

Charakterystyki czasowe podstawowych obiektów dynamicznych

Mateusz Wójcik, 21.10.2024

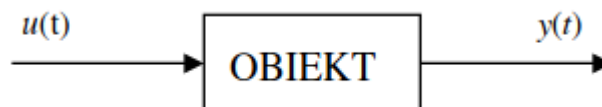
```
clear, clc
```

Wst p - charakterystyki podstawowych obiektów

Celem laboratorium jest zapoznanie się z charakterystykami czasowymi i czystotliwościowymi podstawowych obiektów dynamicznych. W trakcie zajęć zajmowano się obiektami o transmitancjach przedstawionych w poniższej tabeli:

Obiekt	Transmitancja
inercyjny I rzędu	$G(s) = \frac{k}{Ts + 1}$
inercyjny II rzędu	$G(s) = \frac{k}{T_1 T_2 s^2 + (T_1 + T_2)s + 1}$
inercyjny II rzędu (inna postać)	$G(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2\xi Ts + 1}$
całkujący rzeczywisty	$G(s) = \frac{k}{T_i s(Ts + 1)}$
różniczkujący rzeczywisty	$G(s) = \frac{T_d s}{Ts + 1}$
inercyjny I rzędu z opóźnieniem	$G(s) = \frac{e^{-s\theta}}{Ts + 1}$

Rozważane obiekty można przedstawić w postaci schematu jako układ blokowy:



W przeprowadzanych rozważaniach skorzystano z dwóch postaci sygnału wejściowego $u(t)$:

- **delta Diraca** - dla charakterystyk impulsowych,
- **skok jednostkowy** - dla charakterystyk skokowych,

Rezultaty w postaci wykresów dla różnych parametrów przedstawiono na poniższych rysunkach.

Definiowanie stałych dla dwóch wersji charakterystyk, aby zapewnić różne kształty wykresów:

```
% parametry wersja 1
k_v1 = 2;
T_v1 = 1;
Tl_v1 = 0.2;
```

```

T2_v1 = 0.5;
Ti_v1 = 3;
Td_v1 = 0.2;
ksi_v1 = 0.2;
theta_v1 = 5;

% parametry wersja 2
k_v2 = 3;
T_v2 = 0.5;
T1_v2 = 1;
T2_v2 = 0.4;
Ti_v2 = 1;
Td_v2 = 2.2;
ksi_v2 = 1.2;
theta_v2 = 3;

n = 75; %rz d aproksymacji

```

Funkcja wykresająca charakterystyki czasowe

W celu optymalizacji czasu i miejsca napisano funkcję pozwalającą na łatwe wyświetlanie charakterystyk wcześniej zdefiniowanych obiektów.

```

function plot_response(sys1, sys2, plotTitle, leg)
    %PLOT_RESPONSE - plotting impulse and step response of sys1 and sys2
    clf;
    set(gcf, 'Position', [100, 100, 1400, 500]);

    sgtitle(plotTitle, 'FontSize',16);

    subplot(121)
    [x1, t1] = impulse(sys1);
    [x2, t2] = impulse(sys2);

    plot(t1, x1, t2, x2)
    title('Odpowiedź impulsowa')
    ylabel('Amplituda')
    xlabel('Czas [s]')
    legend(leg)
    grid on

    subplot(122)
    [y1, t1] = step(sys1);
    [y2, t2] = step(sys2);

    plot(t1, y1, t2, y2)
    title('Odpowiedź skokowa')
    ylabel('Amplituda')
    xlabel('Czas [s]')
    legend(leg)
    grid on

end

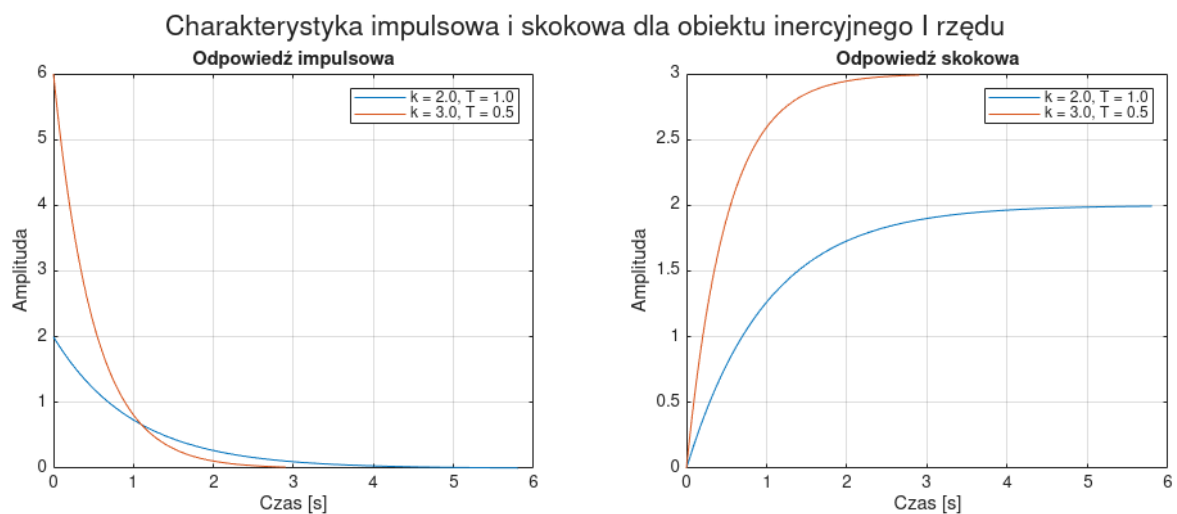
```

Charakterystyki czasowe

Poniżej przedstawiono charakterystyki dla utworzonych obiektów:

Obiekt inercyjny rzędu I

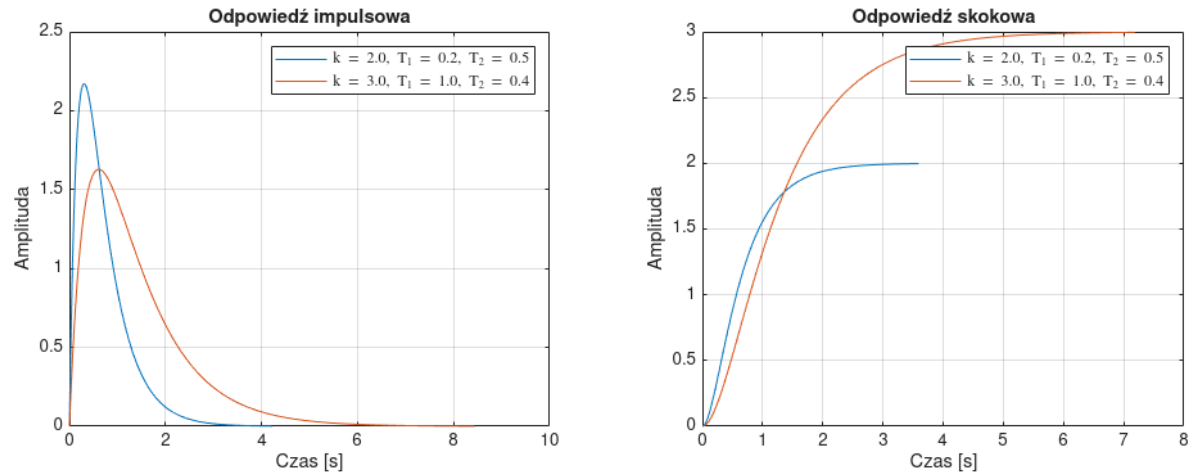
```
obiekt_inercyjny_rzedu_I_v1 = tf([0 k_v1], [T_v1 1]);  
obiekt_inercyjny_rzedu_I_v2 = tf([0 k_v2], [T_v2 1]);  
title_obiekt = 'Charakterystyka impulsowa i skokowa dla obiektu  
inercyjnego I rzędu';  
legend_obiekt = [sprintf("k = %.1f, T = %.1f", k_v1, T_v1), sprintf("k =  
%.1f, T = %.1f", k_v2, T_v2)];  
  
plot_response(obiekt_inercyjny_rzedu_I_v1, obiekt_inercyjny_rzedu_I_v2,  
title_obiekt, legend_obiekt);
```



Obiekt inercyjny II rzędu

```
obiekt_inercyjny_rzedu_II_v1 = tf([0 0 k_v1], [T1_v1*T2_v1 T1_v1 + T2_v1  
1]);  
obiekt_inercyjny_rzedu_II_v2 = tf([0 0 k_v2], [T1_v2*T2_v2 T1_v2 + T2_v2  
1]);  
title_obiekt = 'Charakterystyka impulsowa i skokowa dla obiektu  
inercyjnego II rzędu';  
legend_obiekt = [sprintf("k = %.1f, T_1 = %.1f, T_2 = %.1f", k_v1, T1_v1,  
T2_v1), sprintf("k = %.1f, T_1 = %.1f, T_2 = %.1f", k_v2, T1_v2, T2_v2)];  
  
plot_response(obiekt_inercyjny_rzedu_II_v1, obiekt_inercyjny_rzedu_II_v2,  
title_obiekt, legend_obiekt);
```

Charakterystyka impulsowa i skokowa dla obiektu inercyjnego II rzędu



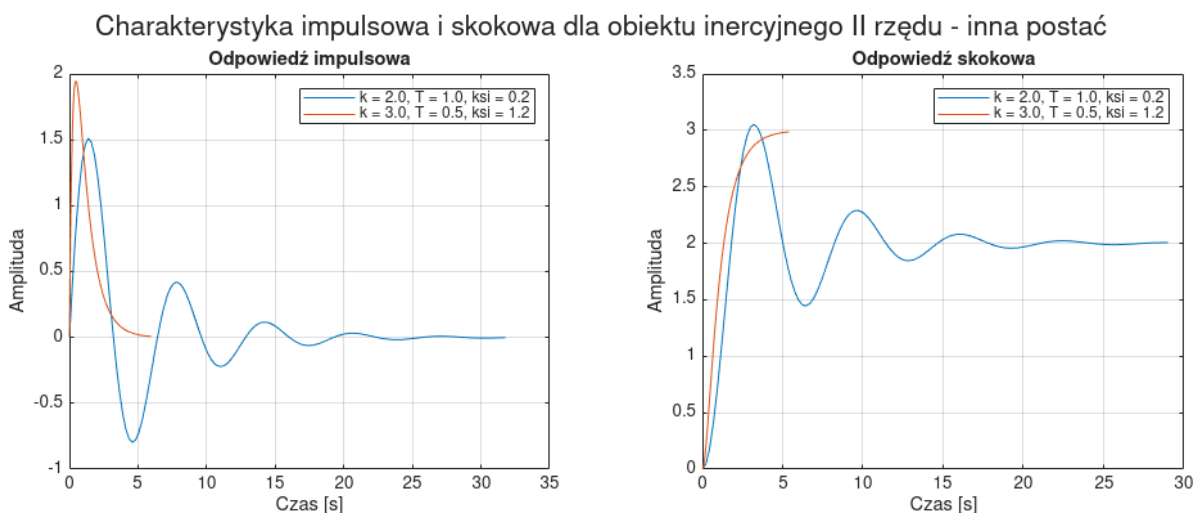
Obiekt inercyjny II rzędu (inna postać)

```

 obiekt_inercyjny_rzedu_II_ver2_v1 = tf([0 0 k_v1], [T_v1^2 2*T_v1*ksi_v1 1]);
 obiekt_inercyjny_rzedu_II_ver2_v2 = tf([0 0 k_v2], [T_v2^2 2*T_v2*ksi_v2 1]);
 title_obiekt = 'Charakterystyka impulsowa i skokowa dla obiektu
 inercyjnego II rzędu - inna postać';
 legend_obiekt = [sprintf("k = %.1f, T = %.1f, ksi = %.1f", k_v1, T_v1,
 ksi_v1), sprintf("k = %.1f, T = %.1f, ksi = %.1f", k_v2, T_v2, ksi_v2)];

 plot_response(obiekt_inercyjny_rzedu_II_ver2_v1,
 obiekt_inercyjny_rzedu_II_ver2_v2, title_obiekt, legend_obiekt);

```



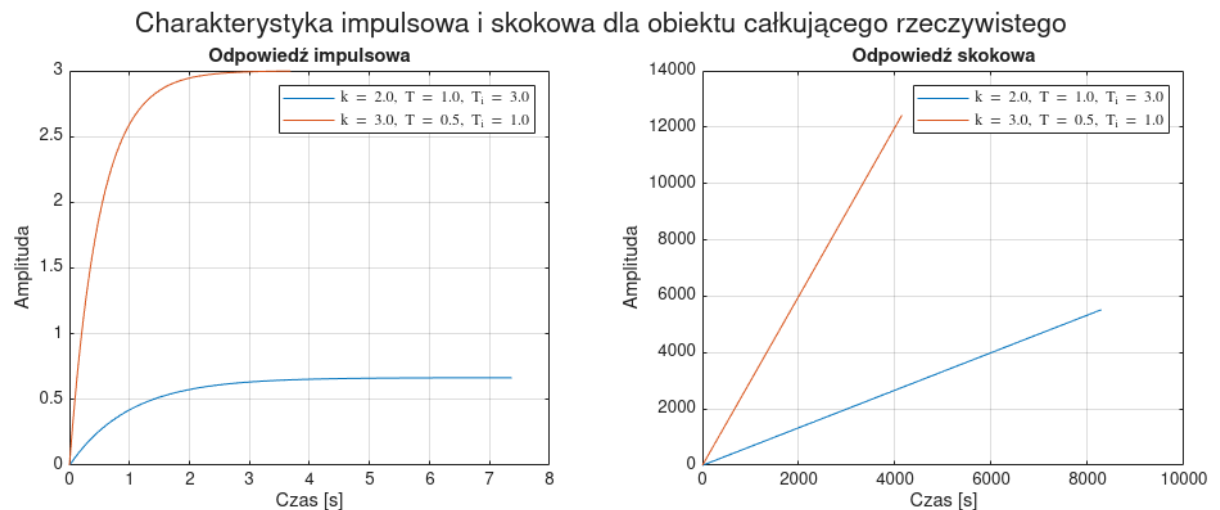
Obiekt całkowy rzeczywisty

```

 obiekt_cal_k_recz_v1 = tf([0 0 k_v1], [T_v1*T_i_v1 T_i_v1 0]);
 obiekt_cal_k_recz_v2 = tf([0 0 k_v2], [T_v2*T_i_v2 T_i_v2 0]);
 title_obiekt = 'Charakterystyka impulsowa i skokowa dla obiektu
 całkowy rzeczywisty';
 legend_obiekt = [sprintf("k = %.1f, T = %.1f, T_i = %.1f", k_v1, T_v1,
 T_i_v1), sprintf("k = %.1f, T = %.1f, T_i = %.1f", k_v2, T_v2, T_i_v2)];

```

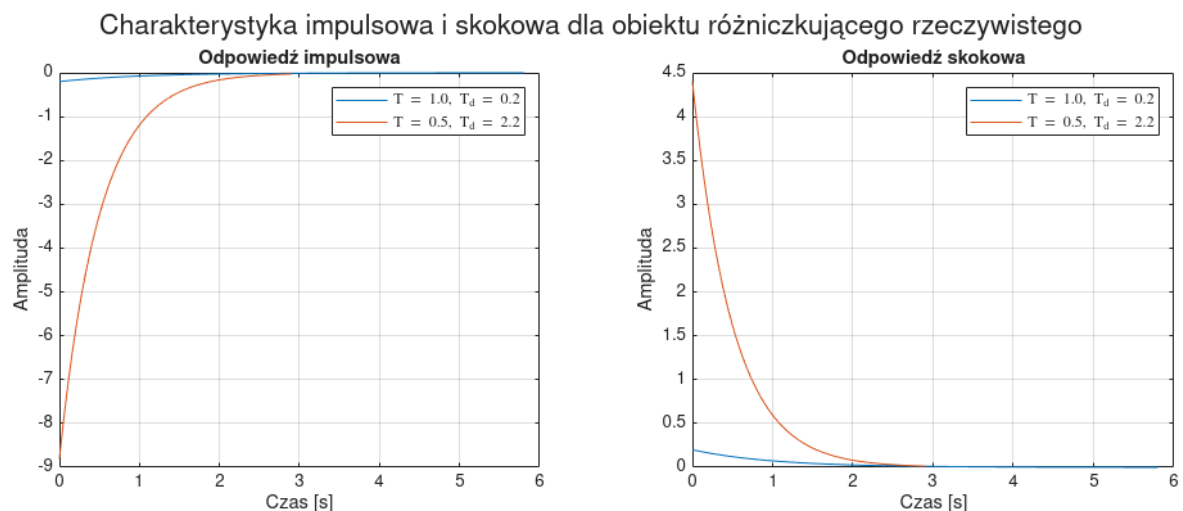
```
plot_response(obiekt_calk_recz_v1, obiekt_calk_recz_v2, title_obiekt,
legend_obiekt);
```



Obiekt różniczkujący rzeczywisty

```
obiekt_rozn_recz_v1 = tf([Td_v1 0], [T_v1 1]);
obiekt_rozn_recz_v2 = tf([Td_v2 0], [T_v2 1]);
title_obiekt = 'Charakterystyka impulsowa i skokowa dla obiektu
różniczkującego rzeczywistego';
legend_obiekt = [sprintf("T = %.1f, T_d = %.1f", T_v1, Td_v1), sprintf("T
= %.1f, T_d = %.1f", T_v2, Td_v2)];
```

```
plot_response(obiekt_rozn_recz_v1, obiekt_rozn_recz_v2, title_obiekt,
legend_obiekt);
```



Obiekt inercyjny I rzędu z opóźnieniem

Dla tego obiektu najpierw należy skonstruować obiekt opóźniący, wyznaczyć jego transmitancję. Transmitancja szukanego obiektu to połączenie szeregowo transmitancji obiektu opóźniającego i obiektu inercyjnego I rzędu.

1. Wyznaczamy transmitancję obiektu opóźniającego:

W celu obliczenia transmitancji obiektu opóŹniaj ącego, nale y skorzystać z aproksymacji Pade'go, w celu uzyskania wyrazu $e^{-s\theta}$ w postaci wielomianowej o stopniu okre Źlonym przez parametr n.

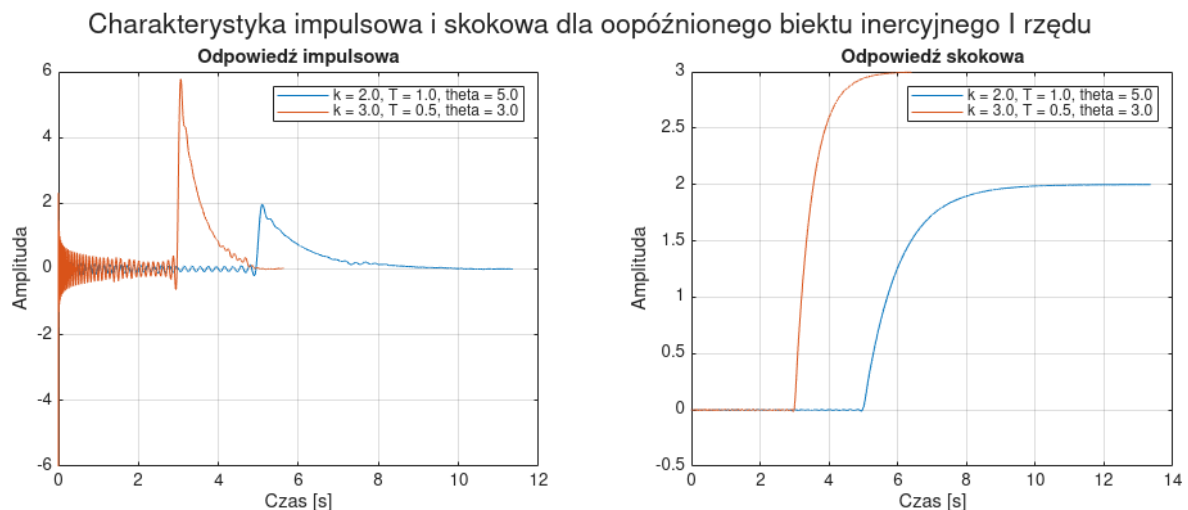
```
[licz_op1, mian_op1] = pade(theta_v1, n);
op_v1 = tf(licz_op1, mian_op1);
[licz_op2, mian_op2] = pade(theta_v2, n);
op_v2 = tf(licz_op2, mian_op2);
```

2. Wykre lamy wykresy

```
obiekt_op_inercyjny_rzedu_I_v1 = op_v1 * obiekt_inercyjny_rzedu_I_v1;
obiekt_op_inercyjny_rzedu_I_v2 = op_v2 * obiekt_inercyjny_rzedu_I_v2;
title_obiekt = 'Charakterystyka impulsowa i skokowa dla opóŹnionego
biektu inercyjnego I rz ędu';

legend_obiekt = [sprintf("k = %.1f, T = %.1f, theta = %.1f", k_v1,
T_v1, theta_v1), sprintf("k = %.1f, T = %.1f, theta = %.1f", k_v2, T_v2,
theta_v2)];
```

```
plot_response(obiekt_op_inercyjny_rzedu_I_v1,
obiekt_op_inercyjny_rzedu_I_v2, title_obiekt, legend_obiekt);
```



Łatwo zauwa y m e zastosowanie wi kszej aproksymacji zwi ksza wygładzenie pocz ątkowej fazy wykresu. Spowodowane jest to przez błędy aproksymacji liczby $e^{-s\theta}$. Ciekawym spostrze eniem jest również , fakt , e dla zbyt wysokiej aproksymacji mo emy otrzyma obiekt, którego charakterystyka impulsowa oraz skokowa wskazuj ą na niestabilno ść .

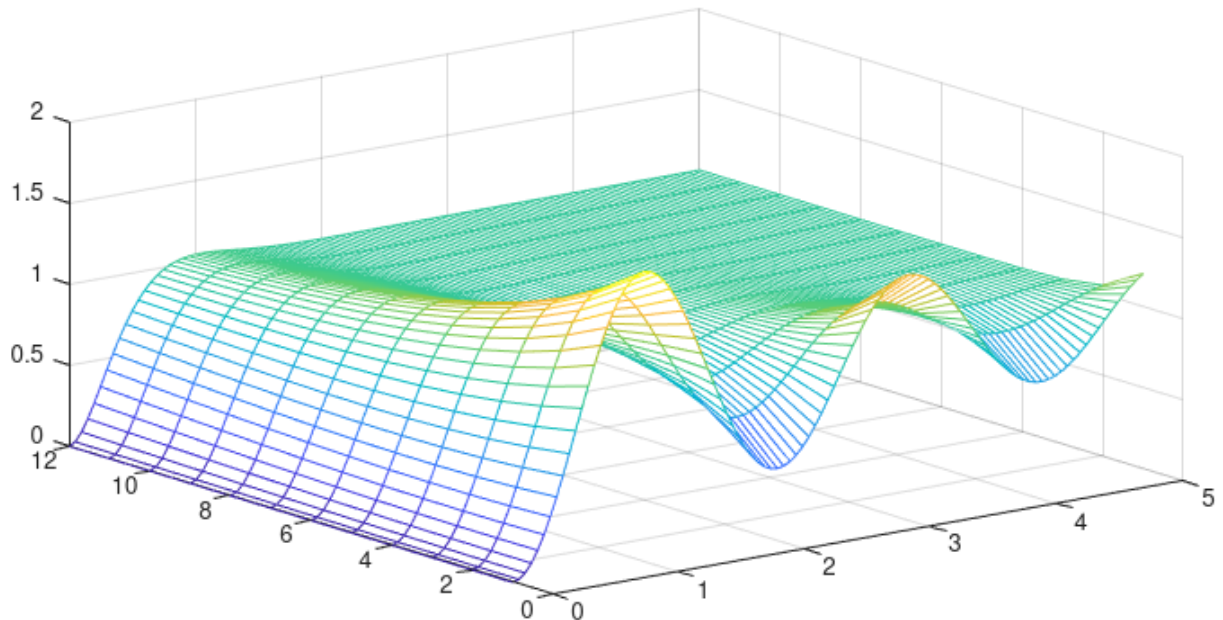
Wpływ zer i biegunów na kształt odpowiedzi skokowej

```
clf
set(gcf, 'Position', [100, 100, 1000, 500]);
t=0:0.05:5;
dl=length(t);
LiczbaWykresow=12;
y=zeros(dl,LiczbaWykresow);
title('Odpowied skokowa')
n=1;
```

```

while(n<=LiczbaWykresow)
    [licz,mian]=zp2tf([],[-n/4+3*i -n/4-3*i], (n/4)^2+9);
    [y(1:dl,n),x,tt]=step(licz,mian,t);
    n=n+1;
end
mesh(t,1:12,y');

```



Charakterystyki cz stotliwo ciowe podstawowych obiektów dynamicznych

W kolejnym etapie przeprowadzono badanie charakterystyk cz stotliwo iowych. W tym celu skorzystano z wykresów Nyquista oraz Bodego. Charakterystyki wykre lono dla wcze niej skonstruowanych obiektów automatyki okre lonych we wcze niejszym punkcie.

Do analizy charakterystyk cz stotliwo ciowych skorzystano z wcze niej zdefiniowanych obiektów. Dodatkowo w celu zautomatyzowania wy wietlania wykresów napisano nast puj c funkcj :

```

function frequency_response(sys, plotTitle)
    %FREQUENCY_RESPONE plotting nyquist and

    omega = logspace(-2, 2,100);

    clf;
    set(gcf, 'Position', [100, 100, 1400, 500]);

    sgtitle(plotTitle, 'FontSize',16);

    subplot(2,2,[1 3])
    [Re, Im] = nyquist(sys);
    plot(Re(:), Im(:))
    title("Wykres Nyquista")
    ylabel('o urojona')
    xlabel('o rzeczywista')

```

```

grid on

[A, F] = bode(sys, omega);
A_db = 20*log10(A(:));

subplot(2,2, 2)
semilogx(omega,A_db);
title('Wykresy Bodego')
ylabel("Amplituda [dB]")
grid on

subplot(2,2,4)
semilogx(omega, F(:))
ylabel("Faza [ $^{\circ}$ ]", "Interpreter","latex")
xlabel("cz stotliwo [dB]")

grid on

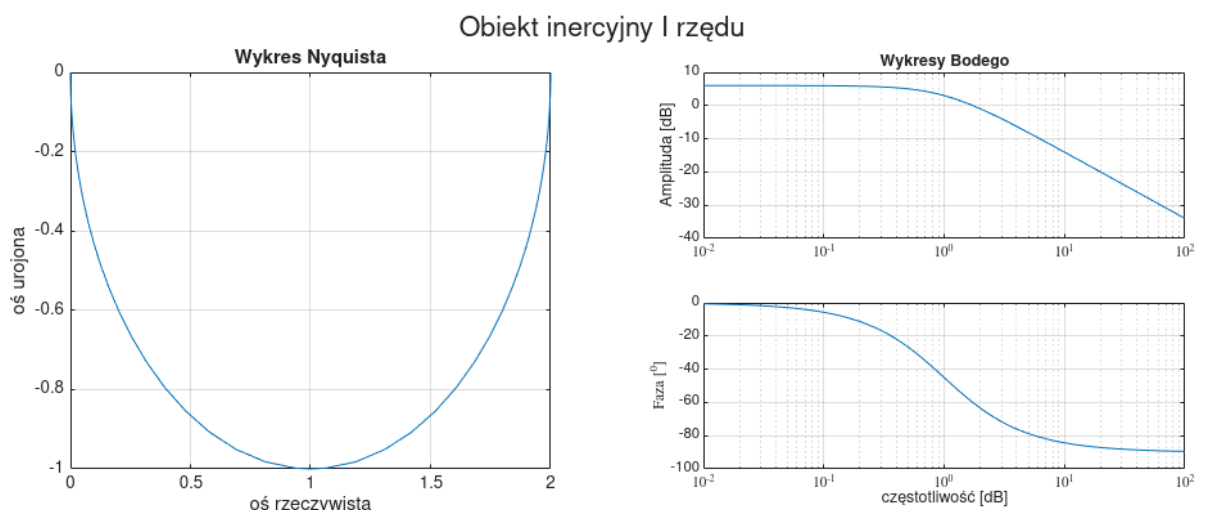
end

```

```

title_obiekt = 'Obiekt inercyjny I rz du';
frequency_response(obiekt_inercyjny_rzedu_I_v1, title_obiekt)

```

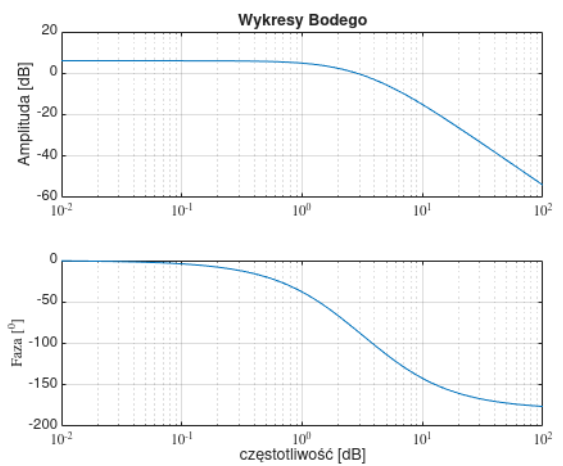
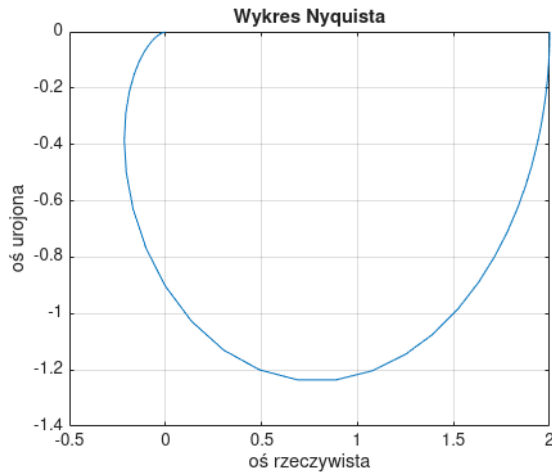


```

title_obiekt = 'Obiekt inercyjny II rz du';
frequency_response(obiekt_inercyjny_rzedu_II_v1, title_obiekt)

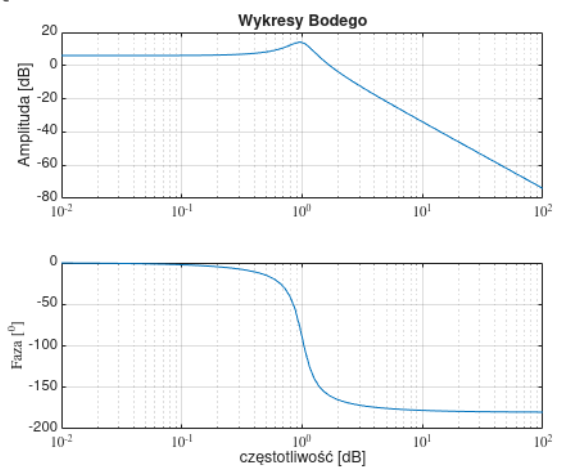
```


Obiekt inercyjny II rzędu



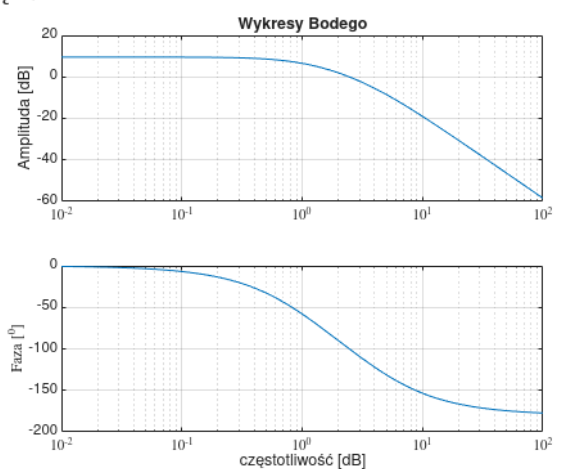
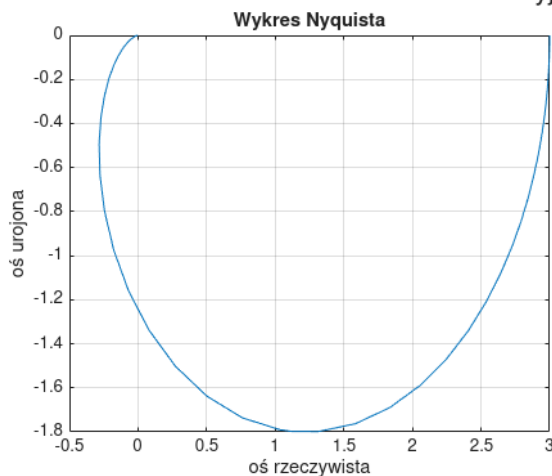
```
title_obiekt = 'Obiekt inercyjny II rz du dla ksi < 1';
frequency_response(obiekt_inercyjny_rzedu_II_ver2_v1, title_obiekt)
```

Obiekt inercyjny II rzędu dla $\xi < 1$



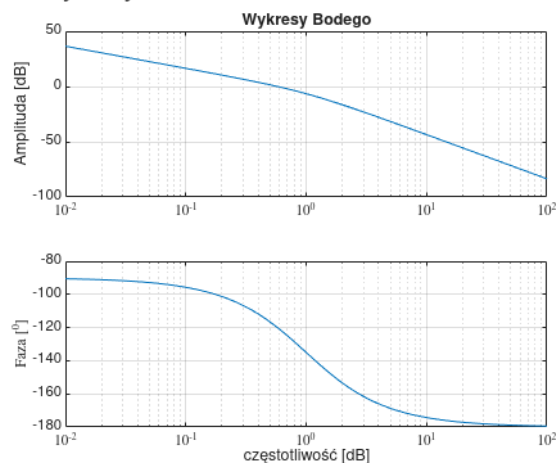
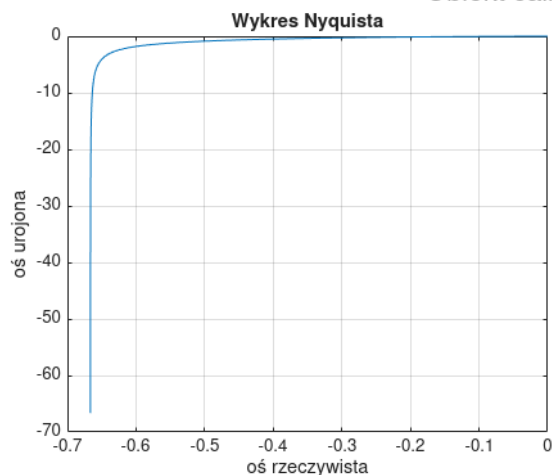
```
title_obiekt = 'Obiekt inercyjny II rz du dla ksi > 1';
frequency_response(obiekt_inercyjny_rzedu_II_ver2_v2, title_obiekt)
```

Obiekt inercyjny II rzędu dla $\xi > 1$



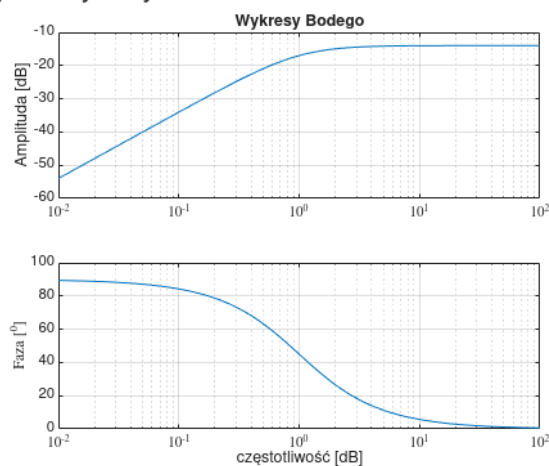
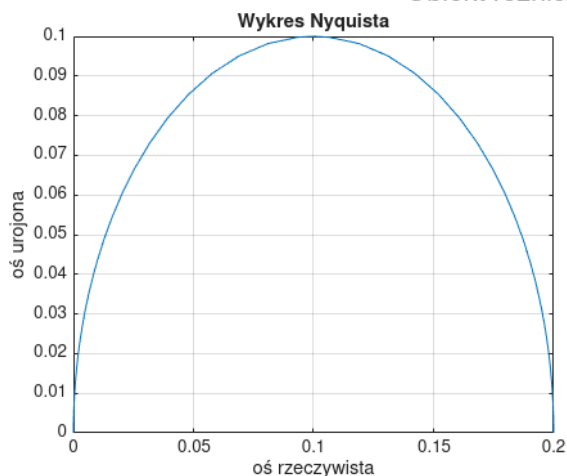
```
title_obiekt = 'Obiekt całkuj cy rzeczywisty';
frequency_response(obiekt_calk_recz_v1, title_obiekt)
```

Obiekt całkujący rzeczywisty



```
title_obiekt = 'Obiekt różniczkujący rzeczywisty';
frequency_response(obiekt_rozn_recz_v1, title_obiekt)
```

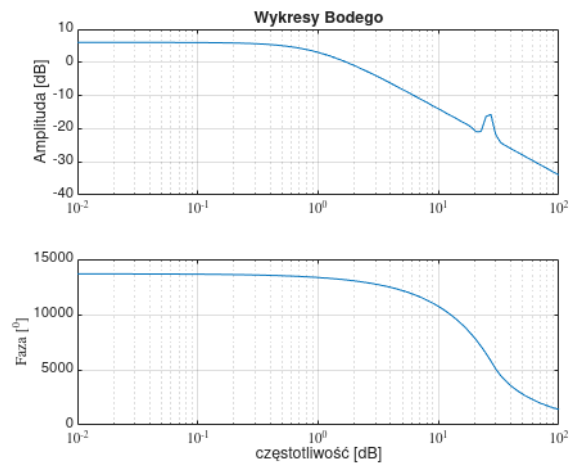
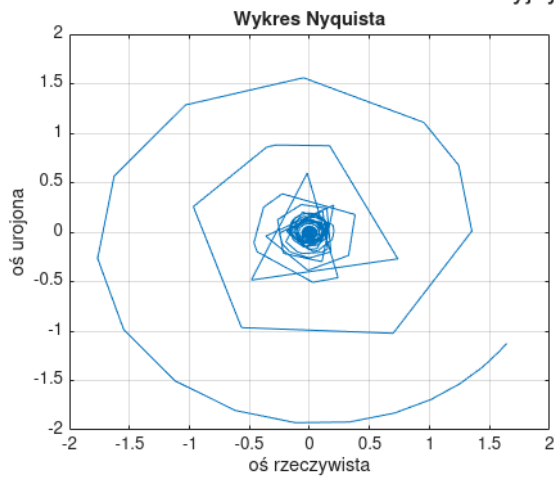
Obiekt różniczkujący rzeczywisty



Można wywnioskować na podstawie powyższego wykresu, że w pewnych punktach funkcja traci swoją gładkość. Prawdopodobnie jest to związane z aproksymacją, którą opisano w podpunkcie dla charakterystyki czasowej obiektu inercyjnego I rzędu z opóźnieniem.

```
title_obiekt = 'Obiekt inercyjny I rzędu z opóźnieniem';
frequency_response(obiekt_op_inercyjny_rzedu_I_v1, title_obiekt)
```

Obiekt inercyjny I rzędu z opóźnieniem



Wnioski

Na ćwiczeniach zapoznano się z metodami tworzenia i przedstawiania charakterystyk czasowych i częstotliwościowych obiektów automatyki. Poznanie podstawowych rodzajów obiektów oraz ich wykresów jest bardzo istotne w praktyce, aby umożliwić szybkie rozpoznawanie z czym aktualnie pracujemy, przez dopasowanie wykresów do aktualnie badanego zjawiska. Wydaje mi się, że jest to jedno z podstawowych narzędzi i ta część wiedzy, która będzie mi towarzyszyć przez większość czasu, gdy będę zajmował się automatyką.