

## Dostrajanie regulatorów PID

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z praktycznymi, przemysłowymi metodami doboru nastaw regulatorów PID. Przed wykonaniem ćwiczenia proszę o uważne wysłuchanie wstępu teoretycznego. Podczas ćwiczenia wykorzystamy następujące metody doboru nastaw:

- metoda Zieglera – Nicholasa w wersji „klasycznej” i przekąźnikowej (metoda Astroma-Hagglunda),
- metody oparte o parametry odpowiedzi skokowej obiektu,
- autotuning regulatora dostępny w środowisku SIMULINK.

### „Klasyczna” metoda Zieglera - Nicholasa

Metoda ta pozwala na dobór nastaw regulatora bez konieczności wcześniejszej znajomości modelu obiektu. Wymaga ona jednak przeprowadzenia eksperymentu na rzeczywistym zamkniętym układzie regulacji, złożonym z regulatora (najczęściej PID) i obiektu. Przebieg „klasycznego” eksperymentu Zieglera - Nicholasa jest następujący:

- Ustawiamy regulator na działanie czysto proporcjonalne (poprzez ustawienie stałych różniczkowania i całkowania regulatora na zero),
- Zmieniając wzmacnienie regulatora  $k$  doprowadzamy układ do granicy stabilności. Można to rozpoznać przez powstanie oscylacji o stałej amplitudzie na wyjściu układu.
- Dla układu na granicy stabilności wyznaczamy: wzmacnienie krytyczne  $k_{kr}$  (jest to wzmacnienie regulatora  $k$ , dla którego układ jest na granicy stabilności) oraz okres oscylacji nietłumionych  $T_{osc}$ .
- Mając wyznaczone  $k_{kr}$  oraz  $T_{osc}$  wyznaczamy nastawy regulatora zgodnie z poniższymi wzorami:

**regulator P:**  $k = 0.5 k_{kr}$ ,

**regulator PI:**  $k = 0.45 k_{kr}$ ,  $T_i = 0.85 T_{osc}$ ,

**regulator PID:**  $k = 0.6 k_{kr}$ ,  $T_i = 0.5 T_{osc}$ ,  $T_d = 0.12 T_{osc}$ . (1)

### Metoda Astroma-Hagglunda

Jest to metoda pozwalająca na dobór nastaw zgodnie z wzorami Z-N podanymi powyżej we wzorach (1), ale możliwa do zautomatyzowania, bezpieczniejsza i szybsza od wersji „klasycznej”. Jej idea polega na wykonaniu eksperymentu Z-N z użyciem przekąźnika II położeniowego (przypominamy sobie poprzednie ćwiczenie!). Bazujemy na spostrzeżeniu, że układ regulacji II położeniowej może być w przybliżeniu traktowany jako układ z regulatorem P znajdujący się na granicy stabilności. Wtedy, jeżeli:

- amplituda sterowania z przekąźnika II położeniowego była równa  $u$
- amplituda oscylacji wielkości regulowanej na wyjściu układu była równa  $A$ ,
- histereza regulatora była równa zero:  $h=0$ ,

to wzmacnienie krytyczne obiektu jest równe:

$$k_{kryt} = \frac{4u}{\pi A} \quad (2)$$

W celu wyznaczenia nastaw tą metodą należy w układzie regulacji zastąpić regulator PID przez regulator II położeniowy o znanej amplitudzie sygnału sterującego  $u$ . Następnie po zbadaniu odpowiedzi skokowej układu należy zmierzyć amplitudę sygnału na wyjściu oraz okres oscylacji. Mając te parametry należy zastosować „klasyczne” wzory Zieglera-Nicholasa (1).

### Metody oparte o parametry odpowiedzi skokowej obiektu

Przy doborze nastaw regulatora tymi metodami zakłada się, że obiekt regulacji jest opisany transmitancją zastępczą z opóźnieniem, przy czym parametry tej transmitancji są identyfikowane na podstawie znajomości odpowiedzi skokowej obiektu. Mając zadaną transmitancję obiektu wyznacza się nastawy regulatora w oparciu o gotowe wzory, przy czym nastawy wyznaczone w taki sposób gwarantują minimalizację założonego wskaźnika

jakości. Poniżej zostaną podane przykłady nastaw dla obiektu opisanego transmitancją I rzędu z opóźnieniem, mającą postać (3). Jest to transmitancja użyta również do modelowania obiektu regulacji w modelu simulinkowym:

$$G_o(s) = \frac{ke^{-s\tau}}{1+sT} \quad (3)$$

W takim wypadku nastawy regulatora PID mogą być wyliczone w następujący sposób:

- przy założeniu przeregulowania 20% oraz minimalnego czasu regulacji:

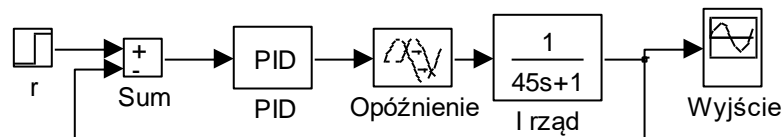
$$\begin{aligned} k k_r (\tau/T) &= 0.95 \\ T_i &= 2.4 \tau \\ T_d &= 0.4 \tau \end{aligned} \quad (4)$$

- przy założeniu minimum z całki kwadratu uchybu  $\int_0^{\infty} \varepsilon^2(t) dt$ :

$$\begin{aligned} k k_r (\tau/T) &= 1.4 \\ T_i &= 1.3 \tau \\ T_d &= 0.5 \tau \end{aligned} \quad (5)$$

### Wykonanie ćwiczenia

Ćwiczenie zostanie wykonane z wykorzystaniem SIMULINK-a. Obiekt regulacji jest opisany transmitancją I rzędu z opóźnieniem podaną powyżej, przy czym parametry obiektu należy przyjąć następujące (zbliżone do tych z poprzedniego ćwiczenia):  $k = 1.18$ ,  $\tau = 22$  [s],  $T = 45$  [s]. Regulator jest regulatorem PID z samostrojeniem (PID autotune). Do wykonania ćwiczenia należy zbudować model układu regulacji zbliżony do pokazanego poniżej (schemat jest ze starszej wersji MATLAB-a). Wartość zadaną  $r$  ustawiamy na 2.5, czas końcowy symulacji ustawiamy na 300[s].



#### 1. „klasyczny” eksperyment Zieglera - Nicholasa.

Wartości parametrów  $K_i$  oraz  $K_d$  ustawiamy na zero. Z wartością  $K_p$  startujemy od 1 i tak ją zmieniamy, aby osiągnąć granicę stabilności. Po znalezieniu granicy stabilności znajdujemy na wykresie sygnału wyjściowego okres oscylacji nietłumionych przy pomocy instrukcji **ginput**. Jej działanie jest następujące: po wprowadzeniu instrukcji **[x,y]=ginput(n)** pojawia się rysunek i kursor w kształcie krzyża. Po wskazaniu tym kursorem  $n$  punktów na rysunku ich współrzędne są zapisywane do wektorów  $x$  oraz  $y$ . W naszym wypadku wywołujemy tę instrukcję następująco: **[czas,y]=ginput(2)** i odczytujemy współrzędne dwóch kolejnych maksimum wykresu. Przy przyjętych wcześniej oznaczeniach otrzymujemy okres oscylacji równy:  $T_{osc} = \text{czas}(2) - \text{czas}(1)$ . Wykres podpisujemy z zaznaczeniem wartości  $k_{kryt}$  oraz  $T_{osc}$  i wklejamy do sprawozdania. Następnie wyznaczamy nastawy regulatora: PID zgodnie z wzorami (1), definiujemy wartości tych nastaw w głównym oknie MATLAB-a, następnie wyznaczamy odpowiedź skokową układu regulacji. Otrzymane wykresy opisujemy i umieszczamy w sprawozdaniu.

#### 2. Dostrajanie regulatora PID metodą Astroma-Hagglunda.

W modelu układu regulacji zastępujemy regulator PID przekaźnikiem II położeniowym z histerezą równą zero oraz poziomami sygnału sterującego dla „0” i „1” równymi: poziom „0” wartość 1.0, poziom „1”: wartość 5.0. Wyliczamy amplitudę sterowania jako różnicę  $u=u(1)-u(0)$ . Wykonujemy symulację, rejestrujemy przebieg wielkości regulowanej na wyjściu i z

wykresu odczytujemy: okres oscylacji  $T_{osc}$  (tak, jak powyżej) oraz amplitudę sygnału wielkości regulowanej na wyjściu  $A$ . Na podstawie amplitud  $u$  oraz  $A$  wyliczamy wzmacnienie krytyczne wg wzoru (2). Następnie wyliczamy nastawy regulatora wg wzorów ogólnych (1). Wyliczone nastawy porównujemy z nastawami wyliczonymi w punkcie 1, wstawiamy je do modelu i rejestrujemy odpowiedź skokową układu regulacji. Wykresy opisujemy i umieszczamy w sprawozdaniu. Porównujemy wyniki i nakład pracy przy dostrajaniu metodą „klasyczną” i metodą Astroma-Hagglunda, wnioski umieszczamy w sprawozdaniu.

### 3. Dostrajanie regulatora PID na podstawie parametrów transmitancji zastępczej

Wyliczamy nastawy regulatora PID w oparciu o parametry transmitancji obiektu zgodnie z wzorami (4) i (5), definiujemy te nastawy i wyznaczamy odpowiedzi skokowe układu regulacji. Otrzymane wykresy porównujemy z wykresami dla metod: Zieglera - Nicholasa oraz Astroma-Hagglunda, opisujemy i umieszczamy w sprawozdaniu.

### 4. Użycie funkcji „Autotune” dostępnej w środowisku SIMULINK

W modelu uruchamiamy funkcję „Autotune”, następnie wykonujemy eksperymenty przy założeniu różnych parametrów odpowiedzi skokowej: czasu regulacji oraz wielkości przeregulowania. Należy wykonać 5 eksperymentów i porównać wyniki z otrzymanymi w punktach 1-3.

### **Zakres wiadomości na kolokwium**

Umiejętność dostrojenia regulatora PID dla zadanego obiektu regulacji zgodnie z założonymi parametrami przebiegu przejściowego (przeregulowanie i czas regulacji).