Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica

Sprawozdanie

Sterowanie układów liniowych

Laboratorium 4, 5

Borsuk Piotr

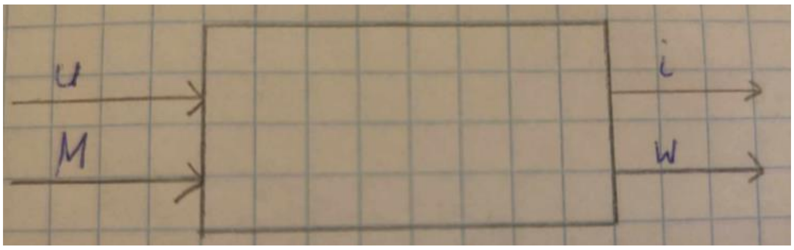
Nr albumu 416947

Technologie Przemysłu 4.0

Grupa nr 1

Rok akademicki 2023/2024

Charakterystyka czwórnika



Schemat 1. Czwórnik z dwoma wejściami i dwoma wyjściami

Transmitancje dla sygnału M = 0

$$G_1(s) = \frac{I(s)}{U(s)} \tag{1}$$

$$G_2(s) = \frac{\Omega(s)}{U(s)} \tag{2}$$

Transmitancje dla sygnału $u = 0$

$$G_3(s) = \frac{\mathrm{I}(s)}{M(s)} \tag{3}$$

$$G_4(s) = \frac{\Omega(s)}{M(s)} \tag{4}$$

Charakterystyki, będą tworzone dla następujących równań:

$$\mathrm{u} = \mathrm{Ri} + \mathrm{L}\frac{di}{dt} + \mathrm{kw} \tag{5}$$

$$J\frac{dw}{dt} = ki - M \tag{6}$$

Dane:

R = 0.465 Ω
L = 0.015 H
J = 2.5 Nm^2
k = 2.65
u = 450 V

Zadanie 1.1

Obliczono transmitancje dla

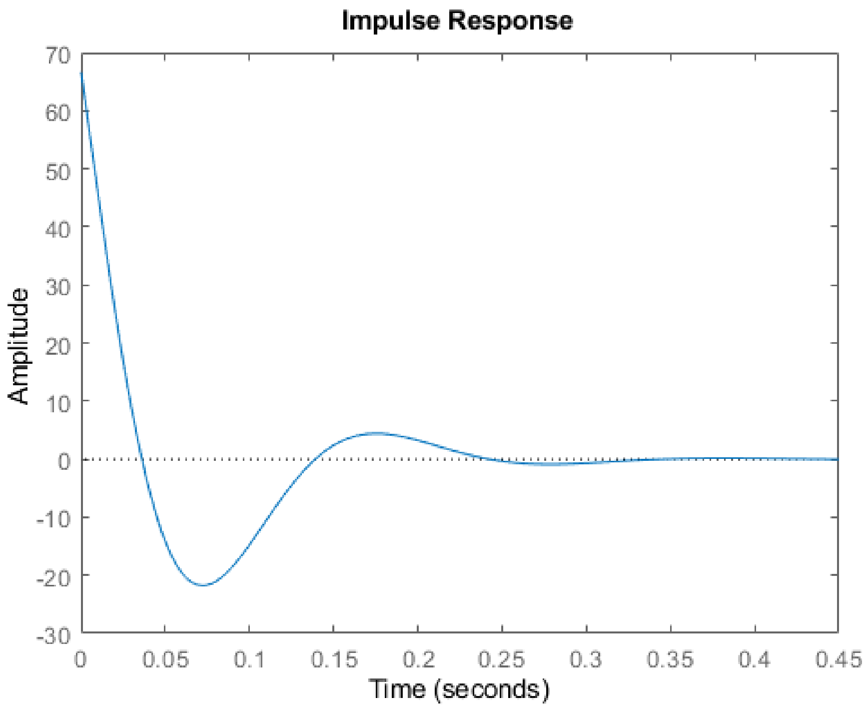
$$G_1(s) = \frac{\frac{1}{L}s}{s^2+\frac{R}{L}+\frac{k^2}{LJ}} \tag{7}$$

Utworzono:

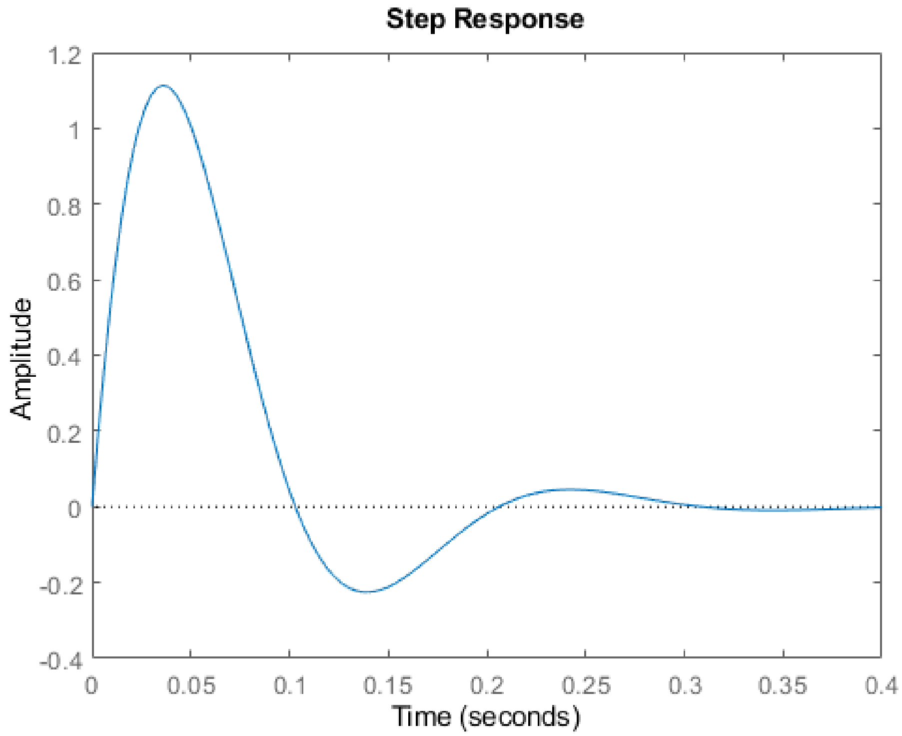
- Odpowiedź impulsową
- Odpowiedź skokową
- Charakterystyke Bodego
- Odpowiedź Nyquista

Kod:

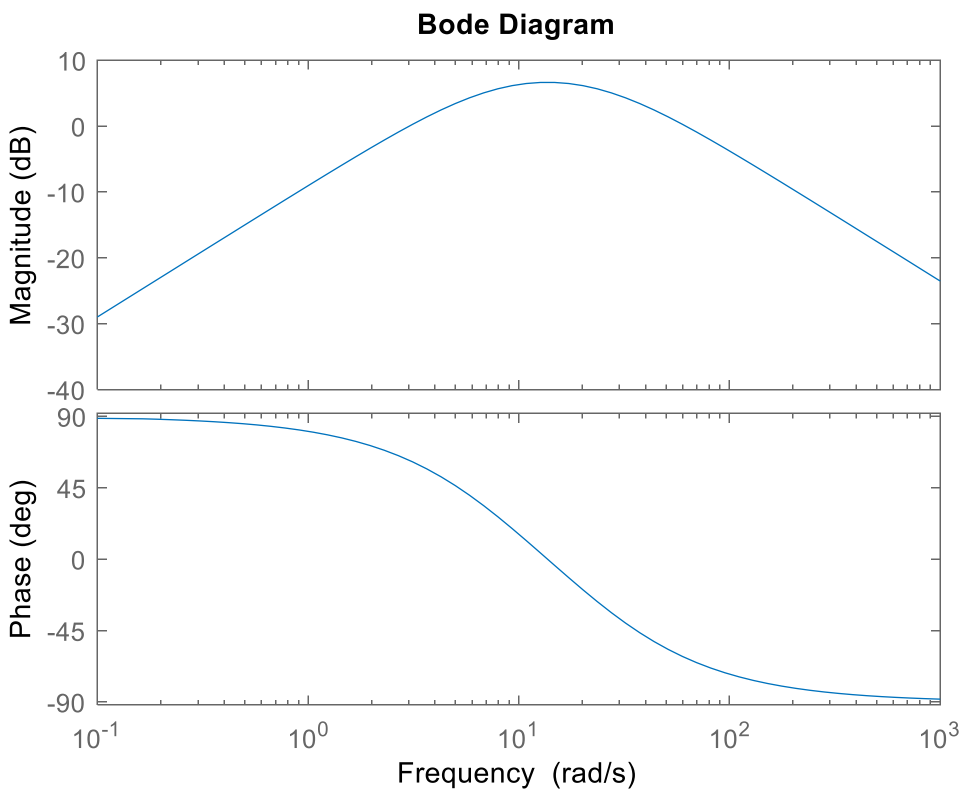
```
clc
clear
close all
R = 0.465;
L = 0.015;
J = 2.5;
k = 2.65;
u = 450;
figure(1)
impulse([1/L, 0],[1, R/L, (k^2)/L*J])
figure(2)
step([1/L, 0],[1, R/L, (k^2)/L*J])
figure(3)
bode([1/L, 0], [1, R/L, (k^2)/(L*J)])
figure(4)
nyquist([1/L, 0], [1, R/L, (k^2)/(L*J)])
grid on
hold off
```



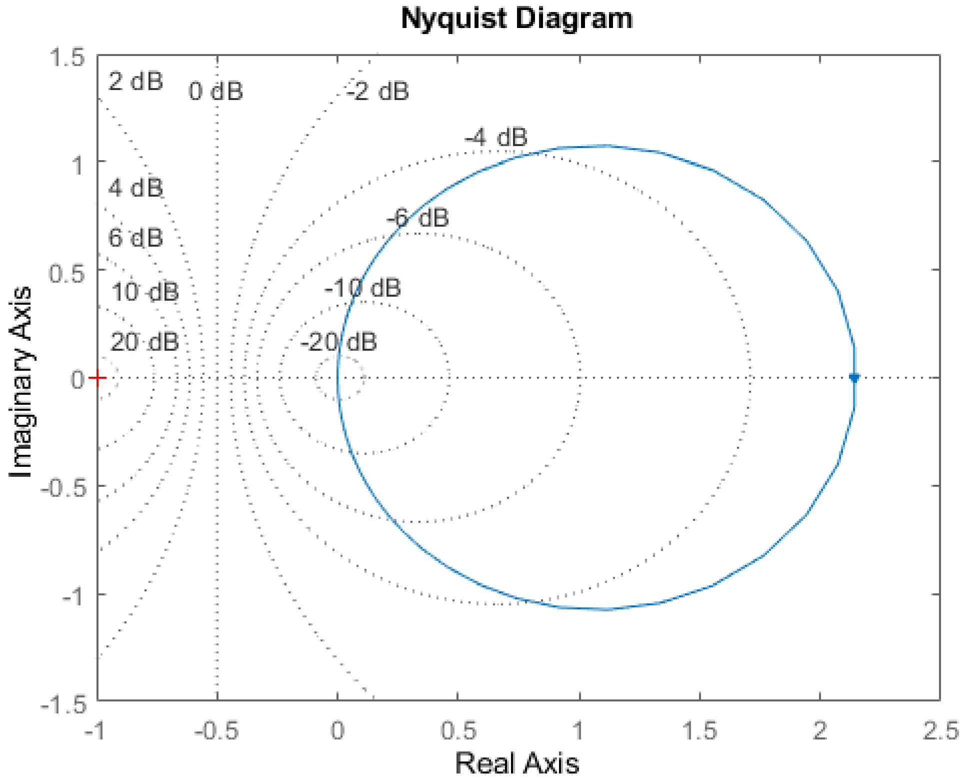
Wykres 1. Odpowiedź impulsowa $G_1(s)$



Wykres 2. Odpowiedź skokowa $G_1(s)$



Wykres 3. Charakterystyka Bodego $G_1(s)$



Wykres 4. Charakterystyka Nyquista $G_1(s)$

Zadanie 1.2

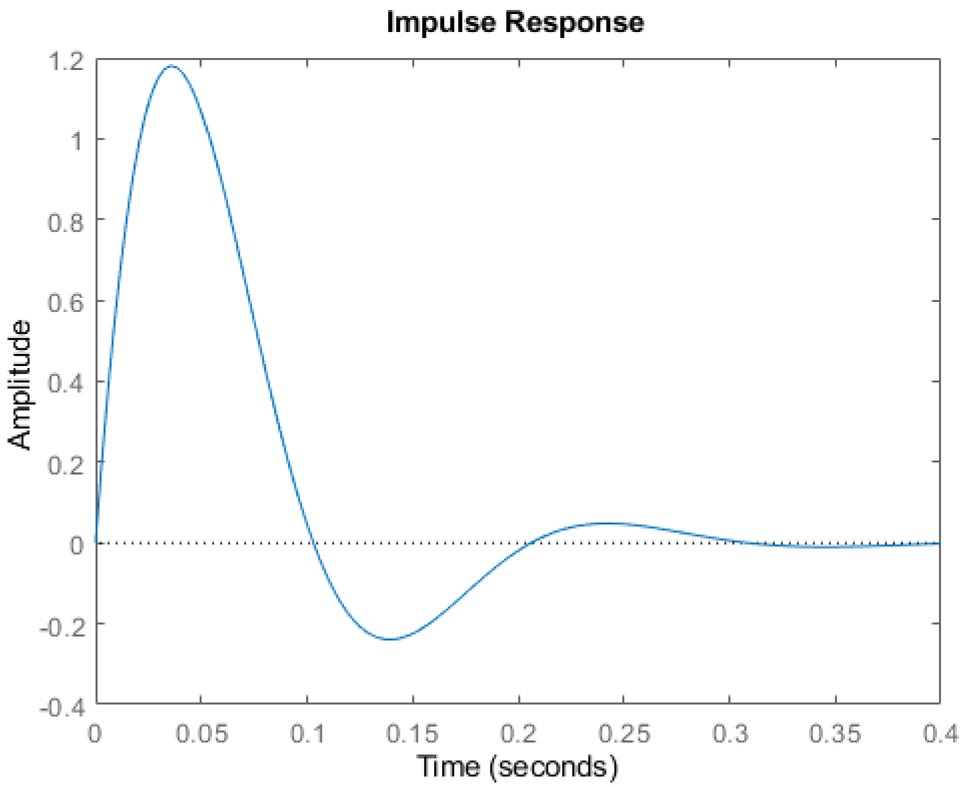
Utworzono takie same charakterystyki dla transmitancji:

$$G_2(s), G_3(s) = \frac{\frac{k}{LJ}}{s^2+\frac{R}{L}+\frac{k^2}{LJ}} \tag{8}$$

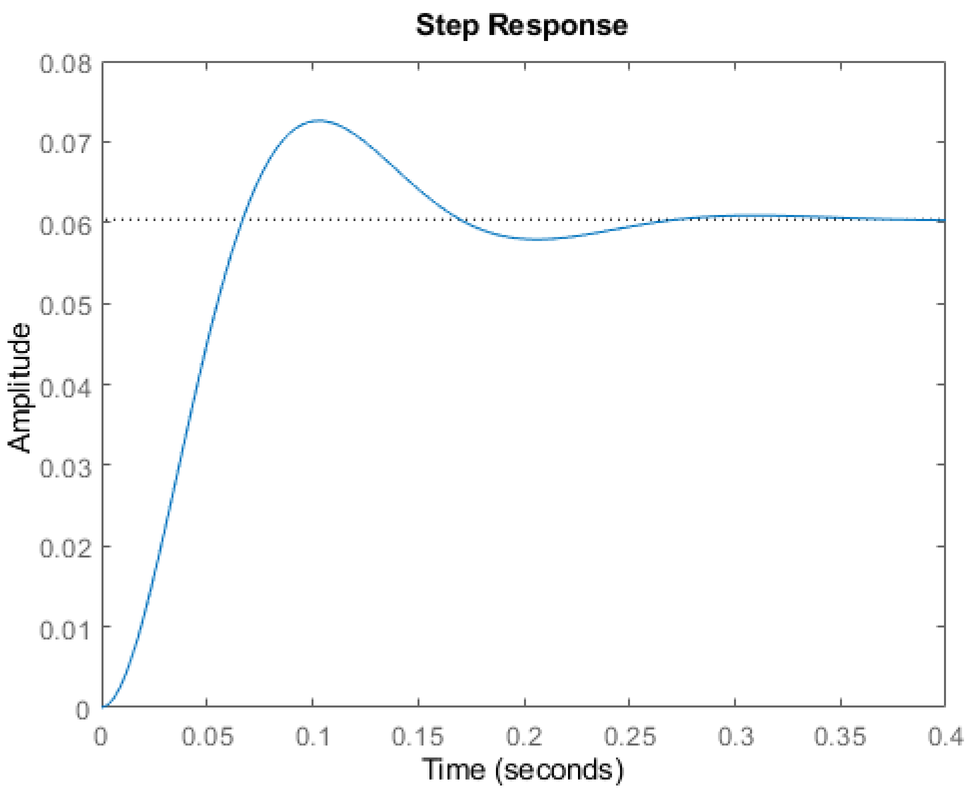
Kod:

```
clc
clear
close all
R = 0.465;
L = 0.015;
J = 2.5;
k = 2.65;
u = 450;
figure(1)
impulse([0,k/(L*J)],[1,R/L,(k^2)/L*J])
figure(2)
step([0,k/(L*J)],[1,R/L,(k^2)/L*J])
figure(3)
bode([0,k/(L*J)],[1,R/L,(k^2)/L*J])
figure(4)
```

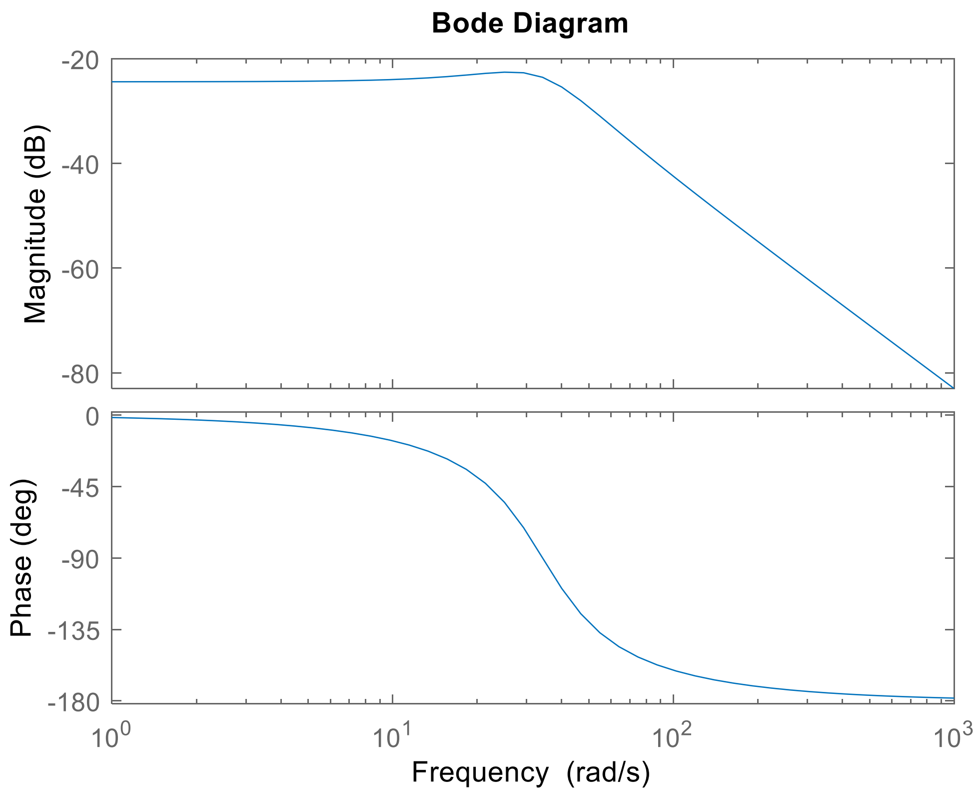
```
nyquist([0,k/(L*J)],[1,R/L,(k^2)/L*J])
grid on
hold off
```



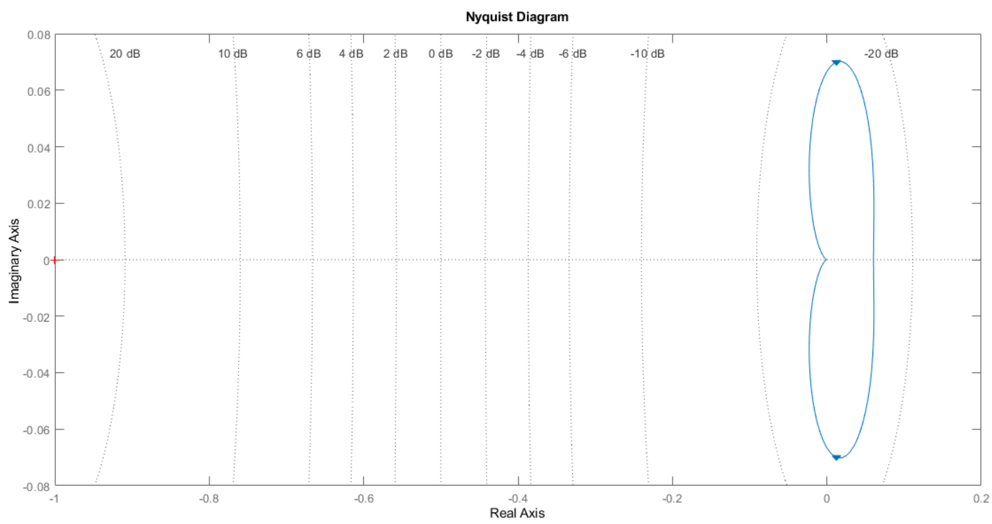
Wykres 5. Odpowiedz impulsowa $G_2(s), G_3(s)$



Wykres 6. Odpowiedź skokowa $G_2(s), G_3(s)$



Wykres 7. Charakterystyka Bodego $G_2(s), G_3(s)$



Wykres 8. Charakterystyka Nyquista $G_2(s), G_3(s)$

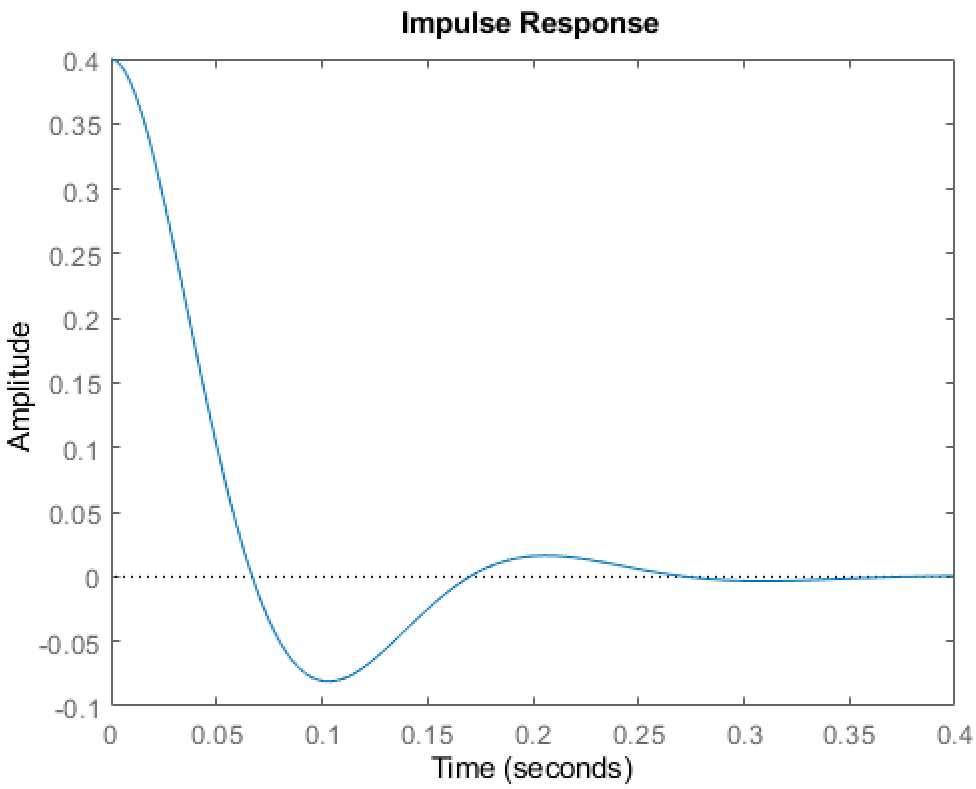
Zadanie 1.3

Utworzono takie same charakterystyki dla transmitancji:

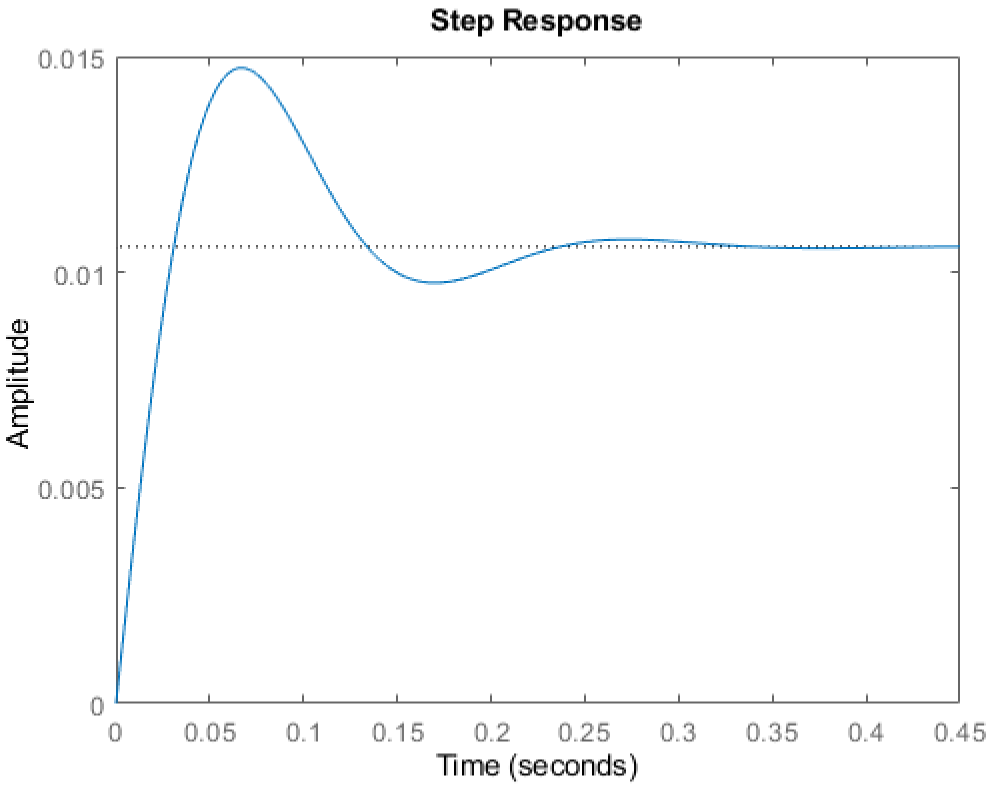
$$G_4(s) = \frac{\frac{1}{J}s + \frac{R}{LJ}}{s^2 + \frac{R}{L} + \frac{k^2}{LJ}} \tag{9}$$

Kod:

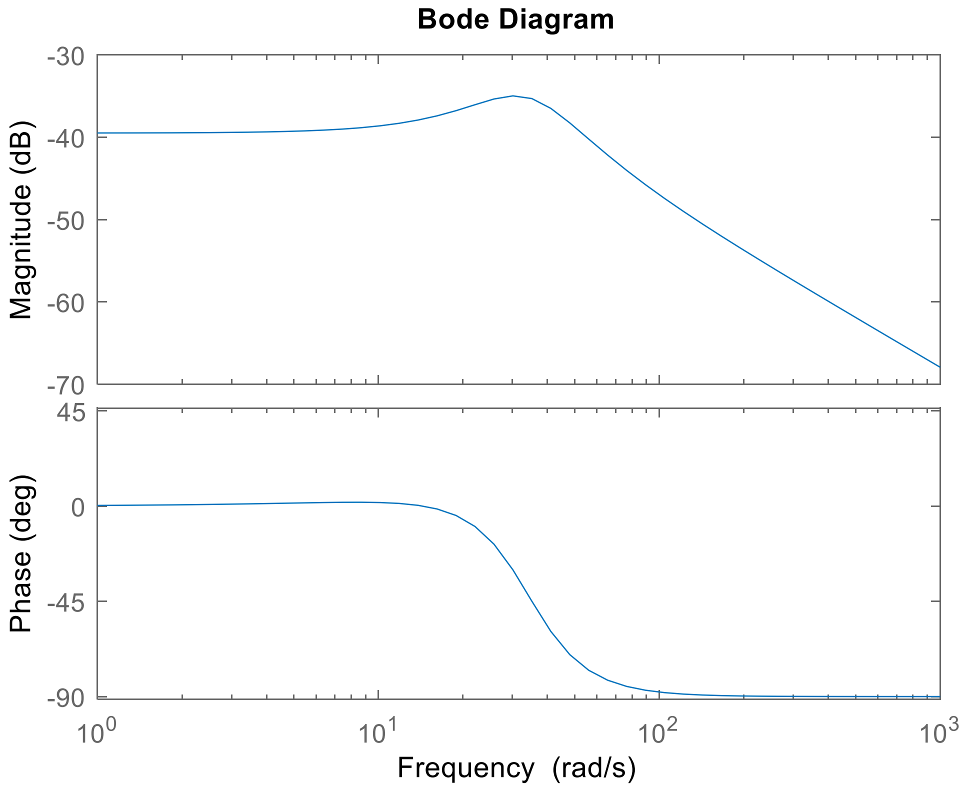
```
clc
clear
close all
R = 0.465;
L = 0.015;
J = 2.5;
k = 2.65;
u = 450;

figure(1)
impulse([1/J,R/(L*J)],[1,R/L,(k^2)/L*J])
figure(2)
step([1/J,R/(L*J)],[1,R/L,(k^2)/L*J])
figure(3)
bode([1/J,R/(L*J)],[1,R/L,(k^2)/L*J])
figure(4)
nyquist([1/J,R/(L*J)],[1,R/L,(k^2)/L*J])

grid on
hold off
```



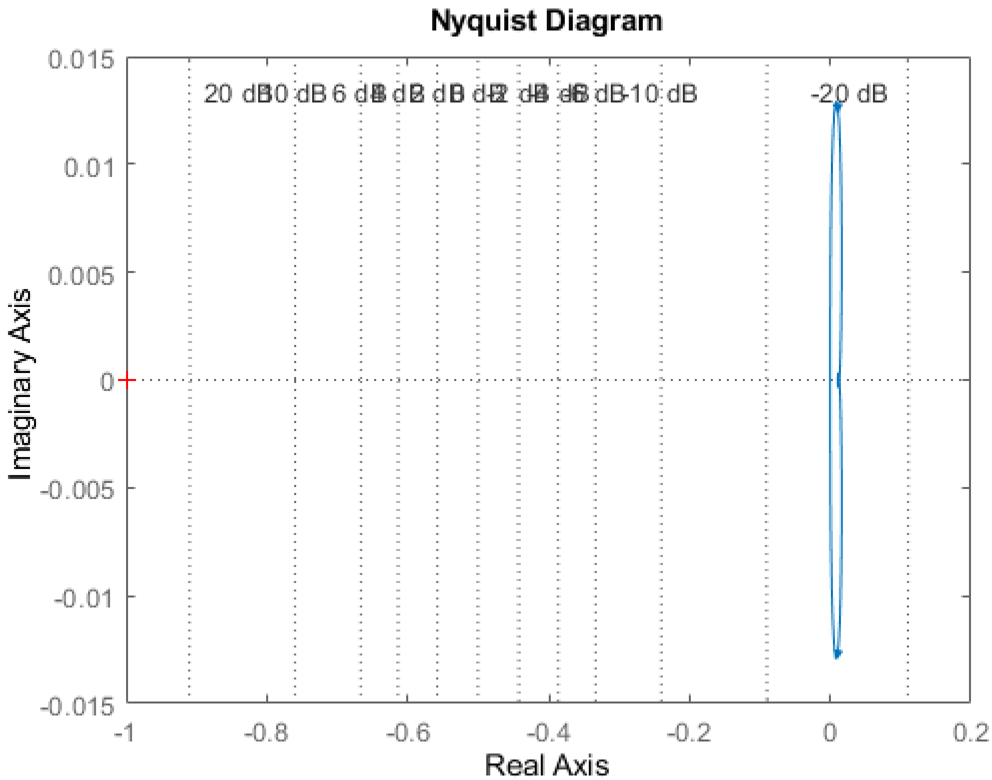
Wykres 9. Odpowiedź impulsowa $G_4(s)$



Wykres 10. Odpowiedź skokowa $G_4(s)$



Wykres 11. Charakterystyka Bodego $G_4(s)$



Wykres 12. Charakterystyka Nyquista $G_4(s)$

Zadanie 2

Utworzono symulacje w Simulinku. Po przekształceniach początkowych równań dochodzimy do postaci:

$$\frac{di}{dt} = -\frac{R}{L}i - \frac{k}{L}w + \frac{1}{L}u \tag{10}$$

$$\frac{dw}{dt} = \frac{k}{J}i - \frac{1}{J} \tag{11}$$

Są dane wartości:

R = 0.465 Ω

L = 15 mH

J = 2,5 Nm^2

k = 2.65

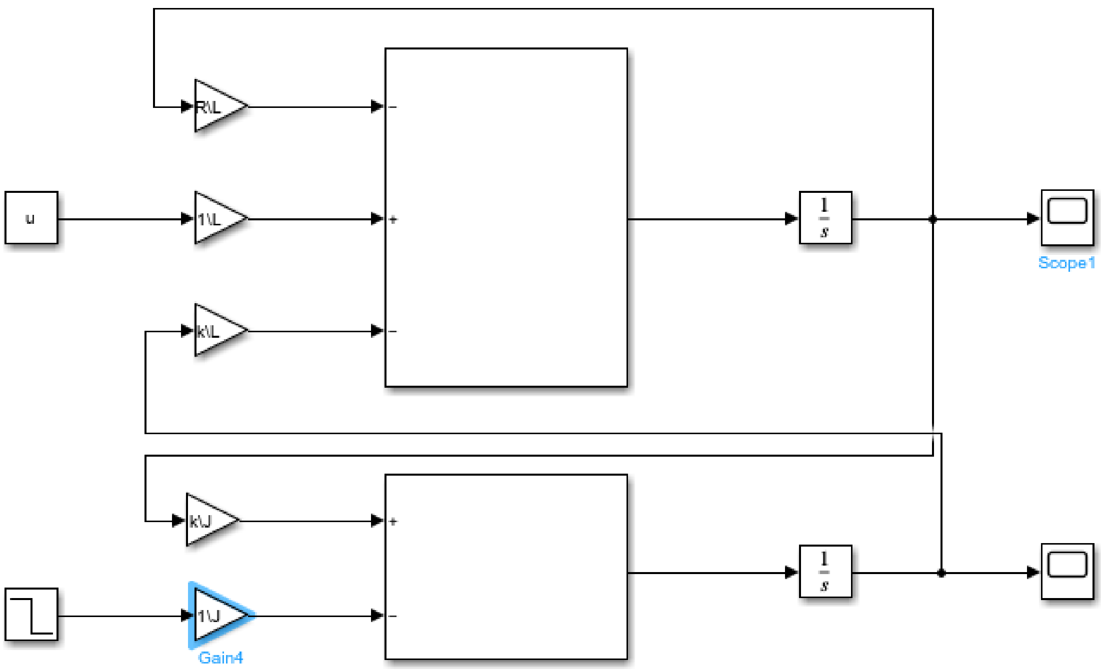
U = 450 V

Step: Initial value = 150

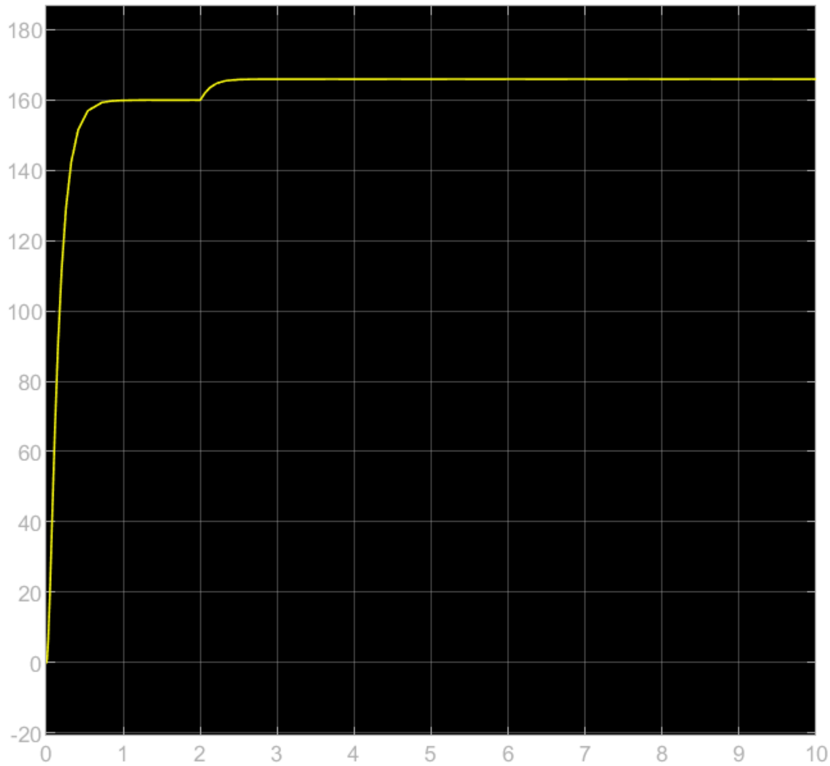
Final value = 60

Step time = 2

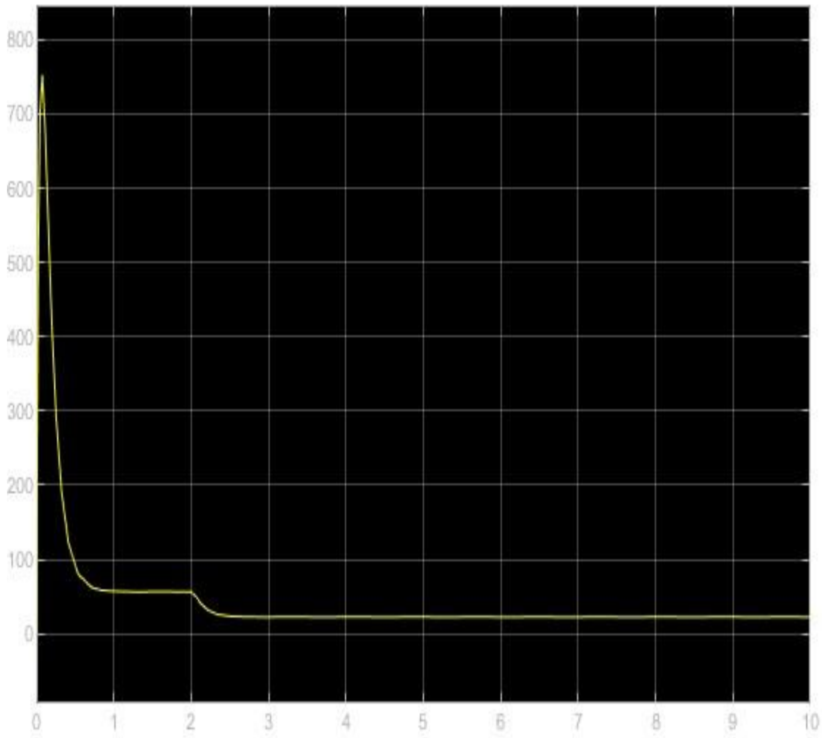
Wykorzystujemy następujące elementy: constant, step, gain, sum, integrator oraz scope.



Schemat 2. Model skonstruowany programie Simulink



Wykres 13. Odpowiedź elementu Scope 1



Wykres 14. Odpowiedź elementu Scope 2

Zadanie 3

Dla przekształconych równań stworzono symulacje bez wykorzystania programu simulink.

$$\frac{di}{dt} = -\frac{R}{L}i - \frac{k}{L}w + \frac{1}{L}u$$
$$\frac{dw}{dt} = \frac{k}{J}i - \frac{1}{J}$$

Będziemy korzystać z dwóch skryptów

Skrypt 1 – o nazwie „silnik", która jest funkcją obliczającą

Skrypt 2 – wykorzystuje skrypt 1, żeby narysować charakterystyki

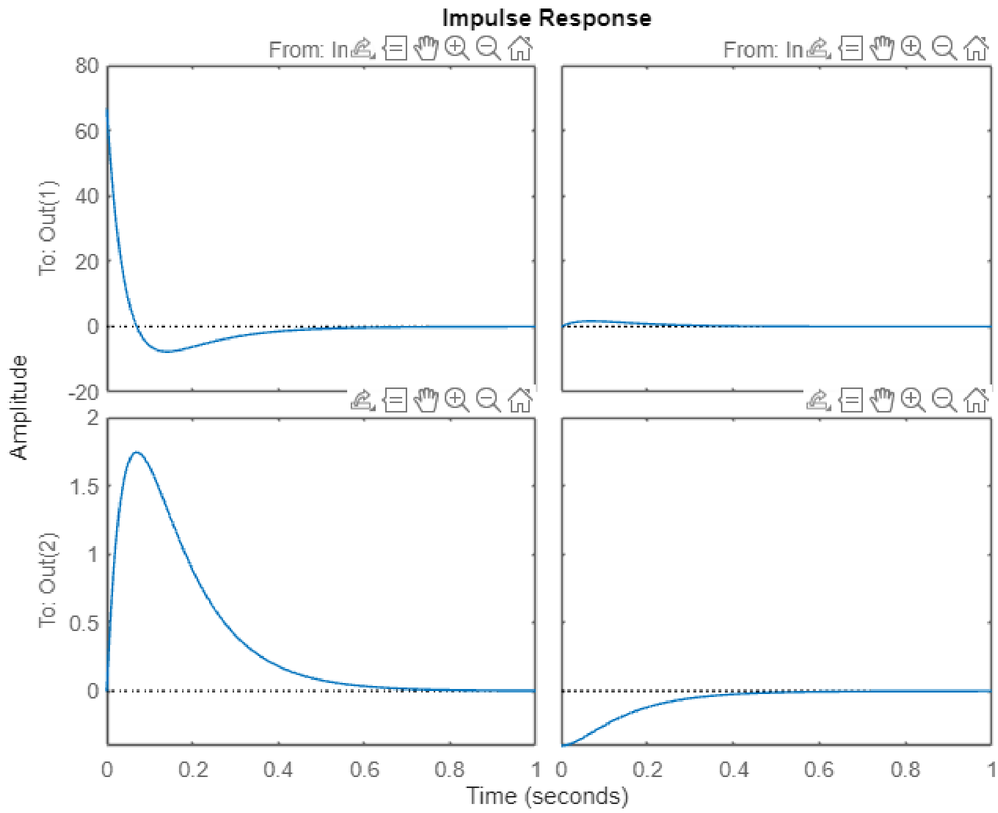
Kod „silnik":

```
function dx = silnik(t,x)
R = 0.465;
L = 0.015;
J = 2.5;
k = 2.65;
u = 450;
if t<2
    M = 150;
else
    M = 50;
end


i = x(1);
```

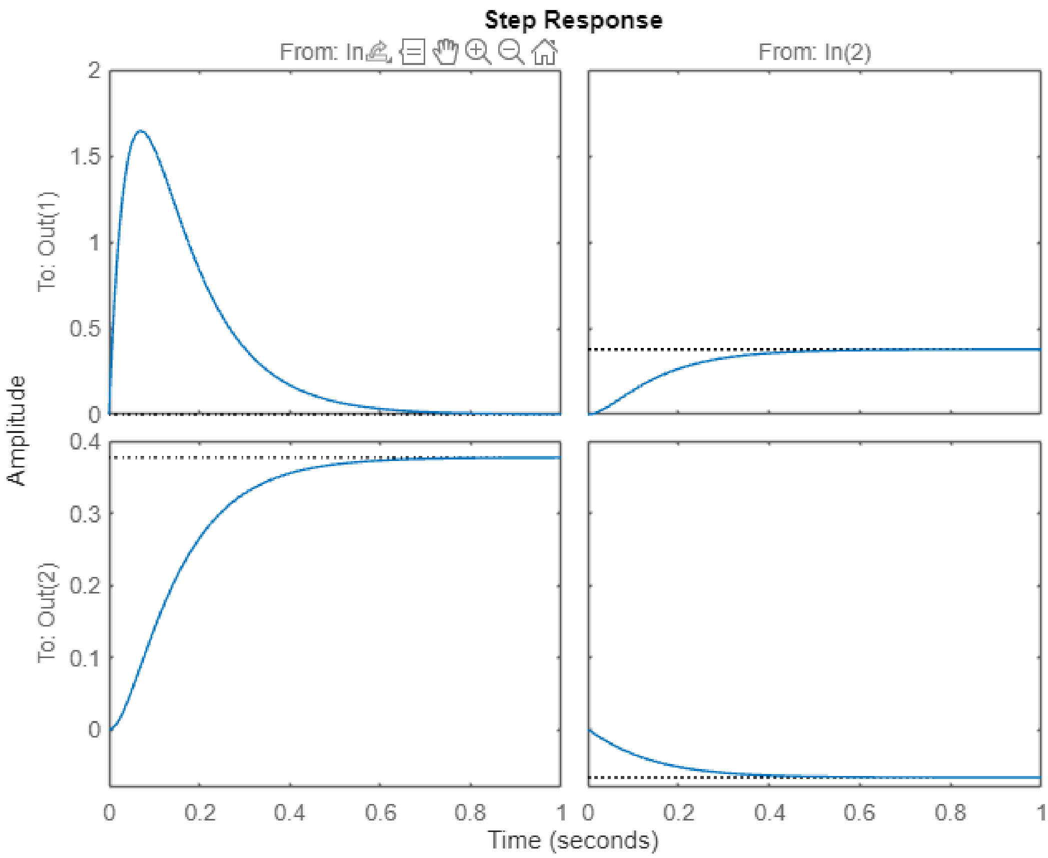
```
w = x(2);
dx = [-(R/L)*i-(k/L)*w+(1/L)*u;(k/J)*i-(1/J)*M];
```

Kod skryptu 2:

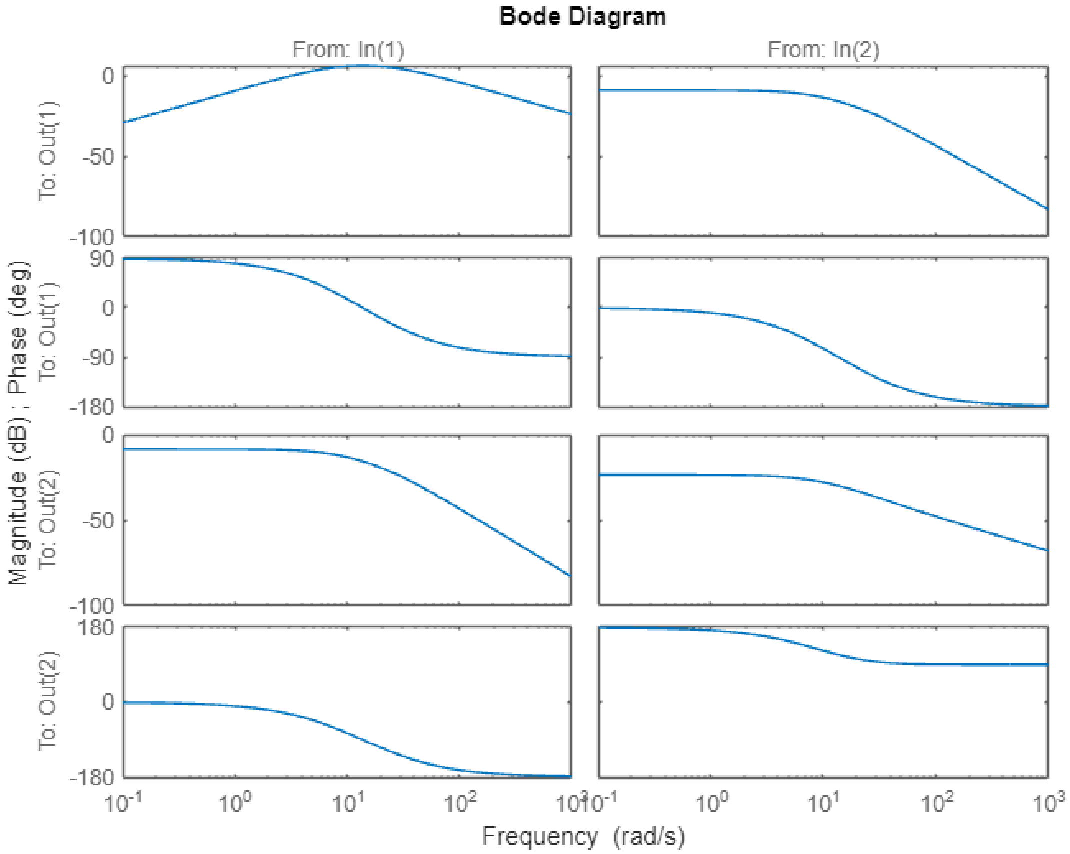
```
clc
clear
close all
R = 0.465;
L = 0.015;
J = 2.5;
k = 2.65;
U = 450;

A = [-R/L, -k/L; k/J, 0];
B = [1/L,0;0,-1/J];
C = [1,0;0,1];
D = [0,0;0,0];



figure(1)
impulse(A,B,C,D)
figure(2)
step(A,B,C,D)
figure(3)
bode(A,B,C,D)
figure(4)
nyquist(A,B,C,D)
grid on
hold off

figure
[t,x] = ode45('silnik',[0 5], [0 0]);
plot(x,t)
```



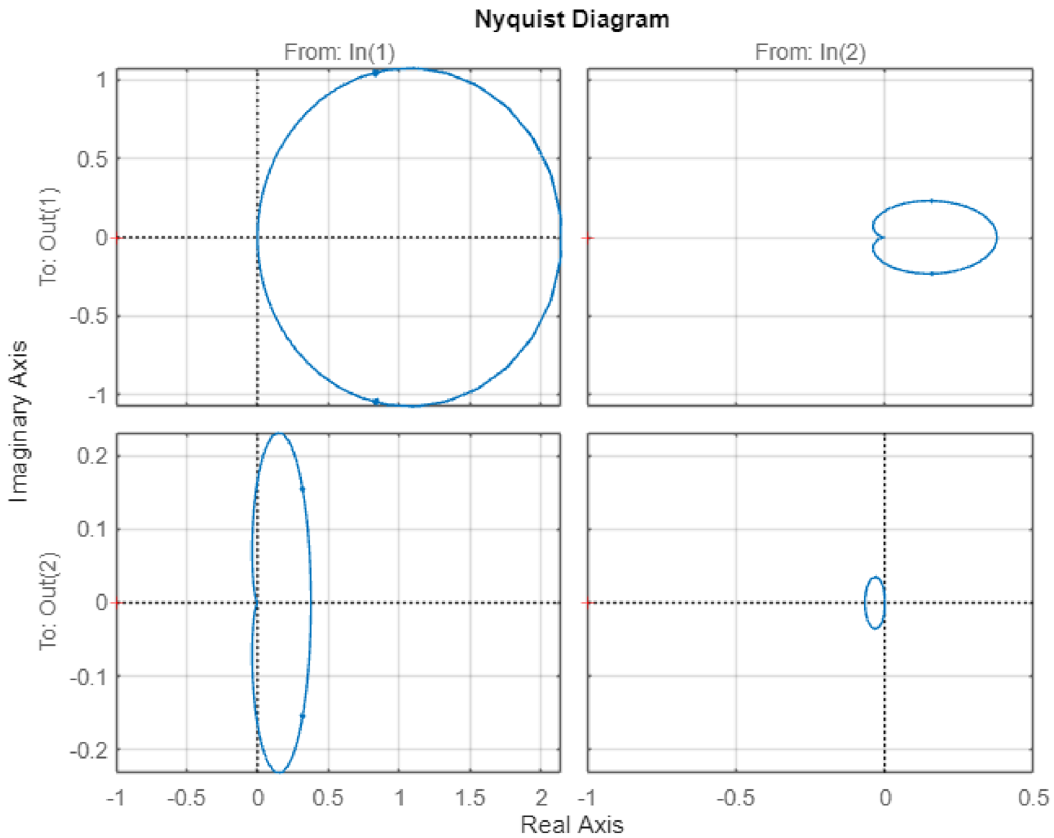
Wykres 15. Odpowiedź impulsowa



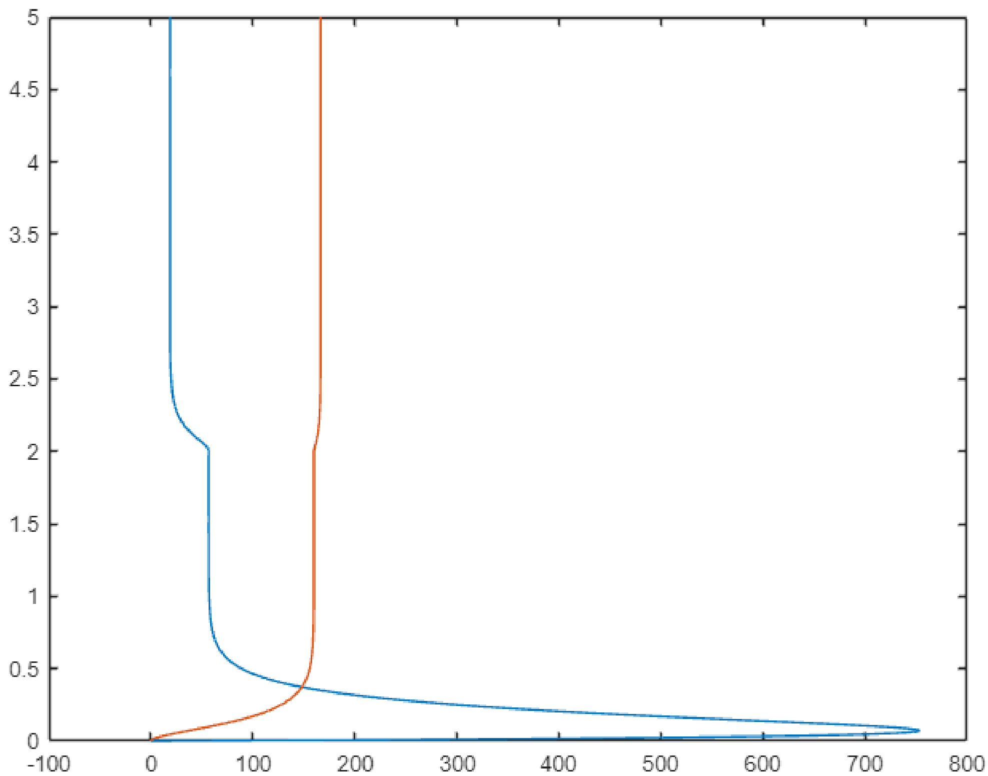
Wykres 16. Odpowiedz skokowa



Wykres 17. Charakterystyka Bodego



Wykres 18. Charakterystyka Nyquista



Wykres 19. Wykres figure[T,x]

Podsumowując, symulowaliśmy system opisany równaniami różniczkowymi w funkcji silnik, a następnie przedstawiliśmy wyniki na wykresie. Wykres pokazuje, jak zmieniają się zmienne stanu ‘i’, ‘w’ czasie od 0 do 5 sekund.

Zadanie 4.

Utworzono obiekt w Simulinku
Są dane wartości:
R = 0.465 Ω

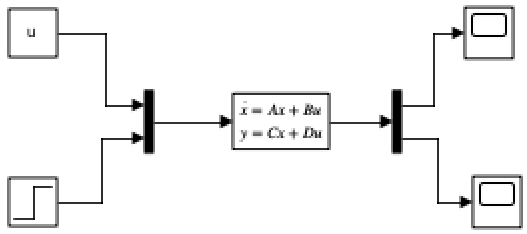
L = 15 mH

J = 2,5 Nm^2

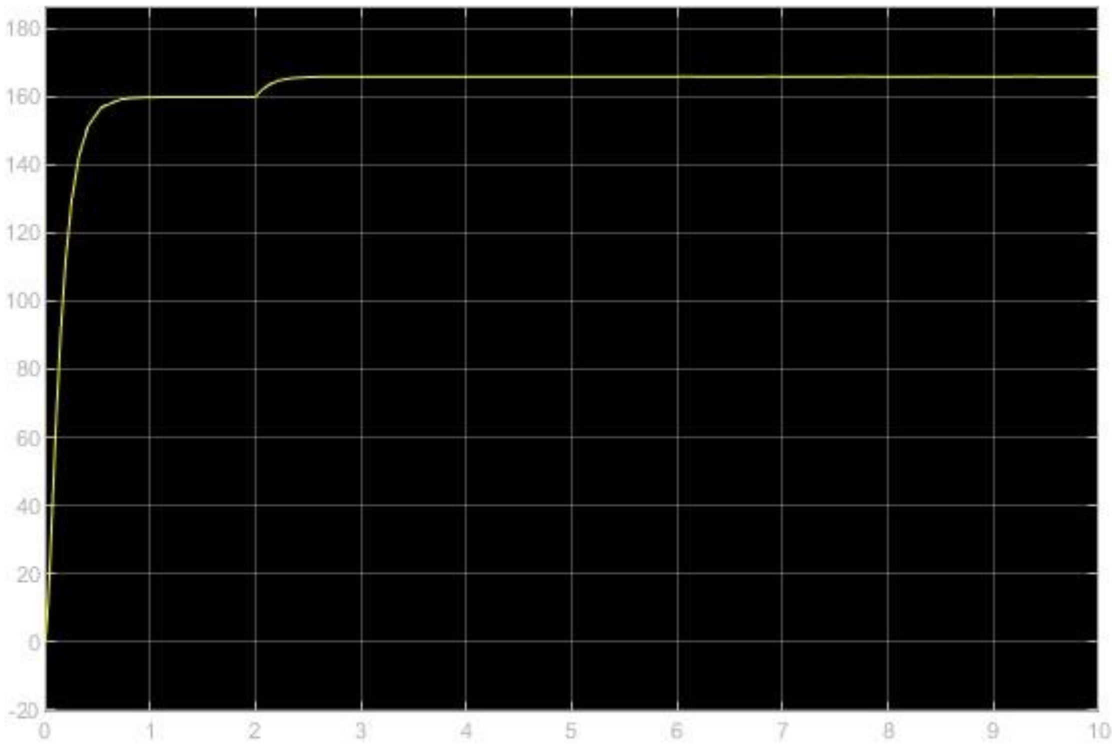
k = 2.65

U = 450 V

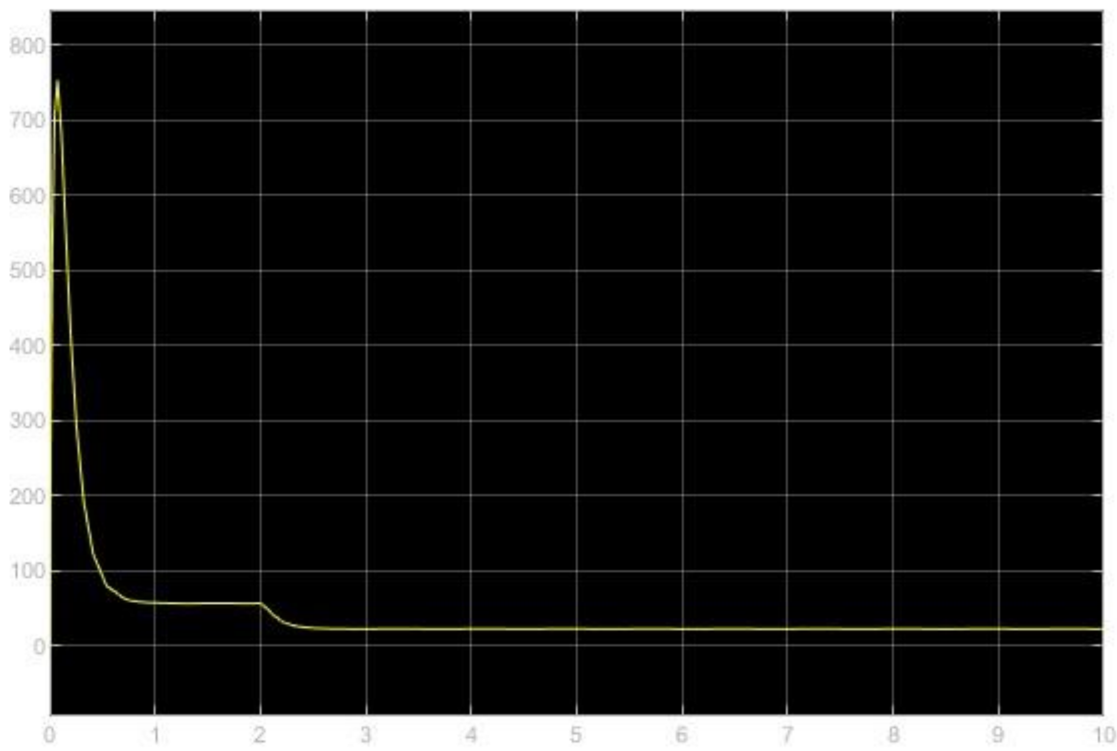
Wykorzystujemy następujące elementy: constant, step, state – space, mux



Schemat 3. Model skonstruowany w programie Simulink



Wykres 20. Odpowiedź elementu Scope 1.



Wykres 21. Odpowiedź elementu Scope 2.

Wnioski

Analizowano, jak system reaguje na różne rodzaje wejść i jak ewoluują zmienne stanu w czasie. Zmiana wartości parametrów, takich jak rezystancja, indukcyjność, moment bezwładności, wpływa na zachowanie systemu.

Analiza symulacyjna poprzez program „Simulink” pozwoliła na lepsze zrozumienie charakterystyk i właściwości silnika w odpowiedzi na różne warunki wejściowe.