



Urządzenia Półprzewodnikowe II

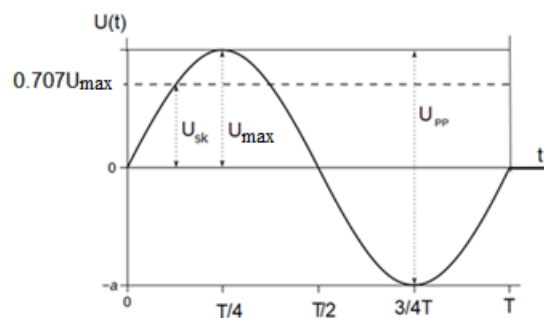
Ćwiczenie IB

Pomiary parametrów przebiegów okresowych przy pomocy multimetru i oscyloskopu

Celem ćwiczenia jest porównanie wyników pomiarów przebiegów okresowych za pomocą multimetru i oscyloskopu.

Teoria sygnałów

Przemienny sygnał periodyczny, przedstawiony na rys. 1 charakteryzują następujące parametry: częstotliwość $f = 1/T$, gdzie T – okres przebiegu, amplituda U_{max} , wartość skuteczna U_{sk} (U_{RMS}), wartość średnia U_{AVG} .



Rys.1. Przykładowy przebieg napięcia przemiennego $U(t)$: T -okres przebiegu, U_{max} – amplituda, U_{sk} (U_{RMS}) – wartość skuteczna (ang. Root Mean Square), U_{pp} – podwojona amplituda przebiegu.

Dla przebiegu sinusoidalnego przedstawionego na rys. 1, $U_{sk} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707U_{max}$.

- Wartość średnia sygnału:

$$X_m = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt. \quad (1)$$

- Średnia z wartości bezwzględnej (wartość średnia półokresowa):

$$X_{AVG} = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt. \quad (2)$$

- Wartość skuteczna:



Urządzenia Półprzewodnikowe II

$$X_{sk} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}. \quad (3)$$

- Moc skuteczna $P_{sk} = \frac{1}{R} X_{sk}^2 = \frac{1}{RT} \int_0^T x^2(t) dt$ (4)
- Współczynnik kształtu, k :

$$k = \frac{X_{sk}}{X_{AVG}}. \quad (5)$$

Dla przebiegu sinusoidalnego, współczynnik kształtu wynosi 1,11.

- Współczynnik szczytu:

$$k_{sz} = \frac{X_{max}}{X_{sk}} \quad (5)$$

W tabeli poniżej przedstawiono ww. parametry dla różnych przebiegów okresowych.

Tabela 1. Parametry wybranych przebiegów okresowych.

Rodzaj sygnału	Postać sygnału	Wartość średnia bezwzględna	Wartość skuteczna	Współczynnik kształtu	Współczynnik szczytu	Moc skuteczna R=1
Sygnał stały (DC)		A	A	1	1	A ²
Sinusoidalny		$\frac{2}{\pi} A$	$\frac{1}{\sqrt{2}} A$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,11$	$\sqrt{2} \approx 1,414$	$\frac{A^2}{2}$
Sinusoidalny wyprostowany dwupółwkowo		$\frac{2}{\pi} A$	$\frac{1}{\sqrt{2}} A$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,11$	$\sqrt{2} \approx 1,414$	$\frac{A^2}{2}$
Sinusoidalny wyprostowany jednopółwkowo		$\frac{1}{\pi} A$	$\frac{1}{2} A$	$\frac{\pi}{2} \approx 1,571$	2	$\frac{A^2}{4}$
Trójkątny symetryczny		$\frac{1}{2} A$	$\frac{1}{\sqrt{3}} A$	$\frac{2}{\sqrt{3}} \approx 1,155$	$\sqrt{3} \approx 1,732$	$\frac{A^2}{3}$
Prostokątny symetryczny (współczynnik wypełnienia 50%)		A	A	1	1	A ²
Piłokształtny		$\frac{1}{2} A$	$\frac{1}{\sqrt{3}} A$	$\frac{2}{\sqrt{3}} \approx 1,155$	$\sqrt{3} \approx 1,732$	$\frac{A^2}{3}$

Przykłady obliczeń wartości skutecznych.



Urządzenia Półprzewodnikowe II

1. Przebieg sinusoidalny

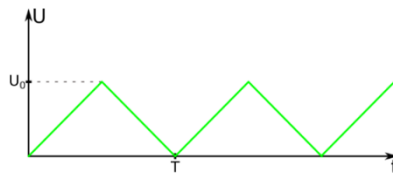
Moc wydzielona na rezystorze $R = 1\Omega$:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T U_0^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi}{T} t \right) dt = \\ = \frac{U_0^2 T}{T} \frac{1}{2} = \frac{U_0^2}{2}$$

Napięcie skuteczne:

$$U_{sk} = P^{1/2} = \sqrt{\frac{U_0^2}{2}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

2. Przebieg trójkątny symetryczny



Moc wydzielona na rezystorze $R = 1\Omega$:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \left(U_0 \frac{2t}{T} \right)^2 dt = \\ = \frac{8U_0^2}{T^3} \int_0^{\frac{T}{2}} t^2 dt = \frac{8U_0^2}{T^3} \frac{1}{3} \frac{T^3}{8} = \frac{U_0^2}{3}$$

$$U_{sk} = \sqrt{\frac{U_0^2}{3}} = \frac{U_0}{\sqrt{3}}$$

Co mierzy multimetr?

1. Przebieg przemienny bez składowej stałej.

- Multimetr RMS

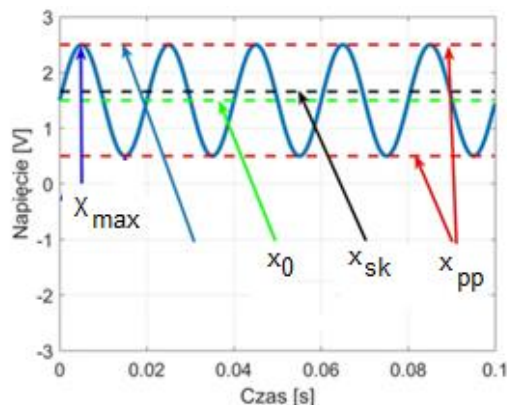
Multimetr RMS mierzy napięcie skuteczne (X_{sk}) w następujący sposób: oblicza wartość średnią półokresową X_{AVG} i mnoży ją przez współczynnik kształtu dla przebiegu sinusoidalnego (1,111) - wzór 4. W przypadku innych przebiegów multimetr nie wskazuje właściwej wartości napięcia skutecznego. Multimetr również eliminuje składową stałą (DC) przebiegu. Zatem niezależnie od tego, czy jest składowa stała czy jej nie ma multimetr wskazuje jedynie wartość skuteczną AC.

- Multimetr True RMS mierzy prawidłowo napięcia skuteczne dowolnego przebiegu.

2. Przebieg przemienny ze składową stałą.



Urządzenia Półprzewodnikowe II



Rys. 2. Przebieg przemienny ze składową stałą X_0 .

- Multimetr RMS eliminuje składową stałą (DC) przebiegu. Zatem niezależnie od tego, czy jest składowa stała czy jej nie ma multimetr wskazuje jedynie wartość skuteczną AC, X_{skm} . Dla przebiegu sinusoidalnego ze składową stałą X_0 , napięcie skuteczne można obliczyć ze wzoru

$$X_{sk} = \sqrt{X_0^2 + X_{skm}^2}$$

- Multimetr True RMS wskazuje również tylko składową zmienną napięcia skutecznego, X_{skm} . Aby obliczyć właściwe napięcie skuteczne dla dowolnego przebiegu korzystamy ze wzoru powyżej.

Co mierzy oscyloskop ?

Mod pracy AC: dla każdego przebiegu bez składowej stałej mierzy prawidłowo wartość skuteczną $X_{sk} = V_{RMS}$.

Mod pracy DC: dla każdego przebiegu ze składową stałą X_0 mierzy prawidłowo wartość skuteczną $X_{sk} = V_{RMS}$ oraz składową stałą $X_0 = V_{AVG}$.

Ponadto mierzy m.in. amplitudę przebiegu i napięcie międzyszczytowe.

Włączenie opcji odczytu wartości mierzonych: Przycisk MEASURE i Display All,

W Tabeli II porównano parametry przebiegów przemiennych, które można wyznaczyć za pomocą oscyloskopu RIGOL (zakres częstotliwości sygnału 20kHz) oraz multimetru True RMS (np. Brymen M857).



Urządzenia Półprzewodnikowe II

Tabela II ¹

	Oscyloskop		Multimetr True RMS		
	Każdy sygnał		Sinus, $A_0=0$	Sinus $A_0 \neq 0$	Nieznany, $A_0 \neq 0$
A_0	A_{avg}	✓	✓	✓	✓
A_{sk}	V_{rms}	✓	✓	✓	✓
$A_{sk AC+DC}$	V_{rms}	✓	A_{sk}	$\sqrt{A_0^2 + A_{sk}^2}$	$\sqrt{A_0^2 + A_{sk}^2}$
A	Amp	✓ ?	$A_{sk} * k_s$	$A_{sk} * k_s$?
A_{p-p}	V_{pp}	✓	$2 * A$	$2 * A$?
A_{max}	Max	✓	$A \vee$ pr. szcz.	$A_0 + A \vee$ pr. szcz.	pr. szcz.
A_{min}	Min	✓	$-A$	$A_0 - A$?

Ćwiczenie IB

Celem ćwiczenia jest porównanie wyników pomiarów przebiegów okresowych za pomocą multimetru RMS, True RMS i oscyloskopu.

1. Połączyć wyjście generatora z wejściem oscyloskopu. Wybrać sygnał sinusoidalny.
2. Połączyć multimetr (V_{\sim}) do wyjścia generatora.
3. Wykonać pomiary napięcia skutecznego za pomocą multimetru i oscyloskopu:
 - a) Dla kilku różnych częstotliwości przebiegu, do częstotliwości 4 kHz.
 - b) Dla kilku różnych wartości przesunięcia fazowego.
 - c) Dla kilku różnych amplitud przebiegu.
 - d) Powtórzyć pomiary dla przebiegu prostokątnego i trójkątnego.
4. Wykonać pomiary napięcia skutecznego i składowej stałej dla przebiegu sinusoidalnego ze składową stałą za pomocą multimetru i oscyloskopu.
5. Powtórzyć pomiary z pp. 4 dla przebiegu prostokątnego i trójkątnego.

Opracowanie wyników.

1. Zebrać wyniki pomiarów w tabeli. Porównać wyniki otrzymane przy pomocy oscyloskopu i przy pomocy multimetru z wynikami teoretycznymi.
2. Policzyc wartość średnią półokresową dla przebiegu wskazanego przez prowadzącego.

Po dodaniu składowej stałej, zmieniają się wartość średnia i skuteczna a nie zmieniają wartość międzyszczytowa i amplituda.

¹ M.Bornus „Metrologia - Oscyloskop vs. multimetr - pomiar parametrów sygnałów.”



Urządzenia Półprzewodnikowe II

Wartość skuteczna przebiegu prądu przemiennego:

Prawo Joule'a – Lenza:

Ilość ciepła, która wydzieli się na rezystorze R przez który płynie prąd stały o natężeniu I w czasie T :

$$Q = RI^2T$$

Jeśli przez ten rezystor płynie prąd przemienny i , to ilość ciepła, która wydzieli się na rezystorze R w czasie równym okresowi T :

$$Q = R \int_0^T i^2 dt.$$

Wartość skuteczna prądu przemiennego to taka wartość, która spowoduje wydzielenie się takiej samej ilości ciepła na rezystorze R w tym samym czasie co prąd stały. Z porównania wzorów otrzymujemy:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$