

Zespół Szkół Technicznych im. J. i J. niadeckich w Grudzi dzu



Laboratorium Elektryczne . Pracownia Automatyki
i Robotyki (s.48)

Instrukcja Laboratoryjna: **14.Mierniki cyfrowe**

Opracował mgr in . Marcin Jabło ski

Cel wiczenia

Celem wiczenia jest poznanie zasady działania i obsługi wybranych mierników cyfrowych.

Program wiczenia

1. Podstawy teoretyczne

- 1.1. Wstęp
- 1.2. Pomiar częstotliwości i czasu
- 1.3. Pomiar napięcia stałego
- 1.4. Pomiar napięcia zmiennego
- 1.5. Pomiar prądu stałego i zmiennego
- 1.6. Pomiar rezystancji
- 1.7. Błędy mierników cyfrowych

2. Wykonanie pomiarów

- 2.1. Multimetr cyfrowy
 - 2.1.1. Przygotowanie przyrządu do pracy
 - 2.1.2. Pomiar napięcia stałego
 - 2.1.3. Pomiar prądu stałego
 - 2.1.4. Pomiar wartości średniej napięcia zmiennego
 - 2.1.5. Pomiar współczynnika kształtu prądu zmiennego
 - 2.1.6. Pomiar rezystancji
- 2.2. Człotkociąg cyfrowy
 - 2.2.1. Sprawdzenie przyrządu
 - 2.2.2. Pomiar częstotliwości
 - 2.2.3. Wykorzystanie człotkociąga jako źródła częstotliwości wzorcowych

3. Uwagi i wnioski

1.1. Wstęp

Miernikiem elektronicznym nazywa się taki układ pomiarowy, w którym sygnał wejściowy zawierający informację o wielkości mierzonej zostaje zamieniony na sygnał elektryczny podlegający procesowi obróbki w układach elektronicznych, a następnie przetworzony na wartość liczbową wielkości mierzonej. Wyróżniamy dwa rodzaje elektronicznych przyrządów pomiarowych: analogowe i cyfrowe. W przyrządach analogowych elementem wskazującym jest najczęściej klasyczny miernik wskazówkowy (np. mikroamperomierz magnetoelektryczny) wyskalowany w jednostkach wielkości mierzonej. Mierniki cyfrowe pozwalają na bezpośredni odczyt wartości wielkości mierzonej ze wskaźnika cyfrowego lub z rejestratorów (np. drukarki), dzięki czemu unikają błędów popełnianego przy odczycie wskaźnika. Główną zaletą mierników cyfrowych jest ich duża dokładność. Ponadto mają one w porównaniu z przyrządami analogowymi następujące zalety: dużą szybkość pomiarów, automatyczny wybór polaryzacji, możliwość automatycznego wyboru zakresu, łatwość rejestracji czy szpary tywania wyników pomiarów oraz możliwość współpracy z komputerowymi systemami pomiarowo-kontrolnymi i sterującymi. Cyfrowe metody pomiarowe mogą być zastosowane do pomiaru niemal wszystkich wielkości fizycznych zarówno elektrycznych, jak i nieelektrycznych, dyskretnych (ziarnistych) i ciągłych. Jeżeli mierzona wielkość fizyczna ma charakter ciągły, to w przyrządzie musi być dokonane tzw. przetwarzanie analogowo-cyfrowe, czyli zamiana wielkości ciągłej na dyskretną. W wyniku tej zamiany otrzymuje się proporcjonalną do wielkości mierzonej, liczbę impulsów elektrycznych zliczaną przez licznik i prezentowaną na wskaźniku cyfrowym lub drukarce.

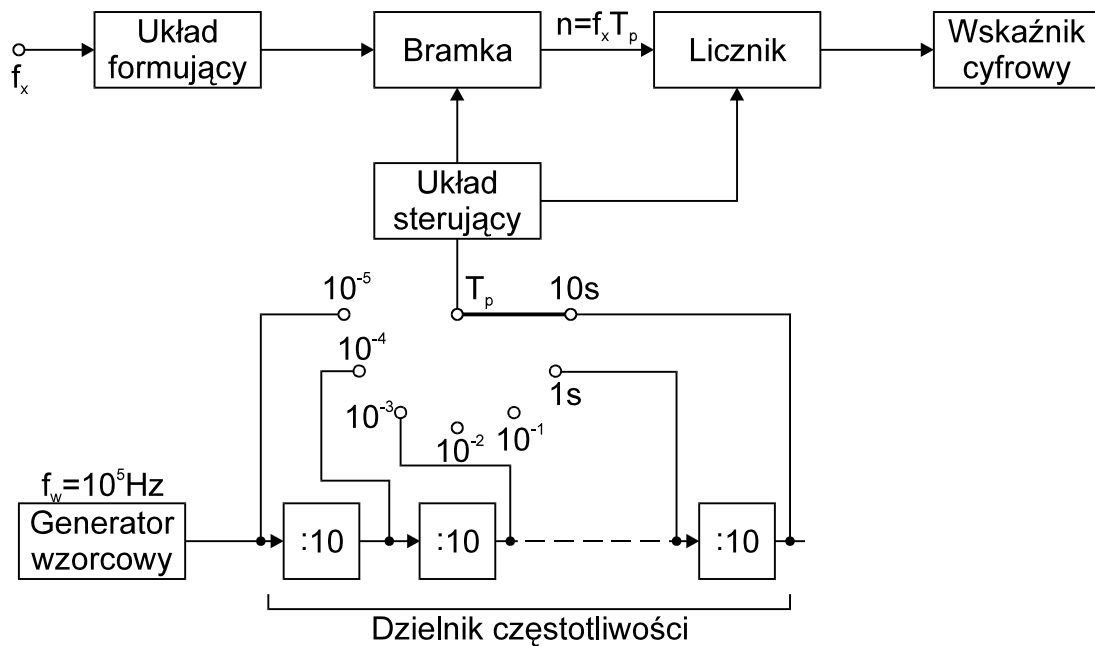
Ze względu na stosowane metody przetwarzania różniamy przyrządy cyfrowe z miarą czasu lub miarą napięcia. W pierwszej z wymienionych grup jednostką czasu wyznacza okres drgań generatora wzorcowego, w drugiej zaś jednostką napięcia zmieniającego się skokowo napięcie wyjściowe specjalnego typu generatora napięcia. Przedmiotem dalszych rozważań są mierniki cyfrowe wykorzystujące przetwarzanie A/C z miarą czasu. Podstawowym pomiarem w tej klasie przyrządów jest pomiar częstotliwości (lub czasu). Wynika stąd podział miernika cyfrowego na dwie zasadnicze części. W pierwszej mierzona wartość jest transformowana na częstotliwość lub czas, w drugiej zaś czas lub częstotliwość są mierzone metodą zliczania impulsów.

1.2. Pomiar częstotliwości i czasu

Cyfrowy pomiar częstotliwości opiera się na metodzie zliczania impulsów uformowanych z przebiegu okresowego o częstotliwości f_x w ściśle określonym wzorcowym przedziale czasu T_p . Schemat blokowy czestotliomierza wykorzystującego powyższe metody przedstawiono na rys. 1.

Cykl pracy układu jest następujący. Układ sterujący powoduje zerowanie licznika (skasowanie poprzedniego stanu) po czym otwiera bramkę na czas T_p określony przez aktualnie wybrany przez czestotliomierz zakres pomiarowy. Różnicą częstotliwości wzorcowych jest generator kwarcowy wraz z dzielnikiem częstotliwości. Impulsy o częstotliwości mierzonej f_x przekazywane są na czas otwarcia bramki elektronicznej (T_p) do licznika, gdzie są zliczane. Liczba zliczonych impulsów n w czasie T_p jest proporcjonalna do częstotliwości mierzonej:

$$f_x = \frac{n}{T_p} \quad (1)$$



Rys.1. Schemat blokowy cz sto ciomierza cyfrowego.

Będ wzgl dny pomiaru cz stotliwo ci omawian metod wyra a si wzorem:

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{\Delta n}{n} + \frac{\Delta T_p}{T_p} \quad (2)$$

w którym:

$\frac{\Delta n}{n}$ - będ wzgl dny zliczania,

$\frac{\Delta T_p}{T_p}$ - będ wzgl dny odmierzania wzorcowego przedzia u czasowego

Uwzgl dnij c, e dla liczników cyfrowych będ bezwzgl dny odczytu równy jest ± 1 cyfra ($\Delta n=1$) oraz, e T_p jest odwrotnie proporcjonalny do cz stotliwo ci generatora wzorcowego (f_w) otrzymuje si z zale no ci (2) wzór:

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{1}{n} + \frac{\Delta f_w}{f_w} = \frac{1}{f_x T_p} + \frac{\Delta f_w}{f_w} \quad (3)$$

Ze wzoru (3) wynika, e przy pomiarze ma cych cz stotliwo ci nale y stosowa zwi kszoney czas pomiaru T_p . I tak przyk adowo przy pomiarze cz stotliwo ci $f_x=1\text{kHz}$ ó w celu zapewnienia będu wzgl dnego zliczania równego 0,1% - nale y dobra $T_p=1\text{s}$, za dla $f_x=100\text{Hz}$ ó $T_p=10\text{s}$.

Z punktu widzenia u ytkownika cz sto ciomierza cyfrowego istotne s nast puj ce parametry techniczne: rezystancja wej ciowa, pasmo przenoszenia oraz minimalny sygna u wej ciowy zapewniaj cy poprawn prac przyrz du.

Cyfrowy pomiar czasu odbywa si na zasadzie pomiaru liczby impulsów generatora wzorcowego o znanym okresie T_w . Schemat blokowy czasomierza cyfrowego oraz przebiegi czasowe podano na rys.2.

Impulsy elektryczne ograniczaj ce odst p mierzonego czasu Δt podawane s na wej cia uk adów formuj cych I i II. Mog by one wytworzone automatycznie przez uk ad, w którym odst p czasu mierzymy, b d te przez osob wykonyj c pomiar. Impuls okre laj cy

czas liczenia (t_1) oraz impuls kończący liczenie (t_2) wyznaczają poprzez układ sterujący szerokość impulsu bramkującego równą czasowi mierzonemu Δt . Wobec tego:

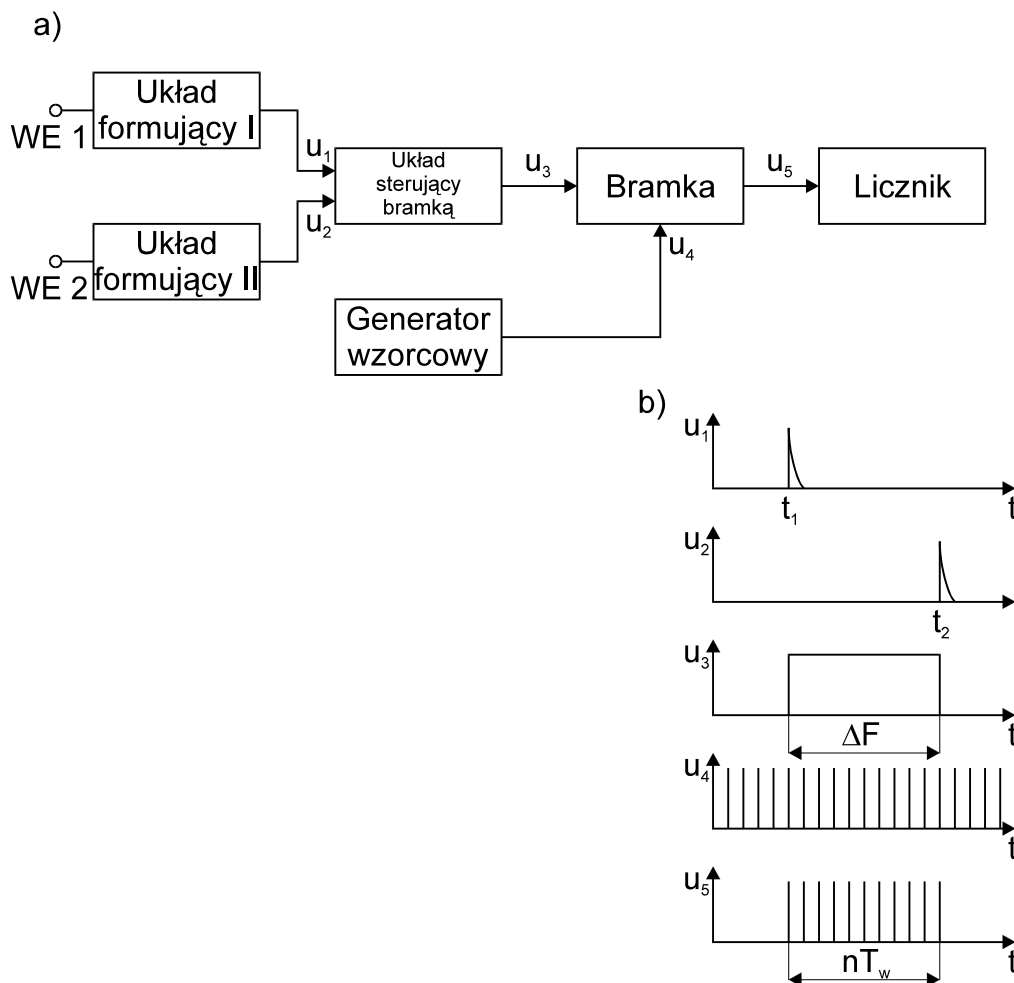
$$\Delta t = nT_w \quad (4)$$

gdzie: n to liczba impulsów wzorcowych zliczana przez licznik

Czas mierzony jest wielokrotnością okresu T_w generatora wzorcowego równej 100MHz, wartość rozdzielczości czasu mierzonego wynosi 10^{-8} s. Maksymalna wartość czasu mierzonego zależy od pojemności licznika N_0 i od okresu T_w impulsów wzorcowych, przy czym:

$$\Delta t_{\max} = N_0 T_w \quad (5)$$

Dla stałej pojemności licznika N_0 wartość Δt_{\max} może być regulowana przez zmianę częstotliwości generatora impulsów wzorcowych. W tym celu generator powinien zawierać układ umożliwiający podział lub powielanie częstotliwości.



Rys.2. Cyfrowy miernik odstępu czasu

a) schemat blokowy

b) przebiegi

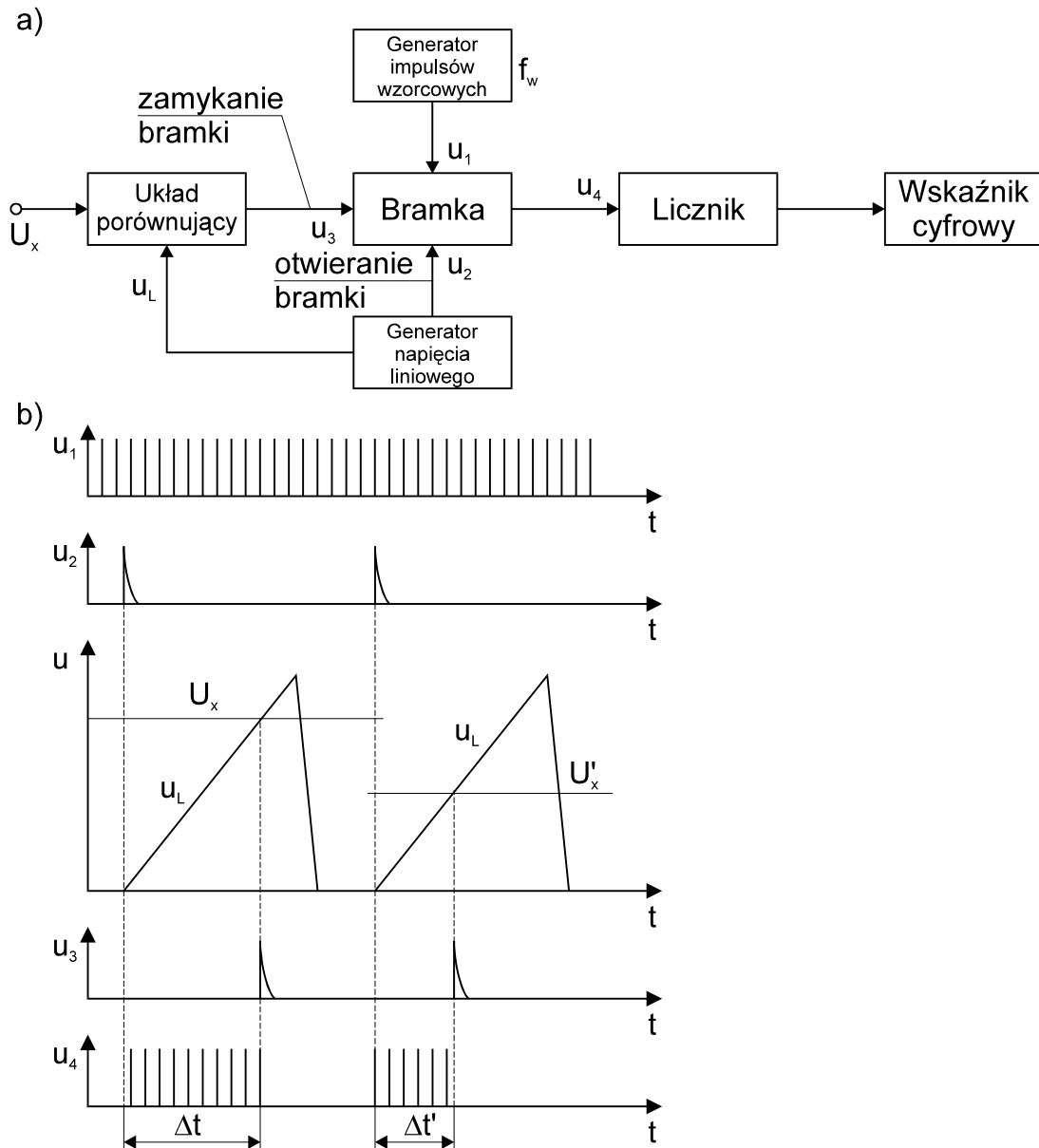
1.3. Pomiar napięcia stałego

Stosowane obecnie woltomierze cyfrowe wykorzystują do przetwarzania analogowo-cyfrowe z miarą czasu można podzielić na trzy grupy:

- 1) woltomierze impulsowo-czasowe

- 2) woltomierze cyfrowe z przetwarzaniem napięcia-czasotliwie
- 3) woltomierze cyfrowe z przetwornikiem napięcia-czaszwane również woltomierzami o podwójnym całkowaniu

Najprostszym układowo jest woltomierz cyfrowy z przetwarzaniem impulsowo-czasowym. Istotą pomiaru jest przetwarzanie napięcia na czas. Schemat blokowy woltomierza tego typu przedstawiono na rys.3.



Rys.3. Woltomierz cyfrowy z przetwarzaniem napięcia-czas

- a) schemat blokowy
- b) przebiegi wyjściowe zasad pomiaru

Napięcie mierzone U_x jest porównywane w układzie porównującym z napięciem narastającym liniowo u_L , wytwarzanym w specjalnym generatorze. W chwili zrównania się napięć U_x oraz u_L na wyjściu układu porównującego pojawia się impuls u_3 zamykający bramkę elektroniczną. Otwarcie bramki następuje jednocześnie ze startem generatora napięcia liniowego (impuls u_2). Przez otwartą bramkę w czasie Δt przechodzą impulsy wytwarzane przez generator impulsów wzorcowych, które są zliczane przez licznik. Przy odpowiednim

dobrze szybko ci narastania napięcia liniowego, czysto impulsów wzorcowych wartość mierzonego napięcia może być bezpośrednio odczytana ze stanu licznika na wskaźniku cyfrowym. Jeśli przez n oznaczymy liczbę impulsów zliczonych przez licznik w czasie Δt , zaś przez f_w czysto impulsów wzorcowych to spełnione jest równanie:

$$n = \frac{U_x}{\alpha} \cdot f_w = k \cdot U_x \quad (6)$$

gdzie: α - nachylenie napięcia liniowego [V/s]

Jeśli wybrać $k=10^c$, gdzie c jest liczbą całkowitą to cyfry wskaziwane przez licznik będą jednocześnie niecyfrowymi znaczkami mierzonego napięcia.

Pomiar napięcia odbywa się cyklicznie. Jest on powtarzany automatycznie z czysto (1÷5)Hz. Czysto generatora impulsów wzorcowych wynosi najczęściej 100kHz, 200kHz lub 1MHz. Woltomierze tego typu są stosunkowo bardzo dokładne (do 0,1%) i wrażliwe na zakłócenia.

W opisanym powyżej woltomierzu cyfrowym, mierzona jest wartość napięcia w chwili jego skompensowania napięciem wzorcowym zmieniającym się liniowo. Wobec tego, w przypadku, gdy chwilowa wartość napięcia zmienia się w czasie trwania pomiaru, np. wskutek przypadkowych zakłóceń, powstaje dodatkowy błąd pomiaru. Wady tej nie posiadają woltomierze całkujące, które mierzą średnią wartość napięcia w określonym przedziale czasowym.

W woltomierzu całkującym z przetwarzaniem napięcia czysto przedstawionym na rys.4 ukazuje przetwarzanie składające się z integratora (układu całkującego), układem porównującym tego i generatora błędnie kompensacyjnego. Działanie układu jest następujące: napięcie mierzone U_x doprowadzone do wejścia integratora wywołuje na jego wyjściu przebieg napięcia narastającego liniowo o szybkości narastania proporcjonalnej do wartości U_x . Gdy napięcie liniowo osiągnie wartość napięcia odniesienia $U_p = \text{const}$, układ porównujący wysyła impuls uruchamiający generator błędnie kompensacyjnego, który powoduje szybkie rozładowanie kondensatora C i powrót integratora do stanu początkowego. Od tej chwili następuje ponowne całkowanie napięcia wejściowego i cykl się powtarza. Każdorazowemu rozładowaniu kondensatora towarzyszy wytworzenie impulsu u_1 , który poprzez bramkę elektroniczną jest przekazywany do licznika. Im większa wartość napięcia mierzonego U_x , tym większa jest szybkość narastania napięcia liniowego, a zatem większa czysto zliczanych impulsów $f_x = k \cdot U_x$. Pomiar czysto odbywa się metodą opisaną w p.1.2 przez zliczanie impulsów w określonym przedziale czasowym T_p . Przedział czasowy T_p zadaje generator czasu pomiaru, sterując otwieraniem bramki.

Uśrednianie napięcia mierzonego w woltomierzu całkującym powoduje wydatne zmniejszenie wpływu zakłóceń na dokładność pomiaru. I tak przykładowo, dla przypadku zakłócenia napięcia mierzonego napięciem przemiennym np. sinusoidalnym, wartość średnia napięcia mierzonego będzie wynosiła:

$$U_{x\text{r}} = \frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} (U_x + U_m \sin \frac{2\pi}{T_z} t) \cdot dt \quad (7)$$

Jeśli czas pomiaru T_p będzie równy okresowi przebiegu zakłócającego T_z , to $U_{x\text{r}} = U_x$, co oznacza, że chwilowa wartość napięcia stałego mierzonego może ulec zmianie, lecz zmiany te nie wpłyną na wynik pomiaru.

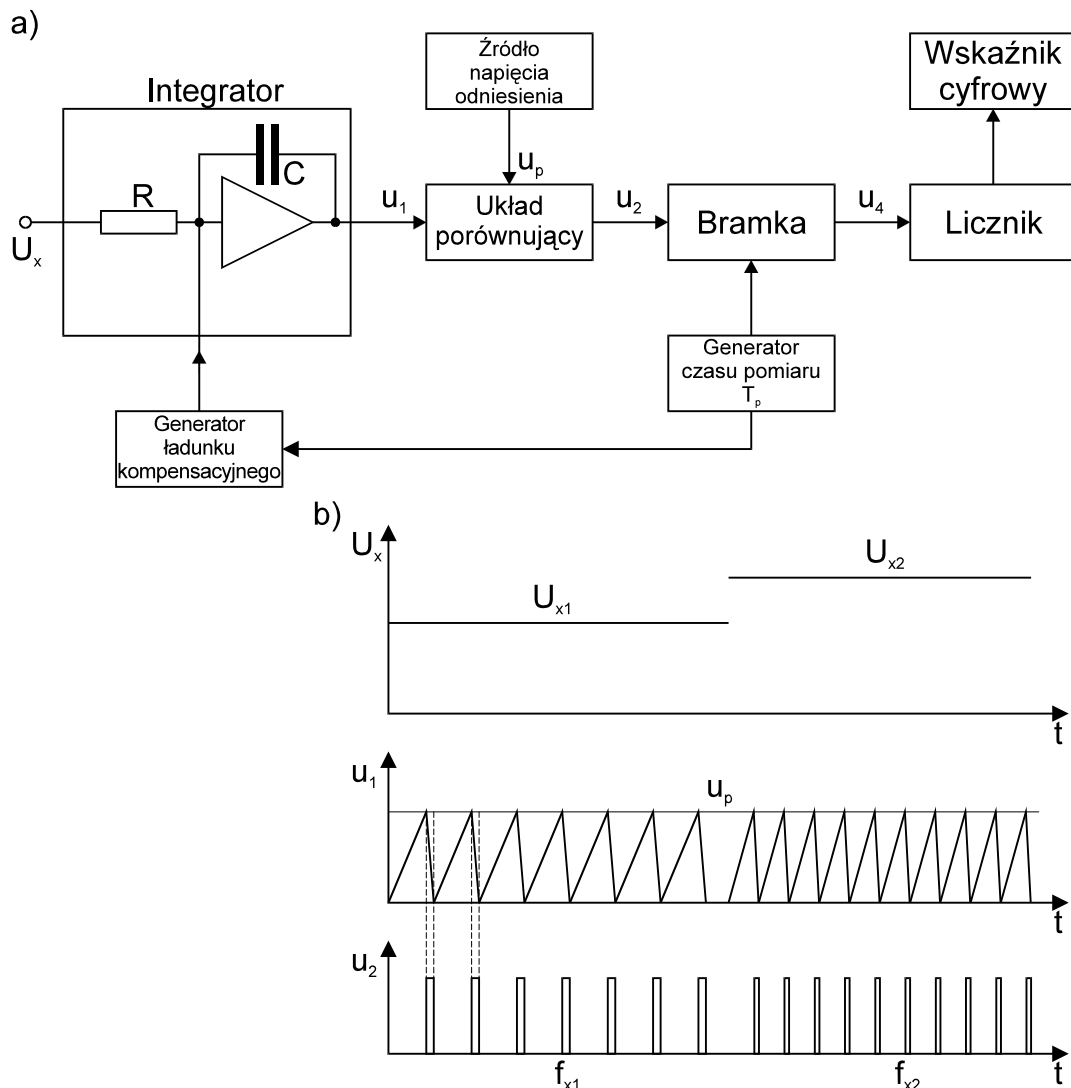
Osobną grupę woltomierzy całkujących stanowi woltomierze o podwójnym całkowaniu. Zasada działania woltomierza tego typu ilustruje rys.5. pomiar składający się z dwóch cykli. Pierwszy, zwany pierwszym całkowaniem, rozpoczyna się z chwili doprowadzenia do wejścia integratora napięcia mierzonego U_x . Napięcie na wyjściu integratora narasta wtedy liniowo z szybkością proporcjonalną do wartości U_x , a jednocześnie nie startuje generator

cz stotliwo ci wzorcowej, który odmierza czas całkowania T_p . Czas jest stały ($T_p = \text{const}$) niezależnie od wartości mierzonego napięcia. Po upływie czasu T_p rozpoczyna się drugi cykl pomiaru (drugie całkowanie). Układ sterujący wysyła impuls przez czujnik wejściowy integratora na źródło napięcia wzorcowego o stałej wartości $U_p = \text{const}$ lecz o przeciwnej do napięcia U_x biegunowości. Jednocześnie otwiera się bramka, przez którą impulsy z generatora czotki wzorcowej f_w doprowadzane są do licznika, gdzie rozpoczyna się ich zliczanie. Napięcie na wyjściu integratora maleje z szybkością proporcjonalną do wartości napięcia U_p wskutek rozładowywania się kondensatora C . W chwili, w której napięcie wyjściowe osiągnie wartość zero, rozpoczyna się drugi cykl pomiarowy. Chwila ta jest wykrywana w układzie porównującym, który wysyła impuls zamykający bramkę. Pomiar napięcia omawianym metodą prowadzi do porównania dwóch całek:

$$\int_{t_1}^{t_2} U_x dt = \int_{t_2}^{t_3} U_p dt \quad (8)$$

czyli dwoma wyrażeniami:

$$U_x (t_2 - t_1) = U_p (t_3 - t_2) \quad (9)$$



Rys.4. Voltmierz cyfrowy całkowy z przetwarzaniem napięcia czotki

a) schemat blokowy

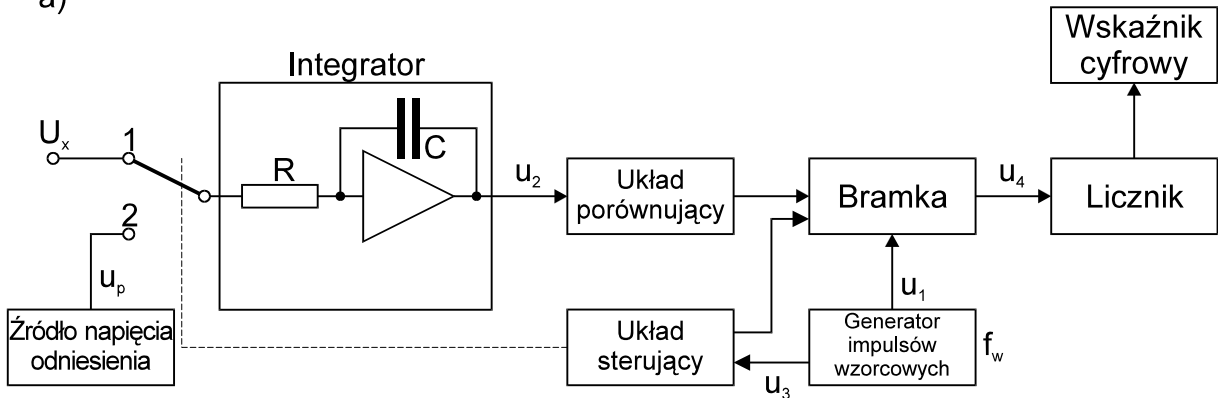
b) przebiegi

Ze wzoru (9) wynika, że:

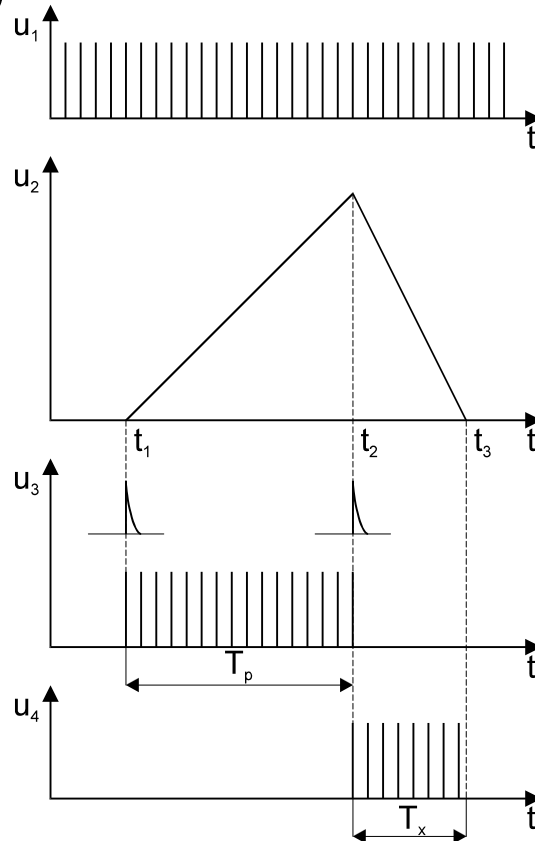
$$T_x = \frac{T_p}{U_p} U_x \quad (10)$$

Tak więc czas zliczania impulsów T_x , a więc i liczba zliczonych impulsów $n=f_x T_x$ są wprost proporcjonalne do wartości mierzonego napięcia U_x . Wynik pomiaru jest wyświetlany na wskaźniku cyfrowym. Metoda podwójnego całkowania ma w porównaniu z innymi metodami jedną poważną zaletę: oba napięcia U_x i U_p porównywane są tym samym zestawem bloków. Stąd dokładność wykonania tych bloków oraz stabilność ich parametrów w czasie nie grają już takiej roli jak w układzie o całkowaniu pojedynczym.

a)



b)



Rys.5. Woltomierz cyfrowy o podwójnym całkowaniu

a) schemat blokowy

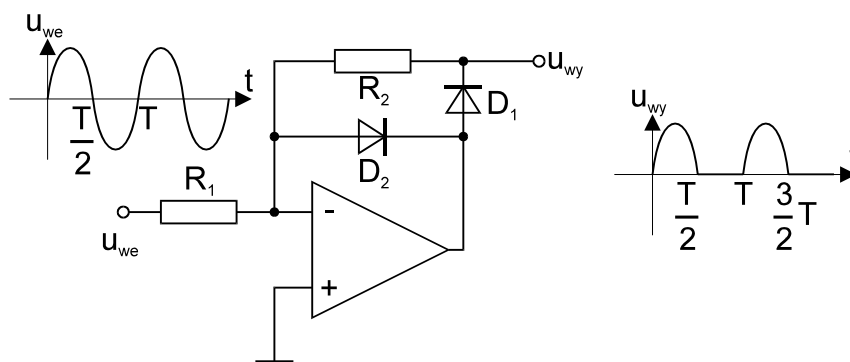
b) przebiegi wyjątkowe zasad pomiaru

1.4. Pomiar napięcia zmiennego

Woltomierze cyfrowe do pomiaru napięcia zmiennych mają dodatkowe układy przetwarzające napięcie zmienne na napięcie stałe. Ze względu na trudności w opracowaniu wysokiej klasy przetworników wartości skutecznej napięcia zmiennego na stałe, znaczna część produkowanych woltomierzy cyfrowych przystosowana jest do pomiaru wartości średniej lub szczytowej napięcia. Problem pomiarów napięcia zmiennych woltomierzami cyfrowymi sprowadza się zatem do budowy określonego typu przetworników i ich współpracy z woltomierzami napięcia stałego.

Ze względu na dużą dokładność metod cyfrowych w porównaniu z metodami analogowymi, układy prostowania stosowane w woltomierzach analogowych niewystarczające z powodu silnej nieliniowości charakterystyki przejściowej dla małych napięć. W pomiarach cyfrowych wymaga się, aby charakterystyka prostowania była ściśle liniowa od napięcia rzędu kilku miliwoltów.

Wymagania stawiane przetwornikom wartości średniej przeznaczonych do współpracy z miernikami cyfrowymi spełniają układy wzmacniaczy operacyjnych, które w pełni sprężenia zwrotnego mają włączone diody półprzewodnikowe. Przykładowy schemat prostownika jednopółprzewodnikowego zbudowanego na tej zasadzie przedstawiono na rys.6. Układ ten dla ujemnej półprzewodki napięcia wejściowego pracuje jako wzmacniacz odwracający o wzmocnieniu wyznaczonym przez stosunek rezystorów R_2/R_1 . Dioda D_1 wówczas przewodzi, D_2 jest zablokowana. Spadek napięcia na przewodzącej diodzie jest zredukowany w stosunku wynikającym ze wzmocnienia układu z otwartym pętlą. Dla dodatniej półprzewodki napięcia wejściowego dioda D_1 przestaje przewodzić, przewodzi natomiast dioda D_2 . Napięcie wyjściowe bliskie jest wówczas zero (z dokładnością lepszą niż $1 \div 2 \text{ mV}$). Układ realizuje więc funkcję diody idealnej.



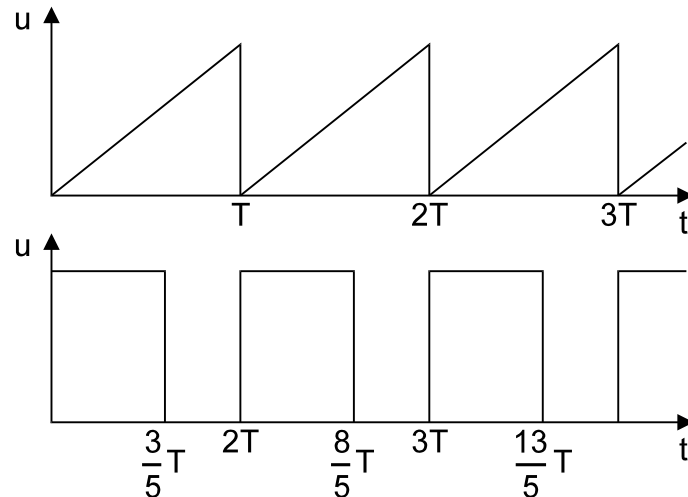
Rys.6. Jednopółprzewodnikowy prostownik idealny.

Z wyjątkiem wymagań specjalnych, ogólnie przyjętą zasadą jest pomiar wartości skutecznej przebiegów zmiennych. Rzeczywiste układy pomiarowe działają na zasadzie przetwarzania wartości średniej bądź szczytowej napięcia zmiennego, skalowane są natomiast w wartości skutecznej, przeliczanej dla sygnału sinusoidalnego. Praktycznie więc wskazania mierników cyfrowych w odniesieniu do wartości skutecznej jest zapewniona przy pomiarach nie mniejszego napięcia sinusoidalnego. Przykładowo rozpatrzmy przypadek, gdy na wejście cyfrowego woltomierza napięcia zmiennego z przetwornikiem wartości średniej, wyskalowanego w wartości skutecznej dla sygnału sinusoidalnego, podamy napięcia o przebiegach jak na rys.7.

Wskazanie woltomierza wynosi:

$$U_V = 1,11 |U_r| \quad (11)$$

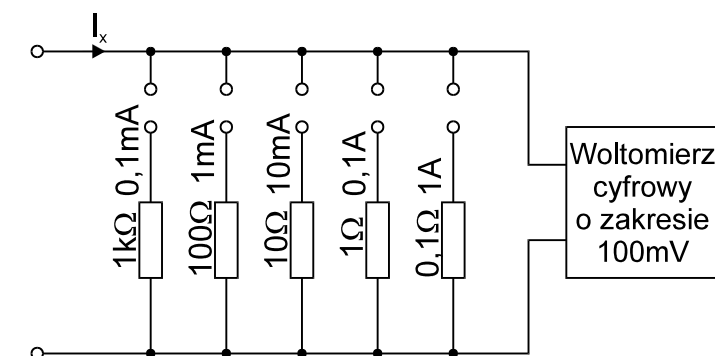
gdzie współczynnik równy 1,11 odpowiada wartości współczynnika kształtu dla przebiegu sinusoidalnego. Wskazania woltomierza dla przykładowych przebiegów b d i c równe $U_V=0,555U_m$ dla przebiegu trójkątnego oraz $U_V=0,666U_m$ dla przebiegu prostokątnego. Ze wzoru (11) wynika, że dla napięcia odkształconego możliwe jest tylko określenie jego wartości średniej równej $U_r=U_V/1,11$.



Rys.7. Przebiegi napięć zmiennych do przykładu w tekście

1.5. Pomiar prądu stałego i zmiennego

Pomiar prądu stałego i zmiennego metodami cyfrowymi polega na pomiarze spadku napięcia na wzorcowej rezystancji, a więc tak samo jak w przypadku metod analogowych. Typowy przykład rozwiązania dzielnika wejściowego do pomiaru prądu, przedstawiona na rys.8. Zestawie połączonych rezystorów wzorcowych współpracuje z woltomierzem cyfrowym o dużej rezystancji wejściowej. Z punktu widzenia wartości użytkowych miernika, jest istotne aby spadek napięcia na rezystancji był możliwie mały. Wartość tego spadku wynika z podstawowego zakresu pomiarowego woltomierza. Dla przykładu przedstawionego na rys.8 wynosi ona 100mV.

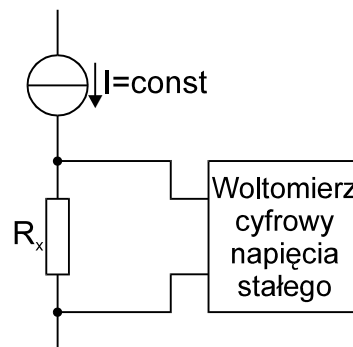


Rys.8. Zasada pomiaru natężenia prądu metodami cyfrowymi.

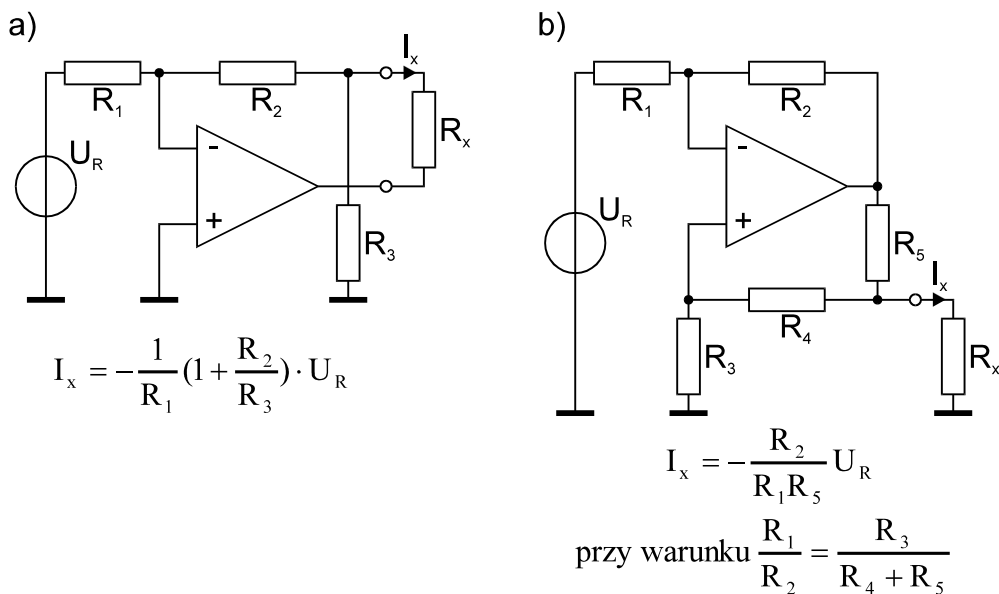
1.6. Pomiar rezystancji

Spośród wielu metod stosowanych przy pomiarze rezystancji, w miernikach cyfrowych spotykana jest zasadniczo jedna, polegająca na przetwarzaniu rezystancji na proporcjonalne

do niej napięcie stałe, mierzone następnie za pomocą woltomierza cyfrowego. Zasada przetwarzania rezystancji na napięcie (R/U) opiera się na prawie Ohma. Oznacza to, że jest mierzony spadek napięcia na nieznannej rezystancji, wymuszony przepływem prądu o dokładnie znanej wartości (rys.9). Zasadniczym problemem jest przy tym uzyskanie stałego prądu o wartości niezależnej od zmian obciążenia i czynników zakłócających. Najczęściej do budowy układów wykorzystuje się wzmacniacze operacyjne, na których wejście podawane jest stabilizowane napięcie odniesienia U_R . Przykładowe układy różniczkowe tego typu podano na rys.10.



Rys.9. Zasada pomiaru rezystancji metodą przetwarzania R/U



Rys.10. Podstawowe układy różniczkowe ze wzmacniaczami operacyjnymi

1.7. Budowa mierników cyfrowych

W przyrządach cyfrowych dokładność pomiaru określona jest przez:

- 1) błąd wielkości wzorcowej ów wynika on np. w woltomierzu impulsowo-czasowym z nieliniowości i niestabilności szybkości zmian napięcia narastającego liniowo oraz niestabilności stotliwości generatora impulsów,
- 2) błąd porównania ów wynika on ze skończonej czułości układów porównujących i określany jest progiem czułości,
- 3) błąd dyskretyzacji ów przyjmuje się równy ± 1 najmniejszej wartości cyfrowego wyniku pomiaru.

W związku z tym dla mierników cyfrowych o dużej dokładności określa się niedokładność podając trzy liczby:

- procentowy błąd graniczny liczony od wartości końcowego zakresu (wynika z błędów wielkości wzorcowej)
- procentowy błąd graniczny liczony od wartości aktualnej (odpowiada błędowi porównania)
- bezwzględny błąd dyskretyzacji (± 1 jednostka na ostatniej pozycji wyniku)

W miernikach o mniejszej dokładności i rozdzielczości wzorec wewnętrzny jest zwykle o tyle dokładniejszy od wskazań przyrządu, że wystarczy podanie granicznego błędów procentowego liczonego względem aktualnych wskazań i błędów dyskretyzacji. Rozpatrzmy przykładowo woltomierz o zakresie 3,999V i niedokładności równej: $\pm 0,1\%$ wartości mierzonej ± 1 jednostka. Obliczmy błąd graniczny pomiaru dla wskazania woltomierza wynoszącego $U=0,585V$. Błąd względny dyskretyzacji wynosi więc:

$$\delta_D = \frac{\pm 1}{585} \cdot 100 = \pm 0,17\%$$

Tak więc łączny błąd graniczny ma wartość:

$$\delta U = \pm(0,1 + 0,17) = \pm 0,27\%$$

Przy pomiarach wielkości ziarnistych (czyli stopniomierze, czasomierze) na niedokładności pomiaru mają wpływ: błąd częstotliwości generatora kwarcowego w czasie i przy zmianach temperatury $\left(\frac{\Delta f_w}{f_w}\right)$ oraz czas pomiaru (t_p) przy czym procentowy błąd określa wzór:

$$\delta f_x = \pm \left(\frac{1}{t_p \cdot f_x} + \frac{\Delta f_w}{f_w} \right) \cdot 100$$

gdzie: $1[t_p]=1s$, $1[f_x]=1Hz$

2. Wykonanie pomiarów

2.1. Multimetr cyfrowy

2.1.1. Przygotowanie przyrządu do pracy

Po włączeniu przyrządu do sieci należy:

- sprawdzić wskazanie przyrządu przy zwartych gniazdach wejściowych (błąd zera),
- sprawdzić cechowanie przetwornika A/C (kalibracja przyrządu),
- wyznaczyć czas powtarzania pomiaru.

2.1.2. Pomiar napięcia stałego

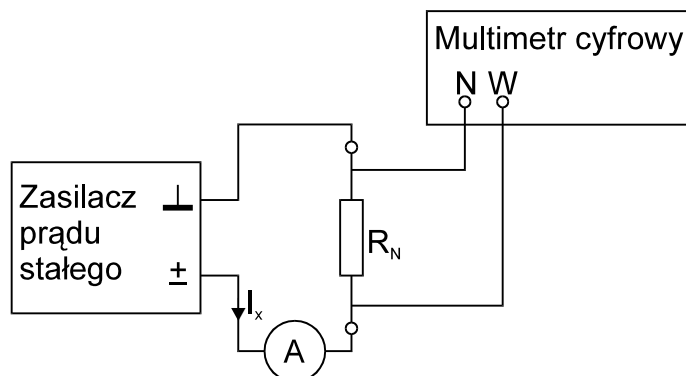
Pomierzyć napięcie wyjściowe zasilacza stabilizowanego. Wyniki pomiarów zestawiać w tabelicy 1.

Tablica 1

Napięcie znamionowe	V	+5	-5	+12	-12	+15	-15
Napięcie pomierzone	V						

2.1.3. Pomiar prądu stałego

Połączenie układowe jak na rys.11.



Rys.11. Układ do pomiaru prądu stałego
A - amperomierz elektrodynamiczny
 R_N - rezystor wzorcowy

Wartość prądu mierzonego należy obliczyć ze wzoru:

$$I_x = \frac{U_V}{R_N}$$

gdzie: U_V - wskazanie woltomierza cyfrowego
 R_N - rezystancja rezystora wzorcowego

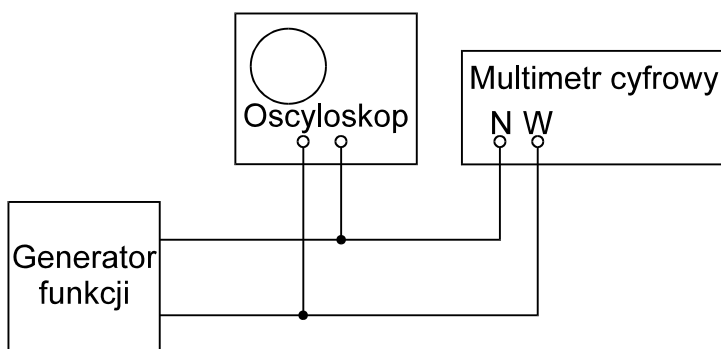
Należy obliczyć graniczną wartość błęd pomiaru prądu na podstawie wzoru:

$$\delta I_x = \delta U_V + \delta R_N$$

gdzie: δI_x - procentowy błąd pomiaru prądu
 δU_V - procentowy błąd woltomierza cyfrowego
 δR_N - klasa rezystora wzorcowego

2.1.4. Pomiar wartości średniej napięcia zmiennego

Badany multimetr przetwarza wartość średni modułu mierzonego napięcia. Należy sprawdzić współczynnik skalowania wyniku tzn. stosunek wskazania woltomierza do wartości średniej. W tym celu należy połączyć układ jak na rys.12.



Rys.12. Układ do pomiaru wartości średniej napięcia zmiennego

Sprawdzenie przeprowadzi dla dwu typów przebiegów napięcia:

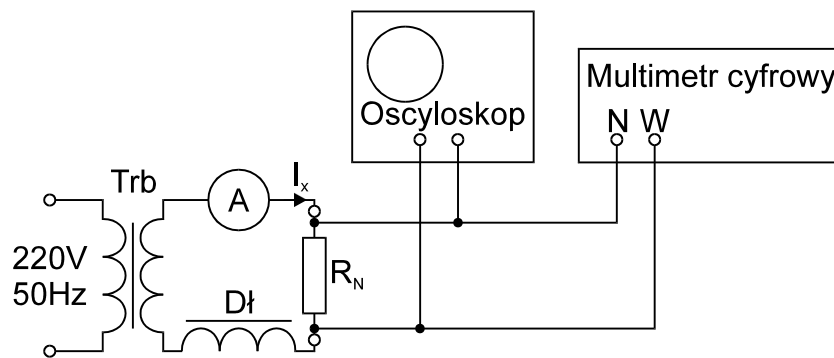
a) trójkątnego i b) prostokątnego. Dla każdego z przebiegów ustawi składowe stałe równo zero i wartości dzyszczytów równo $U_{pp} = \dots V$. Obliczy współczynnik skali ze wzorów:

$$k_t = \frac{4U_v}{U_{pp}} \quad \text{dla przebiegu trójkątnego}$$

$$k_p = \frac{2U_v}{U_{pp}} \quad \text{dla przebiegu prostokątnego}$$

2.1.5. Pomiar współczynnika kształtu prądu zmiennego

Połączy układ jak na rys.13.



Rys.13. Układ do pomiaru wartości średniej i współczynnika kształtu prądu
 Trb – transformator bezpieczeństwa
 A – amperomierz elektrodynamiczny
 Dł – dławik
 R_N – rezystor wzorcowy

Pomierzy wartość skuteczną prądu I_x amperomierzem oraz wartość średnią $I_{x,r}$ za pomocą układu: rezystor wzorcowy i woltomierz cyfrowy. Współczynnik kształtu obliczy ze wzoru:

$$k = \frac{I_x}{I_{x,r}} = \frac{1,11 R_N \cdot I_z}{U_v}$$

Narysowa , zaobserwowany na ekranie oscyloskopu, przebieg chwilowy prądu mierzonego.

2.1.6. Pomiar rezystancji

Pomierzy multimetrem cyfrowym rezystancję rezystora dekadowego w zakresie od $R_{min} = \dots k\Omega$ do $R_{max} = \dots k\Omega$.

Wyniki zestawisz w tabelicy 2.

Tabela 2

Rezystancja nastawiona	kΩ									
Rezystancja pomierzona	kΩ									

2.2. Cz sto ciomierz cyfrowy

2.2.1. Sprawdzanie przyrz du

Sprawdzanie przyrz du polega na pomiarze jego w asnych cz stotliwo ci wzorcowych. Prze cznik KONTROLA-POMIAR ustawi w pozycji KONTROLA (klawisz wci ni ty). Nast pnie nale y dla poszczególnych nastaw czasu pomiaru (0,01s, 0,1s, 1s i 10s) wybiera prze cznikami cz stotliwo ci (p ta tylna przyrz du) cz stotliwo ci wzorcowe od 1Hz do 10MHz i sprawdzi , czy przyrz d mierzy poprawnie te cz stotliwo ci.

2.2.2. Pomiar cz stotliwo ci

Prze cznik KONTROLA-POMIAR ustawi w po eniu POMIAR (klawisz wci ni ty). Przeprowadzi pomiar cz stotliwo ci generatora funkcji dla cz stotliwo ci od $f_{\min}=\dots$ kHz do $f_{\max}=\dots$ kHz. Wyniki pomiaru zestawia w tablicy 3.

Tablica 3

Cz stotliwo nastawiona	kHz									
Cz stotliwo pomierzona	kHz									

2.2.3. Wykorzystanie cz sto ciomierza jako ró d Ź cz stotliwo ci wzorcowych

Po czy gniazdo wej ciowe oscyloskopu z gniazdem CZ STOTLIWO CI WZORCOWE ó WYJ CIE umieszczonym na p ycie tylnej cz sto ciomierza. Pomierzy amplitud impulsów dla ró nych nastaw prze cznika s e tego do wyboru cz stotliwo ci, umieszczonego równie na tylnej p ycie przyrz du.

Narysowa przyk adowy przebieg impulsów.

3. Uwagi i wnioski