



CRNOGORSKI KOMITET CIGRE

Fuštić Željko

zeljkofustic@gmail.com

doc. dr Martin Čalasan
Elektrotehnički fakultet, UCG
martinc@ac.me

Simulacione i eksperimentalne karakteristike asinhronog generatora

KRATAK SADRŽAJ:

Ovaj rad se bavi generatorskim režimom rada asinhronne mašine. S tim u vezi, najprije, u radu je prikazan klasični postupak za određivanje parametara zamjenske šeme asinhronne mašine. Na bazi određenih parametara na konkretnoj mašini izvršeno je određivanje njenih izlaznih (aktivna snaga-brzina, reaktivna snaga-brzina i struja-brzina) karakteristika. Dobijene karakteristike su upoređene sa eksperimentalno dobijenim rezultatima. Pokazano je veoma dobro poklapanje eksperimentalnih i simuliranih izlaznih karakteristika asinhronne mašine u generatorskom režimu rada.

Ključne riječi: asinhrona mašina, određivanje parametara, izlazne karakteristike.

Simulation and experimental characteristics of induction generator

This paper deals with generator operation of induction machine. Based on obtained parameters for concrete induction machine, the output (active power-speed, reactive power-speed, and current-speed) characteristics were determined. The determined characteristics were compared with corresponding ones obtained by using experimental testing. Very good agreement between computed and experimentally obtained induction generator output characteristics was shown.

Key words: Induction machine, parameter determination, output characteristics

1. Uvod

Asinhrona mašina ili indukciona mašina je vrsta električne mašine za naizmjeničnu struju. Kod asinhronne mašine brzina obrtanja rotora i obrtnog magnetnog polja nisu sinhronizovane, pa otuda i ime asinhrona mašina. Asinhronu mašinu čine cilindrični rotor kao i stator cilindričnog oblika, zbog čega ima uniformni vazdušni procjep [1].

Asinhrona mašina može da radi u tri režima rada:

- motor,
- generator i
- kočnica.

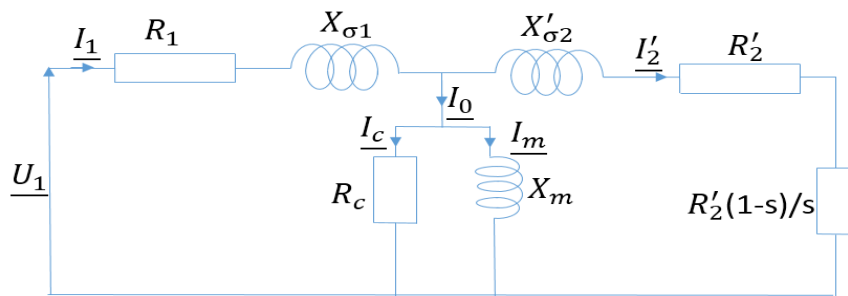
Asinhrona mašina se najčešće koristi kao motor u industrijskim pogonima. Međutim, ima primjenu u malim hidroelektranama i vjetroagregatima kao generator [1]. Naime, ukoliko je mašina priključena na mrežni napon dovoljan uslov da ona radi kao generator je da pogonska turbina pogoni

rotor većom brzinom od sinhronne brzine koja je definisana sa naponom mreže i broj pari polova mašine. Koliko god da je ta brzina veća od sinhronne, iako se ona može mijenjati samo u malim granicama ispunjen je uslov da mašina radi kao generator [1]. Brzina rotiranja rotora je uslovljena sinhronom brzinom i onom brzinom kojoj odgovara prevalni generatorski moment mašine [1-6]. Prema tome, u tom slučaju generator predaje mreži aktivnu snagu uvijek iste učestanosti (učestanost mreže) pri istom naponu (napon mreže). Međutim, reaktivna snaga se uzima iz mreže kao i kod motornog režima rada jer je potrebna za magnećenje magnetskog kola mašine. Kako se elektroenergetski sistemi sve više oslanjaju na obnovljive izvore energija, samim tim i generatorski režim rada asinhronne mašine se sve češće koristi.

Upravo zbog toga predmet analize ovog rada je generatorski režim rada asinhronne mašine. S tim u vezi u ovom radu će biti posvećena pažnja određivanju parametara u cilju formiranja izlaznih karakteristika asinhronog generatora. Realizovana je GUI aplikacija zbog lakše interpretacije rezultata. Isto tako, u radu će se prikazati i rezultati eksperimentalnog ispitivanja rada asinhronog generatora u *Laboratoriji za električne mašine Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici*.

2. Asinhrona mašina

Kao polazna osnova za analizu rada asinhronog generatora u ustaljenom stanju koristićemo poznatu šemu ekvivalentnu šemu asinhronne mašine. Na slici 1.1 je prikazana zamjenska šema asinhronne mašine.



1.1 Slika zamjenske šeme asinhronne mašine

Na slici 1.1 sa \underline{U}_1 je označena efektivna vrijednost faznog napona statora, \underline{E}_1 je unutrašnja elektromotorna sila, \underline{I}_1 je struja po fazi statora, \underline{I}'_2 je struja po fazi rotora (svedeno po iznosu i po učestanosti na stator), \underline{I}_0 je struja magnećenja (sve tri struje date su kao efektivne vrijednosti), R_1 je otpornost po fazi statora, $X_{\sigma 1}$ je induktivnost rasipanja po fazi statora, R'_2 je otpornost po fazi rotora (svedena na trofazni sistem i na stator), $X'_{\sigma 2}$ je induktivnost rasipanja po fazi rotora (svedena na trofazni sistem i na stator), X_m je zajednička induktivnost i s je relativno klizanje.

Za određivanje parametara asinhronne mašine korišteni su metod kratkog spoja i praznog hoda. Ovaj metod za određivanje parametara nije egzaktan metod, već daje približne rezultate. Iz oglada kratkog spoja (KS) se dobijaju parametri redne grane, parametri otočne grane se dobijaju iz oglada praznog hoda (PH).

Relacije za dobijanje parametra redne grade su:

$$Z_{ks} = \frac{U_{ks}}{I_{ks}}, \quad (1)$$

$$R_{ks} = R_1 + R'_2 = \frac{P_{ks, fazno}}{I_{ks}^2}. \quad (2)$$

Parametar R_1 se dobija UI metodom. Iz ove dvije relacije dobijamo vrijednost parametra R'_2 .

Za dobijanje reaktansi redne grane se koriste sljedeće relacije:

$$X_{ks} = X_{\sigma 1} + X'_{\sigma 2} = \sqrt{Z_{ks}^2 - R_{ks}^2}, \quad (3)$$

$$X_{\sigma 1} = X'_{\sigma 2} = 0.5X_{ks}. \quad (4)$$

Sa ovim smo dobili sve parametre redne grane.

Sa druge strane, za dobijanje parametara otočne grane koristi se ogled PH. Relacije kojima se dobijaju vrijednosti otočne grane su:

$$R_c = \frac{P_0}{I_c^2} = \frac{E_1^2}{P_0}, \quad (5)$$

$$X_m = \frac{E_1}{I_m}. \quad (6)$$

Zaključno sa ovim relacijama u potpunosti je poznat model asinhronne mašine. Sada je moguće prikazati i izlazne karakteristike asinhronog generatora. Prilikom ovog eksperimenta snimate su izlazne karakteristike asinhronog generatora. Zbog boljeg prikaza dobijenih rezultata vršeno je poređenje izmjerenih i simuliranih vrijednosti asinhronog generatora, struja-klizanja, aktivna snaga-klizanja, rekativna snaga-klizanje.

3. Simulacione i eksperimentalne karakteristike asinhronne mašine

Eksperiment određivanja parametara i izlaznih karakteristika asinhronog generatora je rađen na mašini nominalnih podataka 4 kW, 220/380V, DY, $\cos \varphi = 0.83$, 1435 obr/min, izveden je ogled praznog hoda i kratkog spoja pri čemu su mjereni linijski napon, linijska struja i ukupna trofazna snaga koju mašina predaje mreži.

Rezultati dobijeni ogledom praznog hoda i kratkog spoja su sljedeći:

PH: 380V, 1.08A, 125W, 50Hz.

KS: 57.53V, 2A, 84W, 50Hz.

Vrijednost otpornosti faznog namotaja statora izmjerena je UI metodom, i iznosi 3.6Ω. Prema poznatim relacijama opisanim u poglavlju 2. dobijene su sljedeće vrijednosti:

$$R'_2 = 3.4 \Omega,$$

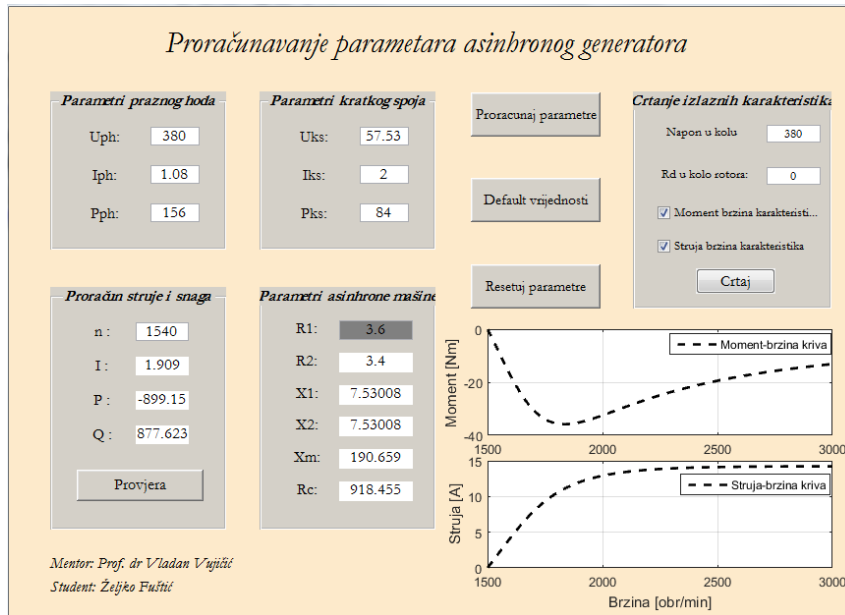
$$X_{\sigma 1} = 7.53 \Omega,$$

$$X'_{\sigma 2} = 7.53 \Omega,$$

$$R_c = 918.45 \Omega,$$

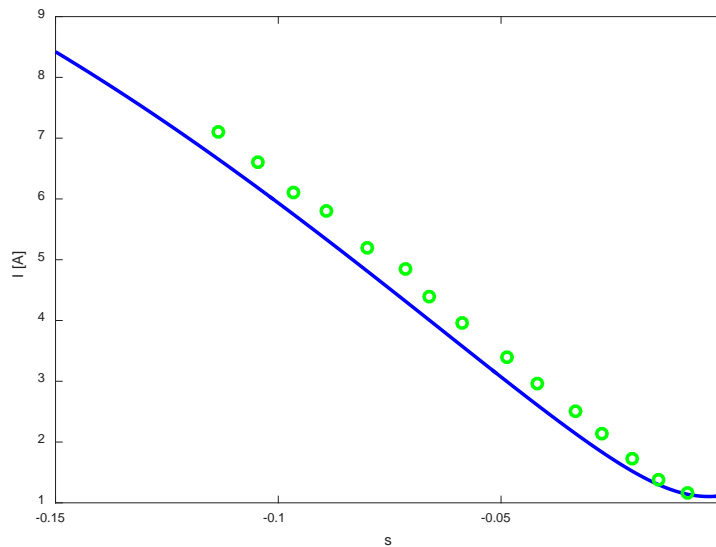
$$X_m = 190.65 \Omega,$$

U ogledu praznog hoda je doveden nominalni linijski napon od 380V, dok je namotaj statora spregnut u zvijezdu. Računski postupak je objašnjen ranije i po datim relacijama, koje su korišćene za realizaciju GUI aplikacija. Ova aplikacija je korisna zbog brzog dobijanja rezultata i omogućava korisniku da za različite asinhronne genertore brzo i efikasno odredi parametre mašine kao i izlazne karakteristike. Izgled aplikacije realizovane u programskom paketu Matlab GUI je data na slici 2.1.

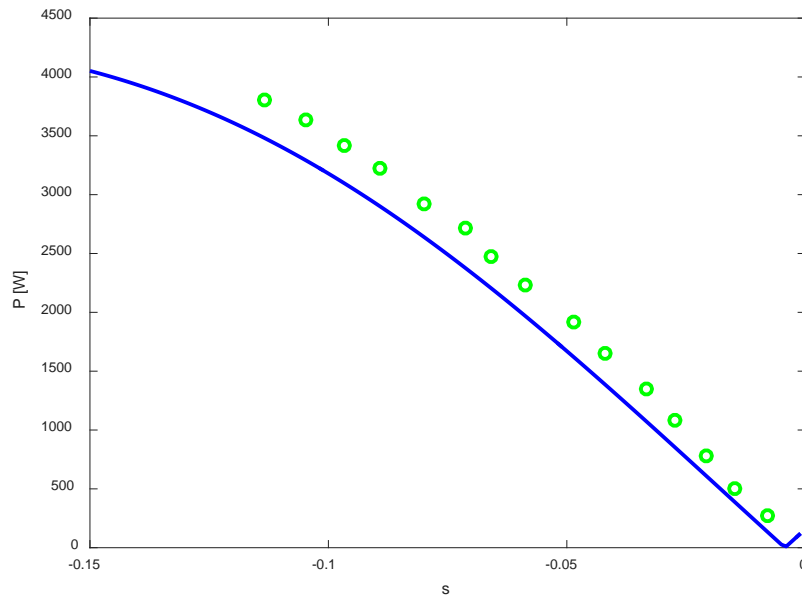


Slika 2.1 Izgled realizovane GUI aplikacije

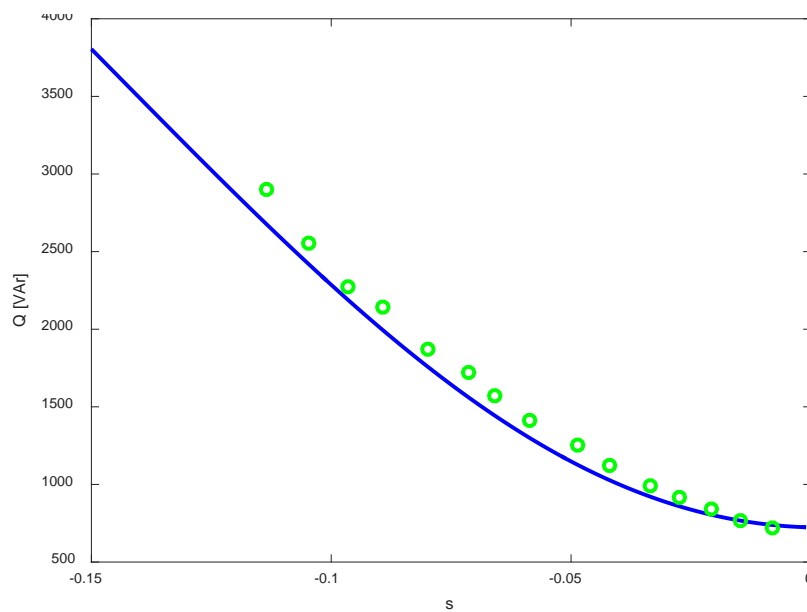
U cilju potvrde rezultata dobijenih simulacije snimljene su izlazne karakteristike asinbronog generatora. Na slikama 2.2, 2.3 i 2.4 je prikazano poređenje izmjerenih i estimiranih struja-klizanje, aktivna snaga-klizanje i reaktivna snaga-klizanje karakteristika asinbronog generatora respektivno.



Slika 2.2 Izlazna vrijednost struje u funkciji klizanja



Slika 2.3 Aktivna snaga u funkciji od klizanja



Slika 2.4 Reaktivna snaga u funkciji od klizanja

Na prethodnim slikama sa kružićima su označene izmjerene vrijednosti, a sa punom linijom simulirane vrijednosti. Ono što se generalno može zaključiti jeste činjenica da postoji blago odstupanje između izmjerenih i simuliranih vrijednosti što je posledica tačnosti mjerenja i greške mjernih instrumenata. Međutim, ove razlike nijesu velike za mala opterećenja mašine, dok se povećavaju za veće vrijednosti struja.

4. Zaključak

U ovom radu, kroz mjerenja i konkretne proračune, vršeno je određivanje izlaznih karakteristika asinhronog generatora. S tim u vezi, u radu je opisano izvođenje oglada praznog hoda i kratkog spoja koje služe za određivanje parametara asinhronne mašine. Takođe, u cilju efikasnog i korisnički jednostavnog određivanja izlaznih karakteristika asinhronne mašine realizovana je i Matlab-GUI aplikacija koja pruža mogućnost kako određivanja parametara asinhronne mašine tako i proračuna vrijednosti struje i određivanja izlaznih karakteristika asinhronog generatora.

5. Literatura

- [1] G. Joksimović, "*Skripta Asinhronne mašine*", ETF Podgorica, 2016.
- [2] V. Vučković, "*Električni pogoni*", ETF Beograd, 2002.
- [3] V. Hajro, J. Danon, "*Električne mašine*", 1987.
- [4] M. Panić, W. Schuiskey, "*Elektromotori njihove osobine i primena I deo*", 1988.
- [5] B. Mitraković, "*Asinhronne mašine*", ETF Beograd, 1986.
- [6] Dolenc, "*Asinhronne mašine*", ETF Zagreb, 1970.