**Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych**

**Politechnika Warszawska**

**Sterowanie procesami**

**Sprawozdanie z projektu drugiego**

**Zadanie 2.44**

**Regulatory PID i DMC**

**Konrad Winnicki**

Warszawa, 27 kwietnia 2018

**Obiekt regulacji jest opisany transmitancją:**

*.*

Po podstawieniu wartości transmitancja ciągła przyjmuje postać:

Spis treści

[1. Transmitancja dyskretna 3](#_Toc516004355)

[ Wyznaczenie transmitancji dyskretnej przy zastosowaniu ekstrapolatora zerowego rzędu i okresie próbkowania Tp równym 0.5 sekundy .: 3](#_Toc516004356)

[ Porównanie odpowiedzi skokowej i współczynnika wzmocnienia statycznego obydwu transmitancji: 4](#_Toc516004357)

[ Wyznaczenie współczynników wzmocnienia statycznego transmitancji KSTAT 5](#_Toc516004358)

[**2.** Równanie różnicowe obiektu 6](#_Toc516004359)

[ Ogólna postać równania różnicowego: 6](#_Toc516004360)

[**3.** Ciągły regulator PID metodą Zieglera-Nicholsa: 7](#_Toc516004361)

[ Metoda Zieglera-Nicholsa: 7](#_Toc516004362)

[ Parametry dyskretnego regulatora PID: 8](#_Toc516004363)

[**4.** Program do symulacji cyfrowego algorytmu PID oraz DMC 9](#_Toc516004364)

[ Blok inicjalizacji 9](#_Toc516004365)

[ Pętla symulacyjna 9](#_Toc516004366)

[ Zapis wyników symulacji 10](#_Toc516004367)

[**5.** Algorytm DMC 10](#_Toc516004368)

[ Opis algorytmu 10](#_Toc516004369)

[ Wpływ parametrów algorytmu 11](#_Toc516004370)

[ Horyzont dynamiki - D 11](#_Toc516004371)

[ Horyzont predykcji - N 11](#_Toc516004372)

[ Horyzont sterowania – Nu 11](#_Toc516004373)

[ Współczynnik kary - lambda 11](#_Toc516004374)

[ Dalej 11](#_Toc516004375)

# Transmitancja dyskretna

## Wyznaczenie transmitancji dyskretnej przy zastosowaniu ekstrapolatora zerowego rzędu i okresie próbkowania Tp równym 0.5 sekundy .:

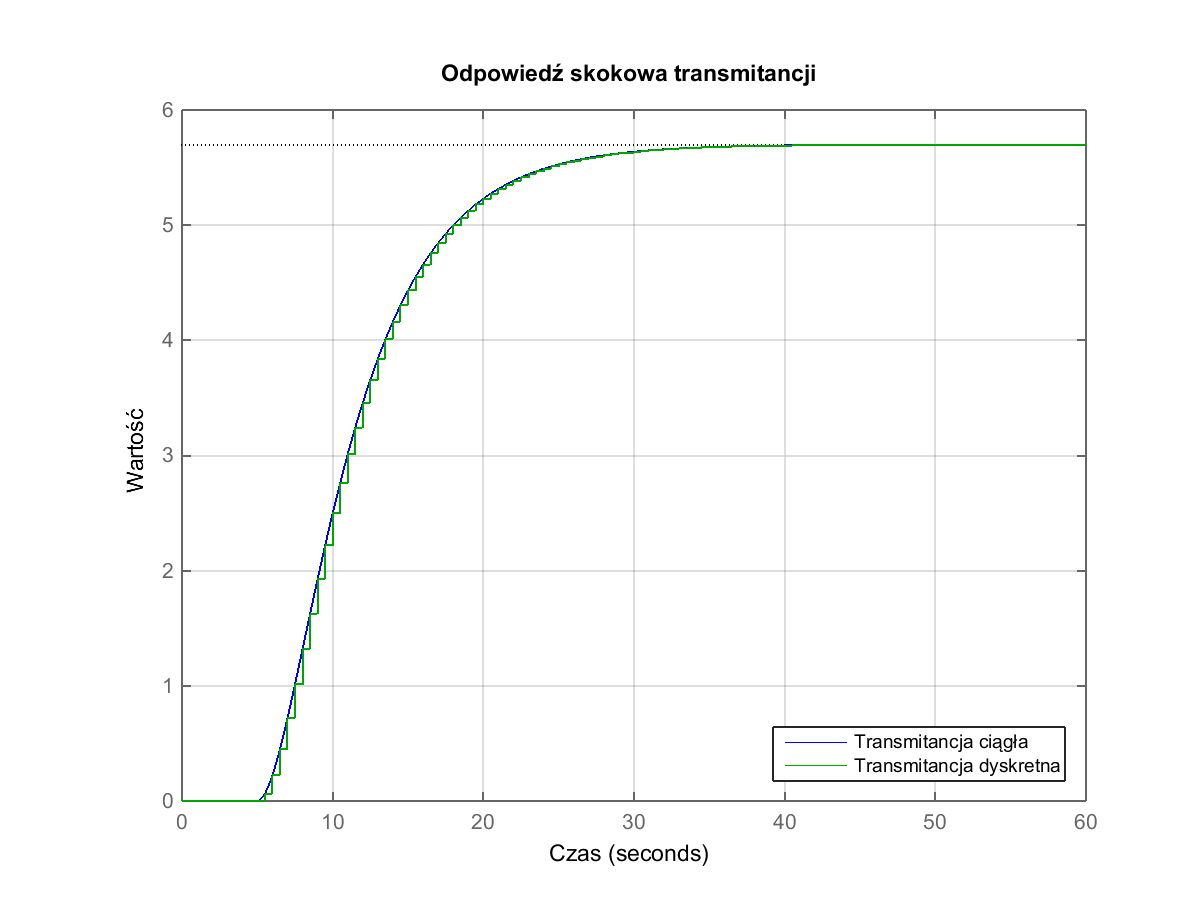
* + W ogólności aby uzyskać transmitację dyskretną G(z) na podstawie ciągłej G(s) wymagane jest wykonanie przekształcenia jak poniżej:
  + MatLab dostarcza funkcję c2d() pozwalającą uzyskać pożądaną postać transmitancji.
    - Wywołanie funkcji:

,

Gdzie:   
Gs jest transmitancją ciągłą,   
Tp jest okresem próbkowania,   
a argument ‘zoh’ wybiera metodę dyskretyzacji

* + Tą metodą uzyskałem transmitancję dyskretną o postaci:

## Porównanie odpowiedzi skokowej i współczynnika wzmocnienia statycznego obydwu transmitancji:

  
Odpowiedź skokowa transmitancji dyskretnej i ciągłej

* + Odpowiedzi skokowe transmitancji są identyczne z dokładnością do efektu schodków transmitancji dyskretnej wynikającego z założonego okresu próbkowania Tp.
  + Ważną uwagą jest zaobserwowane opóźnienie reakcji obydwu transmitancji na skok sygnału wejściowego. Opóźnienie odpowiedzi wynosi około 5 sekund co jest równe parametrowi T0 transmitancji ciągłej. Obiekt nie reaguje natychmiast na zmiany jego wejścia.

## Wyznaczenie współczynników wzmocnienia statycznego transmitancji KSTAT

* + może zostać przeprowadzone na kilka sposobów:
    - Odczytanie z wykresu wartości wyjściowej transmitancji w chwili gdy zmiany wyjścia nie są zauważalne, np. odczyt wartości w 50 sekundzie pozwala określić wartość współczynnika KSTAT jako równą około 5.7.
    - Druga, dokładna metoda analityczna polega na wyznaczeniu granicy wartości wyjścia do której zbiegają transmitancje dla stałego sygnału w nieskończoności
      * Wyznaczenie analityczne współczynnika wzm. stat. transmitancji ciągłej przedstawia się następująco:
      * Wyznaczenie analityczne współczynnika wzm. stat. transmitancji dyskretnej przedstawia się następująco:
    - Wyznaczone współczynniki obydwu transmitancji są sobie równe, a dodatkowo ich wartości są równe Ko
  + Zaobserwowane przebiegi odpowiedzi skokowej obydwu transmitancji oraz wyznaczone współczynniki wzmocnienia statycznego świadczą o poprawności odwzorowania transmitancji dyskretnej na podstawie ciągłej co pozwala przejść do dalszej części projektu

# Równanie różnicowe obiektu

## Ogólna postać równania różnicowego:

* + Aby przekształcić transmitancję ciągłą do postaci równania różnicowego stosuję ciąg przekształceń jak poniżej:

Z definicji transmitancji:

Podstawiając transmitancję do wzoru:

Przemnażając na krzyż otrzymuję:

Wymnażając nawiasy:

Stosując przekształcenie

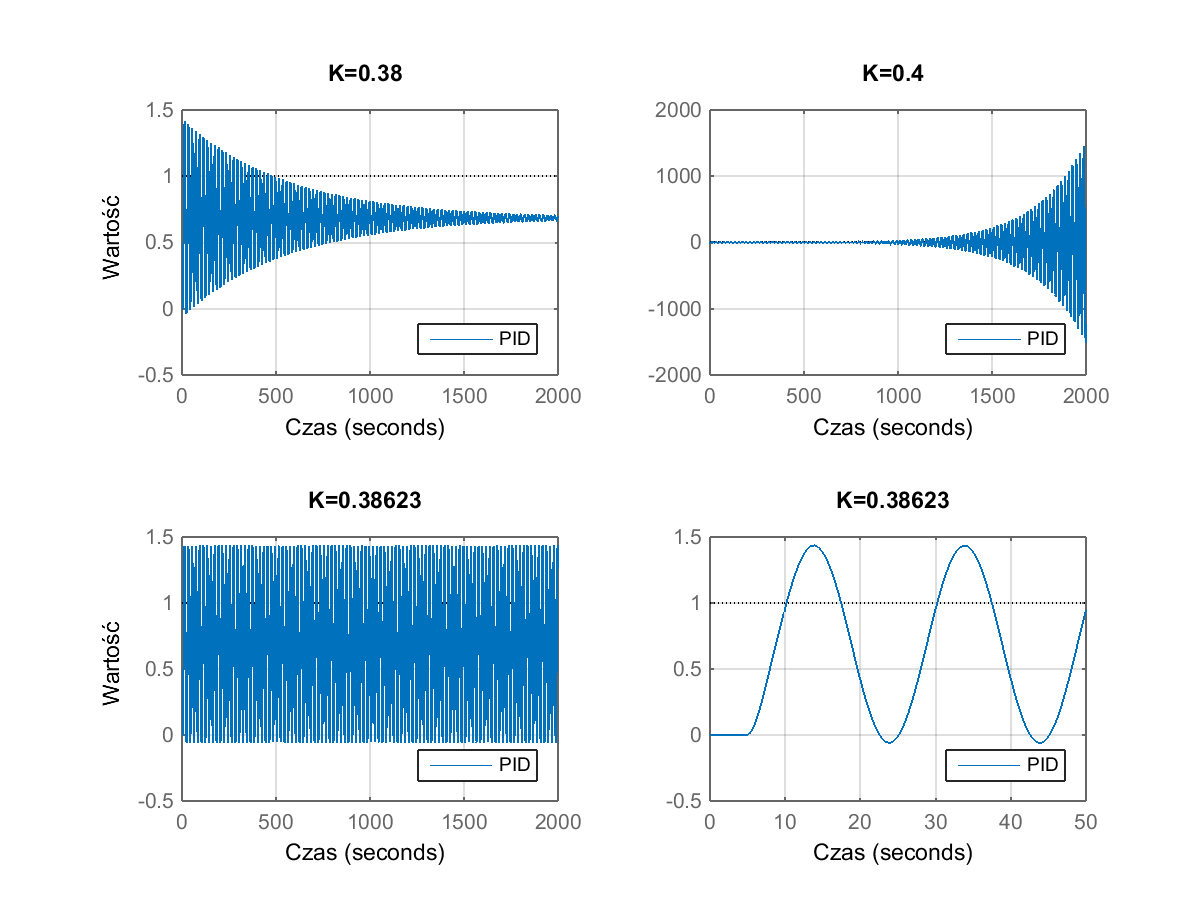
Uporządkowując równanie otrzymuję finalną postać równania różnicowego:

* + Składowe równania różnicowego u(k-11) i u(k-12) ukazują opóźnienie reakcji obiektu na sygnał wejściowy

# Ciągły regulator PID metodą Zieglera-Nicholsa:

## Metoda Zieglera-Nicholsa:

* + - Metoda ma na celu eksperymentalne wyznaczenie wzmocnienia krytycznego Kk oraz okresu oscylacji odpowiedzi obiektu Tk przy zastosowaniu regulatora PID z aktywnym członem proporcjonalnym P
    - Eksperyment polega na obserwacji odpowiedzi skokowej obiektu z regulatorem proporcjonalnym. Celem eksperymentu jest osiągnięcie oscylacji o stałej amplitudzie na wyjściu obiektu. Regulowanym parametrem jest wzmocnienie K regulatora.
    - Wykresy poniżej przedstawiają przykładowe odpowiedzi skokowe obiektu dla trzech wartości wzmocnienia K regulatora:

Wykresy odpowiedzi skokowej dla eksperymentu Z-N

* + - Powyższe wykresy przedstawiają odpowiedzi skokowe obiektu z regulatorem proporcjonalnym o zmienianym wzmocnieniu K.
    - Pierwszy wykres dla (K=0.38) przedstawia układ stabilny –
    - Pierwszy wykres dla (K=0.4) przedstawia układ zdestabilizowany –
    - Dwa ostatnie wykresy przedstawiają odpowiedź układu dla tej samej wartości K. Obserwujemy oscylacje o stałej amplitudzie, a zatem osiągnięto wzmocnienie krytyczne - , dodatkowo ostatni wykres pozwala zmierzyć okres oscylacji przy wzmocnieniu krytycznym.
    - Wyznaczone wzmocnienie krytyczne:
    - Wyznaczony okres oscylacji:
    - Na podstawie wyznaczonych parametrów układu dobieram parametry regulatora PID zgodnie z zaleceniami metody Zieglera-Nicholsa:

## Parametry dyskretnego regulatora PID:

* + - Równanie regulatora:

Gdzie:  
u(k) jest sygnałem sterującym obiektem  
e(k) jest sygnałem błędu(yzad-y)  
r0, r1, r2 to parametry regulatora

* + Parametry dyskretnego regulatora wyznaczam ze wzorów:
  + Podstawiając do wzorów znane mi wartości Kr, Ti, Td, oraz przyjmując Tp równe 0.5 otrzymuję wartości parametrów dyskretnego regulatora PID:

# Program do symulacji cyfrowego algorytmu PID oraz DMC

## Blok inicjalizacji

* + - Inicjalizacja skryptu rozpoczyna się wywołaniem skryptu zadania 2 wyznaczającego równanie różnicowe obiektu regulacji
    - Następnie wykonywana jest inicjalizacja regulatora PID(skrypt pid\_init.m)
    - W kolejnym kroku ustalane są parametry regulatora DMC i wywoływany jest skrypt inicjujący(DMC\_init.m), który na podstawie odpowiedzi skokowej obiektu generuje macierze regulatora
    - W ostatnim kroku definiowane są parametry symulacji takie jak
      * Ilość kroków symulacji
      * Opóźnienie startu
      * Trajektoria zadana
      * Wybór aktywnego regulatora

## Pętla symulacyjna

* + - Składa się z dwóch sekcji – obiekt i regulator(PID lub DMC)
      * Kolejne wartości równania różnicowego obiektu. Równanie w postaci wektorowej pozwala na dynamiczną zmianę parametrów obiektu

y(k) = -y((k-length(b)):(k-1))\*(flip(b')) +   
u((k-length(c)+1):(k))\*(flip(c'));

* + - * Blok sterowania algorytmu PID

%uchyb regulacji

e(k)=yzad(k)-y(k);

%sygnał steruj\_cy regulatora PID

u(k)=r2\*e(k-2)+r1\*e(k-1)+r0\*e(k)+u(k-1);

* + - * Blok sterowania algorytmu DMC

%trajektoria swobodna

yo = y(k)\*ones(D,1)+Mp\*flip(deltaUp((k-D+1):(k-1)));

%przyszłe sterowania

deltau = K\*(yzad(k:(k+D-1))'-yo);

%bieżąca zmiana sterowania

deltaUp(k) = deltau(1);

%sygnał steruj\_cy regulatora DMC

u(k) = u(k-1)+deltau(1);

## Zapis wyników symulacji

* + - Na tym etapie wykonywane są wykresy sygnałów takie jak
      * Przebieg sterowania PID/DMC w czasie
      * Przebieg wyjścia obiektu przy regulatorze PID/DMC na tle trajektorii zadanej
    - Zapis wykresów do pliku

# Algorytm DMC

## Opis algorytmu

* + - Dd
    - Dd

## Wpływ parametrów algorytmu

### Horyzont dynamiki - D

### Horyzont predykcji - N

### Horyzont sterowania – Nu

### Współczynnik kary - lambda

## Dobrane parametry algorytmu

* + - d