Akademia Górniczo-Hutnicza

im. Stanisława Staszica

Sprawozdanie

Sterowanie układów liniowych

Laboratorium 2,3

Borsuk Piotr

Nr albumu 416947

Technologie Przemysłu 4.0

Grupa nr 1

Rok akademicki 2023/2024

Wstęp teoretyczny

Wykres impulsowy przedstawia reakcję układu na impulsowy sygnał wejściowy, który jest krótkim, silnym bodźcem. Odpowiedź impulsowa ukazuje zachowanie układu w domenie czasu.

Wykres skokowy przedstawia reakcję układu na jednostkowy skok jednostkowy sygnału wejściowego. W przypadku członu różniczkującego, wykres skokowy ukazuje szybkość narastania sygnału w odpowiedzi na skok.

Wykres Bodego to graficzne przedstawienie charakterystyk częstotliwościowych układu dynamicznego. Składa się z dwóch podwykresów: magnitudy i fazy w zależności od częstotliwości.

Wykres Nyquista to inny rodzaj wykresu częstotliwościowego, który przedstawia stosunek amplitudy i fazy odpowiedzi układu na różne częstotliwości.

Wszystkie te wykresy są kluczowymi narzędziami w analizie i projektowaniu układów oraz systemów regulacji. Oferują one wgląd w różne aspekty odpowiedzi układu na różne bodźce w dziedzinie czasu i częstotliwości.

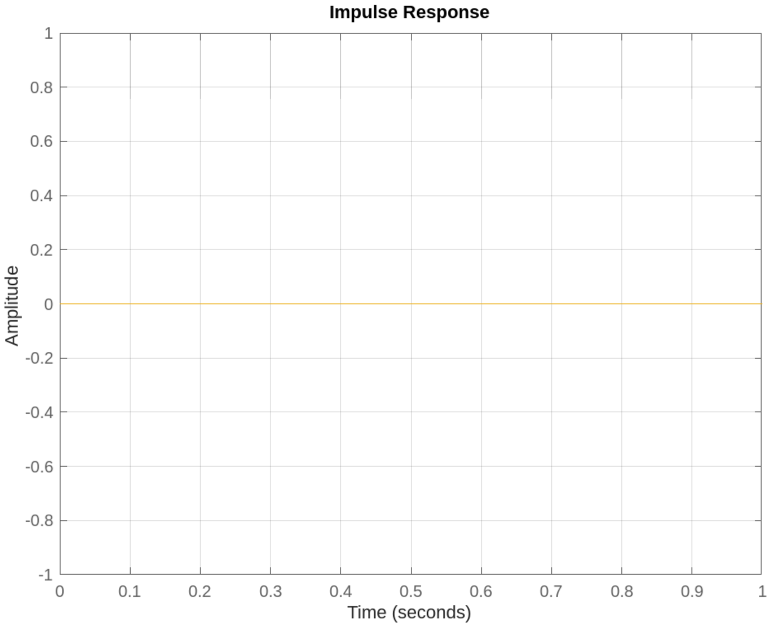
Zadanie 1.

Generujemy cztery wykresy dla różnych operacji dla wartości k:

- Impulsowy (Impulse Response)
- Skokowy (Step Response)
- Wykres Bodego (Bode Diagram)
- Wykres Nyquist'a (Nyquist Diagram)

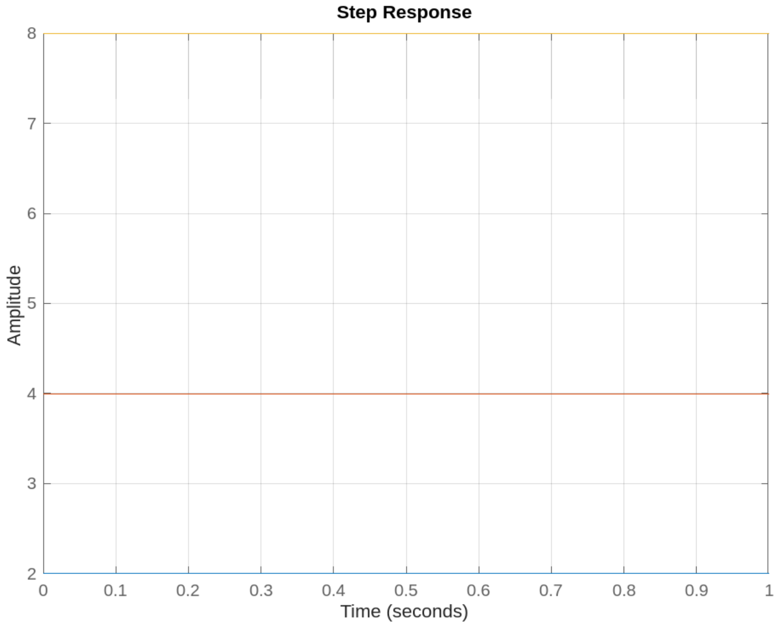
```
clc
clear
close all
k=[2 4 8];          #wartości k
for i = 1:4
    figure(i)
    hold on
end
for i = 1:3
    figure(1)
    impulse(k(i), 1)
    figure(2)
    step(k(i), 1)
    figure(3)
    bode(k(i), 1)
    figure(4)
```

```
    [a,b] = nyquist(k(i),1);
    plot(a,b,'*')
end
for i=1:4
    figure(i)
    grid on
    hold off
end
```



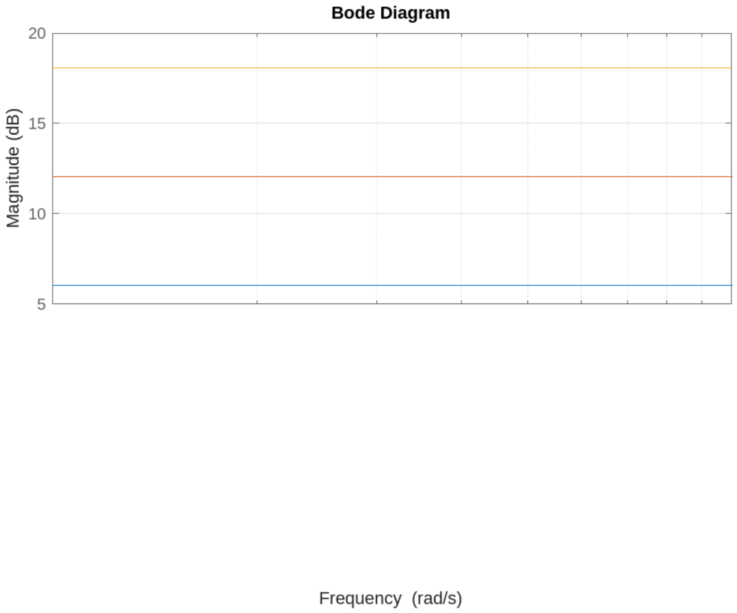
Wykres 1. Odpowiedź impulsowa

Amplituda odpowiedzi impulsowej wynosi zero.



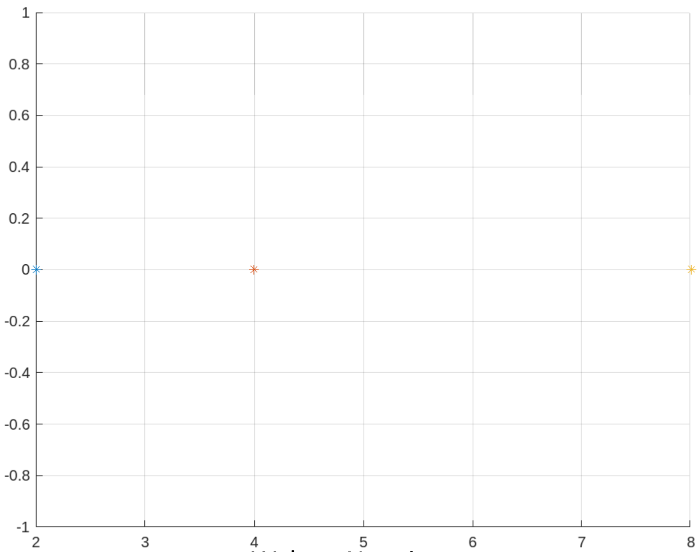
Odpowiedź skokowa

Amplituda odpowiedzi skokowej jest równa wartości k.



Wykres Bode'go

Magnituda jest stała, proporcjonalna dla wszystkich wartości 'k'.



Wykres Nyquista

Odpowiedz jest punktowa. Równa wartościom 'k'.

Zadanie 2

Człon całkujący idealny:

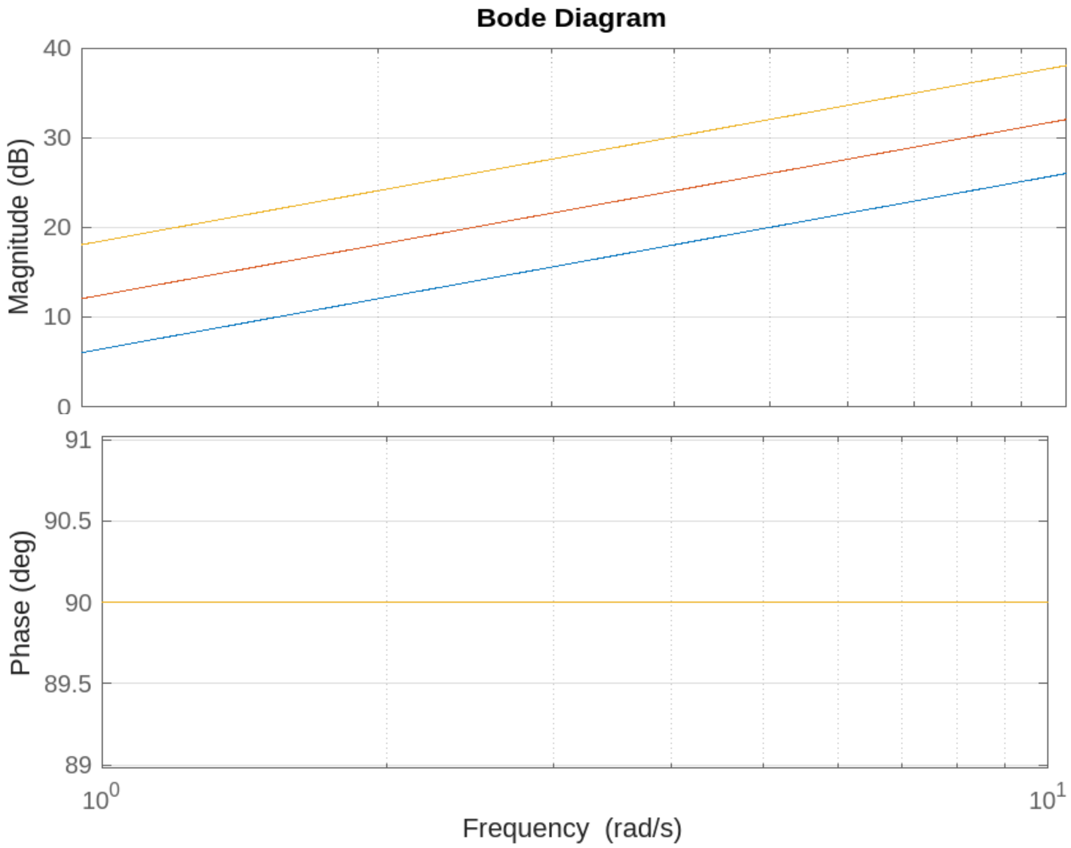
$$G(s) = k * s$$

Gdzie:

- G(s) to transmitancja układu w dziedzinie Laplace’a
- k to współczynnik wzmocnienia określający, jak mocno sygnał wejściowy jest skalowany przez ten człon
- s to zmienna Laplace'a.

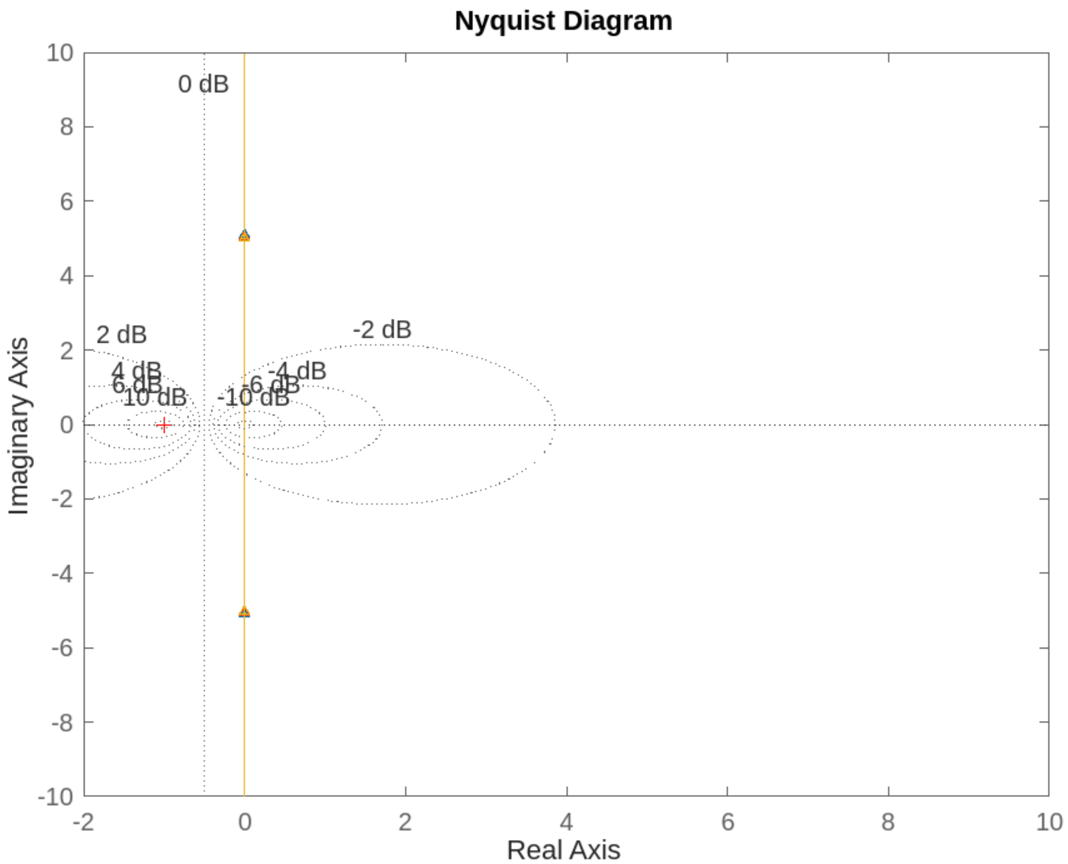
Z powodu błędu Matlaba z impulsami (dla $G(s) = k * s$ [k 0]), nie generujemy wykresów dla nich, otrzymamy tylko wynik: wykresu Nyquista i wykresu Bode'a. Aby obejść problem z Matlabem związany z impulsami, zapisujemy impuls i skok jako procenty. Wykresy są generowane dla wartości k = [2, 4, 8].

```
clc
clear
close all
k = [2 4 8];
for i = 1:4
    figure(i)
    hold on
end
for i = 1:3
    figure(1)
    %impulse([k(i),0], 1)
    figure(2)
    %step([k(i), 0], 1)
    figure(3)
    bode([k(i), 0], 1)
    figure(4)
    nyquist([k(i), 0], 1);
end
for i=1:4
    figure(i)
    grid on
    hold off
end
```



Wykres Bode'go

Magnituda jest proporcjonalna, równoległa dla wszystkich 'k'. Faza przejścia jest jednakowa.



Wykres Nyquista

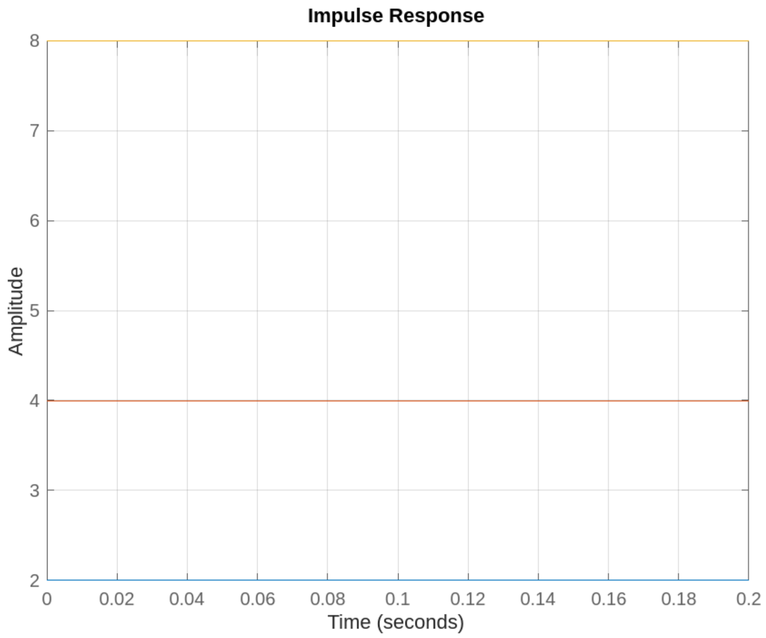
Zadanie 3.

Wykonujemy te same wykresy dla członu całkującego idealnego:

$$G(s) = \frac{k}{s}$$

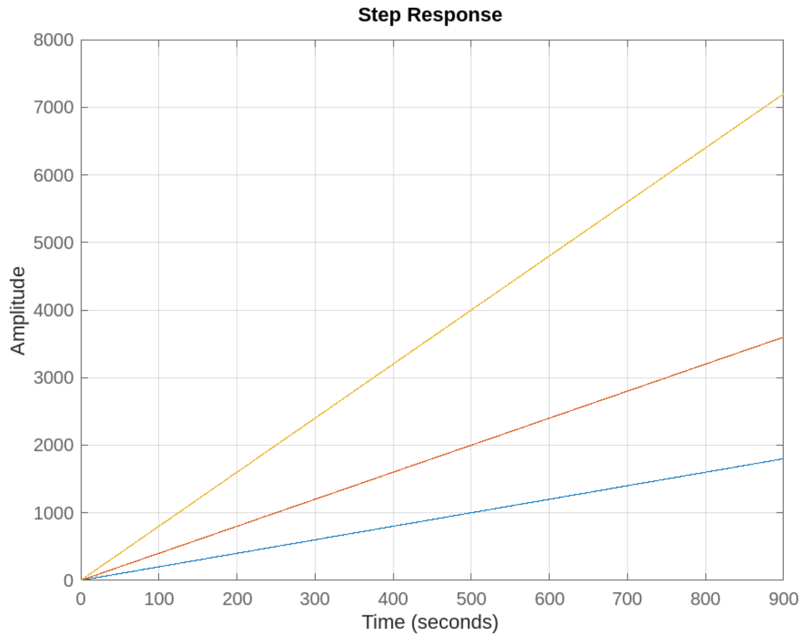
W mianowniku ‘s’ mamy dwa współczynniki [1 0], wynika to z funkcji liniowej a = 1 b = 0.

```
clc
clear
close all
k=[2 4 8];
for i = 1:4
    figure(i)
    hold on
end
for i = 1:3
    figure(1)
    impulse(k(i), [1,0])
    figure(2)
    step(k(i), [1, 0])
    figure(3)
    bode(k(i), [1, 0])
    figure(4)
    nyquist(k(i), [1, 0]);
end
for i=1:4
    figure(i)
    grid on
    hold off
end
```



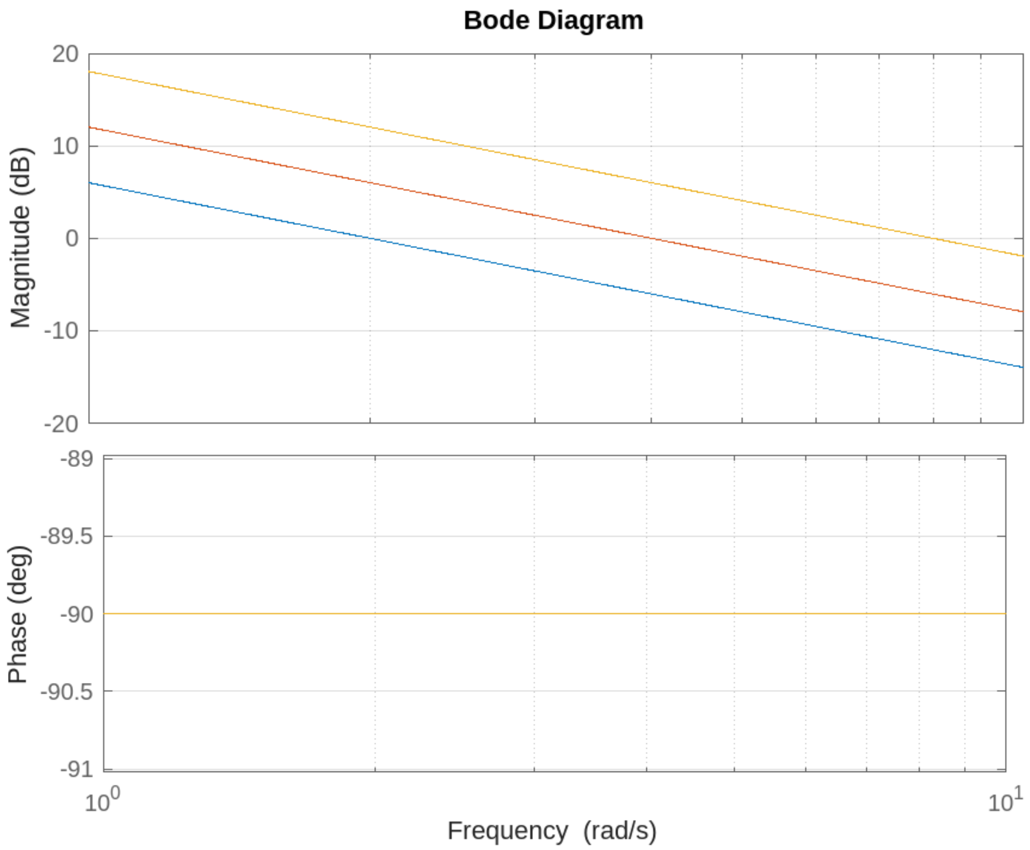
Odpowiedź impulsowa

Możemy zauważyć, że wartości są stałe, niezmienne, równe ‘k’.



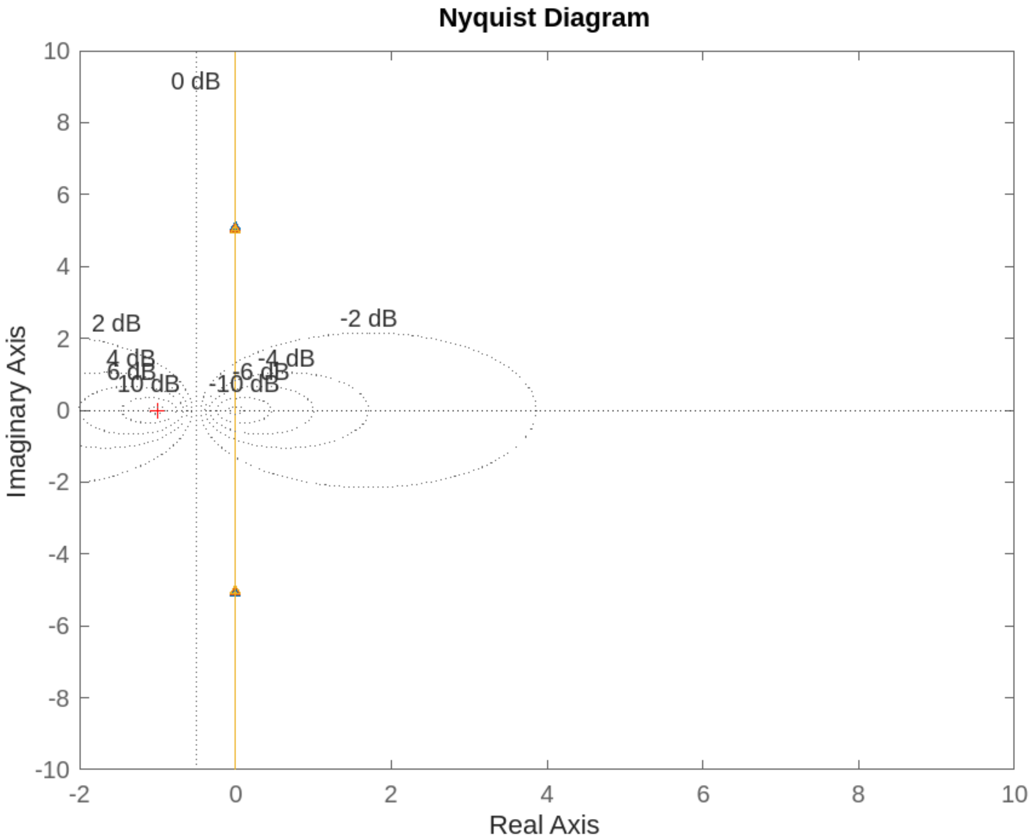
Odpowiedź skokowa

Dla wyższych wartości ‘k’ amplituda odpowiedzi skokowej będzie większa.



Wykres Bode’go

Magnituda jest proporcjonalna dla wszystkich ‘k’, natomiast faza dla wszystkich ‘k’ jest jednakowa.



Wykres Nyquist'a

Wartości są takie same dla wszystkich 'k'.

Zadanie 4.

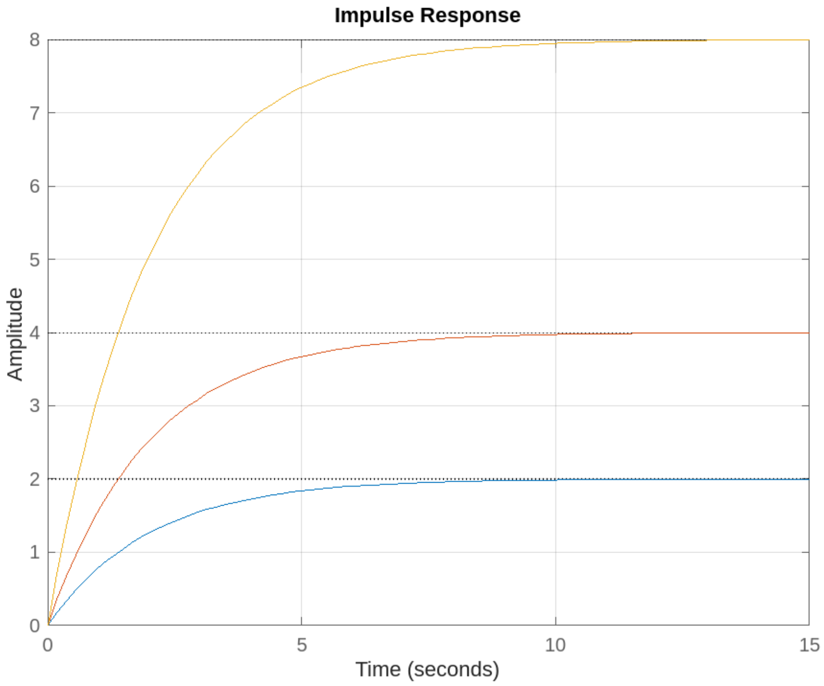
Rysujemy te same wykresy dla członu całkującego idealnego:

$$G(s) = \frac{k}{s(Ts+1)}$$

W mianowniku mamy współczynniki [T 1 0], gdzie T jest stałą wartością 2.

```
clc
clear
close all
k = [2 4 8];
T = 2;
for i = 1:4
    figure(i)
    hold on
end
for i = 1:3
    figure(1)
    impulse(k(i), [T, 1,0])
    figure(2)
    step(k(i), [T, 1, 0])
    figure(3)
```

```
    bode(k(i), [T, 1, 0])
    figure(4)
    nyquist(k(i), [T, 1, 0]);
end
for i=1:4
    figure(i)
    grid on
    hold off
end
```

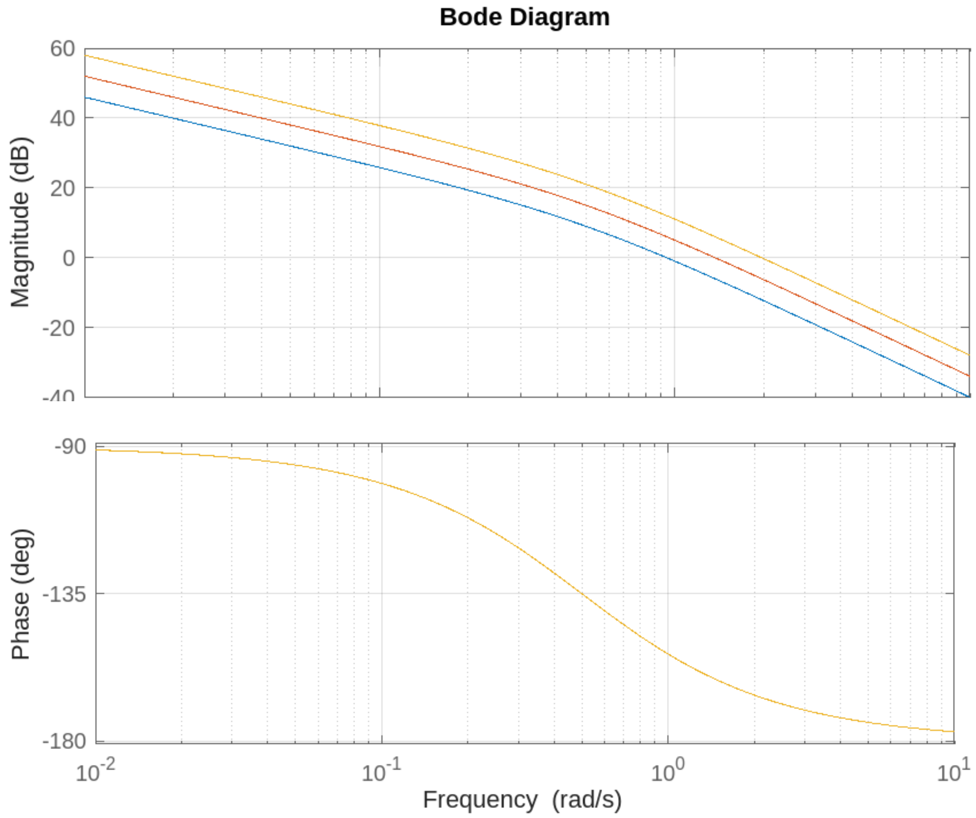


Odpowiedź impulsowa

Amplituda dla większych k jest większa i rośnie dłużej, po czasie jest stała wartość wynosząca ‘k’.

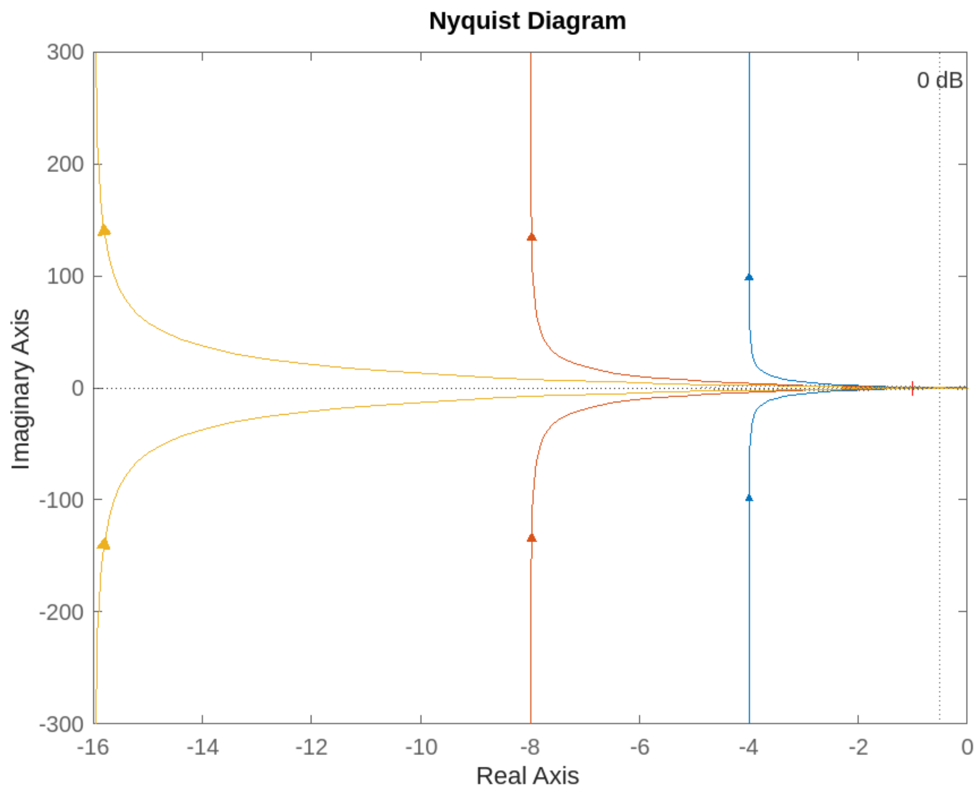
Odpowiedź skokowa

Wraz ze zwiększaniem wartości ‘k’, amplituda skoku rośnie.



Wykres Bodego

Magnituda jest proporcjonalna dla wszystkich wartości ‘k’, natomiast faza jest taka sama dla nich.



Wykres Nyquista

Dla większych wartości ‘k’ spodziewamy się większych amplitud. Każda wartość ‘k’ przechodzi przez punkt (-1, 0) na płaszczyźnie zespolonej.

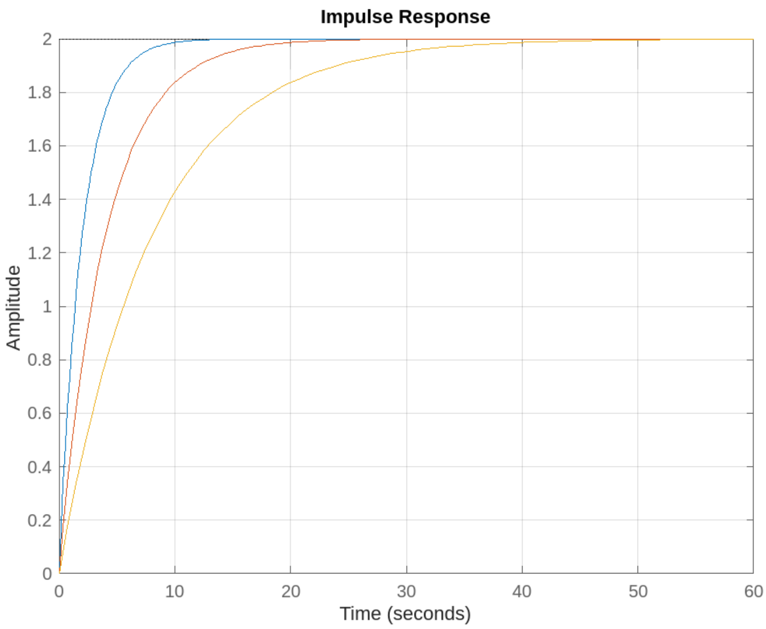
Zadanie 5.

W członie całkującym idealnym zamieniliśmy wartość stałą T z wartością zmiennej k.

$$G(s) = \frac{k}{s(Ts+1)}$$

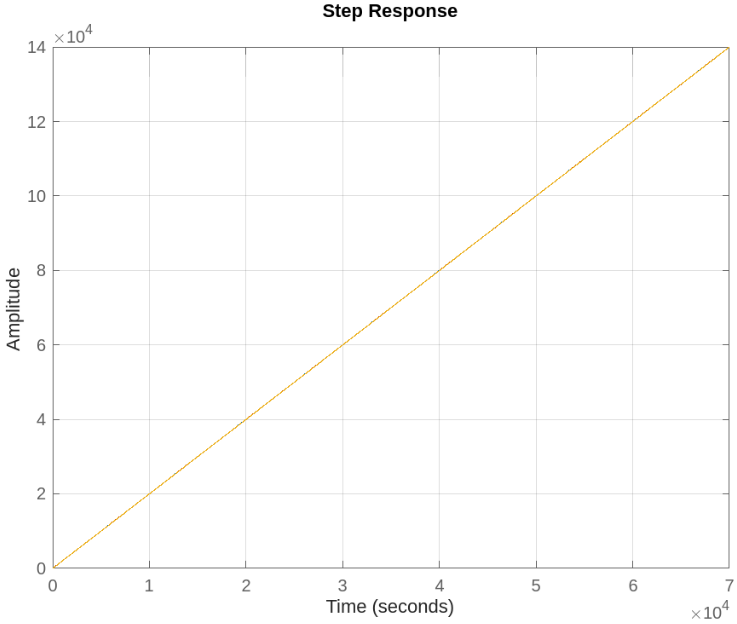
Więc k = 2, a T = [2 4 8]. Natomiast w mianowniku współczynniki są takie same [T 1 0]

```
clc
clear
close all
T = [2 4 8];
k = 2;
for i = 1:4
    figure(i)
    hold on
end
for i = 1:3
    figure(1)
    impulse(k, [T(i), 1,0])
    figure(2)
    step(k, [T(i), 1, 0])
    figure(3)
    bode(k, [T(i), 1, 0])
    figure(4)
    nyquist(k, [T(i), 1, 0]);
end
for i=1:4
    figure(i)
    grid on
    hold off
end
```



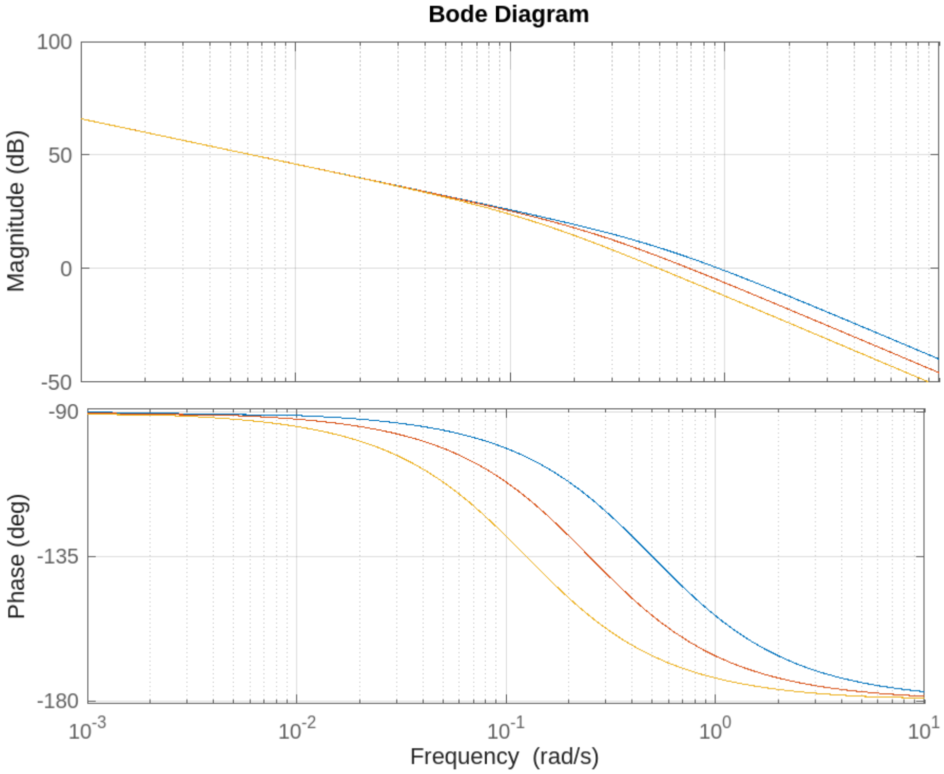
Odpowiedz impulsowa

Amplituda odpowiedzi impulsowej rośnie szybciej wraz ze wzrostem wartości T, natomiast sygnał po upływie pewnego czasu utrzymuje daną wartość.



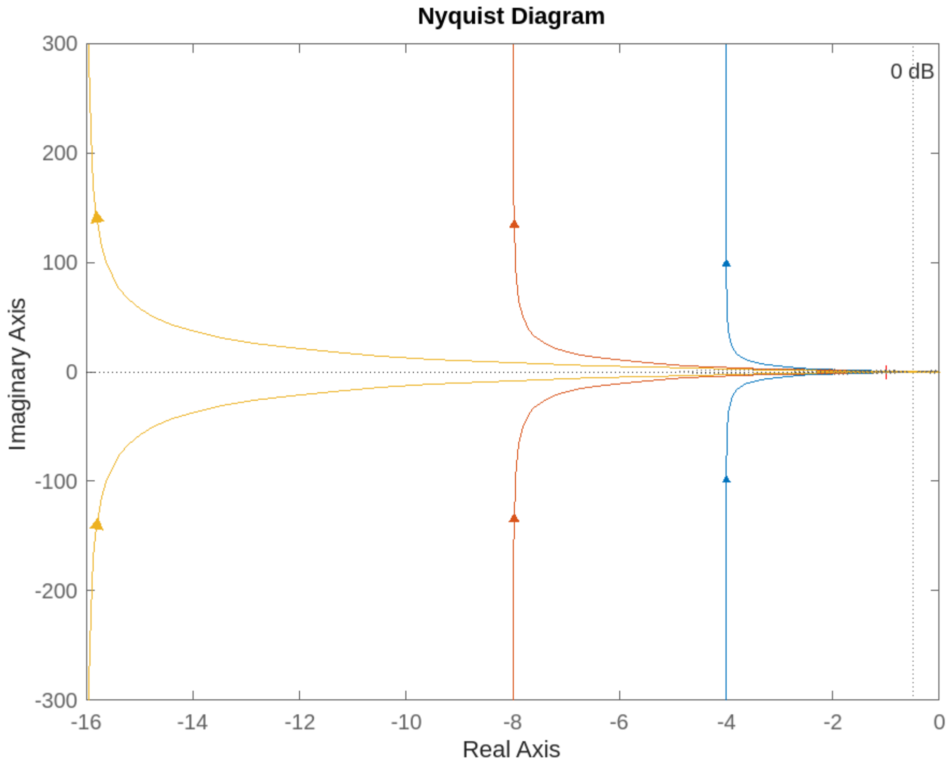
Odpowiedź skokowa

Amplituda odpowiedzi skokowej jest jednakowa dla wszystkich T, rośnie liniowo.



Wykres Bode'go

Magnituda rośnie szybciej dla niższych wartości T. Faza na początku i końcu jest taka sama dla wszystkich wartości, zmienne jest ich przesunięcie fazowe między sygnałem wejściowym, a wyjściowym.



Wykres Nyquista

Dla każdej wartości T wykres przechodzi przez punkt (-1, 0). Dla wyższych wartości T, wykres może rozciągać się bardziej.

Zadanie 6.

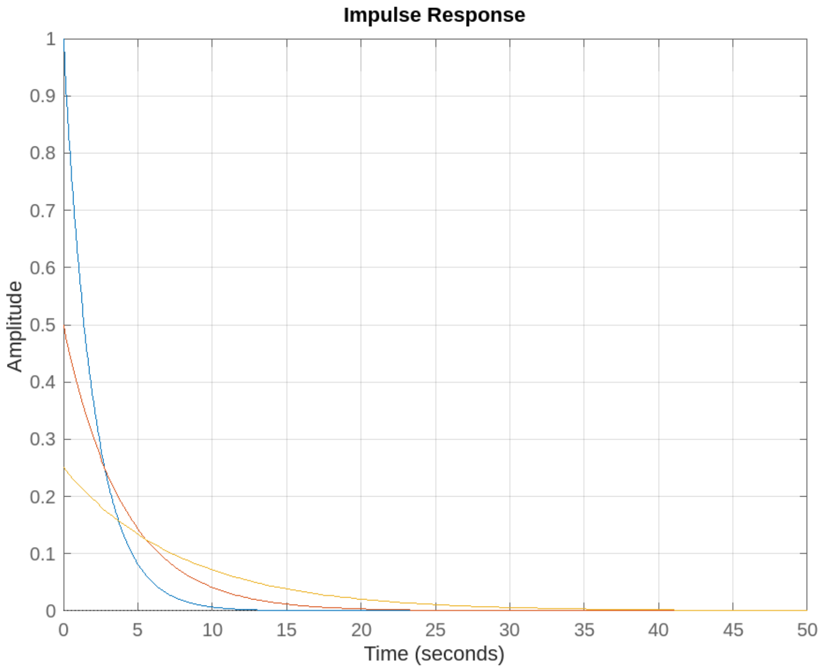
Rysujemy te same wykresy dla członu całkującego idealnego:

$$G(s) = \frac{k}{Ts+1}$$

Gdzie występują wyznaczniki mianownika [T 1], k = [2, 4, 8], T = 2.

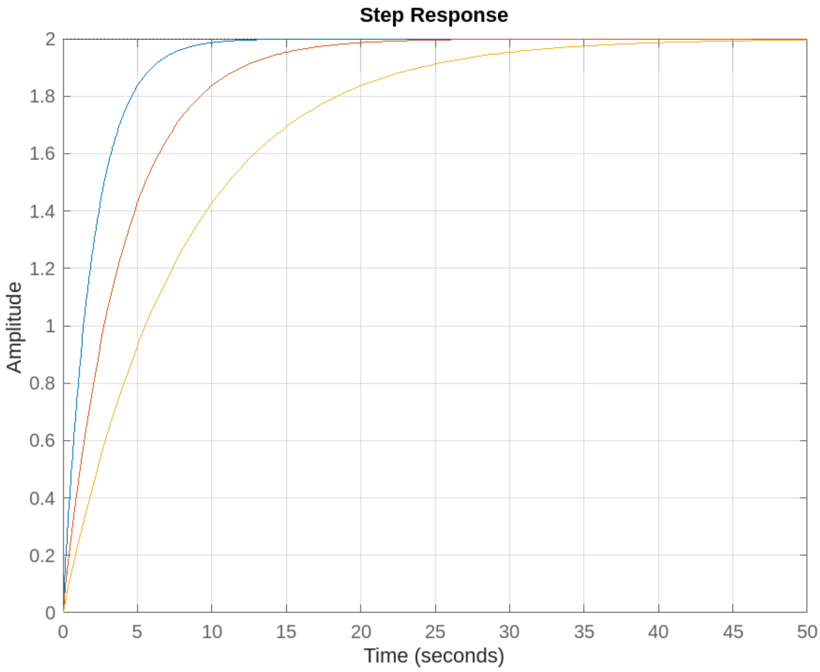
```
clc
clear
close all
k = [2,4,8];
T = 2
for i=1:4
    figure(i)
    hold on
end
for i=1:3
    figure(1)
    impulse(k(i),[T, 1])
    figure(2)
    step(k(i), [T,1])
    figure(3)
    bode(k(i),[T,1])
    figure(4)
    nyquist(k(i),[T,1])
end
```

```
for i=1:4
    figure(i)
    grid on
    hold off
end
```



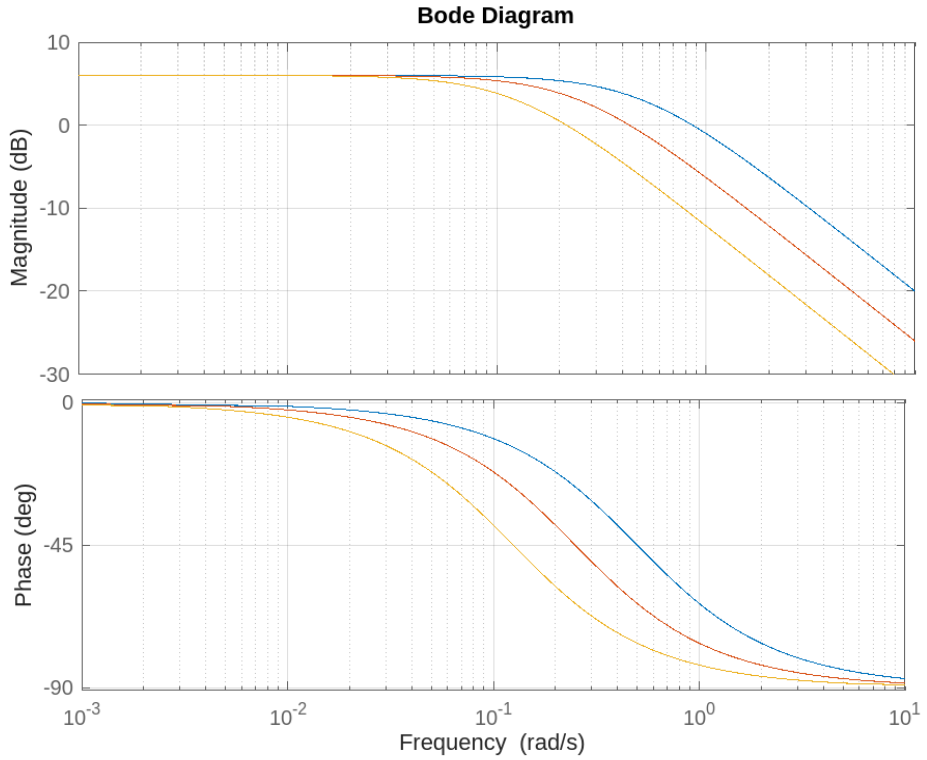
Odpowiedź impulsowa

Amplituda odpowiedzi impulsowej rośnie wraz ze wzrostem ‘k’. Dla większych k jest szybszy czas narastania.



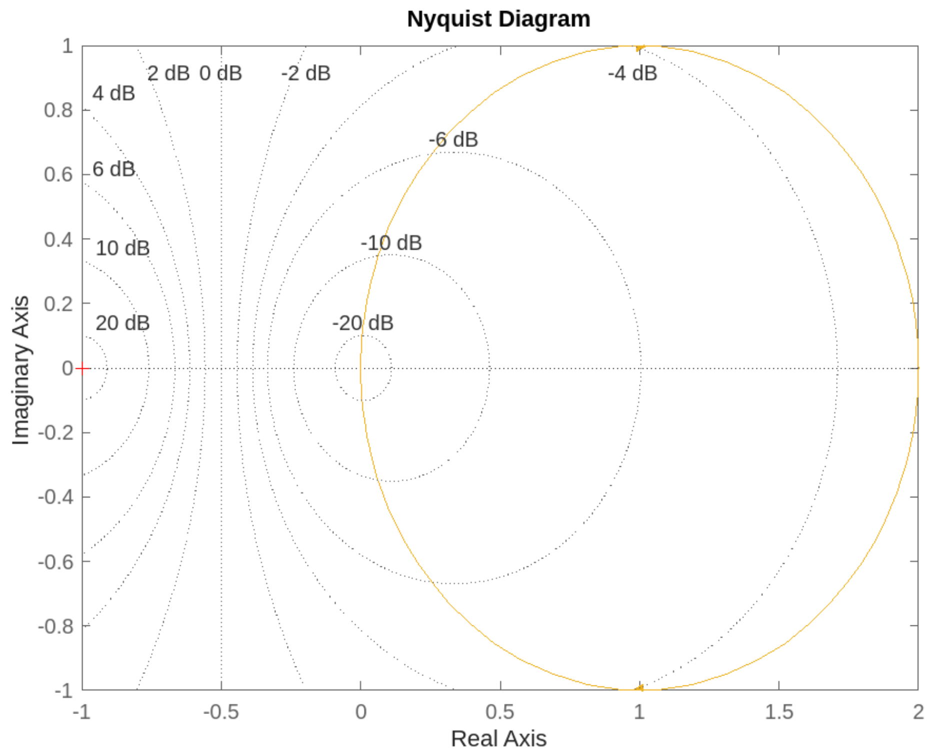
Odpowiedź skokowa

Amplituda odpowiedzi skokowej rośnie wraz ze wzrostem wartości ‘k’. Czas narastania jest szybszy dla większych wartości k.



Wykres Bodego

Na początku magnituda jest taka sama dla wszystkich wartości ‘k’, po czasie jest ona proporcjonalna. Im mniejsza wartość k tym faza przesunięcia jest wcześniej. Im mniejsza wartość ‘k’ tym ma wcześniej przesunięcie fazowe.



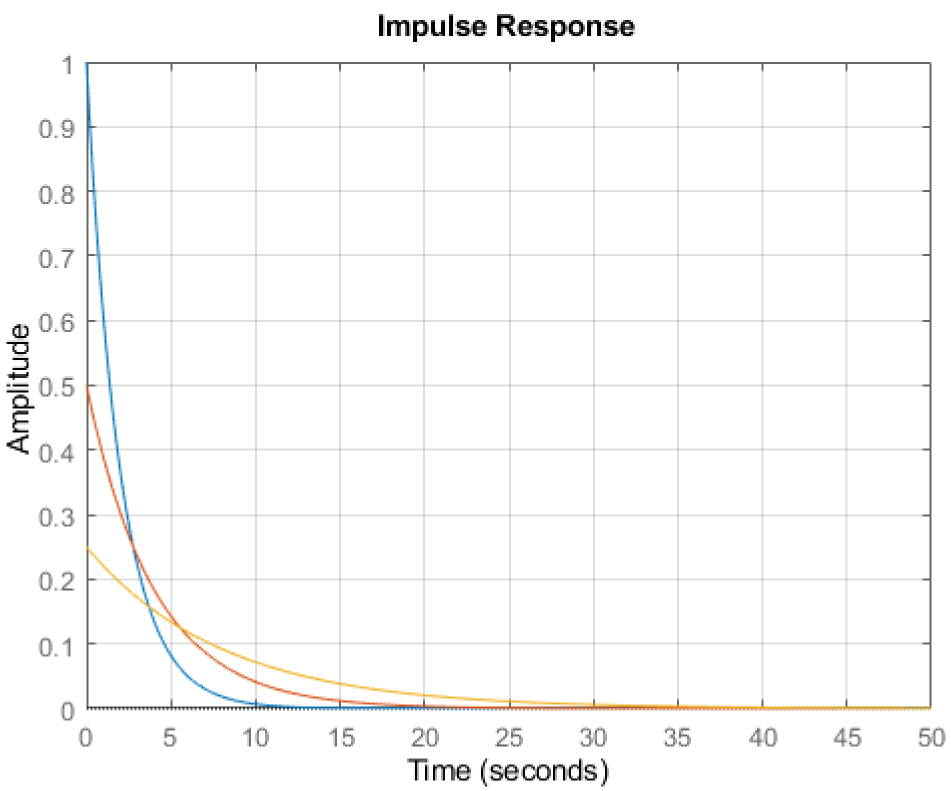
Wykres Nyquista

Krzywa Nyquista zaczyna się od punktu (0, 0). Punkt (-1, 0) na płaszczyźnie zespolonej jest kluczowy, a przejście przez niego wskazuje na krytyczny punkt stabilności układu.

Zadanie 7.

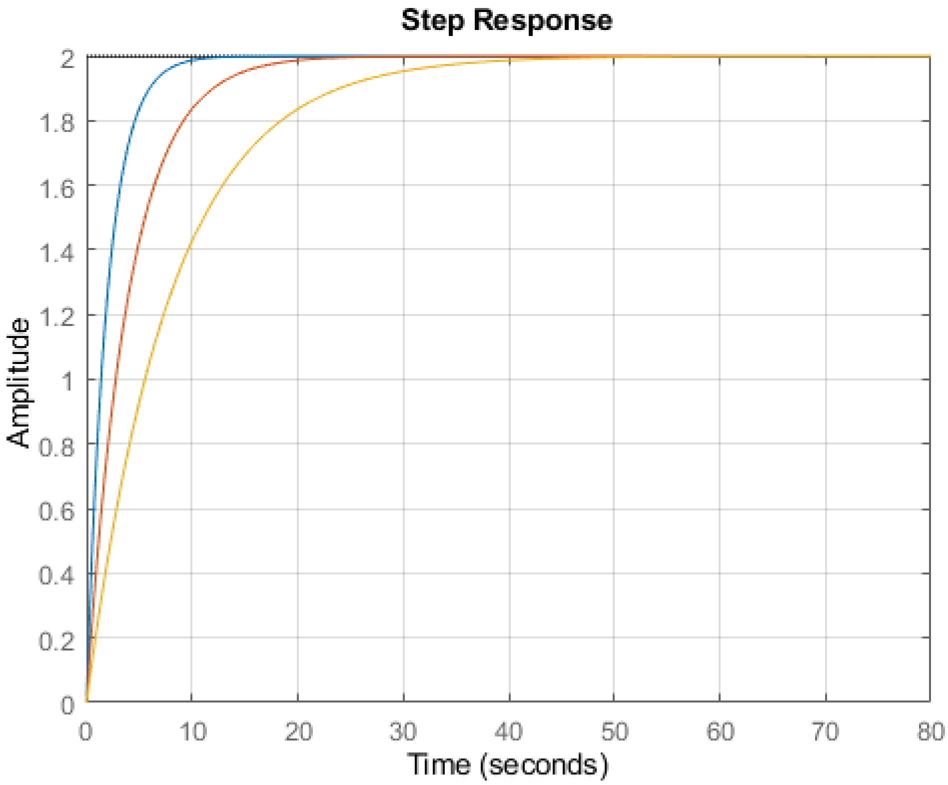
W członie całkującym zamieniliśmy wartość stałą T z wartością zmiennej k. Otrzymujemy k = 2 i T = [2, 4, 8]

```
clc
clear
close all
T = [2,4,8];
k = 2
for i=1:4
    figure(i)
    hold on
end
for i=1:3
    figure(1)
    impulse(k,[T(i), 1])
    figure(2)
    step(k, [T(i),1])
    figure(3)
    bode(k,[T(i),1])
    figure(4)
    nyquist(k,[T(i),1])
end
for i=1:4
    figure(i)
    grid on
    hold off
end
```



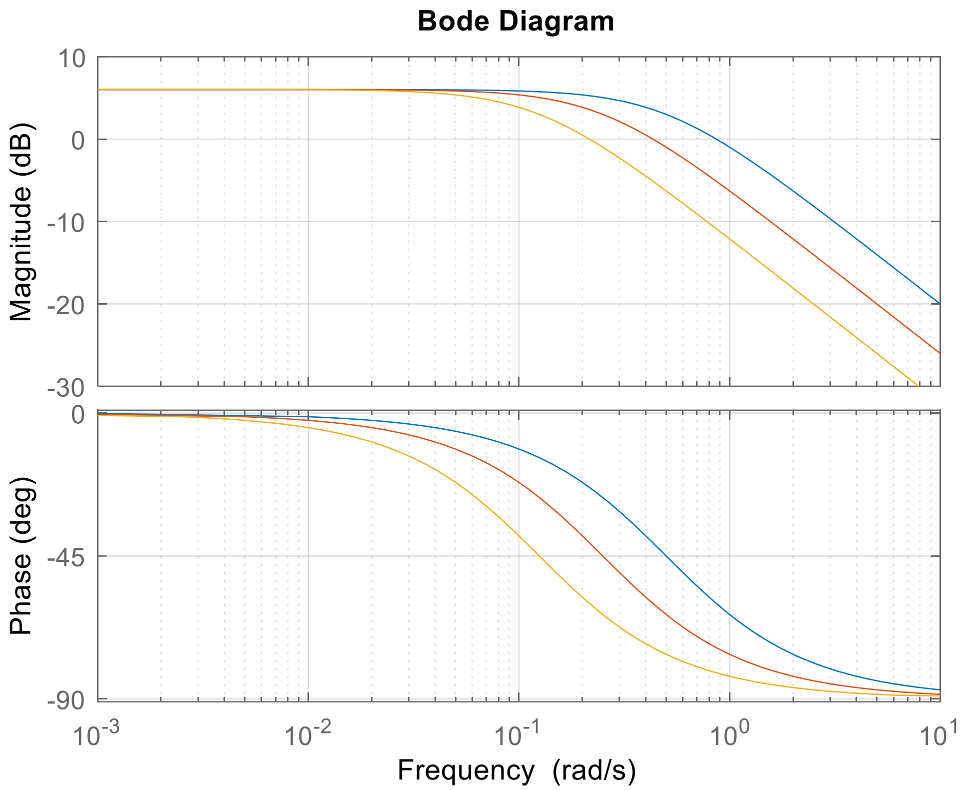
Odpowiedź impulsowa

Amplituda jest większa im większa jest wartość T, po upływie czasu wszystkie mają stałą wartość 0.



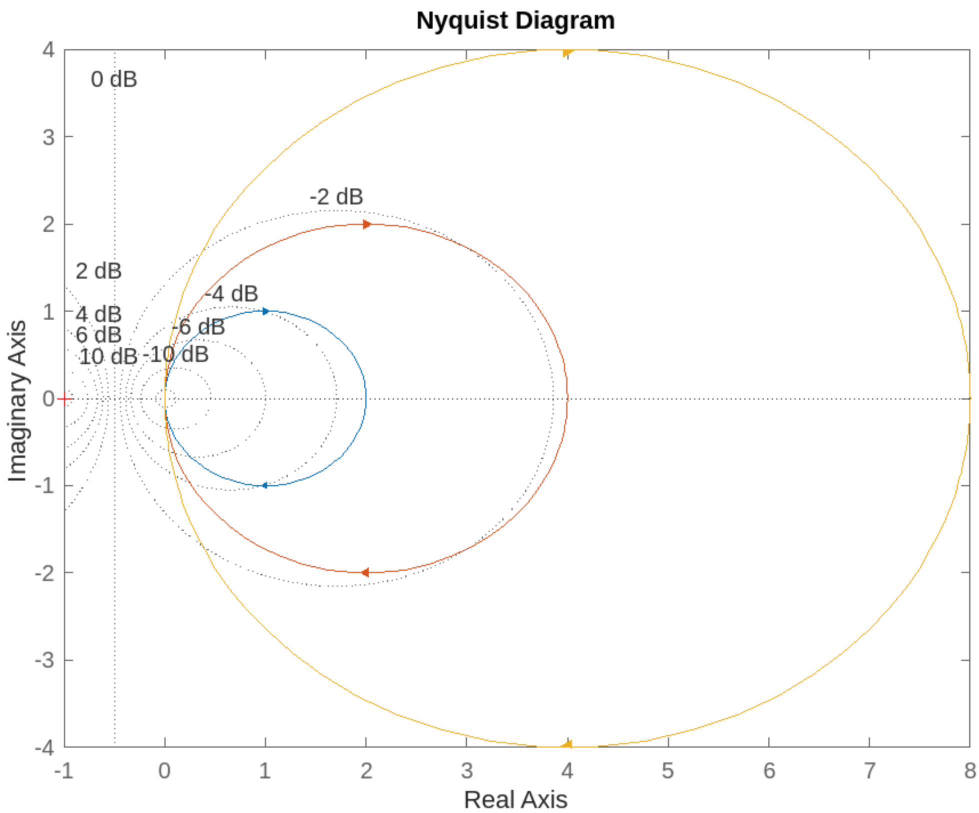
Odpowiedź skokowa

Amplituda odpowiedzi skokowej wyższym wartościom ‘T’ rośnie szybciej do maksymalnego poziomu.



Wykres Bodego

Magnituda jest proporcjonalna dla wszystkich wartości T, faza jest taka sama dla nich. Natomiast faza przejścia jest przesunięta im większą jest wartość T.



Wykres Nyquista

Im większa wartość T, tym mniejsze częstotliwości oscylacji.

Zadanie 8.

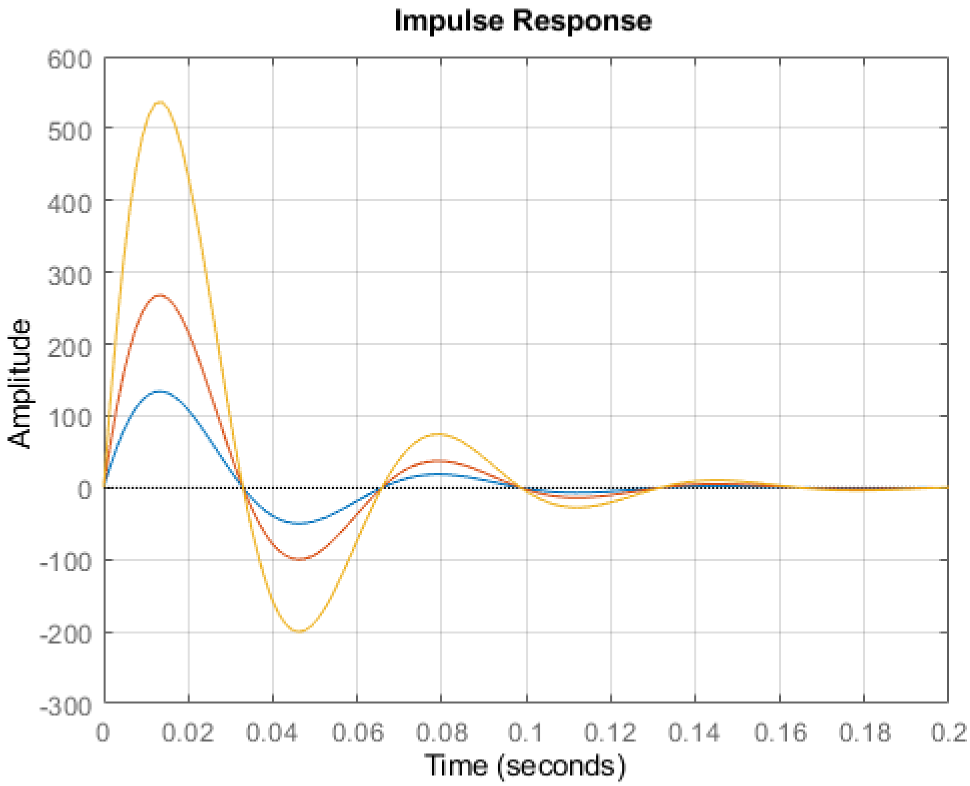
Liczymy dla poniższego członu oscylującego:

$$G(s) = \frac{k * w_n^2}{s^2 + 2(aksi) * w_n * s + w_n^2}$$

Poniższy kod rysuje cztery wykresy dla zmiennej k = [2,4,8] oraz stałej w = 100 i aksi = 0.3

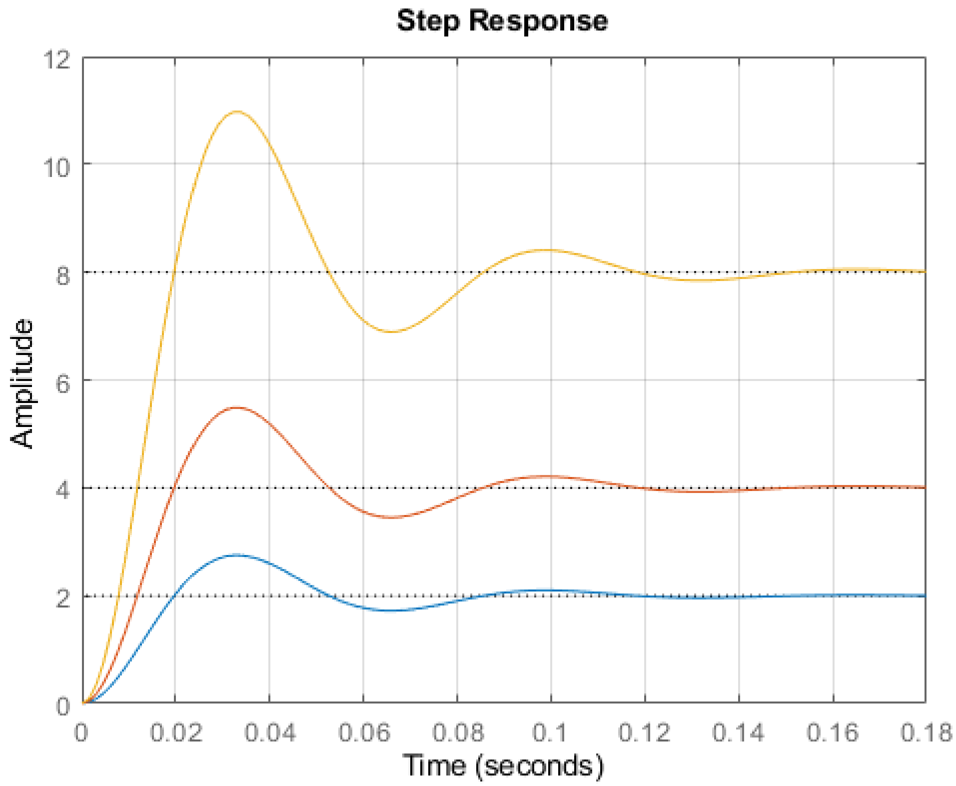
Wyznaczniki mianownika są następujące: [1, 2*aksi*w, w^2].

```
clc
clear
close all
k = [2,4,8];
w = 100;
aksi = 0.3;
for i=1:4
    figure(i)
    hold on
end
for i=1:3
    figure(1)
    impulse(k(i)*w^2,[1,2*aksi*w,w^2])
    figure(2)
    step(k(i)*w^2,[1,2*aksi*w,w^2])
    figure(3)
    bode(k(i)*w^2,[1,2*aksi*w,w^2])
    figure(4)
    nyquist(k(i)*w^2,[1,2*aksi*w,w^2])
end
for i=1:4
    figure(i)
    grid on
    hold off
end
```



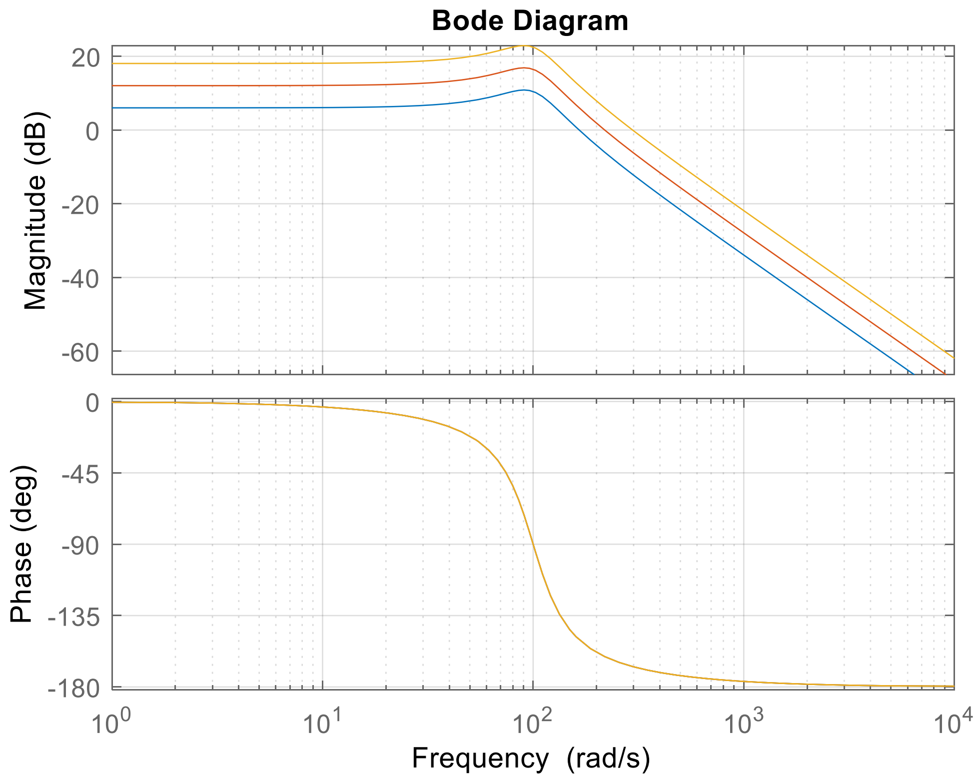
Odpowiedź impulsowa

Zmiana wartości k wpływa na amplitudę i kształt odpowiedzi impulsowej. Wzrost k powoduje większą amplitudę.



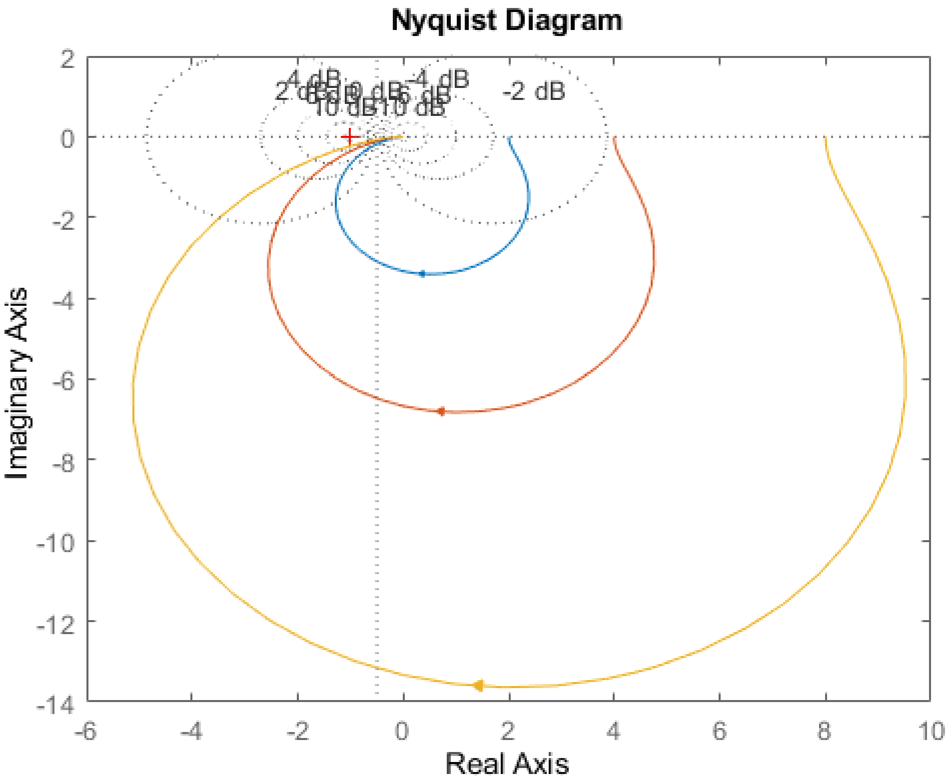
Odpowiedź skokowa

Wzrost k skutkuje szybszym narastaniem sygnału oraz większą amplitudą.



Wykres Bodego

Magnituda jest proporcjonalna, faza taka sama dla wszystkich wartości ‘k’.



Wykres Nyquista

Im większa wartość k, tym bardziej zauważalne są oscylacje. Punkt (-1, 0) na krzywych Nyquista wskazuje na stabilność układu.

Zadanie 9.

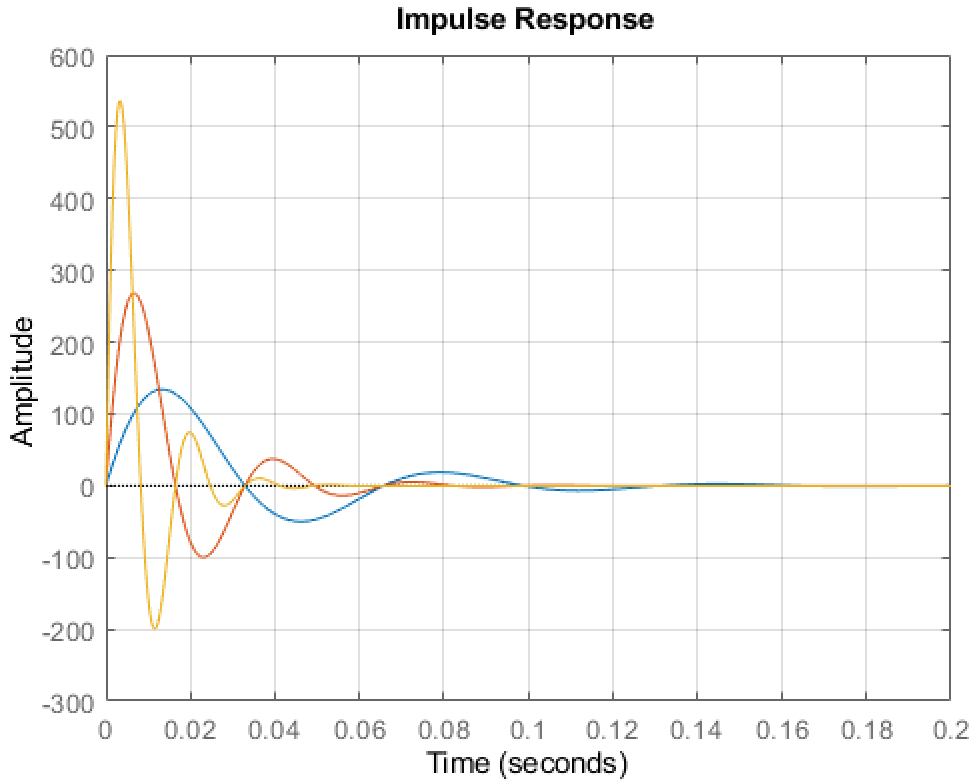
Do poprzedniego członu oscylacyjnego

$$G(s) = \frac{k*w_n^2}{s^2+2(aksi)*w_n*s+w_n^2}$$

zamieniamy przypisane wartości dla zmiennej w = [100,200,400] oraz stałej k = 2 i aksi = 0.3.

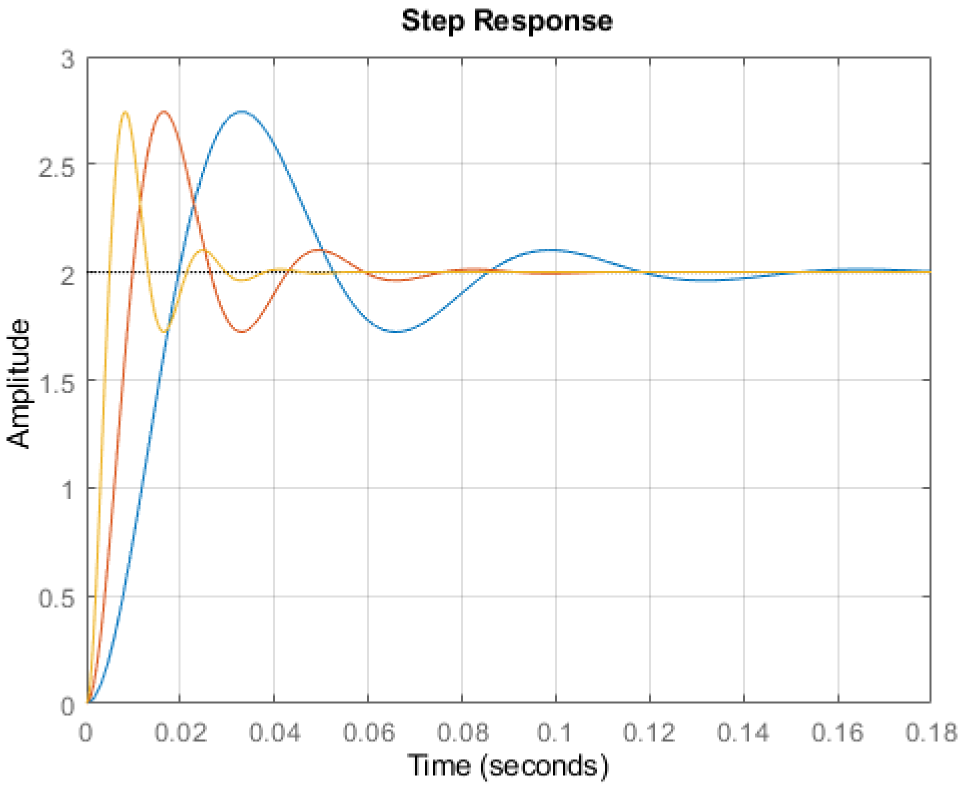
```
clc
clear
close all
k = 2;
w = [100, 200, 400];
aksi = 0.3;
for i=1:4
    figure(i)
    hold on
```

```
end
for i=1:3
    figure(1)
    impulse(k*w(i)^2,[1,2*aksi*w(i),w(i)^2])
    figure(2)
    step(k*w(i)^2,[1,2*aksi*w(i),w(i)^2])
    figure(3)
    bode(k*w(i)^2,[1,2*aksi*w(i),w(i)^2])
    figure(4)
    nyquist(k*w(i)^2,[1,2*aksi*w(i),w(i)^2])
end
for i=1:4
    figure(i)
    grid on
    hold off
end
```



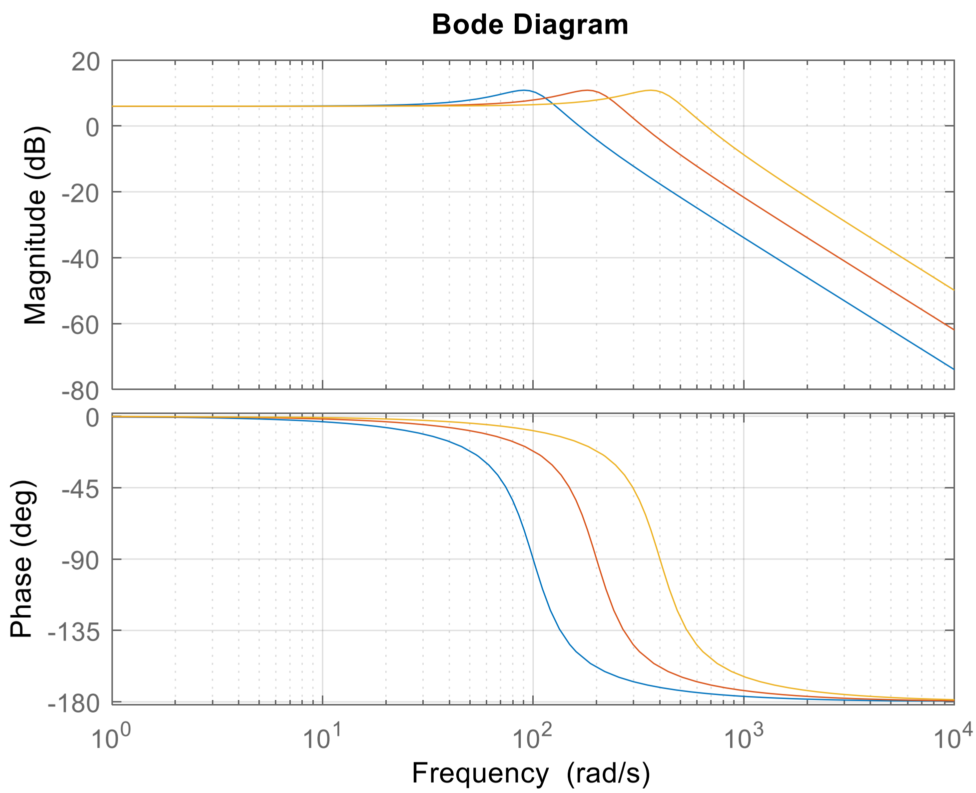
Odpowiedź impulsowa

Wzrost ω skraca czas narastania i zwiększa amplitudę.



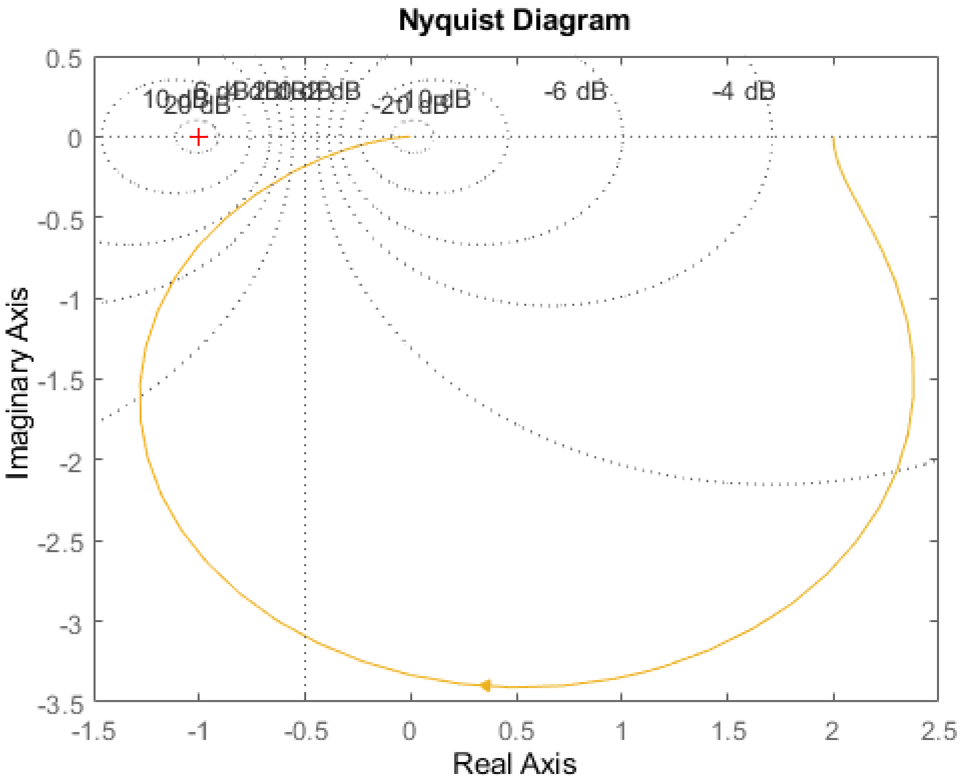
Odpowiedź skokowa

Wzrost ω zwiększa amplitudę i szybkość wzrostu.



Wykres Bodego

Wyższe wartości ω skutkują większą magnitudą i mniejszym opóźnieniem fazowym.



Wykres Nyquista

Oscylacje są takie same dla wszystkich wartości. Punkt (-1, 0) świadczy o tym, że układ jest stabilny.

Zadanie 10.

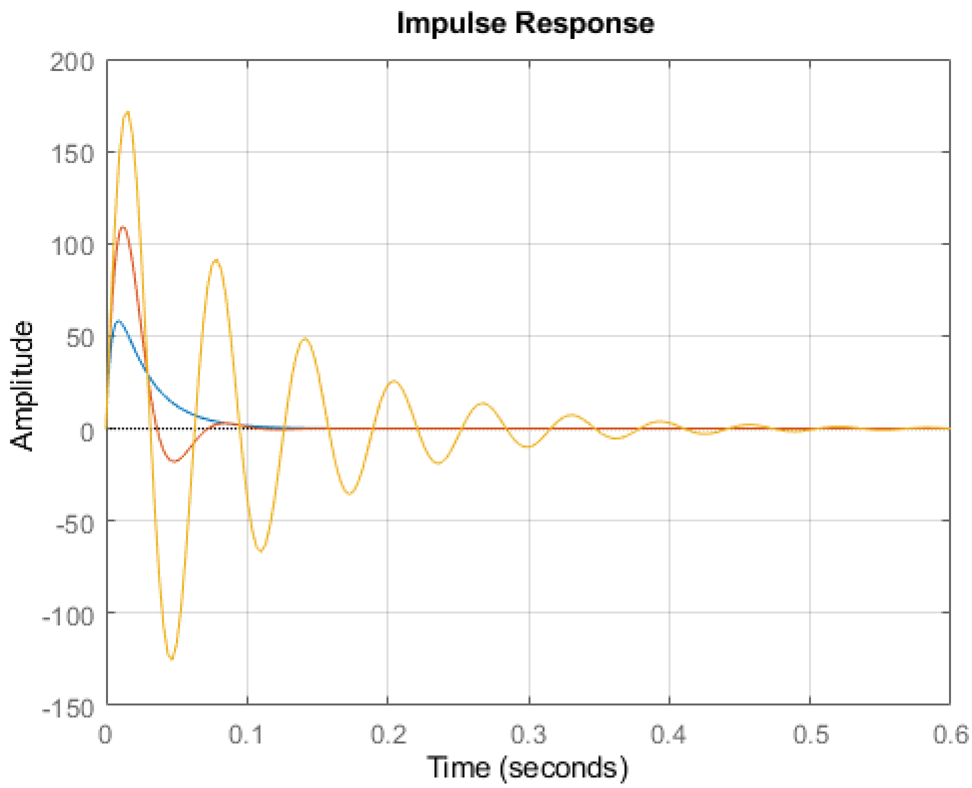
Dla tego same członu oscylacyjnego

$$G(s) = \frac{k*w_n^2}{s^2+2(aksi)*w_n*s+w_n^2}$$

Zmieniamy wartości naszych zmiennych i mamy k = 2 i w =100 jako stałe i zmienna aksi = [1.4, 0.5, 0.1]

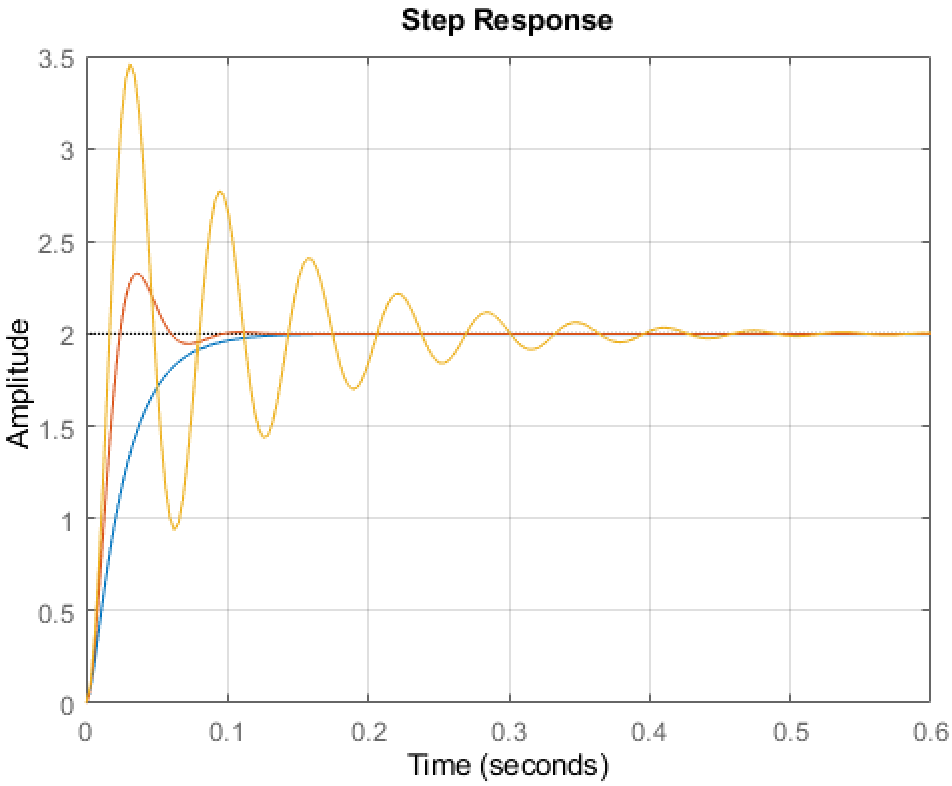
```
clc
clear
close all
k = 2;
w = 100;
aksi = [1.4,0.5,0.1];
for i=1:4
    figure(i)
    hold on
```

```
end
for i=1:3
    figure(1)
    impulse(k*w^2,[1,2*aksi(i)*w,w^2])
    figure(2)
    step(k*w^2,[1,2*aksi(i)*w,w^2])
    figure(3)
    bode(k*w^2,[1,2*aksi(i)*w,w^2])
    figure(4)
    nyquist(k*w^2,[1,2*aksi(i)*w,w^2])
end
for i=1:4
    figure(i)
    grid on
    hold off
end
```

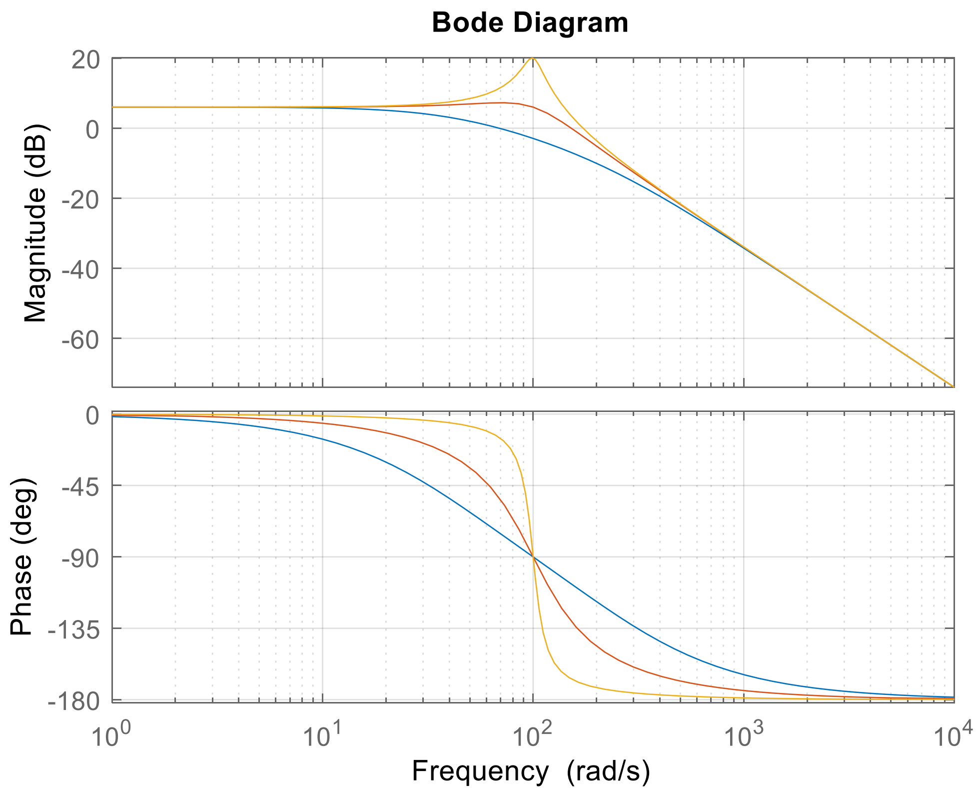


Odpowiedź impulsowa

Krótkotrwałe oscylacje, ale system stabilizuje się szybciej dla większych wartości.

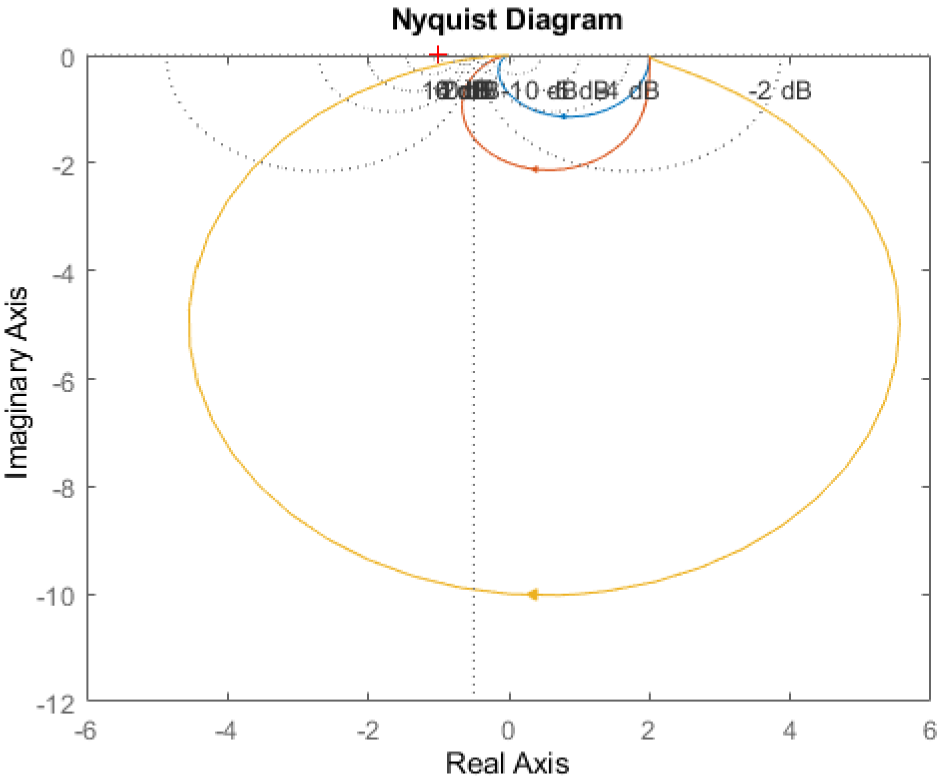


Czas ustalania się (czas potrzebny na osiągnięcie wartości ustalonej) jest krótszy dla większych wartości



Wykres Bodego

Dla małych wartości aksi, magnituda może być niska, a dla dużych wartości aksi może wzrosnąć. Na początku i na końcu mają te samą wartość. Przesunięcie fazowe wszystkie wartości mają w tym samym punkcie.



Wykres Nyquista

Im większa wartość k, tym bardziej zauważalne są oscylacje. Punkt (-1, 0) na krzywych Nyquista wskazuje na stabilność układu.

Wnioski

Analiza systemów dynamicznych w MATLAB pozwala na zrozumienie ich zachowania w dziedzinie czasu i częstotliwości. Wykresy Bodego i Nyquista są przydatnymi narzędziami do analizy charakterystyk częstotliwościowych i stabilności systemów.