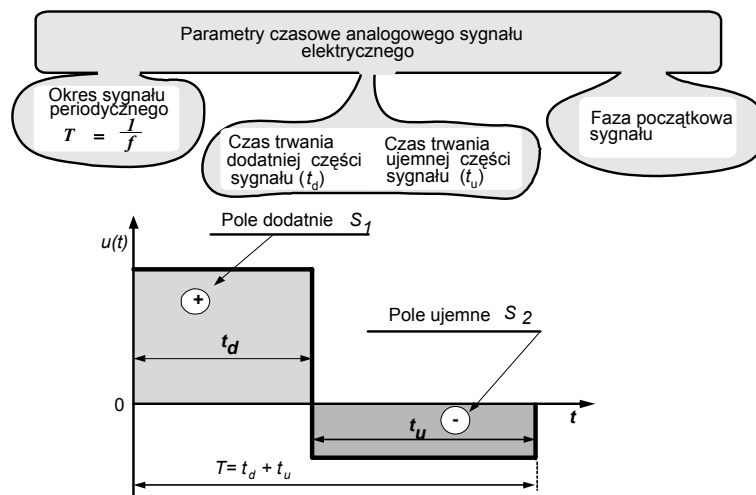


**Cel ćwiczenia:**

Celem ćwiczenia jest zapoznanie ćwiczących z prostymi źródłami sygnałów zmiennych, ich właściwościami i podstawowymi parametrami generowanych przez nie sygnałów. Dodatkowo realizacja ćwiczenia pozwala na ugruntowanie umiejętności posługiwania się oscyloskopem analogowym jako narzędziem pomiarowym.

**1. Wprowadzenie w tematykę ćwiczenia**

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 (rys.1) i amplitudowe (rys.2).

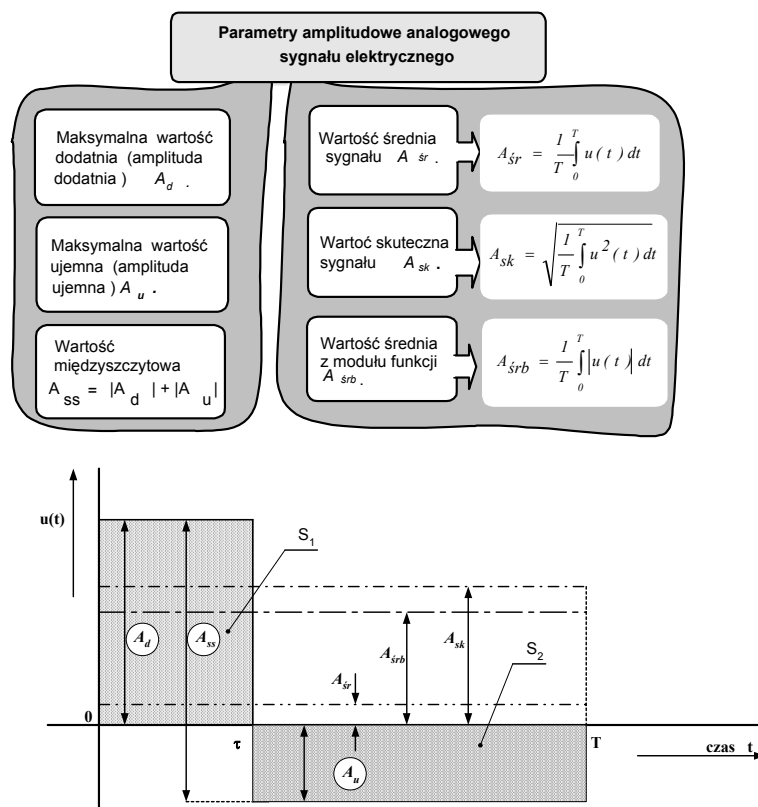


Rys. 1. Parametry czasowe analogowego sygnału elektrycznego - interpretacja fizyczna parametrów

Omawiany sygnał ma kształt fali prostokątnej (rysunek 2), niesymetrycznej względem osi czasu, jak również o różnych czasach trwania dodatniej ( $\tau$ ) 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 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 między-szczytową** (wartość szczyt – szczyt). Obie wielkości tj. wartości amplitud  $A_d$ ,  $A_u$ , jak i wartość między-szczytowa  $A_{ss}$  sygnałów przemiennych, są proste w interpretacji (patrz rysunek 2).

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

**Wartość skuteczna sygnału** - oznaczona 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).



Rys. 2. Objaśnienie sposobu interpretacji parametrów amplitudowych sygnału analogowego (na rysunku pokazano jeden okres sygnału prostokątnego niesymetrycznego);  $A_d$ ,  $A_u$  – amplituda dodatniej i ujemnej części impulsu. Dla przebiegu symetrycznego względem osi czasu  $|A_d| = |A_u| = A$ ;  $A_{ss}$  – wartość między-szczytowa sygnału  $A_{ss} = |A_d| + |A_u|$ ;  $A_{sr}$  – wartość średnia sygnału (określona w czasie jednego okresu);  $A_{srb}$  – wartość średnia sygnału po detekcji (określona w czasie jednego okresu);  $A_{sk}$  – wartość skuteczna sygnału;  $\tau$  – czas trwania dodatniej amplitudy sygnału;  $(T - \tau)$  – czas trwania ujemnej amplitudy sygnału;  $S_1$ ,  $S_2$  – pola powierzchni dodatniej i ujemnej części sygnału.

**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  $A_{srb}$ . Taki sposób przemiany sygnału nosi nazwę prostowania pełno-okresowego lub prostowania dwu-połówkowego. Na rysunku 2 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, który nie jest poddany procesowi prostowania (detekcji). Na rysunku 2 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 wartość średnia jest oznaczana symbolem  $A_{sr}$ . Łatwo zauważyć, że pomiędzy wartościami wyżej wymienionych wielkości charakterystycznych dla sygnału  $u(t)$ , o kształcie jak na rysunku 2 słuszne są relacje:

$$A_{ss} > A_d > A_{sk} > A_{srb} > A_{sr} \quad (1)$$

W przypadku sygnałów o kształcie innym niż pokazany na rysunku 2, 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 ( $A_{srb}$ ).

$$K = \frac{A_{sk}}{A_{srb}} \quad (2)$$

## Ćwiczenie nr 9. Pomiary podstawowych parametrów przebiegów elektrycznych

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

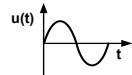

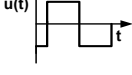
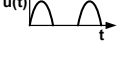
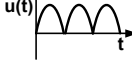

Podobnie można wyznaczyć stosunek wartości maksymalnej sygnału ( $A_d$  lub  $A_u$ ) do jego wartości

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.

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

Lp.	Kształt sygnału	Współczynnik	Wartość liczbowa
1	Sinus 	$F = \sqrt{2}$ , $K = \frac{\pi}{\sqrt{8}}$	$F = 1.414$ , $K = 1.111$
2	Trójkąt 	$F = \sqrt{3}$ , $K = \frac{2}{\sqrt{3}}$	$F = 1.732$ , $K = 1.155$
3	Prostokąt 	$K = F = 1$	$K = F = 1$
4	Połowa sinusoidy 	$F = 2$ , $K = \frac{\pi}{2}$	$F = 2$ , $K = 1.571$
5	Wyprostowana sinusoida 	$F = \sqrt{2}$ , $K = \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{2}}$	$F = 1.414$ , $K = 1.111$
6	Wyprostowany trójkąt 	$F = \sqrt{3}$ , $K = \frac{2}{\sqrt{3}}$	$F = 1.732$ , $K = 1.155$

Określenie wartości skutecznej analogowego sygnału zmiennego jest jednym z podstawowych zadań pomiarowych realizowanych w zakresie wyznaczania parametrów sygnałów zmiennych.

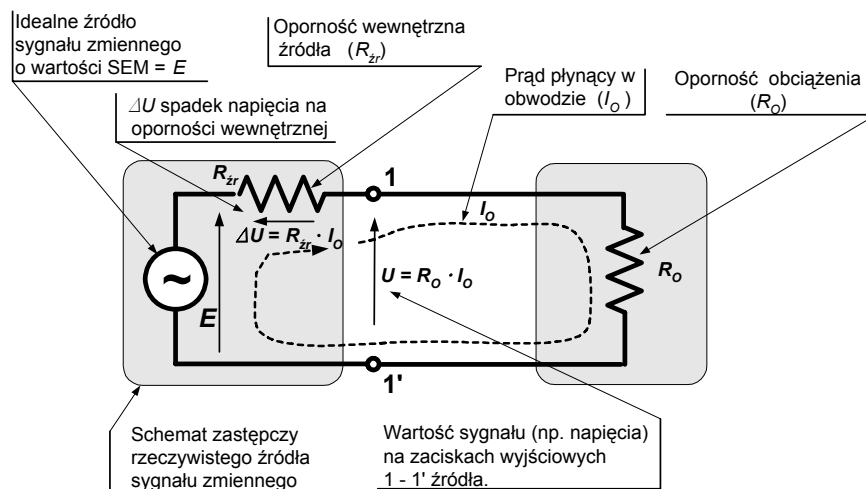
Przedmiotem dotychczasowych rozważań były parametry charakteryzujące sygnał zmienny. Sygnały takie są wytwarzane (generowane) przez urządzenia elektroniczne nazywane generatorami. Podstawowymi parametrami charakteryzującymi generator są:

- rodzaj generowanego sygnału (kształt sygnału, np. sinusoidalny, prostokątny, trójkątny itp.) ,
- zakres zmian wartości sygnału wyjściowego (wartość minimalna, wartość maksymalna) oraz sposób jej zmiany (płynny, skokowy),
- zakres zmian wartości częstotliwości generowanego sygnału (minimalna częstotliwość i maksymalna częstotliwość),
- sposób zmiany częstotliwości generowanego sygnału (najczęściej jest to płynna zmiana w podzakresie i skokowa przy zmianie zakresu),

**Ćwiczenie nr 9. Pomiary podstawowych parametrów przebiegów elektrycznych**

- możliwość nakładania generowanego sygnału zmiennego na sygnał stałoprądowy,
- oporność wewnętrzna generatora,
- stałość częstotliwości generowanego sygnału.

W szeregu zastosowaniach istotny wpływ na użyteczność źródła sygnału zmiennego ma jego oporność wewnętrzna. Jej wartość wpływa bezpośrednio na poziom generowanego sygnału występującego na zaciskach wyjściowych urządzenia (generatora). Jest to wynikiem działania dzielnika napięcia, jaki tworzy z tą opornością wewnętrzną źródła, dołączona do jego zacisków, zewnętrzna oporność obciążenia (rys 3).



Rys 3. Ilustracja mechanizmu powstawania dzielnika napięcia utworzonego przez oporność wewnętrzną źródła i oporność obciążenia. W ogólnym przypadku zarówno oporność wewnętrzna źródła jak i obciążenia są impedancjami.

Wyjaśnienie tego zagadnienia wynika z dwu podstawowych zależności; prawo Ohma i drugie prawo Kirchoffa (prawa elektrotechniki).

W ogólnym przypadku zamiast oporności w układzie występują impedancje; impedancja wewnętrzna źródła (generatora) i impedancja obciążenia. Powoduje to bardziej skomplikowane obliczenia (liczby zespolone), ale wnioski końcowe są zbliżone do tych jakie uzyskujemy w przypadku kiedy do obliczeń przyjmujemy oporności.

Wpływ oporności (impedancji) elementów lub urządzeń dołączanych do sieci elektrycznej badanego układu (elektrycznego lub elektronicznego) powoduje zmiany w rozplywie prądów w tej sieci.

## 2. Wykonanie ćwiczenia

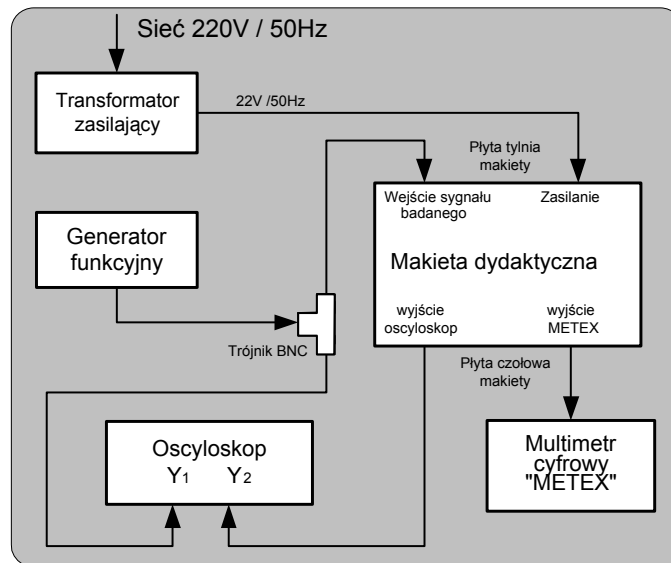
Połączyć układ pomiarowy którego schemat przedstawiono na rysunku 5. Zasilanie układu makiety (wyjście transformatora) podłączyć do gniazda na płycie tylnej makiety dydaktycznej. Włączyć zasilanie wyłącznikiem na płycie tylnej makiety oraz ustawić przełącznik na płycie czołowej w pozycję „detektory”. Do gniazda współosiowego na płycie tylnej makiety doprowadzić sygnał sterujący z generatora. Jednocześnie ten sam sygnał doprowadzić do wejścia kanału I oscyloskopu ( $Y_1$ ). Do wejścia drugiego kanału oscyloskopu ( $Y_2$ ) dołączyć sygnał z gniazda współosiowego umieszczonego na płycie czołowej makiety. Do zacisków „radiowych” na płycie czołowej makiety podłączyć multimetr cyfrowy (Metex) pracujący jako woltmierz napięcia stałego na zakresie 2V (uwaga prawidłową na polaryzację napięcia stałego). Przełącznikami funkcyjnymi na płycie czołowej makiety ustawić rodzaj sygnału (bez prostowania i z prostowaniem oraz rodzaj parametru amplitudowego który ma być mierzony).

## 3. Wykonanie pomiarów

Do układu pomiarowego (rys. 5), doprowadzić z generatora sygnał badany: sinusoida, o częstotliwości  $f = 1$  kHz i amplitudzie  $A_d = A_u = 1$  V. Dla tak ustawionego sygnału zmierzyć jego wartości; skuteczną, średnią, szczytową i między-szczytową dla przypadku, kiedy badany sygnał

**Ćwiczenie nr 9. Pomiary podstawowych parametrów przebiegów elektrycznych**

zmienny nie jest prostowany i kiedy jest poddany prostowaniu jedno-połówkowemu oraz dwu-połówkowemu.



Rys. 5. Schemat połączeń urządzeń na stanowisku laboratoryjnym w celu obserwacji i pomiaru parametrów amplitudowych sygnałów zmiennych.

Wyniki porównać z wartościami wyznaczonymi na podstawie zależności podanych w tabeli 1 w niniejszej instrukcji. Pomiary powtórzyć dla sygnału o innym kształcie np. prostokątnym (częstotliwość i amplitudę sygnału pozostawić niezmienną). Czas wykonania punktu programu 30÷40 min.

### 1. Pytania kontrolne

- Wyjaśnij, co jest rozumiane pod pojęciem sygnał, a w szczególności sygnał elektryczny.
- Wymień i krótko omów parametry czasowe sygnału analogowego.
- Krótko omów parametry amplitudowe sygnału analogowego takie jak; amplituda sygnału oraz wartość skuteczna sygnału (podaj, graficzną interpretację tych parametrów).
- Krótko omów następujące parametry amplitudowe sygnału analogowego; wartość między-szczytowa, wartość średnia, wartość średnia z modułu sygnału (podaj, graficzną interpretację tych parametrów).
- Podaj, w jaki sposób określany jest współczynnik kształtu sygnału.
- Podaj, w jaki sposób określany jest współczynnik szczytu sygnału.
- Wyjaśnij wpływ oporności wewnętrznej źródła sygnału elektrycznego na wartość napięcia występującego na jego zaciskach. Określ, wpływ oporności wewnętrznej na wartość prądu dostarczanego do obciążenia. Odpowiedź uzasadnij za pomocą prostego rysunku.
- Jaką oporność wewnętrzną ma idealne źródło napięcia, a jaką idealne źródło prądu. Wyjaśnij jak te oporności wpływają na wartość sygnałów dostarczanych z tych źródeł do obciążenia. Odpowiedź uzasadnij za pomocą rysunku.

### 2. Literatura

- A. Jellonek, Z. Karkowski.: Miernictwo radiotechniczne. Wyd. III, WNT, Warszawa 1972r.
- Praca zbiorowa.: Elektrotechnika i elektronika dla nieelektryków. WNT, Warszawa 1971r.
- S. Bolkowski.: Teoria obwodów elektrycznych. WNT, Warszawa 1995r.

Opracował: dr inż. Piotr Ruszel

Instytut Inżynierii Biomedycznej i Pomiarowej Wydziału PPT Politechniki Wrocławskiej