

Laboratorium Podstaw Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów

Protokół z ćwiczenia : Systemy – Filtry FIR i IIR

data: 29.11.2020r.

Martyna Kurbiel (TI2)

Przebieg ćwiczenia

założenia projektowe filtru:

rzęd filtru: minimalny

częstotliwość próbkowania: $F_s = 10000$ Hz

pasmo przenoszenia: $F_{pass1} = 800$ Hz, $F_{pass2} = 1200$ Hz

pasmo zaporowe: $F_{stop1} = 600$ Hz, $F_{stop2} = 1400$ Hz

pofalowanie w paśmie przenoszenia: $A_{pass} = 1.74$ dB

minimalne tłumienie w paśmie zaporowym: $A_{stop1}=A_{stop2}=20$ dB

FILTR FIR

współczynniki filtru: (przekopiować)

metoda window:

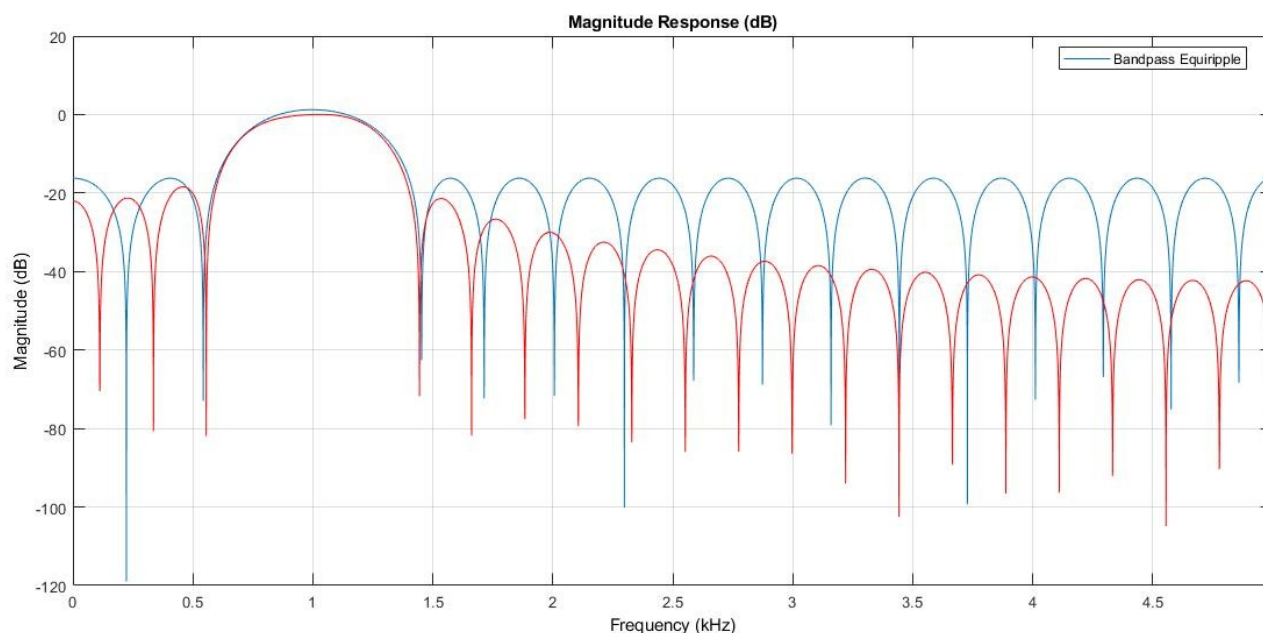
```
B = [-0.0126249427824214 -0.0179306351282339 -0.0145098100148532 -  
0.00628995686809837 6.37011126227096e-18 -0.000653958315651453 -  
0.00782263889755883 -0.0152239544991550 -0.0143028489744101 -1.91103337868129e-17  
0.02470617761646430.04858257192825000.0570995113093380  
0.04039450609044572.07028616023806e-17 -0.0497252315679541 -0.0869868367896317 -  
0.0926523160702753 -0.0601564437304874 1.27402225245419e-17  
0.06389320572186060.104616745294144 0.104616745294144  
0.06389320572186061.27402225245419e-17 -0.0601564437304874 -0.0926523160702753 -  
0.0869868367896317 -0.0497252315679541 2.07028616023806e-17  
0.04039450609044570.0570995113093380 0.04858257192825000.0247061776164643-  
1.91103337868129e-17 -0.0143028489744101 -0.0152239544991550 -0.00782263889755883  
-0.000653958315651453 6.37011126227096e-18 -0.00628995686809837 -  
0.0145098100148532 -0.0179306351282339 -0.0126249427824214]
```

metoda equiripple:

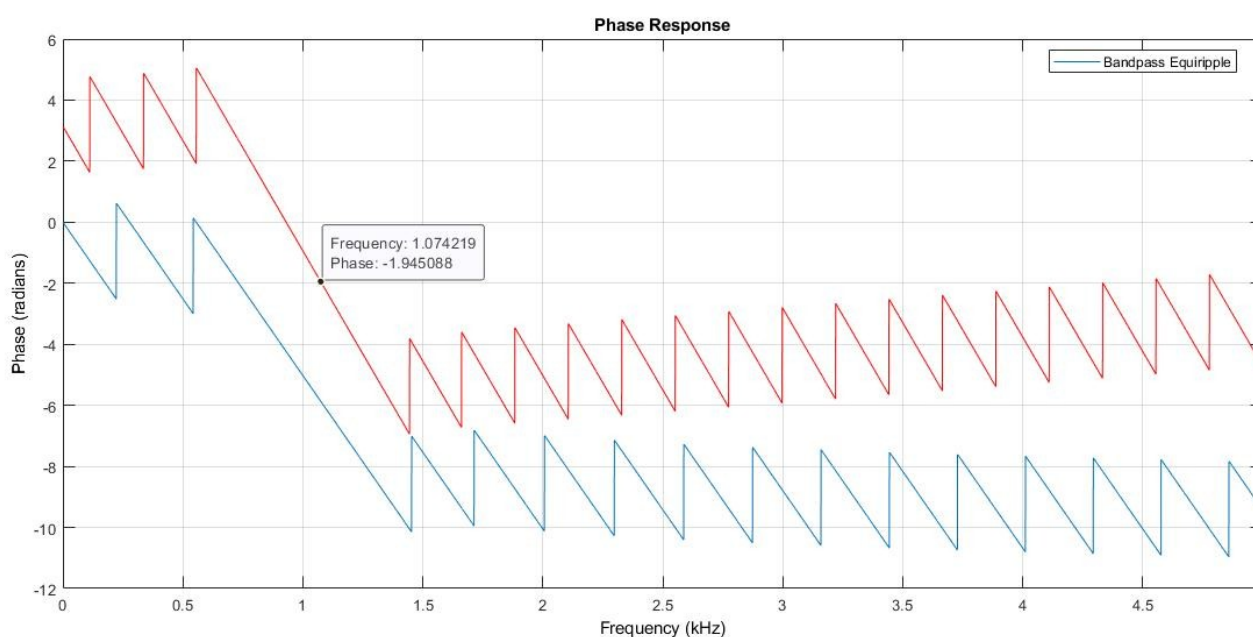
```
B = [-0.0436985552383180 0.0450608249876430 0.00779541864362911 -0.0137603884108650  
-0.0176230919618232 -0.00421411983575485 0.0221242194878090 0.0512495736595640  
0.0689645567194865 0.0625978533626778 0.0282976406016105 -0.0248429573804346 -  
0.0762038400019434 -0.102191102281563 -0.0876939397802199 -0.0346769780438955  
0.0371643494024087 0.0980585749628940 0.121746484254721 0.0980585749628940  
0.0371643494024087 -0.0346769780438955 -0.0876939397802199 -0.102191102281563 -  
0.0762038400019434 -0.0248429573804346 0.0282976406016105 0.0625978533626778  
0.0689645567194865 0.0512495736595640 0.0221242194878090 -0.00421411983575485 -  
0.0176230919618232 -0.0137603884108650 0.00779541864362911 0.0450608249876430 -  
0.0436985552383180]
```

charakterystyka amplitudowa filtru: (wykres, obie charakterystyki na 1 wykresie + wnioski)

W metodzie Equiripple listki boczne mają większą szerokość (większe częstotliwości). Może to wskazywać na większą ilość szumów. Obserwujemy wyciek widma. Filtr equiripple gorzej tłumi zakłócenia.

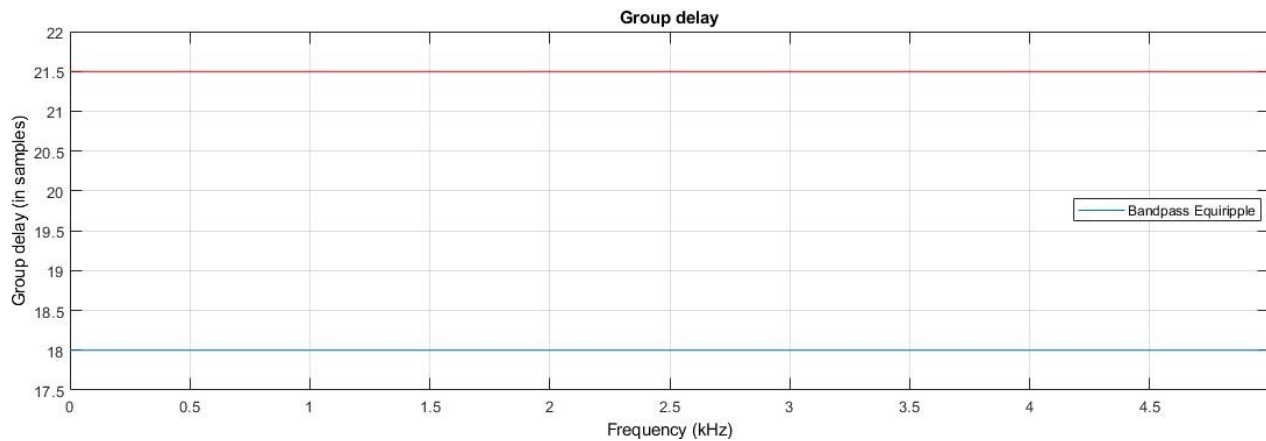


charakterystyka fazowa filtru: (tylko krótkie wnioski)



W metodzie Equiripple obserwujemy mniejsze opóźnienie fazowe. Oba przebiegi mają charakter harmoniczny. Przebiegi liniowe → mniej zniekształceń niż w przypadku IIR.

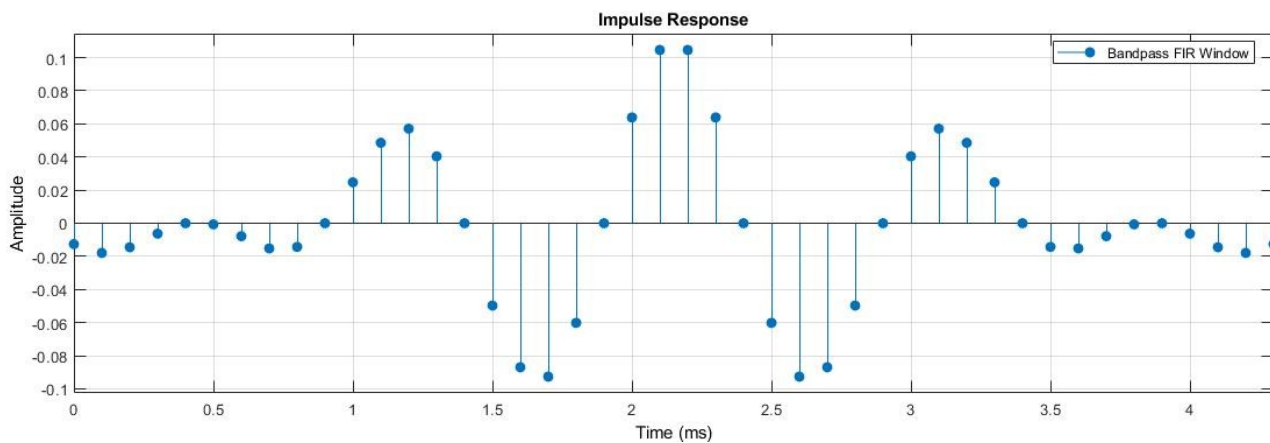
opóźnienie grupowe filtru: (tylko krótkie wnioski)



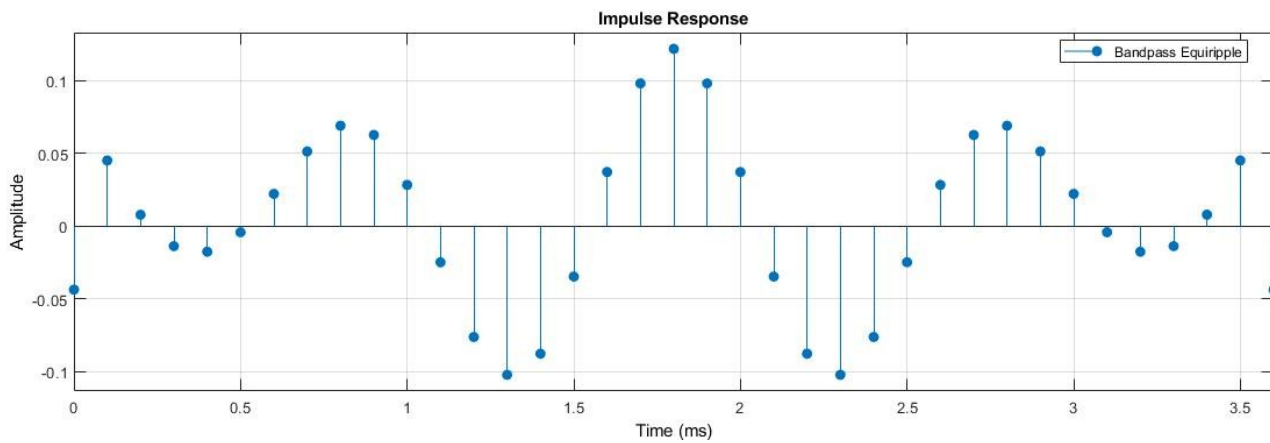
Dla obu metod obserwujemy opóźnienie o charakterze stałym. Dla metody Equiripple jest ono mniejsze i wynosi 18 próbek, a dla window wynosi 21.5 próbek.

odpowiedź impulsowa filtru: (dwa wykresy obok siebie)

metoda window:



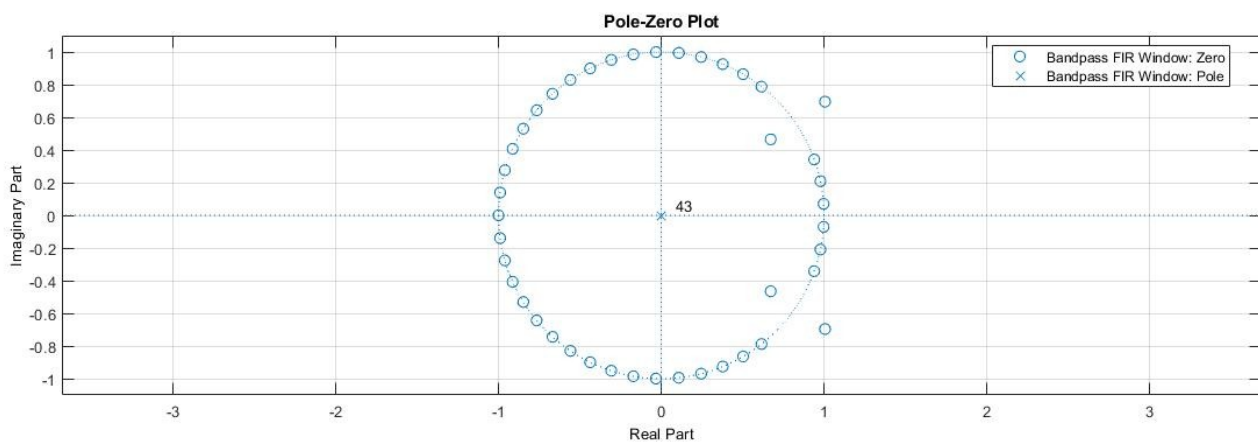
metoda equiripple:



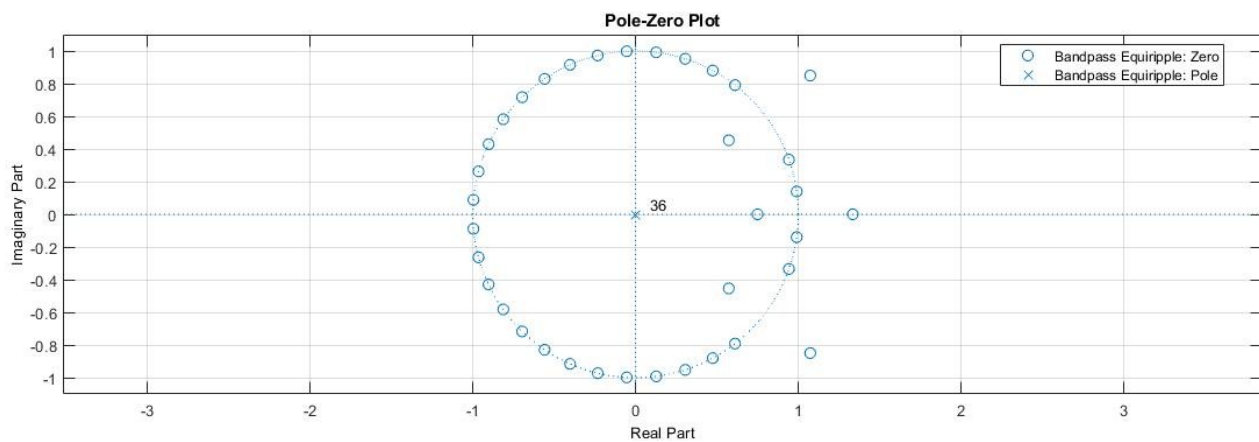
Dla metody window obserwujemy sinusoidę, która na początku i na końcu jest niedodatnia. Natomiast dla metody Equiripple obserwujemy przebieg sinusoidalny, okresowy.

rozkład zer i biegunów filtru: (dwa wykresy obok siebie)

metoda window:

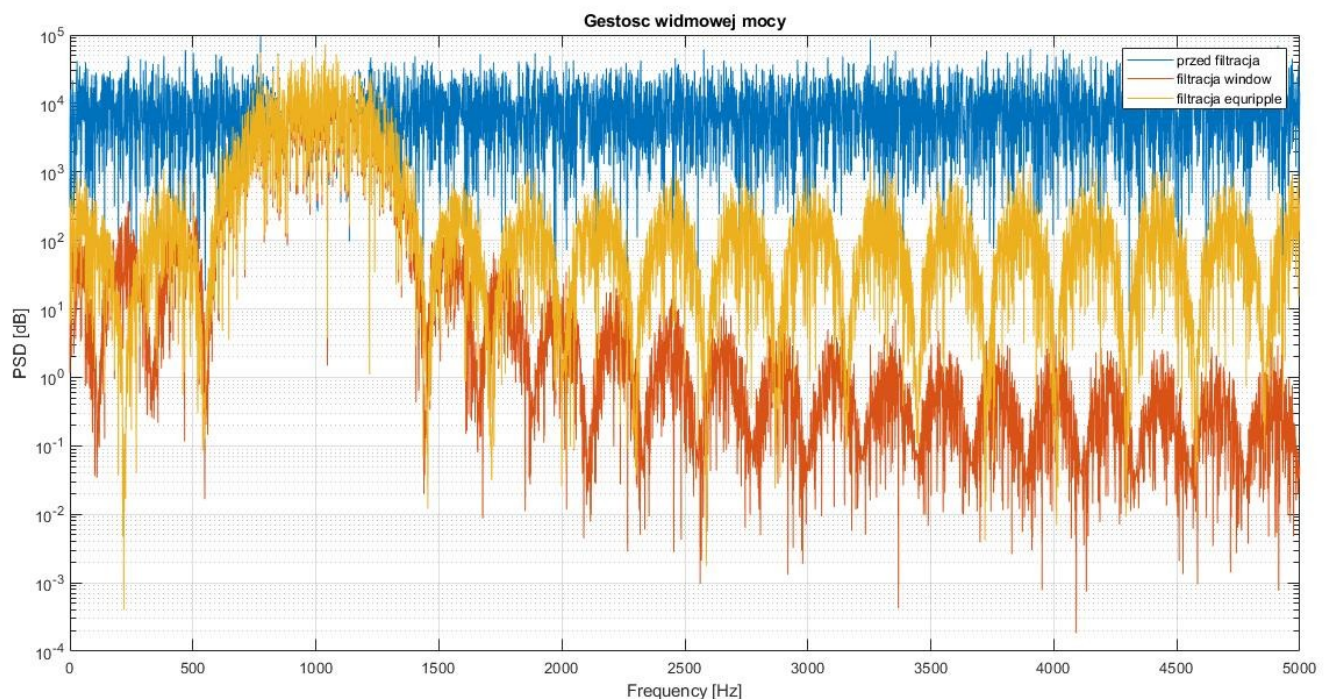


metoda equiripple:



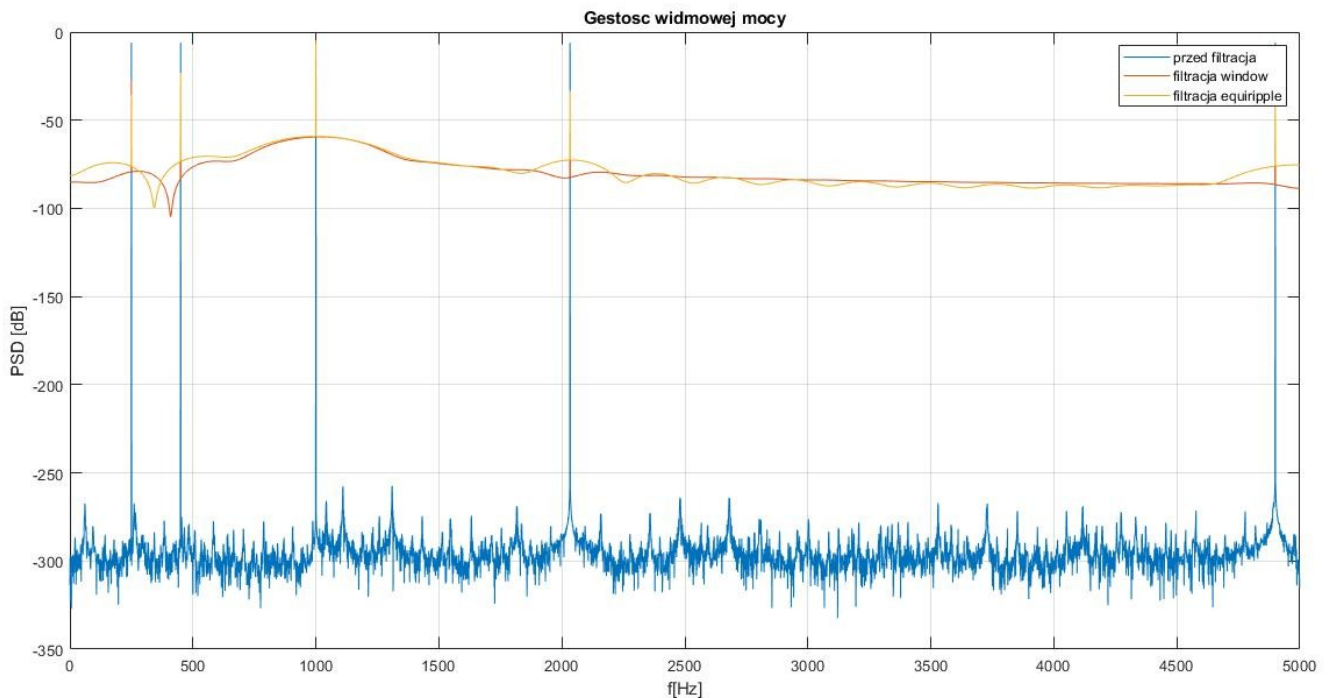
Dla obu metod obserwujemy nieminimalnofazowe układy ponieważ ich zera zawierają się poza kołem jednostkowym (w metodzie window są takie 2, a w metodzie Equiripple aż 3). Natomiast dla obu metod widoczny jest jeden biegun (układy stabilne).

filtracja białego szumu – GWM sygnału przed i po filtracji: (wykres, 3 GWM na 1 wykresie + wnioski)



Na wykresie można zaobserwować filtry pasmowo – przepustowe (od 800 Hz do 1200 Hz).

filtracja sumy sinusoid– GWM sygnału przed i po filtracji: (wykres, 3 GWM na 1 wykresie + wnioski)



Na wykresie możemy zaobserwować mniejsze tłumienie szumu dla metody equiripple niż dla metody window. Jest to zgodne z różnicami charakterystyk amplitudowych.

FILTR IIR

współczynniki filtru: (przekopiować)

metoda butterworth:

$$B = [4.13169365191760e-05 \ 0 \ -0.000206584682595880 \ 0 \ 0.000413169365191760 \ 0 \ -0.000413169365191760 \ 0 \ 0.000206584682595880 \ 0 \ -4.13169365191760e-05]$$

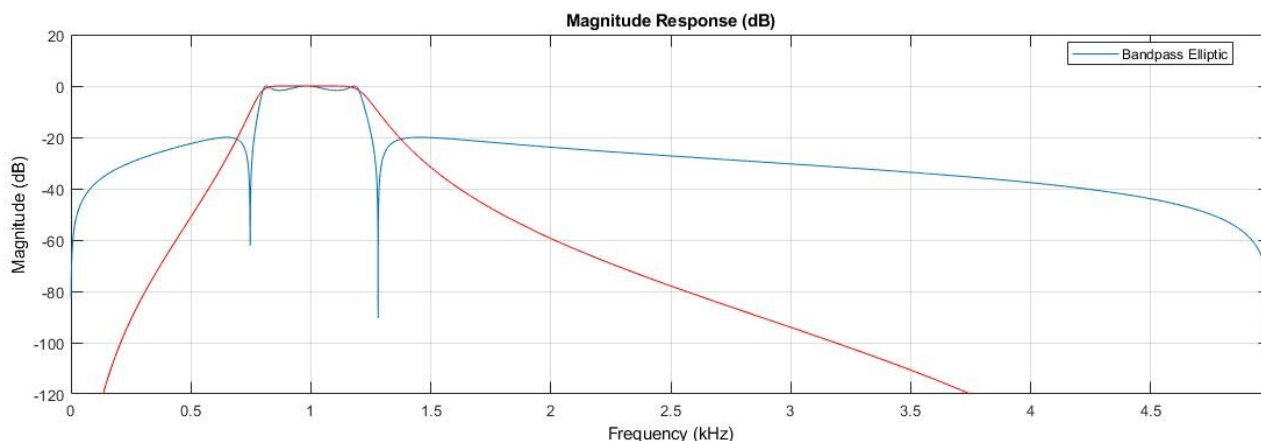
$$A = [1 \ -7.39047817971519 \ 25.9592583067484 \ -56.6456399909726 \ 84.7424772600875 \ -90.6497792501673 \ 70.1816772684726 \ -38.8515145111188 \ 14.7455214767919 \ -3.47712387169686 \ 0.389879288484604]$$

metoda elliptic:

$$B = [0.0334273277713431 \ -0.106003752623890 \ 0.116153113188282 \ 0 \ -0.116153113188282 \ 0.106003752623890 \ -0.0334273277713431]$$

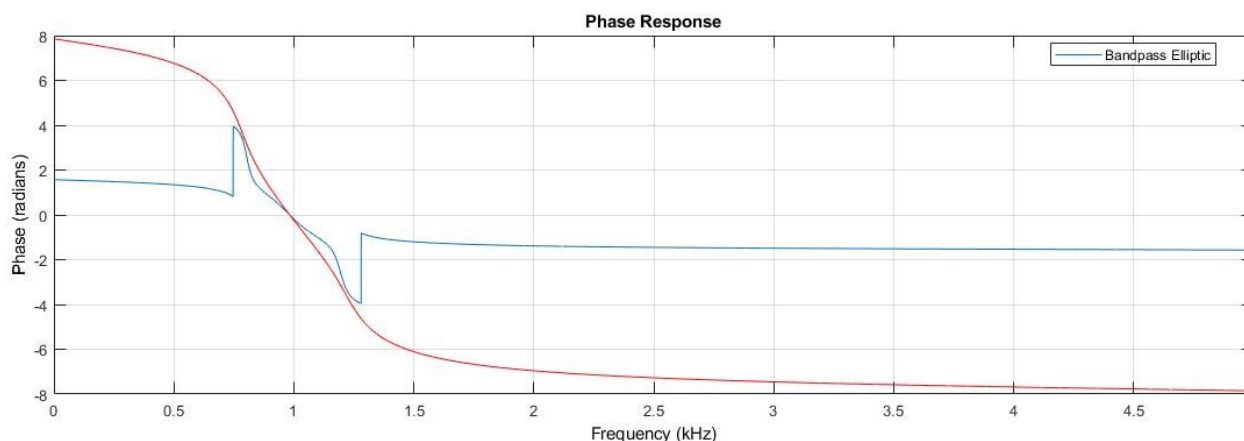
$$A = [1 \ -4.69415390665692 \ 10.1376131099226 \ -12.6008371896817 \ 9.50247491837393 \ -4.12312487805936 \ 0.823076417018148]$$

charakterystyka amplitudowa filtru: (wykres, obie charakterystyki na 1 wykresie + wnioski)



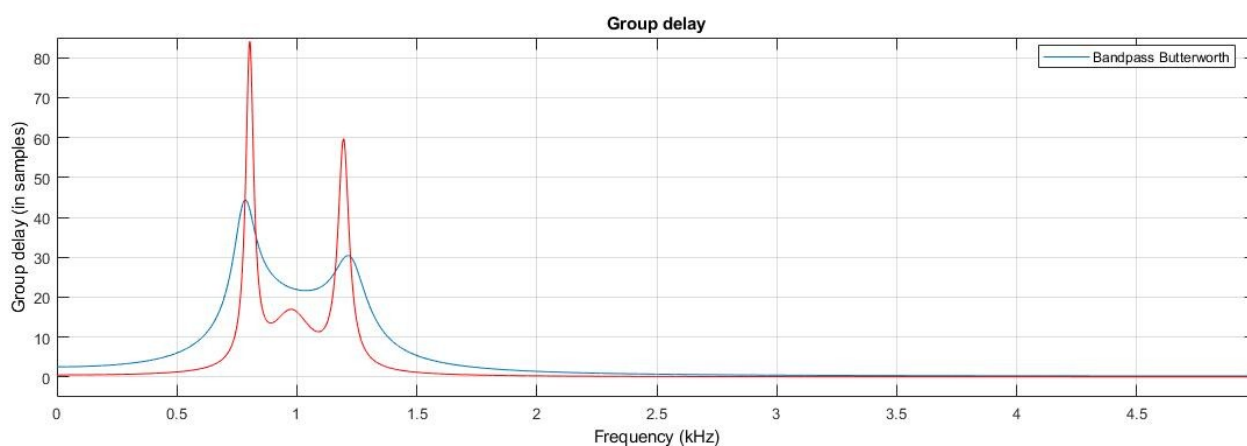
węższe pasmo przejściowe dla metody Elliptic niż dla metody Butterwortha. Filtr elliptic gorzej tłumi zakłócenia.

charakterystyka fazowa filtru: (tylko krótkie wnioski)



W metodzie Butterworth wraz ze wzrostem częstotliwości spada faza. Natomiast dla metody Elliptic faza ta najpierw rośnie, a później spada, a na koniec znowu rośnie i stabilizuje się. Obserwujemy większe opóźnienie fazowe dla metody Butterwortha. Przebiegi są nieliniowe → wprowadzają zniekształcenia fazowe.

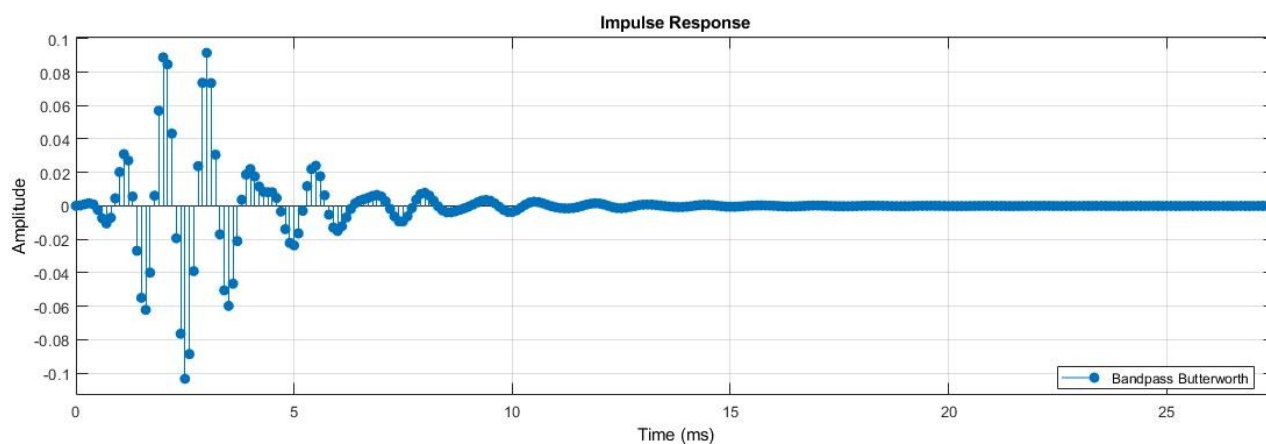
opóźnienie grupowe filtru: (tylko krótkie wnioski)



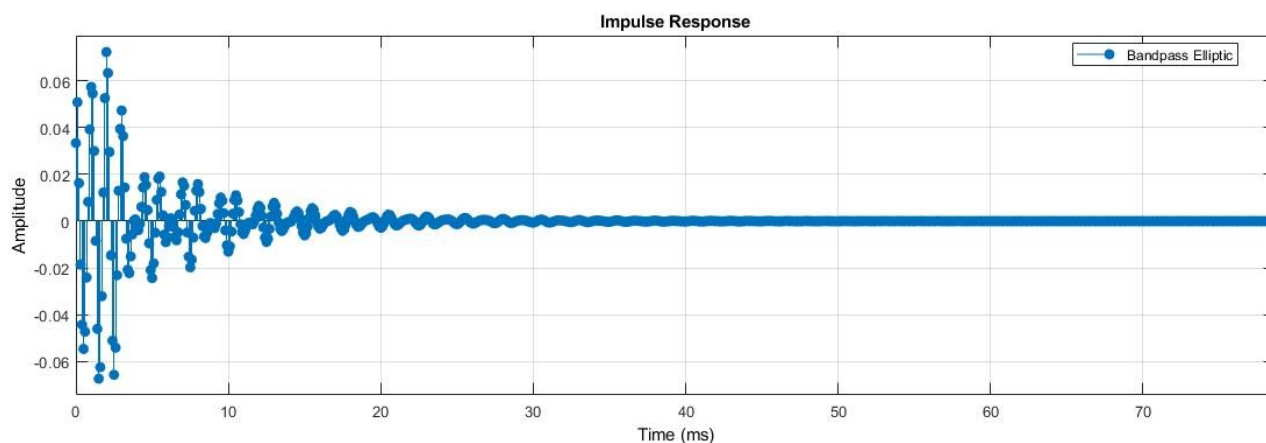
Opóźnienie większe dla metody elliptic. Później już przebiegi stabilizują się i się pokrywają.

odpowieź impulsowa filtru: (dwa wykresy obok siebie)

metoda butterworth:



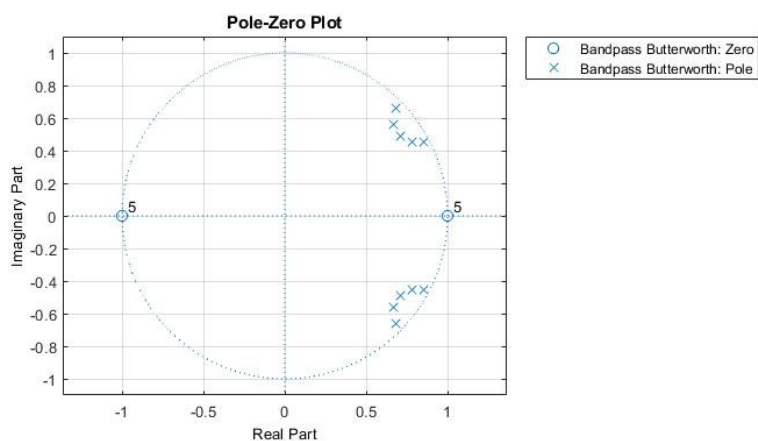
metoda elliptic:



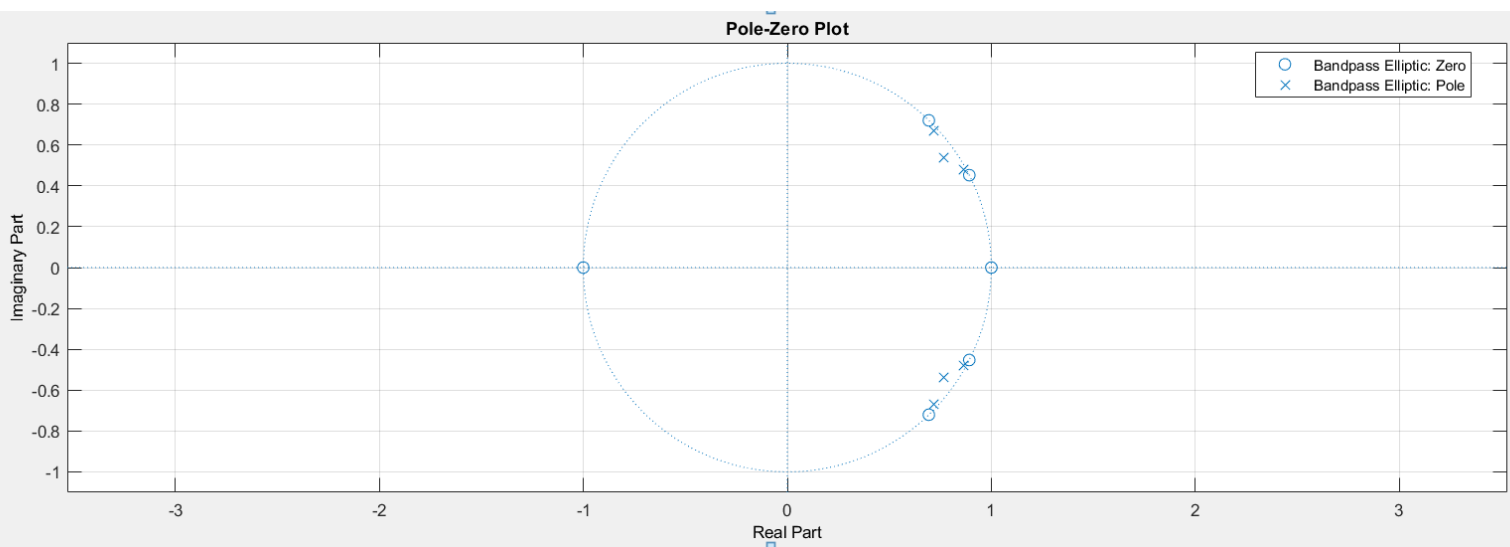
Krótszy czas dojścia do stanu ustalonego przebiegu dla metody Butterwortha. Dla niej obserwujemy także większą amplitudę. Dla metody elliptic zauważamy większą gęstość próbek na początku przebiegu.

rozkład zer i biegunów filtru: (dwa wykresy obok siebie)

metoda butterworth:

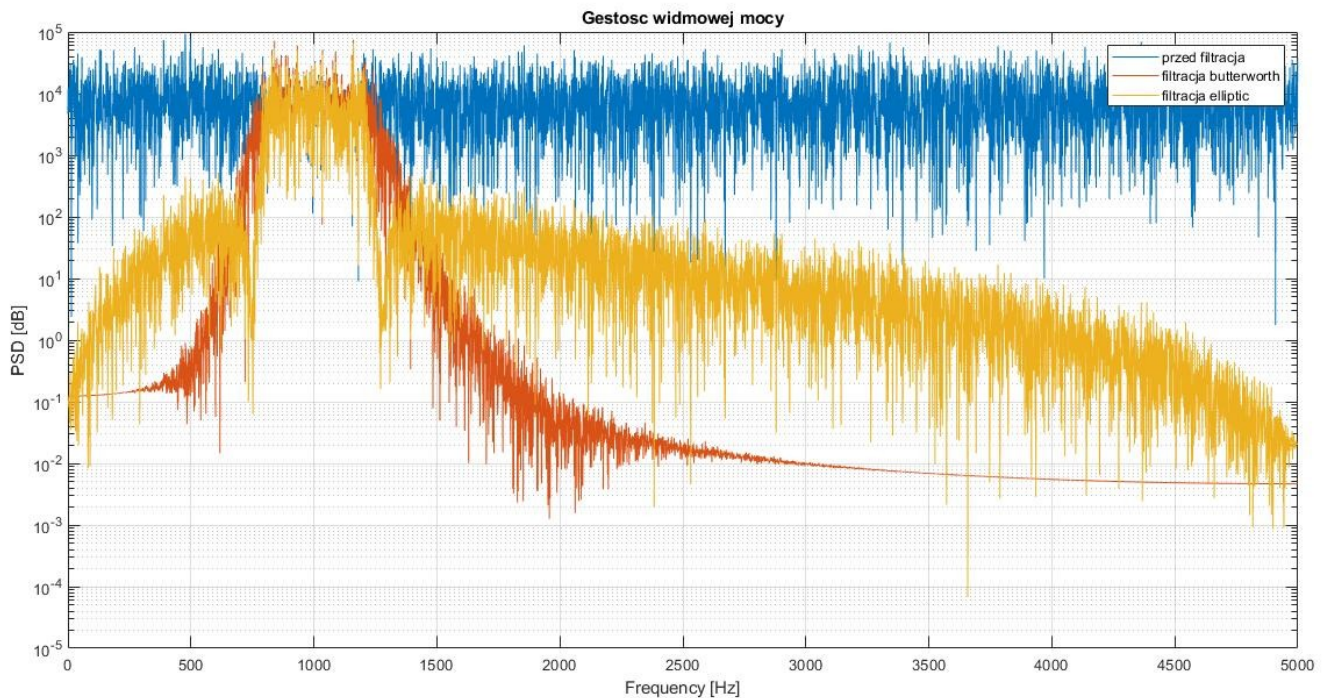


metoda elliptic:



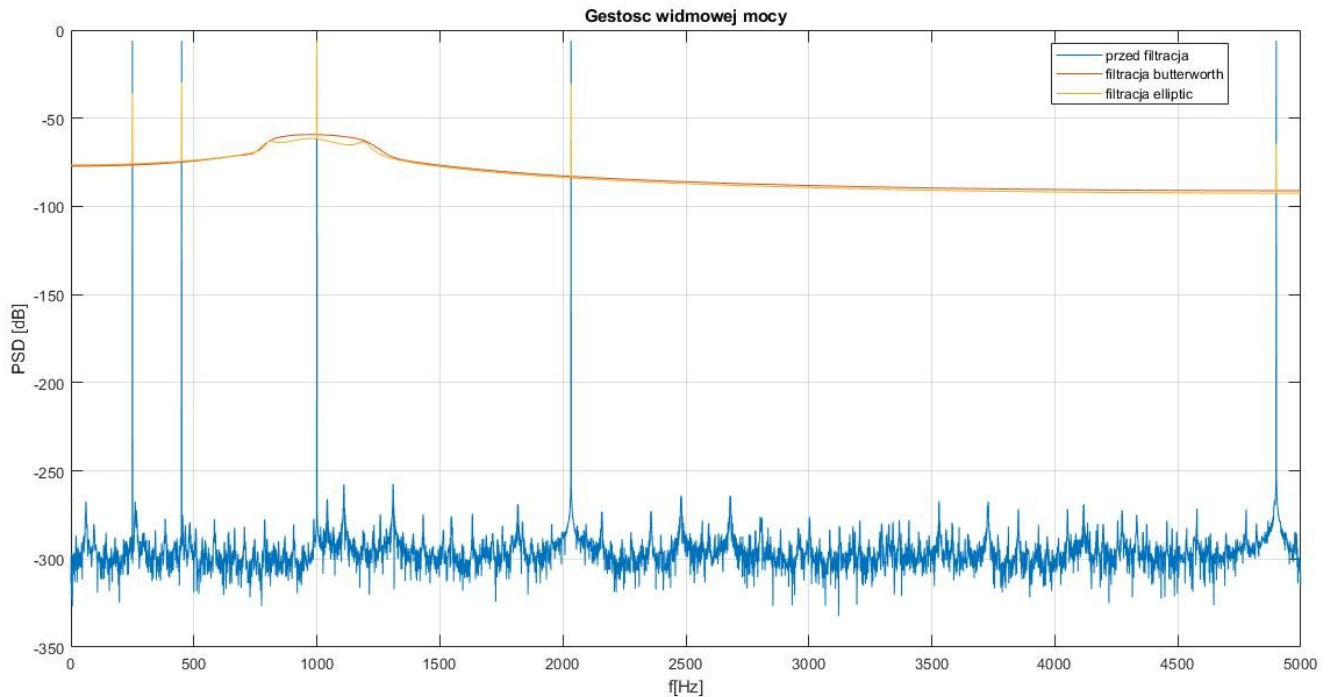
Dla obu metod bieguny znajdują się w kole jednostkowym – układy stabilne. Także dla obu metod zera znajdują się w kole jednostkowym (układy minimalnofazowe).

filtracja białego szumu – GWM sygnału przed i po filtracji: (wykres, 3 GWM na 1 wykresie + wnioski)



Na wykresie możemy zaobserwować, że oba filtry mają charakter pasmowo-przepustowy od (800 Hz do 1200 Hz).

filtracja sumy sinusoid– GWM sygnału przed i po filtracji: (wykres, 3 GWM na 1 wykresie + wnioski)



Na wykresie możemy zaobserwować mniejsze tłumienie szumu dla metody elliptic niż dla metody butterworth. Jest to zgodne z różnicami charakterystyk amplitudowych.

KOD:

`%window:`

```
B1 = [-0.0126249427824214 -0.0179306351282339 -0.0145098100148532 -  
0.00628995686809837 6.37011126227096e-18 -0.000653958315651453 -0.00782263889755883  
-0.0152239544991550 -0.0143028489744101 -1.91103337868129e-17 0.0247061776164643  
0.0485825719282500 0.0570995113093380 0.0403945060904457 2.07028616023806e-17 -  
0.0497252315679541 -0.0869868367896317 -0.0926523160702753 -0.0601564437304874  
1.27402225245419e-17 0.0638932057218606 0.104616745294144 0.104616745294144  
0.0638932057218606 1.27402225245419e-17 -0.0601564437304874 -0.0926523160702753 -  
0.0869868367896317 -0.0497252315679541 2.07028616023806e-17 0.0403945060904457  
0.0570995113093380 0.0485825719282500 0.0247061776164643 -1.91103337868129e-17 -  
0.0143028489744101 -0.0152239544991550 -0.00782263889755883 -0.000653958315651453  
6.37011126227096e-18 -0.00628995686809837 -0.0145098100148532 -0.0179306351282339 -  
0.0126249427824214];
```

`A1 = 1;`

`%equiripple:`

```
B2 = [-0.0436985552383180 0.0450608249876430 0.00779541864362911 -  
0.0137603884108650 -0.0176230919618232 -0.00421411983575485 0.0221242194878090  
0.0512495736595640 0.0689645567194865 0.0625978533626778 0.0282976406016105 -  
0.0248429573804346 -0.0762038400019434 -0.102191102281563 -0.0876939397802199 -  
0.0346769780438955 0.0371643494024087 0.0980585749628940 0.121746484254721
```

```

0.0980585749628940 0.0371643494024087 -0.0346769780438955 -0.0876939397802199 -
0.102191102281563 -0.0762038400019434 -0.0248429573804346 0.0282976406016105
0.0625978533626778 0.0689645567194865 0.0512495736595640 0.0221242194878090 -
0.00421411983575485 -0.0176230919618232 -0.0137603884108650 0.00779541864362911
0.0450608249876430 -0.0436985552383180];
A2 = 1;

```

```
%butterworth:
```

```

B3 = [4.13169365191760e-05 0 -0.000206584682595880 0 0.000413169365191760 0 -
0.000413169365191760 0 0.000206584682595880 0 -4.13169365191760e-05];

```

```

A3 = [1 -7.39047817971519 25.9592583067484 -56.6456399909726 84.7424772600875 -
90.6497792501673 70.1816772684726 -38.8515145111188 14.7455214767919 -
3.47712387169686 0.389879288484604];

```

```
%elliptic:
```

```

B4 = [0.0334273277713431 -0.106003752623890 0.116153113188282 0 -0.116153113188282
0.106003752623890 -0.0334273277713431];

```

```

A4 = [1 -4.69415390665692 10.1376131099226 -12.6008371896817 9.50247491837393 -
4.12312487805936 0.823076417018148];

```

```

fp = 10000;
N=fp;
Tp = 1/fp;
fn=fp/2;
i =(0:N-1)';

```

```
%5 sinusoid [Hz]
```

```

f1=250;
f2=450;
f3=1000;
f4=2033;
f5=4900;

```

```

x1=sin(2*pi*f1/fp*i);
x2=sin(2*pi*f2/fp*i);
x3=sin(2*pi*f3/fp*i);
x4=sin(2*pi*f4/fp*i);
x5=sin(2*pi*f5/fp*i);

```

```
x=x1+x2+x3+x4+x5;
```

```
%szum
```

```

sz = randn(fp,1);
yfft1=fft(sz,fp);
ygwm1=abs(yfft1).^2./(fp*Tp);
ygwm1=ygwm1(1:fn);

```

```
%filtracja szumu
```

```

filtr1 = filter(B3,A3,sz);
yfft2=fft(filtr1,fp);
ygwm2=abs(yfft2).^2./(fp*Tp);
ygwm2=ygwm2(1:fn);

```

```

filtr2 = filter(B4,A4,sz);
yfft3=fft(filtr2,fp);
ygwm3=abs(yfft3).^2./(fp*Tp);
ygwm3=ygwm3(1:fn);

```

```

figure;
semilogy((0:(fn-1)),ygwm1);
hold on
plot((0:(fn-1)),ygwm2);
hold on
plot((0:(fn-1)),ygwm3);

```

```

grid on;
title('Gestosc widmowej mocy')
xlabel('Frequency [Hz]');
ylabel('PSD [dB]');

%sinusoidy filtracja

%GWM sin
X_fft = Tp*fft(x,N);
X_gwm = (abs(X_fft(1:N/2)).^2)/N/Tp;

% GWM window sin
y=filter(B3,A3,x);
Y_fft = Tp*fft(y,N);
Y_gwm = (abs(Y_fft(1:N/2)).^2)/N/Tp;

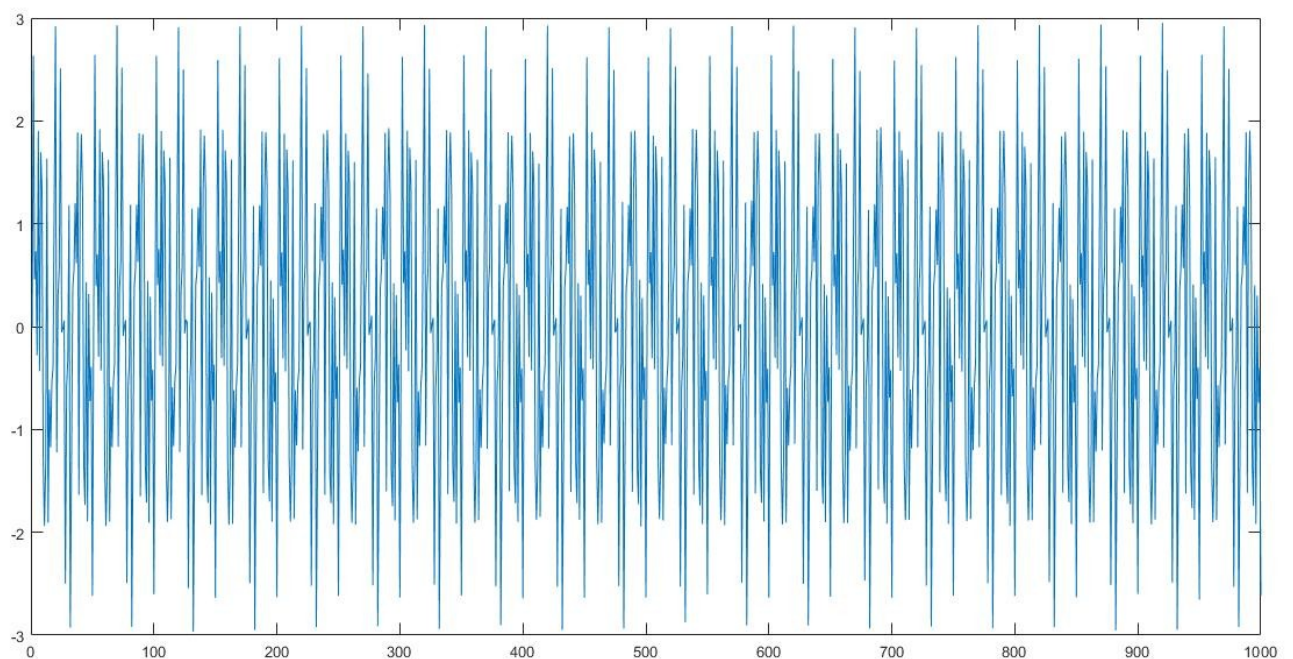
% GWM equiripple sin
z=filter(B4,A4,x);
Z_fft = Tp*fft(z,N);
Z_gwm = (abs(Z_fft(1:N/2)).^2)/N/Tp;

figure
plot((0:N/2-1)/N*fp,10*log10(X_gwm))
hold on
plot((0:N/2-1)/N*fp,10*log10(Y_gwm))
hold on
plot((0:N/2-1)/N*fp,10*log10(Z_gwm))
grid on
title('Gestosc widmowej mocy');
xlabel('f[Hz]');
ylabel('PSD [dB]');

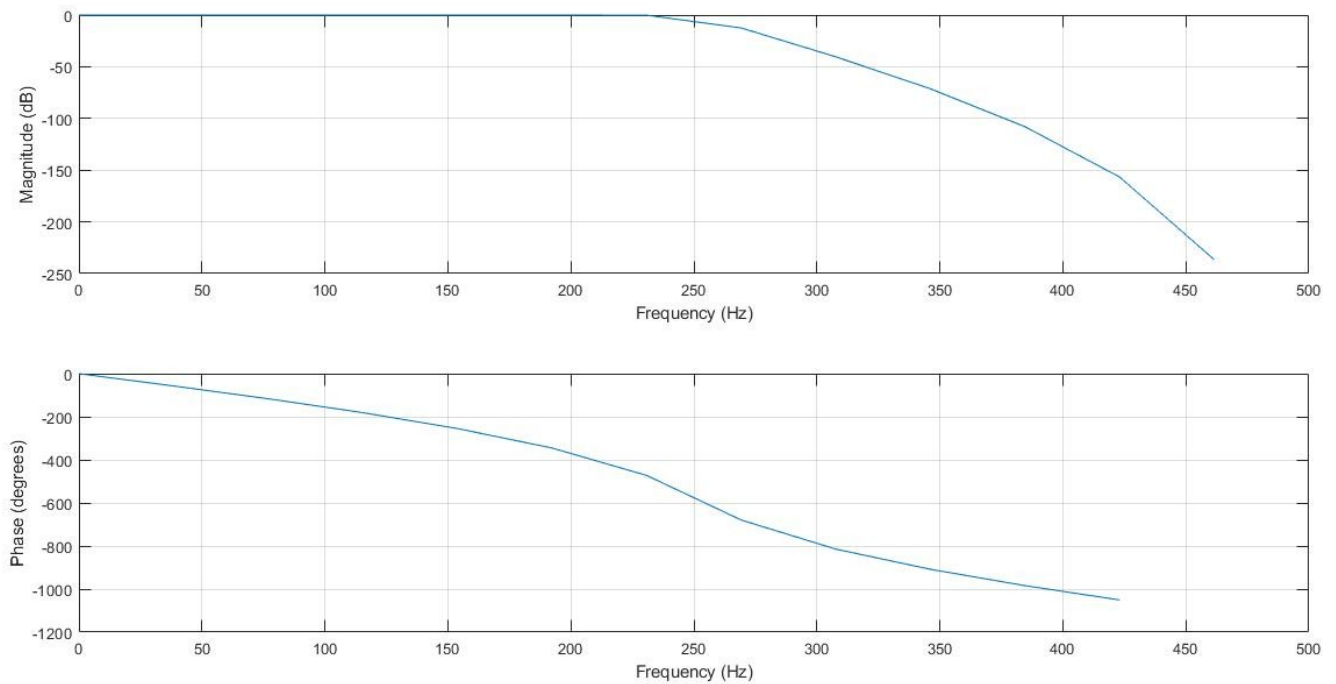
```

zad. Dod. Zadane przez prowadzącego

oś x = częstotliwości
 os y = f(x)
 tytuł = 'przebieg sumy sinusow + szum '

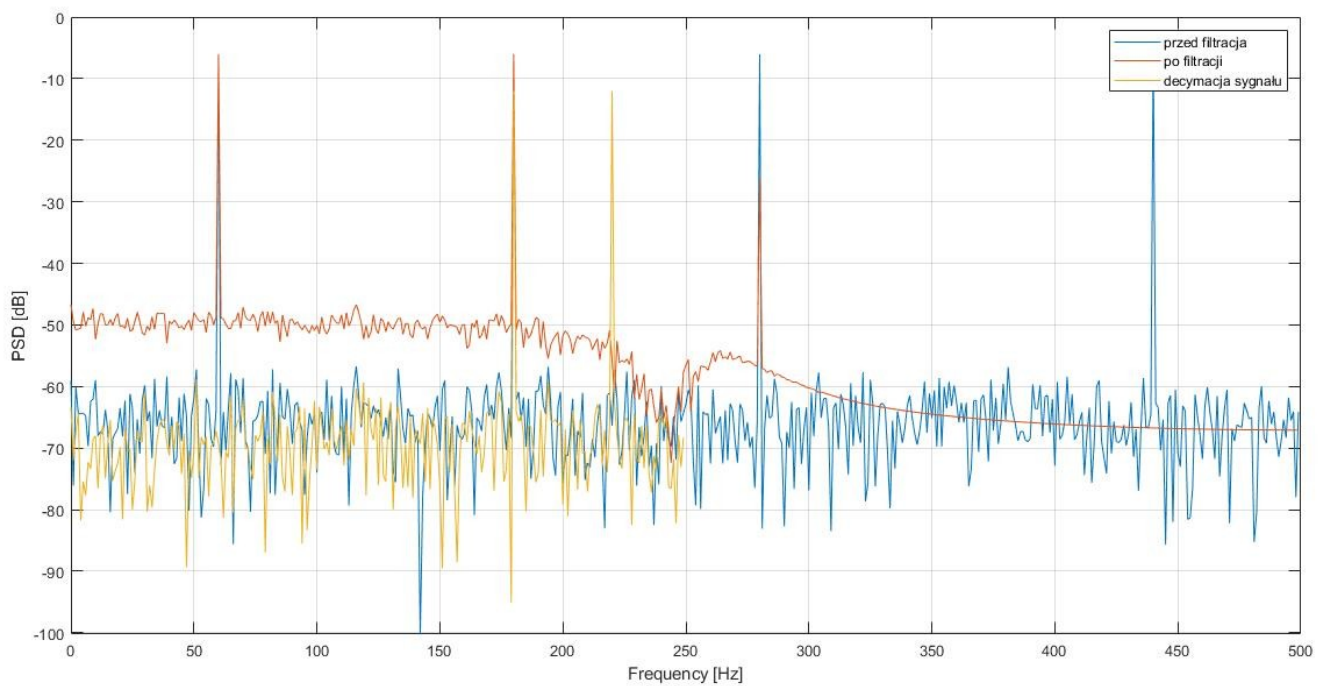


Bode freqz(B,A,n,fp)



Filtr dolnoprzepustowy.

Tytuł: 'GWM sygnału przed filtracją, po decymacji i po filtracji'



filtracja sygnału po $F_{stop} = 280$ Hz. Zgodnie z założeniami tłumi wyższe częstotliwości.

KOD:

```
f1=60;
f2=180;
f3=280;
f4=440;

fp=1000;
N=1000;
Tp=1/fp;
i =(0:N-1)';

y1=sin(2*pi*f1/fp*i);
y2=sin(2*pi*f2/fp*i);
y3=sin(2*pi*f3/fp*i);
y4=sin(2*pi*f4/fp*i);
szum=randn(fp,1)/50;

y=y1+y2+y3+y4+szum;

figure
plot(y)

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

Fpass=250;
Fstop=280;
Rp=3;
Rs=20;

[n,Wn]=buttord(Fpass/(fp/2),Fstop/(fp/2),Rp,Rs)
[B,A]=butter(n,Wn)

figure
freqz(B,A,n,fp);

B=[0.0005    0.0071    0.0428    0.1570    0.3926    0.7067    0.9423    0.9423
0.7067    0.3926    0.1570    0.0428    0.0071    0.0005];
A=[1.0000    0.1064    1.7611    0.1522    1.0759    0.0730    0.2815    0.0142
0.0316    0.0011    0.0013    0.0000    0.0000    0.0000];

filtr=filter(B,A,y);
X_fft2 = Tp*fft(filtr,N);
X_gwm2 = (abs(X_fft2(1:N/2)).^2)/N/Tp;

figure
plot((0:N/2-1)/N*fp,10*log10(X_gwm));
hold on
plot((0:N/2-1)/N*fp,10*log10(X_gwm2));
hold on

y=y(1:2:N);

X_fft3 = Tp*fft(y,N/2);
X_gwm3 = (abs(X_fft3(1:N/4)).^2)/N/Tp;
plot((0:N/4-1)/N*fp,10*log10(X_gwm3));
grid on;
xlabel('Frequency [Hz]')
ylabel('PSD [dB]')
```