

Ćwiczenie nr 4

Zastosowania pomiarowe oscyloskopu

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z budową oraz zasadą działania oscyloskopu analogowego i cyfrowego a także ze sposobem wykonywania pomiarów za jego pomocą.

1. Wprowadzenie

Oscyloskop jest przyrządem umożliwiającym obserwację przebiegu. Za jego pomocą można także dokonać pomiarów parametrów sygnału oraz porównania dwóch sygnałów.

2. Podstawowe pojęcia

Amplituda jest to nieujemna wartość określająca wzmocnienie przebiegu okresowego. Amplituda A w przebiegach sinusoidalnych jest maksymalną wartością tego przebiegu:

$$y = A \sin(\omega t + \varphi)$$

W przypadku funkcji ze składową stałą, amplituda dotyczy tylko części okresowej:

$$y = A \sin(\omega t + \varphi) + B$$

Amplitudą w tym przypadku NIE JEST $A+B$, a tylko wartość A

Pojęcie amplitudy jest często mylone, jako różnica pomiędzy maksymalną a minimalną wartością przebiegu (według takiego opisu wynosiłaby $2A$). Tak definiowana jest **wartość międzyszczytowa**.

Częstotliwość określa liczbę cykli zjawiska okresowego występujących w jednostce czasu. W układzie SI jednostką częstotliwości jest herc (Hz). Częstotliwość 1 herca odpowiada występowaniu jednego zdarzenia (cyklu) w ciągu 1 sekundy.

$$f = \frac{1}{T}$$

gdzie;

T - okres

f - częstotliwość

Okres sygnału jest to czas trwania jednego cyklu.

Przesunięcie fazowe - jest to odległość między punktami o takiej samej fazie dwóch napięć okresowo zmiennych.

Składowa stała jest to wartość napięcia stałego dodana do przebiegu przemiennego.

Wzmocnienie - stosunek amplitudy sygnału wyjściowego do amplitudy sygnału wejściowego.

$$K_U = \frac{A_{wy}}{A_{we}}$$

Jeżeli wzmocnienie jest mniejsze od 1 to mamy do czynienia z tłumieniem sygnału. Znacznie częściej operujemy wzmocnieniem wyrażonym w decybelach (dB)

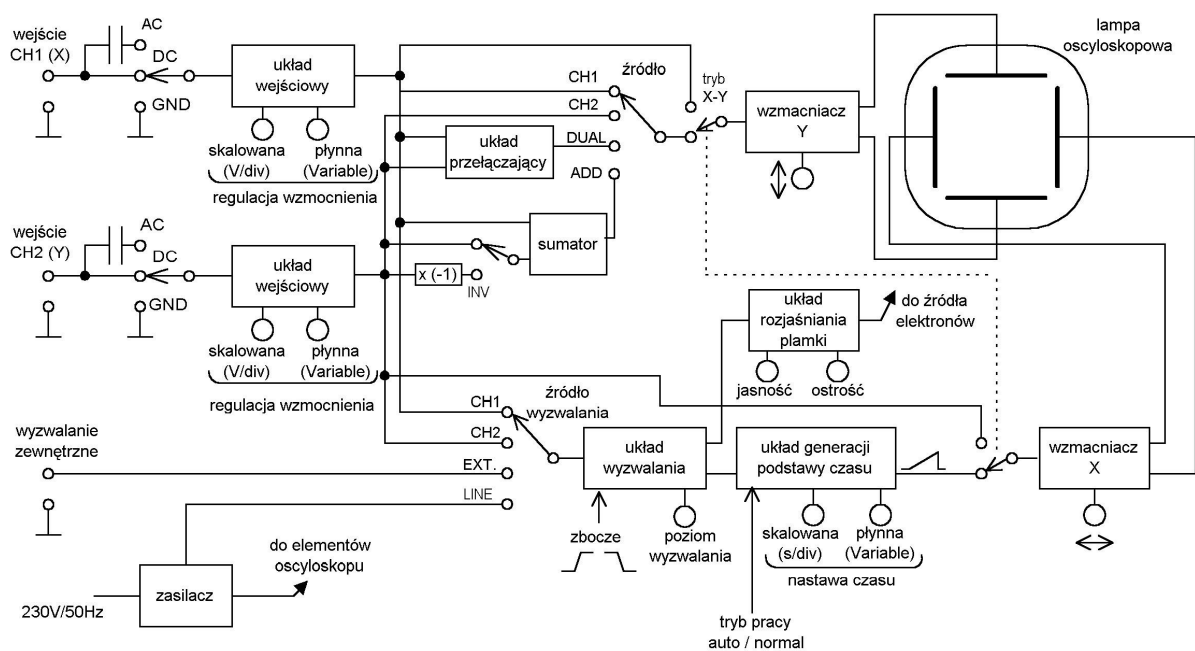
$$k_{dB} = 20 \log \frac{A_{wy}}{A_{we}}$$

3. Budowa oscyloskopu analogowego (katodowego)

Podstawowe bloki składowe oscyloskopu:

- tłumik wejściowy
- wzmacniacz odchylenia pionowego
- układ wyzwalania
- układ generacji podstawy czasu
- wzmacniacz odchylenia poziomego
- wzmacniacz modulacji jaskrawości
- lampa oscyloskopowa
- zasilacz niskiego i wysokiego napięcia

Schemat blokowy analogowego oscyloskopu dwukanałowego przedstawiony jest na rysunku 1.



Rys 1. Budowa oscyloskopu dwukanałowego

Sygnal wejściowy przechodzi przez przełącznik wyboru rodzaju mierzonego sygnału (AC/DC) i podawany jest na **tłumik** (opisany jako V/div) po czym dalej trafia do **wzmacniacza wejściowego**. Wzmacniacz odchylenia pionowego ma możliwość płynnej regulacji wzmacnienia wyprowadzonym do tego celu na przednią ścianę oscyloskopu pokrętkiem VARIABLE. Aby jednak móc skorzystać z wartości podanych przy przełączniku tłumika należy płynną regulację wzmacnienia ustawić w pozycji skalibrowanej (CAL). W przypadku gdy oscyloskop ma dwa kanały to te elementy występują osobno dla każdego z kanału.

W przypadku pracy jednokanałowej, z kanału pierwszego CH1, opisanego także Y, sygnał dalej podawany jest na **wzmacniacz odchylenia pionowego**, z którego wzmacniony, symetryczny sygnał podawany jest na płytki odchylenia pionowego lampy oscyloskopowej.

Do narysowania obrazu niezbędne jest także wysterowanie płyt odchylenia poziomego. W przypadku pracy oscyloskopu w trybie wyświetlania przebiegu wejściowego w funkcji czasu za odchylenie poziome odpowiedzialny jest układ **generacji podstawy czasu**. Wytwarza on piłokształtny przebieg, którego stromość narastania zależy od wybranego skokowo

współczynnika czasu. Możliwa jest także płynna regulacja szybkości narastania za pomocą pokrętki VARIABLE, jednak podobnie jak w przypadku wzmocnienia aby móc skorzystać ze skali czasu należy to pokrętko ustawić w pozycji skalibrowanej. Sygnał piłokształtny jest podawany na **wzmacniacz odchylenia poziomego**, na wyjściu którego także otrzymywany jest przebieg symetryczny podawany na płytki odchylenia poziomego. W czasie narastania przebiegu piłokształtnego na **wzmacniacz jaskrawości**, nazywany czasem wzmacniaczem Z, podawany jest stan wysoki. Ma to na celu rozświetlenie plamki na czas rysowania właściwego przebiegu i wygaszenie jej na czas powrotu do punktu początkowego. Z wzmacniacza jaskrawości jest wyprowadzona regulacja jasności (INTENSITY) umożliwiająca ustawienie jaskrawości obrazu dogodnej do obserwacji przebiegu.

W ogólnym przypadku rysowanie obrazu zaczynałoby się w dowolnej chwili czasowej co powodowałoby wyświetlanie obrazu nie nadającego się do obserwacji. Stabilny obraz byłby uzyskiwany tylko w przypadku startu podstawy czasu dokładnie zawsze w tym samym punkcie badanego przebiegu. Nie zawsze byłoby to możliwe bez **układu wyzwalań** (TRIGGER). Ten blok oscyloskopu jest odpowiedzialny za wystartowanie podstawy czasu zawsze w tym samym momencie badanego przebiegu. Możliwy jest wybór źródła przebiegu wyzwającego:

CH 1 – wyzwalać przebiegiem z kanału pierwszego,

CH 2 – wyzwalać przebiegiem z kanału drugiego,

LINE – wyzwalać częstotliwością sieci,

EXTERNAL – wyzwalać przebiegiem zewnętrznym doprowadzonym do osobnego wejścia.

Oprócz wyboru źródła sygnału wyzwającego jest możliwość zadania poziomu wyzwalań, czyli poziomu od którego przebieg będzie rysowany. Jeżeli poziom wyzwalań jest niższy lub wyższy od poziomu badanego przebiegu nie jest możliwe poprawne wyzwolenie przebiegu.

Układ wyzwalań może pracować w dwóch trybach. W trybie AUTO podstawa czasu jest generowana cały czas, bez względu na synchronizację przebiegu. W trybie NORMAL podstawa czasu generowana jest tylko w przypadku zapewnienia poprawnych warunków wyzwalań. W przypadku gdy nie są spełnione warunki poprawnego wyzwalań w trybie pracy AUTO zaobserwujemy płynący przebieg lub kilka przebiegów nałożonych na siebie, w trybie pracy NORMAL ekran będzie pusty.

Większość współczesnych oscyloskopów ma możliwość pracy dwukanałowej. Daje to możliwość obserwacji dwóch sygnałów równocześnie np. na wejściu i wyjściu układu badanego. Praca dwukanałowa polega na szybkim przełączaniu kanałów między i wyświetlaniu ich na ekranie. Dostępne są dwa tryby pracy siekana (CHOP) i przełączana (ALT). Praca przełączana polega na podawaniu na ekran najpierw sygnału z jednego kanału, potem sygnału z drugiego kanału. W przypadku pracy siekanej na ekran są naprzemiennie podawane sygnały z obu kanałów, z tym, że przełączanie odbywa się podczas procesu wyświetlania przebiegu na ekranie. Praca CHOP nadaje się lepiej dla dużych częstotliwości, ALT dla małych.

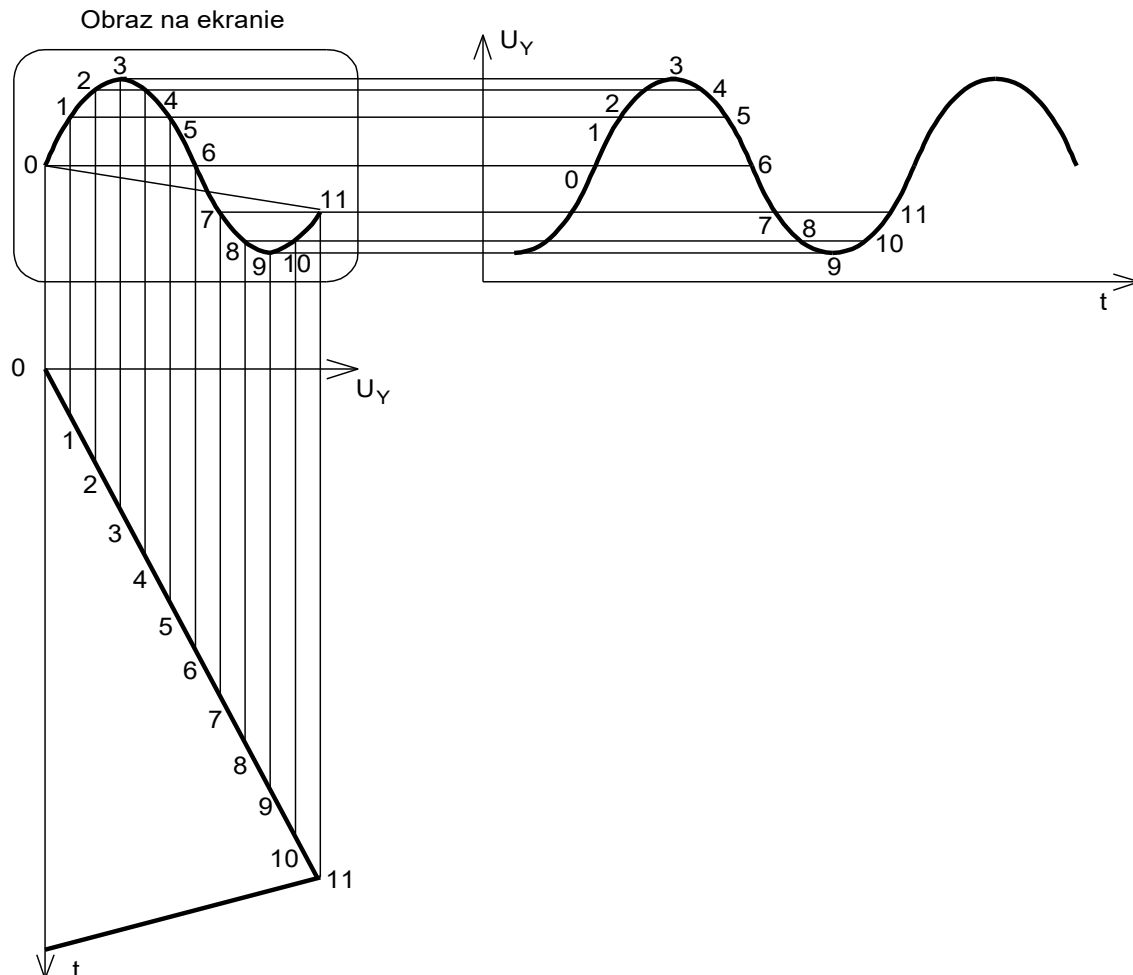
W przypadku pomiarów dwukanałowych jest możliwość dodawania przebiegów do siebie. Jest to praca w trybie ADD. Ta właściwość jest szczególnie cenna w przypadku gdy musimy wykonać pomiar pomiędzy dwoma punktami nieziemiowymi. W tym przypadku dodajemy do siebie sygnały z obu wejść, jeden odwrócony (INV). Na ekranie otrzymamy obraz sygnału w kanale drugim względem kanału pierwszego, czyli kanał pierwszy będzie punktem odniesienia.

W przypadku oscyloskopów dwukanałowych możliwa jest także praca w trybie XY. Polega to na odłączeniu podstawy czasu i podania na wejście wzmacniacza odchylenia poziomego sygnału z kanału drugiego.

Całość oscyloskopu zasilana jest z zasilacza, który oprócz dostarczania napięć niskich do zasilania układów wzmacniaczy musi także dostarczać napięć wysokich potrzebnych do pracy lampy oscyloskopowej. Zasilacz wysokiego napięcia ma wyprowadzoną regulację napięcia przyspieszającego elektrony służącą do regulacji ostrości (FOCUS).

4. Powstawanie obrazu

Sposób powstawania obrazu przedstawia schematycznie rysunek 2.



Rys 2. Powstawanie obrazu

Aby na ekranie można było zaobserwować sygnał zmienny potrzebne jest jednoczesne oddziaływanie na strumień elektronów dwóch sił. W kierunku pionowym plamka jest odchylana proporcjonalnie do mierzonego sygnału, a w kierunku poziomym odchylenie musi być wprost proporcjonalne do czasu, co można uzyskać poprzez doprowadzenie do płyt odchylenia poziomego napięcia narastającego liniowo w funkcji czasu. Po osiągnięciu przez plamkę prawego skrajnego położenia musi ona wrócić do początku co osiąga się poprzez zmniejszenie napięcia do wartości początkowej. Na płyty odchylenia poziomego podawany więc jest sygnał piłokształtny, a rysowana przez niego linia nazywana jest liniową podstawą czasu lub rozciąganiem liniowym..

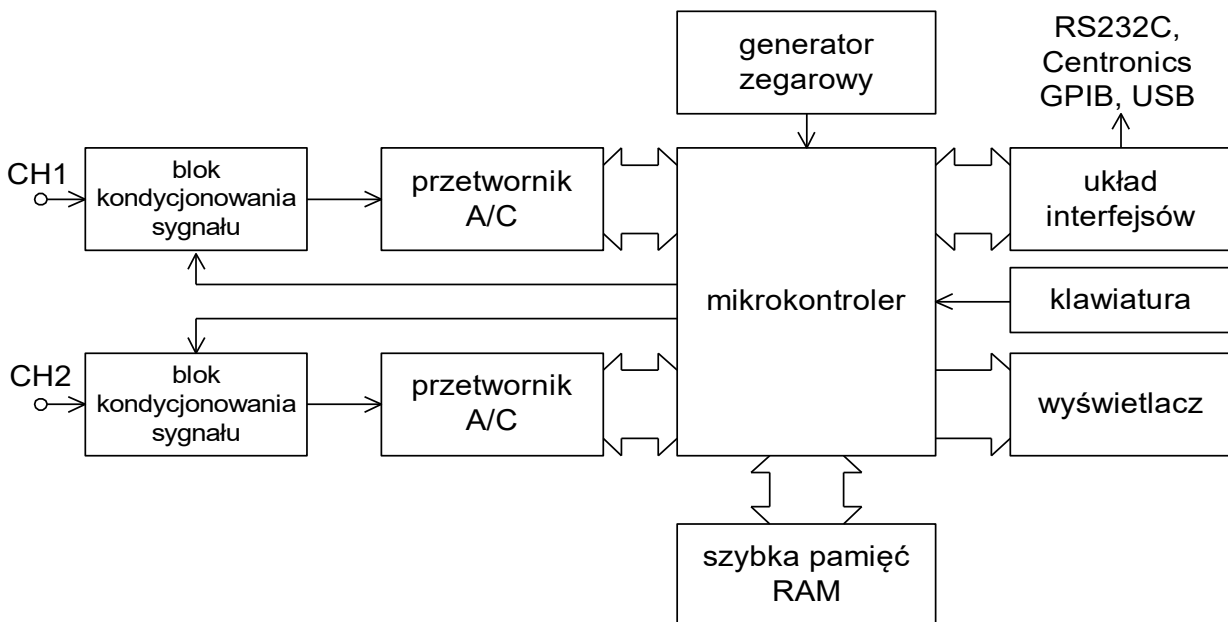
Podczas liniowego narastania napięcia plamka przesuwa się w prawo wzdłuż osi X. Ten ruch nazywany jest ruchem roboczym. Powrotny ruch odbywa się z pewną skończoną prędkością, zwykle większą niż podczas ruchu roboczego co powodowałoby narysowanie w tym czasie fragmentu przebiegu. Dlatego też w czasie powrotu plamka jest wygaszana co jest

wykonywane poprzez doprowadzenie ujemnego impulsu napięciowego do siatki pierwszej lampy oscyloskopowej.

Obserwacja przebiegu będzie możliwa wtedy, gdy obraz będzie pojawiał się wielokrotnie w tym samym miejscu, co można uzyskać gdy napięcie piłokształtne będzie powtarzać się zgodnie z doprowadzonym sygnałem. Zgodność wzajemnego zsynchronizowania się sygnału podstawy czasu i sygnału mierzonego jest warunkiem koniecznym do nakładania się kolejnych obrazów a więc i powstawania nieruchomego dla obserwatora obrazu. Synchronizację tą zapewniają w oscyloskopie układy synchronizacji i wyzwalania.

5. Oscyloskop cyfrowy

Oscyloskop cyfrowy oferuje znacznie bardziej rozbudowane funkcje pomiarowe w stosunku do oscyloskopu analogowego. Oprócz klasycznego wyświetlania na ekranie możliwy jest pomiar podstawowych wielkości sygnału (amplitudy, częstotliwości, wartości skutecznej, wartości średniej) oraz bardziej skomplikowane operacje matematyczne (transformata Fouriera FFT). Możliwy jest także bezpośredni pomiar między wybranymi punktami przebiegu za pomocą kursorów.



Rys. 3. Uproszczony schemat blokowy oscyloskopu cyfrowego

Uproszczony schemat oscyloskopu cyfrowego przedstawiony jest na rysunku. Sygnał z wejść kanału pierwszego lub drugiego trafia do układu kondycjonowania. Zbudowany jest podobnie do układu wzmacniaczy i tłumików wejściowych oscyloskopu analogowego. Zadaniem układu kondycjonowania jest dostosowanie poziomu sygnału do wejść przetwornika analogowo-cyfrowego. Sygnał po przetworzeniu podawany jest na wejście mikrokontrolera i zgodnie z zadanymi parametrami sygnał próbkowany zapisywany jest w pamięci RAM a następnie wyświetlony na ekranie. Sam ekran może być matrycą LCD monochromatyczną lub kolorową jednak czasem można spotkać oscyloskopy cyfrowe z klasycznym ekranem CRT. Podobnie jak w oscyloskopie analogowym stabilne wyświetlanie przebiegu wymaga odpowiedniego dobrania parametrów układu wyzwalania. Za pomocą kursora widocznego na ekranie należy ustawić odpowiedni poziom wyzwalania (znajdujący się na badanym przebiegu) oraz w ustawieniach wybrać typ synchronizacji z przebiegiem badanym (zбочem narastającym lub opadającym). Można skorzystać także z funkcji AUTOSSET umożliwiającej

dobranie nastaw oscyloskopu tak, aby przebieg był wyświetlany stabilnie – jednak nie zawsze taki przebieg nadaje się od razu do dalszej analizy. W wielu oscyloskopach można wybrać rodzaj działania funkcji AUTOSET – czy nastawy mają być dobrane tak aby był wyświetlany w przybliżeniu jeden okres badanego przebiegu czy też kilka okresów w zależności od potrzeb.

Obecność pamięci zebranych próbek przebiegu daje możliwość pracy układu wyzwalania jeszcze w trybie ONE SHOOT niedostępnym w klasycznych oscyloskopach analogowych. Ten tryb pracy jak sama nazwa wskazuje wyzwala oscyloskop na jeden pomiar po przekroczeniu wartości zadanej przez poziom wyzwalania. Daje to możliwość obserwacji przebiegów nieokresowych np. w układach cyfrowych odpowiedź na linii danych po określonym wymuszeniu. Oscyloskop po zarejestrowaniu przebiegu przechodzi w tryb pauzy i pozostawia zarejestrowany przebieg na ekranie.

Zapamiętane próbki mogą być także w tej postaci przesłane do komputera lub na drukarkę dlatego też oscyloskopy cyfrowe wyposażane są w interfejsy do komunikacji (RS-232C, Centronics lub w nowszych rozwiązaniach USB). Bardziej rozbudowane rozwiązania mogą posiadać wbudowany komputer i zapisywać dane na dysku twardym lub na dyskietce. Daje to duże możliwości w zakresie przetwarzania uzyskanych danych, ich dalszej obróbki czy wykorzystania w systemach pomiarowych.

Ograniczenia oscyloskopu cyfrowego wynikają głównie z rozdzielczości przetworników analogowo -cyfrowych (zwykle 8 bitów) co wpływa na dokładność odtwarzania sygnału na ekranie i w zapisanych próbkach. Ważnym ograniczeniem jest częstotliwość próbkowania – zgodnie z twierdzeniem Shanona powinna być co najmniej dwa razy wyższa niż najwyższa częstotliwość w przebiegu badanym inaczej przebieg zostanie odtworzony z błędami (zjawisko aliasingu). Ograniczenie na górną częstotliwość przebiegu wynika jeszcze także z innych zjawisk – podobnie jak w oscyloskopie analogowym wzmacniacze wejściowe mają ograniczone pasmo przenoszenia i dla wyższych częstotliwości ich wzmocnienie jest niższe. Innym ograniczeniem jest szybkość pamięci rejestrujących przebieg – daje to dodatkowo zmniejszenie szybkości próbkowania aby można było zapamiętać wszystkie wartości poprawnie.

6. Pomiary oscyloskopem

6.1. Pomiary jednokanałowe

6.1.1. Pomiar napięć stałych i zmiennych

W przypadku pomiaru napięć stałych jako obraz otrzymamy poziomą linię przesuniętą, w zależności od wartości napięcia, względem położenia zerowego. W tym przypadku stosowanie oscyloskopu nie jest uzasadnione, ponieważ pomiaru możemy dokonać woltomierzem.

Znacznie bardziej interesująca jest obserwacja i pomiar sygnałów zmiennych. Wtedy na ekranie oscyloskopu można obserwować przebieg wartości chwilowej napięcia w czasie. Aby móc dokonywać obserwacji przebiegów okresowych należy odpowiednio dobrać nastawę podstawy czasu w zależności od częstotliwości mierzonego sygnału. Dobrze dobrana podstawa czasu powinna umożliwić nam obserwację stabilnego obrazu jednego lub kilku okresów sygnału mierzonego. Należy także ustawić odpowiednią wartość tłumienia wejścia tak, aby można było obserwować sygnał na całym ekranie. W przypadku przebiegów ze składową stałą istotne jest ustawienie wejścia do pomiarów napięć stałych (DC) lub zmiennych (AC). W przypadku pracy AC w tor wejścia włączony jest kondensator odcinający składową stałą sygnału.

Aby uzyskać maksymalnie dokładny pomiar należy przestrzegać następujących zasad:

- obraz mierzonego przebiegu powinien zająć maksymalną możliwą wysokość ekranu,

- obraz na ekranie powinien być dobrze zogniskowany,
- grubość linii powinna zostać wyeliminowana poprzez odczyt wartości zawsze przy tej samej krawędzi tj. w kierunku poziomym lewej lub prawej, a w kierunku pionowym dolnej lub górnej,
- oscyloskop powinien być skalibrowany (pozycje płynnych nastaw w pozycji CAL) oraz stosowany w warunkach zgodnych ze znamionowymi (dotyczy to także wstępnego wygrzania),
- sonda powinna być skalibrowana jeżeli posiada taką możliwość
- sonda powinna być łączona jak najkrócej do punktów pomiarowych, ważne jest właściwe wybranie punktu połączenia przewodu odniesienia,
- należy pracować w zakresie pasma przenoszenia wzmacniacza wejściowego.

Przy podłączaniu oscyloskopu do źródła sygnału należy najpierw podłączać zacisk odniesienia a potem zacisk pomiarowy. Przy spodziewanym przebiegu o dodatniej składowej stałej względem zacisku odniesienia linię odchylenia pionowego ustawia się na dole ekranu a przy ujemnym na górze.

6.1.2 Pomiar czasu i okresu sygnału metodą bezpośrednią

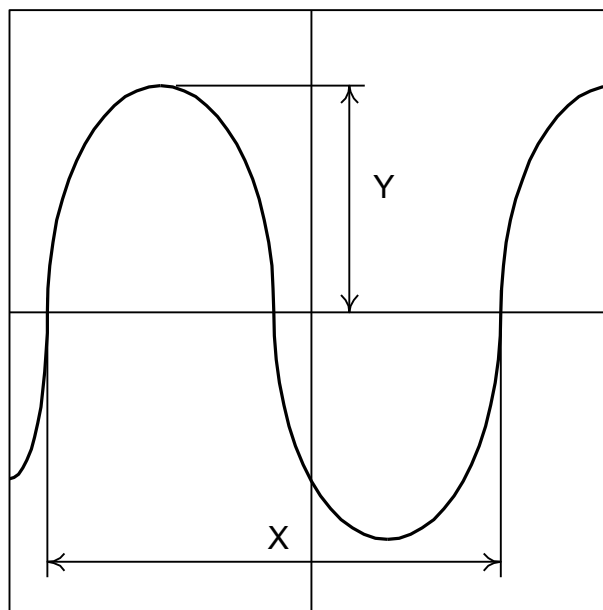
Pomiar czasu metodą bezpośrednią polega na odczytaniu odległości l_x pomiędzy dwoma punktami przebiegu i pomnożeniu tej odległości przez wartość podstawy czasu:

$$\Delta t = l_x * C_{tx}$$

W przypadku gdy oscyloskop ma płynną regulację podstawy czasu należy pamiętać aby uwzględnić aktualnie nastawiony współczynnik rozszerzenia.

Źródłami błędów w tej metodzie są:

- niedokładność odczytu odległości l_x
- trudności określenia dokładnych punktów przebiegu (np. punktu przejścia przez zero)
- niedokładność generatora podstawy czasu



Rys.3. Pomiar amplitudy i okresu sygnału

Zgodnie z oznaczeniami z rysunku amplituda sygnału ma wartość:

$$A=Y*C_{Ty}$$

Okres sygnału wyrazić można:

$$T=X*C_{Tx}$$

A częstotliwość:

$$f = \frac{1}{T}$$

gdzie:

A - amplituda

T - okres

f - częstotliwość

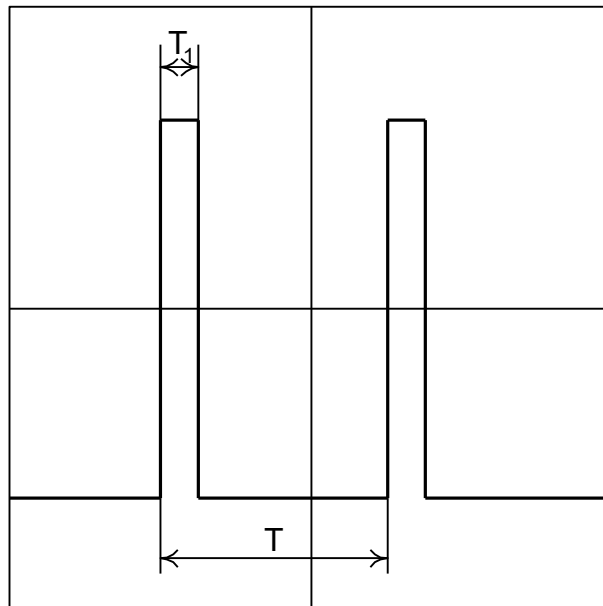
C_{Ty} - czułość wejścia odchylenia poziomego [V/działkę]

C_{Tx} - podstawa czasu [s/działkę]

X,Y - odległości w działkach zmierzone zgodnie z rysunkiem 3.

Zaletą tej metody jest prostota oraz możliwość zmierzenia okresu sygnałów nieregularnych natomiast poważną wadą duża niedokładność w stosunku do możliwości innych przyrządów pomiarowych. W przypadku oscyloskopów cyfrowych do wyznaczania odległości można wykorzystać kursory.

6.1.3 Pomiar współczynnika wypełnienia



Rys. 4. Pomiar współczynnika wypełnienia

Współczynnik wypełnienia wyraża się zależnością:

$$k_w = \frac{T_1}{T}$$

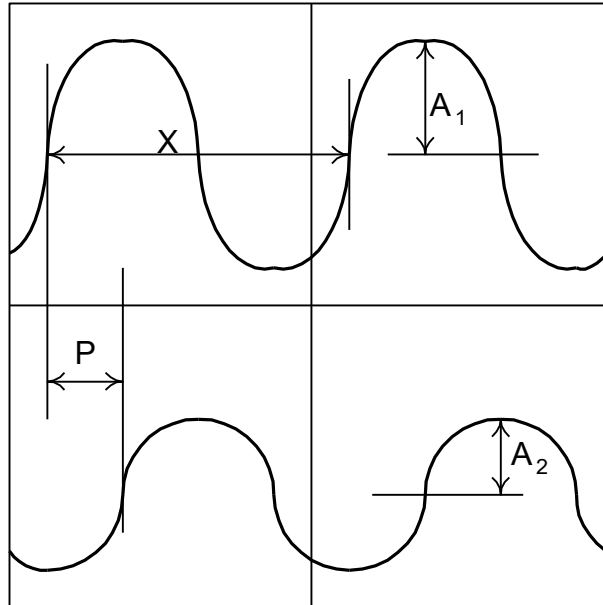
gdzie:

k_w - współczynnik wypełnienia

T_1, T - odległości odczytane zgodnie z rysunkiem 8.

6.2 Pomiary dwukanałowe

6.2.1 Pomiar wzmocnienia i przesunięcia fazowego



Rys..5. Pomiar wzmocnienia i przesunięcia fazowego

Przesunięcie fazowe można wyznaczyć z następującej zależności:

$$\varphi = \frac{P}{X} 360^\circ$$

Znacznie prościej jest rozciągnąć przebieg za pomocą płynnej regulacji podstawy czasu, tak aby jego okres na ekranie zajmował 9 działek. Wtedy 1 działka odpowiada 40° .

Wzmocnienie (tłumienie) można określić jako:

$$k_u = \frac{A_2}{A_1}$$

gdzie:

φ - przesunięcie fazowe

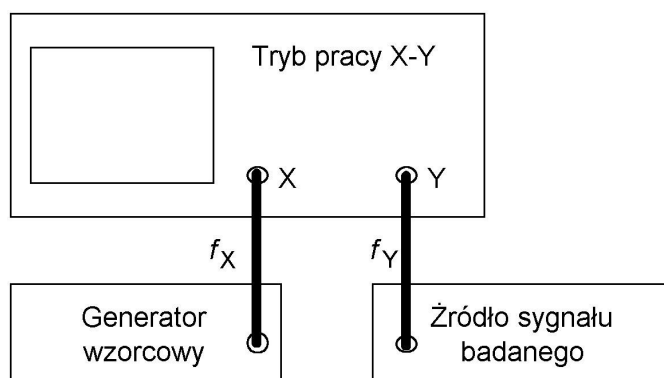
P, X - odległości odczytane zgodnie z rysunkiem 4

k_u - wartość wzmocnienia (tłumienia)

A_1 - amplituda przebiegu na wejściu

A_2 - amplituda przebiegu na wyjściu

6.2.2 Pomiary częstotliwości metodą pośrednią



Rys 6. Układ do pomiaru częstotliwości metodą pośrednią

W przypadku gdy mamy do czynienia z sygnałami sinusoidalnymi możemy ich częstotliwość wyznaczyć korzystając z oscyloskopu za pomocą metody porównawczej z częstotliwością wzorcową.. W przypadku podania na wejścia X i Y oscyloskopu sygnałów sinusoidalnych na ekranie zaobserwujemy powstawanie krzywych Lissajous. Kształt tych krzywych zależy od stosunku częstotliwości sygnałów doprowadzonych do wejść a także od przesunięcia fazowego pomiędzy nimi. Nieruchomy obraz uzyskamy wtedy, gdy stosunek obu częstotliwości będzie stały i będzie liczbą całkowitą. Ze względu na niestabilność generatorów uzyskanie stałego obrazu jest w praktyce bardzo trudne, zazwyczaj obraz będzie wolno się przemieszczał. Porównywane sygnały powinny mieć stosunek częstotliwości co najwyżej 10, ponieważ przy wyższym stosunku odczyt będzie utrudniony ze względu na duże zagęszczenie linii na ekranie.

Jeżeli uzyskaną na ekranie figurę przetniemy liniami poziomą i pionową, tak aby żadna z linii nie przechodziła przez punkty węzłowe to stosunek częstotliwości można wyrazić jako:

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{N_x}{N_y}$$

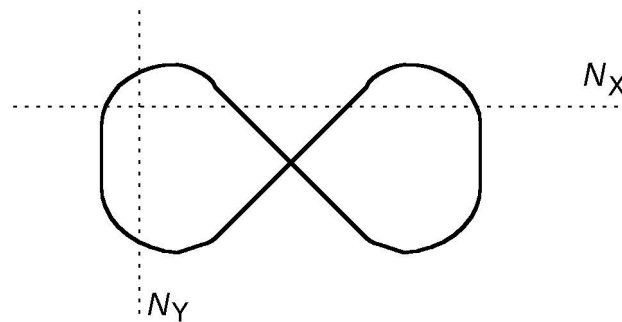
gdzie:

f_y - częstotliwość sygnału na wejściu Y

f_x - częstotliwość sygnału na wejściu X

N_y - liczba przecięć z linią poziomą

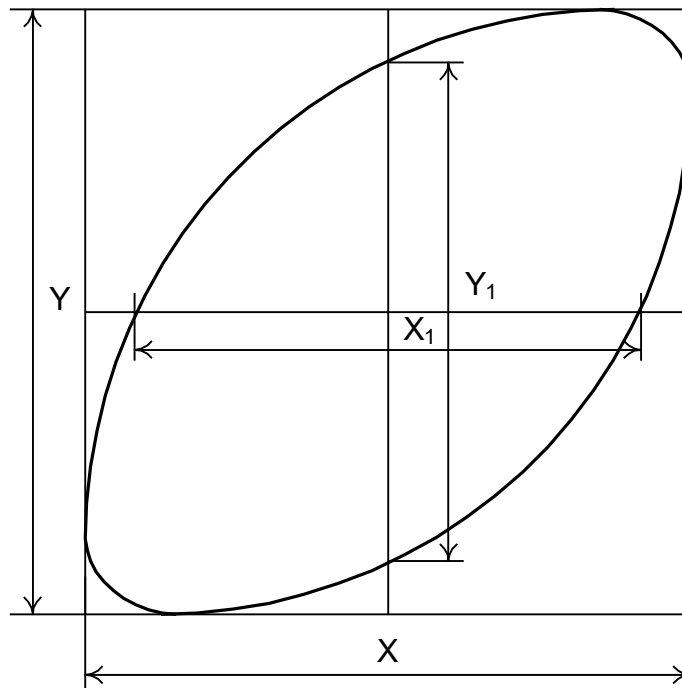
N_x - liczba przecięć z linią pionową



Rys.7. Sposób prowadzenia linii

Dokładność pomiaru tą metodą zależy od dokładności źródła częstotliwości wzorcowej w przypadku gdy obraz jest nieruchomy. Ponieważ uzyskanie nieruchomego obrazu jest tym trudniejsze im wyższe są częstotliwości to zakres pomiaru częstotliwości tą metodą jest ograniczony.

6.2.3 Pomiar przesunięcia fazowego metodą pośrednią



Rys.8. Pomiar przesunięcia fazowego metodą pośrednią

W oscyloskopie jednokanałowym pomiaru przesunięcia fazowego można dokonać metodą krzywych Lissajus. Podczas pracy w trybie X-Y (z wyłączoną podstawą czasu) doprowadzamy porównywane sygnały do wejść X i Y. Wartość przesunięcia fazowego wyraża się zależnością:

$$\sin \varphi = \frac{Y_1}{Y} = \frac{X_1}{X}$$

gdzie:

φ - przesunięcie fazowe

Y_1, Y, X_1, X - odległości odczytane zgodnie z rysunkiem 7

7. Wykonanie ćwiczenia

Przed przystąpieniem do wykonania ćwiczenia zapoznać się z płytą czołową oscyloskopu cyfrowego i analogowego, odnaleźć odpowiednie elementy regulacyjne. Podczas zmian obiektów badań nie wyłączać zasilania oscyloskopu – jedynie przed przełączeniem należy zapewnić bezpiecznie warunki jego pracy (nie pozostawiać w trybie XY, ustawić odpowiednią czułość wejścia w zależności od spodziewanego poziomu sygnału).

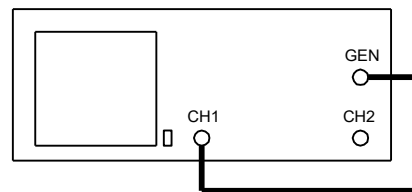
7.1. Zapoznanie się z parametrami oscyloskopu

Na podstawie instrukcji obsługi oscyloskopu zanotować do protokołu wybrane parametry oscyloskopu, niezbędne do prawidłowego wykonania ćwiczenia:

- Parametry lampy oscyloskopowej, zwrócić uwagę na rozmiar działki na ekranie oscyloskopu i odpowiednio zastosować tą informację podczas wykonywania szkiców przebiegu i obliczania wyników pomiaru.
- Dokładność toru odchylenia pionowego.
- Dokładność toru odchylenia poziomego
- Parametry napięcia wyjściowego z generatora wbudowanego w oscyloskop.

7.2. Pomiar amplitudy, okresu i częstotliwości sygnału sinusoidalnego

Podłączyć układ pomiarowy zgodnie z rysunkiem 9.



Rys.9. Podłączenie oscyloskopu do wyznaczenia amplitudy, okresu i częstotliwości sygnału z generatora

Z generatora wewnętrznego oscyloskopu zadać sygnał sinusoidalny o częstotliwości od kilku do kilkudziesięciu kiloherców i maksymalnej amplitudzie, bez składowej stałej. W tym celu należy:

- pokrętkę generatora FREQUENCY ustawić dokładnie na dowolnie wybraną działkę skali (ale inną niż działka pierwsza 0.1 i ostatnia 1.0), zanotować nastawę do protokołu,
- przełącznik zakresów RANGE ustawić na dowolnie wybraną wartość od 10k do 1M, zanotować nastawę do protokołu, obliczyć i zanotować do protokołu wartość częstotliwości wynikającą z pozycji pokrętki FREQUENCY i przełącznika RANGE,
- amplitudę sygnału ustawić na wartość maksymalną (pokrętkę AMPLITUDE ustawić w prawym skrajnym położeniu),
- wyłączyć składową stałą (wcisnąć pokrętkę OFFSET),
- przełącznik FUNCTION ustawić na sinus.

Podczas dalszego wykonywania tego punktu ćwiczenia **NIE PRZESTAWIAĆ** nastaw generatora. W celu wykonaniu pomiarów wolno **REGULOWAĆ TYLKO NASTAWY OSCYLOSKOPU**.

Ustawić oscyloskop tak, aby można było przeprowadzić analizę sygnału i wykonać pomiary:

- dobrać wzmocnienie w kanale CH1 aby sygnał był możliwie najbardziej rozciągnięty w pionie i w całości widoczny na ekranie, zaobserwować jak zachowuje się obraz dla płynnej zmiany wzmocnienia (małe pokrętkę VARIABLE), do dalszych pomiarów płynną regulację wzmocnienia ustawić w pozycji skalibrowanej (CAL). Należy pamiętać, że **prawidłowe pomiary napięcia z wykorzystaniem wartości opisanych wokół przełącznika nastawy wzmocnienia możliwe są tylko w pozycji skalibrowanej CAL!!!**
- ustawić właściwe źródło sygnału wyzwania (przełącznikiem SOURCE),
- ustawić tryb pracy (MODE) na AUTO, zaobserwować jak zmienia się obraz w trybie NORMAL dla przebiegu zsynchronizowanego oraz niesynchronizowanego (regulować pokrętkę LEVEL)
- ustawić właściwy poziom wyzwania (pokrętkę LEVEL), zaobserwować jak zmienia się początek obrazu dla przebiegu sinusoidalnego w przypadku zmiany poziomu synchronizacji oraz co się stanie w przypadku zmiany wyzwania z IN na OUT (poprzez pociągnięcie pokrętki LEVEL),

- ustawić podstawę czasu aby można było wyznaczyć okres sygnału, zaobserwować obraz na ekranie dla różnych nastaw pokrętki VARIABLE, do wyznaczenia okresu ustawić pokrętkę VARIABLE w pozycji skalibrowanej (CAL). Należy pamiętać, że **prawidłowe pomiary czasu z wykorzystaniem wartości opisanych wokół przełącznika podstawy czasu są możliwe tylko w pozycji skalibrowanej CAL!!!**
- ustawić właściwą jaskrawość (INTENSITY) oraz ostrość (FOCUS) przebiegu. Nie wolno ustawiać zbyt wysokiej jaskrawości ze względu na wypalanie luminoforu lampy oscyloskopowej. Jaskrawość należy ustawić możliwie niską, co umożliwi uzyskanie cieńszej linii i dokładniejsze odczyty.
- narysować w protokole szkic uzyskanego przebiegu z zaznaczonymi i zwymiarowanymi w działkach odpowiednimi odległościami (według przykładu z rysunku 3). Zanotować niezbędne nastawy oscyloskopu i wykonać obliczenia amplitudy, okresu i częstotliwości mierzonego sygnału. Porównać uzyskane wartości z parametrami nastawionego sygnału. Obliczyć błędy pomiaru i porównać z dopuszczalnymi wartościami błędów podanymi przez producenta w instrukcji obsługi oscyloskopu. Rzeczywistą częstotliwość sygnału zmierzyć częstotlicznym cyfrowym i porównać z wartością nastawioną pokrętką FREQUENCY i przełącznikiem zakresów RANGE. Obliczyć błąd nastawy częstotliwości na generatorze wbudowanym w oscyloskop
- sprawdzić dla jak małej i jak dużej częstotliwości można za pomocą oscyloskopu wyznaczyć parametry sygnału, zanotować wniosek do protokołu.

7.3 Pomiar składowej stałej i składowej przemiennej sygnału

Układ połączeń jak w punkcie poprzednim.

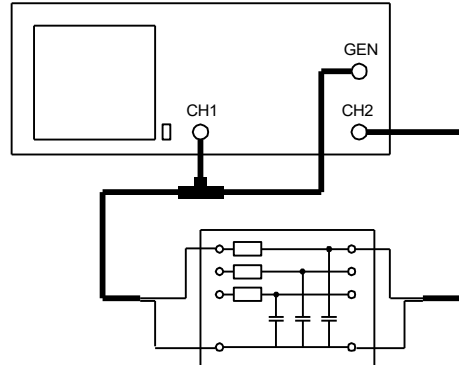
Z generatora wewnętrznego oscyloskopu zadać przebieg prostokątny ze składową stałą. Amplitudę sygnału ustawić na wartość minimalną (pokrętkę AMPLITUDE ustawić lewym skrajnym położeniem), natomiast składową stałą ustawić na wartość maksymalną dodatnią (składową stałą łączy się poprzez wyciągnięcie pokrętki OFFSET, należy je ustawić w prawym skrajnym położeniu). Przełącznik FUNCTION ustawić na prostokąt. Po przełączeniu przełącznika AC/DC na GND ustawić linię przebiegu tak, aby pokrywała się z linią narysowaną na skali oscyloskopu.

- W pozycji AC przełącznika AC/DC dobrać czułość toru odchylenia pionowego odpowiednią do zmierzenia amplitudy składowej przemiennej sygnału. Podstawę czasu dobrać odpowiednią do zmierzenia okresu i częstotliwości przebiegu. Narysować w protokole szkic uzyskanego przebiegu z zaznaczonymi i zwymiarowanymi w działkach odpowiednimi odległościami. Zanotować niezbędne nastawy oscyloskopu i wykonać obliczenia amplitudy, okresu i częstotliwości mierzonego sygnału.
- W pozycji DC przełącznika AC/DC dobrać czułość toru odchylenia pionowego odpowiednią do zmierzenia składowej stałej sygnału. Narysować w protokole szkic uzyskanego przebiegu z zaznaczonymi i zwymiarowanymi w działkach odpowiednimi odległościami. Zanotować niezbędne nastawy oscyloskopu i wykonać obliczenie składowej stałej sygnału. Porównać zmierzoną składową stałą z parametrami podanymi przez producenta oscyloskopu, zapisać wniosek do protokołu.
- Wyłączyć składową stałą w sygnale z generatora (w tym celu należy wcisnąć pokrętkę OFFSET). Korzystając z przełącznika AC/DC zwrócić uwagę jak zmienia się kształt wyświetlanego przebiegu prostokątnego o małej częstotliwości dla różnych położań przełącznika AC/DC. Narysować w protokole przykładowe szkice przebiegów zaobserwowanych w położeniu AC i DC. Zapisać wniosek. W sprawozdaniu korzystając ze

schematu przełącznika AC/DC przedstawionego na rysunku 1 wyjaśnić zaobserwowany efekt.

7.4 Pomiar tłumienia i przesunięcia fazowego

Podłączyć układ pomiarowy zgodnie z rysunkiem 10.



Rys. 10. Układ pomiarowy do wyznaczania wzmocnienia i przesunięcia fazowego

Wyznaczyć tłumienie i przesunięcie fazowe wnoszone przez czwórnik RC dla sygnału sinusoidalnego (analiza sygnału w dziedzinie częstotliwości). W tym celu należy:

- Na wejście czwórnika RC podać sygnał sinusoidalny o częstotliwości 100 Hz, amplituda maksymalna, składowa stała wyłączona. Oscyloskop ustawić na tryb pracy dwukanałowej (przełącznik MODE w pozycji DUAL), podstawę czasu dobrać odpowiednio do częstotliwości sygnału, wyzwalenie w kanale CH1. Nastawy czułości w kanałach CH1, CH2 dobrać odpowiednio do poziomów sygnału na wejściu i wyjściu czwórnika RC. Uzyskać obraz zbliżony do przedstawionego na rysunku 4.
- Wyregulować płynnie podstawę czasu (pokrętko VARIABLE w bloku HORIZONTAL) tak, aby można było wygodnie odczytywać przesunięcie fazowe sygnału. Producent oscyloskopu zaleca tak wyregulować płynnie podstawę czasu, aby okres sygnału był równy 7,2 działki (36 małych działek po 2 mm), co odpowiada kątowi 360° . Dzięki temu jedna mała działka na ekranie oscyloskopu (2 mm) odpowiada kątowi przesunięcia fazowego 10° .
- Narysować w protokole szkic uzyskanych przebiegów w obu kanałach z zaznaczonymi i zwymiarowanymi w działkach odpowiednimi odległościami umożliwiającymi zmierzenie amplitudy sygnałów na wejściu i wyjściu układu RC oraz przesunięcia fazowego (według przykładu z rysunku 5). Zanotować niezbędne nastawy oscyloskopu i wykonać obliczenia amplitud i kąta fazowego.
- Wyznaczyć tłumienie jako stosunek amplitudy przebiegu wyjściowego do wejściowego. Wyznaczyć przesunięcie fazowe w stopniach.
- Powtórzyć pomiary dla kilku wartości większych częstotliwości. Bez wykonywania szkiców przebiegu wyznaczyć wzmocnienie i przesunięcie fazowe. Dobrać częstotliwość sygnału tak, aby można było określić pasmo przenoszenia dla czwórnika RC (osiągnąć tłumienie 3 dB i więcej). Dla ostatniej nastawionej częstotliwości przełączyć oscyloskop do pracy X-Y i dokonać pomiaru kąta fazowego metodą krzywych Lissajus (według rysunku 7). Narysować w protokole szkic uzyskanego przebiegu z zaznaczonymi i zwymiarowanymi w działkach odpowiednimi odległościami umożliwiającymi zmierzenie przesunięcia fazowego. Porównać wyniki pomiaru przesunięcia fazowego otrzymane dwoma metodami.

7.5 Pomiar stałej czasowej układu RC

Układ pomiarowy jak w punkcie poprzednim.

Wyznaczyć stałą czasową układu RC za pomocą sygnału prostokątnego (analiza sygnału w dziedzinie czasu). W tym celu należy:

- Na wejście czwornika RC podać sygnał prostokątny o częstotliwości 100 Hz, amplituda maksymalna, składowa stała wyłączona. Oscyloskop ustawić na tryb pracy dwukanałowej (przełącznik MODE w pozycji DUAL), postawę czasu dobrać odpowiednio do częstotliwości sygnału, wyzwalenie w kanale CH1. Nastawy czułości w kanałach CH1, CH2 dobrać odpowiednio do poziomów sygnałów na wejściu i wyjściu układu RC.

- Ustawić podstawę czasu w pozycji skalibrowanej (pokrętko VARIABLE w bloku HORIZONTAL w pozycji CAL), aby można było poprawnie wykonać pomiary czasu.

- Narysować w protokole szkic uzyskanych przebiegów w obu kanałach z zaznaczonymi i zwymiarowanymi w działkach odpowiednimi odległościami umożliwiającymi zmierzenie amplitudy sygnałów na wejściu i wyjściu układu RC oraz stałej czasowej układu RC.

Zanotować niezbędne nastawy oscyloskopu i wykonać obliczenia amplitud i stałej czasowej.

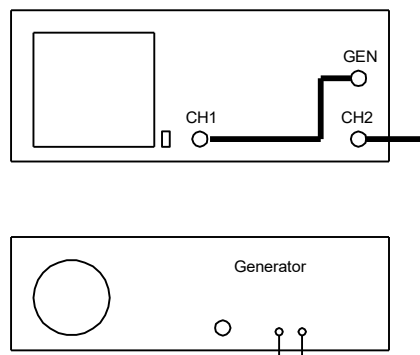
Porównać stałą czasową RC uzyskaną z pomiarów i obliczoną z parametrów obwodu RC.

Porównać amplitudę sygnału na wejściu czwornika i na jego wyjściu, określić tłumienie sygnału.

- Sprawdzić jak zmieni się przebieg na wyjściu czwornika (amplituda, stała czasowa) dla wyższej częstotliwości sygnału podanego z generatora. Zanotować wniosek.

7.6. Pomiary częstotliwości metodą pośrednią

Podłączyć układ pomiarowy zgodnie z rysunkiem 12.



Rys. 12. Układ do pomiaru częstotliwości metodą pośrednią

Ustawić na generatorze wzorcowym przebieg sinusoidalny o określonej częstotliwości. Podać z generatora zewnętrzny sygnał sinusoidalny, przełączyć oscyloskop w tryb pracy X-Y (podstawa czasu jest wtedy wyłączona), zmieniając częstotliwość generatora zewnętrznego doprowadzić do otrzymania w miarę stabilnego obrazu. Wyznaczyć częstotliwość przebiegu podanego z generatora oscyloskopu przyjmując generator zewnętrzny jako wzorcowy i korzystając z metody krzywych Lissajus. Porównać otrzymaną wartość z nastawą generatora.

7.7. Użycie oscyloskopu cyfrowego do pomiarów

Pomiary z punktów 7.2 – 7.4 powtórzyć z użyciem oscyloskopu cyfrowego. Przy wyznaczaniu wartości wykorzystać odpowiednie kursory oraz funkcje pomiarowe.

8. Opracowanie wyników

W czasie laboratorium na bieżąco należy prowadzić szkice przebiegów oraz dokonywać ich analizy poprzez obliczenie odpowiednich wartości. Przeprowadzone obliczenia będą podstawą do oceny wykonanego ćwiczenia.

9. Dodatkowe uwagi:

- jeżeli przebiegi są fotografowane trzeba pamiętać o zapisaniu nastaw oscyloskopu niezbędnych do ich późniejszej analizy, pierwszy z obserwowanych przebiegów warto aby studenci przeanalizowali na kartce w trakcie ćwiczeń co także powinien umożliwiać protokół pomiarowy (papier milimetrowy)
- gdy jest brak sygnału wejściowego NIE WOLNO zostawiać oscyloskopu w trybie pracy X-Y
- zwracać uwagę na nastawianie właściwego kształtu i amplitudy sygnału do realizowanego punktu ćwiczenia
- podczas przełączania oscyloskopu do kolejnych pomiarów nie ma potrzeby jego wyłączania, należy pamiętać jedynie o zmniejszeniu amplitudy przebiegu wyjściowego z generatora na minimum
- należy pamiętać o ustawieniu płynnej regulacji wzmocnienia oraz płynnej regulacji podstawy czasu w pozycji skalibrowanej aby można było skorzystać ze skalowanego wzmocnienia i skalowanej podstawy czasu

10. Pytania kontrolne

1. Czym różni się praca układu wyzwalania AUTO do NORMAL
2. W jaki sposób można wyznaczyć podstawowe parametry sygnału: amplitudę, okres i częstotliwość.
3. Jak wyznaczyć składową stałą przebiegu.
4. Jak wyznaczyć wzmocnienie oraz przesunięcie fazowe.

11. Literatura

- Jerzy Rydzewski "Oscyloskop elektroniczny" WKiŁ Warszawa 1982
- Jerzy Rydzewski "Pomiary oscyloskopowe" WNT, 1999
- Piotr Górecki "Oscyloskop w pytaniach i odpowiedziach" Elektronika Praktyczna 4/1994
- Instrukcja obsługi oscyloskopu GoldStar OS-9020G