

# **PODSTAWY CYFROWEGO PRZETWARZANIA SYGNAŁÓW**

## **RAPORT**

### **LABORATORIUM 1 „SYGNAŁY”**

**Kurbiel Martyna, AiR, gr. 2 (Zajęcia na PCPS z gr.1 sek.1)**

**24.11.2020r.  
WTOREK 8:00-10:15**

## ZAD.1

I. Opis podstawowych sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości 1. Wygenerować zadane sygnały oraz wykreślić ich przebiegi czasowe w skali czasowej:

- sinus  $f = 2$  Hz,  $A = 1$ ,  $f_p = 64$  Hz,  $N = 64$ ,
- sygnał prostokątny  $f = 2$  Hz,  $A = 1$ ,  $f_p = 64$  Hz,  $N = 64$ ,
- szum losowy (biały szum) dla parametrów  $A = 1$ ,  $f_p = 1024$  Hz,  $N = 1024$ ,

2. Wykreślić i scharakteryzować przebiegi czasowe i gęstość widmową mocy sygnałów. Skomentować wyniki. Sprawdzić, czy częstotliwość sygnału odczytana z wykresu GWM zgadza się z odczytaną z przebiegu czasowego. Wygenerować i policzyć GWM sygnału losowego kilka razy – jak zmieniają się wyniki dla różnych realizacji szumu?

KOD:

```
% zazd.1 a)

f = 2; % czestotliwosc
N = 64; %ilosc probek
fp = N; %czestotliwosc probkowania
Tp=1/fp; % okres próbkowania
A=1; %amplituda
i = (0:N-1)';
y0=sin(2*pi*f/fp*i); %funkcja

%sinus
figure
plot(i*Tp, y0);
grid on;
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');
title('sinus');

%prostokatny
y=(2*pi*f/fp*i);

a=1;

for i=0:1:N-1

    if a<=16
        y(i+1)=A;
    elseif (a>16 && a<=32)
        y(i+1)=-A;
    end
    a=a+1;

    if(a==33)
        a=1;
    end
end

figure

plot(i*Tp, y);
grid on;
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');
```

```

title('Sygnał prostokątny');

%szum
fp2=1024;
N2=fp2;
Tp2=1/fp2; %okres probkowania
szum = randn(fp2,1); %syg.losowy o rozkładzie normalnym

t=0:1/1023:1;
i =(0:N2-1)';

figure
plot(i*Tp2,szum);
grid on
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');
title('szum losowy');

figure
plot(i(1:10)*Tp2,szum(1:10));
grid on;
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');
title('szum');

% zad. 1 b)

X_fft0 = Tp*fft(y0,N);
X_gwm0 = (abs(X_fft0(1:N/2)).^2)/N/Tp;

figure
plot(0:N/2-1,10*log10(X_gwm0)) %dla sin
title("Gestosc widmowa sygnału sinusoidalnego");
xlabel('Frequency [Hz]');
ylabel('PSD [dB]');
grid on;

X_fft = Tp*fft(y,N);
X_gwm = (abs(X_fft(1:N/2)).^2)/N/Tp;

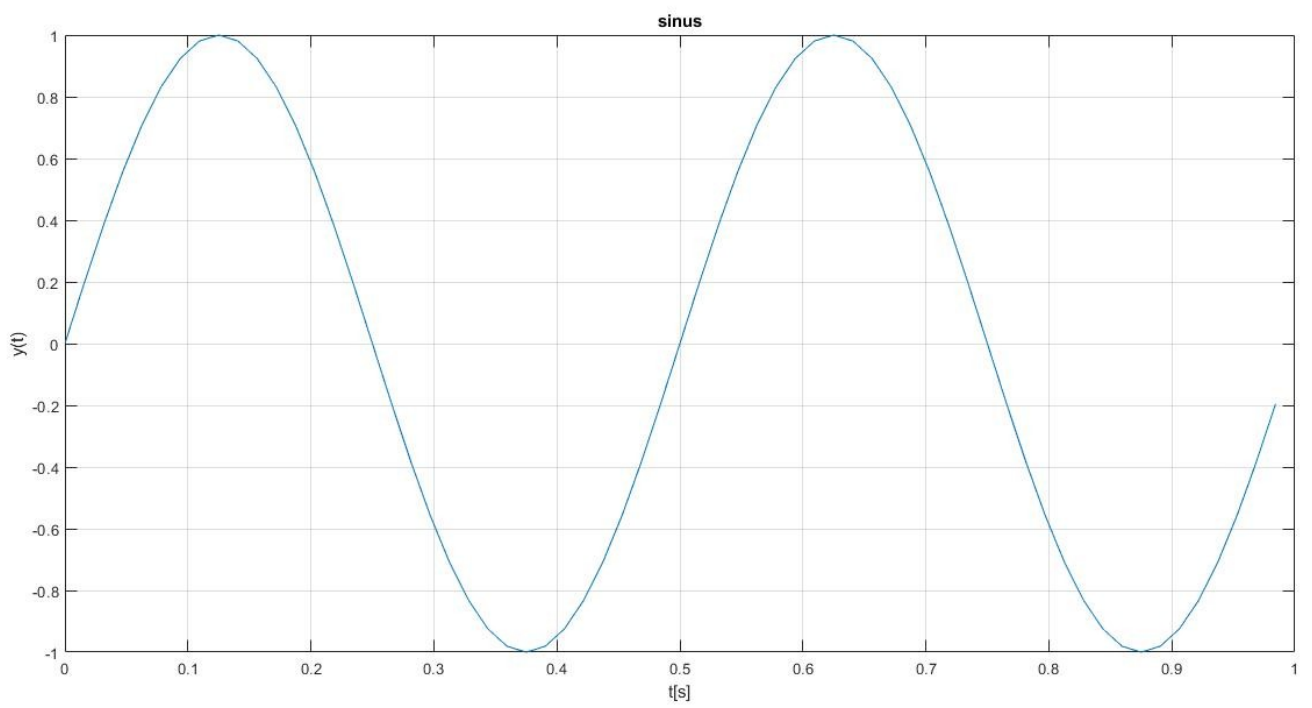
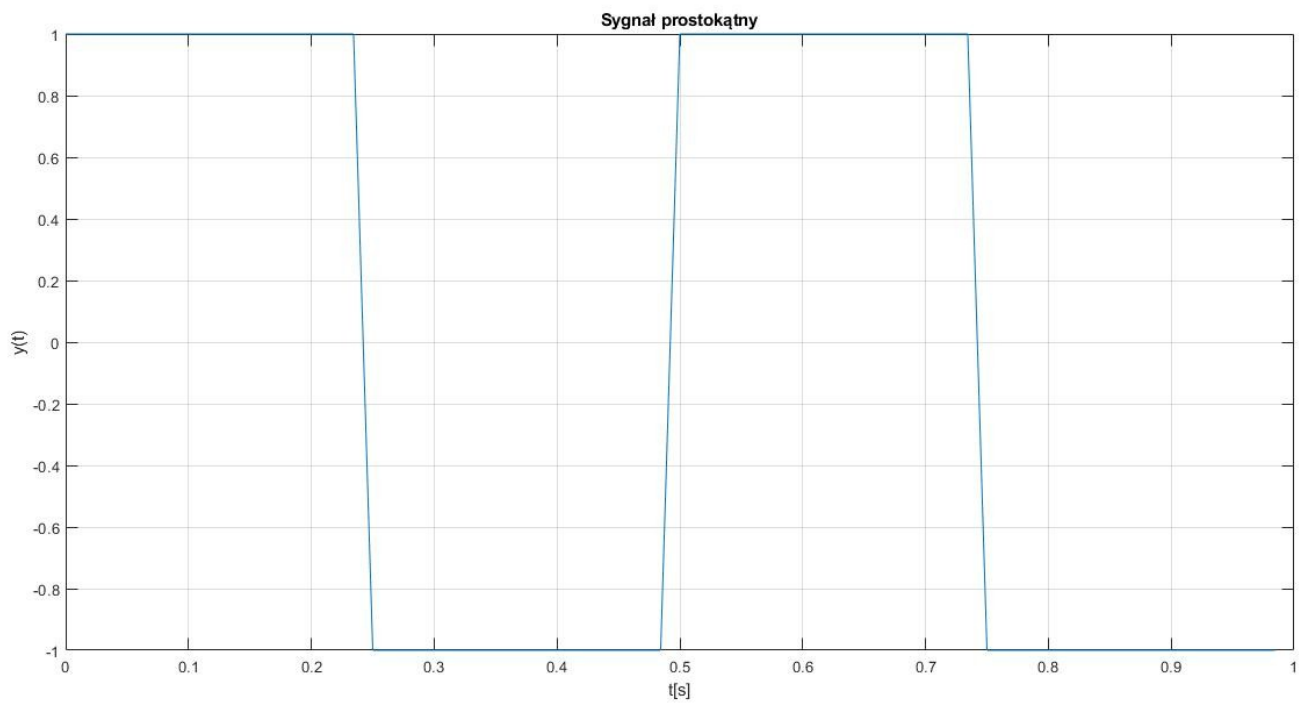
figure
plot(0:N/2-1,10*log10(X_gwm), '*') %dla prostokatnego
title("Gestosc widmowa sygnału prostokatnego");
xlabel('Frequency [Hz]');
ylabel('PSD [dB]');
grid on;

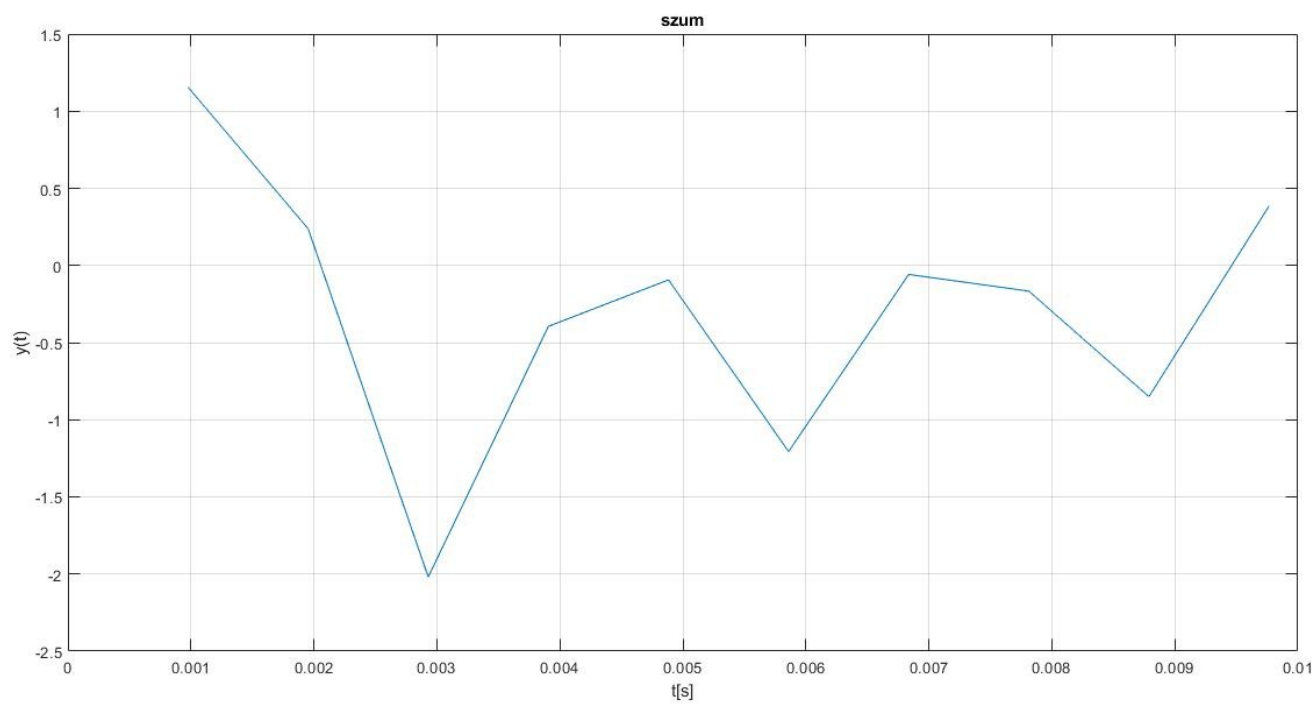
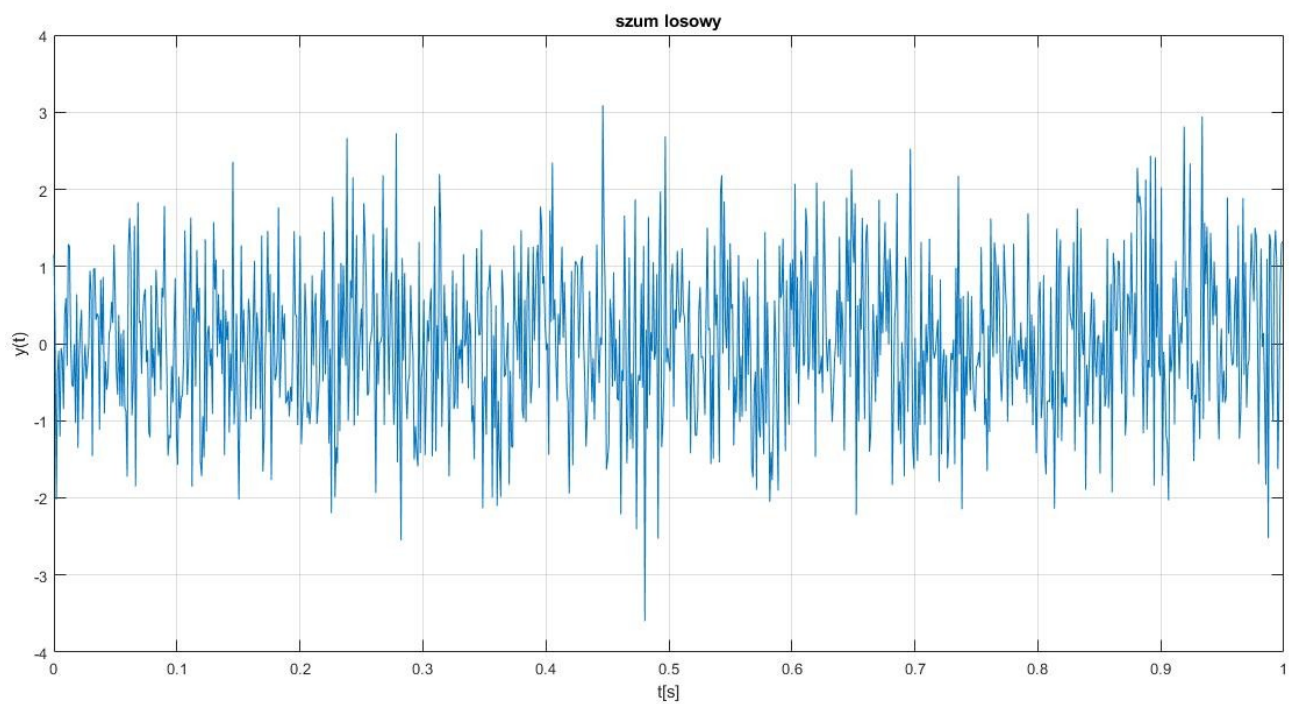
X_fft2 = Tp2*fft(szum,N2);
X_gwm2 = (abs(X_fft2(1:N2/2)).^2)/N2/Tp2;

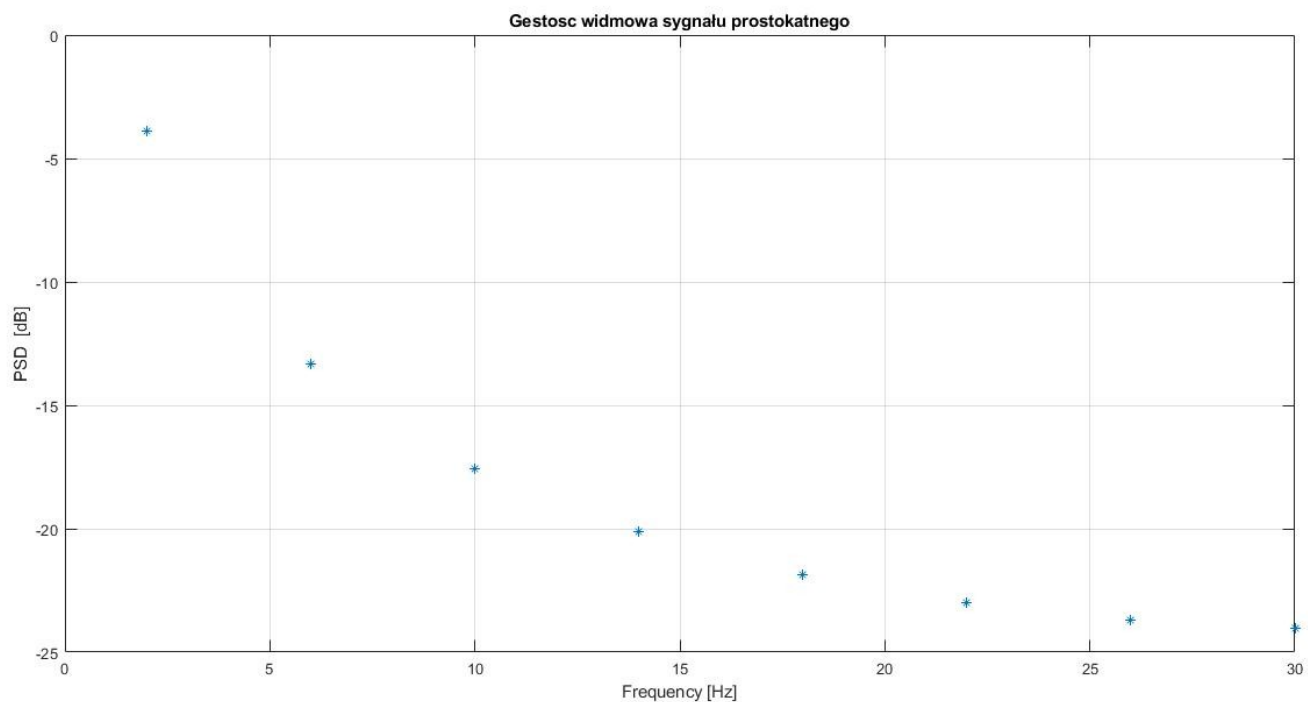
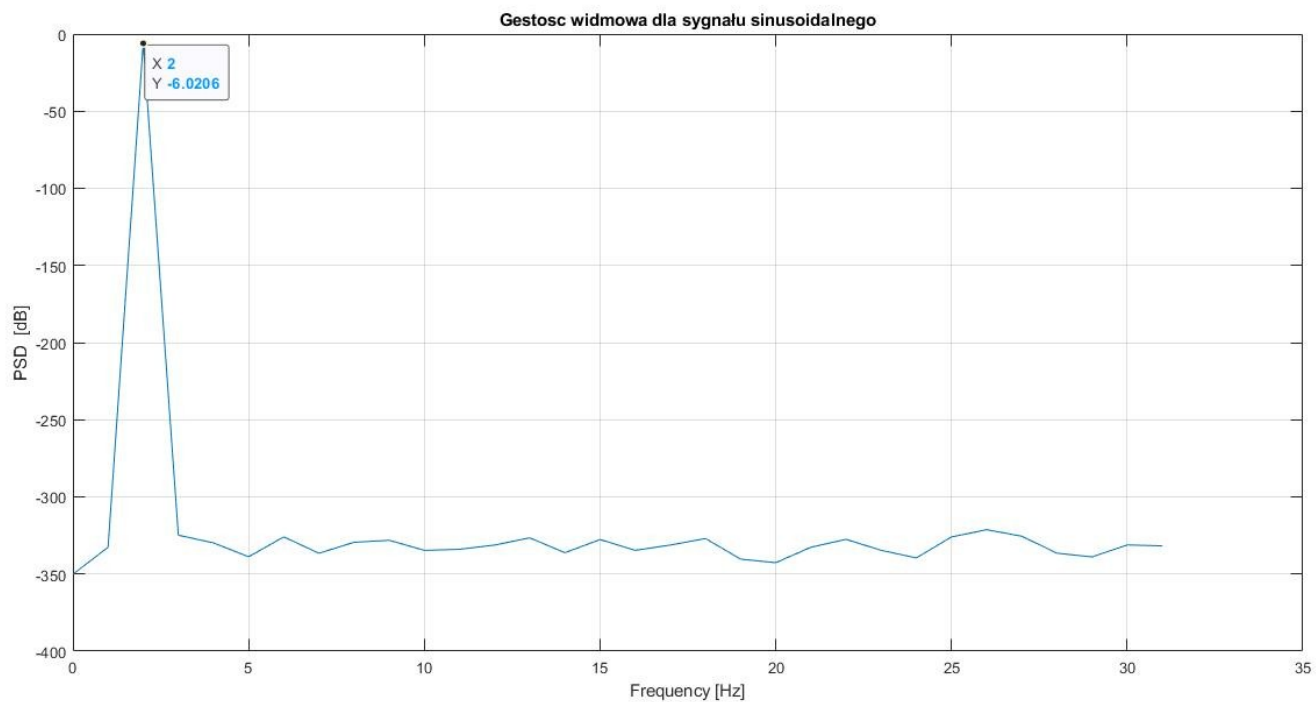
figure
plot(0:N2/2-1,10*log10(X_gwm2)) %dla szumu
title("Gestosc widmowa szumu");
xlabel('Frequency [Hz]');
ylabel('PSD [dB]');
grid on;

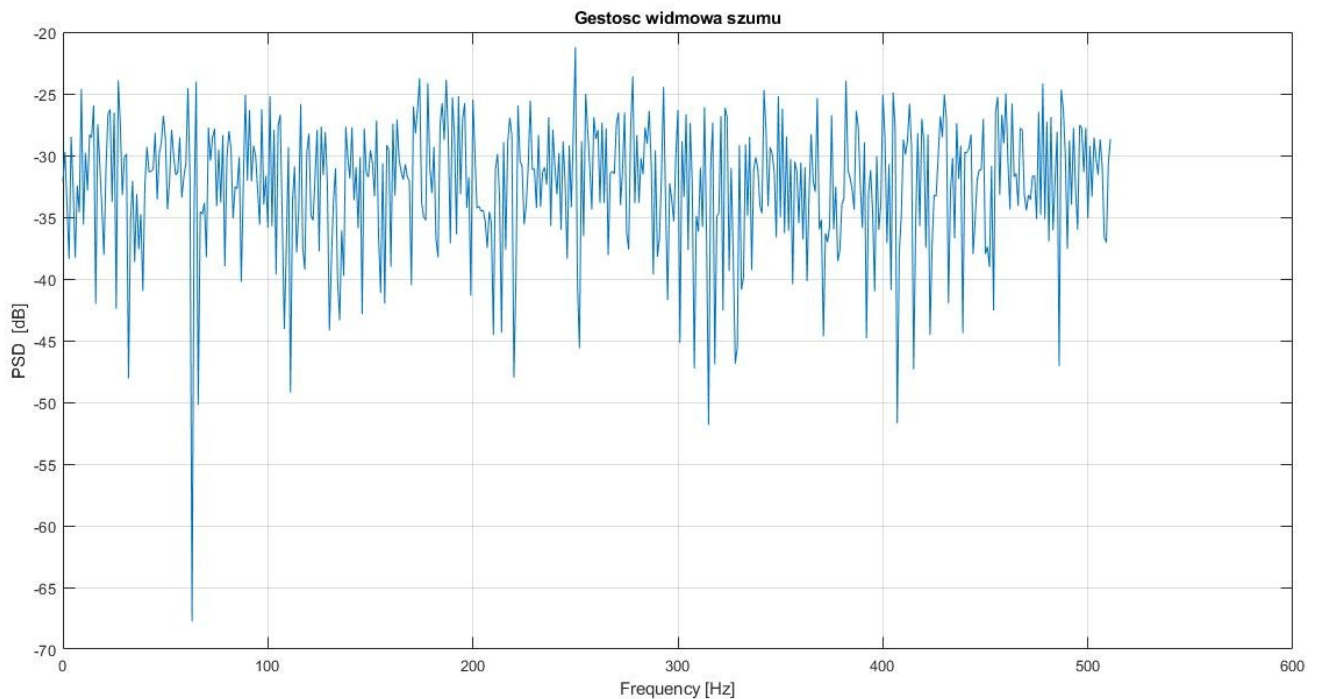
```

**WYKRESY:**









## ODP.

GWM sin: widać, że sygnał składa się z jednej składowej sinusoidalnej o częstotliwości 2 Hz – zgadza się z częstotliwością podaną fp.

GWM prost: Piki występują w równych odstępach czasowych i mają coraz mniejsze wartości. Częstotliwość 2 Hz zgadza się z częstotliwością podaną fp.

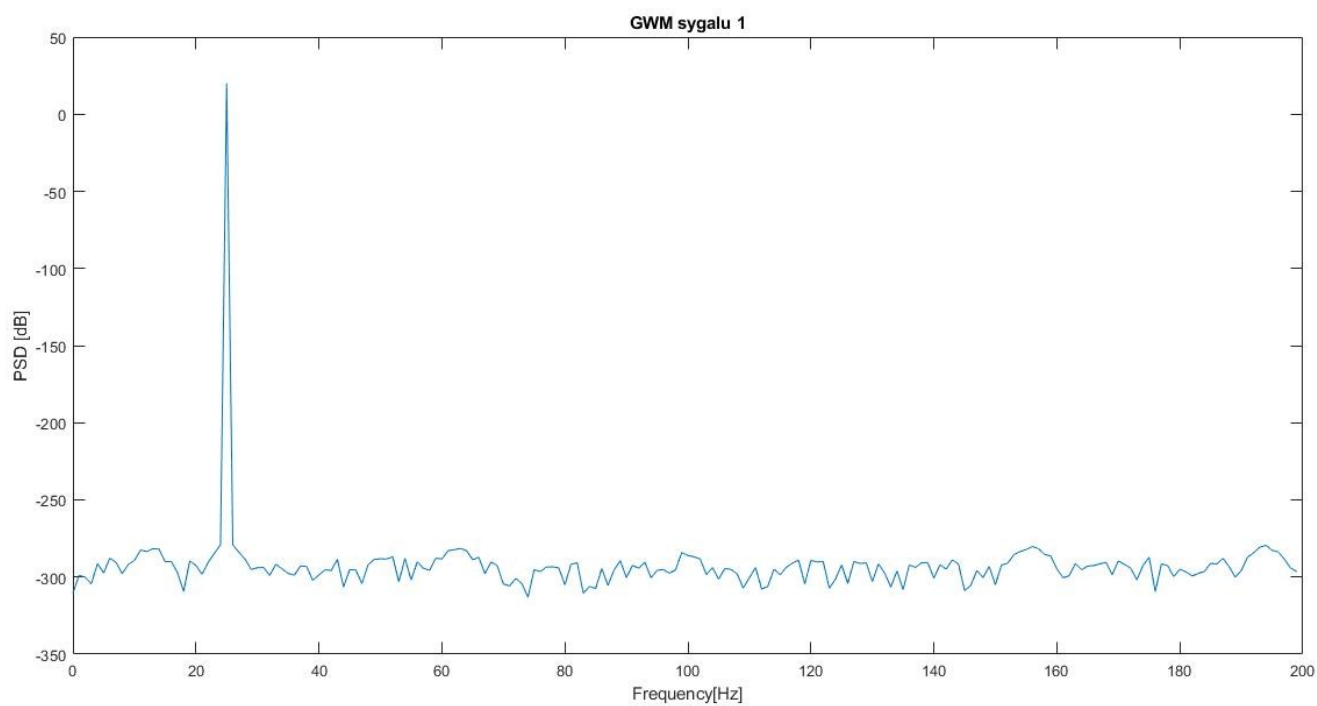
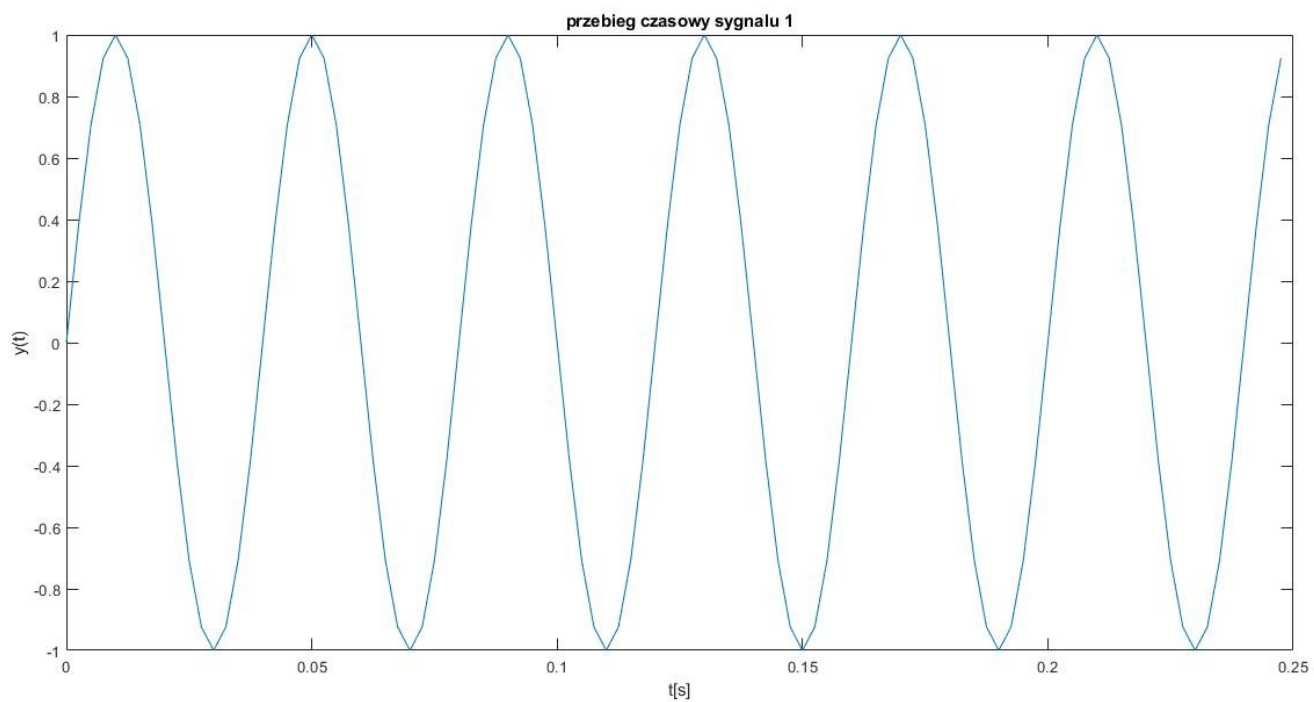
GWM szumu: wyniki zmieniają się dla różnych realizacji szumu - zmienia się częstotliwość, dla której pojedyncze składowe sinusoidalne są dominujące, zmienia się także ich liczba. Sygnał składa się z wielu składowych sinusoidalnych. Nie ma wyraźnych pików

## **ZAD 2. Opis złożonych sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości**

1. Wykreślić przebiegi czasowe podanych sygnałów (tylko 100 próbek dla czytelności wykresu) (plik sygnały.zip), scharakteryzować poszczególne sygnały na podstawie ich przebiegu czasowego. Częstotliwość próbkowania jest podana w nazwie każdego pliku.

2. Wykreślić gęstość widmową mocy sygnałów, obliczoną z rozdzielczością 1 Hz (czyli dla  $N = f_p$  próbek). Oś częstotliwości wyskalować w Hz. Scharakteryzować poszczególne sygnały na podstawie ich GWM. Przedyskutować związek przebiegu czasowego z GWM.

## WYKRESY:

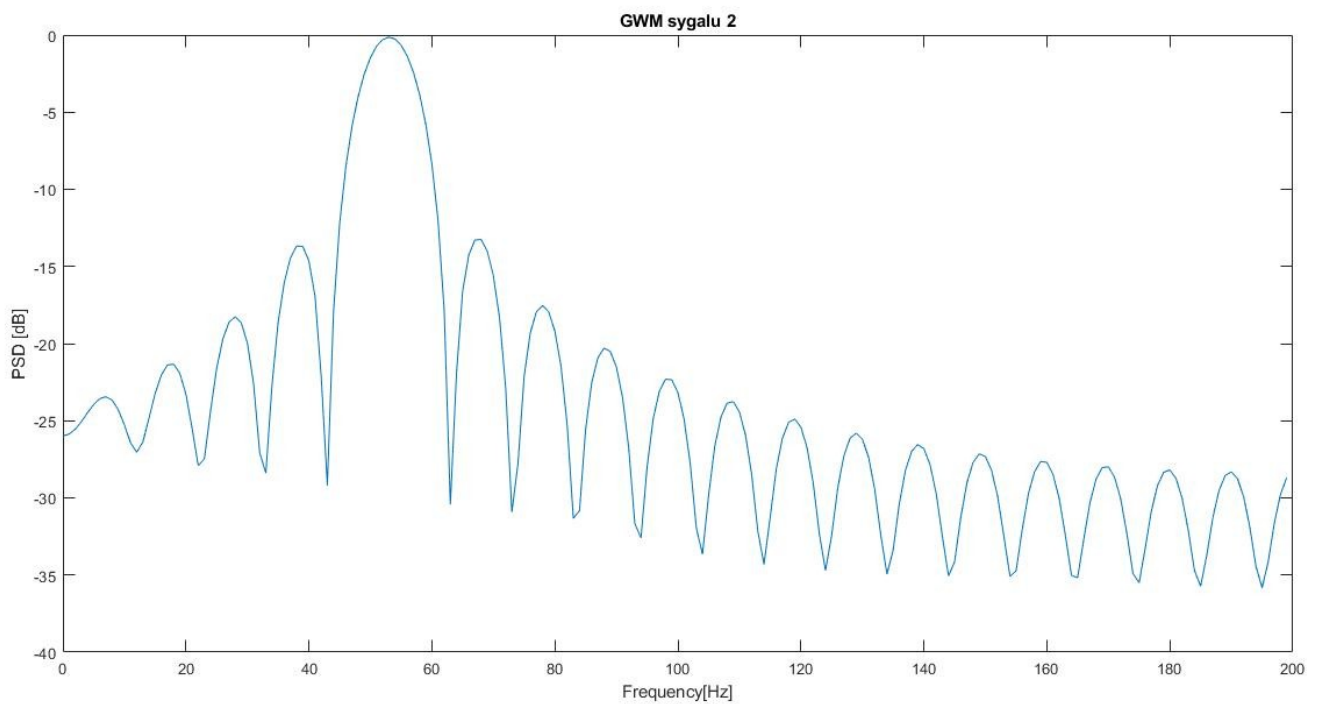


ODP: Występuje jeden pik o częstotliwości 25 Hz → w sygnale jest 1 sinusoida.

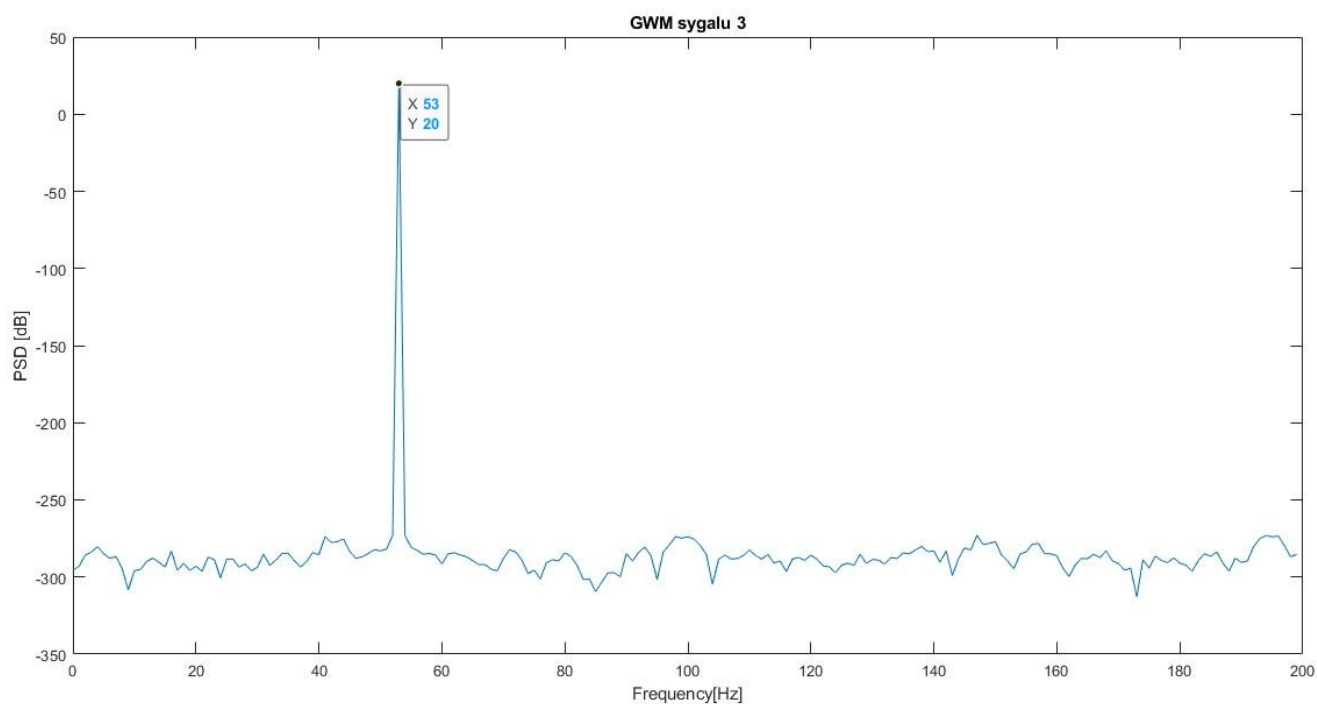
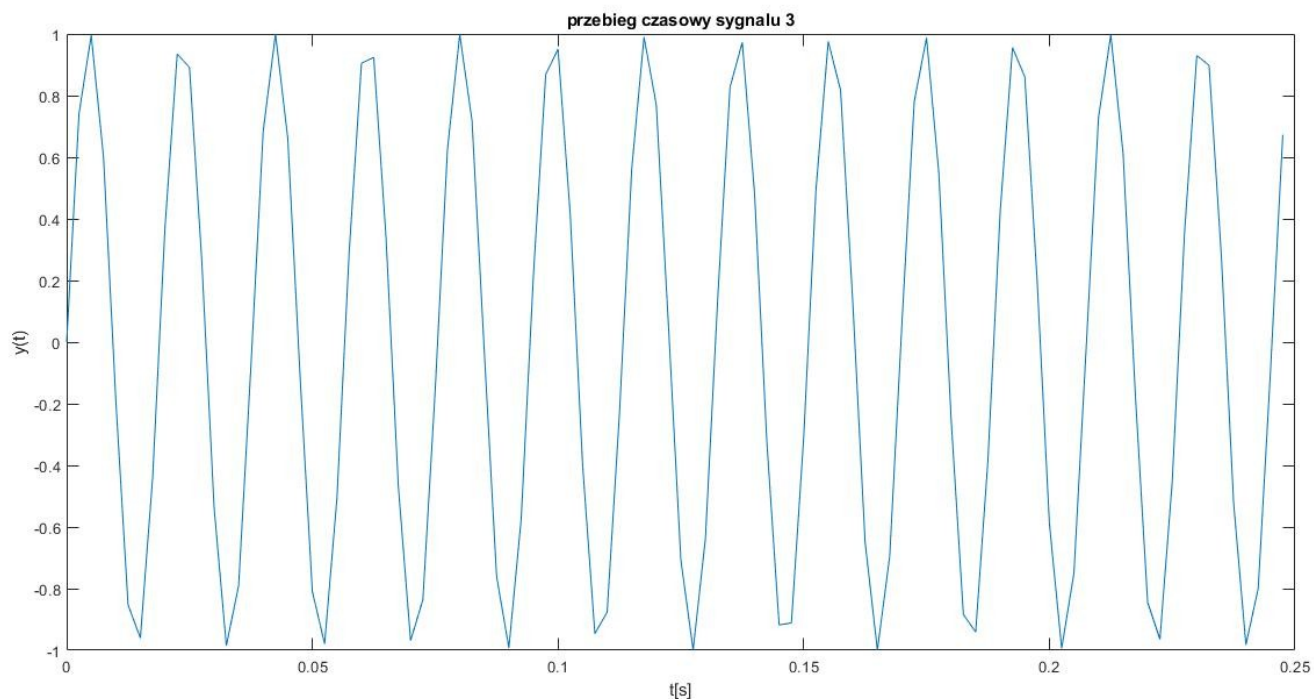


PROBLEM Z ODTWORZENIEM SYGNAŁU 2

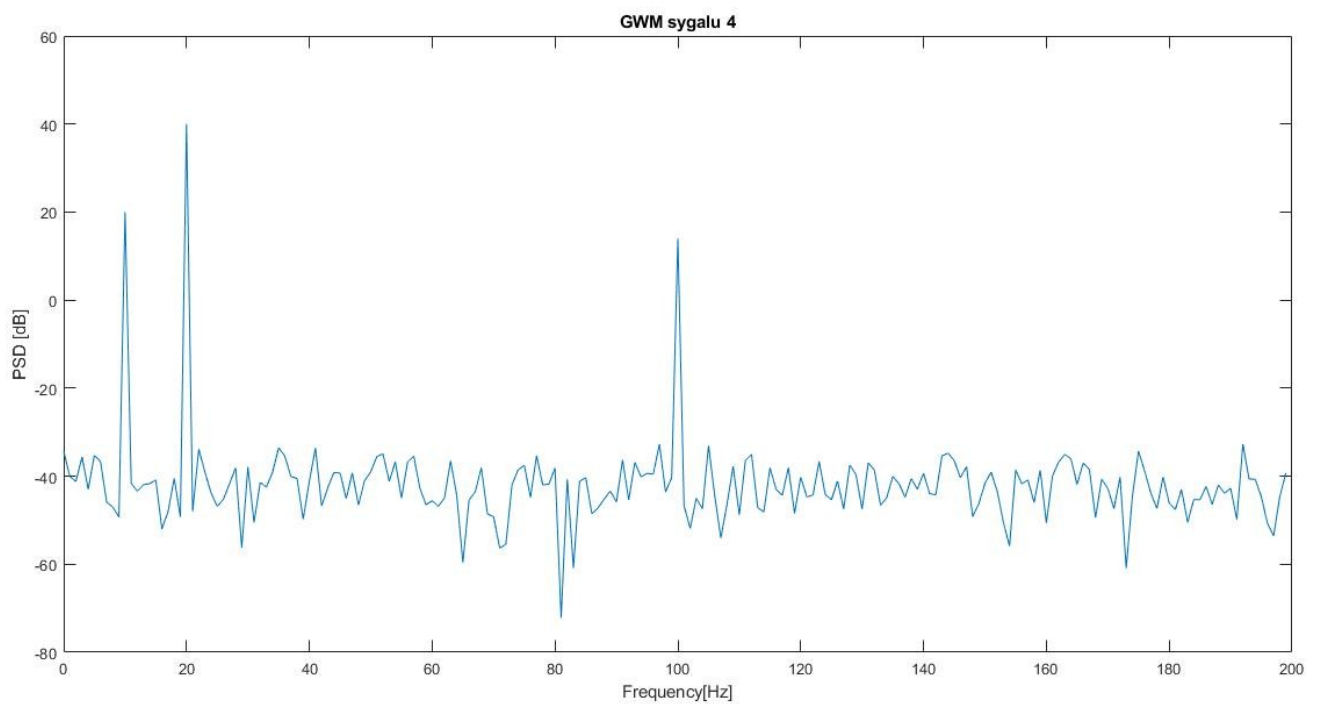
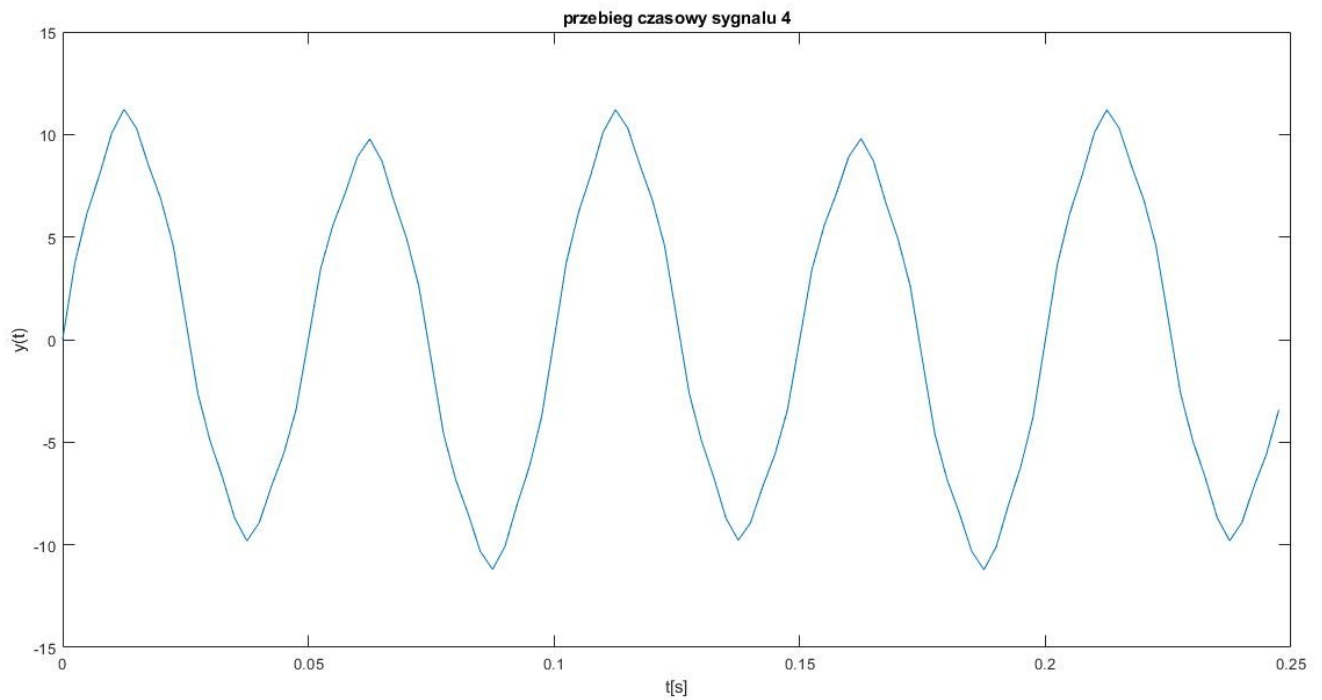
BRAK PRZEBIEGU CZASOWEGO DLA SYGNAŁU 2



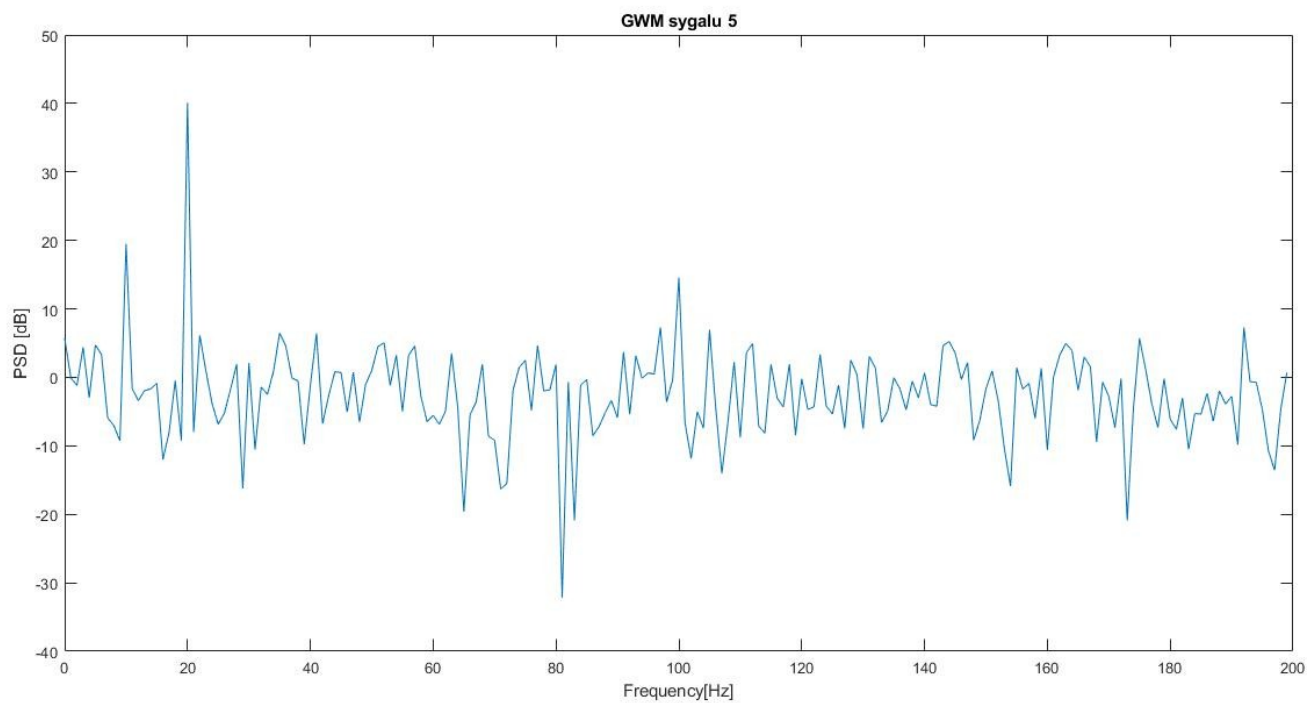
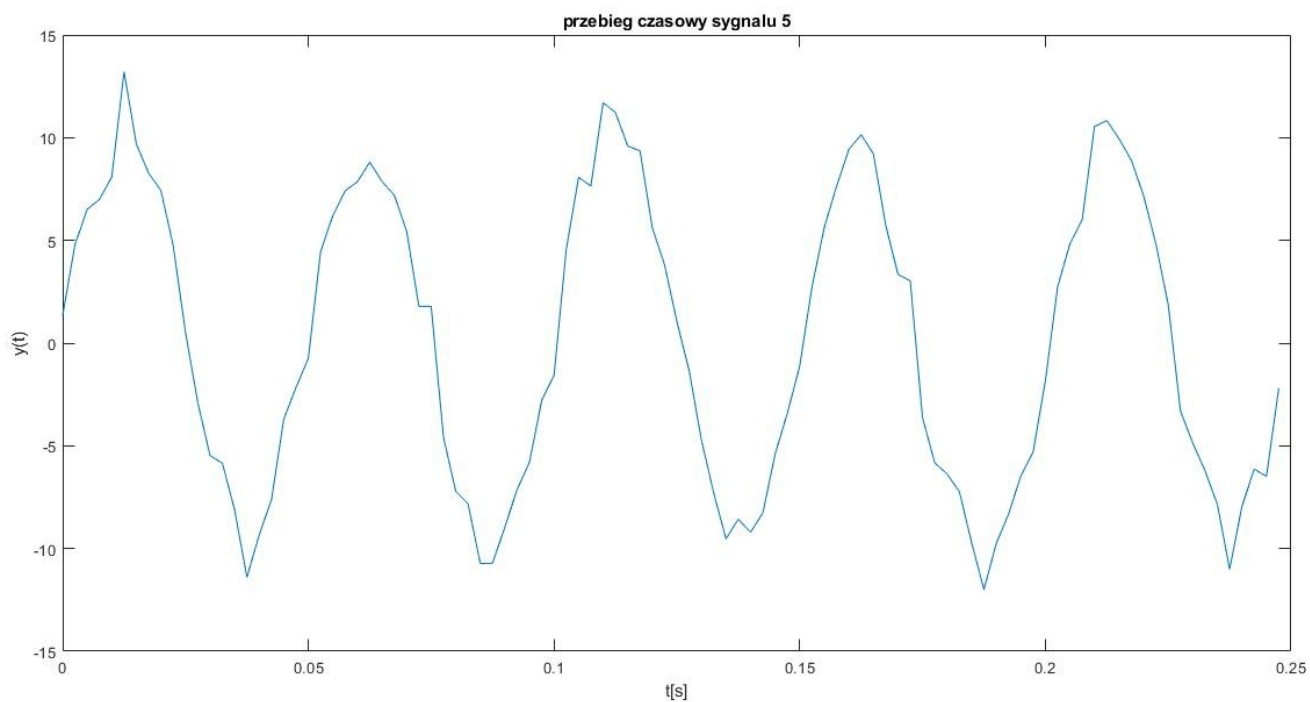
Jest to wyciek widma, spowodowany zbyt dużym okresem próbkowania (40).



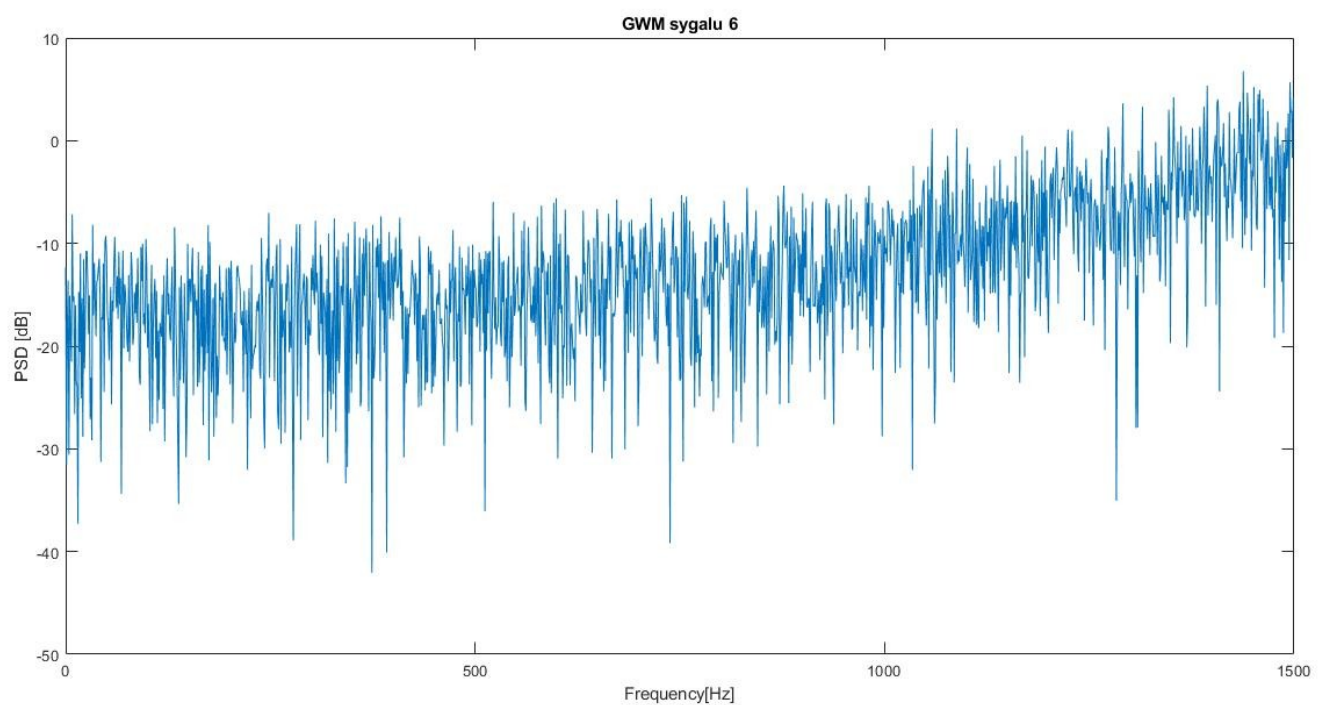
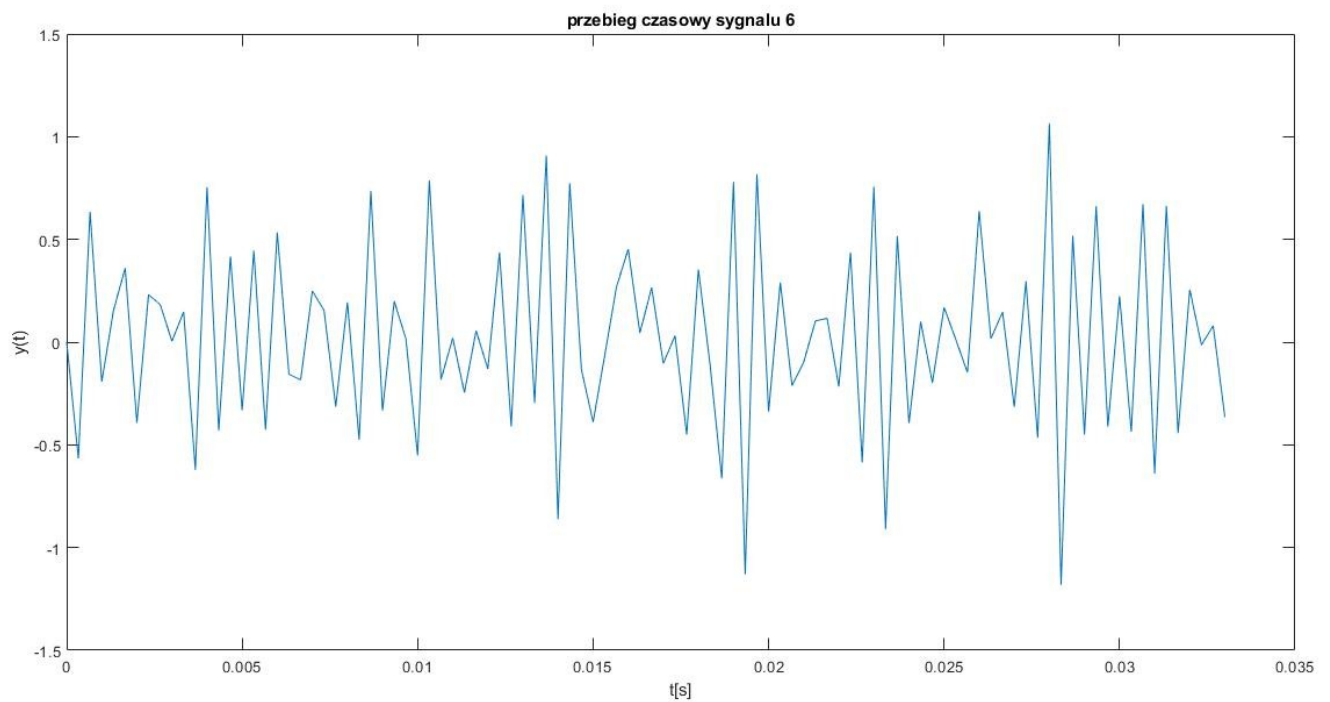
ODP: Na rysunku widoczny jeden pik o częstotliwości 53 Hz → w sygnale jest jedna sinusoida. Jest to ten sam sygnał co w zad. 2 ale ze zwiększoną liczbą próbek, co zapobiegło wyciekowi widma.



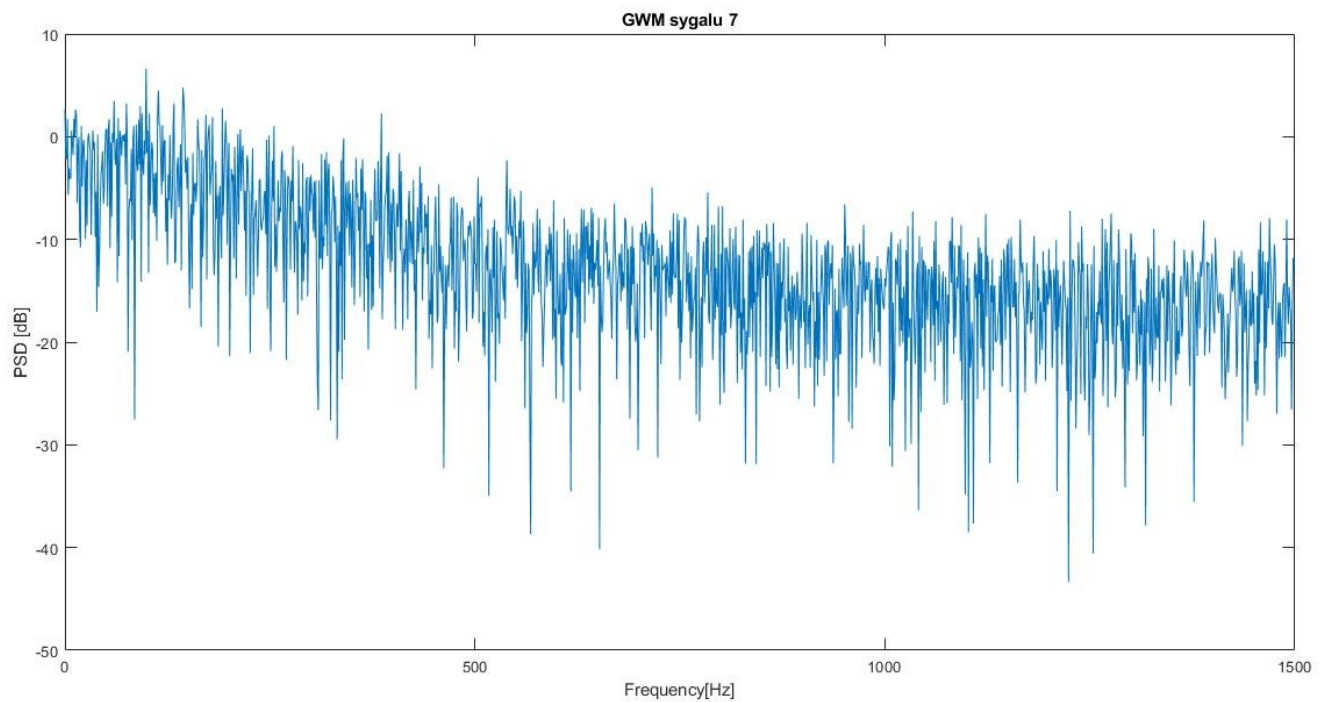
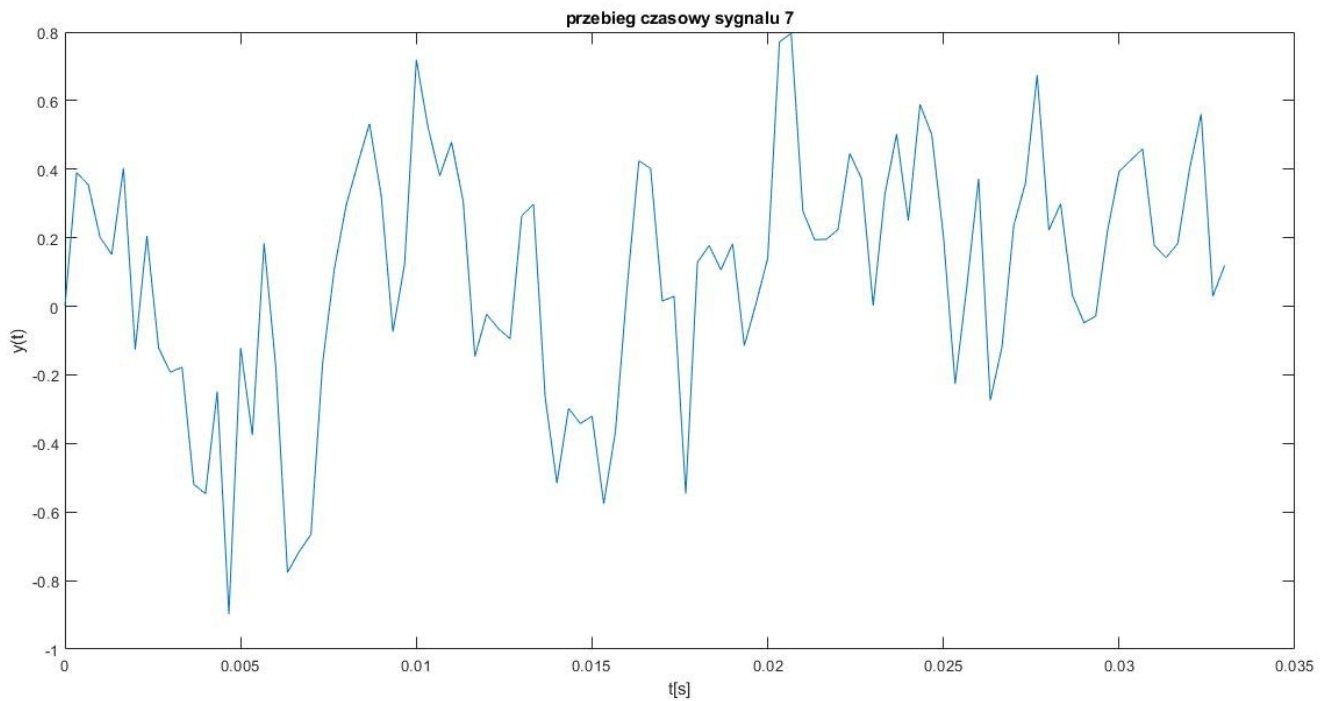
**ODP:** Na rysunku widoczne 3 piki o częstotliwościach 10, 20 i 100 Hz co świadczy o tym, że w sygnale są 3 nakładające się na siebie składowe sinusoidalne.



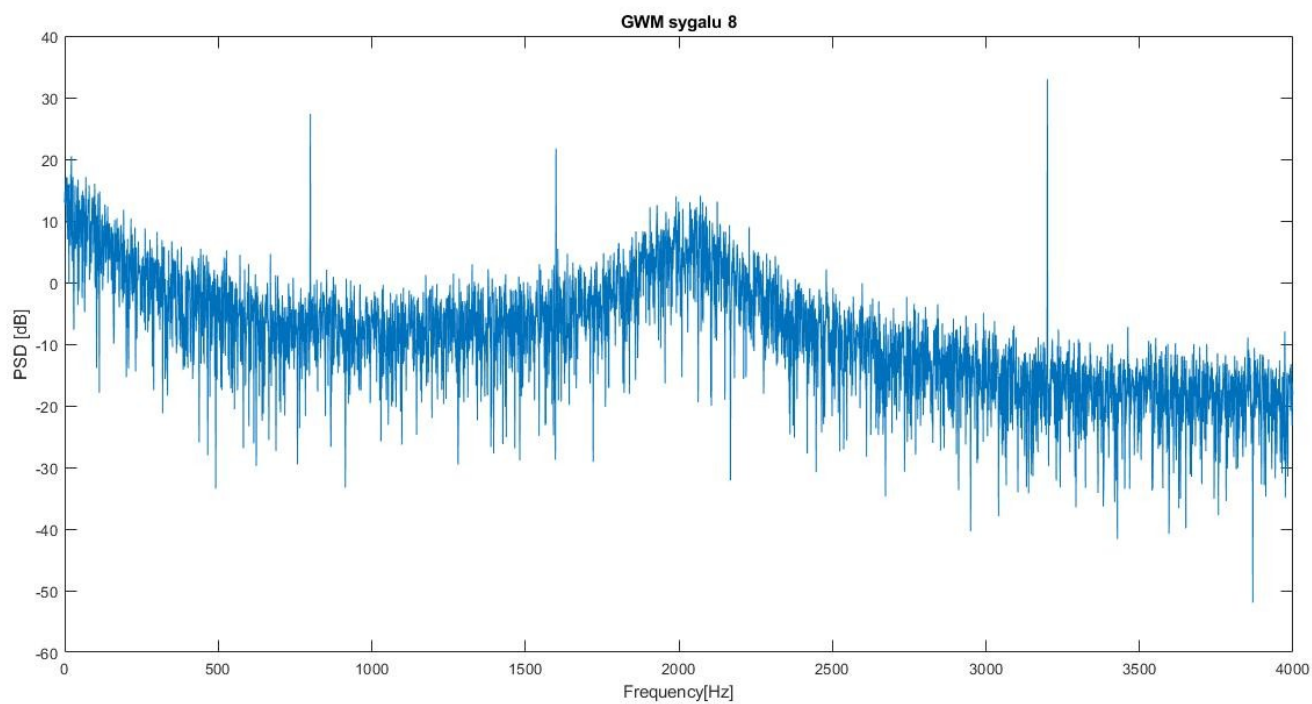
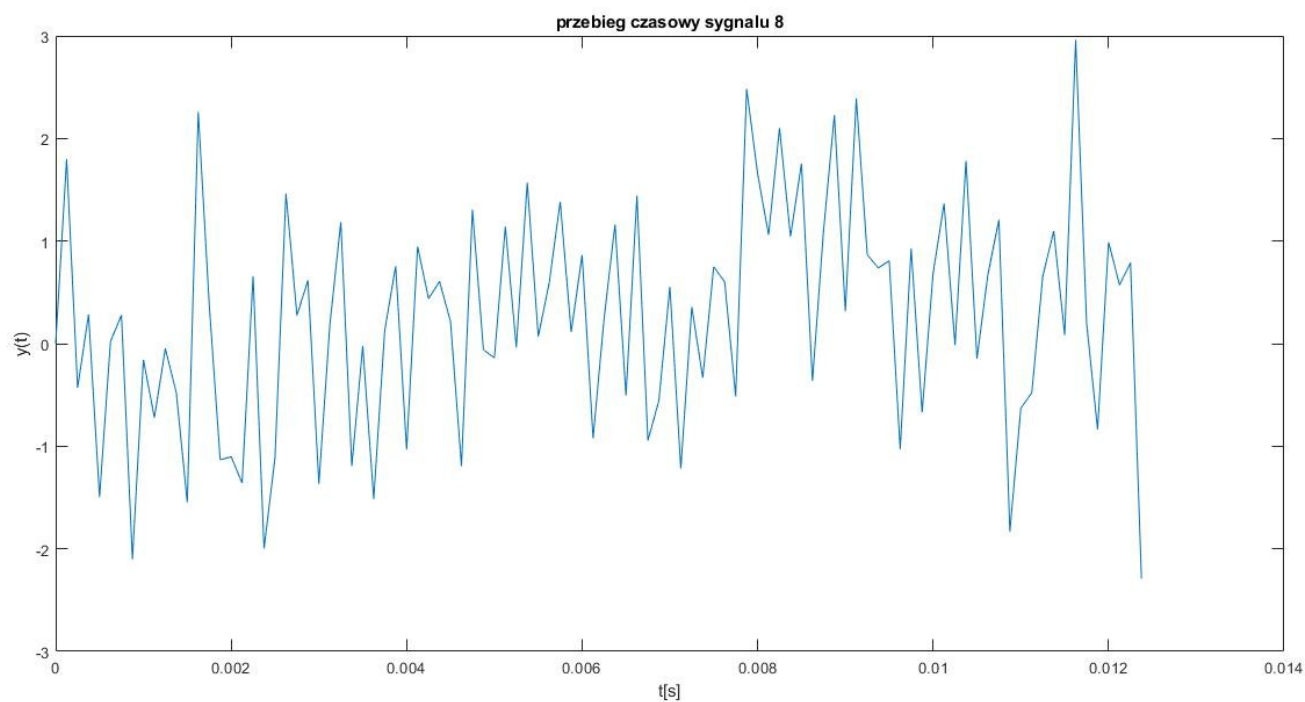
ODP: Na rysunku widoczne 3 piki o częstotliwościach, 10, 20 i 100 Hz, ale w poprzednim przykładzie miały one większy udział w stosunku do szumów.



ODP: Sygnał składa się z wielu składowych sinusoidalnych. Sygnał ma charakter narastający.

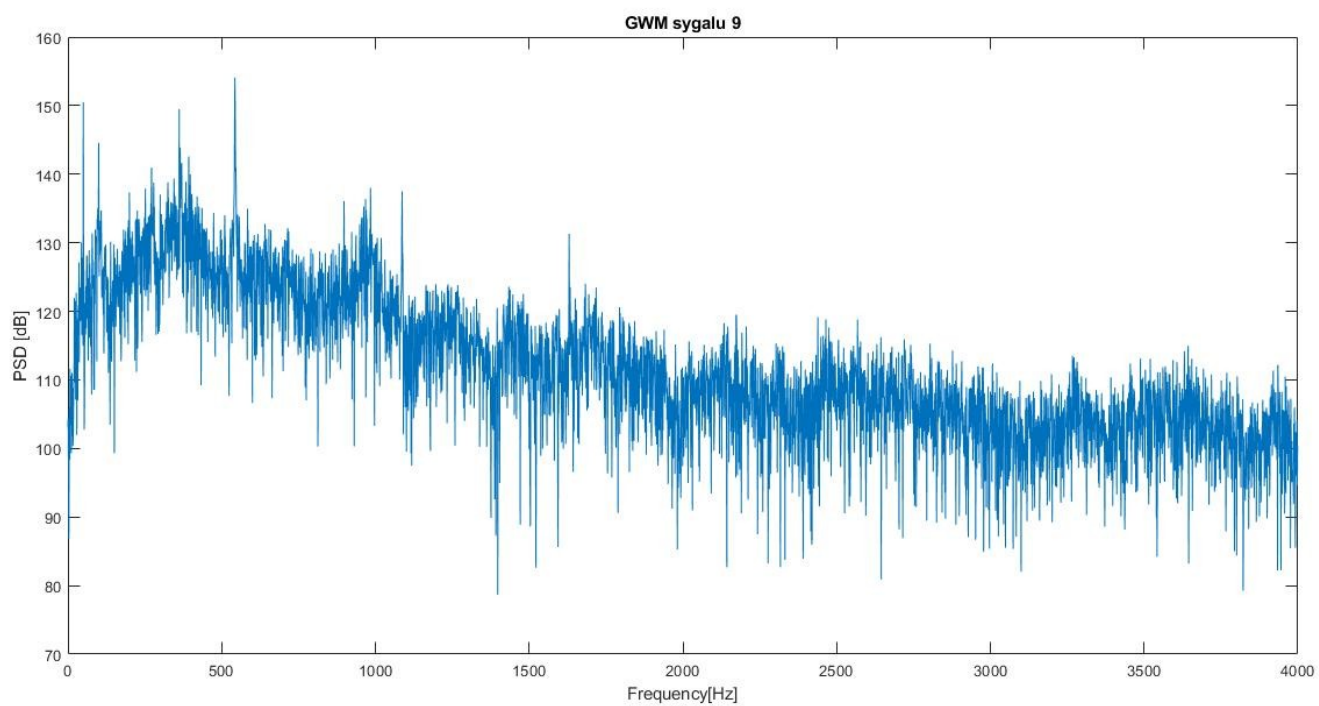
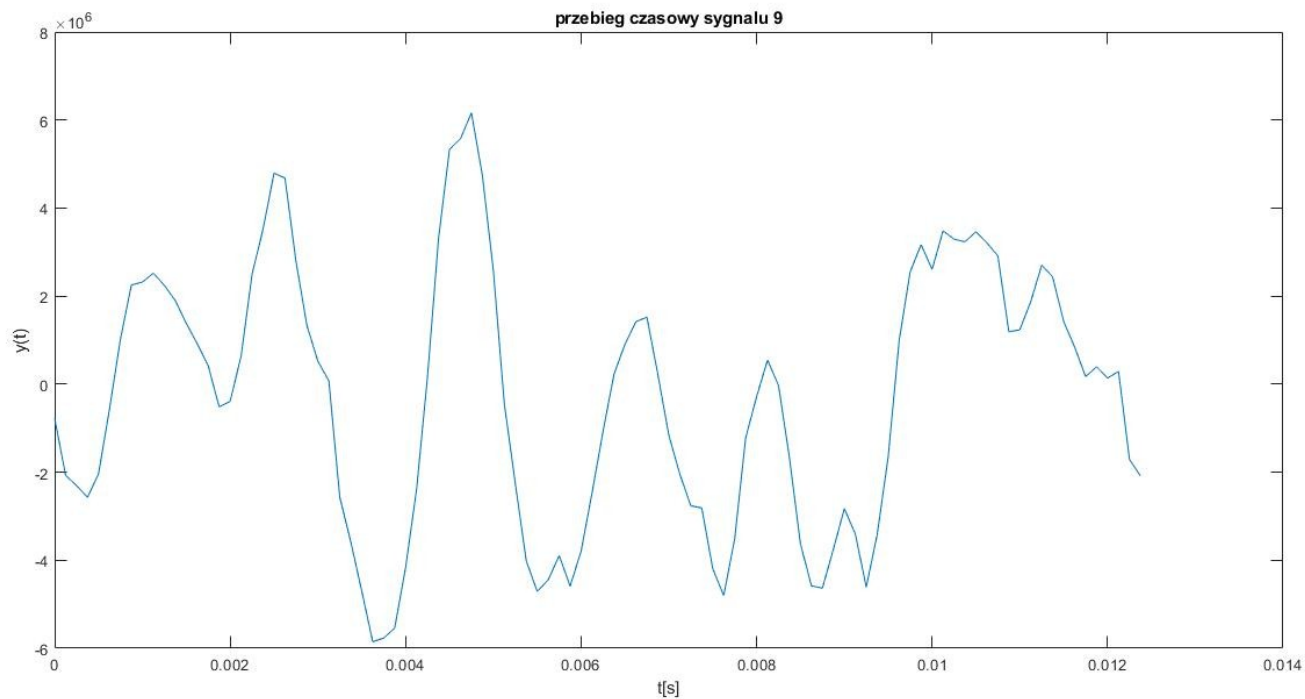


ODP: Sygnał składa się z wielu składowych sinusoidalnych. Sygnał ma charakter opadający. Jest to



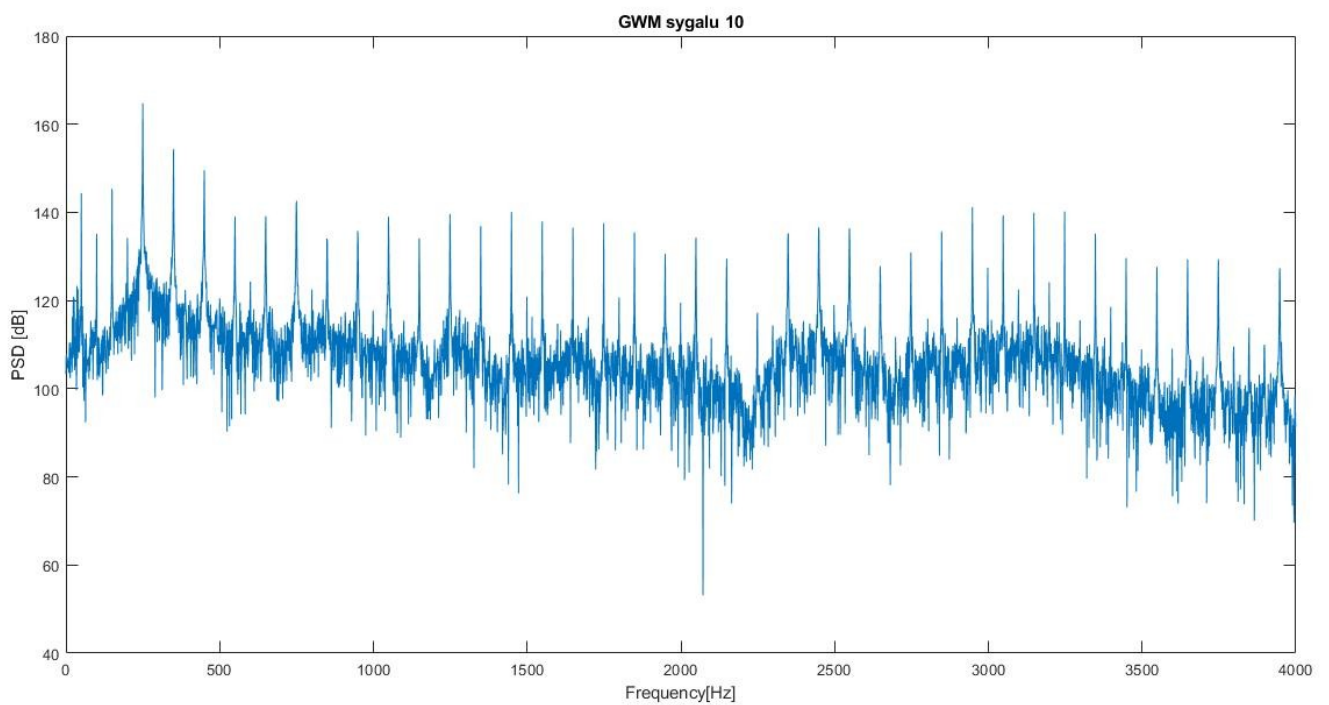
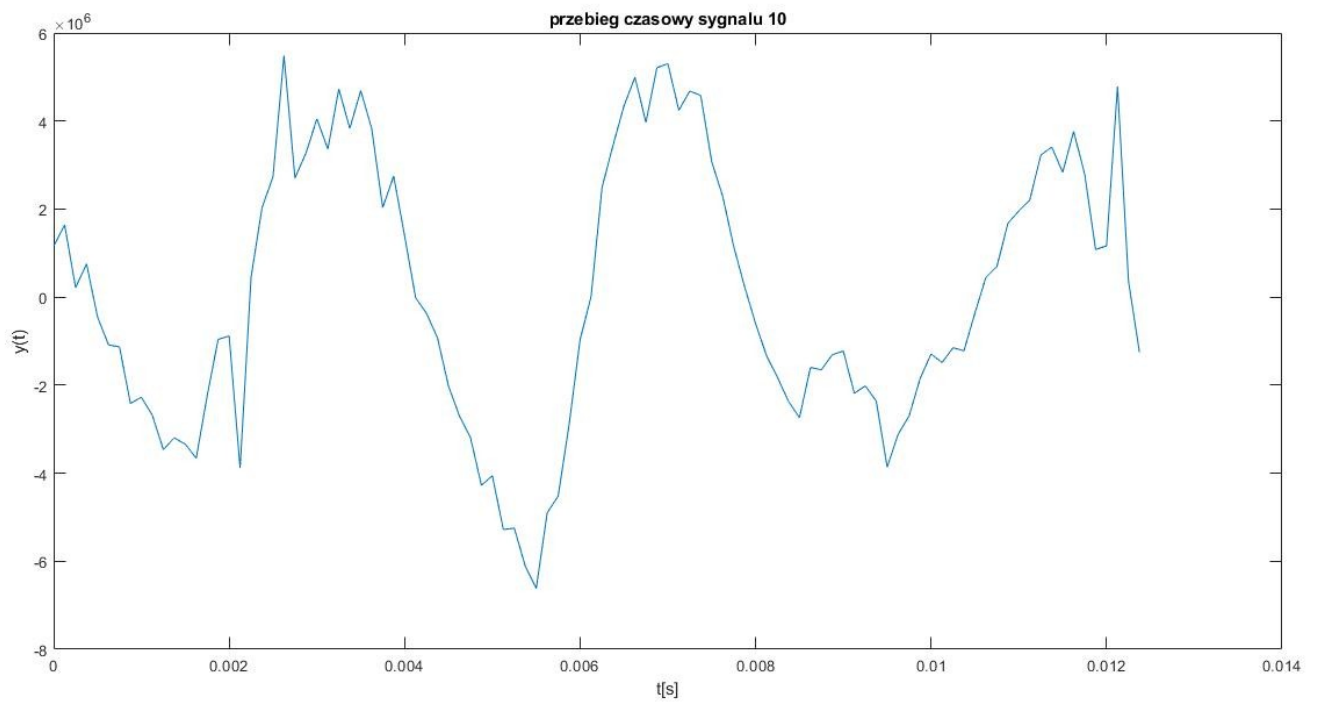
ODP: Sygnał składa się z wielu składowych sinusoidalnych. Największy udział mają piki o częstotliwości 700 Hz, 1600 Hz, 3200 Hz.





ODP: Sygnał składa się z wielu składowych sinusoidalnych. Sygnał ma charakter opadający. Największy udział mają piki o częstotliwości : 50Hz, 100Hz, 350Hz, 550Hz.





ODP: Sygnał składa się z wielu składowych sinusoidalnych. Piki mające największy udział występują w równych odstępach.

### KOD:

```
fp=8000; %czestotliwosc probkowania
Tp = 1/fp; %okres probkowania
t=(0:99)*Tp; %wektor czasu

%sygnal 10

%tutaj zmieniamy sygnal, ktory ma zostac wczytany oraz fp w zaleznosci od
%nazwy pliku

figure
sygnal = load('syg10_8kHz');
plot(t,sygnal(1:100));
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');
title('przebieg czasowy sygnalu 10');

%GWM

N = fp;
sygnal_fft=fft(sygnal,N);
sygnal_gwm=(abs(sygnal_fft(1:N/2)).^2)/N;
figure

plot(0:N/2-1,10*log10(sygnal_gwm));

ylabel 'PSD [dB]';
xlabel 'Frequency[Hz]';
title 'GWM sygalu 10';
```

ODP. Ilość pików mających dominujący udział na wykresach GWM przedstawia ilość głównych składowych sinusoidalnych, z których składa się dany sygnał.

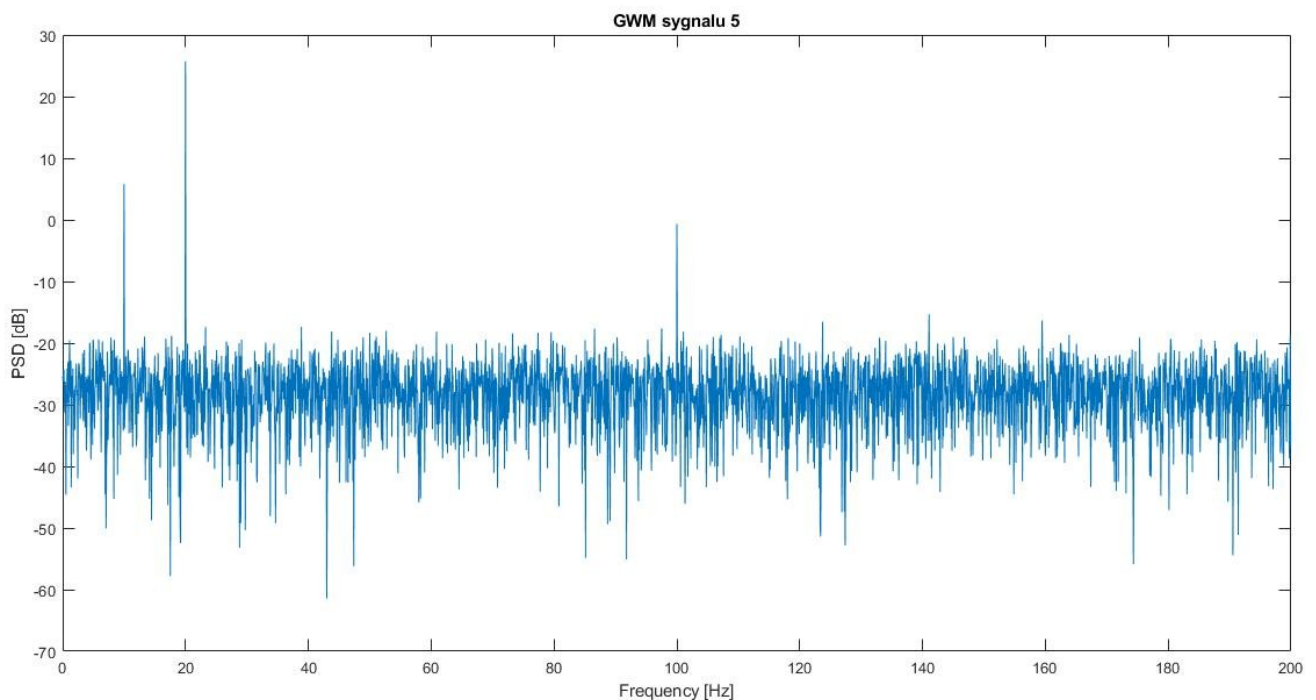
### ZAD.3\* Rozdzielczość widmowa

Przeliczyć GWM sygnału syg05\_400Hz wykorzystując wszystkie dane. Porównać z wynikami uzyskanymi w poprzednim zadaniu, skomentować.

#### KOD:

```
x = load('syg05_400Hz');  
fp=400;  
Tp=1/fp;  
N = length(x);  
X_fft = Tp*fft(x,N);  
X_gwm = (abs(X_fft(1:N/2)).^2)/N/Tp;  
plot((0:N/2-1)/N*fp,10*log10(X_gwm));  
title('GWM sygnału 5');  
xlabel('Frequency [Hz]');  
ylabel('PSD [dB]');
```

#### WYKRES:



ODP.: Tutaj na wykresie GWM sygnału 5 jest większa dokładność z jaką można wykryć poszczególne częstotliwości → większa rozdzielczość widmowa. Zwiększone zostało N.

## ZAD.4 Kwantyzacja

1. Zarejestrować sygnału mowy  $f_p = 8$  kHz lub wykorzystać umieszczony na Platformie `speech_t07.wav`.
2. Dokonać kwantyzacji przykładowego sygnału na 2, 4 i 8 bitach. Dla każdego z sygnałów wykreślić jego przebieg czasowy (przed i po kwantyzacji na jednym wykresie), GWM (wszystkie na jednym wykresie) oraz odsłuchać sygnał i scharakteryzować otrzymane wyniki. Uwaga! Na początku sygnał ma wartości bliskie 0, a właściwa informacja zaczyna się po  $n$  próbkach.

### KOD:

```
[x,Fs]=audioread('speech_t07.wav');

fp=8000;

b1=2;
b2=4;
b3=8;
zakres=2;
N=length(x);
Tp=1/fp;

q1 = zakres/(2^b1);
q2 = zakres/(2^b2);
q3 = zakres/(2^b3);

xq1 = round(x/q1)*q1;
xq2 = round(x/q2)*q2;
xq3 = round(x/q3)*q3;

sound(xq1) % bardzo zniekształcony
sound(xq2) % zniekształcony ale da sie cos zrozumiec
sound(xq3) % bardzo wyraźnie slychać

figure
plot(xq1)
hold on
plot(x)
hold off
title('kwant. sygnału na 2 bitach');
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');

figure
plot(xq2)
hold on
plot(x)
hold off
title('kwant. sygnału na 4 bitach');
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');

figure
```

```

plot(xq3)
hold on
plot(x)
hold off
title('kwant. sygnału na 8 bitach');
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');

X_fft1 = Tp*fft(xq1(8001:16000),fp);
X_gwm1 = (abs(X_fft1(1:fp/2)).^2)/fp/Tp;

X_fft2 = Tp*fft(xq2(8001:16000),fp);
X_gwm2 = (abs(X_fft2(1:fp/2)).^2)/fp/Tp;

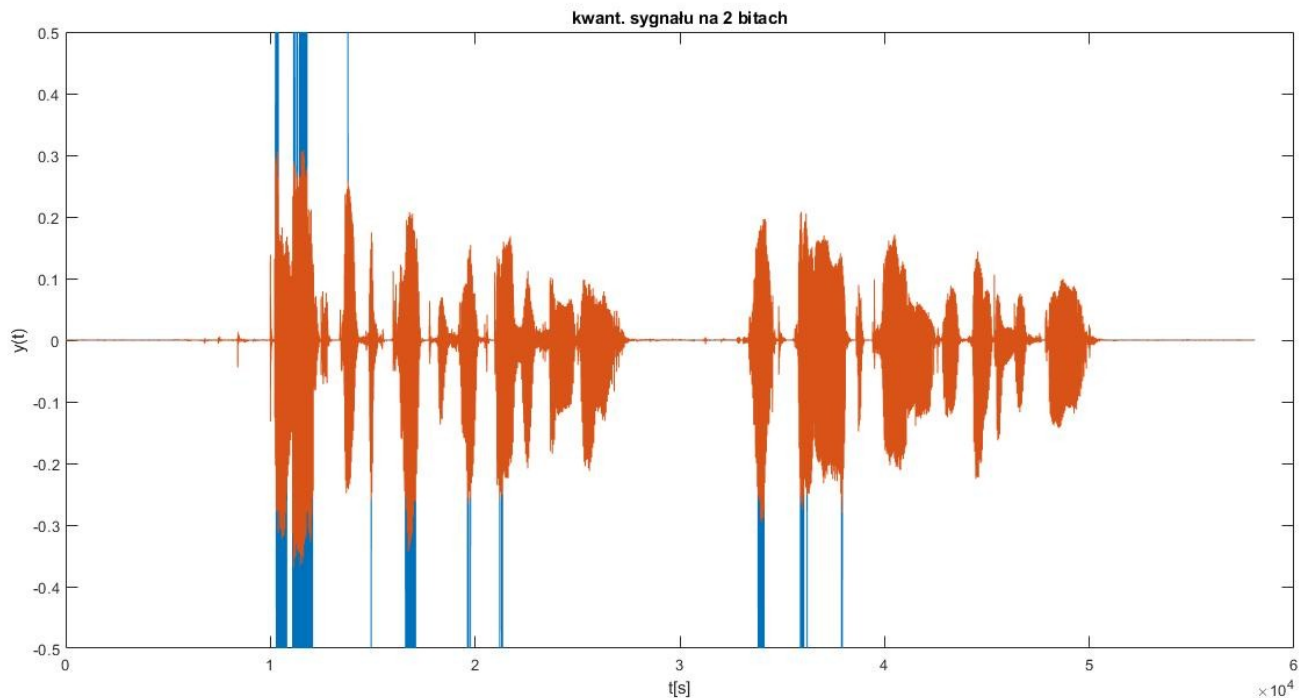
X_fft3 = Tp*fft(xq3(8001:16000),fp);
X_gwm3 = (abs(X_fft3(1:fp/2)).^2)/fp/Tp;

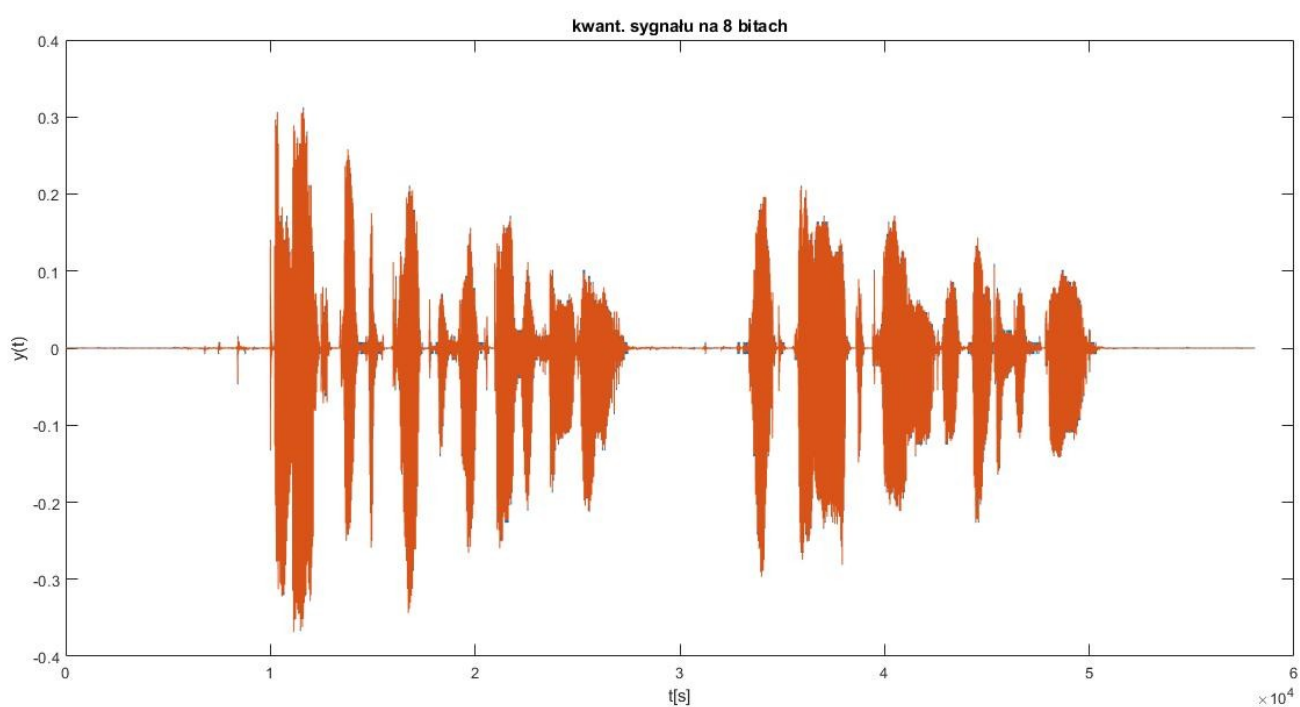
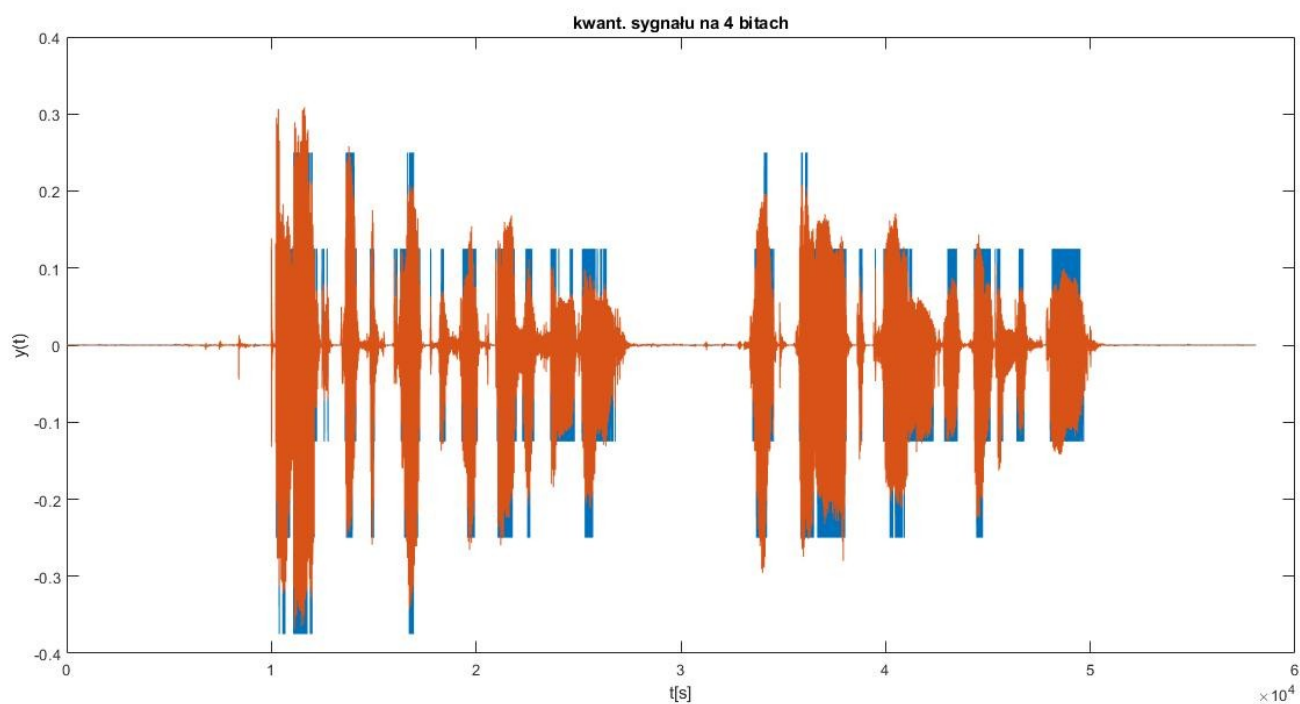
figure
plot(0:(fp/2-1),10*log10(X_gwm1))
hold on
plot(0:(fp/2-1),10*log10(X_gwm2))
hold on
plot(0:(fp/2-1),10*log10(X_gwm3))

title('GWM po kwantyzacji');
xlabel('Frequency [Hz]');
ylabel('PSD [dB]');
legend('kwant na 2 bitach','kwant na 4 bitach','kwant na 8 bitach');

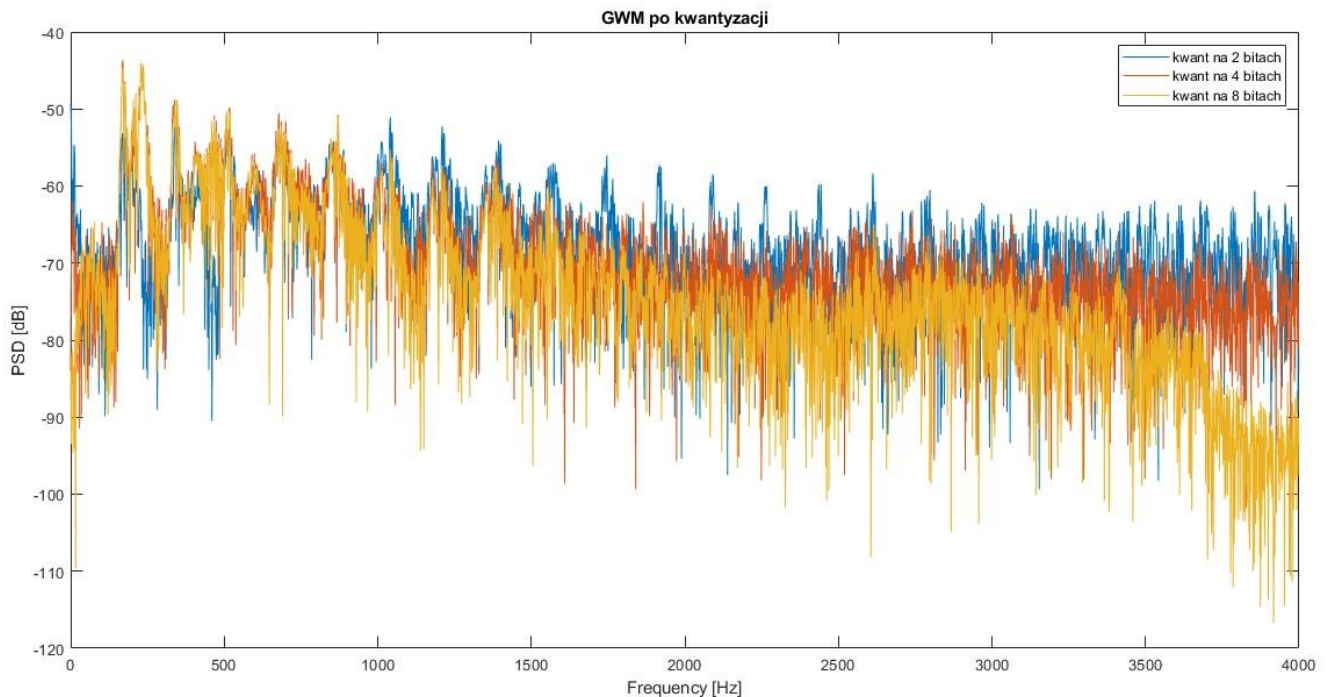
```

## WYKRESY:





ODP: Im większa liczba bitów kwantyzacji sygnału tym lepsza jakość dźwięku. Im mniejsza liczba bitów tym większy szum.



### ZAD.5 Decymacja sygnału - zjawisko aliasingu

1. Wygenerować sygnał składający się z kilku sygnałów sinusoidalnych o różnych częstotliwościach ( $f_1 = 60$  Hz,  $f_2 = 190$  Hz,  $f_3 = 280$  Hz,  $f_4 = 450$  Hz,  $f_p = 1000$  Hz,  $N = 1000$ ), wykreślić przebieg czasowy i GWM wygenerowanego sygnału (odśluhać wygenerowany sygnał).
2. Zmienić częstotliwość próbkowania sygnału poprzez pozostawienie co drugiej próbki. Wykreślić przebieg czasowy i GWM wygenerowanego sygnału (GWM na jednym wykresie przed i po przepróbkowaniu), (odśluhać go). Skomentować wyniki. Uwaga! Ile wynosi nowa częstotliwość próbkowania  $f_{p2}$  po odrzuceniu próbek?

#### KOD:

```
%zad5.1
```

```
f1=60;  
f2=190;  
f3=280;  
f4=450;
```

```
f_p=1000;  
N=1000;  
T_p=1/f_p;  
i = (0:N-1) ';
```

```
y1=sin(2*pi*f1/f_p*i);
```

```

y2=sin(2*pi*f2/fp*i);
y3=sin(2*pi*f3/fp*i);
y4=sin(2*pi*f4/fp*i);

y=y1+y2+y3+y4;

sound(y);

X_fft = Tp*fft(y,N);
X_gwm = (abs(X_fft(1:N/2)).^2)/N/Tp;

figure
plot(y)
title('Przebieg czasowy');
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');

figure
plot((0:N/2-1)/N*fp,10*log10(X_gwm));
title('Gestosc widmowa mocy');
xlabel('Frequency [Hz]');
ylabel('PSD [dB]');

%zad5.2

y2 = y(1:2:N);
fp2=500;
Tp2=1/fp2;
sound(y2);
N2=500;

X_fft2 = Tp2*fft(y2);
X_gwm2 = (abs(X_fft2(1:N2/2)).^2)/N2/Tp2;

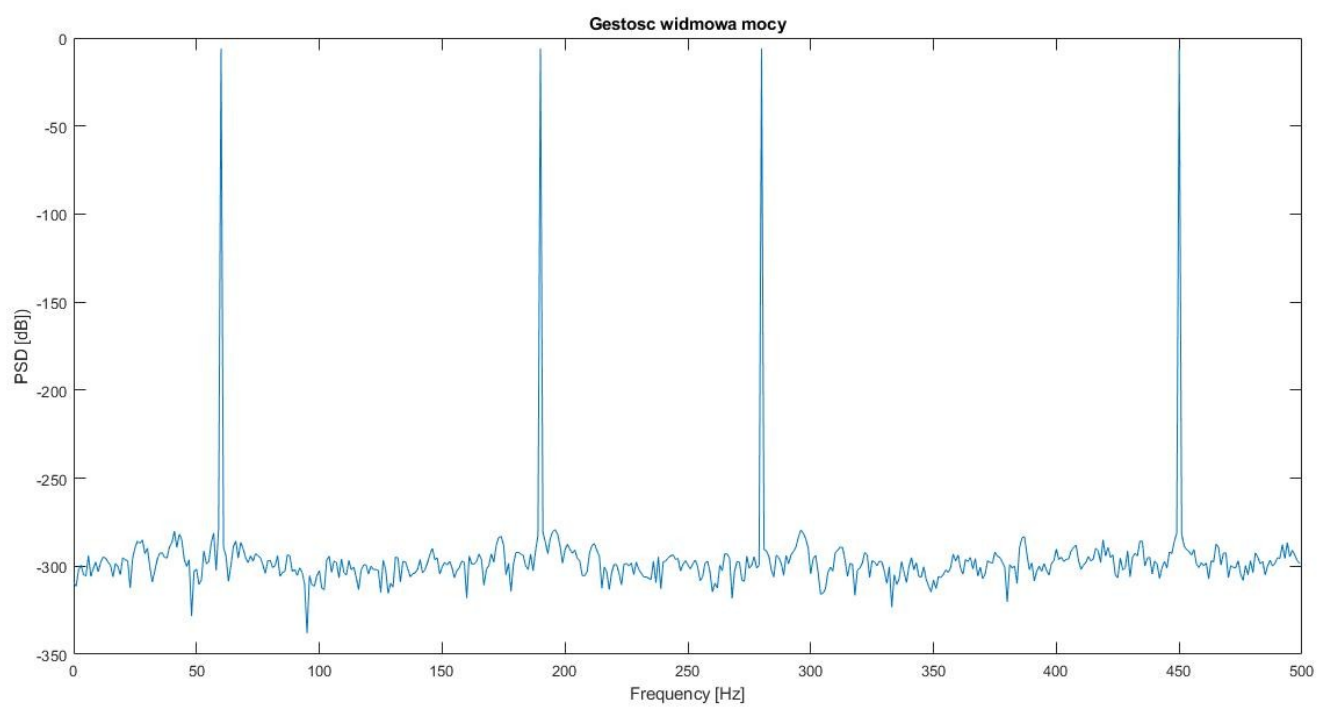
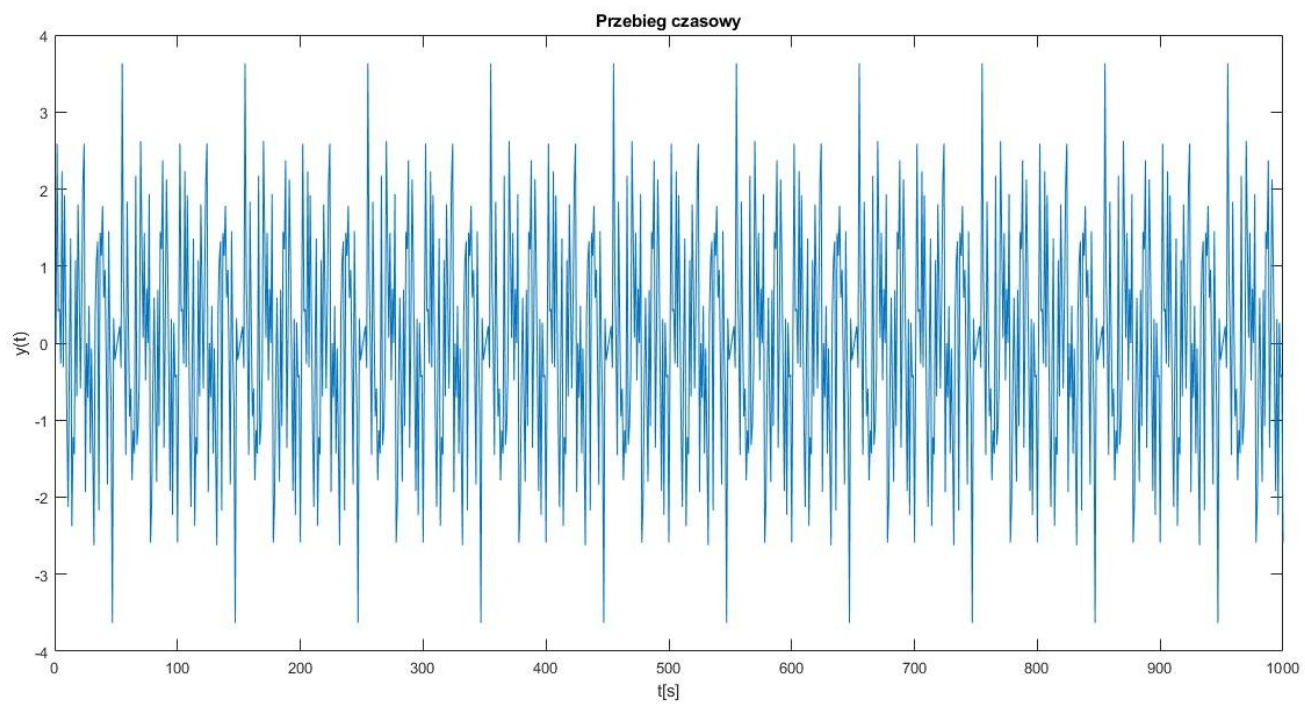
figure
plot(y2);
title('Przebieg czasowy po zmianie częstotliwości próbkowania');
xlabel('t[s]');
ylabel('y(t)');

figure
plot((0:N/2-1)/N*fp,10*log10(X_gwm)) %przed zmiana czestotliwosci
hold on
plot((0:N2/2-1)/N2*fp2,10*log10(X_gwm2)); %po zmianie czestotliwosci
title('Gestosc widmowej mocy przed i po przepróbkowaniu');
xlabel('Frequency [Hz]');
ylabel('PSD [dB]');

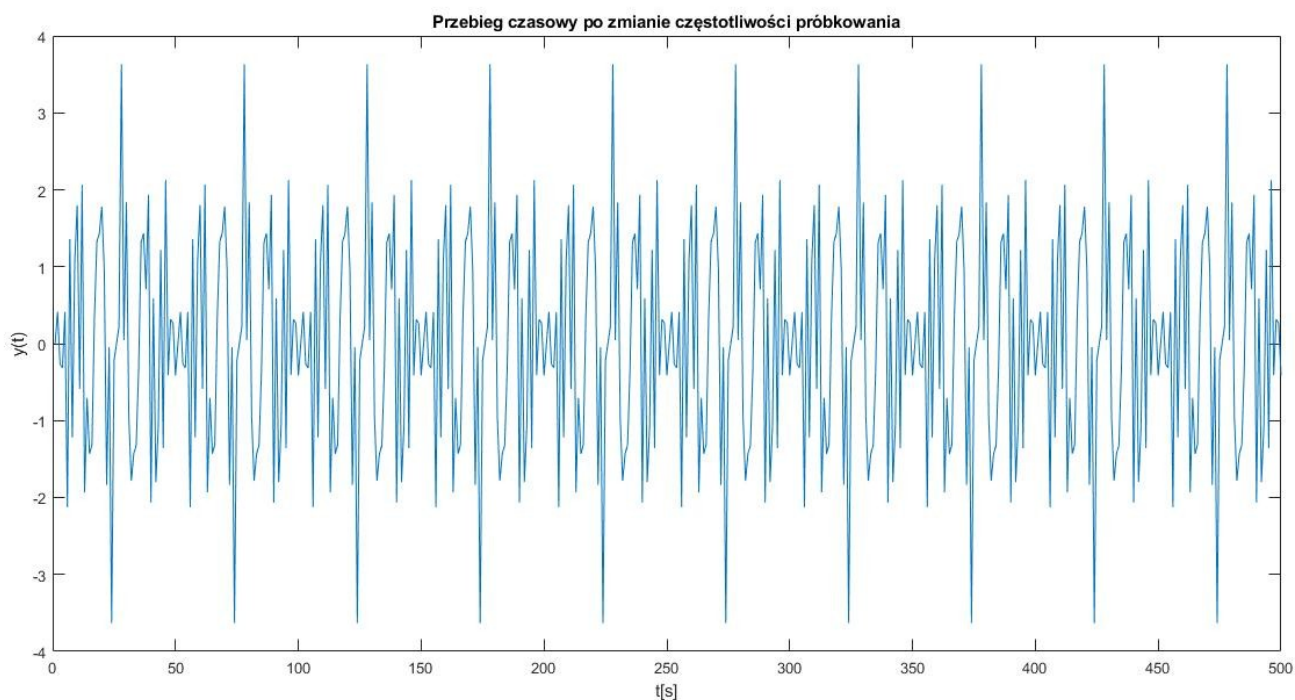
```

## WYKRESY:

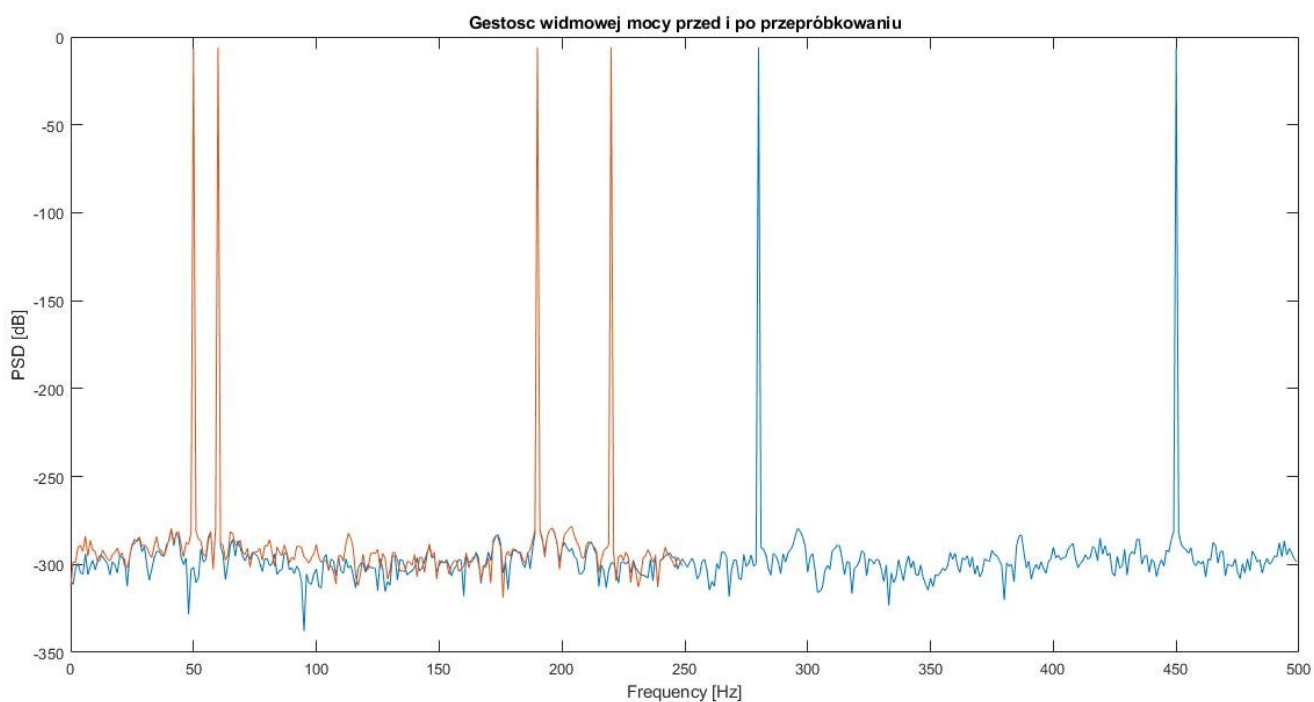




ODP: 4 piki dominujące.



ODP: Po przepróbkowaniu widoczna taka sama liczba dominujących pików (10), ale w 2x krótszym czasie.



ODP: Nowa częstotliwość próbkowania  $f_p = 500$ . Po przepróbkowaniu 2 pierwsze piki (do 250 Hz) pokrywają się z pikami z wykresu GWM przed zmianą częstotliwości, natomiast 2 następną występują jako odbicia symetryczne 3go i 4go piku z wykresu przed zmianą częstotliwości wokół nowej częstotliwości Nyquista 250 Hz.

### **Zad.5 z gwiazdką**

```
fp=1024*1000;  
Tp=1/fp;  
N=fp;  
szum=randn(fp,1);  
i =(0:N-1)';  
a=plot(i*Tp,szum);
```