Politechnika Wrocławska

Zadanie projektowe 3

Podstawy Informatyki Przemysłowej

Paola Jaroń (279971)
2025-11-27

1. Model

$$c\dot{y} + dy = u + dz$$

$$c\dot{y} = u + d(z - y)$$

$$c\dot{T}_w = P_g + d(T_z - T_w)$$

$$y \equiv T_w - temperatura\ wewnętrzna$$

$$z \equiv T_z - temperatura\ zewnętrzna$$

$$u\ \equiv P_g - moc\ grzałki$$

$$c - kubatura\ sali$$

$$d - przewodność\ cieplna\ ścian\ sali$$

2. Użyte wzory

Wzór z wykładu i jego przekształcenie do modelu transmitancji:

$$c\dot{y} + dy = u + dz$$
$$\mathcal{L}(c\dot{y} + dy) = \mathcal{L}(u + dz)$$
$$Y(cs + d) = U + dZ$$
$$Y = \frac{U + dZ}{cs + d}$$

$$Y = \frac{1}{cs + d}U + \frac{d}{cs + d}Z \quad (1)$$

Algorytm P

Jest to algorytm proporcjonalny. U(t)jest proporcjonalny do błędu $\epsilon(t)$.

$$\epsilon(t) = y^* - t(t)$$

$$\mathcal{L}[u(t)] = \mathcal{L}\big(k_1\epsilon(t)\big)$$

$$U = k_1E$$

Gdzie:

$$E = Y^* - Y$$

Następnie wystarczy podstawić obliczone U do (1).

Algorytm I

Jest to algorytm całkujący. $u(t)$ jest zależne od sumy błędów w czasie.

$$u(t) = k_2 \int \epsilon(t)dt$$

$$\mathcal{L}[u(t)] = \mathcal{L}\left[k_2 \int \epsilon(t)dt\right]$$

$$U \ = k_2 \frac{1}{s} E$$

Następnie wystarczy podstawić obliczone U do (1).

Algorytm PI

Wystarczy dodać wyniki uzyskane powyżej.

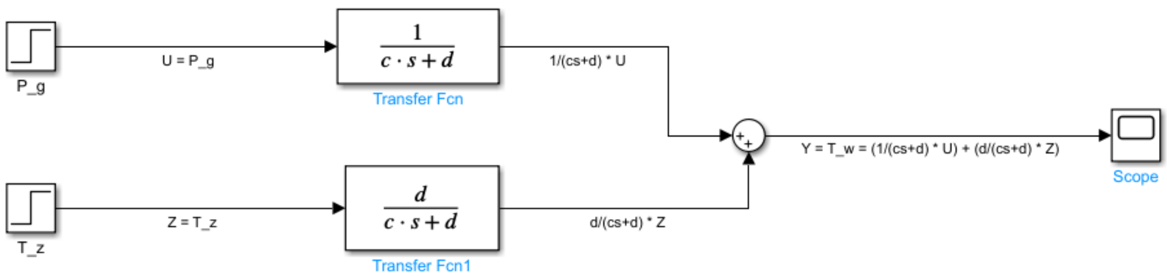
$$U \ = k_1 E + k_2 \frac{1}{s} E$$

3. Wyniki

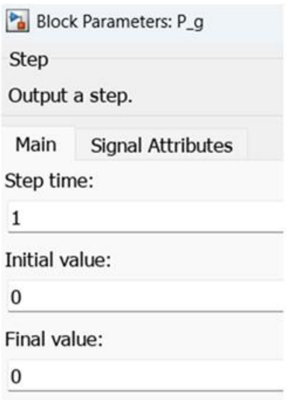
Część (i) – obiekt sterowania

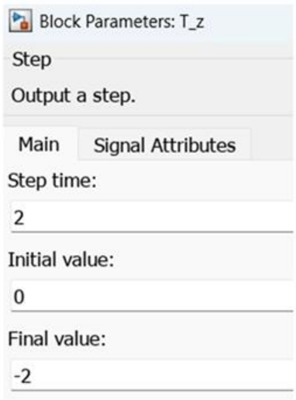
Zad. 1

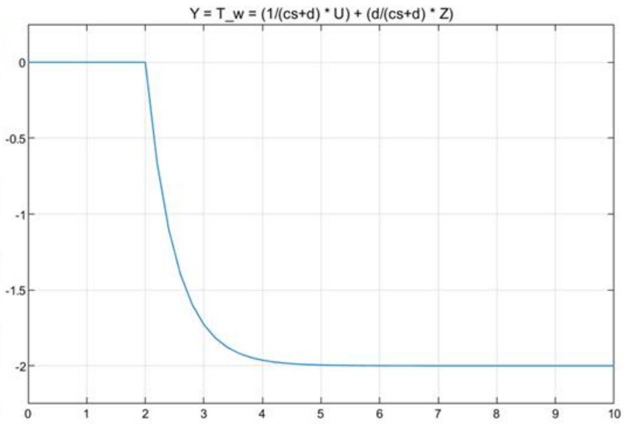
Zaimplementowany model:



Zad. 2







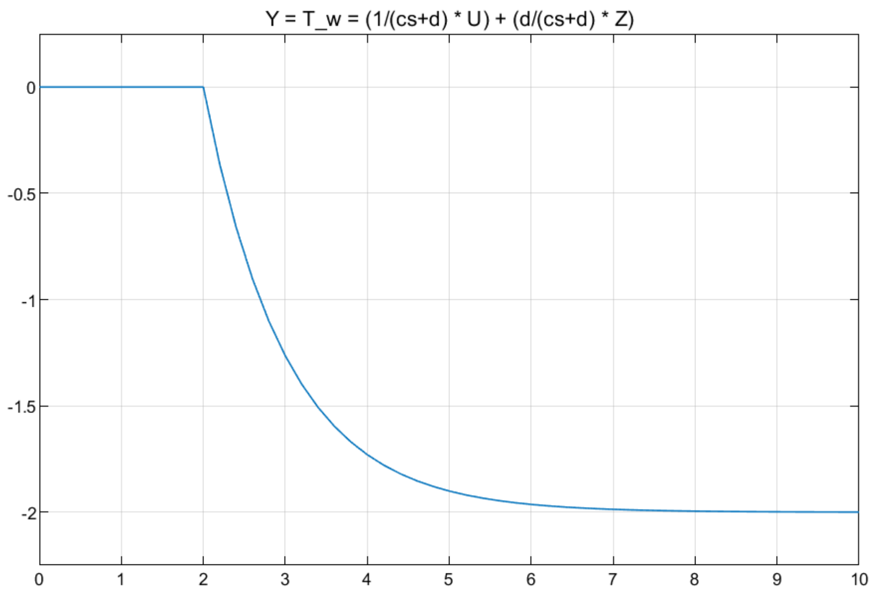
Komentarz:

Temperatura wewnętrzna spada z 0°C do -2°C w 2. momencie (sekundzie) symulacji i trwa to około 3 sekundy. Wartość końcowa stabilizuje się na nowej równowadze:

$$\dot{T}_w = 0 \Rightarrow T_w = T_z$$

Zad. 3

```
>> d=4/2;
```



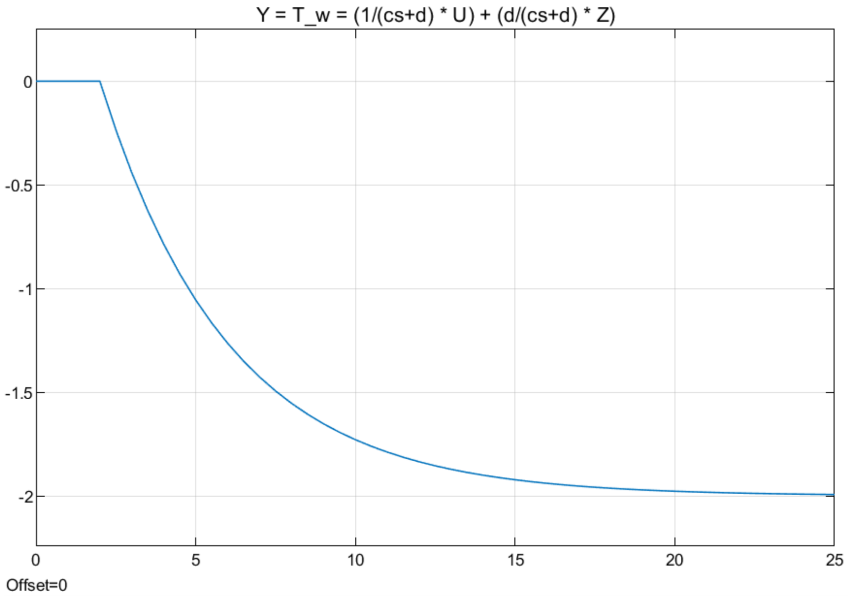
Komentarz:

- Aby dwukrotnie zwiększyć opór cieplny ścian sali należy dwukrotnie zmniejszyć wartość parametru d, czyli przewodności cieplnej ścian.

- Po zwiększeniu oporu cieplnego ścian temperatura wewnętrzna maleje wolniej.

Zad. 4

```
>> c=4*c;
```

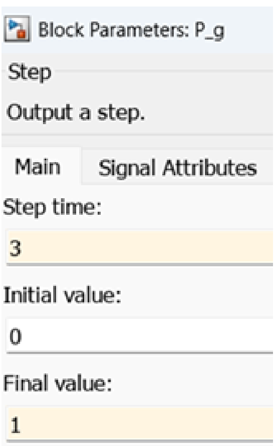


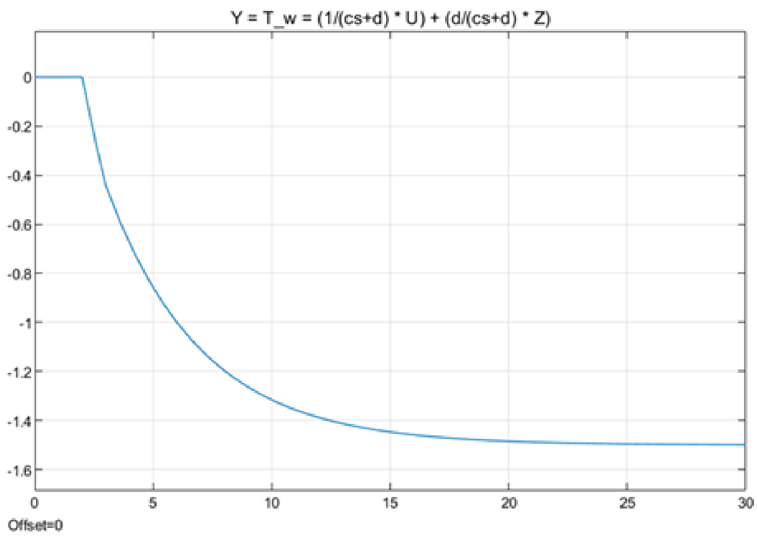
Komentarz:

- Jeśli “sala wykładowa” jest 2x wyższa i 2x dłuższa, to jej kubatura zwiększa się czterokrotnie. Dlatego wartość parametru c musi być czterokrotnie większa.

- Po zwiększeniu kubatury sali czas jej ogrzewania wzrósł znacząco.

Zad. 5





Komentarz:

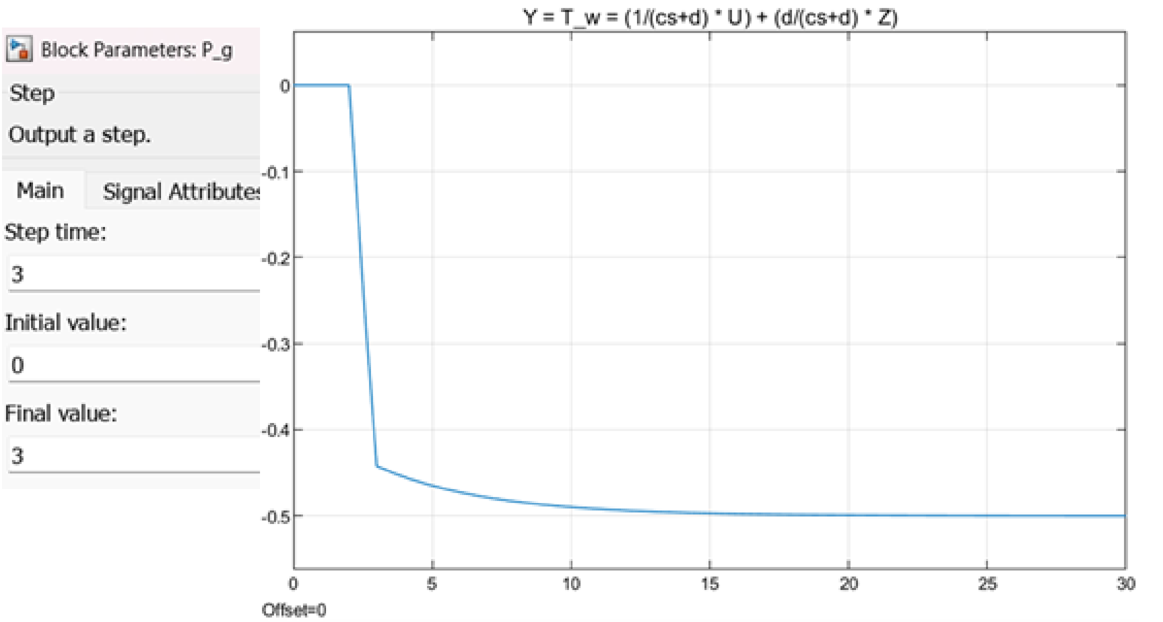
Po włączeniu ogrzewania o mocy $P_g = 1$ w 3. sekundzie symulacji spadek temperatury wewnętrznej zostaje częściowo zredukowany.

Temperatura nadal maleje (bo dążenie do –2°C jest silniejsze niż grzanie), ale wolniej, po czym ustala się na wartości około -1,5°C.
Wynik ten wynika z równania równowagi:

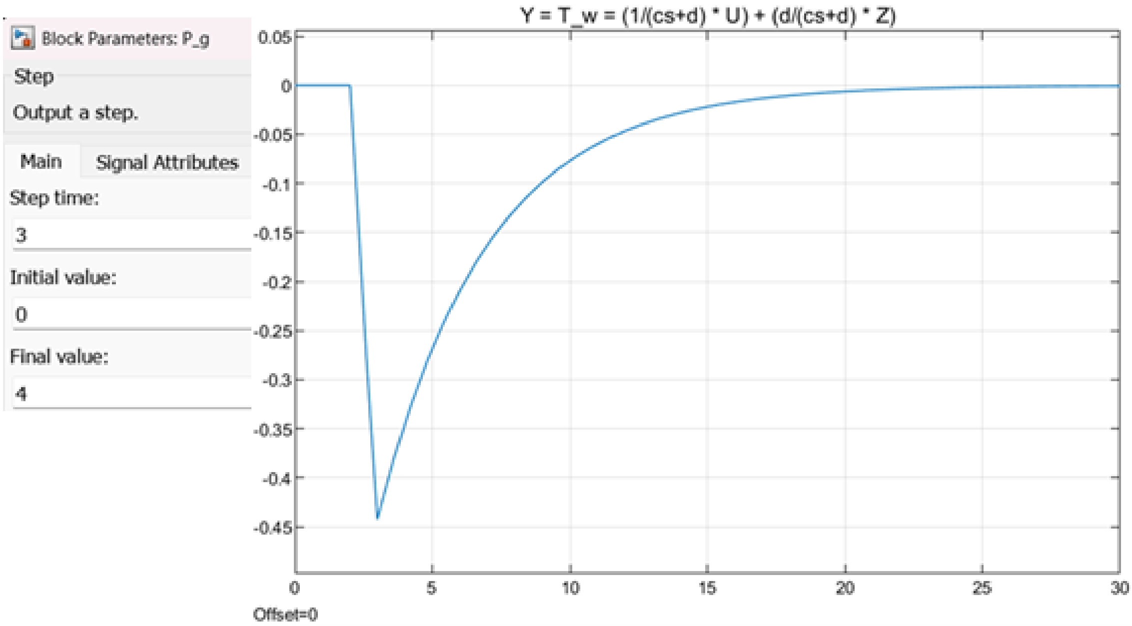
$$0 = P_g + d(T_z - T_w)$$

gdzie przy $P_g = 1, T_z = -2°C$ oraz $d = 2$ stan ustalony wypada na -1,5°C.

Zad. 6



Po zwiększeniu mocy grzałki do 3, temperatura wewnętrzna po 3. sekundzie zaczyna spadać bardzo powoli, stabilizując się na wartości -0,5°C. Moc grzałki jest zbyt mała aby skompensować chłodzenie zewnętrzne.



Po zwiększeniu mocy grzałki do 4, temperatura wewnętrzna spada do momentu włączenia grzałki, a po jej włączeniu wzrasta i wraca do wartości początkowej.

Wyjaśnienie:

- temperatura początkowa: 0°C,
- temperatura zewnętrzna: –2°C.

Warunek równowagi:

$$0 = P_g + d(T_z - T_w)$$

Dla $T_w = 0, T_z = -2$:

$$0 = P_g + d(-2 - 0)$$
$$P_g = 2d$$

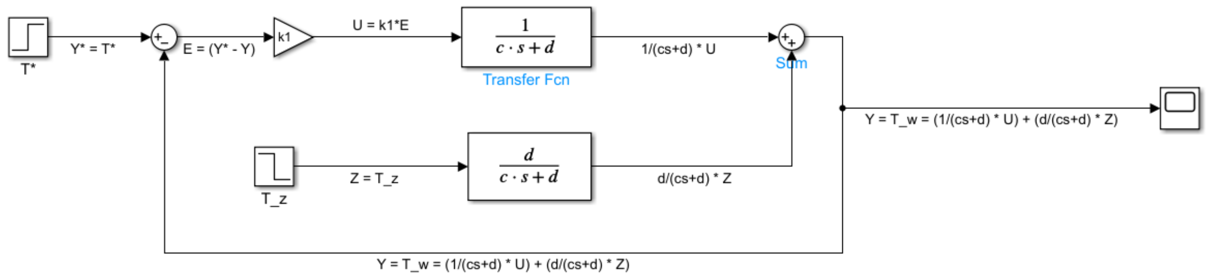
Dla $d = 2$:

$$P_g = 4$$

Część (ii) – system stabilizacji

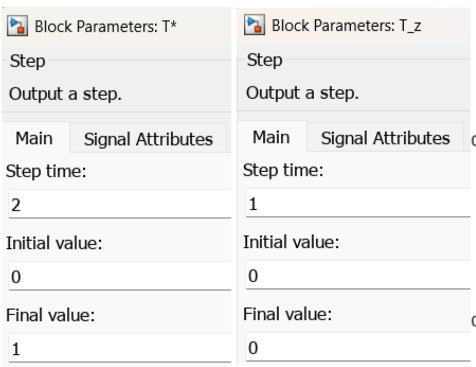
Zad. 1

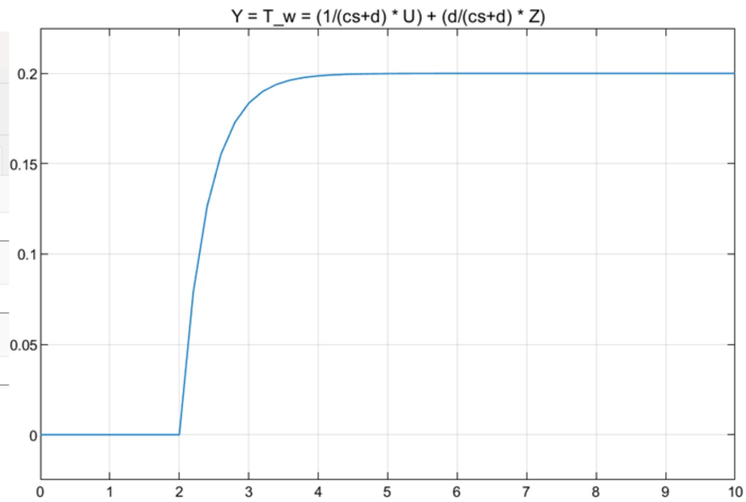
Zaimplementowany model:




```
>> k1 = 1;
>> c = 2;
>> d = 4;
```

Zad. 2

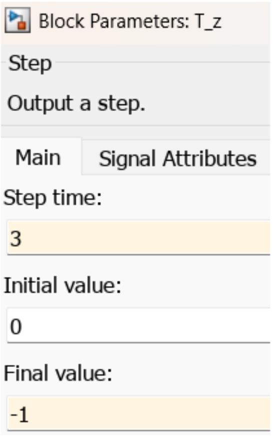


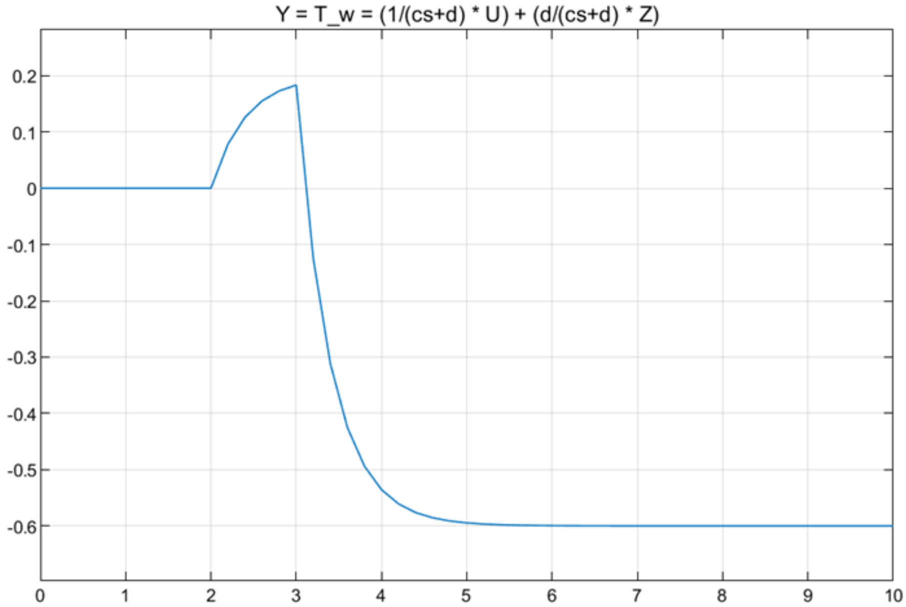


Po skokowym zwiększeniu wartości zadanej do 1°C w 2. sekundzie symulacji regulator P powoduje szybki wzrost temperatury, jednak układ nie osiąga wartości zadanej.

Temperatura ustala się na poziomie około 0.2°C - jest to związane z błędem ustalonym regulatora P.

Zad. 3



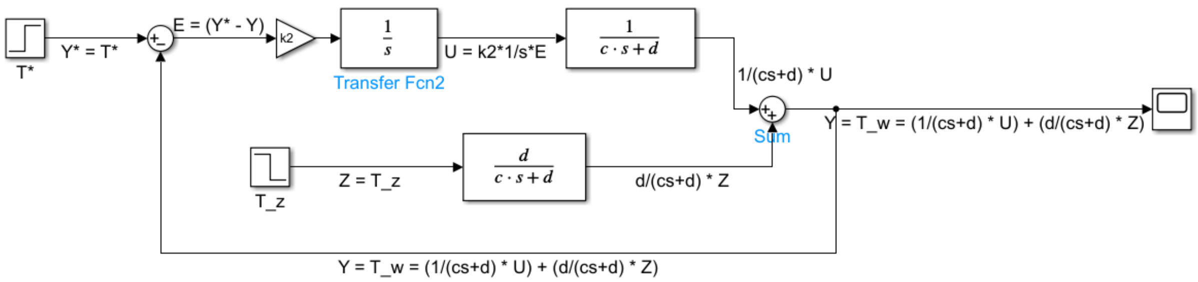


Po załączeniu regulatora proporcjonalnego i zadaniu skoku wartości zadanej temperatury do 1°C w 2. sekundzie symulacji oraz wystąpieniu spadku temperatury zewnętrznej do −1°C w 3. sekundzie symulacji, temperatura wewnętrzna ustala się na poziomie około −0,6°C. Wynika to z faktu, że w stanie ustalonym przy $k_p = 1, d = 4$ wkład zakłócenia przeważa i powoduje ujemną temperaturę końcową.

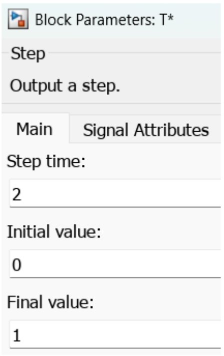
Zad. 4

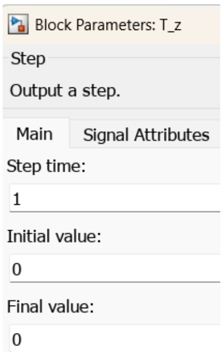
Zaimplementowany model:

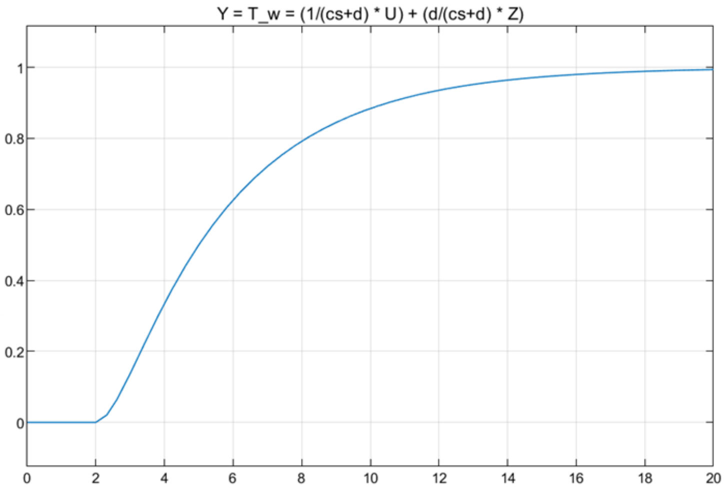
```
>> c = 2;
>> d = 4;
>> k2 = 1;
```



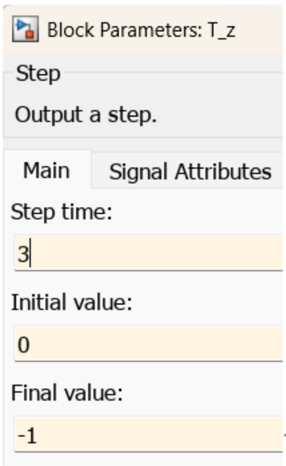
Zad. 5

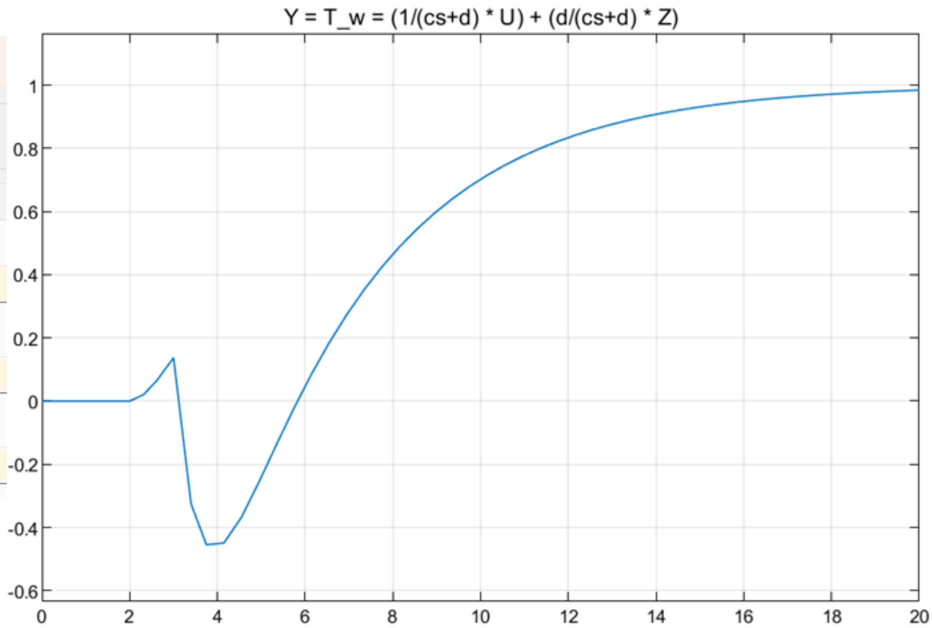






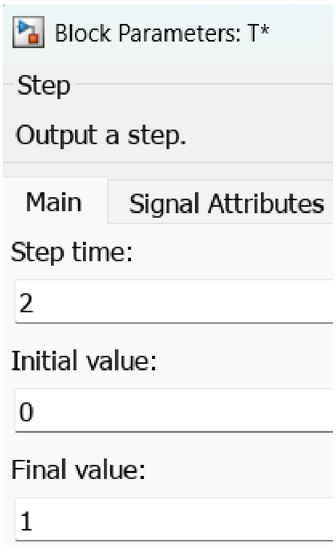
Temperatura wewnętrzna od 2. sekundy symulacji stopniowo rośnie aż do osiągnięcia zadanej wartości. Regulator I eliminuje błąd ustalony, dlatego temperatura wewnętrzna osiąga wartość zadaną niezależnie od parametrów obiektu. Reakcja jest jednak wyraźnie wolniejsza, co jest charakterystyczne dla członu całkującego.

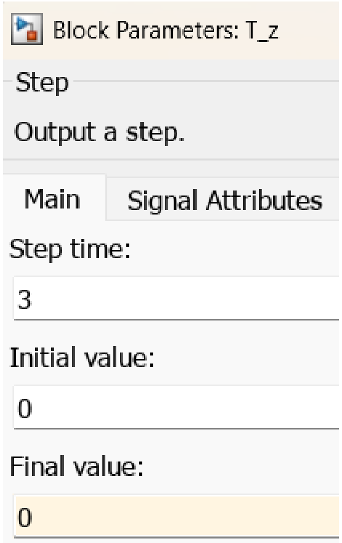




Regulator I usuwa błąd ustalony, ale wprowadza wolniejszą odpowiedź i przeregulowanie. Reakcja na zakłócenie jest mocno opóźniona, ale końcowa wartość poprawna. Układ jest stabilny, lecz powolny, co wynika z braku członu proporcjonalnego.

Zad. 6



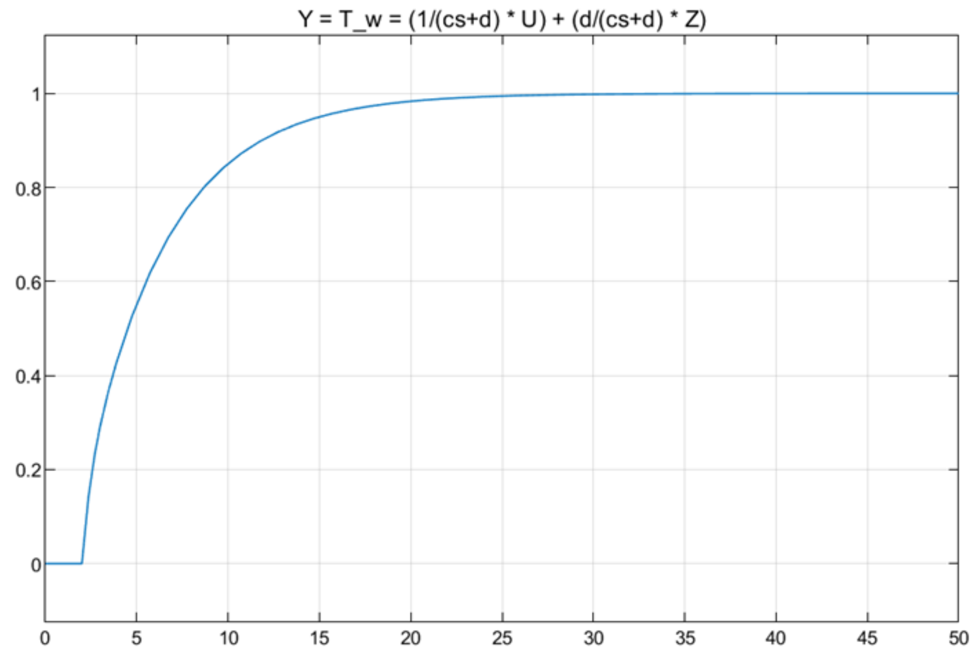


Temperatura zewnętrzna wynosi 0°C i nie zmienia się. Temperatura zadana w 2. sekundzie symulacji zmienia się z 0°C na 1°C.

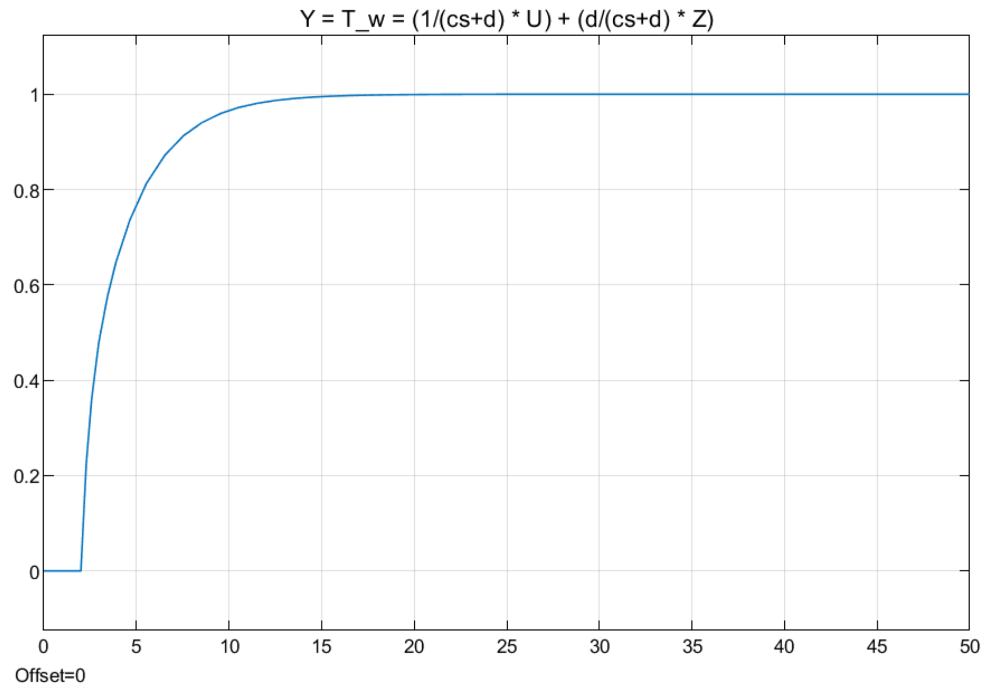
Dla wszystkich prób czas symulacji jest jednakowy i wynosi 50s, aby porównywać wyniki w jednakowym przedziale czasowym.

Wykresy dla wybranych wartości parametrów k_1 i k_2

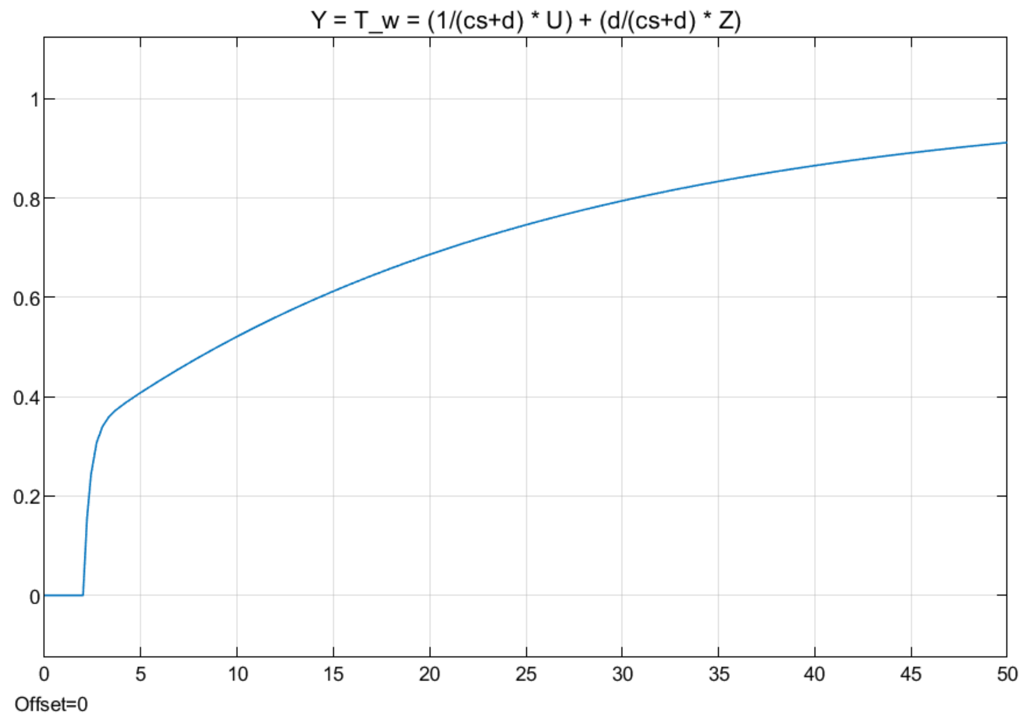
$$k_1 = 1, k_2 = 1$$



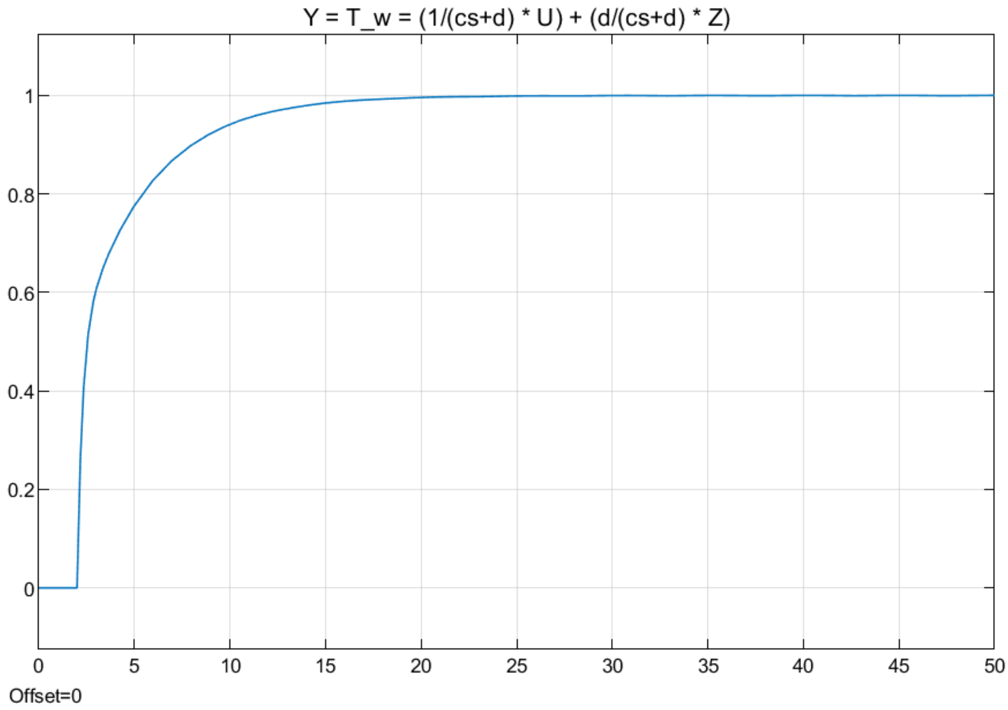
$$k_1 = 2, k_2 = 2$$

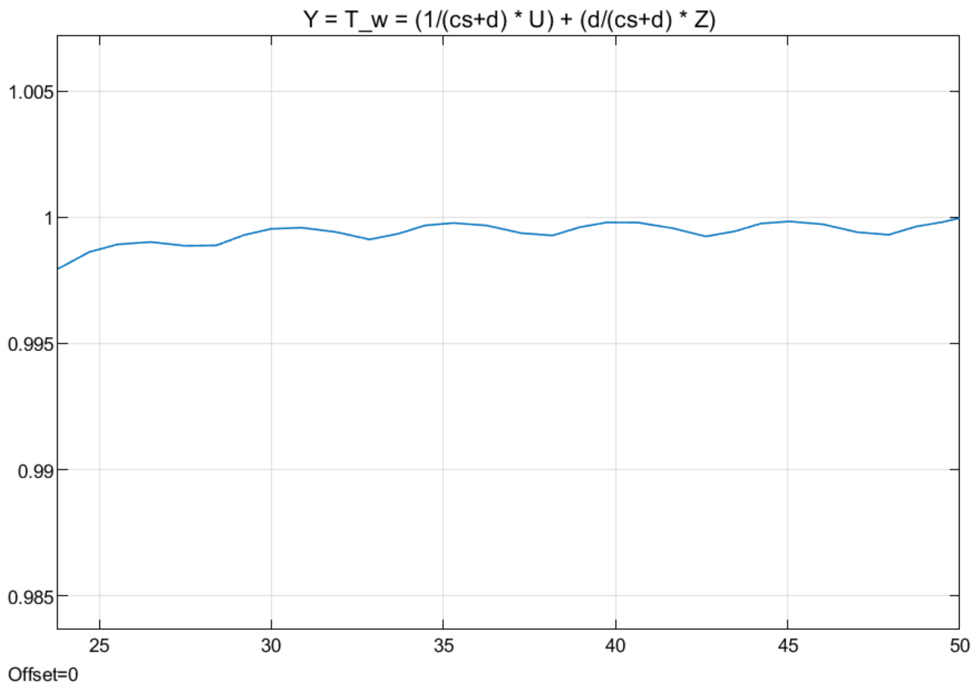


$$k_1 = 2, k_2 = 0,25$$



$$k_1 = 4, k_2 = 2$$





W tym przypadku wartość temperatury wewnątrz sali oscyluje poniżej wartości zadanej, ale w tym przedziale czasowym jej nie osiąga.

Tabela $M_p = \frac{y(\infty) - y_{max}}{y(\infty)}$:

k_1 \ k_2	**0,25**	**0,5**	**1**	**2**
0,5	-0,0590	-0,0034	0	0
1	-0,0701	-0,0055	0	0
2	-0,0883	-0,0110	-0,0001	0
4	-0,1104	-0,0238	-0,0012	-0,0002

Tabela t_p:

k_1 \ k_2	**0,25**	**0,5**	**1**	**2**
0,5	**50,00**	**50,00**	**41,65**	**18,80**
1	**50,00**	**50,00**	**46,53**	**21,85**
2	**50,00**	**50,00**	**50,00**	**27,15**
4	**50,00**	**50,00**	**50,00**	**35,14**

Komórki oznaczone kolorem to te, dla których zostały przedstawione wykresy.

Zaobserwowane zależności:

- większy k_1: szybsza reakcja, ale większe ryzyko przeregulowania,
- większy k_2: lepsza dokładność (szybsza eliminacja uchybu), ale zwiększone przeregulowanie i wydłużony czas ustalania,
- zbyt duże k_1 i k_2 razem: oscylacje i brak osiągnięcia wartości zadanej w badanym przedziale czasowym (co widać na jednym z przebiegów).

Tabele 4×4 dla wartości M_p i t_p potwierdzają te zależności:

- ujemne wartości M_p oznaczają niedostępność maksimum powyżej wartości zadanej (układ nie zdążył dojść do zadanej wartości),
- wartości $t_p = 50s$ oznaczają, że maksimum nie wystąpiło w oknie symulacji.