

Biblid: 0354-9496(2003) 8:1, p.105-109
UDK:631.669-8

Naučni rad
Scientific paper

REGULACIJA NAPONA JEDNOFAZNOG ASINHRONOG GENERATORA SA DVA NAMOTAJA NA STATORU

REGULATION OF VOLTAGE IN THE SINGLE-PHASE ASYNCHRONOUS GENERATOR WITH A DOUBLE COIL ON THE STATOR

Vukić, Đ.* , Vukić Marija** , Radičević, B.* , Nikolić, D.*** , Ercegović, Đ.*

REZIME

U radu je obrađen problem regulacije napona jednofaznog asinhronog generatora sa dva namotaja na statoru čija je primena posebno pogodna u onim slučajevima kada se zahteva mala vrednost izlaznog napona. Izložene su metode i mogućnosti regulacije napona radi obezbeđenja konstantnog izlaznog napona, u okviru dozvoljenih tolerancija, pri promeni opterećenja kako po intenzitetu tako i po karakteru, uključujući i opterećenja sa izrazito izraženim induktivnim karakterom.

Ključne reči: asinhroni generator, regulacija napona, poljoprivreda, magnetna obrada vode, elektromagnet

SUMMARY

The paper describes the problem of voltage regulation in the single-phase asynchronous generator with a double coil on the stator, which is particularly suitable for the cases where low output voltages are requested. This paper also presents methods and possibilities of voltage regulation which ensure constant output voltage, within permitted tolerances, as the intensity of load and its character change, including loads with distinct inductive character.

Key words: asynchronous generator, voltage regulation, agriculture, magnetic treatment water, electromagnet

* dr Đukan Vukić - redovni profesor, dipl. ing. el. Branko Radičević - asistent pripravnik, dr Đuro Ercegović - redovni profesor, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Katedra za tehničke nauke, Nemanjina 6, 11081 – Zemun

** dr Marija Vukić, Saobraćajni institut CIP, Nemanjina 6, 11000 Beograd

*** dipl. ing. el. Dalibor Nikolić, MIN Institut, Niš

UVOD

Primena elektroagregata sa jednofaznim asinhronim generatorom kao izvorom električne energije nalazi sve veću primenu u onim slučajevima gde ne postoji električna mreža ili je pristup električnoj mreži neracionalan. Važno mesto u tom smislu ima oblast poljoprivrede, gde svoju primenu nalaze kako elektroagregati sa standardnom vrednošću izlaznog napona, [1], [2], tako i elektroagregati sa malim izlaznim naponom, koji su predmet ovog rada, i to u onim slučajevima gde je kao mera zaštite od opasnog dejstva električne struje obavezna primena malog napona [3].

Jednofazni asinhroni generatori koji se koriste kao izvori električne energije u malim elektroagregatima naizmjenične struje najčešće su jednofazne dvopolne asinhronne mašine sa kondenzatorskom pobudom snage od 1 do 5 kVA, napona 230 V i frekvencije 50 Hz, na koje je moguće priključenje termičkih potrošača, elektromotora i drugih aparata. Pogonski motori su obično benzinski, ili dizel motori sa unutrašnjim sagorevanjem. Karakterišu ih dobre tehničke i ekonomske karakteristike, [2], [4]. Za pogon jednofaznih asinhronih generatora moguće je, naravno, koristiti i energiju vode i vetra.

Prema propisima o zaštiti od opasnog dejstva električne struje u poljoprivredi, [5], kao meru zaštite prilikom primene raznih prenosnih alata u raznim oblastima poljoprivredne proizvodnje (stočarstvo, ratarstvo, voćarstvo, pokretne radionice i dr.) predviđena je obaveza korišćenja malih napona čija vrednost ne sme biti veća od 24 V, odnosno 42 V. U poljoprivredi, gde se najveći broj radova izvodi na terenu, dobro rešenje je, i u tehničkom i u ekonomskom smislu, primena prenosnih elektroagregata naizmjenične struje sa jednofaznim asinhronim generatorom čiji izlazni napon odgovara propisanim vrednostima malog izlaznog napona.

U radu [3] su date konstruktivne i tehničke karakteristike jednog realizovanog rešenja autonomnog izvora električne energije sa asinhronim generatorom sa dva namotaja na statoru i malim naponom na izlaznim krajevima njegovog radnog namotaja. Takav izvor električne energije pogodan je za primenu u navedenim oblastima poljoprivrede, ali i u svim onim slučajevima gde je u terenskim uslovima neophodan izvor električne energije sa malim izlaznim naponom. Jedan od takvih slučajeva gde će, uostalom, svoju prvu primenu naći realizovani prototip, jeste napajanje elektromagneta za magnetnu obradu zauljenih otpadnih voda, [6], koji zahteva napajanje malim vrednostima napona, a u okviru realizacije Naučno-istraživačkog projekta Tehnološkog razvoja MHT.2.08.0116B. Pomoću ovog elektromagneta biće vršeno i namagnetisanje obične vode radi tretmana pojedinih poljoprivrednih kultura takvom vodom, s obzirom na efekte koji se u tom smislu mogu očekivati [7], kao i za istraživanja koja se u toj oblasti planiraju. U ovom radu je izvršena analiza osnovnog problema koji se javlja prilikom rada ovakvih izvora električne energije, a to je problem stabilnosti izlaznog napona i načini njegove regulacije koji, prilikom promene opterećenja kako po intenzitetu tako i po karakteru, obezbeđuju da njegova vrednost bude u okviru dozvoljenih granica odstupanja.

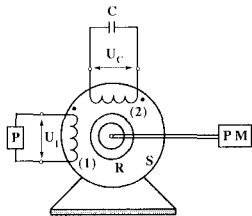
OSNOVNI ELEMENTI KONSTRUKCIJE

Jednofazni asinhroni generator konstruisan na klasičan način, [2], čiji bi izlazni napon imao malu vrednost (12 V - 42 V) bio bi neekonomičan, jer bi tada kondenzator za pobudu bio vrlo velikog kapaciteta. Razlog tome leži u činjenici što je kapacitet kondenzatora, za datu potrebnu

reaktivnu snagu Q_C , obrnuto proporcionalan kvadratu napona, jer je:

$$C = \frac{Q_C}{\omega U^2} = \frac{Q_C}{2\pi f U^2} \dots\dots\dots (1)$$

Taj problem je uspešno rešen konstrukcijom jednofaznog generatora sa dva namota na statoru, [3]. Jedan od tih namota (pobudni namot) je proračunat za napon $U = 220 V$ i u njega se uključuje kondenzator za pobudu. Drugi namot (radni namot) se proračunava i dimenzioniše za željenu vrednost malog napona i predviđen je za napajanje potrošača. Principijelna šema takvog rešenja prikazana je na slici 1.



- PM* - pogonski motor
 - R* - rotor
 - S* - stator
 - C* - kondenzator za pobudu
 - P* - potrošači
 - 1* - radni namotaj
 - 2* - pobudni namotaj.
- Slika 1. Principijelna šema jednofaznog asinhronog generatora sa dva namota na statoru

Ekvivalentna šema, analiza rada, konstruktivne karakteristike realizovanog rešenja i rezultati njegovog ispitivanja dati su u [3].

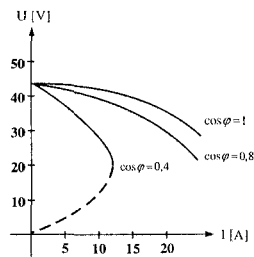
SPOLJAŠNJA KARAKTERISTIKA

Osobine jednofaznog asinhronog generatora sa dva namota na statoru u pogledu zavisnosti izlaznog napona od veličine i

karaktera opterećenja definisani su njegovom spoljašnjom karakteristikom koja prikazuje promenu napona na njegovim izlaznim krajevima u zavisnosti od struje opterećenja pri konstantnoj brzini pogonskog motora, konstantnom kapacitetu kondenzatora u pobudnom namotaju i različite konstantne vrednosti sačinioaca snage $\cos \varphi$ potrošača, odnosno:

$$U = f(I) \quad \text{pri } n = \text{const.}, \quad C = \text{const.} \quad \text{i} \quad \cos \varphi = \text{const.}$$

Na slici 2 prikazane su spoljašnje karakteristike asinhronog generatora sa dva namota na statoru snage $P = 0,9 kW$, radnog napona $U = 42 V$, pri sačinioacu snage $\cos \varphi = 1$ i $\cos \varphi = 0,8$ (*ind*).



Slika 2. Spoljašnja karakteristika

Promena napona kod ove vrste generatora manja je nego kod standardnih jednofaznih asinhronih generatora sa kondenzatorskom pobudom, zbog toga što kod njih smanjenje napona na izlaznim krajevima ne prouzrokuje smanjenje napona odnosno reaktivne snage kondenzatora za pobudu, koji se nalazi u pobudnom namotaju, što je inače slučaj kod standardnih generatora. Za jako izražen induktivni karakter opterećenja (što je npr. slučaj kod elektromagneta za magnetnu obradu zauljenih voda) smanjuje se maksimalna snaga P_{max} opterećenja generatora ispod njegove nominalne snage i za takve slučajeve je neophodno

primeniti posebna rešenja. Inače, u slučaju prekoračenja maksimalne snage P_{\max} spoljašnja karakteristika prelazi u nestabilno područje i dolazi do razbuđivanja, odnosno režima kratkog spoja koji nije opasan i u tom pogledu nije potrebna nikakva zaštita.

REGULACIJA NAPONA

Regulacija napona radi njegovog održavanja na konstantnoj vrednosti (u okviru dozvoljenih tolerancija) prilikom promene opterećenja kako po intenzitetu tako i po karakteru moguće je izvršiti na više načina od kojih su najvažnija:

a. Regulacija napona promenom kapaciteta u pobudnom kolu

Ovo rešenje se u principu zasniva na kontinualnoj promeni kapaciteta u pobudnoj fazi u zavisnosti od veličine i karaktera opterećenja. Iako je ono sa tehničke tačke posmatranja dobro, ovo rešenje je međutim veoma skupo i teško izvodljivo.

b. Regulacija napona promenom brzine obrtanja pogonskog motora

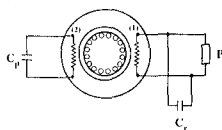
Primena ove metode zahteva pogonski motor sa mogućnošću kontinualnog povećanja brzine pri čemu se javlja niz problema kako tehničke tako i ekonomske prirode. Pri tome treba imati u vidu i činjenicu da povećanje brzine prourokuje i povećanje učestanosti izlaznog napona (ta zavisnost je linearna) što se odražava na režim rada nekih potrošača (elektromotori, elektromagneti i dr.). Zato se u ovom slučaju dozvoljava samo malo povećanje brzine radi povećanja napona.

c. Regulacija napona primenom prigušnice promenljive induktivnosti

Ovo rešenje se zasniva na primeni zasićenih prigušnica pri čemu se njihova reaktivna snaga uzima u obzir prilikom proračuna izbora kondenzatora za pobudu. Prilikom smanjenja napona dolazi do značajnog smanjenja reaktivne snage zasićene prigušnice i na račun toga dolazi da povećanja napona. Prigušnica tada dakle igra ulogu regulatora koji u režimu praznog hoda vezuje za sebe višak kapacitivne snage koji sa povećanjem opterećenja oslobađa i doprinosi povećanju napona.

d. Regulacija napona pomoću kondenzatora u radnom namotaju

U slučaju kada je induktivni karakter opterećenja jako izražen stabilnost naponskih prilika i vrednosti napona u okviru dozvoljene tolerancije moguća je primena posebnog kondenzatora koji se vezuje u radni namotaj asinhronog generatora i pomoću koga se vrši kompenzacija reaktivne energije potrošača. Takvo rešenje je primenjeno prilikom ispitivanja elektromagneta za magnetnu obradu zauljenih voda i dalo je zadovoljavajuće rezultate. Principijelna šema tog rešenja prikazana je na slici 3.



Slika 3. Regulacija napona pomoću kondenzatora u radnom namotaju

e. Poluprovodnička regulacija napona

Poluprovodnička regulacija jednofaznog asinhronog generatora sa dva namota na statoru moguća je, slično kao kod standardnih jednofaznih asinhronih generatora, na bazi kratkog spoja dela pobudnog namotaja, [7]. Primenom odgovarajućeg poluprovodničkog regulatora

obežbeđuje se smanjenje odnosno povećanje magnetnog fluksa generatora u zavisnosti od vrednosti izlaznog napona. Ovo rešenje i njegova primena kod asinhronih generatora sa dva namota na statoru biće predmet daljeg istraživanja.

ZAKLJUČAK

Elektromagneti naizmjenične struje sa jednofaznim asinhronim generatorom sa dva namotaja na statoru predstavlja pogodan samostalni izvor električne energije u slučajevima gde nema električne mreže ili gde je pristup električnoj mreži neracionalan ili otežan, a gde se zahteva primena malih napona. Poljoprivreda predstavlja najvažniju oblast u tom smislu, ali tu spadaju i sve druge terenske aktivnosti i ispitivanja čije zahteve u pogledu visine napona zadovoljava ovaj generator. Zbog galvanske odvojenosti pobudnog i radnog namotaja promena napona kod ovog generatora je manja nego kod standardnog jednofaznog asinhronog generatora sa kondenzatorskom pobudom. Regulaciju napona radi obezbeđenja njegove vrednosti u okviru dozvoljenih tolerancija prilikom promene opterećenja kako po intenzitetu tako i po karakteru moguće je vršiti na nekoliko načina. U slučaju kada se ima čisto aktivno opterećenje i kada je pad napona najmanji, dovoljno je vrednost napona u praznom hodu podići za vrednost očekivanog pada napona delovanjem na pogonsku mašinu, ako pobudni namotaj i kondenzator za pobudu unapred nisu dimenzionisani na tu uvećanu vrednost napona, što se inače obično čini. U slučaju kada se radi o induktivnim potrošačima, pad napona je pri istom opterećenju utoliko veći ukoliko je njihov induktivni karakter izraženiji, odnosno faktor snage manji, i tada, u zavisnosti od faktora snage, treba primeniti neku od metoda navedenih u radu. Ako je induktivni karakter opterećenja jako izražen, kao što je to npr. slučaj sa elektromagnetom za magnetnu obradu vode, tada primena kondenzatora odgovarajućeg kapaciteta uključenog u radni namotaj daje zadovoljavajuće rezultate. Poluprovodnička regulacija napona je predmet daljeg istraživanja i od nje se realno mogu očekivati dobra rešenja u celom intervalu promene opterećenja po intenzitetu i karakteru.

Napomena: Ovaj rad je urađen u okviru realizacije projekta Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije, br. MHT.2.08.0116B.

LITERATURA

- [1] Đ. Vukić: "Elektroagregati naizmjenične struje i njihova primena u poljoprivredi", časopis Poljotehnika br. 4, str. 45-47, Beograd, 1994.
- [2] Đ. Vukić, P. Kavgić, Z. Stajić: "Autonomni izvori električne energije u poljoprivredi - jednofazni asinhroni generatori", Naučno-stručni skup, Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede, Zbornik radova str. 263-268, Beograd, 1996.
- [3] Đ. Vukić, Z. Stajić, B. Radičević, Đ. Ercegović: "Jednofazni asinhroni generator sa dva namotaja na statoru", časopis Traktori i pogonske mašine, br. 2, str. 51-55, Novi Sad, 2002.
- [4] Elektroagregati naizmjenične struje od 1 KVA do 5 KVA, Prospekti materijal fabrike "Sever", Subotica
- [5] Pravilnik o tehničkim merama za elektroenergetska postrojenja niskog napona u poljoprivredi, Službeni list SFRJ br.33/70
- [6] Đ. Vukić, Z. Stajić, M. Vukić: "Konstrukcija i karakteristike elektromagneta za magnetnu obradu zauljenih voda", časopis Poljoprivredna tehnika, br.1/2, str. 1-7, Beograd, 2002.
- [7] V. I. Klassen: "Omagničivanje vodnih sistem", Himija, Moskva, 1982.
- [8] I. Kinčeš, J. Varga: "Asinhroni generatori kao samostalni izvori električne energije", časopis Elektrotehnika, specijalno izdanje, str. 45-55, Beograd, 1979.

Rad primljen: 25.10.2003.

Rad prihvaćen: 01.11.2003.