

## LV 5: MJERENJA OSILOSKOPOM

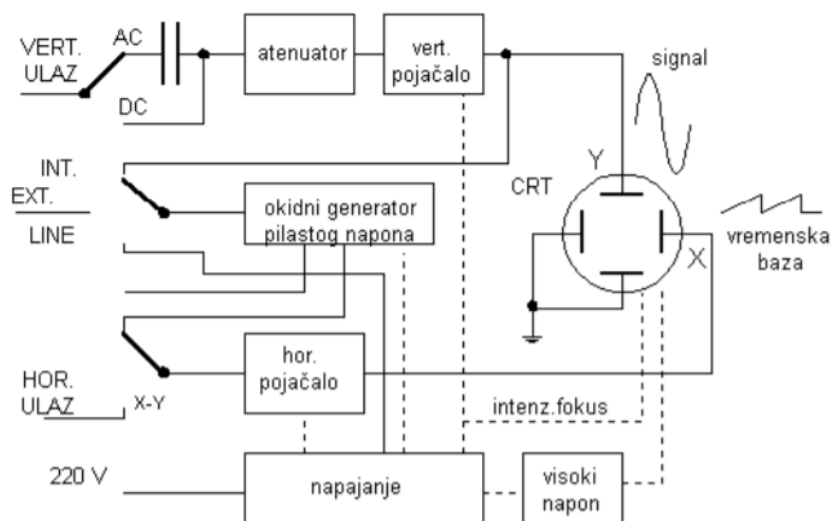
### 5.1 Uvod

Osciloskop je uređaj koji služi za prikazivanje električnih signala u vremenskoj frekvencijskoj domeni ili prikazivanje više signala u međusobnoj ovisnosti. Rezultat mjerenja osciloskopom je svjetleći grafikon što prikazuje tok vrijednosti mjerene veličine u njenoj vremenskoj ovisnosti ili ovisnosti o drugoj nezavisno promjenjivoj veličini. U standardnoj primjeni na horizontalnoj osi zaslona je vrijeme, a na vertikalnoj je napon. Postoje osciloskopi koji mogu da prikažu dva, četiri ili više napona istovremeno. Primjena osciloskopa je vrlo široka, od elektronike pa sve do medicine za prikazivanje bioloških napona poput EKG-a ili EEG-a. Osciloskopi imaju osjetila koja imaju ugrađene atenuatore 10:1. Napredniji osciloskopi imaju širokopojasna pojačala za mjerenje razina napona manjih od 1 mV. Moguće je koristiti i osobno računalo kao osciloskop. Osciloskop dijelimo u dvije kategorije, digitalne i analogne. U konstruktivnom pogledu postoje 4 vrste osciloskopa: analogni, memorijski, digitalni i osciloskopi sa uzorkovanjem (sampling osciloskopi).

### 5.2 Analogni osciloskop

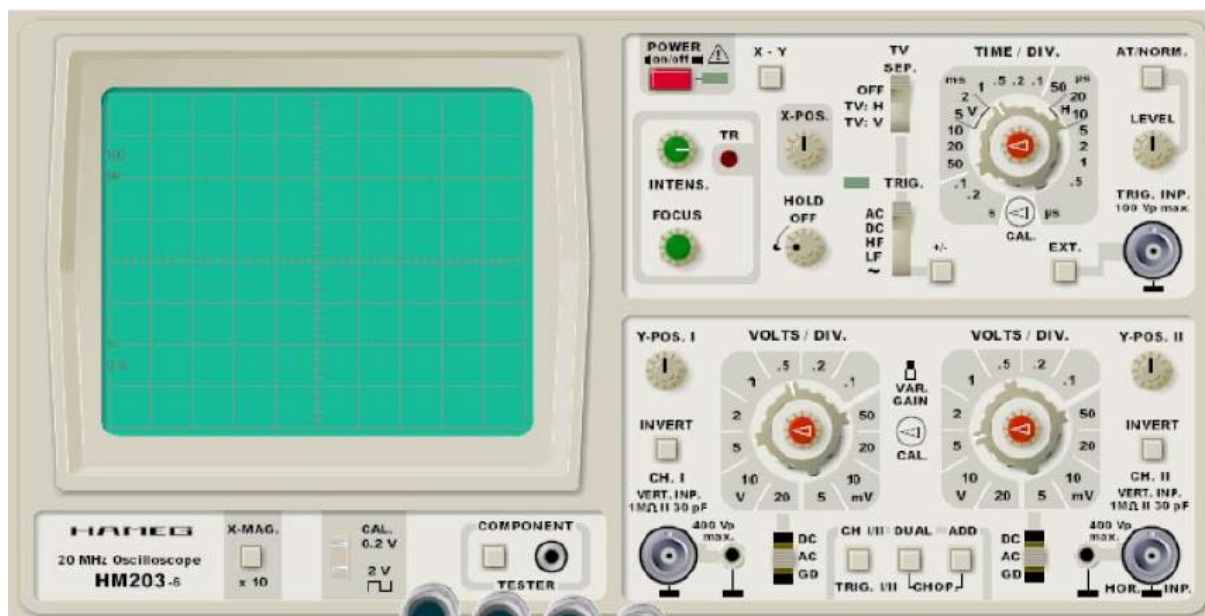
Analogni osciloskopi predstavljaju najjednostavniji tip osciloskopa koji se danas najviše primjenjuje u praksi. Koriste se za prikaz valnih oblika signala frekvencije do 1 GHz. Analogno osciloskop se sastoji od: napajanja sa izvorom visokog napona, katodna cijev, horizontalno pojačalo, vertikalno pojačalo, atenuator i generator pilastog napona.

Blok šema analognog osciloskopa dan je na Slici 5.1.



Slika 5.1 Blok šema analognog osciloskopa

Prednja ploča analognog osciloskopa „Hameg HM-203“ koji se najčešće koristi u laboratoriju za električna mjerenja dana je na Slici 5.2.



Slika 5.2 Prednja ploča analognog osciloskopa „Hameg HM-203“

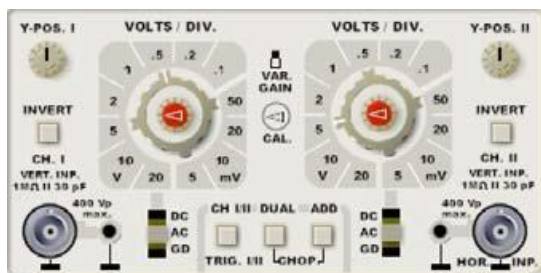
### Funkcije pojedinih tipki:



POWER – Uključivanje osciloskopa

INTENS – mijenja jačinu svjetlosnog mlaza na ekranu

FOCUS- omogućava oštrinu slike



Y-POS1 i Y-POS2 – podešavanje slike u vertikalnom smjeru; CH/I/II- uključivanje kanala CH1 ili CH2;

DUAL- uključivanje oba kanala; ADD-zbraja oba signala; Kad su uključeni prekidači ADD i DUAL nastaje funkcija CHOP, ispisuje svjetlosni trag na ekranu uzimajući naizmjenice signale sa oba kanala, za signale niske frekvencije; VOLTS/DIV- regulira se vertikalna osjetljivost; CAL – označava položaj za kalibraciju

DC/AC/GD- preklopnik koji vrši izbor signala: DC+AC / AC / masa; INVERT- invertira signal



TIME/DIV- vremenska podjela u horizontalnom smjeru, definira vrijeme za koje svjetlosni mlaz prijeđe jedan kvadrat na ekranu;

CAL- položaj za kalibraciju vremenske podjele



X-Y- isključuje vremensku bazu, na vremensku os dovodi se jedan signal a vertikalnu drugi signal

X-POS- pomjera se svjetlosni mlaz lijevo-desno

HOLD OFF- definira koliko vremena nakon detektiranja uvjeta za sinhronizaciju se neće uključivati krug za sinhronizaciju



LEVEL- podešava se naponski nivo ulaznog signala na kojem će doći do okidanja kruga za sinhronizaciju

AT/NORM- definira da li će svjetlosni mlaz prelaziti preko ekrana i kad nema signala za sinhronizaciju, položaj AT, ili samo kad ima signala za sinhronizaciju, položaj NORM.

TRIG. INP. – vanjski signal za sinhronizaciju, u tom slučaju prekidač EXT mora biti uključen



TV SEP- bira se neki standardni TV signal za poboljšanje sinhronizacije

TRIG-AC- izbor sinhronizacije bez istosmjerne komponente

TRIG-DC- izravno spregnuti signal za sinhronizaciju

TRIG-HF- sinkronizacija preko visokofrekventnog filtra

TRIG-LF- sinkronizacija preko niskofrekventnog filtra

~ , sinkronizacija za mrežnu frekvenciju 50 Hz

±, izbor ivice signala za sinhronizaciju

Led dioda pored preklopnika TRIG zasvijetlit će kad krug za sinkronizaciju registrira prolazak ulaznog signala preko razine sinkronizacije koja je određena uvjetima za sinkronizaciju

## 5.3 Digitalni osciloskop

Bez obzira na dodatne mogućnosti, osnovni koncepti su kod digitalnih osciloskopa identični kao i kod analognih osciloskopa, te je i rukovanje gotovo identično. Kod digitalnih osciloskopa napon je proporcionalan promatranoj veličini. Najprije se pretvara u digitalni oblik putem A/D pretvornika pa se kasnije obrađuje kao digitalni signal. Digitalni osciloskopi pružaju daleko veće mogućnosti obrade signala od kojih je bitno istaknuti spremanje, prijenos i mjerenje. Takvi osciloskopi su ustvari računala posebne namjene i u njih dakako ide odgovarajuća programska oprema (software) Treba istaknuti da je moguće i obično računalo (PC) uz neke sklopovske i programske dodatke koristiti kao osciloskop, koji su se razvili zbog velikog broja računala u svijetu, te su sve prisutniji u struci. Obično se signal snima na vanjskom sklopovlju koje uključuje analogno-digitalni pretvornik i memoriju i odašilje se prema računalu gdje se podaci obrađuju i prikazuju na korisnikov zaslon.

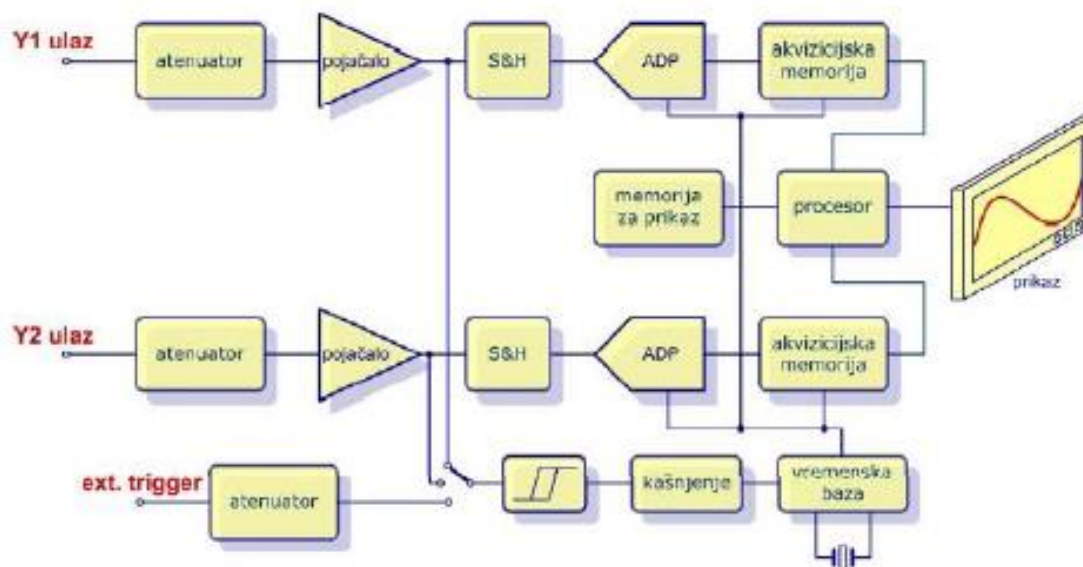
### 5.3.1 Podjela digitalnih osciloskopa

DSO (digital storage oscilloscope) – osciloskopi s digitalnim pamćenjem, mogu uzimati uzorke u stvarnom vremenu, ekvivalentnom vremenu i slučajno uzimanje uzoraka

DPO (digital phosphor oscilloscope)- paralelno procesiranje informacija i zasebni procesor omogućuje mu brzi prikaz tranzijenata.

SO (sampling oscilloscope) – sekvencijalno uzimanje uzoraka

Blok šema digitalnog osciloskopa prikazana je na Slici 5.3.



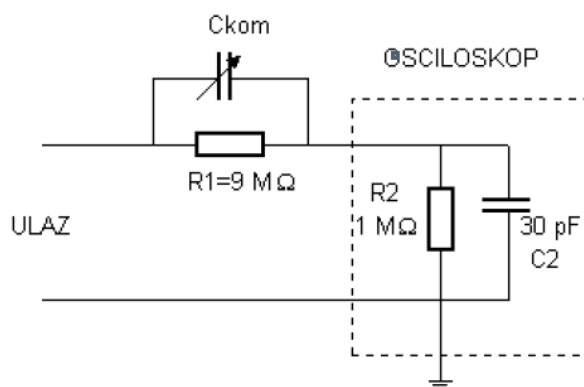
Slika 5.3: Blok šema digitalnog osciloskopa

## 5.4 Mjerenja osciloskopom

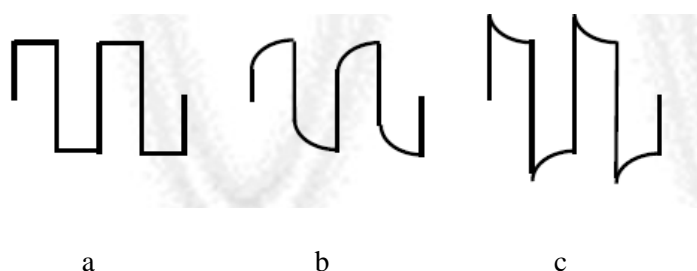
S pomoću osciloskopa se mjeri napon ili vrijeme. Sva ostala mjerenja su bazirana na ove dvije mjerne tehnike. Ograničimo razmatranje na vizualna mjerenja neposredno sa zaslona osciloskopa, iako mnogi (digitalni ili digitalizirani) osciloskopi u današnje vrijeme nude mogućnost automatiziranog mjerenja s pomoću ugrađenih softvera.

**! Prije ikakvog mjerenja u Y- t načinu rada potrebno je postići mirnu sliku na zaslonu.**

### 5.4.1. Ugađanje mjerne sonde



Slika 5.4: Naponska sonda i ulazni krug osciloskopa



Slika 5.5 Kompenzirana, nadkompenzirana i podkompenzirana sonda

### 5.4.3. Mjerenje napona osciloskopom

Mjerenje napona s pomoću osciloskopa se svodi na mjerenje napona od vrha do vrha ili određivanja veličine istosmjernje komponente. S pomoću mjerenja napona moguće odrediti i veličinu struje, snage ili otpora.

Mjerenje napona  $U_m$  se izvodi brojanjem podjeljaka koje prekriva promatrani valni oblik  $U_y$  te množenja s faktorom otklona  $F_y$  (V/cm) očitano sa skokovitog oslabljivača (u koracima 1:2:5:10...).

Mjereni napon:  $U_m = F_y \cdot U_y$

Zgodno je postaviti signal u sredinu zaslona. Neki osciloskopi imaju kursore za pomoć pri očitavanju.

### 5.4.4. Mjerenje struje osciloskopom

Struju u osciloskopu možemo mjeriti samo posrednim putem jer je ulazna veličina u osciloskop uvijek napon. Mjerimo je bez prekidanja ili sa prekidanjem strujnog kruga. Kod mjerenja bez prekidanja strujnog kruga koristimo strujne sonde Hallove ili Rogowski svitak. Osjetljivost ovih sondi je obično 10 mV/A i 100 mV/A. Kod prekidanja strujnog kruga u krug se stavlja otpor od 0.1 Ω ili 1 Ω te se onda sa njega mjeri pad napona koji je u fazi sa strujom.

#### 5.4.5. Mjerenje vremena, periode i frekvencije osciloskopom

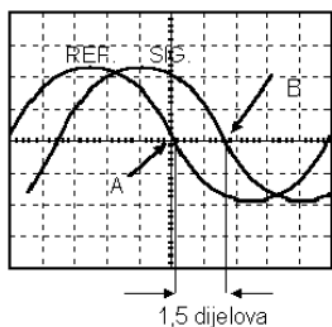
Vrijeme se mjeri korištenjem horizontalnog otklonskog sustava osciloskopa. Mjeriti se može vrijeme periode, trajanje impulsa/pauze, fazni pomak, vrijeme porasta/pada te frekvencija kao recipročna vrijednost periode.

Očitanje na središnjem dijelu zaslona vodi do bolje procjene vremena. Vrijeme porasta je vrijeme izmjereno od 10% do 90% stacionarne vrijednosti, a vrijeme trajanja impulsa od 50% pri porastu do 50% pri padu. Izmjereno vrijeme  $T_m$  dobije se množenjem faktora otklona horizontalne osi  $F_x$  (s/cm) sa brojem podjeljaka promatranog valnog oblika  $T_x$  na osi X, odnosno:

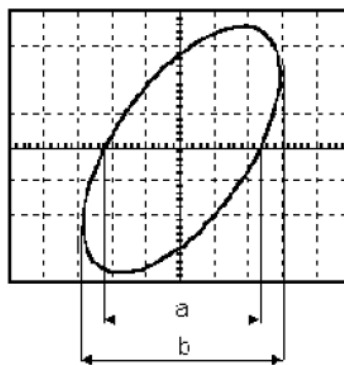
$$T_m = F_x * T_x$$

#### 5.4.6. Mjerenje faze i faznog pomaka

Fazni pomak može se mjeriti u Y-t načinu rada Slika: 5.6 i u X-Y načinu rada Slika:5.7



Slika 5.6 Fazni pomak signala  
u Y-t načinu rada



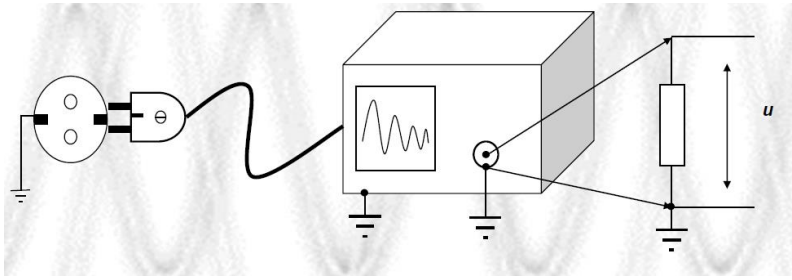
Slika 5.7 Fazni pomak signala  
u X-Y načinu rada

Mjerenje faznog pomaka u Y-t načinu rada:  $\varphi = (360^\circ / X_T) * X_\varphi$

$X_T$  – duljina periode;  $X_\varphi$  – duljina između dva signala

Mjerenje faznog pomaka u X-Y načinu rada:  $\varphi = \arcsin(a / b)$

**OPREZ !!! Sve mase osciloskopa su kratko spojene**



Slika 5.8: Prikaz zajedničkog spoja mase u uzemljenja na osciloskopu

#### Pitanja za pripremu

1. Navesti osnovne dijelove osciloskopa
2. Kako se upotrebljavaju naponske sonde i zašto ih treba ugađati
3. Što je Y-t, a što Y-X način rada osciloskopa
4. Kako se osciloskopom mjeri struja
5. Kako se osciloskopom mjeri fazni pomak između dva napona
6. Kako se osciloskopom mjeri frekvencija napona
7. Ako je odabrana vremenska baza s faktorom vertikalnog otklona 10 ms/DIV koliko se perioda mrežnog napona može vidjeti na zaslonu
8. U kojim slučajevima treba osciloskop priključiti na napajanje preko odvojnog transformatora

## 5.5. Zadatak

Cilj vježbe je savladati osnovna znanja iz tehnike mjerenja i rukovanja osciloskopom. U vježbi će se provoditi mjerenja napona, frekvencije, perioda, faznog pomaka, struje i snimanje prijelaznih pojava u serijskom RC i RLC krugu na skok pobudu.

### 5.5.1 Mjerenje napona, periode i frekvencije

#### Popis opreme

1. Funkcijski generator
2. Analogno osciloskop
3. Digitalni osciloskop
4. Kabel BNC - BNC

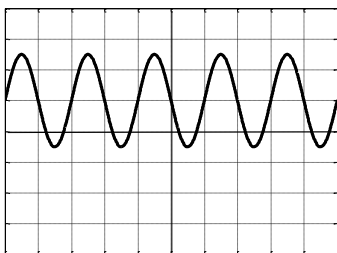
#### Postupak spajanja

1. Jedan kraj BNC kabela spojiti na izlaz OUT funkcijskog generatora a drugi kraj na CH1 analognog ili digitalnog osciloskopa
2. **PRIJE UKLJUČIVANJA U STRUJNI KRUG POZVATI , DEMONSTRATORA ILI NASTAVNIKA!**

#### Postupak mjerenja

1. Prije mjerenja osciloskop treba kalibrirati, kod analognih to se radi ručno okretanjem gumba na preklopci TIME/DIV i VOLT/DIV u položaj CAL. Kod digitalnih pritiskom tipke AUTOSSET
2. Za prvo mjerenje treba dobiti valni oblik na zaslonu osciloskopa prikazanog na Slici 6.1
3. Na funkcijskom generatoru (FG) odabrati sinusni valni oblik
4. Na osciloskopu staviti preklopku TIME/DIV u položaj 0.05 s, a preklopku VOLT/DIVE na 2 V
5. Mijenjati amplitudu, frekvenciju i ofset izlaznog napona na FG sve dok se ne dobije slika kao na slici
6. Za precizno očitavanje treba razvući sliku na zaslonu tako da u horizontalnom smjeru bude 1-2 periode, a u vertikalnom smjeru najmanje 2/3 zaslona. Voditi računa da se mijenjaju vrijednosti horizontalnog i vertikalnog otklona.
7. Za dobivanje mirne slike okretati gumb TRIGER LEVEL
8. Očitati i upisati u tablicu vršne vrijednosti napona  $U_m$ , vršnu vrijednost izmjenične komponente napona  $U_{ACm}$ , istosmjernu komponentu napona  $U_{DC}$ , frekvenciju  $f$  i periodu  $T$

$F_x=0.05s/DIV$ ,  $F_y=2V/DIV$



t/div (s)	V/div (V)	$U_m$ (V)	$U_{ACm}$ (V)	$U_{DC}$ (V)	T (s)	f (Hz)
0.05	2					

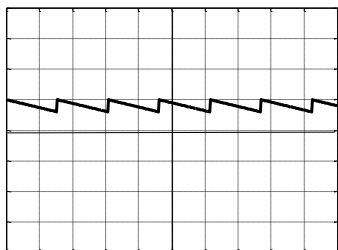
Slika:6.1 Mjerenje sinusnog valnog oblika



### Prostor za računanje:

9. Za drugo mjerenje treba dobiti valni oblik na zaslonu osciloskopa prikazanog na slici xxx
10. Na funkcijskom generatoru (FG) odabrati pilasti valni oblik
11. Na osciloskopu staviti preklopku TIME/DIV u položaj 0.005 s, a preklopku VOLT/DIVE na 5 V
12. Mijenjati amplitudu, frekvenciju i ofset izlaznog napona na FG sve dok se ne dobije slika kao na slici
13. Očitati i upisati u tablicu vršne vrijednosti napona  $U_m$ , vršnu vrijednost izmjenične komponente napona  $U_{ACm}$ , istosmjernu komponentu napona  $U_{DC}$ , frekvenciju  $f$  i periodu  $T$

$F_x=0.005\text{s/DIV}$ ,  $F_y=5\text{V/DIV}$



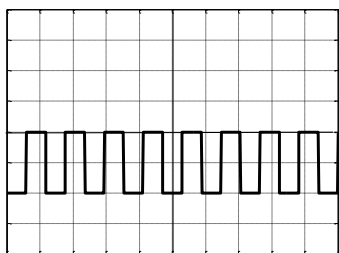
t/div (s)	V/div (V)	$U_m$ (V)	$U_{ACm}$ (V)	$U_{DC}$ (V)	T (s)	f (Hz)
0.005	5					

Slika:6.2 Mjerenje pilastog valnog oblika

### Prostor za računanje:

14. Za treće mjerenje treba dobiti valni oblik na zaslonu osciloskopa prikazanog na slici xxx
15. Na funkcijskom generatoru (FG) odabrati pravokutni valni oblik
16. Na osciloskopu staviti preklopku TIME/DIV u položaj 0.001 s, a preklopku VOLT/DIVE na 0.1 V
17. Mijenjati amplitudu, frekvenciju i ofset izlaznog napona na FG sve dok se ne dobije slika kao na slici
18. Očitati i upisati u tablicu vršne vrijednosti napona  $U_m$ , vršnu vrijednost izmjenične komponente napona  $U_{ACm}$ , istosmjernu komponentu napona  $U_{DC}$ , frekvenciju  $f$  i periodu  $T$

$F_x=0.001\text{s/DIV}$ ,  $F_y=0.1\text{V/DIV}$



t/div (s)	V/div (V)	U <sub>m</sub> (V)	U <sub>ACm</sub> (V)	U <sub>DC</sub> (V)	T (s)	f (Hz)
0.001	0.1					

Slika:6.3 Mjerenje pravokutnog valnog oblika

### Prostor za računanje:

#### 5.5.2 Mjerenje struje

U ovom dijelu vježbe treba izmjeriti vršnu vrijednost i snimiti valni oblik struje. Kako je ulazna veličina u osciloskop uvijek napon, struja se mora neizravno mjeriti i to na dva načina: sa prekidanjem strujnog kruga (mjerenjem pada napona na otporu male vrijednosti) i bez prekidanjem strujnog kruga sa strujnim sondama (Hallova sonda i Rogowski svitak).

#### Popis opreme

1. Osciloskop
2. Strujna Hallova sonda ili Rogowski svitak
3. Otpornik  $0,1\ \Omega / 5\ \text{W}$
4. Transformator 220V/12V
5. BNC-banana utikač
6. Izvor izmjeničnog napona
7. Spojni vodiči

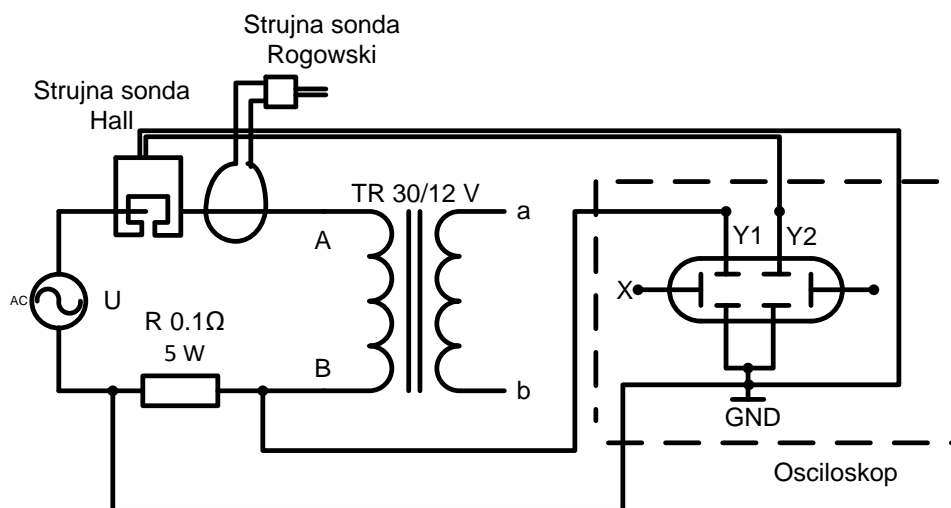
#### Postupak spajanja

1. Primar transformatora spojiti u seriju sa otpornikom od  $0,1\ \Omega / 5\ \text{W}$  na izvor izmjeničnog napona sa radnog panela Slika:
2. Spojnim vodičem spojiti stezaljku B transformatora na prvi kanal CH1 osciloskopa
3. Nul točku osciloskopa spojiti na stezaljku N izvora napona sa panela
4. Hallovu sondu ili Rogowski svitak BNC kabelom spojiti na drugi kanal CH2 osciloskopa
5. **PRIJE UKLJUČIVANJA U STRUJNI KRUG POZVATI , DEMONSTRATORA ILI NASTAVNIKA!**

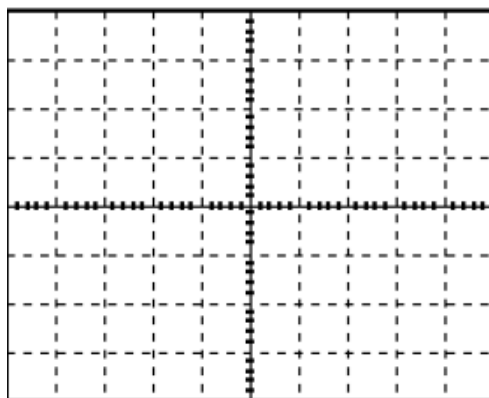
#### Postupak mjerenja

1. Uključiti osciloskop na mrežu i provesti kalibraciju
2. Podesiti izmjenični napon sa panela na 30 V 50 Hz

3. Obuhvatiti vodič na primarnoj strani transformatora strujnim kliještima ili Rogowskim svitkom te odabrati osjetljivost
4. Mijenjati položaj preklopke TIME/DIV i VOLT/DIV na osciloskopu sve dok na zaslonu ne bude signal 1-2 periode i amplituda pri vrhu zaslona
5. Nacrtati ili snimiti valne oblike struja na prazni zaslon, Slika: i upisati stvarnu vrijednost vršne struje. Voditi računa o faktoru osjetljivosti strujnih sonda i vertikalnog otklona VOLT/DIV



Slika 6.4: Načini mjerenja struje primara transformatora osciloskopom



Vršna vrijednost struje:

$I_m = \text{-----}(\text{A})$

Slika 6.5: valni oblik struje primara transformatora

**Prostor za računanje:**

### 5.5.3 Mjerenje faze i faznog pomaka

Mjeriti fazni pomak između dva signala za spoj prema danim slikama u Y-t i X-Y načinu rada. Ovaj dio vježbe ima za cilj pokazati osim tehnike mjerenja faznog pomaka i načine spajanja osciloskopa kod mjerenja dva signala istovremeno. Ovo se posebno odnosi na spajanje neutralne točke osciloskopa u mjerni krug, odnosno u kojim uvjetima treba odvojiti neutralnu točku od uzemljenja gradske mreže.

#### Popis opreme

1. Osciloskop
2. Funkcijski generator
3. Otporna dekada
4. Kondenzatorska dekada
5. Odvojni transformator 220V/220V
6. Spojni vodiči
7. Priključci BNC-banana – 3 kom

#### 5.5.3.1 Mjerenje faznog pomaka između napona izvora i kondenzatora

##### Postupak spajanja

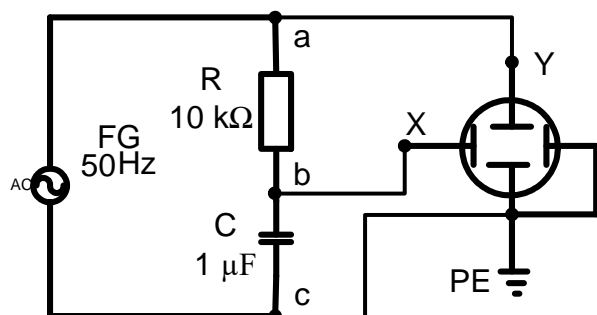
1. Serijski spoj otpora  $10\text{ k}\Omega$  i kondenzatora  $1\mu\text{F}$  spojiti na izvor izmjeničnog napona funkcijskog generatora (priključak OUT)
2. Masu osciloskopa spojiti na masu FG, točka c
3. Kanal CH1 osciloskopa (Y) spojiti na točku a
4. Drugi kanal CH2 osciloskopa spojiti na točku b

##### Postupak mjerenja

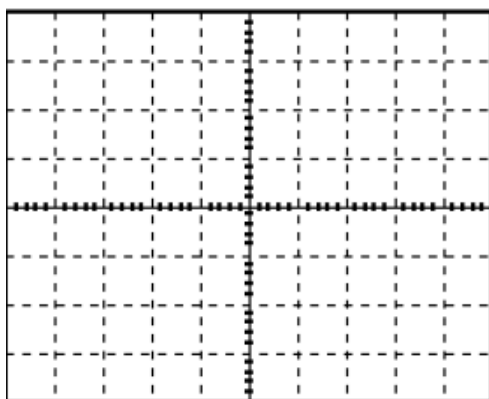
1. Uključiti osciloskop i FG na mrežni napon i provesti kalibriranje
2. Namjestiti frekvenciju 50 Hz
3. Pritisnuti tipku za sinusni valni oblik napona
4. Uključiti na osciloskopu oba kanala pritiskom tipke DUAL
5. Postaviti nultu razinu za oba kanala na sredini zaslona
6. Podizati napon na FG do 5 V
7. Okretanjem preklopki TIME/DIV i VOLT/DIV podesiti sliku preko cijelog zaslona za 1 periodu
8. Pomicanjem signala lijevo-desno gumbom X-POS dovesti u položaj za točno očitavanje. Ako slika nije mirna treba mijenjati razinu okidanja tipkom TRIGGER LEVEL
9. Nacrtati ili snimiti valne oblike napona izvora i kondenzatora u Y-t načinu rada na prazno mjesto zaslona Slika 6.6:
10. Iz slike izračunati fazni pomak  $\varphi_m$  i upisati na predviđeno mjesto
11. Kod mjerenja faznog pomaka u X-Y načinu rada potrebno je samo pritisnuti tipku X-Y na osciloskopu
12. Namjestiti sliku da bude dovoljno velika preklopkama VOLT/DIV za oba kanala
13. Nacrtati ili snimiti valni oblik napona izvora i kondenzatora u X-Y načinu rada na prazno mjesto zaslona Slika 6.7:
14. Iz slike izračunati fazni pomak  $\varphi_m$  i upisati na predviđeno mjesto
15. Ako je slika okrenuta u suprotnu stranu potrebno je uključiti tipku INVERT

16. Kontrolirati točnost izmjerenog faznog pomaka između napona kondenzatora  $U_C$  i napona izvora  $U$  putem analitičkog izraza za  $\varphi_r$ :

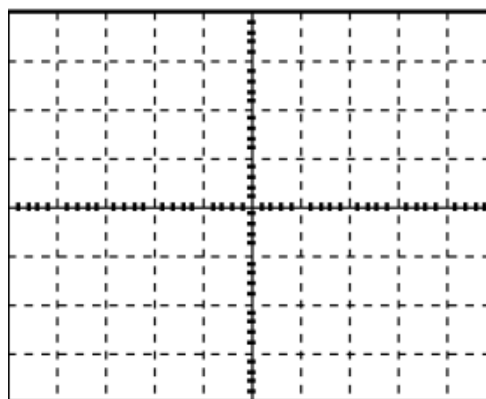
$$\varphi_r = \arcsin \frac{U_R}{U} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$



Slika 6.6: Spoj za mjerenje faznog pomaka između napona izvora i kondenzatora serijskog spoja RC



Slika 6.7: Fazni pomak u Y-t modu



Slika 6.8: Fazni pomak u X-Y modu

$\varphi_m = \text{-----}$

$\varphi_m = \text{-----}$

$\varphi_r = \text{-----}$

**Prostor za računanje:**

### 5.5.3.2 Mjerenje faznog pomaka između napona na kondenzatoru i otpora

Kod ovog načina mjerenja ako se želi istovremeno mjeriti na dva kanala mora se masa osciloskopa galvanski odvojiti od uzemljenja pomoću odvojnog transformatora 220V/220V. Ona se spaja u zajednički spoj oba elementa na kojima se izvodi mjerenje.

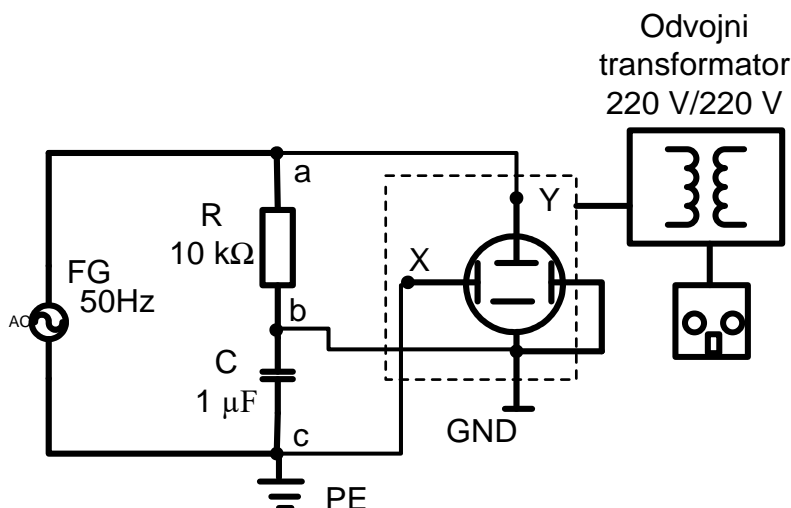
#### Postupak spajanja

1. Osciloskop ukopčati u utičnicu odvojnog transformatora Slika: 6.9
2. Prvi kanal CH1 osciloskopa (X) spojiti u točku c
3. Drugi kanal CH2 (Y) u točku a
4. Masu osciloskopa spojiti u točku b
5. **PRIJE UKLJUČIVANJA U STRUJNI KRUG POZVATI DEMONSTRATORA ILI NASTAVNIKA!**

#### Postupak mjerenja

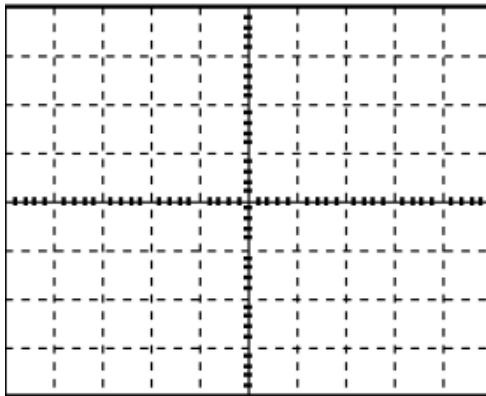
Postupak mjerenja je isti kao u prethodnom primjeru.

Odrediti fazni pomak  $\varphi_r$  računskim putem:

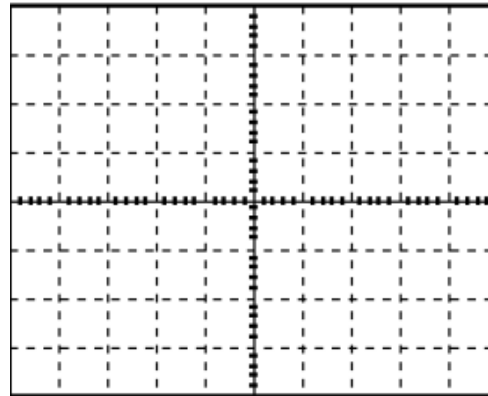


Slika 6.9: Spoj za mjerenje faznog pomaka između napona na otporu i kondenzatora serijskog spoja RC

**Prostor za računanje:**



Slika 6.10: Fazni pomak u Y-t modu



Slika 6.11: Fazni pomak u X-Y modu

$$\varphi_m = \text{-----}$$

$$\varphi_m = \text{-----}$$

$$\varphi_r = \text{-----}$$

### 5.5.3.3 Mjerenje faznog pomaka između napona i struje izvora

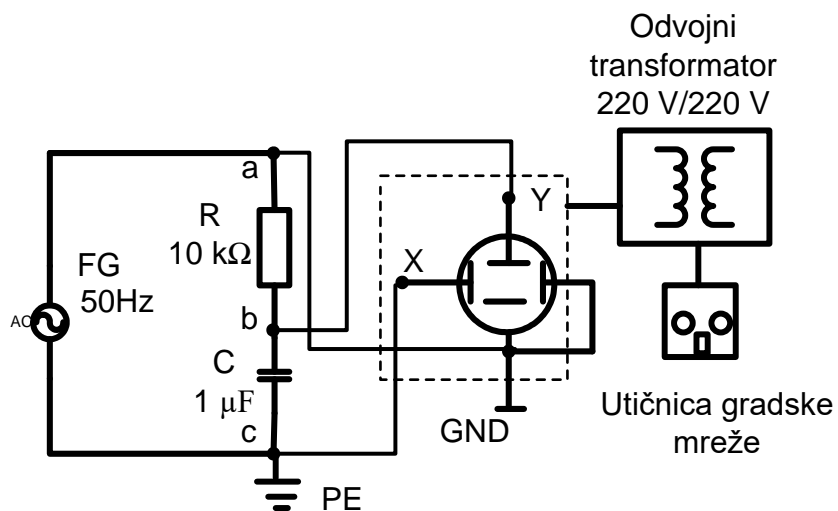
Za ovaj slučaj kod mjerenja struje treba mjeriti napon na radnom otporu jer je u fazi sa strujom izvora. Također koristiti odvojni transformator Slika:

#### Postupak spajanja

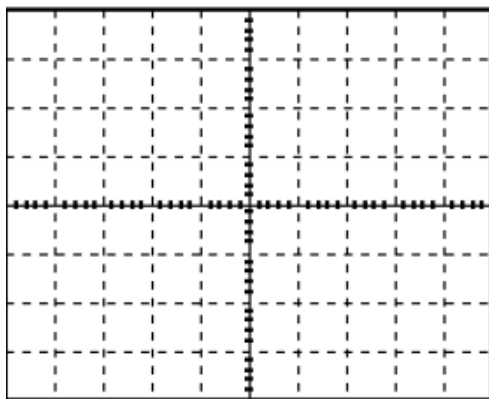
1. Osciloskop ukopčati u utičnicu odvojnog transformatora Slika:6.12
2. Prvi kanal CH1 osciloskopa (X) spojiti u točku c
3. Drugi kanal CH2 (Y) u točku b
4. Masu osciloskopa spojiti u točku a
- 5. PRIJE UKLJUČIVANJA U STRUJNI KRUG POZVATI DEMONSTRATORA ILI NASTAVNIKA!**

#### Postupak mjerenja

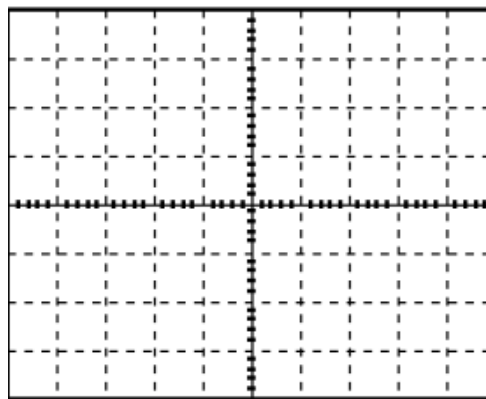
6. Postupak mjerenja je isti kao u prethodnom primjeru.
7. Odrediti fazni pomak  $\varphi_r$  računskim putem:  $\varphi_r = \arccos \frac{U_R}{U} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$



Slika 6.12: Spoj za mjerenje faznog pomaka između struje i napona izvora serijskog spoja RC



Slika 6.13 Fazni pomak u Y-t modu



Slika 6.14 Fazni pomak u X-Y modu

$\varphi_m = \text{-----}$

$\varphi_m = \text{-----}$

$\varphi_r = \text{-----}$

**Prostor za računanje:**

#### 5.5.4 Snimanje prijelaznih pojava

U ovom dijelu vježbe potrebno je snimiti struju i napon na kondenzatoru prilikom uključivanja serijskog RC i RLC kruga na pravokutni impuls. Da bi se mogla snimiti prijelazna pojava od trenutka ukapčanja



do ustaljenog stanja potreban je digitalni osciloskop koji ima mogućnost pamćenja i podešavanje razine okidanja i vremenskog intervala snimanja.

#### 5.5.4.1 Struja i napon punjenja kondenzatora pri serijskom RC spoju na skok odziv

Prema drugom KZ diferencijalna jednačba za serijski spoj RC glasi:

$$E = u_R + u_C; \quad RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E$$

Rješenje linearne diferencijalne jednačbe za napon  $u_C$  pri istosmjernom naponu  $E$  je:

$$u_C = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Derivacijom napona  $u_C$  po  $t$  i dijeljenjem sa otporom  $R$  i  $C$  dobiva se struja kroz kondenzator:

$$i = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

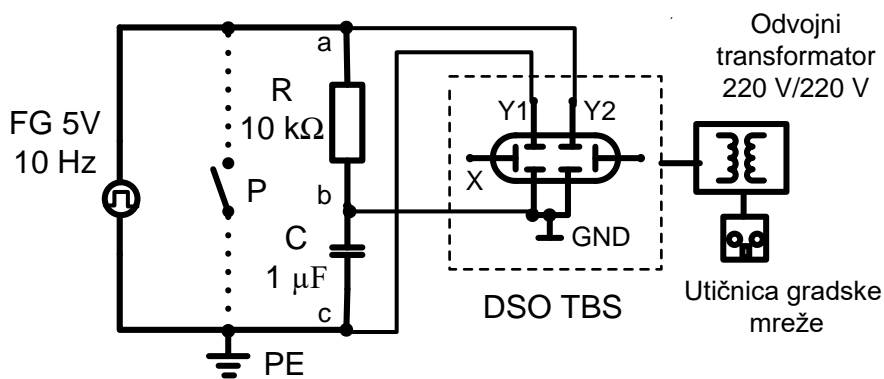
Napon i struja na kondenzatoru predstavljaju odzive prvog reda na skok pobudu.

#### Popis opreme:

1. Digitalni osciloskop DSO TBS 1072B
2. Funkcijski generator (FG)
3. Otporna dekada
4. Kondenzatorska dekada
5. Induktivna dekada
6. Odvojni transformator 220V/220V
7. Prekidač P
8. Priključci BNC-banana – 3 kom
9. Spojni vodiči

#### Postupak spajanja

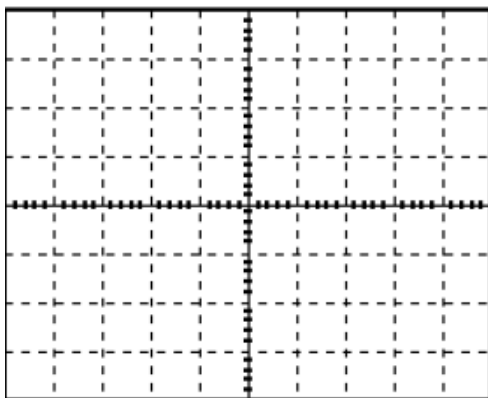
1. Spojiti elemente prema šemi na Slici 6.15:
2. Na serijski spoj otpora  $R=10 \text{ k}\Omega$  i kondenzatora  $C=1 \mu\text{F}$  priključiti izvor napona sa FG
3. Osciloskop priključiti na 220V preko odvojnog transformatora
4. Kanal CH1 (Y1) osciloskopa spojiti u točku c
5. Kanal CH2 (Y2) osciloskopa spojiti u točku a
6. Masu osciloskopa spojiti u točku b



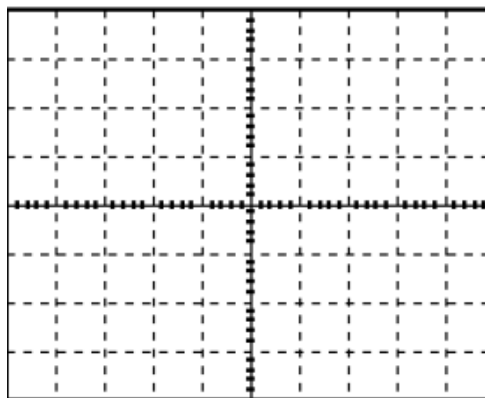
Slika 6.15: Snimanje struje i napona punjenja kondenzatora u serijskom RC spoju

### Postupak mjerenja

1. Namjestiti na FG pravokutni napon amplitude 5 V i frekvencije 10 Hz
2. Isprazniti kondenzator preko prekidača P
3. Na digitalnom osciloskopu postaviti preklopke VOLT/DIV i TIME/DIV u položaj za optimalno očitavanje ( signal mora trajati od trenutka ukapčanja do ustaljenog stanja)
4. Pritisnuti tipku ACQUIRE i odabrati PEAK DETECT
5. Pritisnuti tipku TRIGGER MENU a zatim tipku SLOPE
6. Gumbom MULTIPURPOSE odabrati RISING
7. Postaviti razinu okidanja u nulti položaj okretanjem gumba LEVEL
8. Pritisnuti tipku SINGLE i sačekati da se upali crveno svjetlo na tipki RAN/STOP
9. Snimiti valne oblike napona i struje i staviti ih na prazna mjesta zaslona osciloskopa  
Slike: 6.16 i 6.17
10. Izračunati vršne vrijednosti struje  $I_m$  i napona  $U_{Cm}$  i upisati ih na označena mjesta ispod dijagrama



Slika 6.16: Napon na otporu  $u_R$



Slika 6.17: Napon na kondenzatoru  $u_C$

$I_m = \text{-----}(\text{A})$

$U_{Cm} = \text{-----}(\text{V})$

**Prostor za računanje:**

### 5.5.4.2 Struja i napon punjenja kondenzatora pri serijskom RLC spoju na skok odziv

Diferencijalna jednačba drugog reda za serijski RLC spoj glasi:

$$E = u_R + u_C + u_L; \quad L \frac{d^2 i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} i = 0$$

Rješenje homogene linearne diferencijalne jednačbe drugog reda sa konstantnim koeficijentima uz početne uvjete  $i(0)=0$  i  $di/dt = E/L$  je:

$$i = \frac{E}{L} \frac{e^{p_1 t} - e^{p_2 t}}{p_1 - p_2}$$

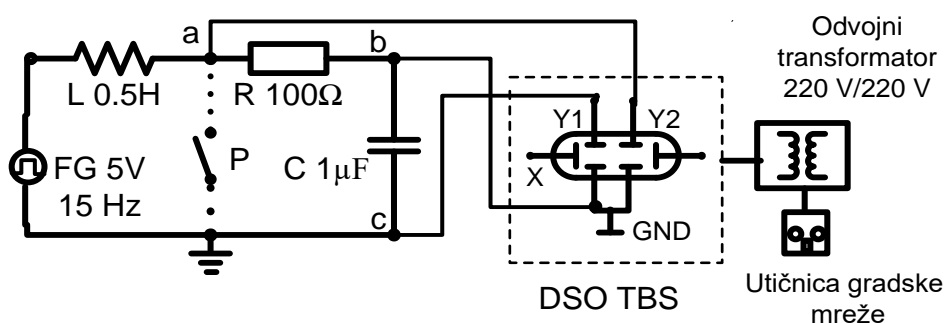
Gdje su  $p_1$  i  $p_2$  korijeni karakteristične kvadratne jednačbe:

$$p_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}$$

Napon i struja kondenzatora predstavljaju odzive drugog reda na skok pobudu

#### Postupak spajanja

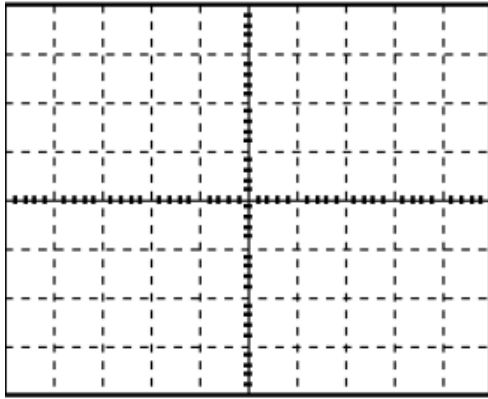
1. Spojiti elemente prema šemi na Slici:6.18
2. Na serijski spoj otpora  $R=100 \Omega$ , kondenzatora  $C=1 \mu F$  i induktiviteta  $L=0,5 \text{ mH}$  priključiti izvor napona sa FG
3. Osciloskop priključiti na 220V preko odvojnog transformatora
4. Kanal CH1 (Y1) osciloskopa spojiti u točku c
5. Kanal CH2 (Y2) osciloskopa spojiti u točku a
6. Masu osciloskopa spojiti u točku b



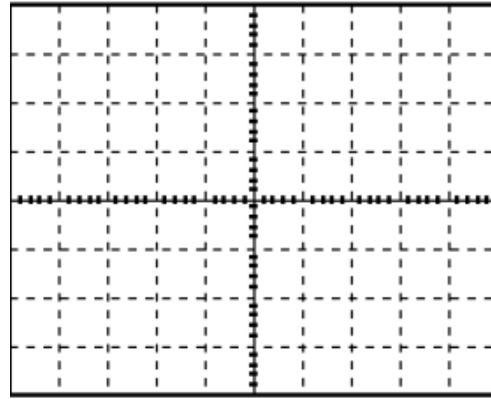
Slika 6.18: Snimanje struje i napona punjenja kondenzatora u serijskom RLC spoju

#### Postupak mjerenja

Postupak mjerenja je isti kao u prethodnom primjeru s tim da je frekvencija pravokutnog napona 15 Hz. Nacrtati ili snimiti dobivene valne oblike i umetnuti u slike 6.19 i 6.20.



Slika 6.19: Napon na otporu  $u_R$



Slika 6.20 Napon na kondenzatoru  $u_C$

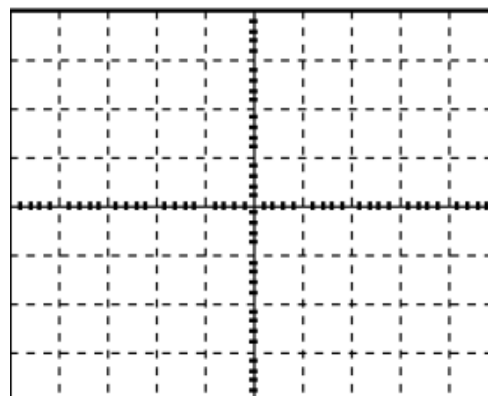
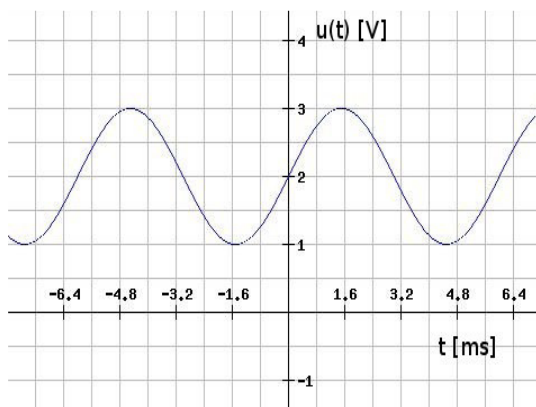
$$I_m = \text{-----}(\text{A})$$

$$U_{Cm} = \text{-----}(\text{V})$$

**Prostor za računanje:**

### 5.6 Zadaci za izvještaj:

1. Skicirati sliku koju će na svom zaslonu prikazati osciloskop (10 dijelova skale x 10 dijelova skale), ako je na y-ulaz doveden signal valnog oblika sa slike, a osciloskop je podešen na sljedeći način: CH: AC, VOLTS/DIV = 1.0, TIME/DIV = 0.6 (ms/div), LEVEL (razina okidanja) = -0.5 V, SLOPE (nagib krivulje) = -. Okidanje je interno (signalom iz y-kanala), a nulta razina nalazi se na sredini zaslona.



- 2 Osciloskopom se mjeri punovalno ispravljen sinusni napon. Kolika je srednja vrijednost ovog napona ako se preklopnik za faktor otklona nalazi u položaju  $0,5 \text{ V/cm}$ , a na ekranu katodne cijevi se dobiva crta dužine  $4 \text{ cm}$  kada je isključen pilasti napon?

## 5.7 Prijedlozi komentari