

1 Model budynku

1.1 Opis modelu

Model budynku opierał się na dwóch równaniach różniczkowych, które opisują kaloryfery wewnątrz (1) (rozumiane jako jeden, „uśredniony”) oraz sam budynek wraz z zawartym wewnątrz niego powietrzem (2) (wartości parametrów były identyczne jak w dokumentacji):

$$m_h c_h \frac{dT_{PCO}}{dt} = F_{COB} \zeta c_w (T_{ZCO} - T_{PCO}) - k_h (T_{PCO} - T_r) \quad (1)$$

$$m_b c_b \frac{dT_r}{dt} = k_h (T_{PCO} - T_r) - k_{ext} (T_r - T_o) \quad (2)$$

Budynek posiadał swój własny regulator, którego zadaniem było utrzymanie stałej, ustalonej temperatury wewnątrz pomieszczeń. Wybrany został regulator PID w postaci dyskretniej opisany równaniem:

$$u(t) = K_P \cdot e(t) + K_I \cdot h \cdot \sum_{n=0}^t e(n) + K_D \cdot \frac{e(t) - e(t-1)}{h} \quad (3)$$

gdzie K_P , K_I oraz K_D oznaczają wzmocnienia poszczególnych członów, zaś h jest przyrostem czasu.

Regulator sterował przepływem wody przez budynek, lecz przepływ ten nie mógł być nieograniczony i mógł się zawierać w przedziale od 0 do 40 $[\frac{m^3}{h}]$. Konieczne było zatem zastosowanie saturacji sygnału sterującego:

$$u_{sat}(t) = \begin{cases} 0, & \text{gdy } u(t) \leq 0 \\ u(t), & \text{gdy } u(t) \in (0; 1) \\ 1, & \text{gdy } u(t) \geq 1 \end{cases} \quad (4)$$

Wartość u_{sat} rozumieć można jako poziom otwarcia zaworu sterującego przepływem wody, przez co równanie (1) zostało zmodyfikowane do postaci:

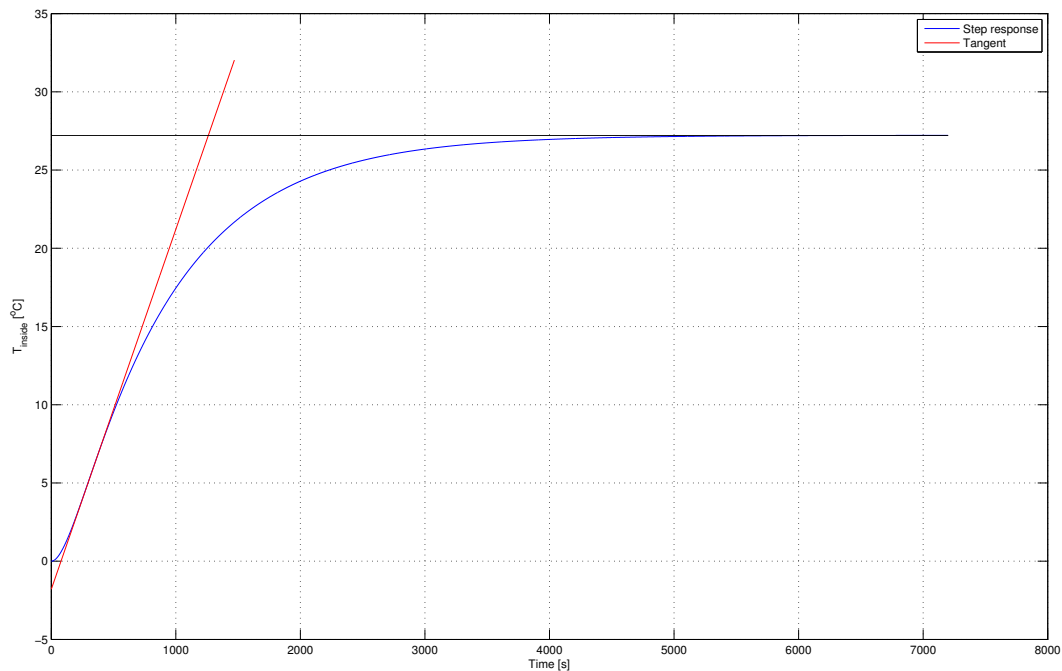
$$m_h c_h \frac{dT_{PCO}}{dt} = u_{sat} \cdot F_{COB} \zeta c_w (T_{ZCO} - T_{PCO}) - k_h (T_{PCO} - T_r) \quad (5)$$

1.2 Opis implementacji

Modele przedstawione w poprzednim rozdziale zostały wykorzystane do napisania odpowiednich klas w języku *C++*. Do rozwiązywania równań różniczkowych wykorzystano metodę *Runge-Kutta*.

Komunikacja w systemie wykorzystuje sockety TCP, dzięki czemu kod nie jest niepotrzebnie rozbudowany, a jednocześnie umożliwia dwustronną komunikację sieciową. Transport danych został zrealizowany z wykorzystaniem biblioteki *rapidjson*, natomiast poszczególne pola składowe tych JSONów były zgodne z ogólnie przyjętą dla całego projektu specyfikacją.

czono punkt, w którym pochodna odpowiedzi skokowej jest największa i wyrysowano styczną do odpowiedzi w tym punkcie. Kolejnym etapem było wyznaczenie parametrów obiektu – stałej czasowej T oraz opóźnienia τ .



Rysunek 2: Odpowiedź skokowa obiektu

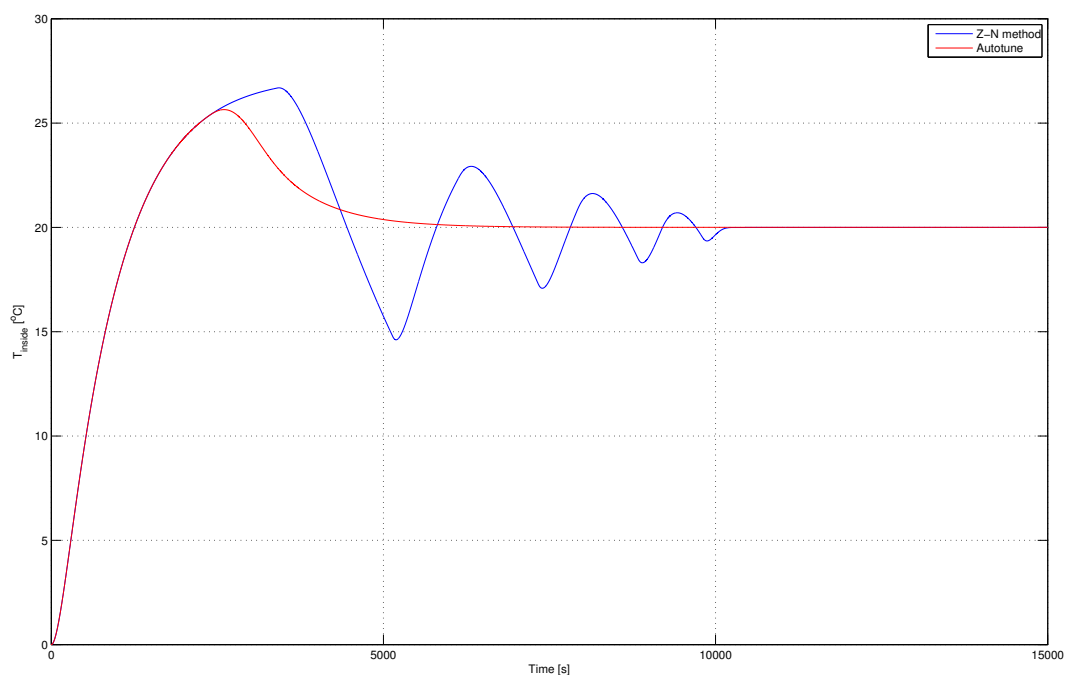
Na podstawie wyznaczonych parametrów, zgodnie z tabelą dla pierwszej metody Z-N, dobrane zostały nastawy regulatora, które wyniosły:

- $K_P = 5.2$,
- $K_I = 0.028$,
- $K_D = 203$.

Podjęta została również próba doboru nastaw przy wykorzystaniu opcji *Tune* w programie MATLAB. Nastawy otrzymane w tym przypadku (po zaokrągleniu) wyniosły:

- $K_P = 0.5$,
- $K_I = 0.0005$,
- $K_D = 50$.

Przebiegi temperatury wewnątrz budynku dla obu zestawów przedstawione są na rysunku 3. Widać wyraźnie, że pierwszy zestaw nastaw powoduje trwające długi czas oscylacje, co jest spowodowane ewidentnie zbyt dużą wartością wzmocnienia części całkującej, która powoduje, w połączeniu z blokiem saturacji, że powstaje tzw. „windup”. Funkcja *Tune* uwzględnia saturację (pracuje na modelu, który posiada ten blok), tak więc pozwala dobrać nastawy lepiej pasujące do konkretnego obiektu.



Rysunek 3: Przebiegi temperatury dla różnych nastaw regulatora

Przedstawione powyżej nastawy otrzymane zostały przy pewnych ograniczeniach związanych z wartościami parametrów, które w rzeczywistym systemie ulegają częstym zmianom, a mianowicie wartość temperatury wody zasilającej oraz temperatury otoczenia. Mimo wszystko stanowią one dobry punkt wyjściowy do doboru nastaw regulatora w całym systemie.