



LABORATORIUM
MIERNICTWA ELEKTRYCZNEGO

BADANIE
OSCYLOSKOPU ANALOGOWEGO

BADANIE OSCYLOSKOPU ANALOGOWEGO

1. Cel ćwiczenia:
Zapoznanie się z pomiarowymi zastosowaniami oscyloskopu katodowego.

2.1. Pomiar napięć i prądów:

Pomiar napięcia można przeprowadzić podając mierzone napięcie bezpośrednio na płytki odchylające lampy oscyloskopowej. Znając czułość płytek odchylających i mierząc wysokość obrazu na ekranie, obliczamy amplitudę napięcia mierzonego ze wzoru:

$$2U_m = S_V \cdot A$$

gdzie:

U_m - amplituda napięcia mierzonego;
S_V - czułość napięciowa płytek oscyloskopu;
A – wysokość obrazu na ekranie;

Przy pomiarze napięcia oscyloskopem należy pamiętać, że mierzy on wartości szczytowe napięć.

W przypadku pomiaru prądu stosujemy metodę pośrednią, polegającą na pomiarze napięcia na rezystancji wzorcowej. Jeżeli czułość samej lampy jest niewystarczająca, wówczas mierzone napięcie podajemy przez wzmacniacz odchylania pionowego bądź poziomego. Należy wówczas wykalibrować wzmacniacz, tzn. określić jego wzmocnienie.

Kalibrację wzmacniacza osi przeprowadza się najczęściej przy użyciu generatora napięcia prostokątnego. Przy płynnej regulacji wzmacniacza sposób postępowania jest następujący: po nagrzaniu oscyloskopu na wejście przykładamy napięcie o przebiegu prostokątnym i danej amplitudzie U_m. Aby ustawić czułość S_V na ekranie, powinniśmy otrzymać obraz o wysokości:

$$A = \frac{2U_m}{S_V}$$

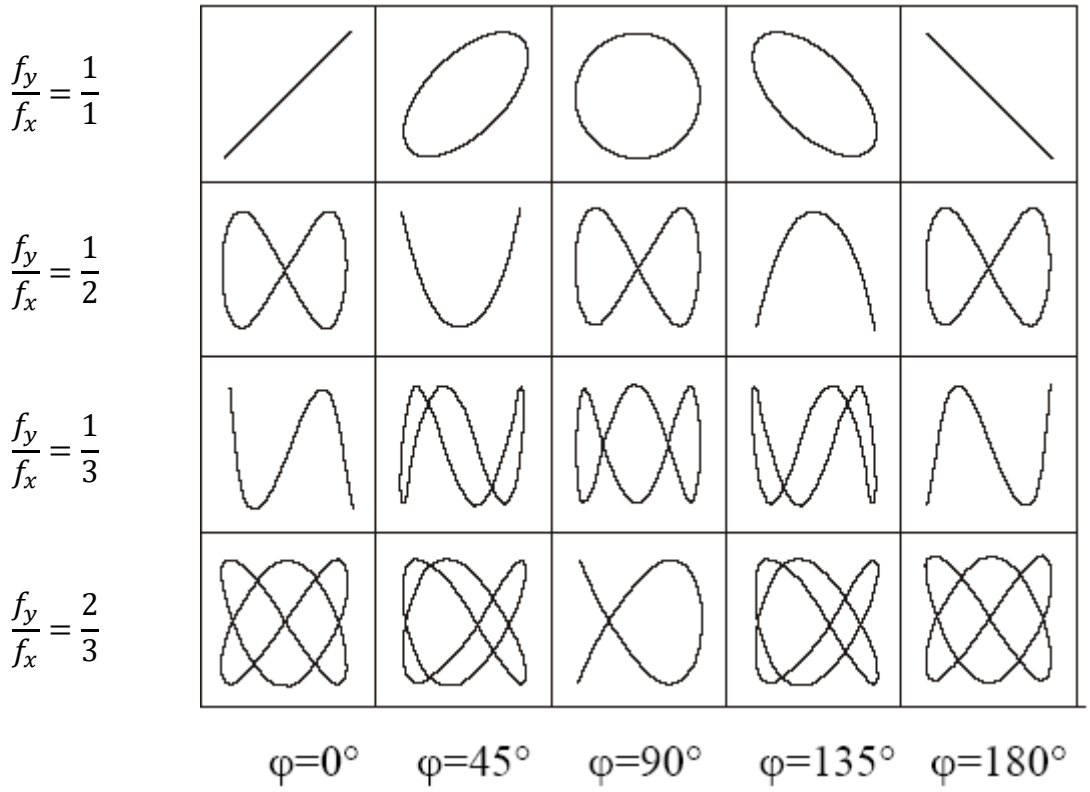
żądaną czułość ustawiamy za pomocą pokrętła regulacji wzmocnienia.

Na ogół większość nowoczesnych oscyloskopów posiada skokową, wielopozycyjną regulację wzmocnienia, przy czym na każdej pozycji jest określona czułość napięciowa. Oscyloskopy te mają wbudowany układ do kalibracji wzmocnienia. Instrukcje obsługi mówią szczegółowo o sposobie kalibracji wzmocnienia. Przy prawidłowej eksploatacji przyrządu zaleca się przeprowadzenie kalibracji około 1 raz w miesiącu.

2.2. a) Pomiar częstotliwości metodą krzywych Lissajous:

Gdy stosunek częstotliwości napięć U_1 do U_2 jest równy stosunkowi liczb całkowitych m/n, na ekranie oscyloskopu otrzymujemy figury Lissajous, na ogół o

złożonym kształcie. Niezależnie od amplitud i faz napięć odchylających od płytek, otrzymane figury mają stały stosunek liczby punktów stycznych z bokami prostokąta opisanego na danej figurze. Stosunek ten jest równy stosunkowi częstotliwości napięć odchylających (rys. 4).



Rys. 4. Przykłady figur Lissajous.

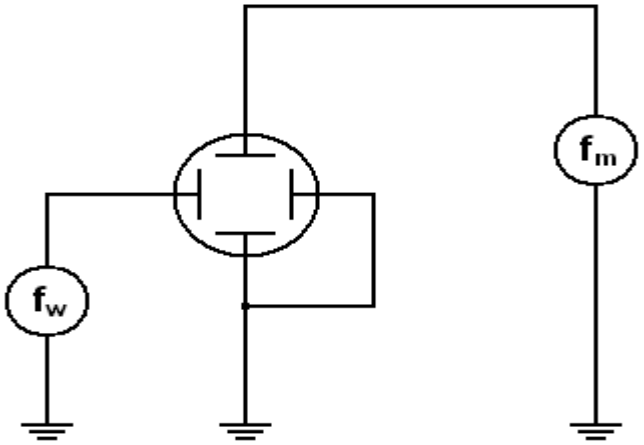
Bardzo często wygodniej jest określić stosunek częstotliwości przez ustalenie liczby punktów przecięć figury i prostych równoległych do osi x, y przeprowadzonych w dowolnych miejscach z wyjątkiem punktów węzłowych figury (rys. 5)



$\frac{f_y}{f_x} = \frac{1}{2}$ $\frac{f_y}{f_x} = \frac{3}{4}$

Rys. 5. Przykłady obliczania stosunku częstotliwości.

Pomiar częstotliwości za pomocą oscyloskopu odbywa się na zasadzie porównania częstotliwości wzorcowej z mierzoną. Napięcie o częstotliwości mierzonej f_m przykładamy na jedną parę płytek, a napięcie o częstotliwości wzorcowej- na drugą parę płytek (jak pokazano na rys. 6).



Rys. 6. Sposób przyłożenia napięć o częstotliwości f_m:f_w na płytki oscyloskopu.

W czasie pomiaru regulujemy w sposób ciągły częstotliwość f_w z generatora wzorcowego. Tak by otrzymać któraś z figur Lissajous. Następnie jedną z podanych metod wyznaczamy stosunek częstotliwości. Znając częstotliwość wzorcową, częstotliwość badaną f_m obliczamy ze wzoru:

$$f_m = f_w \cdot m$$

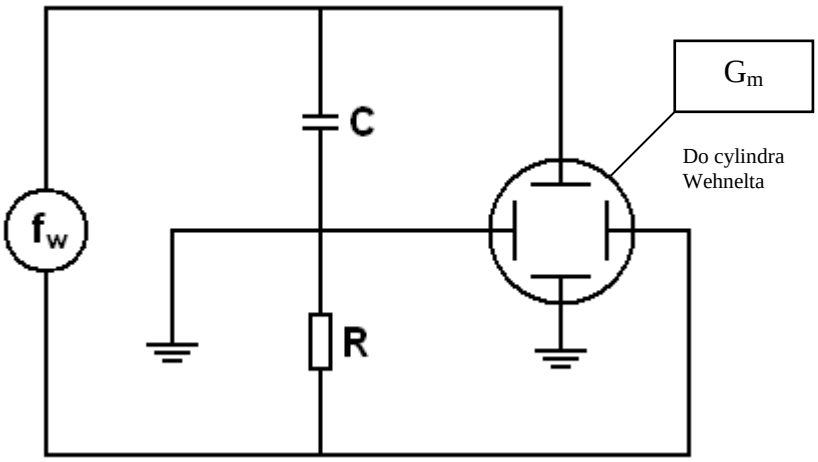
gdzie:

m - stosunek częstotliwości.

Jeżeli figura nie jest stacjonarna (przemieszcza się na ekranie), to znaczy, że istnieje pewna różnica między częstotliwością obliczoną ze wzoru, a częstotliwością mierzoną.

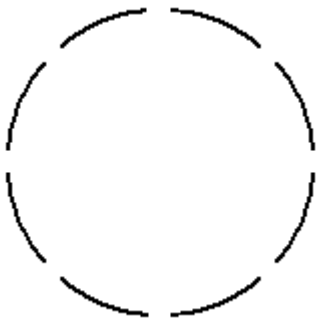
2.2. b) Pomiar częstotliwości przy zastosowaniu rozciągu kołowego:

Przy większym stosunku częstotliwości stosuje się rozciąg kołowy. Jeżeli do obu płytek odchylających przyłożymy napięcia sinusoidalne o tej samej częstotliwości f i amplitudzie, lecz przesunięte w fazie, to na ekranie otrzymamy okrąg. Praktyczny układ do otrzymywania rozciągu kołowego przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Układ do otrzymywania rozciągu kołowego.

Płytki oscyloskopu zasilane są z układu RC. Gdy $R = \frac{1}{\omega \cdot C}$, to obie amplitudy są równe i plamka przebieg po okręgu w czasie $T = \frac{1}{f_w}$, gdzie f_w – częstotliwość wzorcowa. Napięcie o częstotliwości mierzonej doprowadza się do cylindra Wehnelta. W lampach specjalnych, posiadających tzw. Elektrodę centralną, można wykorzystać tą elektrodę jako miejsce przyłożenia napięcia o częstotliwości mierzonej. W wyniku przyłożenia napięcia do cylindra Wehnelta, badana częstotliwość moduluje jaskrawość plamki. Napięcie o częstotliwości mierzonej uformowane w falę prostokątną, okresowo wygasza plamkę i na ekranie obserwujemy okrąg przerywany tyle razy, ile razy częstotliwość zmierzona jest większa od częstotliwości wzorcowej (rys. 8).



Rys. 8. Obraz na oscyloskopie przy rozciągu kołowym i przyłożeniu impulsów o stosunku częstotliwości f:8 do cylindra Wehnelta.

Dokładność obu metod pomiaru częstotliwości jest bardzo duża i zależy tylko ok. klasy generatora wzorcowego.

2.3. Pomiar różnicy częstotliwości:

Jeżeli figura Lissajous otrzymana na ekranie oscyloskopu przemieszcza się, oznacza to, że stosunek porównywanych częstotliwości nie jest liczbą całkowitą. W przypadku przemieszczającej się elipsy, gdy f_m różni się od f_w o kilka herców, łatwo da się wyznaczyć różnicę częstotliwości $\Delta f=(f_m-f_w)$. W przypadku, gdy napięcie U_x i U_y wynoszą odpowiednio:

$$u_x=U_{xm}\cdot\sin\omega_1 t=U_{xm}\cdot 2\pi ft$$

$$u_y=U_{ym}\cdot\sin\omega_2 t=U_{ym}\cdot\sin 2\pi(f+\Delta f)t$$

to wektor napięcia u_y wyprzedza wektor napięcia u_x o kąt ψ

$$\psi=2\pi\cdot\Delta f\cdot t$$

i różnica częstotliwości wyniesie

$$\Delta f=\frac{\psi}{2\pi t}$$

Gdy kąt ψ określimy jako wielokrotność k pełnych okresów $\psi=2k\pi$, a więc pełnych obrotów elipsy przypadających w ciągu sekundy, to

$$\Delta f=\frac{2k\pi}{2\pi t}=\frac{k}{t}$$

W celu wyznaczenia wartości różnicy częstotliwości Δf należy określić liczbę k pełnych okresów. Najwygodniej jest obserwować pojawienie się linii prostej na ekranie, odpowiadającej $\psi=0°$. Czas przemieszczania się elipsy odmierzamy sekundomierzem. W celu określenia znaku różnicy częstotliwości Δf należy w znanym kierunku regulować jedną z częstotliwości np. f_m. W przypadku, gdy ze wzrostem częstotliwości f_m różnica częstotliwości Δf maleje, to

$$f_m<f_w \qquad \text{i} \qquad f_m=f_w-\Delta f$$

Gdy ze wzrostem f_b różnica Δf wzrasta, to

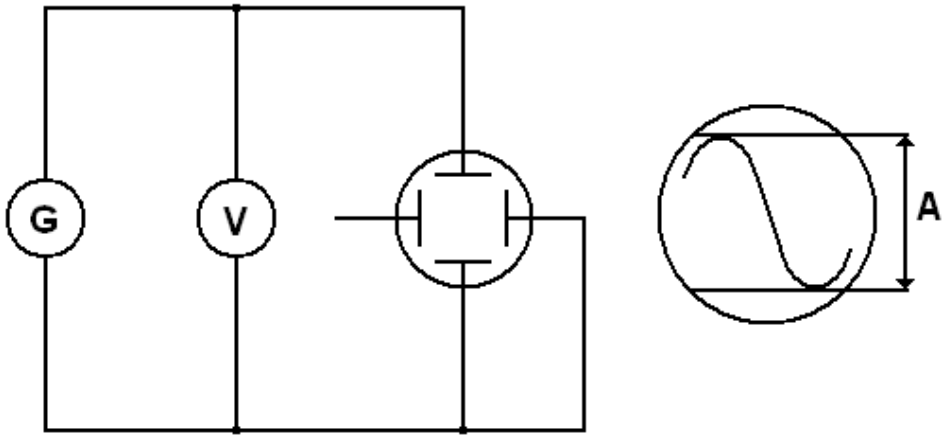
$$f_m>f_w \qquad \text{i} \qquad f_m=f_w+\Delta f$$

Stosunek częstotliwości f_w/f_m ze względu na trudności w odczycie nie może być większy niż 1:10.

2.1. Pomiar napięć i prądów:

Przeprowadzić kalibrację oscyloskopu i wyznaczyć czułość napięciową płytek odchylania pionowego S_V=…….

Zmontować układ pomiarowy, jak na rys. 8. i przeprowadzić pomiar napięcia generatora funkcyjnego, mierząc wysokość obrazu tego napięcia na ekranie oscyloskopu.



Rys. 8. Układ do pomiaru napięcia przy użyciu oscyloskopu.

V - woltomierz cyfrowy
G - generator funkcyjny

Należy rozumieć, że sygnały są podawane na płytki przez wzmacniacze A_x i A_y.

Tabela 1.

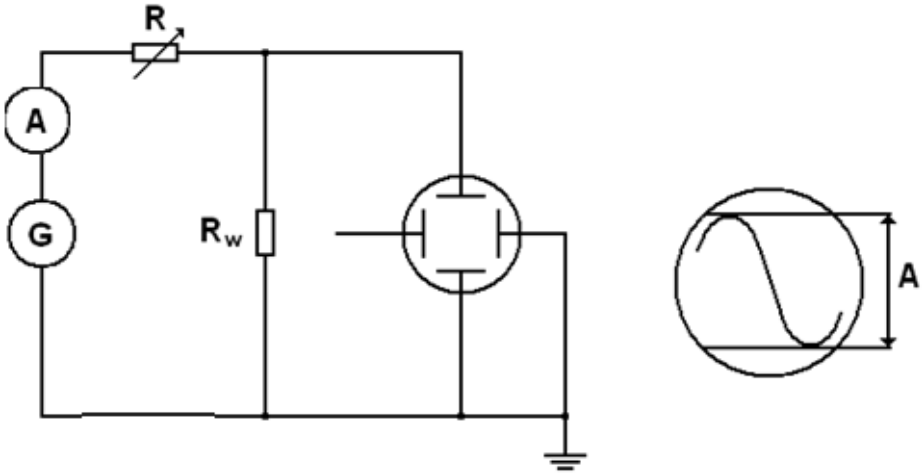
Lp.	**A**	**S_v**	**U_m**	**U_{mV}**	**τ**	**A_T**	**n**	**T**	**f**
	[div]	[V/div]	[V]	[V]	[s/div]	[div]	[-]	[s]	[Hz]
1.									
…									

A - wysokość obrazu;
S_V - czułość napięciowa płytek odchylania pionowego oscyloskopu;
U_m - amplituda napięcia obliczona na podstawie obrazu zaobserwowanego na ekranie oscyloskopu:

$$U_m = \frac{A \cdot S_V}{2}$$

U_{mV} - amplituda napięcia mierzona woltomierzem.
τ- podstawa czasu
n- ilość okresów
A_T- długość na ekranie n- okresów

Zmontować układ pomiarowy jak na rys. 9. i przeprowadzić pomiar prądu płynącego w obwodzie.



Rys. 9. Układ do pomiaru prądu przy użyciu oscyloskopu.

G - generator tranzystorowy RC;
A - miliamperomierz;
R_w - opornik wzorcowy

Tabela 2.

Lp.	A	S_v	I_m	I_{mA}	τ	A_T	n	T	f
	[div]	[V/div]	[mA]	[mA]	[s/div]	[div]	[-]	[s]	[Hz]
1.									
...									

I_m - amplituda prądu obliczona na podstawie obrazu zaobserwowanego na ekranie oscyloskopu;
I_{mA} – amplituda prądu mierzona miliamperomierzem.

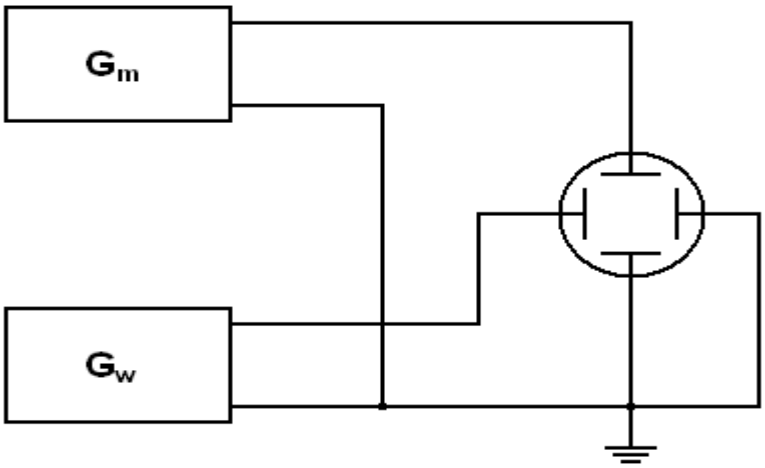
$$I_m = \frac{U_m}{R_W} = \frac{A \cdot S_V}{2 \cdot R_W}$$

τ- podstawa czasu
n- ilość okresów
A_T- długość na ekranie n- okresów

2.2. Pomiary częstotliwości:

2.2. a) metoda figur Lissajous:

Zmontować układ według schematu:



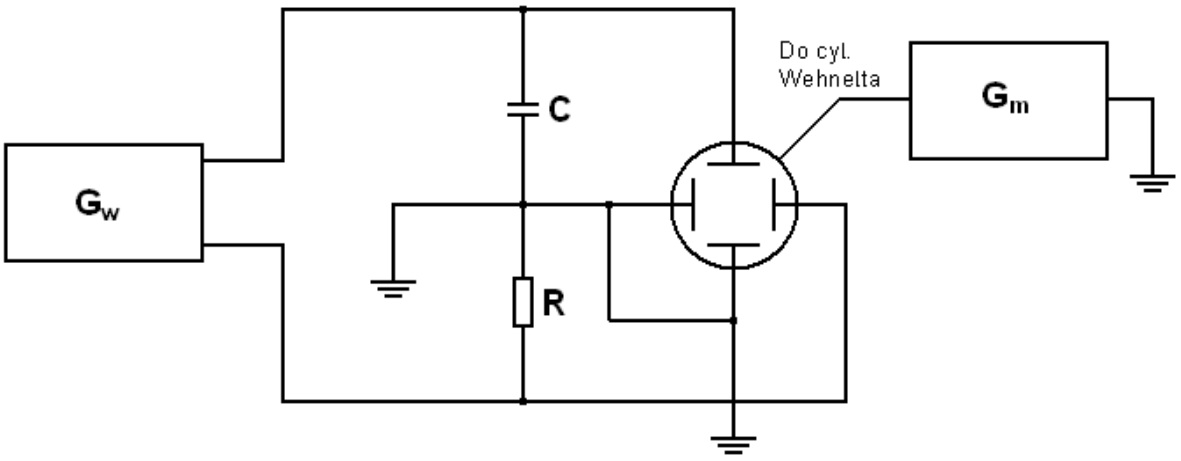
Rys. 10. Układ pomiarowy do otrzymywania figur Lissajous.

Narysować oscylogramy figur Lissajous dla podanych stosunków częstotliwości:

$$\frac{f_m}{f_w}=1; \qquad \frac{f_m}{f_w}=2; \qquad \frac{f_m}{f_w}=3; \qquad \frac{f_m}{f_w}=4;$$

2.2. b) przy zastosowaniu rozciągu kołowego:

Zmontować układ do otrzymywania rozciągu kołowego (rys. 11).



Rys. 11. Układ do otrzymywania rozciągu kołowego.

Do cylindra Wehnelta dołączyć generator częstotliwości badanej. Narysować oscylogramy dla podanych niżej częstotliwości:
f_m:f_w= 1:5; 1:10; 1:15; 1:20;

2.3. Pomiar różnicy częstotliwości:

Ustawić różnicę częstotliwości między generatorem badanym G_m i generatorem wzorcowym dla częstotliwości 1000, 10000, 15000 Hz. Wyniki pomiarów zanotować w tabeli 5.

Tabela 5.

Lp.	f_w	k	t	Δf	f_b
	[Hz]	-	[s]	[Hz]	[Hz]
1.					
2.					
3.					

$$\pm \Delta f = \frac{k}{t}$$

$$f_m = f_W \pm \overset{o}{\Delta} f$$

3. Literatura.

- Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A., Metrologia elektryczna, WNT, Warszawa 2013;
- Rydzewski J. : Pomiary oscyloskopem. WNT Warszawa, 1994.