PRAKTIKUM I IZ FIZIKE, Doc.Dr.Sc. Suada BIKIĆ

XIV VJEŽBA

Katodni osciloskop

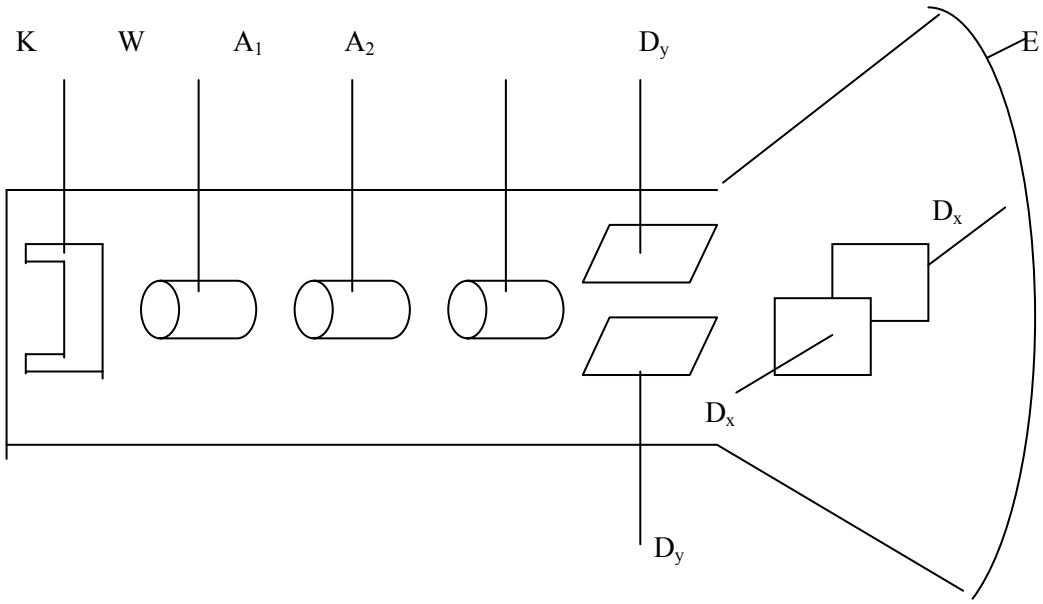
Katodni osciloskop je elektronski aparat koji se koristi u radu u laboratorijama kao i u industriji, poljoprivredi i sl. Radi toga je važno poznavanje principa rada ovog instrumenta kako bi se on mogao upotrijebiti u ostale svrhe gdje do sada eventualno nije korišten.

Glavni dio svakog elektronskog osciloskopa je katodna cijev.

To je stakleni balon iz koga je evakuiran zrak do visokog vakuuma $(10^{-7} - 10^{-8}[mmHg] = 133{,}416 \cdot 10^{-7} - 133{,}416 \cdot 10^{-8}[Pa])$ u kome se nalaze elektrode specijalnog oblika sa izvodima za električne kontakte utaljenim u staklo (Slika 1), katode K koja se električnim putem usijava i na taj način dovodi u stanje kada njeni elektroni savladavaju potencijalnu barijeru na površini katode i sa katode se emitiraju elektroni (termoelektronska emisija) u pravcu pozitivno nabijenih anoda.

Između katode K i anode A_1 nalazi se Veneltov cilindar W (ime je dobio radi cilindričnog oblika) koji se nalazi na nekom malom negativnom potencijalu u odnosu na katodu. Veličina ovog negativnog potencijala može se mijenjati pomoću potenciometra koji se nalazi unutar osciloskopa, a na taj način se mijenja broj elektrona koji dolazi do anoda i time se utječe na intenzitet slike na ekranu E. Sa dovoljno velikim negativnim potencijalom na cilindru W možemo u potpunosti zaustaviti mlaz elektrona. Anode A_1 i A_2 nalaze se na pozitivnom potencijalu u odnosu na katodu i služe za saopštavanje dodatne kinetičke energije elektronima koji su prošli kroz njih, kao i da fokusiraju elektronski mlaz u što uži snop. Ovo se postiže na taj način što sistem anoda A_1 i A_2 čini elektronsko sočivo čiji indeks prelamanja se može mijenjati odnosom napona anode A_1 prema naponu anode A_2.

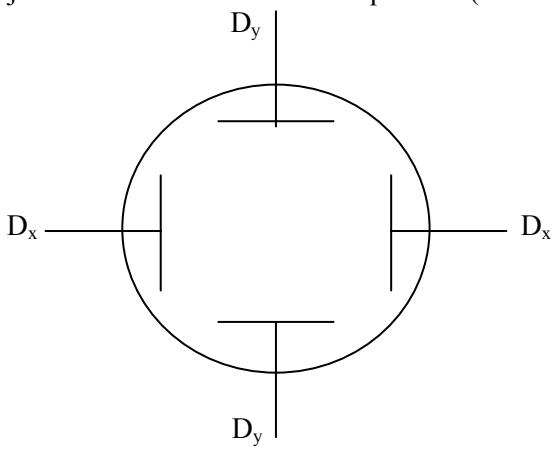
Na svom putu prema ekranu katodne cijevi E, mlaz elektrona prolazi kroz sistem od dvije horizontalne i dvije vertikalne pločice koje se nazivaju otklonski sistem ili otklonske pločice.Horizontalno postavljene pločice nazivaju se vertikalni otklonski sistem, a vertikalno postavljene pločice se nazivaju horizontalni otklonski sistem.



Slika 1 Principijelna shema katodne cijevi

Između katode K i anode A_1 nalazi se Veneltov cilindar W (ime je dobio radi cilindričnog oblika) koji se nalazi na nekom malom negativnom potencijalu u odnosu na katodu. Veličina ovog negativnog potencijala može se mijenjati pomoću potenciometra koji se nalazi unutar osciloskopa, a na taj način se mijenja broj elektrona koji dolazi do anoda i time se utječe na intenzitet slike na ekranu E. Sa dovoljno velikim negativnim potencijalom na cilindru W možemo u potpunosti zaustaviti mlaz elektrona. Anode A_1 i A_2 nalaze se na pozitivnom potencijalu u odnosu na katodu i služe za saopštavanje dodatne kinetičke energije elektronima koji su prošli kroz njih, kao i da fokusiraju elektronski mlaz u što uži snop. Ovo se postiže na taj način što sistem anoda A_1 i A_2 čini elektronsko sočivo čiji indeks prelamanja se može mijenjati odnosom napona anode A_1 prema naponu anode A_2.
Na svom putu prema ekranu katodne cijevi E, mlaz elektrona prolazi kroz sistem od dvije horizontalne i dvije vertikalne pločice koje se nazivaju otklonski sistem ili otklonske pločice.Horizontalno postavljene pločice nazivaju se vertikalni otklonski sistem, a vertikalno postavljene pločice se nazivaju horizontalni otklonski sistem.

Posmatrajmo katodnu cijev sa prednje strane i ucrtajmo samo ove četiri otklonske pločice (Slika 2).
Elektronski snop koji je prošao kroz otklonski sistem udara o fosforoscentni zastor kojim je premazan sa unutrašnje strane ekran katodne cijevi. Energija elektrona se transformira u svjetlosnu energiju te mlaz u toj tački je vidljiv za čovjekovo oko. Ukoliko na otklonski sistem nije doveden nikakav napon svjetlosni trag mlaza će biti svijetla tačka na sredini ekrana. Svi naponi se dovode na elektrode katodne cijevi sa jednog mjesta. Pretpostavimo da smo priključili jednosmjerni napon U_x na vertikalne ploče D_x.
Imeđu njih se formira električno polje jačine



Slika 2 Otklonski sistem katodne cijevi

$$E_x = \frac{U_x}{d},$$

gdje je d – razmak između otklonskih ploča D_x. Elektronski snop će pri tome dok prolazi kroz to polje biti podvrgnut djelovanju sile koja će ga pomjerati duž ose x. Pri tome je otklon elektronskog snopa proporcionalan priključenom naponu, tj.

$$x = S_x U_x,$$

gdje je S_x – konstanta koja zavisi od dimenzije i konstrukcije cijevi, kao i od primjenjenih napona na anodama, a naziva se osjetljivost oscilogravskih ploča.
Ukoliko napon U_x ovisi o vremenu, tada će i svijetli trag elektroskog snopa na ekranu slijediti tu vremensku promjenu napona i to praktično trenutno, jer je masa elektrona jako mala, reda veličine $10^{-31} kg$. To je jako bitno kod praćenja promjena koje se odvijaju u veoma kratkim vremenskim intervalima.

Slično se dešava sa elektronskim snopom kada se napon dovede na horizontalne ploče D_y, pomjeranje se odvija u pravcu y ose tako da je elongacija proporcionalna veličini dovedenog napona.
Ukoliko istovremeno dovodimo napone na oba sistema ploča, tada svijetli trag elektronskog mlaza na ekranu vrši složeno kretanje uslijed djelovanja sile električnog polja F_x u pravcu x ose, i djelovanja sile električnog polja F_y u pravcu y ose. U bilo kojem trenutku položaj svijetle tačke na ekranu definiran je koordinatama

$$x = S_x U_x(t)$$
$$y = S_y U_y(t).$$

Jednačinu krive koju vidimo na ekranu dobijamo ako iz ove dvije jednačine eliminiramo parametar vrijeme t i dobijemo ovisnost

$$y = y(x).$$

Npr. neka su na ploče dovedeni naponi sinusnog i kosinusnog oblika, tj.

$$x = S_x U_x \cos(\omega \cdot t)$$
$$y = S_y U_y \sin(\omega \cdot t).$$

Eliminiranjem parametra t iz ovih jednačina (kvadriranjem i sabiranjem jednačina kako slijedi) se dobiti jednačina krive na ekranu, tj.

$$x^2 = \left(S_x U_x\right)^2 \cos^2(\omega \cdot t)$$
$$y^2 = \left(S_y U_y\right)^2 \sin^2(\omega \cdot t) \Rightarrow$$
$$\frac{x^2}{\left(S_x U_x\right)^2} = \cos^2(\omega \cdot t)$$
$$\frac{y^2}{\left(S_y U_y\right)^2} = \sin^2(\omega \cdot t) \Rightarrow$$
$$\frac{x^2}{\left(S_x U_x\right)^2} + \frac{y^2}{\left(S_y U_y\right)^2} = 1.$$

U ovom slučaju se na ekranu pojavljuje elipsa. Ako su $S_x = S_y$ i $U_x = U_y$ na ekranu ćemo imati kružnicu.

Vrlo često se javlja potreba da se na ekranu posmatra vremenska ovisnost nekog napona, tj.

$$y = y(t) \ .$$

Ovaj napon dovodimo na horizontalne pločice. Odredimo kakav napon trebamo dovesti na vertikalne pločice pa da se na ekranu pojavi slika koja prikazuje vremensku ovisnost $y = y(t)$.

Neka je, kao u gornjem primjeru

$$y = S_y U_{y0} \sin(\omega \cdot t).$$

Podesimo da se u horizontalnom pravcu svijetla tačka kreće tako da je

$$x = \omega \cdot t,$$

tj. da je skretanje u pravcu ose x proporcionalno vremenu. U tom slučaju će svijetla tačka na ekranu opisivati krivu

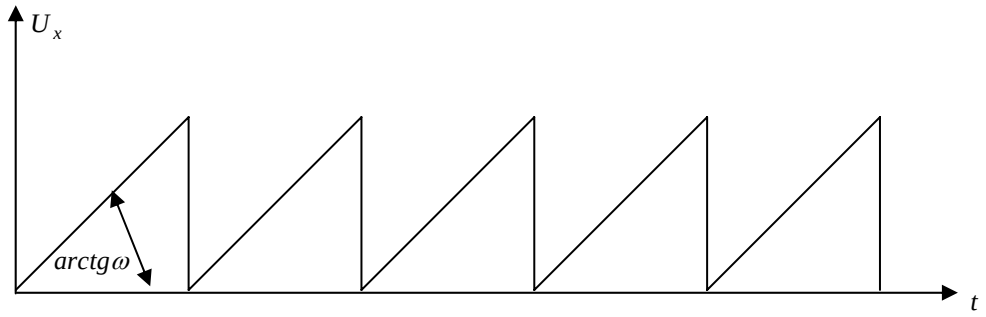
$$y = S_y U_{y0} \sin x = A \sin x.$$

Potrebno je odrediti napon kojeg ćemo dovesti na vertikalne pločice da bi se ostvarilo pomjeranje

$x = \omega \cdot t$. U koordinatnom sistemu $x - t$ to je prava linija nagnuta pod uglo $arctg(\omega)$ prema t – osi. Dakle, na pločice koje ostvaruju pomjeranje svijetle tačke na ekranu duž x ose (idući od lijeve strane ekrana ka desnoj strani) treba dovesti napon koji linearno raste sa vremenom. U trenutku kada svijetla tačka dođe na desni kraj ekrana, slika sa ekrana bi nestala ako se svijetli trag ne vrati u početni položaj i ne obnovi prethodno opisani ciklus. Radi toga treba da, u trenutku kada svijetli trag dospije do desnog kraja ekrana, napon trenutno opadne na nulu, a odmah nakon toga da nastavi da linearno raste sa vremenom po istom zakonu. Ukoliko na pločice koje ostvaruju pomjeranje svijetle tačke duž y ose dovedemo napon $U_y = U_{y0} \sin(\omega \cdot t)$ tačka će na ekranu da opisuje sinusnu funkciju. Da bi pojava bila vidljiva za čovjekovo oko, potrebno je da se ciklus ponovi minimalno 30 puta u jednoj sekundi tako da dobijamo utisak kontinuirane linije.

Napon $U_x = \omega \cdot t$ radi svog specifičnog oblika naziva se testerasti ili pilasti napon (Slika 3), a

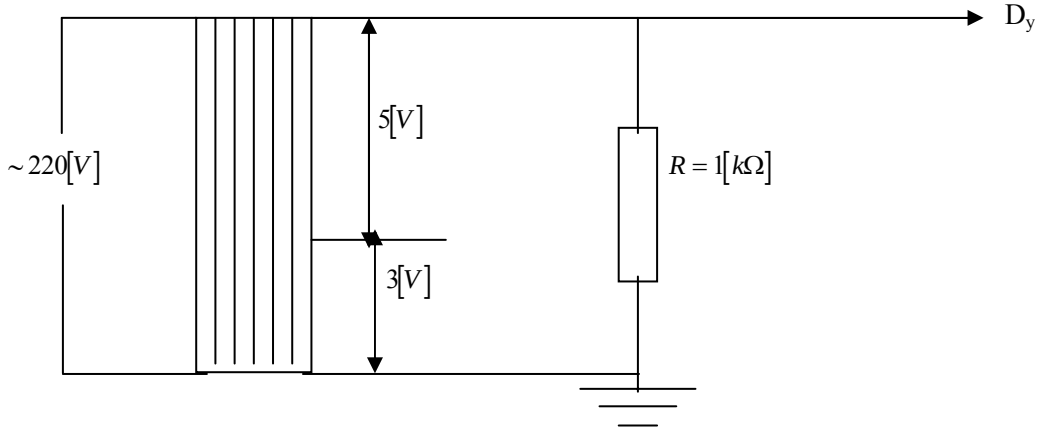
veoma često vremenska baza osciloskopa (uglavnom testerasti napon je već u sklopu samog osciloskopa tako da pri uključivanju osciloskopa na ekranu imamo svijetlu horizontalnu liniju a ne svijetlu tačku).



Slika 3 Testerasti (pilasti) napon

1. Posmatranje sinusnog napona

Primarni namotaj za zvonce priključiti na gradsku mrežu, a sekundarni na vertikalni otklonski sistem preko otpornika od $1[k\Omega]$ (Slika 4). Prvo uključiti napon sa amplitudom od $8[V]$ i reguliranjem vremenske baze postići na ekranu jednu sinusoidu. Reguliranjem vertikalnog pojačanja sinusoidu dovesti da padne tačno u markirani dio. Zatim uključiti napon od $5[V]$ i $3[V]$. Dobijene karakteristike nacrtati na milimetarskom papiru.



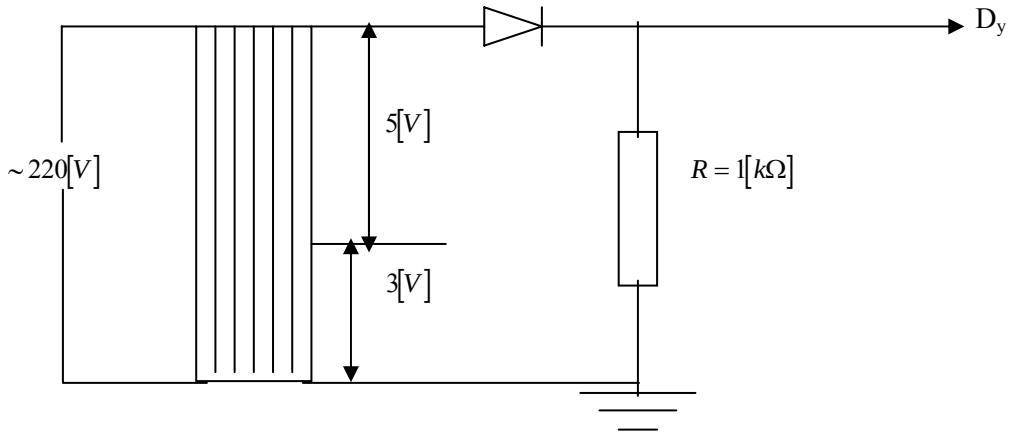
Slika 4 Shema za posmatranje sinusoide na osciloskopu

2.Posmatranje jednostruko ispravljenog napona

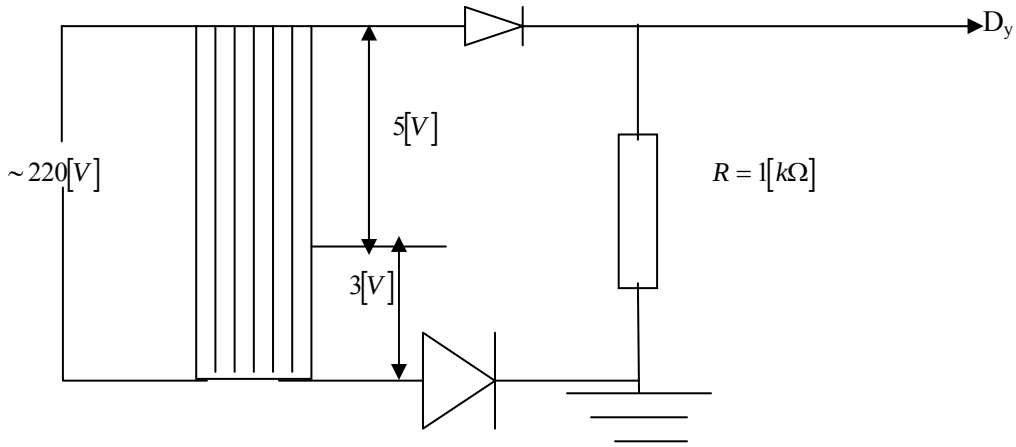
Kao ispravljač se koristi kristalna dioda koja ima to svojstvo da propušta struju u jednom smjeru, a u drugom smjeru ne propušta. Shema spajanja je data na Slici 5. Posmatrati jednostruko ispravljen napon od $8[V]$, $5[V]$ i $3[V]$. Dobijene krive nacrtati na milimetarski papir, te uočiti razliku između prvog i ovog drugog mjerenja.

3. Posmatranje dvostruko ispravljenog napona

Kolo spojiti kao na Slici 6. Dobijenu sliku nacrtati na milimetarski papir.



Slika 5 Shema za posmatranje jednostruko ispravljenog sinusnog napona na osciloskopu



Slika 6 Shema za posmatranje dvostruko ispravljenog sinusnog napona na osciloskopu