Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki

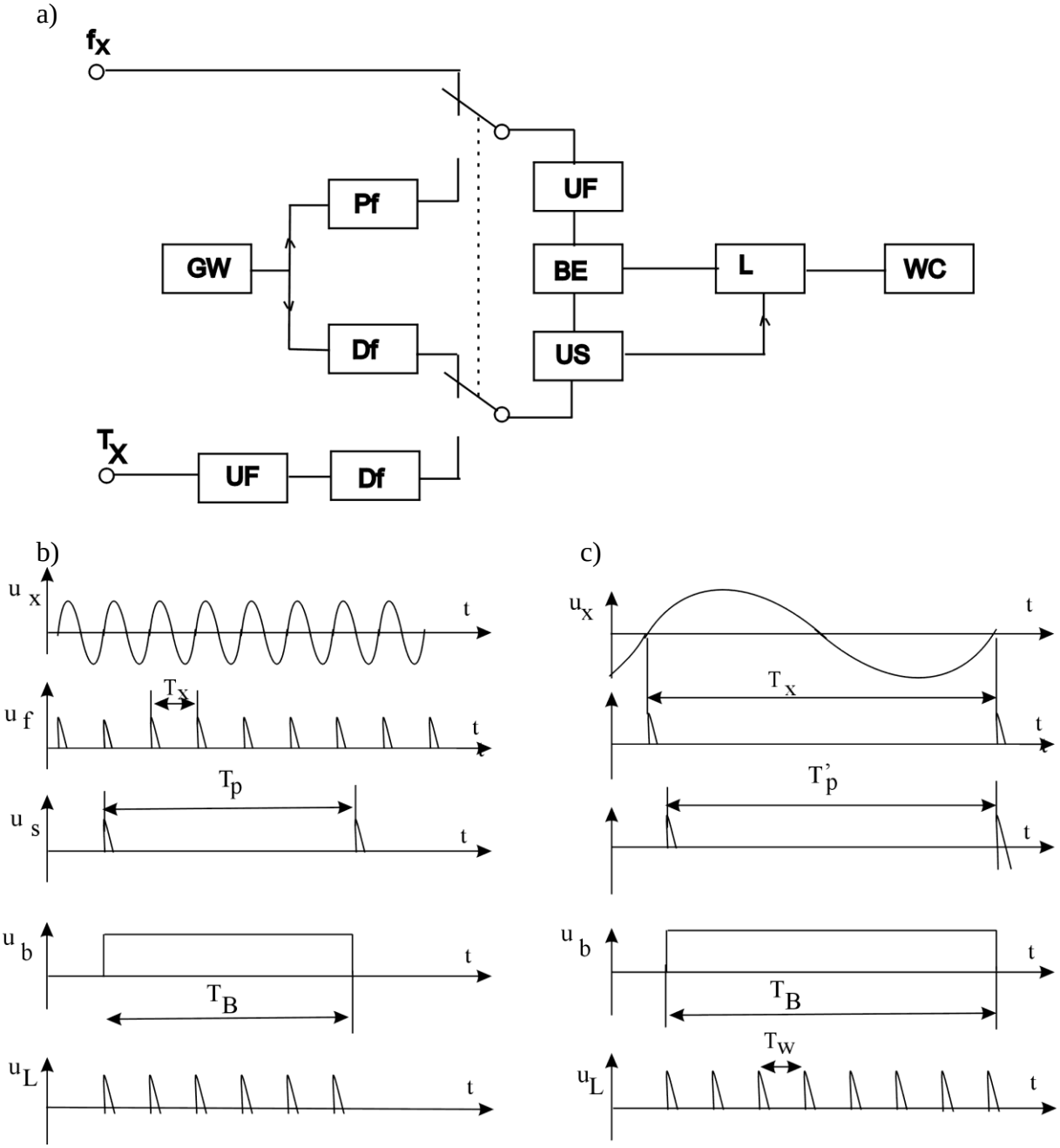
LABORATORIUM
MIERNICTWA ELEKTRYCZNEGO

POMIAR CZĘSTOTLIWOŚCI I CZASU METODĄ CYFROWĄ

Pomiar częstotliwości i czasu metodą cyfrową

Przetwarzanie częstotliwości w liczbę jest realizowane dwoma metodami. Pierwsza z nich – bezpośrednia – polega na zliczaniu impulsów uformowanych z mierzonego przebiegu częstotliwości f_x we wzorcowym przedziale czasu T_p. Druga metoda – pośrednia – bazuje na przetwarzaniu w liczbę czasu trwania jednego lub kilku okresów tego przebiegu. Drugą metodę stosuje się, przy przetwarzaniu częstotliwości, których okres $T_x = 1/f_x$ jest tego samego rzędu co dopuszczalny maksymalny czas przetwarzania analogowo-cyfrowego.

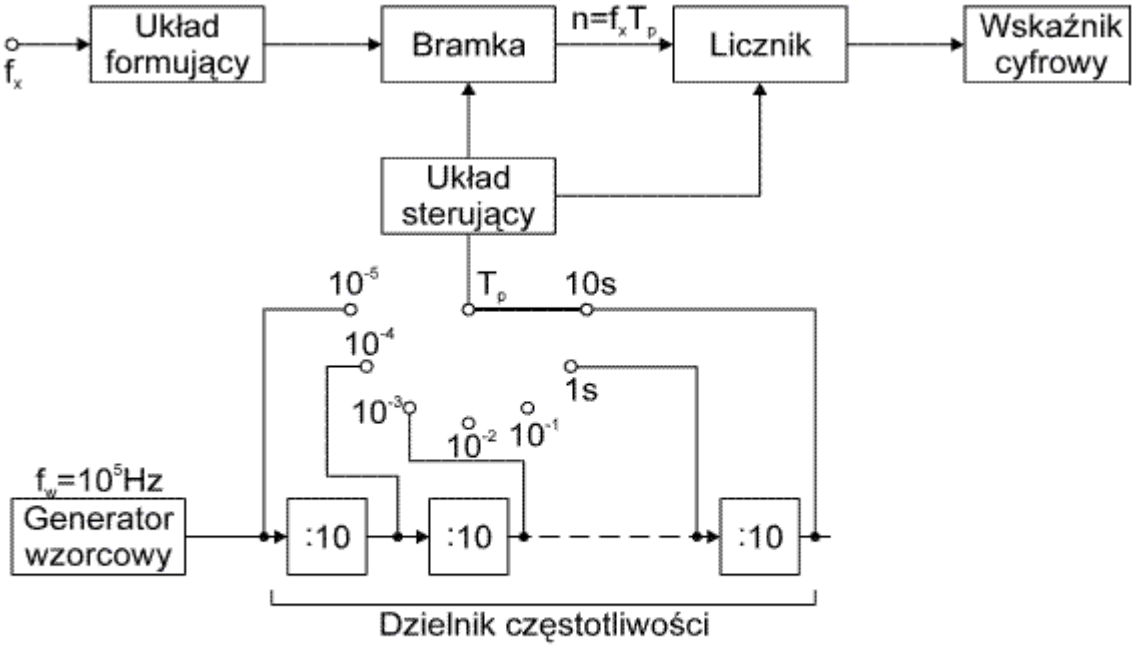
Symbol i uproszczony schemat struktury cyfrowego miernika częstotliwości wykorzystującego metodę bezpośredniego i pośredniego przetwarzania jest przedstawiony na rys.1.



Rys.1 Struktura częstościomierza – czasomierza cyfrowego: a) schemat blokowy: GW - generator wzorcowy, Df - dzielnik częstotliwości, UF – układ formujący, Pf – powielacz częstotliwości, BE – bramka elektroniczna, L – licznik, WC – wskaźnik cyfrowy, b) przebiegi czasowe przy zastosowaniu metody bezpośredniej, c) przebiegi czasowe przy zastosowaniu metody pośredniej

Przełącznik służy do wyboru układu działającego według jednej lub drugiej metody w zależności od wartości częstotliwości przebiegu mierzonego. Bardziej szczegółowy schemat blokowy częstościomierza wykorzystującego metodę bezpośrednią przedstawiono na rys.2.
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 przełącznikiem P zakres pomiarowy. Źródłem 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:

$$n = f_x \cdot T_p \tag{1}$$



Rys.2. Schemat blokowy częstościomierza cyfrowego o przetwarzaniu bezpośrednim.

Błąd względny pomiaru częstotliwości omawianą metodą wyraża się wzorem:

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{\Delta n}{n} + \frac{\Delta T_p}{T_p} \tag{2}$$

w którym:

$\frac{\Delta n}{n}$ - błąd względny zliczania,

$\frac{\Delta T_p}{T_p}$ - błąd względny odmierzania wzorcowego przedziału czasowego

Uwzględniając, że dla liczników cyfrowych błąd bezwzględny odczytu równy jest ± 1 cyfra ($\Delta n = 1$) oraz, że T_p jest odwrotnie proporcjonalny do częstotliwości generatora wzorcowego f_w otrzymuje się z zależności (2) wzór:

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{1}{n} + \frac{\Delta f_w}{f_w} = \frac{1}{f_x T_p} + \frac{\Delta f_w}{f_w} \tag{3}$$

Ze wzoru (3) wynika, że przy pomiarze małych częstotliwości należy stosować zwiększony czas pomiaru T_p .Jednak ten sposób zmniejszenia błędu wymaga nadmiernego przedłużania czasu pomiaru. Np. jeżeli częstotliwość mierzona wynosi $f_x = 100\,\text{Hz}$, to aby błąd zliczania $\Delta n / n = 10^{-8}$, czas pomiaru powinien wynosić $T_p = 10^6$ s (około 278 godz). Z tego względu przy małych częstotliwościach najczęściej mierzy się okres T_x. W tym celu przebieg o mierzonym okresie jest przetwarzany w układzie formującym w przebieg impulsowy i poprzez dzielnik częstotliwości doprowadzony jest do układu sterującego (rys.1). W układzie sterującym formowany jest impuls prostokątny o czasie trwania kT_x służący do otwierania bramki na czas pomiaru. Przebieg impulsowy o częstotliwości wzorcowej f_w uzyskuje się przez uformowanie przebiegu o powielanej częstotliwości generatora wzorcowego.

Z punktu widzenia użytkownika częstościomierza cyfrowego istotne są następujące parametry techniczne: rezystancja wejściowa, pasmo przenoszenia oraz minimalny sygnał wejściowy zapewniający poprawną pracę przyrządu (instrukcja przyrządu).

Cyfrowy pomiar czasu odbywa się na zasadzie pomiaru liczby impulsów generatora wzorcowego o znanym okresie T_w. Schemat blokowy czasomierza cyfrowego oraz przebiegi czasowe podano na rys.3.

Impulsy elektryczne ograniczające odstęp mierzonego czasu Δt podawane są na wejścia układów formujących I i II. Mogą być one wytworzone automatycznie przez układ, w którym odstęp czasu jest mierzony bądź też przez osobę wykonującą pomiar. Impuls określający początek liczenia (t1) oraz impuls kończący liczenie (t2) wyznaczają – poprzez układ sterujący bramką – szerokość impulsu bramkującego równą czasowi mierzonemu Δt. Wobec tego:

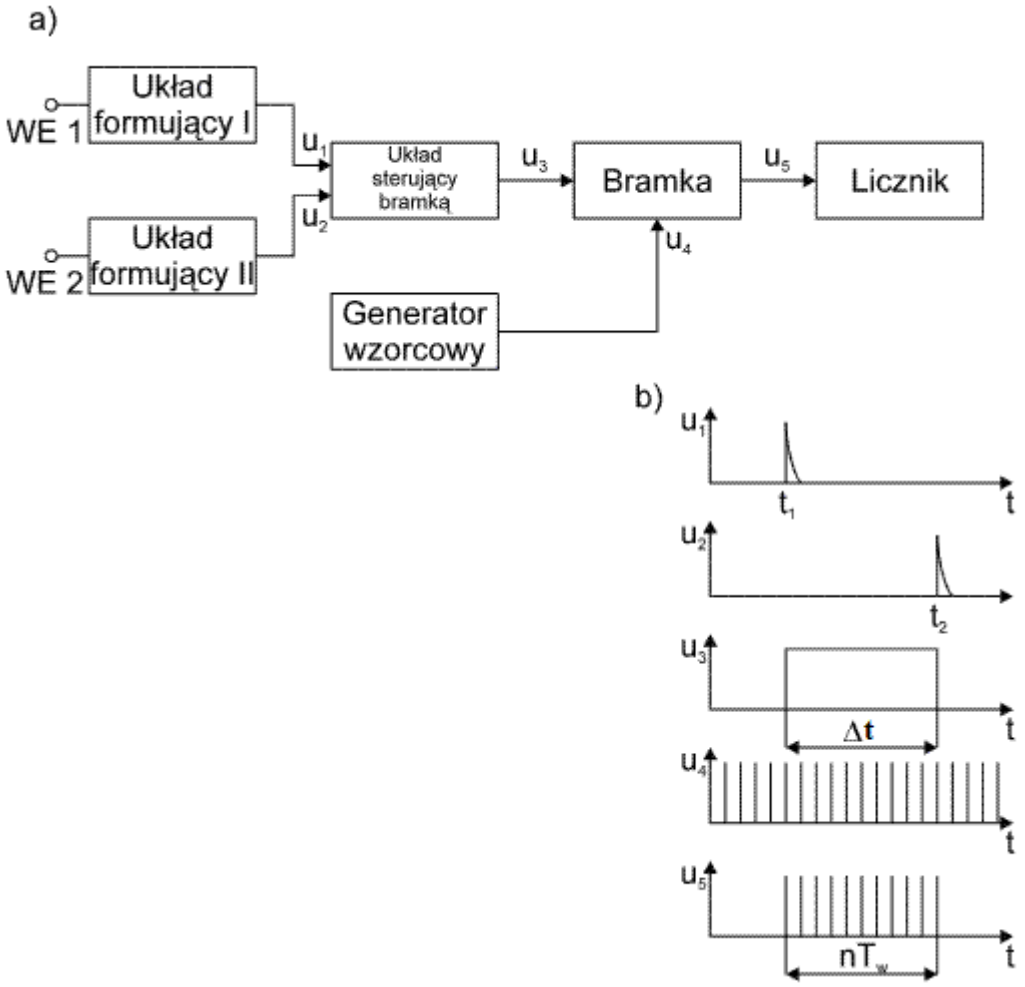
$$\Delta t = nT_w \tag{4}$$

gdzie: n – 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 No i od okresu T_w impulsów wzorcowych, przy czym:

$$\Delta t_{\max} = N_o T_w \tag{5}$$

Dla stałej pojemności licznika N_0 wartość $\Delta t_{\max}$ może być regulowana przez zmianę częstotliwości generatora impulsów wzorcowych. W tym celu generator powinien zawierać układy umożliwiające podział lub powielanie częstotliwości.



Rys.3. Cyfrowy miernik odstępu czasu
a) schemat blokowy
b) przebiegi

Zakres ćwiczenia

Częstościomierz cyfrowy

1. Sprawdzanie przyrządu

Zgodnie z instrukcją obsługi sprawdzić poprawność działania przyrządu. Sprawdzanie przyrządu polega na pomiarze jego własnych częstotliwości wzorcowych generowanych przez układ wewnętrzny miernika.. Przełącznik KONTROLA-POMIAR ustawić w pozycji KONTROLA (instrukcja przyrządu). Następnie należy dla poszczególnych nastaw czasu pomiaru (0,01s, 0,1s, 1s i 10s) wybierać przełącznikiem częstotliwości (płyta tylna przyrządu) częstotliwości wzorcowe od 1Hz do 10MHz i sprawdzić, czy przyrząd mierzy poprawnie te częstotliwości.

2. Pomiar częstotliwości

Przełącznik KONTROLA-POMIAR ustawić w położeniu POMIAR (instrukcja przyrządu). Wejście pomiarowe częstościomierza połączyć z wyjściem generatora fali prostokątnej. Następnie na generatorze nastawić częstotliwość 1 Hz i zmierzyć jej wartość za pomocą częstościomierza, stosując metodę bezpośrednią i pośrednią. Pomiary wykonać przy wszystkich nastawach częstościomierza podanych w tabelach 1 i 2. Wyniki pomiarów wpisać do odpowiednich kolumn tabel. Następnie należy nastawić kolejną wartość częstotliwości generatora i postępować jak uprzednio.

Pomiar częstotliwości metodą bezpośrednią

Tabela 1

	Nastawa Generatora							
Czas trwania Bramki	1 Hz	10 Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	
10s								Wskazania miernika
								Błąd wskazania
1s								Wskazania miernika
								Błąd Wskazania
100 ms								Wskazania miernika
								Błąd Wskazania
10 ms								Wskazania miernika
								Błąd wskazania

Pomiar częstotliwości metodą pośrednią

Tabela 2

	Nastawa Generatora							
Częstotliwość wzorca	1 Hz	10 Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	
10 kHz								Wskazania Miernika $T[ms]$
								Wartość przeliczona $f[kHz]$
								Błąd wskazania %
100kHz								Wskazania miernika $T[ms]$
								Wartość przeliczona $f[kHz]$
								Błąd Wskazania %
1 MHz								Wskazania miernika $T[ms]$
								Wartość przeliczona $f[kHz]$
								Błąd Wskazania %
10 MHz								Wskazania miernika $T[ms]$
								Wartość przeliczona $f[kHz]$
								Błąd wskazania %

Dla pomiaru bezpośredniego (tabela 1) bezwzględny błąd wskazania określa się jako różnicę miedzy wartością zmierzoną a wartością poprawną. Za wartość poprawną przyjmuje się wartość nastawioną na generatorze. Błąd względny oblicza się ze wzoru:

$$\delta_w = \frac{f_x - f_G}{f_G} 100\% \tag{6}$$

Dla pomiaru pośredniego (tabela 2) względny błąd wskazania oblicza się ze wzoru

$$\delta_w = \frac{f_p - f_G}{f_G} 100\,\% \tag{7}$$

gdzie: f_p - wartość częstotliwości obliczona na podstawie wskazań miernika,

f_G - wartość częstotliwości nastawionej na generatorze

3. Wykorzystanie częstościomierza jako źródła częstotliwości wzorcowych

Połączyć gniazdo wejściowe oscyloskopu z gniazdem CZĘSTOTLIWOŚCI WZORCOWE – WYJŚCIE umieszczonym na płycie tylnej częstościomierza. Pomierzyć amplitudę impulsów dla różnych nastaw przełącznika służącego do wyboru częstotliwości, umieszczonego również na tylnej płycie przyrządu.

Narysować przykładowy przebieg impulsów.

Literatura

1. Stabrowski M.: Cyfrowe przyrządy pomiarowe, Wydaw. Naukowe PWN, Warszawa 2002.
2. Tumański S.: Technika pomiarowa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
3. Rydzewski J : Pomiary oscyloskopowe. WNT 1994..