

Dobr pŹtli regulacji w przypadku wiŹkszej liczby sygnaĆw sterujcych ni do wyjŹciowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz RafaĆ,
Stankevich
Stanislau

Dobr pŹtli regulacji w przypadku wiŹkszej liczby sygnaĆw sterujcych ni do wyjŹciowych.

Jakub Ostrysz, Bednarz RafaĆ, Stankevich Stanislau

28 stycznia 2022

Spis treści

Dobrą rolę
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących ni do
wyjściowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Spis treści

Dobrą rolę
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących ni do
wyjściowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

Dobrze jest
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących niż do
wyjściowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Regulacja wielowymiarowa to proces regulacji, w którym regulowanych jest równocześnie wiele wielkości występujących w jednym obiekcie zależnych od wielu wartości sterujących.

Wprowadzenie

Dobrze pŹtli
regulacji w
przypadku
wiŹkszej liczby
sygnałŹw
sterujcych ni do
wyjŹciowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Rozwaane algorytmy w regulacji wielowymiarowej:

- ▶ PID
- ▶ DMC
- ▶ GPC

Spis treści

Dobrą rolę
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących ni do
wyjściowych.

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wielowymiarowy PID

Dobrze jest
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących niż do
wyjściowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislav

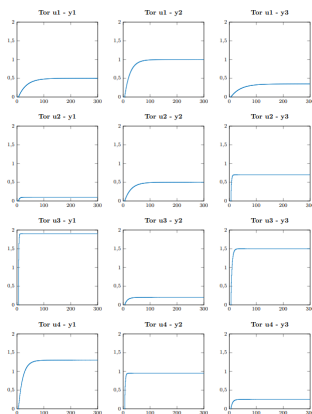
Schemat projektowania wielowymiarowego algorytmu PID:

- ▶ Wyznaczenie odpowiedzi skokowych wszystkich torów
- ▶ Przyporządkowanie najbardziej znaczącym sygnałów sterujących do wyjść
- ▶ Strojenie poszczególnych regulatorów

Niektóre sygnały sterujące nie będą miały wpływu na sygnały wyjściowe.

Wielowymiarowy PID

Wyznaczenie odpowiedzi skokowych dla wszystkich torów procesu:



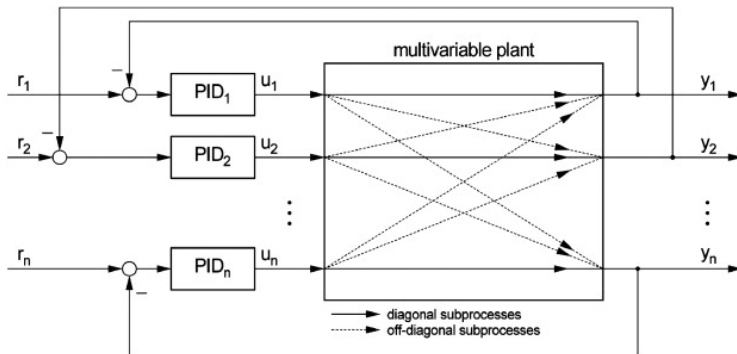
Rysunek: Odpowiedzi poszczególnych torów dla skoku jednostkowego

Dobrą żłtli
regulacji w
przypadku
wiŹkszej liczby
sygnałw
sterujcych ni do
wyŹciowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wielowymiarowy PID

Określenie pętli regulacji:



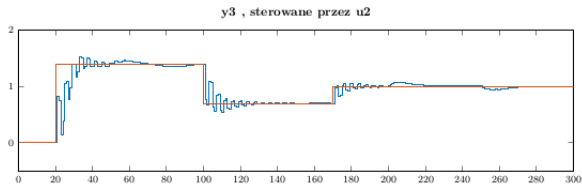
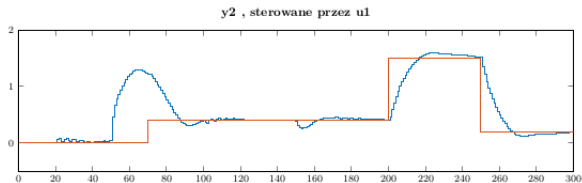
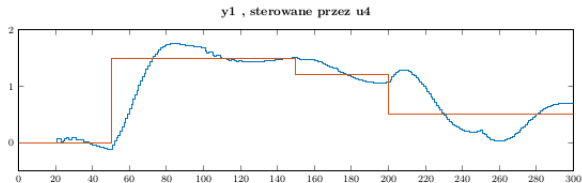
Rysunek: Schemat układu regulacji

Dobrze pętli regulacji w przypadku większej liczby sygnałów sterujących niż do wyjściowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanisław

Wielowymiarowy PID

Wyniki działania:



Dobrze pŹtli
regulacji w
przypadku
wiŹkszej liczby
sygnałŹw
sterujcych ni do
wyjŹciowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Spis treści

Dobrą rolę
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących ni do
wyjściowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wielowymiarowy DMC

Dobry przykład regulacji w przypadku większej liczby sygnałów sterujących niż do wyjściowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Projekt układu regulacji z zastosowaniem wielowymiarowego algorytmu DMC:

- ▶ Wyznaczenie wielowymiarowej odpowiedzi skokowej
- ▶ Model w postaci odpowiedzi skokowej
- ▶ Rozwiązanie problemu optymalizacji
- ▶ Wyznaczenie wektora optymalnych przyrostów sterowania

Wszystkie sygnały sterujące wpływają na sygnały wyjściowe.

Wielowymiarowy DMC

Dobrze pŹtli
regulacji w
przypadku
wiŹkszej liczby
sygnałŹw
sterujcych ni do
wyjŹciowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wyznaczenie wielowymiarowej odpowiedzi skokowej:

$$\mathbf{S}_l = \begin{bmatrix} s_l^{11} & s_l^{12} & s_l^{13} & \dots & s_l^{1n_u} \\ s_l^{21} & s_l^{22} & s_l^{23} & \dots & s_l^{2n_u} \\ s_l^{31} & s_l^{32} & s_l^{33} & \dots & s_l^{3n_u} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_l^{n_y 1} & s_l^{n_y 2} & s_l^{n_y 3} & \dots & s_l^{n_y n_u} \end{bmatrix}, \quad l = 1, 2, \dots, D.$$

Wielowymiarowy DMC

Dobrze pŁtli
regulacji w
przypadku
wiŁkszej liczby
sygnaŁw
sterujcych ni do
wyjŁciowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz RafaŁ,
Stankevich
Stanislau

Model w postaci odpowiedzi skokowej:

$$y(k) = y(0) + \sum_{j=1}^k \mathbf{S}_j \Delta u(k-j),$$

Wielowymiarowy DMC

Dobrze pŹtli regulacji w przypadku wiŹkszej liczby sygnałŹw sterujcych ni do wyjŹciowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanisław

Rozwizanie problemu optymalizacji:

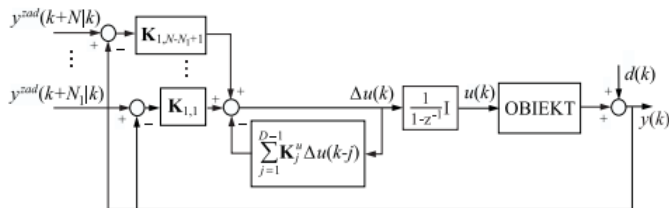
$$\min_{\Delta u(k)} J(k) = \sum_{n=1}^{n_y} \mu_n \sum_{p=1}^N (y_n^{zad}(k) - y^1(k + p(k)))^2 + \sum_{n=1}^{n_u} \lambda_u \sum_{p=0}^{N_u-1} (\Delta u_n(k + p(k)))^2$$

ZalenoŹ opisujca wyjŹcia przewidywane

$$y(k+p|k) = \sum_{j=1}^p \mathbf{S}_j \Delta u(k+p-j|k) + y(k) + \sum_{j=1}^{D-1} (\mathbf{S}_{j+p} - \mathbf{S}_j) \Delta u(k-j),$$

Wielowymiarowy DMC

Określenie pŹtli regulacji:



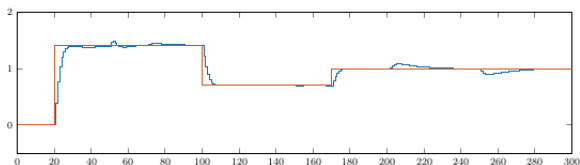
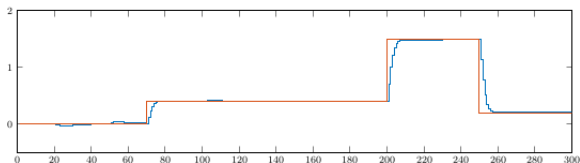
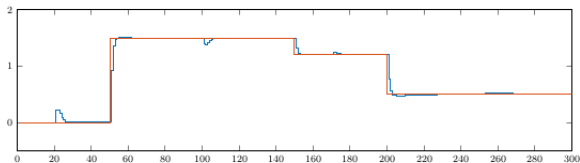
Rysunek: Schemat ukŁadu regulacji

Dobr pŹtli regulacji w przypadku wiŹkszej liczby sygnaŁw sterujcych ni do wyjŹciowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz RafaŁ,
Stankevich
Stanislau

Wielowymiarowy DMC

Wyniki działania:



Dobry przykład
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących ni do
wyjściowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Spis treści

Dobrą rolę
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących ni do
wyjściowych.

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wielowymiarowy GPC

Dobry przykład regulacji w przypadku większej liczby sygnałów sterujących niż do wyjściowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Projekt układu regulacji z zastosowaniem wielowymiarowego algorytmu GPC:

- ▶ Wyznaczenie wielowymiarowej odpowiedzi impulsowej
- ▶ Model w postaci odpowiedzi skokowej
- ▶ Rozwiązanie problemu optymalizacji
- ▶ Wyznaczenie wektora optymalnych przyrostów sterowania

Wszystkie sygnały sterujące wpływają na sygnały wyjściowe.

Wielowymiarowy GPC

Dobrze pŁtli
regulacji w
przypadku
wiŁkszej liczby
sygnaŁw
sterujcych ni do
wyjŁciowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz RafaŁ,
Stankevich
Stanislau

Wyznaczenie wielowymiarowej odpowiedzi impulsowej:

$$s_k = \sum_{j=0}^k h_j,$$

Wielowymiarowy GPC

Dobrze pŹtli
regulacji w
przypadku
wiŹkszej liczby
sygnalŹw
sterujcych ni do
wyjŹciowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz RafaŹ,
Stankevich
Stanislau

Model w postaci odpowiedzi skokowej:

$$\mathbf{A}(z^{-1})y(k) = \mathbf{B}(z^{-1})u(k-1) + \mathbf{C}(z^{-1})\frac{\varepsilon(k)}{\Delta},$$

gdzie \mathbf{A} , \mathbf{B} i \mathbf{C} s macierzami wielomianowymi

$$\begin{aligned}\mathbf{A}(z^{-1}) &= \mathbf{1} + \mathbf{A}_1 z^{-1} + \mathbf{A}_2 z^{-2} + \dots + \mathbf{A}_{n_A} z^{-n_A}, \\ \mathbf{B}(z^{-1}) &= \mathbf{B}_0 + \mathbf{B}_1 z^{-1} + \mathbf{B}_2 z^{-2} + \dots + \mathbf{B}_{n_B} z^{-n_B}, \\ \mathbf{C}(z^{-1}) &= \mathbf{1} + \mathbf{C}_1 z^{-1} + \mathbf{C}_2 z^{-2} + \dots + \mathbf{C}_{n_C} z^{-n_C},\end{aligned}$$

Wielowymiarowy GPC

Dobrze jest
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących niż do
wyjściowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Model w przypadku działania szumów białych:

$$\mathbf{A}(z^{-1})y(k) = \mathbf{B}(z^{-1})u(k-1) + \frac{\varepsilon(k)}{\Delta}.$$

Wielowymiarowy GPC

Dobrze w regulacji w przypadku większej liczby sygnałów sterujących niemożliwe jest wydzielenie.

Rozwiązanie problemu optymalizacji:

$$\min_{\Delta u(k)} J(k) = \sum_{n=1}^{n_y} \mu_n \sum_{p=1}^N (y_n^{zad}(k) - y^1(k+p(k)))^2 + \sum_{u=1}^{n_u} \lambda_u \sum_{p=0}^{N_u-1} (\Delta u_n(k+p(k)))^2$$

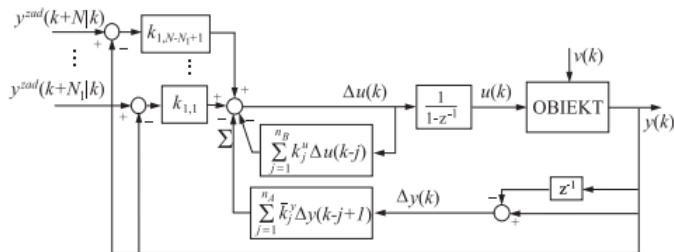
Zastosowanie trajektorii referencyjnej w miejsce trajektorii wartości zadanych

$$y^{ref}(k+p|k) = \gamma y^{ref}(k+p-1|k) + (1-\gamma)y^{zad}(k+p|k), \quad p = 1, \dots, N$$

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanisław

Wielowymiarowy GPC

Określenie pŹtli regulacji:



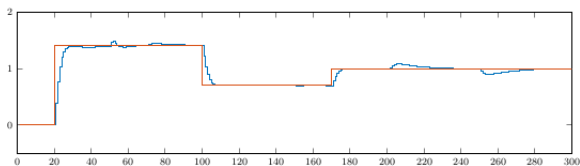
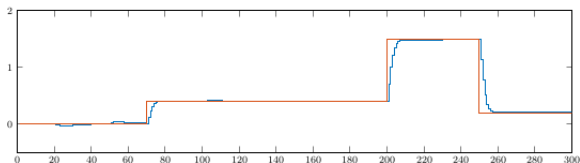
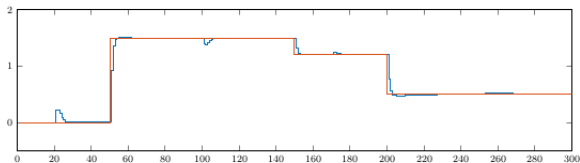
Rysunek: Schemat ukŁadu regulacji

Dobr pŹtli regulacji w przypadku wiŹkszej liczby sygnaŁw sterujcych ni do wyjŹciowych.

Jakub Ostrowski,
Bednarz RafaŁ,
Stankevich
Stanislaw

Wielowymiarowy GPC

Wyniki działania:



Dobry przykład
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących ni do
wyjściowych.

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Spis treści

Dobrą rolę
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących ni do
wyjściowych.

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Ocena działania poszczególnych układów wielowymiarowej regulacji:

- ▶ PID
- ▶ DMC
- ▶ GPC

Spis treści

Dobrą rolę
regulacji w
przypadku
większej liczby
sygnałów
sterujących ni do
wyjściowych.

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Bibliografia

Dobrą rolę regulacji w przypadku większej liczby sygnałów sterujących nie do wyliczenia.

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanisław

- [1] P. Tatjewski. Sterowanie zaawansowane obiektów przemysłowych Struktury i algorytmy. 2016
- [2] R. Dittmar, S.Gill, H. Singh, M.Darby. Robust optimization-based multi-loop PID controller tuning: A new tool and its industrial application. 2011