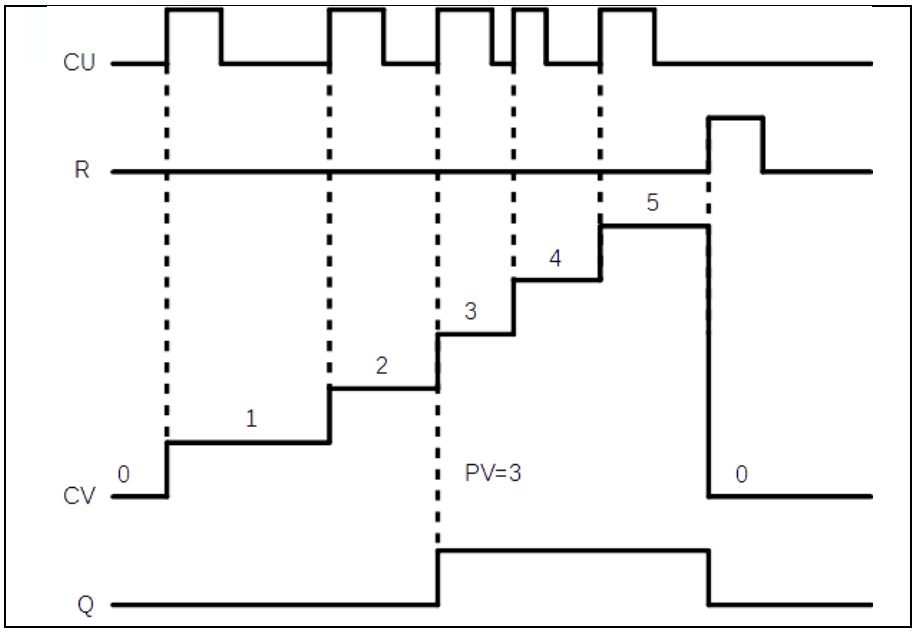



Figure 3.10. Counter up time signals [2]

Работата на растечкиот бројач може да се претстави преку временски сигнали. Овие бранови облици се прикажани на Сл. 3.10.

**Опаѓачки бројач CTD** (Сл. 3.9б):

- CD – ги брои растечките ивици на влезните сигнали,
- CV – моментална вредност, а) б) в) Сл. 5: Бројачи: собирање (а), одземање (б), собирање-одземање (в)
- LD – оптоварување,
- PV – претходно поставена вредност,
- Q – излез Q; на излезот Q се појавува логичка единица - 1, кога CV=0.

Работата на опаѓачкиот бројач може да се претстави преку временски сигнали. Овие бранови облици се прикажани на Сл. 3.11.

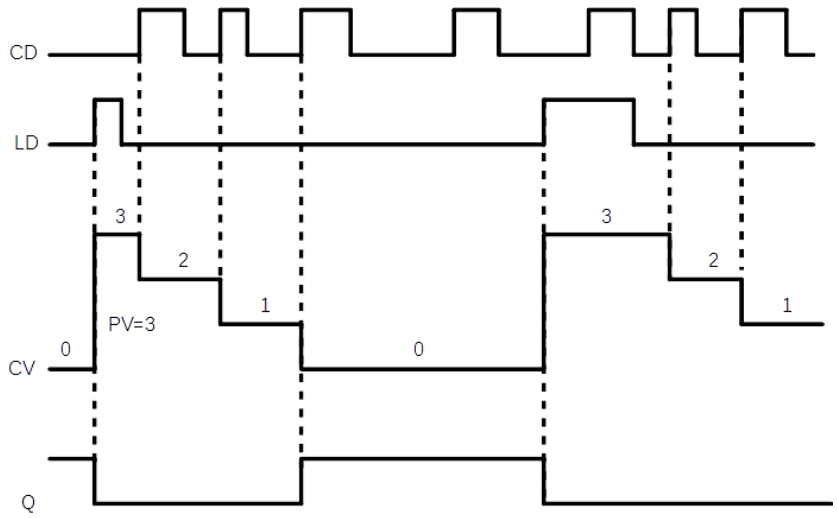



Figure 3.11. Counter down time signals [2]

**Растечко-опаѓачките бројачи CTUD** (Сл. 3.9в) е комбинација од бројачите CTU и CTD. Затоа има два бројачки влезови и 2 излези, а дополнително има еден влез за ресетирање и еден влез за полнење.

Работата на ратсечко-опаѓачкиот бројач може да се претстави преку временски сигнали. Овие бранови облици се прикажани на Сл. 3.12.

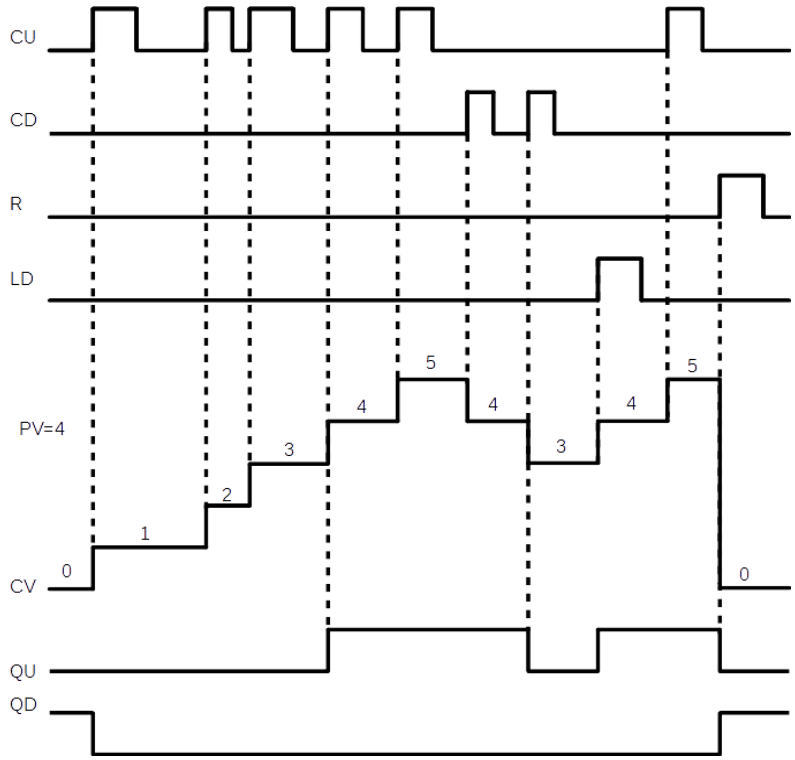



Figure 3.12. Counter down time signals [2]

Тајмерите се функциски блокови кои се користат за временска задршка при вклучување или исклучување, земајќи ги во предвид временските услови (на пр. доцнењето) [1].

Тука се наведени основните видови на тајмери[1]:

- TP – импулсен,
- TON – задршка на вклучување,
- TOF – задршка на исклучување.

Симболите за различните видови на тајмери се прикажани на Сл. 3.13.

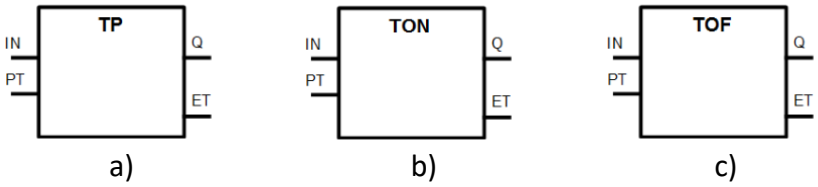



Figure 3.13. Timers:
a) TP,
b) TON,
c) TOF [1]

**Тајмер TP** (Сл. 3.13а):

- IN – тригер влез на тајмерот,
- PT – претходно поставено време,
- ET – временска задршка,
- Q – излез.

Работата на TP тајмерот може да се претстави преку временски сигнали. Овие бранови облици се прикажани на Сл. 3.14.

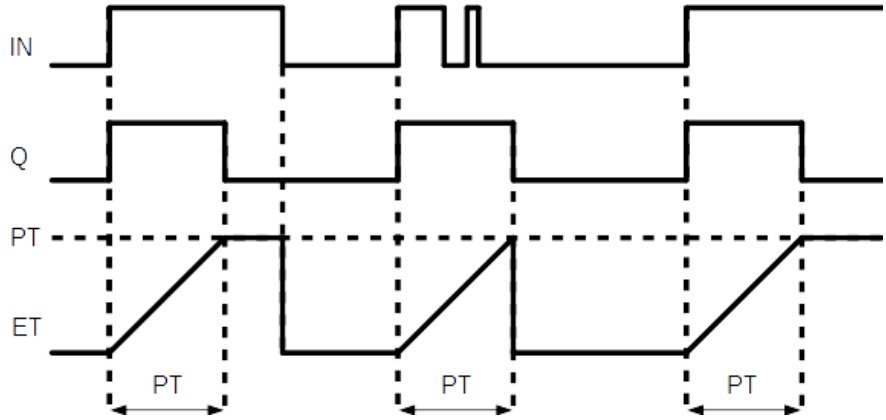



Figure 3.14. Timer TP time signals

Тајмер TON (Сл. 3.13б):

- IN – тригер влез на тајмерот,
- PT – претходно поставено време,
- ET – временска задршка,
- Q – излез.

Работата на TON тајмерот може да се претстави преку временски сигнали. Овие бранови облици се прикажани на Сл. 3.15.

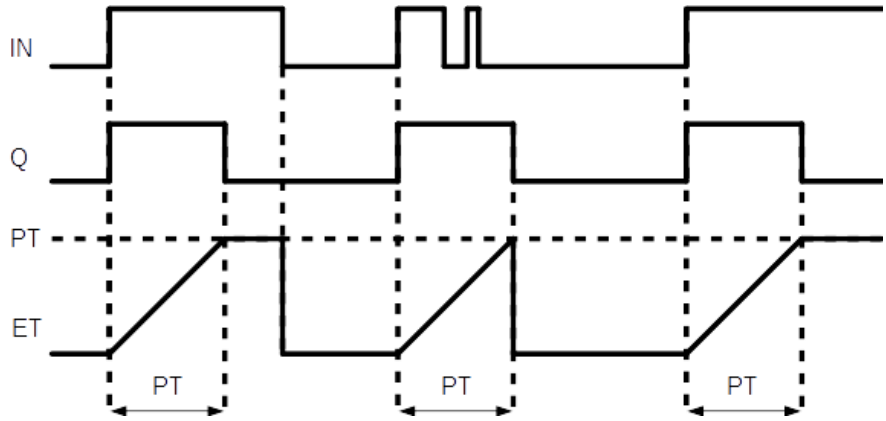



Figure 3.15. Timer TON time signals

**Тајмер TOF** (Сл. 3.13в):

- IN – тригер влез на тајмерот,
- PT – претходно поставено време,
- ET – временска задршка,
- Q – излез.

Работата на TOF тајмерот може да се претстави преку временски сигнали. Овие бранови облици се прикажани на Сл. 3.15.

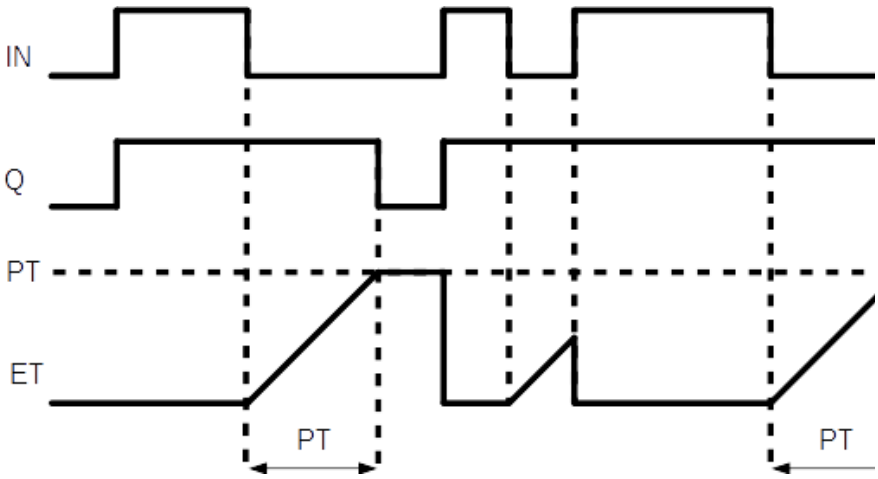



Figure 3.15. Timer TOF time signals

Функциите за споредување се користат за споредување на две податочни вредности од исти тип, доделени на влезовите I1 и I2. Ако е исполнет условот за споредба. Се појавува логичка 1 на излезот Q. Симболите на функциите за споредување се прикажани на Сл. 3.16 [2].

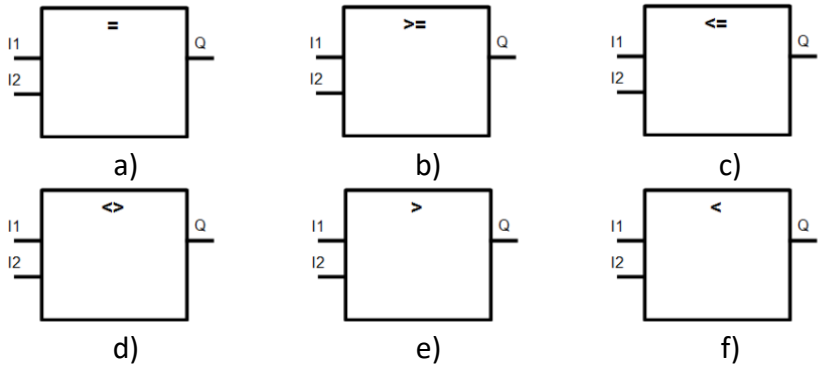


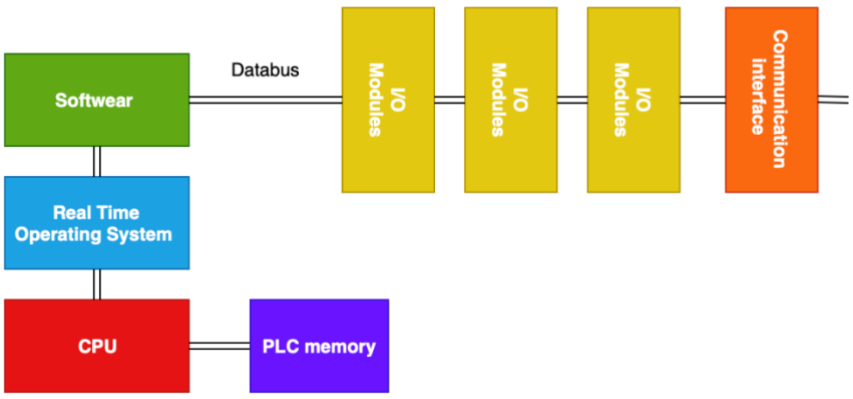

Figure 3.16. Comparison of functions with different types of relationships:
a) equal,
b) greater-equal,
c) lower-equal,
d) different,
e) greater,
f) lower [1]

## 3.4 Construction and Operating Principles of Controllers

**Програмабилен логички контролер - PLC** претставува индустриски компјутер кој ги извршува следните функции заради управување во реално време на еден извршен систем [1]:

1. **прави аквизиција на мерни резултати** преку дигиталните и аналогните влезови, каде се поврзани сензори и мерни уреди;
2. **извршува кориснички програми** кои содржат кодирани контроли и алгоритми за процесирање на сигнали, користејќи ги добиените податоци за процесот за управување или за некоја машина;
3. **генерира контролни сигнали што** се прилагодени на резултатите од пресметките на корисничката програма и нив ги проследува преку излезните модули до други компоненти или извршни уреди;
4. **пренесува податоци** користејќи модули и врски за комуникација;
5. **извршува дијагностички функции** на софтверот и на хардверот.

Според дефиницијата, PLC-то претставува индустриски компјутер. Од тие причини, конструктивна изведба треба да наликува на компјутерски комплет. Заедничките елементи за овие два уреди се: микропроцесор, RAM и ROM меморија, магистрала, оперативен систем (за контролерите тоа систем кој работи во рално време). Покрај тоа, PLC-то е опремено со влезен и излезен систем преку кои се размануваат помеѓу контролерот и околината. Поедноставена архитектура на типичен програмабилен логички контролер е прикажана на слика 3.17.



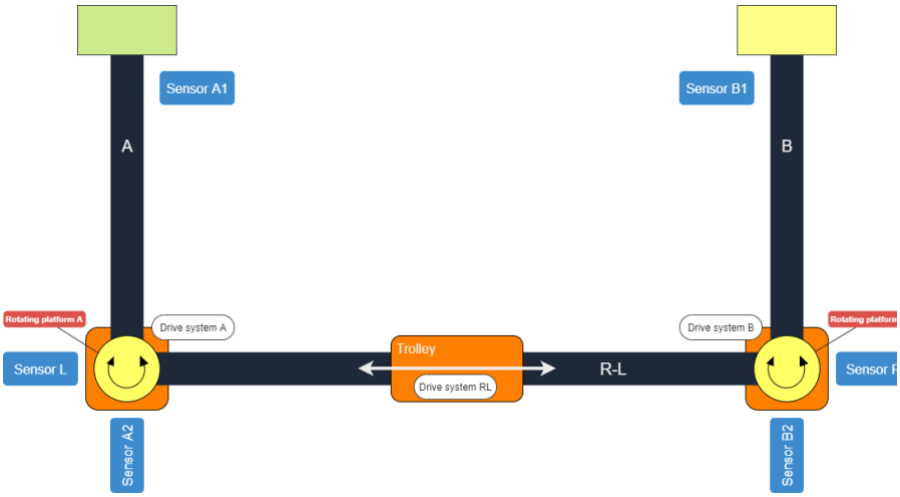
Слика 1. Поедноставена архитктура на PLC [4]

## 3.5 Опис на VR програмот

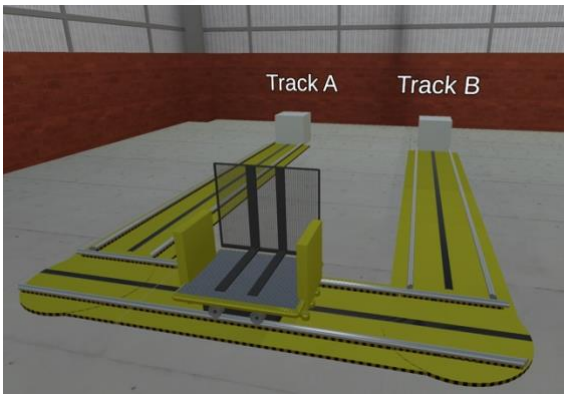
Местото за изведување на вежби во VR просторот за ова сценарио е фабричка хала. Во халата има станиа со количка која се движи по шини и пулт со PLC за симулација. Изгледот на просторијата со опрематае прикажан на слика 3.18.

Слика 3.18. Фабричка хала

Шемата на станицата е прикажана на слика 20. Количката е опремена со сопствен погонски систем RL, со кој се движи. Количката може да се движи по шините R-L, од A до B. За префрлување на соседната патека е потребна ротација за 90 °. Платформите за ротација A и B се користат за ротација во двете насоки. Секоја платформа е опремена со сопствен погонски систем – погонски систем A и погонски систем B. Секоја линија има свој краен прекинувачи: линија A – крајни прекинувачи A1 и A2, линија B – крајни прекинувачи B1 и B2 и линија RL – крајни прекинувачи R и L.




Сл. 3.19: Шема на станицата

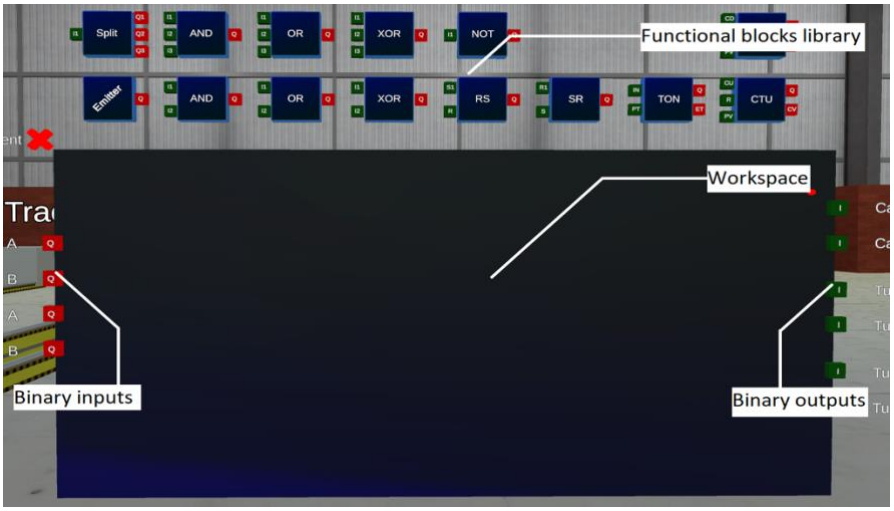



a)

b)

Слика 3.20.
a) Станицата;
b) Поглед одозгора

Симулациониот пулт со PLC содржи библиотека со функциски блокови, работен простор каде што програмските блокови се поставуваат и се поврзуваат, и влезни излезни приклучоци. Изгледот на пултот за симулација со PLC е прикажан на слика 22. PLC симулаторот има 4 бинарни влезови и 6 бинарни излези. Сензорите се поврзани на влезовите: два од нив даваат информација дали количката се наоѓа на платформата за ротација, односно дали е на ротирачка платформа А или на ротирачка платформа В и два сензори кои даваат информација дали количката стигнала на крајот од линија А или линија В. Бинарните излези даваат контролни сигнали за: ротација на платформата – тие ја активираат ротацијата на платформите во насока на стрелките на часовникот – CW и во спротивна насока од насоката на стрелките на часовникот – CCW, како и два сигнали кои го активираат погонот на количката (лево и десно).



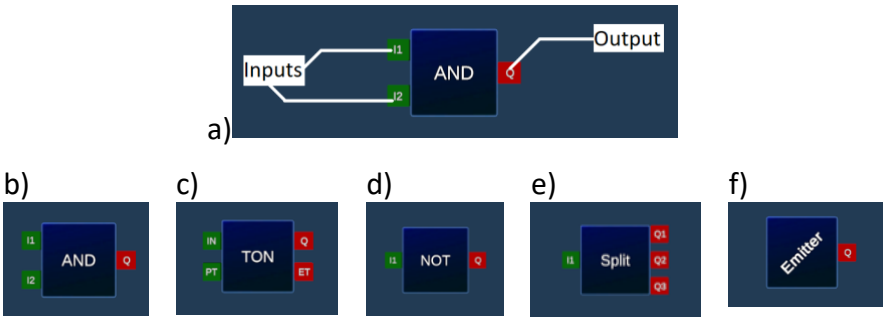

Слика 3.21. Пулт за симулација со PLC

Над пултот за симулација со PLC се наоѓа библиотека со функциски блокови. Таа ги содржи следните елементи:

- логички функции: AND, OR и XOR,
- блок за негирање: NOT,
- бистабили: SR and RS,
- тајмер: TON.

Горе споменатите елементи се вклучени во верзијата со два или три влезови. Покрај тоа едостапен и разделен блок кој ги одвојува сигналите и емитер кој блокира 1 на логички излез.

Основните симболи на блоковите во библиотеката на PLC симулаторот се дадени на Сл. 3.22.




Сл. 3.22: Симболи на функциски блокови на PLC симулаторот:
a) функциски блок со два влеза,
b) функциски блок со три влеза,
c) тајмер TON,
d) блок за негирање NOT,
e) разделен блок,
f) емитер

Кога се создава програма за управување на индустриска апликација се бара поставување на соодветни функциски блокови во работниот простор и воспоставување на правилни врски помеѓу нив. Блоковите се превземаат од библиотеката со помош на виртуелна рака која се управува со манипулатор. Блокот кој е превземен од библиотеката треба да биде поставен во работниот простор и потоа да се комбинира со други блокови. Може да се поврзе на излезот од еден блок и на влезот од следниот блок. Блокот неможе да се поврзе само на излези од блоковите. Секако можно е да се разделат излезните сигнали со помош на разделниот блок. За да се стартува програмата, неопходно е да се внесе блокот емитер. Количката може да се премести на почетна позиција со копчето за ресетирање, кое е поставено веднаш до PLC симулаторот.

**Референци**


[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

# Сценарио 3 – Линија за селекција со бесконечна лента

## 4.1. Цел на сценариото

Во последните декади, како тема на интерес во целиот свет беше автоматската селекција на отпадот. На научно поле, беа напишани многу трудови за новите методи, сензори или задвижувачи за селекција на отпадот на ефикасен начин.

Студентите ќе се запознаат со процесот на рециклирање, кој во најголем дел претставува селекција на отпадот. Дополнително студентите ќе имаат можност да постават и да користат електромагнетни сензори и задвижувачи, кои се употребуваат на линијата за селекција.

Сепак, во индустријата мешаниот отпад се селектира врз основа на конвенционални методи. Повеќето отпадни материјали се направени од метал, стакло, хартија, пластика или биоразградлив отпад од кујни. Овие материјали може да се рециклираат за понатамошна употреба. Првиот чекор во рециклирањето е селекцијата на отпадот. Преку правење на линијата за селекција на отпад, корисникот може да научи како правилно да ги постави и да ги користи сензорите и задвижувачите, кои се предвидени за оваа вежба.

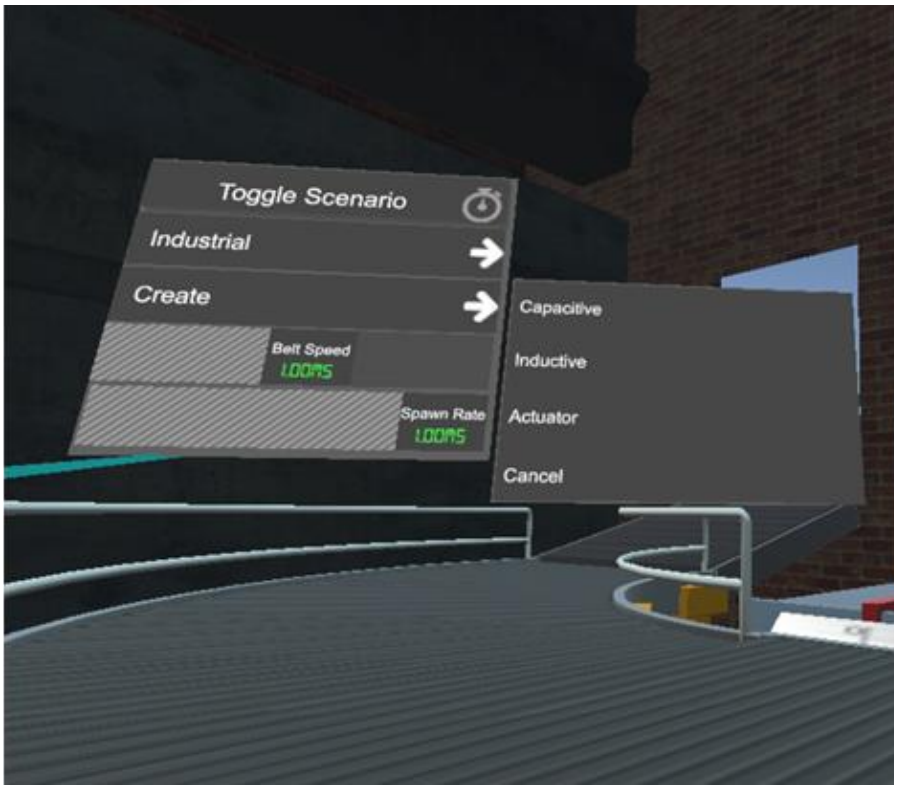
## 4.2. Вовед

Постојат две поткатегории за селекција, односно домашен отпад и индустриски отпад. Затоа во вежбата има и две сценарија за избор: селекција на домашен отпад и селекција на индустриски отпад. Изборот може да се направи во главното мени прикажано на слика 4.1. Стрелката во втората линија дава можност за избор со кое сценарио корисникот сака да работи:

- Домашен отпад
- Индустриски отпад

При селекција на домашен отпад постојат три категории на материјали:

- Органски отпад;
- Стакло (шишиња);
- Пластика (опаковки за храна).




Слика 4.1. Главно мени

При селекција на индустриски отпад, исто така има три категории на материјали:

- Феромагнетни и изолациони (како што е железото од магнетното коло на моторите и изолацијата на каблите);
- Проводни и неферомагнетни (како што се алуминиумски и бакарни проводници профилни или со кружен напречен пресек останати од изработката на намотките на моторите);
- Пластика (делови од моторите кои се направени од пластика).

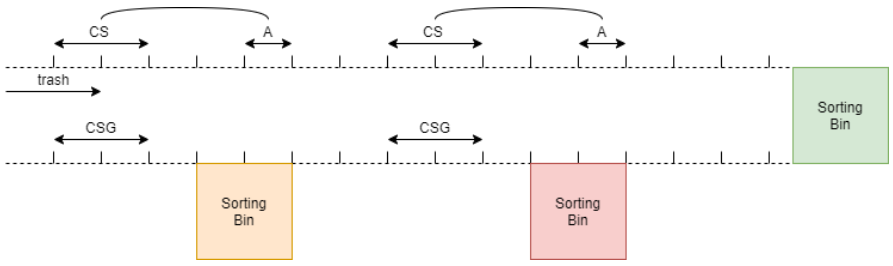
Во ова сценарио може да се користат два вида на сензори: индуктивен и капацитивен сензор. Индуктивниот сензор може да разликува метални од феромагнетни предмети, додека капацитивниот сензор се користи за селекција на пластика, стакло и органски отпад. Кога сензорите ќе го детектираат наведениот материјал во отпадот, задвижувачите го туркаат селектираниот отпад во соодветната корпа.

Корисникот треба да ја подеси линијата за селекција. Нема временско ограничување за подесување на линијата за селекција. Исто така во главното мени има можност да се подесат брзината на движење на лентата и учесталоста на буткање на отпадот во соодветните корпи.

## 4.3. Виртуелно склопување на линијата за селекција

Сензорите и задвижувачите треба да ги постави корисникот (тоа се прави со копчето “креирај” во главното мени, види сл 4.1.) и да се стават во новодефинираните позиции. Ова е особено важно, бидејќи претодно дефинираниот канал е широк 20 cm, а индуктивниот сензор чиј дијаметар е исто така 20 cm, треба да се стави во тој канал. Капацитивниот сензор кој има дијаметар е 20-60 cm, може да зафати до три предефинирани канали од едната страна на траката (електроди за напојување) и три канали од друата страна на траката (заземјени електроди). Задвижувачите исто така треба да се постават во претходно дефинираните канали. Сите сензори и задвижувачи треба да бидат поставени на новодефинирани позиции во специјални канали на траката за селекција. Задвижувачите треба да бидат лоцирани спротивно од секоја корпа.

За реализација на примерот, на Сл.4.2. е прикажана една можна конфигурација на линија за селекција за Сценарио А (CS и CSG се двете плочи на капацитивниот сензор).




Слика 4.2. Можна конфигурација на линија за селекција

После склопување на линијата за селекција, мора да се подесат параметрите на секој сензор и задвижувач.

Преку кликнување на некој предмет може да се подесат потребните релевантни параметри во зададен опсег.

## 4.4. Капацитивен сензор

Капацитивниот сензор се состои од две електрични плочи: од кои едната е заземјена, а другата се уклучува на наизменичен напон. Парчето отпад ќе биде детектирано додека поминува помеѓу овие плочи. Заради различните диелектрични својства на парчињата од отпад кои се селектираат, се појавуваат промени во вредноста на капацитетот, која се детектира преку сензорот. Сензорот е прикажан на слика 4.3.

Слика 4.3. Капацитивен сензор

Должината на електричните плочи е променлива. Корисникот може да избере должина од 20, 40 или 60 cm, која зафаќа 1, 2 или 3 канали по должината на траката.

Корисникот може да кликне на знакот плус на сензорот на сензорот и ќе се отвори менито. Тука корисникот може да ја подеси големината и фреквенцијата на приложениот напон. Исто така може да се избере должина на плочите од: 20, 40 или 60 cm.

Покрај тоа што должината на плочите може да се менува, има и претходно дефинирани работни опсези за фреквенцијата и приложениот напон. Тие се следните:

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

$$100\ \text{mV} \leq V \leq 20\ \text{V} \qquad \text{(eq. 1)}$$

На крај, амлитудата на струјата од овој сензор се добива со релацијата

$$\mathrm{I} = \frac{V1}{\left|\frac{1}{j\omega C}\right|} = V2\pi f C \ \ [A] \qquad \text{(eq. 2)}$$

Струјата која што капацитивниот сензор може да ја детектира се движи во следните граици:

$$50\ \ [\mu\text{A}] \leq \mathrm{I} \leq 10\ [\text{mA}]. \qquad \text{(eq. 3)}$$

Ако излезната струја е помала од 50 μA, истата не се наоѓа во опсегот на детекција, па затоа нема да се генерра излезен сигнал. Ако струјата има вредност поголема од 10 mA системот ќе појави аларм, бидејќи после определено време сензорот може да се прегори (прегревање на сензорот). Секако, ао струјата е во граници од 50 μA до 10 mA, капацитивниот сензор работи коректно.

## 4.5. Индуктивен сензор

Индуктивниот сензор може да детектира проводни и феромагнетни предмети. Принципот за детекција на проводни предмети се базира на виорните струи. Кога низ намотката на индуктивниот сензор протекува временски променлива струја (кај нашиот сензор тоа е наизменична синусоидална струја), се јавува зголемување на виорните струи во проводникот, кои ја модифицираат распределбата на магнетното поле. Принципот на детектирање на феромагнетен материјал се базира на модификација на распределбата на магнетното поле, бидејќи

феромагнетниот предмет се стреми да ги привлече силовите линии на полето.
Сензорот е направен од намотка поставена на железно јадро, која се напојува со наизменичен напон и пропусна површина. Кога намотката не е оптоварена (нема детектирано ни феромагнетни ни проводни предмети), истата има определена импеданса на електричното коло. Кога се наоѓа проводен предмет пред сензорот, импедансата на намотката ќе се намали. Кога пред неа се наоѓа феромагнетен предмет, импедансата се зголемува. Индуктивниот сензор е прикажан на слика 4.4.

Сл. 4.4. Индуктивен сензор

Корисникот може да кликне на сензорот и се отвара менито. Тука корисникот може да ја подеси големината и фреквенцијата на приложениот напон.
Фреквенцијата f и амплитудата V на приложениот напон може да се менуваат во однапред определени опсези, кои што се:

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

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

(eq. 4)

На крај, амлитудата на струјата од овој сензор се добива со релацијата

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

(eq. 5)

Струјата која индуктивниот сензор е способен да ја детектира е во следниот опсег:

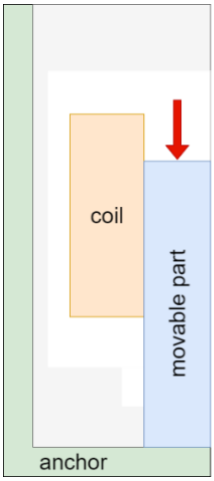
$$50\ [\mu A] \leq I \leq 10\ [mA].$$

(eq. 6)

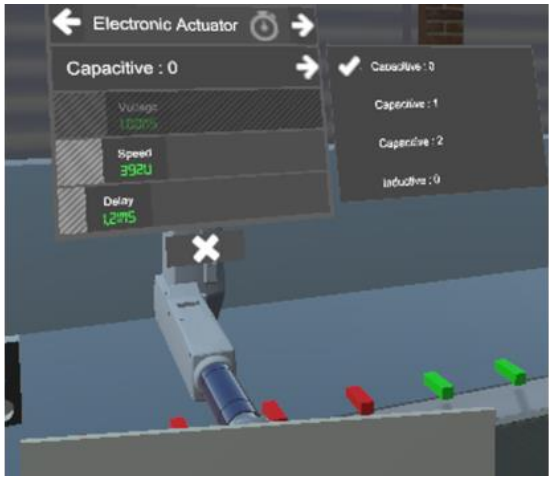
Ако излезната струја е под 50 μA, таа не е во опсегот на детекција и нема да се генерира сигнал. Ако струјата надминува 10 mA системот креира аларм, бидејќи после некое време сензорот може да прегори (прегревање на сензорот). Меѓутоа, ако струјата е во граници од 50 μA до 10 mA, индуктивниот сензор работи коректно.

## 4.6. Електромагнетен задвижувач

Задвижувачот е од магнетно коло и намотка. Кога протекува струја низ намотката, подвижниот дел од задвижувачот (означен со црвено на сл. 4.5а) се вовлекува внатре во задвижувачот (движење од долу-нагоре на сл. 4.5а) и тогаш котвата (означена со зелено на сл.4.5а) турка парче отпад. Кога се прекинува течењето на струјата, подвижниот дел излегува надвор од задвижувачот (движење од горе надолу на сл.4.5а) и котвата се враќа во него. Електромагнетниот задвижувач кој се користи во Сценариото е прикажано на слика 4.5б.




(a)




(b)

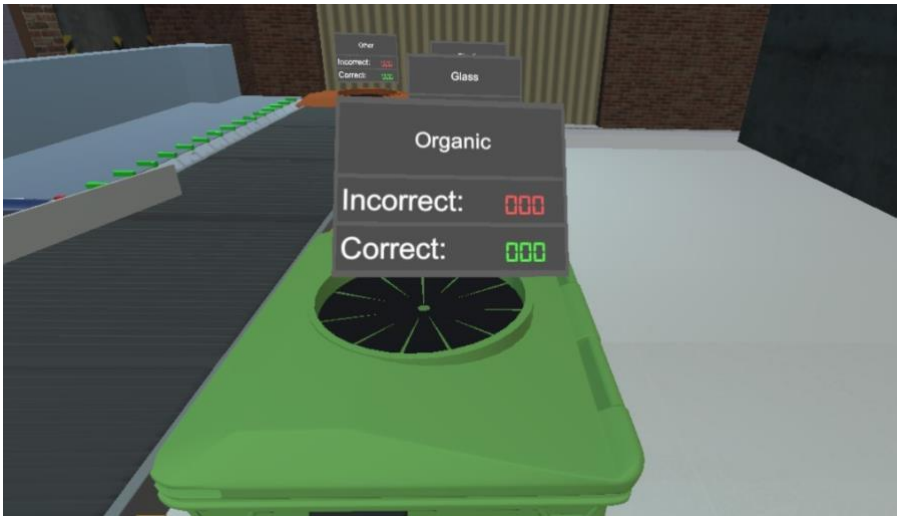
Слика 4.5. Електромагнетен задвижувач

Корисникот може да кликне на задвижувачот и се отвата менито. Во него корисникот може да ја подеси брзината на котвата. Брзината е во релација со силата на туркање, која пак е пропорционална со вредноста на струјата на квадрат.

Потребно е задвижувачот да биде во комуникација со својот сензор, а тоа се прави со избирање нод листата на веќе креираните сензори, како штое прикажано на слика 4.5б.
Задвижувачот е способен да го турне парчето отпад во корпата, само ако неговата брзина е подесена во соодветен опсег на вредности. Во спротивно, предметот ќе биде турнат надвор од корпата или ќе остане на траката.
Мора да се постави временска задршка на задвижувачот. Знаејќи ја брзината на траката (видете го главнот мени) и растојанието помеѓу зелените (или црвените) прегради на траката, кои се по 20 cm, можно е да се пресмета вистинската временска задршка која треба да се подеси.

## 4.7. Работа на лентата за селекција

Откако линијата ќе се постави, корисникот ја вклучува. Времетраењето на овој дел од вежбата е две минути. За да се активира или паузира Сценариото, корисникот мора да притисне "Промени Сценарио" во главното мени (види Слика 4.1).
Врз основа на бројот на правилно селектирани парчиња отпад, корисникот добива резултат за тоа колку парчиња отпад се коректно/некоректно селектирани (види Слика 4.6).




Слика 4.6. Корпа за органски отпад и резултат

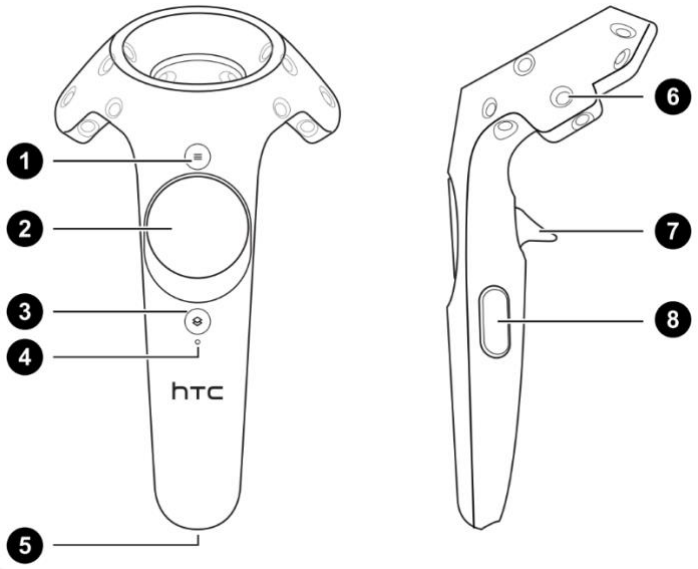
# Додаток А -HTC VIVE: УПАТСТВО

## Вовед

Ова упатство е наменето да биде основен водич за користење и одржување на комплетот на HTC Vive VR. Упатството содржи основни инструкции кои се потребни при склопувањето и при прво вклучување на Vive. Во делот за управувањето има една целина во која е опишано како да се движите во VR околината. На крај во делот за VR конзолата е опишано како самостојно да ја чистите и одржувате истата. Упатството се базира на официјалниот водич на HTC Vive:
https://www.htc.com/managedassets/shared/desktop/vive/Vive

## Команди

1. Копче за мени
2. Копче за позиционирање во просторот
3. Системско копче
4. Светло за состојба
5. Адаптер за USB полнач
6. Сензор за позиционирање
7. Копче за активирање
8. Копче преку кое се детектира дека контролерот се држи во рака




Слика А.1. Команди во Vive

## Активирање

За да го вклучите контролерот, притиснете го и држете го системското копче се додека не слушнете звучен сигнал. За да го исклучите контролерот, исто така го притискате и го држите системското копче се додека не слушнете звучен сигнал. Кога е вклучен за прв пат, контролерот автоматски се поврзува со слушалките. За да се направи рачно поврзување, се стартува апликацијата Steam VR, а потоа се оди во **Settings ⇒ Devices ⇒ Pair Controller**

## Светло за состојба

Бело светло покажува дека контролерот е целосно наполнет, додека е на полнење

1. Трепкачко сино светло покажува дека контролерот се поврзува со VR конзолата.
2. Континуирано сино светло покажува дека контролерот е поврзан.
3. Трепкачко црвено светло покажува дека контролерот е испразнет.
4. Континуирано портокалово светло покажува дека контролерот се полни.
5. Континуирано зелено светло покажува дека контролерот е активен.

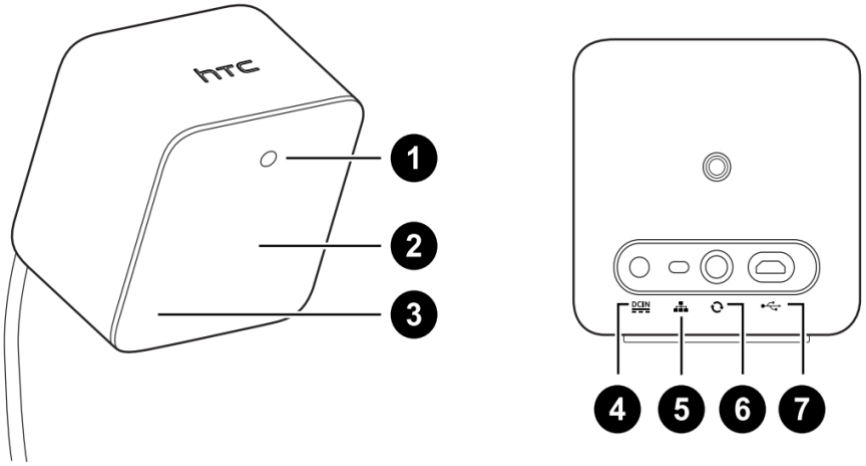
## Употреба

Со цел да се движите во VR околината, насочете го контролерот кон саканато мени и притиснете го копчето за активирање. Копчето за позиционирање се користи за движење внатре во VR. За да го направите ова, држете го копчето за позиционирање каде ќе се проектира индикатор за телепортација. Со притискање на копчето за позиционирање се телепортира корисникот на избраната локација.

Системското копче може да се користи за да се влезе во главното мени на Steam VR од било која VR околина, а истото може да биде и оневозможено со притискање на системското копче по втор пат. Менито на Steam VR не се појавува огледално пресликано, освен ако се изгуби резолуцијата.

## Базна станица

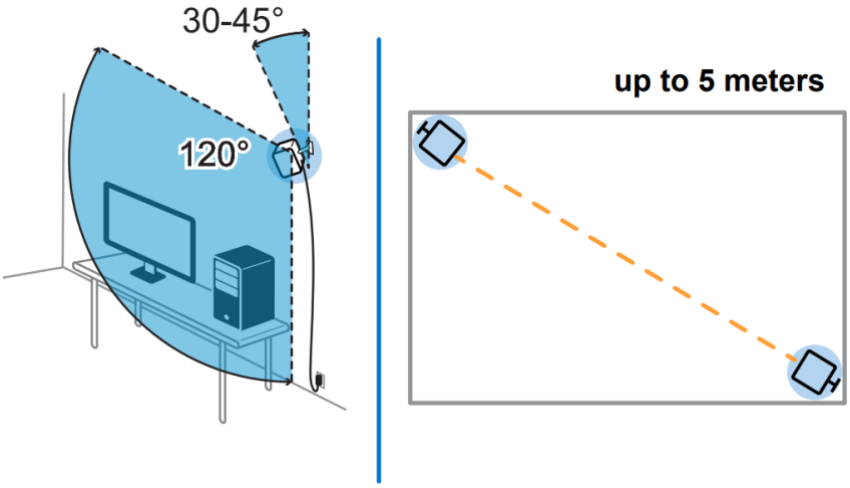
1. Светло за состојба
2. LED леќи
3. Индикатор за канали
4. Приклучок за напојувањеPower port
5. Копче за канали
6. Приклучок за синхронизација
7. Приклучок за микро USB




Слика А.2. Основни елементи

## Инсталација

Поставете ги базните станици дијагонално во просторијата и над вашата висина. Заради правилно следење, осигурајте се дека максималното растојание помеѓу две базни станици е до 5 m, а минималното е 2 m. Секоја базна станица има опсег на видливост од 120º. Се препорачува тие да бидат наклонети надоле под агол помеѓу 30º - 45º.




Слика А.3.

## Активирање

Откако ќе го поврзете кабелот за напојување на базната станица, притиснете го копчето за канали на задната страна од базната станица, така што едната базна станица ќе ја поставите на канал “b”, а другата на канал “c”.

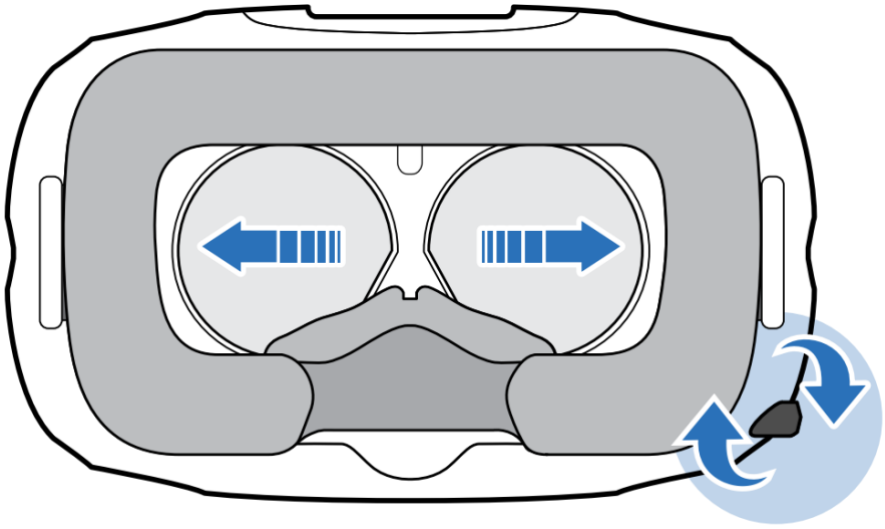
## Светло за состојба

1. Континуирано зелено светло кога базната станица е активна.
2. Трепкачко зелено светло кога базната станица е на standby.
3. Континуирано виолетово светло кога базната станица се обидува да се синхронизира.
4. Трепкачко виолетово светло кога синхронизирањето на базната станица е блокирано.

# VR конзола

## Подесување на леќите

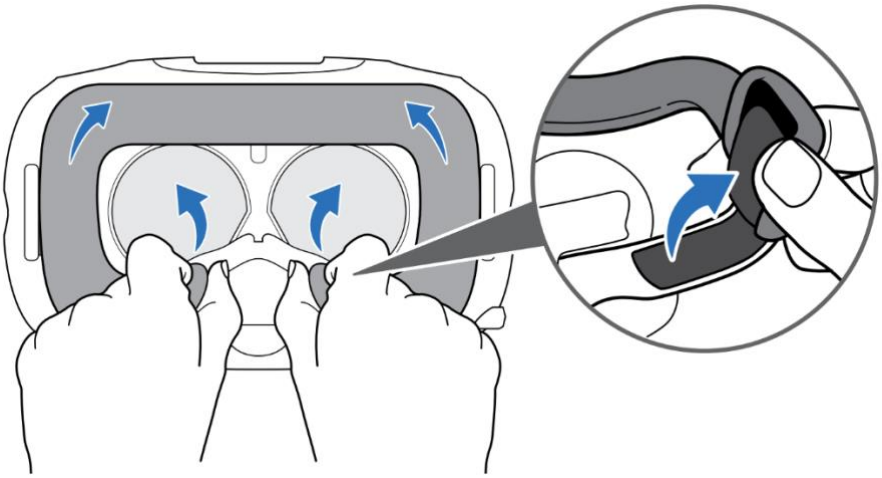
За да го подесите централното растојание помеѓу леќите, се користи вртливиот продолжеток поставен на долната лева страна од VR конзолата.



Слика А.4.

## Чистење на перничето за лице

За да го исчистите перничето, одлепете го од двете страни на VR конзолата. Потоа избришете го со влажна мазна крпа и исушете го на собна температура. Немојте да го потопувате, поливате, гребете, ниту да го избелувате перничето.



Слика А.5.

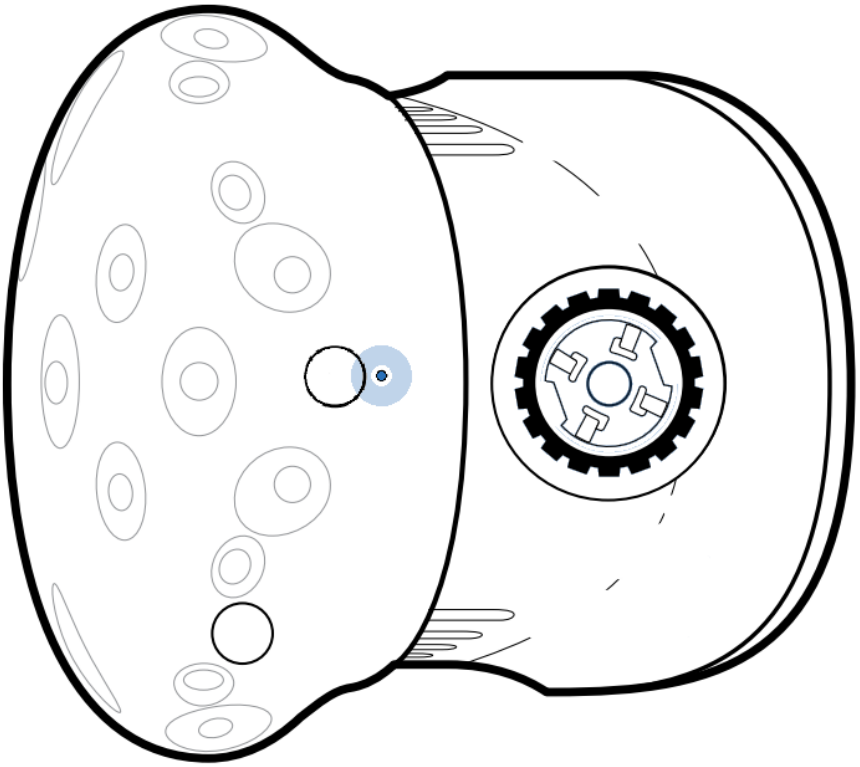
## Чистење на леќите

За да ги исчистите леќите на VR конзолата, избришете ги со микрофиберна крпа натопена со алкохол (или со средство за чистење на леќи) со кружни движења. Не ги изложувајте леќите на директна сончева светлина, бидејќи тоа може да го оштети дисплејот.

Слика А.6.

## Светло за состојба

1. Континуирано зелено светло покажува дека VR конзолата е активна
2. Споро трепкачко зелено светло покажува дека VR конзолата е на standby
3. Континуирано црвено светло покажува дека се појавила грешка во каблите или во дисплејот

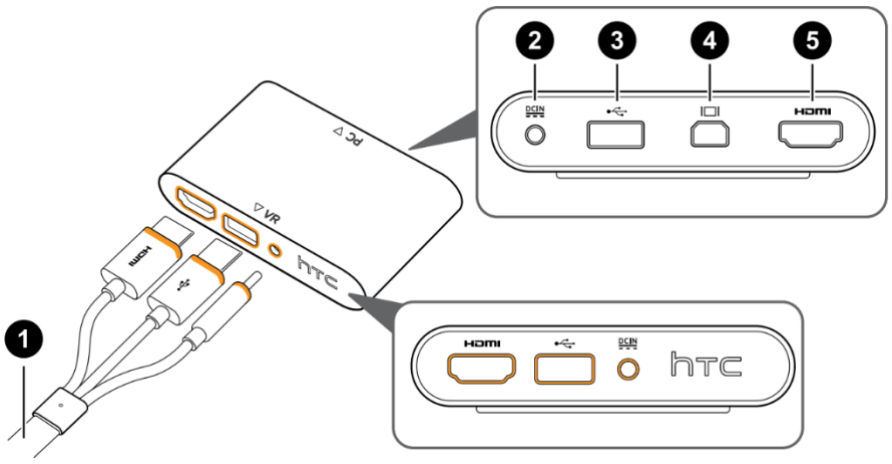


Слика А.7.

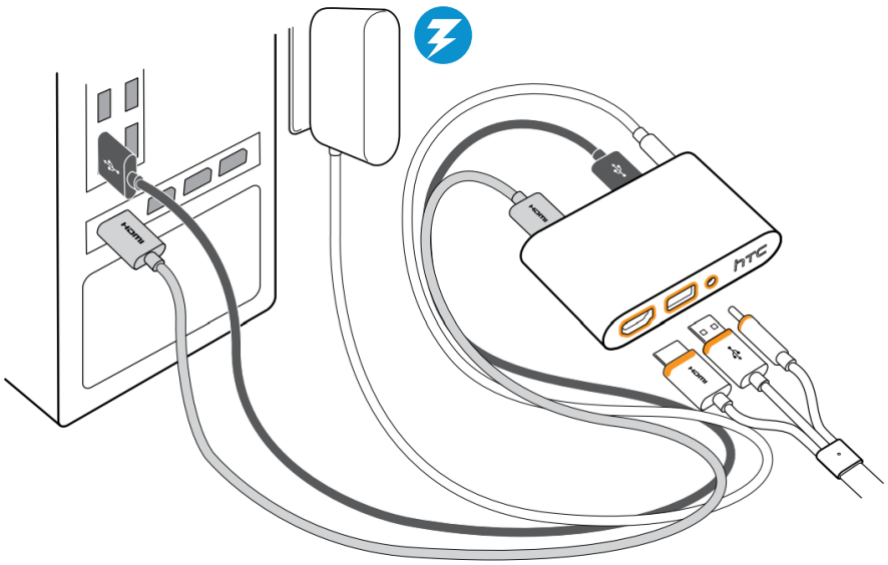
## Приклучна кутија

За да се поврзе VR конзолата на компјутер се користи приклучната кутија и соодветните кабли. VR конзолата се напојува преку посебен полнач поврзан преку приклучната кутија.

1. Кабел за VR конзолата
2. Приклучок за напојување
3. USB приклучок
4. Mini Display приклучок (замена за HDMI)
5. HDMI прилучок




Слика А.8.




Слика А.9.

## Подесување на апликацијатаSteam VR

Пред да можете да го користите Vive, треба да го завршите процесот на подесување, кој вклучува дефинирање на вашата област на делување. На почеток треба да ја даунлодирате и инсталирате апликацијата Steam од:
http://store.steampowered.com/about/.
Треба да креирате ваш Steam профил. Кога веќе сте го инсталирале Steam или ако веќе го имате истиот, одете во Library ⇒ Tools за да ја инсталирате апликацијата Steam VR. Кога ќе заврши инсталацијата, апликацијата Steam VR ќе стартува.
Во апликацијата Steam VR селектирајте Run Room Setup ⇒ Room-scale и следете ги упатствата на екранот.