

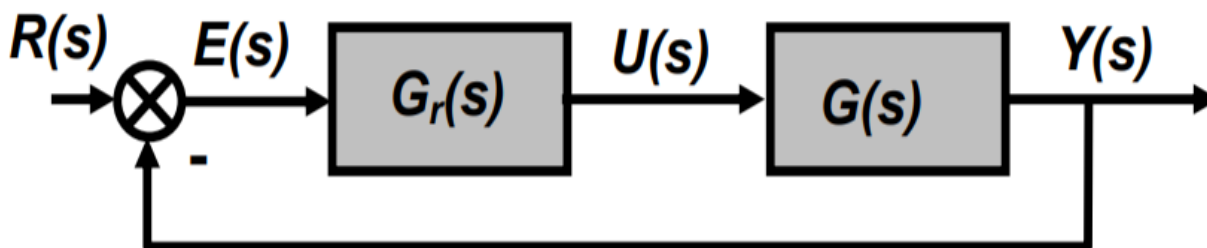
Laboratorium Podstaw Automatyki Ćwiczenie 8 – Zapasy stabilności		
Nazwisko Imię	Grupa	Data i godzina zajęć
Szczypek Jakub	Grupa 5a	16.05.2022r. godz.17.00 Poniedziałek

1. Cel ćwiczenia

Celem dzisiejszego ćwiczenia jest ugruntowanie i rozszerzenie zagadnień z zakresu zapasów stabilności. Zostanie pokazany wpływ na stabilność poszczególnych części regulatora PID.

2. Wstęp

W ćwiczeniu rozważamy zamknięty układ regulacji złożony z obiektu o transmitancji $G(s)$ oraz regulatora liniowego ciągłego o transmitancji $G_r(s)$, pokazany na rysunku poniżej.



Będziemy rozważać regulatory P, PI, PD oraz PID w wersji IND. Transmitancja układu otwartego jest równa:

$$G_0(s) = G_r(s)G(s)$$

Jako obiekty rozważane będą takie opisane przez transmitancję:

$$G(s) = \frac{1}{s^3 + 3s^2 + 3s + 1},$$

$$G(s) = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1},$$

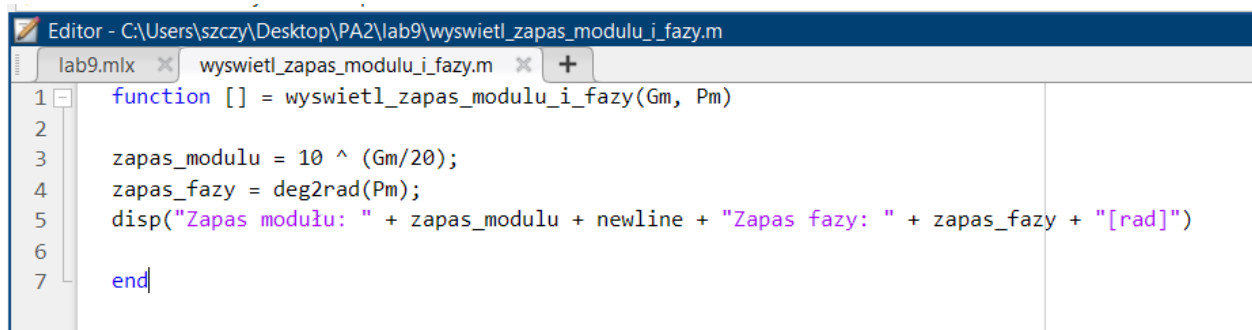
$$G(s) = \frac{2}{s^3 + 3s^2 + 2s + 1},$$

$$G(s) = \frac{1}{2s^3 + s^2 + s}.$$

Marginesy stabilności wyznaczane będą wyłącznie w oparciu o transmitancję układu otwartego.

3. Przebieg ćwiczenia

W ramach ćwiczenia wykonywane będą kolejne zadania z konspektu z użyciem środowiska Matlab. Aby uniknąć duplikacji kodu stworzono funkcję wypisującą przeliczone zapasy moduły i fazy:



```

Editor - C:\Users\szczy\Desktop\PA2\lab9\wyswietl_zapas_modulu_i_fazy.m
lab9.mlx  wyswietl_zapas_modulu_i_fazy.m  +
1  function [] = wyswietl_zapas_modulu_i_fazy(Gm, Pm)
2
3      zapas_modulu = 10 ^ (Gm/20);
4      zapas_fazy = deg2rad(Pm);
5      disp("Zapas modułu: " + zapas_modulu + newline + "Zapas fazy: " + zapas_fazy + "[rad]")
6
7      end

```

Zadanie 3

W tym zadaniu omawiany będzie układ z regulatorem P, którego transmitancja ma postać:

$$G_r(s) = k$$

Stworzono kod generujący wykresy Bodego z zaznaczonymi zapasami stabilności:

```

licz1 = [1];
mian1 = [1 3 3 1];
licz2 = [1];
mian2 = [1 2 2 1];
licz3 = [2];

```

```

mian3 = [1 3 2 1];
licz4 = [1];
mian4 = [2 1 1 0];

obiekt_1 = tf(licz1, mian1);
obiekt_2 = tf(licz2, mian2);
obiekt_3 = tf(licz3, mian3);
obiekt_4 = tf(licz4, mian4);

obiekty = [obiekt_1 obiekt_2 obiekt_3 obiekt_4];
obiekty_nazwy = ["obiekt_1:" "obiekt_2" "obiekt_3:" "obiekt_4:"];

wartosci_k = [4 1.5 5/4 1/4];

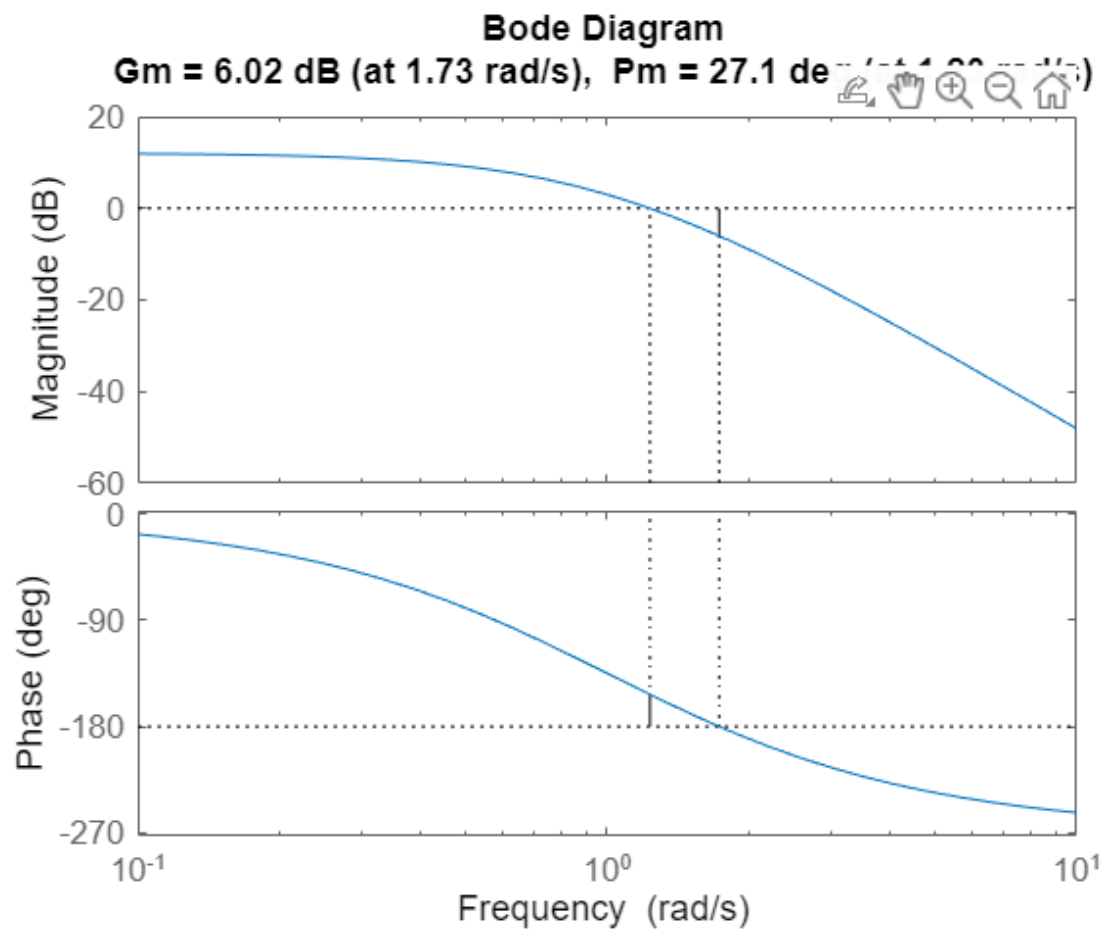
Gm = [6.02 6.02 6.02 6.02];
Pm = [27.1 39.7 22.1 71.5];

i = 1;
for k = wartosci_k
    figure
    G_r = k;
    margin(G_r * obiekty(i))
    disp(obiekty_nazwy(i))
    disp("k: " + k)
    wyswietl_zapas_modulu_i_fazy(Gm(i), Pm(i))

    i = i + 1;

end

```

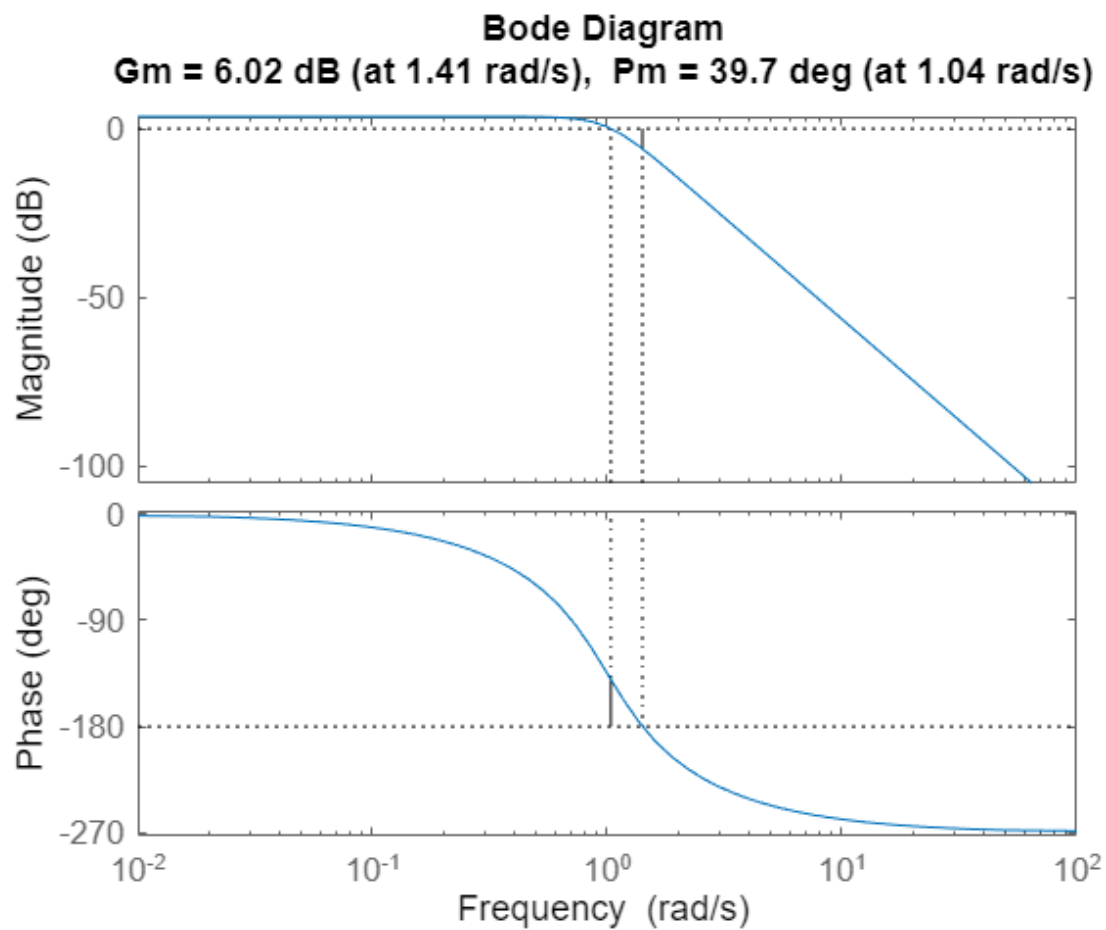


obiekt_1:

k: 4

Zapas modułu: 1.9999

Zapas fazy: 0.47298[rad]

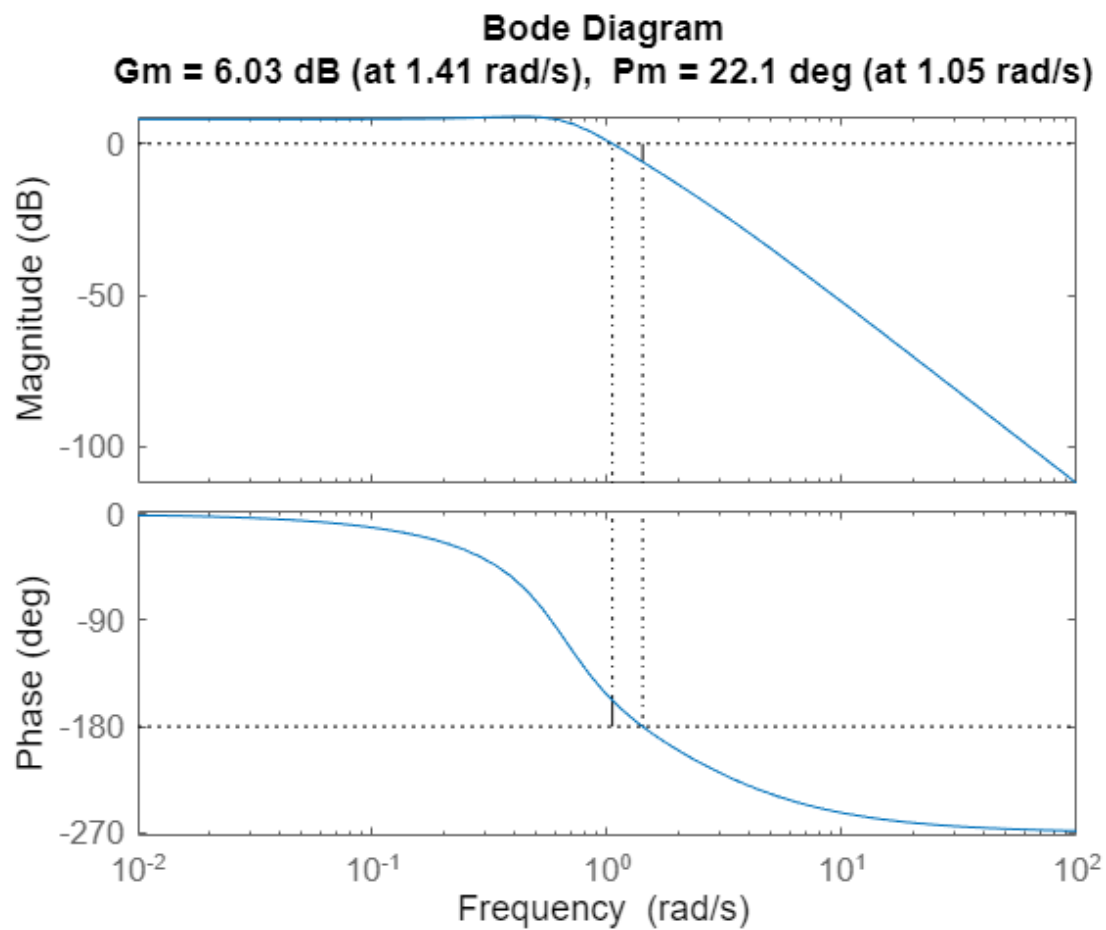


obiekt_2

k: 1.5

Zapas modułu: 1.9999

Zapas fazy: 0.6929[rad]

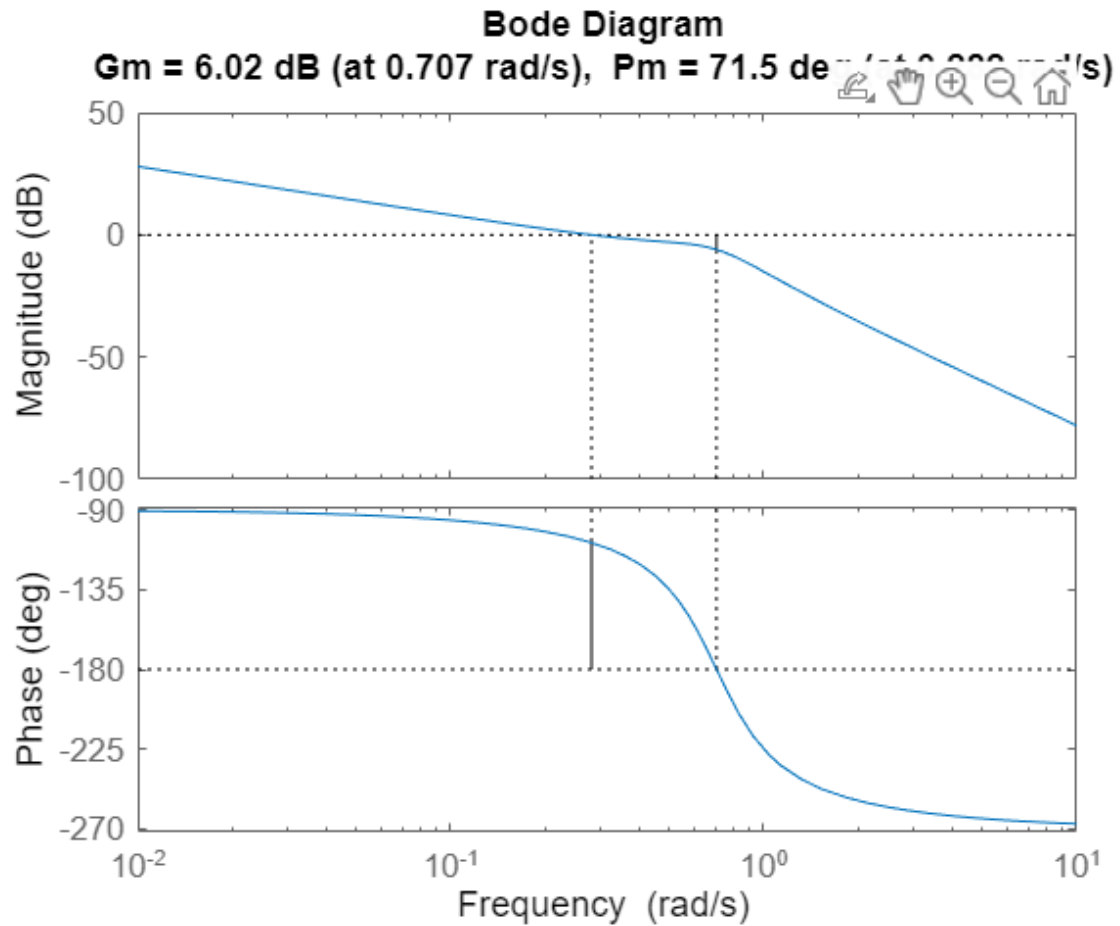


obiekt_3:

k: 1.25

Zapas modułu: 1.9999

Zapas fazy: 0.38572[rad]



```

obiekt_4:
k: 0.25
Zapas modułu: 1.9999
Zapas fazy: 1.2479[rad]

```

Zadanie 4

W tym zadaniu omawiamy układ z regulatorem PI, którego transmitancja ma postać:

$$G_r(s) = k + \frac{\alpha}{s}$$

Stworzono kod generujący wykresy Bodego z zaznaczonymi zapasami stabilności:

```

clear G_r Gm Pm

Gm = [5.8 5.43 4.95 1.58 3.62 -0.412 -6.75 -inf];
Pm = [26 35.8 17.6 11.4 14.9 -2.4 -20 -115];

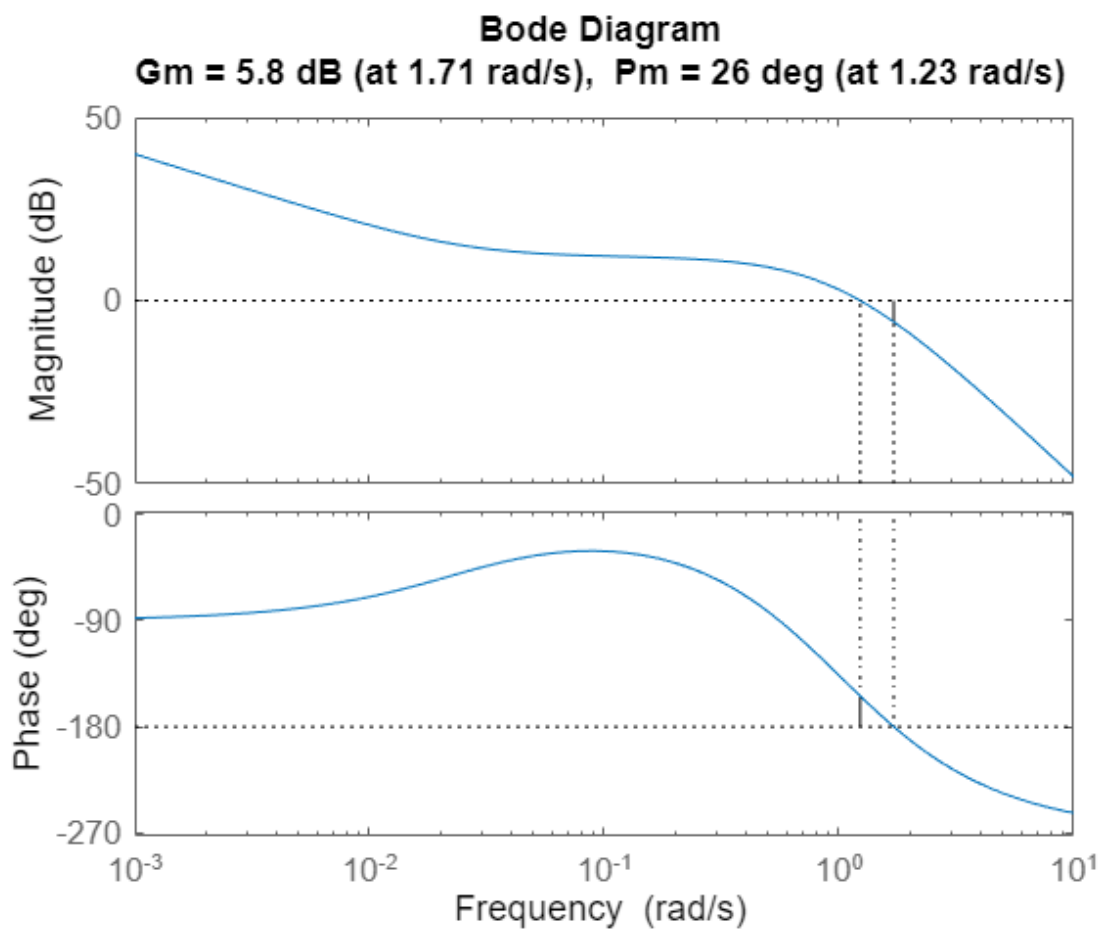
```

```

j = 0;
for alpha = [0.1 1]
    i = 1;
    for k = wartosci_k
        figure
        G_r = tf([k alpha], [1 0]);
        margin(G_r * objekty(i))
        disp(objekty_nazwy(i))
        disp("k: " + k + " ; alpha: " + alpha)
        wyswietl_zapas_modulu_i_fazy(Gm(i + j), Pm(i + j))

        i = i + 1;
    end
    j = j + 4;
end

```

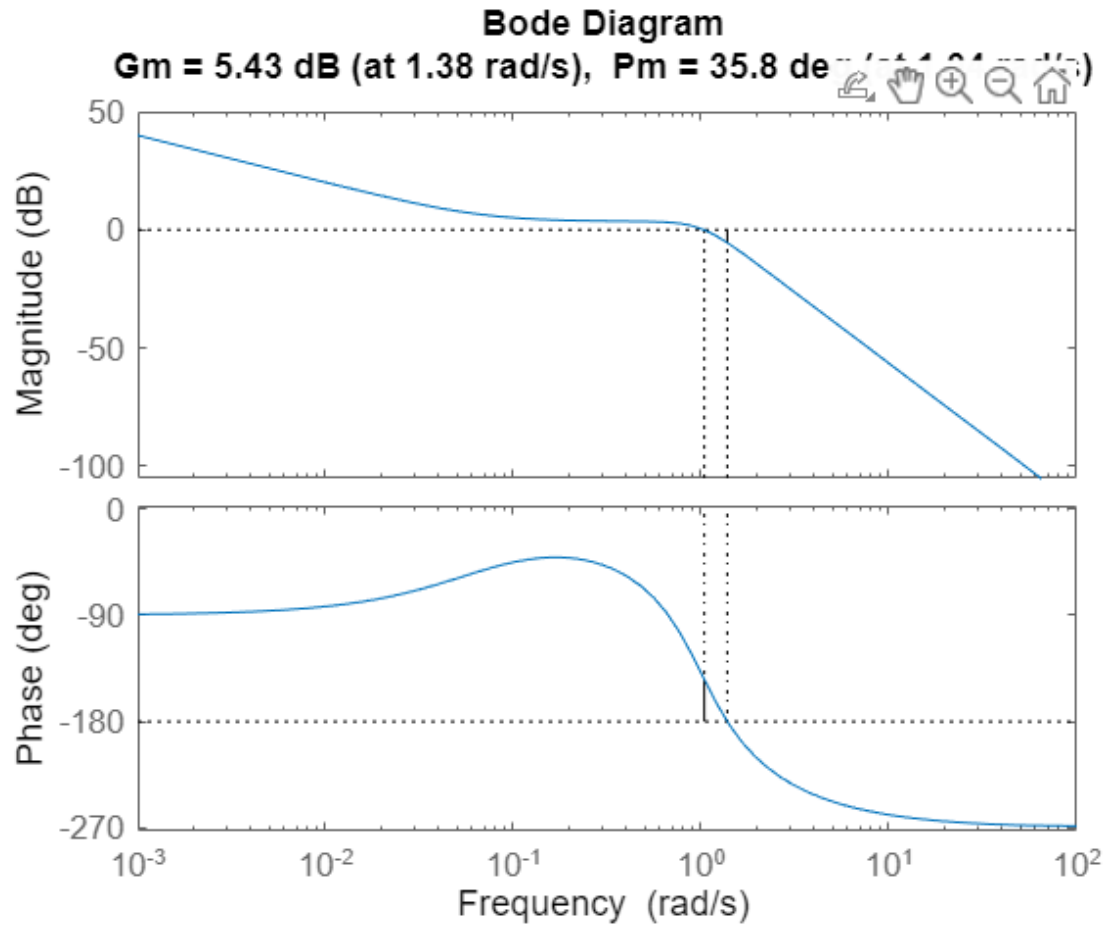


obiekt_1:

k: 4 ; alpha: 0.1

Zapas modułu: 1.9498

Zapas fazy: 0.45379[rad]

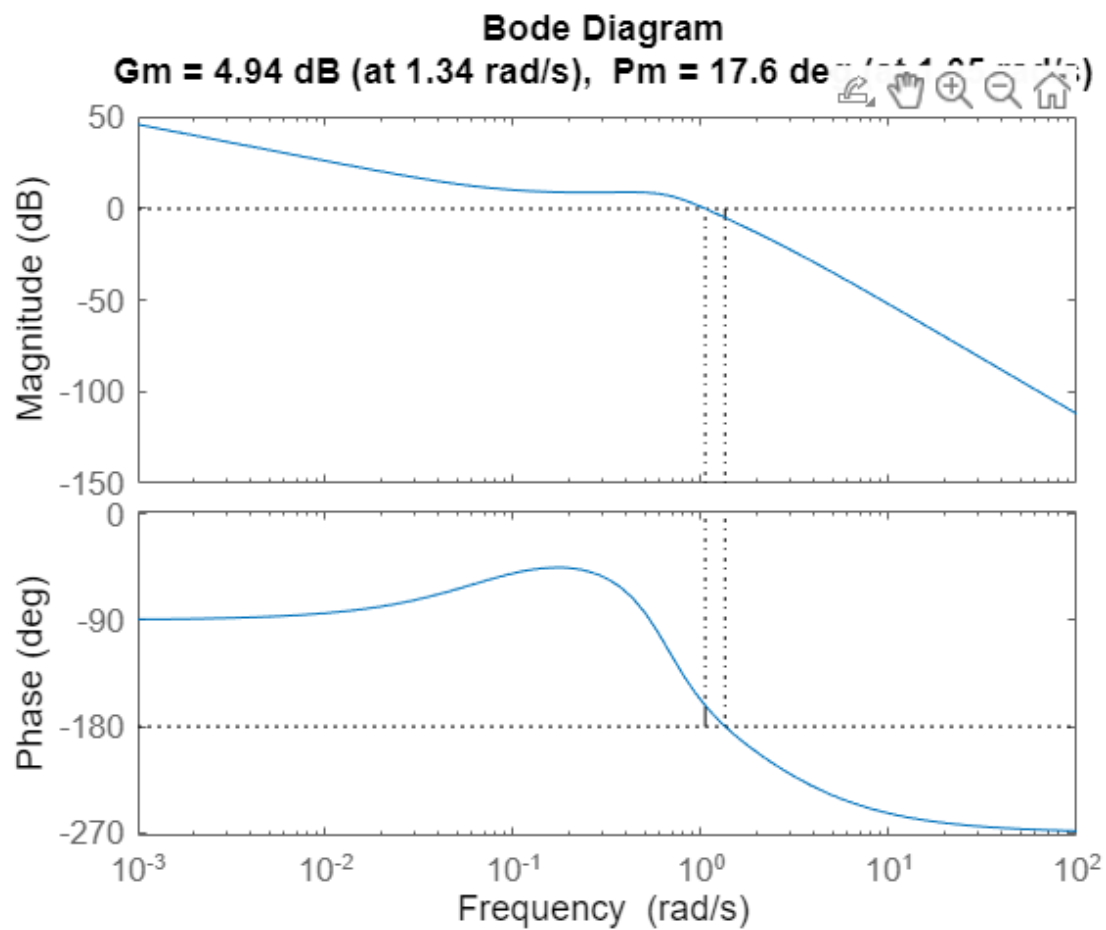


obiekt_2

k: 1.5 ; alpha: 0.1

Zapas modułu: 1.8685

Zapas fazy: 0.62483[rad]

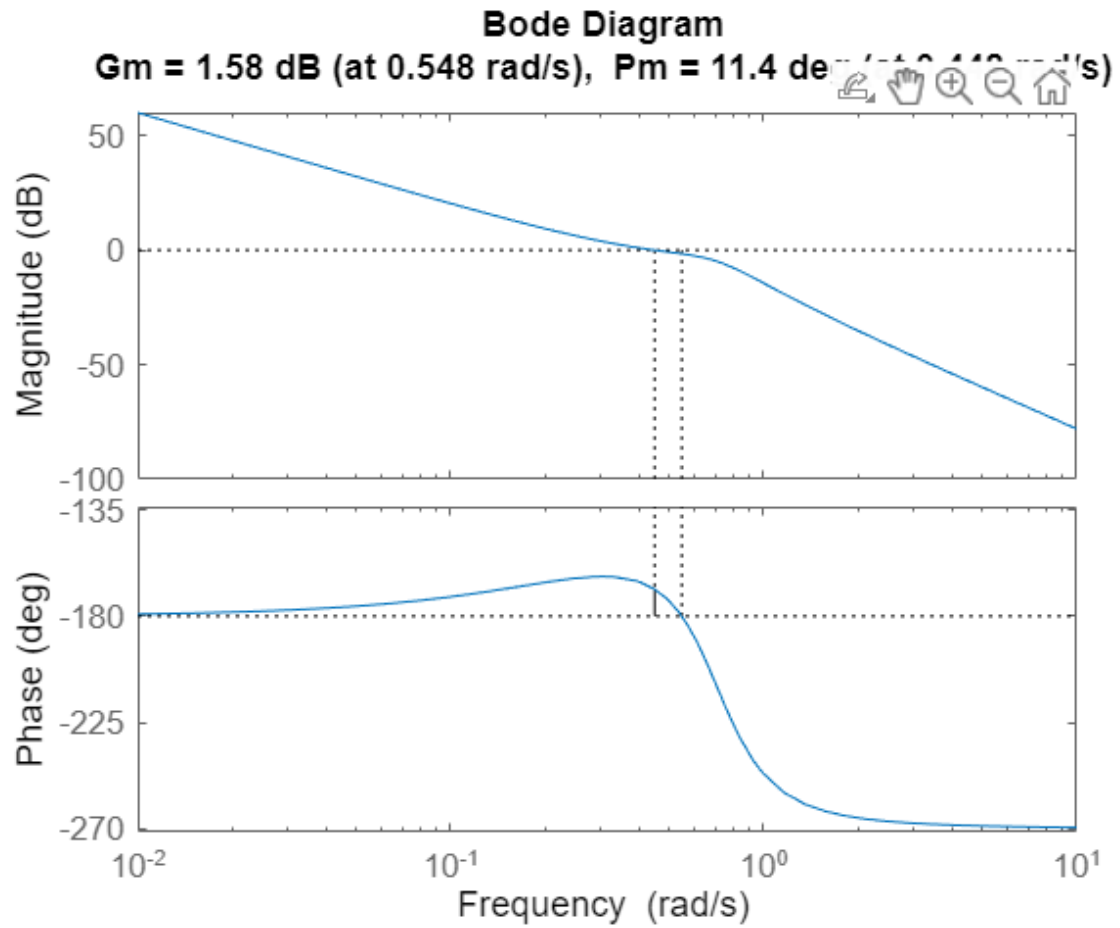


obiekt_3:

k: 1.25 ; alpha: 0.1

Zapas modułu: 1.7681

Zapas fazy: 0.30718[rad]

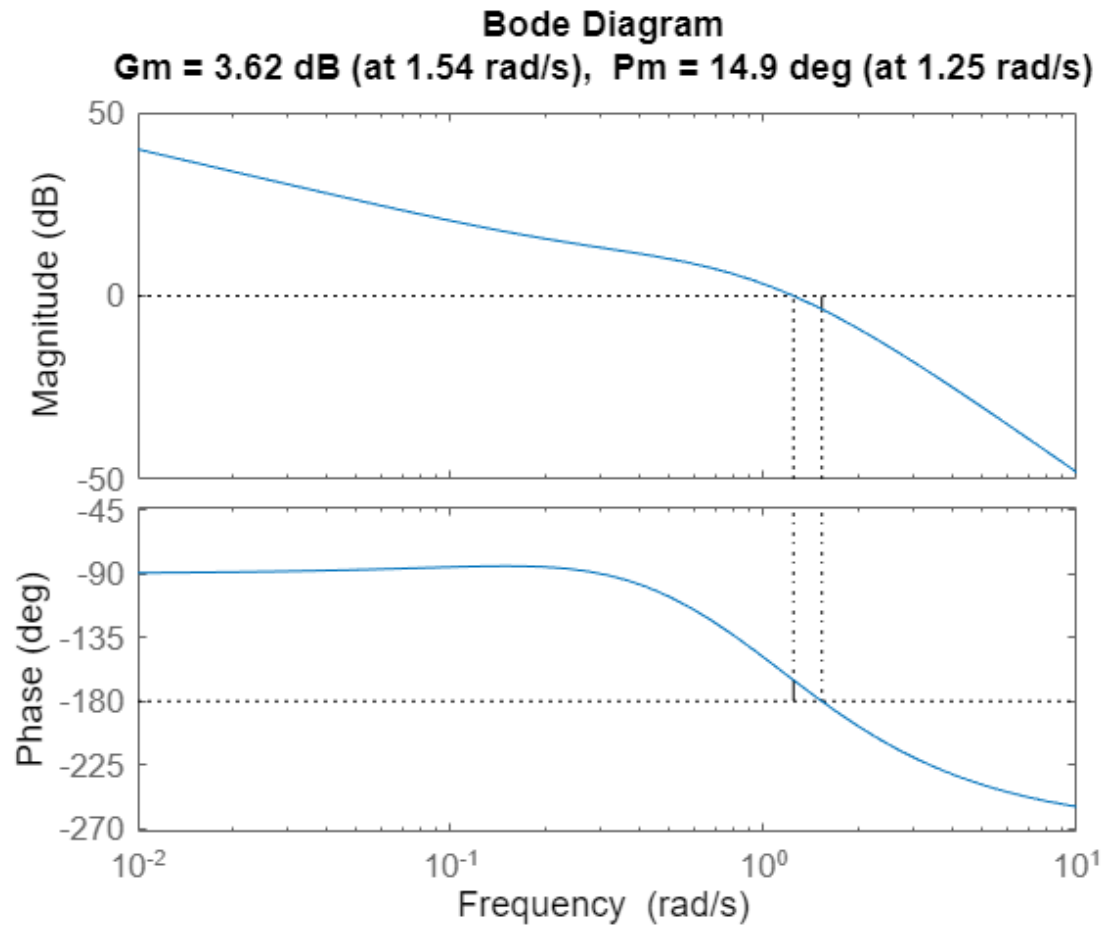


obiekt_4:

k: 0.25 ; alpha: 0.1

Zapas modułu: 1.1995

Zapas fazy: 0.19897[rad]

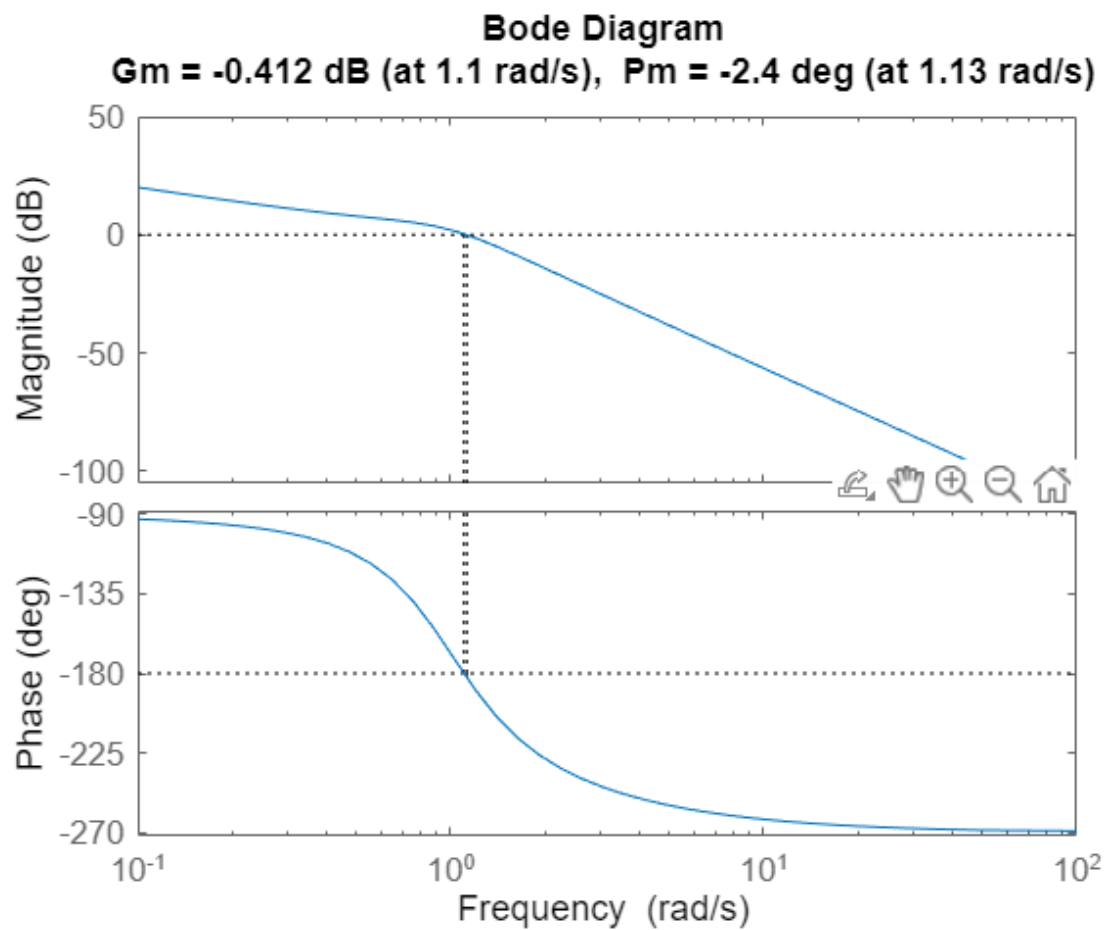


obiekt_1:

k: 4 ; alpha: 1

Zapas modułu: 1.5171

Zapas fazy: 0.26005[rad]

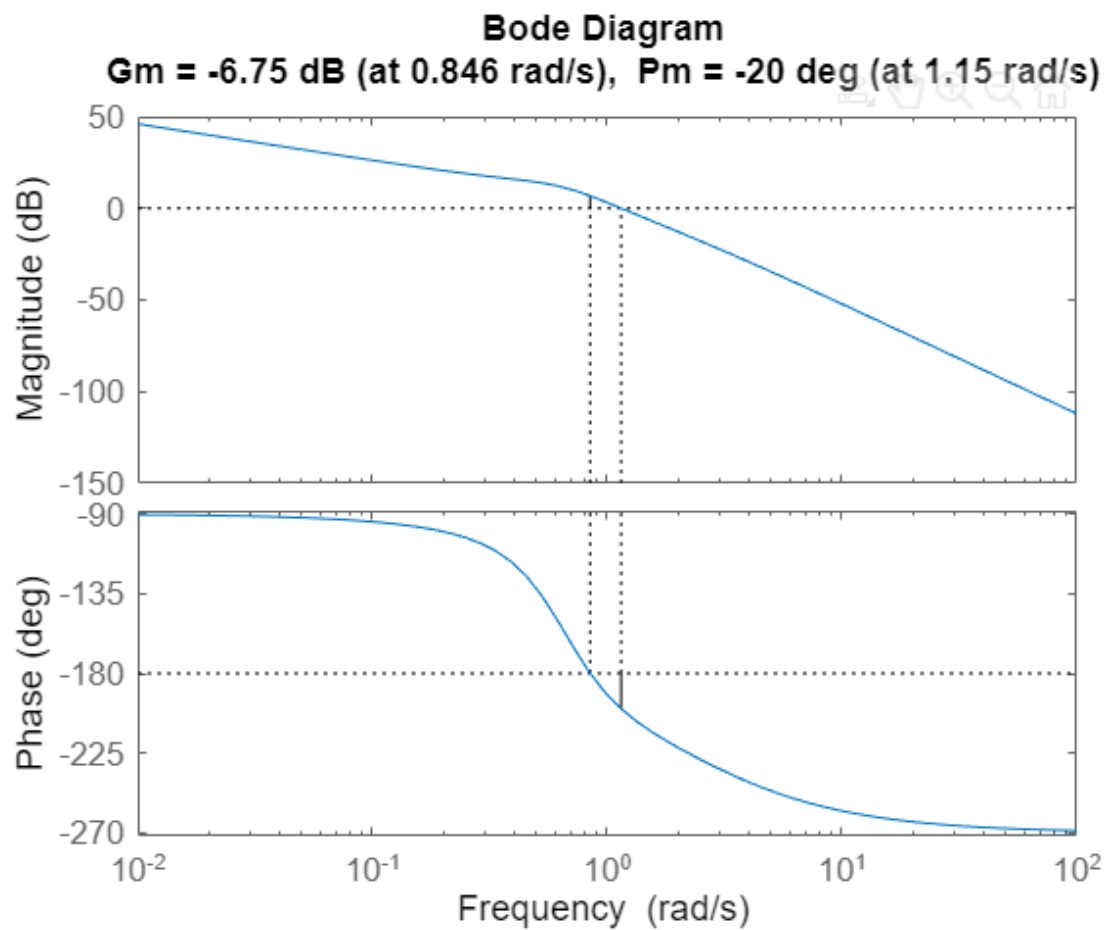


obiekt_2

k: 1.5 ; alpha: 1

Zapas modułu: 0.95367

Zapas fazy: -0.041888[rad]

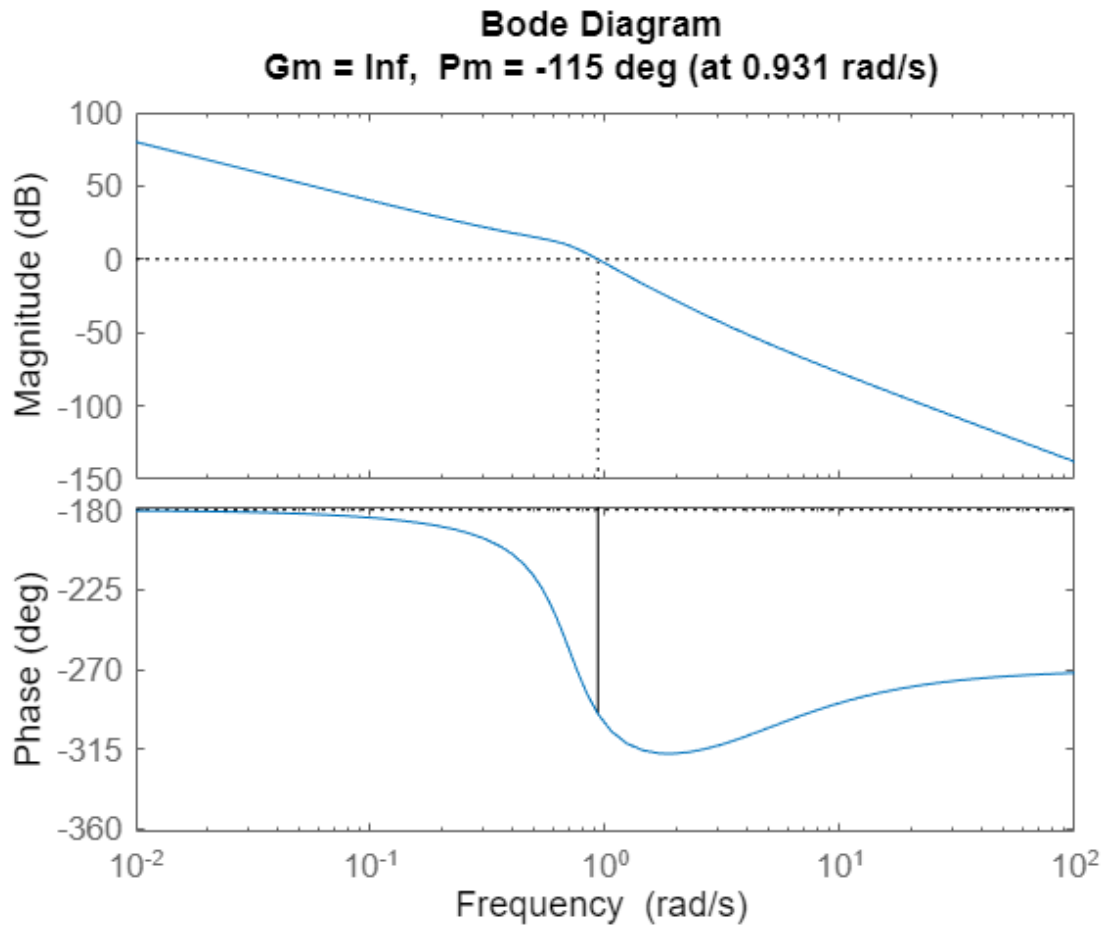


obiekt_3:

k: 1.25 ; alpha: 1

Zapas modułu: 0.45973

Zapas fazy: -0.34907[rad]



```

obiekt_4:
k: 0.25 ; alpha: 1
Zapas modułu: 0
Zapas fazy: -2.0071[rad]

```

Zadanie 5

W tym zadaniu omawiamy układ z regulatorem PD, którego transmitancja ma postać:

$$G_r(s) = k + \beta s$$

Stworzono kod generujący wykresy Bodego z zaznaczonymi zapasami stabilności:

```

clear G_r Gm Pm

Gm = [10.1 15.6 inf inf 18.1 inf inf inf];
Pm = [35.4 54.5 42.4 90 42.5 60.5 54.7 42.1];

j = 0;

```

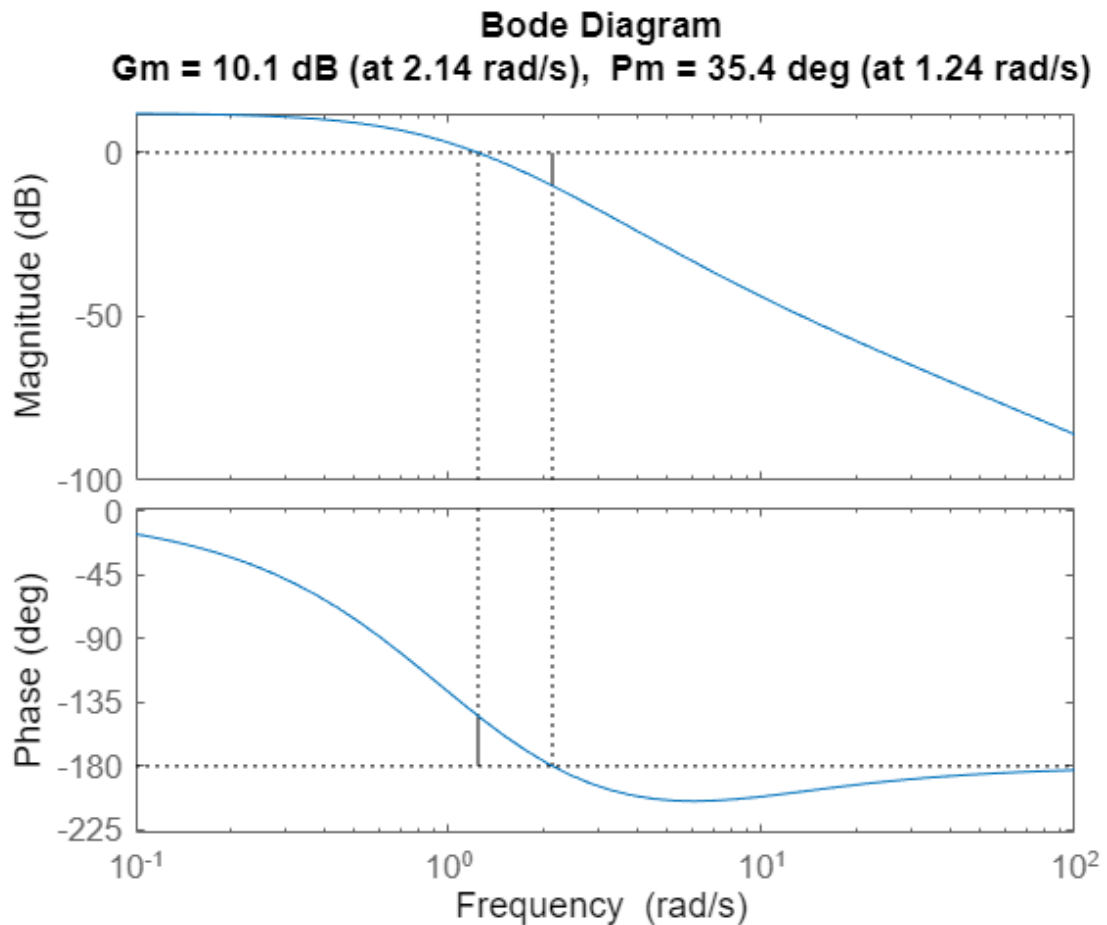
```

for beta = [0.5 1]
    i = 1;
    for k = wartosci_k
        figure
        G_r = tf([beta k], [0 1]);
        margin(G_r * objekty(i))
        disp(objekty_nazwy(i))
        disp("k: " + k + " ; beta: " + beta)
        wyswietl_zapas_modulu_i_fazy(Gm(i + j), Pm(i + j))

        i = i + 1;

    end
    j = j + 4;
end

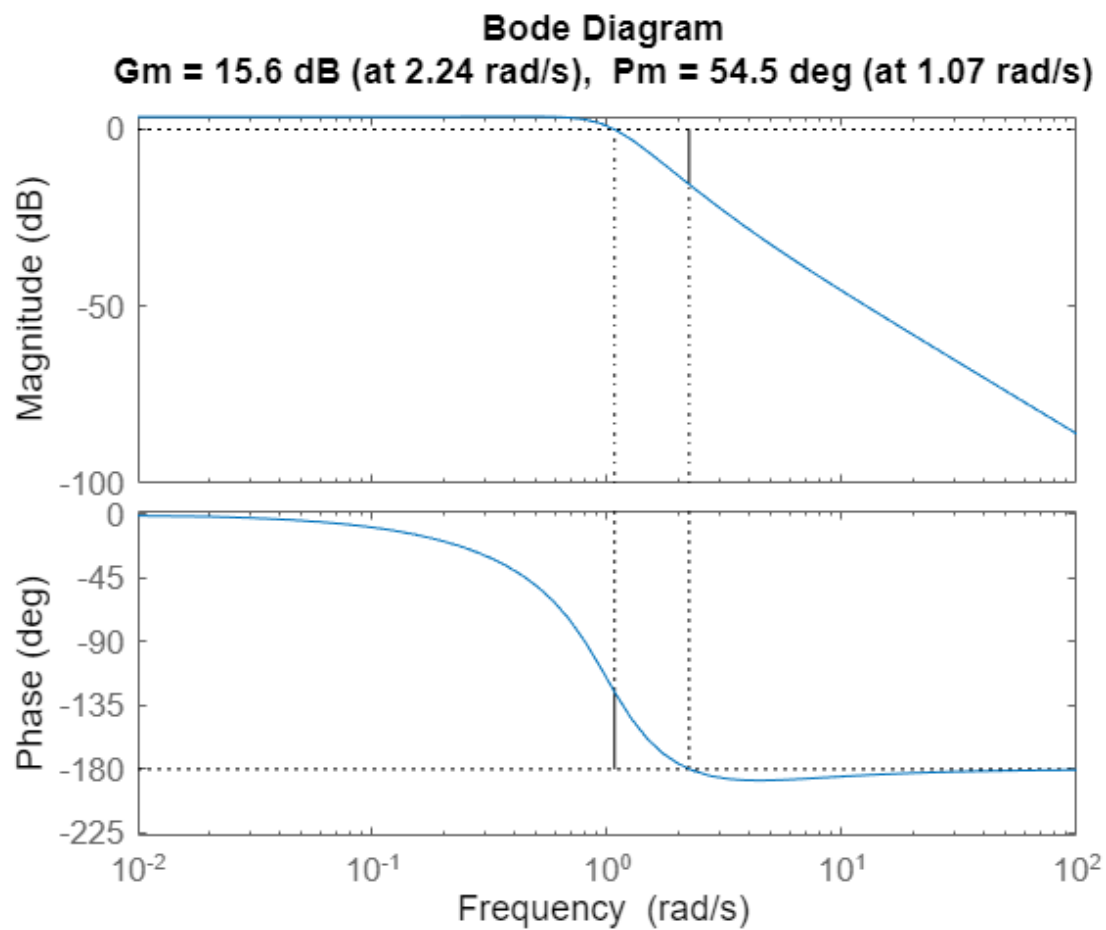
```



```

obiekt_1:
k: 4 ; beta: 0.5
Zapas modulu: 3.1989
Zapas fazy: 0.61785[rad]

```

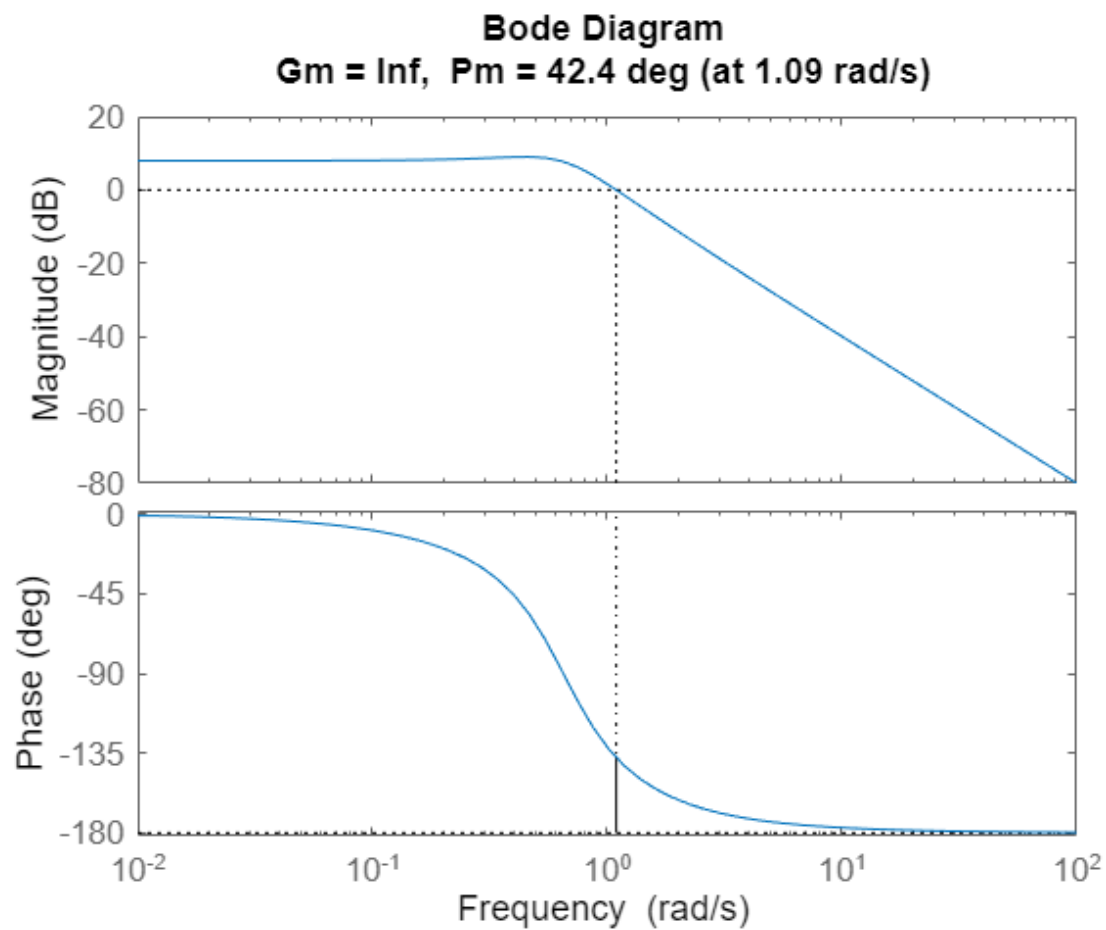



obiekt_2

k: 1.5 ; beta: 0.5

Zapas modułu: 6.0256

Zapas fazy: 0.9512[rad]

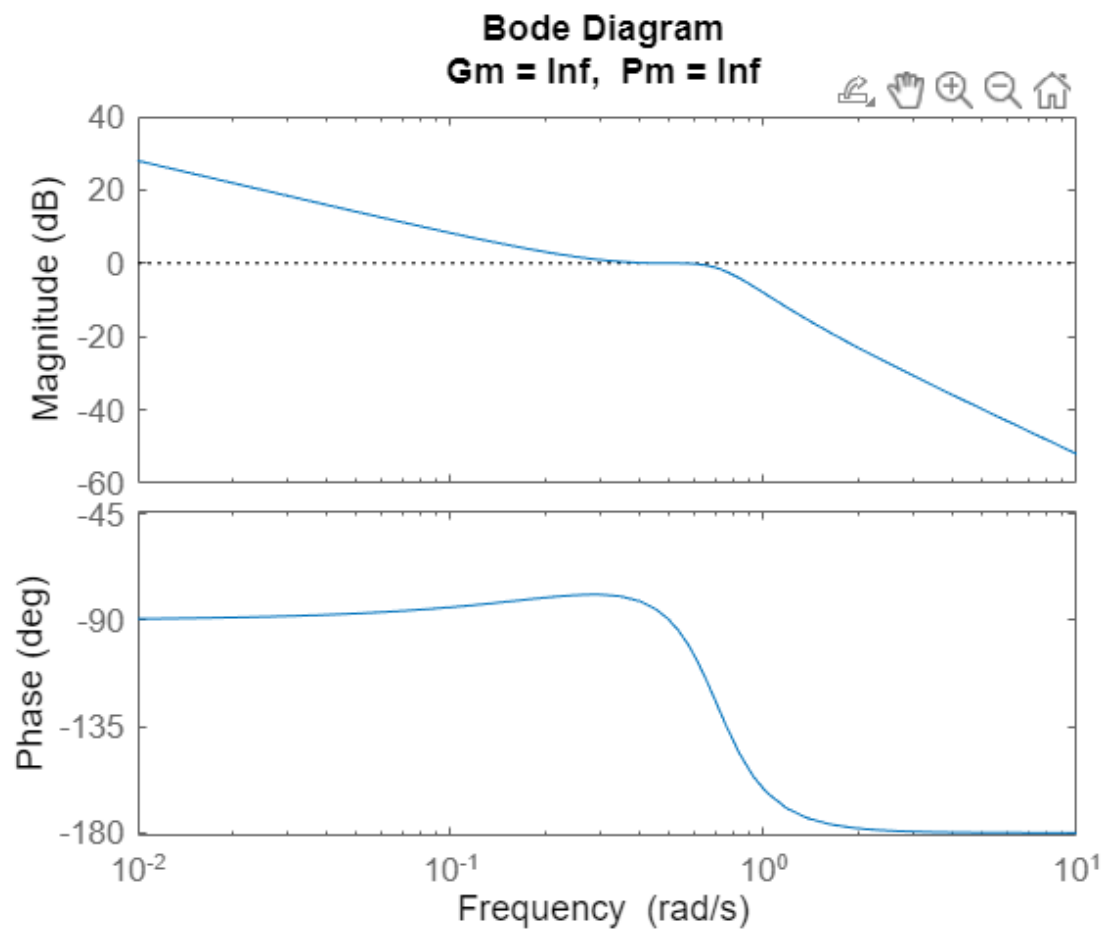


obiekt_3:

k: 1.25 ; beta: 0.5

Zapas modułu: Inf

Zapas fazy: 0.74002[rad]

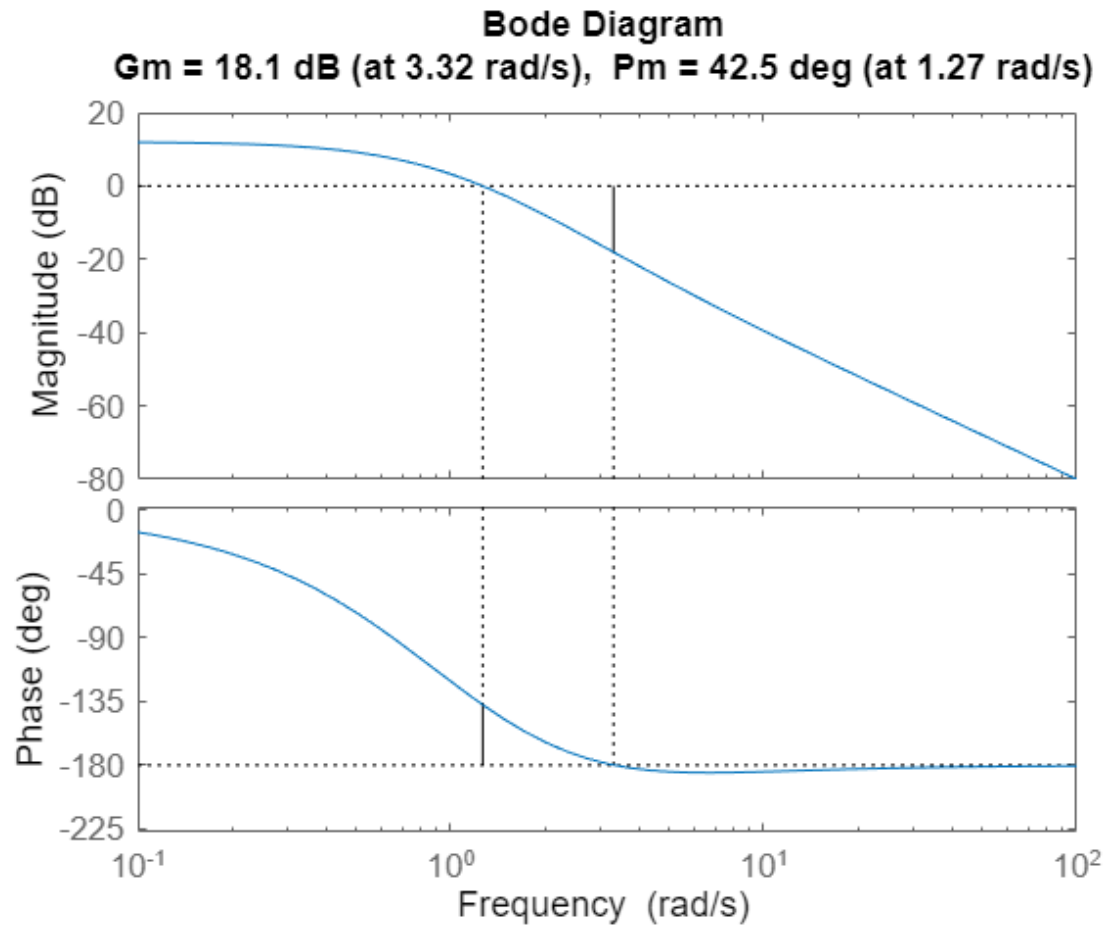


obiekt_4:

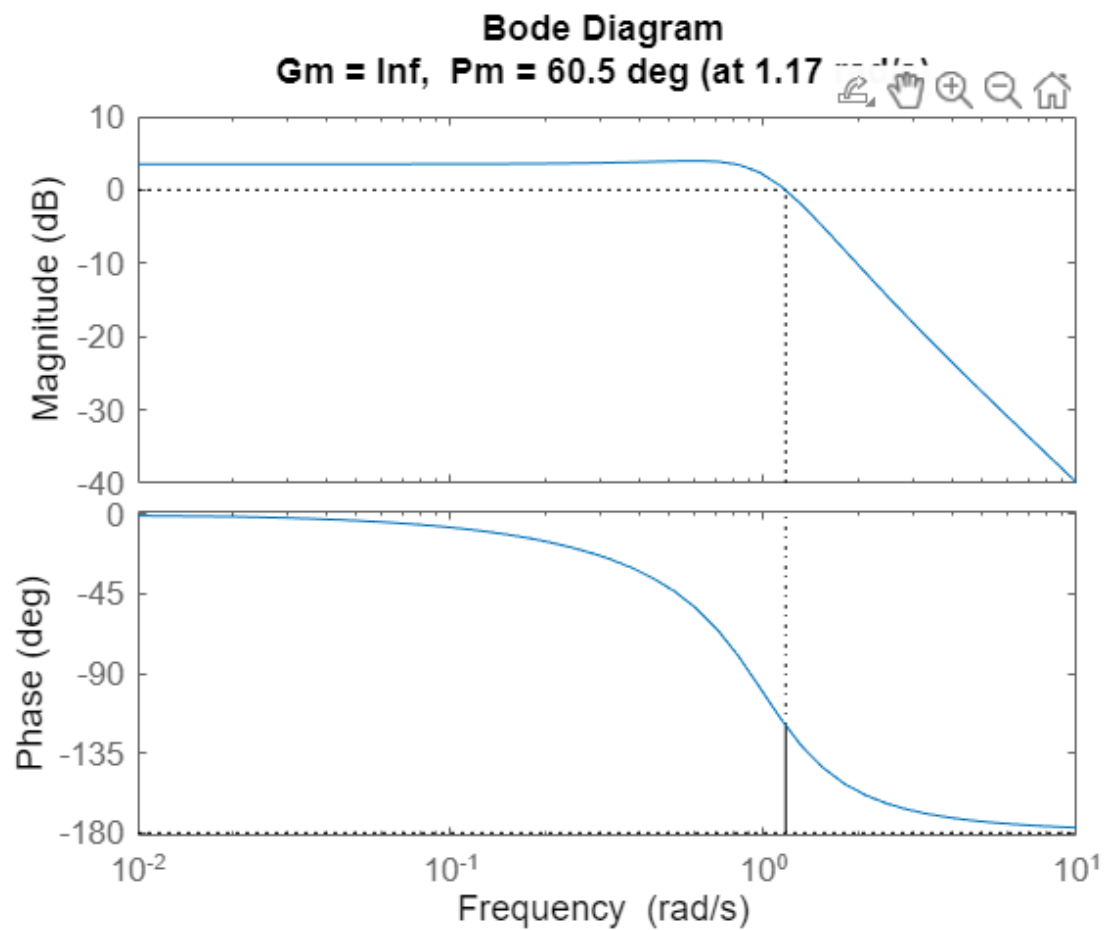
k: 0.25 ; beta: 0.5

Zapas modułu: Inf

Zapas fazy: 1.5708[rad]



obiekt_1:
k: 4 ; beta: 1
Zapas modułu: 8.0353
Zapas fazy: 0.74176[rad]

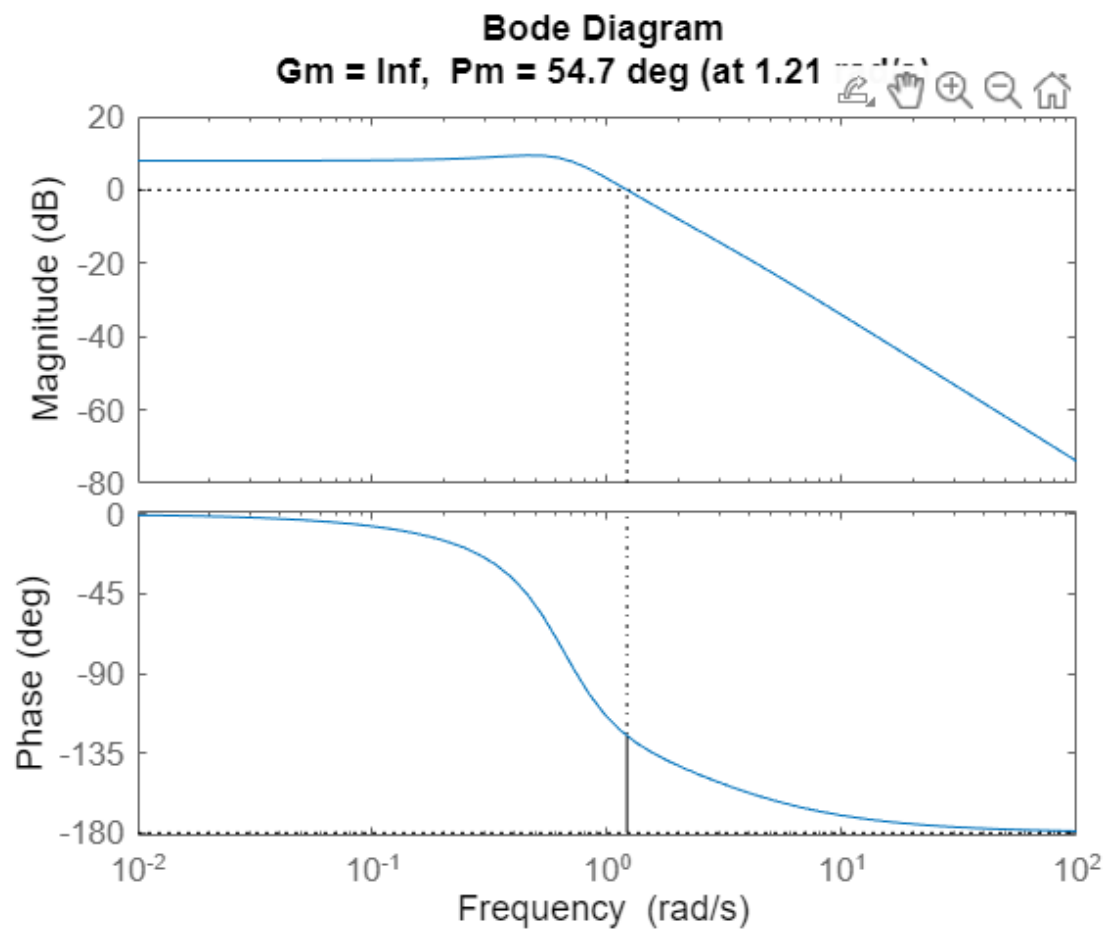


obiekt_2

k: 1.5 ; beta: 1

Zapas modułu: Inf

Zapas fazy: 1.0559[rad]

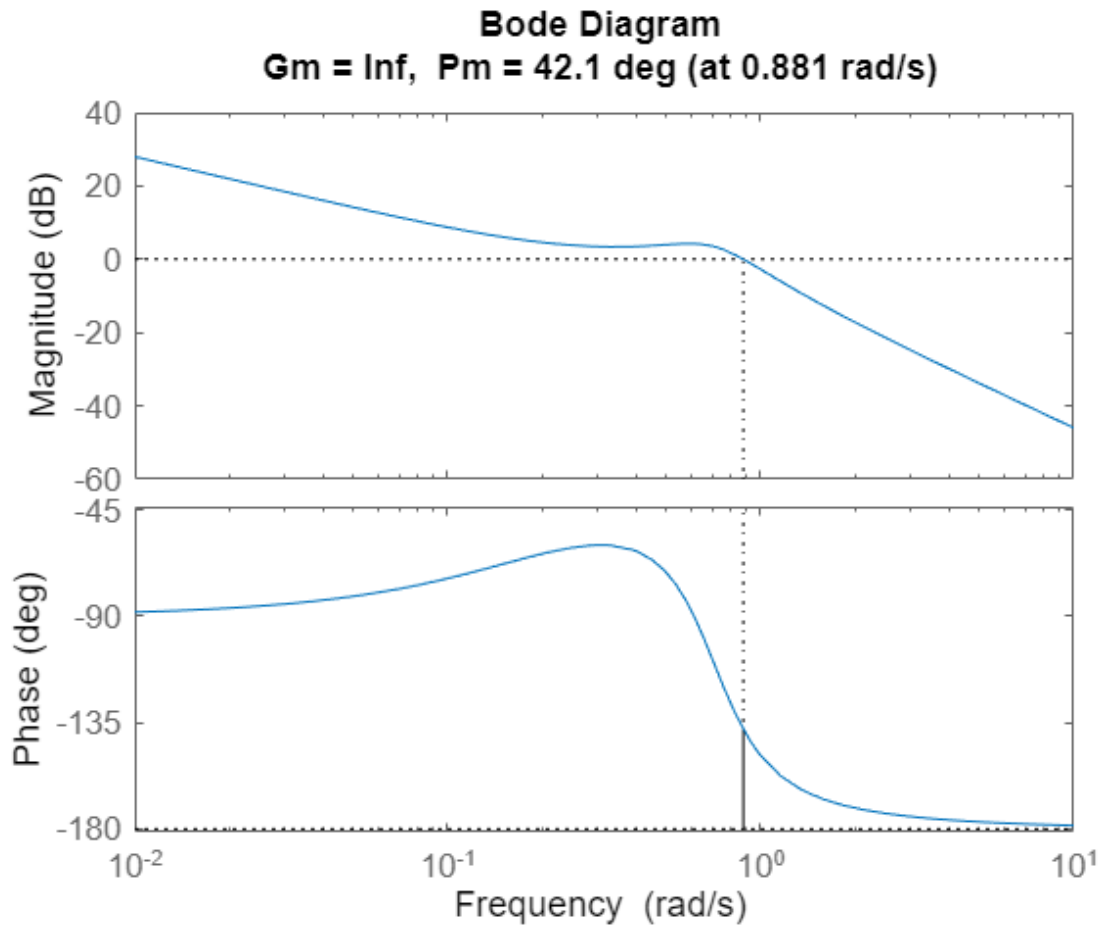


obiekt_3:

k: 1.25 ; beta: 1

Zapas modułu: Inf

Zapas fazy: 0.9547[rad]



```

obiekt_4:
k: 0.25 ; beta: 1
Zapas modulu: Inf
Zapas fazy: 0.73478[rad]

```

Zadanie 6

W tym zadaniu omawiamy układ z regulatorem PID, którego transmitancja ma postać:

$$G_r(s) = k + \beta s + \frac{\alpha}{s}$$

Stworzono kod generujący wykresy Bodego z zaznaczonymi zapasami stabilności:

```

clear G_r Gm Pm

Gm = [9.87 14.8 inf -inf 17.8 inf inf -inf 7.55 6.02 6.02 -inf 15.3 inf inf
15.6];

```

```

Pm = [34.4 52.6 39.5 38.9 41.7 60.1 53.5 46.5 24.3 21.3 2.79 -98.7 33 42.5 26.7
-77.8];

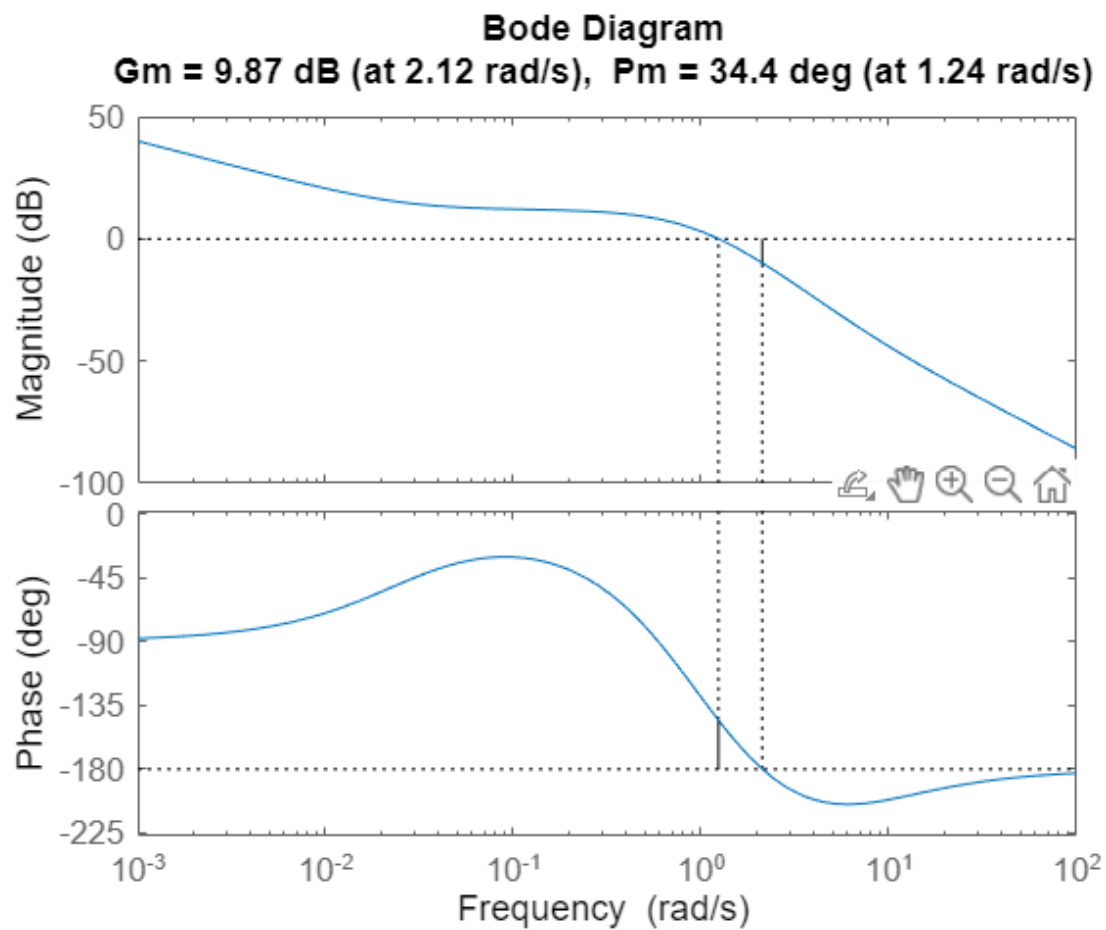
j = 0;
for alpha = [0.1 1]
    jj = 0;
    for beta = [0.5 1]
        i = 1;
        for k = wartosci_k
            figure
            G_r = tf([beta k alpha], [0 1 0]);
            margin(G_r * objekty(i))
            disp(objekty_nazwy(i))
            disp("k: " + k + " ; alpha: " + alpha + " ; beta: " + beta)
            wyswietl_zapas_modulu_i_fazy(Gm(i + j), Pm(i + j))

            i = i + 1;

        end
        jj = jj + 4;
    end

    j = j + 8;
end

```

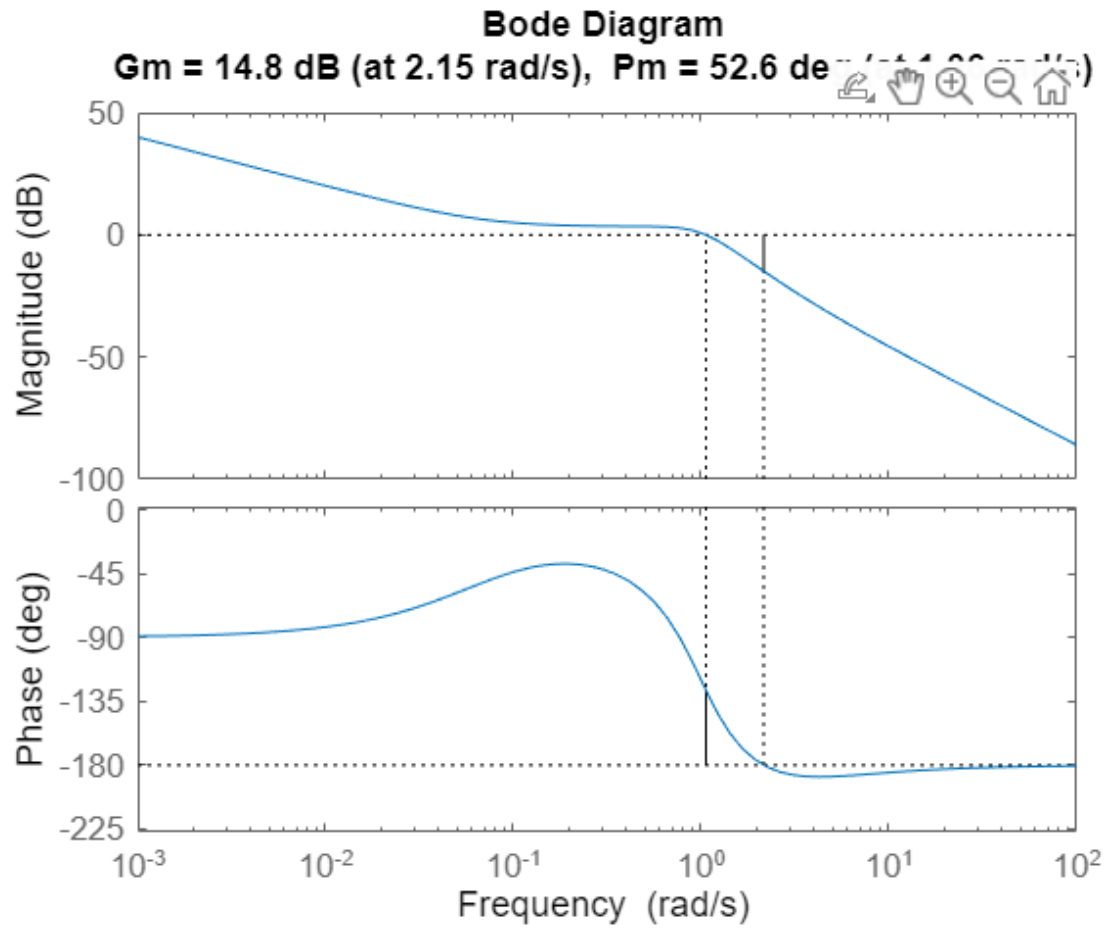



obiekt_1:

k: 4 ; alpha: 0.1 ; beta: 0.5

Zapas modułu: 3.1153

Zapas fazy: 0.60039[rad]

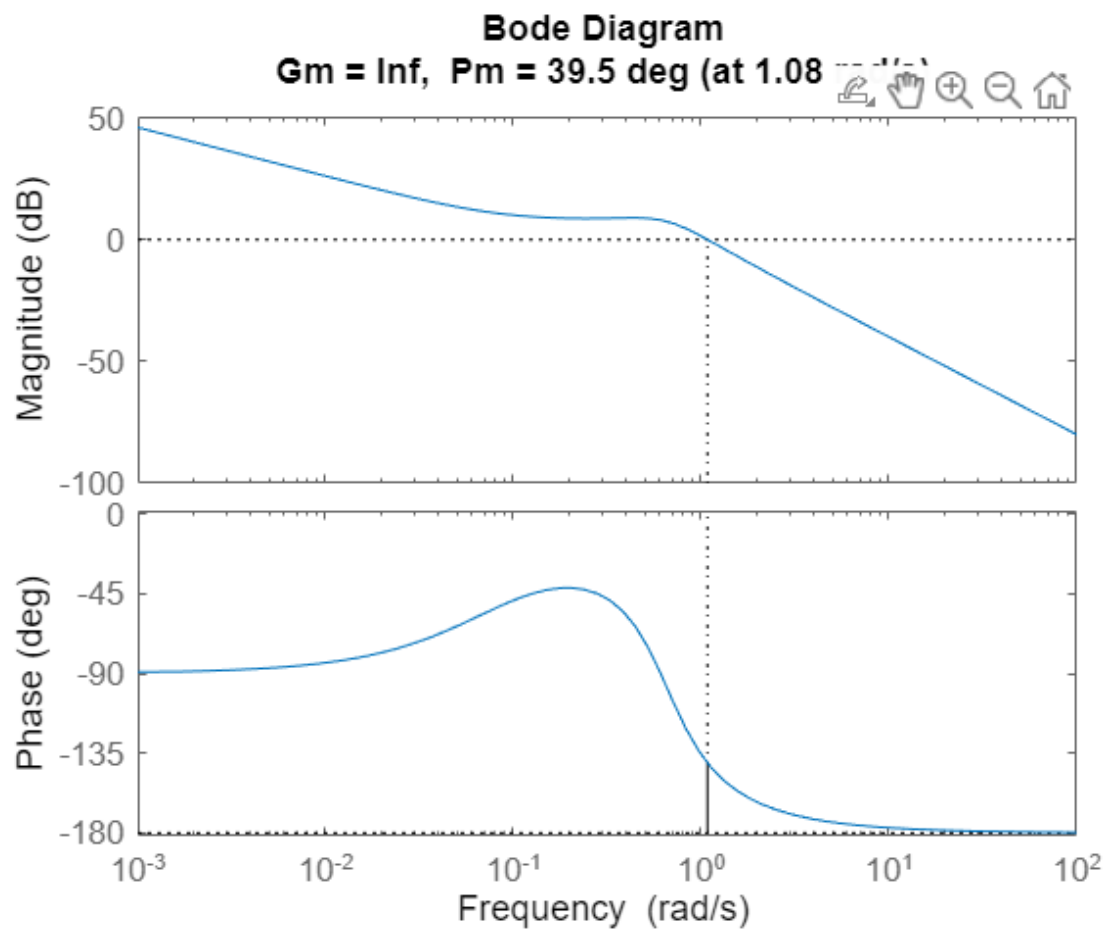


obiekt_2

k: 1.5 ; alpha: 0.1 ; beta: 0.5

Zapas modułu: 5.4954

Zapas fazy: 0.91804[rad]

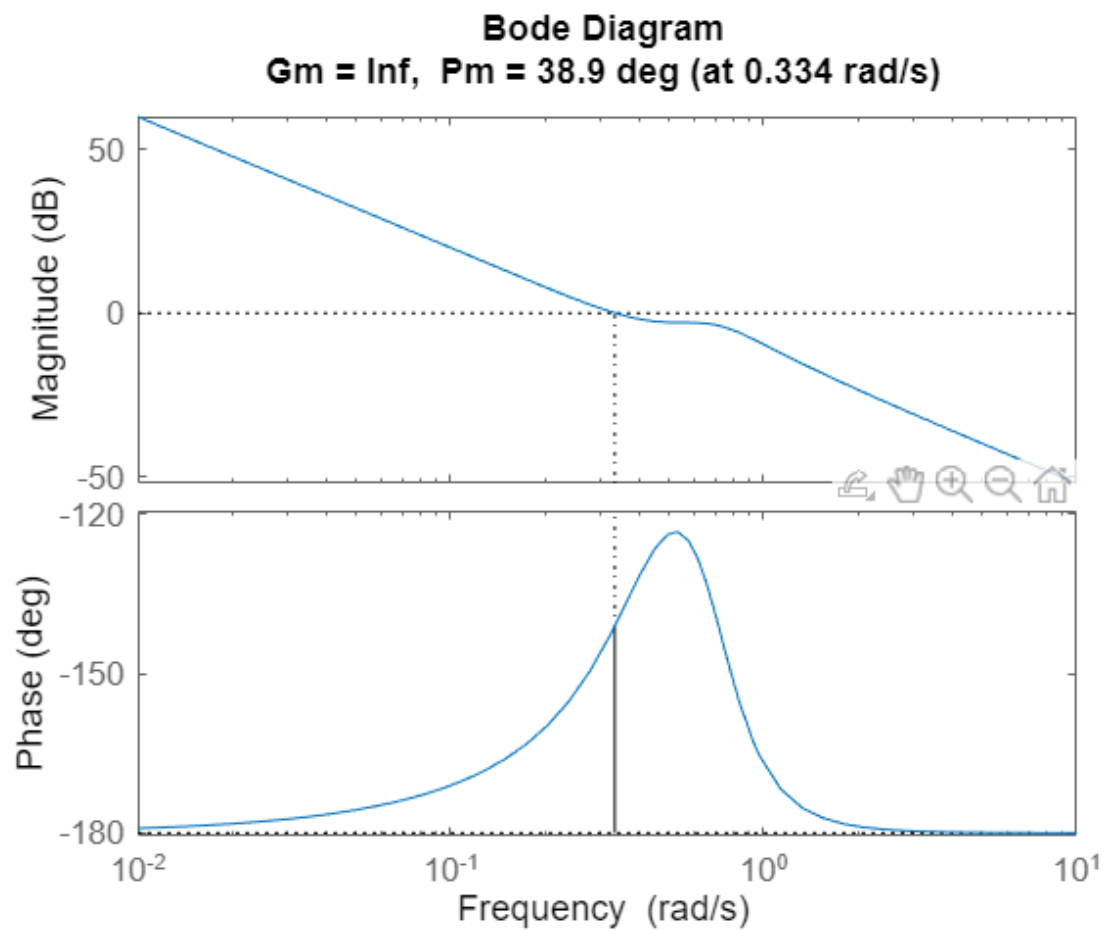


obiekt_3:

k: 1.25 ; alpha: 0.1 ; beta: 0.5

Zapas modułu: Inf

Zapas fazy: 0.68941[rad]

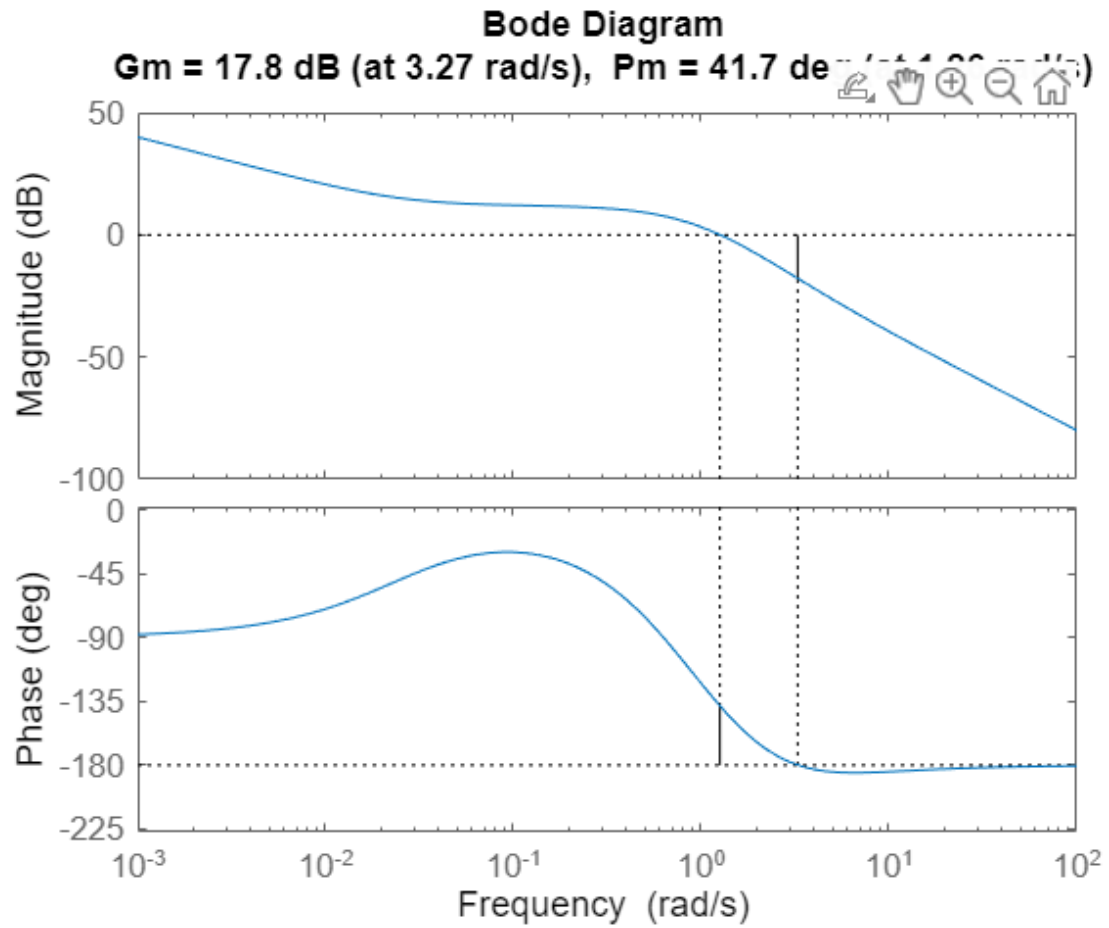


obiekt_4:

k: 0.25 ; alpha: 0.1 ; beta: 0.5

Zapas modułu: 0

Zapas fazy: 0.67893[rad]

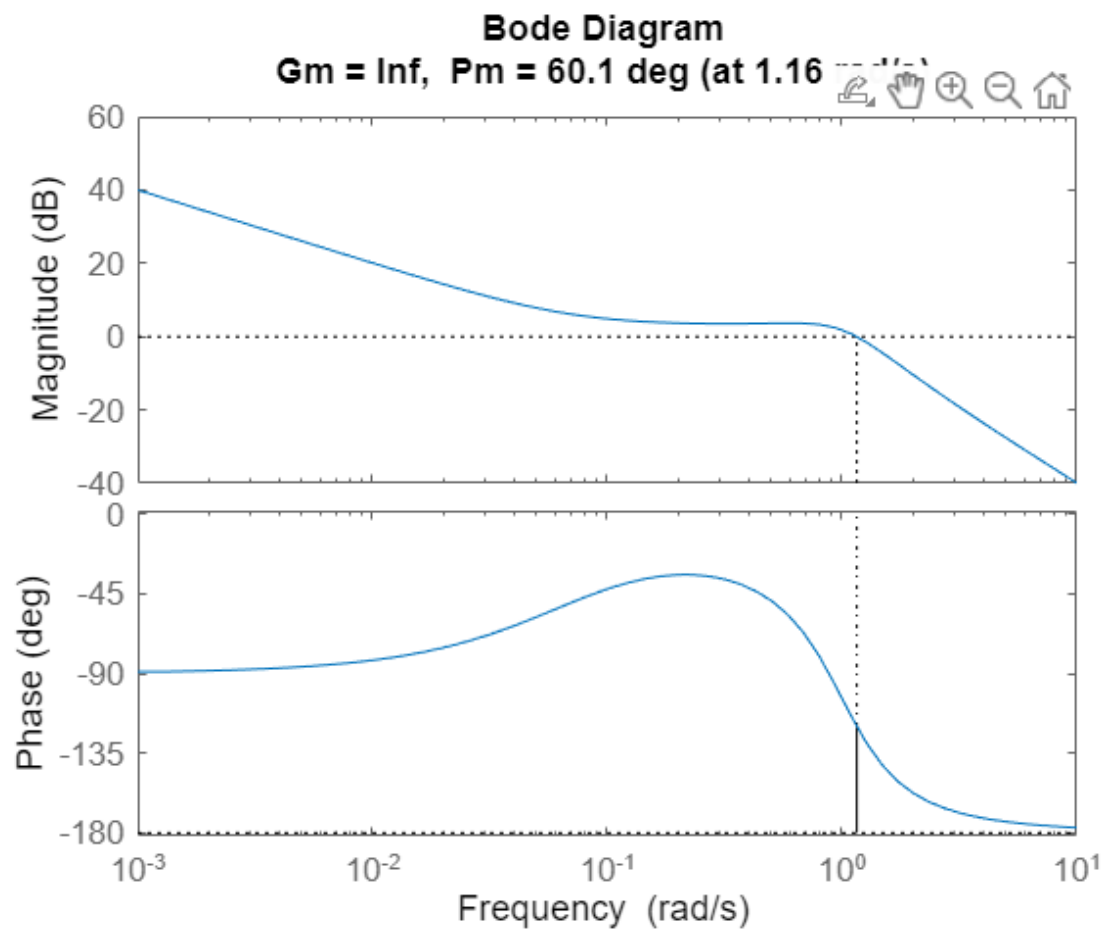


obiekt_1:

k: 4 ; alpha: 0.1 ; beta: 1

Zapas modułu: 3.1153

Zapas fazy: 0.60039[rad]

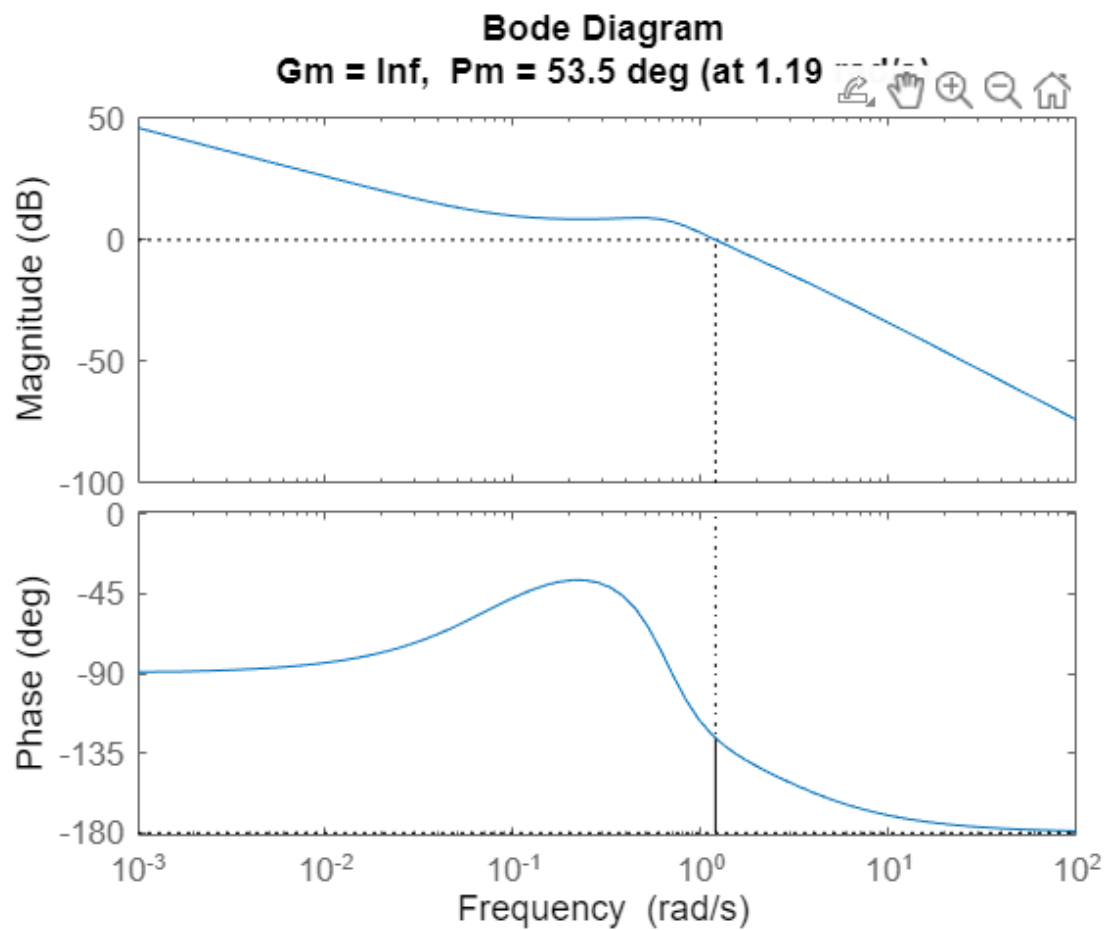


obiekt_2

k: 1.5 ; alpha: 0.1 ; beta: 1

Zapas modułu: 5.4954

Zapas fazy: 0.91804[rad]

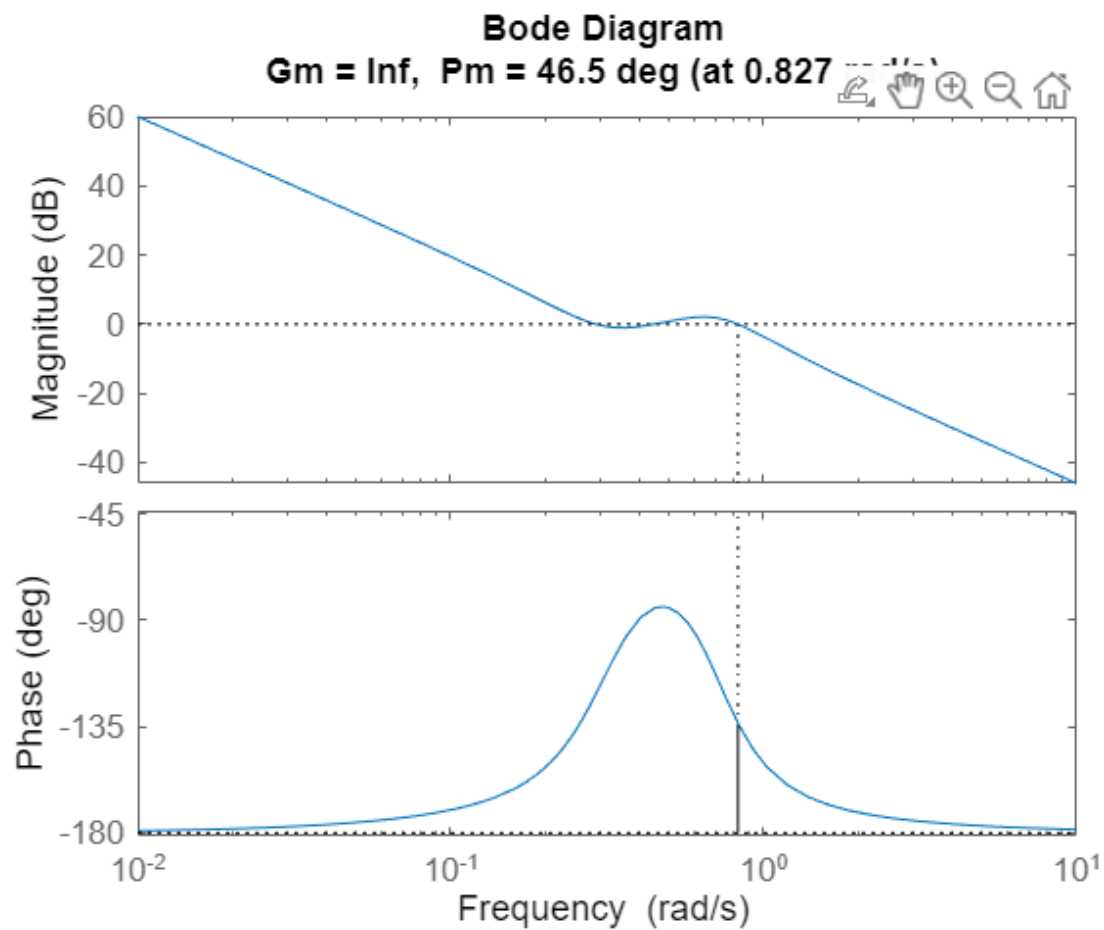


obiekt_3:

k: 1.25 ; alpha: 0.1 ; beta: 1

Zapas modułu: Inf

Zapas fazy: 0.68941[rad]

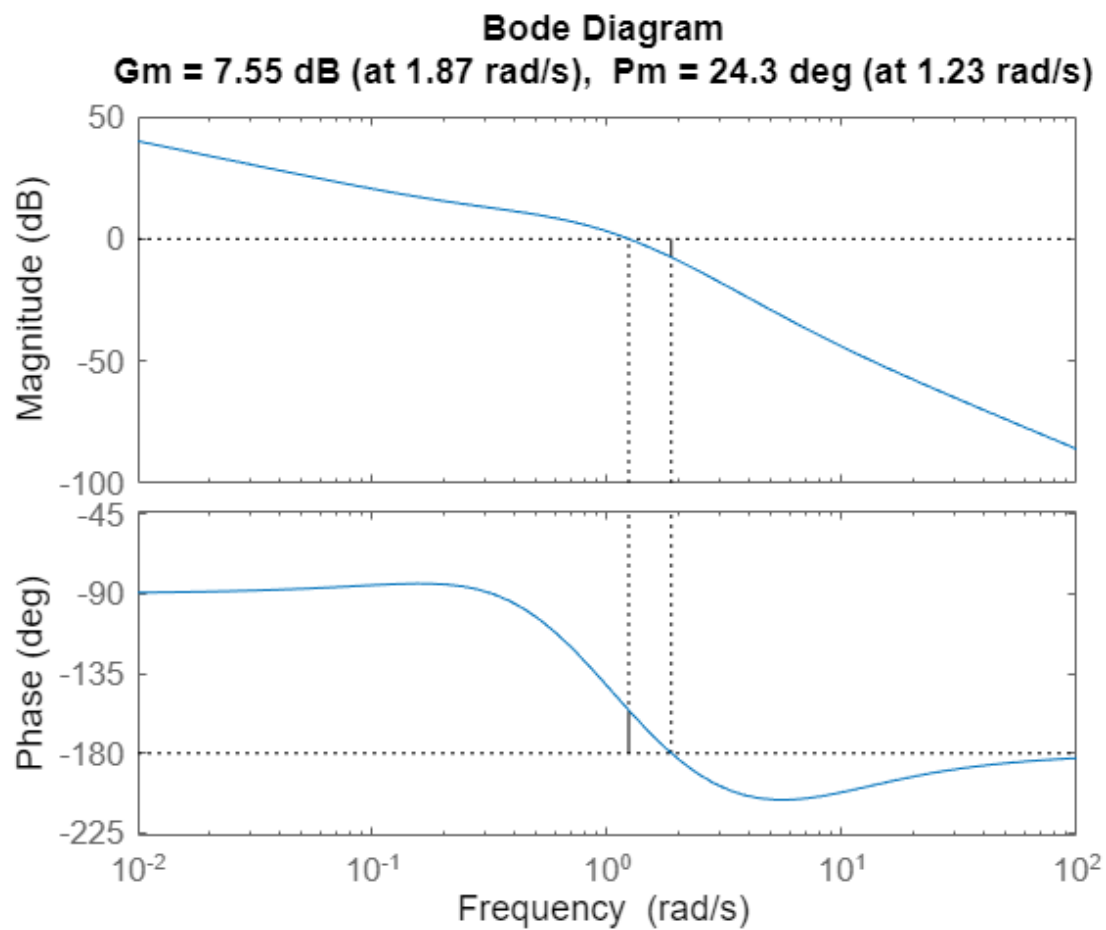


obiekt_4:

k: 0.25 ; alpha: 0.1 ; beta: 1

Zapas modułu: 0

Zapas fazy: 0.67893[rad]

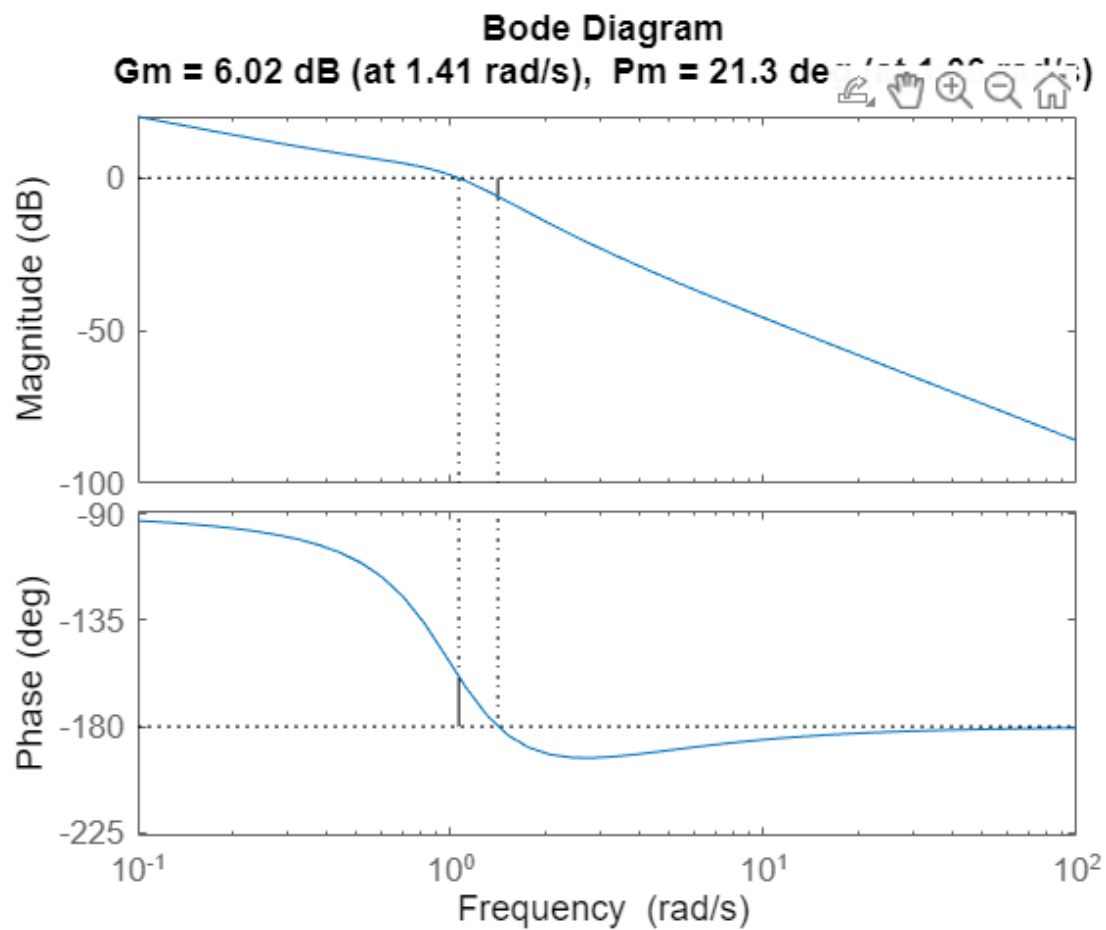


obiekt_1:

k: 4 ; alpha: 1 ; beta: 0.5

Zapas modułu: 2.3851

Zapas fazy: 0.42412[rad]

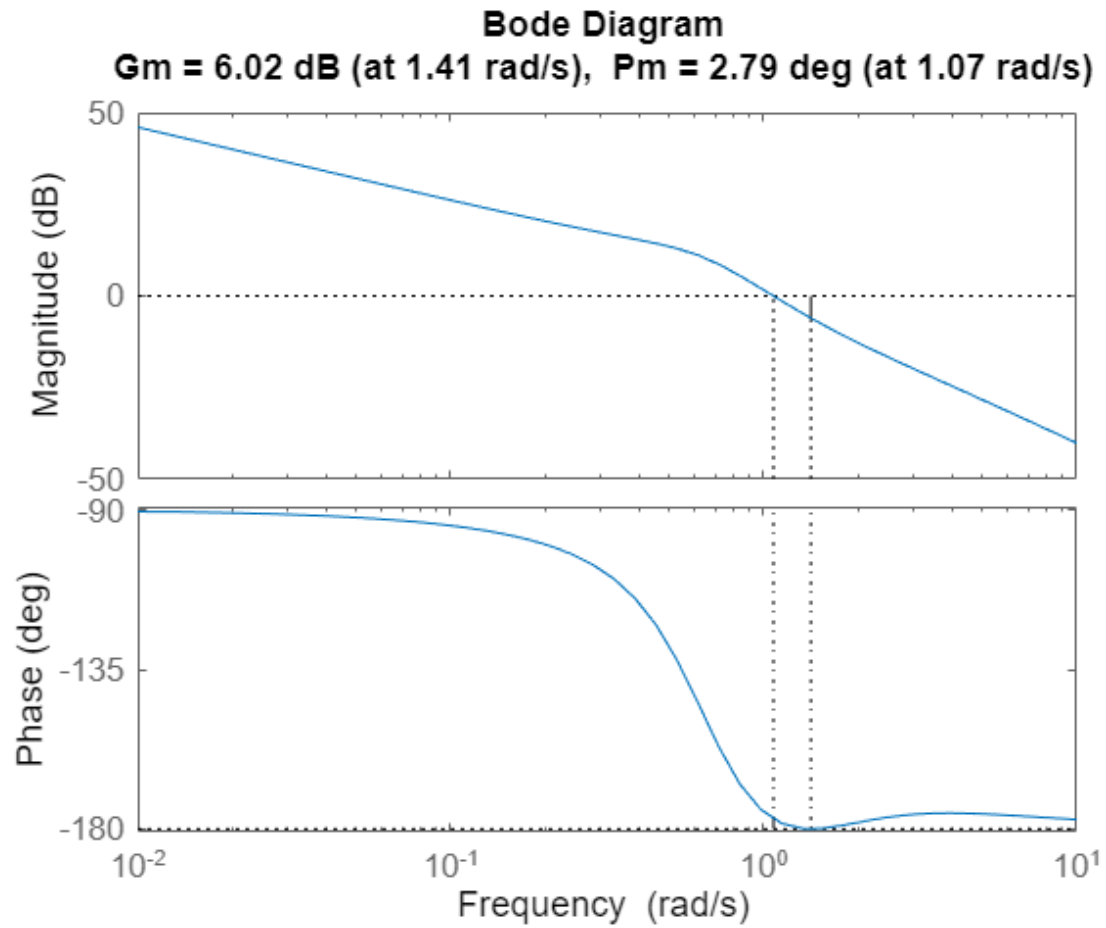


obiekt_2

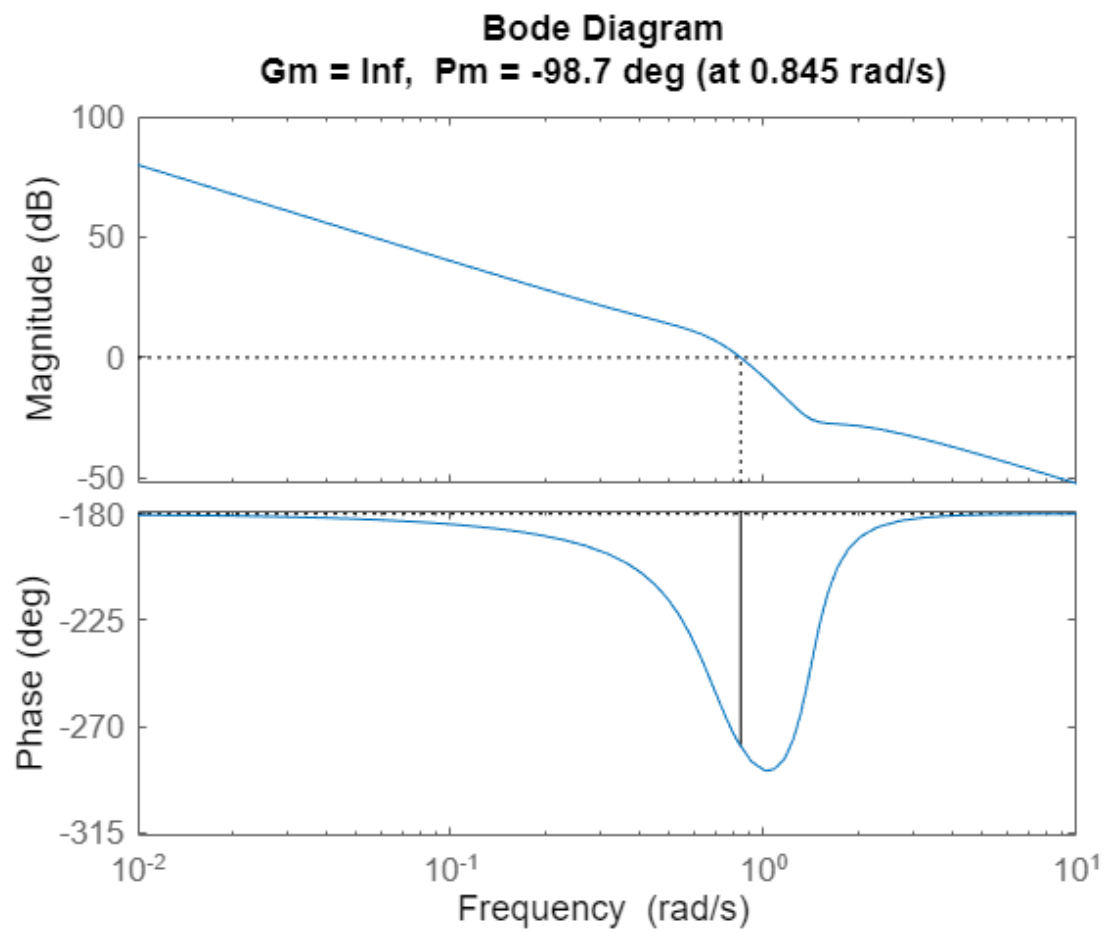
k: 1.5 ; alpha: 1 ; beta: 0.5

Zapas modułu: 1.9999

Zapas fazy: 0.37176[rad]



obiekt_3:
k: 1.25 ; alpha: 1 ; beta: 0.5
Zapas modułu: 1.9999
Zapas fazy: 0.048695[rad]

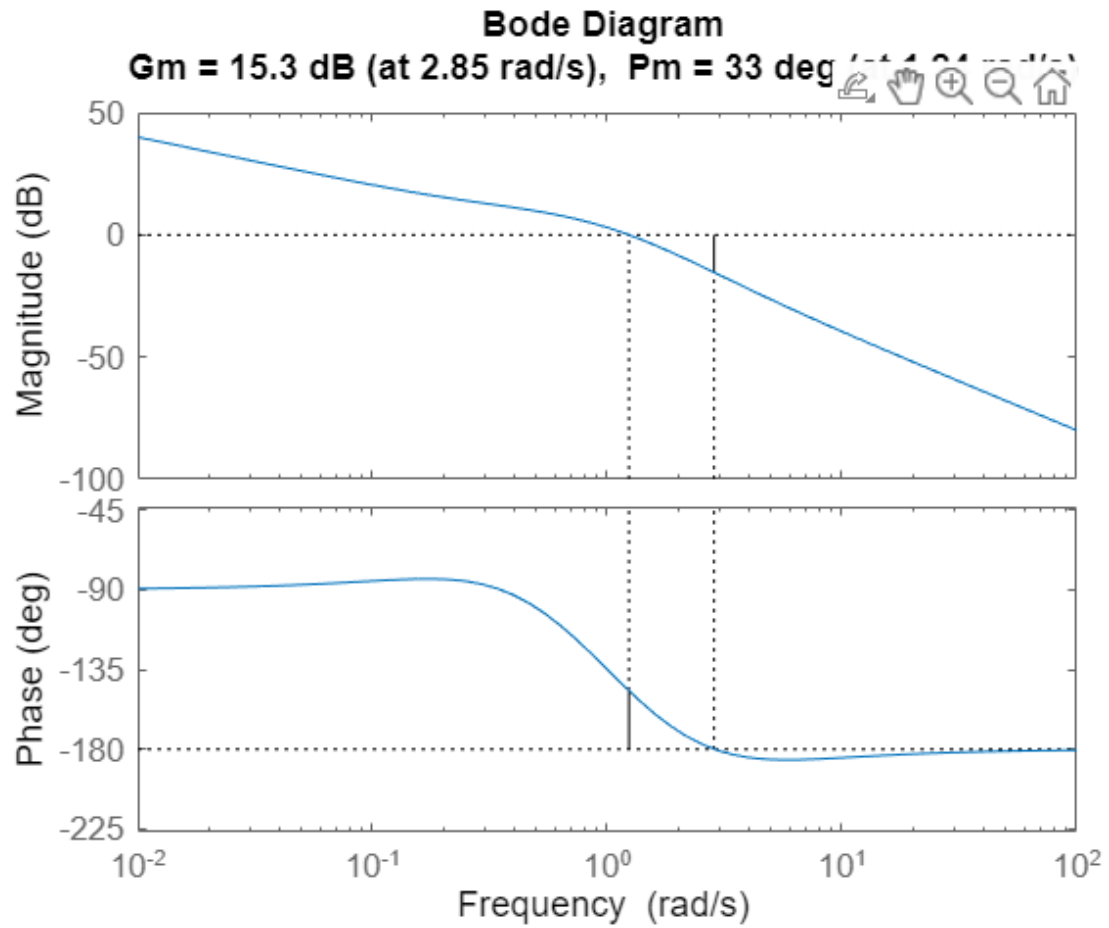


obiekt_4:

k: 0.25 ; alpha: 1 ; beta: 0.5

Zapas modułu: 0

Zapas fazy: -1.7226[rad]

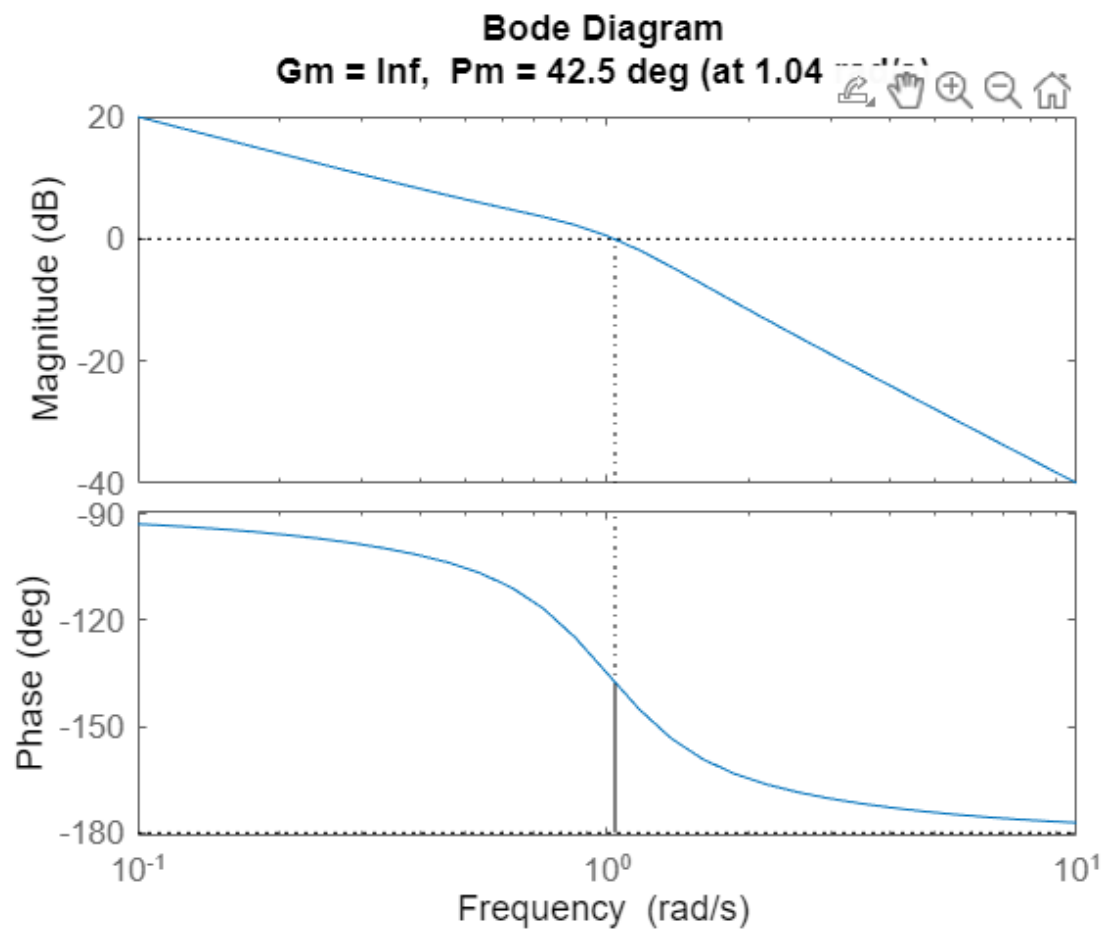


obiekt_1:

k: 4 ; alpha: 1 ; beta: 1

Zapas modułu: 2.3851

Zapas fazy: 0.42412[rad]

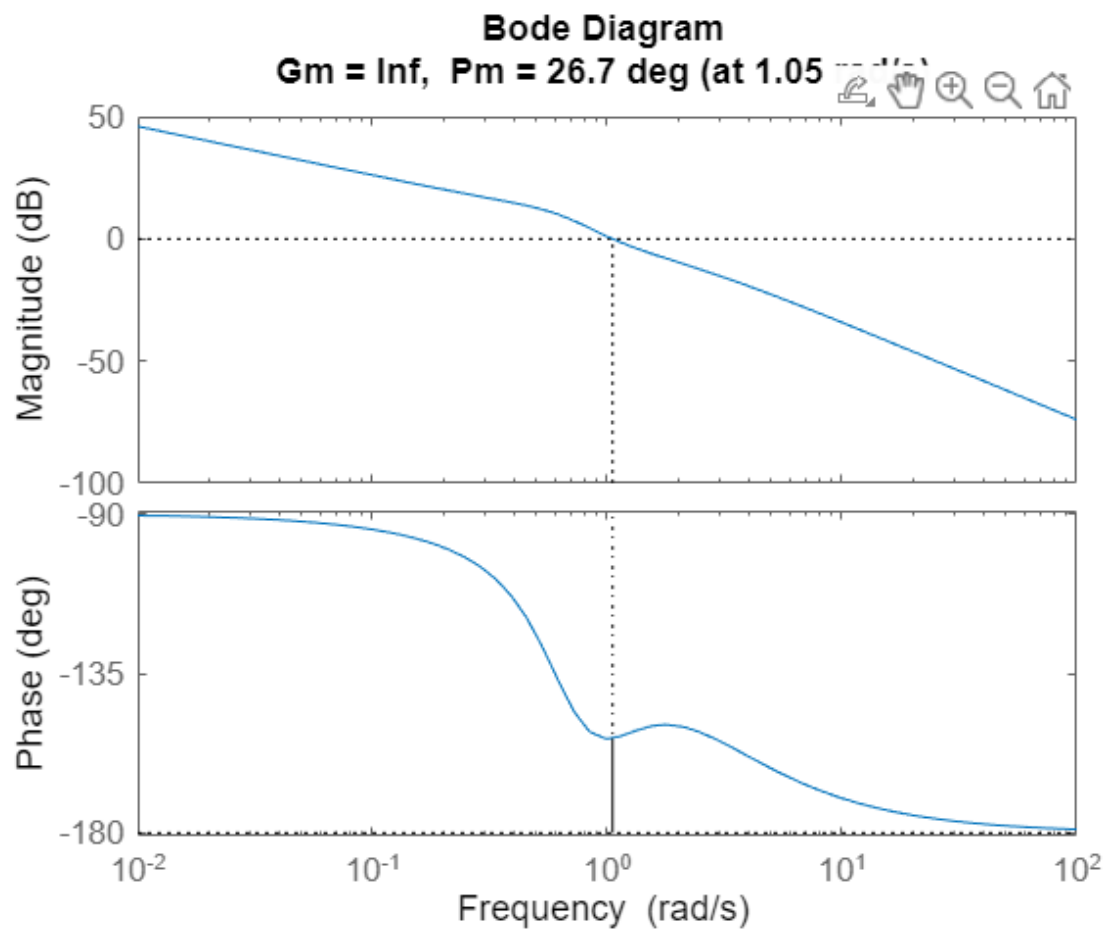


obiekt_2

k: 1.5 ; alpha: 1 ; beta: 1

Zapas modułu: 1.9999

Zapas fazy: 0.37176[rad]

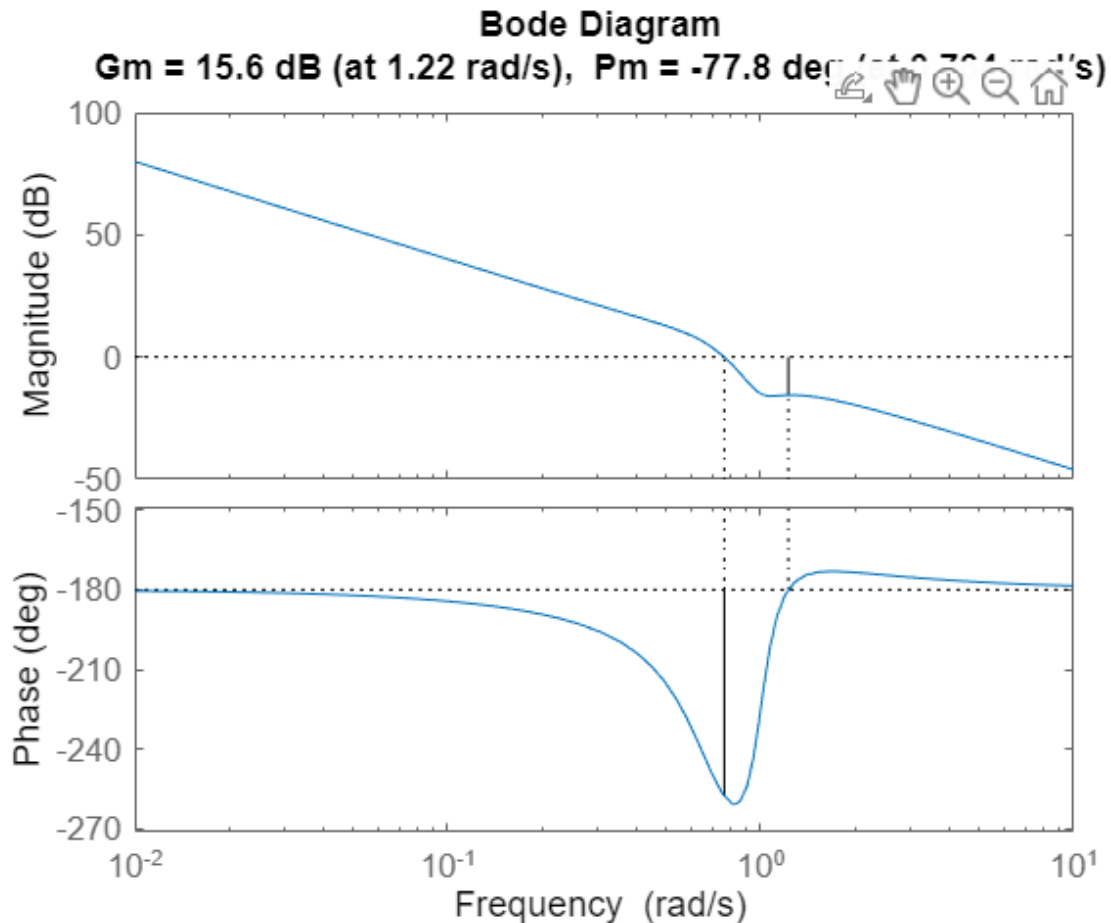


obiekt_3:

k: 1.25 ; alpha: 1 ; beta: 1

Zapas modułu: 1.9999

Zapas fazy: 0.048695[rad]



```

obiekt_4:
k: 0.25 ; alpha: 1 ; beta: 1
Zapas modułu: 0
Zapas fazy: -1.7226[rad]

```

4. Wnioski

W dzisiejszym ćwiczeniu badane były zapasy stabilności. Robiono to w oparciu o transmitancję układu otwartego. Aby tego dokonać wykorzystywana była funkcja *margin()*, która jest dostępna w środowisku Matlab. Generuje ona wykresy Bodego, na których zaznaczone są dokładne wartości zapasu stabilności. Analizując otrzymane wyniki dla czterech różnych regulatorów: P, PI, PD i PID z różnymi wartościami parametrów możemy stwierdzić że:

- Część proporcjonalna P oraz całkująca I zmniejszają zapasy stabilności
- Część różniczkująca D zwiększa zapasy stabilności
- W regulatorze P zwiększanie wzmocnienia k powoduje zmniejszanie zapasu stabilności
- W regulatorze PI im mniejszy jest współczynnik α tym większe są zapasy stabilności
- W regulatorze PD im mniejszy jest parametr β tym mniejsze są zapasy stabilności