



## **Praktikum upravljanja električnim strojevima**

Zadaci za vježbu

# **ASINKRONI STROJEVI**

2. ciklus

*autor: V. Čosić*

Zagreb, svibanj 2011.

# 1 Zadaci

## Zadatak 1

Trofazni asinkroni dvopolni motor priključen na napon frekvencije 50 Hz rotira brzinom  $2900 \text{ min}^{-1}$ . Kolika je frekvencija rotorskih struja, te koliko iznose:

- (a) brzina vrtnje okretnog protjecanja rotora u odnosu na rotor,
- (b) brzina vrtnje okretnog protjecanja rotora u odnosu na stator,
- (c) brzina vrtnje rotorskog protjecanja u odnosu na statorsko?

## Zadatak 2

Kolike su moguće sinkrone brzine vrtnje okretnih magnetskih polja:

- (a) za frekvenciju industrijske mreže 50 Hz (Europa),
- (b) za frekvenciju industrijske mreže 60 Hz (Amerika)?

## Zadatak 3

Okretno polje trofaznog asinkronog motora na mreži 50 Hz rotira brzinom  $600 \text{ min}^{-1}$ . Izračunajte broj polova motora.

## Zadatak 4

Izmjereni napon rotora u mirovanju trofaznog asinkronog motora je 160 V. Motor je priključen na mrežu frekvencije 50 Hz. Koliki bi se napon pojavio u rotoru pri njegovoj nazivnoj brzini od  $1485 \text{ min}^{-1}$  i kolika bi bila njegova frekvencija?

## Zadatak 5

Na trofaznom asinkronom motoru namoti se mogu spojiti u zvijezdu ili trokut. Na natpisnoj pločici motora stoji podatak 400/690 V.

- (a) Kako treba spojiti namote motora ako ga želimo priključiti na napon 690 V?
- (b) Da li snaga konkretnog motora ovisi o iznosu priključenog napona (400/690 V) uz pretpostavku ispravnog izbora spoja namota?
- (c) Skicirati spoj namota statora u zvijezdu i trokut te za oba spoja označite stezaljke motora prema IEC normi.

## Zadatak 6

Trofazni asinkroni kavezni motor 400 V, spoj zvijezda, 5 kW, 13.6 A, prespojen je u trokut i priključen na trofaznu mrežu 230 V.

- (a) Koliki će struju uzimati iz mreže kod opterećenja 5 kW?
- (b) Objasniti hoće li pri tome doći do pregrijavanja namota?
- (c) Koliko bi iznosila nazivna snaga motora prespojenog u trokut?

**Zadatak 7**

8-polni asinkroni stroj na mreži frekvencije 50 Hz vrti se brzinom  $825 \text{ min}^{-1}$ .

- (a) U kakvom je režimu stroj (motor, generator ili kočnica)?
- (b) Koliko je klizanje?
- (c) Kolika je frekvencija rotorskih struja?

**Zadatak 8**

Trofazni asinkroni motor 45 kW, 400 V, 50 Hz, 87 A,  $1465 \text{ min}^{-1}$ ,  $\cos \varphi = 0.87$  kod nazivnog opterećenja ima gubitke trenja i ventilacije 1.3 kW. Odredite za nazivno opterećenje:

- (a) snagu okretnog magnetskog polja,
- (b) gubitke u namotu rotora,
- (c) moment na osovini,
- (d) snagu koju motor uzima iz mreže,
- (e) korisnost.

**Zadatak 9**

Trofaznom 8-polnom asinkronom motoru priključenom na napon 400 V, 50 Hz, frekvencija rotorskih struja je 60 Hz, a snaga okretnog magnetskog polja je 2.6 kW.

- (a) Koje je to pogonsko stanje stroja?
- (b) Koliko je klizanje?
- (c) Koliki su gubici u rotorskom krugu?
- (d) Odakle se sve namiruju gubici izračunati pod c)?

**Zadatak 10**

Trofazni asinkroni motor 55 kW,  $980 \text{ min}^{-1}$ , 400 V, 102 A, 50 Hz spojen u trokut uzima kod pokretanja struju iz mreže 6 puta veću od nazivne i razvija potezni moment 1.8 puta veći od nazivnog. Ako motor prespojimo u zvijezdu i priključimo na istu mrežu:

- (a) koliku struju (u A) će povući iz mreže pri pokretanju,
- (b) koliki potezni moment će razviti (u Nm)?

**Zadatak 11**

Asinkroni 6-polni kolutni motor ima otpor rotora po fazi  $0.1 \Omega$ . U mirovanju je uz dignute četkice izmjeren napon između kolutova 350 V. Trofazni namot rotora spojen je u zvijezdu. Potrebno je izračunati:

- (a) struju faze rotora pri klizanju 5% (zanemariti rasipnu reaktanciju rotora),
- (b) gubitke u rotorskom namotu pri klizanju 5%,
- (c) mehaničku snagu koju razvija motor,
- (d) snagu okretnog polja,
- (e) korisnost,

uz pretpostavku jednakih gubitaka u namotu rotora i statora, uz gubitke u željezu 2000 W, te gubitke trenja i ventilacije 1500 W.

### Zadatak 12

Trofazni asinkroni kavezni motor ima nazivne podatke: 11 kW, 400 V, 50 Hz, 27 A,  $\cos \varphi = 0.72$ ,  $1425 \text{ min}^{-1}$ , gubici trenja i ventilacije 480 W. Koliki su za nazivnu radnu točku:

- (a) klizanje,
- (b) moment na osovini,
- (c) gubici u rotorskom krugu,
- (d) ukupni statorski gubici,
- (e) korisnost?

Skicirati karakteristiku ovisnosti momenta motora o klizanju, označiti koordinatne osi (fizikalne veličine i pripadajuće jedinice) i nazivnu radnu točku na karakteristici.

### Zadatak 13

Trofaznom asinkronom motoru 400 V, 50 Hz,  $2p = 6$  izmjeren je moment kod nazivnog opterećenja  $M_n = 163 \text{ Nm}$ , a moment trenja i ventilacije iznosi 5 Nm. Kod nazivnog opterećenja motora i narinutih 400 V, 50 Hz ukupni gubici u statoru iznose 750 W, a frekvencija rotorskih struja  $f_r = 1.5 \text{ Hz}$ . Izračunajte snagu motora na osovini i faktor korisnosti.

### Zadatak 14

Trofazni kolutni asinkroni 6-polni motor ima podatke: statorski i rotorski namot su spojeni u zvijezdu, otpor između kliznih koluta rotora u toplom stanju iznosi  $R_{st} = 0.032 \Omega$ , a rasipna reaktancija faze rotorskog namota  $X_{\sigma r0} = 0.265 \Omega$ . U slučaju priključenja statorskog namota na napon 400 V, 50 Hz, uz zakočen rotor, na otvorenim kliznim kolutima rotora izmjeren je napon 217 V. Motor je opterećen i vrti se brzinom  $950 \text{ min}^{-1}$ . Ukupni statorski gubici iznose 2.2 kW, a gubici trenja i ventilacije su 1.2 kW. Treba izračunati:

- (a) klizanje  $s$  u %,
- (b) frekvenciju rotorskih struja,
- (c) iznos struje rotora,
- (d) gubitke u namotu rotora,
- (e) snagu okretnog polja,
- (f) razvijeni elektromagnetski moment,
- (g) razvijenu snagu na osovini,
- (h) moment na osovini,
- (i) snagu koju motor uzima iz mreže,
- (j) korisnost motora.

### Zadatak 15

Trofaznom kolutnom asinkronom motoru poznati su podaci: 1250 kW, 6000 V, 50 Hz,  $1480 \text{ min}^{-1}$ ,  $\cos \varphi = 0.91$ ,  $\eta = 0.96$ . Napon među kolutima rotora spojenog u zvijezdu iznosi 865

V u mirovanju. Maksimalni moment je 2.7 puta veći od nazivnog. Izračunajte:

- (a) gubitke u bakru rotora kod nazivnog opterećenja,
- (b) klizanje kod kojeg motor razvija maksimalni moment,
- (c) struju rotora kod nazivnog opterećenja,
- (d) struju statora kod nazivnog opterećenja.

Zanemariti mehaničke gubitke i pad napona na impedanciji statora.

### Zadatak 16

Koliko se smanji potezna struja u namotima trofaznog asinkronog motora, a koliko u dovodima iz mreže do motora, ako motor predviđen za stalni pogon u spoju trokut prespojimo u spoj zvijezda pri pokretanju i priključimo na istu mrežu? Skicirati spoj u trokut i spoj u zvijezdu trofaznog asinkronog motora.

### Zadatak 17

Kolika će biti struja pokretanja trofaznog asinkronog motora priključenog na mrežu 400 V, 50 Hz preklopkom Y/ $\Delta$  (dakle u spoju Y), ako je pokusom kratkog spoja pri naponu  $0.5 U_n$  i u spoju  $\Delta$  motor uzimao iz mreže 120 A? Podaci s natpisne pločice motora su: 20 kW, 400 V, 50 Hz,  $\cos \varphi = 0.8$ ,  $\eta = 0.88$ , spoj namota  $\Delta$ . Koliko iznosi nazivna struja motora i koliki bi bio omjer nazivne i potezne struje pri direktnom pokretanju motora?

### Zadatak 18

Pri nazivnom naponu 400 V, 50 Hz, potezni moment kaveznog asinkronog motora  $M_k$  je 170% nazivnog momenta, a potezna struja  $I_k$  (struja kratkog spoja) 600% nazivne. Koliki bi bili potezni moment i potezna struja ako bi napon snizili na 80% nazivne vrijednosti?

### Zadatak 19

Trofazni kavezni asinkroni motor ima nazivne podatke 22 kW, 400 V, 50 Hz,  $2970 \text{ min}^{-1}$ . Motor je opterećen momentom iznosa neovisnog o brzini vrtnje. Pri nazivnom naponu i frekvenciji brzina vrtnje opterećenog motora iznosi  $2985 \text{ min}^{-1}$ . Izračunajte nazivni moment i nazivno klizanje motora te moment kojim je opterećen motor. Skicirajte karakteristiku momenta trofaznog asinkronog motora u ovisnosti o brzini vrtnje i označite tri karakteristične točke. Zanimarite mehaničke gubitke zbog trenja i ventilacije te pretpostavite da se u području malih klizanja karakteristika momenta motora može nadomjestiti pravcem.

### Zadatak 20

Skicirati karakteristiku momenta trofaznog asinkronog motora u ovisnosti o brzini vrtnje i označite potezni i prekretni moment za nazivni napon i frekvenciju. U isti dijagram nacrtati karakteristiku za slučaj da se napon smanji na 50% nazivne vrijednosti a frekvencija ostaje nepromijenjena.

**Zadatak 21**

Skicirati promjenu momentne karakteristike klizno-kolutnog asinkronog motora kojemu se u rotor doda:

- (a) otpor jednak dvostrukom otporu faze rotora,
- (b) otpor jednak peterostrukom otporu faze rotora.

Označiti koordinatne osi (fizikalne veličine i pripadajuće jedinice) i tri karakteristične radne točke na momentnoj karakteristici stroja.

**Zadatak 22**

Trofazni 4-polni asinkroni motor priključen na mrežu 50 Hz i opterećen konstantnim momentom vrti se brzinom  $1425 \text{ min}^{-1}$  i uzima iz mreže struju 10 A. Ako se u rotorske strujne krugove dodaju vanjski otpori, tako da ukupni otpor po fazi bude 6 puta veći, kojom brzinom će se vrtjeti motor i koliku struju će uzimati?

**Zadatak 23**

Trofazni klizno-kolutni asinkroni motor razvija prekretni moment 300 Nm pri klizanju 15%. Otpor po fazi rotora iznosi  $0.2\Omega$ . Odrediti:

- (a) koliki otpor po fazi treba dodati u rotorski krug da se postigne prekretni moment pri pokretanju,
- (b) koliki bi maksimalni moment motor postigao uz 5% sniženi napon, nepromijenjene frekvencije.

**Zadatak 24**

Asinkroni kolutni motor 20 kW, 400 V, 50 Hz,  $1465 \text{ min}^{-1}$ ,  $\cos \varphi = 0.72$ , otpor rotora po fazi  $0.6\Omega$ , opterećen je mehanizmom čiji je moment neovisan o brzini vrtnje, a jednak je nazivnom momentu motora.

- (a) Kolika je najveća vrijednost dodatnog otpora u rotorskom krugu po fazi s kojim motor još može pokrenuti mehanizam?
- (b) Skicirati i objasniti promjenu momentne karakteristike s dodavanjem otpora u rotorski krug.

**Zadatak 25**

Trofazni asinkroni motor s klizno-kolutnim rotorom, opterećen nazivnim momentom, vrti se brzinom  $1410 \text{ min}^{-1}$ . Pri tome gubici u namotu rotora iznose 940 W. Ako dodavanjem otpora, pri istom momentu opterećenja, smanjimo brzinu vrtnje na  $960 \text{ min}^{-1}$ , koliki će biti:

- (a) ukupni električni gubici u rotoru,
- (b) gubici u namotu rotora,
- (c) gubici u dodatnom otporniku?

Skicirati i objasniti promjenu momentne karakteristike s dodavanjem otpora u rotorski krug.

**Zadatak 26**

Trofazni kavezni asinkroni motor ima nazivne podatke 1000 kW, 6300 V, 50 Hz, 2970 min<sup>-1</sup>. Brzina vrtnje motora se regulira pretvaračem napona i frekvencije. Koristi se skalarna regulacija pri čemu je omjer napona i frekvencije konstantan. Motor je opterećen momentom konstantnog iznosa neovisnog o brzini vrtnje.

- (a) Izračunati nazivni moment i nazivno klizanje motora.
- (b) Ako je sinkrona brzina vrtnje okretnog polja motora 1920 min<sup>-1</sup>, koliki je napon na stezaljkama motora i kolika je frekvencija tog napona?
- (c) Ako brzina vrtnje motora uz napon i frekvenciju prema b) dijelu zadatka iznosi 1900 min<sup>-1</sup>, izračunati kolikim momentom je opterećen motor. Skicirati momentne karakteristike motora pri nazivnoj frekvenciji i frekvenciji iz b), te karakteristiku momenta tereta.
- (d) Koliko iznose gubici u namotu rotora pri momentu tereta iz c) i nazivnoj frekvenciji 50 Hz, a koliko pri istom momentu, brzini vrtnje 1900 min<sup>-1</sup> i frekvenciji izračunatoj u b)? Zanimariti mehaničke gubitke zbog trenja i ventilacije.

**Zadatak 27**

Centrifugalnu pumpu s karakteristikom momenta  $M_p = 0.95 M_n \left( \frac{n}{n_n} \right) + 0.05 M_n$ , pokreće trofazni kolutni asinkroni motor s podacima 8 kW, 400 V, 50 Hz, spoj zvijezda, 18 A, 1435 min<sup>-1</sup> i otpora po fazi rotora u toplom stanju  $R_r = 0.65 \Omega$ . Nazivni moment i broj okretaja pumpe jednaki su odgovarajućim nazivnim vrijednostima motora. Potrebno je odrediti vrijednost otpora koji treba dodati po fazi rotora da bi se dobila brzina vrtnje agregata pumpa-motor 1200 min<sup>-1</sup>.

**Zadatak 28**

Trofazni kolutni četveropolni asinkroni motor za 50 Hz radi u režimu protustrujnog kočenja s brzinom vrtnje 375 min<sup>-1</sup> i razvija kočni moment 295 Nm. Motor ima gubitke u bakru i željezu statora iznosa 5 kW. Zanimariti gubitke u željezu rotora i mehaničke gubitke. Izračunati:

- (a) snagu kočenja na osovini motora,
- (b) snagu okretnog polja,
- (c) snagu koju motor uzima iz mreže,
- (d) gubitke u bakru rotora.

**Zadatak 29**

Trofazni asinkroni motor 100 kW, 50 Hz, 970 min<sup>-1</sup> diže teret brzinom 1.2 m/s kod čega ima brzinu vrtnje 983 min<sup>-1</sup>. Kojom brzinom motor spušta isti teret u generatorskom režimu rada? Motor prelazi u generatorski režim rada tako da se zamijene dvije faze.

**Zadatak 30**

Trofazni kolutni asinkroni motor radi u režimu asinkronog generatora. U rotorski krug dodan je omski otpor tako da brzina vrtnje generatora iznosi 1250 min<sup>-1</sup>, a kočni moment na osovini je

196 Nm. Motor je 6-polni, frekvencija mreže je 50 Hz, a gubici u bakru i željezu statora iznose 5 kW. Mehaničke gubitke, kao i gubitke u željezu rotora, zanemariti. Potrebno je izračunati:

- (a) snagu kočenja na osovini motora,
- (b) klizanje,
- (c) snagu okretnog polja,
- (d) gubitke u rotoru,
- (e) snagu koju generator predaje mreži.

### Zadatak 31

Trofazni asinkroni motor 100 kW, 50 Hz, 970 min<sup>-1</sup> diže preko prijenosa teret brzinom 1.2 m/s, kod čega ima brzinu vrtnje 983 min<sup>-1</sup>. Vlastiti gubici trenja iznose 1800 W, a gubici u prijenosu 4200 W, sve kod nazivnog rada. Kojom brzinom stroj spušta isti teret u generatorskom režimu rada? Pretpostaviti da su gubici prijenosa i trenja u oba pogonska slučaja isti kao u slučaju nazivnog rada.

### Zadatak 32

Trofazni asinkroni motor 55 kW, 380 V, 50 Hz, 970 min<sup>-1</sup> ima prekretni moment  $M_{pr} = 2.3 M_n$  i radni otpor faze rotora  $0.2\Omega$ . Motor diže preko prijenosa teret brzinom 1 m/s, kod čega ima brzinu vrtnje 980 min<sup>-1</sup>. Vlastiti gubici trenja iznose 1015 W, a gubici u prijenosu 3000 W, sve kod nazivnog rada. Kojom brzinom stroj spušta isti teret u režimu protustrujnog kočenja ako mu u rotor ukopčamo radni otpor  $25\Omega$  po fazi? Pretpostaviti da su gubici prijenosa i trenja u oba pogonska slučaja isti kao u slučaju nazivnog rada.

### Zadatak 33

Pri nazivnom naponu 400 V, 50 Hz, potezni moment trofaznog kaveznog asinkronog motora iznosi 170% nazivnog momenta, a potezna je struja 6 puta veća od nazivne. Koliki bi bili potezni moment i potezna struja ako bi:

- (a) motor pokretali s naponom sniženim na 340 V, 50 Hz,
- (b) motor pokretali zvijezda trokut preklopkom,
- (c) motor pokretali iz pretvarača frekvencije s 200 V, 25 Hz?

### Zadatak 34

Trofazni kolutni asinkroni motor 12.5 kW, 400 V, 50 Hz, 1430 min<sup>-1</sup> u dizaličnom pogonu spušta teret u generatorskom režimu rada tako da je na osovini opterećen momentom iznosa 83.47 Nm. Kolikom brzinom vrtnje se spušta teret ako zanemarimo gubitke trenja i ventilacije, te pretpostavimo linearnost karakteristike momenta motora u području klizanja od 0 do  $s_{pr}$ ?

### Zadatak 35

Skicirajte karakteristiku momenta trofaznog asinkronog motora priključenog na napon 400 V, 50 Hz. Potezni moment je jednak 100% nazivnog, a maksimalni dvostrukom nazivnom



momentu. Motor je napajan iz pretvarača napona i frekvencije uz skalarnu regulaciju brzine vrtnje. U isti dijagram skicirajte karakteristike momenta za slučaj:

- (a) da se napon i frekvencija smanje na 60% nazivnih vrijednosti, tj. 240 V, 30 Hz,
- (b) da se frekvencija poveća za 20%, tj. na 60 Hz, a napon ostane jednak nazivnom.