

## 2. Снимање карактеристике празног хода машине једносмерне струје

### 2.1 Теоријски део

Карактеристика празног хода генератора ЈС се дефинише као зависност електромоторне силе на крајевима индукта генератора у функцији од струје побуде, када је струја оптерећења (индукта) једнака нули :

$$U = f(I_p) \text{ за } I_a = 0; \Omega = \text{const.};$$

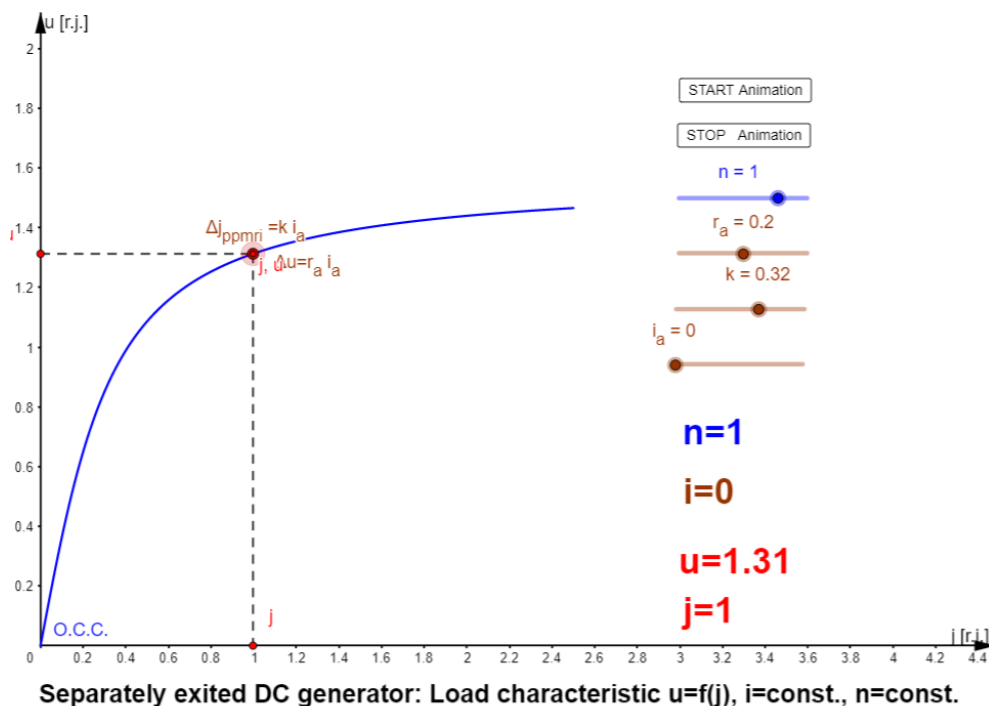
У одређеној размери ова к-ка представља и к-ку магнећења магнетног кола једносмерног генератора:

$$\Phi_\delta = f_1(F) \text{ односно } \Phi_\delta = f_2(I_p);$$

јер између електромоторне силе  $E_a$  и флукса у процепу  $\Phi_\delta$  постоји зависност при сталној угаоној брзини индукта:

$$E_a = \frac{p' \cdot N'}{2 \cdot \pi \cdot a'} \cdot \Phi_\delta \cdot \Omega;$$

Симулација карактеристике празног хода генератора једносмерне струје са независном побудом може се извршити преко програма програмског пакета Geogebra у коме је симулирана к-ка оптерећења. Карактеристика празног хода би била специјални случај к-ке оптерећења при којој је струја оптерећења нула.



Линк: [К-ка празног хода као специјални случај к-ке оптерећења](#)

Ова карактеристика се може добити огледом празног хода, али се такође може приближно срачунати и приликом пројектовања машине срачунавањем МПС потребних за одржање магнетних флуксева у појединим деловима магнетног кола генератора.

## 2.2 Лабораторијска вежба

### Задатак вежбе:

Употребом аквизиционе картице и програмског пакета LabVIEW снимити карактеристику празног хода тј. измерити вредности електромоторне силе генератора ЈС за различите вредности струје независне побуде тог генератора.

### Примењена метода и опис вежбе:

Пошто је услов снимања карактеристике празног хода да је брзина обртања константна, најбоље би било да се једносмерна машина покреће синхроног машином. Међутим због далеко лакшег покретања асинхроне у односу на синхрону машину у овој вежби је за покретање генератора коришћена асинхрона машина, водећи при томе рачуна да јој се брзина обртања одржава на што константијом вредношћу.

Ако је генератор раније био побуђиван онда ће, у случају када је побудна струја једнака нули, постојати нека вредност емс услед реманентног магнетизма. Због појаве магнетног хистерезиса истој јачини побудне струје неће увек одговарати иста магнетна индукција, већ ће њена вредност зависити од тога да ли се до те вредности побудне струје дошло постепеним повећањем или постепеним смањивањем побудне струје. Када се дође до максималне вредности побудне струје и почне са њеним смањивањем, емс ће се смањивати али не по истој кривој која је добијена при повећању побудне струје, већ ће она бити нешто већа; то значи да крива празног хода није једнозначна крива.

### Спецификација опреме и прибора за вежбу:

#### Спрега ЈМ и АМ:

Једносмерна машина:

Напон: 115 V

Струја: 7 A

Брзина обртања: 1500 o/min

Асинхорона машина:

Струја: 3,45A / 6,1 A

Напон: 220 V / 380 V

Брзина обртања: 1400 o/min

#### Унимер:

Модел: Agilent U1232A

Напон: 600 V AC/DC



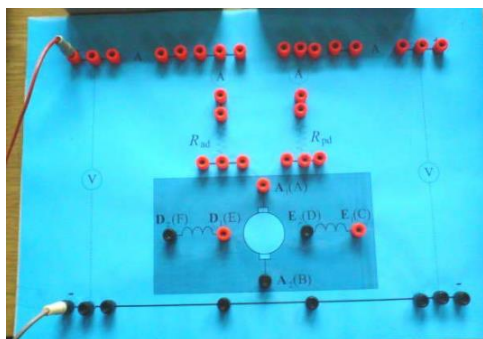
Стабилисани исправљач:  
 Модел: МА 4171  
 Опсег: 0-25V DC, 1A



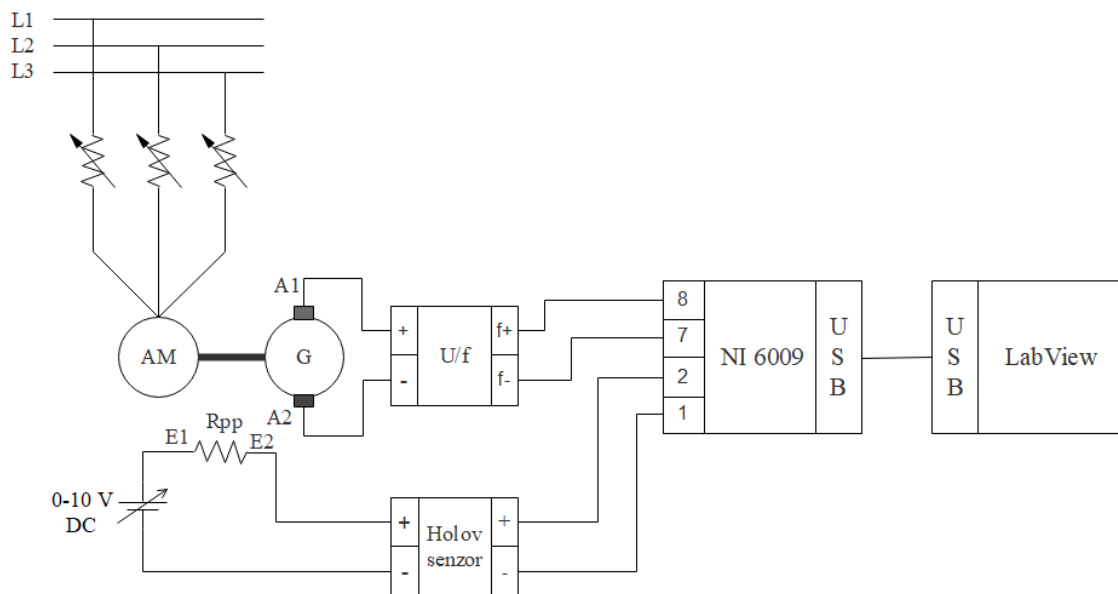
Мерно аквизициони уређај „NI 6009“:  
 Резолуција: 14 Bit  
 Број узорковања: 48kS/s



Прикључна табла машине ЈС:  
 произвођач: ФТН Чачак



**Електрична шема**



Како би се снимила карактеристика празног хода генератора једносмерне струје, употребљени су:

- Електронски склоп - четворопол претварача напона у фреквенцију

Главна компонента овог кола јесте напонски разделник, уз помоћ кога се своди улазни напон на мерљиви напон (чија је максимална вредност 10 V), који даље уз помоћ електронског кола интегратора, претвара напон у фреквенцију.

Како би се осигурала аквизициона картица, у четворополу на излазу је постављен оптокаплер, који обезбеђује галванско одвајање мереног напона од аквизиционе картице.

Оптокаплер је интегрисано коло које се састоји од лед диоде и фототранзистора, које обезбеђује галванско одвајање улаза и излаза кола. Он ради на принципу емитовања светлости уз помоћ лед диоде и пријема светлости уз помоћ фототранзистора, унутар његове конструкције.

- Холов сензор

Овај уређај се заснива на Холовом ефекту који региструје присуство магнетног поља. Он на излазу даје сигнал малог интензитета који захтева појачање.

Такође Холов сензор претставља и галванско одвајање аквизиционе картице од мерене струје побуде, чиме се обезбеђује заштита аквизиционе картице.

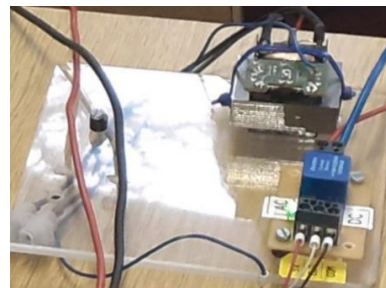
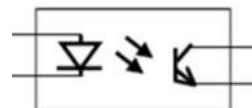
### Поступак извођења вежбе

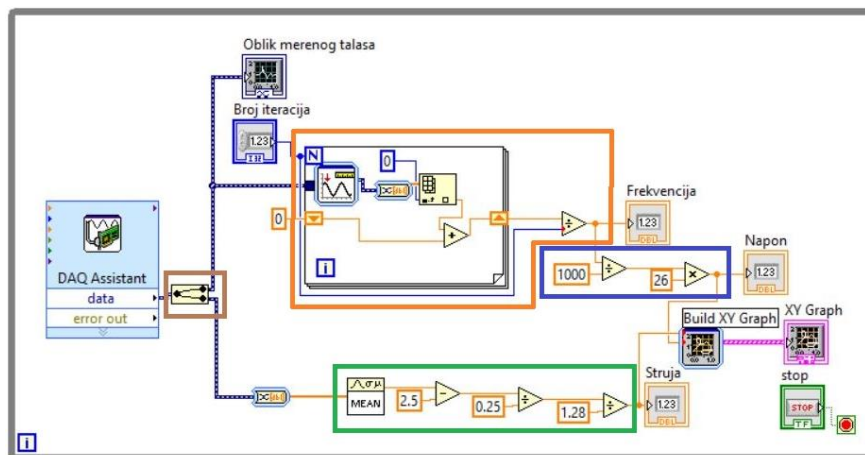
Поступак је исти за оба мерења

- 1) Повеже се апаратура према датој електричној шеми
- 2) Креира се програм у програмском пакету LabView
- 3) Укључи се асинхрони мотор, чије вратило је спојено са једносмерном машином
- 4) Постепено се повећава једносмерна струја независног побудног навоја
- 5) Мултиметром се провере мерене величине напона и струје
- 6) Коришћењем аквизиционе картице измере се вредности напона и струја приликом постепеног повећавања и смањивања побудне струје.
- 7) Добијени резултати се из програма LabVIEW екпортују у excel табелу, ради касније анализе и обраде и приказивања.

### Блок дијаграм „LabView“ програма

За обраду прикупљених података креиран је [програм у LabVIEW](#). Доња слика приказује његов блок дијаграм:





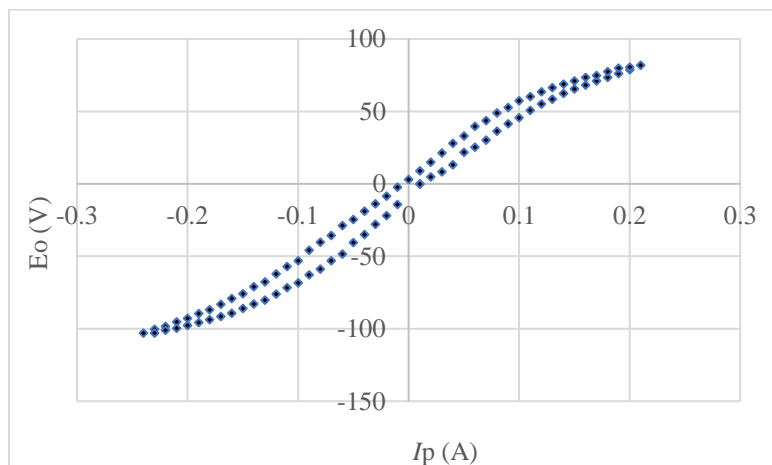
У овом блок дијаграму су креиране 4 главне целине, и то су:

- **Браон блок** –служи за раздвајање мерених података аквизиционе картице, улазни сигнал овог блока јесу аквизицијом добијени мерени подаци, док излазни горњи сигнал је напон у виду фреквенције (број импулса у секунди), а доњи сигнал је струја Холовог сензора.
- **Наранџаст блок** –служи за израчунавање средње вредности мерених фреквенција, где се број узиманих узорака дефинише уношењем броја у нумерички контролер (назив: „Broj iteracija“). Излазна вредност фреквенције се приказује на нумеричком индикатору (назив: „Frekvencija“).
- **Плави блок** –служи за конверзију измерене и усредњене фреквенције у напон, који се приказује на нумеричком индикатору (назив: „Napon“).
- **Зелени блок** –служи за Гаусово усредњавање баждарење струје коју Холов сензор региструје. Приказује се на нумеричком индикатору („Struja“).

Функција зависности измереног напона од струје се графички приказује.

### Резултати мерења

На графику испод је приказана функција мерења електромоторне силе генератора са независном побудом у функцији промене струје побуде.



## ДОДАТАК

У спреси синхроне машине и једносмерне машине (апаратура на доњој слици) је такође могуће извести оглед празног хода.



Тада је поступак извођења вежбе нешто сложенији и састоји се из следећих корака:

1. Синхронизација синхроног генератора на мрежу (једносмерна машина ради као мотор, синхрона машина као генератор)
2. Прикључење синхроне машинице на мрежу која мења своју функцију (из генераторског прелази у моторни режим рада, док се мотор искључује са једносмерног напајања и прелази у генераторски режим)
3. Снимање карактеристике празног хода

Пошто се синхрони мотор не може директно прикључити на мрежу потребно га је прво покренути као генератор који ће на његовим крајевима имати напон по амплитуди, фреквенцији и фази идентичан са напонам мреже. То је посебна лабораторијска вежба „Синхронизација синхроног генератора на мрежу“ укратко описана у овом додатку.

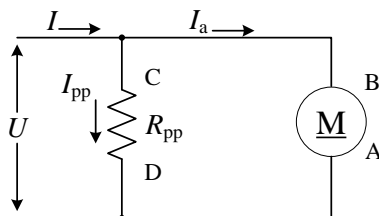
У том уводном делу вежбе је машина ЈС у улози мотора, који покреће синхрону машину која има улогу генератора.

**Први корак: синхронизација синхроне машине на мрежу**

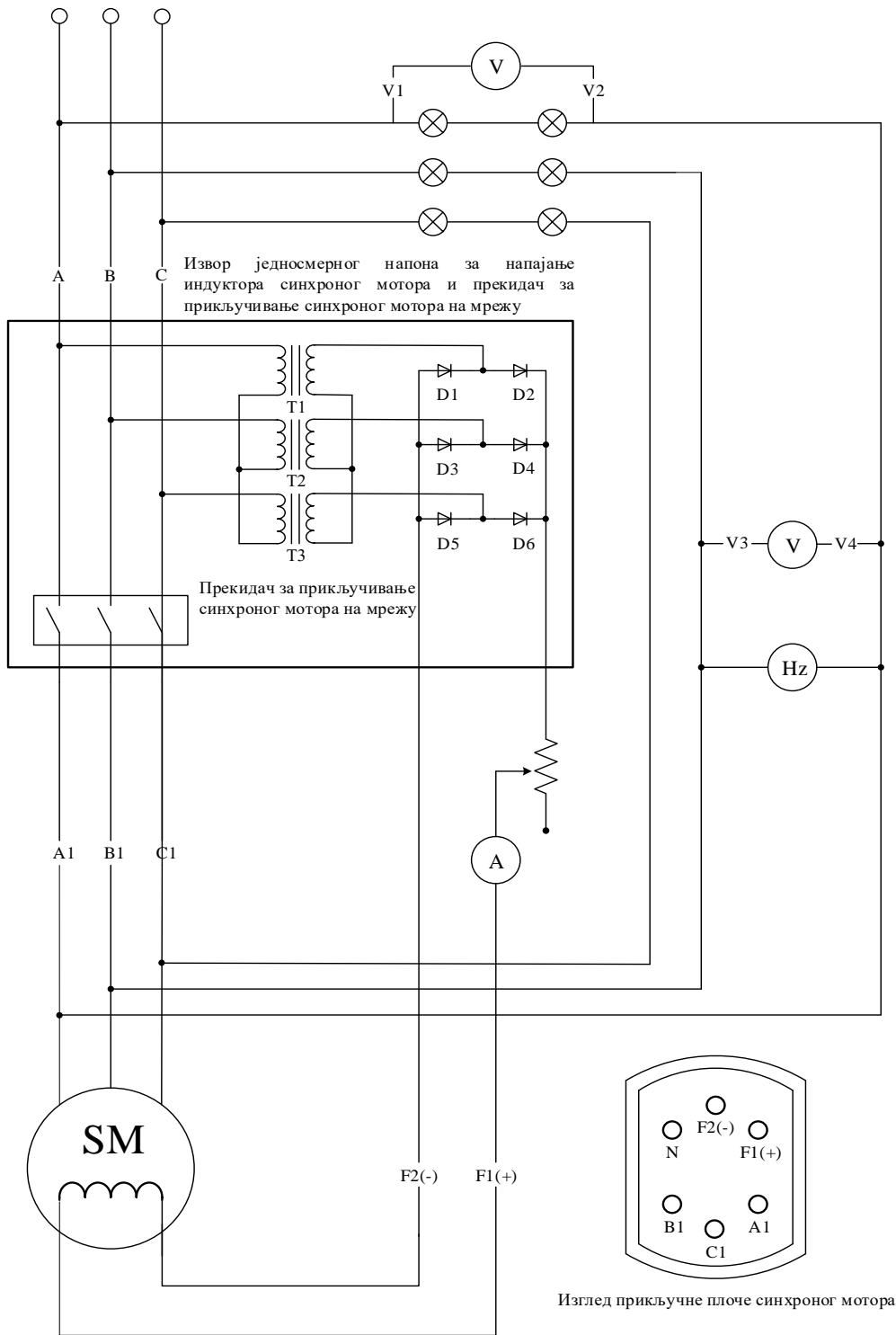
Синхрона машина се не сме пустити у рад све док се њена брзина обртања не доведе до синхроне брзине ( $1500 \text{ min}^{-1}$ ). Зато се на почетку користи:

- машина ЈС као мотор
- синхрона машину као генератор.

Машина једносмерне струје има улогу мотора, леви смер обртања и паралелну побуду.



Повећањем напона напајања мотор ЈС има све већу брзину обртања, све ближу вредности од  $1500 \text{ min}^{-1}$ . На сваку од три фазе синхроне машине, која ради као генератор, је прикључена по једна сијалица (индикатор), чији је други крај везан на фазу из трофазне мреже.



Шема прикључења синхроне машине

Овако повезан индикатор трепери фреквенцијом која представља разлику фреквенције фазе синхроног генератора и фреквенције фазе мреже.

При брзини обртања од  $n = 0 \text{ min}^{-1}$ , сијалице светле фреквенцијом од 50Hz, јер је не постоји напон на крајевима синхроног генератора. За сијалице је то исто као да су једним крајем повезане на фазни мрежни напон, а другим крајем на нулти вод.

Порастом једносмерног напона напајања мотора ЈС, мотор убрзава и синхрони генератор генерише напон чија је фреквенција све већа. Сијалице зато све спорије трепере.

Када је достигнута синхрона брзина обртања, синхрона машина производи напон чија је фреквенција 50Hz и сијалице би требале да престану да светле, али услед фазне разлике напона синхроног генератора и мреже, сијалице слабо сијају, без треперења.

Да би сијалице престале и да светле (индикатор да је поклопљен и фазни став напона мреже и напона генератора), потребно је постепено мењати вредност додате отпорности у колу индукта, колу побуде и напона мотора ЈС, док се не постигне жељени радни режим.

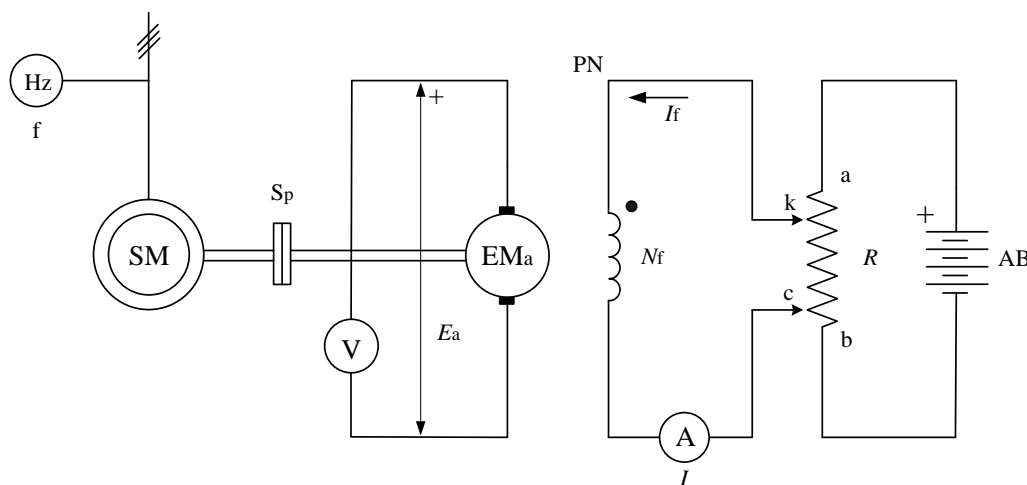
У том тренутку је потребно прикључити синхрону машину на мрежу, одвајајући индукт мотора ЈС са напона напајања.

Помоћу синхронизационих сијалица, волтметра и фреквенцметра се прати амплитуда, фазни став и фреквенција напона на крајевима генератора. Када се ови параметри поклопе са параметрима мреже, синхрона машина се прикључује на мрежу а једносмерна искључује и припрема за огледе снимања карактеристика генератора ЈС.

### Други корак:

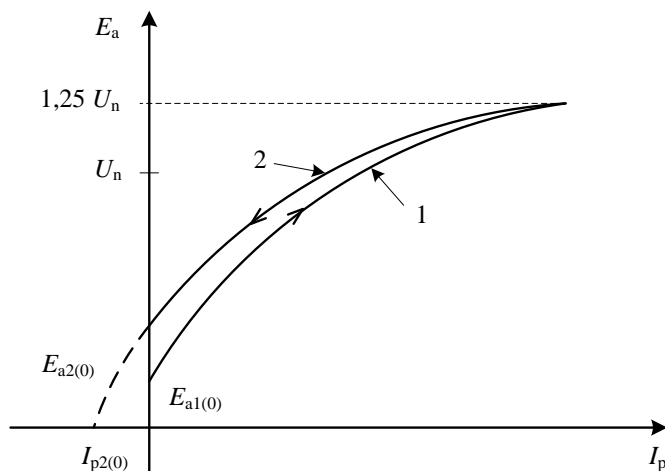
Стална брзина обртања индукта је остварена синхроним мотором, чија је брзина обртања стална и зависи само од фреквенције напона електричне мреже на коју је синхрони мотор прикључен.

Оглед снимања карактеристике празног хода захтева постављање апаратуре као на доњој слици и спровођење следеће процедуре:





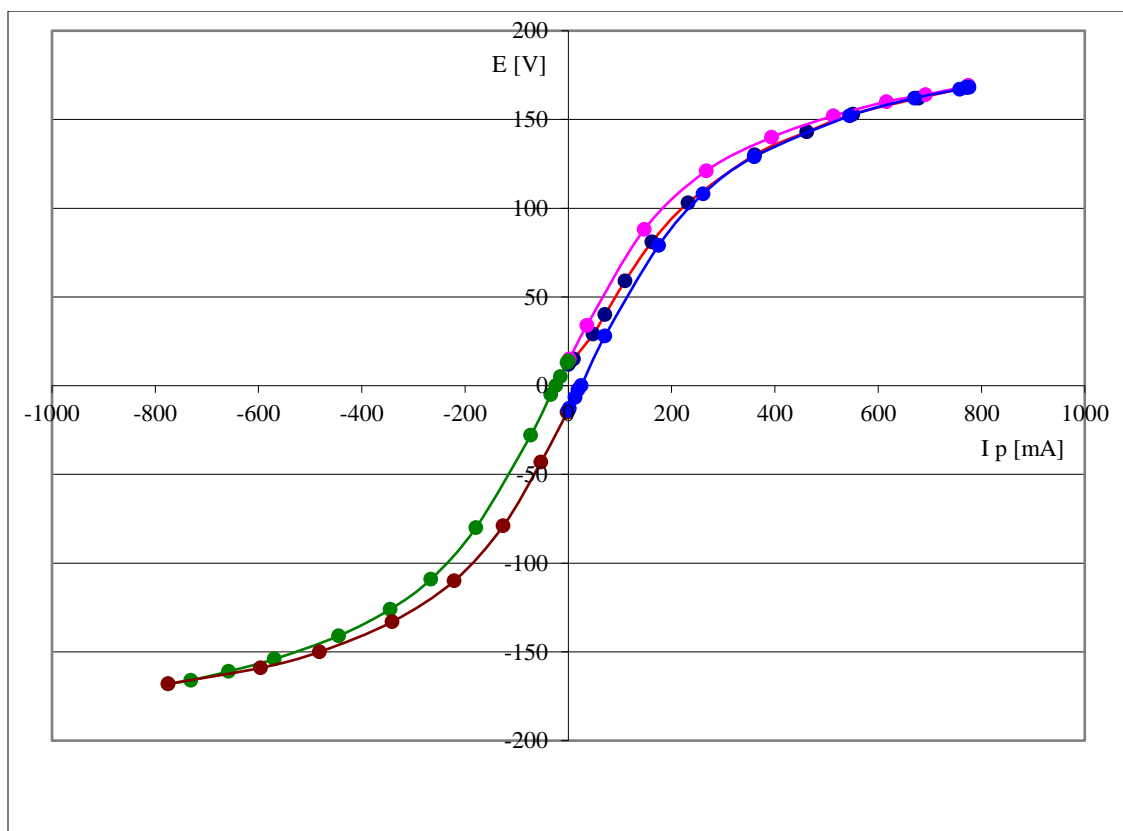
1. Клизач  $k$  се постави на контакт  $c$  тако да кроз побудни навој не протиче никаква струја ( $I_p = 0$ ). Волтметар  $V$  ће показивати некакав напон  $E_{a1(0)}$  који зависи од реланентног магнетизма у магнетним половима електричне машине за JS ;
2. Помера се лагано клизач  $k$  према контакту  $a$ , услед чега расте јачина побудне струје  $I_p$  а такође и напон  $E_a$ . Са индексом 1 означен је онај део карактеристике која се добија при расту  $I_p$ . Клизач се помера тако дуго док се на волтметру  $V$  не прочита напон који је већи за око 25% (10% - 25%) од номиналног напона индукта машине ;
3. Затим се почне са враћањем клизача  $k$  према контакту  $c$ , услед чега се смањује  $I_p$ , а такође и  $E_a$ . Са индексом 2 означен је онај део карактеристике која се добија при смањивању  $I_p$ . Када се клизач  $k$  и контакт  $c$  споје, биће поново  $I_p = 0$  али не и напон  $E_a$  који ће тада имати вредност  $E_{a2(0)}$  ;
4. Настави се померање клизача  $k$  преко контакта  $c$  према контакту  $b$  док се не добије вредност напона  $E_a = 0$ . Тада је јачина побудне струје  $I_p = -I_{p2(0)}$  ;
5. Према прочитаним паровима вредности за  $I_p$  и  $E_a$  нацрта се дијаграм чији је општи облик приказан на слици;



Слика 3.2: Карактеристика празног хода

6. Транслаторно се помери крива 2 удесно за вредност  $I_{p2(0)}$ , тако да грана 2 карактеристике празног хода сада пролази кроз координатни почетак. Ова грана карактеристике представља карактеристику празног хода испитиване машине за једносмерну струју ;

Напомена: Пре почетка извођења вежбе водите рачуна да у првом делу огледа при повећању побудне струје не сме доћи до неког њеног непредвиђеног смањења. Исто тако, при другом делу огледа приликом смањења побудне струје не сме доћи до неког њеног непредвиђеног повећања.

Резултати мерења

Детљни извештај студената који су изводили мерења дат је преко овог [линка](#)