

# Laboratorium 9

## 1. Parametry sygnałów

Podstawowymi parametrami opisującymi sygnały są wielkości związane z ich czasem trwania oraz energią, jaką niosą. Są to takie parametry jak wartość średnia sygnału, jego energia oraz moc. Deterministyczny sygnał analogowy określać będziemy przez określenie jego przebiegu w czasie  $x(t)$ . Energia w teorii sygnałów jest zadana jako suma kwadratów amplitud sygnału - w porównaniu do definicji energii w fizyce nie zależy ona od zmienności sygnału. Dla przebiegu  $x(t)$  możemy określić:

### 1.1. Wartość średnia

$$\mu = \sum_{n=1}^N \frac{a_n}{N} \quad (1)$$

#### Przykład 1

Przeanalizować działanie funkcji `mean ( )`

```
X=[1, 2, 3 4];  
SREDNIA_X=mean(X) % 2.5000
```

### 1.2. Średnia Kwadratowa (Wartość RMS – Root Mean Square)

Średnia kwadratowa –  $n$  liczb  $a_1, a_2, \dots, a_n$  jest to pierwiastek ze średniej arytmetycznej kwadratów tych liczb (2):

$$a_{RMS} = \sqrt{\sum_{n=1}^N \frac{a_n^2}{N}} \quad (2)$$

#### Przykład 2

Przeanalizować działanie funkcji `rms ( )` – Root Mean Square.

```
X=[1, 2, 3];  
RMS_X=rms(X) % sqrt(1^2+2^2+3^2)/3 2.1602
```

### 1.3. Współczynnik szczytu

Współczynnik szczytu = Wartość maksymalna/RMS.

Proszę zapoznać się z funkcją – `peak2rms ( )`

### **Przykład 3**

```
fs=5000;  
t=0:(1/fs):1;  
X=sin(2*pi*2*t);  
plot(t, X, 'r', 'LineWidth', 3);  
RMS_X=rms(X)      %      0.7070  
w=peak2rms(X)      %      1.4144      (1/0.7070)= 1.4144
```

### **1.4. Współczynnik peak-to-peak**

Współczynnik peak-to-peak = wartość maksymalna - wartość minimalna

Proszę zapoznać się z funkcją – `peak2peak()`

### **Przykład 4**

```
fs=5000;  
t=0:(1/fs):1;  
X=sin(2*pi*2*t);  
plot(t, X, 'r', 'LineWidth', 3);  
p2p=peak2peak(X)      %      2
```

### **1.5. Wartość maksymalna i minimalna**

Proszę zapoznać się z funkcją do obliczenia wartości maksymalnej – `max()`

Proszę zapoznać się z funkcją do obliczenia wartości minimalnej – `min()`

### **Przykład 5**

```
fs=5000;  
t=0:(1/fs):1;  
X=sin(2*pi*2*t);  
plot(t, X, 'r', 'LineWidth', 3);  
[a, b]=max(X)  
[c, d]=min(X)
```

### **1.6. Wariancja (średnia arytmetyczna kwadratów odchyleń)**

Wariancja wyrażona jest wzorem (3):

$$Var(X) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - m_i)^2 \quad (3)$$

gdzie,  $x$  – wartość zmiennej,  $m$  – wartość oczekiwana,

Proszę zapoznać się z funkcją – `var()`

**Przykład 6**

`X=[1, 2, 6]`

`a=var(X)`    % 7 bo wartosc oczekiwana = 3,  
                  %  $((1-3)^2+(2-3)^2+(6-3)^2)/2 = (4+1+9)/2=14/2=7$

`X=[1, 2, 9]`

`a=var(X)`    % 19 bo wartosc oczekiwana = 4,  
                  %  $((1-4)^2+(2-4)^2+(9-4)^2)/2 = (9+4+25)/2=19$

`X=[1, 2, 3, 4, 5]`

`a=var(X)`    % 2.5 bo wartosc oczekiwana = 3,  
                  %  $((1-3)^2+(2-3)^2+(3-3)^2+(4-3)^2+(5-3)^2)/4 =$   
                  %  $=(4+1+0+1+4)/4=10/4=2.5$

**1.7. Odchylenie standardowe**

Odchylenie standardowe wyrażone jest wzorem (4):

$$std = \sqrt{Var(X)} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - m_i)^2} \quad (4)$$

gdzie,  $x$  – wartość zmiennej,  $m$  – wartość oczekiwana,

Proszę zapoznać się z funkcją – `std()`

**Przykład 7**

`X=[1, 2, 6]`

`stdX=std(X)`    % 2.6458 bo `sqrt(7)= 2.6458`

`X=[1, 2, 9]`

`stdX=std(X)`    % 4.3589 bo `sqrt(19)= 4.3589`

`X=[1, 2, 3, 4, 5]`

`stdX=std(X)`    % 1.5811 bo `sqrt(2.5)= 1.5811`

### **1.8. Energia sygnału dyskretnego**

Energia sygnału dyskretnego wyrażona jest wzorem (5):

$$E = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x(n)|^2 \quad (5)$$

Energia dla sygnału dyskretnego, gdzie  $x(n)$  – kolejne wartości sygnału.

### **1.9. Średnia moc sygnału dyskretnego**

Średnia moc sygnału dyskretnego wyrażona jest wzorem (6):

$$P = \lim_{N \rightarrow \infty} \left( \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N |x(n)|^2 \right) \quad (6)$$

Średnia moc dla sygnału dyskretnego, gdzie  $x(n)$  – kolejne wartości sygnału.

### **1.10. Wartość RSS – Root Sum Square**

RSS – Suma liczby kwadratów,  $n$  kolejnych wartości sygnału  $a_1, a_2, \dots, a_n$  (7):

$$a_{RSS} = \sqrt{\sum_{n=1}^N a_n^2} \quad (7)$$

### **Zadania do wykonania**

W sprawozdaniu powinny znaleźć się:

- 1) Informacje na temat badanych parametrów sygnałów.
- 2) Wykonane zadania – skrypty w m.plikach oraz otrzymane wykresy.
- 3) Wnioski z przeprowadzonych zadań.

#### **Zad 1**

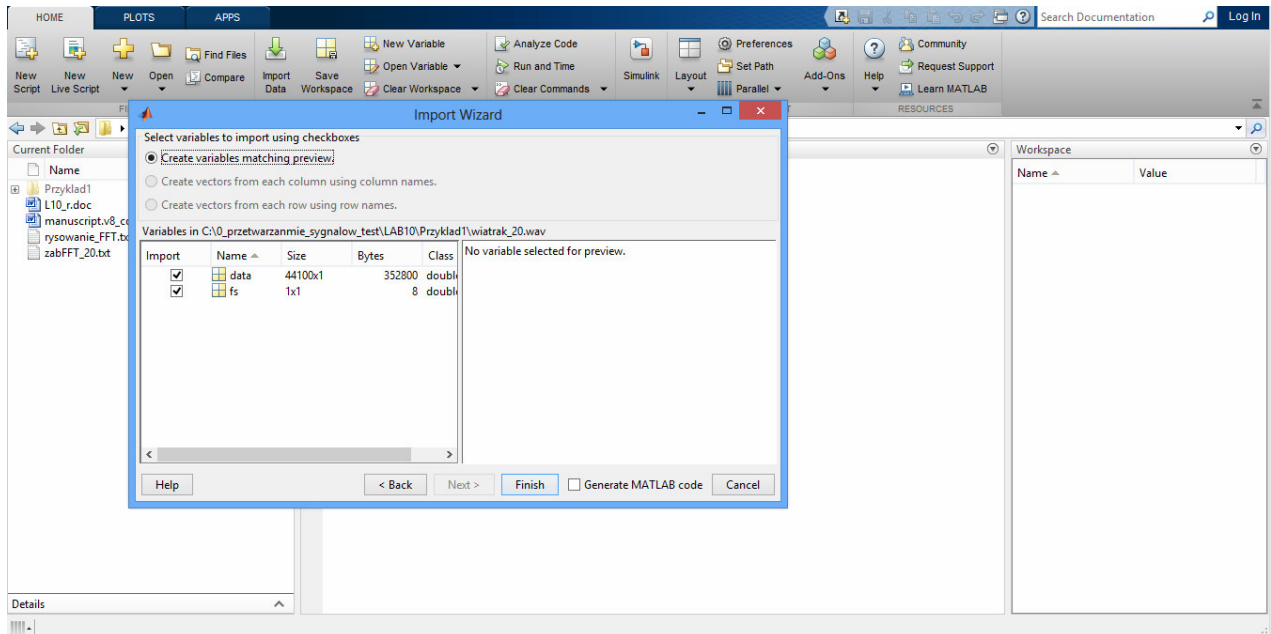
Obliczyć wartość średnią z sygnałów  $X=[0, 1, 3]$ , wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

#### **Wskazówka**

Proszę wczytać plik wiatrak\_20.wav

Proszę kliknąć przycisk (Rys. 1) Import->wiatrak\_20.wav

## Przetwarzanie sygnałów cyfrowych



Rys. 1 Wybieranie opcji "import" w Matlabie

### Zad 2

Obliczyć RMS z sygnałów  $X=[0, 1, 3]$ , wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

### Zad 3

Obliczyć współczynnik szczytu z sygnałów  $X=[0, 1, 3]$ , wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

### Zad 4

Obliczyć współczynnik peak-to-peak z sygnałów  $X=[0, 1, 3]$ , wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

### Zad 5

Obliczyć wartość maksymalną i minimalną z sygnałów  $X=[0, 1, 3]$ , wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

### Zad 6

Obliczyć wariancję z sygnałów  $X=[0, 1, 3]$ , wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

### Zad 7

Obliczyć odchylenie standardowe z sygnałów  $X=[0, 1, 3]$ , wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

## **Przetwarzanie sygnałów cyfrowych**

### **Zad 8**

Obliczyć energię z sygnałów  $X=[0, 1, 3]$ , wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

Wskazówka

Użyć funkcji `sum()`

### **Zad 9**

Obliczyć średnią moc z sygnałów:  $X=[0, 1, 3]$ , wiatrak20.wav, przekladnia20.wav, funkcji kosinus:

```
t = 0:0.001:1-0.001;
```

```
X = cos(2*pi*100*t);
```

Wskazówka

Użyć funkcji `bandpower()`

### **Zad 10**

Obliczyć RSS z sygnałów:  $X=[0, 1, 3]$ , wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

Wskazówka

Użyć funkcji `rssq()`

### **Zad 11**

Zapoznać się z funkcją do obliczania okresu sekwencji – `seqperiod()`

Obliczyć funkcję `seqperiod()` dla

```
X = [4 0 1 6;  
      2 0 2 7;  
      4 0 1 5;  
      2 0 5 6];
```

oraz

```
X = [4 0 1 6;  
      2 0 2 7;  
      4 0 1 5;  
      2 0 5 6;  
      1 0 1 7];
```

Zaobserwować różnicę i wyjaśnić wynik funkcji.

### **Zad 12**

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`

Znaleźć wartości szczytów (maksimów lokalnych) w sygnale:

```
fs=5000;  
t=0:(1/fs):1;  
X=sin(2*pi*2*t);  
Y=cos(2*pi*8*t);  
s=X+Y;  
plot(t, s, 'r', 'LineWidth', 3);
```

### **Zad 13**

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`

Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych) w sygnale:

```
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];  
plot(s)
```

### **Zad 14**

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`

Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych) oraz posortować od największego maksimum w sygnale:

```
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];  
plot(s)
```

Wskazówka

Użyć komendy:

```
[PEAKS_s, lokalizacja]= findpeaks(s, 'SortStr','descend')  
findpeaks(s, 'SortStr','descend')  
text(lokalizacja +.02, PEAKS_s,num2str((1:numel(PEAKS_s))))
```

### **Zad 15**

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`

Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych). dla sygnału:

```
x= [1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,10,11]  
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];  
plot(x,s)
```

## **Przetwarzanie sygnałów cyfrowych**

Zastosować parametr 'Threshold'. Zaobserwować co się stanie dla wartości parametru 'Threshold' równego 10, 5 i 0

### **Zad 16**

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`

Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych) dla sygnału:

```
x= [1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,10,11]
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];
plot(x,s)
```

Zastosować parametr 'MinPeakHeight'. Zaobserwować co się stanie dla wartości parametru 'MinPeakHeight' równego 12, 8 i 3

### **Zad 17**

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`

Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych). dla sygnału:

```
x= [1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,10,11]
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];
plot(x,s)
```

Zastosować parametr 'NPeaks'. Zaobserwować co się stanie dla wartości parametru 'NPeaks' równego 1 i 2.

### **Zad 18**

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`

Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych). dla sygnału:

```
x= [1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,10,11]
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];
plot(x,s)
```

Zastosować parametr 'MinPeakWidth'. Zaobserwować co się stanie dla wartości parametru 'MinPeakWidth' równego 1.

### **Zad 19**

Korzystając z funkcji `rms()`, przeprowadzić rozpoznawanie na próbkach WAV (wiatrak20.wav, wiatrak21.wav, wiatrak23.wav, wiatrak24.wav, przekladnia20.wav, przekladnia21.wav, przekladnia23.wav, przekladnia24.wav) z zastosowaniem K-NN (zastosować metrykę Manhattan). Zaobserwować wyniki.



## **Przetwarzanie sygnałów cyfrowych**

Do tworzenia wzorców można użyć: wiatrak20.wav, wiatrak21.wav, przekladnia20.wav, przekladnia21.wav

Do testowania można użyć: wiatrak23.wav, wiatrak24.wav, przekladnia23.wav, przekladnia24.wav

### **Wskazówka**

Proszę wczytać plik wiatrak\_20.wav

Proszę kliknąć przycisk Import->wiatrak\_20.wav

Zapis do pliku można wykonać komendą:

```
fid = fopen('RMS_wiatrak20.txt','w+t','n');  
fprintf(fid,'%f\n',x);  
fclose(fid)
```

Do rozpoznawania można użyć przykładowo następującej komendy:

```
D=sum(abs(RMS_wiatrak23 - RMS_wiatrak20))
```

```
D=sum(abs(RMS_wiatrak23 - RMS_wiatrak21))
```

```
D=sum(abs(RMS_wiatrak23 - RMS_przekladnia20))
```

```
D=sum(abs(RMS_wiatrak23 - RMS_przekladnia21))
```

### **Pytania**

- 1) Jakie są podstawowe parametry sygnałów?
- 2) Do czego mogą się przydać parametry sygnałów? Gdzie mogą być zastosowane?
- 3) Co by się stało gdybyśmy dodali do siebie wartości: RMS, RSS i maksymalną sygnału –  $y = x_{\text{RMS}} + x_{\text{RSS}} + x_{\text{MAX}}$ . Czy taka wartość będzie dla nas użyteczna? Odpowiedź uzasadnić.
- 4) Co takiego robi funkcja `findpeaks()`?