

TEHNOLOGIJA, INFORMATIKA I OBRAZOVANJE
ZA DRUŠTVO UČENJA I ZNANJA

6. Međunarodni Simpozijum, Tehnički fakultet Čačak, 3–5. jun 2011.

TECHNOLOGY, INFORMATICS AND EDUCATION
FOR LEARNING AND KNOWLEDGE SOCIETY

6th International Symposium, Technical Faculty Čačak, 3–5th June 2011.

UDK: 621.313/.314:004.42LabVIEW

Stručni rad

OSMOFAZNA SKOTOVA SPREGA TRANSFORMATORA: KONSTRUKCIJA, VIZUELIZACIJA I PRIMENA

Marko Rosić¹, Miloš Božić², Miroslav Bjekić³

Rezime: U ovom radu je prikazan način formiranja osmofaznog sistema napona modifikovanom Skotovom spregom transformatora i date su njene osnovne konstrukcione karakteristike. Akvizicija napona dobijenog osmofaznog sistema i njegova vizuelizacija ostvarena je pomoću akvizicione kartice NI USB6009 i programskog paketa LabVIEW. Takođe, prikazane su i druge mogućnosti upotrebe i rada sa realizovanom Skotovom spregom.

Ključne reči: Skotova sprega, osmofazni sistem napona, laboratorija, LabVIEW.

EIGHT-PHAZE SCOTT-T TRANSFORMER: CONSTRUCTION, VISUALIZATION AND APPLICATION

Summary: This paper presents the method of forming eight-phase voltage system with Scott-T transformer and shows its basic design parameters. Acquisition of voltage obtained eight-phase system and its visualization are realized by acquisition card NI USB 6009 and LabVIEW software package. The other possibilities of use and working with the realized Scott-T transformer are presented, too.

Key words: Scott-T transformer, eight-phase system, laboratory, LabVIEW.

1. UVOD

Kompleksnost određenih naučnih oblasti u elektrotehnici osim klasičnog teoretskog pristupa zahteva i druge vidove sticanja znanja. Iz tog razloga je vrlo bitno da se za edukativne svrhe iskoriste sve mogućnosti merne opreme i računarskog okruženja kako bi se na što jasniji način izvršila vizuelizacija elektrotehničkih pojava [1]. U tu svrhu se koriste računarske animacije, simulacije i apleti [<http://www.empr.tfc.kg.ac.rs/linkovi.html>].

¹ Marko Rosić, asistent, Tehnički fakultet, Svetog Save 65, Čačak, E-mail: rosic@tfc.kg.ac.rs

² Miloš Božić, saradnik, Tehnički fakultet, Svetog Save 65, Čačak, E-mail: mbozic@tfc.kg.ac.rs

³ Dr Miroslav Bjekić, docent, Tehnički fakultet, Svetog Save 65, Čačak, E-mail: mbjekic@gmail.com

Različite simulacije omogućavaju da se rezultati istraživanja i teoretskih znanja predvide ili provere gde računar dobija vrlo korisnu ulogu posrednika između stvarnog sveta i korisnika i obezbeđuje bezbedno izvođenje oglada. Apleti pružaju mogućnost interaktivnog rada i menjanje parametara u toku izvršenja same aplikacije. Time se postiže dvosmerni prenos informacija jer korisnik može samostalno da manipuliše varijablama modela za vreme samog izvršavanja programa [2, 3].

Dalji nivo korišćenja računara oglada se u vizuelizaciji karakterističnih veličina u realnom vremenu direktnim merenjem u laboratoriji. Ovaj način omogućava bolje razumevanje pojava koje se dešavaju u fizički realnom sistemu, za razliku od računarskih simulacija.

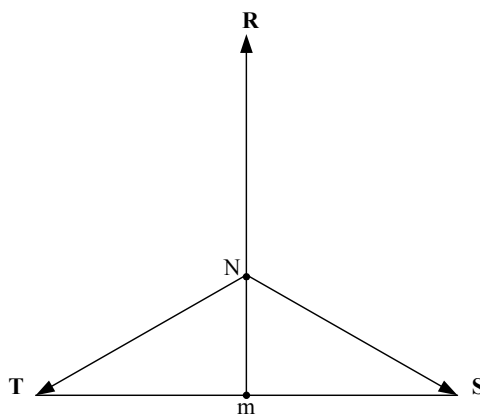
Ipak, najefikasniji vid laboratorijskog rada u cilju razumevanja principa i zakonitosti određenih elektrotehničkih uređaja i sistema oglada se u njihovoj realizaciji, a potom ispitivanju njihovih karakteristika merenjem. Fizička realizacija nekog uređaja i njegovo usavršavanje iza sebe krije obično veliki broj manje ili više sitnih problema koje treba rešiti, što opet vodi sticanju dodatnih znanja neposredno vezanih za posmatranu oblast u kojoj se uređaj primenjuje. Kasnije ispitivanje, merenje i vizuelizacija veličina koje karakterišu realizovan sistem zaokružuju kompletan didaktički pristup u procesu kvalitetnijeg sticanja znanja pri izvođenju laboratorijskih vežbi [4].

U ovom radu biće prezentovan jedan takav način laboratorijskog rada i postupak realizacije transformatora broja faza korišćenjem Skotove sprege. Realizovana je modifikovana Skotova sprega koja se sastoji od dva specifična jednofazna transformatora. Cilj je da se izvrši transformacija trofaznog sistema napona u osmofazni sistem napona mrežne učestanosti. Takođe, biće predstavljen način akvizicije podataka i virtualne instrumentacije ovog osmofaznog sistema korišćenjem LabVIEWa.

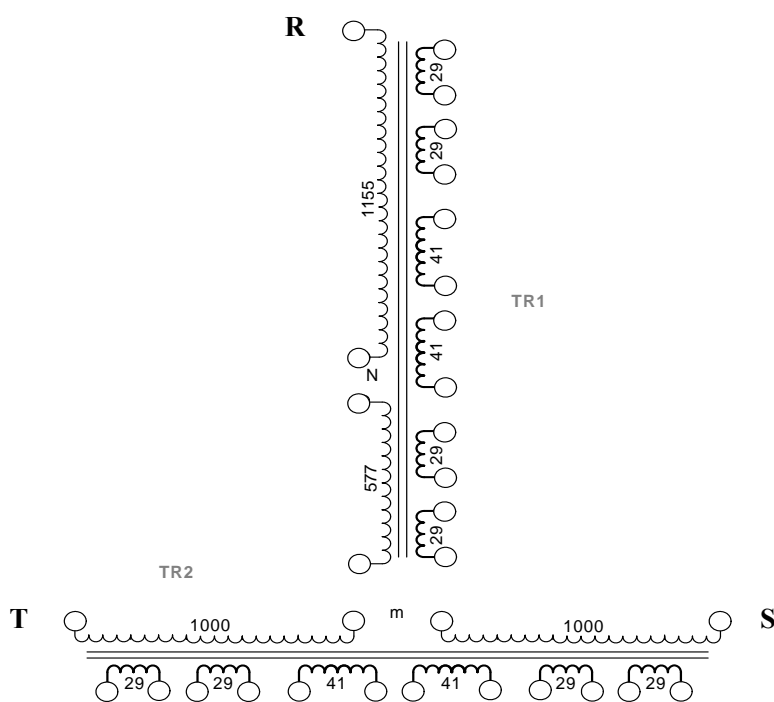
2. TEORIJSKE OSNOVE I REALIZACIJA SKOTOVE SPREGE

Nikola Tesla je napravio prvi originalni sistem napajanja naizmjenične struje koji se bazirao na dvofaznom sistemu. Međutim, kasnije je iz ekonomskih razloga pri prenosu električne energije dvofazni sistem zamenjen trofaznim sistemom koji se danas koristi. Za transformaciju trofaznog u dvofazni ili četvorofazni sistem koristila se Skotova sprega transformatora. U laboratoriji za Električne mašine na Tehničkom fakultetu u Čačku realizovana je Skotova sprega koja vrši transformaciju trofaznog u osmofazni sistem koristeći osnovni princip dobijanja indukovane ems, u namotajima u dva jednofazna transformatora, međusobno pomerene za ugao $\pi/2$.

Princip dobijanja indukovanih ems pod uglom od 90° prikazan je na slici 1. Suština je da se trougao napona RST može dobiti i sa dvofaznim sistemom napona, pri čemu se zvezdište pomera iz tačke N u tačku m . Potrebno je ispuniti uslov je da je broj navojaka primara prvog jednofaznog transformatora srazmeran sa visinom, dok je broj navojaka primara drugog jednofaznog transformatora srazmeran sa stranicom jednakostraničnog trougla RST.



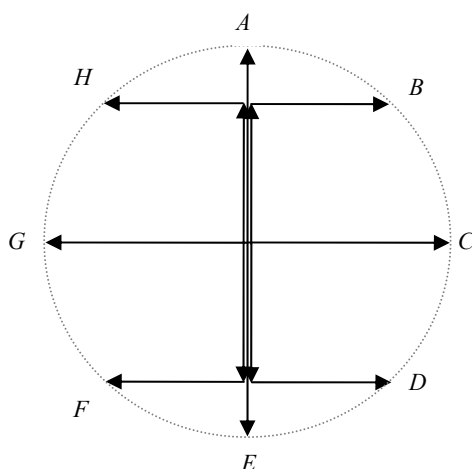
Slika 1. Dobijanje indukovanih ems pod uglom od 90°



Slika 2. Raspored primarnih i sekundarnih namotaja sa brojevima navojaka

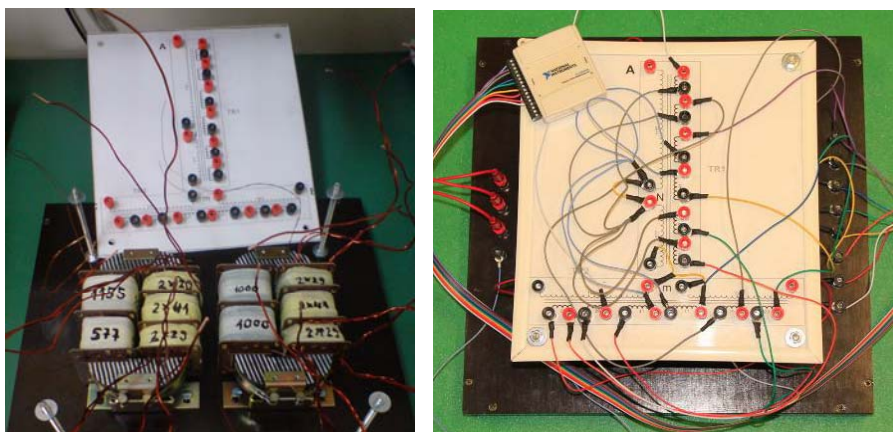
Dobijene indukovane ems na sekundarnim namotajima sa različitim brojevima navojaka, moguće je kombinovati i dobiti odgovarajuće fazne sisteme. Brojevi navojaka i raspored namotaja primara i sekundara prikazan je na slici 2. Brojevi navojaka primara i sekundara su tako odabrani da se njihovim odgovarajućem povezivanjem dobije osmofazni sistem sa faznim naponom od 8,2 V pri primarnom linijskom naponu trofazne mreže 400V, 50Hz.

Indukovana ems po jednom navojku za linijski napon 400 V je 0,2 V. Dakle, delovima namotaja sekundara sa 41 navojak indukuje se napon od 8,2 V a na delovima namotaja sa po 29 navojaka napon od 5,8 V. Time se na namotajima sa 41 navojak dobijaju faze na sekundaru sa časovnim brojem 0, 3, 6 i 9 (*A, C, E, H*) a vezivanjem na red namotaja sa po 29 ($\sqrt{2} \cdot 29 = 41$) navojaka dobijaju faze sa časovnim brojevima 2.5, 4.5, 7.5, 10.5 (*B, D, F, H*). Zvezdište N se dobija kao srednji izvod dva polunavoja sa 1155 i 577 navoja kojima odgovaraju naponi 231V i 115,4 V. Znači, visina jednakostraničnog trougla odgovara naponu 346,4 V ($\sqrt{3}/2 \cdot 400 = 346,41$) što je potvrda dobrog proračuna broja navoja primara prvog transformatora.



Slika 3. Izvodi navoja i fazorski dijagram osmofazne Skotove sprege

Fizički model realizovane Skotove sprege zajedno sa akvizicionom karticom prikazan je na slici 4 koja prikazuje dva jednofazna transformatora sa navojima pre (slika levo) i posle povezivanja (slika desno), tako da formiraju osmofazni sistem.



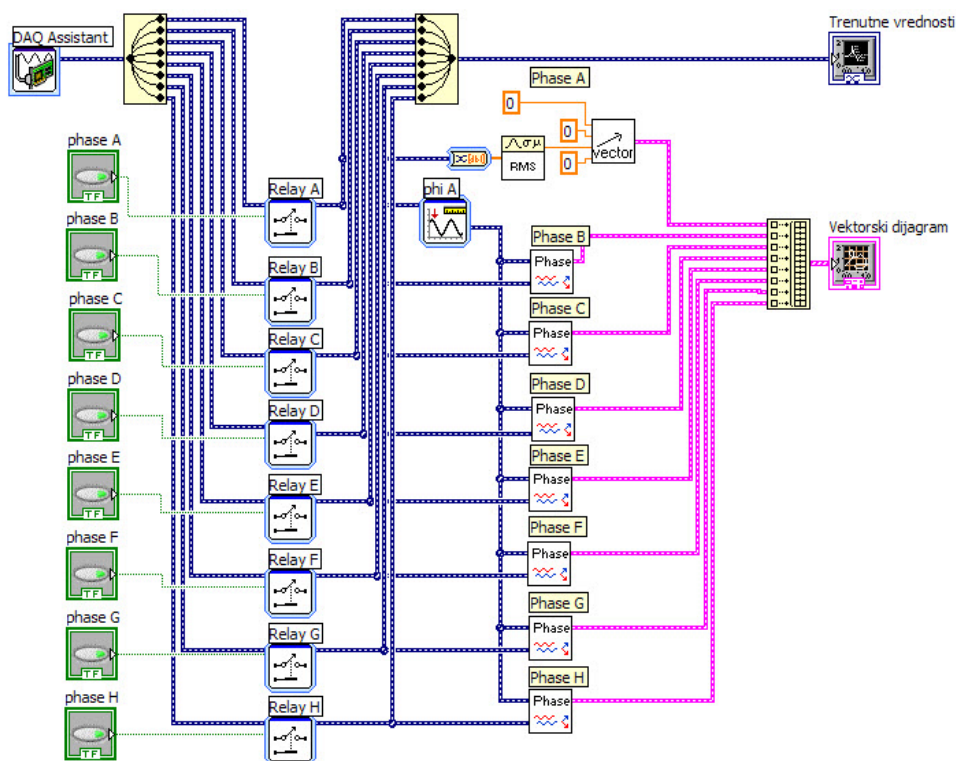
Slika 4. Izgled realizovanog sistema transformatora Skotove sprege, pre povezivanja (levo), posle povezivanja (slika desno)

Pored osmofaznog sistema, sekundarni navoji se mogu spregnuti i tako da se formira simetrični dvofazni sistem, simetričan četvorofazni sistem ili bilo koji izabrani, iz osmofaznog, nesimetrični sistem napona. Izvodi sekundara se dovode do akvizicione kartice koja omogućava merenje i vizualizaciju faznog stava svake faze dobijenog sistema.






3. VIRTUELNA INSTRUMENTACIJA U GRAFIČKOM PREDSTAVLJANJU OSMOFAZNOG SISTEMA – LABVIEW

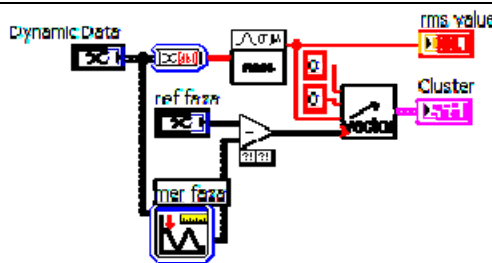
LabVIEW (**L**aboratory **V**irtual **I**nstrument **E**ngineering **W**orkbench) predstavlja programsko razvojno okruženje bazirano na upotrebi grafičkog korisničkog interfejsa GUI (**G**raphical **U**ser **I**nterface) i koristi se za realizaciju kompletnog merno-akvizicionog sistema, od prihvatanja signala sa hardvera do analize, prikazivanja i arhiviranja podataka [5]. LabVIEW se razlikuje od drugih programskih jezika zato što se za pisanje programa koristi grafički programski jezik i kreira se program u obliku blok dijagrama.

Na slici 5. je prikazan deo grafičkog koda koji se koristi pri vizuelizaciji dobijenog osmofaznog sistema, pri čemu funkcijski blokovi koji su dati na slici imaju sledeće značenje:

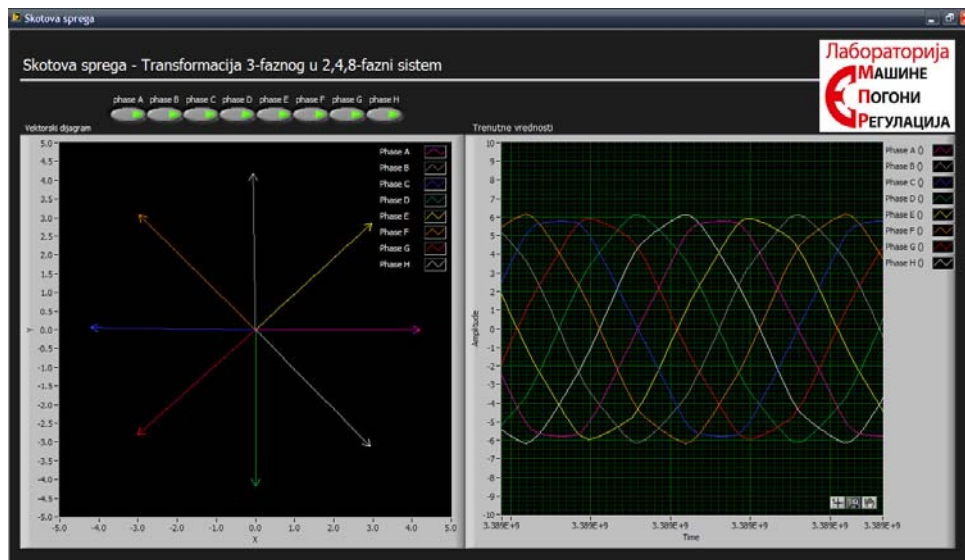


Slika 5. Blok dijagram za formiranje fazorskog dijagrama

Blok	Opis
	Daje fazni stav merenog signala u stepenima. Pored faznog stava na izlazu se može dobiti i frekvencija ili amplituda merenog signala.
	Izračunava efektivnu vrednost merenog signala.
	Na osnovu zadatih ulaznih veličina: koordinatnog početka, dužine vektora i ugla u odnosu na x-osu iscrtava vektor
	XY graf je iskorišćen za iscrtavanje vektorskog dijagrama merenih veličina
	Na osnovu dve veličine: efektivne vrednosti signala i faznog stava u odnosu na referentnu fazu iscrtava vektor merene veličine. Ovaj blok u sebi sadrži elemente prikazane na slici desno. Oduzimanjem merene faze od referentne faze dobija se fazni stav merene faze. Za referentnu fazu je uzeta prva faza. Vrednosti se prosleđuju bloku vector koji iscrtava vektor.



Razvijena aplikacija za virtuelnu predstavu osmofaznog sistema i praćenja faznih stavova prikazana je na slici sastoji se od celina prikazanih na slici 6.



Slika 6. Ekranski prikaz aplikacije Skotova sprega sa merenim naponima osmofaznog sistema

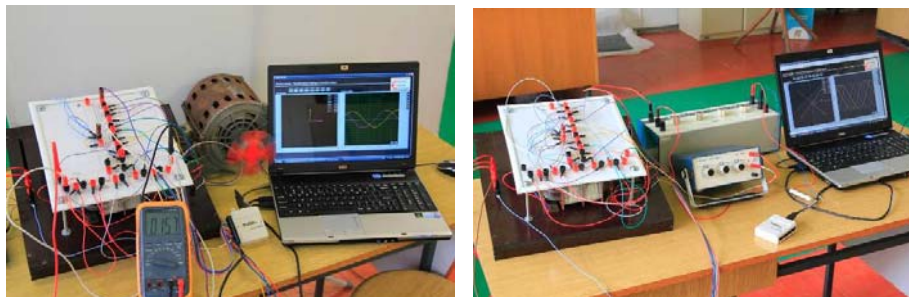
Prednji panel aplikacije se sastoji iz dva dela. Na levoj strani aplikacije je dat prikaz fazora osmofaznog sistema, dok je na desnoj strani dat prikaz u obliku vremenskog dijagrama. Na vremenskom dijagramu se mogu pratiti oblici napona. Iznad dijagrama su postavljeni tasteri kojima se uključuje ili isključuje prikaz neke konkretne faze. Na taj način se mogu posmatrati samo izabrane faze.

U svrhu akviziranja podataka korišćena je kartica NI USB6009 (ili NI USB6008), koja rapolaže sa 8 analogih ulaza kada se vrše merenja u odnosu na jednu referentnu tačku, što je u ovom slučaju tačka N. Maksimalna brzina uzorkovanja koju ova kartica može razviti je 48kS po sekundi podeljeno sa brojem kanala koji se koriste. U konkretnom primeru je $48/8=6\text{kS}$ po sekundi što je i više nego dovoljno za ovu aplikaciju. Na taj način jedna perioda sinusoide se opisuje sa 120 tačaka (preporuke su 32 tačke po periodu).

4. PRIMENA U NASTAVI

Realizovani transformator faza, u laboratoriji za električne mašine Tehničkog fakulteta u Čačku, postavljen je kao laboratorijska vežba koja studentima omogućava razumevanje principa rada Skotove sprege i sagledavanje postupka dobijanja simetričnog osmofaznog sistema napona. Pored praćenja faznih stavova napona dobijenih višefaznih sistema, merenjem struja u fazama i njihovim akviziranjem, na ovaj način, moguće je analizirati uticaj opterećenja pojedinih faza dobijenog sekundarnog sistema napona na opterećenje faza primarnog trofaznog sistema. Takođe, odgovarajućim povezivanjem sekundarnih krajeva može se dobiti dvofazni sistem napona pod uglom od 90° potreban za rad jednofaznog asinhronog motora (slika 7). Ovde će biti navedene neke laboratorijske aktivnosti koje se vrše sa realizovanom Skotovom spregom:

- teoretski pristup i analiza principa rada Skotove sprege transformatora,
- identifikacija transformatora, priključaka namotaja primara i sekundara i broja namotaja,
- povezivanje primarnih i sekundarnih namotaja u cilju dobijanja osmofaznog sistema napona i povezivanje sa akvizicionom karticom,
- analiza rada aplikativnog koda virtualne instrumentacije i upoznavanje sa GUI okruženjem namenjenim ovoj vežbi,
- dovođenje trofaznog sistema napajanja preko autotransformatora i pokretanje akvizicije,
- rad sa instrumentacijom i uključivanje grafičke predstave dobijenog sistema napona,
- dobijanje dvofaznog i četvorofaznog sistema,
- uvođenje akvizicije struja faza primara i sekundara i posmatranje uticaja opterećenja faza sekundara na primar,
- pokretanje jednofaznog asinhronog motora bez kondenzatora, itd.



Slika 7. Pokretanje jednofaznog asinhronog motora (levo) i određivanje karakteristika potrošača (desno)

Video zapisi laboratorijskih vežbi prikazanih na slici 7. mogu se pogledati na sajtu laboratorije EMPR Tehničkog fakulteta u Čačku: <http://www.empr.tfc.kg.ac.rs/video.html>

5. ZAKLJUČAK

Razvijena modifikovana Skotova sprega omogućuje studentima da se vizuelno uvere u postojanje 8 faza, da prate njihov trenutni fazni stav, pošto se sve veličine trenutno mere i prikazuju. Pored vizuelnog prikaza moguće je dobiti i sve numeričke veličine kao što su vrednosti napona, struja i faznih stavova. Moguće je i pratiti uticaj opterećenja sekundara na rad transformatora na primaru, pokretanje jednofaznog asinhronog motora bez kondenzatora, snimanje karakteristika potrošača itd. Takođe, na ovaj način se može bolje razumeti pojam homolognih krajeva i pratiti posledica zamene krajeva jednog ili više navoja.

Upoznavanje sa ovako osmišljenim i realizovanim sistemom transformacije faza Skotovom spregom i izvođenjem laboratorijske vežbe omogućava se studentima sticanje kvalitetnijih znanja iz oblasti električnih mašina.

6. LITERATURA

- [1] Watai, L. L., Brodersen, A. R., Brophy, S. P., *Designing Effective Laboratory Courses in Electrical Engineering*, 37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, October 10-13, 2007, Milwaukee
- [2] Bjekić, M., *Apleti iz oblasti elektrotehnike*, priručnik, Komunikacija i učenje u nastavi tehnike, Čačak: Tehnički fakultet, 2003
- [3] Bjekić, M., *Primena računara u nastavi električnih mašina*, IV Konferencija "Informatika u obrazovanju i informacione tehnologije", Novi Sad; Zbornik radova, Zrenjanin: Tehnički fakultet, str. 46-55, 1994
- [4] Rosić, M., Božić, M., Ašanin Nj., *Realizacija edukativnog laboratorijskog frekventnog regulatora sa mikrokontrolerom PIC18F4431*, konferencija ETRAN, jun 2011.
- [5] Milovanović, A., Bjekić, M., Koprivica, B., *Virtuelna Instrumentacija*, Čačak, Tehnički fakultet, 2010.
- [6] National Instruments, www.ni.com,
- [7] Laboratorija za električne mašine, pogone i regulaciju www.empr.tfc.kg.ac.rs