Zespół	Radosław Smoter Arkadiusz Halat
Numer grupy	LK3
Nazwa ćwiczenia	Dyskretyzacja metody: ZOH oraz Tustina.
Numer ćwiczenia	3
Data oddania	22.05.2022
Prowadzący przedmiot	Mgr inż. Denys Gutenko
Ocena	

Modelowanie Układów Dynamicznych

Kraków 2022

Spis treści

1 Cel ćwiczenia

Zamiana ciągłego sygnału na sygnał dyskretny.

2 Transmitancja

2.1 Zadanie 1.

2.1.1 Obiekt inercyjny III rzędu.

$$G(s)=\frac{3{,}5}{(3{,}5s+1)(1{,}5s+1)(2{,}5s+1)}$$

$$\mathscr{L}^{-1}=\frac{21e^{\frac{-2t}{3}}}{8}-\frac{35e^{\frac{-2t}{5}}}{4}+\frac{49e^{\frac{-2t}{7}}}{8}$$

2.1.2 Obiekt inercyjny IV rzędu.

$$G(s)=\frac{3{,}5}{(3{,}5s+1)(1{,}5s+1)(2{,}5s+1)(0{,}7s+1)}$$

$$\mathscr{L}^{-1}=\frac{315e^{\frac{-2t}{3}}}{64}-\frac{875e^{\frac{-2t}{5}}}{72}+\frac{245e^{\frac{-2t}{7}}}{32}-\frac{245e^{\frac{-10t}{7}}}{576}$$

2.2 Zadanie 2.

$$G(s)=\frac{3{,}5}{s(3{,}5s+1)}$$

$$\mathscr{L}^{-1}=\frac{7}{2}-\frac{7e^{\frac{-2t}{7}}}{2}$$

2.3 Zadanie 3.

$$G(s)=\frac{3{,}5s}{(3.5s+1)}$$

$$\mathscr{L}^{-1}=\delta(t)-\frac{2e^{\frac{-2t}{7}}}{7}$$

2.4 Zadanie 4.

$$G(s)=\frac{3{,}5}{(3.5s+1)(1{,}5s+1)}$$

$$\mathscr{L}^{-1}=\frac{-7e^{\frac{-2t}{3}}}{4}+\frac{7e^{\frac{-2t}{7}}}{4}$$

2.5 Zadanie 5.

$$G(s)=\frac{3.5}{3.5^2 s^2+2\cdot 0{,}35\cdot 3.5\cdot s+1}$$

$$\mathscr{L}^{-1}=\frac{20\sqrt{39}\,e^{\frac{-t}{10}}\sin\left(\frac{3\sqrt{39}t}{70}\right)}{117}$$

2.6 Zadanie 6.

$$G(s)=\frac{3{,}5\cdot e^{-0{,}7\,s}}{3{,}5\,s+1}$$

$\mathscr{L}^{-1}=e^{\frac{1}{5}-\frac{2t}{7}}\theta\left(t-\frac{7}{10}\right)$ Nagłówek 3

3 Informacje o obiektach

Wzmocnienie: $k=3{,}5$.

Stałe czasowe: $T=3.5$, $T_1=1.5$, $T_2=2{,}5$, $T_0=0{,}7$.

4 Kod

4.1 Zadanie 1.

4.1.1 Obiekt inercyjny III rzędu.

```
clear; close all; clc; %czyszczenie workspace

% Stałe.
k = 3.5; % Wzmocnienie układu inercyjnego.
T = 3.5; % Stała czasowa.
T1 = 1.5; % Stała czasowa.
T2 = 2.5; % Stała czasowa.

% Czas.
Ts = 0.5; % Czas próbkowania.
t = 0:Ts:30; % zakres zmiennej czasu

% Stwórz obiekt inercyjny.
s = tf('s'); % Definicja operatora Laplace'a.
Iner = k / ((1 + s * T) * (1 + s * T1) * (1 + s * T2)); % Obiekt inercyjny
III rzędu.
Iner_ZOH = c2d(Iner, Ts, 'zoh'); % Dyskretyzacja metodą ZOH.
Iner_Tustin = c2d(Iner, Ts, 'tustin'); % Dyskretyzacja metodą Tustina.

figure(1)

% Odpowiedź na wymuszenie skokowe.
[W, time] = step(Iner, t);
[Wd, time] = step(Iner_ZOH, t); % Układ ZOH.
[Wd1, time] = step(Iner_Tustin, t); % Układ Tustina.

% Charakterystyka odpowiedzi skokowej.
plot(t, W); hold all;
stairs(t, Wd);
stairs(t, Wd1);

legend('Ciągły', "ZOH", "Tustin");
grid on;
```

4.1.2 Obiekt inercyjny IV rzędu.

```
clear; close all; clc; %czyszczenie workspace

% Stałe.
k = 3.5; % Wzmocnienie układu inercyjnego.
T = 3.5; % Stała czasowa.
T1 = 1.5; % Stała czasowa.
T2 = 2.5; % Stała czasowa.
T0 = 0.7; % Opóźnienie.
```

```
% Czas.
Ts = 0.5; % Czas próbkowania.
t = 0:Ts:30; % zakres zmiennej czasu

% Stwórz obiekt inercyjny.
s = tf('s'); % Definicja operatora Laplace'a.
Iner = k / ((1 + s * T) * (1 + s * T1) * (1 + s * T2) * (1 + s * T0)); %
Obiekt inercyjny IV rzędu.
Iner_ZOH = c2d(Iner, Ts, 'zoh'); % Dyskretyzacja metodą ZOH.
Iner_Tustin = c2d(Iner, Ts, 'tustin'); % Dyskretyzacja metodą Tustina.

figure(1)

% Odpowiedź na wymuszenie skokowe.
[W, time] = step(Iner, t);
[Wd, time] = step(Iner_ZOH, t); % Układ ZOH.
[Wd1, time] = step(Iner_Tustin, t); % Układ Tustina.

% Charakterystyka odpowiedzi skokowej.
plot(t, W); hold all;
stairs(t, Wd);
stairs(t, Wd1);

legend('Ciągły', "ZOH", "Tustin");
grid on;
```

4.2 Zadanie 2.

```
clear; close all; clc; %czyszczenie workspace

% Stałe.
k = 3.5; % Wzmocnienie układu inercyjnego.
T = 3.5; % Stała czasowa.

% Czas.
Ts = 0.5; % Czas próbkowania.
t = 0:Ts:30; % zakres zmiennej czasu

% Stwórz obiekt inercyjny.
s = tf('s'); % Definicja operatora Laplace'a.
Iner = k / (T * s^2 + s); % Obiekt całkujący z inercją.
Iner_ZOH = c2d(Iner, Ts, 'zoh'); % Dyskretyzacja metodą ZOH.
Iner_Tustin = c2d(Iner, Ts, 'tustin'); % Dyskretyzacja metodą Tustina.

figure(1)

% Odpowiedź na wymuszenie skokowe.
[W, time] = step(Iner, t);
[Wd, time] = step(Iner_ZOH, t); % Układ ZOH.
[Wd1, time] = step(Iner_Tustin, t); % Układ Tustina.

% Charakterystyka odpowiedzi skokowej.
plot(t, W); hold all;
```

```
stairs(t, Wd);
stairs(t, Wd1);

legend('Ciągły', "ZOH", "Tustin");
grid on;
```

4.3 Zadanie 3.

```
clear; close all; clc; %czyszczenie workspace

% Stałe.
k = 3.5; % Wzmocnienie układu inercyjnego.
T = 3.5; % Stała czasowa.
T1 = 1.5; % Stała czasowa.
T2 = 2.5; % Stała czasowa.
T0 = 0.7; % Opóźnienie.
zeta = 0.35; % Współczynnik tłumienia.

% Czas.
Ts = 0.5; % Czas próbkowania.
t = 0:Ts:30; % zakres zmiennej czasu

% Stwórz obiekt inercyjny.
s = tf('s'); % Definicja operatora Laplace'a.
Iner = (k * s) / (T * s + 1); % Obiekt różniczkujący rzeczywisty.
Iner_ZOH = c2d(Iner, Ts, 'zoh'); % Dyskretyzacja metodą ZOH.
Iner_Tustin = c2d(Iner, Ts, 'tustin'); % Dyskretyzacja metodą Tustina.

figure(1)

% Odpowiedź na wymuszenie skokowe.
[W, time] = step(Iner, t);
[Wd, time] = step(Iner_ZOH, t); % Układ ZOH.
[Wd1, time] = step(Iner_Tustin, t); % Układ Tustina.

% Charakterystyka odpowiedzi skokowej.
plot(t, W); hold all;
stairs(t, Wd);
stairs(t, Wd1);

legend('Ciągły', "ZOH", "Tustin");
grid on;
```

4.4 Zadanie 4.

```
clear; close all; clc; %czyszczenie workspace

% Stałe.
k = 3.5; % Wzmocnienie układu inercyjnego.
T = 3.5; % Stała czasowa.
T1 = 1.5; % Stała czasowa.

% Czas.
```

```
Ts = 0.5; % Czas próbkowania.
t = 0:Ts:30; % zakres zmiennej czasu

% Stwórz obiekt inercyjny.
s = tf('s'); % Definicja operatora Laplace'a.
Iner = k / (T * s + 1) / (T1 * s + 1); % Obiekt inercyjny II rzędu.
Iner_ZOH = c2d(Iner, Ts, 'zoh'); % Dyskretyzacja metodą ZOH.
Iner_Tustin = c2d(Iner, Ts, 'tustin'); % Dyskretyzacja metodą Tustina.

figure(1)

% Odpowiedź na wymuszenie skokowe.
[W, time] = step(Iner, t);
[Wd, time] = step(Iner_ZOH, t); % Układ ZOH.
[Wd1, time] = step(Iner_Tustin, t); % Układ Tustina.

% Charakterystyka odpowiedzi skokowej.
plot(t, W); hold all;
stairs(t, Wd);
stairs(t, Wd1);

legend('Ciągły', "ZOH", "Tustin");
grid on;
```

4.5 Zadanie 5.

```
clear; close all; clc; %czyszczenie workspace

% Stałe.
k = 3.5; % Wzmocnienie układu inercyjnego.
T = 3.5; % Stała czasowa.
zeta = 0.35; % Współczynnik tłumienia.

% Czas.
Ts = 0.5; % Czas próbkowania.
t = 0:Ts:30; % zakres zmiennej czasu

% Stwórz obiekt inercyjny.
s = tf('s'); % Definicja operatora Laplace'a.
Iner = k / (T^2 * s^2 + 2 * zeta * T * s + 1); % Obiekt całkujący z
inercją.
Iner_ZOH = c2d(Iner, Ts, 'zoh'); % Dyskretyzacja metodą ZOH.
Iner_Tustin = c2d(Iner, Ts, 'tustin'); % Dyskretyzacja metodą Tustina.

figure(1)

% Odpowiedź na wymuszenie skokowe.
[W, time] = step(Iner, t);
[Wd, time] = step(Iner_ZOH, t); % Układ ZOH.
[Wd1, time] = step(Iner_Tustin, t); % Układ Tustina.

% Charakterystyka odpowiedzi skokowej.
plot(t, W); hold all;
```

```
stairs(t, Wd);
stairs(t, Wd1);

legend('Ciągły', "ZOH", "Tustin");
grid on;
```

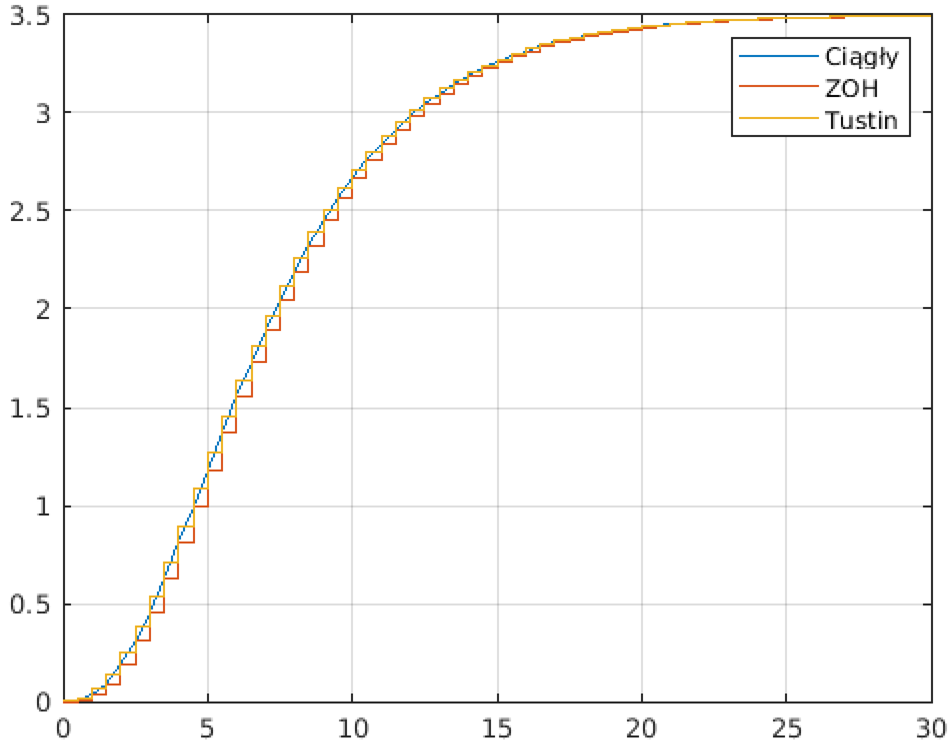
4.6 Zadanie 6.

```
clear; close all; clc; %czyszczenie workspace

% Stałe.
k = 3.5; % Wzmocnienie układu inercyjnego.
T = 3.5; % Stała czasowa.
T0 = 0.7; % Opóźnienie.
% Czas opóźnienia jest zaokrąglany do najbliższej wartości czasu
próbkowania Ts.

% Czas.
Ts = 0.5; % Czas próbkowania.
t = 0:Ts:30; % zakres zmiennej czasu

% Stwórz obiekt inercyjny.
s = tf('s'); % Definicja operatora Laplace'a.
Iner = k * exp(-s * T0) / (T * s + 1); % Obiekt całkujący z inercją.
Iner_ZOH = c2d(Iner, Ts, 'zoh'); % Dyskretyzacja metodą ZOH.
Iner_Tustin = c2d(Iner, Ts, 'tustin'); % Dyskretyzacja metodą Tustina.

figure(1)

% Odpowiedź na wymuszenie skokowe.
[W, time] = step(Iner, t);
[Wd, time] = step(Iner_ZOH, t); % Układ ZOH.
[Wd1, time] = step(Iner_Tustin, t); % Układ Tustina.

% Charakterystyka odpowiedzi skokowej.
plot(t, W); hold all;
stairs(t, Wd);
stairs(t, Wd1);

legend('Ciągły', "ZOH", "Tustin");
grid on;
```

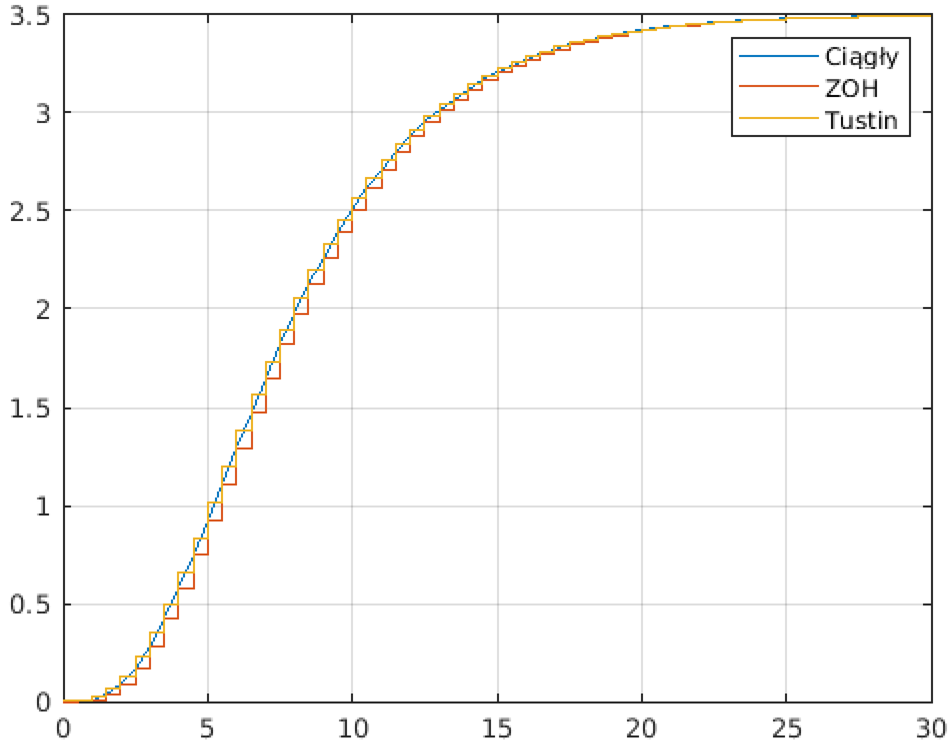
5 Wyniki

5.1 Zadanie 1.

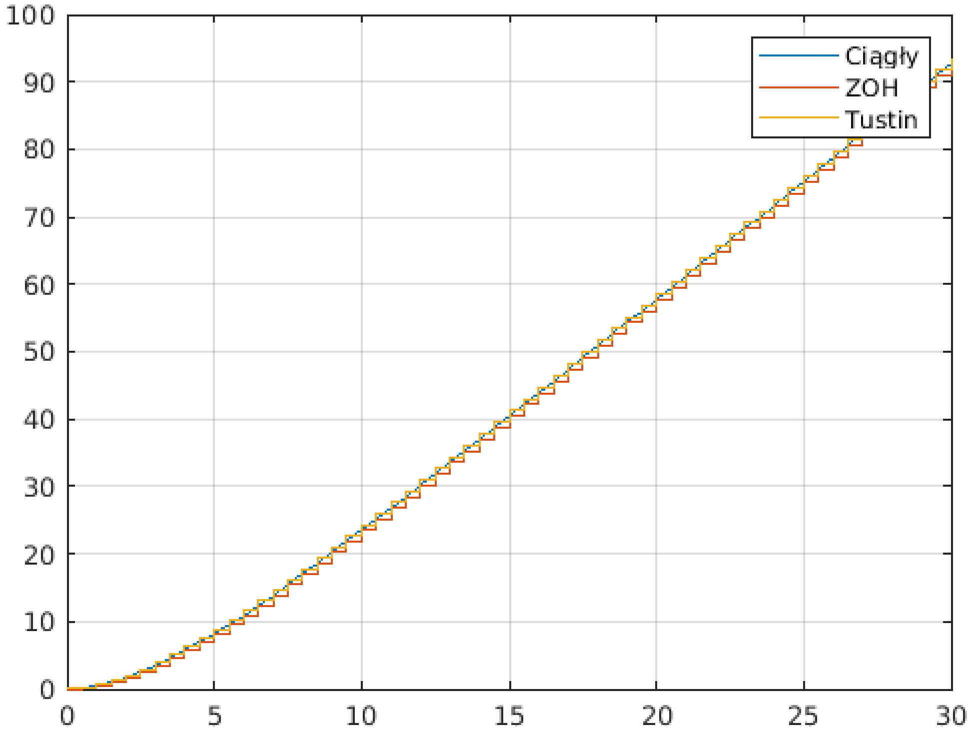
5.1.1 Obiekt inercyjny III rzędu.



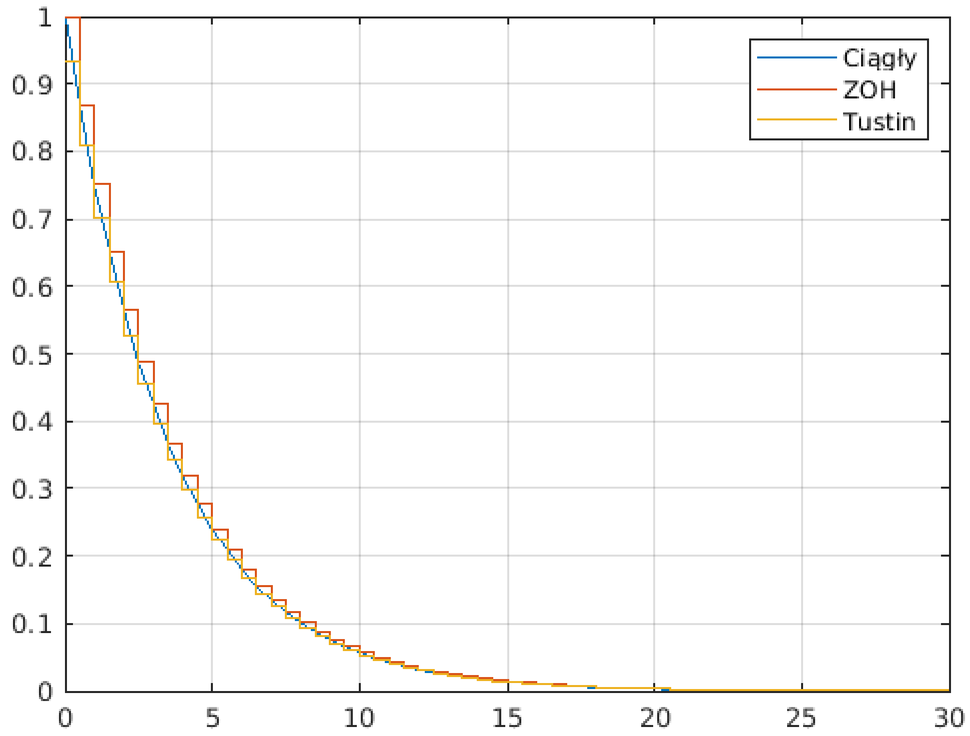
5.1.2 Obiekt inercyjny IV rzędu.



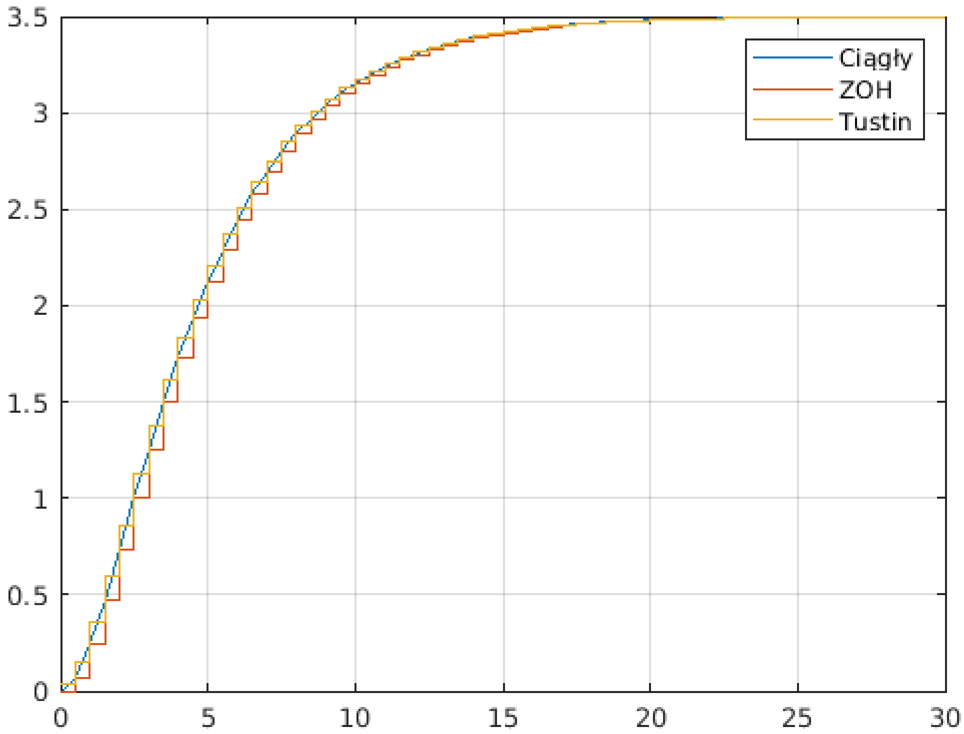
5.2 Zadanie 2.



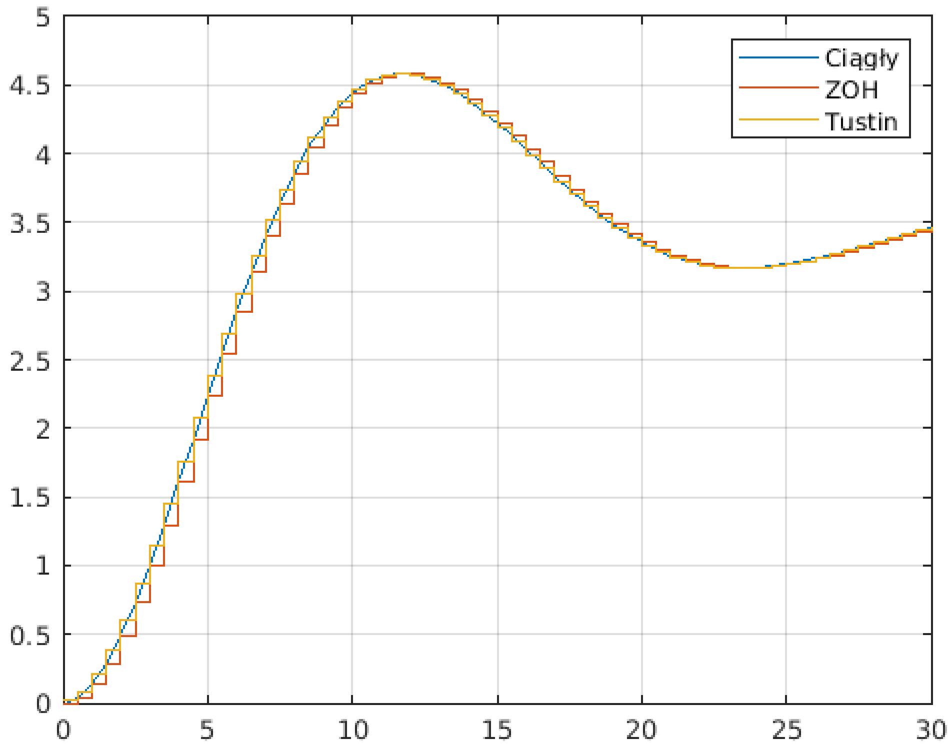
5.3 Zadanie 3.



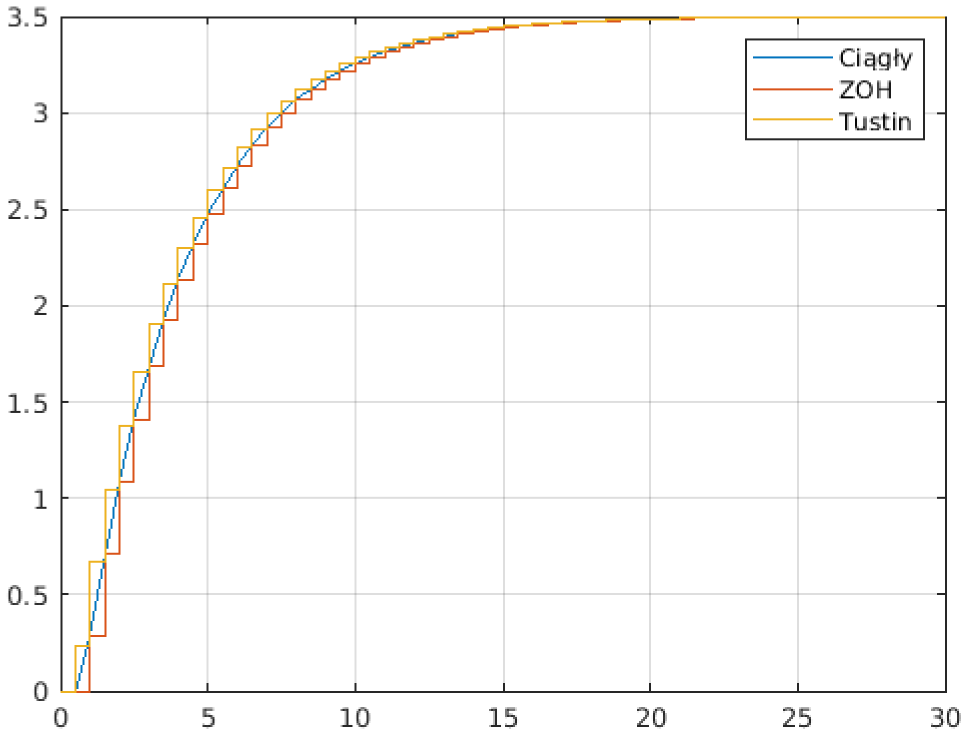
5.4 Zadanie 4.



5.5 Zadanie 5.



5.6 Zadanie 6.



6 Opis teoretyczny

6.1 Dyskretyzacja

Przetwarzanie funkcji ciągłych na ich dyskretne (skwantowane) odpowiedniki. Jej celem jest przygotowanie modelu numerycznego, który można zaimplementować jako program komputerowy.

Metody przeprowadzania dyskretyzacji:

- ZOH (Zero-Order Hold),
- Tustina.

6.2 Metoda ZOH

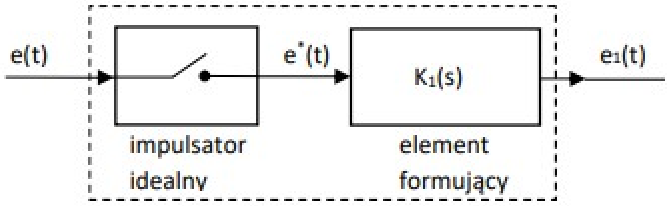
Stosowany podczas przetwarzania sygnału cyfrowego na analogowy (sygnału komputerowego na prądowy).

Może być użyta do zamiany sygnału ciągłego na dyskretny oraz odwrotnie, dyskretnego na ciągły.

Metoda, co pewien czas (czas próbkowania) pobiera wartość sygnału ciągłego w danym momencie (próbkę). Następnie, metoda podtrzymuje wartość tej próbki aż do następnego następnego pobrania próbki (próbkowania).

6.3 Ekstrapolator zerowego rzędu

Impulsator idealny (coś, co wysyła impuls) razem z elementem o jakiejś transmitancji (element formujący) nazywa się ekstrapolator zerowego rzędu (ZOH). Taki blok dokonuje rekonstrukcji sygnału przez podtrzymanie wartości każdej z próbek przez jeden okres próbkowania. W praktyce, ten blok dokonuje zamiany sygnału ciągłego na dyskretny.



Schemat blokowy ekstrapolatora ZOH

Tabela 1: Źródło: instrukcja do zadania.

6.4 Metoda Tustina

Jest to przekształcenie transmitancji Laplace'a na transmitancję stanu przestrzeni, która działa przez podstawienie.

6.5 Układ automatycznej regulacji

Schemat blokowy cyfrowego układu regulacji:

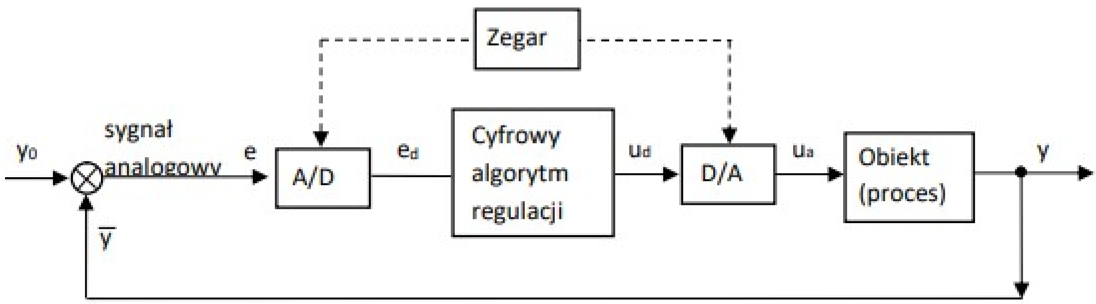


Tabela 2: Źródło: instrukcja do zadania.

A/D to konwerter sygnału analogowego na cyfrowy

D/A to konwerter sygnału cyfrowego na analogowy

Sygnał analogowy e jest zamieniany na sygnał cyfrowy ed, następnie cyfrowy algorytm regulacji wykonuje swoje operacje i wytwarza sygnał cyfrowy ud, który z kolei jest tłumaczony na sygnał analogowy ua, który może sterować obiektem (procesem).

6.6 Próbkowanie

Przetworzenie sygnału ciągłego na dyskretny za pomocą wartości pobieranych z sygnału ciągłego. W chwili próbkowania, wartości sygnału dyskretnego są równe wartościom sygnału ciągłego (ale tylko w tych chwilach). Odstepy między kolejnymi pobraniami próbek są jednakowe i noszą nazwę okresu próbkowania.

6.7 Kwantowanie

Przyporządkowanie jednakowych wartości sygnału między dwoma różnymi chwilami.

6.8 Kodowanie

Zamiana sygnału wejściowego na sygnał użyteczny dla komputera (dwójkowy).

6.9 Proces regulacji w warunkach przemysłowych

W warunkach przemysłowych sygnały wymagające odpowiedzi to z reguły sygnały analogowe (temperatura, ciśnienie, itd.). Aby dokonać regulacji, należy przetworzyć je na sygnały cyfrowe. W tym celu sygnał analogowy jest próbkowany, następnie kwantowany, a wynik zostaje zakodowany.

7 Uwagi