

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

Jakub Ostrysz, Bednarz Rafał, Stankevich Stanislau

28 stycznia 2022

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Spis treści

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Spis treści

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wprowadzenie

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

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wprowadzenie

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Rozważane algorytmy w regulacji wielowymiarowej:

- ▶ PID
- ▶ DMC
- ▶ GPC

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Spis treści

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy PID

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

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.

Wprowadzenie

PID

DMC

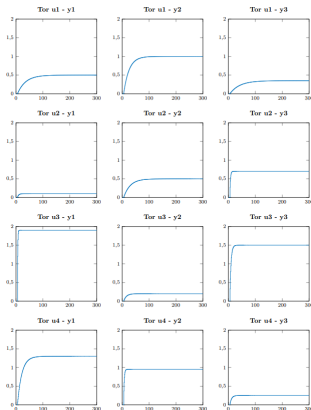
GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy PID

Wyznaczenie odpowiedzi skokowych dla wszystkich torów procesu:



Rysunek: Odpowiedzi poszczególnych torów dla skoku jednostkowego

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

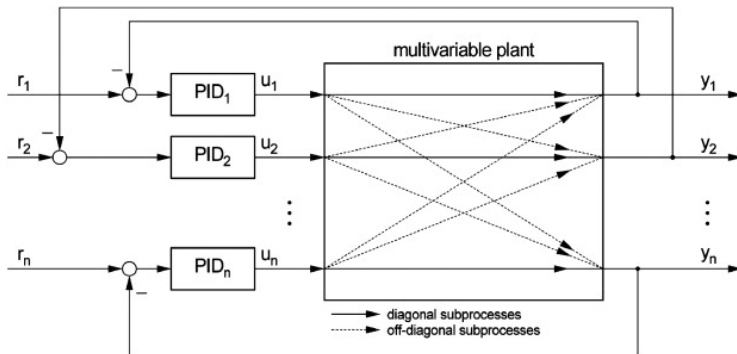
GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy PID

Określenie pętli regulacji:



Rysunek: Schemat układu regulacji

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

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

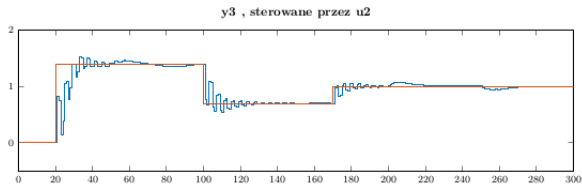
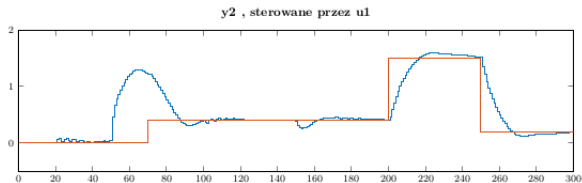
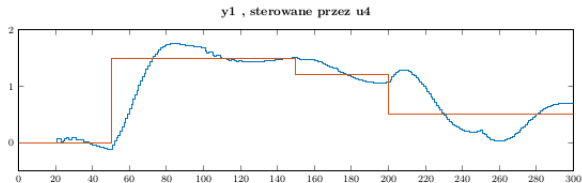
GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy PID

Wyniki działania:



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

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Spis treści

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy DMC

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

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Projekt pętli regulacji z zastosowaniem wielowymiarowego algorytmu DMC:

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

Wszystkie sygnały sterujące wpływają na sygnały wyjściowe.

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy DMC

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

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wyznaczenie wielowymiarowej odpowiedzi skokowej:

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

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy DMC

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

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Model w postaci odpowiedzi skokowej:

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

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy DMC

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Rozwiązanie problemu optymalizacji:

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

Zależność opisująca wyjścia przewidywane

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

Wprowadzenie

PID

DMC

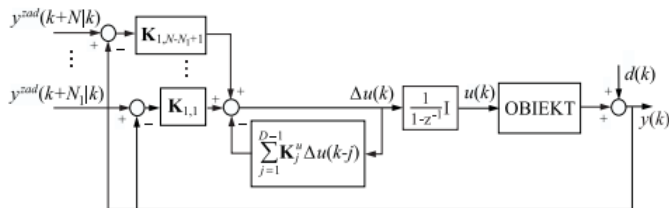
GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy DMC

Określenie pętli regulacji:



Rysunek: Schemat układu regulacji

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

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

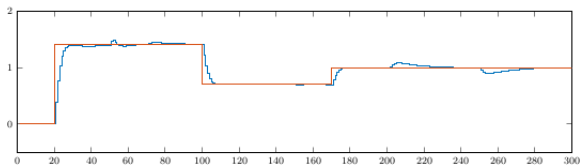
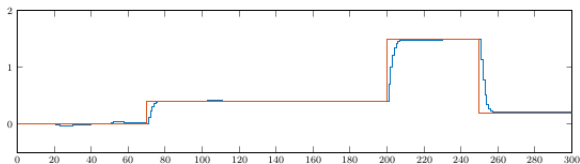
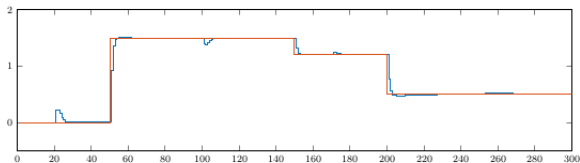
GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy DMC

Wyniki działania:



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

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Spis treści

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy GPC

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

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Projekt pętli regulacji z zastosowaniem wielowymiarowego algorytmu GPC:

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

Wszystkie sygnały sterujące wpływają na sygnały wyjściowe.

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy GPC

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wyznaczenie wielowymiarowej odpowiedzi impulsowej:

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

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy GPC

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
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} są macierzami wielomianowymi

$$\mathbf{A}(z^{-1}) = \mathbf{1} + \mathbf{A}_1 z^{-1} + \mathbf{A}_2 z^{-2} + \dots + \mathbf{A}_{n_A} z^{-n_A},$$

$$\mathbf{B}(z^{-1}) = \mathbf{B}_0 + \mathbf{B}_1 z^{-1} + \mathbf{B}_2 z^{-2} + \dots + \mathbf{B}_{n_B} z^{-n_B},$$

$$\mathbf{C}(z^{-1}) = \mathbf{1} + \mathbf{C}_1 z^{-1} + \mathbf{C}_2 z^{-2} + \dots + \mathbf{C}_{n_C} z^{-n_C},$$

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy GPC

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Model w przypadku działania szumów białych:

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

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy GPC

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

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

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

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

Wprowadzenie

PID

DMC

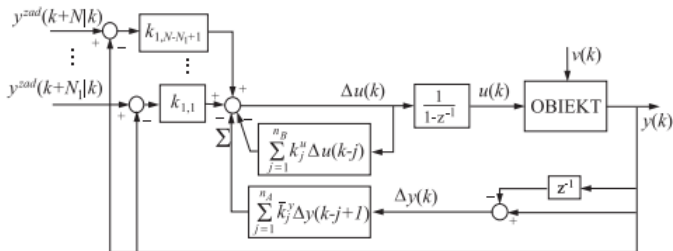
GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy GPC

Określenie pętli regulacji:



Rysunek: Schemat układu regulacji

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

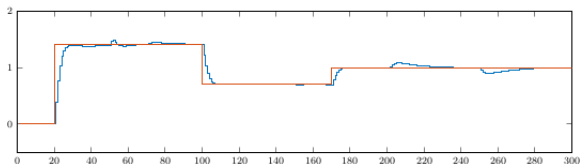
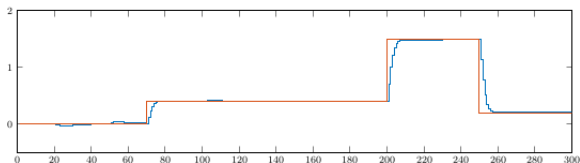
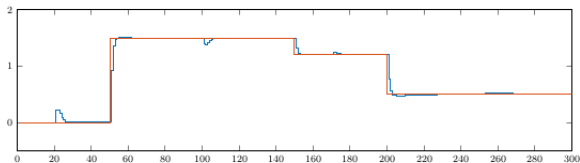
GPC

Wnioski

Bibliografia

Wielowymiarowy GPC

Wyniki działania:



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

Jakub Ostrowski,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Spis treści

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Ocena działania poszczególnych układów wielowymiarowej regulacji:

- ▶ PID
- ▶ DMC
- ▶ GPC

Spis treści

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia

Bibliografia

- [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

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

Jakub Ostrysz,
Bednarz Rafał,
Stankevich
Stanislau

Wprowadzenie

PID

DMC

GPC

Wnioski

Bibliografia