

Charakterystyki regulatorów.		
Węgrzyn Paweł Roman Michał	26.04.2017r.	Godz. 9.45

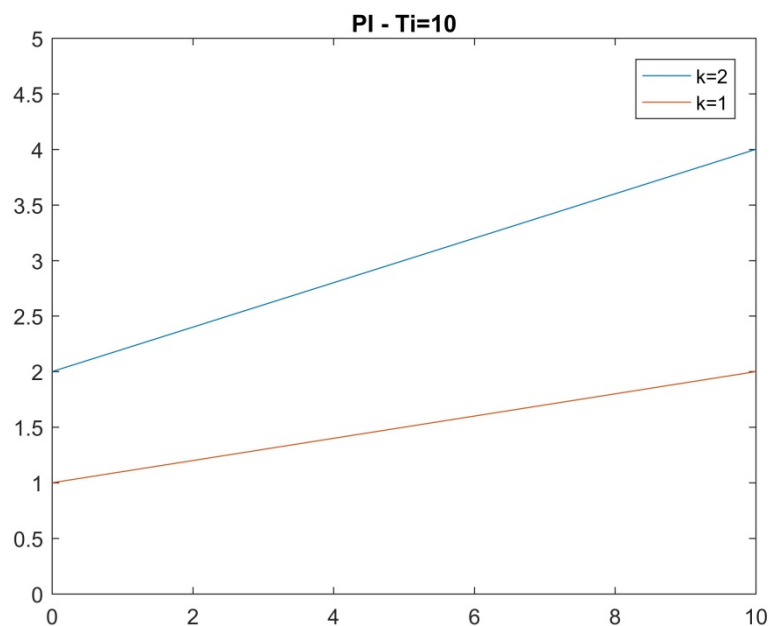
1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z charakterystykami czasowymi i częstotliwościowymi podstawowych typów regulatorów ciągłych. Podczas ćwiczenia mieliśmy symulacyjnie zbadać następujące regulatory:

- a) **PI** o transmitancji $G(s) = k \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$
- b) **PD** o transmitancji $G(s) = k \left(1 + \frac{T_d s}{T_s +} \right)$
- c) **PID** o transmitancji $G(s) = k \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{T_s +} \right)$

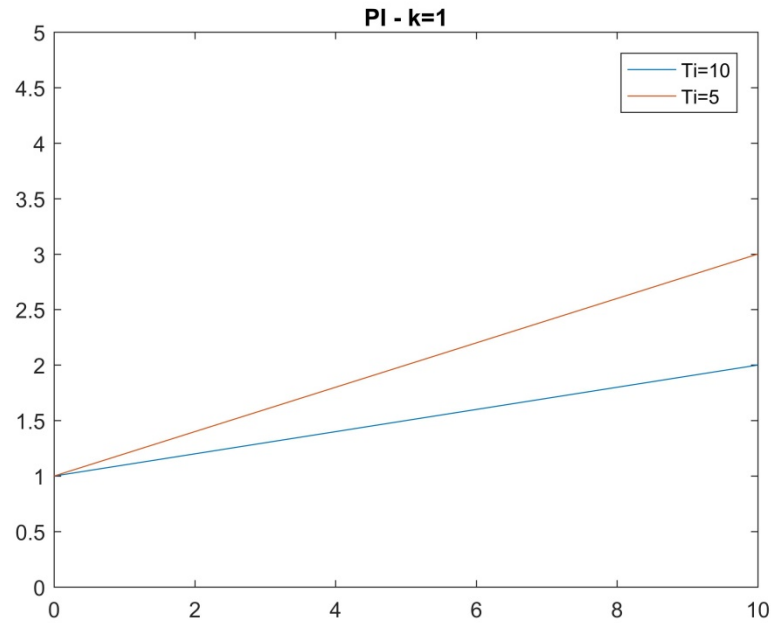
2. Wyniki symulacji - regulator PI o transmitancji $G(s) = k \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$

a) charakterystyki skokowe



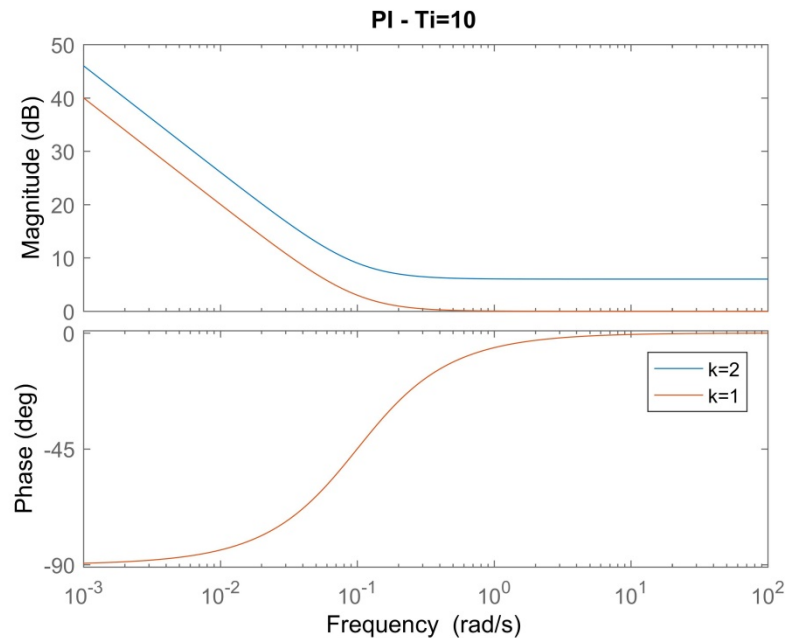
Odpowiedź skokowa regulatora PI to $y_s(t) = k \cdot 1(t) + \frac{k}{T_i} \cdot t$

Z powyższego równania i wykresu widać bardzo wyraźnie związek pomiędzy stałą k , a czasem całkowania, zwanym również czasem zdwojenia T_i – jest to czas potrzebny na osiągnięcie przez sygnał wyjściowy regulatora PI wartości równej podwojonej wartości sygnału wejściowego, wynikającej z działania proporcjonalnego, przy założeniu skokowego sygnału wejściowego. W chwili początkowej sygnał wyjściowy regulatora jest związany tylko z częścią proporcjonalną i jest równy co do wartości wzmocnieniu k , gdyż jest to odpowiedź na skok jednostkowy.

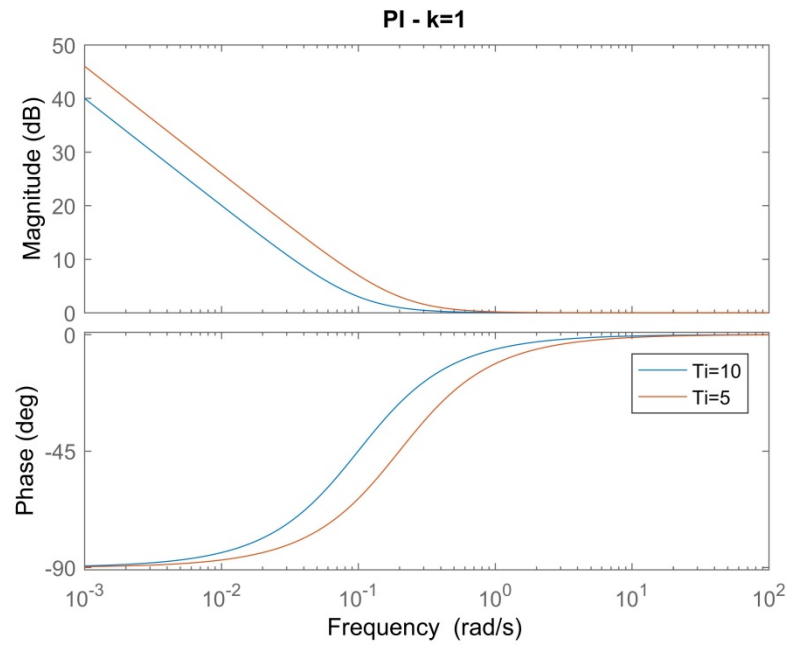


Powyższy wykres potwierdza wcześniejszą analizę – im krótszy jest czas zdwojenia, tym większa jest wartość sygnału sterującego po tym samym czasie. Dwukrotne zmniejszenie czasu zdwojenia powoduje, że sygnał sterujący ma dwukrotnie większy przyrost w jednostce czasu.

b) charakterystyki Bodego

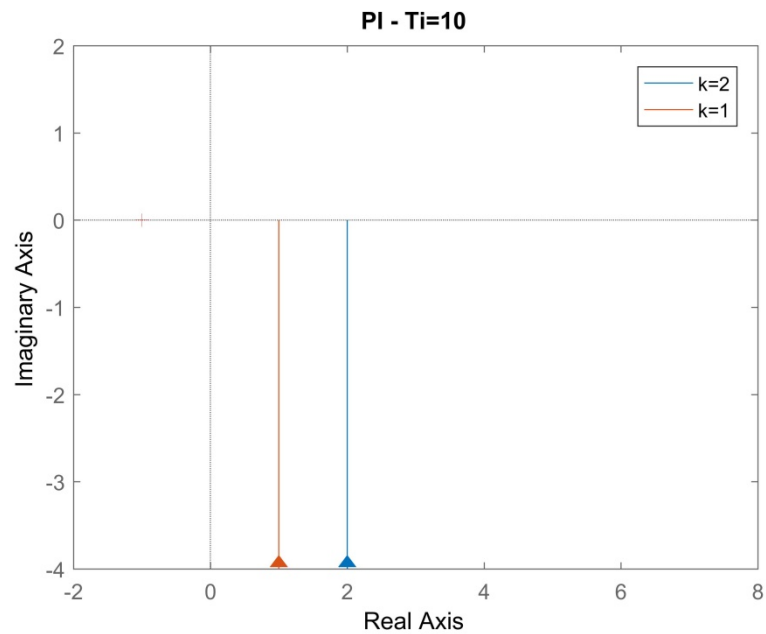


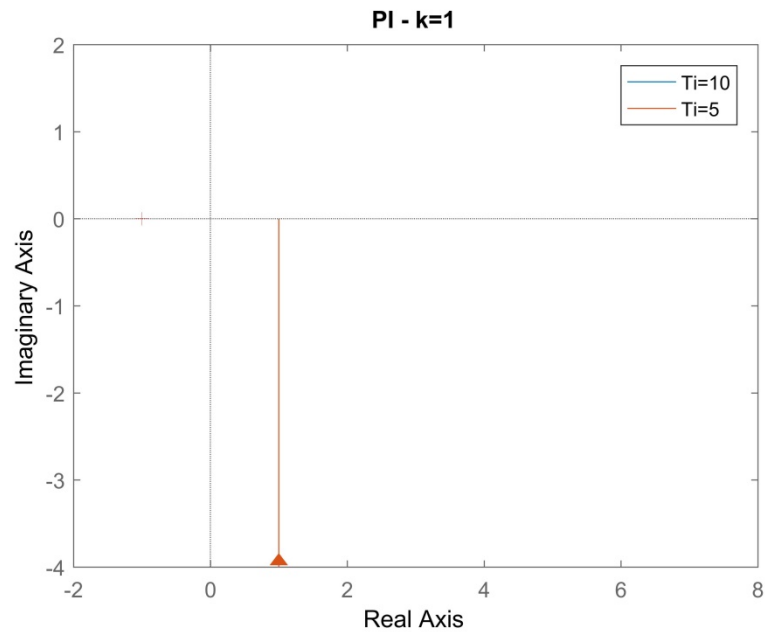
Działanie części całkującej jest widoczne tylko dla niskich częstotliwości. Część całkująca wprowadza również ujemne przesunięcie fazowe, a więc zmniejsza zapas stabilności. Wzmocnienie ma wpływ jedynie na moduł transmitancji regulatora i im jest większe, tym moduł jest większy, a więc również ma to niekorzystny wpływ na stabilność układu regulacji.



Im częstotliwości są większe, tym działanie całujące słabsze i po osiągnięciu pulsacji sprzęgającej $\frac{1}{T_i}$ zanika całkowicie. Czas zdwojenia ma również wpływ na przebieg fazy, gdyż decyduje o tym dla jakiej częstotliwości przestajemy obserwować ujemne przesunięcie fazowe.

c) **charakterystyki Nyquista**

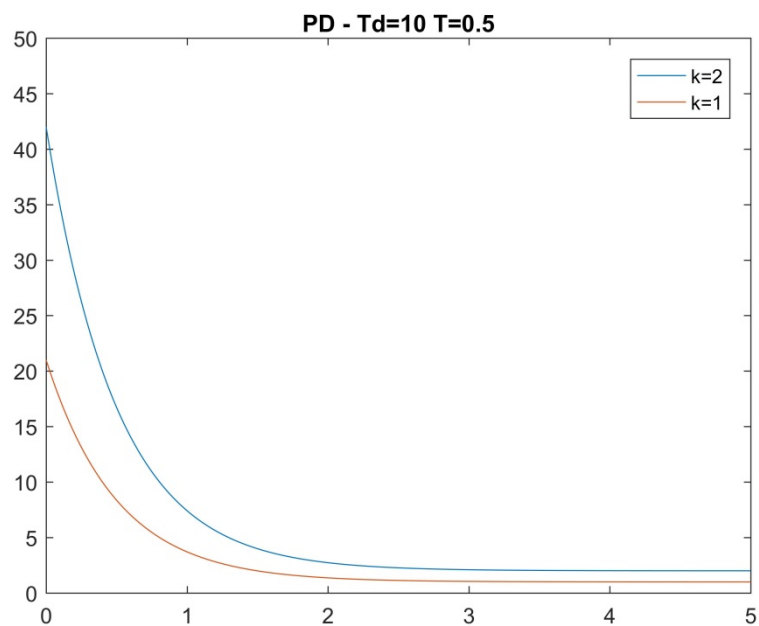


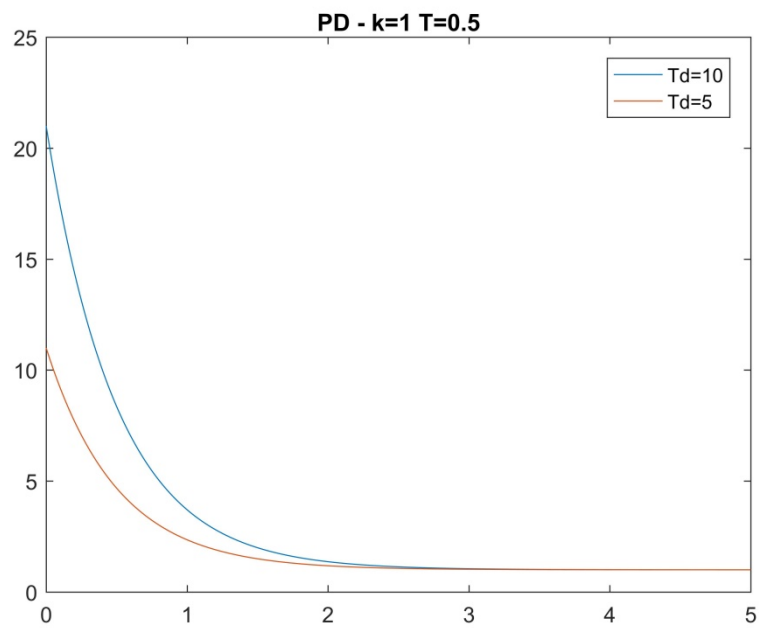
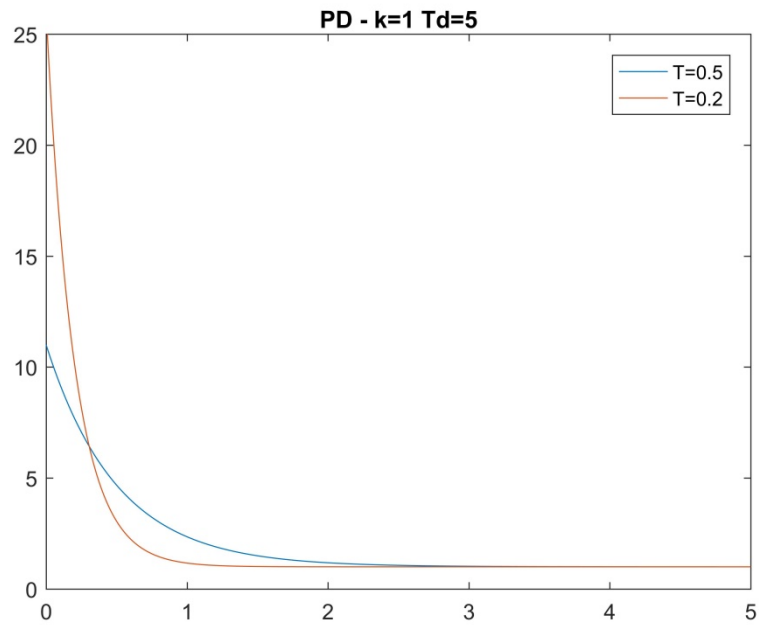


Charakterystyki Nyquista potwierdzają powyższe wnioski – dla małych częstotliwości obserwujemy ujemne przesunięcie fazowe i duży wzrost modułu, a w miarę jej wzrostu przesunięcie to zanika, moduł maleje i regulator po osiągnięciu pulsacji granicznej ma działanie bliźniacze do czystego regulatora proporcjonalnego.

3. Wyniki symulacji - regulator PD o transmitancji $G(s) = k \left(1 + \frac{T_d s}{T_s + 1} \right)$

a) charakterystyki skokowe

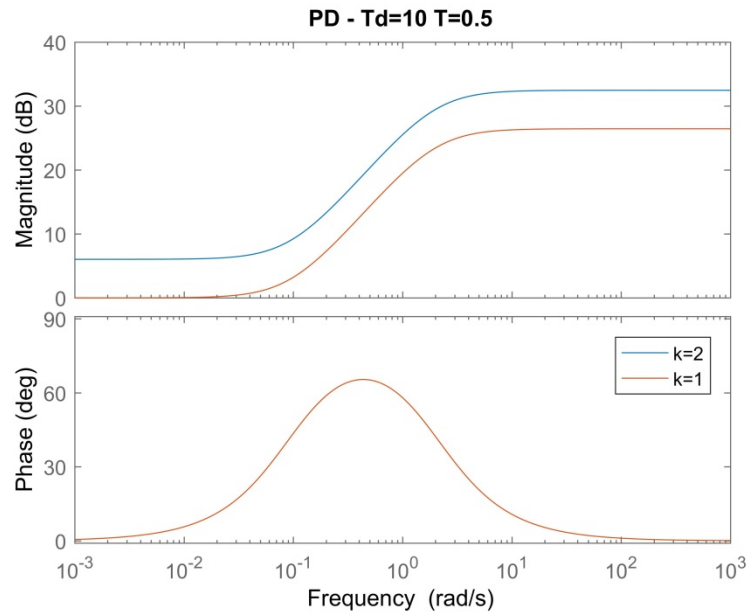




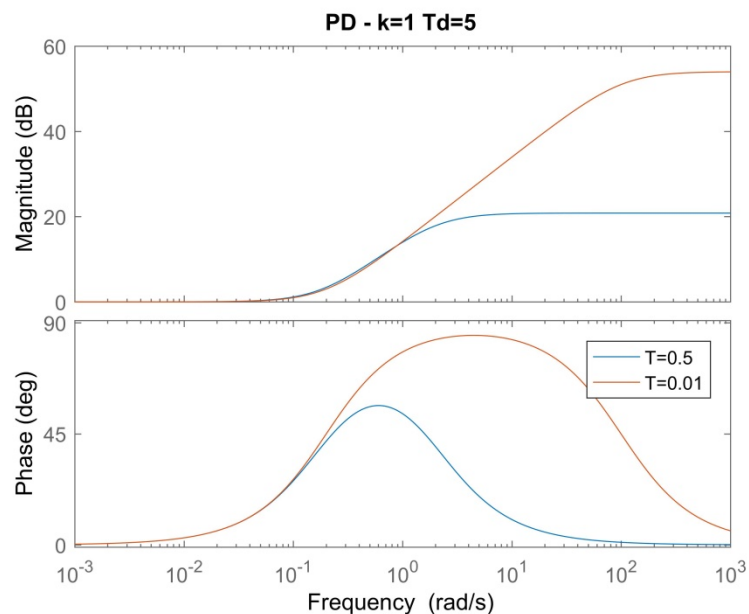
Odpowiedź skokowa regulatora PD to $y_s(t) = k \left(1(t) + \frac{T_d}{T} \cdot e^{-\frac{t}{T}} \right)$

Wzmocnienie k wpływa liniowo na działanie regulatora powodując proporcjonalne zwiększenie działania członu różniczkującego oraz sygnału sterującego dla stanu ustalonego. Im mniejsza wartość stałej czasowej T części inercyjnej tym silniejsza jest reakcja regulatora na zmiany sygnału oraz szybszy powrót regulatora do stanu ustalonego. Zwiększenie czasu wyprzedzenia T_d również powoduje większą zmianę wartości sygnału sterującego w reakcji na zmianę wejścia regulatora.

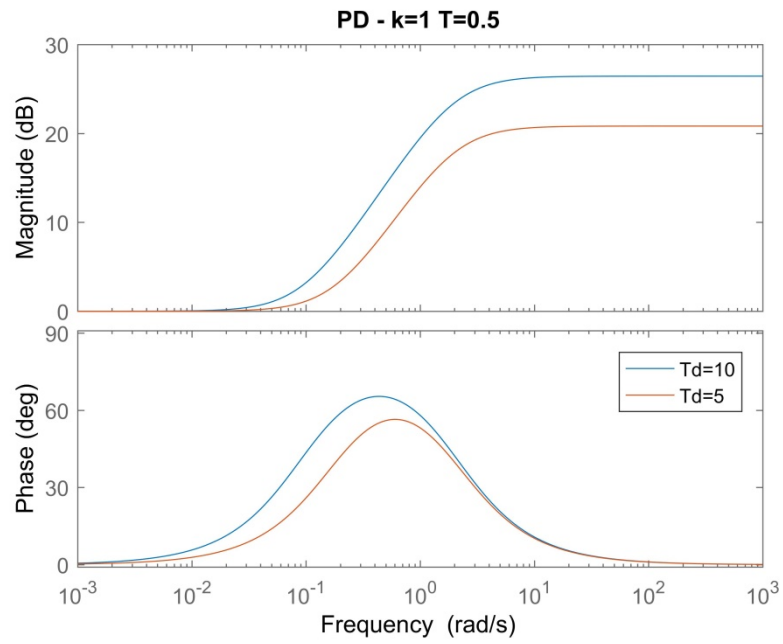
b) charakterystyki Bodego



Zwiększenie wartości wzmocnienia k implikuje zwiększeniem modułu transmitancji regulatora, nie ma natomiast żadnego wpływu na przebieg fazy.

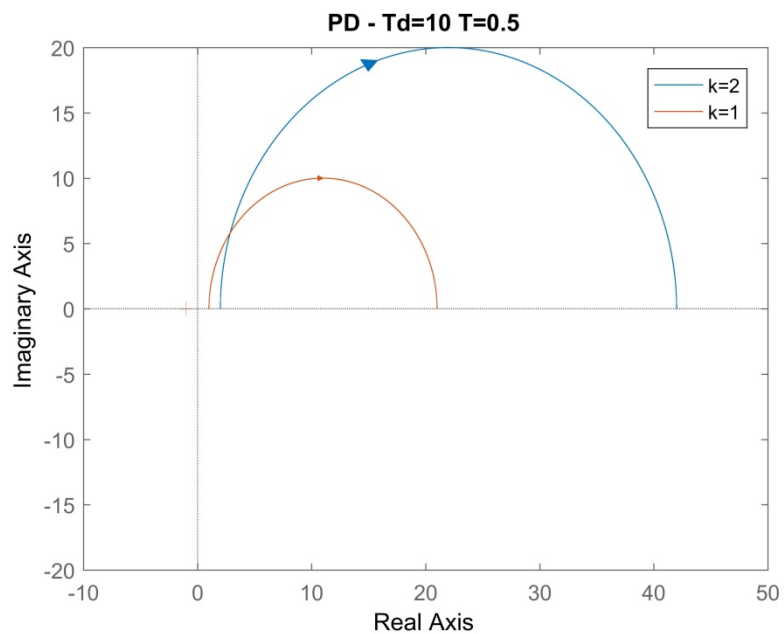


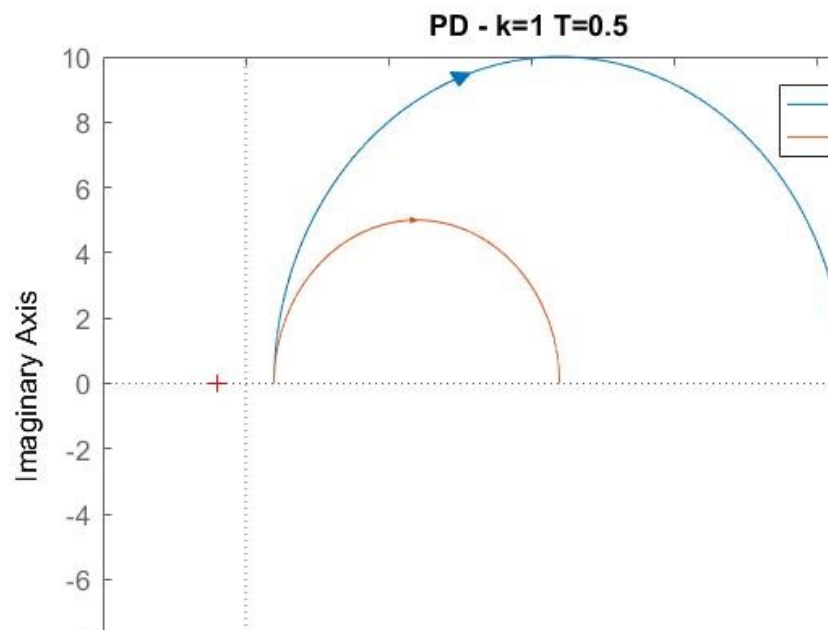
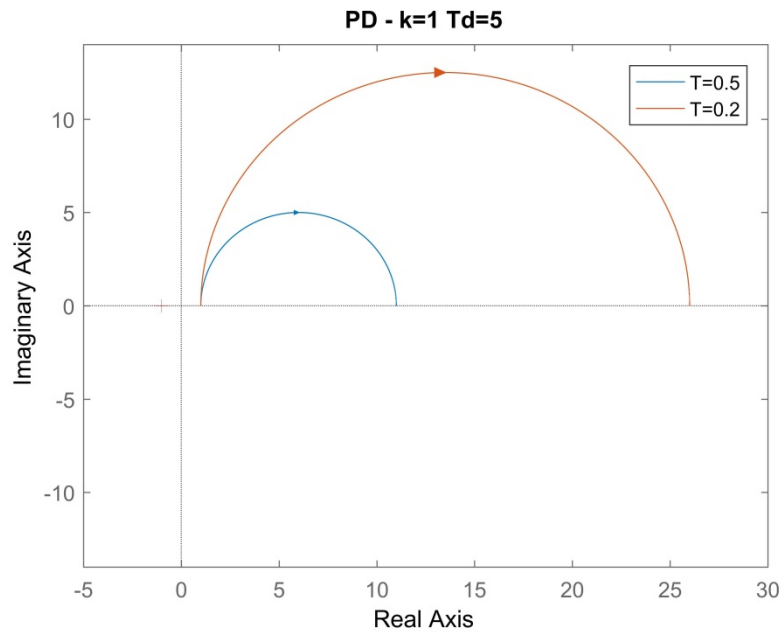
Im mniejsza jest inercja członu różniczkującego rzeczywistego tym jego działanie jest bardziej widoczne, mianowicie widzimy dodatnie przesunięcie fazowe, co poprawia stabilność układu. Ma to miejsce tylko w pewnym zakresie częstotliwości, gdyż działanie części różniczkującej jest widoczne dopiero dla większych częstotliwości, ale z kolei wraz z jej wzrostem widzimy coraz silniejszy wpływ inercji powodujący zanik korzystnego dodatniego przesunięcia fazowego. Mała inercja powoduje również że reakcja regulatora na zmiany jest większa.



Im większy czas wyprzedzenia tym silniejsza reakcja regulatora na zmiany. Jest ona również obserwowalna w większym zakresie częstotliwości.

c) charakterystyki Nyquista

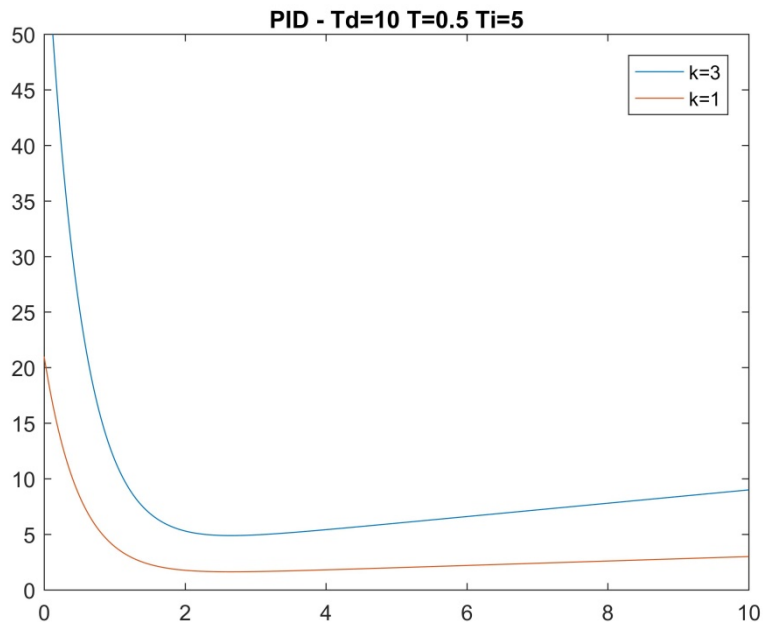




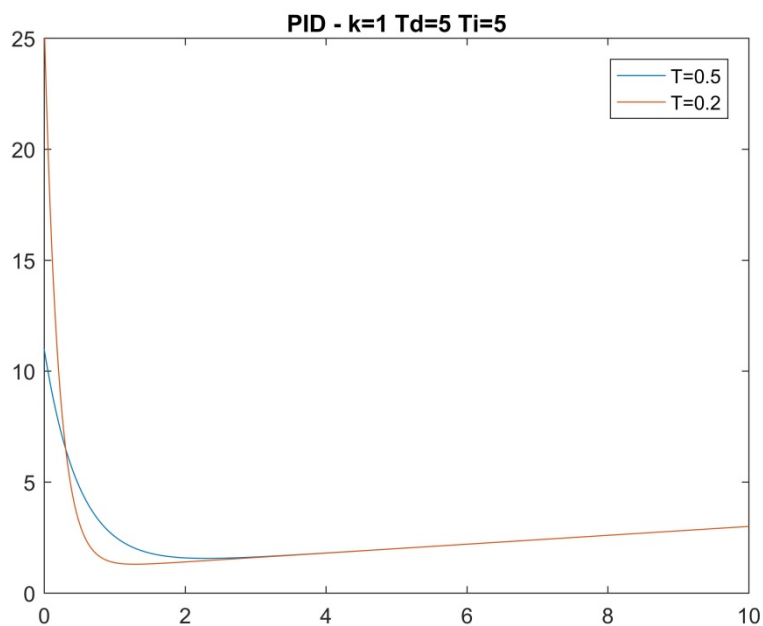
Z charakterystyk Nyquista widzimy że wzmacnienie k ma wpływ na wartość sygnału sterującego dla każdej częstotliwości. Regulator PD dla sygnału stałego oraz dla sygnału o dużej częstotliwości, tj. powyżej pulsacji granicznej $\frac{1}{T}$ działa jak regulator P, a więc działanie części różniczkującej nie jest zauważalne.

4. Regulator PID o transmitancji $G(s) = k \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{T_s + 1} \right)$

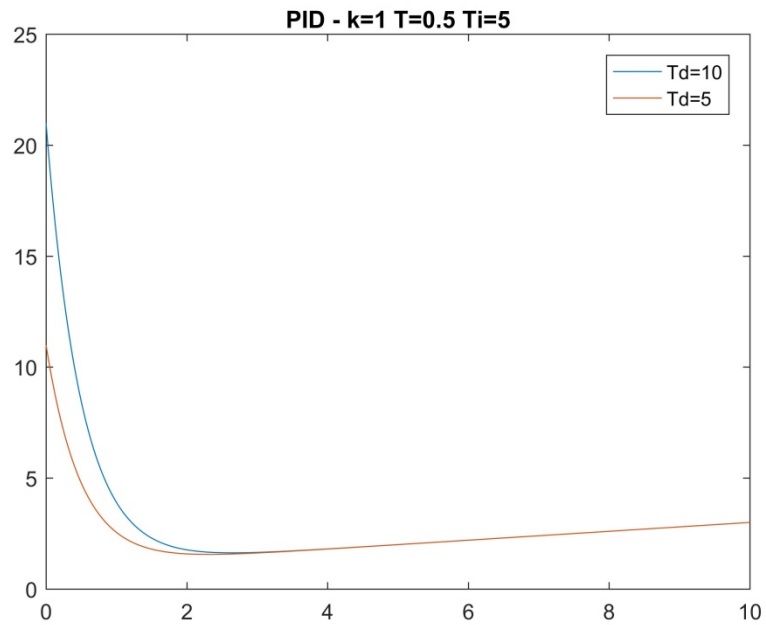
a) charakterystyki czasowe



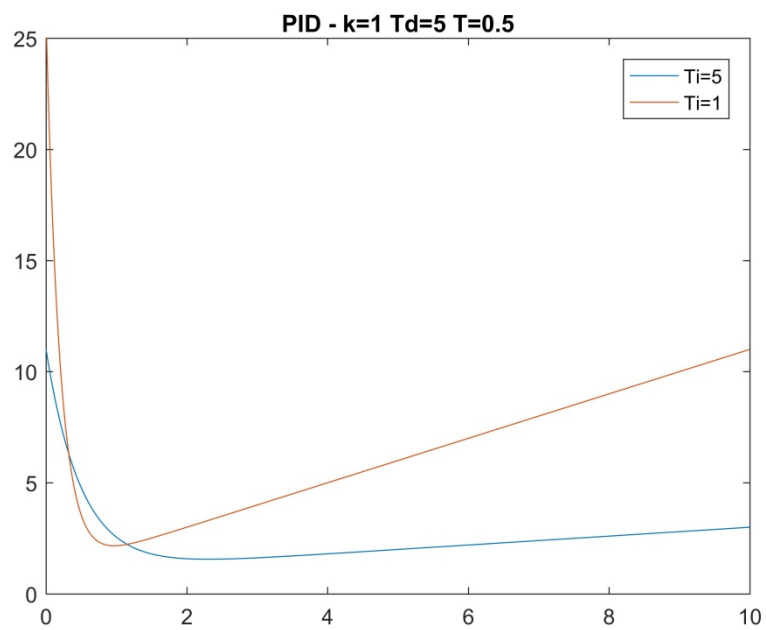
Im większe wzmocnienie k tym większa reakcja członu różniczkującego oraz silniejsze działanie części całkującej, a więc ogólnie uzyskujemy większą wartość sygnału sterującego.



Mniejsza inercja implikuje silniejszą reakcję członu różniczkującego na zmiany oraz szybszym wygaszeniem jego działania w przypadku stabilizacji wejścia regulatora.

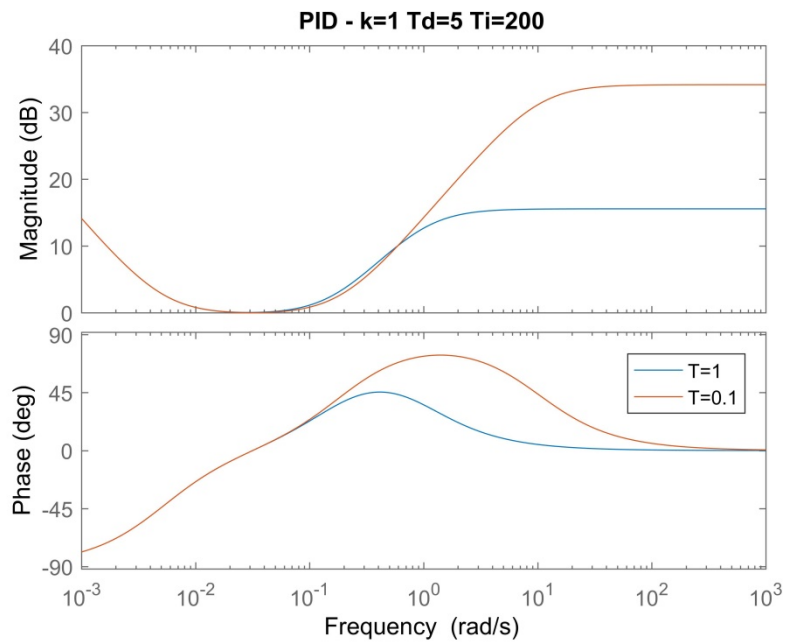
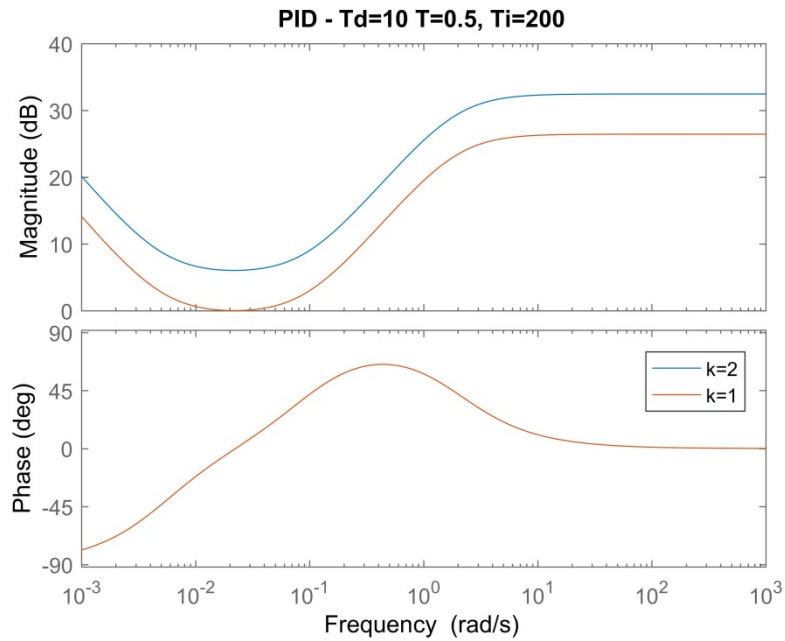


Im większy czas wyprzedzenia tym silniejsze obserwujemy działanie części różniczkującej.



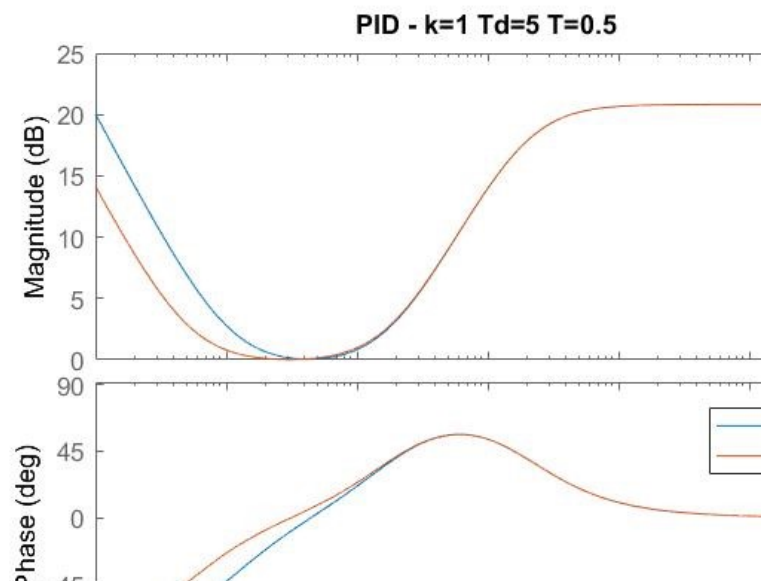
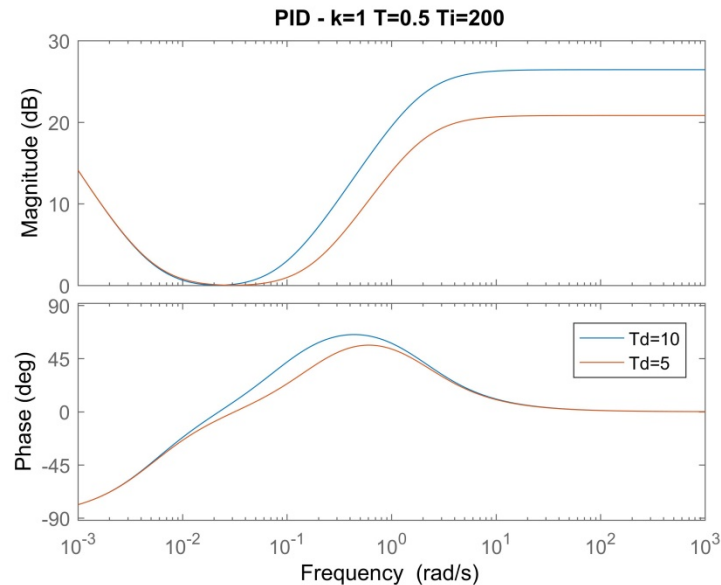
Im mniejszy jest czas zdwojenia, tym większą wartość sygnału sterującego uzyskamy ze strony części całkującej regulatora.

b) charakterystyki Bodego



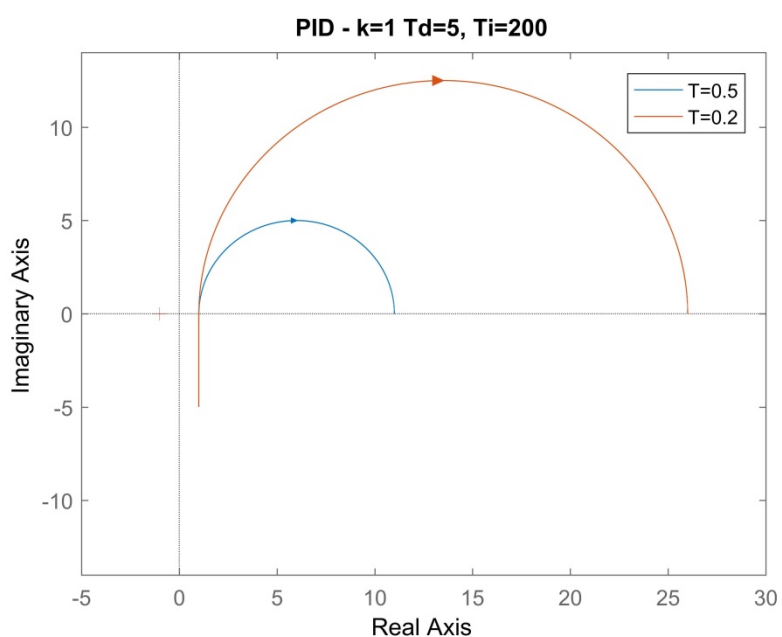
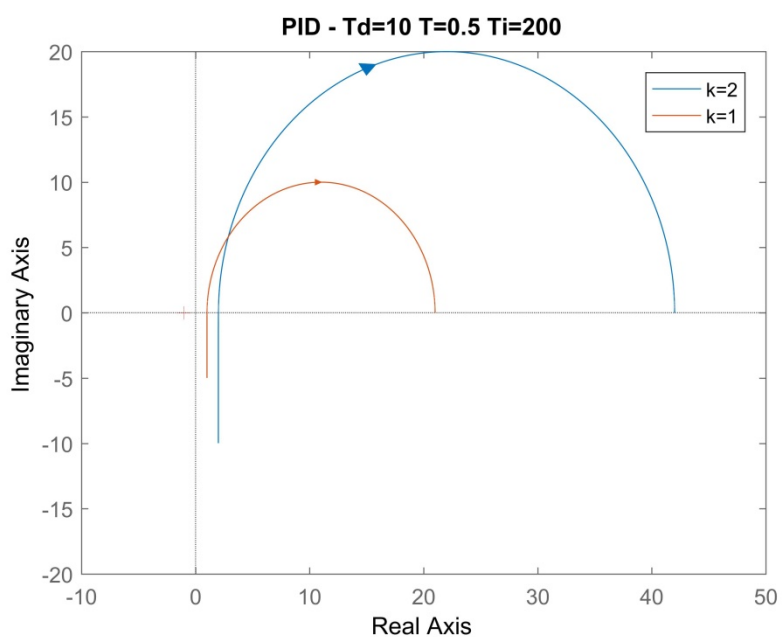
Wzmocnienie k zwiększa wartość sygnału sterującego, ale nie ma żadnego wpływu na fazę. Działanie części całkującej jest widoczne dla małych częstotliwości mniejszych od $\frac{1}{T_i}$, im mniejsza częstotliwość, tym silniejsze działanie tego członu (spadek 20dB/dek.). Następnie widzimy tylko działanie członu proporcjonalnego, a dla częstotliwości większych od $\frac{1}{T_d}$ zauważamy działanie części różniczkującej, które jest tym silniejsze, im większa jest częstotliwość (wzrost 20dB/dek.). Tendencja wzrostowa utrzymuje się

dopóki nie osiągniemy pulsacji równej $\frac{1}{T}$. Wówczas wpływ inercji jest na tyle duży, że tłumi działanie części różniczkującej, i regulator zaczyna ponownie działać jak regulator P, z tym że jego wzmocnienie jest inne niż dla częstotliwości z zakresu od $\frac{1}{T_i}$ do $\frac{1}{T_d}$.



Zmieniając parametry T , T_i oraz T_d wpływamy na przebieg fazy regulatora. Im mniejsza wartość czasu zdwojenia, tym bardziej większa musi być częstotliwość aby zniwelować niekorzystne ujemne przesunięcie fazowe. Zmniejszając czas wyprzedzenia uzyskamy dodatnie przesunięcie fazowe dopiero dla wysokich częstotliwości. Zmiana stałej czasowej T decyduje o częstotliwości dla której przestajemy obserwować działanie różniczkujące regulatora. Tak więc manewrując powyższymi parametrami możemy dostosować regulator do optymalnej, zapewniającej stabilność pracy przy określonych częstotliwościach. Dla małych częstotliwości PID działa jak PI, a dla większych jak PD. Aby zwiększyć działanie części I bez utraty stabilności możemy zwiększyć działanie części D.

c) charakterystyki Nyquista



Charakterystyki Nyquista wyraźnie potwierdzają związek regulatora PID z regulatorami PI oraz PD. PID jest złożeniem obu regulatorów i łączy ich zalety jednocześnie eliminując ich wady. Analiza charakterystyk Nyquista nie wprowadziła żadnych nowych obserwacji, wpływ wszystkich parametrów został opisany przy analizie charakterystyk Bodego i skokowych, dlatego nie powtarzamy tu ich opisu.

