

Modelowanie i symulacja

Sprawozdanie nr 1

Mateusz Kwapisz 280107
Mikołaj Nowak 280082

2 lutego 2026

1 Wzory do obliczania współczynników i punktów równowagi

1.1 Współczynniki

Poniżej przedstawiono wzory wykorzystane do wyznaczenia współczynników modelu:

$$K1 = \frac{0.6 \cdot PgN}{TwewN - TzewN} \quad (1)$$

$$Kp = \frac{PgN - K1 \cdot (TwewN - TzewN) - cpp \cdot rop \cdot FpN \cdot (TwewN - TzewN)}{TwewN - TpN} \quad (2)$$

$$Kd = \frac{Kp \cdot (TwewN - TpN)}{TpN - TzewN} \quad (3)$$

1.2 Punkty równowagi

W stanie ustalonym temperatury obliczamy z poniższych zależności. Dla czytelności składnik wentylacji oznaczono jako $C_{vent} = c_p \cdot \rho_p \cdot F_{p0}$.

Wzór na temperaturę wewnętrzna:

$$Twew0 = \frac{P_{g0} + T_{zew0} \left(K_1 + C_{vent} + \frac{K_p \cdot K_d}{K_p + K_d} \right)}{K_1 + K_p + C_{vent} - \frac{K_p^2}{K_p + K_d}} \quad (4)$$

Wzór na temperaturę poddasza:

$$Tp0 = \frac{K_p \cdot Twew0 + K_d \cdot T_{zew0}}{K_p + K_d} \quad (5)$$

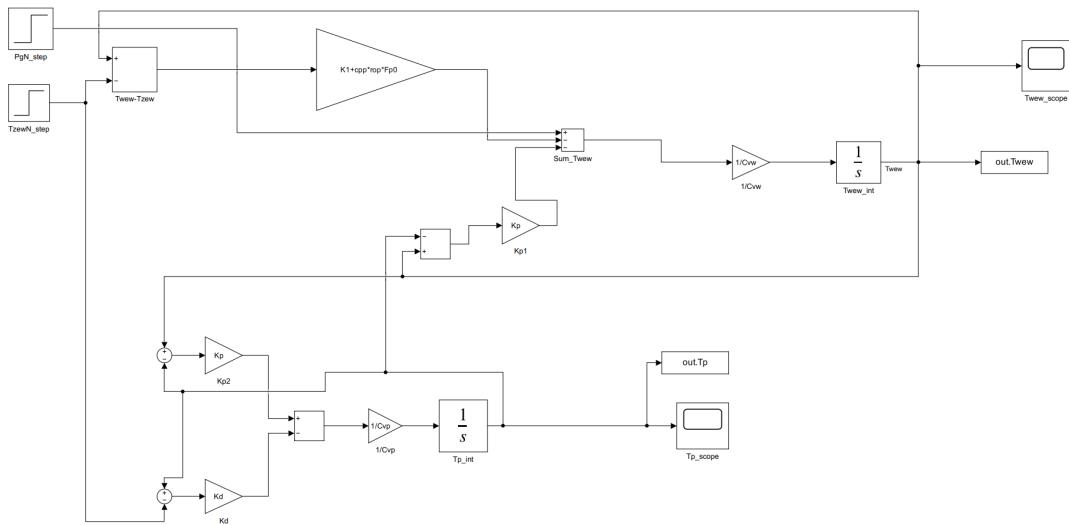
2 Wartości obliczonych współczynników

Na podstawie powyższych wzorów obliczono następujące wartości:

- $K1 = 150$
- $Kp = 704$
- $Kd = 100.571$

3 Schemat programu

Model układu zrealizowany w środowisku Simulink.



Rysunek 1: Model układu w Simulink

4 Wykresy

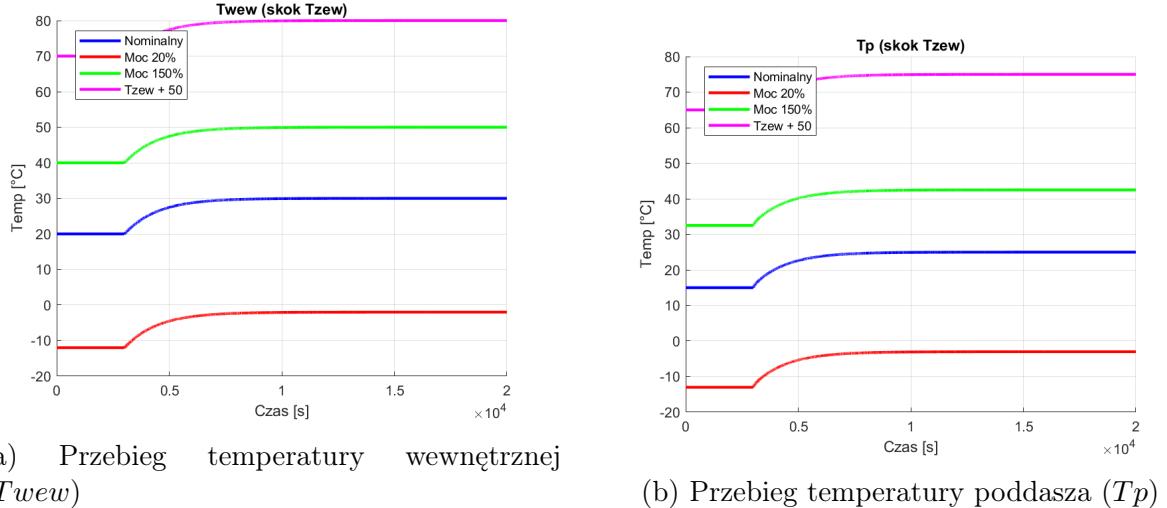
Poniżej przedstawiono wyniki symulacji komputerowej. Wykresy zostały podzielone na dwie grupy w zależności od rodzaju wymuszenia (skok temperatury zewnętrznej oraz skok mocy grzejnika).

Na wszystkich zamieszczonejach wykresach przyjęto następujące oznaczenia kolorystyczne dla analizowanych scenariuszy:

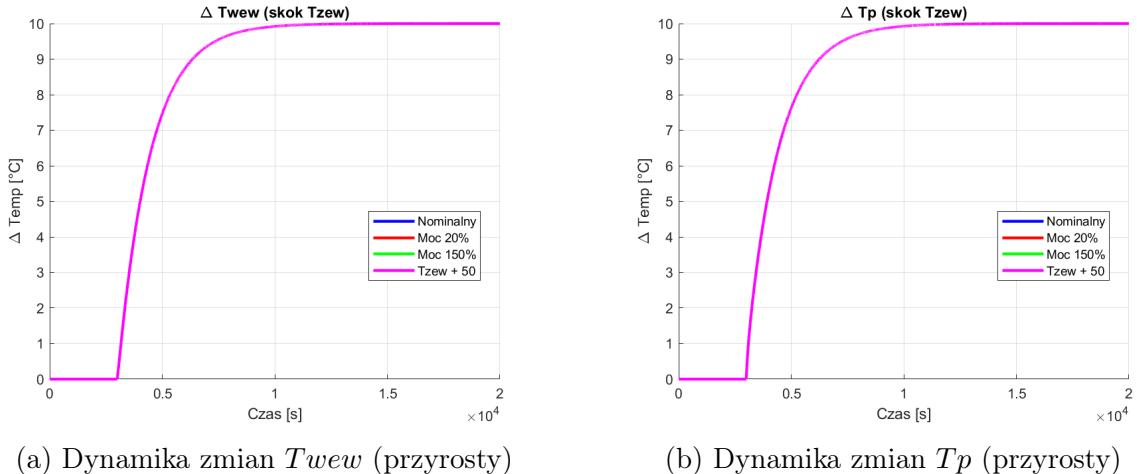
- **Linia niebieska:** Stan nominalny
- **Linia czerwona:** Moc grzejnika obniżona do 20% ($0.2P_{gN}$)
- **Linia zielona:** Moc grzejnika zwiększa do 150% ($1.5P_{gN}$)
- **Linia magenta:** Temperatura zewnętrzna wyższa o $50^{\circ}C$

4.1 Symulacja A: Odpowiedź na skok temperatury zewnętrznej

W tej części symulacji wymuszeniem był skok temperatury zewnętrznej o $+10^\circ\text{C}$ ($dT_{zew} = 10$), przy stałej mocy grzejnika ($dP_g = 0$).



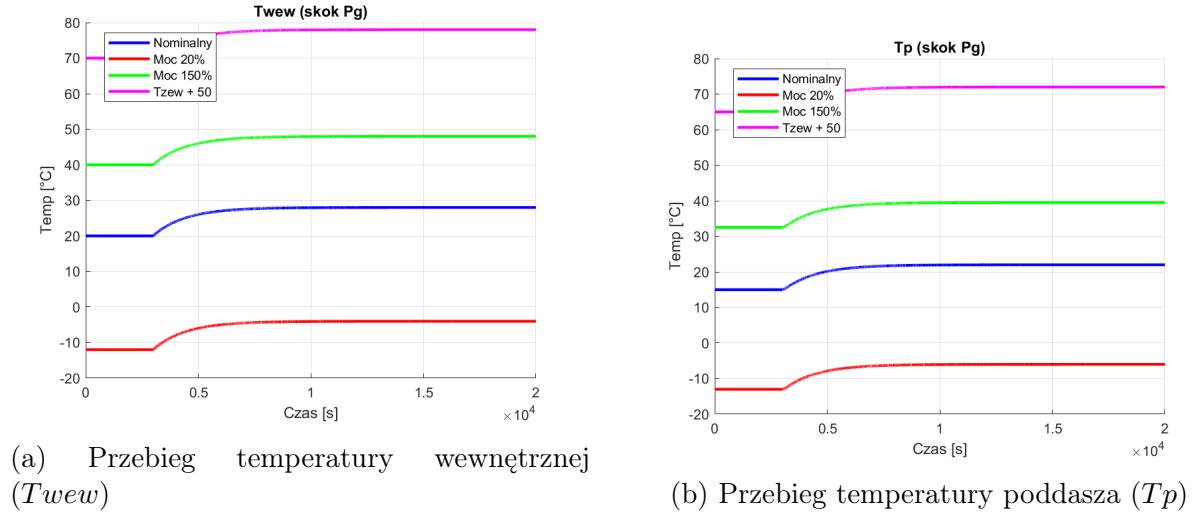
Rysunek 2: Wartości bezwzględne temperatur przy skoku T_{zew}



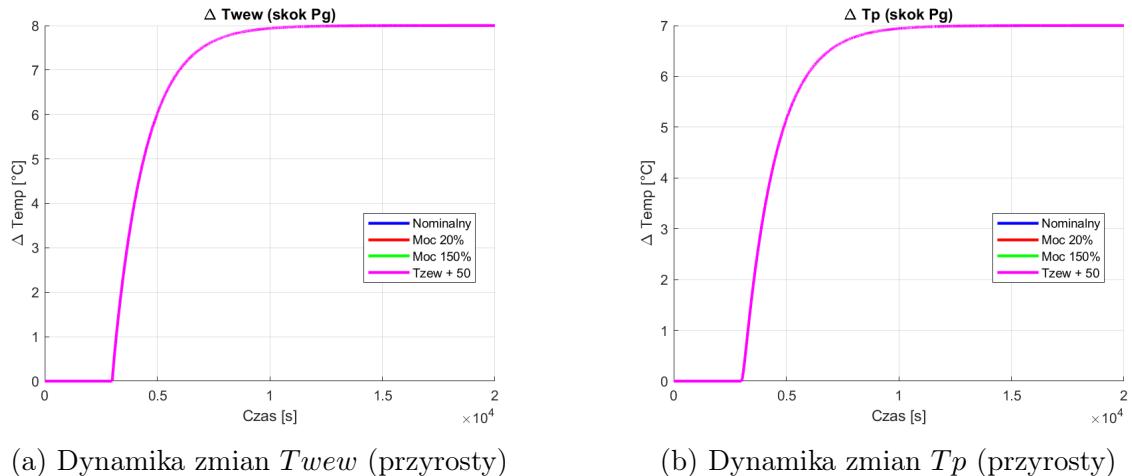
Rysunek 3: Odchyłki temperatur od stanu początkowego przy skoku T_{zew}

4.2 Symulacja B: Odpowiedź na skok mocy grzejnika

W tej części symulacji wymuszeniem był skok mocy grzejnika o $+20\%$ wartości nominalnej ($dP_g = 0.2P_{gN}$), przy braku zmian temperatury zewnętrznej ($dT_{zew} = 0$).



Rysunek 4: Wartości bezwzględne temperatur przy skoku mocy P_g



Rysunek 5: Odchyłki temperatur od stanu początkowego przy skoku mocy P_g

5 Kod skryptu MatLab

Kod MATLAB inicjalizujący parametry symulacji.

```

1 clear; close all; clc;
2
3 % --- 1. Parametry i Wsp czynniki ---
4 TzewN=-20; TwewN=20; TpN=15; PgN=10000; FpN=0.01;
5 cpp=1000; rop=1.2; Vw=250; Vp=0.25*Vw;
6
7 % Identyfikacja (Wariant b)
8 K1 = (0.6*PgN)/(TwewN-TzewN);
9 Kp = (PgN - K1*(TwewN-TzewN) - cpp*rop*FpN*(TwewN-TpN))/(TwewN-TpN);
```

```

10 Kd = (Kp*(TwewN-TpN))/(TpN-TzewN);
11 Cvp = cpp*rop*Vp; CvW = cpp*rop*Vw;
12
13 % --- 2. Konfiguracja Przypadk w (4 scenariusze) ---
14 % Kolumny: [mno nik_Pg , dodatek_Tzew, mno nik_Fp]
15 Scenariusze = [1, 0, 1; % 1. Nominalny
16             0.2, 0, 1; % 2. Spadek mocy (20% Pg)
17             1.5, 0, 1; % 3. Wzrost mocy (150% Pg) - NOWY
18             1, 50, 1]; % 4. Wzrost Temp (Tzew + 50st)
19
20 Opisy = {'Nominalny', 'Moc grzejnika 20%', 'Moc grzejnika 150%', 'Tzew + 50'};
21 Kolory = {'b', 'r', 'g', 'm'}; % Niebieski, Czerwony, Zielony, Magenta
22
23 % Ustawienia symulacji
24 czas=20000; t_skok=3000; skok_dTzew=10; skok_dPg=0;
25 dTzew0=skok_dTzew; dPg0=skok_dPg;
26
27 % --- 3. P tla Symulacyjna ---
28 for i = 1:size(Scenariusze, 1)
29     % Ustalenie warunk w
30     Pg0 = Scenariusze(i,1) * PgN;
31     Tzew0 = TzewN + Scenariusze(i,2);
32     Fp0 = Scenariusze(i,3) * FpN;
33
34     % Punkt r wnowagi (wz r analityczny)
35     Cv_vent = cpp*rop*Fp0;
36     Mian = K1 + Kp + Cv_vent - (Kp^2)/(Kp+Kd);
37     Twew0 = (Pg0 + Tzew0*(K1 + Cv_vent + (Kp*Kd)/(Kp+Kd))) / Mian;
38     Tp0 = (Kp*Twew0 + Kd*Tzew0)/(Kp+Kd);
39
40     % Symulacja
41     out = sim("Mis1.slx", czas);
42
43     % Rysowanie
44     DaneY = {out.Twew, out.Tp, out.Twew-out.Twew(1), out.Tp-out.Tp(1)};
45     Tytuly = {'Twew (abs)', 'Tp (abs)', '\Delta Twew', '\Delta Tp'};
46
47     for k=1:4
48         figure(k); hold on; grid on;
49         % LineWidth 2 dla lepszej czytelno ci
50         plot(out.tout, DaneY{k}, 'Color', Kolory{i}, 'LineWidth', 2, 'DisplayName', Opisy{i});
51         if i==1, title(Tytuly{k}); xlabel('Czas [s]'); ylabel('Temp [ C ]'); end
52     end
53 end
54
55 % --- 4. Legenda ---
56 for k=1:4, figure(k); legend('Location', 'best'); end

```

6 Wnioski

- **Liniowość modelu:** Idealne pokrywanie się wykresów przyrostów (ΔT) dowodzi, że reakcja układu na wymuszenie jest identyczna niezależnie od punktu pracy.
- **Stabilność:** Układ jest inercyjny i aperiodyczny; dąży do nowego stanu równowagi wykładniczo, bez oscylacji i przeregulowań.
- **Moc grzewcza:** Wzrost mocy P_g przekłada się proporcjonalnie na wzrost temperatury wewnętrz, a następnie z opóźnieniem na wzrost temperatury poddasza.
- **Zakłócenia:** Temperatura zewnętrzna działa jako zakłócenie addytywne – przesuwa wykresy temperatury w pionie, nie zmieniając dynamiki procesu.
- **Sprzężenie stref:** Izolacja stropu sprawia, że zmiany temperatury na poddaszu są wygładzone i opóźnione względem zmian na parterze.