4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Oscyloskop analogowy

4.1.1 Materiał nauczania

Podstawową częścią oscyloskopu jest lampa oscyloskopowa, na której ekranie powstaje obraz świetlny badanych wielkości fizycznych. W oscyloskopie cyfrowym badany przebieg jest przechowywany w pamięci cyfrowej, a następnie może być zobrazowany na ekranie lampy oscyloskopowej, na ekranie monitora lub wyrysowany na papierze za pomocą plotera lub drukarki.

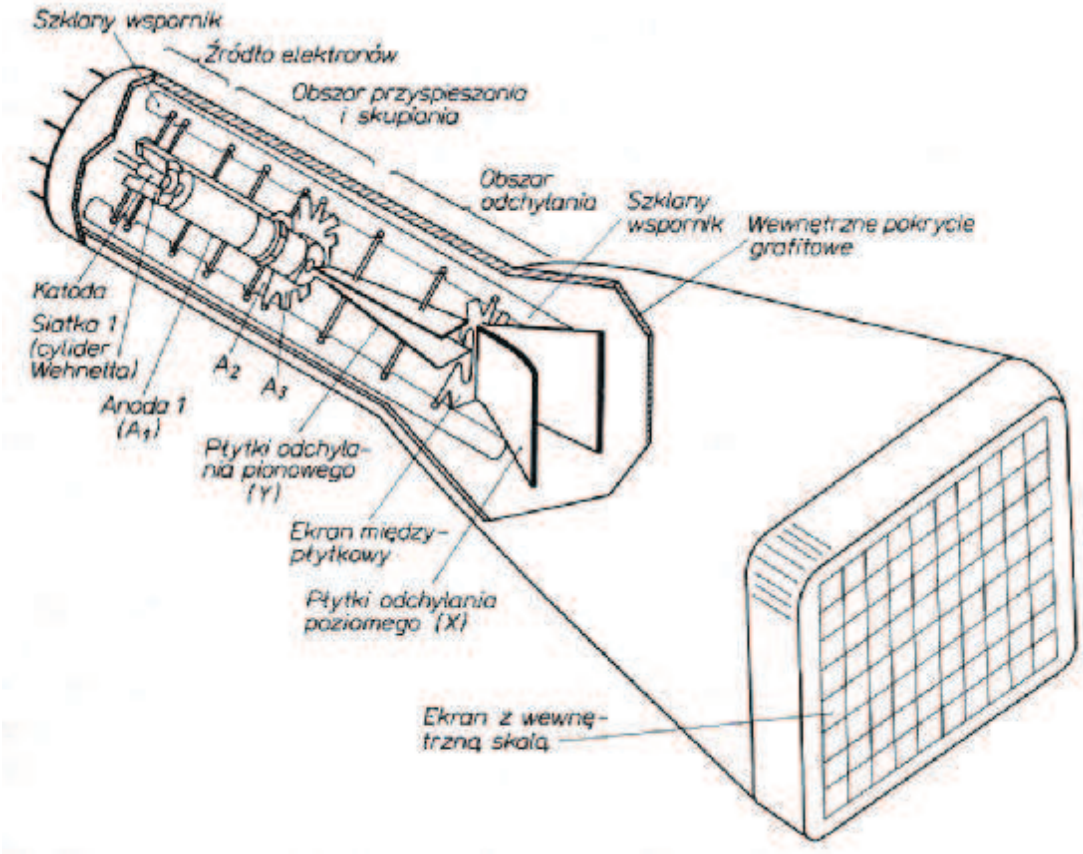
Obecnie produkowane oscyloskopy można podzielić na następujące grupy:

- oscyloskopy analogowe,
- oscyloskopy z lampą pamiętającą,
- oscyloskopy próbkujące (sampling oscilloscope),
- oscyloskopy cyfrowe.

Lampa oscyloskopowa

Lampa oscyloskopowa umożliwia wzrokową obserwację zmiennych przebiegów elektrycznych, których maksymalna szybkość zmian jest ograniczona jedynie bezwładnością elektronów. Lampa oscyloskopowa składa się z trzech podstawowych części:

- wyrzutni elektronowej, która emituje i skupia elektrony w cienką wiązkę,
- systemu odchylania strumienia elektronów,
- ekranu wysyłającego światło pod wpływem bombardowania elektronami.

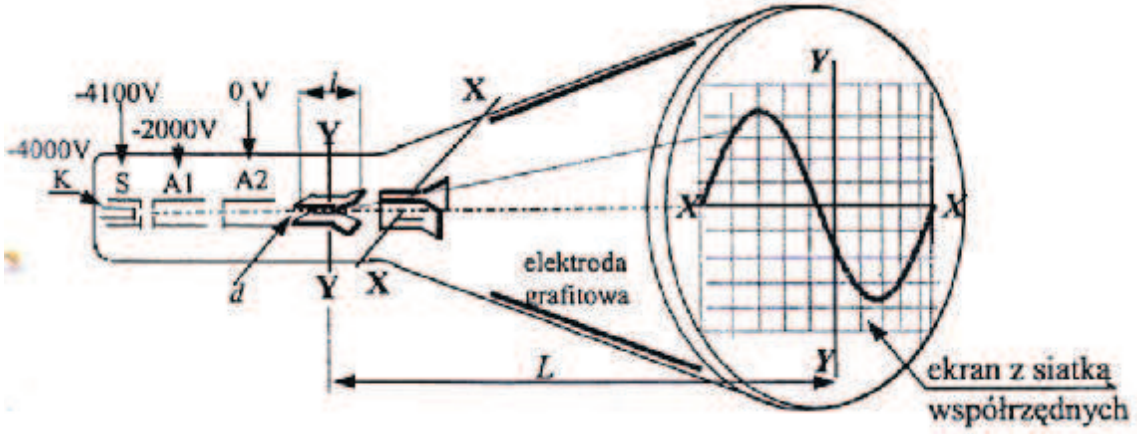


Rys. 1. Lampa oscyloskopowa [9, s. 15]

Całość zamknięta jest obudowie szklanej (jak lampy próżniowe) lub ceramicznej. Ma ona postać rury szklanej opróżnionej z powietrza.

Lampa oscyloskopowa jest elektronowym przetwornikiem pomiarowym, w którym wielkością wejściową jest napięcie, a wielkością wyjściową jest długość drogi przemieszczenia się plamki (świecącej) na ekranie. Lampa oscyloskopowa może być użyta równocześnie jako przetwornik pomiarowy i jako kineskop, co ma miejsce w oscyloskopach o dwu systemach pomiarowych. Wówczas czas działania lampy jest dzielony i lampa funkcjonuje na przemian jako analogowy przetwornik pomiarowy i jako kineskop.

W lampie z jednej strony znajduje się zespół elektrod wytwarzających, skupiających, ogniskujących i odchylających wiązkę elektronów, a z drugiej – stożkowo rozszerzonej – ekran pokryty od strony wewnętrznej materiałem luminescencyjnym. Źródłem elektronów jest katoda tlenkowa K (tlenek baru, tlenek strontu), nagrzewana pośrednio, izolowanym grzejnikiem (żarzenie) do temperatury ok. 800 ^{0}C.

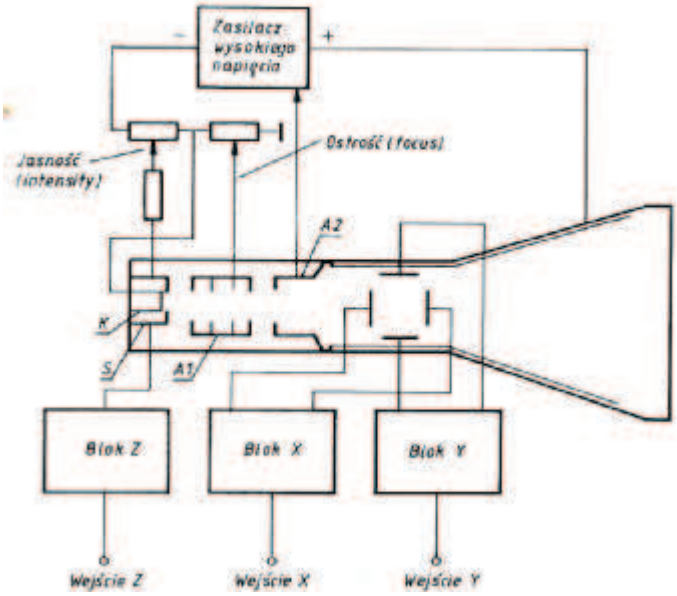


Rys. 2. Rozkład potencjałów w lampie oscyloskopowej [6, s. 199]

Siatka (S) ma względem katody potencjał ujemny i działa skupiająco na wiązkę elektronów, a także wpływa na liczbę elektronów, jaka w jednostce czasu opuszcza katodę w kierunku anod. Anoda pierwsza (A1) ma względem katody potencjał dodatni i działa przyspieszająco na elektrony wiązki. Jednocześnie kształt anody (A1) powoduje ogniskowanie wiązki, działając jako soczewka elektrostatyczna. Zmieniając potencjał anody (A1) zmienia się wymiary i ostrość plamki świetlnej na ekranie. Anoda druga (A2) o potencjale znacznie wyższym od anody A1 (np. 2000 V) powoduje dalsze przyspieszenie i ogniskowanie wiązki. Jej potencjał wpływa przede wszystkim na jasność plamki. Zespół elektrod (K, S, A1 i A2) stanowi wyrzutnię elektronów i służy do wytworzenia oraz uformowania wiązki elektronów skupionej w ten sposób, aby plamka świetlna na ekranie była ostra i odpowiednio jaskrawa.

Po opuszczeniu wyrzutni wiązka elektronów przebiega między dwoma parami płytek odchylających. Płytki poziome (Y) odchylają w kierunku pionowym, a płytki pionowe (X) – w kierunku poziomym. Odchylenie strumienia elektronów jest proporcjonalne do natężenia pola elektrycznego, a więc wartości przyłożonego do płytek napięcia.

Warstwa fluorescencyjna ekranu świeci w miejscu bombardowania elektronami. Barwa poświaty zależy od składu chemicznego luminoforu, najczęściej jest żółtozielona. Lampy przeznaczone do zapisu obrazu metodą fotograficzną mają poświatę niebiesko-fioletową ze względu na większą czułość na tę barwę materiałów fotograficznych. Plamka świetlna nie zanika jednocześnie z ustaniem bodźca (bombardowania). Istniejące opóźnienie wynoszące od 10 do 15 ms oraz bezwładność oka umożliwiają oglądanie przebiegów okresowych w postaci ciągłego obrazu nieruchomego. Do badania przebiegów nieperiodycznych i wolnozmiennych stosuje się ekrany o specjalnie dużym czasie poświaty 0,5 ÷ 40 s.



Rys. 3. Uproszczony schemat blokowy części oscyloskopu związanej bezpośrednio z lampą oscyloskopową [2, s. 99]

Regulacja jasności (ang. intensity) polega na zmianie potencjału elektrody sterującej. Jest ona niezbędna ponieważ oscyloskop może pracować przy różnym oświetleniu. Zawsze odcinki poziome są jaśniejsze od odcinków pionowych. Zwiększenie jasności umożliwia dokładniejszą obserwację przebiegów.

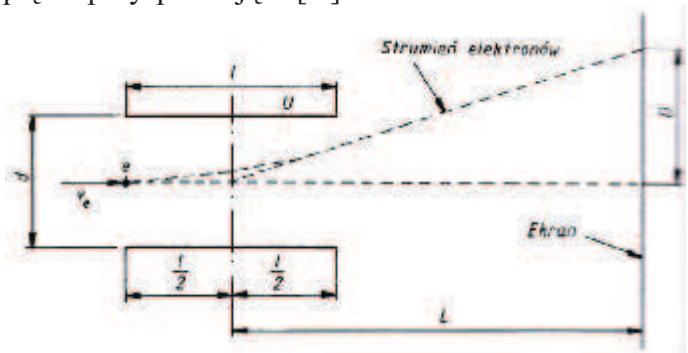
Jeżeli po włączeniu oscyloskopu plamka na ekranie jest niewidoczna, można ją zlokalizować za pomocą klawisza odszukania plamki (BEAM FINDER). Wciśnięcie tego klawisza powoduje zmniejszenie napięcia odchylania poziomego i pionowego. Wówczas plamka znajduje się w płaszczyźnie ekranu. Na tej podstawie można określić kierunek przesunięcia plamki tak, aby znalazła się na ekranie przy normalnych wartościach napięć odchylających.

Ważnym parametrem lampy oscyloskopowej jest czułość. Czułość napięciowa lampy jest określana zależnością

$$S_U = \frac{D}{U} = \frac{L\,l}{2\,d\,U_A}\left[\frac{mm}{V}\right]$$

gdzie:

U – napięcie doprowadzone do płytek odchylających [V],
D – odchylenie plamki na ekranie [mm],
L – odległość płytek od ekranu [mm],
l – długość płytek odchylających [mm],
d – odległość między płytkami [mm],
U_A– napięcie przyśpieszające [V].



Rys. 4. Odchylanie strumienia elektronów w lampie oscyloskopowej [2, s. 100]

W oscyloskopie analogowym obraz przebiegu jest rysowany na ekranie lampy oscyloskopowej w czasie rzeczywistym, tzn. że plamka świetlna porusza się na ekranie dokładnie w takt zmian przebiegu i upływu czasu.

Do podstawowych parametrów oscyloskopu analogowego należą:

- częstotliwość maksymalna generatora podstawy czasu (tzw. pasmo oscyloskopu i czas narastania),
- współczynnik odchylania pionowego (tzw. współczynnik odchylania, czułość, wzmocnienie)
- współczynnik odchylania poziomego (tzw. współczynnik czasu),
- liczba kanałów (torów) wejściowych,
- parametry lampy oscyloskopowej: wielkość pola pomiarowego, pełne napięcie przyspieszające, rodzaj luminoforu,
- zasilanie: sieciowe lub bateryjne,
- konstrukcja: zwarta lub z wymiennymi wkładkami.

Pasmo oscyloskopu zazwyczaj zaczyna się od 0 Hz, a za wartość górną przyjęto uważać tę częstotliwość, przy której wzmocnienie maleje o 3 dB (tj. do wartości 0,707) w stosunku do wzmocnienia dla małych częstotliwości. Charakterystyka częstotliwościowa oscyloskopu jest tak ukształtowana, aby obraz impulsu prostokątnego o bardzo krótkim czasie narastania był zniekształcony tylko na zboczu, bez przerostów i innych zniekształceń na jego grzbiecie. Przy tak ukształtowanej charakterystyce obowiązuje zależność:

$$t_r = \frac{350}{f_2}$$

przy czym:

t_r – czas narastania impulsu [ns];

f_2 – górna częstotliwość przenoszonego pasma, przy której wzmocnienie maleje o 3dB [MHz].

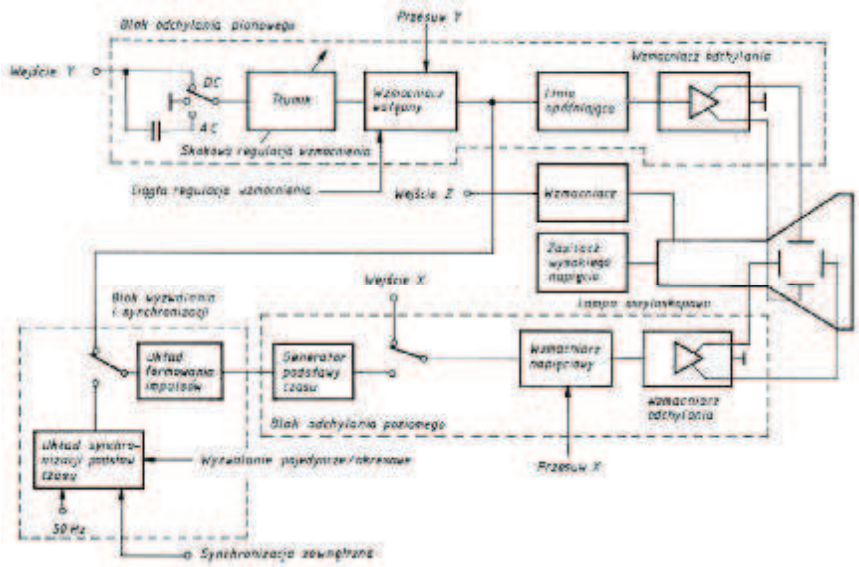
Na przykład oscyloskop o paśmie 35 MHz będzie miał czas narastania równy 10 ns.

Współczynnik odchylenia wyrażony w V/dz (zazwyczaj 1dz = 1cm) określa czułość oscyloskopu i określa amplitudę mierzonych sygnałów.

Współczynnik czasu określa w s/dz wyskalowanie w czasie osi poziomej X. Im szybsza jest podstawa czasu, a tym samym im mniejsza jest wartość współczynnika czasu, tym szybsze i krótsze przebiegi możemy mierzyć, jeśli oczywiście umożliwi to pasmo oscyloskopu. Większość nowoczesnych oscyloskopów ma przynajmniej dwa tory wejściowe, co umożliwia jednoczesną obserwację dwu różnych przebiegów i ich wzajemne porównywanie. Są stosowane dwie metody uzyskiwania dwu torów wejściowych w oscyloskopie:

- za pomocą przełącznika elektronicznego, który przełącza na lampę oscyloskopową raz przebieg z toru pierwszego, raz przebieg z toru drugiego;
- za pomocą dwustrumieniowej lampy oscyloskopowej.

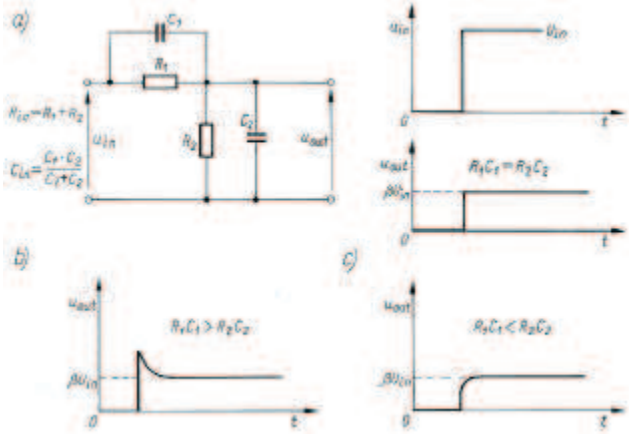
Oscyloskop z lampą dwustrumieniową umożliwia fotograficzną rejestrację dwu różnych przebiegów jednorazowych. Do obserwacji dwu przebiegów powtarzalnych wystarczy oscyloskop z lampą jednostrumieniową i z przełącznikiem elektronicznym.



Rys. 5. Uproszczony schemat blokowy oscyloskopu średniej klasy [2, s. 98]

W oscyloskopach stosowane są dwa rodzaje tłumików:

- tłumiki o dużej rezystancji wejściowej (1 MΩ);
- tłumiki o małej rezystancji wejściowej (50 Ω lub 75 Ω).



Rys. 6. Układ tłumika rezystorowego: [9, s. 28]
a)tłumik rezystorowy zbocznikowany szkodliwą pojemnością montażową C_2 i odpowiedź układu na impuls na jego wejściu przy spełnieniu warunku kompensacji częstotliwościowej; b) napięcie na wyjściu tłumika przy jego przekompensowaniu (pojemność C_1 za duża); c) napięcie na wyjściu tłumika przy jego niedokmpensowaniu (pojemność C_1 za mała).

Rys. 6a przedstawia prosty dzielnik rezystorowy o tłumieniu

$$\beta = \frac{u_{out}}{u_{in}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2},$$

które nie zależy od częstotliwości, jeżeli do rezystora R_1 jest dołączona pojemność C_1, o takiej wartości aby spełnione było równanie:

$$R_1 C_1 = R_2 C_2$$

Przy spełnieniu tego równania impuls wyjściowy zachowuje kształt impulsu wejściowego. Nie spełnienie tego warunku powoduje zniekształcenia (zmianie ulega charakterystyka częstotliwościowa), które można zaobserwować przy wejściowym impulsie prostokątnym na rys. 6b i c.

Złe skompensowanie tłumika wejściowego powoduje wzrost błędów pomiaru.

Dla prądu stałego i małych częstotliwości rezystancja wejściowa oscyloskopu ma wartość 1 MΩ.

W tłumiku o rezystancji wejściowej 50 Ω negatywny wpływ pojemności montażowych jest znacznie mniejszy i dlatego tłumik taki jest czysto rezystancyjny. Tłumiki o rezystancji wejściowej 50 Ω są stosowane w oscyloskopach o paśmie powyżej 150 MHz.

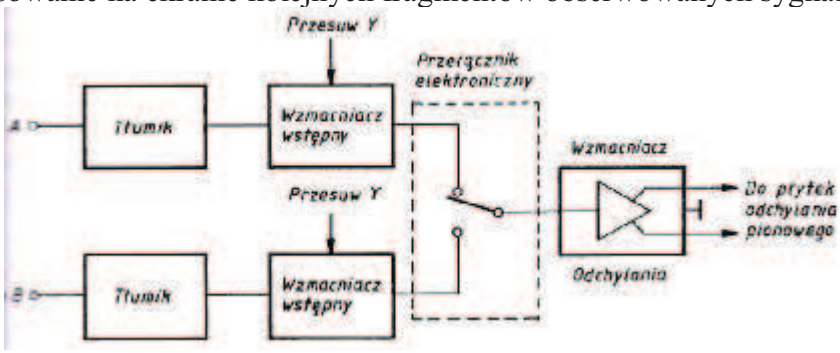
W technice pomiarowej istnieje potrzeba obserwacji kilku sygnałów jednocześnie. Można to uzyskać przez zastosowanie lampy wielostrumieniowej (najczęściej spotykane są lampy dwustrumieniowe) lub lampy jednostrumieniowej i przełącznika elektronicznego (rys. 7). Najbardziej popularne są oscyloskopy z przełącznikiem dwukanałowym, spotykane są także oscyloskopy czterokanałowe.

W oscyloskopach dwukanałowych możliwe są dwa rodzaje pracy:

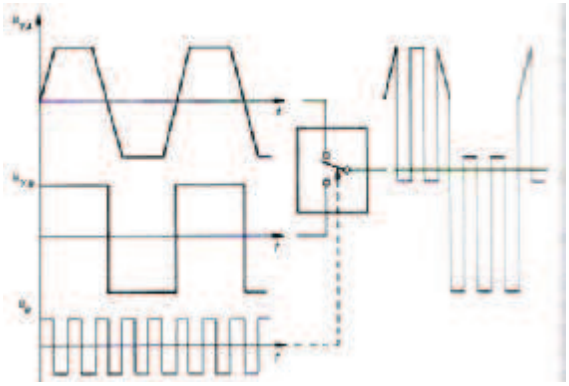
– praca przemienna (ang. alternate),
– praca kluczowana (siekana) (ang. chopped).

Przy pracy przemiennej przełączanie kanałów odbywa się w czasie powolnego ruchu plamki na ekranie. Na ekranie wyświetlany jest na przemian sygnał doprowadzony do wejścia A i do wejścia B. Ten rodzaj pracy jest możliwy tylko w przypadku obserwacji sygnałów okresowych. Częstotliwość powtarzania obrazu jest dwukrotnie mniejsza niż przy pracy jednokanałowej. Można to zaobserwować przy podaniu na wejścia sygnałów o małej częstotliwości. Widoczne jest migotanie obrazu.

Przy pracy kluczowanej przełącznik jest przełączany z częstotliwością 100 ÷ 500 kHz (w niektórych nawet do 2 MHz) zależnie od szybkości narastania napięcia podstawy czasu, powodując rysowanie na ekranie kolejnych fragmentów obserwowanych sygnałów.



Rys. 7. Uproszczony schemat toru odchylania pionowego oscyloskopu dwukanałowego [2, s. 113]



Rys. 8. Ilustracja powstawania oscylogramu na ekranie oscyloskopu dwukanałowego przy pracy kluczowanej [2, s. 114]

Dodatkowe urządzenia przetwarzające w oscyloskopach dwukanałowych mają możliwość sumowania lub odejmowania algebraicznego obu sygnałów.

W oscyloskopach dwukanałowych możliwe są następujące tryby pracy:

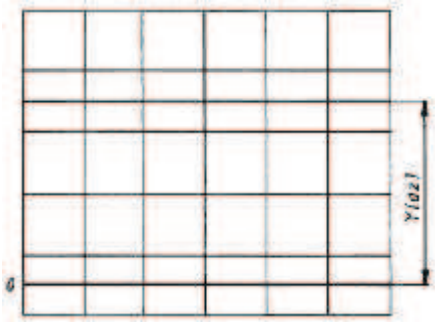
– jednokanałowa (kanał A lub B),
– dwukanałowa,

– sumacyjna – na ekranie obserwowany jest sygnał będący suma sygnałów doprowadzonych do wejść A i B,
– różnicowa - na ekranie obserwowany jest sygnał będący różnicą sygnałów doprowadzonych do wejść A i B.

Pomiary za pomocą oscyloskopu

Za pomocą oscyloskopu można dokonywać pomiaru dwu podstawowych wielkości występujących w elektrotechnice, tzn. napięcia i czasu.

Pomiar napięcia jest stosunkowo prosty. Po ustawieniu linii podstawy czasu na dole ekranu (poziom odniesienia, odpowiadający napięciu stałemu równemu zeru), doprowadzamy napięcie na to wejście, które odchyla strumień elektronów ku górze, rysując na ekranie linie poziomą przesuniętą o Y [dz].



Rys. 9. Pomiar napięcia stałego [2, s. 123]

Jeżeli przełącznik współczynnika odchylania pionowego jest ustawiony w położeniu odpowiadającemu wartości 1 V/dz, to napięcie stałe doprowadzone do wejścia oscyloskopu ma wartość

$$U\,[V] = Y\,[dz] \cdot C_Y\,[V/dz]$$

gdzie:

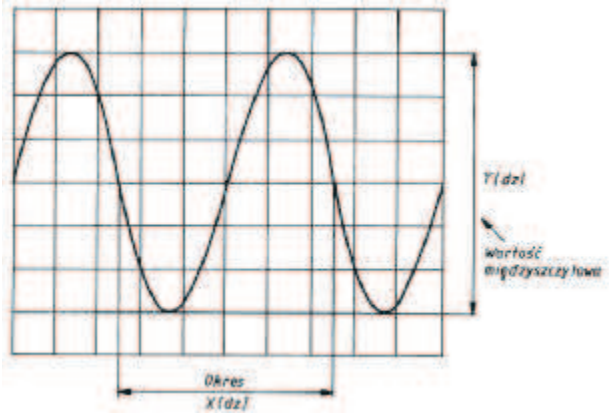
Y – liczba działek o jaką została przesunięta linia,

C_Y – współczynnik odchylenia pionowego.

Dla przykładu na rysunku plamka odchyla się o 3 działki przy wzmocnieniu 2V/dz napięcie wynosi

$$U\,[V] = 3\,[dz] \cdot 2\,[V/dz] = 6V$$

W przypadku napięć zmiennych oscyloskop umożliwia jednocześnie ocenę kształtu badanego napięcia oraz pomiar jego parametrów.



Rys. 10. Pomiar napięcia zmiennego [2, s. 124]

Wartość międzyszczytową napięcia określa się na podstawie zależności

$$U_{MM}\,[V] = Y\,[dz] \cdot C_Y\,[V/dz]$$

Amplituda przebiegu jest równa

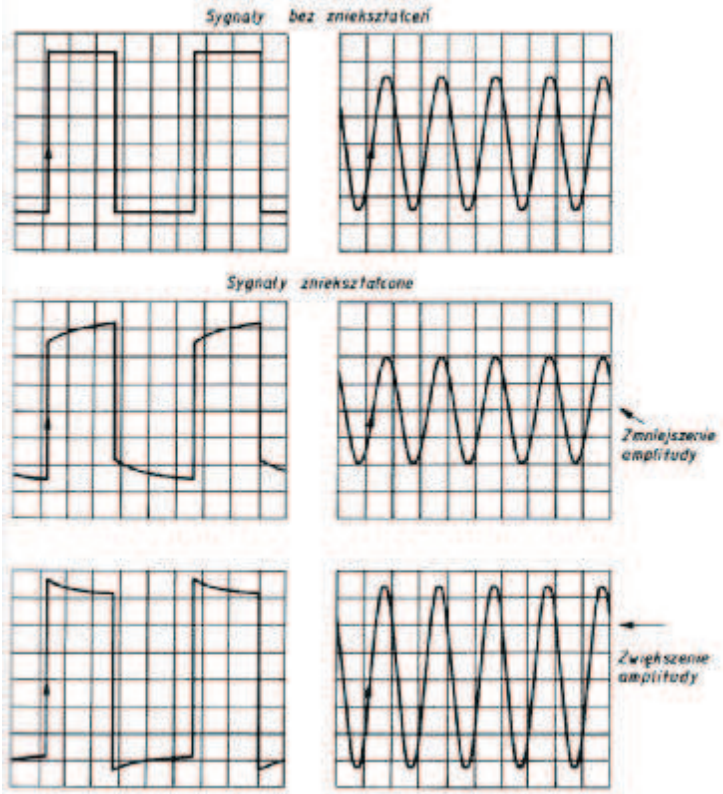
$$U_m = \frac{U_{MM}}{2} = \frac{Y}{2}\,[dz] \cdot C_Y\ [V/dz]$$

Dokładność pomiaru napięcia zależy od:

- dokładności określenia wysokości obrazu Y,
- dokładność określenia współczynnika odchylenia pionowego C_Y,
- nieliniowości odchylenia toru Y,
- nierównomierności charakterystyki częstotliwościowej toru Y.

Zadaniem oscyloskopu jest odtworzenie na ekranie kształtu napięcia doprowadzonego do jego wejścia. Miarą jakości oscyloskopu jest wierność odtworzonego kształtu i dokładność, z jaką mogą być zmierzone parametry przebiegu.

W każdym oscyloskopie stopień zniekształcenia obrazu można ocenić doprowadzając do wejścia sygnał prostokątny.



Rys. 11. Przykładowe zniekształcenia oscylogramów [2, s. 125]

Przy pomiarach napięcia należy przestrzegać następujących zasad:

- wymiary obrazu na ekranie powinny być możliwie największe,
- powinna być nastawiona maksymalna ostrość obrazu,
- należy wyeliminować grubość linii odczytując długość odcinka w kierunku pionowym przy tej samej krawędzi linii.

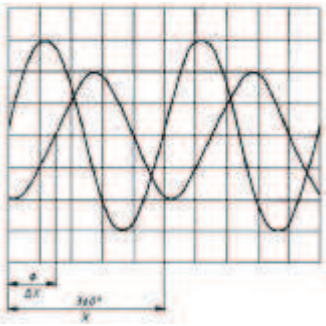
Pomiar czasu może być zrealizowany przez pomiar długości obrazu X [dz] i pomnożenie przez współczynnik odchylenia poziomego C_X [s/dz]. Na rys. 10 zaznaczono odcinek odpowiadający okresowi T sygnału sinusoidalnego. Wobec tego okres T

$$T[s] = X[dz] \cdot C_X\,[s/dz]$$

a częstotliwość przebiegu

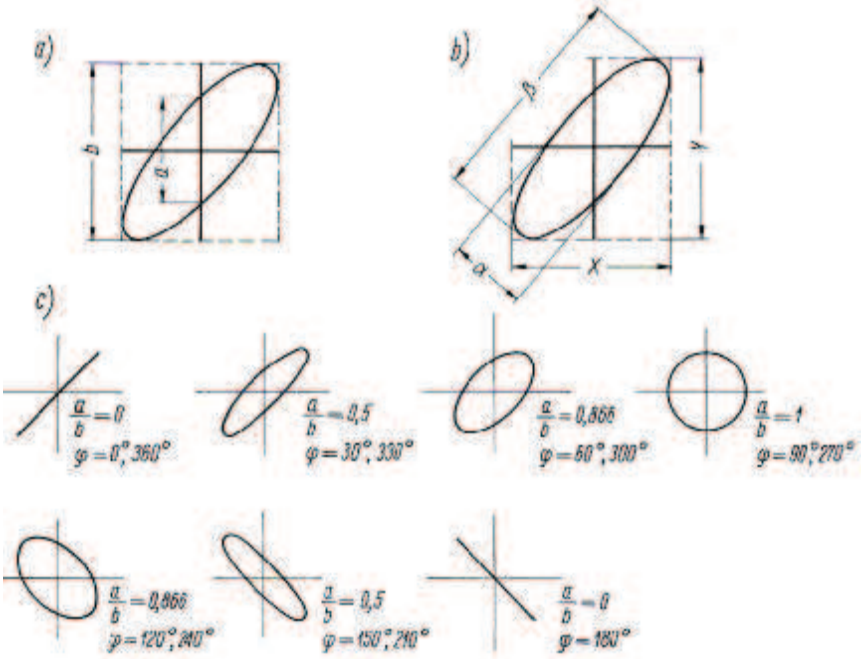
$$f[Hz] = \frac{1}{T[s]}$$

Pomiar kąta przesunięcia fazy między dwoma sygnałami może być wykonany za pomocą oscyloskopu dwukanałowego. Po doprowadzeniu do wejść oscyloskopu dwóch sygnałów o tej samej częstotliwości przesuniętych w fazie o kąt Φ, na ekranie uzyskuje się obraz jak na rys. 12.



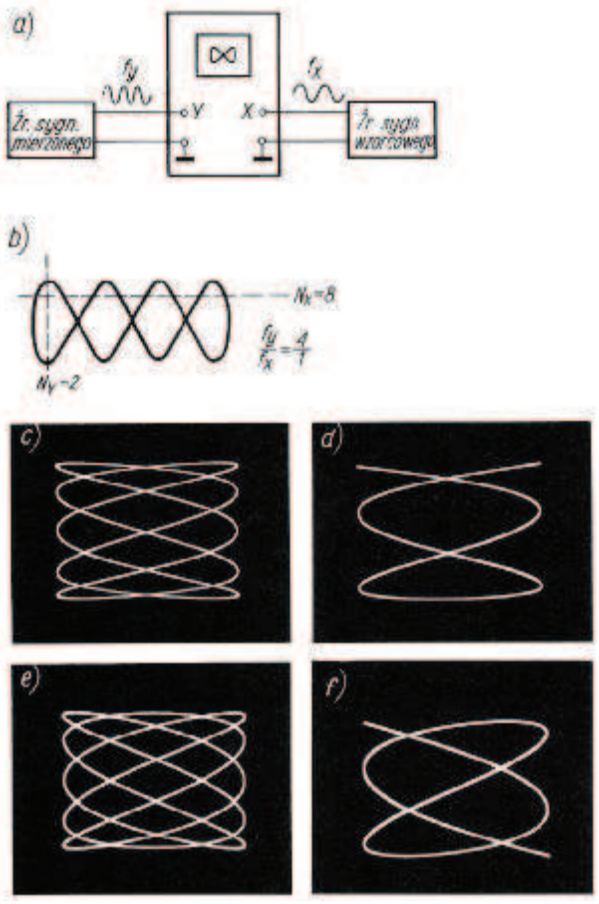
Rys. 12. Pomiar kąta przesunięcia fazowego [2, s. 126]

Drugą bardzo popularną metodą pomiaru kąta fazowego jest pomiar parametrów figury uzyskanej na ekranie, gdy do obu par płytek odchylania pionowego i poziomego doprowadzimy napięcia sinusoidalne. Jeżeli stosunek f_1 i f_2 obu sygnałów jest równy stosunkowi liczb całkowitych m : n, to na ekranie oscyloskopu otrzymuje się złożoną figurę nieruchomą, zwaną figurą Lissajous. Na podstawie kształtu tych figur można określić stosunek częstotliwości obu sygnałów i początkową różnicę faz.



Rys. 13. Pomiar kąta fazowego za pomocą elipsy Lissajous: [9, s. 134]

a) $\frac{a}{b} = \sin\varphi$, wartość kąt φ odczytujem z tablic lub kalkulatora, b) $\frac{\alpha\,\beta}{X\,Y} = \sin\varphi$ wartość kąt φ odczytujem z tablic lub kalkulatora, c) przykłady obrazów przy różnych kątach fazowych.



Rys. 14. Pomiar częstotliwości sygnałów za pomocą figur Lissajous: [9, s. 139]
a) układ pomiarowy, b) sposób obliczania stosunku częstotliwości, c) $f_y : f_x = 2 : 5$, d) $f_y : f_x = 2 : 5$, stosunek częstotliwości jak na rysunku c, lecz inna wartość faz początkowych obu sygnałów, e) $f_y : f_x = 3 : 5$, f) $f_y : f_x = 3 : 5$ stosunek częstotliwości jak na rysunku d, lecz inna wartość faz obu sygnałów

Pomiar częstotliwości sygnałów za pomocą figur Lissajous jest metodą bardzo dokładną. Polega na porównaniu częstotliwości nieznanej z wzorcową. Oscyloskop wtedy jest jedynie wskaźnikiem porównania i praktycznie na uchyb pomiaru, wpływa dokładność wzorca.

Jeżeli stosunek częstotliwości jest równy liczbie całkowitej lub stosunkowi dwu liczb całkowitych, to otrzymuje się na ekranie obraz nieruchomy. Niewielka różnica częstotliwości powoduje ciągłą zmianę położenia obrazu na ekranie. Na rys. 14 przedstawiono układ pomiarowy i kilka przykładów różnych figur Lissajous. Stosunek obu częstotliwości oblicza się ze stosunku liczby przecięć prostej pionowej z obrazem do liczby takich przecięć prostej poziomej (rys. 14b). Obie proste powinny być tak poprowadzone, aby nie były styczne i nie przechodziły przez punkty węzłowe obrazu. Stosunek obu częstotliwości oblicza się ze wzoru

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

gdzie:

N_x – liczba przecięć figury Lissajous z prostą poziomą,

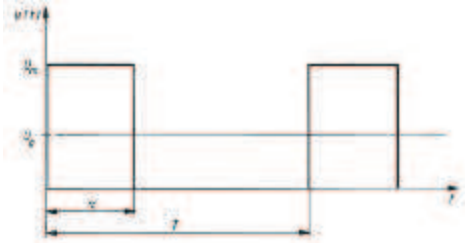
N_y – liczba przecięć figury Lissajous z prosta pionową.

Dokładność pomiaru czasu i okresu, a także częstotliwości zależy od dokładności określenia:

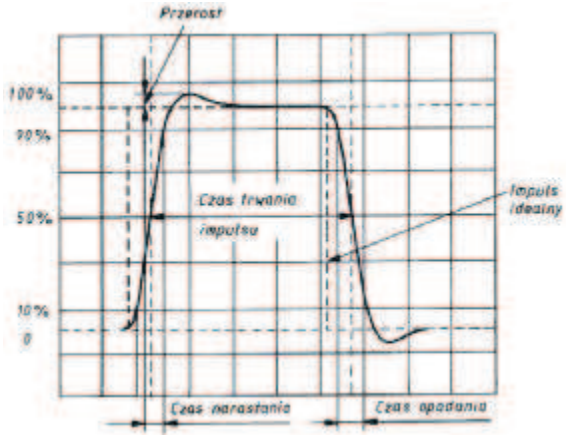
– współczynnika odchylenia poziomego,

– długości odcinka X obrazu.

Kształt idealnego prostokątnego przebiegu impulsowego nie posiada czasu narastania i czasu opadania (oba mają wartość równą zeru). Należy pamiętać że w rzeczywistości nie występują przebiegi idealne. Kształt rzeczywistego impulsu prostokątnego przedstawiono na rys. 18.



Rys. 17. Idealny przebieg impulsowy [2, s. 127]
τ – czas trwania impulsu, T – okres przebiegu, T - τ – czas przerwy między impulsami, ε = τ/T.



Rys. 18. Kształt rzeczywistego impulsu oraz jego parametry charakterystyczne [2, s. 127]

Oscyloskop z lampą pamiętającą

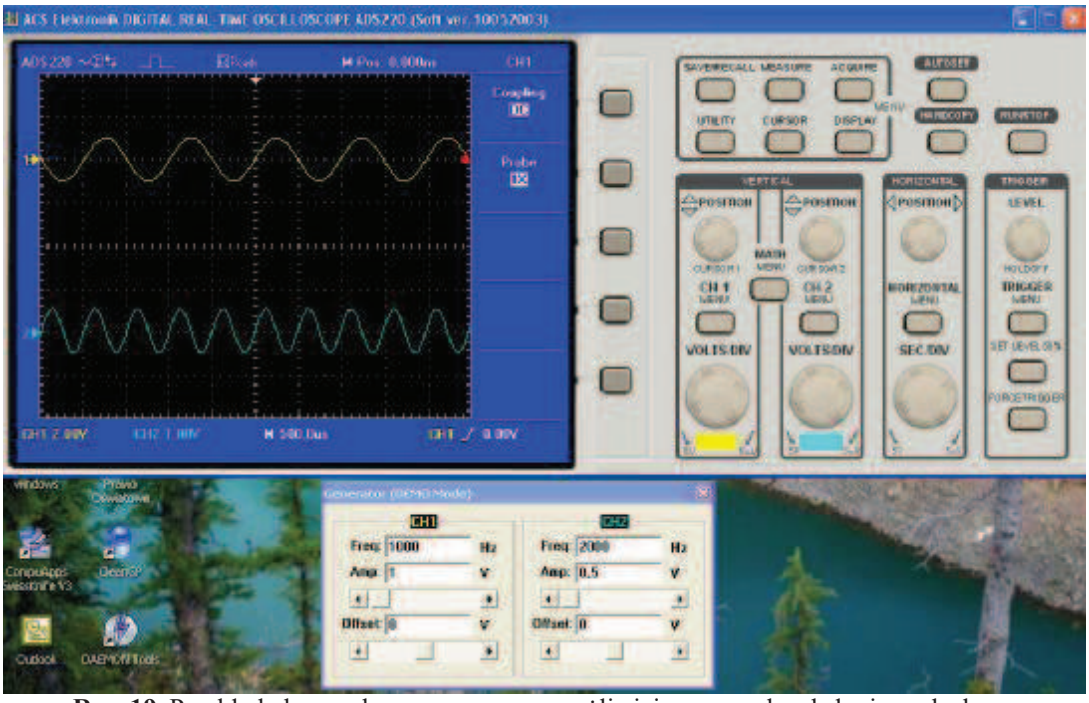
Jest to oscyloskop analogowy wyposażony w specjalną lampę pamiętającą, która umożliwia obserwację obrazu przebiegu jak w oscyloskopie ze zwykła lampą lub zapamiętanie wewnątrz lampy obrazu przebiegu jednorazowego lub powtarzalnego i wyświetlenie go przez pewien czas na ekranie.

Oscyloskop taki umożliwia pomiar przebiegów wolnozmiennych, jednorazowych oraz porównanie przebiegów występujących w różnym czasie.

Parametry pamiętającej lampy oscyloskopowej określają:

– rodzaj pamięci: bistabilna, czy o zmiennym czasie poświaty,
– czas pamiętania,
– szybkość rysowania, wyrażona w cm/μs.

Szybkość rysowania jest ważnym parametrem, ponieważ określa, jak szybki przebieg jednorazowy może być zarejestrowany.



Rys. 19. Przykład obrazu ekranu programu umożliwiającego naukę obsługi oscyloskopu

W internecie dostępne są programy (Demo), umożliwiające opanowanie obsługi oscyloskopu z zastosowaniem komputera. Przykład takiego programu na rysunku powyżej (rys. 19).

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz rodzaje obecnie produkowanych oscyloskopów?
2. Z jakich podstawowych części składa się lampa oscyloskopowa?
3. Jaką funkcję w oscyloskopie pełni klawisz BEAM FINDER?
4. Na podstawie jakich parametrów będziesz dobierał oscyloskop do badania określonych przebiegów?
5. Jaką funkcję spełniają w oscyloskopach tłumiki?
6. Jaka jest różnica między oscyloskopami: jedno- i dwukanałowym?
7. Jakie tryby pracy występują w oscyloskopach dwukanałowych?
8. W jaki sposób można wykonać pomiary wielkości elektrycznych za pomocą oscyloskopu?

4.1.3 Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Przygotuj oscyloskop do pracy, uruchom i dokonaj jego kalibracji.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) doprowadzić do wejścia oscyloskopu napięcie stałe o dokładnie określonej wartości lub sygnał prostokątny, którego amplituda i częstotliwość powtarzania są dokładnie znane (określa prowadzący),

2) sprawdzić, czy przy danym ustawieniu przełączników skokowej regulacji współczynnika odchylania toru pionowego i częstotliwości generatora podstawy czasu wymiary obrazu na ekranie odpowiadają parametrom sygnału wejściowego,
3) ustawić wszystkie przełączniki w odpowiednim położeniu – w szczególności elementy płynnej regulacji współczynnika odchylania pionowego i częstotliwości generatora podstawy czasu ustawić w pozycji CAL (wartość tych parametrów będzie zgodna z wartością ustawioną za pomocą przełącznika skokowego),
4) dokonać regulacji parametrów obrazu – jasność, ostrość, oświetlenie skali – tak, aby otrzymane oscylogramy były dobrej jakości,
5) sprawdzić, czy linie poziome, rysowane na ekranie są równoległe do linii siatki ekranu; w razie potrzeby dokonać niezbędnych regulacji,
6) ustawić na ekranie zerowe potencjały odniesienia, tzn. wejście oscyloskopu należy zewrzeć z masą (ustawiając przełącznik rodzaju sprzężenia sygnału wejściowego z wejściem oscyloskopu w pozycji GND) i za pomocą pokrętła POSITION przesunąć linię poziomą na ekranie w żądane położenie. Dopóki pozycja pokrętła POSITION nie zostanie zmieniona, ustawiony na ekranie poziom będzie odpowiadał zerowemu napięciu na wejściu,
7) zaprezentować ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:
- oscyloskop analogowy,
- zasilacz laboratoryjny,
- generator funkcyjny,
- sondy pomiarowe,
- instrukcje obsługi przyrządów,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 2

Doprowadź do gniazda wejściowego oscyloskopu sygnał sinusoidalnie zmienny o wartości amplitudy ok. 5V i częstotliwości ok. 10 kHz (nauczyciel może podać inne dane). Obserwuj obraz otrzymany na ekranie oscyloskopu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) doprowadzić do gniazda wejściowego oscyloskopu napięcie dokładnie określonej wartości, którego amplituda i częstotliwość powtarzania są dokładnie znane (określa prowadzący),
2) sprawdzić, czy przy danym ustawieniu przełączników skokowej regulacji współczynnika odchylania toru pionowego i częstotliwości generatora podstawy czasu wymiary obrazu na ekranie odpowiadają parametrom sygnału wejściowego,
3) uzyskać na ekranie stabilny obraz – zapisać w sprawozdaniu położenie przełączników: wybór kanału CH1/CH2/ADD/DUAL, rodzaj sprzężenia AC/GND/DC, rodzaj wyzwalania AUTO/NORMAL/SINGLE, źródło synchronizacji EXT/LINE/CH2/CH1, rodzaj synchronizacji DC/TV/AC-LF/AC,
4) zaobserwować i zapisać w sprawozdaniu, co się dzieje przy zmianie ustawienia płynnej i skokowej regulacji współczynnika odchylania pionowego, płynnej i skokowej regulacji współczynnika skalowania podstawy czasu oraz pokręteł przesuwania obrazu w pionie i poziomie,

5) zbadać działanie pokrętła poziomu wyzwalania LEVEL dla wyzwalanej podstawy czasu NORM i wyjaśnić, dlaczego dla pewnych położeń pokrętła LEVEL obraz znika,
6) zaprezentować ćwiczenie,
7) opisać w sprawozdaniu obserwacje oraz wykonywane czynności.

Wyposażenie stanowiska pracy:
- oscyloskop analogowy,
- generator funkcyjny,
- sondy pomiarowe,
- instrukcje obsługi przyrządów,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 3

Doprowadź do gniazda wejściowego oscyloskopu sygnał sinusoidalnie zmienny o wartości amplitudy ok. 5V i częstotliwości ok. 10 kHz (nauczyciel może podać inne dane), do toru odchylania pionowego kanału 2 napięcie stałe ok. 2V (nauczyciel może podać inną wartość napięcia).
Obserwuj obraz otrzymany na ekranie oscyloskopu.

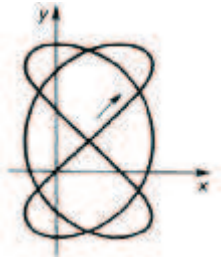
Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) doprowadzić z generatora funkcyjnego do gniazda wejściowego oscyloskopu napięcie przemienne o dokładnie określonej wartości, którego amplituda i częstotliwość powtarzania są dokładnie znane (określa prowadzący), a do toru odchylania pionowego kanału 2 z zasilacza laboratoryjnego napięcie stałe,
2) uzyskać na ekranie stabilny obraz – zapisać w sprawozdaniu położenie przełączników: wybór kanału CH1/CH2/ADD/DUAL, rodzaj sprzężenia AC/GND/DC, rodzaj wyzwalania AUTO/NORMAL/SINGLE, źródło synchronizacji EXT/LINE/CH2/CH1, rodzaj synchronizacji DC/TV/AC-LF/AC,
3) zaobserwować i narysować oscylogramy przy wyborze kolejno kanału: CH1, CH2, ADD, DUAL,
4) narysować oscylogramy jeden pod drugim (przy tej samej osi czasu),
5) zbadać działanie pokrętła poziomu wyzwalania LEVEL dla wyzwalanej podstawy czasu NORM i wyjaśnić, dlaczego dla pewnych położeń pokrętła LEVEL obraz znika,
6) zaprezentować ćwiczenie,
7) opisać w sprawozdaniu obserwacje oraz wykonywane czynności.

Wyposażenie stanowiska pracy:
- oscyloskop analogowy,
- zasilacz laboratoryjny,
- generator funkcyjny,
- sondy pomiarowe,
- instrukcje obsługi przyrządów,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 4

Na rys. przedstawiono figurę Lissajous. Określ stosunek częstotliwości.



Rys. do ćwiczenia 4

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) zaznaczyć na wykresie punkty przecięcia wykresu z osiami OX i OY ,
2) przystąpić do obliczeń,
3) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
4) sporządzić sprawozdanie z przebiegu ćwiczenia, załączając rysunek i otrzymane wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przyrządy kreślarskie,
- zeszyt,
- literatura.

Ćwiczenie 5

Doprowadź do gniazda wejściowego oscyloskopu sygnał sinusoidalny o wartości amplitudy ok. 5V i częstotliwości ok. 10 kHz (nauczyciel może podać inne dane), do toru odchylania poziomego napięcie sinusoidalnie zmienne o wartości amplitudy ok. 2V i częstotliwości ok. 5 kHz (nauczyciel może podać inne wartości napięcia i częstotliwości). Obserwuj obraz otrzymany na ekranie oscyloskopu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) doprowadzić z generatora funkcyjnego do gniazda wejściowego oscyloskopu przebieg sinusoidalnie zmienny o określonej wartości, którego amplituda i częstotliwość powtarzania są znane (określa prowadzący), a do toru odchylania poziomego z drugiego generatora funkcyjnego także przebieg sinusoidalnie zmienny o innej znacznie różniącej się wartości częstotliwości (określa prowadzący), od sygnału doprowadzonego do kanału odchylania pionowego, wartości częstotliwości nie powinny przekraczać pasma akustycznego,
2) przełączyć oscyloskop na tryb pracy X-Y,
3) uzyskać stabilny obraz na ekranie (jeśli będzie to trudne, wstępnie użyj trybu „normal”),
4) zaobserwować i narysować zaobserwowane oscylogramy,
5) zmienić częstotliwość w torze odchylania poziomego i po uzyskaniu stabilnego obrazu narysować zaobserwowany obraz,
6) zanotować przy figurach Lissajous, wartości częstotliwości w torach odchylania poziomego i pionowego,
7) zaprezentować ćwiczenie,
8) opisać w sprawozdaniu obserwacje oraz wykonywane czynności, umieścić rysunki zaobserwowanych obrazów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- oscyloskop analogowy,
- generatory funkcyjne,
- częstościomierze,
- sondy pomiarowe,
- przewody łączące,
- instrukcje obsługi przyrządów,
- literatura.

4.1.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) rozróżnić elementy lampy oscyloskopowej?	☐	☐
2) podać rozkład potencjałów w lampach oscyloskopowych?	☐	☐
3) wyjaśnić zasadę powstawania na ekranie oscyloskopu obrazu dwóch przebiegów?	☐	☐
4) podłączyć do układu pomiarowego oscyloskop?	☐	☐
5) dokonać uruchomienia i kalibracji oscyloskopu?	☐	☐
6) ocenić błąd i dokładność pomiaru oscyloskopem?	☐	☐
7) dokonać pomiarów parametrów sygnałów elektrycznych przy użyciu oscyloskopu?	☐	☐
8) odczytać wyniki z ekranu oscyloskopu?	☐	☐
9) wykonać pomiar czasu za pomocą oscyloskopu?	☐	☐
10) sprawdzić, czy oscylografowany sygnał ma składową stałą różną od zera?	☐	☐

4.2. Oscyloskop próbkujący

4.2.1 Materiał nauczania

Do rejestracji przebiegów okresowych o częstotliwościach wyższych (obecnie do 20 GHz) stosuje się oscyloskopy próbkujące, zwane samplingowymi.

Zasada działania oscyloskopu próbkującego polega na pobieraniu odpowiednio przesuniętych w czasie próbek z każdego okresu rejestrowanego przebiegu i odtwarzaniu ich w zwolnionej skali czasowej na ekranie lampy. Obraz na ekranie składa się ze świecących punktów, z których każdy odpowiada chwilowej wartości napięcia wejściowego w momencie jego próbkowania. Ponieważ punktów tych może być bardzo dużo (do kilku tysięcy), więc dla obserwatora tworzą one linię ciągłą.

Na przykład, jeżeli przebieg ma częstotliwość powtarzania 10 kHz, a jego obraz został złożony z tysiąca kropek, to częstotliwość powtarzania całego obrazu na ekranie wyniesie tylko 10 Hz.

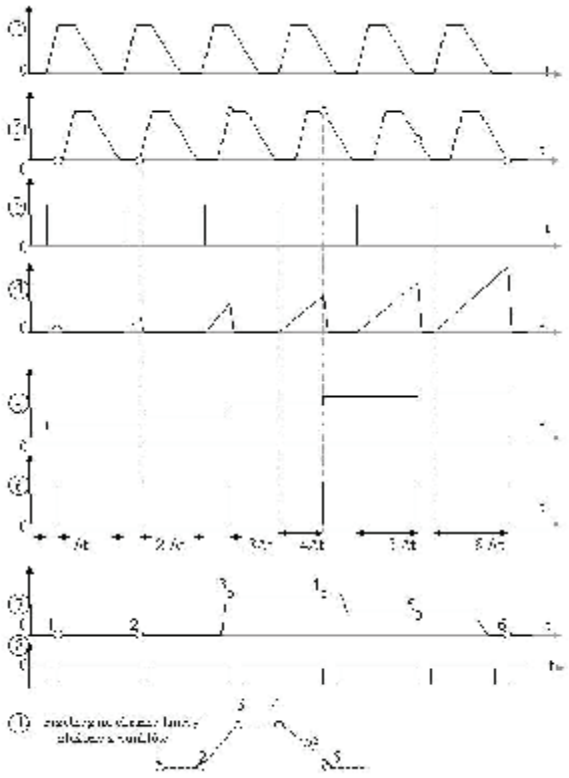
Są stosowane trzy metody próbkowania:

- próbkowanie sekwencyjne (sequencial sampling),
- próbkowanie przypadkowe (random sampling),
- próbkowanie w czasie rzeczywistym (real time sampling).

Próbkowanie sekwencyjne w odróżnieniu, od próbkowania przypadkowego, wymaga zastosowania linii opóźniającej w celu umożliwienia obserwacji przedniego zbocza badanego impulsu.

Uproszczony schemat blokowy oscyloskopu próbkującego przedstawiono na rysunku poniżej (rys.20), a przebiegi napięć w poszczególnych punktach układu na następnym rysunku (rys.21).

Rys. 20. Uproszczony schemat oscyloskopu próbkującego [2, s. 114]



Rys. 21. Przebiegi napięć w poszczególnych punktach układu jak na rys. 20. [2, s. 114]

Rejestrowany sygnał (1) jest doprowadzony do układu próbkowania przez układ rozgałęziający i układ opóźniający. Część sygnału rejestrowanego przez układ rozgałęziający jest doprowadzana do układu wyzwalania. Na wyjściu tego układu powstają impulsy szpilkowe (3) sterujące generatorem tzw. szybkiej podstawy czasu. Napięcie piłokształtne (4) szybkiej podstawy czasu jest porównywane w układzie komparatora z napięciem (5) generatora tzw. wolnej podstawy czasu. Napięcie wolnej podstawy czasu ma kształt przebiegu schodkowego i stąd generator wolnej podstawy czasu jest nazywany generatorem napięcia schodkowego. W chwili gdy oba napięcia zrównają się, sygnał z komparatora uruchamia generator impulsów próbkujących.

Sygnał (6) z wyjścia generatora powoduje otwarcie układu próbkowania. Po chwili generator napięcia schodkowego wytwarza "schodek" o następnej amplitudzie, który trwa tak długo, dopóki nastąpi zrównanie się z nim następnej "piły" generowanej przez generator szybkiej podstawy czasu. Jeżeli różnica miedzy amplitudami poszczególnych "schodków" jest stała, a napięcie piłokształtne jest liniowe, to za każdym następnym porównaniem impuls próbkujący opóźnia.

Napięcie schodkowe (5) steruje jednocześnie torem X oscyloskopu, przesuwając punkt świecący na ekranie w prawo o jeden schodek co każdy impuls próbkujący.

W czasie przeskoku napięcia schodkowego do następnej wartości zostaje wygaszona plamka na ekranie - impulsy wygaszające (8). Dzięki temu na ekranie są niewidoczne stany nieustalone występujące w czasie skoków napięcia, zarówno w kierunku osi pionowej, jak i poziomej.

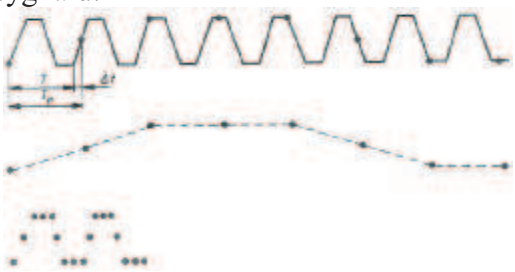
Obraz na ekranie składa się z punktów, których liczba równa się liczbie schodków. Czas potrzebny na złożenie całego obrazu składającego się z n punktów jest n razy dłuższy od okresu przebiegu rejestrowanego. Częstotliwość powtarzania obrazu na ekranie jest więc n razy mniejsza od częstotliwości sygnału wejściowego:

$$f_r = \frac{f}{n} [Hz]$$

gdzie:

f_r - częstotliwość powtarzania obrazu na ekranie lampy,

f - częstotliwość sygnału.



Rys. 22. Odtwarzanie obrazu za pomocą próbek [2, s. 115]

4.2.2 Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakim innym określeniem nazywamy oscyloskopy próbkujące?
2. Czemu odpowiada punkt na ekranie oscyloskopu próbkującego?
3. Jakie znasz metody próbkowania?
4. Która metoda próbkowania wymaga zastosowania linii opóźniającej?
5. W którym momencie następuje wygaszenie plamki na ekranie?
6. Od jakich parametrów zależy częstotliwość powtarzania obrazu na ekranie?

4.2.3 Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Ułóż schemat blokowy oscyloskopu próbkującego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) z przygotowanych w formie kartonowych prostokątów bloków ułożyć schemat blokowy oscyloskopu próbkującego,
2) wskazać wejście i wyjścia,
3) przerysować schemat do zeszytu,
4) przeanalizować zasadę działania takiego oscyloskopu,
5) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przyrządy kreślarskie,
- zeszyt,
- kartonowe prostokąty z wpisanymi nazwami bloków oscyloskopu,
- literatura.

Ćwiczenie 2

Wyszukaj w Internecie informacje o oscyloskopach próbkujących i porównaj ich parametry.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) wyszukać w Internecie strony producentów oscyloskopów próbkujących,
2) ściągnąć dokumentację wybranych oscyloskopów,
3) porównaj podane przez producenta parametry oscyloskopów,
4) zaprezentować wyniki ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:
- komputer PC z dostępem do Internetu,
- oprogramowanie umożliwiające przeglądanie dokumentacji w postaci PDF,
- literatura z rozdziału 6.

4.2.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) wyjaśnić przyczyny zwiększenia częstotliwości pracy oscyloskopu próbkującego?	☐	☐
2) wyjaśnić metodę próbkowania sekwencyjnego ?	☐	☐
3) wymienić bloki funkcjonalne oscyloskopu próbkującego?	☐	☐
4) określić częstotliwość powtarzania obrazu na ekranie jeśli znasz częstotliwość sygnału i liczbę próbek?	☐	☐
5) wyjaśnić różnice między metodami próbkowania?	☐	☐

4.3. Oscyloskop cyfrowy

4.3.1 Materiał nauczania

Oscyloskop cyfrowy należy do nowej generacji przyrządów pomiarowych o ogromnych możliwościach, ograniczonych praktycznie tylko maksymalną szybkością pracy przetworników analogowo-cyfrowych i pamięci. Pojawienie się cyfrowych pamięci półprzewodnikowych umożliwiło zapamiętywanie przebiegów w sposób trwały, dzięki czemu powstało wiele nowych możliwości:

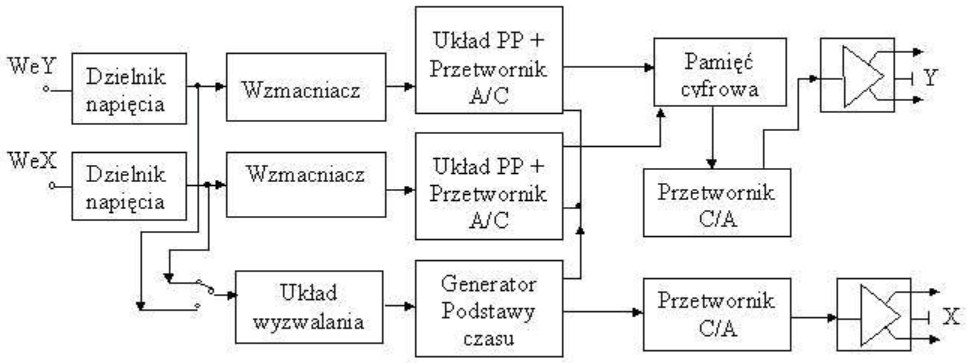
- obserwacja fragmentu przebiegu przed wyzwoleniem (ang. pre-triggerring) cyfrowej podstawy czasu,
- automatyczny pomiar różnych parametrów obserwowanego sygnału np. wartości chwilowej, czasu narastania impulsu, szerokość impulsu, okresu, częstotliwości itp;
- zapamiętywanie wielu różnych przebiegów,
- transmisja sygnałów do urządzeń zewnętrznych w celu dalszej analizy lub sporządzenia wykresu,
- porównywanie różnych przebiegów,
- operacje matematyczne na sygnałach, np. uśrednianie eliminujące szumy i zakłócenia.

Oscyloskop cyfrowy zapamiętuje przebiegi w pamięci półprzewodnikowej w postaci cyfrowej. Sygnał analogowy na wejściu jest próbkowany w ściśle określonych chwilach, następnie kolejne próbki są przetwarzane przez szybki przetwornik analogowo-cyfrowy i przesyłane do pamięci. W celu odtworzenia na ekranie zapamiętanego przebiegu, sygnał z postaci cyfrowej musi zostać przetworzony na postać analogową. Wynikiem takiego przetworzenia są dyskretne poziomy napięciowe, a na ekranie otrzymuje się wtedy obraz punktowy, niewygodny dla obserwatora. Dlatego sygnały z wyjścia przetwornika cyfrowo-analogowego poddaje się interpolacji. Układ interpolacji powoduje łączenie na ekranie obrazu każdej kolejnej próbki jasnym odcinkiem linii.

Do podstawowych parametrów oscyloskopu cyfrowego należą:

- zdolność rozdzielcza (rozdzielczość) w kierunku osi pionowej Y oraz osi poziomej X,
- częstotliwość próbkowania,
- zakres częstotliwości dla przebiegów jednorazowych,
- zakres częstotliwości dla przebiegów powtarzalnych,
- pojemność pamięci.

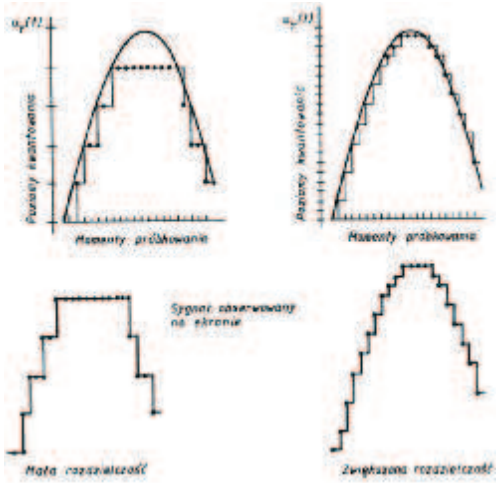
Schemat blokowy oscyloskopu cyfrowego przedstawiono poniżej:



Rys. 23. Schemat blokowy oscyloskopu cyfrowego [2, s. 117]
układ PP- układ próbkująco- pamiętający

Zdolność rozdzielcza w kierunku osi Y jest określona przez zdolność rozdzielczą przetwornika analogowo-cyfrowego, która z kolei jest określona przez liczbę bitów cyfrowego słowa wyjściowego. Przetwornik z wyjściem N-bitowym reprezentuje 2^N poziomów napięcia wejściowego.

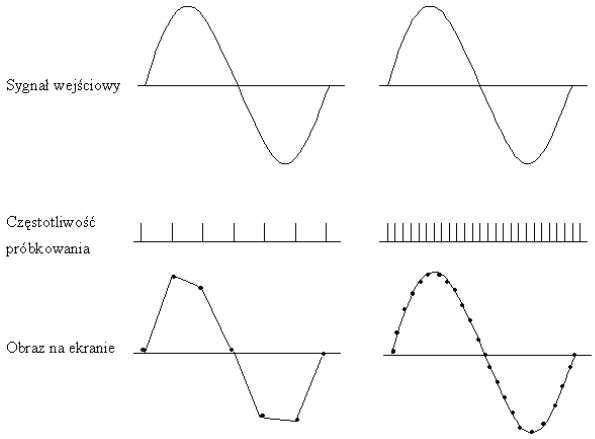
Zdolność rozdzielcza określa dokładność, z jaką zapamiętywane są sygnały. Im większa jest zdolność rozdzielcza, tym dokładniejsze jest odtworzenie przebiegu na ekranie oscyloskopu. Zwiększenie zdolności rozdzielczej przetwornika analogowo-cyfrowego powoduje dokładniejsze odtworzenie obrazu na ekranie, ale zmniejsza zakres częstotliwości sygnałów możliwych do obserwacji. Zwykle stosowane są przetworniki 8-bitowe ($2^8 = 256$ poziomów napięcia).



Rys. 24. Wpływ zdolności rozdzielczej przetwornika analogowo-cyfrowego na dokładność odtwarzania obrazu na ekranie oscyloskopu [2, s. 118]

Częstotliwość próbkowania jest podstawowym parametrem oscyloskopu cyfrowego. Decyduje ona o wartości maksymalnej częstotliwości sygnałów, które mogą być obserwowane. Im większa liczba próbek przypadających na jeden przebieg, tym dokładniej będzie on odtworzony.

Wpływ częstotliwości próbkowania na dokładność odtwarzania obrazu na ekranie oscyloskopu widać na rysunku poniżej (rys. 25).



Rys. 25. Wpływ częstotliwości próbkowania na dokładność odtwarzania obrazu na ekranie oscyloskopu [2, s. 119]

Względy techniczne jednak ograniczają liczbę próbek. Możliwość odtwarzania sygnału z dyskretnych próbek określa twierdzenie Shannona-Nyquista.

Wynika z niego, że do odtworzenia sygnału sinusoidalnego wystarczą dwie próbki na okres przebiegu próbkowanego. Jednak do odtworzenia sygnału niesinusoidalnego potrzeba więcej próbek.

Maksymalna częstotliwość próbkowania jest ograniczona głównie przez szybkość działania przetwornika analogowo-cyfrowego oraz przez układy pamiętające i jest wyrażana w megapróbkach na sekundę, a oznaczana: MS/s, Msa/s lub w MHz.

Obserwowany przebieg, przetworzony na ciąg próbek, jest zapamiętywany w postaci jednego rekordu o długości M słów. Jeżeli cały rekord jest odtwarzany na ekranie, to obraz przebiegu składa się z M kropek:

$$M = 2^n$$

gdzie:

M – długość rekordu, tzn. liczba próbek, na które został rozłożony obserwowany przebieg,

n – liczba próbek, n= 1, 2, ... (zwykle $n \geq 9$).

Długość rekordu jest wyrażana w kilobajtach lub kilopróbkach [kB], a 1 kB = 1024 próbki. Zwykle na ekranie wyświetlane jest 512 próbek, co przy typowej szerokości ekranu X = 10 cm (1 działka = 1 cm) daje 50 próbek na działkę. Wynika stąd, że odstęp czasu między próbkami T_s może być określony na podstawie zależności

$$T_s = \frac{\text{współczynnik odchylenia toru X [s/dz]}}{\text{liczba dzialek}} \text{ [s]}$$

Dla współczynnika odchylenia toru X = 1 ms/dz odstęp czasu między próbkami

$$T_s = \frac{1 \text{ ms}}{50} = 20 \text{ [μs]}$$

czyli częstotliwość próbkowania jest równa

$$f_s = \frac{1}{T_s} = 50 \text{ [kHz]}$$

Rozmiar pamięci jest kolejnym ważnym parametrem oscyloskopu. Pojemność pamięci określa ilość informacji o przebiegu, która może być jednocześnie zapamiętana. Zwykle stosowane są pamięci RAM o krótkim czasie dostępu. Pamięć jest tak zorganizowana, że można w niej zapamiętywać M słów N-bitowych. Długość słowa N odpowiada liczbie bitów przetwornika analogowo-cyfrowego, a liczba słów wynosi od 1 kB (1024 słowa) do 4 kB (4096 słów). Pamięć może być dzielona na mniejsze bloki, co daje możliwość zapamiętywania kilku przebiegów. W typowym oscyloskopie cyfrowym można zapamiętać przebieg złożony z 4096 próbek lub większą liczbę przebiegów, których suma próbek nie przekracza 4096, np. cztery przebiegi złożone z 1024 próbek.

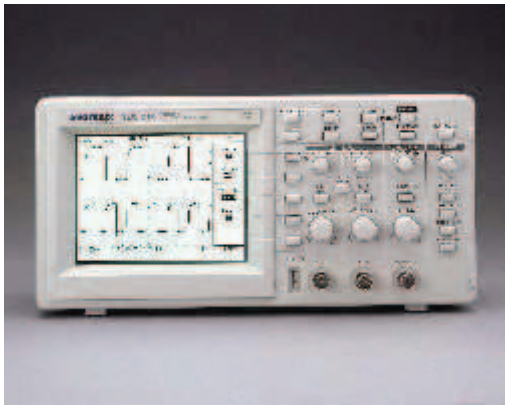
Oscyloskopy cyfrowe mają charakterystyczne rodzaje pracy:

- Praca z odświeżaniem (ang. refreshed mode) – na ekranie jest stale widoczny przebieg, który był ostatnim przebiegiem przetworzonym przez przetwornik analogowo-cyfrowy. Obraz jest aktualizowany przez każdy sygnał wyzwalający.
- Obraz biegnący (ang. roll mode) – napięcie podstawy czasu nie jest zsynchronizowane z przebiegiem obserwowanym. Sygnały wejściowe są bez przerwy próbkowane i przesyłane do pamięci oraz odtwarzane na ekranie. Obraz na ekranie przedstawia sygnał wejściowy, który przesuwa się od prawej strony ekranu do lewej. Ten rodzaj pracy jest zalecany przy małej częstotliwości podstawy czasu.
- Praca z obwiednią (ang. envelope mode) – przy tym rodzaju pracy zapamiętywane są wartości maksymalne i minimalne obserwowanego sygnału, uzyskane w czasie każdego okresu próbkowania, następnie są one kumulowane na ekranie. Ten rodzaj pracy zaleca

się gdy obserwujemy przebiegi o krótkich impulsach nałożonych na wolne przebiegi, np. obserwacja dryftu częstotliwości, modulacji amplitudy.

- Praca z zapamiętaniem odchyłki (ang. save on delta) – polega na porównaniu przed ostatecznym zapamiętaniem, czy przebieg obserwowany jest zgodny lub zbliżony do przebiegu odniesienia. Jeśli przebieg jest różny, następuje jego zapamiętanie.
- Praca z uśrednianiem polega na zapamiętywaniu i obrazowaniu przebiegu, który jest średnią arytmetyczną ustalonej liczby przebiegów.

Przykład danych technicznych oscyloskopu cyfrowego TDS 210



Rys. 26. Oscyloskop TDS 210

- Szerokość pasma przenoszenia: 60 MHz,
- Częstotliwość próbkowania: 1 GS/s na kanał,
- Kanały: 2 identyczne kanały plus wyzwalanie zewnętrzne,
- Czułość: 2mV - 5V/dz,
- Pomiary automatyczne: okres, częstotliwość, wartość skuteczna, wartość międzyszczytowa,
- Tryb akwizycji: próbkowanie, uśrednianie, detekcja szczytu,
- Długość zapisu: 2500 próbek na kanał,
- System sterowania poziomego: od 5 us/dz do 5 s/dz,
- Akcesoria standardowe: P6112 - sonda pasywna 100 MHz, 10x (1 szt/kanał), Akcesoria dodatkowe:
  TDS2CM - dodatkowy moduł komunikacyjny (port Centronics, RS232, GPIB),
  TDS2MM - dodatkowy moduł pomiarowy (FFT, pomiary automatyczne, Interfejs Centronics, RS232, GPIB.

4.3.2 Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie możliwości stwarza stosowanie oscyloskopu cyfrowego?
2. Jakie znasz parametry oscyloskopów cyfrowych?
3. Jakie elementy ograniczają szybkość pracy oscyloskopów cyfrowych?
4. Jakie rodzaje pracy można wyróżnić w oscyloskopie cyfrowym?
5. Jakie pojemności pamięci spotyka się w oscyloskopach cyfrowych?

4.3.3 Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Uruchom i wykonaj kalibrację oscyloskopu cyfrowego.

Do wykonania ćwiczenia wykorzystaj dowolny oscyloskop cyfrowy znajdujący się w laboratorium szkolnym. Postępuj podobnie jak zostanie opisane poniżej. Przeznaczenia manipulatorów (przełączników, przycisków, pokręteł) w oscyloskopach i ich oznaczenia są podobne.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) zapoznać się z instrukcjami przyrządów,
2) przystąpić do uruchomienia i kalibracji oscyloskopu (podobnie jak w oscyloskopu analogowego w ćwiczeniach 1,2 i 3 w rozdziale 4.1.3) po uzyskaniu zgody nauczyciela,
3) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
4) opisać wszystko, co zaobserwujesz oraz wykonywane czynności.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- oscyloskop cyfrowy lub analogowo-cyfrowy,
- zasilacz laboratoryjny,
- generator funkcyjny,
- sondy pomiarowe,
- instrukcje obsługi przyrządów,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiary parametrów pojedynczego impulsu z wykorzystaniem pracy cyfrowej. W układzie pomiarowym zaobserwuj oraz wyznacz czas trwania t_w oraz poziom U_{Hi} pojedynczego impulsu generowanego przez generator impulsowy np. HM 8035.

Celem zadania jest obserwacja i pomiar parametrów pojedynczego impulsu. Impuls taki ze względu na krótki czas trwania jest niemożliwy do zaobserwowania przy pomocy klasycznego oscyloskopu analogowego bez pamięci. Z tego względu do jego pomiarów wykorzystano pracę oscyloskopu w trybie cyfrowym z pojedynczym wyzwalaniem (inne określenie praca z czuwaniem, ang. baby-sitting).

W trybie tym podstawa czasu jest nieaktywna dopóki nie pojawi się impuls wyzwalający, natomiast cały czas pracuje przetwornik A/C i próbki napięcia występujące na wejściu oscyloskopu są zapisywane do pamięci. W momencie pojawienia się impulsu wyzwalającego uruchamiany jest na jeden okres generator podstawy czasu. Obraz impulsu na ekranie oscyloskopu możemy potem dowolnie długo wyświetlać i analizować.

Ponieważ przetwornik A/C pracuje również przed wyzwoleniem możliwe jest wyświetlenie nie tylko przebiegu po wyzwoleniu jak w klasycznym oscyloskopie analogowym, a także przed wyzwoleniem. Proporcje między przebiegiem przed wyzwoleniem po wyzwoleniu możemy zmieniać przy pomocy parametru T: % w menu ACQ.

Przed rozpoczęciem pomiaru należy:

- przełącznik rodzaju pracy odchylania pionowego VERTICAL ustawić w położeniu CH1,
- ustawić wzmocnienie kanału CH1 równe 1 V/cm a linię zerową na poziomie y = - 3 cm,
- pokrętłem LEVEL ustawić znacznik poziomu wyzwalania na poziomie y = - 1 cm,

- wybrać cyfrowy tryb pracy oscyloskopu wciskając klawisz DIGITAL a następnie nacisnąć klawisz ACQ i ustawić następujące parametry pracy:
  - SGL praca z pojedynczym wyzwalaniem,
  - ETS:on,
  - 1k długość rekordu,
  - T:25% wyświetlanie 25% przebiegu przed wyzwoleniem i 75% przebiegu po wyzwoleniu,
  - E:on,
  - G:on,
  - F:on.
- nacisnąć klawisz MENU OFF i wyjść z trybu ustawiania parametrów pracy ACQ. Wciskając klawisz RUN/STOP uaktywnić podstawę czasu z czuwaniem - powinien wyświetlić się napis RDY,
- pokrętło FREQUENCY generatora HM 8035 ustawić w pozycji MAN or EXT (lewa skrajna pozycja),
- pokrętło skokowej regulacji szerokości impulsu WIDTH ustawić w pozycji 200 μs, natomiast czerwone pokrętło płynnej regulacji szerokości impulsu przekręcić do lewej skrajnej pozycji,

Wygeneruj pojedynczy impuls naciskając przycisk MAN w generatorze HM 8035, na ekranie powinien pojawić się zarejestrowany impuls oraz napis STP. Przemieszczanie się w obrębie pamięci uzyskuje się przy pomocy pokrętła WINDOW. Powtórne uaktywnienie podstawy czasu z czuwaniem następuje po naciśnięciu klawisza RUN/STOP.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) zapoznać się z instrukcjami przyrządów,
2) przystąpić do uruchomienia i kalibracji oscyloskopu według instrukcji obsługi,
3) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
4) opisać wszystko co zaobserwujesz na ekranie oscyloskopu oraz wykonywane czynności.

Wyposażenie stanowiska pracy:
- oscyloskop cyfrowy lub analogowo-cyfrowy,
- generator impulsowy np. HM 8035,
- sondy pomiarowe,
- instrukcje obsługi przyrządów,
- literatura z rozdziału 6.

4.3.4. Sprawdzian postępów

		Tak	Nie
Czy potrafisz:			
1)	wymienić podstawowe parametry oscyloskopu cyfrowego?	☐	☐
2)	wymienić bloki funkcyjne z których składa się oscyloskop cyfrowy?	☐	☐
3)	wskazać czynniki wpływające na dokładność pomiaru oscyloskopem cyfrowym?	☐	☐
4)	określić, w jakich jednostkach wyrażana jest maksymalna częstotliwość próbkowania?	☐	☐
5)	wyjaśnić rolę pamięci półprzewodnikowych w oscyloskopach cyfrowych?	☐	☐
6)	wymienić tryby pracy oscyloskopów cyfrowych?	☐	☐
7)	uruchomić i obsłużyć oscyloskop cyfrowy?	☐	☐

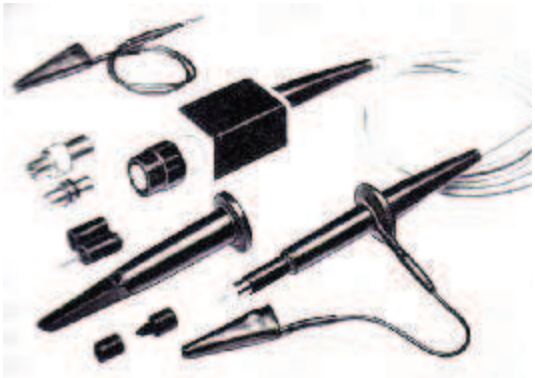
4.4. Sondy pomiarowe

4.4.1. Materiał nauczania

Przy pomiarach i obserwacji sygnałów elektrycznych ważny jest sposób przyłączenia oscyloskopu do badanego układu oraz wpływ przyrządu na źródło badanego sygnału i wierność odtworzenia kształtu sygnału na ekranie.

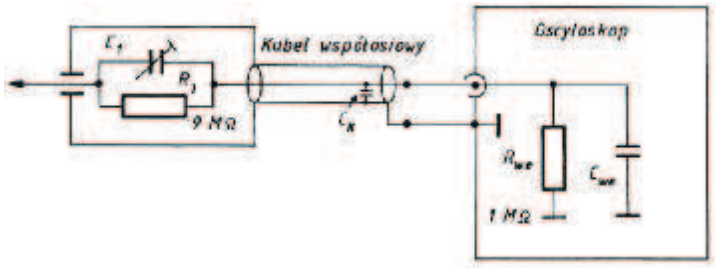
Obserwacja małych (słabych) sygnałów wymaga zastosowania kabla ekranowanego, który zabezpiecza układ przed wpływem zakłóceń. Kabel koncentryczny zwiększa pojemność wejściową oscyloskopu, co wpływa na wzrost obciążenia źródła badanego sygnału.

Dlatego istotne jest, jaką sondę zastosujemy do połączenia oscyloskopu z źródłem sygnału badanego.



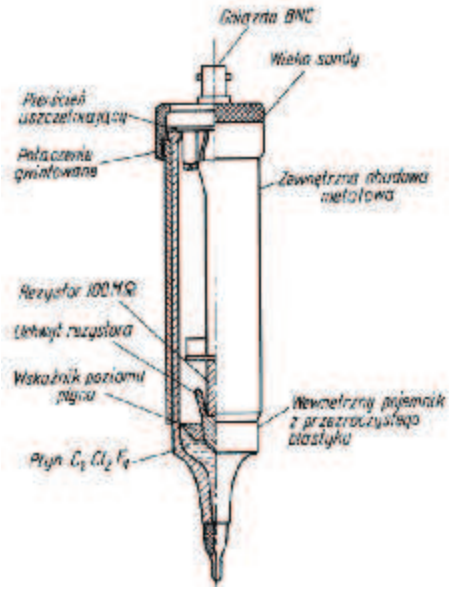
Rys. 27. Sonda napięciowa RC z kompletem nasadek [9, s. 85]

W celu wiernego odtworzenia sygnału źródła na ekranie, można zastosować sondę napięciową (bierną, czynną lub demodulacyjną) bądź prądową. Najczęściej stosowana jest sonda bierna RC.



Rys. 28. Sonda bierna RC „x10” [2, s. 111]

Zastosowanie tej sondy powoduje zwiększenie rezystancji wejściowej oscyloskopu do 10 MΩ. Typowa sonda RC o tłumieniu 10 ma zwykle maksymalną wartość napięcia wejściowego ograniczoną do 600 V. Obserwacja sygnałów o wartości napięcia przekraczającego 600 V wymaga zastosowania sond wysokonapięciowych, o tłumieniu 1000.

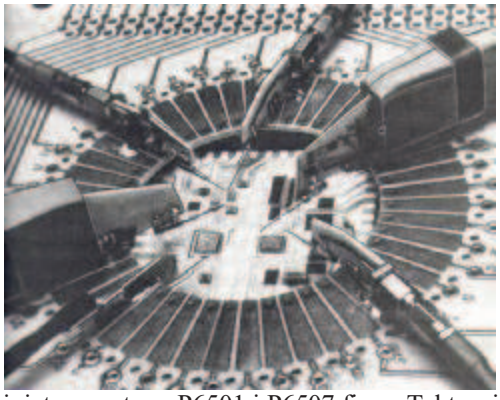


Rys. 29. Przekrój sondy wysokonapięciowej typu P6015 Tektronix [9, s. 90]

Rezystancja wejściowa sondy wysokonapięciowej wynosi 100 MΩ, pojemność wejściowa 3 pF. Maksymalna wartość napięcia wejściowego wynosi 20 kV (w impulsie 40 kV).

Słabe sygnały, o małej amplitudzie, nie mogą być dołączane do oscyloskopu przez sondy z tłumieniem sygnału. Stosuje się wtedy sondy wtórnikowe (ang. FET probe). Są to sondy czynne, tzn. zawierające element aktywny, najczęściej tranzystor unipolarny FET. Sondy czynne wymagają źródła zasilania (są zasilane z osobnego zasilacza lub z oscyloskopu przez specjalne złącze).

Stale postępująca miniaturyzacja podzespołów i układów elektronicznych, zwiększająca się gęstość upakowania elementów, coraz mniej oddalone końcówki układów scalonych stwarzają problemy z przyłączeniem sondy, a zwłaszcza kilku sond jednocześnie. Dlatego też producenci sond wytwarzają sondy coraz to mniejsze z szerokim asortymentem specjalnych końcówek ułatwiających zamocowanie sondy. Sondy miniaturowe są przeznaczone do pomiarów mikroukładów.



Rys. 30. Sondy miniaturowe typu P6501 i P6507 firmy Tektronix przy testowaniu układu hybrydowego [9, s. 93]

Sondy cyfrowe są przeznaczone do zbierania informacji o stanie logicznym układów cyfrowych. Sondy te stanowią zwykle zespół kilku sond dołączonych równocześnie do wielu wyprowadzeń scalonych układów cyfrowych. Przeznaczone są przede wszystkim do współpracy z analizatorami stanów logicznych, ale też są sondy ułatwiające analizę układów

cyfrowych za pomocą typowego oscyloskopu. Taka sonda umożliwia synchronizację oscyloskopu przy określonej sekwencji kilkubitowego słowa wejściowego.

Sondy napięciowe, bierne i czynne różnią się pod względem wielu parametrów. Nie ma jednej uniwersalnej sondy do wszystkich zastosowań.

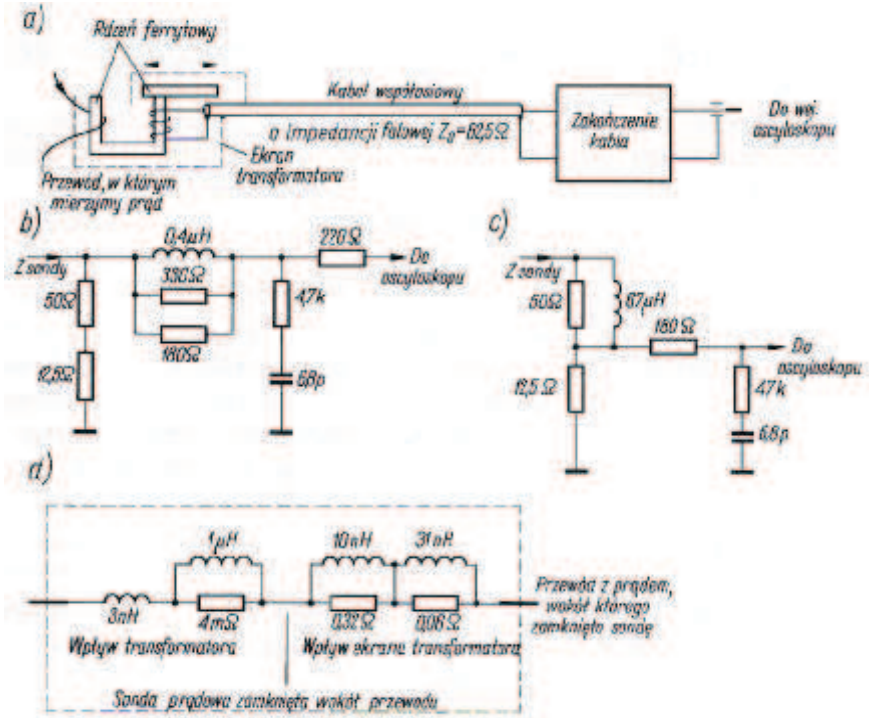
Ze względów praktycznych korzystne jest stosowanie sond z długim kablem.

Do ogólnego zastosowania najwygodniejsza jest sonda RC. Jej pasmo może sięgać 350 MHz, napięcie wejściowe do kilkuset woltów, a typowa wartość pojemności wejściowej wynosi 12 pF. Przy pomiarach powyżej 250 MHz, w układach o dużej rezystancji, najkorzystniej zastosować sondę czynna FET, której dodatkową zaletą jest tłumienie 1 : 1 i możliwość współpracy z szerokopasmowym oscyloskopem o rezystancji wejściowej 50 Ω.

Sondy prądowe

W wielu zastosowaniach praktycznych zachodzi potrzeba pomiaru wartości chwilowej prądu. Można tego dokonać mierząc spadek napięcia na rezystorze. Wadą tej metody jest konieczność rozłączenia układu i włączenie odpowiedniego dodatkowego rezystora. Rezystancja tego rezystora powinna być możliwie mała. W wielu przypadkach włączenie do układu dodatkowego rezystora jest niemożliwe.

Aby uniknąć tych niewygód skonstruowano specjalną sondę prądową, pracującą na zasadzie transformatora.



Rys. 31. Schemat ideowy sondy prądowej typu P6018 firmy Tektronix: [9, s. 97]
a) schemat układu, b) układ zakończający dla współczynnika 2 mA/mV, c) układ zakończający dla współczynnika 10 mA/mV, d) układ zastępczy impedancji wnoszonej przez sondę do mierzonego układu.

Uzwojenie pierwotne transformatora stanowi jeden zwój przewodu lub element, przez który płynie badany prąd. Otwierany rdzeń transformatora umożliwia objęcie sondą przewodu z prądem bez konieczności przerywania obwodu. Impedancja wprowadzana przez sondę nie przekracza 0,1 Ω i zazwyczaj może być pominięta.

Czułość sondy prądowej w połączeniu z oscyloskopem zależy od jego czułości. Jeżeli np. czułość samej sondy wynosi 2 mA/mV, to przy współczynniku odchylania oscyloskopu 5 mV/cm otrzymuje się wynikowy współczynnik 10 mA/cm. Oznacza to, że prąd zmienny o natężeniu międzyszczytowym 10 mA da na ekranie obraz o wysokości 1 cm.

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaką wartość ma rezystancja wejściowa oscyloskopu z sondą bierną ?
2. Jakie znasz parametry sondy wysokonapięciowej?
3. Jakie przyczyny wymuszają stosowanie sond wtórnikowych?
4. Jaką znasz klasyfikację sond pomiarowych?
5. Jakie są różnice między sondą cyfrową a sondą bierną?
6. Jak jest zasada działania sondy prądowej?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Do toru Y oscyloskopu doprowadź sygnał prostokątny za pomocą kabla współosiowego. Zaobserwuj obraz na ekranie oscyloskopu dla różnych częstotliwości powtarzania impulsów (współczynnik wypełnienia 1:2) przy różnych położeniach przełącznika AC/DC. Należy szczególna uwagę zwrócić na obrazy otrzymane dla badanych sygnałów o częstotliwościach mniejszych niż 100 Hz. Narysuj i opisz charakterystyczne oscylogramy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) zaprojektować układ pomiarowy,
2) przygotować stanowisko do wykonania ćwiczenia,
3) połączyć układ,
4) zgłosić gotowość wykonania ćwiczenia nauczycielowi,
5) włączyć przyrządy po sprawdzeniu poprawności połączeń przez nauczyciela i uzyskaniu jego pozwolenia,
6) przystąpić do wykonania ćwiczenia zgodnie z instrukcją i poleceniami nauczyciela,
7) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- oscyloskop,
- generator funkcyjny,
- sondy pomiarowe,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 2

Do toru Y oscyloskopu doprowadź sygnał prostokątny o odpowiednio dużej wartości częstotliwości (np. 1 MHz), stosując różne sposoby łączenia wyjścia z generatora z wejściem oscyloskopu, np. za pomocą:

- kabla współosiowego,
- pary przewodów,
- sondy pomiarowej, gdzie masy połączone są oddzielnym długim przewodem,
- sondy pomiarowej, przy czym przewód masy sondy krótki.

Narysuj charakterystyczne oscylogramy. Dlaczego zniekształcenia występują przy dużych częstotliwościach?

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:
1) zaprojektować układ pomiarowy,
2) przygotować stanowisko do wykonania ćwiczenia,
3) połączyć układ,
4) zgłosić gotowość wykonania ćwiczenia nauczycielowi,
5) włączyć przyrządy po sprawdzeniu poprawności połączeń przez nauczyciela i uzyskaniu jego pozwolenia,
6) przystąpić do wykonania ćwiczenia zgodnie z instrukcją i poleceniami nauczyciela,
7) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
8) sporządzić sprawozdanie załączając schemat układu pomiarowego, otrzymane wyniki, w tym narysowane charakterystyczne oscylogramy i wnioski z ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:
- oscyloskop,
- generator funkcyjny,
- sondy pomiarowe,
- przewody łączące,
- literatura z rozdziału 6.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

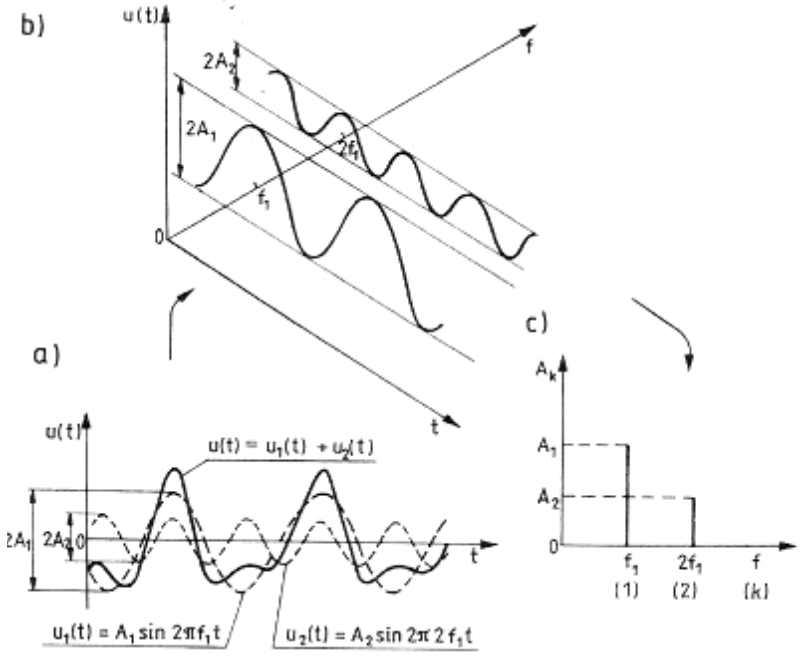
	Tak	**Nie**
1) wymienić rodzaje sond pomiarowych i ich przeznaczenie?	☐	☐
2) dobrać sondę do badanego układu?	☐	☐
3) ocenić wpływ sondy na wynik pomiaru?	☐	☐
4) zastosować taki sposób włączenia sondy pomiarowej, by zminimalizować zniekształcenia?	☐	☐
5) podać parametry sond pomiarowych?	☐	☐

4.5. Analizatory widma, wobuloskopy

4.5.1. Materiał nauczania

Sposób obserwacji sygnałów w układach elektrycznych i elektronicznych sprowadzał się dotychczas do przedstawiania ich w postaci zbioru wartości chwilowych, a więc zmian wartości w czasie. Takie przedstawienie przebiegów jest wygodne, gdyż umożliwia obserwację kształtu sygnału, przesunięć czasowych, faz między sygnałami. Nie wszystkie właściwości układów i sygnałów można w pełni w ten sposób scharakteryzować. Czasami więcej informacji dostarcza nam analiza charakterystyk częstotliwościowych. Tak się dzieje gdy przedstawiamy działanie i parametry: wzmacniaczy, generatorów, modulatorów, mieszaczy, detektorów, filtrów.

Charakterystyka sygnałów w dziedzinie częstotliwości jest to zależność amplitudy składowych (harmonicznych) sygnału od częstotliwości.



Rys. 32. Opis sygnału [7, s. 133]
a) w dziedzinie czasu, b) w dziedzinie czasu i częstotliwości, c) w dziedzinie częstotliwości

Sygnał okresowy opisany w dziedzinie czasu funkcją s(t) jest w istocie sumą pewnej liczby sygnałów harmonicznych, tzw. składowych harmonicznych, numerowanych od 0 do k. Każda z nich ma pewną amplitudę A_k oraz fazę Ψ_k. Matematycznie taki sygnał można zapisać w postaci wzoru

$$s(t) = \sum_{k=0}^{N} A_k \sin\left(2\pi\ k\ f_1\ t + \Psi_k\right)$$

gdzie:

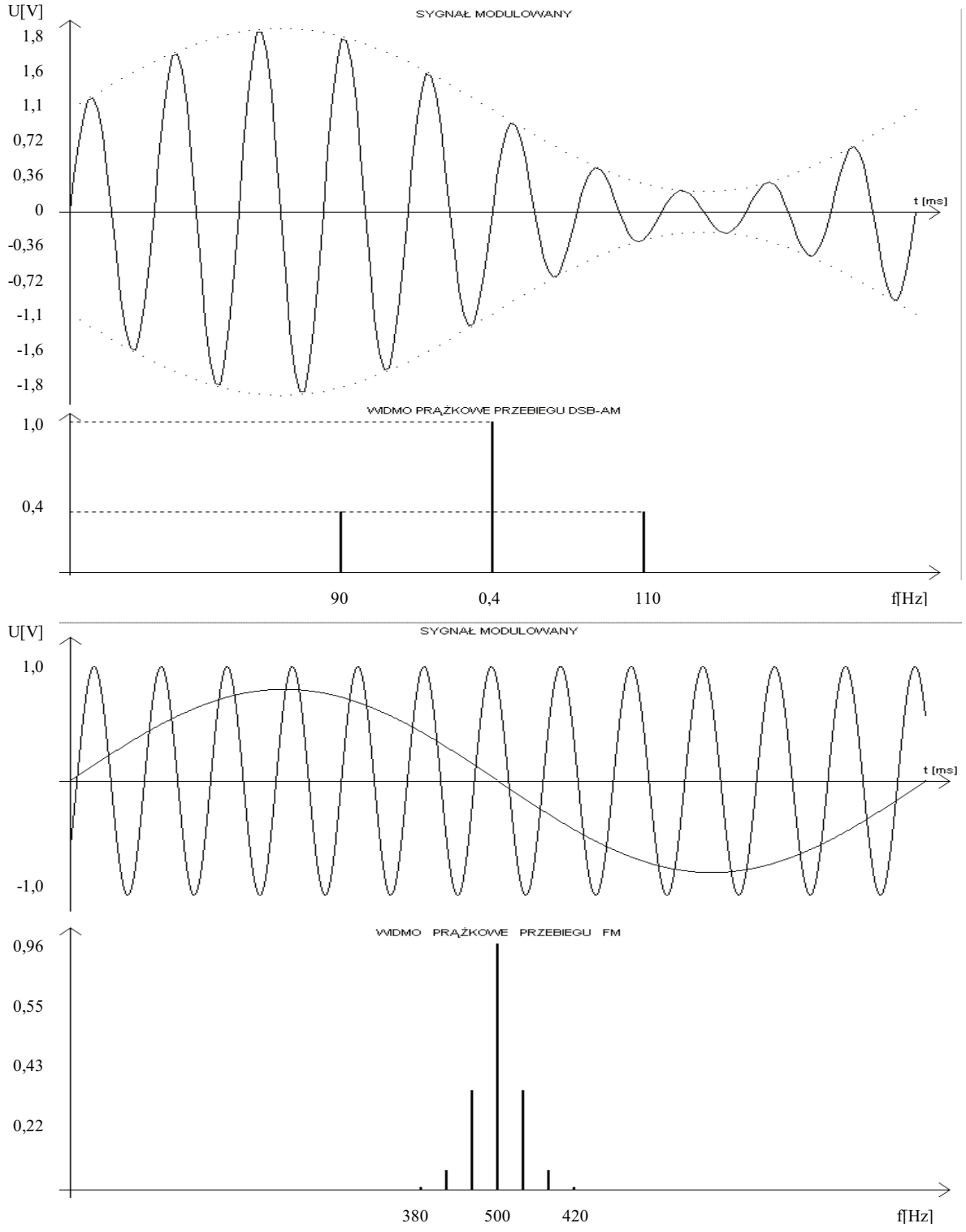
$$f_1 = \frac{1}{T}\ [\mathrm{Hz}]$$

f_1– częstotliwość [Hz],
T – okres [s],
k – k-ta harmoniczna.

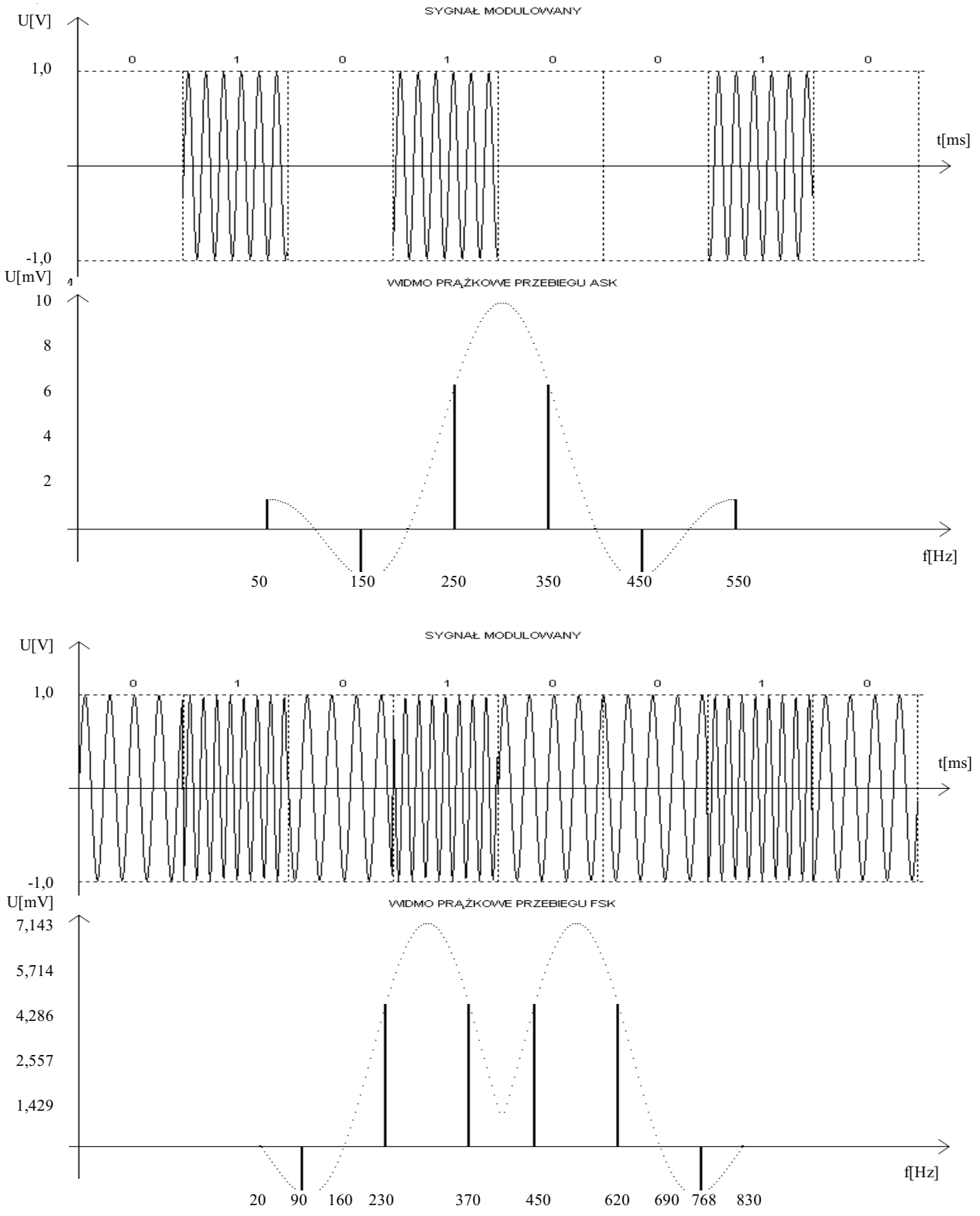
Rys. 32a, ilustruje sumowanie dwóch składowych. Wynik tego sumowania jest pokazany w dziedzinie czasu. Natomiast rys. 32b, przedstawia te składowe na osi czasu

i częstotliwości. Rezygnując następnie z osi czasu, uzyskuje się charakterystykę częstotliwościową sygnału s(t) w postaci tzw. widma prążkowego amplitudowego (rys. 32c).

W praktyce sygnały okresowe zawierają zwykle więcej niż dwie składowe. Podobnie jest dla sygnałów nieokresowych. W tym przypadku charakterystyki widmowe nie są prążkowe, lecz ciągłe, tzn. zawierają nieskończenie wiele, nieskończenie blisko siebie położonych prążków.



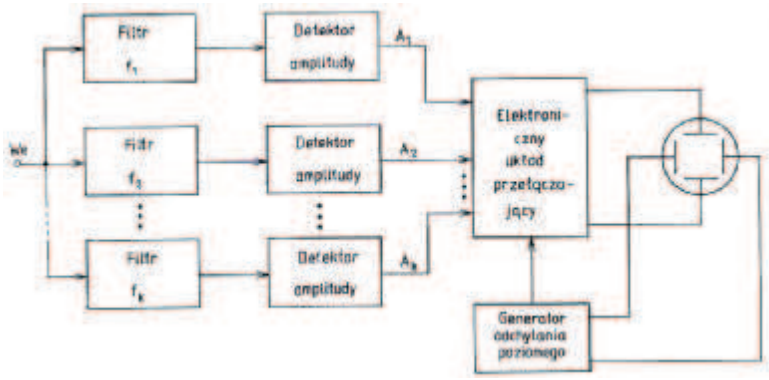
Rys. 33. Widma dla modulacji AM i FM



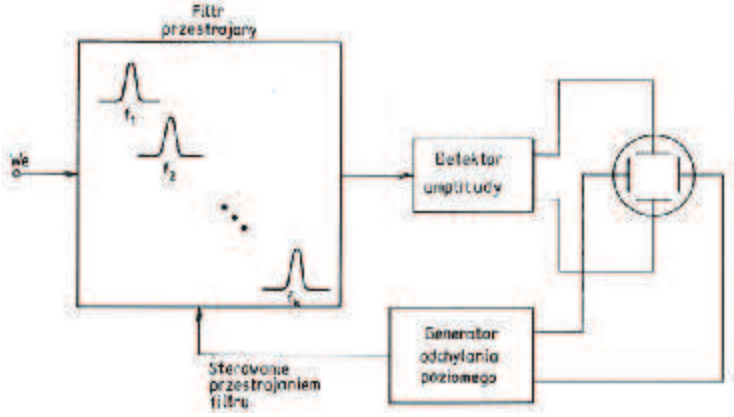
Rys. 34. Widma prążkowe dla modulacji ASK i FSK

Przyrządy pomiarowe umożliwiające wyznaczenie widma sygnału nazywa się analizatorami widma. Analizatory widma spełniają w pomiarach w dziedzinie częstotliwości podobną rolę jak oscyloskop w dziedzinie czasu. Ze względu na sposób przetwarzania sygnału mierzonego rozróżnia się analizatory analogowe i cyfrowe.

Analizatory analogowe, ze względu na sposób rozwiązania konstrukcyjnego dzieli się na: równolegle i szeregowe.



Rys. 35. Schemat strukturalny analizatora równoległego [7, s. 134]



Rys. 36. Schemat strukturalny analizatora szeregowego [7, s. 135]

W analizatorach analogowych wyznaczanie widma następuje przez pomiar wartości skutecznej składowych (harmonicznych), otrzymanych na wyjściu pracujących równolegle analogowych filtrów pasmowoprzepustowych (rys. 35). Na ekranie wykreślana jest linia pionowa o długości proporcjonalnej do wartości skutecznej. Położenie jej na linii osi poziomej określa częstotliwość środkową odpowiedniego filtru.

W analizatorach równoległych, w których filtry połączone są równolegle, analiza dokonywana jest jednocześnie w całym paśmie częstotliwości. Analizatory tego typu, charakteryzują się największą szybkością działania i najlepiej nadają się do analizy krótkich, nieokresowych impulsów.

W analizatorach szeregowych (rys. 36), filtry przestrajane są kolejno, co znacznie spowalnia działanie analizatora. Zatem nadają się do analizy sygnałów okresowych długotrwałych.

Analizatory cyfrowe, coraz częściej spotykane, próbkują analizowany sygnał i przetwarzają na postać cyfrową, która zapamiętywana jest w pamięci półprzewodnikowej analizatora (podobnie jak w oscyloskopach cyfrowych). Następnie dzięki operacjom matematycznym następuje filtracja cyfrowa sygnału, w wyniku której otrzymuje się widmo sygnału. Coraz częściej analizatory widma stanowią integralną część oscyloskopów cyfrowych.

Najważniejsze parametry charakteryzujące analizatory widma to:

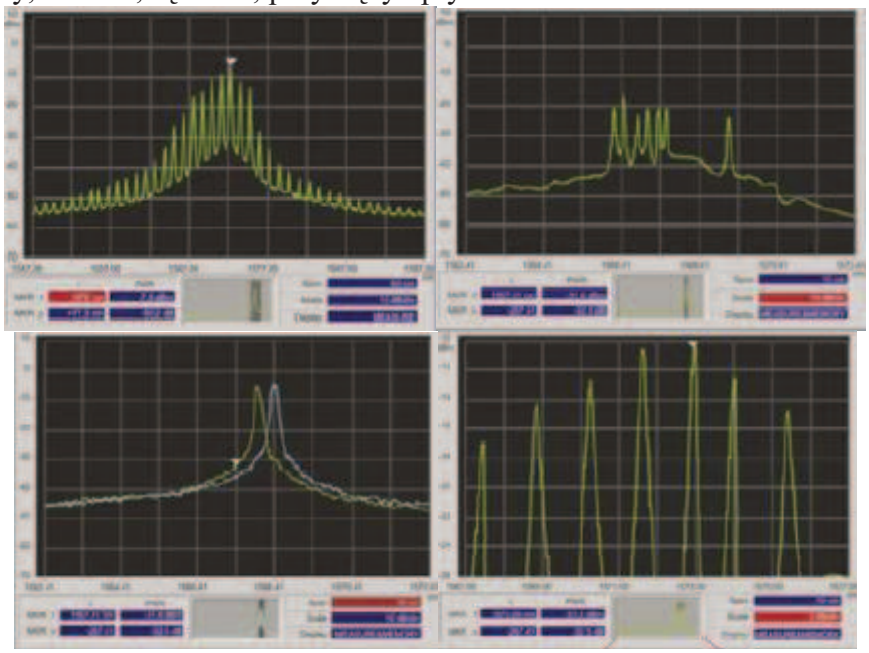
– zakres częstotliwości (szerokość pasma) wyznaczonych składowych widma,

– selektywność (rozdzielczość), tj. najmniejsza odległość sąsiednich częstotliwości składowych wyróżnionych w widmie,
– czułość określona przez najmniejszą wartość sygnału mierzonego,
– czas analizy (czas przetwarzania),
– impedancja wejściowa.

Rozwój systemów telekomunikacyjnych a szczególnie wykorzystujących jako nośniki światłowody znacznie przyczynił się do opracowania i wdrożenia optycznych analizatorów widma.

Dla wszystkich światowych operatorów telekomunikacyjnych najważniejsze jest zwiększenie wydajności istniejących sieci. Wprowadzenie światłowodów tylko na krótki czas zwiększyło wydajność sieci. Wprowadzenie zwielokrotnienia, a więc równoległą, niezależną i równoczesną transmisję wielu sygnałów światłowodem wielomodowym, dało możliwość znacznego wzrostu wydajności sieci. Jedną z największych przeszkód we wdrażaniu tych systemów był brak odpowiedniej aparatury do testowania. Fale w światłowodzie wielomodowym mają różne długości. Typowe mierniki mocy nie są w stanie z powodu problemów z selektywnością udzielić poprawnej informacji. Nie wiemy, czy wszystkie źródła światła pracują poprawnie. Niezbędny jest analizator widma.

Optyczne analizatory widma znajdują szereg innych zastosowań, np. w reflektometrii, analizie materiałowej, czujnikach światłowodowych, przy testowaniu urządzeń fotonicznych takich jak filtry, tłumiki, łączniki, przyrządy optyczne.



Rys. 37. Przykładowe przebiegi otrzymane w analizatorze widma

Wobuloskop jest to przyrząd elektroniczny umożliwiający wizualną obserwację charakterystyk częstotliwościowych badanego układu bądź wizualną analizę charakterystyki widmowej badanego sygnału. Dwoma głównymi elementami wobuloskopu są: wobulator i oscyloskop. Zasada działania wobuloskopu jest zbliżona do zasady działania oscyloskopu. Zawiera on generator podstawy czasu, do odchylania promienia lampy w osi X. Jednocześnie napięcie odchylające jest doprowadzane do generatora przestrajanego napięciem (VCO). Częstotliwość tego generatora zmienia się liniowo bądź logarytmicznie w funkcji napięcia odchylania. W pierwszym przypadku podziałka na osi X jest liniowa, w drugim — logarytmiczna. Napięcie wyjściowe z generatora przez dzielnik (na ogół skokowy, kalibrowany w dB) jest doprowadzane do mierzonego układu. Do wyjścia tego układu jest dołączana sonda pomiarowa (prostownicza), która umożliwia pomiar np. amplitudy napięcia

wyjściowego. Ponieważ napięcie wyjściowe z VCO o stałej amplitudzie ma zmienną w czasie częstotliwość, napięcie uzyskiwane z sondy ma wartość chwilową odpowiadającą funkcji: $u_w = K_u f(u_{we})$
Napięcie to podane do wejścia Y odchyli strumień na odległość proporcjonalną do współczynnika wzmocnienia układu dla określonej, chwilowej wartości częstotliwości. Jeśli badany układ ma własny detektor (np. detektor amplitudy w odbiorniku AM czy demodulator FM), to nie korzysta się wówczas z sondy prostowniczej, a napięcie z detektora doprowadza bezpośrednio do wejścia Y. W obu przypadkach promień kreśli na ekranie charakterystykę wzmocnienia (tłumienia) badanego układu, a oś X staje się osią częstotliwości. Wobuloskopy przeznaczone do zdejmowania charakterystyk w zakresie m.cz. i w.cz. działają na tej samej zasadzie.[11]

W praktyce spotyka się znacznie więcej rodzajów analizatorów, wobuloskopów, urządzeń specjalistycznych, umożliwiających badanie i testowanie urządzeń o wysokim stopniu zaawansowania technicznego. Testuje się i kalibruje np. radary pogodowe, nawigacyjne, namierzania celu i kierowania ogniem. Operatorzy telewizji kablowej, zakłady energetyczne korzystają z urządzeń, które wykrywają nielegalnych odbiorców. Jest to grupa urządzeń pomiarowych, która najszybciej się rozwija.

4.5.2. Pytania sprawdzające

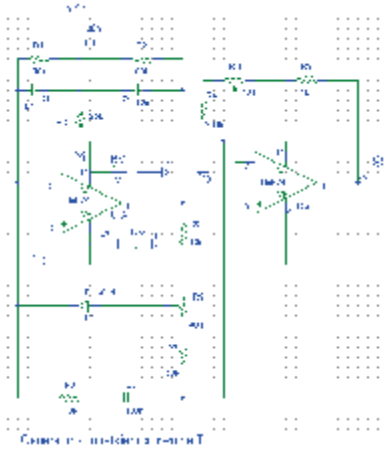
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczenia.

1. Jakie informacje można uzyskać z analizy charakterystyki częstotliwościowej?
2. Jakie informacje można uzyskać z analizy widma prążkowego?
3. Jaką znasz klasyfikację analizatorów widma?
4. Który rodzaj analizatora służy do analizy sygnałów impulsowych, krótkotrwałych?
5. Jakie cechy wyróżniają analizatory cyfrowe?
6. Jakie znasz parametry analizatorów widma?
7. Jaka jest zasada działania wobuloskopu?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Korzystając z programu np. PSpice zbadaj układ generatora z mostkiem podwójne T i zaobserwuj obraz przebiegu wyjściowego.

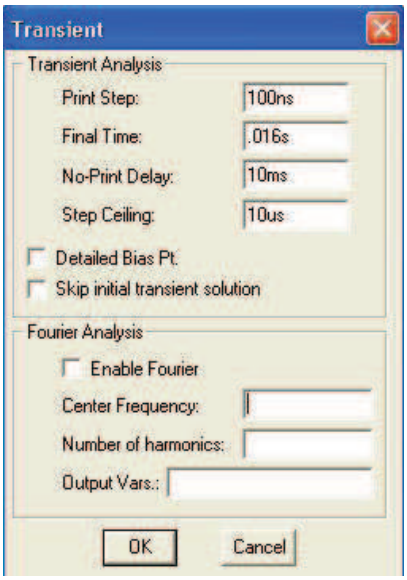


Rys. 1. do ćwiczenia 1 Schemat ideowy generatora z mostkiem podwójne T

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) zapoznać się z instrukcją wykonania ćwiczenia,
2) uruchomić program komputerowy,
3) zamodelować układ jak na rys. do ćwiczenia, dobierając wartości jak na schemacie,
4) uruchomić analizę czasową (TRANSIENT) - zaleca się nastawy jak na rys. poniżej



Rys. 2. do ćwiczenia 1 Zalecane nastawy analizy czasowej

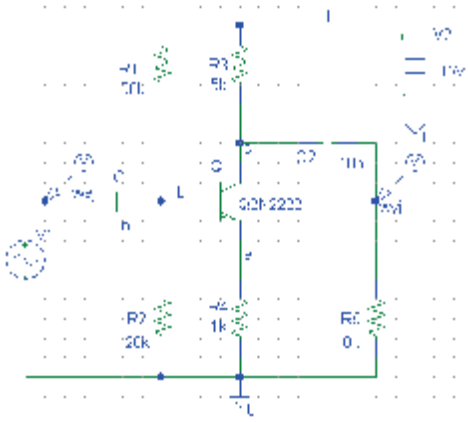
5) uruchomić analizę,
6) znaleźć na pasku nad wykresem ikonę FFT i posługując się kursorem wybrać ikonę,
7) skopiować i dołączyć do dokumentacji otrzymany przebieg,
8) zmienić wartości elementów C1 = 1 nF, C2 = 1 nF, C4 = 10 nF,
9) powtórzyć analizę (pkt. 6) i postąpić podobnie jak w pkt-ach 7 i 8,
10) zaprezentować ćwiczenie,
11) przedstawić uwagi i wnioski z ćwiczenia,
12) sporządzić sprawozdanie, opisując wszystkie czynności, załączyć schemat ideowy układu, otrzymane przebiegi i załączyć wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- komputer,
- program komputerowy do komputerowej symulacji układów elektronicznych PSpice,
- drukarka,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 2

Korzystając z programu np. PSpice zbadaj układ wzmacniacza tranzystorowego jak na rys. do ćwiczenia 2.



Rys. do ćwiczenia 2 Schemat ideowy wzmacniacza tranzystorowego

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) uruchomić program komputerowy,
2) zamodelować układ jak na rys. do ćwiczenia, dobierając wartości jak na schemacie,
3) uruchomić analizę czasową (TRANSIENT),
4) znaleźć na pasku nad wykresem ikonę FFT i posługując się kursorem nacisnąć ikonę,
5) skopiować i dołączyć do dokumentacji otrzymany przebieg,
6) zmienić wartości elementów R1, R2 (określi prowadzący),
7) powtórzyć analizę (pkt. 6) i postąpić podobnie jak w pkt-ach 7 i 8,
8) zaprezentować ćwiczenie,
9) przedstawić uwagi i wnioski z ćwiczenia,
10) sporządzić sprawozdanie, opisując wszystkie czynności, załącz schemat ideowy układu, otrzymane przebiegi i załącz wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- komputer,
- program komputerowy,
- drukarka,
- literatura z rozdziału 6.

Ćwiczenie 3

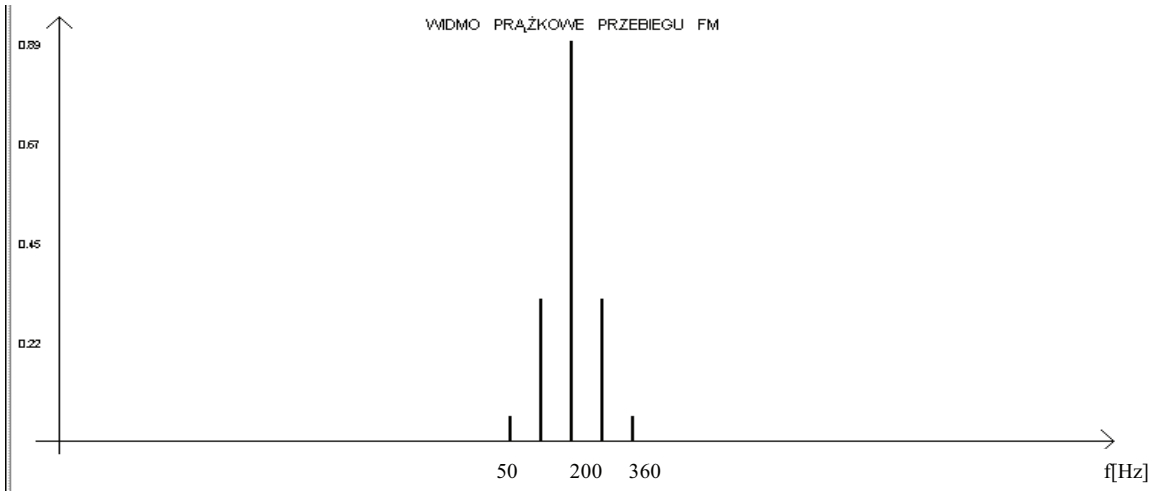
Na wykresach poniżej przedstawiono przebiegi jakie otrzymano w układach modulacji. Odczytaj wartości częstotliwości środkowej, wstęg bocznych.

0,89

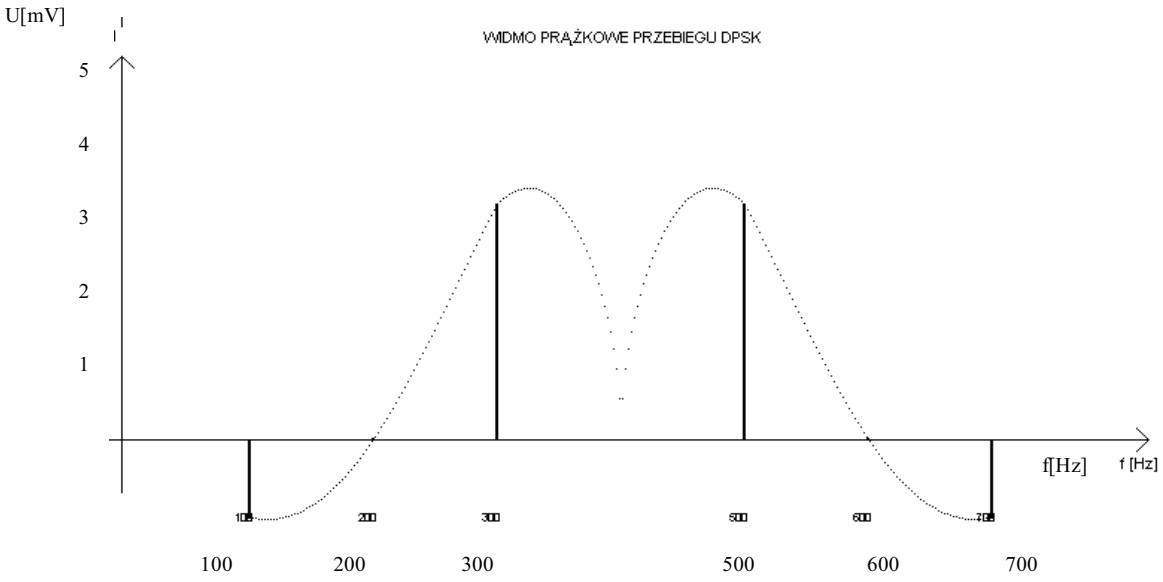
0,67

0,45

0,22



Rys. 1. do ćwiczenia 3 Widmo prążkowe modulacji FM



Rys. 2. do ćwiczenia 3 Widmo prążkowe modulacji DPSK

UM
1,8

1,1

0,72

0,36

0

-0,36

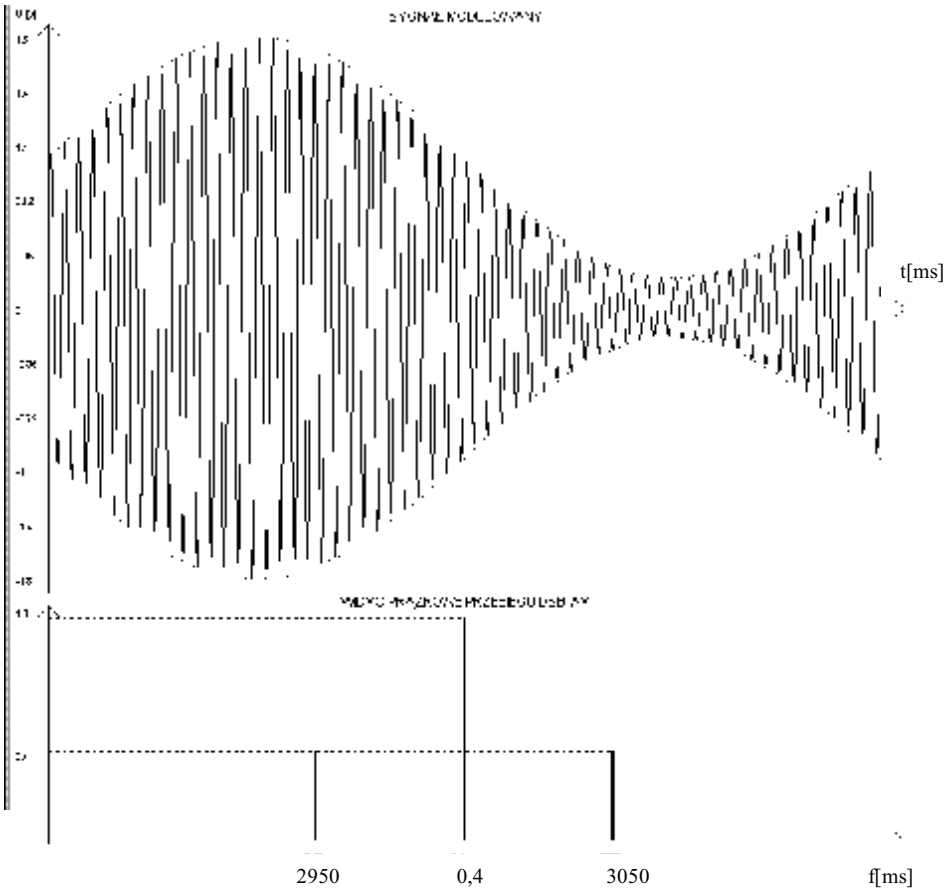
-0,72

-1,1

-1,8

1,0

0,4



Rys. 3. do ćwiczenia 3 Widmo prążkowe modulacji DSB-AM

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

1) zapoznać się z wykresami,
2) odczytać dane z wykresu,
3) zaprezentować odczytane wyniki,
4) przedstawić uwagi i wnioski z ćwiczenia,

Wyposażenie stanowiska pracy:

- wykresy,
- zeszyt,
- literatura z rozdziału 6.

4.5.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) podać różnice między oscyloskopem a analizatorem widma?	☐	☐
2) podać różnicę między oscyloskopem a wobuloskopem?	☐	☐
3) przedstawić, jak można transformować sygnał z postaci czasowej na postać częstotliwościową?	☐	☐
4) dobrać analizator do badanego sygnału?	☐	☐
5) z wykresu widmowego odczytać informacje o sygnale?	☐	☐
6) wymienić kryteria doboru analizatorów widma?	☐	☐

6. LITERATURA

1. Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A.: Metrologia elektryczna. WNT Warszawa 2000
2. Dusza J., Gortat G., Leśniewski A.: Podstawy miernictwa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002
3. Dyszyński J., Hagel R.: Miernictwo elektryczne. WSiP, Warszawa 1985
4. Lesiak P., Świsulski D.: Komputerowa technika pomiarowa w przykładach. Agencja Wydawnicza PAK, 2002
5. Nawrocki W.: Komputerowe systemy pomiarowe. WKŁ, Warszawa 2000
6. Marcyniuk A.: Podstawy miernictwa elektrycznego. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2002
7. Parchański J.: Miernictwo elektryczne i elektroniczne . WSiP, Warszawa 1998
8. Piotrowski J., Kostyrko K.: Wzorcowanie aparatury pomiarowej. PWN, Warszawa 2000
9. Rydzewski J.: Pomiary oscyloskopowe. WNT, Warszawa 1994
10. Stabrowski M.: Cyfrowe przyrządy pomiarowe. PWN, Warszawa 2002
11. pl.wikipedia.org