

ĆWICZENIE 25

ZASTOSOWANIE OSCYLOSKOPU

Cel ćwiczenia

Ćwiczenie umożliwia poznanie podstawowych właściwości oscyloskopu, sposobów pomiarów parametrów oscyloskopu oraz zastosowań oscyloskopu w technice pomiarowej.

Program ćwiczenia:

1. Wiadomości wstępne.
 - 1.1. Budowa i działanie oscyloskopu.
 - 1.2. Podstawowe parametry oscyloskopu.
 - 1.3. Zastosowanie oscyloskopu w technice.

2. Wykonanie pomiarów.
 - 2.1. Badanie czułości oscyloskopu.
 - 2.2. Określanie rezystancji wejściowej oscyloskopu.
 - 2.3. Wyznaczanie charakterystyki częstotliwościowej oscyloskopu.
 - 2.4. Wyznaczanie charakterystyki diody.
 - 2.5. Pomiary przesunięcia fazowego.
 - 2.6. Pomiary mocy.

3. Uwagi i wnioski

1. Wiadomości wstępne

1.1. Budowa i działanie oscyloskopu

Oscyloskop umożliwia pomiary wielkości elektrycznych: napięcia, częstotliwości, czasu oraz innych wielkości elektrycznych i nieelektrycznych w specjalnych układach pomiarowych.

Główną częścią oscyloskopu jest lampa oscyloskopowa zbudowana w postaci rury próżniowej z ekranem. Wewnątrz lampy umieszczony jest układ elektrod, który formuje strumień elektronów w cienką wiązkę padającą na ekran pokryty od wewnątrz luminoforem. Budowę lampy przedstawia *rys.1*.

Układ formujący wiązkę elektronową złożony jest z termokatody żarzonej pośrednio, siatki sterującej S zwanej cylindrem Wehnelta oraz dwóch anod cylindrycznych A_1 i A_2 tworzących „soczewkę” elektronową. Pole elektryczne wytworzone przez wysokie napięcie stałe przyłożone do anod powoduje silne przyspieszenie elektronów i ogniskowanie wiązki na ekranie. Do siatki sterującej S doprowadza się potencjał ujemny względem katody. Regulacja napięcia siatki S umożliwia zmianę liczby elektronów przedostających się w kierunku anod, a tym samym intensywność świecenia plamki. Regulacja potencjału anody A_1 umożliwia zmianę ogniskowania wiązki elektronów, służy więc do regulacji ostrości plamki na ekranie. Anoda A_2 przyspiesza ruch elektronów, nadając im odpowiednią prędkość. Jest ona połączona z pokryciem grafitowym G bocznej części bańki, co umożliwia wychwytywanie i odprowadzenie elektronów odbitych od ekranu.

Możliwość oglądania przebiegów czasowych napięć zapewnia napięcie liniowo narastające podane na płytce X lampy przez układ generatora podstawy czasu. Zasadę powstawania obrazu przedstawia *rys.2*.

Nieruchomy obraz na ekranie powstaje, gdy częstotliwości napięć U_X i U_Y są jednakowe lub są wielokrotnościami. W tym celu moment wyzwania napięcia piłokształtnego w generatorze podstawy czasu musi być synchronizowany za pomocą badanego przebiegu lub też z zewnętrznego źródła synchronizacji.

W celu umożliwienia badania napięć o małych wartościach, obwody wejściowe X i Y są wyposażone w elektroniczne wzmacniacze pomiarowe umożliwiające obserwacje przebiegów napięć o wartości miliwoltów. Różne zakresy napięć wejściowych uzyskuje się przez stosowanie na wejściu dzielników napięcia.

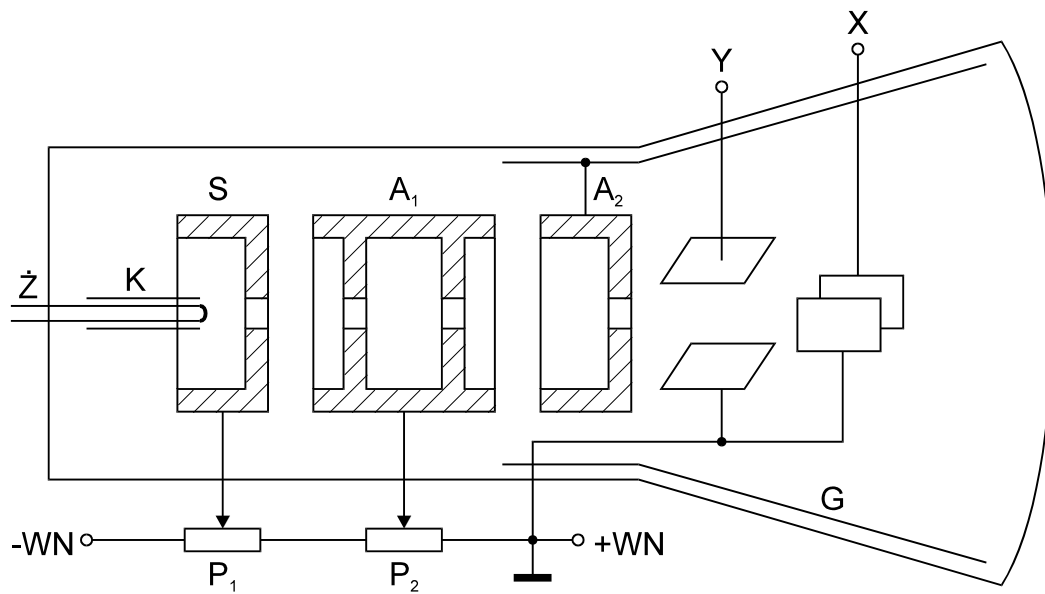
Schemat blokowy oscyloskopu przedstawia *rys.3*.

Napięcie U_Y doprowadza się do płytek Y przez dzielnik napięcia DN_Y i wzmacniacz pomiarowy W_Y . Na płytce X doprowadza się napięcie z generatora napięcia piłokształtnego GNP przy ustawieniu przełącznika P w pozycji 1. Ustawienie przełącznika w pozycji 2 daje możliwość doprowadzenia dowolnego przebiegu do płytek X poprzez dzielnik napięcia DN_X i wzmacniacz W_X . Układ UF formuje impulsy ujemne doprowadzone do siatki lampy w celu wygaszania plamki świetlnej w czasie powrotu promienia od prawej do lewej strony ekranu.

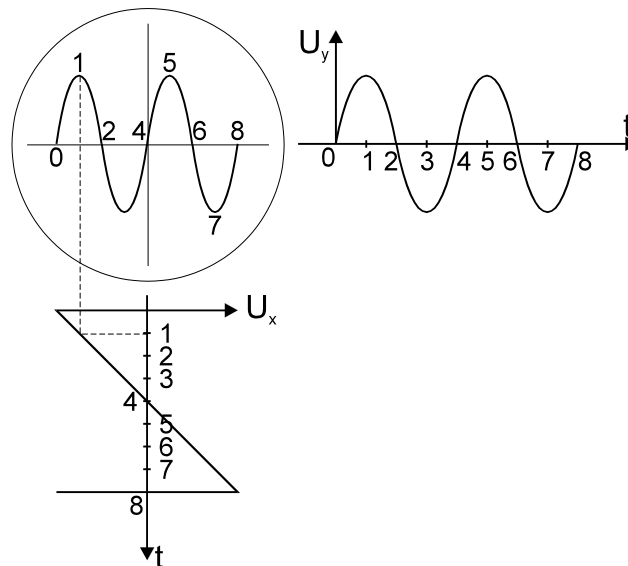
Oscyloskop jest zasilany z dwóch zasilaczy napięcia stałego:

Z_1 - zasilacz wysokonapięciowy zasila przez dzielnik DN elektrody lampy oscyloskopowej,

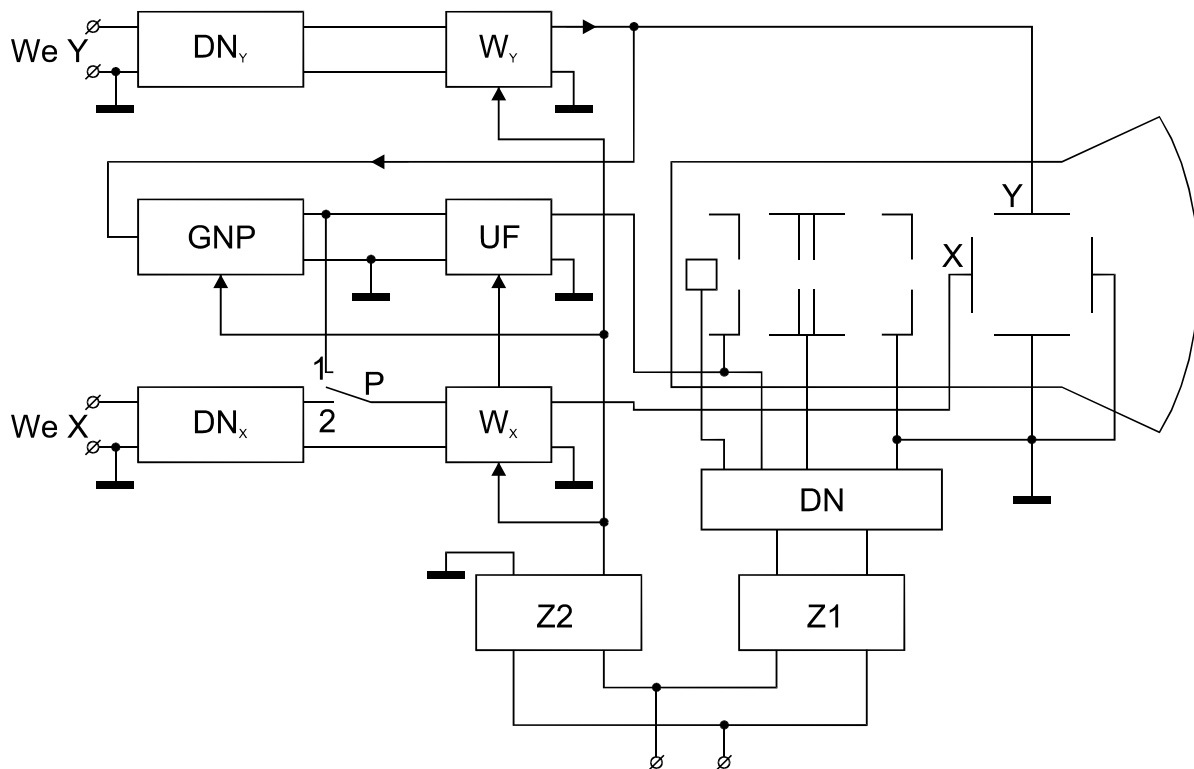
Z_2 - zasilacz niskonapięciowy zasila pozostałe układy oscyloskopu.



Rys.1. Budowa lampy oscyloskopowej.



Rys.2. Zasada powstawania obrazu.



Rys.3. Schemat blokowy oscyloskopu.

1.2. Podstawowe parametry oscyloskopu

O przydatności oscyloskopu jako narzędzia pomiarowego decydują jego podstawowe parametry: czułość układu wzmacniacz wejściowy - lampa oscyloskopowa, rezystancja wejściowa i charakterystyka częstotliwościowa wzmacniacza.

Napięcie doprowadzone do płyt Y lampy powoduje wytworzenie pola elektrycznego, które odchyła wiązkę elektronów na ekranie (rys.4). Zaobserwowane odchylenie wyraża się wzorem

$$H = \frac{1}{2} \frac{U_Y L l}{U_a a} \quad (1)$$

w którym:

U_y - napięcie odchylenia doprowadzone do płyt Y,

U_a - napięcie anody w stosunku do katody,

l - długość płyt odchyłających

L - odległość płyt od ekranu,

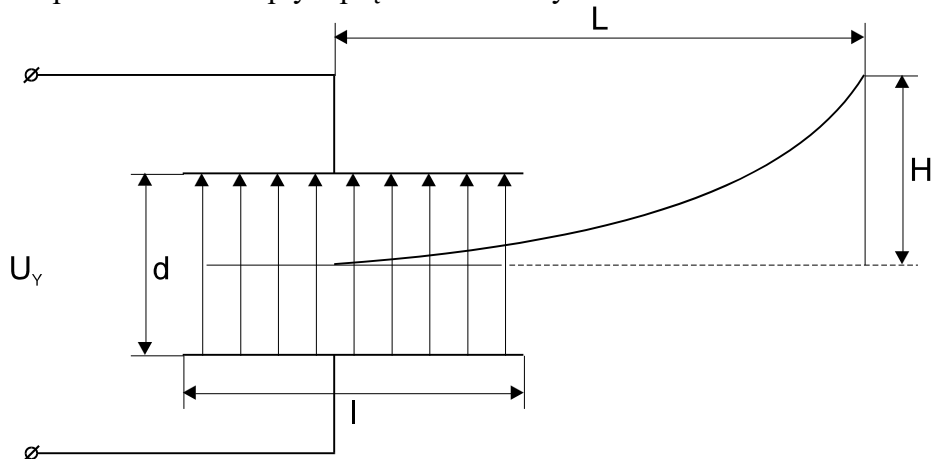
d - odległość między płytami odchyłającymi.

Czułość płyt odchyłających definiowana jest jako stosunek odchylenia do napięcia, które je spowodowało

$$S = \frac{H}{U_y} \quad (2)$$

Czułość jest definiowana oddzielnie dla każdej pary płyt (X i Y). Impedancja wejściowa oscyloskopu składa się zazwyczaj z rezystancji wejściowej około 1 MΩ i reaktancji

pojemności wejściowej (kilkadziesiąt pF). Dzięki temu oscyloskop używany do pomiarów w niewielkim stopniu zmienia rozptył prądów w badanym obwodzie.



Rys.4. Odchylenie wiązki elektronów w lampie oscyloskopu.

Rezystancję wejściową oscyloskopu możemy określić w prosty sposób w układzie pokazanym na rys.9.

Przy zamkniętym wyłączniku W odcinek świecący na ekranie

$$a_2 = k \cdot U \quad (3)$$

Przy otwartym wyłączniku W odcinek świecący na ekranie

$$a_1 = k \frac{U}{R + R_{WE}} R_{WE} \quad (4)$$

Stąd rezystancja wejściowa

$$R_{WE} = R \frac{a_1}{a_2 - a_1} \quad (5)$$

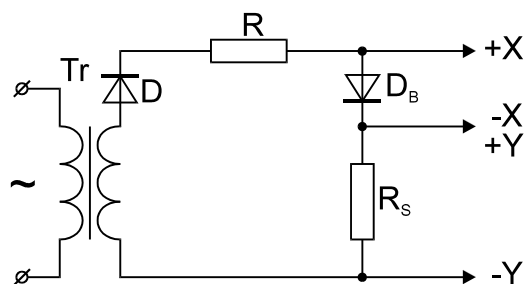
Wzmacniacz wejściowy powinien mieć charakterystykę częstotliwościową płaską w szerokim zakresie zmian częstotliwości. Pasma przenoszenia oscyloskopu jest określone przez 3 dB spadek wartości wzmocnienia. Jest ono ograniczone od góry przez wpływ pojemności i indukcyjności montażu oraz częstotliwości graniczne tranzystorów. Od dołu przy sprzężeniu stałoprądowym częstotliwość graniczna wynosi 0 Hz. Pasma przenoszenia typowych oscyloskopów wynosi do kilkudziesięciu MHz.

1.3. Zastosowanie oscyloskopu w technice pomiarowej

Oscyloskop jest szeroko stosowany w technice jako uniwersalne urządzenie pomiarowe. Niektóre jego zastosowania zostaną przedstawione poniżej.

A. Pomiar charakterystyk przyrządów półprzewodnikowych

Pomiar odbywa się w układzie przedstawionym na rys.5.



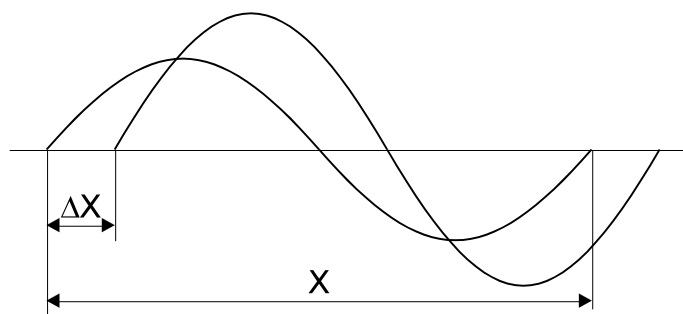
Rys.5. Układ do badania diod.

Elementy Tr, D, R dostarczają napięcie wyprostowane jednopółwkowo. Oscyloskop jest dołączony do układu w taki sposób, że napięcie na diodzie odchyła plamkę w prawo w osi poziomej (podstawa czasu wyłączona), a napięcie proporcjonalne do prądu diody pobierane z opornika R_s odchyła plamkę w osi pionowej. Na ekranie obserwujemy charakterystykę badanej diody D_B w kierunku przewodzenia.

B. Pomiar przesunięcia fazowego.

Pomiaru można dokonać używając oscyloskopu dwustrumieniowego. Po ustaleniu miejsca przejścia obu obserwowanych napięć przez zero (rys.6) kąt fazowy obliczamy ze wzoru:

$$\varphi = 360^\circ \frac{\Delta x}{x} \quad (6)$$



Rys.6. Pomiar kąta fazowego.

C. Pomiar mocy.

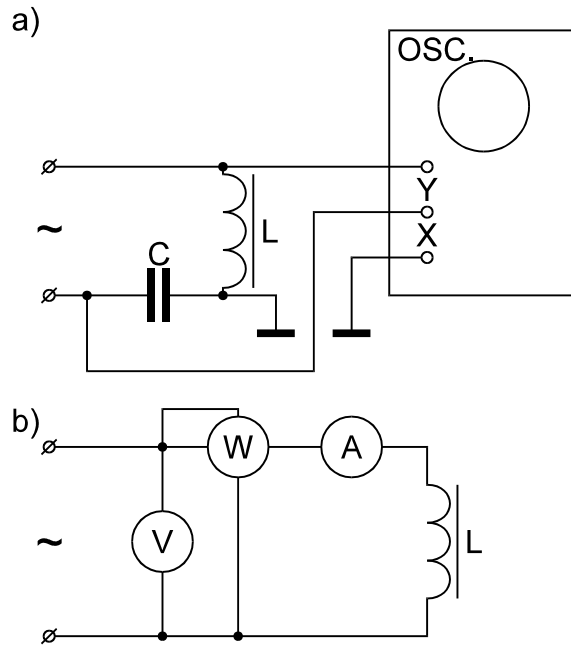
Pomiaru mocy w oscyloskopie dokonuje się w układzie przedstawionym na rys.7.

Pionowe odchylenie plamki na ekranie jest proporcjonalne do napięcia na impedancji obciążenia:

$$y = k_1 u_o \quad (7)$$

Poziome odchylenie jest proporcjonalne do wartości średniej prądu obciążenia:

$$x = k_2 u_c = k_2 \frac{1}{c} \int_0^t i_o dt \quad (8)$$



Rys.7. Układ do pomiaru mocy:
 a) za pomocą oscyloskopu
 b) za pomocą watomierza

Element powierzchni S zakreślonej przez plamkę w ciągu jednego okresu T przebiegu badanego i cała powierzchnia wyrażają się wzorami:

$$ds = ydx = \frac{k_1 k_2}{c} u_o i_o dt$$

$$s = \frac{k_1 k_2}{c} \int_0^T u_o i_o dt \quad (9)$$

Wartość średnia mocy czynnej wynosi:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u_o i_o dt \quad (10)$$

a zatem mierzona moc wynosi

$$P = \frac{SC}{k_1 k_2} \cdot \frac{1}{T} = kSCf \quad (11)$$

$$k_1 = \frac{1}{W_x \cdot 20}$$

$$k_2 = \frac{1}{W_y \cdot 20}$$

W_x, W_y - wzmacnienie $\left[\frac{V}{cm} \right]$

S - pole powierzchni narysowanej na ekranie przez plamkę $[cm^2]$

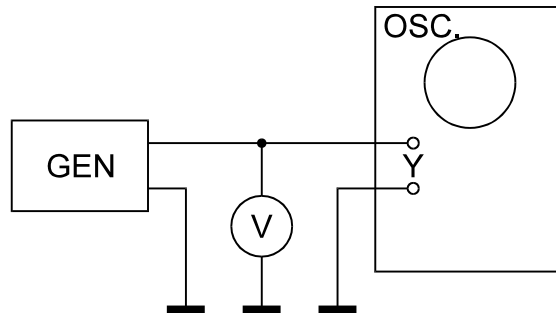
C - pojemność kondensatora $[F]$

f - częstotliwość napięcia zasilającego $\left[\frac{1}{s} \right]$

2. Wykonanie pomiarów

2.1. Badanie czułości oscyloskopu

W układzie połączeń z rys.8 przy wyłączonym generatorze podstawy czasu pomierzyć czułość oscyloskopu na wejściu Y i X. Zmierzoną czułość porównać ze wzmacnieniem wzmacniacza wejścia Y i X.



Rys.8. Układ do pomiaru czułości oscyloskopu.

Czułość obliczyć według wzoru

$$s = \frac{a}{U} \quad (12)$$

gdzie:

s - czułość w mm/V,

a - długość odcinka na ekranie,

U - wartość napięcia na wejściu oscyloskopu.

Wyniki pomiarów zanotować w tabeli 1.

Tabela 1.

Lp.	a	U	s
	[mm]	[V]	[mm/V]
1.			
2.			
3.			
4.			

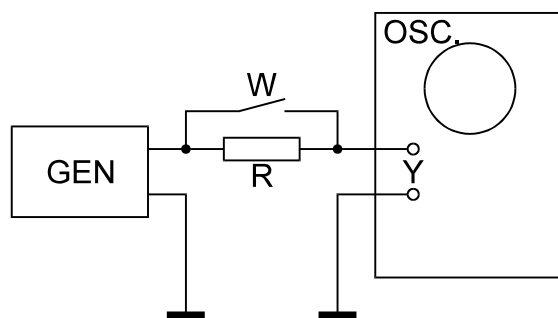
Przykładowo:

z pomiaru $a = 5 \text{ mm}$ i $U = 0,5 \text{ V}$ liczymy czułość $S = 10 \text{ mm/V}$, wzmacnienie oscyloskopu

$$k = \frac{1}{S} = 1 \text{ V}/10\text{mm} = 1 \text{ V/cm}$$

2.2. Określenie rezystancji wejściowej oscyloskopu

W układzie połączeń z rys.9 określić rezystancję wejściową oscyloskopu mierząc długość odcinka a_1 na ekranie przy otwartym wyłączniku W i a_2 - przy zamkniętym wyłączniku W. Pomiaru dokonać dla wejścia X i wejścia Y. Generator podstawy czasu należy wyłączyć.



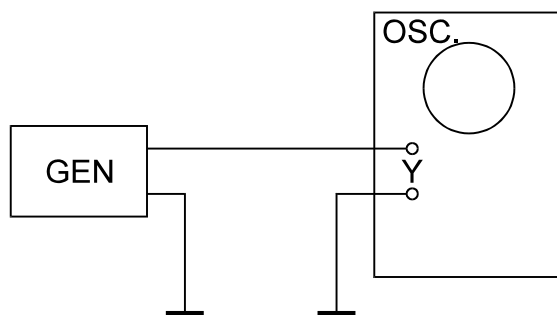
Rys.9. Układ do pomiaru rezystancji wejściowej oscyloskopu.

Rezystancję wejściową obliczyć z zależności

$$R_{we} = R \frac{a_1}{a_2 - a_1} \quad \text{gdzie } R=1M\Omega \quad (13)$$

2.3. Wyznaczenie charakterystyki częstotliwościowej oscyloskopu

W układzie połączeń z rys.10 pomierzyć długość odcinka na ekranie dla różnych częstotliwości przy stałej wartości napięcia wejściowego.



Rys.10. Układ do badania charakterystyki częstotliwościowej.

Wyniki pomiarów zanotować w tabeli 3.

Tabela 3.

f	MHz	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
a	mm										

Narysować charakterystykę częstotliwościową $k=f(f)$

2.4. Wyznaczenie charakterystyki diody

W układzie podanym na rys.5 zbadać charakterystykę diody prostowniczej. Wykresy uzyskanych charakterystyk zamieścić w sprawozdaniu podając współczynniki wzmocnienia dla obu osi wykresu. Przyjąć, że $R_s=1k\Omega$.

2.5. Pomiary przesunięcia fazowego

Używając oscyloskopu dwustrumieniowego, generatora i przesuwnika fazowego, dołączonych do wejść Y oscyloskopu pomierzyć przesunięcia fazowe między przebiegami w obu kanałach, jak na *rys.6*.

2.6. Pomiary mocy

W układzie podanym na *rys.7* dokonać pomiaru mocy cewki z rdzeniem stalowym. Ustawić $U_{zas}=220V$, $f=50Hz$.

UWAGA!

Pomiar należy wykonać w obecności prowadzącego ćwiczenie.

Otrzymane wyniki, po splanimetrowaniu powierzchni zakreślonej na ekranie oscyloskopu, należy porównać ze wskazaniem watomierza. Obliczyć błąd pomiaru zakładając, że wynik pomiaru za pomocą watomierza jest poprawny.

3. Uwagi i wnioski

Należy skomentować otrzymane wyniki pomiarów. Podać zauważone rozbieżności w stosunku do wiadomości teoretycznych oraz spróbować je wyjaśnić.