

| | | |
|--|----------|----------------------------|
| Sprawozdanie - WEAlilB | | |
| Podstawy automatyki 2 | | |
| Ćwiczenie 8: Stabilność zamkniętego układu regulacji | | |
| Czwartek godz. | 14:30 | Data wykonania: 04.05.2023 |
| Imię i nazwisko: | Jan Rosa | Data zaliczenia: |
| | | Ocena: |

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z badaniem stabilności zamkniętego układu regulacji automatycznej z wykorzystaniem: kryterium Nyquista oraz kryterium Hurwitza. Rozważmy zamknięty układ regulacji składający

się z obiektu o transmitancji $G_o(s) = \frac{10}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1}$ oraz regulatora PID o transmitancji:

$G_r(s) = k \left(I + \frac{T_d s}{T_i s} + \frac{T_d s}{T s + I} \right)$. Nastawy regulatora należy przyjąć na początku następujące:

$k = 2$, $T_i = 1$ [s], $T_d = 0.5$ [s], $T = 0.01$ [s] (**UWAGA** : wartości T nie zmieniać w trakcie - nie jest to nastawa, tylko stała cecha konstrukcyjna regulatora)

UWAGA: W celu ułatwienia wykonania zadania można zbudować krótkie procedury np. wyznaczające transmitancję układu otwartego i rysujące wykres Nyquista lub wyznaczające transmitancję układu zamkniętego i sprawdzające spełnienie kryterium Hurwitza. Argumentami wejściowymi procedur powinny być nastawy regulatora. W MATLAB-ie są dostępne instrukcje warunkowe: np. **if ... else ... end** ; (zob. help) . Do wyprowadzania komunikatów można użyć instrukcji **msgbox** , np. **msgbox ('układ stabilny!')** . Pierwsza znacząca linia procedury typu „function” w MATLAB - ie musi mieć następującą postać: **function**[lista argumentów wyjściowych] = **nazwa** (lista argumentów wejściowych) . Argumenty we/wy są opcjonalne. Przykładowo: pierwsza linia procedury do badania stabilności metodą Hurwitza może mieć postać: **function**[] = **hurwitz** (**k** , **Ti** , **Td**) .

Wykonanie ćwiczenia.

1. zapisać transmitancję obiektu.
2. zapisać transmitancję regulatora ze zdefiniowaniem jego parametrów.
3. wyznaczyć transmitancję układu otwartego przy pomocy funkcji **series**.

- **Badanie stabilności z wykorzystaniem kryterium Nyquista:**

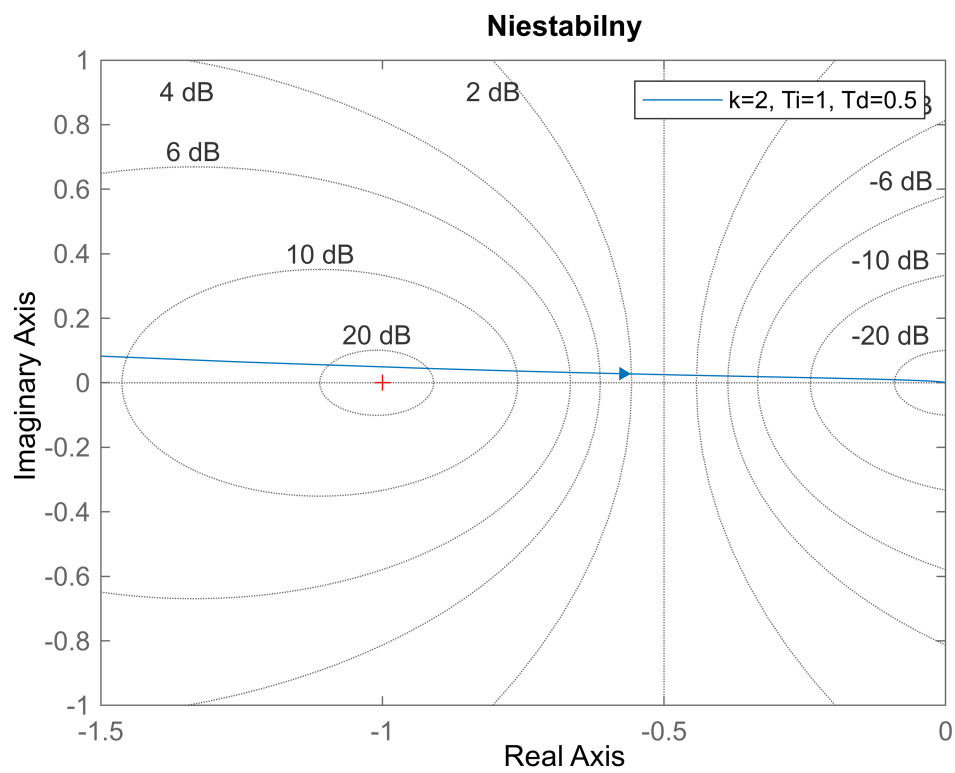
1. wyznaczyć wykres Nyquista dla układu otwartego: przy pomocy instrukcji **nyquist** . W razie potrzeby przeskalować.
2. Jeśli układ jest niestabilny, opisać wykres używając **title** i charakterystykę układu niestabilnego zapisać do wydrukowania. Następnie przyjąć nowe nastawy regulatora, które będą mogły zapewnić stabilność i powtórzyć czynności 2 - 5 aż do uzyskania stabilności układu zamkniętego. Po uzyskaniu stabilnego układu zamkniętego wykres Nyquista zapisać. Stabilizować należy zmieniając tylko jedną nastawę regulatora, i nie zmieniając pozostałych. Przy zmianie nastaw kierować się przebiegiem ch-ki Nyquista układu otwartego. Łącznie mają być trzy przykłady ustabilizowania , po 1 przykładzie dla każdego parametru.

- **Badanie stabilności z wykorzystaniem kryterium Hurwitza:**

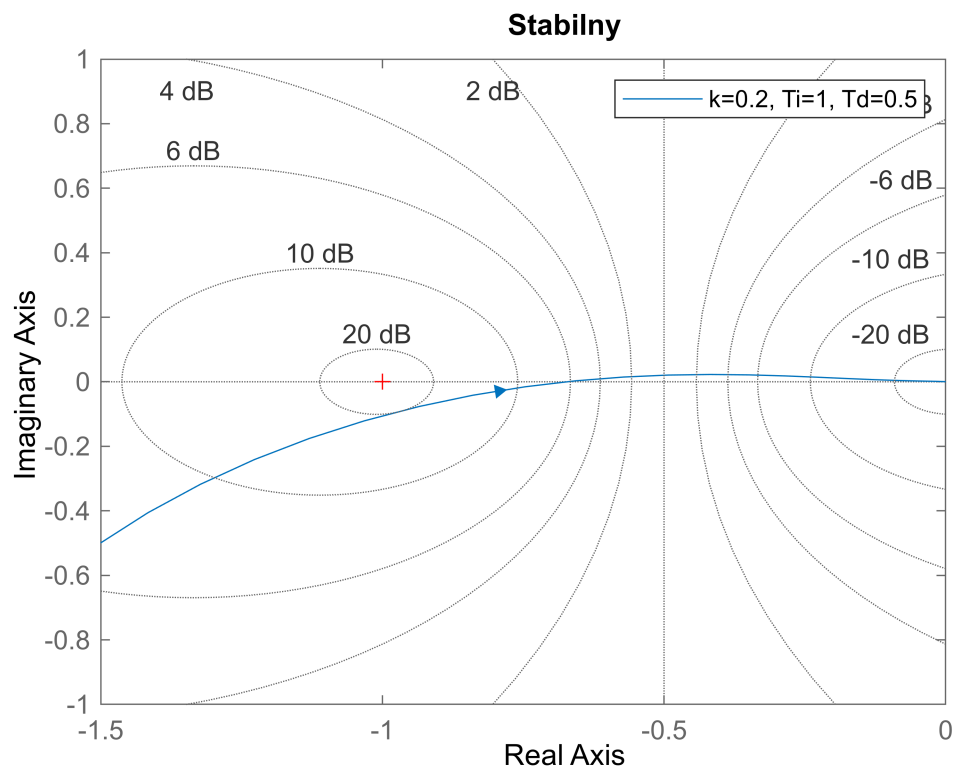
1. Wyznaczyć transmitancję układu zamkniętego przy pomocy funkcji **cloop**: **[lz , mz] = cloop (lotw , motw , -1);**
2. Mając zdefiniowaną transmitancję układu zamkniętego zdefiniować wszystkie podwyznaczniki Hurwitza: **h1= [...] , h2 = [...] , h3 = [...]**. Zapis tablicy dwuwymiarowej w MATLAB-ie ma następującą postać: elementy wiersza oddzielamy spacją lub przecinkiem, przejście do nowego wiersza: średnik „;” .
3. Wyliczyć wartości podwyznaczników przy pomocy instrukcji **det**. Sprawdzić ich znak (można użyć instrukcji **sign**). W razie stwierdzenia niestabilności kolejność postępowania jest analogiczna jak w przypadku kryterium Nyquista. (tak zmieniamy nastawy regulatora, aby otrzymać układ stabilny).

UWAGA: W sprawozdaniu zamieścić też dwa przykłady odpowiedzi skokowej układu zamkniętego: dla układu stabilnego i dla układu niestabilnego.

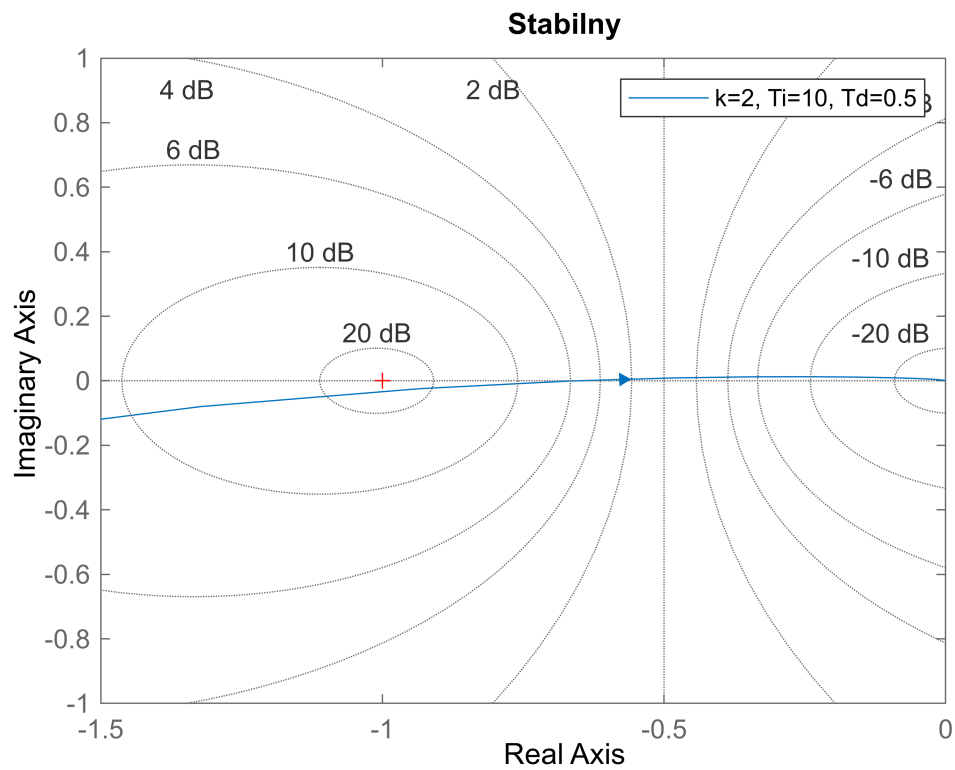
```
obiekt = tf([0 0 0 10],[1 2 2 1]);  
k = 2; Ti = 1; Td = 0.5;  
  
nyquist(obiekt, k, Ti, Td, 0, [-1.5, 0, -1, 1]);
```



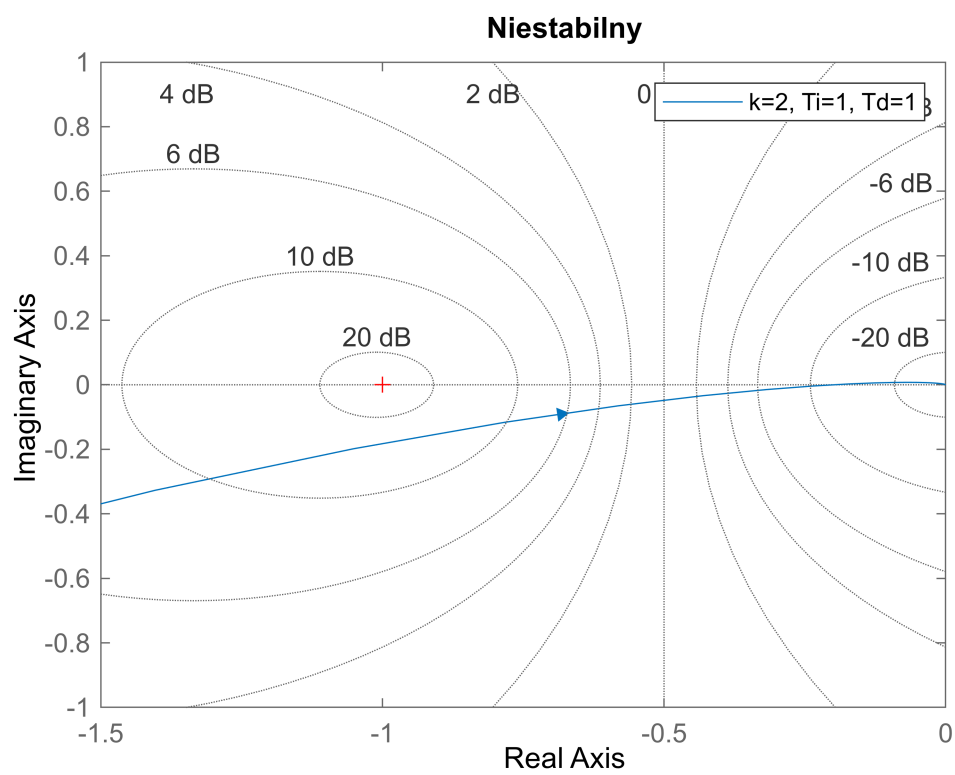
```
nquist( obiekt, k/10, Ti, Td, 1, [-1.5, 0, -1, 1]);
```



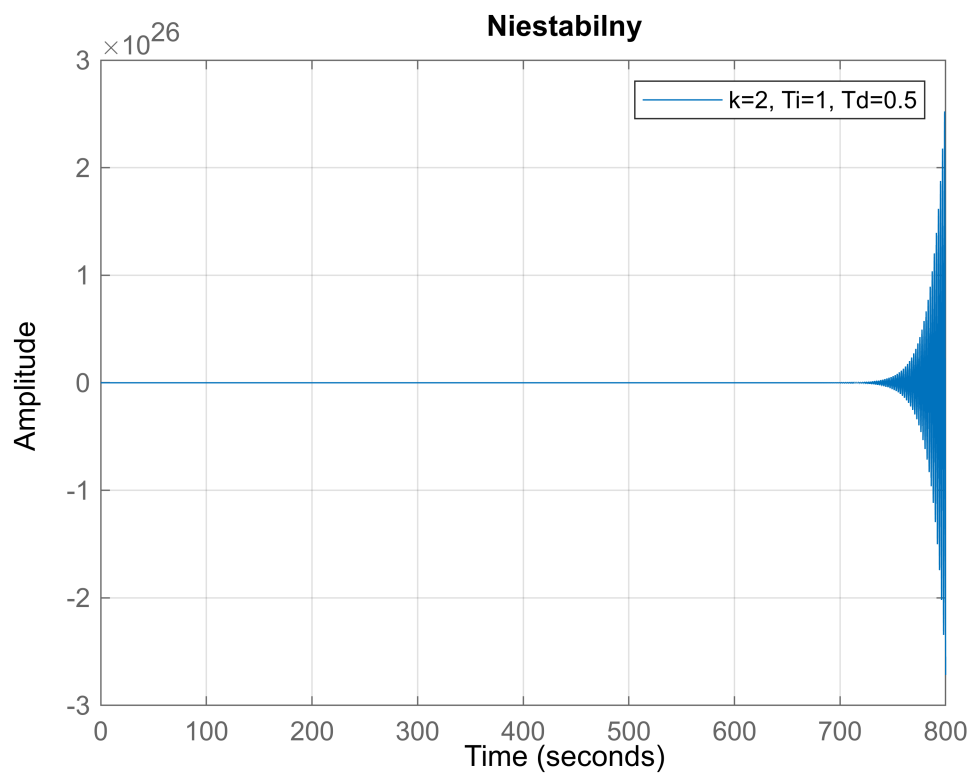
```
nquist(obiekt, k, Ti*10, Td, 1, [-1.5, 0, -1, 1]);
```



```
nquist(obiekt, k, Ti, Td*2, 0, [-1.5, 0, -1, 1]);
```

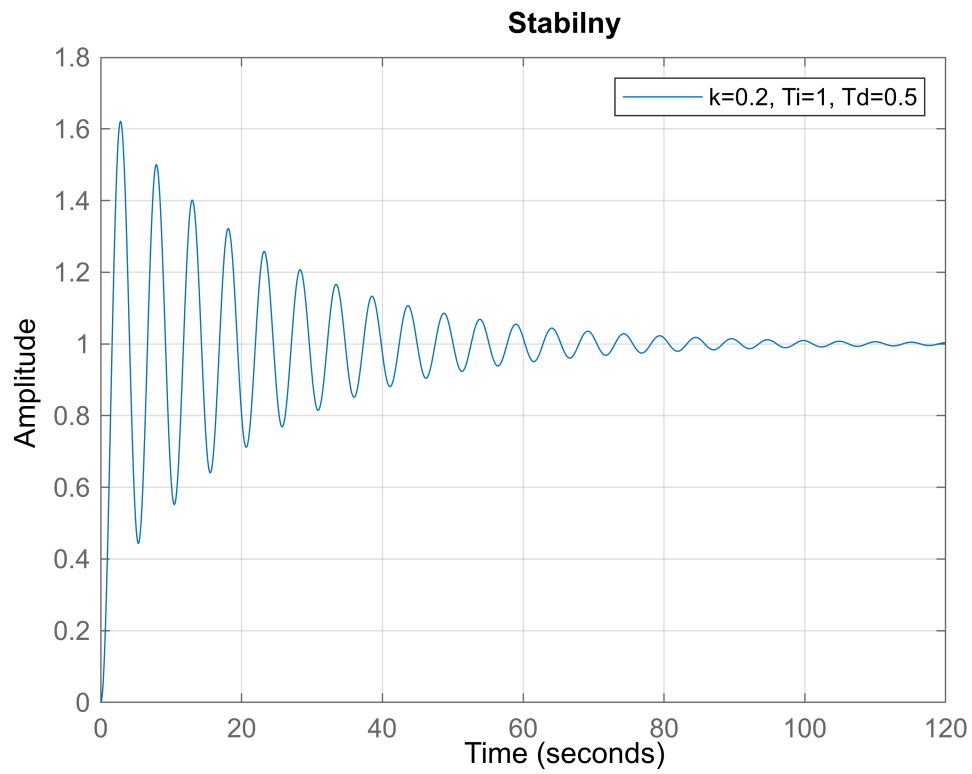


```
hrwidz(obiekt, k, Ti, Td)
```



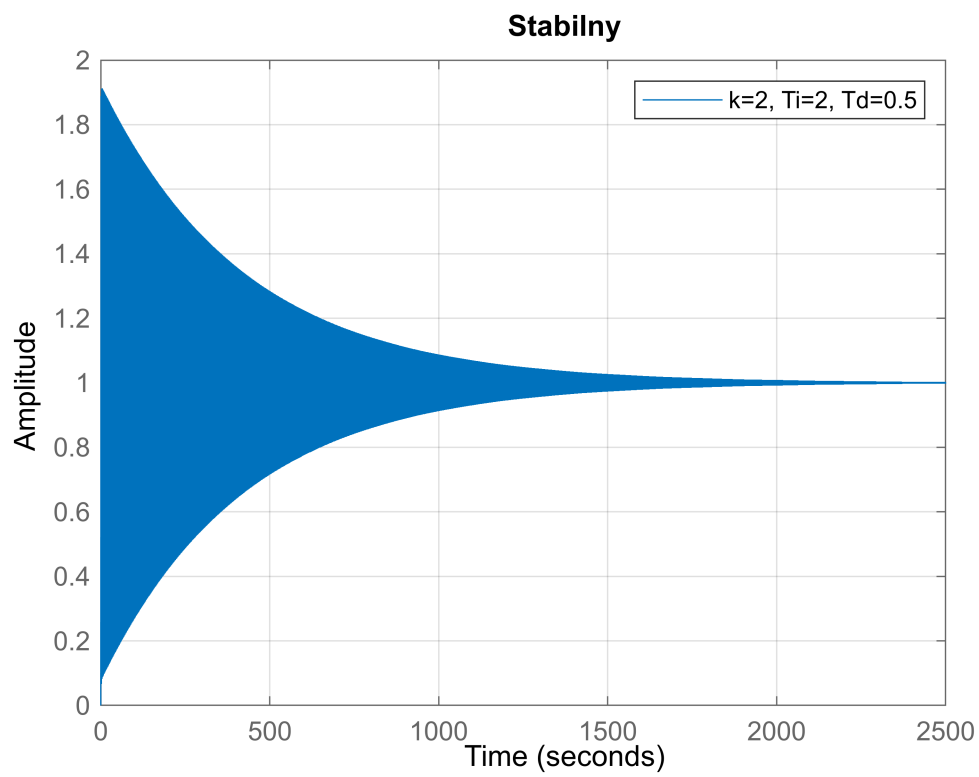
ans = 0

```
hrwidz(obiekt, k/10, Ti, Td)
```



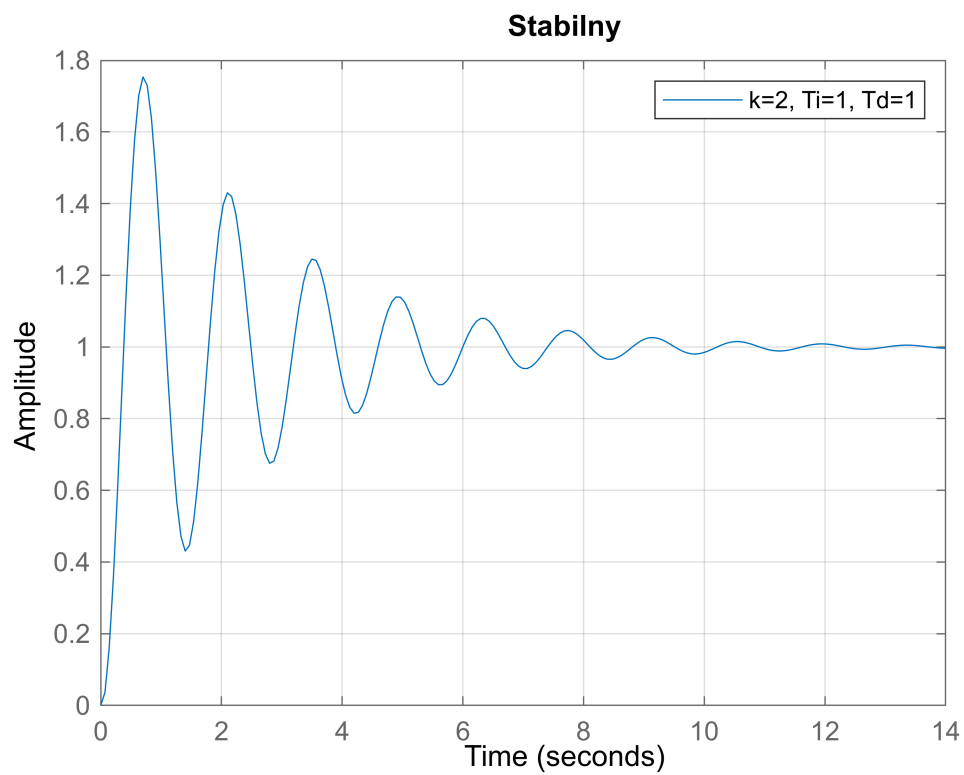
ans = 1

```
hrwidz(obiekt, k, Ti*2, Td)
```



ans = 1

```
hrwidz(obiekt, k, Ti, Td*2)
```



ans = 1

```
function [] = nquist(obiekt, k, Ti, Td, stb, ax)
    T = 0.01;
    reg = k*(1 + tf([0 1],[Ti, 0]) + tf([Td 0],[T 1]));
    obiektotw = series(obiekt,reg);
    figure;
    n = nyquistplot(obiektotw);
    opt = getoptions(n);
    opt.ShowFullContour = 'off';
    setoptions(n, opt);
    if stb
        title("Stabilny");
    else
        title("Niestabilny");
    end
    axis(ax)
    legend("k=" + string(k) + ", Ti=" + string(Ti) + ", Td=" + string(Td));
    grid on;

end

function [isstb] = hrwidz(obiekt, k, Ti, Td)
    T = 0.01;
    reg = k*(1 + tf([0 1],[Ti, 0]) + tf([Td 0],[T 1]));
    [num, den] = tfdata(series(obiekt, reg));
    [lz, mz] = cloop(cell2mat(num), cell2mat(den), -1);
    H1 = [mz(2)];
    H2 = [mz(2) mz(4); mz(1), mz(3)];
    H3 = [mz(2), mz(4), mz(6); mz(1), mz(3), mz(5); 0 mz(2), mz(4)];
    H4 = [mz(2), mz(4), mz(6), 0;
        mz(1), mz(3), mz(5), 0;
        0 mz(2), mz(4), mz(6);
        0 mz(1), mz(3), mz(5)];

    H1 = sign(det(H1));
    H2 = sign(det(H2));
    H3 = sign(det(H3));
    H4 = sign(det(H4));
    isstb = (H1>0)*(H2>0)*(H3>0)*(H4>0);
    if 1
        figure;
        step((obiekt*reg/(1+obiekt*reg)))

        if(isstb)
            title("Stabilny")
        else
            title("Niestabilny")
        end
    end
end
```



```
        legend("k=" + string(k) + ", Ti=" + string(Ti) + ", Td=" + string(Td));  
        grid on;  
    end  
end
```

Wnioski

Zadanie polegało na zapoznaniu się z badaniem stabilności zamkniętego układu regulacji automatycznej za pomocą kryterium Nyquista i kryterium Hurwitza. Aby to zrobić, należało skonstruować zamknięty układ regulacji składający się z obiektu i regulatora PID, a następnie zbadać jego stabilność.

Wyniki badań stabilności wskazują, że kryterium Nyquista jest bardziej elastyczne i łatwiejsze w użyciu niż kryterium Hurwitza. Wykres Nyquista umożliwia szybkie i łatwe określenie stabilności układu, zwłaszcza dla złożonych systemów. Kryterium Hurwitza, mimo że wymaga więcej pracy przy obliczeniach, zapewnia pewność, że układ jest stabilny, ponieważ badanie to jest bardziej szczegółowe.

W trakcie ćwiczenia, dzięki zmianom w nastawach regulatora PID, udało się uzyskać stabilność układu. Zmiana tylko jednej z trzech nastaw regulatora PID pozwoliła na uzyskanie stabilności układu, a wykorzystanie kryterium Nyquista pozwoliło na łatwe sprawdzenie skuteczności zmian.

Wnioskiem z ćwiczenia jest to, że wybór kryterium stabilności zależy od konkretnego przypadku i wymagań użytkownika. Kryterium Nyquista jest łatwiejsze do użycia i umożliwia szybsze określenie stabilności układu, natomiast kryterium Hurwitza zapewnia bardziej szczegółowe badanie stabilności i pewność, że układ jest stabilny.