

ĆWICZENIE NR. 2

Wybrane zagadnienia teoretyczne

POMIARY OSCYLOSKOPOWE

OSCYLOSKOPY ANALOGOWE

1. Wstęp

Oscyloskopy elektroniczne są to elektroniczne przyrządy pomiarowe służące do wizualnej obserwacji zależności funkcyjnej między dwiema wielkościami fizycznymi.

Zobrazowana na ekranie, najczęściej w prostokątnym układzie współrzędnych X – Y, zależność funkcyjna, umożliwia pomiary parametrów obserwowanych wielkości.

Oscyloskopy elektroniczne najczęściej wykorzystywane są do wizualnej obserwacji (zobrazowania) sygnałów napięciowych w funkcji czasu (jest to podstawowe zadanie oscyloskopów).

Klasyfikacja oscyloskopów elektronicznych:

1° W zależności od sposobu przetwarzania sygnału badanego:

- oscyloskopy analogowe,
- oscyloskopy cyfrowe.

2° W zależności od przeznaczenia:

- oscyloskopy uniwersalne,
- oscyloskopy specjalne (np. medyczne, telewizyjne itd.).

3° Według częstotliwości:

- oscyloskopy m.cz. (pasmo do ~ 10MHz),
- oscyloskopy w.cz. (pasmo do ~ 100 MHz),
- oscyloskopy b.w.cz. (pasmo do ~ 40GHz).

4° Według liczby kanałów:

- oscyloskopy jednokanałowe,
- oscyloskopy dwukanałowe,
- oscyloskopy wielokanałowe.

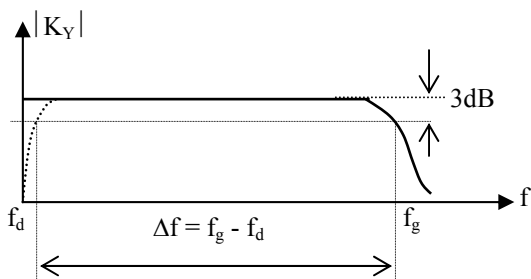
2. Podstawowe parametry użytkowe oscyloskopów

Lampa oscyloskopowa:

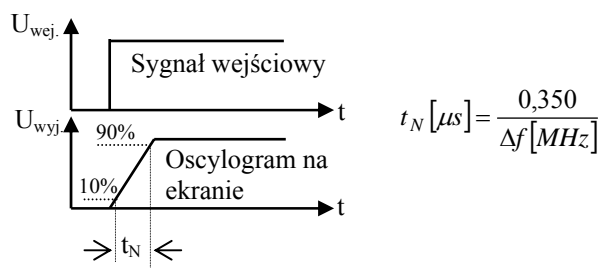
- Pole pomiarowe ekranu: 6×10 cm oraz 8×10 cm.
- Czas poświaty (świecenie po zaprzestaniu działania pobudzenia): w oscyloskopach uniwersalnych stosuje się czasy poświaty krótkie lub średnie $t_{\text{poświaty}} < 2\text{ms}$.
- Barwa świecenia: różne barwy, można stosować barwne filtry.

Kanał Y (kanał odchylenia pionowego):

- Pasmo przenoszenia: jest to zakres częstotliwości, przy której charakterystyka częstotliwościowa toru Y nie zmienia się więcej niż o 3 dB (rys. 1).
- Czas narastania oscyloskopu: parametr ten charakteryzuje zdolność oscyloskopu (kanału Y) do przenoszenia szybkich sygnałów bez zniekształceń (rys. 2). Czas narastania t_N oscyloskopu ściśle związany jest z jego pasmem przenoszenia Δf .



Rys. 1. Pasmo częstotliwości oscyloskopu



Rys. 2. Określenie czasu narastania oscyloskopu

- Współczynnik odchylenia:

$$D_Y = \frac{1}{S_Y} = \frac{U_{Ypp}}{A} = \frac{U_{Ypp} [V]}{1 [cm]};$$

gdzie:

S_Y – czułość oscyloskopu,

U_{Ypp} – wejściowe napięcie międzyszczytowe,

A – wysokość oscylogramu,

- Zakres D_Y : $\sim 10V/cm \div < 1mV/cm$
- Dokładność skalowania D_Y : $\sim 5\%$
- Impedancja wejściowa: $R_{we} = 1M\Omega$; $C_{we} = 15 \div 80 pF$.
- Liczba kanałów: $1 \div 4$.

Kanał X (kanał rozciągu):

- Rodzaje rozciągu: liniowy (wewnętrzny), zewnętrzny.
- Współczynnik czasu:

$$D_t = \frac{t [s]}{B [cm]} = \frac{t [s]}{1 [cm]}$$

gdzie: t – czas;

B – szerokość oscylogramu [cm lub dz],

- Zakres D_t : $100 ns/cm \div 1 s/cm$ (zależy od pasma przenoszenia),
- Dokładność skalowania D_X : od $1\% \div \sim 5\%$.
- Rodzaje pracy generatora podstawy czasu: praca samobieżna (automatyczna), wyzwalana (normalna), jednokrotna.
- Błąd nieliniowości podstawy czasu $< 1\%$.
- Parametry wejścia zewnętrznego X: Z_{we} , współczynnik odchylenia kanału X itd.

Kanał synchronizacji i wyzwalania:

- Rodzaje stabilizacji oscylogramu: synchronizacja i wyzwalanie.
- Źródła sygnału synchronizacji i wyzwalania: wewnętrzne (napięciem badanym), zewnętrzne, napięciem sieci.
- Sposoby synchronizacji i wyzwalania: zboczem narastającym lub opadającym, możliwość regulacji poziomu wyzwalania.
- Parametry wejściowe kanału wyzwalania zewnętrznego: Z_{we} .
- Minimalne napięcie wejściowe.

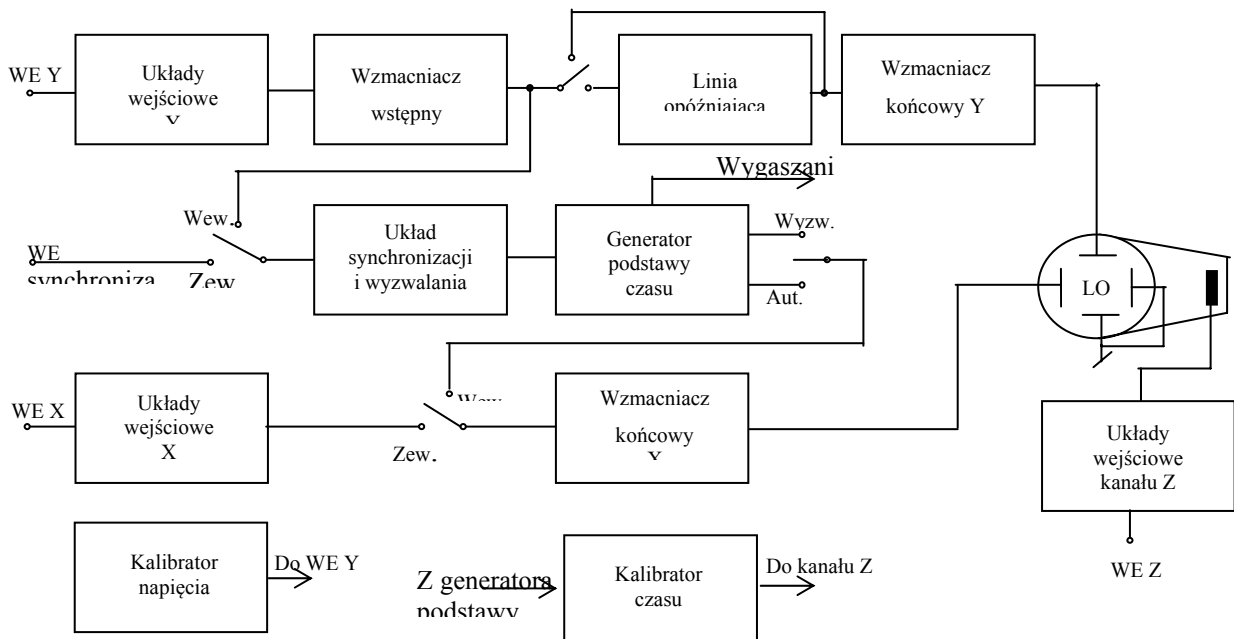
Tor Z (tor modulacji jasności):

- Poziom i polaryzacja napięcia potrzebne do wygaszenia „plamki”.
- Impedancja wejściowa Z_{we} .

Spełnienie powyższych parametrów powoduje, że oscyloskopy elektroniczne są urządzeniami o skomplikowanej budowie.

3. Budowa i działanie oscyloskopu analogowego

Uproszczony schemat funkcjonalny jednokanałowego oscyloskopu analogowego przedstawiony jest na rys.3. Ze względu na czytelność rysunku na schemacie nie pokazano zasilaczy, połączenia bloków wykonano jedнопrzewodowo a sterowanie płytek odchylających lampy oscyloskopowej przedstawiono jako niesymetryczne.



Rys. 3. Schemat blokowy oscyloskopu analogowego

Oscyloskop może pracować:

- a) z rozciąganiem wewnętrznym (z liniową podstawą czasu),
- b) z rozciąganiem zewnętrznym.

Ad a) Z rozciąganiem liniowym (linearnym) oscyloskop może pracować w trybie automatycznym lub wyzwalanym. Zależy to od rodzaju pracy generatora podstawy czasu.

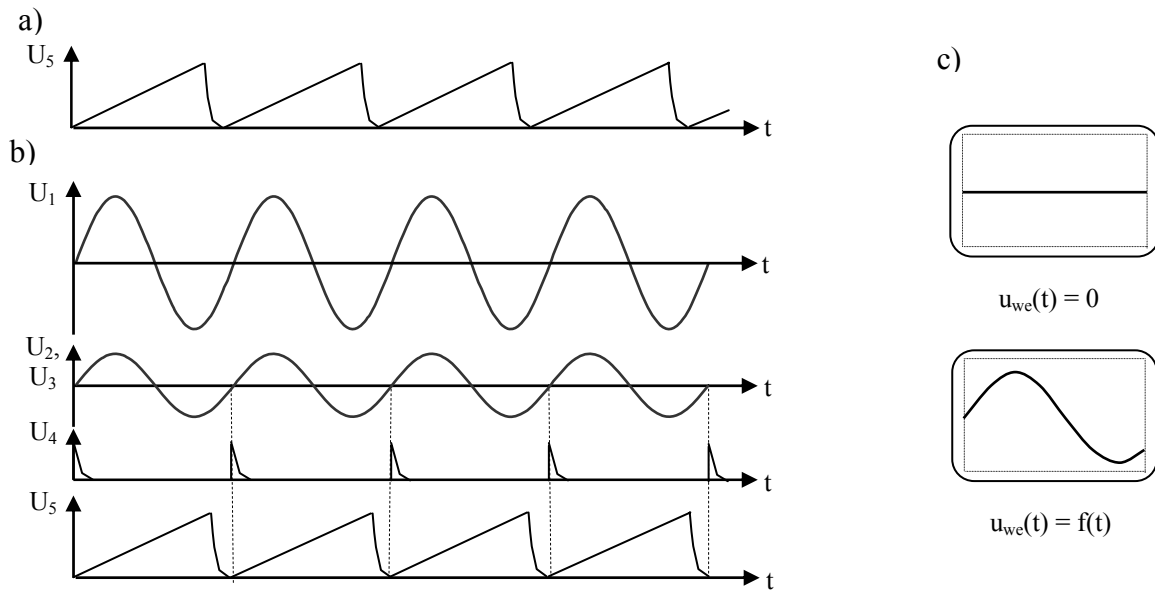
1° Praca automatyczna oscyloskopu:

Przy braku napięcia badanego $u_Y = 0$, generator podstawy czasu generuje napięcie linearne o częstotliwości zależnej od zadanych parametrów napięcia podstawy czasu. Na ekranie pojawia się linia pozioma (rys. 4c).

Jeżeli na wejście Y podane jest napięcie badane $u_Y = f(t)$, to po wzmacnieniu lub słumieniu sygnału w układach wejściowych i wzmacniaczu wstępnym, sygnał przez linię opóźniająca lub bezpośrednio podawany jest na wzmacniacz końcowy Y i na płytki odchylenia pionowego lampy oscyloskopowej. Część sygnału podawana jest na układ synchronizacji. W układzie tym wytwarzane jest napięcie synchronizujące generator podstawy czasu.

Napięcie podstawy czasu przez wzmacniacz końcowy X podawane jest na płytki odchylenia poziomego lampy oscyloskopowej.

W wyniku działań tych dwóch napięć na ekranie otrzymujemy oscylogram badanego sygnału. Wykresy czasowe w wybranych punktach schematu blokowego i oscylogram napięcia wejściowego przedstawiono na rys. 4 b) i 4 c).



Rys. 4. Praca oscyloskopu przy samobieżnej (automatycznej) podstawie czasu:

a) $u_{we}(t) = 0$, b) $u_{we} = f(t)$, c) oscylogramy

Opisany rodzaj pracy oscyloskopu stosuje się do wstępnego ustalenia parametrów oscylogramu (jasność, ostrość, ustawienie osi czasu), jest konieczny przy pomiarach napięć stałych. Może być również stosowany przy badaniu sygnałów okresowych o małej przerywistości np. napięć sinusoidalnych, fali prostokątnej itd.

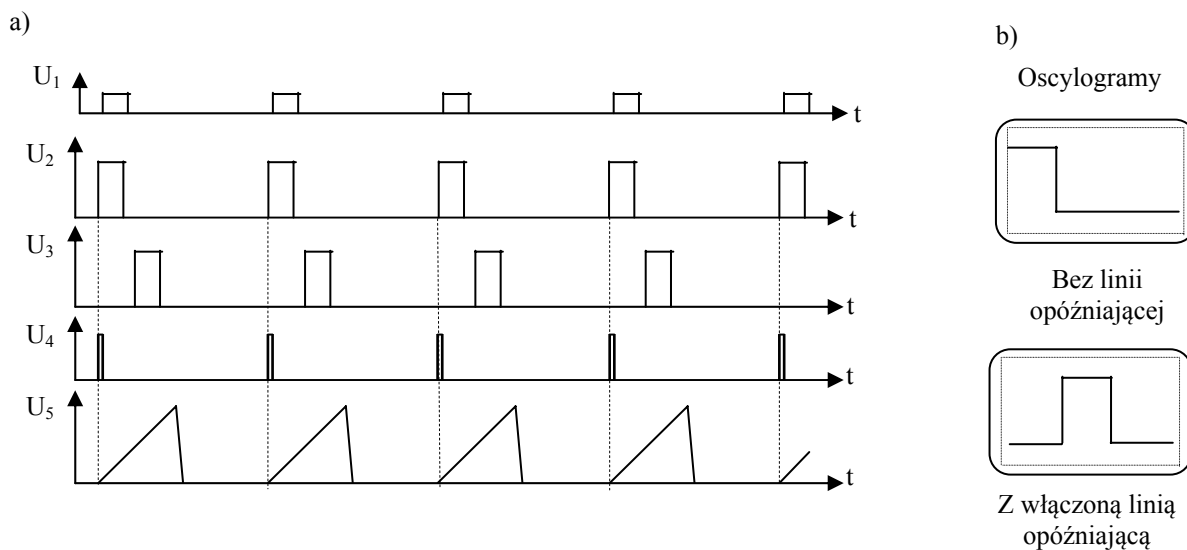
2° Praca wyzwalana oscyloskopu:

Przy braku napięcia badanego $u_Y = 0$, generator podstawy czasu znajduje się w stanie oczekiwania, nie generuje napięcia. Ekran jest ciemny. Jeżeli $u_Y \neq 0$, to część sygnału podawana na układ wyzwalania powoduje wygenerowanie impulsów wyzwalających generator podstawy czasu. Rys. 5 a) i b) przedstawia wykresy czasowe w wybranych punktach układu i oscylogramy badanego napięcia przy włączonej i wyłączonej linii opóźniającej.

Praca wyzwalana oscyloskopu umożliwia łatwiejsze otrzymywanie nieruchomego (stabilnego) oscylogramu. Stosowana jest przy obserwacji sygnałów powtarzalnych (okresowych lub nieokresowych) oraz sygnałów jednokrotnych. Ad. b) Rozciąg zewnętrzny jest najczęściej rozciąganiem nieliniowym.

Z rozciągnięć nieliniowych stosuje się:

- 1° rozciąg sinusoidalny: pomiary częstotliwości;
- 2° rozciąg kołowy: pomiary częstotliwości i czasu;
- 3° rozciąg spiralny: pomiary czasu.

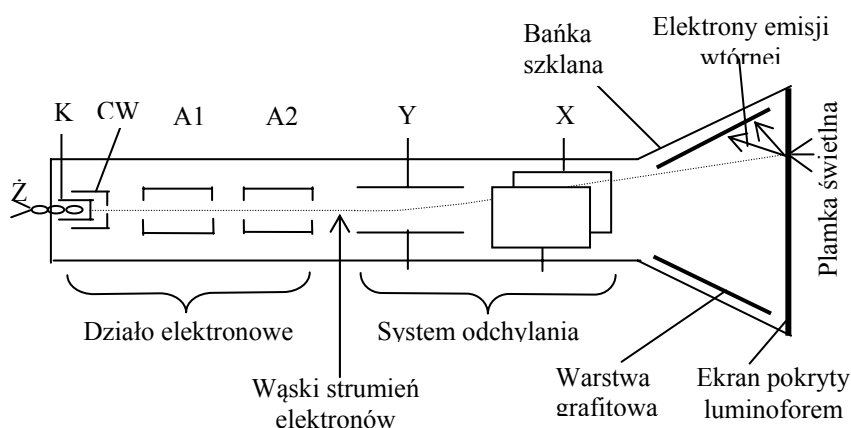


Rys. 5. Praca oscyloskopu przy wyzwalanej (normalnej) podstawie czasu a) i oscylogramy badanego sygnału b)

4. Budowa i wymagania stawiane poszczególnym podzespołom oscyloskopu.

4.1. Lampa oscyloskopowa (elektronopromieniowa).

Lampa elektronopromieniowa jest podstawowym podzespołem oscyloskopu analogowego. Na rys. 6 przedstawiono budowę dwuanodowej lampy oscyloskopowej.



Rys. 6. Budowa lampy oscyloskopowej (elektronopromieniowej)

Oznaczenia:

- \dot{Z} – żarzenie katody.
- K – pośrednio żarzona punktowa katoda,
- CW – cylinder Wehnelta (siatka sterująca),
- A1, A2 – anody,
- Y, X – płytki odchylenia pionowego i poziomego.

Działanie lampy oscyloskopowej:

Wyemitowane z katody elektrony są formowane i przyspieszane w układzie elektrod zwanym działem elektronowym. Między elektrodami powstają soczewki elektrostatyczne. Potencjały elektrod są tak dobrane, aby strumień elektronów został skupiony na ekranie. System odchylenia (w oscyloskopach stosuje się głównie odchylenie elektrostatyczne) steruje odchyleniem poziomym i pionowym strumienia elektronów. Po odpowiednim uformowaniu, przyspieszeniu i odchyleniu, wiązka elektronów uderza w ekran pokryty luminoforem. Energia elektronów zostaje

przetworzona na energię świetlną, energię cieplną oraz na emisję wtórną elektronów. Elektrony emisji wtórnej są przechwytywane przez warstwę grafitową.

4.2. Kanał odchylenia pionowego (kanał Y).

Zadaniem kanału Y jest wysterowanie płytek odchylenia pionowego lampy oscyloskopowej napięciem badanym podanym na wejście Y oscyloskopu.

Kanał Y składa się z układów wejściowych, wzmacniaczy i linii opóźniającej.

a) Wzmacniacze

Zadaniem wzmacniaczy jest zapewnienie maksymalnej czułości oscyloskopu przy odpowiedniej wysokości oscylogramu.

Wymagania:

- odpowiednie wzmocnienie: $K_{MAX} = \frac{S_{OMAX}}{S_U}$;

gdzie: K_{MAX} – maksymalne wzmocnienie kanału Y,

S_{OMAX} – maksymalna czułość oscyloskopu,

S_U – czułość statyczna lampy oscyloskopowej,

- stałość wzmocnienia w czasie,

- odpowiednie pasmo przenoszenia (nie większe niż pasmo przenoszenia lampy oscyloskopowej),

- jak najmniejsze zniekształcenia nieliniowe (w zakresie amplitud mieszczących się w polu pomiarowym ekranu).

Wzmacniacze toru Y dzielone są na wzmacniacze wstępne i końcowe.

Zadania wzmacniacza wstępnego:

- zapewnienie odpowiedniego wzmocnienia przy założonej charakterystyce częstotliwościowej,

- regulacja płynna wzmocnienia oraz korekcja wzmocnienia,

- przetworzenie napięcia niesymetrycznego na symetryczne i związana z tym korekcja stałoprądowa,

Zadaniem wzmacniacza końcowego jest dopasowanie toru Y do systemu odchylenia pionowego lampy oscyloskopowej (płytek Y).

b) Układy wejściowe

Zadania:

- Zapewnienie odpowiedniego sprzężenia: stałoprądowego lub zmiennoprądowego. Jest to realizowane przez szeregowo włączenie lub zwarcie kondensatora sprzęgającego C_s (rys. 2. 11.a).

- Odpowiednia impedancja wejściowa (patrz parametry użytkowe oscyloskopu).

- Możliwość regulacji współczynnika odchylenia D_Y .

- Zabezpieczenie wzmacniaczy przed przesterowaniem. W tym celu stosuje się dzielniki napięcia skompensowane częstotliwościowo. Układ musi zapewniać szerokie pasmo przenoszenia i dużą stabilność współczynnika podziału K_{DN} .

c) Linia opóźniająca

Zadaniem linii opóźniającej jest pokrycie czasu opóźnienia startu podstawy czasu oraz opóźnienie sygnału impulsowego w celu obserwacji przedniego zbocza.

4.3. Kanał odchylenia poziomego (kanał X, kanał rozciągu lub kanał podstawy czasu).

Zadaniem kanału X jest wysterowanie płytek odchylenia poziomego lampy oscyloskopowej napięciem odchylającym strumień elektronów w kierunku poziomym. Kanał odchylenia poziomego składa się z generatora podstawy czasu, układu synchronizacji i wyzwiania, wzmacniacza końcowego X oraz układów wejściowych rozciągu zewnętrznego i synchronizacji zewnętrznej.

a) Generator podstawy czasu

Generator podstawy czasu jest wewnętrznym źródłem napięcia wprost proporcjonalnego do czasu – $u_X(t) = a \cdot t$. Napięciem najlepiej spełniającym ten warunek jest napięcie piłokształtne zwane napięciem linearnym lub liniowym. Kształt i podstawowe parametry napięcia liniowego (napięcia podstawy czasu) przedstawiono na rys. 7. Podstawowe parametry napięcia podstawy czasu:

- t_R - czas roboczy podstawy czasu,

- $t_{pow.}$ - czas powrotu ($t_{pow.} \ll t_R$),

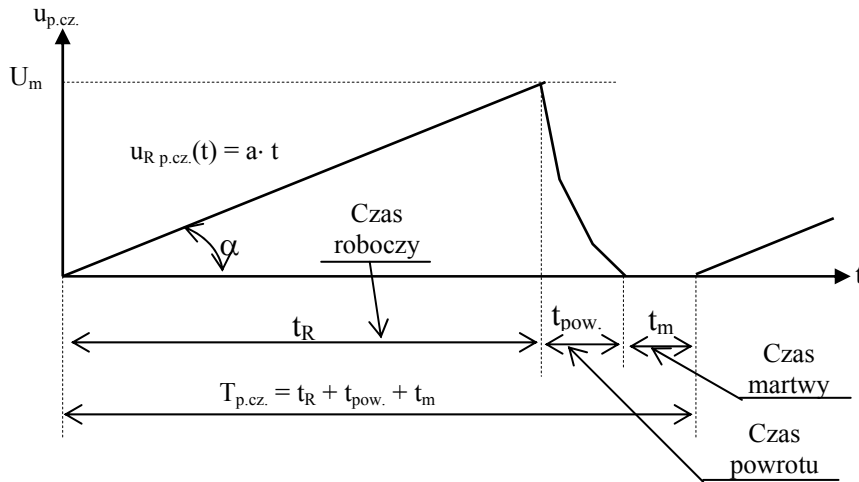
- t_m - czas martwy (czas podtrzymania) – czas potrzebny na zakończenie stanów nieustalonych w generatorze,

- $T_{p. czasu}$ - okres napięcia podstawy czasu,

- U_m - amplituda napięcia podstawy czasu,

- $\text{tg } \alpha$ - charakteryzuje prędkość narastania napięcia podstawy czasu i wyraża się w [cm / s].

Praktycznym parametrem charakteryzującym prędkość podstawy czasu jest współczynnik czasu: $D_t = 1/\text{tg } \alpha$ [s/cm].

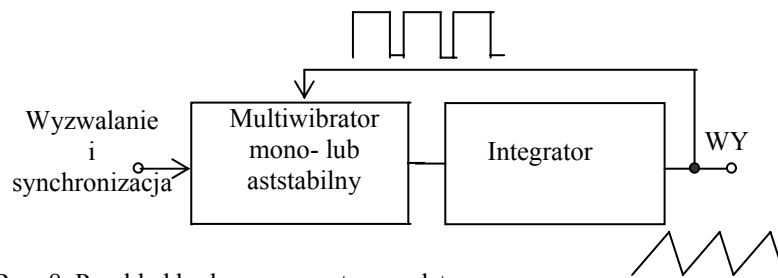


Rys. 7. Parametry napięcia podstawy czasu

Budowa generatorów podstawy czasu

Generatory napięć linearych są generatorami relaksacyjnymi. Działają na zasadzie ładowania i rozładowania kondensatora.

Linearyzację napięcia (części roboczej) wykonuje się stosując integrator Millera lub układ bootstrap. Na rys.8 podano uproszczony schemat funkcjonalny generatora podstawy czasu.



Rys. 8. Przykład budowy generatora podstawy czasu

W zależności od rodzaju pracy generatora, multiwibrator pracuje jako astabilny (praca automatyczna), lub monostabilny (praca wyzwalana generatora podstawy czasu).

b) Układy synchronizacji i wyzwalania

Zadaniem układów synchronizacji i wyzwalania jest otrzymanie stabilnego (nieruchomego) oscylogramu.

Aby móc obserwować oscylogram na ekranie lampy oscyloskopowej to, ze względu na krótki czas poświaty luminoforu, musi on być rysowany wielokrotnie (kilkanaście razy na sekundę). Warunkiem nieruchomego (stabilnego) oscylogramu jest to, aby każdy cykl rysowania zaczynał się i kończył w tym samym miejscu na ekranie. W każdym cyklu podstawy czasu rysowana jest figura zamknięta i każdy następny cykl powtarza tę figurę.

Warunek powyższy można zapisać:

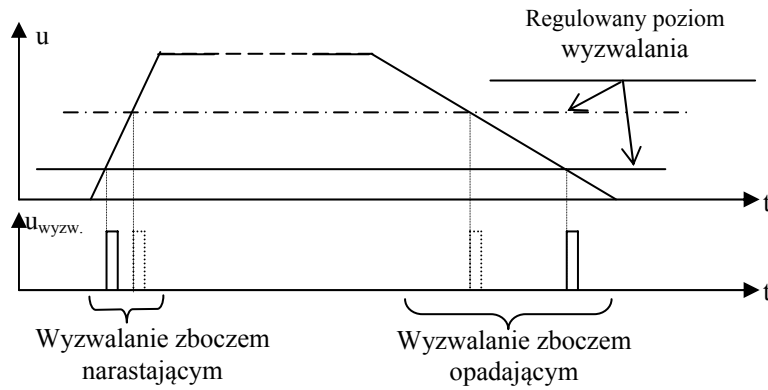
$$\frac{T_{p.czasu}}{T_Y} = n,$$

gdzie: $n = 1, 2, 3 \dots$ liczba naturalna

Jest to warunek stabilnego oscylogramu lub warunek synchronizacji generatora podstawy czasu.

Sposoby wyzwalania i synchronizacji (rys. 9).

Układ wyzwalania i synchronizacji, w skład którego wchodzi impulsator, umożliwia płynną regulację poziomu wyzwalania oraz wybór zbrocza wyzwalającego (narastającego lub opadającego).



Rys. 9. Sposoby wyzwalania i synchronizacji

c) Wzmacniacz końcowy X

Zadania:

- dopasowanie napięcia generatora podstawy czasu lub napięcia rozciągu zewnętrznego do systemu odchylenia poziomego lampy oscyloskopowej (płytek X),
- przetworzenie napięcia niesymetrycznego na symetryczne,
- umożliwienie przesuwu oscylogramu w kierunku X oraz płynnej regulacji wzmocnienia (czasami),
- ekspansja rozciągu (regulacja D_t poprzez zmianę wzmocnienia).

Wymagania:

- odpowiednie pasmo przenoszenia zależne od współczynnika czasu,
- jak najmniejsze zniekształcenia nieliniowe,
- stałość wzmocnienia.

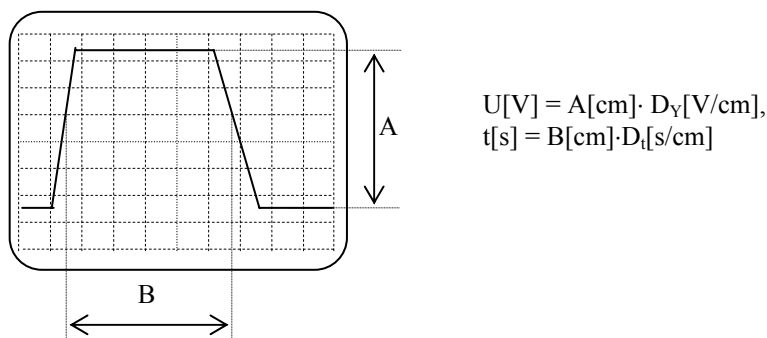
d) Układy wejściowe kanału X i synchronizacji zewnętrznej

Zadaniem tych układów jest zapewnienie odpowiedniej impedancji wejściowej w celu nieobciążania zewnętrznych źródeł.

4.4. Kalibratory napięcia i czasu (pomiarów parametrów napięciowych i czasowych)

Kalibratory napięcia i czasu są to źródła wzorcowych sygnałów elektrycznych służące do wzorcowania oscylogramu w odpowiadających mu jednostkach napięcia i czasu.

Pomiary parametrów napięciowych i czasowych obserwowanych sygnałów (rys. 10)



Rys. 10. Pomiar napięcia i czasu

a) Pomiar napięcia:

$$U[V] = A[\text{cm}] \cdot D_V[\text{V/cm}],$$

Analiza dokładności pomiaru napięcia:

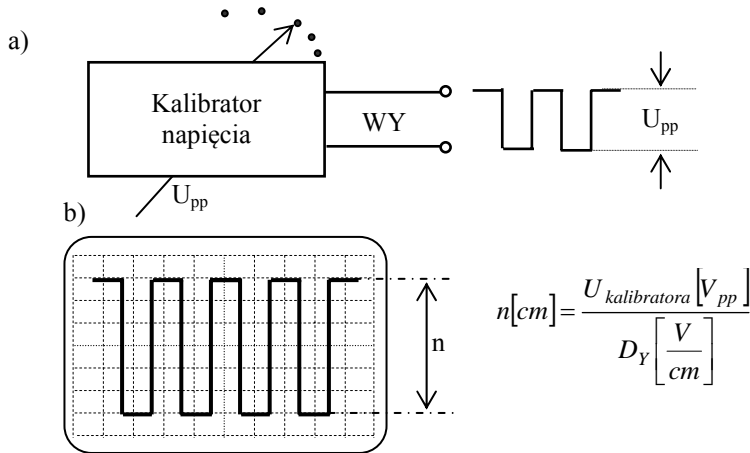
$$\delta_U = \pm(\delta_A + \delta_{D_V})$$

$$\delta_A = \frac{\Delta A}{A} - \text{względny błąd pomiaru wysokości oscylogramu};$$

δ_{D_Y} - względny błąd określenia współczynnika odchylenia. Błąd ten zależy od stałości modułu transmitancji toru Y oscyloskopu.

Duże wzmocnienie wzmacniacza Y powoduje, że D_Y jest niestabilne w czasie. Wobec tego kanał Y oscyloskopu należy skalować przed każdą serią pomiarów.

Przykład kalibratora napięcia oscyloskopu i sposób kalibracji przedstawiono na rys. 11.



Rys. 11. Kalibrator napięcia w oscyloskopie:
a) symbol, b) kalibracja napięcia

Kalibratory napięcia w oscyloskopie, oprócz powyższego zadania, wykorzystywane są do sprawdzania (kompensacji) sond pomiarowych.

b) Pomiary czasu:

Pomiary parametrów czasowych obserwowanych sygnałów przeprowadza się w podobny sposób jak pomiary parametrów napięciowych (rys. 2.19). Jest to tzw. metoda kalibrowanej podstawy czasu.

$$t[s] = B[cm] \cdot D_t[s/cm],$$

Analiza dokładności pomiaru czasu:

$$\delta_t = \pm (\delta_B + \delta_{D_t})$$

$\delta_B = \frac{\Delta B}{B}$ - względny błąd pomiaru szerokości oscylogramu,

δ_{D_t} - względny błąd określenia współczynnika czasu.

Błąd ten zależy od dokładności wyskalowania regulatora D_t .

Współczesne oscyloskopy nie są wyposażane w wewnętrzne kalibratory czasu, ponieważ generatory podstawy czasu charakteryzują się dużą stabilnością napięcia i małym błędem nieliniowości:

$$(\delta_{sz} < 1\%).$$

Oscyloskopy elektroniczne umożliwiają pomiary parametrów napięciowych i czasowych również innymi metodami np. metodą porównawczą i kompensacyjną.

Nowoczesne oscyloskopy analogowe umożliwiają pomiary za pomocą kursorów (tak jak oscyloskopy cyfrowe).

5) Kanał Z

Kanał Z lub kanał modulacji jasności pozwala na sterowanie jasnością „plamki świetlnej”.

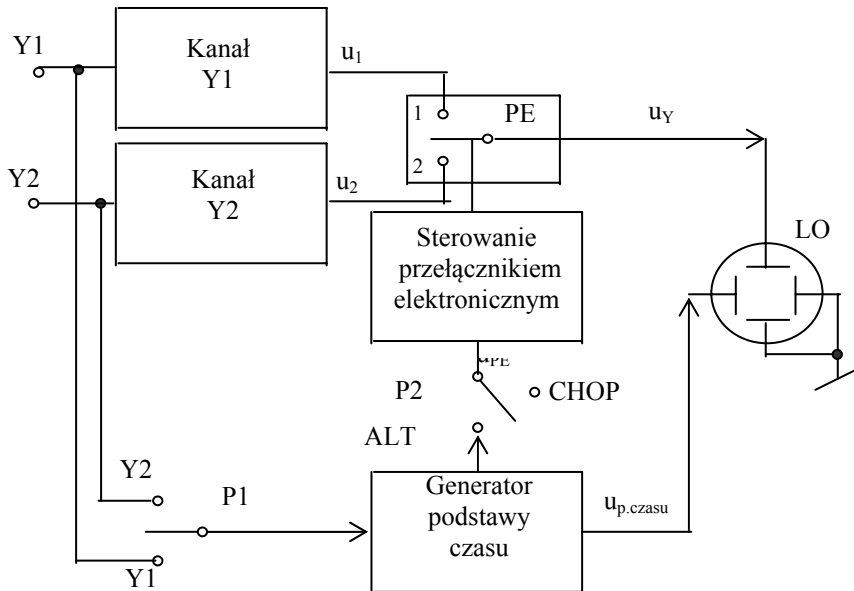
Powoduje to rozjaśnienie lub wygaszenie odpowiednich części oscylogramu. Kanał Z zbudowany jest z układów wejściowych, wzmacniacza i inwertera.

5. Oscyloskop dwukanałowy z przełącznikiem elektronicznym

Do obserwacji kilku przebiegów jednoczesnych służą oscyloskopy wielokanałowe. Najczęściej budowane są oscyloskopy dwukanałowe z przełącznikiem elektronicznym rys. 12.

Sposoby pracy oscyloskopu:

- jednokanałowa z włączonym kanałem A lub B,
- różnicowa lub sumacyjna ($A \pm B$),
- dwukanałowa (A i B).



Rys. 12. Uproszczony schemat blokowy oscyloskopu dwukanałowego z przełącznikiem elektronicznym

Przy pracy dwukanałowej rozróżnia się dwa rodzaje pracy oscyloskopu, zależnie od sposobu sterowania przełącznika elektronicznego.

1° Praca przemienna (ALT – alternating)

Przełącznik elektroniczny sterowany jest z generatora podstawy czasu: P w pozycji ALT (rys. 2.24).

Napięcie sterujące pracą przełącznika elektronicznego u_{PE} ma dwa razy mniejszą częstotliwość niż napięcie generatora podstawy czasu.

W każdym cyklu podstawy czasu rysowany jest tylko jeden przebieg. Po przejściu wielu cykli podstawy czasu na ekranie widoczne są oscylogramy obydwu badanych przebiegów u_1 i u_2 .

Napięcia u_1 lub u_2 , pojawiają się na ekranie z częstotliwością $f_{p.czasu} / 2$. Przy obserwacji sygnałów m.cz. występuje migotanie oscylogramu. Z tego względu ten rodzaj pracy stosowany jest przy obserwacji sygnałów o większych częstotliwościach.

2° Praca „siekana”, przerywana lub kluczowana (CHOP – chopped)

Przełącznik elektroniczny sterowany jest z generatora sterującego o częstotliwości stałej, niezależnej od częstotliwości generatora podstawy czasu: P w pozycji CHOP. Stosowane są częstotliwości przełączania od 10 kHz do 2 MHz.

Jeżeli $T_{p.czasu} \gg T_{PE}$ to w jednym cyklu podstawy czasu rysowane są fragmenty obydwu przebiegów u_1 i u_2 . Ze względu na asynchroniczną pracę generatora sterującego przełącznikiem elektronicznym i generatora podstawy czasu, w każdym następnym cyklu podstawy czasu będą rysowane inne fragmenty badanych przebiegów. Po przejściu wielu cykli na ekranie widoczny jest ciągły oscylogram badanych napięć.

Przy obserwacji sygnałów w.cz. ($T_{PE} \leq T_{p.czasu}$) istnieje niebezpieczeństwo zsynchronizowania się generatorów podstawy czasu i generatora sterującego przełącznikiem elektronicznym. Może to spowodować częściową lub całkowitą utratę informacji o badanym przebiegu. Z tego względu ten rodzaj pracy stosowany jest do badania sygnałów m.cz.

Innym zastosowaniem pracy „siekaney” jest fotografowanie dwóch jednoczesnych sygnałów impulsowych. Musi być przy tym spełniony warunek $t_i \gg T_{PE}$.

Jeżeli ten warunek nie jest spełniony to do fotografowania dwóch jednoczesnych sygnałów impulsowych należy wykorzystać oscyloskop dwukanałowy z lampą dwustrumieniową.

UWAGA: w czasie powrotu podstawy czasu (t_{powr}), sygnały u_{Y1} i u_{Y2} są podawane na płytce Y lampy oscyloskopowej, lecz są niewidoczne na ekranie z powodu wygaszania powrotu plamki.

Istotnym zagadnieniem jest zapewnienie stabilności oscylogramu. Z rys. 2.23 widać, że generator podstawy czasu może być wyzwalany (synchronizowany) sygnałem wewnętrznym otrzymanym z wejścia Y1 lub Y2.

Wyznaczenie warunku stabilnego oscylogramu:

$$1^\circ \frac{T_{p.czasu}}{T_{Y1}} = n_1 ;$$

$$2^\circ \frac{T_{p.czasu}}{T_{Y2}} = n_2 \rightarrow \frac{T_{Y1}}{T_{Y2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

– warunek ten oznacza, że sygnały u_1 i u_2 muszą być zsynchronizowane.

UWAGA: Warunki 1° i 2° muszą być spełnione jednocześnie.

Niektóre oscyloskopy mają możliwość wyzwalania podstawy czasu sygnałami Y1 i Y2 (sygnał wyzwalający pobierany jest za przełącznikiem elektronicznym). Ten sposób pracy oscyloskopu może być stosowany tylko przy pracy przemiennej (ALT).

6. Dodatkowe wyposażenie oscyloskopów

Najważniejszym dodatkowym wyposażeniem oscyloskopów są sondy pomiarowe (rys.23). Elementy te służą do połączenia wejścia oscyloskopu z wyjściem źródła badanego sygnału w sposób jak najmniej wpływający na obserwowaną wielkość. Doprowadzenie sygnału badanego do oscyloskopu za pomocą kabla koncentrycznego (rys.24) powoduje wzrost pojemności wejściowej oscyloskopu i zmniejszenie wartości rezystancji wejściowej (maleje impedancja wejściowa). W efekcie zmienia się charakterystyka częstotliwościowa oscyloskopu (pasmo przenoszenia maleje).

Sygnały o złożonym widmie częstotliwościowym są zniekształcane. Źródła sygnałów o dużej impedancji wewnętrznej są nadmiernie obciążane.

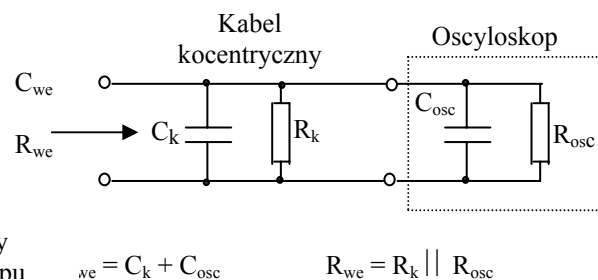
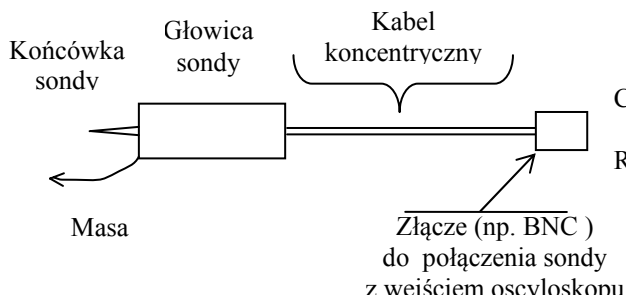
W celu uniknięcia powyższych, niepożądanych zjawisk, do połączenia wejścia oscyloskopu z wyjściem źródła sygnału badanego stosuje się różne rodzaje sond.

Wymagania stawiane sondom pomiarowym:

- duża rezystancja wejściowa,
- mała pojemność wejściowa,
- szerokie pasmo przenoszenia,
- dopasowanie do wejścia oscyloskopu.

Klasyfikacja sond pomiarowych stosowanych w oscyloskopach:

- a) sondy napięciowe: sondy bierne i sondy czynne,
- b) sondy prądowe: sondy bierne (są to sondy zmiennoprądowe) i sondy czynne (stałoprądowe i zmiennoprądowe),
- c) inne rodzaje sond np. detekcyjne, dwukanałowe itd.



Rys.13. Przykład sondy pomiarowej do oscyloskopu

14. Podłączenie kabla do oscyloskopu

2.2. PRZYKŁADOWE PYTANIA KONTROLNE:

- 1° Oscyloskop elektroniczny: określenie oscyloskopu, podstawowe parametry użytkowe, klasyfikacja.
- 2° Oscyloskop analogowy:
 - budowa (schemat blokowy),
 - działanie,
 - zadania poszczególnych podzespołów.
- 3° Lampa oscyloskopowa: (CRT): budowa, działanie, sposób zasilania elektrod, podstawowe parametry.
- 4° Generator podstawy czasu: zadania, budowa, parametry.
- 5° Synchronizacja i wyzwalanie generatora podstawy czasu.
- 6° Kalibratory napięcia i czasu: zastosowanie, sposoby pomiaru napięcia i czasu oscyloskopem analogowym.
- 7° Sondy pomiarowe oscyloskopów elektronicznych.

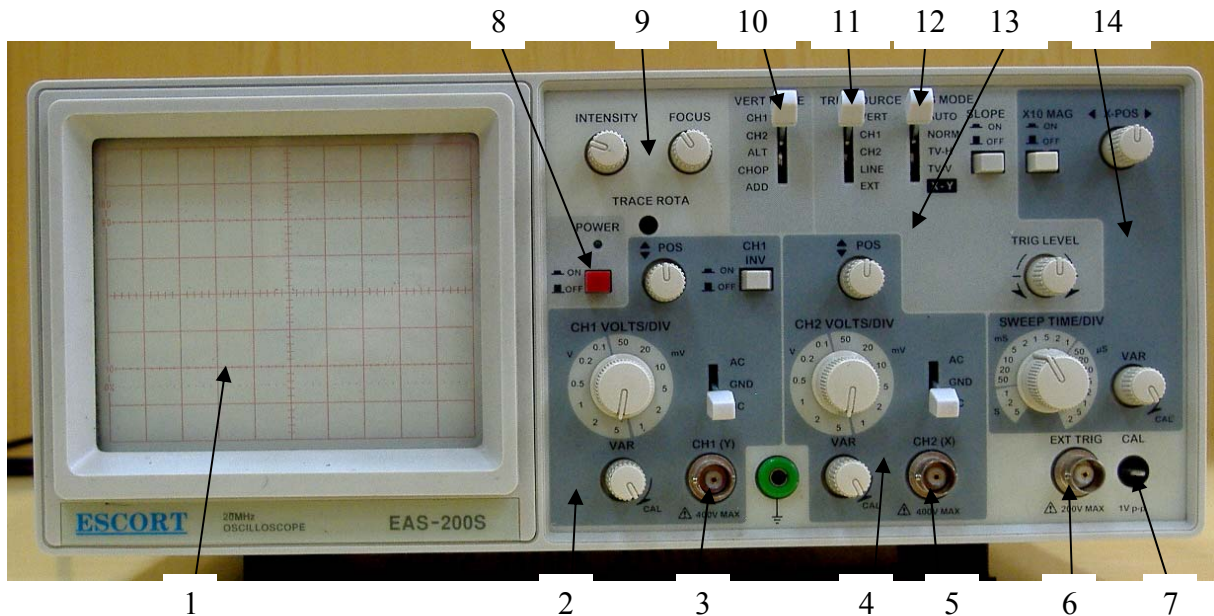
2.3. LITERATURA DODATKOWA:

- 1) A. Chwaleba, M. Poniński, A. Siedlecki, „Metrologia elektryczna”, Wyd. 5, 6, 7, 8, 9 WNT, 1996r, 1998r, 2000r, 2003r, 2007r.
- 2) J. Dusza, G. Gortat, A. Leśniewski, „Podstawy miernictwa”, Ofic. Wyd. Politechniki Warszawskiej, 1998 r.;
- 3) A. Jellonek, Z. Karkowski, „Miernictwo radiotechniczne”, WNT, 1972 r.;
- 4) G. J. Mirski, "Miernictwo elektroniczne", WkiŁ, 1973 r.;
- 5) B. M. Oliver, J. M. Cage, "Pomiary i przyrządy elektroniczne", WKiŁ, 1978 r.;
- 6) J. Parchański, „Miernictwo elektryczne i elektroniczne”, WSiP 1991 r.;
- 7) J. Rydzewski, „Pomiary oscyloskopowe”, WNT, 1994 r.;
- 8) M. Stabrowski, "Miernictwo elektryczne: cyfrowa technika pomiarowa", Ofic. Wyd. Politechniki Warszawskiej, 1994 r.

Przyrządy pomiarowe stosowane w ćwiczeniu.

1. Oscyloskop analogowy typ EAS - 200S

Widok płyty czołowej przyrządu i podstawowe elementy regulacyjne

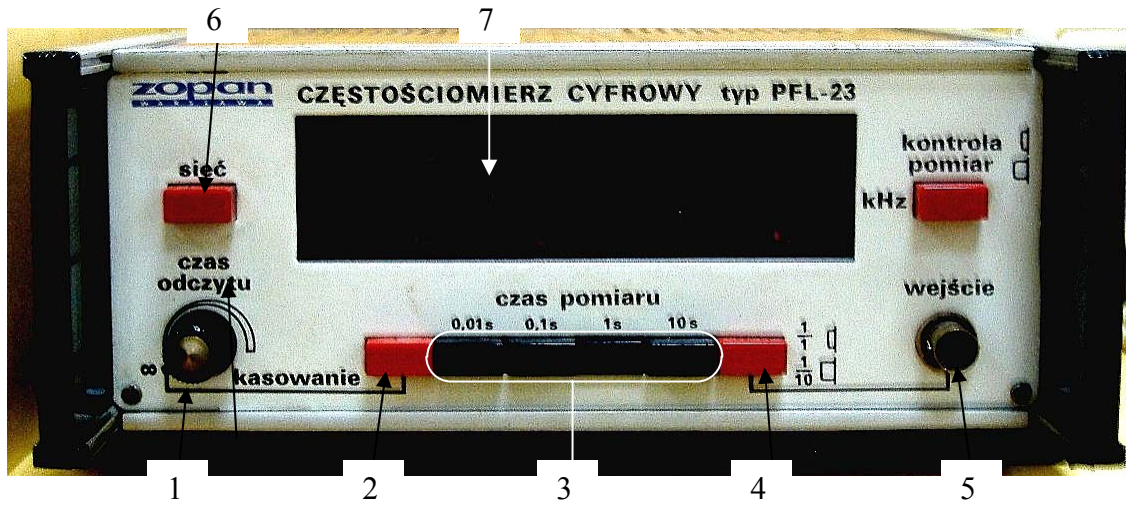


- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1 – Ekran | 8 – Zasilanie |
| 2 – Blok kanału Y_1 (przy pracy X-Y – kanał Y) | 9 – Regulacja jasności i ostrości |
| 3 – Wejście Y_1 | 10 – Przełącznik rodzaju |
| 4 – Blok kanału Y_2 (przy pracy X-Y – kanał X) pracy | 11 – Źródła wyzwalania |
| 5 – Wejście Y_2 | 12 – Rodzaj wyzwalania |
| 6 – Wejście wyzwalania zewnętrznego | 13 – Blok kanału wyzwalania |
| 7 – Kalibrator napięcia | 14 – Blok kanału podstawy czasu |

Podstawowe parametry metrologiczne	
Ekran	CRT (8 × 10) działek
Kanał odchylenia pionowego Y	
Liczba kanałów	2
Współczynnik odchylenia D_Y	1 mV/dz ÷ 5 V/dz
Dokładność	± 3 %
Pasma przenoszenia (3 dB)	0 ÷ 20 MHz
Czas narastania	17,5 ns
Impedancja wejściowa	1 MΩ 32 pF
Rodzaje sprzężenia toru Y	AC, DC, masa
Kanał podstawy czasu	
Współczynnik czasu	0,2 μs/dz ÷ 0,5 s/dz
Dokładność	± 3 %
Kanał wyzwalania	
Źródło wyzwalania	wewnętrzne: Y_1 , Y_2 , Y_1 i Y_2 , zewnętrzne, sieć
Rodzaje wyzwalania	automatyczne, normalne, TV
Zbocze wyzwalające	narastające, opadające
Kanał modulacji jasności Z	
Kalibrator napięcia: napięcie prostokątne, dodatnie	
U_{p-p}	1V ± 3%
f	1 kHz ± 20 %

2. Częstościomierz cyfrowy typ PFL – 23

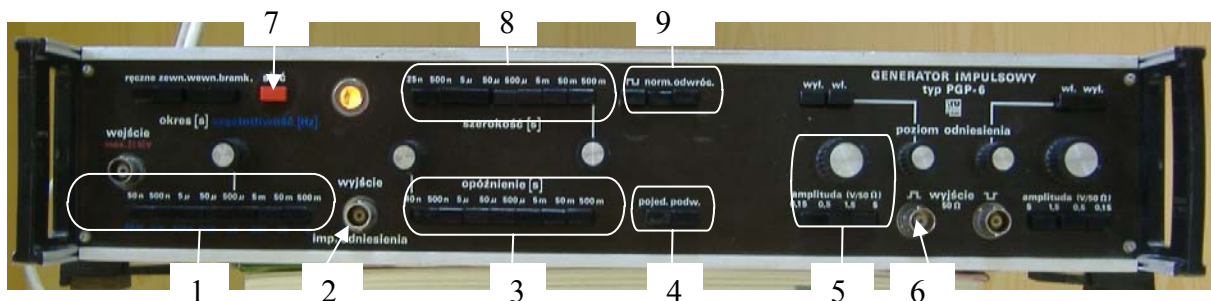
Widok płyty czołowej przyrządu i podstawowe elementy regulacyjne



- | | |
|---|----------------------|
| 1 – Regulacja czasu odczytu | 5 – Wejście |
| 2 – Przycisk zerowanie | 6 – Zasilanie |
| 3 – Klawisze wyboru czasu otwarcia bramki | 7 – Wskaźnik cyfrowy |
| 4 – Tłumik wejściowy | |

4. Generator impulsów prostokątnych typ PGP – 6

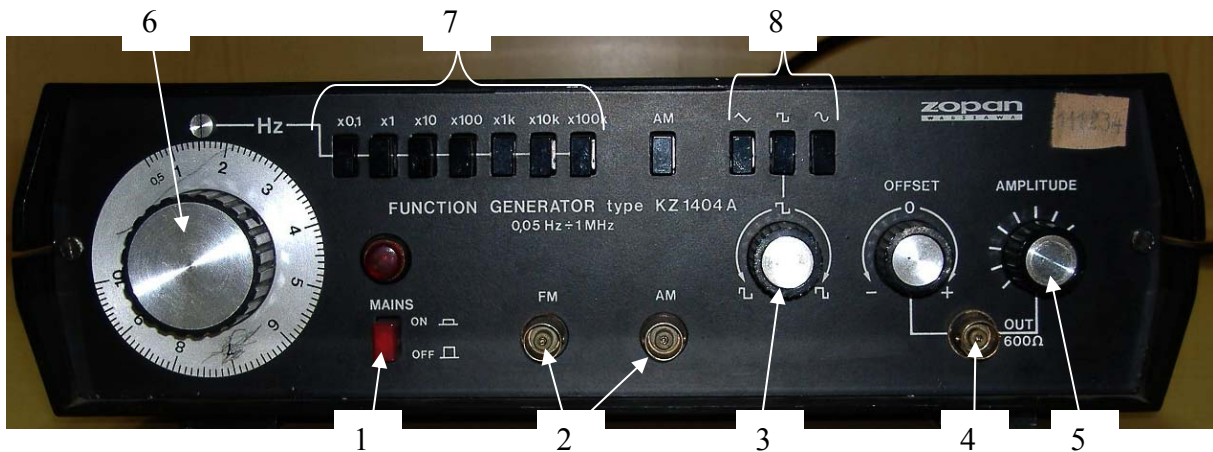
Widok płyty czołowej przyrządu i podstawowe elementy regulacyjne



- | |
|--|
| 1 – Skokowa i płynna regulacja okresu |
| 2 – Wyjście impulsów odniesienia |
| 3 – Skokowa i płynna regulacja czasu opóźnienia impulsów wyjściowych względem impulsów odniesienia |
| 4 – Praca z impulsami pojedynczymi lub podwójnymi |
| 5 – Skokowa i płynna regulacja amplitudy impulsów (dodatnich) |
| 6 – Wyjście impulsów dodatnich |
| 7 – Zasilanie |
| 8 – Skokowa i płynna regulacja czasu trwania impulsów |
| 9 – Wybór rodzaju pracy |

6. Generator funkcji typ KZ – 1404A

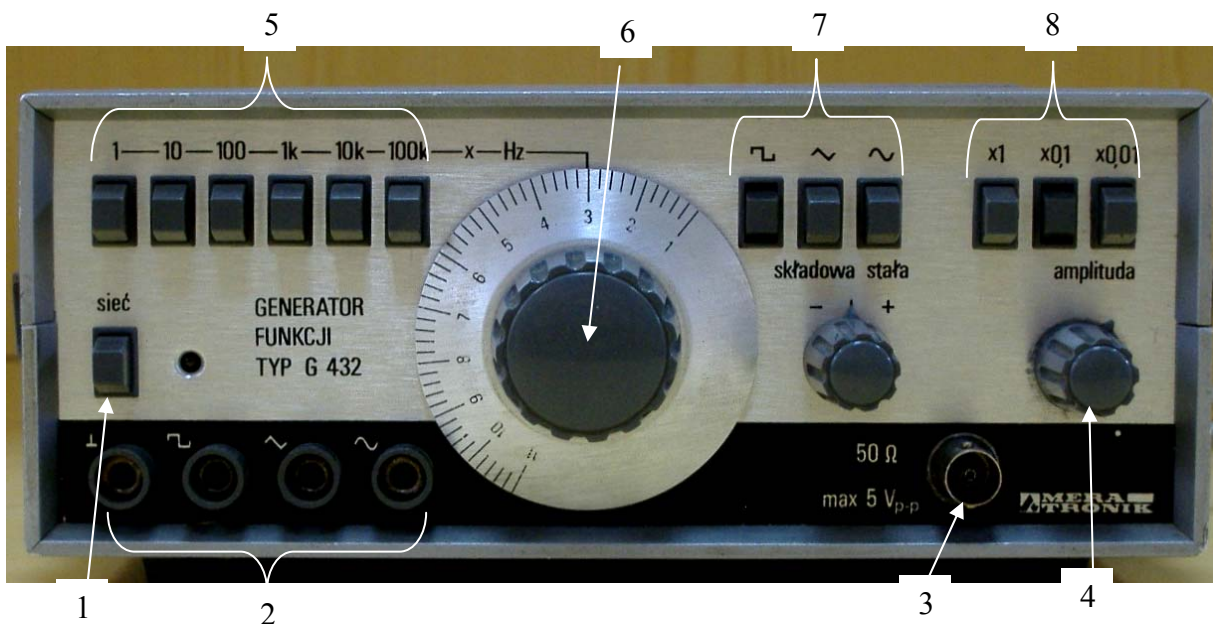
Widok płyty czołowej przyrządu i podstawowe elementy regulacyjne



- | | |
|--|--|
| 1 – Zasilanie | 5 – Płynna regulacja napięcia wyjściowego |
| 2 – Wejścia modulacji zewnętrznej: AM i FM | 6 – Płynna regulacja częstotliwości |
| 3 – Regulacja współczynnika wypełnienia | 7 – Przelącznik zakresów częstotliwości |
| 4 – Wyjście | 8 – Przelącznik wyboru kształtu napięcia wyjściowego |

7. Generator funkcji typ G – 432

Widok płyty czołowej przyrządu i podstawowe elementy regulacyjne



- | | |
|---|--|
| 1 – Zasilanie | 5 – Przelącznik zakresów częstotliwości |
| 2 – Wyjścia dodatkowe | 6 – Płynna regulacja częstotliwości |
| 3 – Wyjście podstawowe | 7 – Przelącznik wyboru kształtu napięcia wyjściowego |
| 4 – Płynna regulacja napięcia wyjściowego | 8 – Tłumik wyjściowy |