

## 8. ISTOSMJERNI STROJEVI (VJEŽBA III)

### 8.1. UVOD

Istosmjerni strojevi su strojevi kojima kroz priključne vodove teče istosmjerna struja. Istosmjerni strojevi sastoje se od statora koji nosi uzбудni namot, rotora koji nosi armaturni ili radni namot, i komutatora. Komutator ispravlja izmjenični napon inducirani u vodičima armaturnog namota u istosmjerni napon na četkicama, odnosno komutira istosmjernu struju priključnih vodova u izmjeničnu struju vodiča armaturnog namota.

Istosmjerni strojevi koriste se kao generator i motori. Ovisno o međusobnom spoju armaturnog i uzbudnog namota dijele se na nezavisne, poredne, serijske i kompaudne istosmjerne strojeve. Kod nezavisno uzbuđenih istosmjernih strojeva manje snage često se na statoru postavljaju permanentni magneti umjesto uzbudnog namota. Razne vrste istosmjernih strojeva imaju vrlo različite vanjske karakteristike, te mogu pokriti širok spektar primjena.

Istosmjerni strojevi poznati su po izvrsnim upravljačkim svojstvima, te nalaze široku primjenu u upravljanim i reguliranim elektromotornim pogonima.

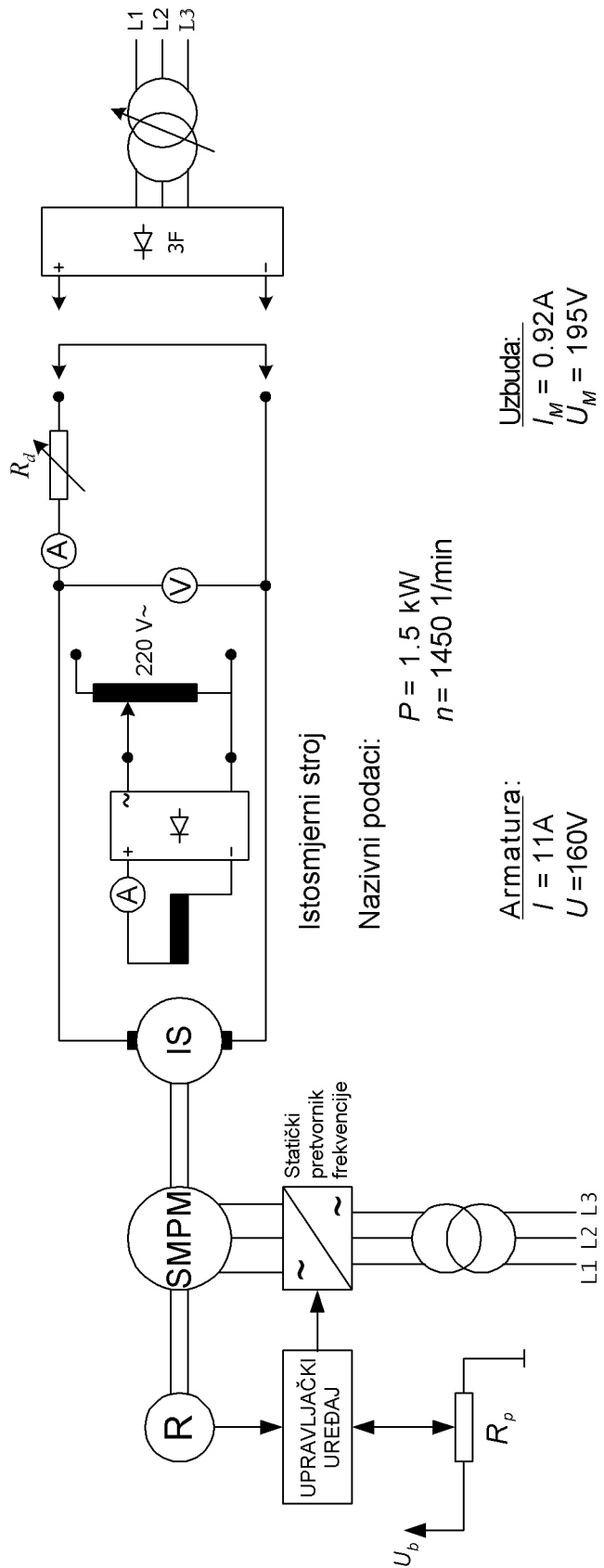
### 8.2. NAZIVNI PODACI ISTOSMJERNOG MOTORA I OPĆA MJERNA SHEMA

Mjerenja se provode za nezavisno uzbuđeni istosmjerni stroj snage 1.5 kW. Slika 8.1 prikazuje mjernu shemu pogona i daje nazivne podatke istosmjernog stroja. U danom se pogonu istosmjerni stroj može koristiti kao generator i motor. Predviđena je mogućnost proizvoljnog i nezavisnog mijenjanja uzbudne struje, brzine vrtnje i opterećenja stroja. Time je moguće snimiti razne karakteristike stroja, te demonstrirati različite načine podešavanja brzine vrtnje istosmjernog motora.

Uzбудni namot istosmjernog stroja napaja se iz jednofazne izmjenične mreže preko regulacijskog transformatora i ispravljača. Mijenjanjem izlaznog napona transformatora mijenja se srednja vrijednost istosmjernog napona uzbuđene, a time i uzbudna struja.

U generatorskom radu, istosmjerni stroj napaja promjenljivi opteretni otpornik uključen u armaturni krug (izlazne stezaljke armaturnog kruga na slici 8.1 su kratko spojene). Promjenom otpora mijenja se opterećenje generatora. Brzina vrtnje generatora proizvoljno se podešava pomoću reguliranog sinkronog motora s permanentnim magnetima (servomotora). Servomotor održava zadanu (referentnu) brzinu vrtnje na danom iznosu nezavisno o opterećenju motora (koje ovisi o opterećenju generatora).

Istosmjerni stroj postaje motor u slučaju da se armaturni namot stroja spoji na istosmjerni izvor napajanja. Istosmjerni izvor napajanja armaturnog kruga dobiva se ispravljanjem napona trofazne izmjenične mreže (Sl. 8.1). Između izmjenične mreže i ispravljača postavlja se trofazni regulacijski autotransformator, kako bi se ostvarila mogućnost kontinuirane promjene napona napajanja armaturnog namota. U motorskom načinu rada istosmjernog stroja, servomotor se koristi kao upravljiva kočnica koja tereti istosmjerni motor. Servostroj radi generatorski, pri čemu se proizvedena električna energija rasipa na grijačima koji se spajaju u istosmjerni međukrug pretvornika frekvencije. Umjesto referentne vrijednosti brzine vrtnje, upravljačkom se uređaju sada zadaje proizvoljna referentna vrijednost kočnog momenta.



Slika 8.1. Mjerna shema i nazivni podaci istosmjernog stroja.

Tumač:

IS – istosmjerni stroj s nezavisnom uzbudom

SMPM – sinkroni motor s permanentnim magnetima (servomotor)

R – rezolver (uređaj za mjerenje brzine i pozicije servomotora)

1 - Prazni hod generatora

2 - Opterećenje generatora

3 - Motorski rad

### 8.3.[m] ISTOSMJERNI GENERATOR

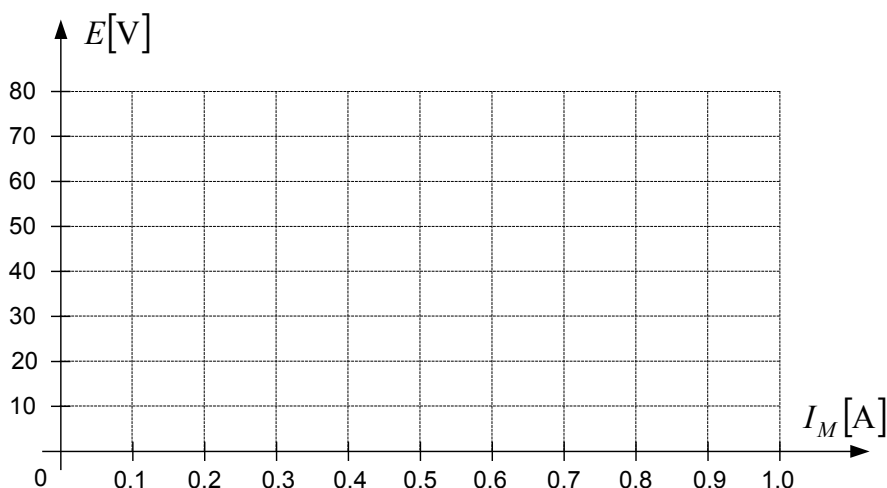
Pomoću mjernog postava na slici 8.1 potrebno je snimiti i komentirati razne karakteristike istosmjernog generatora.

#### a) Karakteristika praznog hoda

Karakteristika praznog hoda je ovisnost induciranog napona generatora  $E$  o struji uzbude  $I_M$  pri konstantnoj brzini vrtnje generatora  $n$  u praznom hodu. Generator se postavlja u prazni hod otvaranjem izlaznih stezaljki armaturnog kruga (varijanta 1 na slici 8.1). Brzina vrtnje se pomoću servomotora regulira na  $n = 800$  1/min. Struja uzbude mijenja se u koracima po 0,1 A pomoću jednofaznog autotransformatora, te očitava napon armature  $U$  koji u praznom hodu generatora odgovara induciranom naponu  $E$ . Rezultati mjerenja upisuju se u Tablicu 8.1, te grafički prikazuju na slici 8.2.

Tablica 8.1 Rezultati snimanja karakteristike praznog hoda ( $n=800$  1/min).

$I_M$ [A]	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$E$ [V]											



Slika 8.2. Karakteristika praznog hoda.

*Pitanja:*

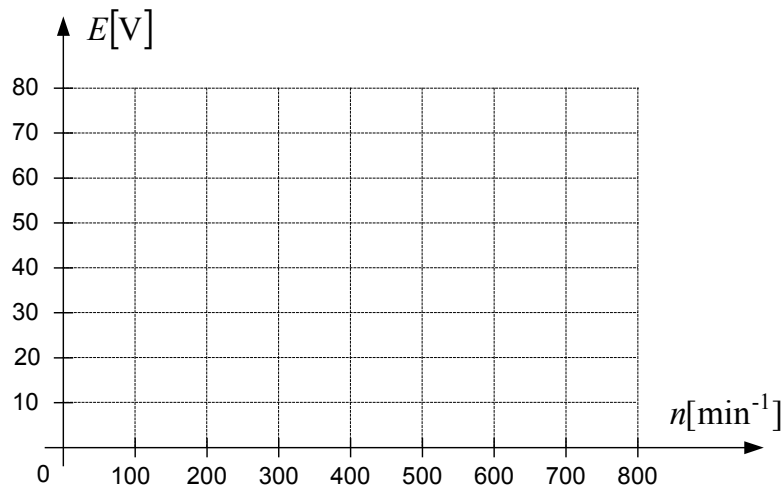
- 1) Kakvog je oblika karakteristika praznog hoda, te u kakvoj je vezi s krivuljom magnetiziranja magnetskog kruga stroja?
- 2) Zašto je inducirani napon  $E$  različit od nule za slučaj da je uzbudna struja jednaka nuli ( $I_M = 0$ )?

b) Ovisnost induciranog napona o brzini vrtnje u praznom hodu.

Mjerni postav ostaje u praznom hodu, uzбудna struja se postavi na nazivnu vrijednost  $I_M = 0.92 \text{ A}$ , te mjeri ovisnost induciranog napona  $E$  o brzini vrtnje  $n$ . Rezultati mjerenja upisuju se u Tablicu 8.2, te grafički prikazuju na slici 8.3.

Tablica 8.2 Rezultati snimanja karakteristike  $E(n)$  u praznom hodu generatora ( $I_M = 0.92 \text{ A}$ ).

$n \text{ [min}^{-1}\text{]}$	0	100	200	300	400	500	600	700	800
$E \text{ [V]}$									



Slika 8.3. Ovisnost induciranog napona o brzini vrtnje generatora u praznom hodu.

Pitanja:

- 3) Kakva je ovisnost induciranog napona o brzini vrtnje u praznom hodu?
  
- 4) Navedite tipičnu primjenu generatora, koja proizlazi iz uočene ovisnosti  $E(n)$ .

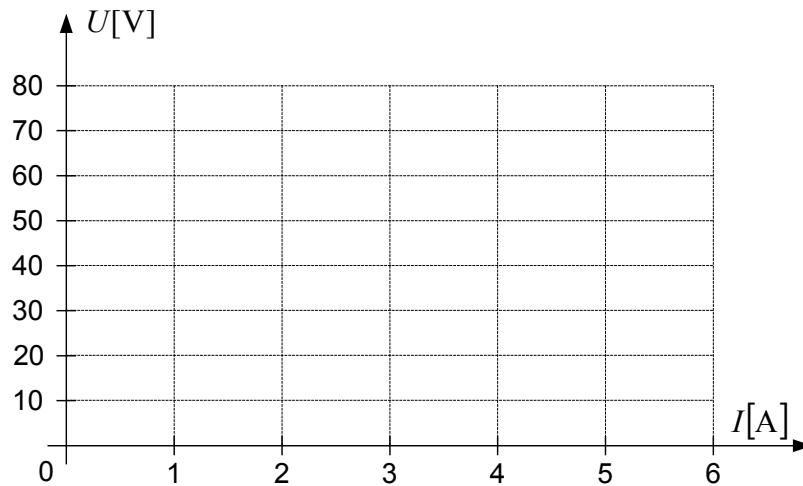
c) Vanjska karakteristika

Vanjska karakteristika (ili karakteristika opterećenja) predstavlja ovisnost napona na stezaljkama armaturnog namota  $U$  o struji opterećenja  $I = I_A$ , pri konstantnoj (uobičajeno nazivnoj) brzini vrtnje generatora  $n$  i nazivnoj struji uzbude  $I_M$ . Izlazne stezaljke armaturnog kruga se zatvaraju (varijanta 2 na slici 8.1), te se promjenom otpora dodanog u armaturni krug mijenja struja opterećenja  $I$ . Servomotor čvrsto regulira brzinu vrtnje na  $n = 800 \text{ 1/min}$  neovisno o opterećenju generatora.

Potrebno je izmjeriti ovisnost  $U(I)$ , te rezultate upisati u Tablicu 8.3 i grafički predočiti na slici 8.4.

Tablica 8.3 Rezultati snimanja vanjske karakteristike generatora ( $n = 800$  1/min,  $I_M = 0.92$  A).

$I$ [A]	0	2	3	4	5	6
$U$ [V]						



Slika 8.4. Vanjska karakteristika generatora.

*Pitanja:*

5) Kako se mijenja napon generatora s povećanjem struje opterećenja? Kako zovemo ovaj tip vanjske karakteristike?

6) Koji je razlog pada napona generatora s povećanjem opterećenja? Procijenite relativni iznos pada napona (s obzirom na nazivni napon) pri nazivnoj struji opterećenja.

7) Kako bi se napon generatora mogao držati neovisnim o opterećenju?

## 8.4.[m] ISTOSMJERNI MOTOR

Pomoću mjernog postava na slici 8.1 (varijanta 3) moguće je demonstrirati razne načine podešavanja brzine vrtnje istosmjernog motora, te snimiti karakteristiku  $n(I)$  motora.

### *a) Podešavanje brzine vrtnje*

Brzina vrtnje istosmjernog motora može se podešavati na tri načina:

- promjenom napona armature (u opsegu od mirovanja do nazivne brzine vrtnje),
- promjenom magnetskog toka (u području iznad nazivne brzine vrtnje),
- dodavanjem otpora u armaturni krug.

Na temelju demonstracije podešavanja brzine vrtnje u praznom hodu pogona odgovorite na sljedeća pitanja.

### *Pitanja:*

1) Kako se mijenja brzina vrtnje s povećanjem armaturnog napona motora? Zašto se brzina vrtnje ne smije na ovaj način podizati iznad nazivne brzine vrtnje?

2) Kako se brzina vrtnje mijenja s povećanjem otpora dodanog u armaturni krug? Koji je osnovni nedostatak ovog načina podešavanja?

3) Kako se mijenja brzina vrtnje sa slabljenjem magnetskog toka? Zašto stroj ne smije ostati neuzbuđen u praznom hodu? Na koji se način stroj štiti od "ispada" uzbude?

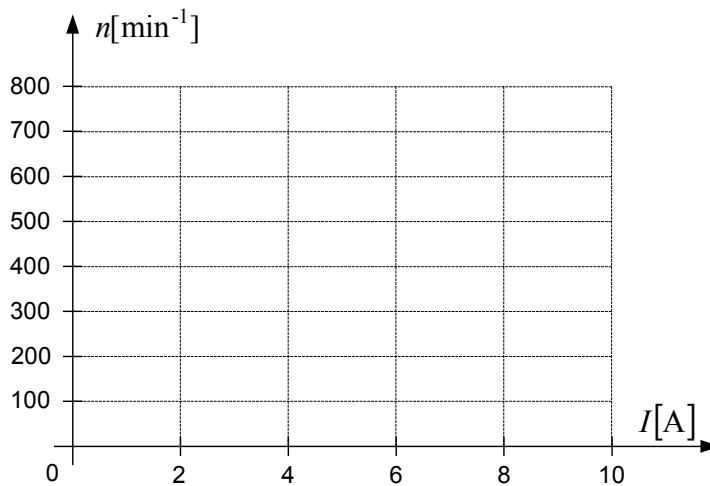
4) Napišite izraz za vanjsku karakteristiku motora koji opisuje uočene ovisnosti pri podešavanju brzine vrtnje. Nacrtajte vanjske karakteristike podešavanja brzine vrtnje.

b) Ovisnost brzine vrtnje o struji opterećenja

Istosmjerni motor tereti se momentom proizvedenim pomoću servomotora. Dodatni otpor se odspaja iz armaturnog kruga, a uzbudna se struja postavlja na nazivni iznos  $I_M = 0,92$  A. Istosmjerni motor reagira na promjenu momenta tereta s promjenom armaturne struje  $I_A$ , tj. promjenom struje opterećenja  $I = I_A$ . Napon napajanja motora pada s povećanjem opterećenja uslijed pada napona u trofaznom autotransformatoru. Stoga je u svakoj točki mjerenja potrebno autotransformator podesiti na početni iznos napona (za  $I_A = 0$ ). Potrebno je izmjeriti vrijednosti brzine vrtnje za razne struje opterećenja, te rezultate upisati u Tablicu 8.4 i grafički predočiti na slici 8.5.

Tablica 8.4. Rezultati snimanja karakteristike motora  $n(I)$  ( $I_M = 0,92$  A)

$I$ [A]	0	2	4	6	8	10
$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]						



Sl. 8.5. Karakteristika istosmjernog motora  $n(I)$ .

Pitanja:

5) Kako se mijenja brzina vrtnje s povećanjem opterećenja?

6) Kakva je veza između snimljene karakteristike  $n(I)$  i mehaničke karakteristike motora  $n(M)$ ? O kojem se tipu mehaničke karakteristike radi?