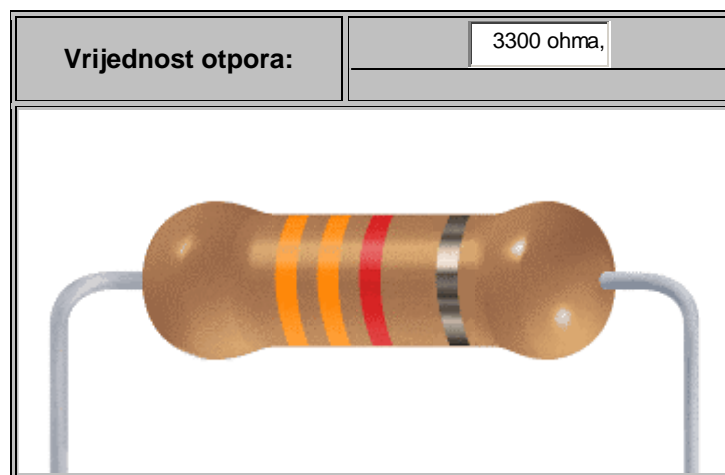
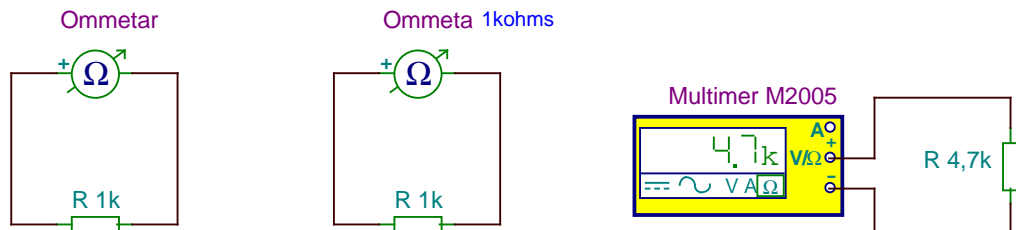


Praktikum laboratorijskih vježbi se sastoji od 24 vježbe:

1. Otpornici
2. Prvi Kirhofov zakon (naizmjenične struje)
3. Drugi Kirhofov zakon (naizmjenične struje)
4. Promjenjivi otpornici-potenciometri
5. Snimanje U-I karakteristike linearnog otpornika
6. Potenciometri
7. Foto otpornici
8. NTC otpornici
9. PTC otpornici
10. VDR otpornici
11. Kondenzatori
12. Kalemovi
13. Redna veza RLC elemenata
14. Paralelna veza RLC elemenata
15. Transformatori
16. Označavanje poluprovodničkih elemenata
17. Poluprovodničke diode
18. Mjerenje snage
19. Crtanje električnih šema 1
20. Crtanje električnih šema 2
21. Crtanje električnih šema 3
22. Crtanje električnih šema 4
23. Projektovanje štampane veze 5
24. Projektovanje štampane veze 6

1. OTPORNICI

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- 1 Ommetar _____
- 10 otpornika _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teorijske napomene

Otpornici su elementi koji služe da u kolu ostvare potreban pad napona ili da ograniče struju u kolu. Uključeni u električno kolo vrše pretvaranje električne energije u toplotnu. Osnovne karakteristike koje karakterišu neki otpornik su njegova otpornost, tolerancija i snaga. Otpornici se mogu podijeliti:

- linearne
 - o stalni (žičani, slojni, otpornici od mase)
 - o promjenjivi (potenciometri)

- nelinearne
 - o termistori NTC i PTC
 - o varistori VDR
 - o magnetski otpornici

Otpornici se označavaju brojevima i slovima, ili bojama. Otpornici većih dimenzija na svome tijelu imaju odštampano: nazivnu vrijednost, toleranciju i snagu. Nazivna vrijednost otpornika obilježava se brojevima i slovom, pri čemu slovena oznaka *E* označava (Ω), *K* ($k\Omega$) i *M* ($M\Omega$). Ako je slovo između brojeva, onda predstavlja i decimalni zarez.

Primjer: 470E=470 Ω , 4E7=4.7 Ω , 1K=1k Ω , 1K2=1.2k Ω , 33M=33M Ω , 8M2=8.2M Ω

Označavanje bojama vrši se na otpornicima manjih dimenzija. Na tijelo otpornika nanose se obojeni prstenovi (ili tačke), poredanih po određenom redoslijedu. Predak boja i značenje dat je u sledećoj tabeli. Prvi je onaj prsten koji je bliži kraju tijela otpornika.

| BOJA | POREDAK BOJE I ZNAČENJE | | | | |
|-------------|-------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------|
| | 1.prsten | 2.prsten | 3.prsten | 4.prsten | 5.prsten |
| | <i>Prvi broj</i> | <i>drugi broj</i> | <i>fak. množenja</i> | <i>tolerancija</i> | <i>snaga</i> |
| crna | - | 0 | 1 | 0 | 0.25W |
| smeđa | 1 | 1 | 10 | $\pm 1\%$ | 1W |
| crvena | 2 | 2 | 10^2 | $\pm 2\%$ | 2W |
| narandžasta | 3 | 3 | 10^3 | $\pm 3\%$ | |
| žuta | 4 | 4 | 10^4 | $\pm 4\%$ | |
| zeleno | 5 | 5 | 10^5 | $\pm 5\%$ | 0.5W |
| plava | 6 | 6 | 10^6 | $\pm 6\%$ | |
| ljubičasta | 7 | 7 | 10^7 | $\pm 7\%$ | |
| siva | 8 | 8 | 10^8 | $\pm 8\%$ | |
| bijela | 9 | 9 | 10^9 | $\pm 9\%$ | |
| zlatna | - | - | 10^{-1} | $\pm 5\%$ | |
| srebrna | - | - | 10^{-2} | $\pm 10\%$ | |
| Bez boje | - | - | - | $\pm 20\%$ | |

Primjer : crvena, žuta, crvena, srebrna i zelena to znači da otpornik ima otpornost $R=2,4(k\Omega)$, toleranciju $\pm 10\%$ i snagu 0,5(W).

Otpornici se proizvode po standardnim nazivnim vrijednostima poredanim po Renardovom ili internacionalnom nizu: 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,7; 3,0; 3,3; 3,6; 3,9; 4,3; 4,7; 5,1; 5,6; 6,2; 6,8; 7,5; 8,2; i 9,1. Standardne nazivne vrijednosti otpornika sa svojim tolerancijama prekrivaju cijelo ovo područje. Dvije susjedne vrijednosti otpornika iz standardnog niza dodiruju se ili prekrapaju sa svojim tolerancijama.

Za date otpornike na osnovu rasporeda obojenih prstenova odrediti: vrijednost otpora otpornika, toleranciju i snagu. Na osnovu stepena tolerancije odrediti u kojem intervalu vrijednosti se može biti otpornost otpornika za bude zadovoljena tolerancija.

Zatim ommetrom izmjeriti njihovu stvarnu vrijednost i odrediti razliku od nazivne vrijednosti otpora.

Interval vrijednosti u kojem može biti otpornost, a da bude zadovoljena tolerancija se

računa kao: $R \pm R \cdot \frac{\text{tolerancija}\%}{100\%}$

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

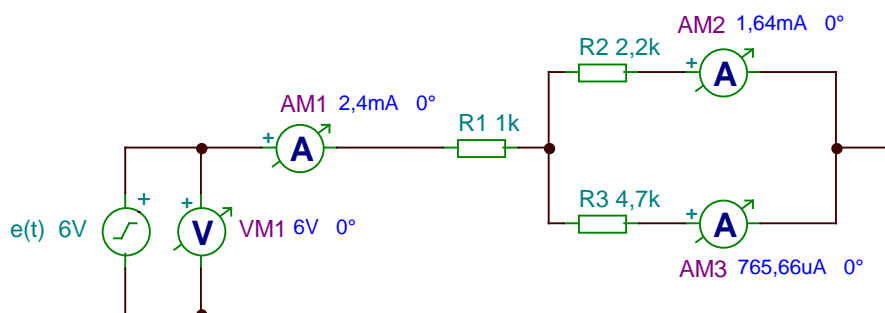
| Redni broj | Vrijednost označena bojama | Tolerancija | Snaga | Interval vrijednosti za datu toleranciju | Izmjerena vrijednost Ommetrom | Razlika između izmjerene i označene vrijednosti |
|------------|----------------------------|-------------|-------|--|-------------------------------|---|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |

5. Zaključak

PRVI KIRHOFOV ZAKON

(naizmjenične struje)

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- 1 Izvor naizmjenične struje _____
- 1 AC Voltmetar _____
- 3 AC Ampermetra _____
- 3 Otpornika _____
- Spojni kabl

3. Postupak izvođenja vježbe

Vježba se izvodi tako da mjerne instrumente, ampermetre i voltmere, izvor istosmjernog napona i otpornike spojimo prema datoj šemi. Ako se radi o univerzalnim mjernim instrumentima onda moramo preklopnik prebaciti na naizmjenični režim rada i izabrati odgovarajuće mjerno područje. Ampermetre spajamo u seriju sa potrošačima R_1 , R_2 , R_3 , a voltmetar paralelno sa izvorom. Nakon provjere ispravnosti spoja uključujemo izvor naizmjenične struje. Voltmetrom izmjerimo vrijednost napon na AC izvoru, a ampermetrima izmjerimo vrijednosti struja pojedinih grana (R). Podatke za struje, napon i otpornike unosimo u tabelu a ostali dio izračunamo po prvom kirhofovom zakonu, koji glasi *zbir svih struja koje ulaze u jedan čvor jednak je zbiru svih struja koje izlaze iz tog čvora*. Za naš slučaj $I_1 = I_2 + I_3$. Na osnovu očitanih vrijednosti možemo izračunati ukupan otpor cijelog

kola, na osnovu Omovog zakona $R_u = \frac{U_i}{I_1}$, takođe možemo odrediti padove napona na pojedinim otporima pomoću Omovog zakona $U_{R1} = I_1 R_1, U_{R2} = I_2 R_2, U_{R3} = I_3 R_3$

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

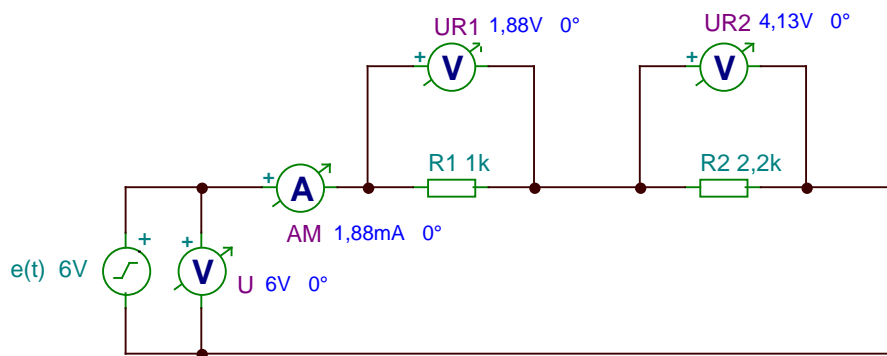
| Broj mjerjenja | R_1 | R_2 | R_3 | U | I₁ | I₂ | I₃ | I₁ = I₂ + I₃ | R_u | U_{R1} | U_{R2} | U_{R3} |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|--|----------|----------|----------|----------|
| | Ω | Ω | Ω | V | A | A | A | A | Ω | V | V | V |
| 1. | | | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | | | |

5. Zaključak

DRUGI KIRHOFOV ZAKON

(naizmjenična struja)

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- AC izvor naizmjenične struje _____
- 3 AC Voltmetra _____
- 1 AC Ampermetar _____
- 3 Otpornika _____
- Spojni kabl _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Mjerne instrumente, voltmetre i ampermetar, otpornike i AC izvor napajanja spojiti prema datoj šemi. Izmjerene vrijednosti napona na otpornicima i struje u kolu unijeti u tabelu. Zatim na osnovu drugog Kirhofovog zakona odrediti napon na serijskoj vezi dva otpornika. Drugi Kirhofov zakon glasi; suma svih napona, padova napona i elektromotornih sila u zatvorenom strujnom kolu jednaka je nuli. Pomoću Omovog zakona odrediti ukupni otpor kola pomoću izraza $R_u = \frac{U}{I}$.

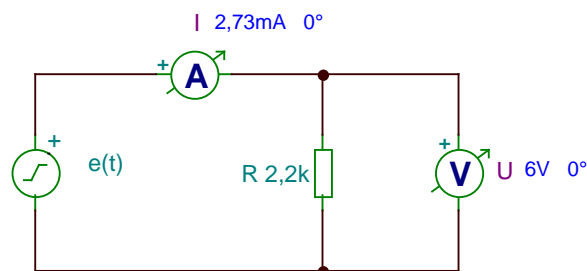
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Redni broj | R_1 | R_2 | U_1 | U_2 | U | $U=U_1+ U_2$ | I | R_u |
|------------|----------|----------|-------|-------|-----|--------------|-----|----------|
| | Ω | Ω | V | V | V | V | A | Ω |
| 1. | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | |

5. Zaključak

SNIMANJE I-U KARAKTERISTIKE LINEARNOG OTPORNIKA

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- 1 AC izvor sa 6,12,18 i 24V _____
- 2 Otpornika _____
- 1 AC Ampermetar _____
- 1 AC Voltmetar _____
- Spojni vodovi

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Mjerne instrumente, potencijometar i otpornik spojiti na AC izvor struje prema datoj šemi. Zatim mijenjati vrijednost napona izvora (6,12,18 i 24V) na otporniku R , a za zadane vrijednosti napona izmjeriti struju kroz otpornik R .

Na osnovu izmjerenih vrijednosti nacrtati dijagram zavisnosti struje od napona. Zatim sa dijagrama analizirati da li se mijenja otpor otpornika R sa promjenom struje kroz otpornik ili sa promjenom napona na otporniku.

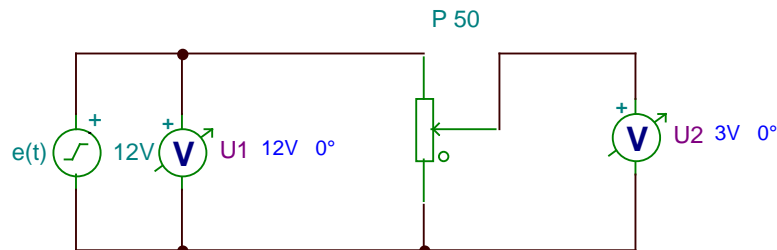
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Redni broj | R ₁ = | | R ₂ = | |
|------------|------------------|---|------------------|---|
| | U | I | U | I |
| | V | A | V | A |
| 1. | | | | |
| 2. | | | | |
| 3. | | | | |
| 4. | | | | |
| 5. | | | | |

5. Zaključak

PROMJENJIVI OTPORNICI-POTENCIOMETRI

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- 1 AC Izvor naizmjenične struje _____
- 2 AC Voltmetar _____
- 1 Promjenjivi otpornik- potenciometar linearni _____
- 1 Promjenjivi otpornik- potenciometar nelinearni _____
- Spojni kabl

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Potenciometri su otpornici čija se vrijednost može podešavati: Služe kao djelitelji napona. Sa šeme spajanja vidimo da napon U_2 možemo mijenjati pomoću potenciometra u granicama od 0 do U_1 , u zavisnosti od položaja klizača.

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Prema izvedbi otpornog tijela potenciometri se dijele na žičane i slojne.

S obzirom na konstruktivnu izvedbu mogu biti pravolinijski i obrtni.

U zavisnosti promjene otpora od udaljenosti x , odnosno ugla α mogu biti linearni i nelinearni.

Nacrtati zavisnost odnosa napona $\frac{U_2}{U_1}$ u zavisnosti od položaja klizača potenciometra (x ili α).

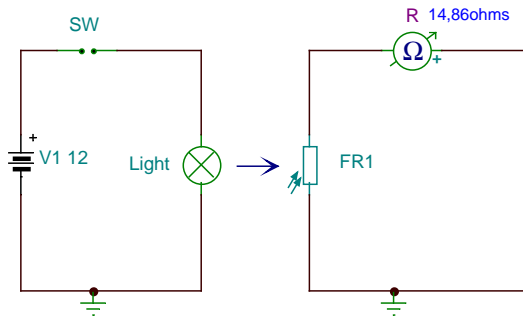
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Potenciometar | Položaj klizača | U_1 | U_2 | $\frac{U_2}{U_1}$ |
|----------------|-----------------|-------|-------|-------------------|
| P ₁ | 0 | | | |
| | $\frac{1}{4}$ | | | |
| | $\frac{1}{2}$ | | | |
| | $\frac{3}{4}$ | | | |
| | 1 | | | |
| P ₂ | 0 | | | |
| | $\frac{1}{4}$ | | | |
| | $\frac{1}{2}$ | | | |
| | $\frac{3}{4}$ | | | |
| | 1 | | | |

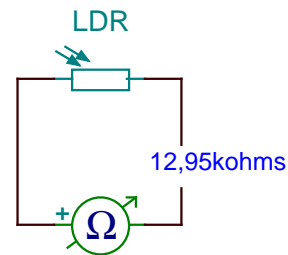
5. Zaključak

FOTO OTPORNICI

1. Šema spoja



Slika 1.



Slika 2.

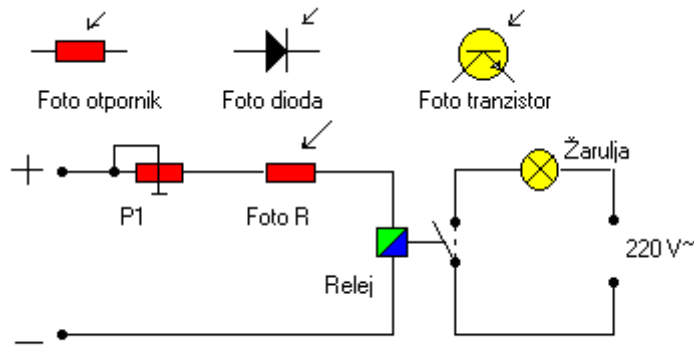
2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- 1 Foto otpornik _____
- 1 Ommetar _____
- 1 Izvor svjetlosti _____
- Spojni vodovi

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Foto otpornici su elektronički elementi koji pod utjecajem svjetla mijenjaju svoju vodljivost (otpor). Ovi elektronički elementi našli su široku primjenu. Koriste se u sklopovima za zaštitu u industriji, sklopovima za alarmne sustave, telefoniji itd.. Ima ih u posebnoj izvedbi u obliku integriranog kruga koji služi za galvansko odvajanje strujnih krugova koji međusobno moraju biti povezani a opet bez direktnog utjecaja jednoga na drugi sklop.

Na šemi je prikazan jedan takav spoj s foto otpornikom. U strujni krug foto otpornika vezan je relej i promjenjivi otpornik. Potreban nam je relej koji u beznaponskom stanju ima jedan kontakt zatvoren. U strujnom krugu kontakta releja spojena je žarulja vanjske rasvjete. Svitak releja je u strujnom krugu foto otpornika. Kada nema svjetla kroz svitak releja ne teče struja i njegov kontakt je zatvoren. Zatvoreni kontakt drži upaljenu žarulju. Pojavom svjetla naprimjer ujutro, foto otpornik počne voditi struju aktivira se relej koji privuče i isključi kontakt, a žarulja se ugasi. Promjenjivim otpornikom možemo namjestiti na kojem intezitetu svjetla želimo da relej proradi. Kao što je prikazano na slici 3



Slika 3.

Uraditi simulaciju na računaru prema slici 1. i mijenjati jačinu osvjetljenja koje daje žarulja (promjenom napona na žarulji) i posmatrati šta se dešava sa otporom fotootpornika.

Ommetar priključiti na foto otpornik i mijenjati jačinu osvjetljenja površine foto otpornika.

Nacrtati zavisnost promjene otpora foto otpornika od jačine osvjetljenja.

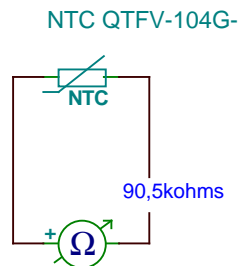
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Redni broj | R= | |
|------------|-------------------|-------------------|
| | Jačina svjetlosti | R- Foto otpornika |
| | | A |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| 5. | | |

5. Zaključak

NTC OTPORNICI

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- 1 NTC otpornik _____
- Ommetar _____
- Termometar _____
- Spojni vodovi

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Termistori su otpornici čiji se otpor mijenja sa promjenom temperature. Postoje dvije vrste termistora;

- PTC termistori, otpornici čiji se otpor povećava sa porastom temperature
- NTC termistori, otpornici čiji se otpor smanjuje sa porastom temperature

Vježbu ćemo izvesti tako što ćemo mjeriti otpor NTC otpornika za različite vrijednosti temperature (temperaturu mjerimo termometrom).

Na osnovu izmjerenih vrijednosti nacrtati zavisnost otpora NTC otpornika od temperature.

Zavisnost otpora od temperature data je sa: $R = R_0 e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$

$R(\Omega)$ - otpor termistora na temperaturi T

$R_0(\Omega)$ - otpor termistora na temperaturi T_0

$B(K)$ - konstanta koja zavisi od vrste materijala

$T_0(K)$ - apsolutna sobna temperatura (oko 300 K)

$T(K)$ – apsolutna temperatura

e - 2.71- baza prirodnog logaritma

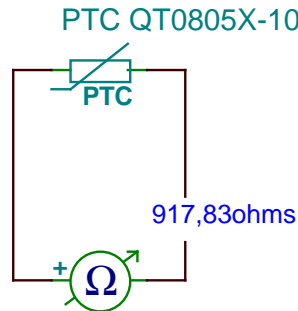
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Redni broj | R= | |
|------------|----------|--------------------|
| | R-NTC | T |
| | Ω | $^{\circ}\text{C}$ |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| 5. | | |

5. Zaključak

PTC OTPORNICI

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- 1 PTC otpornik_____
- Ommetar_____
- Termometar_____
- Spojni vodovi

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Termistori su otpornici čiji se otpor mijenja sa promjenom temperature. Postoje dvije vrste termistora;

- PTC termistori, otpornici čiji se otpor povećava sa porastom temperature
- NTC termistori, otpornici čiji se otpor smanjuje sa porastom temperature

Vježbu ćemo izvesti tako što ćemo mjeriti otpor PTC otpornika za različite vrijednosti temperature (temperaturu mjerimo termometrom).

Na osnovu izmjerenih vrijednosti nacrtati zavisnost otpora PTC otpornika od temperature.

Zavisnost otpora od temperature data je sa: $R = R_0 e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$

$R(\Omega)$ - otpor termistora na temperaturi T

$R_0(\Omega)$ - otpor termistora na temperaturi T_0

$B(K)$ - konstanta koja zavisi od vrste materijala

$T_0(K)$ - apsolutna sobna temperatura (oko 300 K)

$T (K)$ – apsolutna temperatura

e - 2.71- baza prirodnog logaritma

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

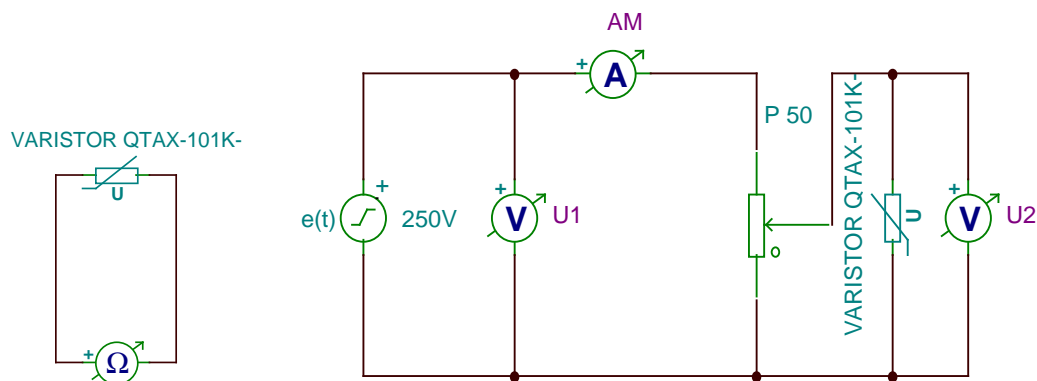
| Redni broj | R= | |
|------------|----------|--------------------|
| | R-PTC | T |
| | Ω | $^{\circ}\text{C}$ |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| 5. | | |

5. Zaključak

VDR OTPORNICI

(varistori)

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- 1 AC izvor istosmjerne struje _____
- 1 Potenciometar _____
- 1 VDR varistor _____
- 1 AC Ampermetar _____
- 1 AC Voltmetar _____
- Spojni vodovi

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Varistori su otpornici čiji se otpor smanjuje sa porastom napona. Koriste se za stabilizaciju malih napona, kod prekidača za prigušivanje iskre, za zaštitu potrošača od napona većih od nazivnog napona.

Mjerne instrumente, voltmetar i ampermetar, potenciometar i VDR otpornik spojimo prema šemi na DC izvor istosmjerne struje. Zatim mijenjamo napon pomoću potencimetra sve dok struja naglo ne poraste kroz VDR otpornik.

Nacrtati zavisnost promjene otpora VDR otpornika od napona na njegovim krajevima.

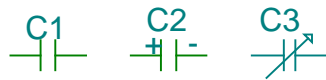
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Redni broj | R= | | |
|------------|----|---|----------|
| | U | I | R-VDR |
| | V | A | Ω |
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| 4. | | | |
| 5. | | | |

5. Zaključak

KONDEZATORI

1. Šema spoja

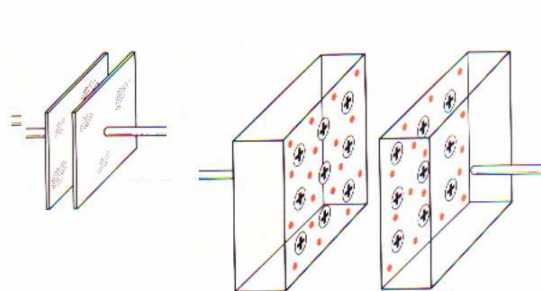
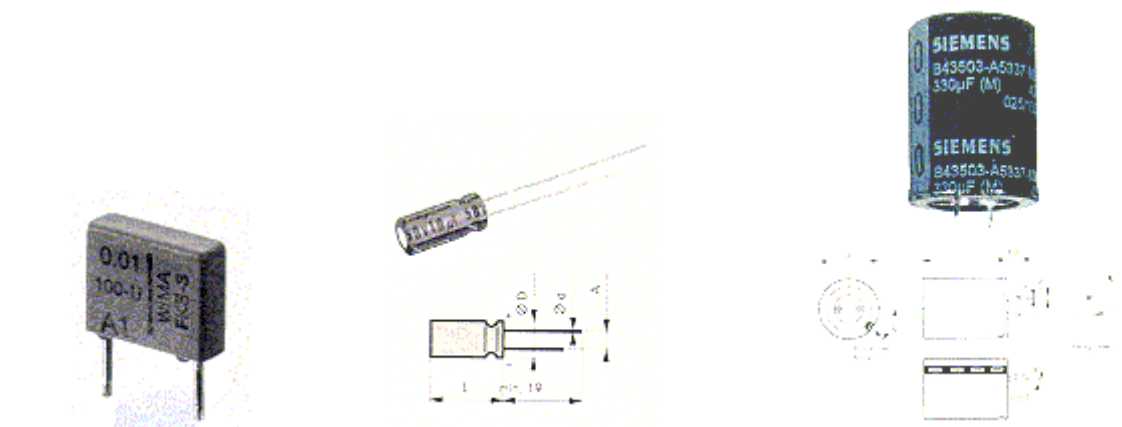


simboli kondenzatora

C1-stalni kondenzator

C2-elektrolitski kondenzator

C3-promjenjivi kondenzator



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Ommetar _____
- 10 kondenzatora _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Kondenzatori su pasivni elementi koji vrše pretvaranje električne energije u elektrostatičku i obrnuto. Imaju sposobnost akumuliranja električne energije.

Svojstvo kondenzatora imaju svaka dva provodnika, međusobno razdvojena izolatorom.

Parametri kondenzatora su: kapacitet, nazivni napon i tolerancija.

Kapacitet pločastog kondenzatora je dat sa $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d}$,

C – kapacitet kondenzatora (F),

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ (F/m) – dielektrična konstanta vakuma,

ϵ_r - relativna dielektrična konstanta dijalektrika,

S- aktivna površina ploča (m^2) i

d- razmak između ploča (m).

U kolu istosmjerne struje kondenzator predstavlja prekid ili beskonačno veliki otpor. Struja protiče samo kratko vrijeme samo dok se kondenzator ne napuni. U kolima naizmjenične struje kondenzator predstavlja reaktivni otpor čija se vrijednost računa po

obrascu $X_c = \frac{1}{2\pi f C} [\Omega]$. Pored reaktivnog, kondenzator sadrži i aktivni otpor, od čije

veliĉine zavisi kvalitet kondenzatora. To su otpori prikljuĉnih Źica i ploĉa i gubici u dijalektriku. Kod idealnog kondenzatora struja kroz kondenzator fazno prednjaĉi naponu na kondenzatoru za 90° .

Kondenzatori se mogu podijeliti na :

- stalne kondenzatore, ĉiji se kapacitet ne moŹe mijenjati. Izraĉuju se sa ploĉama ravnog, cilindriĉnog i lonĉastog oblika.
 - o papirni kondenzatori, između Al-folija kao dijalektrik koristi se impregirani papir. Zaliveni su termoplastiĉnom masom kapacitet se kreće od 100pF do 10 μ F, sa tolerancijama od $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ i $\pm 20\%$.
 - o keramiĉki kondenzatori, dijalektrik je keramika sa ĉijih strana su srebrni slojevi kao metalne ploĉe.
 - o liskunski kondenzatori, kao dijalektrik koriste listove liskuna na koji se nanose srebrni slojevi koji predstavljaju ploĉe kondenzatora. Imaju mali faktor gubitaka pa se koriste u oscilatornim kolima.
 - o metalopapirni kondenzatori, kao dijalektrik koristi se impregirani papir na koji se nataloŹi sloj metala. Mogu se koristiti i poslije proboja.
 - o elektrolitski kondenzatori, Al- folija oksidirana s jedne strane uronjena u elektrolit (smjesa borne kiseline, glicerina i amonijaka). Jedna elektroda je Al- folija, dijalektrik je oksidni sloj, a druga elektroda je kiselina. Koristi se samo za istosmjernu struju.
- promjenjivi kondenzatori, kondenzatori kod kojih se kapacitet moŹe mijenjati promjenom dijalektrika (ϵ), površine ploĉa (S), i mijenjanjem razmaka (d). Najĉešće su u primjeni promjenjivi kondenzatori sa zrakom kao dijalektrikom, kod kojih se promjena kapaciteta vrši promjenom aktivne površine ploĉa. Trim-kondenzatori se koriste za precizno podešavanje kapaciteta, najĉešće promjenom razmaka između ploĉa.

Parametri kondenzatora su napisani na tijelu kondenzatora.

Ispravnost kondenzatora se najlakše može ispitati pomoću Ommetra. Ako je kondenzator ispravan trenutno će pokazati mali otpor koji će vrlo brzo da poraste na beskonačnu vrijednost.

Ispitati ispravnost kondenzatora, odrediti njegov kapacitet, nazivni napon i toleranciju sa tijela kondenzatora. Odrediti interval u kojem može biti kapacitet datog kondenzatora da bude zadovoljena data tolerancija.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

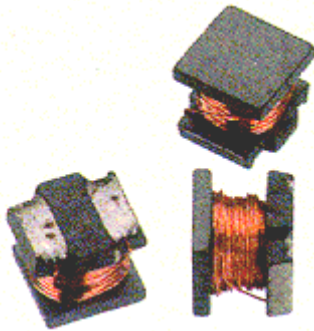
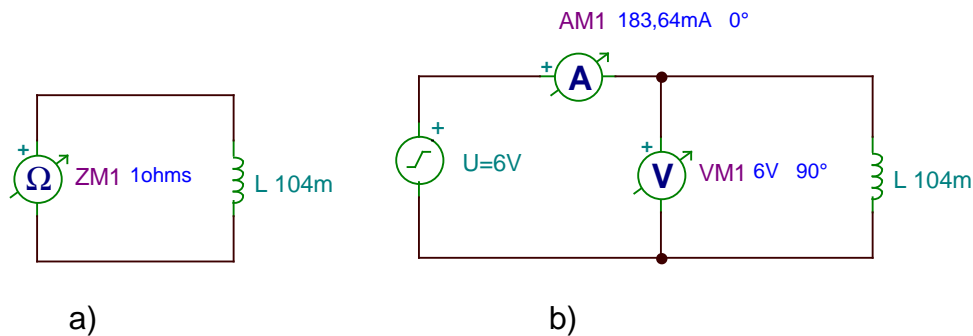
| Redni broj | Kapacitet C | Nazivni napon U | Tolerancija | Interval vrijednosti za datu toleranciju | Ispravnost kondenzatora |
|------------|-------------|-----------------|-------------|--|-------------------------|
| | (F) | (V) | (%) | (F) | (da/ne) |
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |
| 4. | | | | | |
| 5. | | | | | |
| 6. | | | | | |
| 7. | | | | | |
| 8. | | | | | |
| 9. | | | | | |
| 10. | | | | | |

5. Zaključak

KALEMOVI

(mjerenje aktivnog i reaktivnog otpora kalema)

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Ommetar _____
- AC izvor naizmjenične struje _____
- AC Voltmetar _____
- AC Ampermetar _____
- 2 Kalema _____
- spojni kabl

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Kalemovi služe za pretvaranje električne energije u magnetsku i obrnuto. Kalemovi su pasivni elementi koji se koriste u kolima naizmjenične struje, a za istosmjernu struju predstavljaju kratak spoj. Sastoje se od većeg broja namotaja bakarne žice na izolacionom tijelu ili bez njega (zračni kalem). Koriste se u kolima visokih frekvencija (VF kalemovi) i u kolima niskih frekvencija (NF kalemovi).

Parametri kalema su : induktivnost, maksimalno dozvoljeni napon i struja. Induktivnost kalema se računa prema izrazu:

$$L = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{N^2 S}{l}$$

L – induktivnost (H),

$\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} (H/m)$ - permeabilnost vakuma,

μ_r - relativna magnetska permeabilnost materijala unutar kalema,

N - broj namotaja,

S – površina presjeka kalema (m^2),

l – dužina kalema (m)

Proticanju naizmjenične struje kalem se suprostavlja aktivnim i reaktivnim otporom. Zbog reaktivnog otpora kalema struja kroz kalem fazno zaostaje za naponom na kalem za 90° (idealni kalem).

Aktivni otpor je otpor žice, a reaktivni zbog pojave napona samoindukcije. Aktivni otpor kalema se mjeri prema šemi a), a reaktivni prema šemi b).

$$R_L = \frac{U_{\approx}}{I_{\approx}} \quad Z_L = \frac{U_{\approx}}{I_{\approx}} \quad X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2} \quad L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

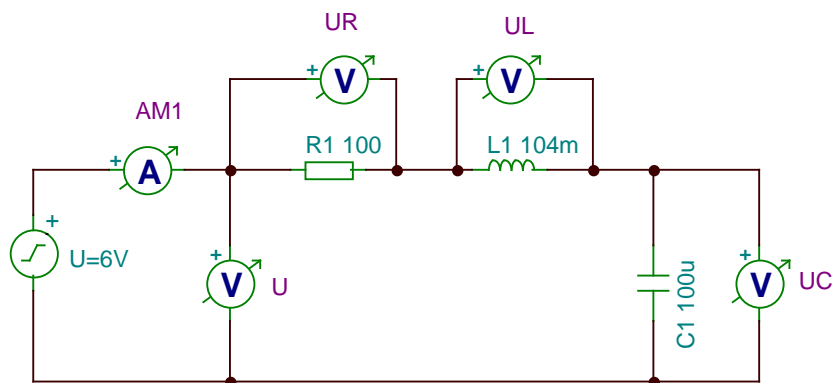
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Redni broj | R_L | U_{\approx} | I_{\approx} | Z_L | X_L | L | f |
|------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|-----|------|
| | (Ω) | (V) | (A) | (Ω) | (Ω) | (H) | (Hz) |
| 1. | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | |

5. Zaključak

REDNA VEZA RLC ELEMENATA

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- AC izvor naizmjenične struje _____
- Signal generator _____
- Osciloskop _____
- 1 Ampermetar _____
- 4 Voltmetra _____
- 3 kalema _____
- 3 kondenzatora _____
- 3 otpornika _____
- spojni kabl

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Kada otpornik R, kalem L i kondenzator C spojimo redno, tada će kroz sva tri elementa proticati ista struja. Napon na otporniku R će biti u fazi sa strujom kroz kolo, a napon na kalemu L će fazno prednjačiti struji kroz kalem za 90° , napon na kondenzatoru C će fazno zaostajati struji kroz kondenzator za 90° .

Spojiti elemente prema šemi. Izmjeriti struju kroz redno RLC kolo, izmjeriti napone na otporniku R, kalemu L, kondenzatoru C i na rednoj vezi RLC. Vektorski sabrati napone na R, L i C i dokazati da je $u = u_R + u_L + u_C$. Na osnovu izmjerenih vrijednosti

odrediti impedansu cijelog kola $Z = \frac{U}{I}$ ili kao $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$, rekativni otpor

kalema i induktivnost $X_L = \frac{U_L}{I} \Rightarrow L = \frac{X_L}{2\pi f}$, reaktivni otpor kondenzatora i kapacitet

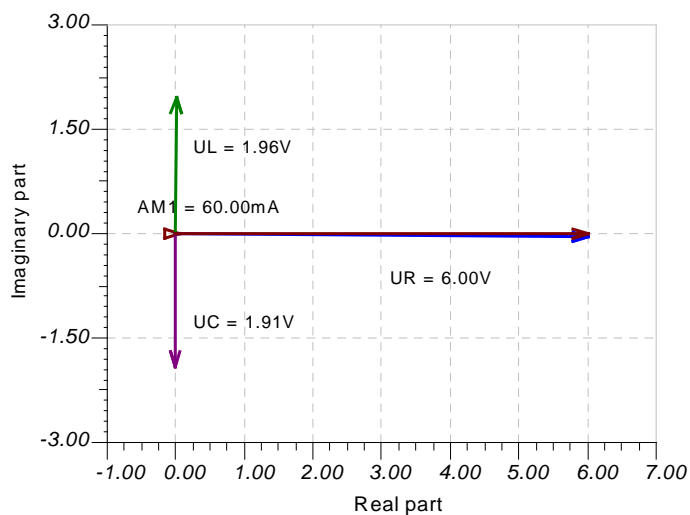
$$X_C = \frac{U}{I_C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

Nacrtati vektorske dijagrame napona i struja.

Snimiti zavisnost napona U_R , U_L i U_C u funkciji od frekvencije, mijenjajući frekvenciju od 10 Hz do 100 Kz.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Redni broj | I | U _R | U _L | U _C | U | U=U _R +U _L +U _C | Z | R | X _L | L | X _C | C | f |
|------------|-----|----------------|----------------|----------------|-----|--|-----|-----|----------------|-----|----------------|-----|------|
| | (A) | (V) | (V) | (V) | (V) | (V) | (Ω) | (Ω) | (Ω) | (H) | (Ω) | (F) | (Hz) |
| 1. | | | | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | | | | |

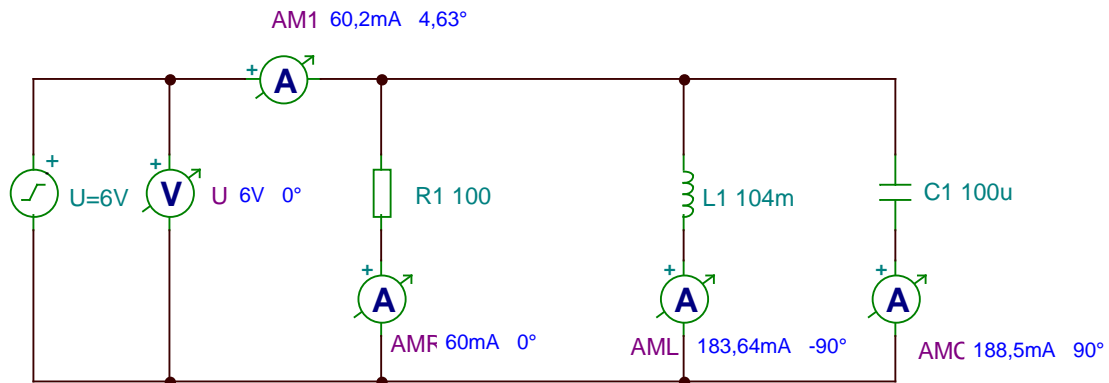


| Napon | 1Hz | 10Hz | 100Hz | 1kHz | 10kHz | 100kHz |
|-------|-----|------|-------|------|-------|--------|
| U_R | | | | | | |
| U_L | | | | | | |
| U_C | | | | | | |

5. Zaključak

PARALELNA VEZA RLC ELEMENATA

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- AC izvor naizmjenične struje _____
- Signal generator _____
- Osciloskop _____
- 4 Ampermetara _____
- 1 Voltmetar _____
- 3 kalema _____
- 3 otpornika _____
- 3 kondezatora _____
- spojni kabl

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Kada otpornik R, kalem L i kondezator C spojimo paralelno tada će na sva tri elementa vladati isti napon. Struja kroz otpornik R bit će u fazi sa naponom na otporniku, struja kroz kalem L će fazno zaostajati naponu na kalemu za 90° , a struja kroz kondezator C će fazno prednjačiti naponu na kondezatoru za 90° .

Spojiti elemente prema šemi. Izmjeriti napon na paralelnom RLC kolu, izmjeriti struje kroz otpornik R, kalem L, kondezator C i paralelnu vezu RLC. Vektorski sabrati struje kroz R, L i C i dokazati da je $i = i_R + i_L + i_C$. Na osnovu izmjerenih vrijednosti odrediti

impedansu cijelog kola $Z = \frac{U}{I}$, reaktivni otpor kalema i induktivnost

$$X_L = \frac{U}{I_L} \Rightarrow L = \frac{X_L}{2\pi f} \text{ i reaktivni otpor kondezatora i kapacitet } X_C = \frac{U}{I_C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

Nacrtaati vektorske dijagrame napona i struja.

Snimiti zavisnost struja I_R , I_L i I_C u funkciji od frekvencije mijenjajući frekvenciju u intervalu od 1Hz do 100 kHz.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Redni broj | U | I_R | I_L | I_C | I | $I=I_R+I_L+I_C$ | Z | R | X_L | L | X_C | C | f |
|------------|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------|-----------------------------------|--------------|--------------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|----------|
| | (V) | (A) | (A) | (A) | (A) | (A) | (Ω) | (Ω) | (Ω) | (H) | (Ω) | (F) | (Hz) |
| 1. | | | | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | | | | |

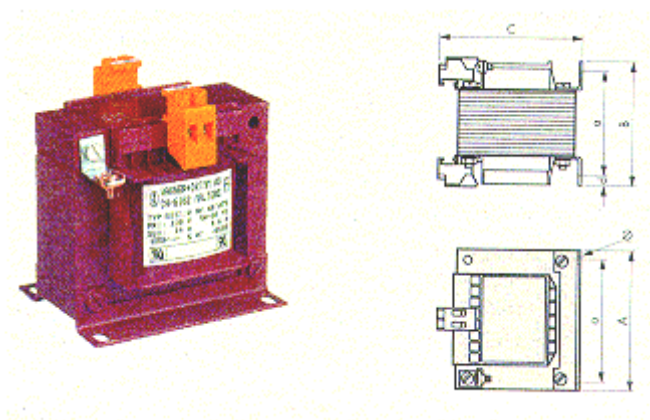
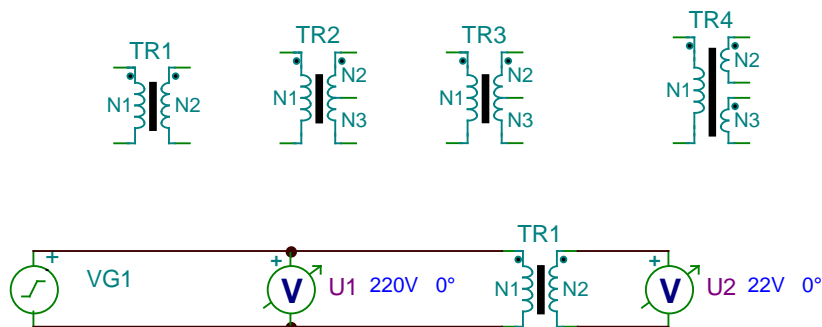
| Struja | 1Hz | 10Hz | 100Hz | 1kHz | 10kHz | 100kHz |
|--------|-----|------|-------|------|-------|--------|
| I_R | | | | | | |
| I_L | | | | | | |
| I_C | | | | | | |

5. Zaključak

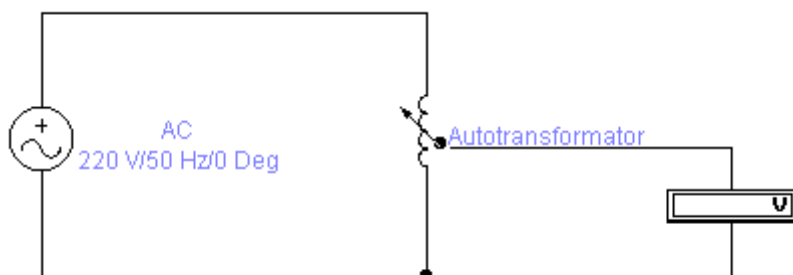
TRANSFORMATORI

(i autotransformatori)

1. Šema spoja



Šema transformatora sa više izvoda



Šema spajanja autotransformatora

2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- 1 Transformator sa više izvoda _____
- AC izvor naizmjenične struje _____
- 3 Voltmetra _____
- 1 Autotransformator _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Transformatori su elementi koji naizmjenični napon jedne vrijednosti pretvaraju u naizmjenični napon druge vrijednosti. Transformatori takođe služe da galvanski odvoje dva strujna kruga. Transformator se sastoji od dva zasebna namotaja smještena na željezno jezgro. Namotaj na koji se priključuje napon koji treba transformisati zove se primarni namotaj ili primar. Drugi je sekundarni namotaj ili sekundar. Broj navojaka primara označava se sa N_1 , a sekundara sa N_2 . Prave se od bakarne žice izolirane lakom. Fe jezgra je sastavljena od međusobno izoliranih limova, na taj način postiže se veliki električni otpor vrtložnim strujama u jezgru. Željezni limovi su "U", "E" i "I" profila. Na stubove transformatora se stavljaju već formirani namotaji i jezgro se zatvara paketom limova "I" profila. Kod "U" profila namotaji su na zasebnom, a kod jezgra "E" profila na istom stubu. Namotaji mogu imati i više izvoda

Odnos broja namotaja sekundara i primara naziva se koeficijent transformacije ili prenosni broj : $n = \frac{N_2}{N_1}$.

Ako se zanemare gubici snaga u transformatoru, tada je snaga sekundara približno jednaka snazi primara.

$$P_1 = P_2, \Rightarrow U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Opterećenje kojim transformator opterećuje izvor na koji se priključuje je

$$R_p = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2 \cdot \frac{N_1}{N_2}}{I_2 \cdot \frac{N_2}{N_1}} = R_s \cdot \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 = \frac{R_s}{n^2} \quad \text{gdje je } R_s = \frac{U_2}{I_2} \text{ opterećenje sekundara, a } R_p$$

redukovani otpor sekundara u primarno kolo.

Ispitati ispravnost transformatora Ommetrom, a zatim spojiti transformator prema šemi i izmjeriti vrijednosti napona između pojedinih stezaljki.

Autotransformator je transformator koji koristi samo jedan namotaj, a služi za regulaciju izlaznog napona. Snimiti zavisnost odnosa izlaznog i ulaznog napona od položaja klizača autotransformatora.

Proračun transformatora male snage:

$$\text{- prividna snaga } P_2 = U_2 \cdot I_2 [\text{VA}]$$

$$\text{- presjek jezgra } S_{Fe} = 1,2 \cdot \sqrt{P_2} [\text{cm}^2]$$

- broj zavojava primara $N_1 = \frac{45 \cdot U_1}{S_{Fe}}$

- broj zavojava sekundara $N_2 = \frac{50 \cdot U_2}{S_{Fe}}$

- jačina struje kroz primar $I_1 = \frac{P_1}{U_1} [A]$

- proračun presjeka vodiča za usvojenu gustinu struje od $2 \left[\frac{A}{mm^2} \right]$

$$d_1 = 0,8 \cdot \sqrt{I_1} [mm] \quad \text{i} \quad d_2 = 0,8 \cdot \sqrt{I_2} [mm]$$

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| | | | |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|
| U | U ₁₂ | U ₂₃ | U ₁₃ |
| (V) | (V) | (V) | (V) |
| | | | |

| | | | | | | |
|--------------------------------|-----|---|-----|-----|-----|---|
| Položaj klizača | | 0 | 1/4 | 1/2 | 3/4 | 1 |
| Napon U ₂ | (V) | | | | | |
| U ₂ /U ₁ | | | | | | |

5. Zaključak

OZNAČAVANJE POLUPROVODNIČKIH ELEMENATA

1. Šema spoja

2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- 5 dioda _____
- 5 tranzistora _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Postoji veliki broj sistema označavanja poluprovodničkih elemenata, a najčešće se koriste Evropski, Američki, Japanski i Ruski sistem označavanja poluprovodnika.

Evropski sistem

Evropski proizvođači označavaju poluprovodnike sa tri slova i brojem.

Prvo slovo označava materijal od kojeg je poluprovodnik izrađen. Značenje je sledeće:

- A – germanij
- B – silicij
- C – galij-arsenid
- D – indij-antimonid
- R - poluprovodnici bez ispravljačkog dejstva (foto elementi)

Drugo slovo označava primarnu upotrebu elemenata. Značenje je sledeće:

- A – detektorske, prekidačke i diode za miješanje
- B – diode sa promjenjivim kapacitetom (varikap diode)
- C – NF tranzistori
- D – NF tranzistori snage
- E – tunel dioda
- F – VF tranzistor
- G – kombinovani elementi
- H – elementi osjetljivi na magnetska polja
- K – Hal modulatori i umnoživači
- L – VF tranzistori snage
- P – elementi osjetljivi na radijacije
- Q – elementi koji emituju radijacije
- R – elementi za električnu kontrolu i okidanje
- S – tranzistori za prekidačke namjene
- T – snažni prekidači i kontrolni elementi
- X – diode za umnožavanje
- Y – ispravljačke diode i regulatori
- Z – naponski stabilizatori i regulatori

Ukoliko se iza prva dva slova nalaze i slova X ili Y – znači da je element predviđen za industrijsku (profesionalnu) upotrebu.

Broj kao treći elemenat oznake, označava registarski broj proizvoda i on može biti dvocifren ili trocifren.

Često se iza broja nalazi i još jedno slovo, npr A, koje označava da se radi o jednoj od varijanti osnovnog tipa, koji se razlikuje po nekom parametru.

Diode za stabilizaciju, ispravljačke diode i tiristori mogu imati dodatna slova i brojeve. Za zener diode često se iza oznake nalazi slovo koje označava toleranciju: A-1%, B-2%, C-5%, D-10% i E-15%. Iza ove oznake slijedi broj koji označava nazivni radni napon. Decimalni zarez u ovoj oznaci je označen sa slovom V. Npr. BZY 93-C7V5 je oznaka diode za stabilizaciju, koja ima toleranciju 5% i predviđena je za radni napon 7,5V.

Kod ispravljačkih dioda iza standardne oznake može se nalaziti jedan broj koji označava maksimalni inverzni napon Npr. BYX34-500 je ispravljačka dioda sa inverznim naponom od 500V.

Kod oznake za tiristore dodatni broj označava maksimalni inverzni napon.

Američki sistem

Američki proizvođači označavaju poluprovodnike sa tri elementa. Prvi element je broj koji pokazuje broj PN spojeva. Broj 1 označava jedan PN spoj, odnosno to je oznaka za diode. Broj 2 označava dva PN spoja, odnosno tranzistore. Broj 3 označava tri PN spoja, odnosno tiristore.

Drugi elemenat je slovo N.

Treći elemenat je broj koji označava pod kojim je elemenat registrovan.

Često se iza broja nalaze i slova A, B, C, koja označavaju da se radi o varijanti osnovnog tipa tranzistora, koji se razlikuje po nekom parametru.

Japanski sistem

Ovaj sistem označavanja ima tri elementa.

Prvi element je broj koji pokazuje da li je element dioda (1) ili tranzistor (2).

Drugi element se sastoji od dva slova. Prvo slovo je S, koje označava da je to poluprovodnik. Drugo slovo ima sledeće značenje:

- A – PNP VF tranzistor
- B – PNP NF tranzistor
- C – NPN VF tranzistor
- D – NPN NF tranzistor
- F – element od silicija
- H – tiristor

Treći element je broj pod kojim je registrovan proizvod. Npr. 2SC65 je VF tranzistor NPN tipa, registarski broj 65.

Ruski sistem

Po ovom sistemu oznaka se sastoji od 4 elementa.

Prvi element je broj 1 ili slovo Г, znači da je poluprovodnik od germanija. Ako je broj 2 ili slovo К, znači da od silicija. Ako je broj 3 ili slovo А, znači da je od galij-arsenida.

Drugi element je slovo koje ima sledeće značenje:

- Д – ispravljačke impulsne diode
- Т – tranzistori
- В – kapacitivna (varikap) dioda
- А – VF diode
- Ф – fotoelementi
- Н – diodni tiristori
- Y – triodni tiristori
- И – tunel diode
- С – cener diode
- Ц – grupa ispravljačkih dioda

Treći element je broj koji pokazuje neku od karakteristika elementa. Ovaj broj je trocifren.

Četvrti element je slovo koje pokazuje da se radi o nekoj od varijanti osnovnog tipa (А, В itd).

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Redni broj | Oznaka poluprovodničkog elementa | Tip poluprovodnika |
|------------|----------------------------------|--------------------|
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| 5. | | |
| 6. | | |
| 7. | | |
| 8. | | |
| 9. | | |
| 10. | | |

5. Zaključak

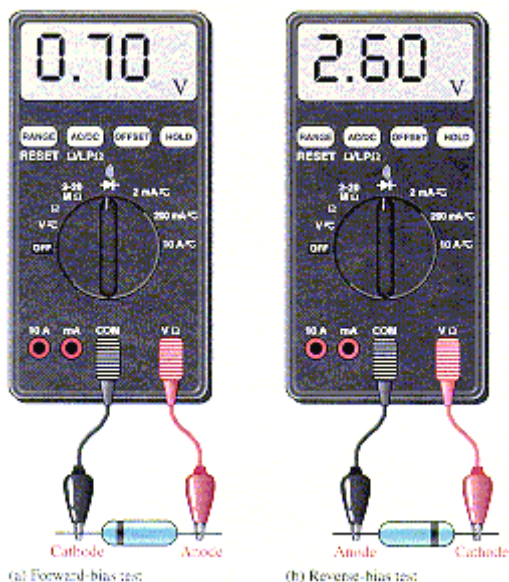
POLUPROVODNIČKE DIODE

(tipovi dioda i ispitivanje)

1. Šema spoja



- a) dioda polarizovana u propusno smjeru i otpor je mali b) dioda polarizovana u inverznom smjeru i otpor je veliki



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Ommetar _____
- 5 dioda _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Poluprovodnička dioda je elektronski element sa jednim PN spojem i dva izvoda. To je kompaktna cjelina od jedna vrste materijala Germanijuma (Ge) ili Silicijuma (Si), u koju su s jedne strane unesene donorske, a s druge strane akceptorske primjese. Izvod vezan za P područje je anoda, a drugi vezan za N područje je katoda. Osnovna karakteristika dioda je da provode struju u jednom smjeru, a ne provode u drugom. Ako je dioda direktno polarizovana, tj. anoda na višem potencijalu od katode, tada provodi struju. Ako je dioda inverzno polarizovana, tj. katoda na višem potencijalu od anode, tada ne provodi struju.

Prema konstrukciji postoje:

- diode sa tačkastim spojem i
- diode sa površinskim spojem

Dioda se zove tačkasta zato što je dodirna površina P sa N – tipom veoma mala. Kapacitet PN spoja tačkaste diode je mali (ispod 1pF) pa je pogodna za primjenu na visokim frekvencijama. Probojni napon tačkaste diode kreće se do 100 V, a struja u propusnom smjeru do 0,5A, otpor u propusnom smjeru 50 do 200Ω, a otpor u nepropusnom smjeru je od 0,5 MΩ do 5 MΩ.

Površina PN spoja kod slojne diode je mnogo veća nego kod tačkaste diode. Zbog velike površine PN spoja mogu propuštati velike struje pa se koriste u ispravljačima. Kapacitet PN spoja slojnih dioda se kreće do 10pF. Otpor u propusnom smjeru je oko 1 Ω, a otpor u inverznom smjeru do nekoliko MΩ. Probojnih napona do 800V i direktnih struja do 100A.

Prema namjeni i svojstvu PN spoja postoje: ispravljačke diode, Cener (Zener) diode, varikap (kapacitivne) diode, prekidačke diode, tunnel diode, PIN diode, foto diode itd.

Najvažniji podaci o diodi, tj njeni parametri su:

- statička karakteristika (zavisnost struje od napona),
- maksimalna struja u direktnom smjeru,
- maksimalno dozvoljeni inverzni napon $U_{i\max}$ (oko 70% U_p)
- maksimalno dozvoljena snaga discipacije $P_{d\max} = U_d \cdot I_d$
- kapacitet PN spoja,
- opseg radnog temperatura,
- opseg frekvencija itd.

Najbrži način ispitivanja diode je Ommetrom ili mjerenjem napona direktne i ineverzne polarizacije.

Ispitati ispravnost dioda.

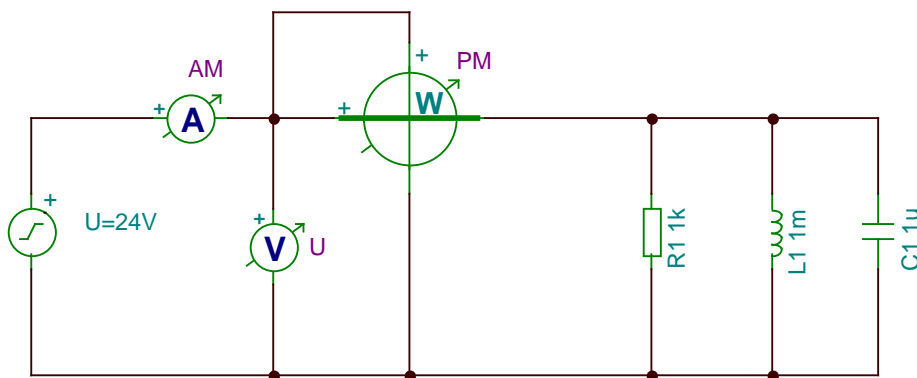
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Redni broj | Otpor u direktnom smjeru | Otpor u inverznom smjeru | Napon AK | Napon KA | Ispravnost diode |
|------------|--------------------------|--------------------------|----------|----------|---------------------------------|
| | (Ω) | (Ω) | (V) | (V) | (da/ne) (prekid/kratak spoj) |
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |
| 4. | | | | | |
| 5. | | | | | |

5. Zaključak

MJERENJE SNAGE

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Watmetar _____
- Voltmetar _____
- Ampermetar _____
- Otpornici _____
- Kalemovi _____
- Kondenzatori _____
- spojni kabl

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Spojiti potrebnu opremu prema datoj šemi i mijenjati vrstu i iznos opterećenja, kombinujući različite vrijednosti otpornika, kondenzatora i kalemova.

Ukupna ili prividna snaga $S = U \cdot I \cos \varphi + j \cdot U \cdot I \sin \varphi = P + jQ$

Prividna snaga $S = U \cdot I$ se dobija na osnovu mjerenja napona i struje u kolu.

Aktivna snaga $P = U \cdot I \cos \varphi$, se mjeri Watmetrom **W**.

Reaktivna snaga $Q = U \cdot I \sin \varphi$ se dobiva na osnovu prividne i aktivne snage

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$\varphi = \arccos \frac{P}{S}$$

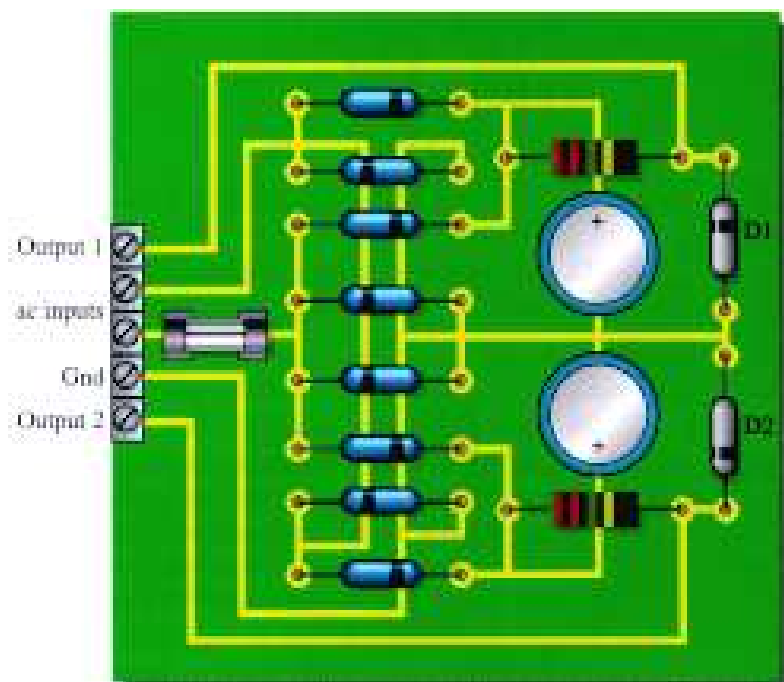
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

| Br. | R | L | C | U | I | S | Q | ϕ | f |
|-----|----------|---|---|---|---|----|-----|--------|----|
| | Ω | H | F | V | A | VA | VAr | | Hz |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |

5. Zaključak

CRTANJE ELEKTRIČNIH ŠEMA 1

1. Montažna šema spoja

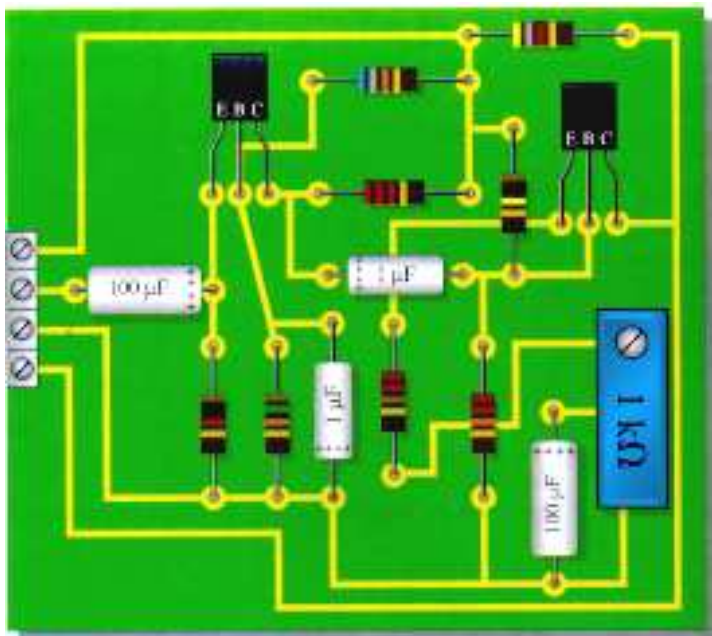


2. Šema spoja

Na osnovu montažne šeme, nacrtati električnu šemu spoja

CRTANJE ELEKTRIČNIH ŠEMA 2

1. Montažna šema spoja

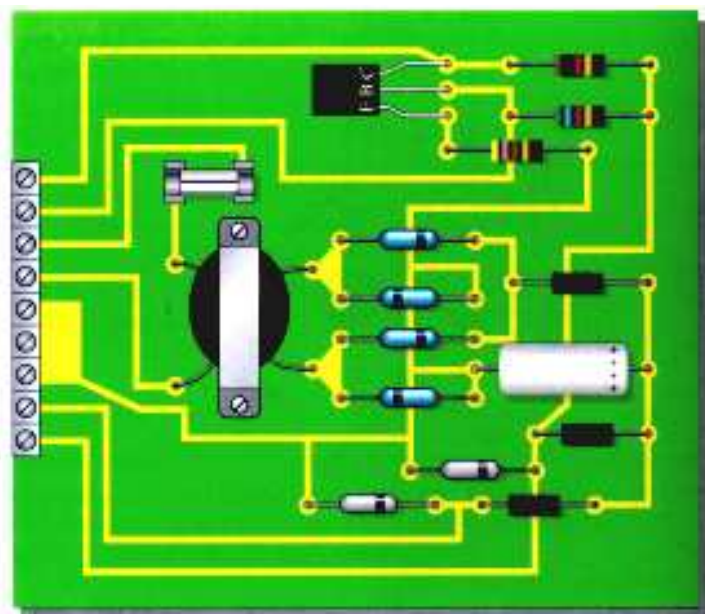


2. Šema spoja

Na osnovu montažne šeme, nacrtati električnu šemu spoja

CRTANJE ELEKTRIČNIH ŠEMA 3

1. Montažna šema spoja

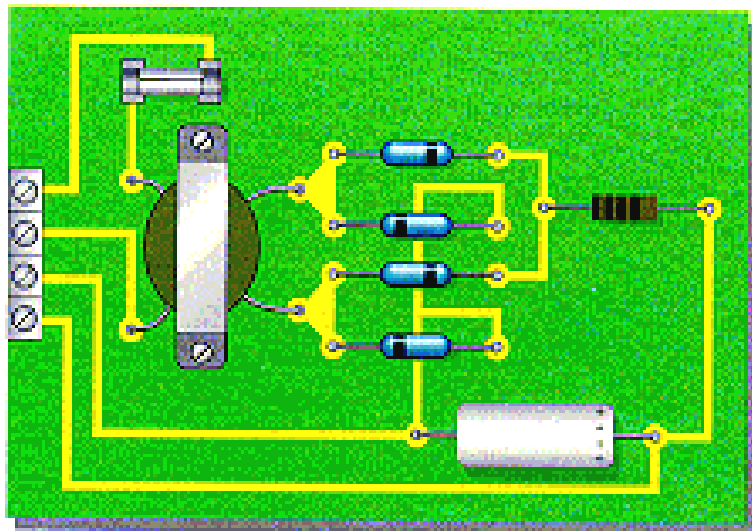


2. Šema spoja

Na osnovu montažne šeme, nacrtati električnu šemu spoja

CRTANJE ELEKTRIČNIH ŠEMA 4

1. Montažna šema spoja

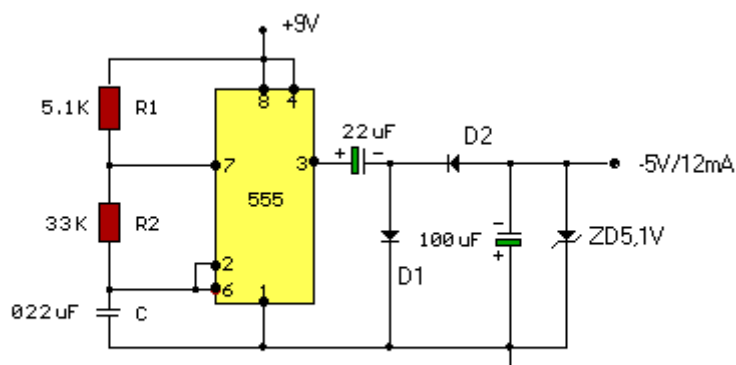


2. Šema spoja

Na osnovu montažne šeme, nacrtati električnu šemu spoja

PROJEKTOVANJE ŠTAMPANE VEZE 5

1. Šema spoja

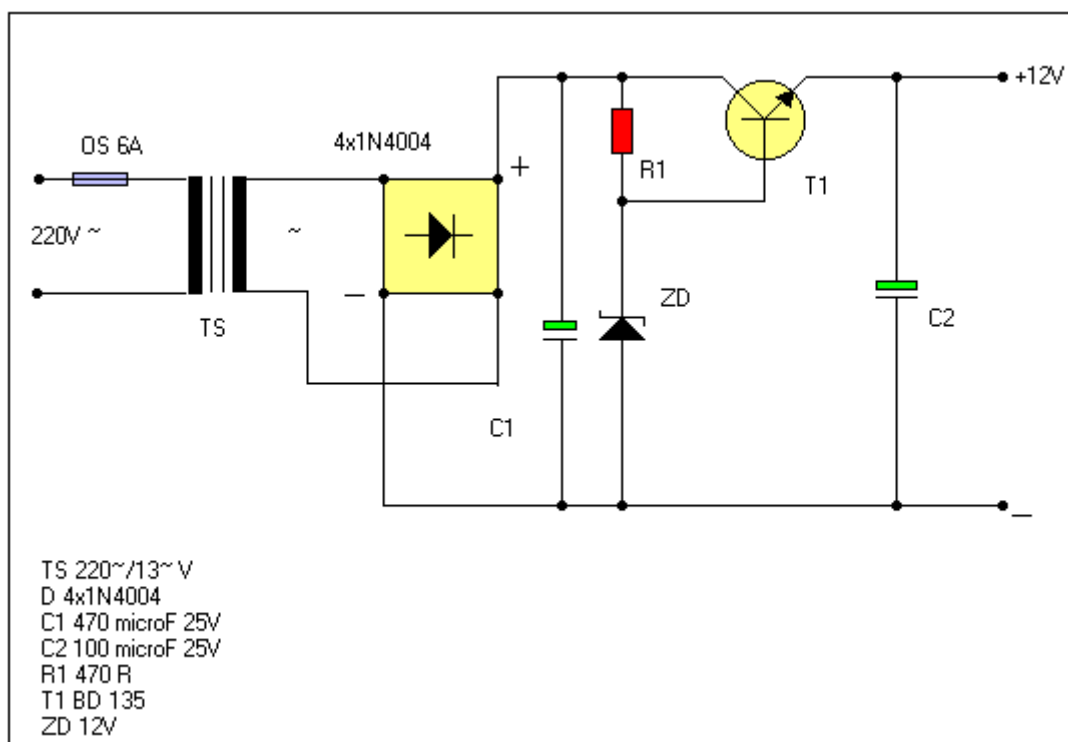


2. Montažna šema

Na osnovu šeme spoja nacrtati izgled štampane veze

PROJEKTOVANJE ŠTAMPANE VEZE 6

1. Šema spoja



2. Montažna šema

Na osnovu šeme spoja nacrtati izgled štampane veze

**JAVNA USTANOVA
MJEŠOVITA SREDNJA ELEKTROTEHNIČKA ŠKOLA
T U Z L A**

**PRAKTIKUM
ZA PRAKTIČNU NASTAVU-LABORATORIJSKI RAD
ZA II RAZRED
(I dio)**

(INTERNA UPOTREBA)

Oktobar Tuzla 2002. godine

Autori: Halilčević Hasan dipl. ing. el.
Mandžukić Asmir dipl. ing. el.

Recezeni: Saračević Salih dipl. ing. el.
Mujkanović Elmir dipl. ing. el.
Behrem Rešid dipl. ing. el.

Odlukom Nastavničkog vijeća JU Mješovite srednje Elektrotehničke škole od 06.10. 1999. godine Praktikum za praktičnu nastavu-laboratorijski rad je odobren za internu upotrebu.

—