



## Charakterystyki częstotliwościowe podstawowych obiektów dynamicznych

**Cel ćwiczenia:** zapoznanie się z charakterystykami częstotliwościowymi (odpowiedziami obiektu na wymuszenie sinusoidalne) podstawowych obiektów dynamicznych.

Ćwiczenie ma być wykonane drogą symulacji w środowisku MATLAB. Należy zbadać odpowiedzi obiektów takich jak:

- obiekt inercyjny I rzędu  $G(s) = \frac{k}{Ts + 1}$
- obiekt inercyjny II rzędu  $G(s) = \frac{k}{T_1 T_2 s^2 + (T_1 + T_2)s + 1}$
- obiekt oscylacyjny II rzędu  $G(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2\xi Ts + 1}$
- obiekt całkujący z inercją I rzędu  $G(s) = \frac{k}{T_i s(Ts + 1)}$
- obiekt różniczkujący rzeczywisty  $G(s) = \frac{T_d s}{Ts + 1}$
- obiekt inercyjny I rzędu z opóźnieniem  $G(s) = \frac{e^{-s\tau}}{Ts + 1}$

na wymuszenie sinusoidalne postaci:  $A \sin(\omega t)$ .



dla częstotliwości  $\omega$  zmieniającej się w zakresie  $[0, \infty)$ , gdzie  $A$  jest amplitudą a  $\phi$  fazą.

### 1. Zapis transmitancji w MATLABIE

Transmitancja jest reprezentowana przez dwa wektory, zawierające współczynniki jej licznika i mianownika (w kolejności od najwyższej potęgi „s”). Sposób zapisu powyższych obiektów jest podany w tabeli:

Transmitancja	Zapis licznika transmitancji	Zapis mianownika transmitancji
$G(s) = \frac{k}{Ts + 1}$	<code>licz = [0,k]</code>	<code>mian = [T,1]</code>
$G(s) = \frac{k}{T_1 T_2 s^2 + (T_1 + T_2)s + 1}$	<code>licz = [0,0,k]</code>	<code>mian = [T1*T2 ,T1+T2 ,1]</code>
$G(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2\xi Ts + 1}$	<code>licz = [0,0,k]</code>	<code>mian = [T^2 ,2*ksi*T ,1]</code>

$G(s) = \frac{k}{T_i s(Ts + 1)}$	<code>licz = [0,0,k]</code>	<code>mian = [T*Ti , Ti , 0]</code>
$G(s) = \frac{T_d s}{Ts + 1}$	<code>licz = [Td,0]</code>	<code>mian = [T,1]</code>
$G(s) = \frac{e^{-s\tau}}{Ts + 1}$	zob. poprzednie ćwiczenie	zob. poprzednie ćwiczenie

Uwaga: należy stosować zapis z użyciem zmiennych symbolicznych (T, k, itp.) po wcześniejszym nadaniu im konkretnych wartości liczbowych.

## 2. Wyznaczanie charakterystyk częstotliwościowych

Do wyznaczania charakterystyk częstotliwościowych należy wykorzystać następujące funkcje:

- `bode(licz, mian);` charakterystyka amplitudowa i fazowa (wykres Bodego)
- `nyquist(licz, mian);` charakterystyka amplitudowo – fazowa (wykres Nyquista)

Jeżeli funkcje te nie zawierają argumentów wyjściowych (tak jak powyżej) to automatycznie generowany jest wykres odpowiedniej charakterystyki.

W przypadku wykresu Bodego, jeżeli funkcja ma argumenty wyjściowe postaci:

```
[A,F] = bode(licz, mian, omega);
```

to otrzymuje się wektory amplitudy (A) i fazy (F) dla częstotliwości zdefiniowanej w wektorze *omega*. Wektor *omega* powinien zawierać częstotliwości w skali logarytmicznej – można go łatwo utworzyć za pomocą funkcji LOGSPACE:

```
omega = logspace(D1, D2, N);
```

która generuje wektor *N* równomiernie rozłożonych punktów (w skali logarytmicznej) pomiędzy dekadami  $10^{D1}$  a  $10^{D2}$  (np.  $D1 = -2$ ,  $D2 = 2$ ).

Aby otrzymać A w decybelach należy podstawić:

```
A_db = 20*log10(A);
```

Wykres w skali logarytmicznej na osi *x* tworzy się za pomocą funkcji SEMILOGX:

```
semilogx(omega,A_db);
```

W przypadku wykresu Nyquista, jeżeli funkcja ma argumenty wyjściowe postaci:

```
[Re,Im] = nyquist(licz, mian);
```

otrzymuje się wektory części rzeczywistych (Re) i urojonych (Im) transmitancji widmowej dla częstotliwości z zakresu  $[0, \infty)$ .

Można je narysować następująco:

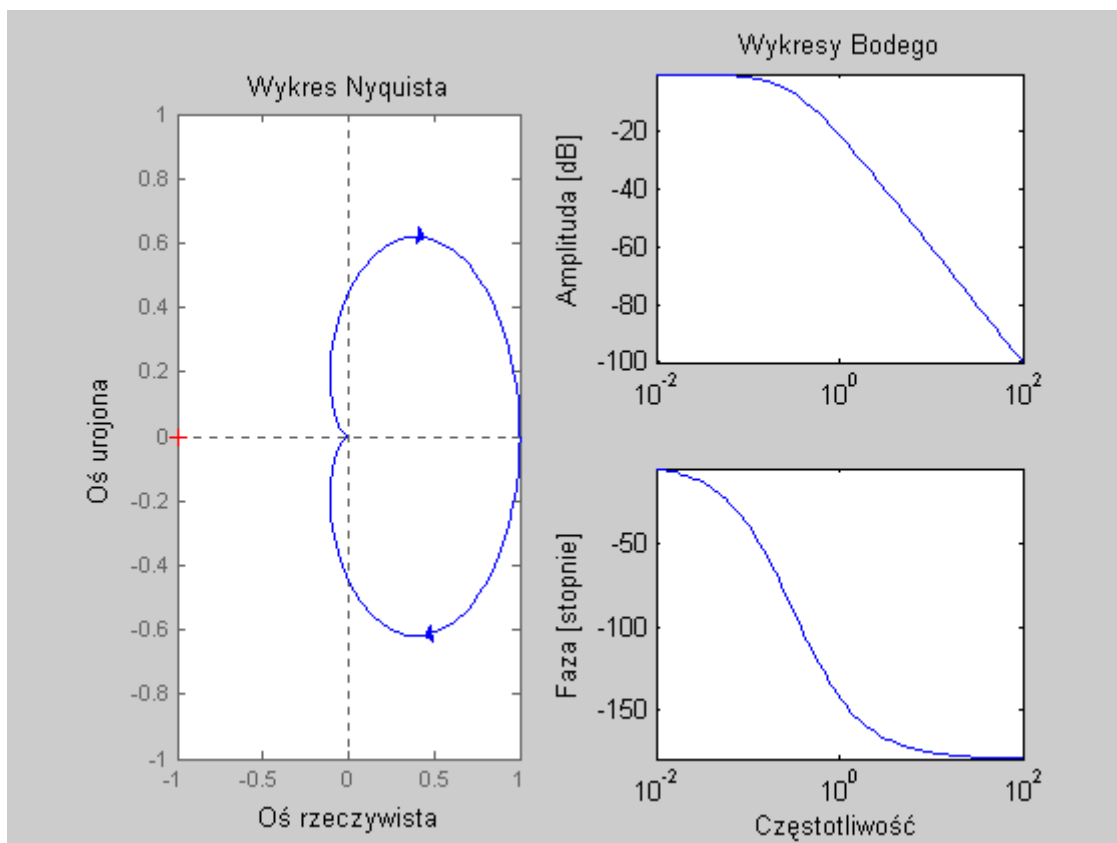
```
plot(Re(:),Im(:));
```

**Uwaga:** otrzymamy w ten sposób wykres charakterystyki amplitudowo – fazowej jedynie dla dodatnich częstotliwości.

## 3. Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy zamieścić rysunki charakterystyk częstotliwościowych dla każdego z wymienionych obiektów (tak jak na przykładowym rysunku poniżej). W jednym oknie graficznym mają się znaleźć trzy wykresy (wykres Nyquista i para wykresów Bodego). Do tego celu trzeba wykorzystać funkcję *subplot*. Dla obiektu oscylacyjnego należy wykonać wykresy dla współczynnika tłumienia  $\xi$  większego i mniejszego od 1. Cały program powinien być zrealizowany w jednym m-pliku.

Dodatkowo, należy zinterpretować uzyskane wykresy, tzn. wyjaśnić jakie informacje o obiekcie można odczytać z wykresów Bodego i Nyquista.



Charakterystyki częstotliwościowe dla obiektu inercyjnego II rzędu.