

Symulator zbiornika mieszanego, z płaszczem termicznym, ogrzewanego za pomocą cieczy

1. Model Matematyczny

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{1 + \epsilon} \left[\frac{1}{\tau} (T_p - T) + Q (T_q - T) \right]$$

$$T(n + 1) = T(n) + \frac{1}{1 + \epsilon} \left[\frac{1}{\tau} (T_p - T(n)) + Q (T_q(n + 1) - T(n)) \right]$$

$$E(n + 1) = E(n) + (T_q(n + 1) - T(n + 1)) \cdot A_q \cdot k_q$$

$$\epsilon = \frac{m_s c_s}{V \rho c_p}, Q = \frac{A_q k_q}{V \rho c_p}, \tau = \frac{V}{F_v}$$

Gdzie:

A_q – Powierzchnia przekazywania ciepła, m^2

c_s – Ciepło właściwe zbiornika, $\frac{J}{kgK}$

c_p – Ciepło właściwe substancji w zbiorniku, $\frac{J}{kgK}$

F_v – Przepływ substancji w zbiorniku, $\frac{m^3}{s}$

k_q – Współczynnik wymiany ciepła, $\frac{W}{m^2K}$

m_s – Masa zbiornika, kg

t – czas, s

T – Temperatura substancji w zbiorniku, K

T_p – Temperatura początkowa substancji wpływającej do zbiornika, K

T_q – Temperatura substancji ogrzewającej, K

V – Objętość substancji w zbiorniku, m^3

E – Całkowite przekazane ciepło przez substancje ogrzewającą, J

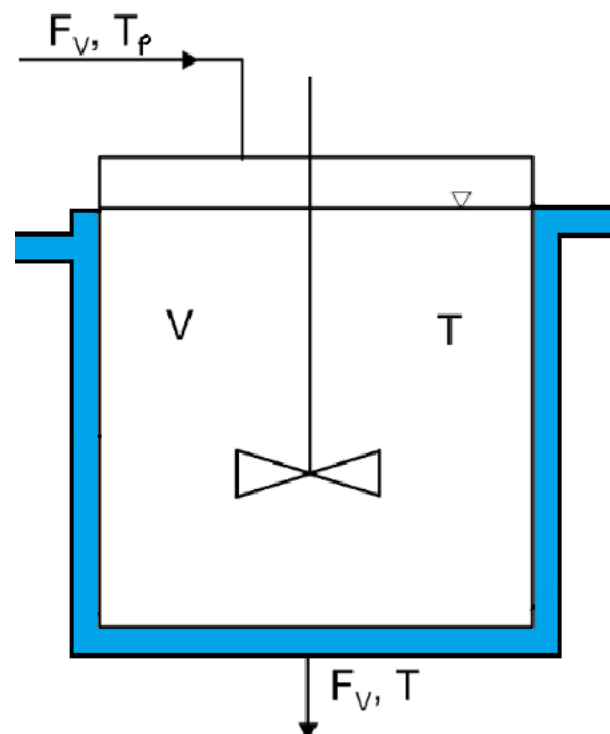
ρ – gęstość cieczy, $\frac{kg}{m^3}$

ϵ – stosunek pojemności cieplnej zbiornika do pojemności cieplnej cieczy

Q – współczynnik przenikania ciepła

τ – czas pobytu substancji, s

2. Rysunek



3. Scenariusze symulacji

Symulacja 1.

Model ma za zadanie podgrzać substancję, która wpływa do zbiornika o 10 °C, przy standardowych parametrach regulatora PID oraz właściwościach własnych zbiornika i substancji. Jak widzimy, po ustabilizowaniu substancja ogrzewająca zachowuje wyższą temperaturę od substancji w zbiorniku, gdyż stale musi ona oddawać ciepło by utrzymać zadaną temperaturę cieczy ogrzewanej.

Symulator zbiornika mieszanego, z płaszczem termicznym, ogrzewanego za pomocą cieczy

Kp współczynnik wzmocnienia

0,2

Tf Temperatura na wlocie [°C]

27

Czas pobytu substancji τ [s]

4

Pojemność cieplna sybstancji ogrzewanej [J/°C]

100

Współczynnik wymiany ciepła między płaszczem wodnym a zbiornikiem [W/(m² · K)]

3,4

Powierzchnia przekazywania ciepła w płaszczu wodnym [m²]

42

Temperatura zadana [°C]

37

Czas symulacji [s]

20

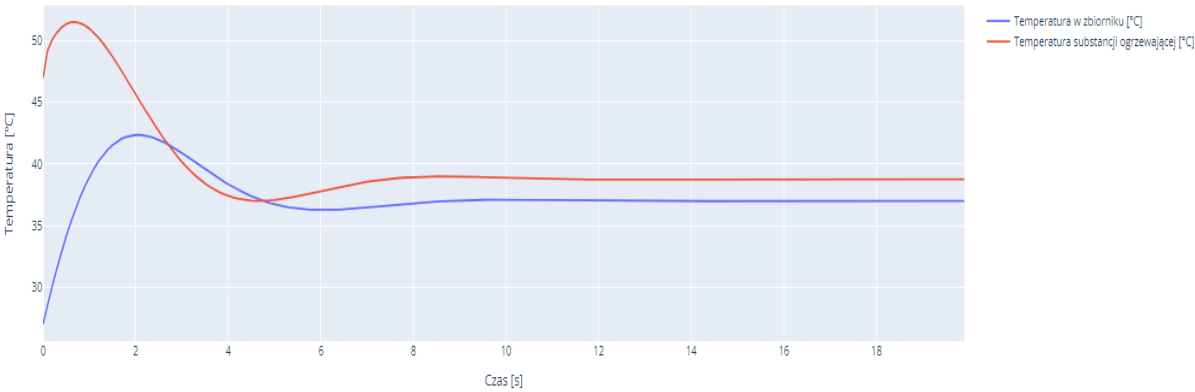
Początkowa temperatura w zbiorniku [°C]

27

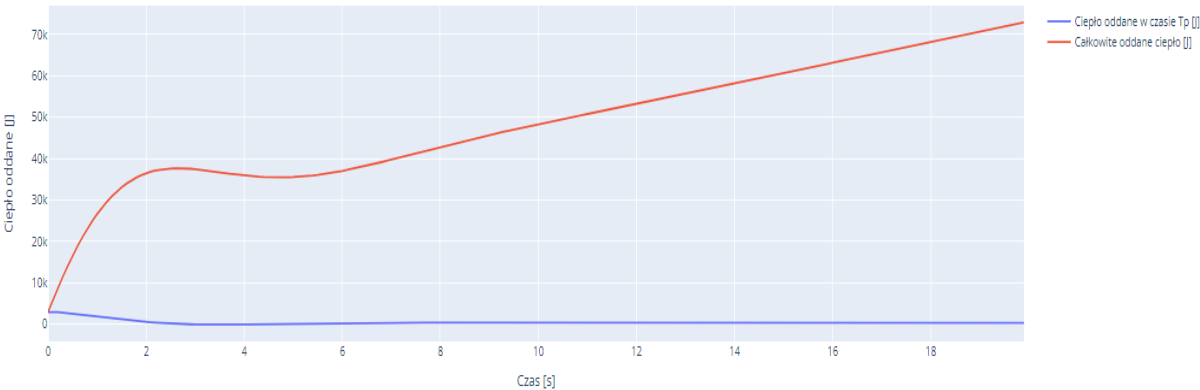
Tp [s]

0,1

Symulacja regulacji PID



Ilość przekazywanego ciepła



Symulacja 2.

Model ma za zadanie ochłodzić substancję, która wpływa do zbiornika. Jak widać po ustabilizowaniu temperatura w płaszczu grzewczym jest mniejsza od temperatury zadanej, gdyż nasz płaszcz w tym momencie pobiera ciepło, zamiast go oddawać. Drugi wykres dobrze to przedstawia pokazując, że ciepło oddane przez substancję ogrzewającą w tym scenariuszu, po pewnym okresie czasu, jest ujemne.

Symulator zbiornika mieszanego, z płaszczem termicznym, ogrzewanego za pomocą cieczy

Kp współczynnik wzmocnienia

0,2

Tf Temperatura na wlocie [°C]

40

Czas pobytu substancji τ [s]

4

Pojemność cieplna sybstancji ogrzewanej [J/°C]

100

Współczynnik wymiany ciepła między płaszczem wodnym a zbiornikiem [W/(m² · K)]

3,3

Powierzchnia przekazywania ciepła w płaszczu wodnym [m²]

48

Temperatura zadana [°C]

36

Czas symulacji [s]

20

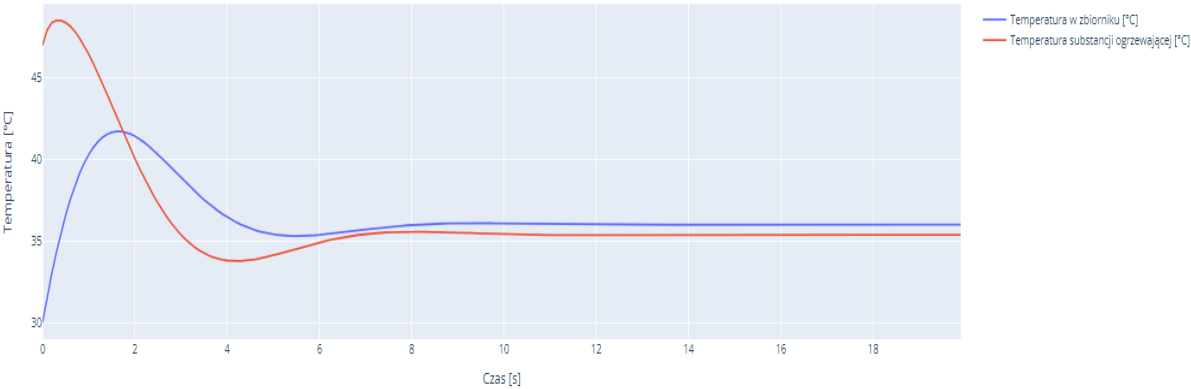
Początkowa temperatura w zbiorniku [°C]

30

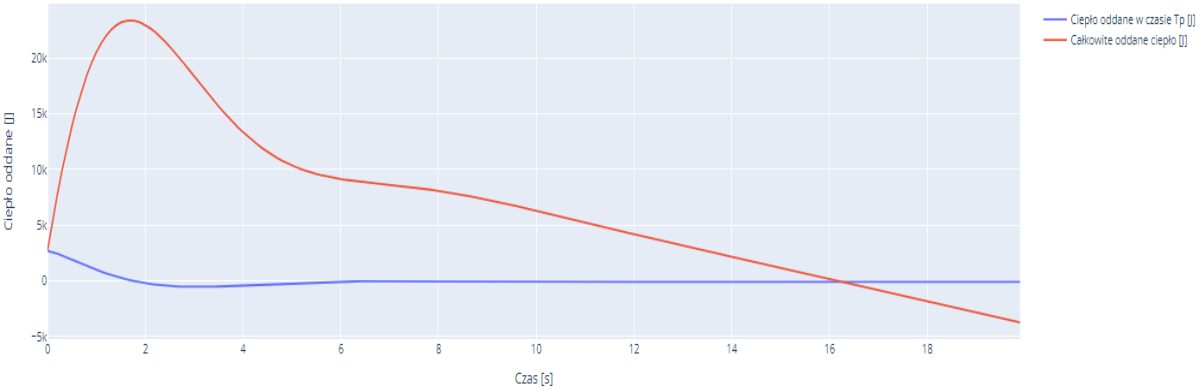
Tp [s]

0,1

Symulacja regulacji PID



Ilość przekazywanego ciepła



Symulacja 3.

Model ma tym scenariuszu, zachować stałą temperaturę substancji na dopływie jak i na odpływie zbiornika. Stąd po ustabilizowaniu widzimy, że temperatura w płaszczu grzewczym przyjmuje tą samą wartość to temperatura zadana, a ciepło oddawane przez substancję ogrzewającą od pewnego momentu pozostaje stałe.

Symulator zbiornika mieszanego, z płaszczem termicznym, ogrzewanego za pomocą cieczy

Kp współczynnik wzmocnienia

0,1

Tf Temperatura na wlocie [°C]

54

Czas pobytu substancji τ [s]

5,8

Pojemność cieplna sybstancji ogrzewanej [J/°C]

87

Współczynnik wymiany ciepła między płaszczem wodnym a zbiornikiem [W/(m² · K)]

5,3

Powierzchnia przekazywania ciepła w płaszczu wodnym [m²]

45

Temperatura zadana [°C]

54

Czas symulacji [s]

20

Początkowa temperatura w zbiorniku [°C]

47

Tp [s]

0,1

