1 Wstęp

Oznaczenia. Temperatura zasilania po stronie niskiej T_{zco}, temperatura w pomieszczeniu T, temperatura *ściany* T_s, temperatura zewnętrzna T_{zewn}, stopień otwarcia zaworu na termostacie $u \in [0,1]$, temperatura referencyjna na termostacie T_{ref}, temperatura referencyjna dla węzła CO - T_{refco}, okres próbkowania T_{sampl}.

2 Model pomieszczenia

Model pomieszczenia jest opisany następującym układem równań różniczkowych

$$\dot{T}(t) = \frac{T_{zewn}(t) - T(t)}{\tau_p} + a_p \frac{T_s(t) - T(t)}{\tau_p} + k_f \frac{T_{zco}(t) - T(t)}{\tau_p} u(t), \tag{1}$$

$$\dot{T}_s(t) = \frac{T_{zewn}(t) - T_s(t)}{\tau_s} + a_s \frac{T(t) - T_s(t)}{\tau_s}. \tag{2}$$

Pierwszy człon w równaniu (1) opisuje wymianę ciepła pomiędzy powietrzem w pomieszczeniu a powietrzem na zewnątrz, drugi człon opisuje wymianę ciepła pomiędzy *ścianami* a powietrzem w pomieszczeniu, trzeci człon jest grubym przybliżeniem wymiany ciepła w kaloryferach. Pierwszy człon w równaniu (2) opisuje wymianę ciepła pomiędzy *ścianą* i powietrzem na zewnątrz, drugi opisuje wymianę ciepła pomiędzy *ścianą* i powietrzem w pomieszczeniu. Parametry a_p i a_s są funkcjami współczynników przejmowania ciepła od ścian do powietrza wewnątrz i na zewnątrz oraz od powietrza na zewnątrz do powietrza w pomieszczeniu. Parametry τ_s, τ_p mają wymiar czasu, parametry a_p, a_s, k_f są bezwymiarowe. Zmienną obserwowaną (mierzoną) jest temperatura w pomieszczeniu T. Ponieważ model jest bardzo uproszczony, opisuje on wymianę ciepła dla danego zakresu temperatur i musi być identyfikowany na bieżąco na podstawie pomiarów z ostatnich kilku (np. siedmiu) dni.

2.1 Model w przestrzeni stanów

Niech $x(t) = (T(t), T_s(t))$ oznacza stan systemu. Wówczas równania (1,2) wraz z równaniem obserwacji można zapisać, jako

$$\dot{x} = A_c(u)x + B_{1c}T_{zewn} + B_{2c}(u)T_{zco}, \tag{3}$$

$$y = Cx. \tag{4}$$

gdzie

$$A_c(u) = \begin{bmatrix} -\frac{1+a_p+k_f u}{\tau_p} & \frac{a_p}{\tau_p} \\ \frac{a_s}{\tau_s} & -\frac{1+a_s}{\tau_s} \end{bmatrix}, B_{1c} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\tau_p} \\ \frac{1}{\tau_s} \end{bmatrix}, B_{2c}(u) = \begin{bmatrix} \frac{k_f u}{\tau_p} \\ 0 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}. \tag{5}$$

2.2 Model z czasem dyskretnym

W dalszym ciągu będziemy zajmować się modelem z czasem dyskretnym. Niech $t_k = kT_{sampl}$ oznacza chwile próbkowania oraz niech $x_k = x(t_k), y_k = y(t_k), T_{zco,k} = T_{zco}(t_k), T_{out,k} = T_{zewn}(t_k)$, $T_k = T(t_k)$. Zakładając, że sterowanie jest przedziałami stałe i oznaczając $u(t) = u_k, t \in [t_{k-1}, t_k]$, można dokonać dyskretyzacji równań (3) i (4). Model z czasem dyskretnym ma postać

$$x_{k+1} = A(u_k)x_k + B_1(u_k)T_{zewn,k} + B_2(u_k)T_{zco,k}, \tag{6}$$

$$y_k = Cx_k. \tag{7}$$

gdzie macierze A, B_1, B_2 oblicza się ze znanych wzorów oraz wiadomo, że $B_2(0) = 0$. Stopień otwarcia zaworu jest kontrolowany przez regulator (termostat) umieszczony na kaloryferze. Zmienną wejściową termostatu jest temperatura zadana $T_{ref,k}$. W modelu przyjęto, że termostat jest regulatorem PID z czasem dyskretnym. Regulator ten jest opisany równaniami

$$\mu_k = u_{k-1} + k_p(e_k - e_{k-1}) + k_i e_k + k_d(e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}), \tag{8}$$