

Zdravko Jašarević

ELEKTRIČNI STROJEVI
Laboratorijske vježbe

PRIPREME ZA VJEŽBE
RADNI LISTOVI

Nakladnik:
Kigen d.o.o.

Za nakladnika:
Nenad Lihtar

Recenzenti:
Prof. dr. sc. Stjepan Car
Dipl. inž. Ivo Kurtović
Dipl. inž. Mirjana Čakara

Lektor:
Ljerka Depolo

Naslovna stranica:
Biserka Pađan

© Copyright 2006. KIGEN d.o.o.
ISBN 953-6970-27-9

Odobreno rješenjem Ministarstva prosvjete i športa Republike Hrvatske:
klasa UP/I⁰-602-09/99-01/243, urbroj 532-02-04/4-99-2.

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i sveučilišna knjižnica, Zagreb

UDK 372.862.13 (075.3) (076.5)

JAŠAREVIĆ, Zdravko

Električni strojevi: laboratorijske
vježbe: pripreme za vježbe <i>radni
listovi / Zdravko Jašarević.- 2. izd. -
Zagreb: Kigen, 2006.

ISBN 953-6970-27-9

300929106

*Nijedan dio ove knjige ne smije se umnožavati, fotokopirati niti na bilo koji način reproducirati bez pismenog
dopuštenja nakladnika*

Zdravko Jašarević

ELEKTRIČNI STROJEVI

Laboratorijske vježbe

Pripreme za vježbe

Radni listovi

2. izdanje



Zagreb 2006.

UVOD

Zbirka laboratorijskih vježbi iz električnih strojeva namijenjena je ponajprije učenicima elektrotehničkih škola kao i svima onima koji izučavaju električne strojeve.

Da bi se vježbe uspješno izvodile, potrebno je dobro poznavanje gradiva iz osnova elektrotehnike i mjerenja u elektrotehnici, te nužne teorijske podloge iz električnih strojeva.

Zbirka se sastoji iz dva dijela: „Pripreme za vježbe“ i „Radni listovi“ koje obuhvaćaju šesnaest vježbi iz transformatora, sinkronih, asinkronih i istosmjernih strojeva.

„Pripreme za vježbe“ omogućuju svakom učeniku da teorijski pripremi, lakše izvodi, prati i fizikalno objasni tijek svake vježbe, te da na vježbama olakšaju obradu podataka dobivenih mjerenjem i donošenje zaključaka.

„Radni listovi“ rabe se neposredno na laboratorijskim vježbama. U njih se piše i crta. Svaka vježba sastoji se od cjelina: zadatka, sheme spoja, potrebne opreme za izvođenje pokusa, uputa za mjerenja, uputa za obradu podataka mjerenja i prostora za zaključak. Podaci mjerenja i izračunate vrijednosti upisuju se u odgovarajuće tablice (osjenčani dio za izmjerene vrijednosti), a grafički prikazi veličina crtaju se u za to predviđene dijagrame.

Oba dijela trebaju omogućiti što samostalniji rad učenika u laboratoriju, od priprema za vježbu, odabira odgovarajućih instrumenata i opreme, spajanja prema nacrtanim shemama, mjerenja, obrade i prikazivanja rezultata mjerenja tablično i grafički te samostalnog zaključivanja. Izbjegnuto je diktiranje i precrtavanje s ploče. Osobita sposobnost se posvećuje provjeri spremnosti učenika za izvođenje vježbi (primjena teorijskog znanja u praktičnom radu), praktičnom radu, komentaru rezultata mjerenja i izvođenju zaključaka.

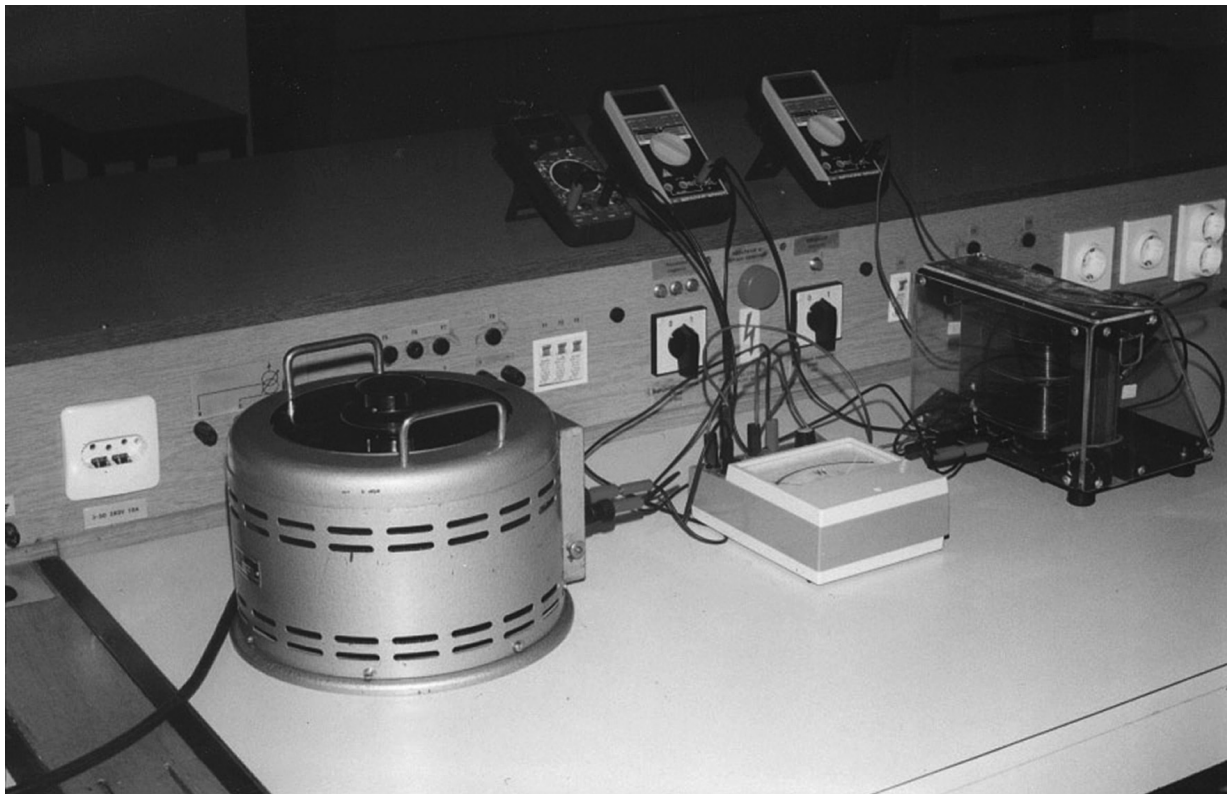
Da se ubrza proces obrade podataka mjerenja dobivenih pri izvođenju laboratorijskih vježbi uz zbirku je priložen CD s računalnim programom. Program omogućuje učenicima pripreme i provjeru znanja za svih šesnaest vježbi sadržanih u zbirci te za pojedine vježbe obrađuje unesene podatke mjerenja i prikazuje ih tablično i grafički uz mogućnost ispisa na pisaču. Program brzo i efikasno obrađuje podatke mjerenja pa je učenicima dostupna brza povratna informacija o svrsi svake laboratorijske vježbe jer već nekoliko sekundi nakon mjerenja moguće je vidjeti konačne rezultate, komentirati ih i donositi potrebne zaključke.

Predmetni nastavnik dužan je prije početka izvođenja pojedine laboratorijske vježbe upoznati učenike s opasnostima koje prijete, posebno od električne struje, te s mjerama i osnovnim propisima zaštite na radu kojih se treba pridržavati.

Autor

PRIPREME ZA VJEŽBE

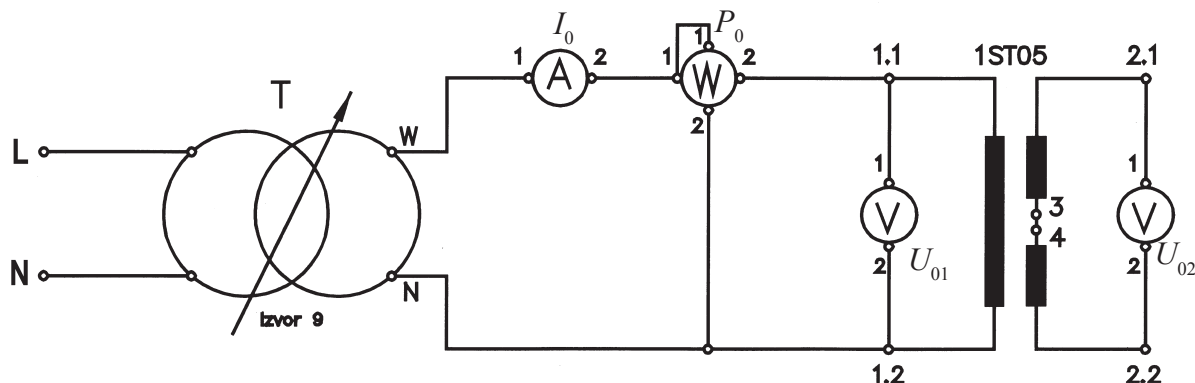
POKUS PRAZNOG HODA JEDNOFAZNOG TRANSFORMATORA



Transformator radi u praznom hodu onda kad je njegov primarni namot priključen na napon, a sekundarni namot otvoren. Zbog toga je otpor sekundara beskonačno velik te kroz sekundar ne teče nikakva struja.

Svrha pokusa praznog hoda jest određivanje karakteristika praznog hoda: struje praznog hoda I_0 , snage P_0 i faktora snage $\cos\phi_0$, sve u ovisnosti o primarnom naponu U_{01} . Za nazivni napon U_{n1} određuje se: struja praznog hoda I_0 , gubici u željezu P_{Fe} , gubici u bakru P_{Cu1} i faktor snage $\cos\phi_0$.

Pokus praznog hoda jednofaznog transformatora vrši se prema shemi na slici 1.1.



Slika 1.1. Spojna shema za pokus praznog hoda jednofaznog transformatora

Mjerna područja ampermetra i strujne grane vatmetra odaberu se prema približnoj procjeni vrijednosti struje praznog hoda (do oko 10 posto nazivne vrijednosti struje), voltmetri i naponska grana vatmetra moraju biti odabrani za nešto veće vrijednosti napona od nazivnih vrijednosti napona primara i sekundara.

Voltmetrom na primarnoj i sekundarnoj strani transformatora mjerimo nazivni primarni i njemu pripadajući sekundarni napon, pomoću kojih računamo omjer transformacije:

$$k = \frac{U_{n1}}{U_{02}}$$

- k - omjer transformacije
 U_{n1} - nazivni primarni napon (V)
 U_{02} - sekundarni napon u praznom hodu transformatora kad je na primar priključen nazivni primarni napon (V)

Ampermetar mjeri struju praznog hoda, a vatmetar mjeri snagu praznog hoda koju transformator uzima iz mreže. Izmjerena snaga predstavlja ukupne gubitke praznog hoda, koji se sastoje od gubitaka u bakru i željezu. Gubitke u bakru računamo prema izrazu:

$$P_{Cu1} = I_0^2 \cdot R_1$$

- P_{Cu1} - gubici u bakru (namotu) primara (W)
 I_0 - struja praznog hoda (A)
 R_1 - otpor primarnog namota (Ω)

Kako je struja praznog hoda svega nekoliko postotaka nazivne struje, a otpor primarnog namota vrlo malen, gubitke u bakru možemo zanemariti u odnosu na gubitke u željezu koji su punog iznosa. Prema tome možemo reći da su gubici praznog hoda približno jednaki gubicima u željezu transformatora:

$$P_0 \approx P_{Fe} = P_H + P_V = U_{01} \cdot I_0 \cdot \cos \varphi_0 = U_{01} \cdot I_g$$

- P_0 - ukupni gubici praznog hoda (W)
 P_{Fe} - gubici u željezu (W)
 P_H - gubici histereze (W)
 P_V - gubici vrtložnih struja (W)
 U_{01} - primarni napon praznog hoda (V)
 I_0 - struja praznog hoda (A)
 $\cos \varphi_0$ - faktor snage praznog hoda
 I_g - struja gubitaka (A)

Iz gornje jednadžbe može se odrediti kolika je struja gubitaka, odnosno kolik je fazni pomak:

$$I_g = \frac{P_0}{U_{01}} \quad \cos \varphi_0 = \frac{P_0}{U_{01} \cdot I_0}$$

- I_g - struja gubitaka (A)
 P_0 - ukupni gubici praznog hoda (W)
 U_{01} - primarni napon praznog hoda (V)
 $\cos \varphi_0$ - faktor snage praznog hoda
 I_0 - struja praznog hoda (A)

Iz toga slijedi struja magnetiziranja:

$$I_\mu = \sqrt{I_0^2 - I_g^2}$$

- I_μ - struja magnetiziranja (A)
 I_0 - struja praznog hoda (A)
 I_g - struja gubitaka (A)

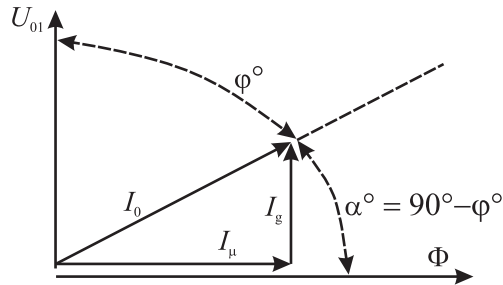
Gubici praznog hoda, odnosno gubici u željezu, maleni su u usporedbi s nazivnom snagom transformatora i oni ne ovise o opterećenju transformatora. Oni su prisutni sve vrijeme dok je transformator priključen na mrežu, neovisno o tome je li transformator opterećen ili je u praznom hodu. Za stalni pogon transformatora poznavanje tih gubitaka veoma je važno. S druge strane, električna se energija u prijenosu od izvora do trošila transformira u nekoliko stupnjeva pa ako ne provedemo mjere za ograničavanje gubitaka, oni mogu vrlo nepovoljno djelovati na elektroenergetski sustav.

Stvarni gubici u željezu mogu se odrediti prema jednadžbi:

$$P_{Fe} = P_0 - I_0^2 \cdot R_1 = P_0 - P_{Cu1}$$

- P_{Fe} - gubici u željezu (W)
- P_0 - ukupni gubici praznog hoda (W)
- I_0 - struja praznog hoda (A)
- R_1 - otpor primarnog namota (Ω)
- P_{Cu1} - gubici u bakru (namotu) primara (W)

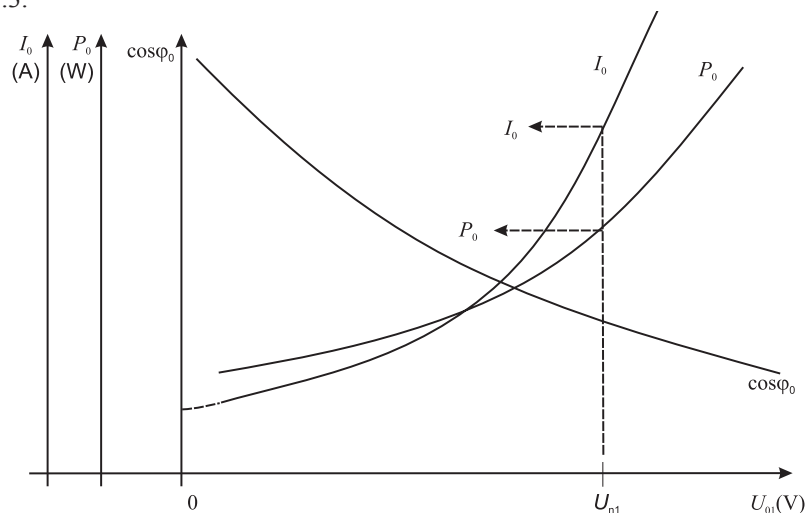
Transformator u praznom hodu uzima iz mreže samo struju praznog hoda koja se sastoji od komponente za magnetiziranje jezgre i od male komponente u fazi s naponom, koja služi za pokrivanje gubitaka. Zbog toga će vektor ukupne struje praznog hoda činiti s vektorom napona kut manji od 90° (slika 1.2).



Slika 1.2. Vektorski dijagram napona i struja praznog hoda transformatora

- U_{01} - primarni napon praznog hoda (V)
- I_0 - struja praznog hoda (A)
- I_μ - struja magnetiziranja (A)
- I_g - struja gubitaka (A)
- φ° - fazni kut ($^\circ$)
- α - kut gubitaka ($^\circ$)
- Φ - magnetski tok (Vs)

Za bolju spoznaju o prilikama zasićenja u jezgri nije dovoljno vršiti mjerenje samo za nazivni napon, već je poželjno snimiti nekoliko točaka, obično u području od 50 do 110 posto nazivnog napona. S tako dobivenim podacima mjerenja možemo nacrtati karakteristike praznog hoda: $I_0 = f_1(U_{01})$, $P_0 = f_2(U_{01})$ i $\cos\varphi_0 = f_3(U_{01})$, čiji je opći grafički prikaz dan na slici 1.3.



Slika 1.3. Karakteristike praznog hoda transformatora

- I_0 - struja praznog hoda (A)
- P_0 - ukupna snaga praznog hoda (W)
- $\cos\varphi_0$ - faktor snage praznog hoda
- U_{n1} - nazivni primarni napon (V)
- U_{01} - primarni napon praznog hoda (V)