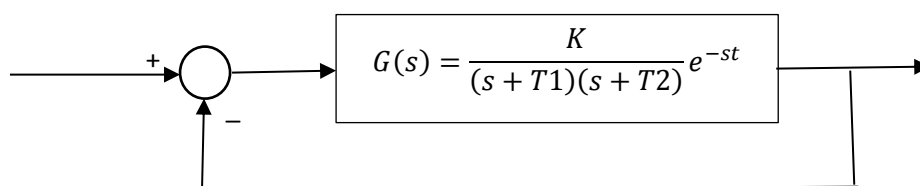


## Temat ćwiczenia nr 8:

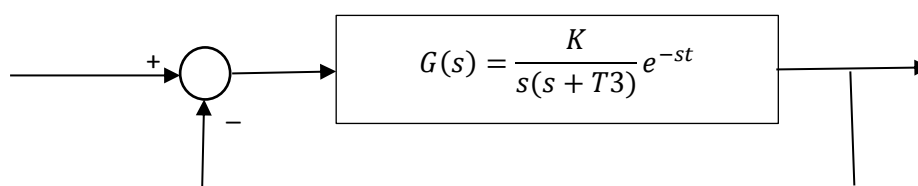
### Stabilność układów regulacji z opóźnieniem skupionym.

W ramach ćwiczenia należy:

1. Ocenic stabilność układu (rys. 1 i rys. 2 ) przy podanych parametrach (zostaną wygenerowane na UPEL). Do oceny stabilności układu zastosować kryterium Nyquista. Przy czym dla każdego przypadku wyznaczać charakterystykę nyquista obiektu (z uwzględnieniem położenia punktu  $(-1, 0)$  względem charakterystyki) oraz odpowiedź na wymuszenie skokowe układu po zamknięciu sprzężenia zwrotnego. Opóźnienia proszę aproksymować wielomianem Pade'go stopnia 30.
2. Dla wzmacnień K11 i K22 (wygenerowanych na UPEL) obliczyć krytyczne czasy opóźnienia dla układów z rys.1 i rys.2:
  - analitycznie, wykorzystując warunek stabilności dla układów z opóźnieniem wynikający z kryterium Nyquista (wykorzystane wzory należy wyprowadzić z warunku na moduł i argument transmitancji widmowej układu otwartego) ;
  - następnie wyznaczyć charakterystyki nyquista układów otwartych oraz odpowiedzi na skok jednostkowy układów regulacji (z rys. 1 i 2) wprowadzając obliczone opóźnienia (cztery opóźnienia krytyczne). Charakterystyki wykreślić ograniczając czas symulacji do 300 s oraz ustalając krok w wektorze czasu, umożliwiający wykreślenie charakterystyki gładką linią (nie łamaną).



Rysunek 1



Rysunek 2

#### Przesłanie wyników:

W pliku dokumentującym ćwiczenie nr 8 (wypełniony szablon sprawozdania ćwiczenia nr 8) proszę przesłać przez zadanie na UPEL. Jako realizację punktu 8. 2 proszę zamieścić w szablonie skan ręcznych obliczeń (z wyprowadzeniem wzorów na moduł i argument transmitancji widmowej, które były wykorzystane do obliczeń) .

#### Uwagi dotyczące funkcji MATLAB'a tj. w ćwiczeniu nr 7:

- Ponieważ w MATLAB'ie nie można zapisać opóźnienia w postaci  $e^{-s\tau}$  bezpośrednio, przybliża się to opóźnienie wielomianami Pade'a i zapisuje w postaci transmitancji czystego opóźnienia  $Go(s) = \frac{l_0}{m_0}$ . Następnie mnoży się tak otrzymaną transmitancję z transmitancją członu podstawowego np. całkującego  $G(s) = \frac{K}{s} e^{-s\tau}$  np. przy pomocy funkcji series (przykład:

$[lc,mc]=series(l,m,lo,mo)$  przy czym  $l,m$  - licznik i mianownik członu całkującego,  $lo,mo$  - licznik i mianownik członu opóźniającego,  $lc, mc$  - licznik i mianownik transmitancji członu całkującego z opóźnieniem – jest to wynik działania funkcji *series*). Funkcję *pade* do wyznaczenia transmitancji członu przybliżającego opóźnienie używa się wg składni:  $[lo,mo]=pade(\tau,n)$  przy czym  $\tau$ -oznacza opóźnienie  $\tau$ ,  $n$  - stopień wielomianu przy pomocy którego aproksymujemy opóźnienie  $e^{-s\tau}$ ,  $lo, mo$  jak wyżej). Czyli. Transmitancję  $G(s) = \frac{K}{s} e^{-s\tau}$  zapisujemy jako iloczyn transmitancji członu całkującego i członu opóźniającego.

- Wszystkie funkcje rysujące charakterystyki (odpowiedzi) czasowe i częstotliwościowe automatycznie dobierają parametry, dla których wykreślają te charakterystyki np. funkcje *step* i *impulse* automatycznie dobierają wektor czasu (czas obserwacji odpowiedzi obiektu) dla którego wykreślają odpowiedzi obiektu. Czasami wektor ten jest dobrany, z naszego punktu widzenia, „złe”. Należy wtedy samemu określić wektor czasu, dla którego mają być wykreślone charakterystyki. Można przy pomocy tego wektora zawęzić lub rozszerzyć czas obserwacji odpowiedzi obiektu. Składnię funkcji rysujących charakterystyki czasowe pokazano poniżej:  
 $step(l,m)$  - generuje odpowiedź skokową z automatycznie dobieranym czasem,  
 $impulse(l,m)$  - generuje odpowiedź impulsową z automatycznie dobieranym czasem.
- Poniżej pokazano wywołanie funkcji *step* i *impulse* przy czym zdefiniowano dodatkowo, opcjonalny wektor czasu  $[0:0.01:10]$  dla którego wykreślane są odpowiedzi. W tym wypadku wektor ten oznacza, że wykreślane będą punkty charakterystyk czasowych dla czasu z zakresu 0 – 10 sekund co 0.01 sekundy.  $step(l,m,[0:0.01:10])$  - generuje odpowiedź skokową z „ręcznie” dobranym czasem,  $impulse(l,m,[0:0.01:1000])$  - generuje odpowiedź impulsową z „ręcznie” dobranym czasem. Analogicznie charakterystyki częstotliwościowe wykreślane są dla kolejnych częstotliwości. W tym przypadku automatycznie dobierany jest wektor punktów określających kolejne częstotliwości dla których wykreślane są kolejne punkty charakterystyk. Składnię funkcji rysujących charakterystyki częstotliwościowe pokazano poniżej:  
 $nyquist(l,m)$  - rysuje charakterystykę amplitudowo - fazową z automatycznie dobieranym wektorem częstotliwości.  
 $bode(l,m)$  - rysuje charakterystyki logarytmiczne z automatycznie dobieranym wektorem częstotliwości. Poniżej pokazano wywołanie funkcji *nyquist* i *bode* przy czym zdefiniowano dodatkowo, opcjonalny wektor częstotliwości  $[0:0.01:1000]$  dla którego wykreślane są odpowiedzi. W tym wypadku wektor ten oznacza, że wykreślane będą punkty charakterystyk dla kolejnych częstotliwości z zakresu 0 – 100 rad/s co 0.001 rad/s.  $bode(l,m,[0:0.001:1000])$  - rysuje charakterystyki logarytmiczne z „ręcznie” dobranym wektorem częstotliwości,  
 $nyquist(l,m,[0:0.01:1000])$  - rysuje charakterystykę amplitudowo – fazową z „ręcznie” dobranym wektorem częstotliwości.
- Zestawienie używanych dodatkowo funkcji:  
 $[lo,mo]=pade(\tau,n)$   
 $[lc,mc]=series(l,m,lo,mo)$   
*grid* – użyty po funkcjach *step* lub *impulse* lub *plot* rysuje siatkę na wykresie,  
*help step* – komenda *help* wyświetla dla danej funkcji (*step*, *impulse* etc.) krótki opis funkcji oraz jej składni