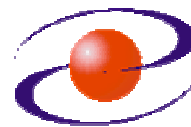




**UNIVERZITET CRNE GORE
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**



STUDIJSKI PROGRAM:	<i>ENERGETIKA I AUTOMATIKA</i>
PREDMET:	<i>ENERGETSKA ELEKTRONIKA</i>
FOND ČASOVA:	<i>3+1+1</i>

LABORATORIJSKA VJEŽBA BROJ 2

NAZIV:	<i>ISPITIVANJE KARAKTERISTIKA TIRISTORA</i>
CILJEVI VJEŽBE: <ul style="list-style-type: none">- određivanje prelomnog i probojnog napona tiristora,- snimanje statičkih karakteristika tiristora,- određivanje parametara uproštenog modela tiristora,- proračun gubitaka tiristora.	
POTREBAN PRIBOR: <ul style="list-style-type: none">- kalkulator,- lenjir.	

IME I PREZIME: _____.

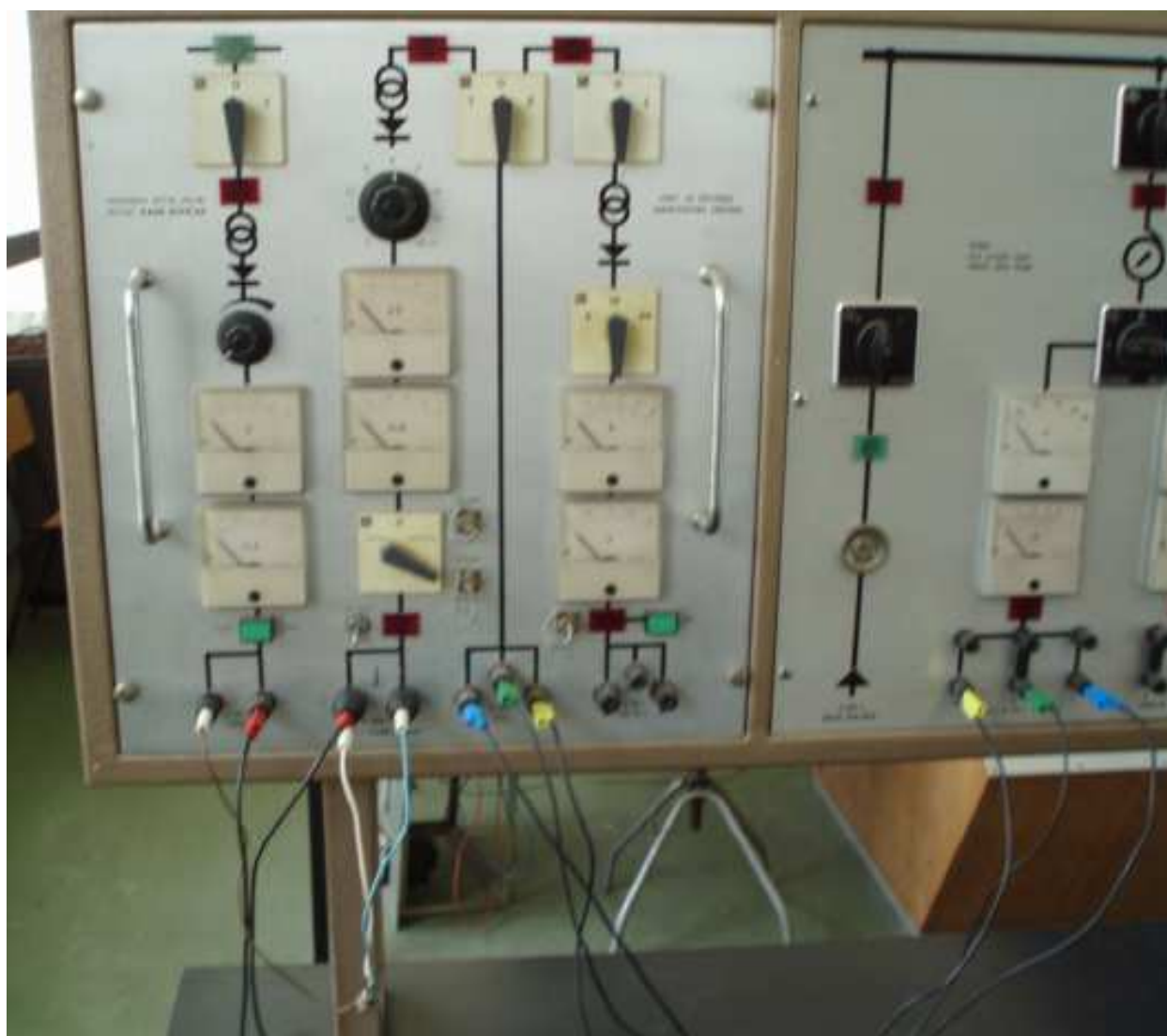
BROJ INDEKSA: _____.

BROJ POENA:	
OVJERAVA:	
DATUM:	

1. APARATURA

Na raspolaganju su sljedeći uređaji i oprema:

- Pult sa opremom
- Tiristor
- Priključni kablovi



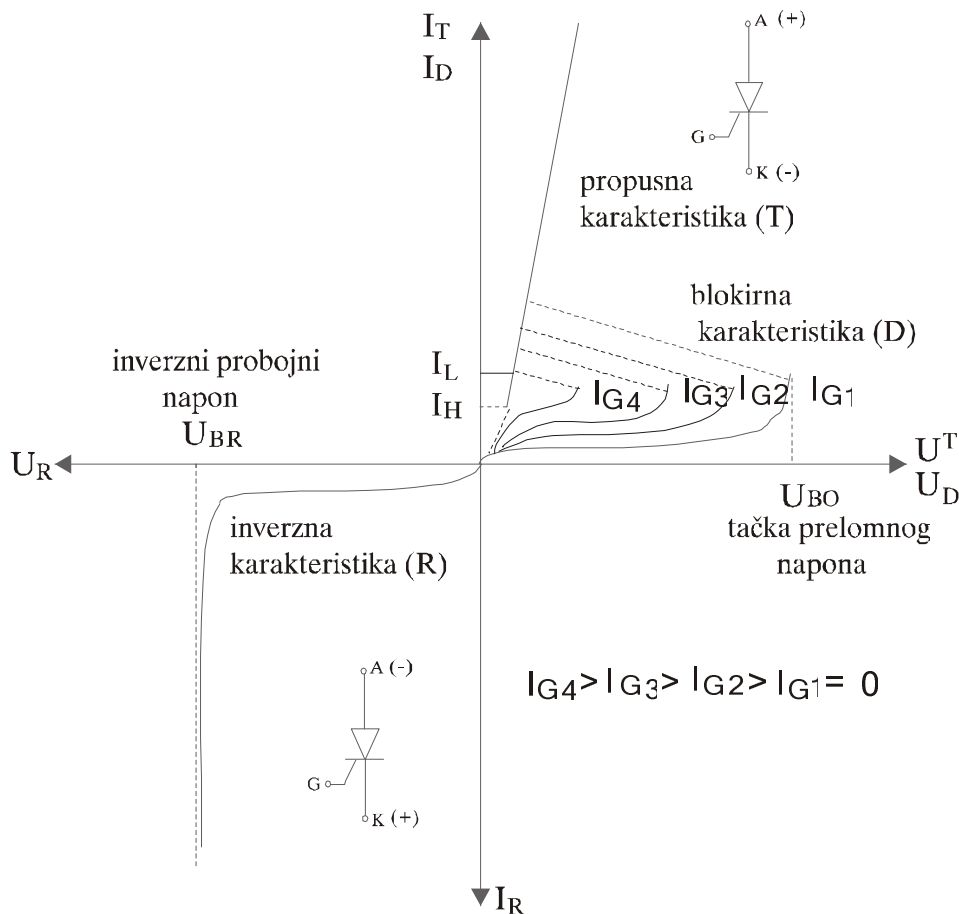
Slika 1.1. Pult sa pratećom opremom

2. TEORIJSKA OSNOVA LABORATORIJSKE VJEŽBE

Tiristor predstavlja silicijumski element koji ima mogućnost regulisanja strujnog toka u jednom smjeru (stoga se često naziva poluprovodnički ventil). U osnovi to je četvoroslojni p-n-p-n spoj sa tri priključne elektrode: anodom (A), katodom (K) (glavne strujne elektrode) i pobudnom elektrodom (gate) (pomoćna elektroda).

Ako spojimo tiristor u strujni krug koji se napaja iz promjenljivog izvora jednosmjernog napona, onda, mjerenjem struje i napona na tiristoru, možemo odrediti statičke strujno-naponske karakteristike tiristora (slika 2.1). Razlikujemo inverznu (U_R-I_R), blokirnu (U_D-I_D) i propusnu (U_T-I_T) strujno-naponsku karakteristiku. U režimu inverzne polarizacije statička karakteristika tiristora veoma je slična karakteristici poluprovodničke diode. Tiristor ima vrlo veliku unutrašnju impedansu, tako da vrlo mala inverzna struja, tzv. "inverzna struja blokiranja" teče kroz p-n-p-n spoj. Kada napon dostigne vrijednost inverznog probojnog napona U_{BR} , inverzna struja naglo raste.

U slučaju direktne polarizacije p-n-p-n spoj tiristora je električno bistabilan i može da ima vrlo veliku impedansu ("OFF" stanje - blokirna karakteristika) ili vrlo malu impedansu ("ON" stanje - propusna karakteristika). U stanju direktnog blokiranja kroz tiristor teče izvjesna mala struja I_D koja se naziva direktna struja blokiranja. Porastom napona u direktnom smjeru dostiže se naponska tačka (prelomni napon U_{BO}) pri kojoj direktna struja naglo raste i tada se tiristor prebacuje u "ON" stanje.



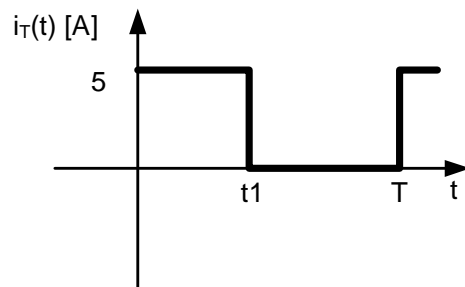
Slika 2.1. Statičke strujno-naponske karakteristike tiristora

Kriva propusne karakteristike može se u radnom području aproksimirati pravom linijom. Na taj način pojednostavljuje se proračun gubitaka na tiristoru. Približna karakteristika dobija se tako što se kroz tačku U_{T0} (napon početka vođenja tiristora ili napon praga) povuče prava čiji je koeficijent pravca $1/r_T$, pri čemu je r_T diferencijalna otpornost ($r_T = \Delta U_T / \Delta I_T$). Snaga gubitaka na uključenom tiristoru tada iznosi:

$$P = U_T \cdot i_T = (U_{T0} + r_T \cdot i_T) \cdot i_T = U_{T0} \cdot i_T + r_T \cdot i_T^2 \quad (1)$$

3. ZADACI LABORATORIJSKE VJEŽBE

1) Korišćenjem relacije (1) izvesti izraz za proračun gubitaka u funkciji srednje i efektivne vrijednosti struje tiristora, napona U_{T0} i otpornosti r_T . Izračunati snagu gubitaka u slučaju kada je $U_{T0} = 1.1\text{V}$, $r_T = 0.1\Omega$ i kada kroz tiristor protiče periodična struja kao na slici 3.1. za slučajeve: (a) $t_1 = T/4$, (b) $t_1 = T/2$, (c) $t_1 = T$.

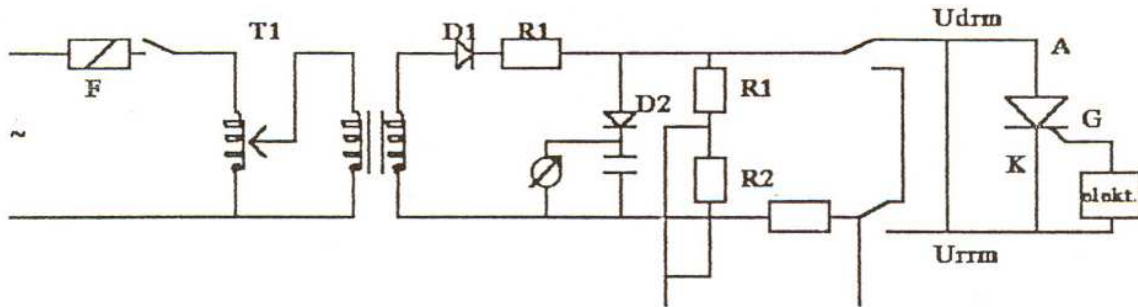


Slika 3.1 Talasni oblik struje tiristora

Izrada:

2) Priključiti tiristor na dio pulta gdje se napon može mjeriti u KV. Podesiti rednu otpornost na vrijednost 40kΩ. Prebaciti prekidač u položaj „propusno“ (direktno polarisati tiristor), a ostale prekidače prebaciti u odgovarajuće položaje kako bi se proslijedio napon napajanja. Povećavati napon regulacionog transformatora i posmatrati napon i struju tiristora.

Napomena: Na panelu se nalazi kompletan uređaj za sinmanje ovih karakteristika, a pojednostavljena šema je data na slici 3.2.



Slika 3.2

Odrediti vrijednost direktnog prelomnog napona U_{BO} : _____

Objasniti šta se dešava sa naponom na tiristoru nakon dostizanja vrijednosti U_{BO} :

Spustiti napon na nulu i prebaciti prekidač u položaj „nepropusno“ (inverzno polarisati tiristor). Povećavati napon regulacionog transformatora i pratiti napon i struju tiristora.

Upisati vrijednost izmjerenog probojnog napona $U_{BR} =$ _____.

Da li je došlo do oštećenja tiristora? Zašto?

Spustiti napon na nulu i prebaciti prekidač u položaj „propusno“. Podesiti napon u kolu gejta na traženu vrijednost U_g . Pritisnuti taster pobudnog kola i izmjeriti struju gejta I_g . Držeći pritisnut taster, povećavati napon regulacionog transformatora i pratiti napon i struju tiristora. Izmjeriti maksimalni napon U_{BO} koji se pojavljuje na tiristoru.

Popuniti tabelu:

U_g [V]	0.5	1.5	3
I_g [mA]			
U_{BO} [V]			

Objasniti šta predstavlja izmjereni napon U_{BO} i kako struja I_g utiče na njegovu vrijednost:

3) Priključiti tiristor na dio pulta gdje se napon može mjeriti u voltima a struja u amperima. Prebaciti prekidače u odgovarajuće položaje, postepeno povećavati napon. Kolika struja protiče kroz tiristor? _____

Brzom promjenom napona napajanja, pomoću prebacača kojim se mijenja opseg napona napajanja U_{ak} , pri čemu je

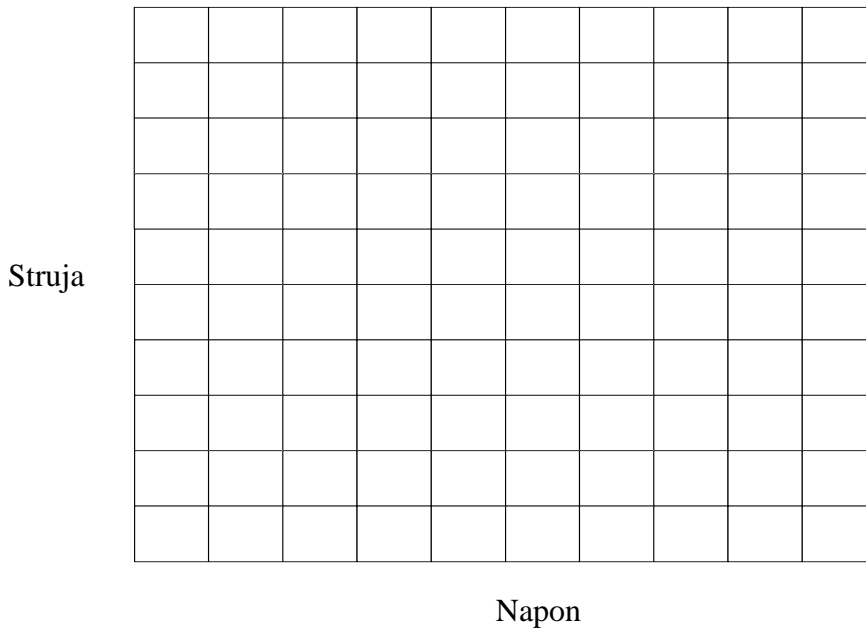
$$\left(\frac{dU_{ak}}{dt}\right) > \left(\frac{dU_{ak}}{dt}\right)_{KRIT}, \text{ za } I_g=0$$

dovesti tiristor u režim provođenja.

Popuniti tabelu:

Struja [A]	0.5	1	2	3	4
Napon [V]					

Na osnovu podataka iz tabele grafički prikazati propusnu strujno-naponsku karakteristiku tiristora:



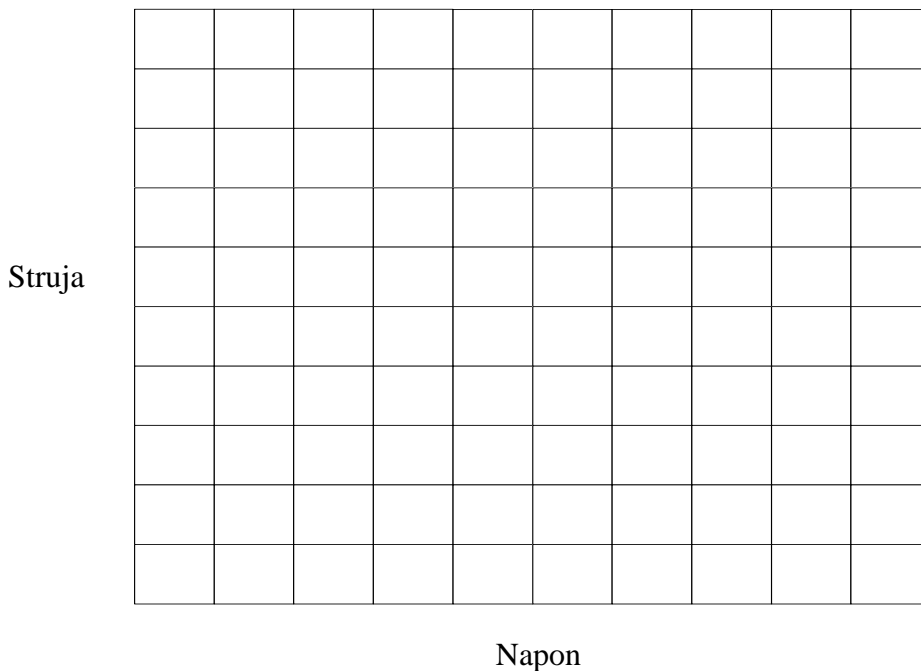
Povući pravu kroz tačke dobijene mjerenjem pri strujama 1A i 3A. Na osnovu toga utvrditi napon praga $U_{T0} \approx$ _____.

Direktnu struju smanjivati sve dok ona ne padne ispod vrijednosti minimalne struje održavanja I_h . Registrovati tu vrijednost. _____

4) Koristeći utvrđenu vrijednost za U_{T0} i izmjerenu vrijednost pada napona na tiristoru U_T utvrditi otpornost tiristora $r_T = (U_T - U_{T0}) / I_T$. Popuniti tabelu:

Struja [A]	0.5	1	2	3	4	5
r_T [Ω]						

Nacrtati linearizovane propusne karakteristike tiristora koje odgovaraju pojedinim otpornostima r_T . Na dijagramu prikazati i izmjerene podatke (tabela iz tačke 3).



5) Izračunati snagu gubitaka za slučajeve kada kroz tiristor protiče struja definisana u tački 1. Uporediti rezultate dobijene uz pomoć linearne aproksimacije propusne karakteristike tiristora (koristiti vrijednost procijenjenog napona U_{T0} i vrijednost otpornosti r_T koja odgovara struji $I_T=3A$) sa rezultatima dobijenim na osnovu izmjerenih vrijednosti napona i struje (tabela iz tačke 3: $I_T=5A$ i odgovarajući izmjereni napon U_T).

Popuniti tabelu:

Popuniti tabelu:

	P_{prib} (približna karakteristika)	$P_{mj} = U_T I_T t_1 / T$ (izmjereni podaci)	Relativna greška [%]: $(P_{prib} - P_{mj}) / P_{mj}$
$t_1 = T/4$			
$t_1 = T/2$			
$t_1 = T$			

Ponoviti proračun za slučaj kada amplituda struje sa slike 3.1 iznosi $I_T=2A$. Popuniti tabelu:

	P_{prib} (približna karakteristika)	$P_{mj} = U_T I_T t_1 / T$ (izmjereni podaci)	Relativna greška [%]: $(P_{prib} - P_{mj}) / P_{mj}$
$t_1 = T/4$			
$t_1 = T/2$			
$t_1 = T$			

Napisati u kojem od prethodna dva slučaja je relativna greška veća i objasniti zašto:

_____.

Pretpostaviti da se preko tiristora napaja potrošač, pri čemu je napon na potrošaču konstantan i iznosi a) $U_p=100V$, b) $U_p=50V$. Pretpostavljajući da je struja tiristora ima oblik kao na slici 3.1 i koristeći rezultate iz prethodne tabele odrediti snagu koja se predaje potrošaču P_{potr} i odnos te snage i ukupne snage. Ovaj odnos predstavlja _____.

Popuniti tabelu:

	$P_{potr} = U_p I_T t_1 / T$ $I_T=2A$		$P_{potr}/(P_{prib}+P_{potr})$ [%]		$P_{potr}/(P_{mj}+P_{potr})$ [%]	
	$U_p=100V$	$U_p=50V$	$U_p=100V$	$U_p=50V$	$U_p=100V$	$U_p=50V$
$t_1 = T/4$						
$t_1 = T/2$						
$t_1 = T$						

Uporediti dobijene rezultate i dati komentar:

_____.

4. ZAKLJUČAK

1) Propusni gubici (disipacija snage) tiristoru zavise od:

2) Da li postoje i drugi gubici koji nijesu uključeni u sprovedeni proračun? Ako postoje, od čega oni zavise?

3) Da li se korišćenjem linearizovanih karakteristika pravi značajna greška pri proračunu snage gubitaka tiristora? Da li je pri izboru optimalne linearne karakteristike potrebno voditi računa o vrijednosti struje koja protiče kroz tiristor?
