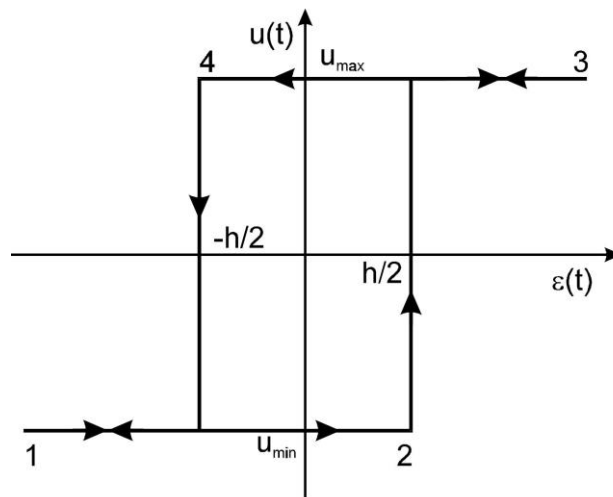


1. Opis teoretyczny regulatora i obiektu z opóźnieniem.

W regulacji dwupołożeniowej sygnał sterujący przyjmuje dwie wartości: pełne załączenie i wyłączenie.

1.1. Regulator

Poniższy rysunek przedstawia charakterystykę regulatora. Na wejście regulatora podawana jest wartość błędu $\varepsilon(t)$, natomiast wyjściem jest sterowanie $u(t)$.



Rys. 1. Charakterystyka regulatora.

Wartości u_{\max} i u_{\min} oznaczają wartości sterowań: maksymalną i minimalną, gdyż ten typ regulatorów może posiadać tylko dwa położenia sterowania. Wartość h jest wartością histerezy ustawianą potencjometrem (5). Wartość sterowania przyjmuje u_{\min} w przypadku gdy błąd znajduje się w pkt. 1. Jeżeli błąd zaczyna narastać, czyli przesuwa się od pkt. 1 do 2, to w pkt. 2 następuje przełączenie sterowania na przeciwne. I jeżeli błąd dalej narasta, to sterowanie u_{\max} jest w dalszym ciągu utrzymywane. W przypadku zmniejszania się błędów, sterowanie u_{\max} zostaje przełączone na sterowanie u_{\min} jeżeli błąd osiągnie wartość $-h/2$ – pkt. 4.

1.2. Obiekt inercyjny I rzędu z opóźnieniem

Obiekt inercyjny I rzędu z opóźnieniem opisany jest równaniem różniczkowym

$$T\dot{y} + y(t) = ku(t - \tau) \quad (1)$$

przy czym T jest stałą czasową, k wzmocnieniem obiektu, natomiast parametr τ reprezentuje opóźnienie.

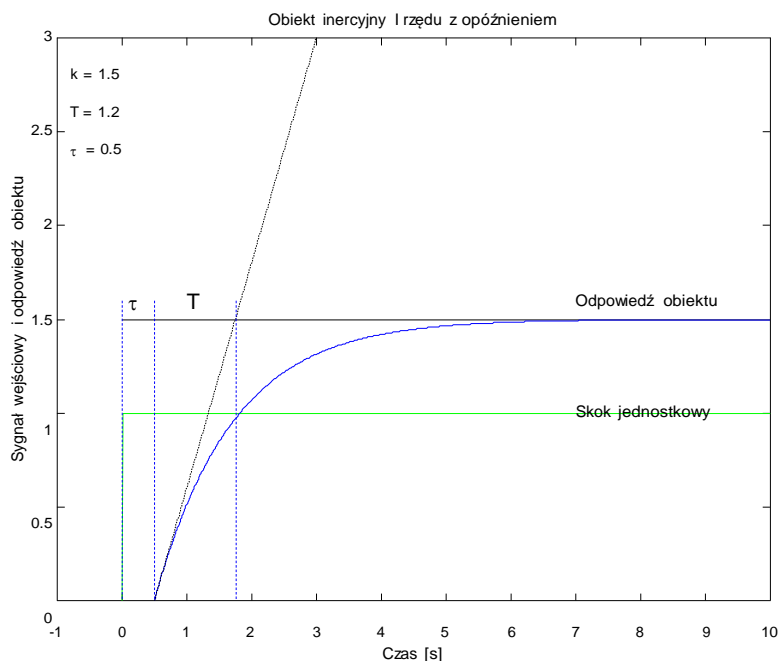
Transmitancja takiego obiektu ma postać

$$G(s) = \frac{k}{Ts + 1} e^{-\tau s} \quad (2)$$

Wzór odpowiedzi na skok jednostkowy został przedstawiony poniżej

$$y(t) = k \left(1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right) \quad (3)$$

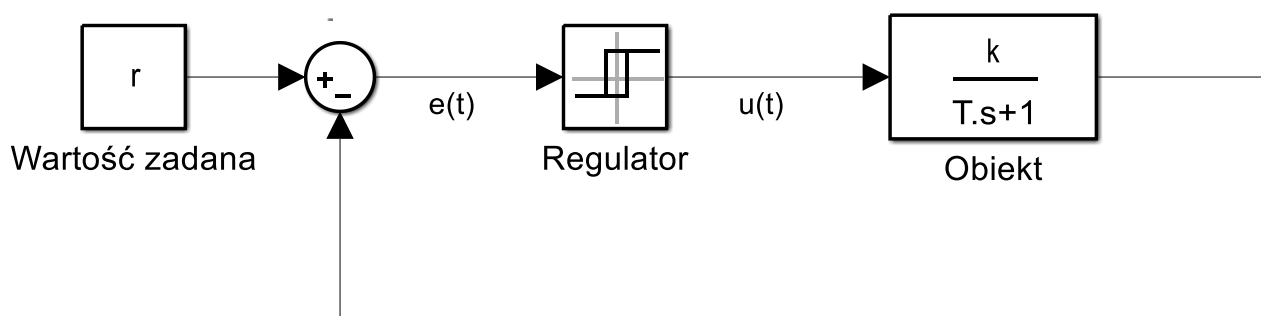
Poniższy rysunek przedstawia odpowiedź obiektu inercyjnego I rzędu z opóźnieniem na skok $\mathbf{1}(t)$.



Rys. 2. Odpowiedź obiektu inercyjnego I rzędu z opóźnieniem na skok jednostkowy $\mathbf{1}(t)$.

1.3. Regulacja dwupołożeniowa

Po połączeniu elementów: regulator i obiekt i podaniu wartości zadanej, układ regulacji rozpoczyna swoją pracę. Poniżej została przedstawiona symulacja działania układu regulacji przeprowadzona z wykorzystaniem pakietu MATLAB/Simulink.



Korzystając ze wzorów opisujących model matematyczny, oraz regulator, można podać podstawowe wzory matematyczna na wartość maksymalną y_{\max}

$$y_{\max} = ku_{\max} + \left(r + \frac{h}{2} - ku_{\max} \right) e^{-\frac{\tau}{T}} \quad (4)$$

wartość minimalną y_{\min}

$$y_{\min} = \left(r - \frac{h}{2} \right) e^{-\frac{\tau}{T}} \quad (5)$$

czas narastania t_n

$$t_n = T \ln \left(\frac{ku_{\max} - y_{\min}}{ku_{\max} - y_{\max}} \right) \quad (6)$$

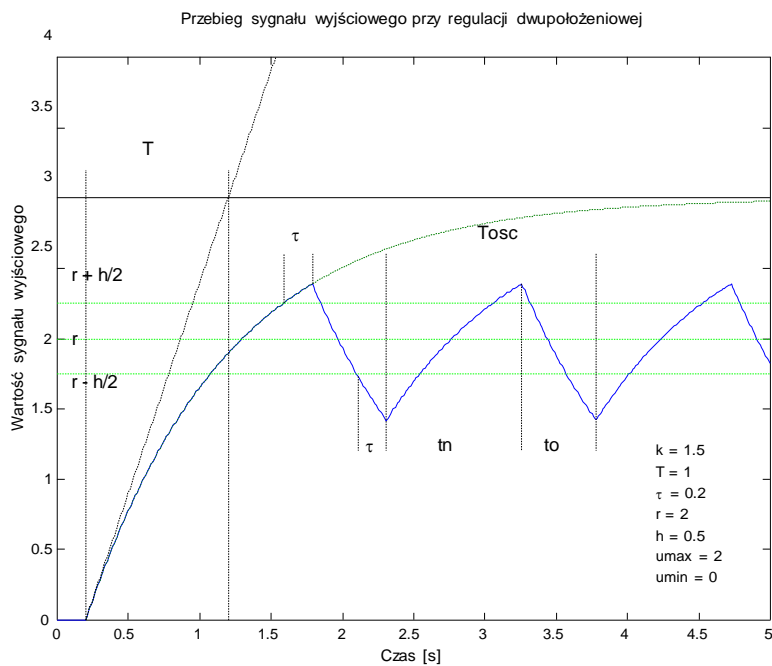
czas opadania t_o

$$t_o = T \ln \left(\frac{y_{\max}}{y_{\min}} \right) \quad (7)$$

a czas oscylacji T_{osc}

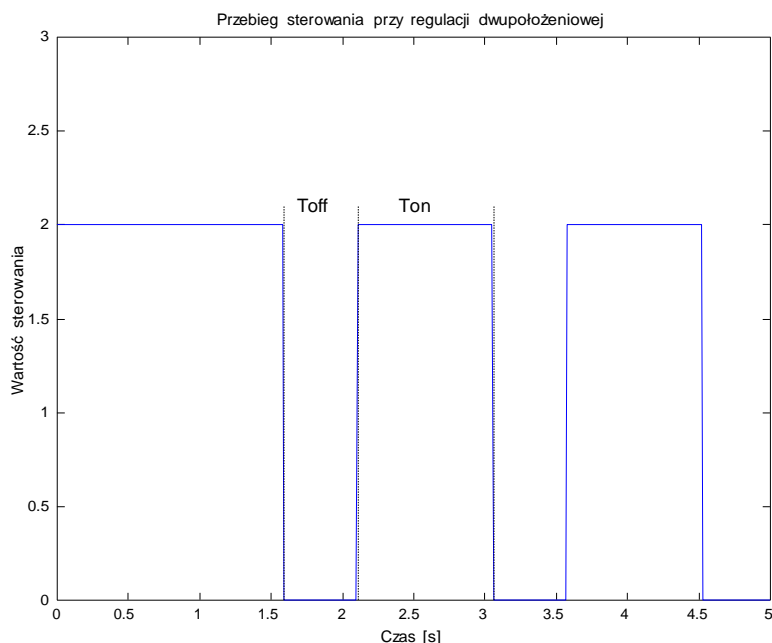
$$T_{osc} = t_o + t_n \quad (8)$$

Na rysunku zamieszczonym poniżej został przedstawiony wykres $y(t)$ z załączonym regulatorem. Zaznaczone zostały również wartość zadana r , oraz wartości $r + h/2$ i $r - h/2$.



Rys. 3. Przebieg $y(t)$ przy regulacji dwupołożeniowej.

Dla obiektu i regulatora o parametrach podanych na rys. 3 wielkości opisane równaniami (4) – (8) przyjmują następujące wartości $y_{\max} = 2,39$, $y_{\min} = 1,43$, $t_n = 0,94$ s, $t_o = 0,51$ a $T_{osc} = 1,45$ s.



Rys. 4. Przebieg $u(t)$ przy regulacji dwupołożeniowej.

Rys. 4 przedstawia wykres $u(t)$, czyli działanie regulatora. Porównując rysunki 3 i 4 można dojść do wniosku, że T_{off} – czas wyłączenia sterowania ma taką samą wartość jak czas t_o , natomiast T_{on} – czas włączenia sterowania taką samą wartość jak t_n .

2. Realizacja ćwiczenia.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z regulacją dwupołożeniową, oraz ze sposobem jej działania dla typowego zastosowania – sterowanie pracą obiektu inercyjnego I rzędu.

Na rysunkach 2 i 3 $r(t)$ oznacza funkcję wartości zadanej, $\varepsilon(t)$ – błąd regulacji, $u(t)$ – sterowanie, a $y(t)$ reprezentuje wyjście obiektu.

Ćwiczenie realizujemy korzystając z programu symulacyjnego autorstwa Pana Piotra Natkańca – umieszczonego w folderze przedmiotu.

Proszę w ramach ćwiczenia zrealizować następujące kroki:

- 1) Ustawić wartość zadaną na 3, wzmacnienie obiektu na 1,5, stałą czasową $T=1$, opóźnienie τ na zero, histerezę na 0,5 oraz wartość sygnału sterującego $u_{\text{max}}=2$.
- 2) Zbadaj jaki wpływ na przebieg procesu sterowania ma
 - a. Zwiększenie wartości sygnału sterującego $u_{\text{max}}=4$.
 - b. Zwiększenie opóźnienia do 0,5s
 - c. Zwiększenie wartości histerezy do 1.
- 3) Określ przy jakich ustawieniach regulatora nie będzie on działał prawidłowo (nie osiągnie wartości zadanej)
- 4) Przedyskutuj po co wprowadza się w regulatorach dwupołożeniowych histerezę?

