

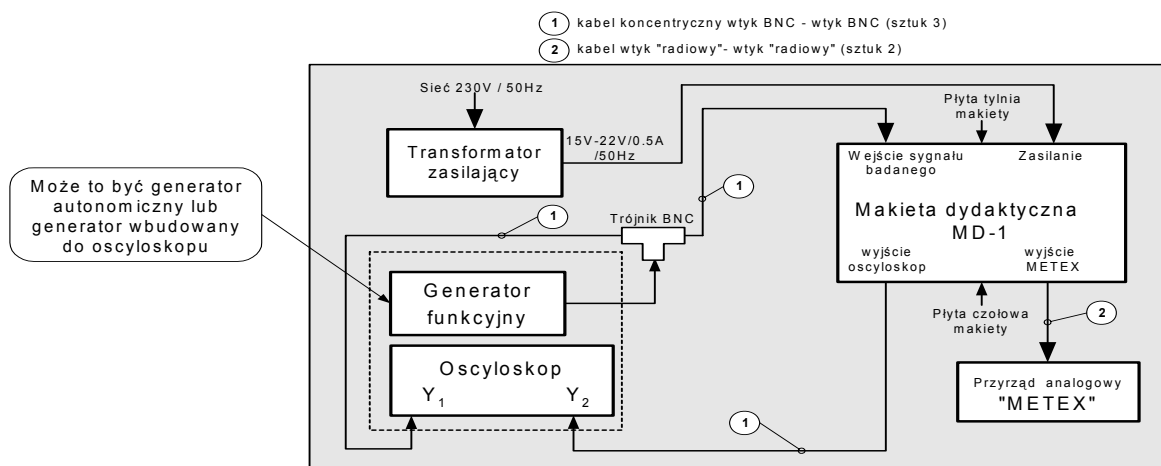
Ćwiczenie nr 6. Okresowe sygnały elektryczne, parametry amplitudowe

Cel ćwiczenia: Celem ćwiczenia jest zapoznanie ćwiczących z analogowymi sygnałami zmiennymi, ich podstawowymi parametrami czasowymi i amplitudowymi oraz sposobem obliczeniowym jak i pomiarowym wyznaczania wartości tych parametrów. Dodatkowo realizacja ćwiczenia pozwala na ugruntowanie umiejętności posługiwania się oscyloskopem analogowym jako narzędziem pomiarowym.

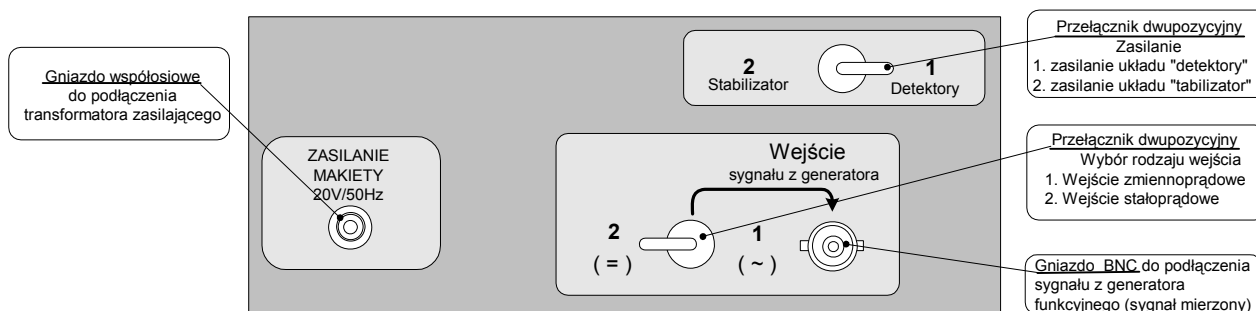
Program ćwiczenia

W celu realizacji ćwiczenia należy:

1. Zmontować układ pomiarowy jak na schemacie 1.
2. W celu uruchomienia makiety podłączyć wyjście transformatora zasilającego (wtyk współosiowy na kablu transformatora) do gniazda na płycie tylnej makiety MD-1 (rysunek 1). Przełącznik dwupozycyjny, umożliwiający wybór zasilania, przełączyć w pozycję „Detektory” (dźwignia przełącznika dwupozycyjnego ustawiona w „prawo” – pozycja „1”). Włączyć transformator do sieci zasilającej 230V/50Hz. Kontrolka na płycie czołowej makiety MD-1 świeci światłem o zielonej barwie.



Schemat 1. Sposób połączenia urządzeń na stanowisku pomiarowym

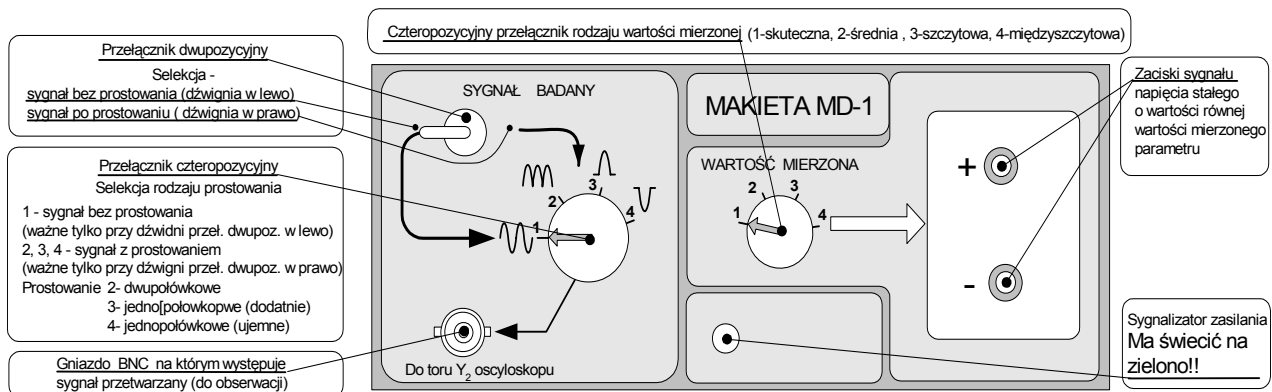


Rys 1. Przełączniki i gniazda na płycie tylnej makiety MD-1

3. Wprowadzić nastawy na generatorze sygnałowym takie, aby dostarczany przez niego sygnał miał następujące parametry; kształt sinusoidalny, częstotliwość $f=(1\pm 0,05)\text{kHz}$, amplitudę $A_d=A_u=(1\pm 0,05)\text{V}$, podpolaryzowanie sygnałem stałym $U_{dc}=0\text{V}$, przy ustawianiu wymaganych parametrów posługiwać się obrazem sygnału na ekranie lampy oscyloskopowej. Sygnał z generatora doprowadzić (rysunek 1) do gniazda BNC umieszczonego na płycie tylnej makiety MD-1. Przełącznikiem dwupozycyjnym na polu „Wejście sygnału z generatora” ustawić rodzaj wejścia – 1-zmiennoprądowe, jeżeli przedmiotem pomiaru są parametry amplitudowe sygnału bez składowej stałej, 2-stałoprądowe, jeżeli przedmiotem pomiaru są parametry sygnału zmiennoprądowego nałożonego na sygnał stałoprądowy. Po ustawieniu sygnał z generatora dołączyć również do wejścia Y_1 oscyloskopu.
4. Na płycie czołowej urządzenia „MAKIETA MD-1” (rysunek 2) przełącznik dwupozycyjny na polu „SYGNAŁ BADANY” ustawić w pozycji w lewo, a przełącznik obrotowy (czteropozycyjny) w pozycji

Ćwiczenie nr 6. Okresowe sygnały elektryczne, parametry amplitudowe

„1”. Przy takich ustawieniach przełączników na polu „SYGNAŁ BADANY” przełączyć przełącznik „WARTOŚĆ MIERZONA” kolejno od pozycji „1” do pozycji „4” odczytując za każdym ustawieniem tego przełącznika wartość napięcia stałego wskazywaną przez multimetr cyfrowy „METEX”. Jednocześnie należy rejestrować (odrysować) kształt sygnału obserwowanego w kanale 2 oscyloskopu. Odrysowując kształt sygnału należy na szkicu zaznaczyć wszystkie istotne wartości wymiarów obrazu, jak również nastawy ustawione pokrętłami oscyloskopu. Należy pamiętać, o ustawieniu pokręteł regulatorów „płynnej regulacji czułości odchylenia pionowego”, jak również płynnej regulacji „szybkości podstawy czasu”, w pozycji „kalibrowane”! W przeciwnym razie wyznaczone na podstawie wymiarów obrazu wartości amplitud bądź czasów analizowanego sygnału, będą błędne. Odczytywane z multimetru cyfrowego wartości napięcia są równe, co do wartości odpowiednim parametrom amplitudowym sygnału mierzonego (kształt tego sygnału, którego dany parametr jest mierzony, jest jednocześnie za każdym razem pokazywany na ekranie lampy oscyloskopowej jako obraz sygnału w kanale 2 oscyloskopu) – w tym etapie ćwiczenia mierzone są parametry amplitudowe sygnału nie poddanego detekcji lub inaczej sygnału nie poddanego procesowi prostowania.



Rys 2. Pokręta na płycie czołowej makiety MD-1 i ich funkcje

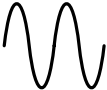
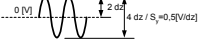
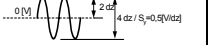
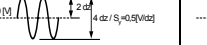
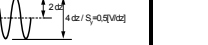



5. W kolejnym etapie ćwiczenia przełącznik przechylny na polu „SYGNAŁ BADANY” przełączyć w prawo. Przełącznik obrotowy w pozycję 2 (prostowanie dwupołówkowe). Dla takiego ustawienia przełączników na polu „SYGNAŁ BADANY” przełączyć kolejno przełącznik „WARTOŚĆ MIERZONA” od pozycji „1” do pozycji „4” odczytując za każdym razem wskazania multimetru cyfrowego oraz rejestrując kształt sygnału (obraz w kanale 2 oscyloskopu).
6. Po wykonaniu pomiarów dla sygnału prostowanego dwupołówkowo, przełącznik obrotowy na polu „SYGNAŁ BADANY” ustawić w pozycji „3” (prostowanie jednołówkowe – dodatnia część fali sygnału). Ponownie zmierzyć wartości parametrów amplitudowych sygnału oraz rejestrować kształt sygnału.
7. Te same pomiary powtórzyć dla sygnału wyprostowanego jednołówkowo, ale przy prostowaniu ujemnej części fali sygnału (przełącznik obrotowy na polu „SYGNAŁ BADANY” w pozycji „4”).
8. Zmienić kształt sygnału z sinusoidalnego na prostokątny (pozostałe parametry sygnału pozostają bez zmian) i powtórzyć całą procedurę pomiarową od punktu 4 do punktu 7 programu ćwiczenia.
9. Zmienić kształt sygnału z prostokątnego na trójkątny (pozostałe parametry sygnału pozostają bez zmian) i powtórzyć całą procedurę pomiarową od punktu 4 do punktu 7 programu ćwiczenia.
10. Wyniki pomiarów zestawić w formie tabeli. W sprawozdaniu wyliczyć wartości odpowiednich parametrów amplitudowych dla sygnałów wskazanych przez prowadzącego i porównać wyliczone wartości z wartościami zmierzonymi w czasie ćwiczenia. Wyliczyć wartości odpowiednich współczynników szczytu i kształtu na podstawie wyników pomiarów i porównać z współczynnikami wynikającymi z obliczeń teoretycznych. Przy porównywaniu wykazać jak duży wpływ ma dokładność pomiaru multimetru cyfrowego oraz dokładność wyznaczenia wartości sygnału z obrazu widzianego na ekranie oscyloskopu. Określić, jaki jest wpływ składowej stałej sygnału zmiennego na wartości wyznaczanych współczynników amplitudowych sygnału zmiennego? Odpowiedź uzasadnić. Wyniki analizy przedstawić w sprawozdaniu w punkcie „uwagi i wnioski końcowe”.

Przykładowe tabele pomiarowe

Kształt sygnału: sinusoida, (prostokąt ?, trójkąt ?)

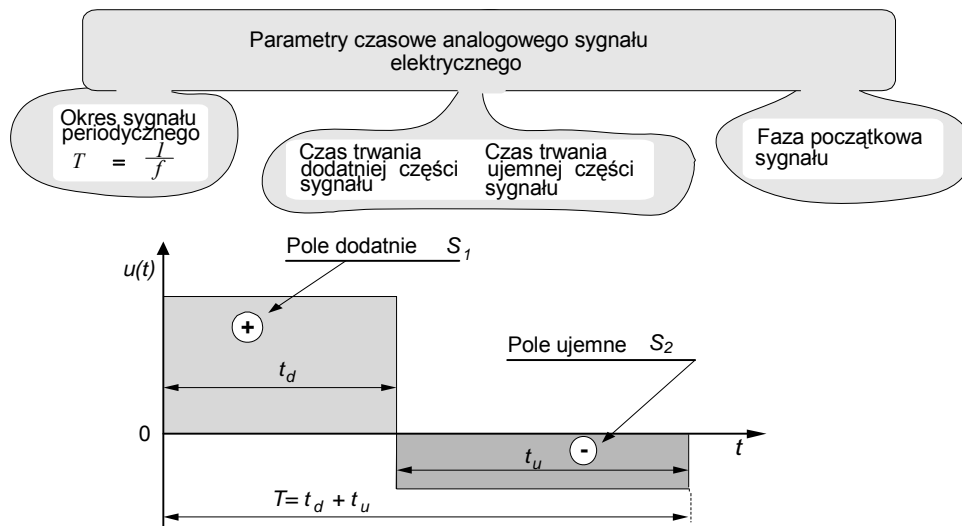
częstotliwość: 1kHz,

$A_d = A_u = 1$ [V]

Parametr amplitudowy	U_{sk} [V]	U_{sr} [V]	U_{szczyt} [V]	U_{pp} [V]
Detekcja sygnału				
Sygnał bez detekcji 	Wartości napięć stałych zmierzonych multimetrem cyfrowym			
	0,718	0,003	1,003	1,999
	Kształt sygnału obserwowanego na ekranie oscyloskopu (kanał 2)			
				
Sygnał wyprostowany Detekcja dwupółłukowa 	Wartości napięć stałych zmierzonych multimetrem cyfrowym			
	?	?	?	?
	Kształt sygnału obserwowanego na ekranie oscyloskopu (kanał 2)			
	?	?	?	?
Sygnał wyprostowany Detekcja jednopółłukowa Dodatnia półłukowa sygnału 	Wartości napięć stałych zmierzonych multimetrem cyfrowym			
	?	?	?	?
	Kształt sygnału obserwowanego na ekranie oscyloskopu (kanał 2)			
	?	?	?	?
Sygnał wyprostowany Detekcja jednopółłukowa Ujemna półłukowa sygnału 	Wartości napięć stałych zmierzonych multimetrem cyfrowym			
	?	?	?	?
	Kształt sygnału obserwowanego na ekranie oscyloskopu (kanał 2)			
	?	?	?	?

Wprowadzenie

Zachodzącą w czasie zmianę wielkości fizycznych, jakimi są prąd i napięcie nazywamy sygnałem elektrycznym. Najczęściej spotykane sygnały elektryczne należą do grupy tak zwanych sygnałów analogowych (ciągłych w czasie). Tym sygnałom poświęcone jest niniejsze ćwiczenie. Z sygnałem analogowym bezpośrednio związane są jego parametry czasowe (rysunek 3) i amplitudowe (rysunek 4).



Rys 3. Zestawienie podstawowych parametrów czasowych sygnału zmiennego i ich interpretacja fizyczna na przykładzie sygnału prostokątnego o różnych czasach trwania dodatniej i ujemnej części sygnału.

Omawiany sygnał ma kształt fali prostokątnej, niesymetrycznej względem osi czasu, jak również o różnych czasach trwania dodatniej (τ) i ujemnej części ($T - \tau$) fali. W podanym przykładzie $(T - \tau) > \tau$. Łatwo zauważyć, że zarówno dodatnia jak i ujemna część fali mają swoją wartość maksymalną; A_d i A_u . Wartość A_d nazywana jest amplitudą dodatnią lub dodatnią wartością szczytową sygnału, a wartość A_u amplitudą ujemną

Ćwiczenie nr 6. Okresowe sygnały elektryczne, parametry amplitudowe

lub ujemną wartością szczytową. Zatem w przypadku sygnału zmiennego w czasie, jedną z wielkości opisujących ten sygnał są jego **wartości maksymalne**, czyli amplitudy lub inaczej **wartości szczytowe**. Suma wartości bezwzględnych amplitud, dodatniej A_d i ujemnej A_u przebiegu przemiennego, jest równa wartości wielkości oznaczonej symbolem A_{ss} , nazywanej inaczej **wartością międzyszczytową** (wartość szczyt – szczyt). Obie wielkości tj. wartości amplitud A_d , A_u , jak i wartość międzyszczytowa A_{ss} sygnałów przemiennych, są proste w interpretacji (patrz rysunek 4).

Oprócz wyżej wymienionych, zmienny w czasie sygnał $u(t)$, charakteryzują jeszcze trzy kolejne wielkości. Nazywamy je odpowiednio:

Wartość skuteczna sygnału - nazwana w niniejszym opracowaniu jako A_{sk} (w nazewnictwie angielskojęzycznym oznaczana symbolem A_{eff}). Reprezentuje ona wartość sygnału zmiennego, który może wykonać taką samą pracę jak sygnał stałoprądowy spełniający następujący warunek $A_{DC} = A_{sk}$ (gdzie A_{DC} jest wartością napięcia lub prądu stałego).

Wartość średnia z modułu wartości funkcji - wartość $|u(t)|$. Jest ona równa wartości średniej przebiegu przemiennego $u(t)$ po prostowaniu jego dodatniej i ujemnej części i w niniejszym opracowaniu oznaczana jest symbolem $A_{\acute{s}rb}$. Taki sposób przemiany sygnału nosi nazwę prostowania pełno-okresowego lub prostowania dwu-połówkowego. Na rysunku 4 wartość średnia z $|u(t)|$ odpowiada wartości średniej wyliczonej z sumy wartości pól dodatniej S_1 i ujemnej S_2 części sygnału. Jest to wartość (S_1+S_2) rozłożona równomiernie na odcinku równym, co do długości, okresowi T sygnału.

Wartość średnia sygnału $u(t)$, jest wartością wyliczaną za jeden okres dla sygnału nie poddanego procesowi prostowania (detekcji). Na rysunku 4 omawiana wartość średnia sygnału, odpowiada wartości średniej sumy pola powierzchni dodatniej S_1 i ujemnej S_2 części sygnału zsumowanych z przynależnymi znakami $(S_1 - S_2)$. Wartość ta jest też rozłożona równomiernie na odcinku równym okresowi sygnału. W opracowaniu ta wartość średnia jest oznaczana symbolem $A_{\acute{s}r}$.

Łatwo zauważyć, że pomiędzy wartościami wyżej wymienionych wielkości charakterystycznych dla sygnału $u(t)$, o kształcie jak na rysunku 4 słuszne są relacje:

$$A_{ss} > A_d > A_{sk} > A_{\acute{s}rb} > A_{\acute{s}r} \quad (1)$$

W przypadku sygnałów o kształcie innym niż pokazany na rysunku 4, podane w zależności (1) relacje mogą być inne. Wartość każdej z wyżej omówionych wielkości charakterystycznych dla przebiegów zmiennych, może być przedmiotem pomiaru.

Dla każdego sygnału okresowego, można wyznaczyć wartość liczbową określającą stosunek wartości skutecznej (A_{sk}) tego przebiegu do jego wartości średniej bezwzględnej ($A_{\acute{s}rb}$).

$$K = \frac{A_{sk}}{A_{\acute{s}rb}} \quad (2)$$

Wyznaczony według wzoru (2) współczynnik K nosi nazwę **współczynnika kształtu**.

Podobnie można wyznaczyć stosunek wartości maksymalnej sygnału (A_d lub A_u) do jego wartości skutecznej A_{sk} , czyli:

$$F = \frac{A}{A_{sk}} \quad (3)$$

gdzie: A jest przyjętą do obliczeń bezwzględną wartością maksymalną. Dla przebiegu symetrycznego słuszne jest, że $|A_d| = |A_u| = A$.

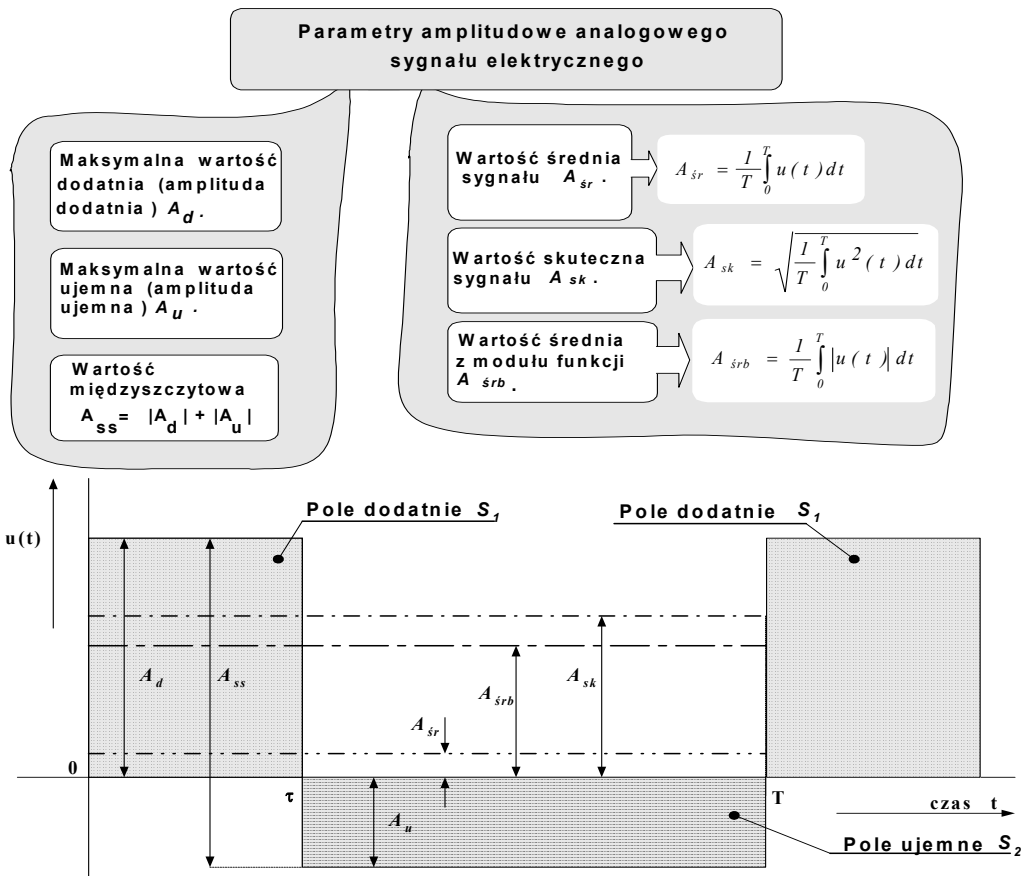
Wyliczony według równania (3) współczynnik F nosi nazwę **współczynnika szczytu**. Między współczynnikami szczytu i kształtu słuszne są relacje $K \geq 1$, $F \geq 1$, $F \geq K$.

Z podanych powyżej uwag łatwo wywnioskować, że tak zdefiniowane współczynniki kształtu i szczytu są różne dla sygnałów o różnych kształtach. Dla sygnałów o identycznych kształtach, niezależnie od częstotliwości tych sygnałów ich amplitudy i fazy początkowej, współczynniki K i F mają tę samą wartość. Wartości współczynników K i F , dla kilku podstawowych kształtów sygnałów elektrycznych zestawiono w tabeli 1.

Oporność (w ogólnym przypadku impedancja) wewnętrzna źródła sygnału zmiennie-prądowego jest jednym z elementów określających wydajność energetyczną źródła. Idealne źródło napięciowe ma oporność (impedancję) wewnętrzną o wartości równej zero ($R_{zr} = 0$). Oznacza to, że napięcie na zaciskach źródła ma stałą wartość równą wartości SEM (SEM-siła elektromotoryczna) tego źródła. Wartość napięcia

Ćwiczenie nr 6. Okresowe sygnały elektryczne, parametry amplitudowe

wyjściowego jest niezależna od wartości oporności obciążenia dołączonego do zacisków idealnego źródła napięcia a więc nie zależy od wartości prądu pobieranego ze źródła.



Rys 4. Zestawienie podstawowych parametrów amplitudowych sygnałów zmiennych, opisujące je zależności matematyczne, przykład ilustrujący fizyczne znaczenie podstawowych parametrów amplitudowych (na przykładzie sygnału prostokątnego niesymetrycznych amplitudach dodatniej i ujemnej oraz różnych czasach ich trwania).

Tabela 1. Zestawienie współczynników szczytu i kształtu dla wybranych sygnałów zmiennych.

Lp.	Kształt sygnału	Wzory określające współczynniki	Wartość liczbowa	Lp.	Kształt sygnału	Wzory określające współczynniki	Wartość liczbowa
1	Sinus 	$F = \sqrt{2}$ $K = \frac{\pi}{\sqrt{8}}$	$F = 1.414$ $K = 1.111$	4	Półowa sinusoidy, prostowanie jednopółkwe 	$F = 2$ $K = \frac{\pi}{2}$	$F = 2$ $K = 1,571$
2	Trójkąt 	$F = \sqrt{3}$ $K = \frac{2}{\sqrt{3}}$	$F = 1.732$ $K = 1.155$	5	Wyprostowana sinusoida 	$F = \sqrt{2}$ $K = \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{2}}$	$F = 1,414$ $K = 1,111$
3	Prostokąt 		$K = F = 1$	6	Wyprostowany trójkąt 	$F = \sqrt{3}$ $K = \frac{2}{\sqrt{3}}$	$F = 1,732$ $K = 1,155$

Rzeczywiste źródło napięciowe ma oporność wewnętrzną większą od zera ($R_{zr} > 0$). Dołączenie do rzeczywistego źródła oporności obciążenia R_{ob} powoduje zamknięcie obwodu i inicjuje w tym obwodzie przepływ prądu (prąd obciążenia). Wartość prądu wyznaczamy z prawa Ohma znając wartość SEM źródła oraz wartość sumy oporności występujących w obwodzie przepływu prądu. W najprostszym przypadku jest

Ćwiczenie nr 6. Okresowe sygnały elektryczne, parametry amplitudowe

to suma wartości szeregowo połączonych oporności R_{zr} i R_{ob} . Praktycznie, każdy bardziej złożony obwód obciążający źródło, można sprowadzić do tego najprostszego przypadku. Prąd obciążenia, przepływając przez oporność wewnętrzną źródła powoduje, powstanie spadku napięcia na tej oporności (prawo Ohma). Wiemy, że suma spadków napięć w zamkniętym oczku jest równa zero (prawo Kirchhoffa). Zatem można bez problemów wyznaczyć wartość napięcia występującego na zaciskach rzeczywistego źródła napięciowego. Z wyliczeń wynika, że wartość napięcia na zaciskach wyjściowych rzeczywistego źródła napięcia jest tym mniejsza od wartości SEM źródła im większa jest wartość oporności wewnętrznej źródła oraz im większa jest wartość prądu pobieranego ze źródła. Spadek napięcia występujący na oporności wewnętrznej źródła oznacza stratę energii. Wartość tej energii jest wprost proporcjonalna do wartości oporności wewnętrznej źródła napięcia oraz kwadratu wartości skutecznej prądu płynącego przez tą oporność.

Idealne źródło prądowe ma oporność wewnętrzną nieskończenie dużą ($R_{zr}=\infty$). Oznacza to, że idealne źródło prądu dostarcza do obciążenia stałej wartości prądu niezależnej od wartości oporności obciążenia dołączonego do tego źródła.

Zadania kontrolne (minima programowe do przygotowania)

Minimalny zakres wiadomości teoretycznych studenta przystępującego realizacji do ćwiczenia laboratoryjnego „sygnały zmiennoprądowe” dotyczy zagadnień takich jak: *pojęcie sygnału elektrycznego zmiennego i stałego, jednostki napięcia i prądu (wielokrotności i pod-wielokrotności tych jednostek), znajomość i umiejętność interpretacji znaczenia pojęć parametry czasowe sygnału oraz parametry amplitudowe sygnału, znajomość sposobu obliczeniowego i doświadczalnego (na podstawie obrazu sygnału na ekranie lampy oscyloskopowej) wyznaczania wartości niektórych parametrów czasowych i amplitudowych sygnałów analogowych (w szczególności dla sygnałów o kształcie sinusoidy, prostokąta i trójkąta), rozumienie procesu prostowania (detekcji) sygnału. Wskazane są również wiadomości z zakresu: oporność wewnętrzna źródła sygnału zmiennoprądowego, oporność wewnętrzna idealnego źródła napięcia i idealnego źródła prądu, proste schematy zastępcze źródeł idealnych i rzeczywistych, wpływ wartości oporności wewnętrznej źródła na wartość sygnału występującego na jego zaciskach, prawo Ohma, prawa Kirchhoffa, pojęcie impedancji (część rzeczywista i urojona impedancji, zasady łączenia oporności (połączenie szeregowo i równoległe).*

Wykonanie ćwiczenia wymaga wcześniejszego opanowania w stopniu, co najmniej dostatecznym; *umiejętności praktycznej obsługi oscyloskopu, prostego generatora funkcyjnego (np. zabudowanego we wspólnej obudowie z oscyloskopem) oraz multimetru cyfrowego.*

Literatura

1. A. Jellonek, Z. Karkowski.: Miernictwo radiotechniczne. Wyd. III, WNT, Warszawa 1972r.
2. Praca zbiorowa.: Elektrotechnika i elektronika dla nieelektryków. WNT, Warszawa 1971r.
3. S. Bolkowski.: Teoria obwodów elektrycznych. WNT, Warszawa 1995r.
4. Materiał z wykładu „Podstawy Elektrotechniki i Elektroniki”

Zestaw przyrządów pomiarowych

- | | | |
|----|--|-------|
| 1. | Oscyloskop analogowy, dwukanałowy | szt1. |
| 2. | Generator funkcyjny G-432 lub wbudowany w oscyloskop | szt1. |
| 3. | Multimetr cyfrowy typu METEX | szt1. |
| 4. | Makieta dydaktyczna MD-1 | szt1. |
| 5. | Transformator zasilający 15-20V/0,5A/50Hz | szt1. |
| 6. | Trójnik BNC | szt1. |
| 7. | Kabel koncentryczny „wtyk BNC-wtyk BNC” | szt3. |
| 8. | Kabel „wtyk radiowy-wtyk radiowy” | szt2. |

Opracował: Piotr Ruszel

Institut Inżynierii Biomedycznej i Pomiarowej Wydziału PPT Politechniki Wrocławskiej