

- Podstawy metrologii -
Ćwiczenie 1. Podstawowe rodzaje i ocena sygnałów

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z podstawowymi rodzajami sygnałów, ich właściwościami oraz zdobycie umiejętności generowania prostych przebiegów sygnałów zdeterminowanych i losowych, a także ich właściwej analizy - oceny i interpretacji.

2. WPROWADZENIE

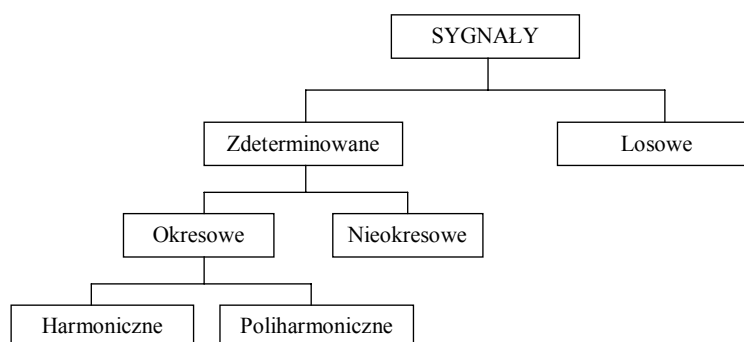
2.1. POJĘCIE SYGNAŁU

Sygnał jest inaczej mówiąc nośnikiem informacji. Każdy z nas zna wiele rodzajów sygnałów, które niosą ze sobą „informację”, np. sygnał dźwiękowy w samochodzie – ostrzeżenie, sygnał świetlny na skrzyżowaniu – informacja o kierunku przepływu strumienia pojazdów, itd. Powyższe przykłady pozwalają na proste przedstawienie idei sygnału. W praktyce znamy wiele rozwiązań różnych urządzeń dostarczających informacji o zmianie lub zaistnieniu pewnych zjawisk fizycznych (np. termometr, ciśnieniomierz, itp.). Jeżeli natomiast pierwotną postać tej informacji (temperatura, ciśnienie, przemieszczenie) zamienimy na bezpośrednio z nią związaną wielkość elektryczną (np. napięcie, prąd, itd.), to tę wielkość elektryczną można nazwać *sygnałem* [1]. W celu pełnego zobrazowania pojęcia sygnału poniżej przytoczono fragment definicji zaczerpniętej z Encyklopedii Multimedialnej PWN:

Sygnał, nośnik wiadomości (informacji) umożliwiający jej przesyłanie na odległość lub w czasie (rejestrację); może mieć postać umownego znaku (np. rysunku, liter) lub przebiegu wielkości fizycznej, którego co najmniej jeden parametr (np. kształt, częstotliwość, amplituda) zależy od przesyłanej nim wiadomości; rozróżnia się sygnały elektryczne (np. zmieniające się napięcie lub natężenie prądu), akustyczne (zmieniająca się częstotliwość dźwięku), optyczne (zmieniające się natężenie lub barwa światła), itd.

2.2. KLASYFIKACJA SYGNAŁÓW

Wszystkie sygnały możemy podzielić w sposób przedstawiony na Rys.1. Ponieważ w ramach ćwiczenia nie będziemy zajmować się analizą sygnałów losowych (z wyjątkiem generowania sygnału szumu), dlatego też podział sygnałów losowych nie został rozwinięty.



Rys.1. Podstawowa klasyfikacja sygnałów

Sygnały zdeterminowane – to takie, których przebiegi można w sposób jednoznaczny opisać za pomocą funkcji matematycznych, przy czym opis ten nie może zawierać wielkości losowych. Innymi słowy sygnałowi tego typu można przyporządkować model matematyczny, będący funkcją czasu, prędkości, położenia, itd.

Sygnały losowe – to takie, których nie można jednoznacznie opisać za pomocą funkcji matematycznych. W celu dokonania opisu sygnałów losowych należy użyć metod statystycznych.

Sygnały okresowe – to takie, które w dziedzinie czasu można opisać funkcją $x(t)$ taką, że istnieje T należące do przedziału $0 < T < +\infty$, że dla każdej chwili czasu t zachodzi równość:

$$x(t+T) = x(t),$$

przy czym wartość T nazywa się okresem sygnału.

Sygnały nieokresowe – sygnały, dla których nie jest spełniony warunek okresowości.

Sygnały harmoniczne – to takie, które w dziedzinie czasu można opisać funkcją harmoniczną:

$$x(t) = A \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi)$$

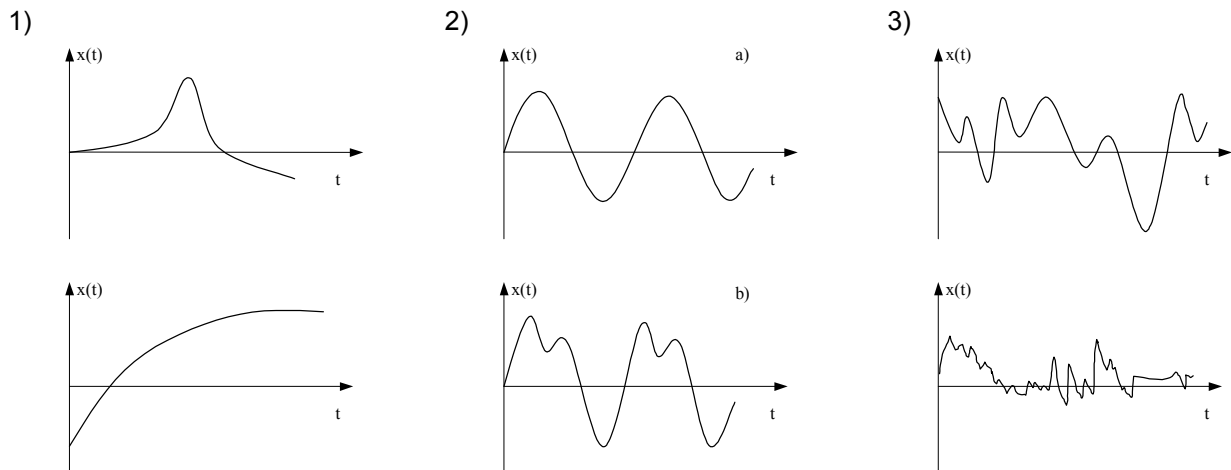
gdzie:

- A – amplituda sygnału (np. w mm),
- f_0 – częstotliwość (w Hz, czyli liczbie cykli na sekundę),
- $2 \cdot \pi \cdot f_0 = \omega_0$ – częstotliwość kątowna (w rad/s),
- φ - przesunięcie fazowe (rad),
- t – rozpatrywana chwila czasu (s).

Sygnały poliharmoniczne – to takie, które są kombinacją liniową co najmniej dwóch sygnałów harmonicznych, zwanych sygnałami składowymi. Liczba składowych sygnałów poliharmonicznego może być w ogólnym przypadku nieskończona. Poniżej przedstawiono przykład opisu matematycznego sygnału poliharmonicznego złożonego z sumy dwóch składowych harmonicznych:

$$x(t) = A_1 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_{01} \cdot t + \varphi_1) + A_2 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_{02} \cdot t + \varphi_2)$$

Aby sygnał mógł być uznany za poliharmoniczny, częstotliwość każdej jego składowej musi być całkowitą wielokrotnością pewnej częstotliwości f zwanej częstotliwością podstawową.



Rys.2. Przykłady realizacji sygnałów:

1) nieokresowych, 2) okresowych: a) harmonicznego, b) poliharmonicznego, 3) losowych.

2.3. POJĘCIE CZASU, DZIEDZINA CZASU

Dziedzina czasu, stanowi obszar obserwacji i opisu sygnału. Jeżeli obserwujemy przebieg pewnej wielkości fizycznej, który jest obserwowany lub rejestrowany w pewnych odstępach czasowych (np. pomiar wartości skutecznej przyspieszeń drgań mierzony na obudowie łożyska turbozespołu i próbkowany z pewną stałą częstotliwością) to ten przebieg da się przedstawić jako funkcję czasu. Jeżeli sygnał ten będziemy zapisywać stosując odpowiedni rejestrator, to otrzymamy przebieg czasowy przyspieszeń drgań w dziedzinie czasu. Przebieg taki nosi nazwę realizacji sygnału. Tak więc wszystkie sygnały obserwowane w dziedzinie czasu dostarczają informacji o czasowej realizacji (czasowym przebiegu) sygnału. Podstawowym pojęciem w powyższych rozważaniach jest czas. Czas – w ujęciu diagnostycznym – można podzielić na czas mikro i czas makro. **Czas mikro** jest to czas w którym dokonuje się obserwacji realizacji sygnału wyrażany w ms, μ s, s, natomiast **czas makro** jest czasem życia obiektu lub czasem występowania pewnych rzadkich zjawisk – wyrażany np. w dniach, miesiącach, latach, itd.

2.4. SYGNAŁY CIĄGŁE I DYSKRETNE

Z rejestracją sygnałów wiążą się pojęcia sygnału ciągłego i dyskretnego. Różnica pomiędzy nimi polega na zapisie i przechowywaniu realizacji sygnału. Przyjrzyjmy się poniższym definicjom [4] i komentarzom:

Sygnał ciągły – jest sygnałem analogowym, którego wartości należą do ciągłego (nieprzeliczalnego) zbioru i mogą się zmieniać w dowolnej chwili. Sygnał ciągły można uzyskać w wyniku rejestracji na taśmie magnetofonowej dowolnego przebiegu wielkości fizycznej w czasie rzeczywistym. Jego zaletą jest to, że zawiera on wszelkie informacje o zmianie wielkości mierzonej w czasie

Sygnał dyskretny – sygnał, którego wartości należą do zbioru przeliczalnego (dyskretnego). Jest to inaczej sygnał, który uzyskamy w wyniku ciągłego prowadzenia pomiaru i zapisu wartości sygnału w pewnych odstępach czasowych np. co 10 s.

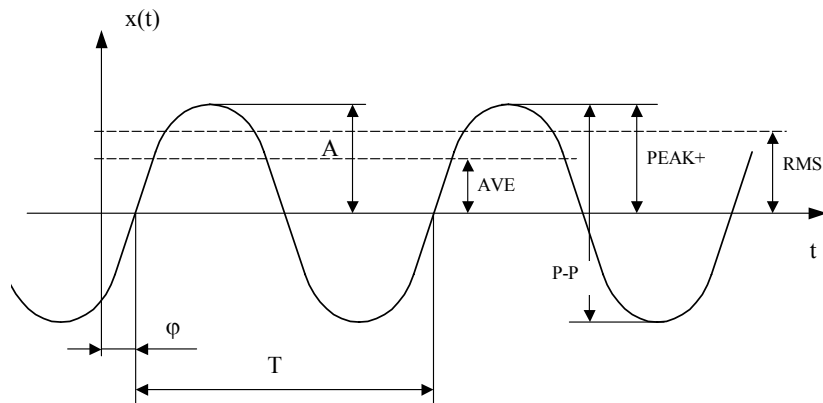
Sygnał cyfrowy – sygnał dyskretny, którego wartości należą do zbioru skończonego. Jest to sygnał, którego reprezentację czasową zapisuje się za pomocą cyfrowych urządzeń, w wyniku czego z uwagi na skończoną wielkość pamięci można zapisać tylko określoną liczbę wartości realizacji czasowej sygnału, np. 25,6 kB próbek sygnału.

Sygnał ciągły można traktować jako sygnał dyskretny o nieskończenie małej rozdzielczości częstotliwościowej, czyli o nieskończenie małym czasie pomiędzy zanotowanymi dwoma kolejnymi wartościami sygnału.

2.5. SYGNAŁY HARMONICZNE

Na Rys.2. przedstawiono przykładowy przebieg sinusoidalnego sygnału harmonicznego, przy czym: A – reprezentuje amplitudę przebiegu, a φ - jest przesunięciem fazowym mierzonym w [rad] od początku osi czasu. Rozpatrywany sygnał jest okresowy, a więc powtarza się co jeden pełny okres (cykl). Liczba okresów sygnału w jednostce czasu, zliczona w czasie 1 sekundy realizacji sygnału, nosi nazwę **częstotliwości** sygnału f_o i wyrażana jest w Hz. Zależność pomiędzy okresem sygnału a częstotliwością jest następująca:

$$T = \frac{1}{f_o}$$



Rys.2. Przykładowy przebieg sygnału harmonicznego (funkcja sinusoidalna)

Sygnały harmoniczne opisywane są również za pomocą cech liczbowych. Są to:

Wartość średnia (AVE):

$$X_{AVE} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} |x(t)| dt = \frac{2}{\pi} A \approx 0,637 A$$

Wartość skuteczna (RMS): - jest to pierwiastek z wartości średniej podniesionej do kwadratu

$$X_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} x^2(t) dt} = \frac{A}{\sqrt{2}} \approx 0,707 A$$

Wartość szczytowa dodatnia i ujemna (PEAK+, PEAK-):

$$X_{PEAK+} = \max x(t) = A \quad X_{PEAK-} = \min x(t) = -A$$

Wartość międzyszczytowa (szczyt-szczyt; P-P):

$$X_{P-P} = X_{PEAK+} - X_{PEAK-} = 2A$$

Pomiędzy przedstawionymi powyżej wielkościami zachodzą związki, które przedstawiono poniżej w postaci współczynników. Należy również podkreślić, że podane we wzorach wartości liczbowe dotyczą sygnałów harmonicznnych.

Współczynnik kształtu (K):

$$K = \frac{X_{RMS}}{X_{AVE}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,111$$

Współczynnik szczytu (C):

$$C = \frac{X_{PEAK}}{X_{RMS}} = \sqrt{2} = 1,414$$

Współczynnik impulsowości (I):

$$I = \frac{X_{PEAK}}{X_{AVE}} = \frac{\pi}{2} = 1,571$$

- Podstawy metrologii -
Ćwiczenie 1. Podstawowe rodzaje i ocena sygnałów

2.6. POJĘCIE SZUMU

Pojęcie szumu możemy interpretować jako wszelkiego rodzaju zakłócenia występujące podczas obserwacji różnych sygnałów bądź zjawisk. Najprostszym przykładem jest prowadzenie rozmowy w parku. Sygnałem informacyjnym są fale dźwiękowe (mowa), natomiast zakłóceniem jest szum liści. W pewnych przypadkach szum ten może być tak silny, że będzie niemal całkowicie zakłócał sygnał mowy. Innym przykładem są szумы własne urządzeń elektronicznych, nośników magnetycznych, urządzeń pomiarowych, itp. Tak więc występowanie zakłóceń (szumów) jest zjawiskiem normalnym i bardzo częstym.

W ujęciu diagnostycznym - cechą charakterystyczną szumu jest losowość (przypadkowość) przebiegu. Istnieją metody pozwalające na wyizolowanie sygnału od szumu tj. korelacja, uśrednianie synchroniczne, filtracja, czy też zastosowanie algorytmów wygładzania wykładniczego. Zastosowanie poszczególnych metod zależy przede wszystkim od typu sygnału oraz od tego, co chcemy z sygnału uzyskać – np. składową harmoniczną.

Dla potrzeb symulacji dyskretnych przebiegów szumu (realizowanej komputerowo) wyróżnić można szum o rozkładzie:

- jednostajnym, który jest określony przez dolną i górną granicę zakresu liczb. Zmienne są generowane z równym prawdopodobieństwem spośród wszystkich wartości zakresu, np. od 0 do 1.
- normalnym, który charakteryzują dwie wielkości: wartość średnia i odchylenie standardowe. W przypadku wartości średniej równej 1 i odchyleniu równym 0 uzyskamy linię prostą o równaniu $y=1$.
- dyskretny, określony przez wartości i związane z nimi prawdopodobieństwa. Suma prawdopodobieństw musi być równa 1.
- Bernoulliego oraz Poissona.

LITERATURA:

1. K.G.Beauchamp: Przetwarzanie sygnałów metodami analogowymi i cyfrowymi. WNT Warszawa 1978.
2. Cholewa W, Moczulski W.: Diagnostyka techniczna maszyn. Pomiar i analiza sygnałów. Skrypt uczelniany Politechniki Śląskiej nr1758. Gliwice 1993r.
3. Cholewa W., Kaźmierczak J.: Diagnostyka techniczna maszyn. Przetwarzanie cech sygnałów. Skrypt uczelniany Politechniki Śląskiej nr 1693. Gliwice 1992r.
4. Żółtowski B., Cwik Z.: Leksykon diagnostyki technicznej. Wydawnictwa uczelniane ATR Bydgoszcz. Warszawa 1996.