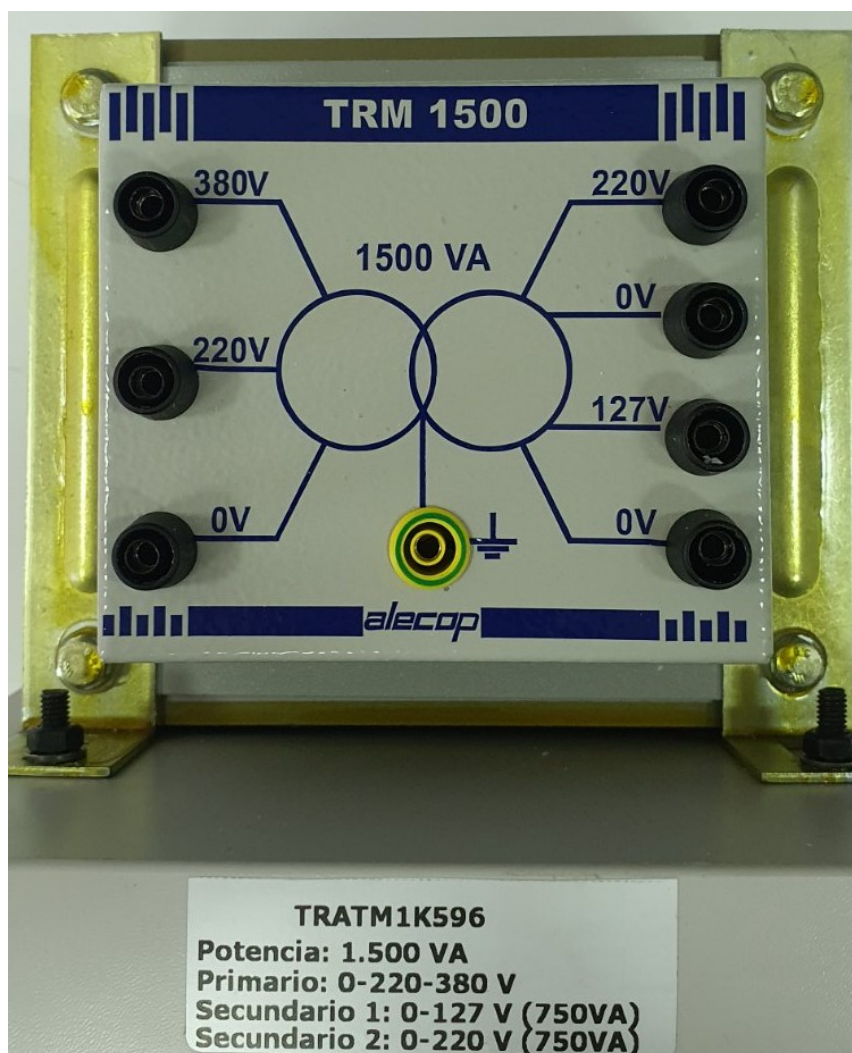


OGLED PRAZNOG HODA I KRATKOG SPOJA TRANSFORMATORA

uputstvo za pripremu i izvođenje laboratorijske vježbe

1. ZADATAK

- Izvršiti mjerenje prenosnog odnosa transformatora;
- Izvesti ogled praznog hoda. Odrediti relativnu vrijednost struje praznog hoda;
- Izvesti ogled kratkog spoja. Odrediti vrijednost relativnog napona kratkog spoja;
- Izmjeriti otpornost primarnog i sekundarnog namotaja;
- Korišćenjem osciloskopa snimiti talasni oblik struje praznog hoda transformatora;
- Odrediti parametre zamjenske šeme transformatora.



UVODNE NAPOMENE

1. PONAŠANJE U LABORATORIJU

1.1. Opšte preporuke u vezi ponašanja u laboratoriji

- izbjegavati šetanje između stolova u toku izvođenja vježbe;
- ne razgovarati i komentarisati preglasno;
- oblačiti se prikladno za laboratorijske vježbe kako djelovi odjeće ne bi upadali u instrumente i makete.

1.2. Opšte preporuke u vezi rada u laboratoriji

- pažljivo odabrati instrumente s obzirom na vrstu i opseg mjerenja;
- instrumente postaviti stabilno i povezati sigurnim spojevima;
- provjeriti spojeve kao i mjerna područja, prije povezivanja;
- svaku zapaženu neispravnost odmah prijaviti dežurnom saradniku.

1.3. Strogo je zabranjeno:

- skidanje, premještanje ili obavljanje bilo kakvih drugih promjena na maketama, oznakama i upozorenjima koje su drugi postavili, bez dozvole ili prisustva dežurnog u laboratoriji;
- površan, nepažljiv i neodgovoran rad prilikom mjerenja;
- namjerno, neodgovorno ili nepažljivo oštećenje uređaja, instrumenata ili predmeta u laboratoriji;
- namjerno skrivanje ili neprijavlivanje nastalih šteta i primijećenih neispravnosti;
- spajanje, prespajanje, premještanje instrumenata sa drugih stolova;
- skidanje sondi sa osciloskopa;
- podešavanje preklopnika za slabljenje signala na sondama osciloskopa.

Nepridržavanje ovih pravila, u zavisnosti od nastale štete i stepena prestupa, povlači kao konsekvencu udaljenje sa vježbe, a u krajnjem slučaju i prijavu disciplinskoj komisiji.

1.4. Studenti su ovlašćeni da uključe instrumente i napajanja tek po direktnom odobrenju dežurnog saradnika, uz pridržavanje dobijenih pismenih i usmenih uputstava. Ukoliko na maketi postoji više nezavisnih kola na koja se napajanje posebno dovodi, priključenje napajanja na svako kolo posebno zahtijeva odobrenje dežurnog.

2. PRAVILA O BEZBJEDNOSTI LJUDI I OPREME

2.1. Strujni udar nastaje najčešće dodirivanjem provodnih predmeta povezanih na napon javne mreže, što nastaje kao posledica slučajnog kvara instrumenta, nepažljivog rukovanja opremom i instrumentima i nepridržavanja pravila o bezbjednosti.

a) Šuko utikači instrumenata i šuko utičnice na razvodnoj kutiji, najčešća su mjesta gdje se zbog nepažljivog postupanja može doživjeti strujni udar. Ukoliko je uz dozvolu dežurnog u laboratoriji potrebno uključivati ili isključivati mrežno napajanje, raditi to uz maksimalne mjere opreza. Ogojljene priključke na šuko utikačima i utičnicama **NIKAKO i NIKADA** ne dirati rukama.

b) Instrumenti povezani na napon mreže su osciloskop i izvor za napajanje. U slučaju kvara metalni neizolovani djelovi instrumenata se mogu naći na potencijalu od 220 V. Zbog toga treba izbjegavati dodirivanje golim rukama metalnih neizolovanih djelova instrumenata, posebno sa njihove zadnje strane.

2.2. Mehaničke povrede

a) Povrede alatom ili laboratorijskim priborom. Ukoliko se koristi alat (pinceta, šrafciğer, kliješta) potrebno ih je koristiti sa razumnim oprezom, jer može doći do posjekotina, ogrebotina, oštećenja instrumenata, laboratorijskog materijala ili odjeće. Isto važi i za sonde osciloskopa i instrumenata.

b) Povrede usled pada ili udara. Nastaju kao posledica šetanja kroz laboratoriju u toku vježbi i postojanja mehaničkih prepreka (torbe, jakne, pomjerene stolice) ili nepažljivog ponašanja (sjedjenje na ivici stolice, ljuljanje na stolici itd.). Da bi se takve povrede smanjile na najmanju moguću meru, potrebno je jakne i torbe odložiti na unaprijed određeno mesto, stolice složiti nakon završetka vježbi, a tokom vježbi se ponašati koncentrisano i profesionalno.

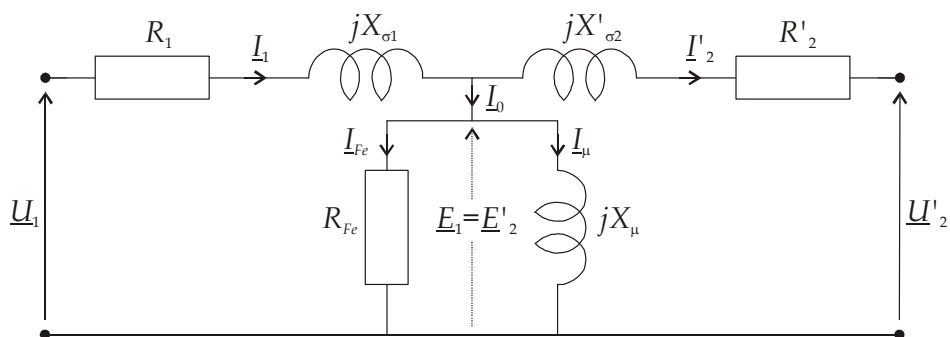
Svaku eventualnu povredu treba prijaviti dežurnom saradniku radi evidencije, a zatim se uputiti u studentsku polikliniku radi saniranja povrede. Naplata osiguranja nije moguća bez ljekarskog uvjerenja. Prava u vezi naplate osiguranja regulisati u studentskoj službi.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Prenosni odnos transformatora je, po definiciji, odnos nominalnog napona primarnog namotaja i napona sekundarnog namotaja kada je on u praznom hodu.

Zamjenska šema transformatora je prikazana slikom 1, za slučaj kada su sve veličine sekundara svedene na primarnu stranu. Za određivanje vrijednosti parametara zamjenske šeme potrebno je izvesti dva oglada: ogled praznog hoda (PH) i ogled kratkog spoja (KS). Ovi ogladi se sastoje u mjerenju napona, struje i snage sa jedne strane transformatora, dok je druga strana otvorena, odnosno kratkospojena. Sa koje strane izvršiti ogled PH odnosno KS? To zavisi samo od opsega instrumenata kojim se vrši mjerenje. Recimo, u ogledu KS mjerenje treba izvršiti sa one strane sa koje je struja transformatora manja, tj. sa visokonaponske strane. Tada je niskonaponska strana kratkospojena.

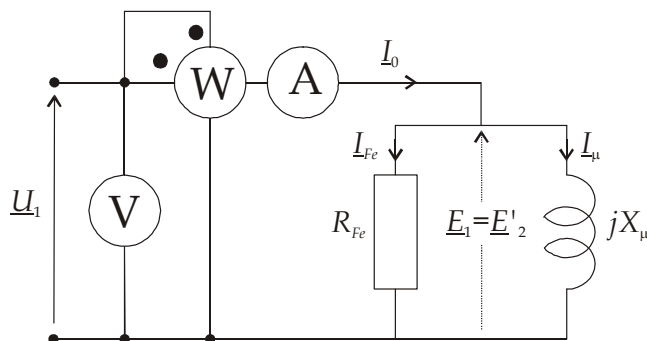
Dogovorno, ogled PH i KS vršićemo sa primarne strane - sekundar je otvoren (PH) ili kratko spojen (KS). Primarna i sekundarna strana su jasno označene na samom transformatoru na kom se ogled izvodi.



Slika 1. Zamjenska šema transformatora svedena na primar

Ogled praznog hoda se izvodi na taj način što je sekundarno kolo otvoreno a na primar se dovede nominalni napon, 220 V između označenih izvoda (donja dva izvoda sa lijeve strane, izvod 0 V i izvod 220 V). Struja koja tada teče kroz primarni namotaj, jeste struja praznog hoda I_0 .

Kako je struja praznog hoda vrlo mala a impedansa otočne grane znatno veća od impedanse primarnog namotaja, pad napona na impedansi primarnog namotaja se zanemaruje, tako da se prethodna zamjenska šema uprošćava kao na slici 2. Ovim uprošćenjem se zanemaruju gubici u bakru primarnog namotaja i smatra se da je izmjerena aktivna snaga jednaka snazi gubitaka u gvožđu transformatora. Ovi se gubici modeliraju Džulovim gubicima u otporniku R_{Fe} .



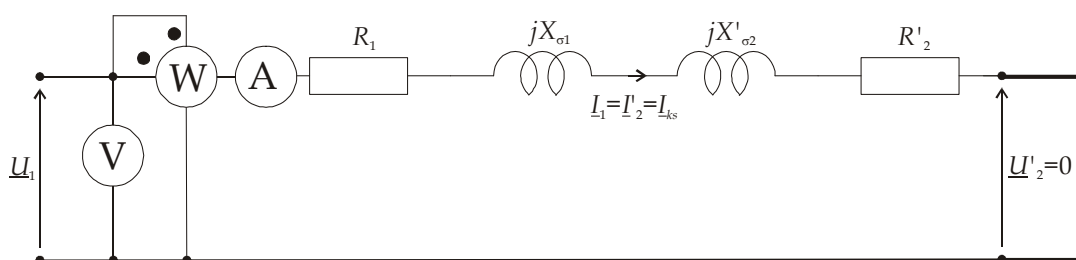
Slika 2. Uprošćena zamjenska šema za režim praznog hoda transformatora

Mjerenjem ulaznog napona U_1 (nominalni napon primara), ulazne struje I_0 (struja praznog hoda) i ulazne aktivne snage P_0 , mogu se odrediti parametri otočne grane zamjenske šeme:

$$R_{Fe} = \frac{U_1^2}{P_0} \quad (1)$$

$$X_\mu = \frac{U_1^2}{\sqrt{(U_1 I_0)^2 - P_0^2}} \quad (2)$$

Ogled kratkog spoja se izvodi na način što se sekundarni namotaj kratkospoj - kratkospojaju se izvodi 127 V i 0 V. Treba obratiti pažnju na to da je nominalna snaga na tim izvodima 750 VA – podatak potreban za izračunavanje nominalne struje. Tada se na primarni namotaj, veoma oprezno, postepeno podiže napon sve dok kroz namotaj primara, a samim tim i kratkospojeni namotaj sekundara, ne protekne nominalna struja. Kako je napon primara u ovom ogledu svega par procenata od nominalnog primarnog napona, a impedansa otočne grane značajno veća od impedansi u rednoj grani, zamjenska šema transformatora u ovom radnom režimu se svodi na onu prikazanu slikom 3. Izmjerena snaga u ogledu kratkog spoja približno je jednaka gubicima u bakru primarnog i sekundarnog namotaja.



Slika 3. Uprošćena zamjenska šema za režim kratkog spoja

Na osnovu izmjenjenog napona, struje i snage koju transformator uzima iz mreže u ovom radnom režimu, izračunava se impedansa kratkog spoja kao i njene komponente:

$$Z_{ks} = \frac{U_{ks}}{I_{ks}} \quad (3)$$

$$R_{ks} = \frac{P_{ks}}{I_{ks}^2} \quad (4)$$

$$X_{ks} = \sqrt{Z_{ks}^2 - R_{ks}^2} \quad (5)$$

Na ovaj način se dobija ukupna, zbirna reaktansa kratkog spoja X_{ks} , a ne njene pojedinačne komponente. Obično je, međutim, zadovoljeno $X_{\sigma 1} = X'_{\sigma 2} = 0.5X_{ks}$. Što se tiče aktivnih otpornosti primarnog i sekundarnog namotaja važi isto ali se one mogu jednostavno izmjeriti za svaki od namotaja posebno, korišćenjem univerzalnog mjernog instrumenta.

Snimanje talasnog oblika struje praznog hoda : Na primarni namotaj dovodi se napon mreže za koji se može smatrati da je idealan tj. prostoperiodičan. Sekundarni namotaj je otvoren. Zanemarujući pad napona na impedansi primarnog namotaja, napon mreže se uravnotežava indukovanom ems u

primarnom namotaju. Dakle i ems mora biti istog, prostoperiodičnog oblika kao i dovedeni napon a samim tim i magnetski fluks mora biti prostoperiodičan:

$$u_1 \cong e_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (6)$$

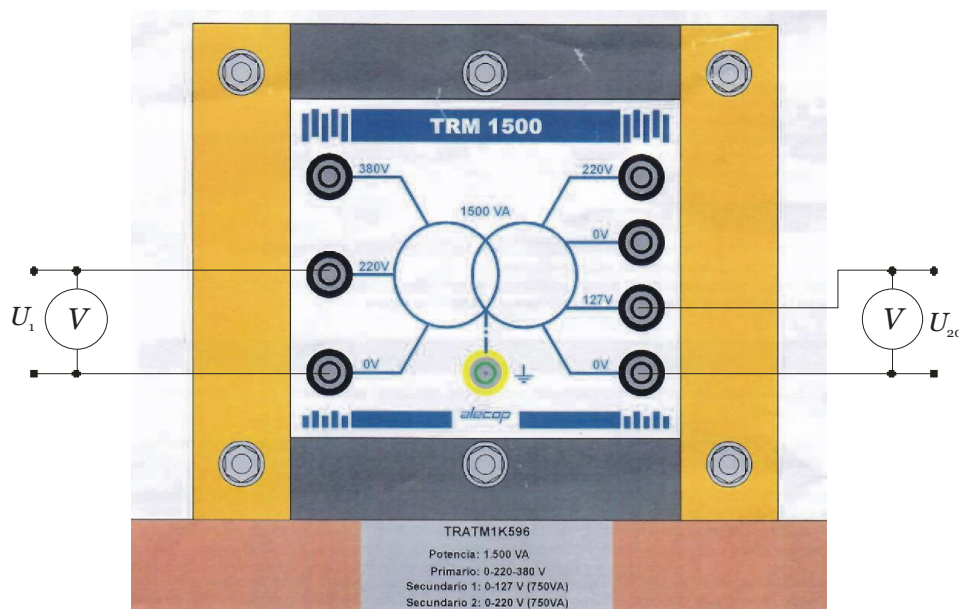
Međutim, karakteristika magnećenja feromagnetika tj. magnetskog jezgra transformatora, je nelinearna i višeznačna – to je dobro poznata BH karakteristika sa izraženom histerezisnom petljom. Kako je BH karakteristika istovremeno i karakteristika fluks-struja, $\Phi=f(i_0)$, u drugoj razmjeri, slijedi da struja praznog hoda ne može biti prostoperiodičnog oblika već mora biti složenoperiodična funkcija vremena. Talasni oblik ove struje moguće je snimiti na osciloskopu na sledeći način: u kolo primara redno se veže otpornik a onda se osciloskopom snima talasni oblik napona na tom otporniku. Kako je napon na otporniku $u_R(t)=R \cdot i_0(t)$, to je talasni oblik struje kroz otpornik (struja praznog hoda) isti kao i talasni oblik napona na njemu, u drugoj razmjeri.

3. PRIBOR I OPREMA

Za izvođenje vježbe je potrebno pored prikazanog monofaznog transformatora imati ampermetar (0-5A), voltmetar (0-600V), vatmetar (0-5A, 0-480V) i osciloskop. Vježba se izvodi na laboratorijskom stolu sa dva regulaciona autotransformatora i više naponskih izvora različitog opsega.

4. IZVOĐENJE VJEŽBE

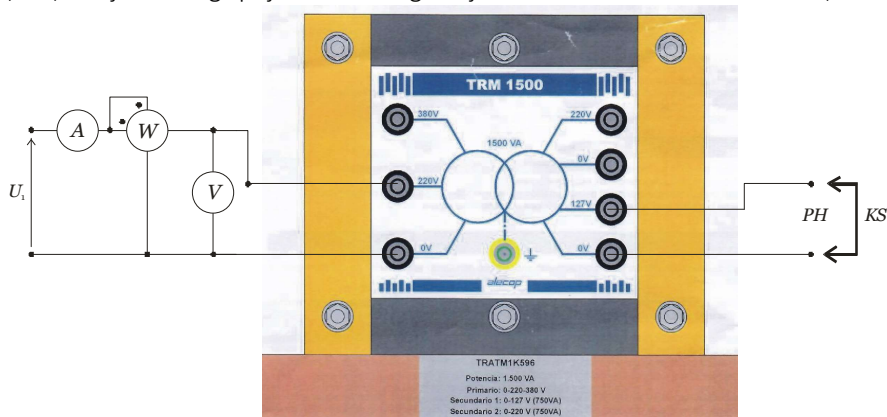
a) **Mjerenje prenosnog odnosa:** prema šemi sa slike 4. izmjeriti prenosni odnos transformatora. Na primarni namotaj dovesti nominalni napon i izmjeriti napon na otvorenom namotaju sekundara. Prenosni odnos transformatora n je odnos ta dva napona: $n=U_1/U_{20}$.



Slika 4. Mjerenje prenosnog odnosa transformatora

b) **Ogled praznog hoda:** mjerenje izvršiti prema šemi sa slike 5. uz otvoren namotaj sekundara. Na primarni namotaj dovesti nominalni napon, $U_1=U_{1n}$. Izmjeriti struju praznog hoda I_0 i snagu koju transformator uzima iz mreže, P_0 .

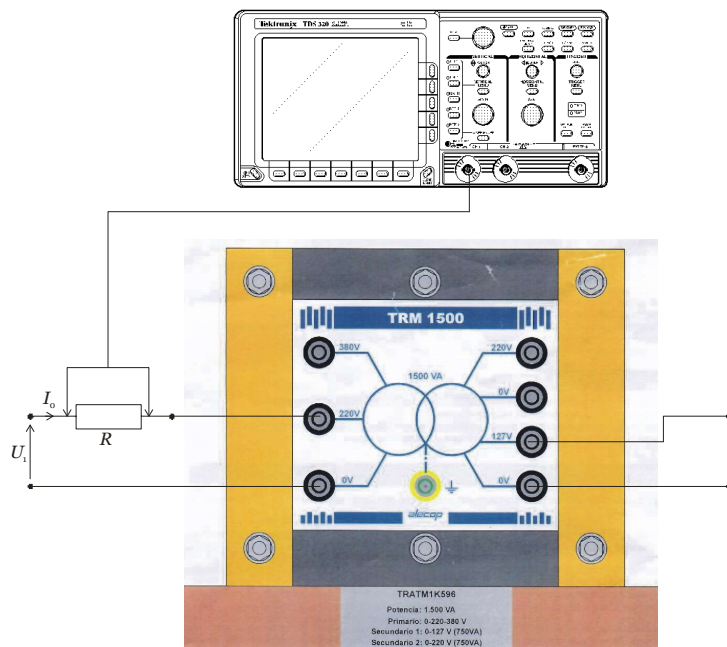
c) **Ogled kratkog spoja:** mjerenja izvršiti prema šemi sa slike 5. uz kratkospojen namotaj sekundara. Na primarni namotaj dovesti napon koji prouzrokuje nominalnu primarnu struju. Izmjeriti vrijednost tog napona, U_{ks} , struju kratkog spoja $I_{ks}=I_{1n}$ i snagu koju transformator uzima iz mreže, P_{ks} .



Slika 5. Izvođenje ogleda praznog hoda i kratkog spoja

d) **Mjerenje otpornosti primarnog i sekundarnog namotaja:** nakon izvršenog ogleda kratkog spoja, kada su oba namotaja zagrijana protokom nominalne struje kroz njih, korišćenjem univerzalnog digitalnog instrumenta izmjeriti otpornost primarnog i sekundarnog namotaja R_1 i R_2 . Voditi računa o tome da u zamjenskoj šemi svedenoj na primar figuriše vrijednost otpornosti namotaja sekundara svedena na primar.

e) **Snimanje struje praznog hoda:** prema slici 6. u primarno kolo redno vezati otpornik pri otvorenom sekundarnom namotaju. Na namotaj primara dovesti naznačeni napon. Snimati osciloskopom napon na otporniku. Dobijeni talasni oblik napona je istovremeno i talasni oblik struje praznog hoda, u drugoj razmjeri.



Slika 6. Snimanje struje praznog hoda korišćenjem osciloskopa

5. OBRADA REZULTATA

a) Prenosni odnos transformatora je (upisati izmjerene brojne vrijednosti i njihov odnos):

$$n = \frac{U_{1n}}{U_{20}} = \quad (7)$$

b) Podatke dobijene iz mjerenja u ogledu praznog hoda unijeti u Tabelu 1:

Tabela 1.

U_1 (V)	I_0 (A)	K_W (konstantna vatmetra)	α (proj podeoka skale vatmetra)	$P_0 = K_W \cdot \alpha$ (W)

Na osnovu unešenih vrijednosti izračunati parametre očne grane zamjenske šeme i izračunati relativnu vrijednost struje praznog hoda:

$$R_{fe} = \frac{U_1^2}{P_0} = \quad (8)$$

$$X_\mu = \frac{U_1^2}{\sqrt{(U_1 I_0)^2 - P_0^2}} = \quad (9)$$

$$i_0 (\%) = \frac{I_0}{I_{1n}} \cdot 100 = \quad (10)$$

c) Podatke dobijene iz mjerenja u ogledu kratkog spoja srediti u Tabeli 2:

Tabela 2.

U_{ks} (V)	I_{ks} (A)	K_W (konstantna vatmetra)	α (proj podeoka skale vatmetra)	$P_{ks} = K_W \cdot \alpha$ (W)

Na osnovu izmjerenih vrijednosti izračunati parametre redne grane zamjenske šeme i izračunati relativni napon kratkog spoja:

$$Z_{ks} = \frac{U_{ks}}{I_{ks}} = \quad (11)$$

$$R_{ks} = \frac{P_{ks}}{I_{ks}^2} = \quad (12)$$

$$X_{ks} = \sqrt{Z_{ks}^2 - R_{ks}^2} = \quad (13)$$

$$X_{\sigma 1} = \frac{X_{ks}}{2} = \quad (14)$$

$$X'_{\sigma 2} = \frac{X_{ks}}{2} = \quad (15)$$

$$u_{ks} (\%) = \frac{U_{ks}}{U_{1n}} \cdot 100 = \quad \cdot 100 = \quad (16)$$

d) Upisati izmjerene brojne vrijednosti otpornosti primarnog i sekundarnog namotaja:

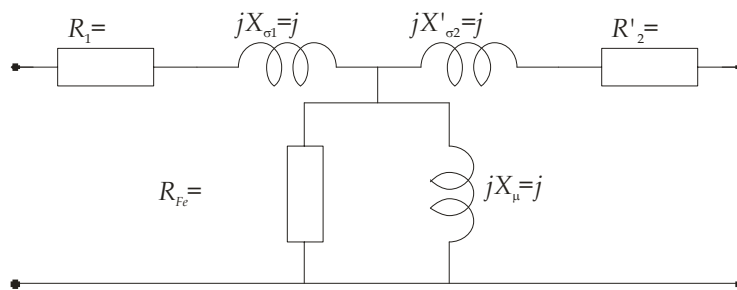
$$R_{1_mjereno} = \quad (17)$$

$$R_{2_mjereno} = \quad (18)$$

$$R'_{2_mjereno} = n^2 R_{2_mjereno} = \quad (19)$$

$$R'_2 = R_{ks} - R_{1_mjereno} = \quad (20)$$

e) Na prikazanoj zamjenskoj šemi upisati brojne vrijednosti parametara:



Slika 7. Zamjenska šema sa brojnim vrijednostima izračunatih parametara

U Podgorici,

Ime i prezime studenta, potpis studenta i broj indeksa:

Datum:

Ovjerio: