

Ćwiczenie 3

Bloki elektronicznych mierników analogowych

3.1. Informacje wstępne

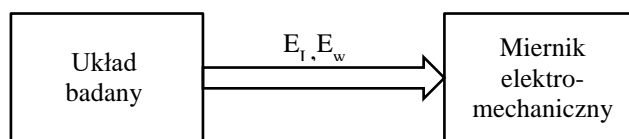
Mierniki analogowe są przyrządami pomiarowymi wskazującymi. Są wywzorcowane w jednostkach miary wielkości mierzonej a wskazanie jest funkcją ciągłą wartości tej wielkości.

Analogowe urządzenie odczytowe¹ składa się z części nieruchomej do której przymocowana jest podzielnia z naniesioną podziałką i części ruchomej z przymocowaną wskazówką. Odczyt wartości wielkości mierzonej następuje przez porównanie miejsca położenia wskazówki na tle podziałki czyli uporządkowanego zbioru wartości danej wielkości.

Rozróżnia się mierniki elektromechaniczne zwane miernikami o działaniu bezpośrednim oraz mierniki elektroniczne o działaniu pośrednim.

W miernikach elektromechanicznych energia potrzebna do wychylenia wskazówki (E_w) oraz energia przenosząca informację pomiarową (E_I) pobierane są z układu badanego (rys. 3.1).

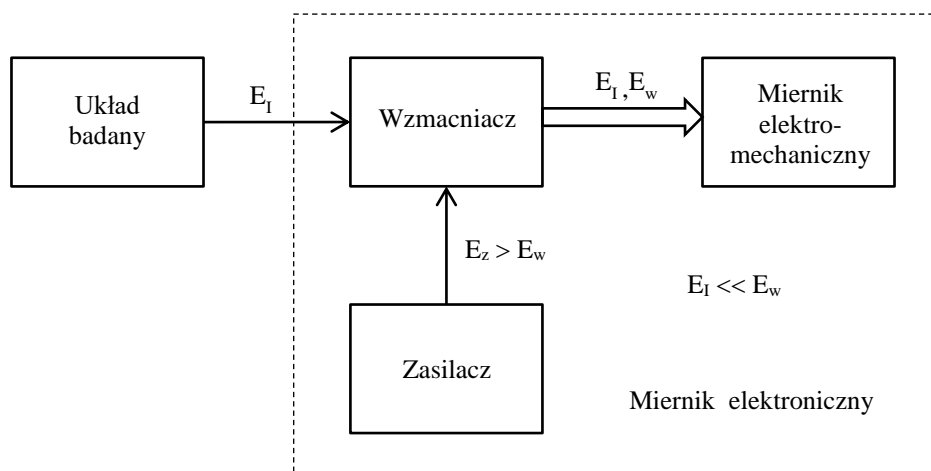
Energia (E_w) jest dużo większa od energii (E_I).



Rys. 3.1. Miernik analogowy o działaniu bezpośrednim

W miernikach elektronicznych energia E_w pobierana jest z dodatkowego źródła energii (zasilacza).

Z układu badanego pobierana jest tylko energia przenosząca informację pomiarową E_I (rys. 3.2).

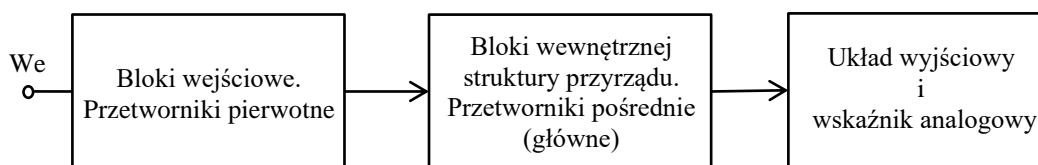


Rys. 3.2. Miernik analogowy o działaniu pośrednim

¹ Urządzeniem odczytowym jest pewien układ mechaniczny który jest częścią ustroju pomiarowego elektromechanicznego (elektrycznego mechanizmu pomiarowego).

3.2. Budowa elektronicznych mierników analogowych

Ogólny schemat funkcjonalny analogowego miernika elektronicznego przedstawiony jest na rys. 3.3.



Rys. 3.3. Uproszczony schemat blokowy elektronicznego miernika analogowego

Miernik zbudowany jest z trzech podstawowych bloków. Zależnie od rodzaju miernika każdy z bloków może mieć mniej lub bardziej złożoną budowę.

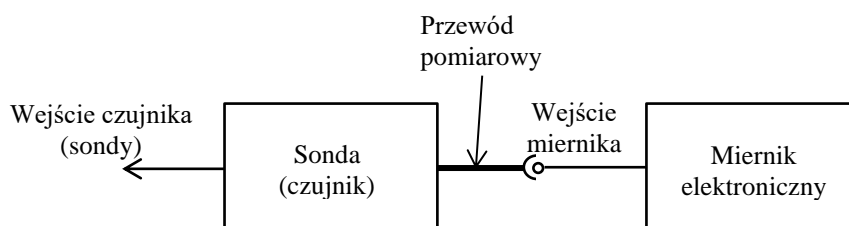
1. Bloki wejściowe (przetworniki pierwotne).

Zadania:

- pobranie sygnału pomiarowego (informacji pomiarowej) z badanego obiektu,
- przetworzenie sygnału pomiarowego do postaci najlepiej nadającej się do dalszego przetwarzania,
- zapewnienie jak najmniejszego poboru energii z obiektu badanego.

Układy wejściowe budowane są jako czwórniki (czasami dwójniki) bierne lub czynne np. wzmacniacze pomiarowe, wtórniki napięciowe, dzielniki lub tłumiki napięcia itp.

Przy pewnych pomiarach², przetwornik pierwotny powinien się znajdować jak najbliżej obiektu badanego. Przetworniki pomiarowe spełniające to zadanie (czujniki nazywane czasami sensorami) są budowane w postaci sondy pomiarowej znajdującej się na zewnątrz przyrządu pomiarowego (rys. 3.4). Sonda połączona jest z miernikiem odpowiednim przewodem pomiarowym.



Rys. 3.4 Miernik elektroniczny z czujnikiem w postaci sondy

2. Bloki wewnętrznej struktury przyrządu (przetworniki pośrednie lub główne), stanowią zespół specjalnych dla danego miernika bloków funkcjonalnych.

² Np. pomiary napięcia w zakresie w.cz. i b.w.cz., pomiary różnych wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi itp.

Zadania:

- wykonanie na sygnale pomiarowym operacji niezbędnych do wydzielenia informacji pomiarowej która jest przedmiotem pomiaru.

Bloki wewnętrznej struktury przyrządu budowane są jako różne przetworniki pomiarowe np.: wzmacniacze, układy przemiany częstotliwości, filtry, przetworniki AC/DC i inne.

3. Układ wyjściowy i wskaźnik analogowy.

Zadaniem układu wyjściowego jest dopasowanie wyjścia przetworników głównych do wejścia wskaźnika analogowego.

W elektronicznych miernikach analogowych wskaźnikami są ustroje pomiarowe magnetoelektryczne.

Podsumowanie: elektroniczne mierniki analogowe są przyrządami pomiarowymi wskazującymi zawierającymi w torach pomiarowych układy elektroniczne.

3.3. Przykłady przetworników stosowanych w elektronicznych miernikach analogowych

3.3.1. Wzmacniacze³

Wzmacniacze są jednymi z najważniejszych bloków z których zbudowane są elektroniczne mierniki analogowe. Zadaniem wzmacniaczy jest zapewnienie odpowiedniej współpracy między blokami elektronicznych przyrządów i systemów pomiarowych.

Zadania te realizowane są przez:

- wzmocnienie prądu lub napięcia,
- zwiększenie mocy sygnału pomiarowego,
- zapewnienie odpowiedniej impedancji Z_{we} i Z_{wy} ,
- zapewnienie odpowiedniej funkcji przejścia między źródłem sygnału a obciążeniem,
- tłumienie napięć wspólnych (synfazowych),
- galwanicznej separacji obwodów elektrycznych.

Ze względu na różnorodność zadań i wymagań, w urządzeniach pomiarowych spotyka się różne rodzaje wzmacniaczy.

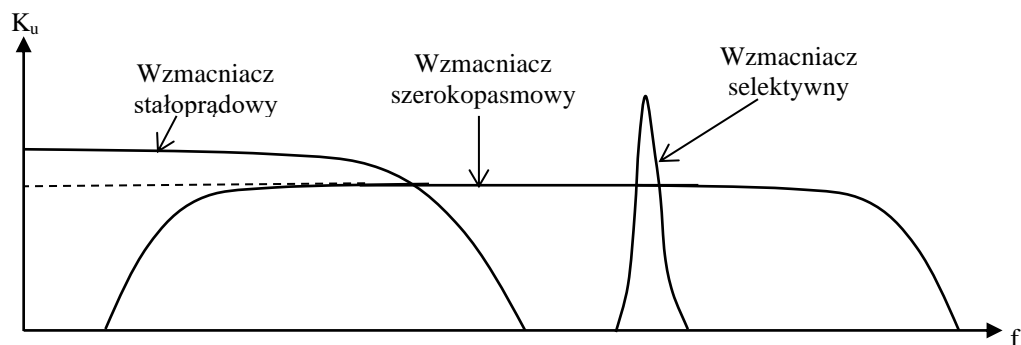
Przykładowe rodzaje wzmacniaczy stosowane w urządzeniach pomiarowych:

- wzmacniacze pomiarowe: podstawowym zadaniem tego wzmacniacza jest zapewnienie właściwej współpracy czujnika pomiarowego z miernikiem,
- wzmacniacze izolacyjne: służą do wzmacniania sygnałów nałożonych na bardzo duży (rzędu setek woltów) sygnał synfazowy,

³ Wzmacniacze są omawiane w pierwszej kolejności ponieważ mogą występować we wszystkich blokach elektronicznych mierników analogowych.

- wzmacniacze stabilizowane przerywaczem: zadaniem tych układów wzmacniających jest wzmocnienie (z dużą dokładnością) bardzo małych sygnałów (rzędu μV) do odpowiedniego poziomu,
- wzmacniacze elektrometryczne: wzmacniacze te charakteryzują się bardzo dużą rezystancją wejściową rzędu $\text{G}\Omega$, stosowane są do przetwarzania bardzo małych sygnałów prądowych na duże sygnały napięciowe.

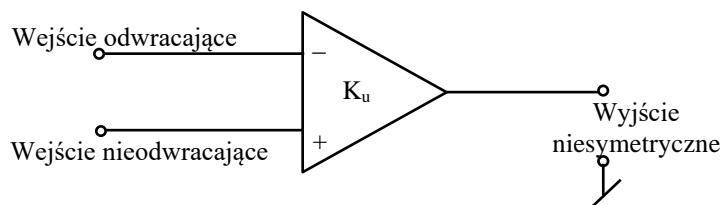
W zależności od częstotliwości rozróżnia się wzmacniacze prądu stałego, szerokopasmowe (mogą być również stałoprądowe) i selektywne.



Rys. 3.5. Charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe wzmacniaczy

Współcześnie, wzmacniacze stosowane w urządzeniach pomiarowych budowane są głównie w oparciu o wzmacniacze operacyjne. Są to uniwersalne układy wzmacniające prądu stałego o różnicowym wejściu i niesymetrycznym wyjściu.

Symbol wzmacniacza operacyjnego przedstawiony jest na rys. 3.6.



Rys. 3.6. Symbol wzmacniacza operacyjnego

K_u – wzmocnienie napięciowe wzmacniacza bez sprzężenia zwrotnego.

Parametry idealnego wzmacniacza operacyjnego:

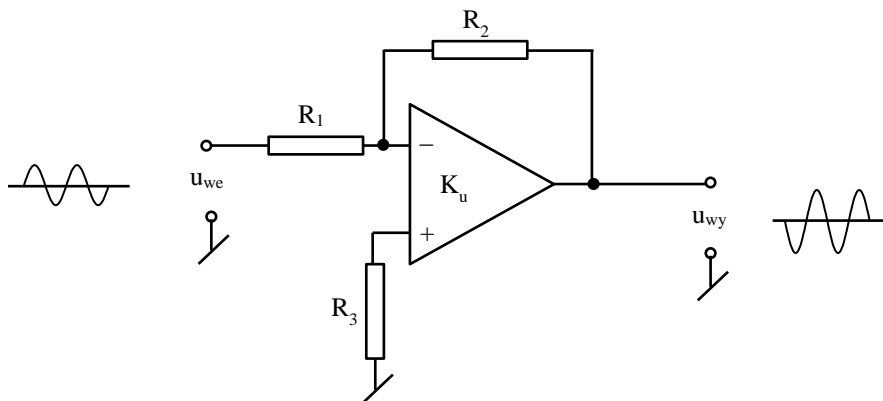
- rezystancja wejściowa różnicowa i sumacyjna nieskończenie duża: $R_{we} = \infty$,
- rezystancja wyjściowa: $R_{wy} = 0$,
- nieskończone pasmo częstotliwości,
- nieskończenie duże wzmocnienie,

- nieskończony współczynnik tłumienia sygnału wspólnego (CMRR),
- zerowy dryft.

Wzmacniacze operacyjne są budowane w postaci analogowych liniowych układów scalonych. W praktycznych układach stosuje się je ze sprzężeniem zwrotnym.

Przykłady

1) Wzmacniacz odwracający fazę (rys. 3.7).



Rys. 3.7. Wzmacniacz odwracający fazę

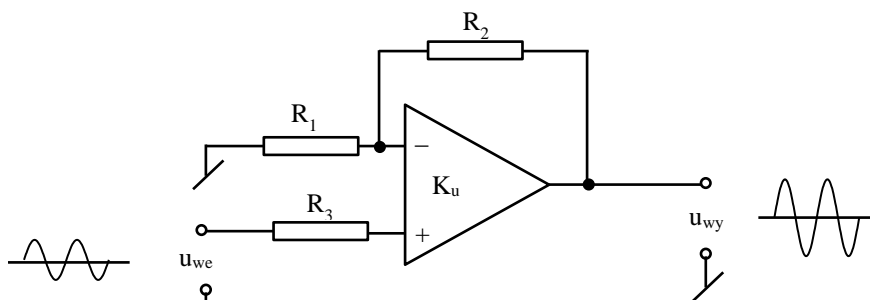
Wzmocnienie wzmacniacza ze sprzężeniem zwrotnym:

$$K_s \approx -\frac{R_2}{R_1}$$

Jeżeli $R_2 = R_1$, wówczas

$K_s \approx -1$ – wzmacniacz jest wtórnikiem napięciowym odwracającym fazę.

2) Wzmacniacz nieodwracający fazy (rys. 3.8).



Rys. 3.8. Wzmacniacz nieodwracający fazy

Wzmocnienie wzmacniacza ze sprzężeniem zwrotnym:

$$K_s \approx 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Jeżeli $R_1 = \infty$, wówczas

$K_s \approx 1$ – wzmacniacz jest wtórnikiem napięciowym nieodwracającym fazy.

W obydwu przypadkach, przyjmuje się: $R_3 \approx R_1 \parallel R_2$ (równoległe połączenie R_1 i R_2).

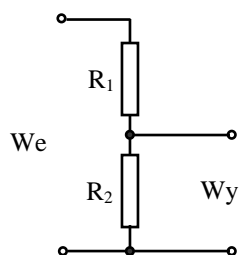
3.3.2. Dzielniki napięcia

Dzielniki napięcia są przetwornikami skali wielkości. W elektronicznych miernikach analogowych są stosowane głównie w blokach wejściowych do zmiany zakresów pomiarowych i zapewnienia odpowiedniego poziomu napięcia na wejściu przetworników głównych.

Przykłady

1) Rezystancyjny dzielnik napięcia (rys. 3.9)

Układ ten jest przeznaczony do pracy przy prądzie stałym.



Czułość dzielnika

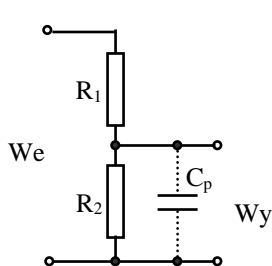
$$S = \frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Przekładnia dzielnika

$$K_U = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

Rys. 3.9. Rezystancyjny dzielnik napięcia

Stosując rezystancyjny dzielnik napięcia do pracy przy prądzie przemiennym (rys. 3.10) należy brać pod uwagę wpływ pojemności pasożytniczej C_p na jego czułość.



$$S = \frac{Z_2}{R_1 + Z_2}$$

$$Z_2 = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_p}$$

$$S = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + j\omega R_1 R_2 C_p} = f(\omega)$$

Rys. 3.10. Wpływ pojemności pasożytniczej na czułość DN

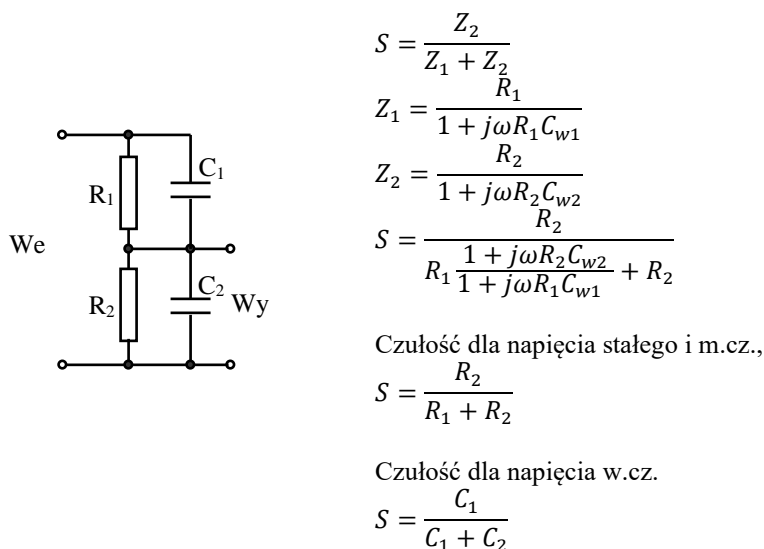
Pojemność C_p jest spowodowana pojemnością wejściową następnych bloków miernika oraz pojemnościami montażowymi.

Z rys. 3.10 wynika, że czułość rezystancyjnego dzielnika napięcia pracującego przy prądzie przemiennym jest funkcją częstotliwości.

2) Dzielnik napięcia skompensowany częstotliwościowo (rys. 3.11).

W celu zapewnienia stałej czułości dzielnika przy prądzie przemiennym, należy zastosować kompensację częstotliwości. W tym celu, rezystory R_1 i R_2 są bocznikowane pojemnościami C_1 i C_2 o wartościach spełniających warunek: $R_1 \cdot C_1 = R_2 \cdot C_2$.

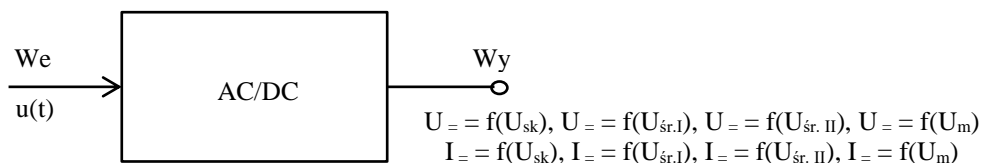
Spełnienie powyższego warunku powoduje, że podział napięć stałych i m.cz. występuje na dzielniku rezystancyjnym a napięć w.cz. na dzielniku pojemnościowym.



Rys. 3.11. Dzielnik napięcia skompensowany częstotliwościowo

3.3.3. Przetworniki pomiarowe AC/DC (napięcia zmiennego na stałe)

Przetworniki napięcia zmiennego na stałe są przetwornikami przebiegu wielkości przetwarzającymi napięcie przemiennie na napięcie lub prąd stały.



$U_{sr.I}$ – wartość średnia napięcia przy prostowaniu jednopółkownikowym,

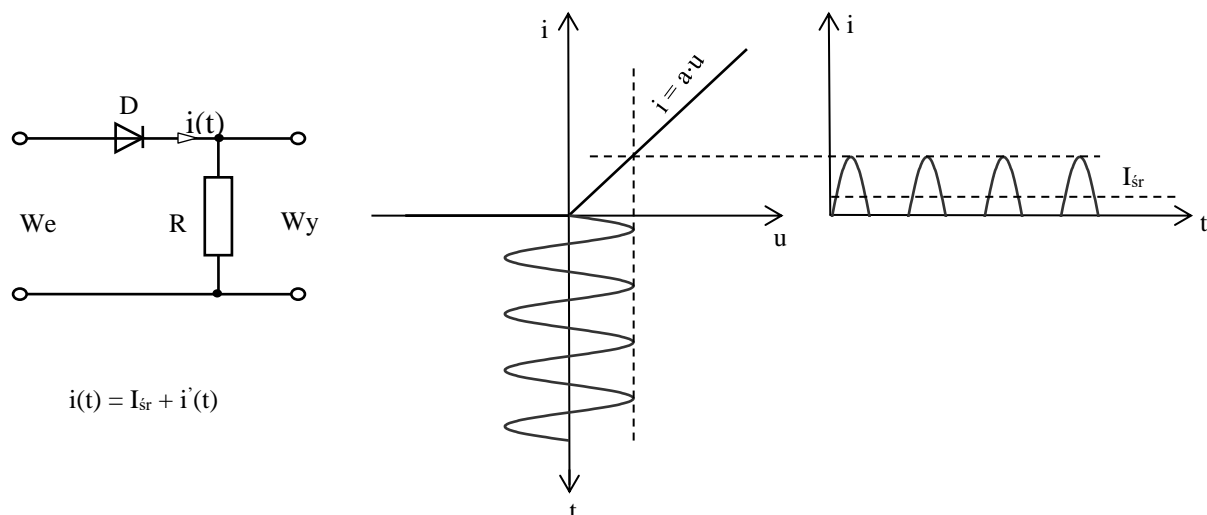
$U_{sr.II}$ – wartość średnia napięcia przy prostowaniu dwupółkownikowym.

Rys. 3.12. Ogólny schemat przetwornika AC/DC

W elektronicznych miernikach analogowych najczęściej są stosowane przetworniki prostownikowe bierne (czasami przetworniki termoelektryczne⁴).

⁴ Przetworniki termoelektryczne są stosowane w zakresie częstotliwości w.cz. i b.w.cz. w amperomierzach, woltomierzach wartości skutecznej oraz watomierzach.

1) Przetwornik AC/DC wartości średniej przy prostowaniu jednopołówkowym (rys. 3.13).



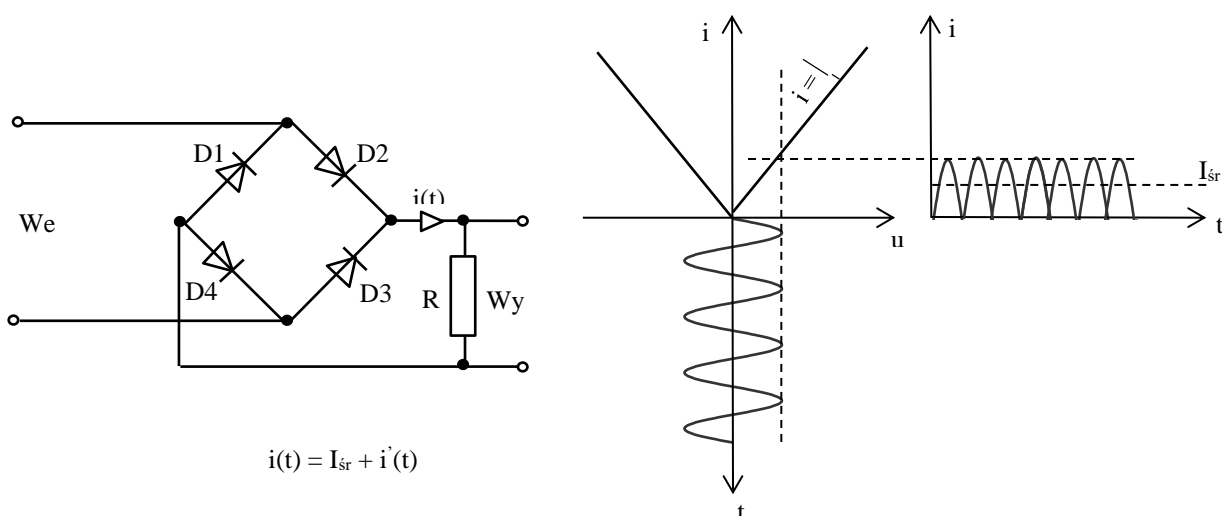
Rys. 3.13. Przetwornik AC/DC wartości średniej jednopołówkowy

Wartość średnia prądu (składowa stała) jest wprost proporcjonalna do wartości średniej napięcia wejściowego:

$$I_{srI} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} i(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} au(t) dt = aU_{srI} \quad (3.1)$$

Zależność powyższa jest spełniona pod warunkiem, że charakterystyka prądowo- napięciowa układu prostującego jest liniowa. Ponieważ charakterystyka diody jest nieliniowa to konieczna jest jej linearyzacja. Linearyzację charakterystyki układu prostującego przeprowadza się przez szeregowe połączenie diody i rezystora obciążenia R.

2) Przetwornik AC/DC wartości średniej przy prostowaniu dwupołówkowym (rys.3.14).



Rys. 3.14. Przetwornik AC/DC wartości średniej dwupołówkowy w układzie Graetza

Podobnie jak w p.1) wartość średnia prądu (składowa stała) jest wprost proporcjonalna do wartości średniej napięcia wejściowego:

$$I_{srII} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} i(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T |i(t)| dt = a \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt = a U_{srII} \quad (3.2)$$

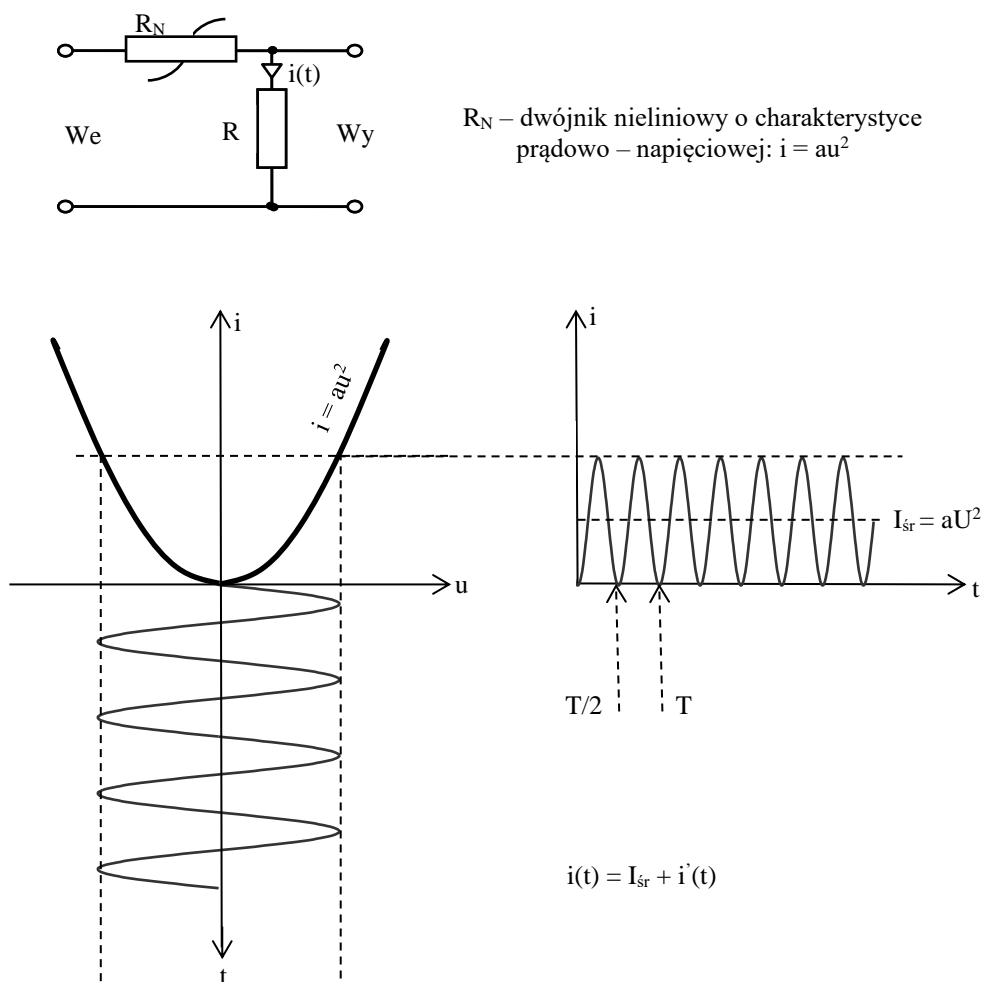
Z powyższej zależności widać, że czułość układu jest dwa razy większa niż układu z p.1).

3) Przetwornik AC/DC wartości skutecznej (rys.3.15).

W tym przetworniku charakterystyka prądowo – napięciowa układu prostującego jest kwadratowa⁵.

$$I_{sr} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt = a \frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt = a U^2 \quad (3.3)$$

Składowa stała prądu w obwodzie jest wprost proporcjonalna do kwadratu wartości skutecznej napięcia wejściowego.

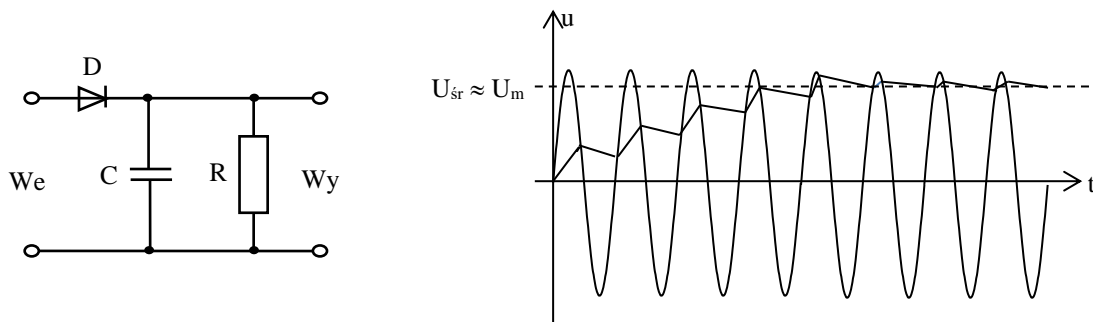


Rys. 3.15. Przetwornik AC/DC wartości skutecznej

⁵ Element o charakterystyce kwadratowej (kwadrator), wykonany jest najczęściej metodą aproksymacji paraboli odcinkami prostymi tzw. drabinka diodowo – rezystancyjna.

4) Przetworniki AC/DC wartości szczytowej

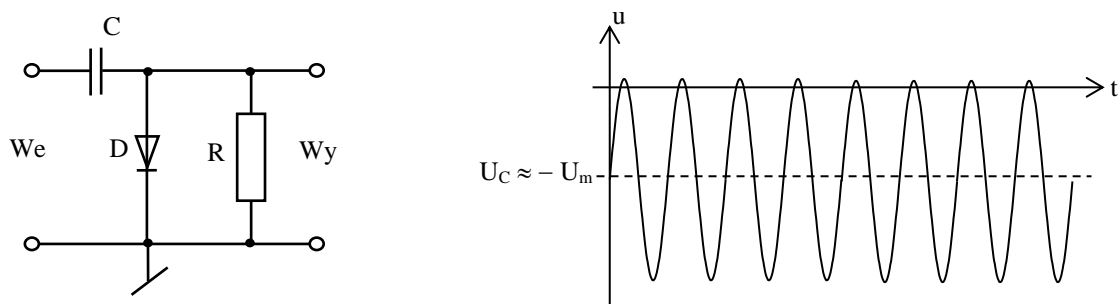
Przetworniki te budowane są w dwóch rodzajach: w układzie szeregowym (rys. 3.16) oraz w układzie równoległym (rys. 3.17).



Rys. 3.16. Przetwornik AC/DC wartości szczytowej w układzie szeregowym

Napięcie wyjściowe jest równe napięciu na kondensatorze. Na wykresie czasowym (rys. 3.17) widać, że w stanie ustalonym napięcie to jest zbliżone do wartości szczytowej napięcia wejściowego. Cechą charakterystyczną przetwornika wartości szczytowej w układzie szeregowym jest to, że reaguje on na składową stałą napięcia wejściowego.

Np.: jeżeli $u_{we}(t) = U_o + U_m \sin \omega t$ to $U_{wy} \approx U_o + U_m$

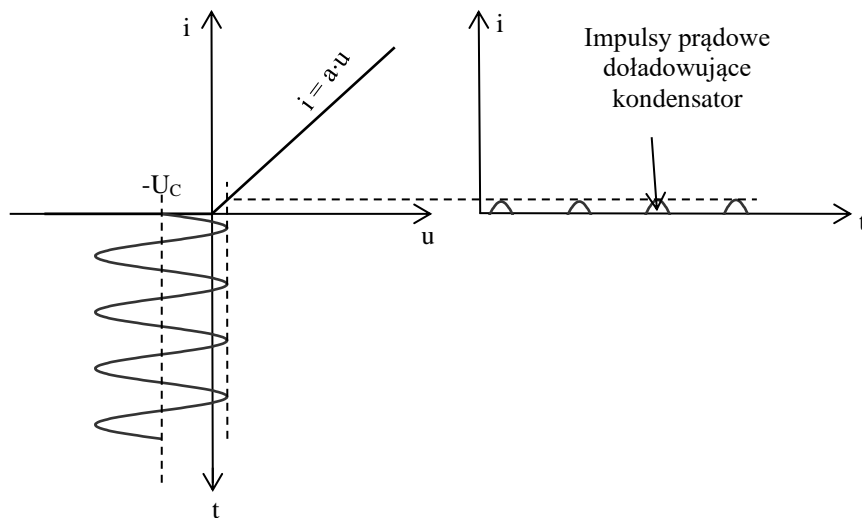


Rys. 3.17. Przetwornik AC/DC wartości szczytowej w układzie równoległym

W przetworniku wartości szczytowej z rys. 3.17. napięcie wyjściowe jest równe napięciu na diodzie. Z wykresu czasowego widać, że napięcie to jest sumą składowej stałej U_C oraz składowej przemiennej $u_{we}(t)$. W celu otrzymania napięcia stałego, na wyjściu przetwornika należy zastosować filtr odcinający składową przemienne.

Przetwornik ten, w przeciwieństwie do przetwornika z rys. 3.16, nie reaguje na składową stałą napięcia wejściowego. Składowa stała napięcia na wyjściu przetwornika jest w przybliżeniu równa U_m .

Na rys. 3.18 przedstawiono napięcia i prądy w układach przetworników wartości szczytowej w stanie ustalonym.

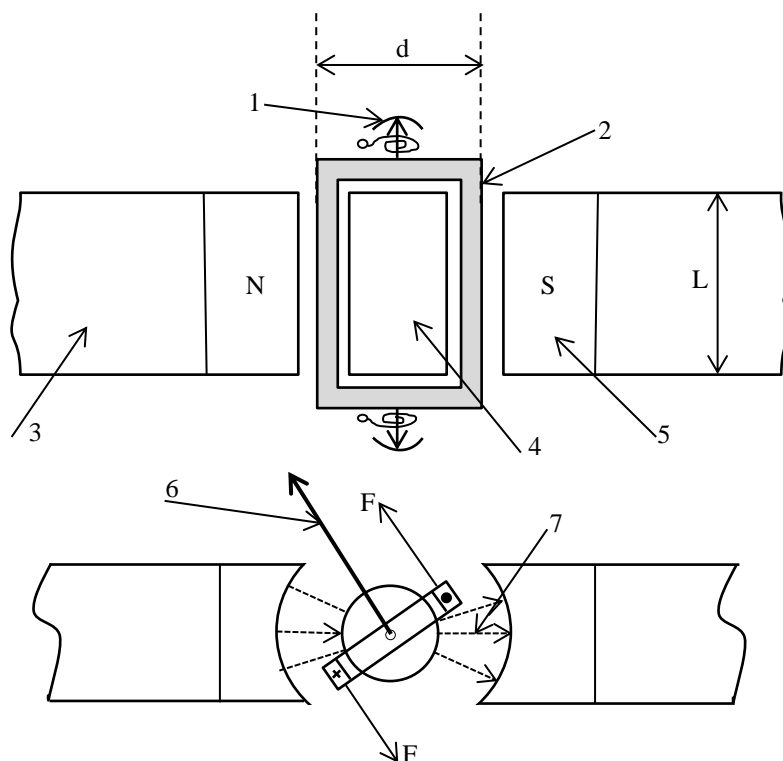


Rys. 3.18. Napięcia i prądy w przetwornikach wartości szczytowej

Z rozważań, dotyczących przetworników AC/DC, wynika, że tylko przetworniki wartości średniej i skutecznej można bezpośrednio łączyć ze wskaźnikiem analogowym. W przetwornikach wartości szczytowej należy zastosować przetwornik U/I na ich wyjściu np. posobnik (opornik szeregowy) lub odpowiedni wzmacniacz.

3.3.4. Wskaźnik analogowy (ustrój pomiarowy magnetoelektryczny)

Zadaniem miernika jest przetworzenie badanego sygnału pomiarowego na wskazanie czyli wielkość zrozumiałą dla człowieka. Z tego względu, bardzo ważnym blokiem miernika jest wskaźnik analogowy. Jak podano wyżej w miernikach elektronicznych są to ustroje pomiarowe magnetoelektryczne. Na rys. 3.19 przedstawiono jego uproszczoną budowę.



- 1 – łożyska i sprężynki,
 2 – ruchoma cewka o z –zwojach,
 3 – magnes trwały,
 4 – rdzeń ze stali miękkiej,
 5 – nabiegunniki magnesu ze stali twardej,
 6 – wskazówka miernika,
 7 – kierunek indukcji magnetycznej B,
 F – siły działające na boki cewki.

Rys. 3.19. Budowa mechanizmu pomiarowego magnetoelektrycznego

Zasada działania

Siła działająca na bok cewki:

$$F = BILz \quad (3.4)$$

Moment napędowy działający na organ ruchomy:

$$M = 2F \frac{d}{2} = BILdz \quad (3.5)$$

Moment zwracający:

$$M_z = k \propto \quad (3.6)$$

Położenie ustalone organu ruchomego:

$$M = M_z \quad (3.7)$$

Wychylenie wskazówki w stanie równowagi (równanie przetwarzania):

$$\alpha = \frac{BLdz}{k} I = cI \quad (3.8)$$

Wskazanie jest wprost proporcjonalne do natężenia prądu elektrycznego.

Ustrój pomiarowy magnetoelektryczny jest członem dynamicznym drugiego rzędu.

W zależności od stopnia tłumienia, ruch organu ruchomego może być ruchem: oscylacyjnym nietłumionym (teoretycznie) o pulsacji własnej ω_0 , oscylacyjnym tłumionym, aperiodycznym (nieokresowym) i aperiodycznym krytycznym.

Jeżeli prąd płynący w cewce jest prądem okresowym o pulsacji ω :

$i(t) = I_m \sin \omega t$, oraz $\omega \ll \omega_0$ to wychylenie wskazówki (organu ruchomego) jest proporcjonalne do wartości chwilowej prądu, czyli:

$$\alpha = c \cdot i(t) = c \cdot I_m \sin \omega t \quad (3.9)$$

Jeżeli: $i(t) = I_0 + I_m \sin \omega t$ oraz $\omega \gg \omega_0$ to wychylenie wskazówki jest proporcjonalne do wartości średniej prądu, czyli:

$$\alpha = c \cdot I_0 \quad (3.10)$$

Gdzie: I_0 – składowa stała natężenia prądu.

Z powyższych zależności wynika, że przy częstotliwości sygnału badanego (prądu płynącego przez cewkę) dużo większej od częstotliwości własnej organu ruchomego, wskazanie jest proporcjonalne do wartości średniej (składowej stałej) prądu.

Blok wyjściowy powinien przetworzyć sygnał pomiarowy z przetwornika głównego na prąd stały. Przetwornikami spełniającymi to zadanie są specjalne wzmacniacze oraz przetworniki AC/DC (przetworniki napięcia zmiennego na stałe).

3.4. Podsumowanie

Rozdział ten jest teoretycznym wstępem do ćwiczenia laboratoryjnego. Podano w nim podstawowe informacje przydatne podczas praktycznego wykonywania poszczególnych zadań pomiarowych. Poszerzenie wiadomości o przedstawionych w tym rozdziale zagadnieniach można znaleźć w literaturze dodatkowej zamieszczonej poniżej.

3.5. Badania laboratoryjne

Cel ćwiczenia:

- poznanie budowy i działania wybranych bloków elektronicznych mierników analogowych,
- zdobycie praktycznych umiejętności łączenia poszczególnych części układu pomiarowego,
- wykorzystanie dodatkowych elementów takich jak: różnego rodzaju przewody pomiarowe, złącza, rozdzielacze sygnałów itp. Elementy te są niezbędnych do połączeń badanego obiektu ze źródłami sygnałów pomiarowych i przyrządami pomiarowymi, czyli do zbudowania układu pomiarowego.

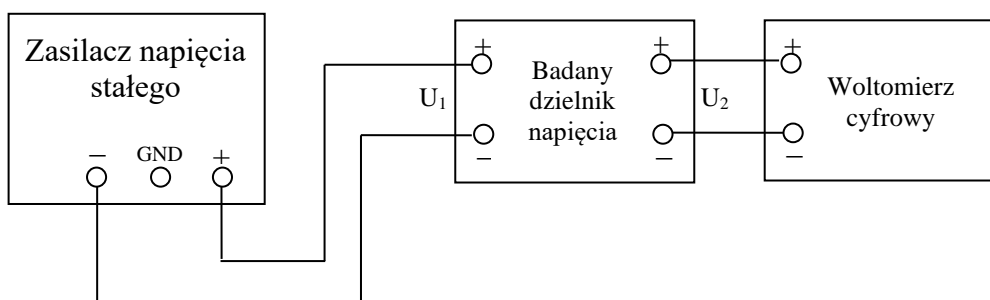
Wykaz przyrządów na stanowisku pomiarowym

Lp.	Nazwa przyrządu
1	Generator funkcji – źródło sygnałów pomiarowych zmiennoprądowych.
2	Zasilacz napięcia stałego – źródło sygnału pomiarowego stałoprądowego.
3	Woltomierz cyfrowy (multimetr cyfrowy)
4	Oscyloskop cyfrowy
5	Elektroniczny woltomierz analogowy (miernik uniwersalny) – przykład elektronicznego miernika analogowego.
6	Elementy badane: – rezystancyjny dzielnik napięcia, – przetworniki AC/DC wartości średniej, szczytowej w układzie szeregowym i równoległym, – wzmacniacz i ustrój pomiarowy magnetoelektryczny (wykorzystany elektroniczny woltomierz analogowy).
7	Elementy dodatkowe: przewody pomiarowe, rozdzielacze sygnałów.

Przebieg ćwiczenia:

1. Badanie rezystancyjnego dzielnika napięcia.

A) Wyznaczanie charakterystyki przetwarzania rezystancyjnego dzielnika napięcia.



Rys. 3.20. Układ pomiarowy do punktu 1.A)

Pomiary

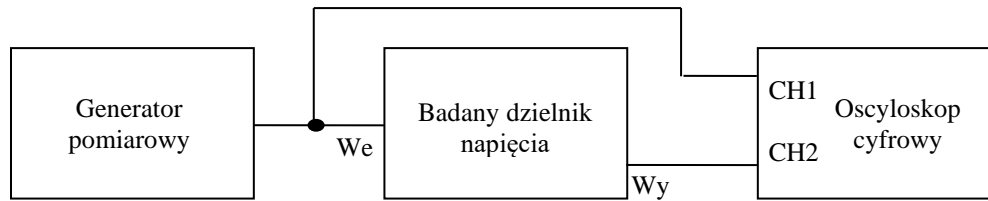
Połączyć układ pomiarowy zgodnie ze schematem z **rys. 3.20**.

Wyniki pomiarów i obliczeń zamieścić w tabeli.

Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów narysować wykres $U_2 = f(U_1)$.

Jest to charakterystyka przetwarzania rezystancyjnego DN.

B) Badanie rezystancyjnego dzielnika napięcia przy napięciu przemiennym (sinusoidalnym).



Rys. 3.21. Układ pomiarowy do punktu 1.B)

Pomiary

Połączyć układ pomiarowy zgodnie ze schematem z rys. 3.21.

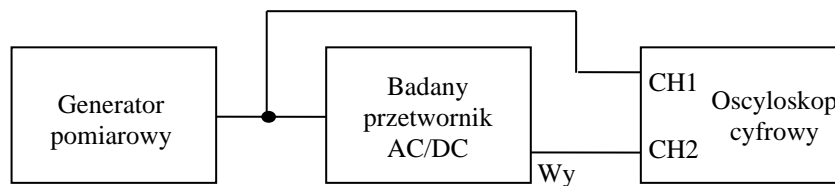
Dla podanych w tabeli częstotliwości zmierzyć za pomocą oscyloskopu napięcie U_{We} oraz U_{Wy} .

Wyniki pomiarów i obliczeń zamieścić w tabeli.

Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów narysować wykres $K_U = f(f)$.

Gdzie: $K_U = U_{We}/U_{Wy}$ – przekładnia dzielnika.

2. Badanie pracy wybranych przetworników pomiarowych AC/DC.



Rys. 3.22 Układ pomiarowy do punktu 2.

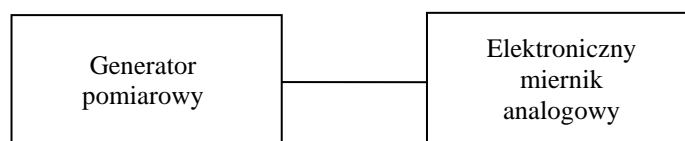
Badania

Badane przetworniki połączyć zgodnie ze schematem z rys. 3.22.

Dla podanych w tabelach parametrów sygnałów wejściowych, ustawić na oscyloskopie i naszkicować oscylogramy napięć wejściowych i wyjściowych. Na podstawie obserwacji powyższych oscylogramów przeanalizować pracę poszczególnych przetworników AC/DC.

3. Wyznaczenie charakterystyki częstotliwościowej wzmacniacza pomiarowego.

Do badania wzmacniacza pomiarowego zostanie wykorzystany wewnętrzny wzmacniacz miernika elektronicznego miernika analogowego (multimetru).



Rys. 3.23 Układ pomiarowy do punktu 3.

Pomiary

Połączyć układ pomiarowy zgodnie ze schematem z **rys. 3.23**.

Wartość napięcia ustawić zgodnie z zaleceniami prowadzącego.

Dla częstotliwości podanych w tabeli zmierzyć napięcie multimetrem analogowym.

Wyniki pomiarów zanotować w tabeli.

Na podstawie pomiarów narysować charakterystykę częstotliwościową $U_m = f(f)$.

Z wyznaczonej charakterystyki określić pasmo częstotliwości badanego wzmacniacza.

4. Sprawdzenie podstawowych właściwości ustroju pomiarowego magnetoelektrycznego.

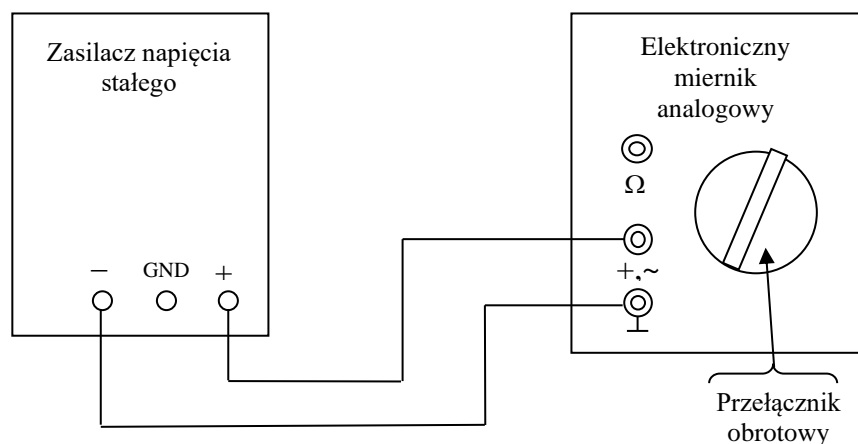
Do badania ustroju pomiarowego magnetoelektrycznego (ME) zostanie wykorzystany elektroniczny miernik analogowy (multimetr).

Zgodnie z równaniem przetwarzania ($\alpha = c \cdot I$), ustrój pomiarowy ME reaguje na prąd stały.

W strukturze wewnętrznej multimetru jest przetwornik pomiarowy napięcia na prąd (U/I).

Powoduje to, że w ćwiczeniu przyrząd pomiarowy jest sterowany sygnałami napięciowymi.

A) Praca ustroju ME przy napięciu stałym.



Rys. 3.24. Układ pomiarowy do punktu 4.A)

Pomiary

Połączyć układ pomiarowy zgodnie ze schematem z rys. 3.24.

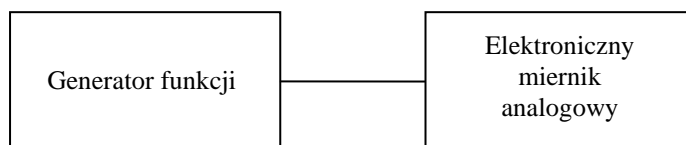
Ustawić na woltomierzu zasilacza kolejne wartości napięcia podane w tabeli.

Wyniki pomiarów zanotować w tabeli.

Narysować wykres $U_{wolt.} = f(U_{zasil.})$.

Określić charakter podziałki miernika analogowego.

B) Praca ustroju ME przy napięciu sinusoidalnym bez składowej stałej.



Rys. 3.25. Układ pomiarowy do punktu 4.B)

Pomiary

Połączyć układ pomiarowy zgodnie ze schematem z rys. 3.25.

Pokrętkę główne miernika ustawić na podzakres np. „10 V” napięcia stałego. Przy częstotliwości $f = 1 \text{ kHz}$ zmieniać wartość napięcia generatora. Miernik analogowy powinien wskazywać 0 V.

C) Praca ustroju ME przy napięciu sinusoidalnym ze składową stałą.

Przy minimalnym napięciu wyjściowym generatora (lewe skrajne położenie regulatora napięcia) ustawić składową stałą $U_0 = 5 \text{ V}$ (pokrętko „offset”).

Regulator napięcia wyjściowego ustawić w położenie środkowe.

Zmieniać wartości częstotliwości od możliwie najniższych do 10 Hz.

Wyniki pomiarów zanotować w tabeli.

Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów i obserwacji omówić podstawowe właściwości ustroju pomiarowego magnetoelektrycznego.

Opracowanie sprawozdania:

1. Protokół pomiarowy z wypełnionymi tabelami.
2. Przykłady obliczeń do każdego punktu pomiarowego.
3. Wymagane wykresy (odpowiednio opisane).
4. Porównanie wyników pomiarów z danymi technicznymi.
5. Wnioski wynikające z przeprowadzonych pomiarów i obserwacji.

Przykładowe pytania kontrolne:

1. Schemat blokowy elektronicznego miernika analogowego: zadania poszczególnych bloków.
2. Dzielnik napięcia : rezystancyjny i rezystancyjny skompensowany pojemnościowo: budowa, działanie.
3. Zadania wzmacniaczy pomiarowych w elektronicznych miernikach analogowych.
4. Przetworniki AC/DC wartości średniej, skutecznej i szczytowej napięcia: budowa, działanie, przeznaczenie.
5. Ustrój pomiarowy magnetoelektryczny: budowa, działanie, podstawowe parametry.

3.6. Literatura

1. A. Chwaleba, M. Poniński, A. Siedlecki: *Metrologia elektryczna*, Wyd. 10, WNT, 2010.
2. J. Dusza, G. Gortat, A. Leśniewski: *Podstawy miernictwa*, Ofic. Wyd. Politechniki Warszawskiej, 1998.
3. W. S. Kwiatkowski: *Miernictwo elektryczne. Analogowa technika pomiarowa*, Ofic. Wyd. Politechniki Warszawskiej, 1999.
4. J. Parchański: *Miernictwo elektryczne i elektroniczne*, WSiP, 1991.