Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu "Podstawy automatyki i robotyki" w sali 320-C3

Grzegorz Mzyk

Ćwiczenie 1 – Odpowiedź obiektu inercyjnego I-rzędu na skok jednostkowy; Kulka wrzucona do gorącej cieczy

Sformułowanie problemu

Obiekt=pomieszczenie o temp. powietrza 0^0C + zbiornik z cieczą o temp. 100^0C + kulka

Sygnał wyjściowy obiektu $y(t)$ – temperatura kulki (funkcja czasu)

Sygnał wejściowy obiektu $u(t)$ – temperatura otoczenia kulki (funkcja czasu)

Kulka przebywała nieskończenie długo w temp. 0^0C. W chwili $t = 0$ wrzucono ją do cieczy. Wyznaczyć funkcję $y(t)$.

Opis matematyczny

Kulka nagrzewa się tym szybciej im większa jest różnica pomiędzy temp. otoczenia kulki $u(t)$, a temp. kulki $y(t)$, przyjmujemy model liniowy

$$y'(t) = c(u(t) - y(t)), \text{ gdzie } c \text{ – stała zależna od średnicy kulki i materiału}$$

W literaturze zamiast stałej c stosuje się jej odwrotność $\frac{1}{c} = T$ (nie mylić dużego T – parametr kulki, z małym t – czas), czyli

$$\begin{aligned} Ty'(t) &= u(t) - y(t) \\ Ty'(t) + y(t) &= u(t) \end{aligned}$$

Po zastosowaniu transformaty Laplacea mamy

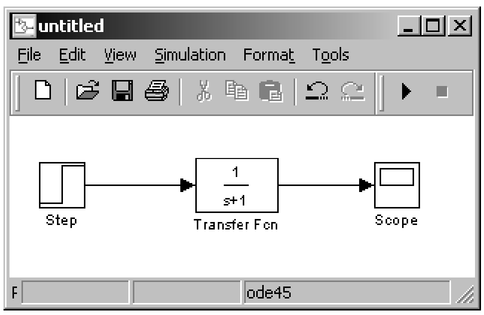
$$TsY(s) - y(0) + Y(s) = U(s)$$

a ponieważ w naszym zadaniu $y(0) = 0$, to $TsY(s) + Y(s) = U(s)$, czyli

$$Y(s) = \frac{1}{Ts+1} \cdot U(s), \qquad \text{gdzie } K(s) = \frac{1}{Ts+1} \text{ (tzw. transmitancja)}$$

Symulacja w Matlab

W głównym oknie poleceń Matlaba wydać polecenie *simulink*, następnie utworzyć nowy dokument (model) i zbudować układ jak na rysunku poniższym rysunku. Bloczków *Step*, *TransferFcn* i *Scope* należy szukać odpowiednio w folderach *Sources* (generatory/źródła sygnałów), *Continuous* (modele obiektów z czasem ciągłym) i *Sinks* (odbiorniki/rejestratory).



Bloczki skonfigurować następująco: *Step* (step time = 0, initial value = 0, final value = 100), *TransferFcn* (Numerator [1], Denominator [T 1]).

Uwaga: W bloczku *TransferFcn* wpisuje się współczynniki wielomianu licznika i mianownika transmitancji $K(s)$, np. dla wielomianu $2s^2 + 3s + 8$ jest to [2 3 8], dla wielomianu $s^2 + 3$ jest to [1 0 3].

W głównym oknie poleceń Matlaba ustalić wartość parametru T, np. $T = 3$.

Uruchomić symulację (przycisk z czarnym trójkącikiem).

Kliknąć dwukrotnie na bloczku *Scope*, powiększyć wykres na pełny ekran i nacisnąć przycisk z czarną lornetką.

Powtórzyć całą symulację dla innej wartości parametru T.

Pytania

Jak na podstawie uzyskanego wykresu oszacować (zidentyfikować) temp. cieczy?

Jak na podstawie uzyskanego wykresu oszacować (zidentyfikować) T?

Ćwiczenie 2 – Układ Automatycznej Regulcji; Stabilizacja temperatury kulki na zadanym poziomie

Sformułowanie problemu

Obiekt bez zmian (jak w Ćwiczeniu 1). W czasie $t = (-\infty, 0)$ kulka przebywała w temp. otoczenia 0^0C. Od chwili $t = 0$, życzymy sobie, aby jej temperatura była możliwie bliska wartości żądanej np. $y_{ż}(t) = 50^0$C. Porównując aktualną (rzeczywistą) temperaturę kulki $y(t)$ z wartością żądaną, tj. wyliczając różnicę (tzw. uchyb) $\varepsilon(t) = y_{ż}(t) - y(t)$ podejmujemy decyzję o wartości sterowania $u(t)$ (tzn. o włożeniu kulki do wody o temp. 100^0C, lub jej wyciągnięciu do otoczenia o temp. 0^0C).

Opis matematyczny regulatora

Regulator (automat, nie człowiek) na podstawie swojego sygnału wejściowego $\varepsilon(t)$ (wejściem regulatora jest uchyb) będzię wytwarzał odpowiednie sterowanie $u(t)$ (wyjściem regulatora jest wejście obiektu). Przykładowa charakterystyka statycznego regulatora $u(\varepsilon)$ może mieć postać

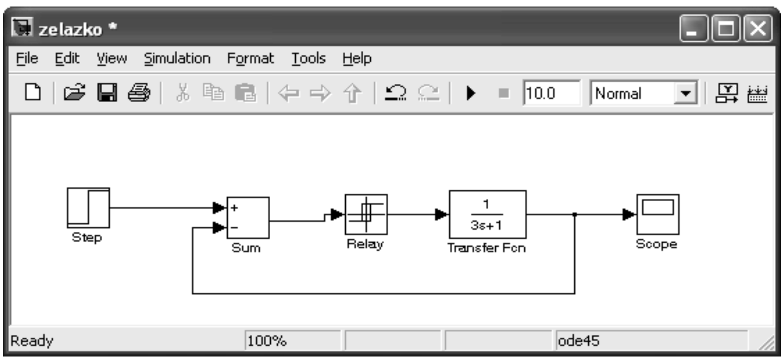
$$u = \begin{cases} 100^0\text{C, gdy } \varepsilon > 0 \text{ (kulka za zimna)} \\ 0^0\text{C, gdy } \varepsilon < 0 \text{ (kulka za ciepła)} \end{cases} \tag{1}$$

Regulacja opisana wzorem (1) ma jedną poważną wadę. Prowadzi ona do nieskończonej częstotliwości zmian wartości $u(t)$, co jest kosztowne i niewygodne w realizacji (zakłócenia RTV od częstych przełączeń, awaryjność przełączników). Decydujemy się zatem na pewien zakres tolerancji, np. stabilizujemy temperaturę kulki z dokładnością do $\pm 10\%$, tj. w zakresie od 45^0C do 55^0C.

$$u = \begin{cases} 100^0\text{C, gdy } \varepsilon > 5 \text{ (kulka chłodniejsza niż } 45^0\text{C)} \\ \text{bez zmian, gdy } \varepsilon \in (45^0\text{C}, 55^0\text{C}) \\ 0^0\text{C, gdy } \varepsilon < -5 \text{ (kulka cieplejsza niż } 55^0\text{C)} \end{cases} \tag{2}$$

Symulacja w Matlab

Przeprowadzić symulację jak na poniższym rysunku. Regulator *Relay* jest dostępny w folderze o nazwie *Nonlinear* (elementy o charakterystycece nieliniowej). Uwaga: najpierw wykonać połączenia poziome, a następnie przytrzymując klawisz *CTRL* wykonać połączenie od wyjścia obiektu do ujemnego wejścia sumatora. Konfigurując regulator pamiętać, że jego wejściem jest uchyb, a wyjściem – wejście obiektu.



Bloczek *Step* w przeciwieństwie do Ćwiczenia 1, generuje teraz sygnał zadany (zmianę naszego żądania z 0^0C na 50^0C) i tak należy go skonfigurować. Bloczek *Relay* realizuje regulator, który należy skonfigurować zgodnie ze wzorem (2). W bloczku *Sum* zmienić drugi znak z $+$ na $-$.

Pytania i zadania

Kiedy szybkość zmian temperatury kulki jest największa i dlaczego?

Pokazać momenty, w których następuje włączanie i wyłączanie.

Zmienić stałą czasową kulki (parametr T) i powtórzyć symulację.

Zmienić (np. zawężyć) przedział stabilizacji temperatury kulki i powtórzyć symulację.

Czy obiekt reaguje na zmianę $u(t)$ natychmiast, czy z opóźnieniem?

Ćwiczenie 3 – Sterowanie obiektem inercyjnym wyższego rzędu; Układ zawór-kaloryfer-powietrze

Sformułowanie problemu

Weźmy pod rozwagę następujący układ (obiekt):

$u(t)$ – położenie zaworu termostatycznego, odcinającego dopływ gorącej wody do grzejnika C.O.

$x(t)$ – temperatura grzejnika C.O.

$y(t)$ – temperatura powietrza w ogrzewanym przez grzejnik pomieszczeniu

$$\begin{aligned} u(t) &\rightarrow x(t) \text{ układ inercyjny I rzędu} \\ x(t) &\rightarrow y(t) \text{ układ inercyjny I rzędu} \\ u(t) &\rightarrow y(t) \text{ układ inercyjny II rzędu} \end{aligned}$$

Wyjście $y(t)$ zależy od wejścia $u(t)$ **pośrednio.** Sygnał $x(t)$ może być ukryty (niedostępny).

Uwaga: Zamknięcie zaworu powoduje natychmiastowe schładzanie grzejnika, ale pomieszczenie przez pewien czas nagrzewa się nadal, bo grzejnik co prawda się schładza, ale jest gorący.

Symulacja w Matlab

Podmienić obiekt z Ćwiczenia 2 na obiekt o transmitancji

$$K(s) = \frac{1}{(s+1)} \cdot \frac{1}{(s+1)} = \frac{1}{s^2 + 2s + 1}$$

Pytania i zadania

Jaka jest szybkość zmian sygnału $y(t)$ w chwili $t = 0$, a jak była ona w Ćwiczeniu 2.

Pokazać momenty, w których następuje włączanie i wyłączanie.

Ćwiczenie 4 – Sterowanie obiektem całkującym; Napełnianie i opróżnianie basenu

Należy zrealizować symulację procesu kilkukrotnego, naprzemiennego napełniania i opróżniania basenu (zgodnie z żądaniem). Jako generator wartości zadanej zastosować falę prostokątną o odpowiednio długim okresie. Jako regulator – układ o charakterystyce typu *Dead Zone.* Obiekt całkujący ma transmitancję $K(s) = \frac{1}{s}$. Zaleca się wydłużyć czas symulacji (menu *Simulation/Parameters*).