

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET U BEOGRADU
KATEDRA ZA ELEKTRONIKU

ENERGETSKA ELEKTRONIKA
LABORATORIJSKE VEŽBE

VEŽBA BROJ 6:
TROFAZNI ISPRAVLJAČ

Autori: Predrag Pejović i Vladan Božović

A. OPIS VEŽBE

Vežba obuhvata niz merenja na maketi trofaznog ispravljača. Cilj vežbe je upoznavanje sa načinom rada i osobinama trofaznog diodnog ispravljača sa različitim tipovima filtara, kao i bez filtra. Prema uputstvu iz tačke D treba povezati maketu sa ostalim instrumentima i priborom. Tokom vežbe biće potrebno podešavanje otpornosti potrošača i promena pozicije sonde osciloskopa, ampermetra i voltmetra.

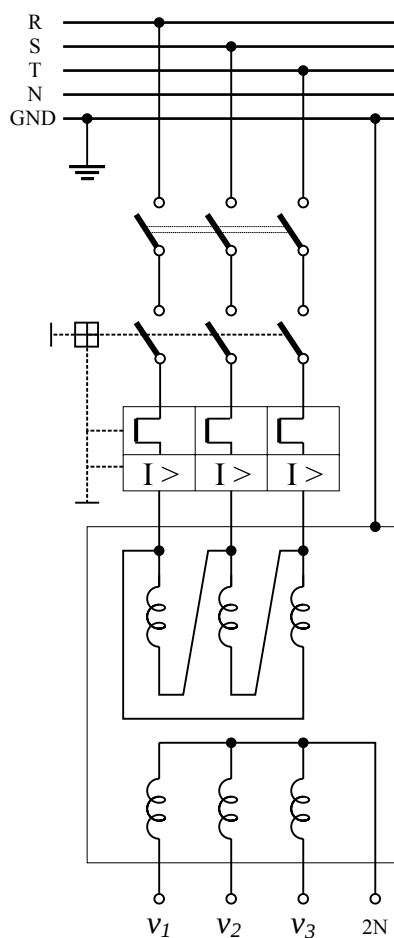
Pre vežbe treba proučiti materijal sa predavanja koji se odnosi na ispravljače, faktor snage, spektralnu analizu signala i ukupno harmonijsko izobličenje. Potrebno je da studenti poznaju osnove korišćenja programa Matlab, što će ubrzati izračunavanja i uštedeti vreme.

B. POTREBAN PRIBOR I INSTRUMENTI

1. maketa trofaznog ispravljača
2. trofazni mrežni transformator
3. ampermetar
4. voltmetar
5. osciloskop
6. RS232 kabl za povezivanje osciloskopa i računara
7. računar na kome je instaliran potreban softver (Matlab, Word)
8. strujna sonda HP 1146A
9. naponska sonda 100:1
10. priljučak za masu osciloskopa
11. tri reostata od 10 Ω , 5,7 A

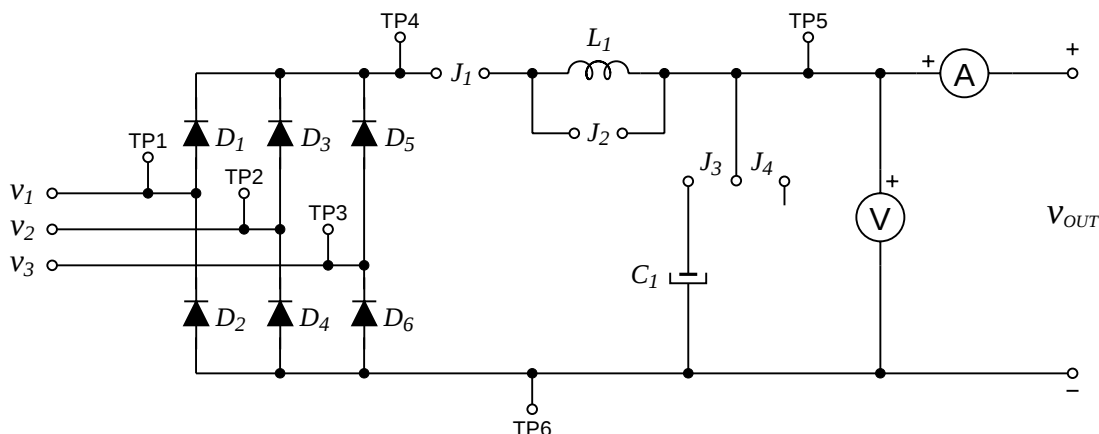
C. OPIS MAKETE

Maketa trofaznog ispravljača se sastoji iz dva odvojena dela, transformatorskog i ispravljačkog. Šema veze transformatorskog dela makete prikazana je na slici 6.1. Transformatorski deo makete sadrži trofazni mrežni transformator, prekidač i automatski osigurač sa bimetalnom zaštitom. Mrežni transformator transformiše trofazni napon $3 \times 380 \text{ V}$ na $3 \times 24 \text{ V}$. Mrežni napon je odgovarajućim kablom priključen na ulaz makete na visokonaponskoj strani i preko prekidača i osigurača doveden na primar transformatora. Primar transformatora je spregnut u trougao, a sekundar transformatora u zvezdu. Sekundar transformatora je na niskonaponskoj strani izveden na izlaz makete. Izlaz makete čine tri fazna priključka (crvene buksne) i jedan priključak nule (crna buksna). Jezgro transformatora i kutija u kojoj se transformator nalazi su uzemljeni (žuto-zelena žica koja je povezana na jezgro transformatora).



Slika 6.1. Šema veze transformatorskog dela makete

Drugi deo makete je trofazni ispravljač sa filtrom. Šema veze ispravljačkog dela makete prikazana je na slici 6.2. Ispravljački deo makete sadrži trofazni diodni most, kalem i elektrolitski kondenzator. Ulazni trofazni napon za ispravljački deo makete dovodi se sa izlaza transformatorskog dela. Kalem i kondenzator predstavljaju elemente od kojih se formira izlazni filter. Pogodnim povezivanjem kalema i kondenzatora pomoću kratkospajача u pozicijama J1, J2 i J3 može se realizovati trofazni ispravljač sa različitim strukturama izlaznog filtra: sa prostim induktivnim filtrom, sa prostim kapacitivnim filtrom i sa L filtrom, kao i bez izlaznog filtra. Naponska sonda sa masom osciloskopa se može priključiti na mesta TP1 do TP6, a za merenje struje predviđeno je obuhvatanje odgovarajućeg kabla strujnom sandom.



Slika 6.2. Šema veze ispravljačkog dela makete

D. ZADATAK

Pre povezivanja identifikovati elemente na maketi i proveriti da li je prekidač na visokonaponskoj strani transformatorskog dela makete **isključen** (položaj „0“). **Napajanje ne uključivati bez dozvole dežurnog asistenta!**

Potrošač predviđen za ovu vežbu sastoji se od redne veze tri reostata od $10\ \Omega$. Povezati reostate na red i postaviti klizače u položaj koji odgovara maksimalnoj otpornosti. Proveriti ommetrom da li je dobijena ukupna otpornost od $30\ \Omega$. Ako je dobijena odgovarajuća otpornost, rednu vezu reostata priključiti kao potrošač na izlaz ispravljačkog dela makete. Povezati ampermetar i voltmetar tako da se mere izlazna struja i napon. Povezati redom fazne priključke sa izlaza transformatorskog dela makete (crvene buksne) na ulaz ispravljačkog dela makete.

Merenja će se prvo vršiti na trofaznom ispravljaču sa L filtrom, zatim sa prostim kapacitivnim filtrom i bez filtra. Predviđenu strukturu ispravljača sa filtrom formirati pomoću kratkospajача u pozicijama J1, J2 i J3. Za svaku od tri ispravljačke konfiguracije koje se analiziraju merenja se vrše pri pet vrednosti struje potrošača, od 1 A, 2 A, 3 A, 4 A i 5 A.

Pre svake promene konfiguracije OBAVEZNO isključiti napajanje pomoću prekidača na transformatorskom delu makete!

Zbog obima vežbe deo izveštaja sa rezultatima merenja se formira u elektronskom obliku. U radnom direktorijumu **vezba6** treba napraviti Word fajl u koji se prenose oni rezultati merenja i komentari za koje nije predviđen prostor u obrascu za izveštaj. Ime Word fajla treba da sadrži brojeve indeksa studenata koji rade vežbu.

D.1. L filter

Proveriti da li je prekidač na transformatorskom delu makete isključen i da li je potrošač postavljen na maksimalnu otpornost od 30 Ω .

Strujnu sondu povezati na kanal 1 osciloskopa, a naponsku sondu na kanal 2. Masu osciloskopa za početak povezati na nulti priključak transformatorskog dela makete (crna buksna), a zatim je premeštati prema potrebama merenja. Podesiti slabljenje za sondu na kanalu 1 na **1x**, a za sondu na kanalu 2 na **100x**. Podesiti spregu na oba kanala na **DC**. Podesiti sinhronizaciju osciloskopa na **Line**. Podesiti podelu vremenske ose na 2,5 ms/div, što je neophodno zbog naknadne računarske obrade podataka. Uključiti strujnu sondu tako da njeno pojačanje bude 100 mV/A. Podesiti nulu strujne sonde (ovaj postupak je potrebno ponavljati više puta tokom merenja). Strujna sonda treba da bude uključena samo dok se vrši merenje struje.

Formirati strukturu L filtra. Povezati naponsku sondu tako da se posmatra napon prve faze na ulazu ispravljača, a strujnu sondu tako da se posmatra ulazna struja prve faze. Obratiti pažnju na označeni referentni smer struje na strujnoj sondi. Pre uključjenja pozvati dežurnog asistenta da proverí veze i odobri uključjenje.

Uključiti prekidač i podesiti struju potrošača na 1 A. Podesiti rezoluciju vertikalne ose na oba kanala osciloskopa, tako da su na zadovoljavajući način prikazani signali napona i struje koji se mere.

Pokrenuti Matlab i podesiti da radni direktorijum bude **vezba6**. Prenos podataka sa osciloskopa na računar vrši se pokretanjem odgovarajuće funkcije u programu Matlab. Za struju i napon prve faze prenos podataka se vrši pokretanjem funkcije **ph1**. Nakon izvršenja funkcije na ekranu će se pojaviti dijagrami poput onih na osciloskopu, a rezultat će biti smešten u fajl **1.csv** u direktorijumu **vezba6**. Na dijagramima na računara biće obuhvaćeno samo 20 ms, za razliku od osciloskopa gde će biti prikazano 25 ms. Kada je uspešno završen prenos podataka za prvu fazu, treba snimiti vremenske dijagrame struje i napona za drugu, odnosno treću fazu. Postupak za prenos podataka za ostale faze je isti kao i za prvu fazu, samo što za drugu fazu treba pokrenuti funkciju **ph2**, koja će za rezultat dati fajl **2.csv**, a za treću fazu funkciju **ph3**, što za rezultat daje **3.csv**. Na kraju treba snimiti vremenske dijagrame struje i napona na potrošaču. Za ovo merenje treba podesiti položaj nule na donju horizontalnu liniju (-4 div) na ekranu osciloskopa i za struju i za napon. Prenos podataka izvršiti pokretanjem funkcije **out**, a rezultat će biti smešten u fajl **4.csv**.

Kada je završena akvizicija svih podataka pri jednoj struji potrošača, isključiti napajanje pomoću prekidača na transformatorskom delu makete i isključiti strujnu sondu (preklopnik na sondi u položaj *off*).

U programu Matlab pokrenuti funkciju **tacka('a.csv')**. Funkcija će prikazati snimljene dijagrame ulaznih struja i napona (slike 1, 2 i 3), dijagrame izlazne struje i napona (slika 4), izračunati podatke koje treba upisati u tabelu 6.1 i prikazati spektre ulaznih struja i napona (slike 5, 6 i 7). Funkcija **tacka('a.csv')** će obrisati fajlove 1.csv, 2.csv, 3.csv i 4.csv i zameniti ih sa **a.csv**. Ukoliko se rezultati slažu sa očekivanim (ukupna harmonijska izobličenja struja oko 30% za L filter i u slučaju da nema filtra, ukupna harmonijska izobličenja napona oko 5%) popuniti predviđena mesta u tabeli 6.1. U protivnom, zatražiti pomoć dežurnog asistenta.

Postupak treba ponoviti za svih pet zadatih struja potrošača.

Kada su pokretanjem funkcije **tacka** sa odgovarajućim argumentom formirani svi fajlovi **a.csv**, **b.csv**, **c.csv**, **d.csv** i **e.csv**, pokrenuti funkciju **sve('L.csv')** koja će prikazati dobijene zavisnosti parametara ispravljača od izlazne struje. Fajlovi a.csv, b.csv, c.csv, d.csv i e.csv će biti obrisani, a njihov sadržaj će biti prenet u fajl **L.csv**.

Formirati Word fajl za dopunski izveštaj u direktorijumu **vezba6**. U taj fajl preneti svih deset dijagrama dobijenih pokretanjem funkcije **sve**.

Pokrenuti u Matlabu funkciju **tevenen** koja primenom metode najmanjih kvadrata nalazi elektromotornu silu E_T i unutrašnju otpornost R_T ekvivalentnog Tevenenovog generatora kojim se predstavlja izlaz ispravljača. Zabeležiti dobijene rezultate na za to predviđeno mesto.

D.2. Prost kapacitivni filter

Proveriti da li je prekidač na transformatorskom delu makete isključen i da li je potrošač postavljen na maksimalnu otpornost od 30 Ω .

Povezati ispravljač u konfiguraciju sa prostim kapacitivnim filtrom. Ponoviti merenja iz tačke D.1. Popuniti tabelu 6.2.

D.3. Bez filtra

Proveriti da li je prekidač na transformatorskom delu makete isključen i da li je potrošač postavljen na maksimalnu otpornost od 30 Ω .

Povezati ispravljač u konfiguraciju bez izlaznog filtra. Ponoviti merenja iz tačke D.1. Popuniti tabelu 6.3.

D.4. Talasnost izlaznog napona

Proveriti da li je prekidač na transformatorskom delu makete isključen i da li je potrošač postavljen na maksimalnu otpornost od 30 Ω .

Naponsku sondu povezati na izlaz ispravljača. Podesiti spregu na kanalu 2 na AC. Za sve tri analizirane konfiguracije izlaznog filtra izmeriti *peak-to-peak ripple* izlaznog napona pri strujama potrošača od 1 A, 2 A, 3 A, 4 A i 5 A. Popuniti tabelu 6.4.

Pre svake promene konfiguracije OBAVEZNO isključiti napajanje pomoću prekidača na transformatorskom delu makete!

D.5. Gubici u kalemu

Proveriti da li je prekidač na transformatorskom delu makete isključen i da li je potrošač postavljen na maksimalnu otpornost od 30 Ω .

Povezati ispravljač u konfiguraciju sa L filtrom. Povezati voltmetar tako da umesto napona na izlazu meri jednosmernu komponentu napona na kalemu. Uključiti napajanje i izmeriti napon na kalemu i jednosmernu komponentu struje kalema (jednaka struji potrošača) pri strujama od 1 A, 2 A, 3 A, 4 A i 5 A. Popuniti tabelu 6.5.

D.6. Napon na diodi

Povezati naponsku sondu tako da meri napon od prve faze do pozitivnog izlaza trofaznog diodnog mosta (izlaz mosta za koji je vezan kalem). Uključiti napajanje i podesiti podelu naponske ose tako da može da se meri napon na **direktno** polarisanoj diodi, V_D , a zatim i **inverzni** napon na diodi, $V_{D_{INV}}$, pri strujama potrošača od 1 A, 2 A, 3 A, 4 A i 5 A. Popuniti tabelu 6.6.