

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych  
Politechnika Warszawska

Projektowanie układów sterowania  
(projekt grupowy)

Sprawozdanie z projektu nr 5

Bartłomiej Boczek, Aleksander Piotrowski, Łukasz Śmigielski

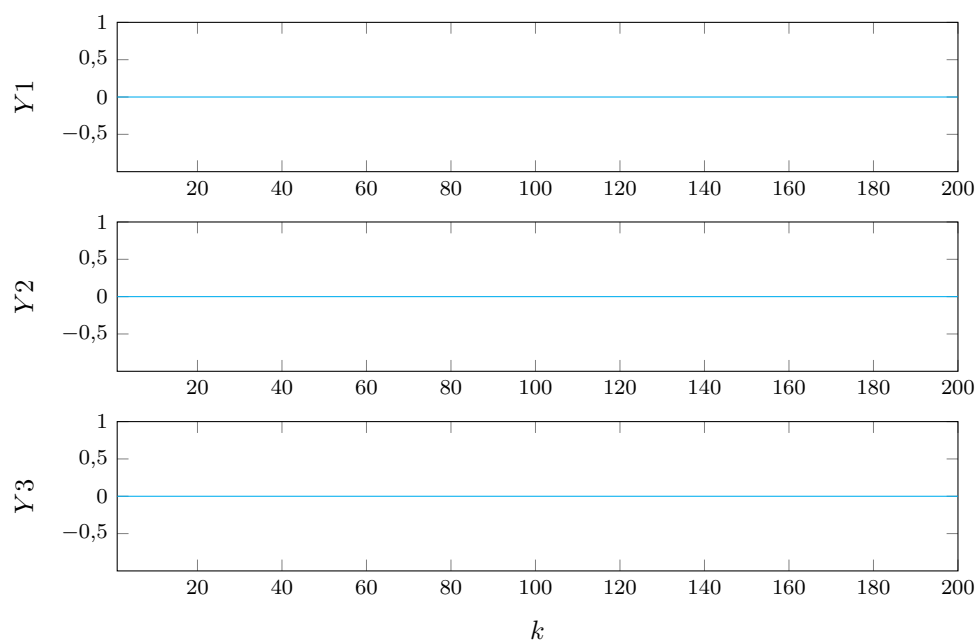
Warszawa, 11 czerwca 2017

## Spis treści

1. Punkt 1 . . . . .	2
2. Punkt 2 . . . . .	3
3. Punkt 3, 4 oraz 5 . . . . .	6
4. Punkt 6 . . . . .	15

## 1. Punkt 1

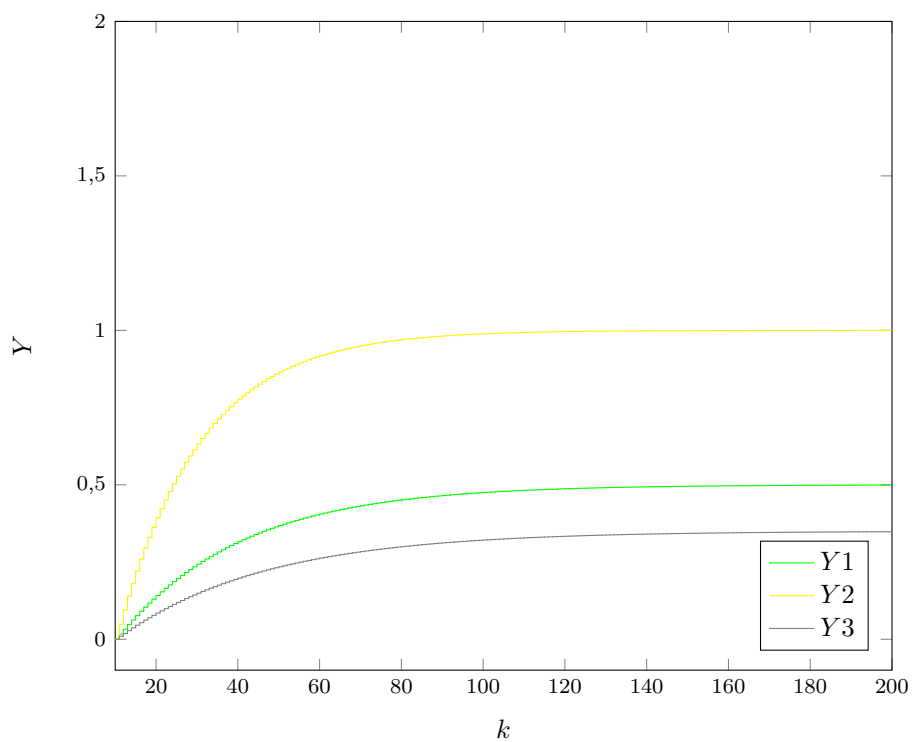
Obiekt po podaniu zerowego sterowania na wszystkie 4 wejścia, nie zmienia swojego stanu, wszystkie wyjścia są w stanie ustalonym i mają wartość  $y_1=y_2=y_3=0$ , co potwierdza prawdziwość punktów pracy  $U_{pp}$  i  $Y_{pp}$  dla każdego z wejść/wyjść.



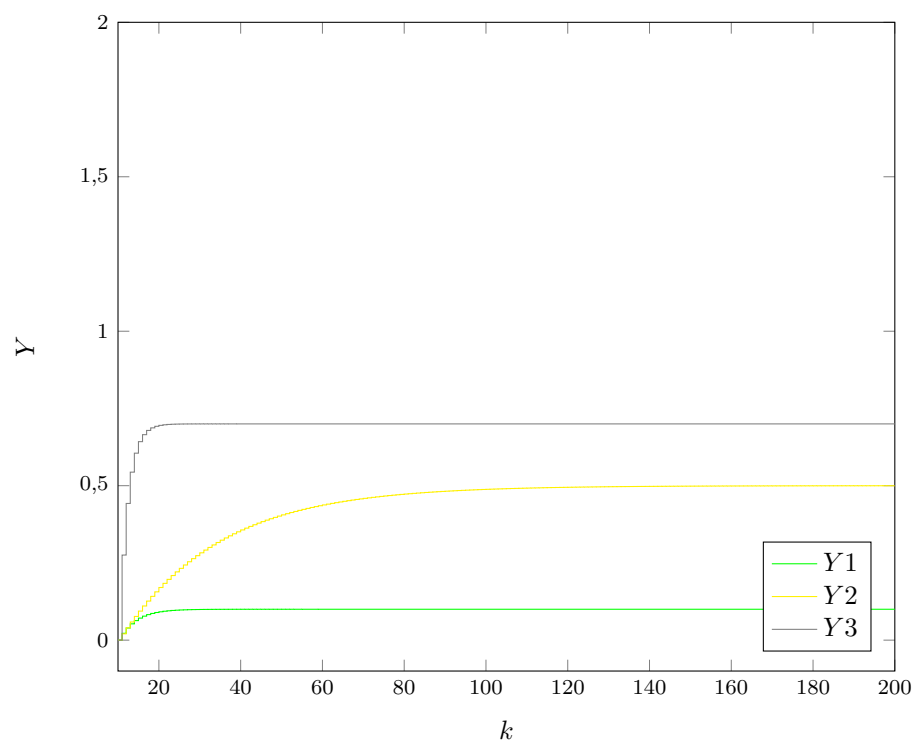
Rys. 1.1. Punkt pracy

## 2. Punkt 2

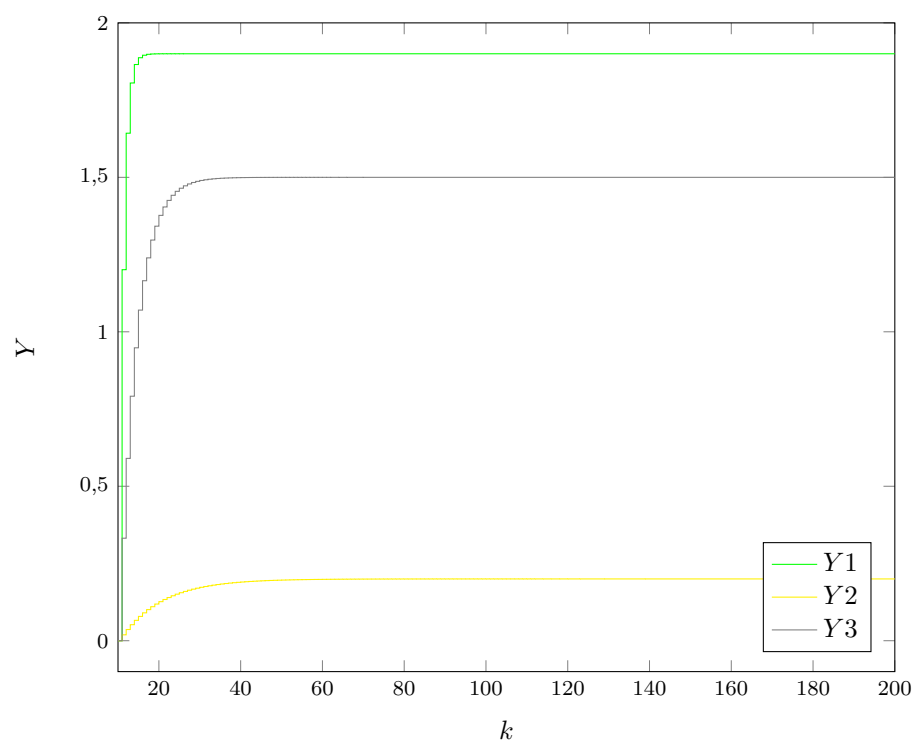
Zebrane symulacyjnie odpowiedzi skokowe ('równoległe' i skrośne) z punktów pracy  $U_{pp}=0$  do  $U=1$  w chwili  $k=0$ .



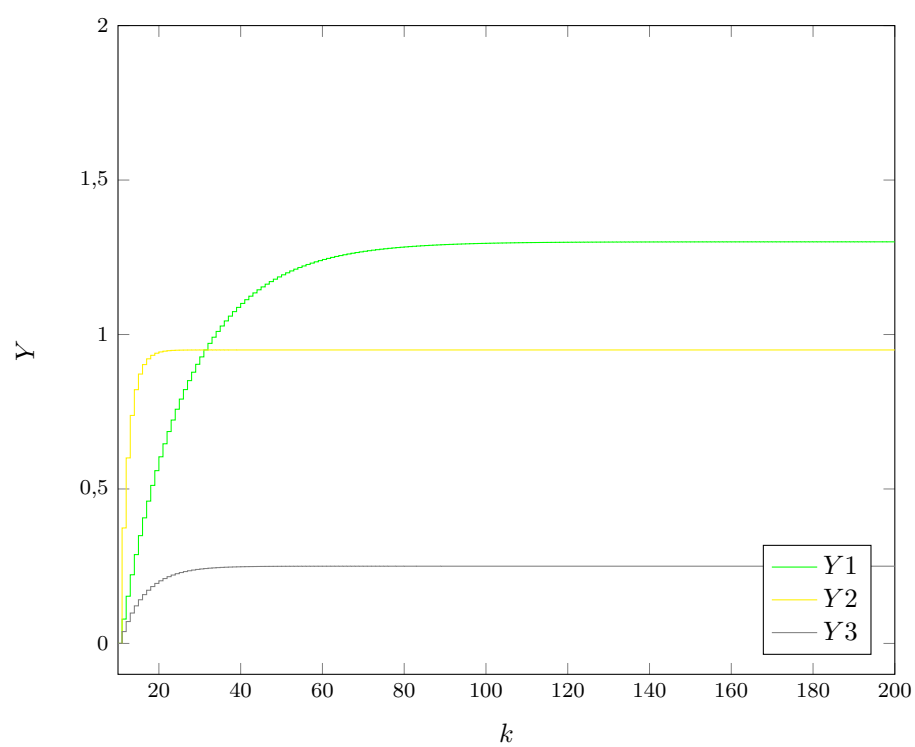
Rys. 2.1. U1



Rys. 2.2. U2



Rys. 2.3. U3



Rys. 2.4. U4

### 3. Punkt 3, 4 oraz 5

Implementacja znana z poprzednich projektów. W tym przypadku obiekt ma 4 wejścia i 3 wyjścia, jednak nasza implementacja regulatora PID i DMC przewiduje obliczanie jednego sterowania na podstawie sprzężenia zwrotnego od jednego wyjścia więc jedno wejście jest nadmiarowe. Decyzję które wejście odrzucamy podejmujemy na podstawie macierzy wzmocnień statycznych

///TODO: skąd wartości tej macierzy. Jak ją nazwać

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} 2.1000 & 2.5000 & 0.1000 \\ 2.9000 & 0.1000 & 1.9000 \\ 1.5000 & 0.5000 & 0.4500 \\ 1.5000 & 0.5000 & 0.4500 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Aby znaleźć optymalne rozwiązanie, musimy wydzielić z tej macierzy 4 macierze kwadratowe (minory) usuwając kolejno po jednym wierszu a następnie policzyć wskaźniki uwarunkowania dla tych macierzy metodą 'cond()' matlaba.

a) (usuwasz 1 wiersz)

////TODO

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} 2.9000 & 0.1000 & 1.9000 \\ 1.5000 & 0.5000 & 0.4500 \\ 1.5000 & 0.5000 & 0.4500 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

wskaźnik = 4.3788

b) (usuwasz 2 wiersz) ////TODO

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} 2.9000 & 0.1000 & 1.9000 \\ 1.5000 & 0.5000 & 0.4500 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

wskaźnik = 7.2582

c) (trzeci) ////TODO

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} 2.9000 & 0.1000 & 1.9000 \\ 1.5000 & 0.5000 & 0.4500 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

wskaźnik = 7.1957

d) (czwarty) ////TODO

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} 2.9000 & 0.1000 & 1.9000 \\ 1.5000 & 0.5000 & 0.4500 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

wskaźnik = 5.8635

Wybieramy macierz dla której wskaźnik uwarunkowania jest najmniejszy, w naszym przypadku to macierz pierwsza a następnie mnożymy ją przez jej odwrotność. Otrzymujemy także macierz kwadratową na podstawie której wyciągamy wnioski o torach wejście-wyjście. Jako że wykreśliliśmy pierwszy wiersz, wejście U1 zostaje odrzucone. Następnie patrzymy które wartości macierzy mają wartość jak najbliższą jedności i na podstawie tego dobieramy tory sterowań. W naszym przypadku najrozsądniej jest wybrać U2-Y3, U3-Y1, U4-Y2.

```
////TODO a to co to jest: -0.0818 0.4386 0.6432
0.6102 -0.1053 0.4951
0.4716 0.6667 -0.1383
```

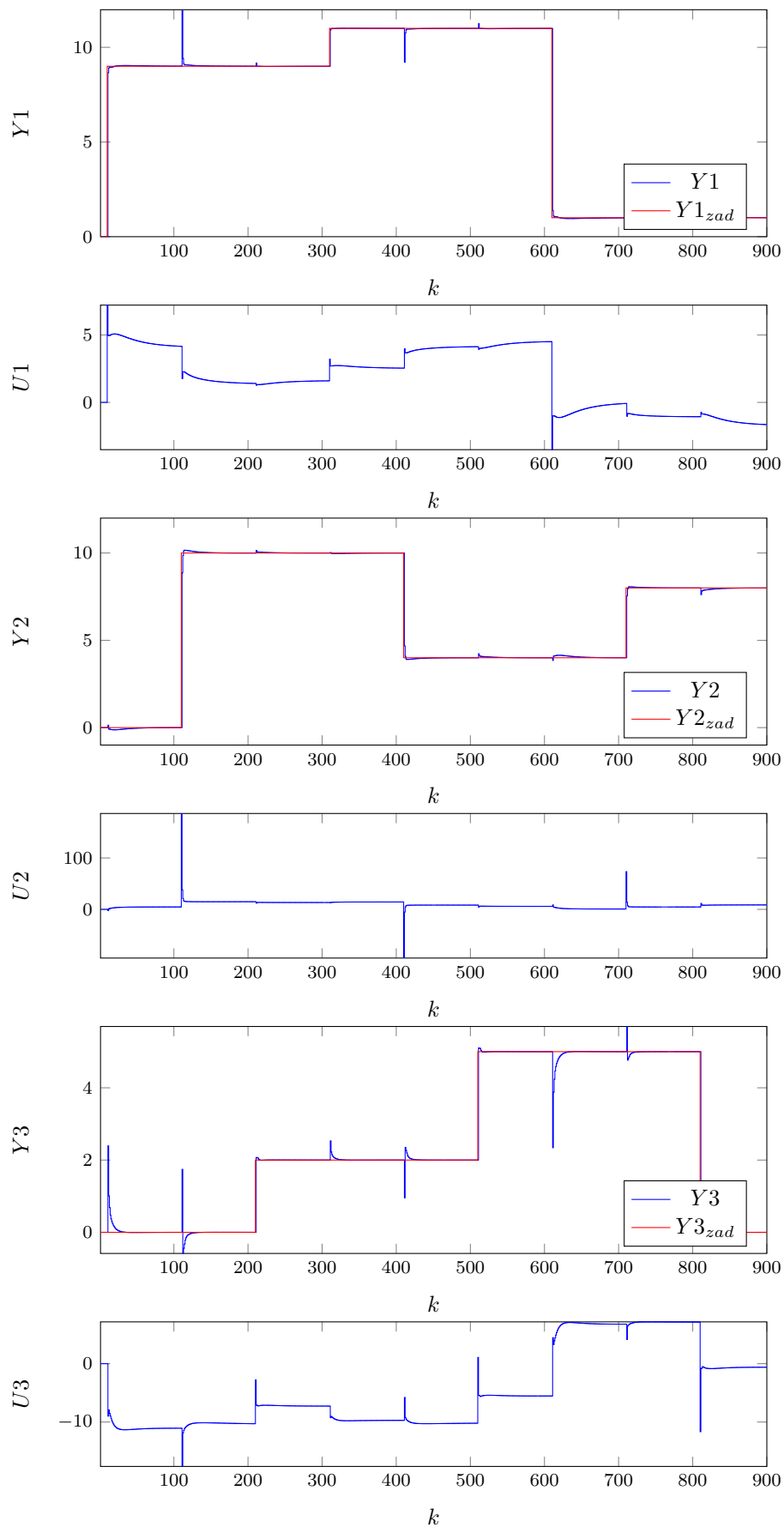
Po wybraniu odpowiednich torów, jesteśmy w stanie dla różnych oddziaływań uchyb-sterowanie dobrać optymalne nastawy optymalizatorem `fmincon` optymalizując 3 zestawy stałych: wzmocnienia K, stałej całkowania Ti oraz stałej różniczkowania Td. Eksperymentalnie dobraliśmy punkt startowy optymalizatora, tak aby regulator w nim nie uciekał do nieskończoności.

(Tu napisz dla którego przypadku najmniejszy błąd wyszedł)

pierwszy przypadek

```
K=[0,538210731709642 17,5567698133576 2,84874354508141];
Ti=[0,514450740056430 7,09460846761444 0,811278380840613];
Td=[0,00139346599837573 7,42420077987114e-06 0,00565178796268570];
```



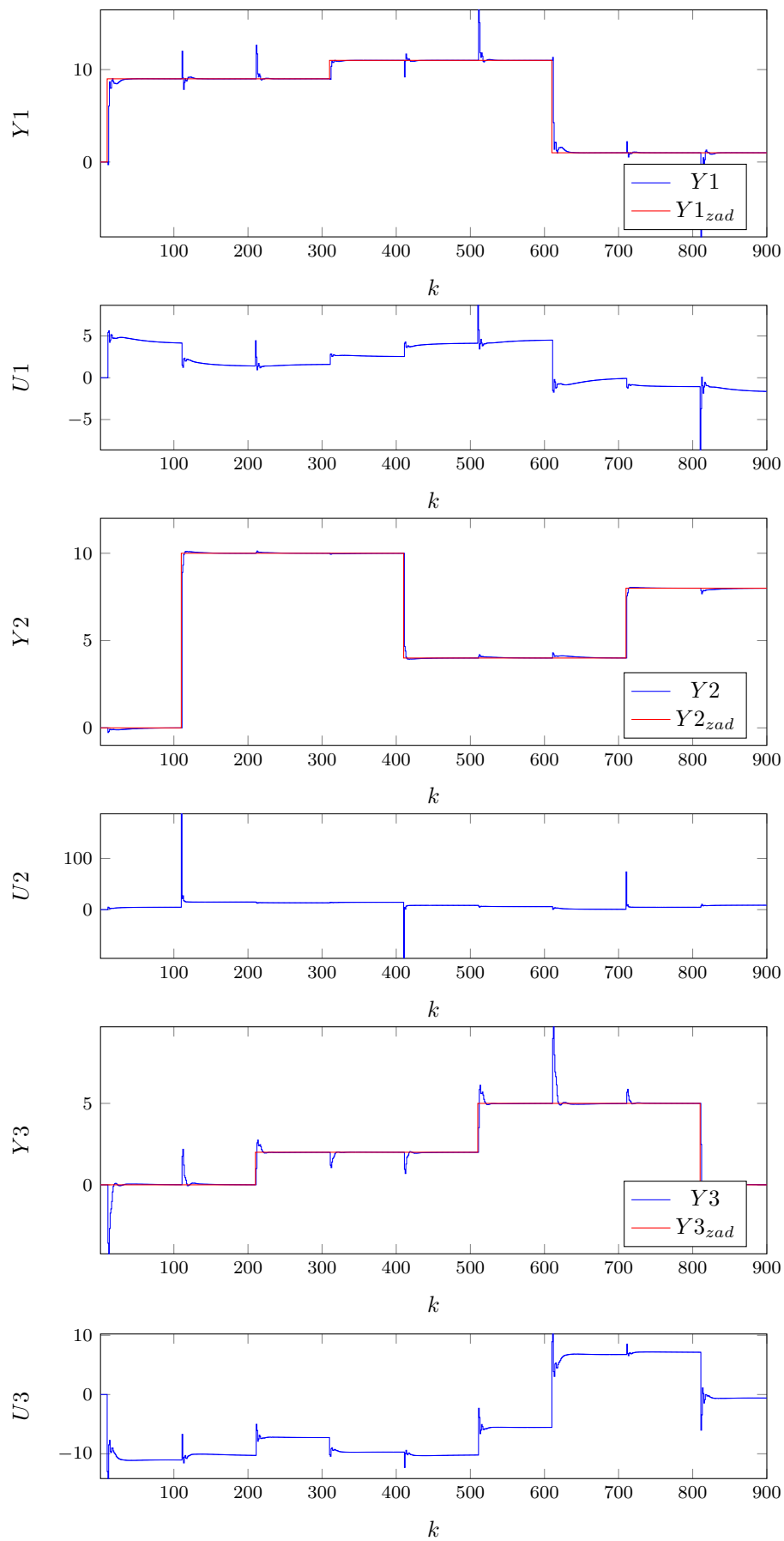
Rys. 3.1. PID - Sygnały procesu, oddziaływanie  $e1$  na  $u1$ ,  $e2$  na  $u2$ ,  $e3$  na  $u3$ , błąd  $E = 17,188\,697$

drugi przypadek

$K=[0,816330655981226 \ 16,3643555598206 \ -0,954969903810093];$

$Ti=[1,28949929474805 \ 7,85960058872968 \ 1,24575952603491];$

$Td=[0,330632288546404 \ 0,0415636656320979 \ 0,156826026915013];$

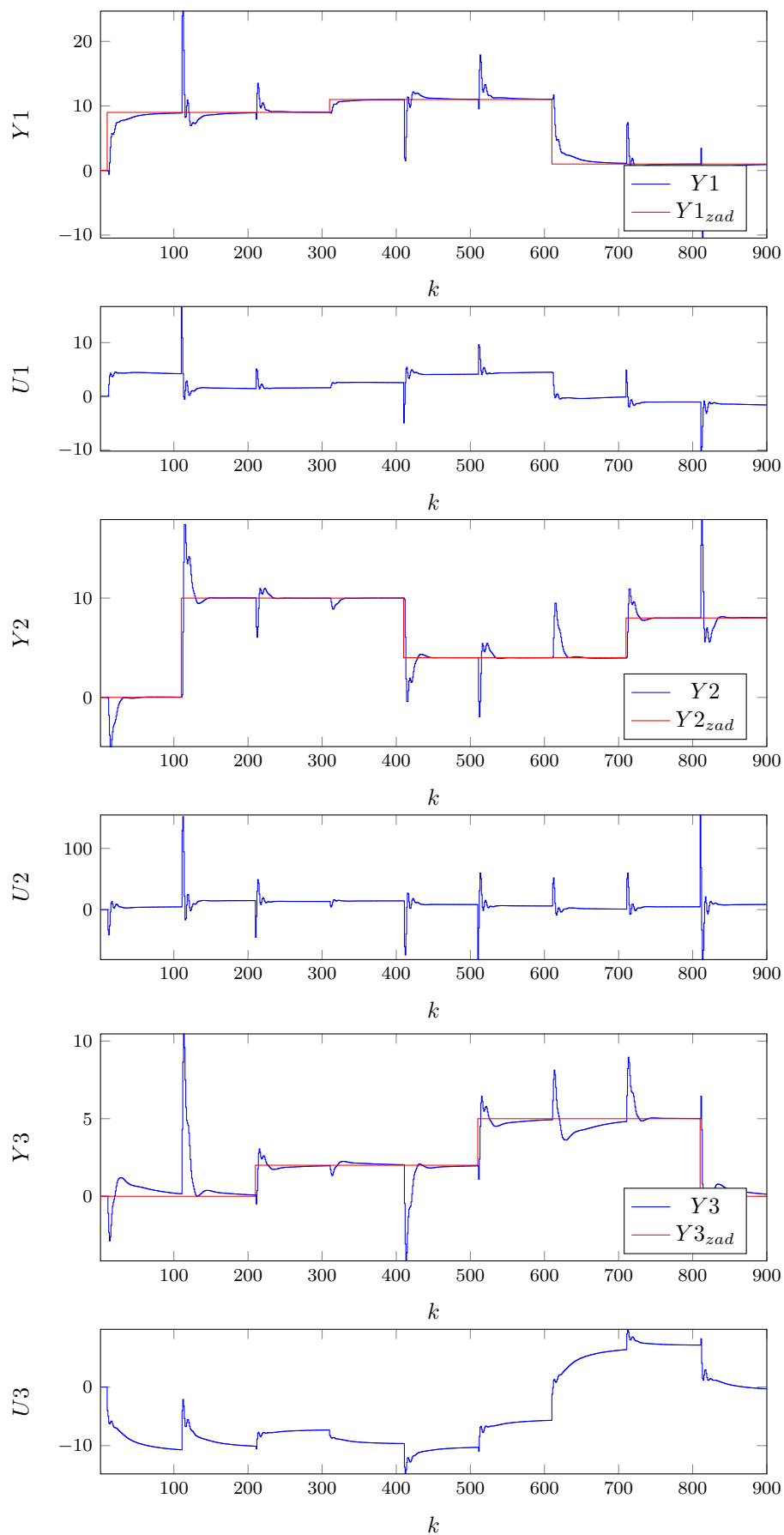
Rys. 3.2. PID - Sygnały procesu, oddziaływanie: e1 na u3, e2 na u2, e3 na u1, błąd  $E = 965,867074$

trzeci przypadek

$K=[0,540533050840108 \ -3,93533097394258 \ -0,401112728951613];$

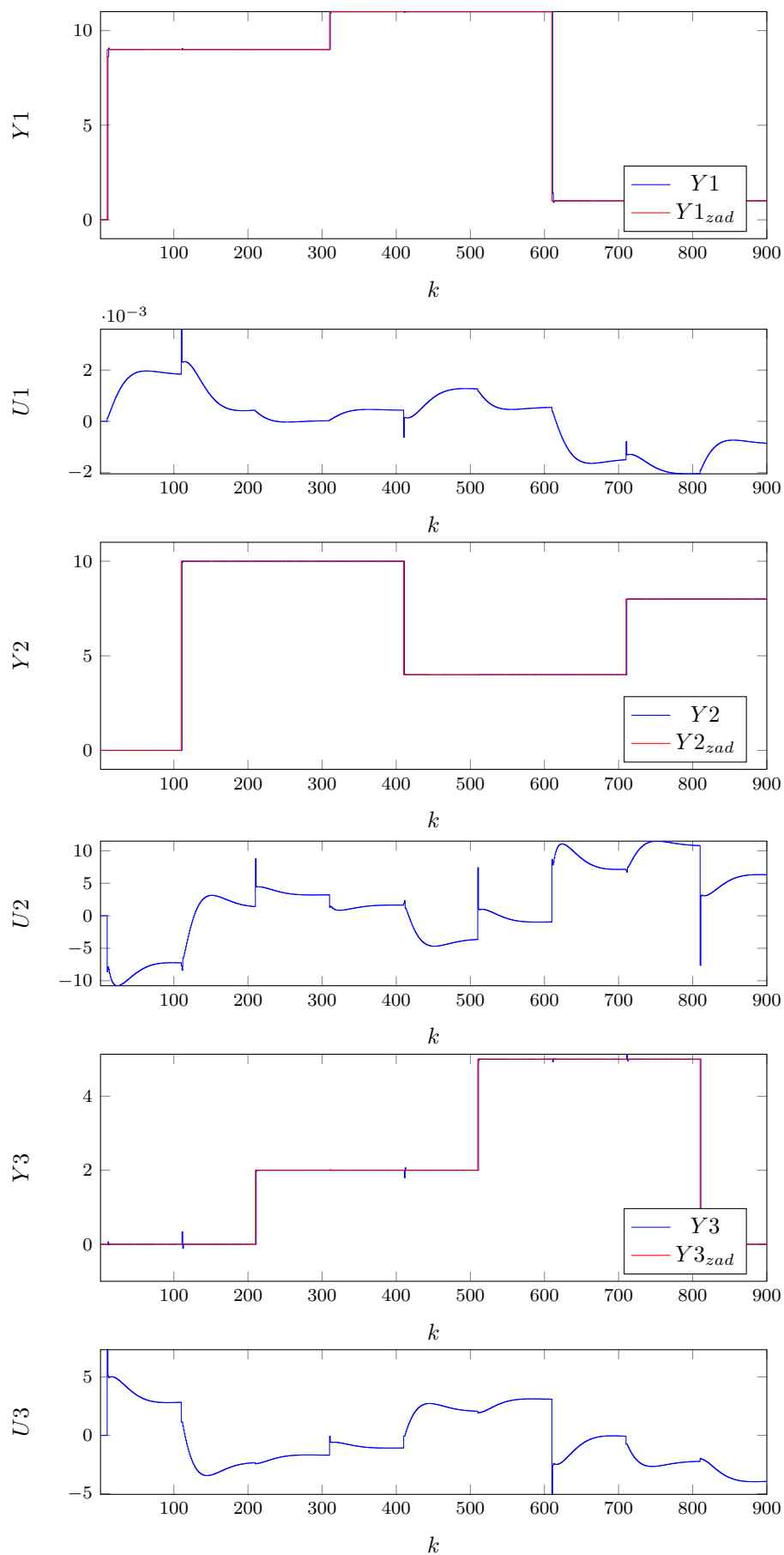
$Ti=[2,52943070390993 \ 16,9552270428315 \ 2,01049506267861];$

$Td=[0,609413583637298 \ 3,30122276050988 \ -0,00822846142602021];$



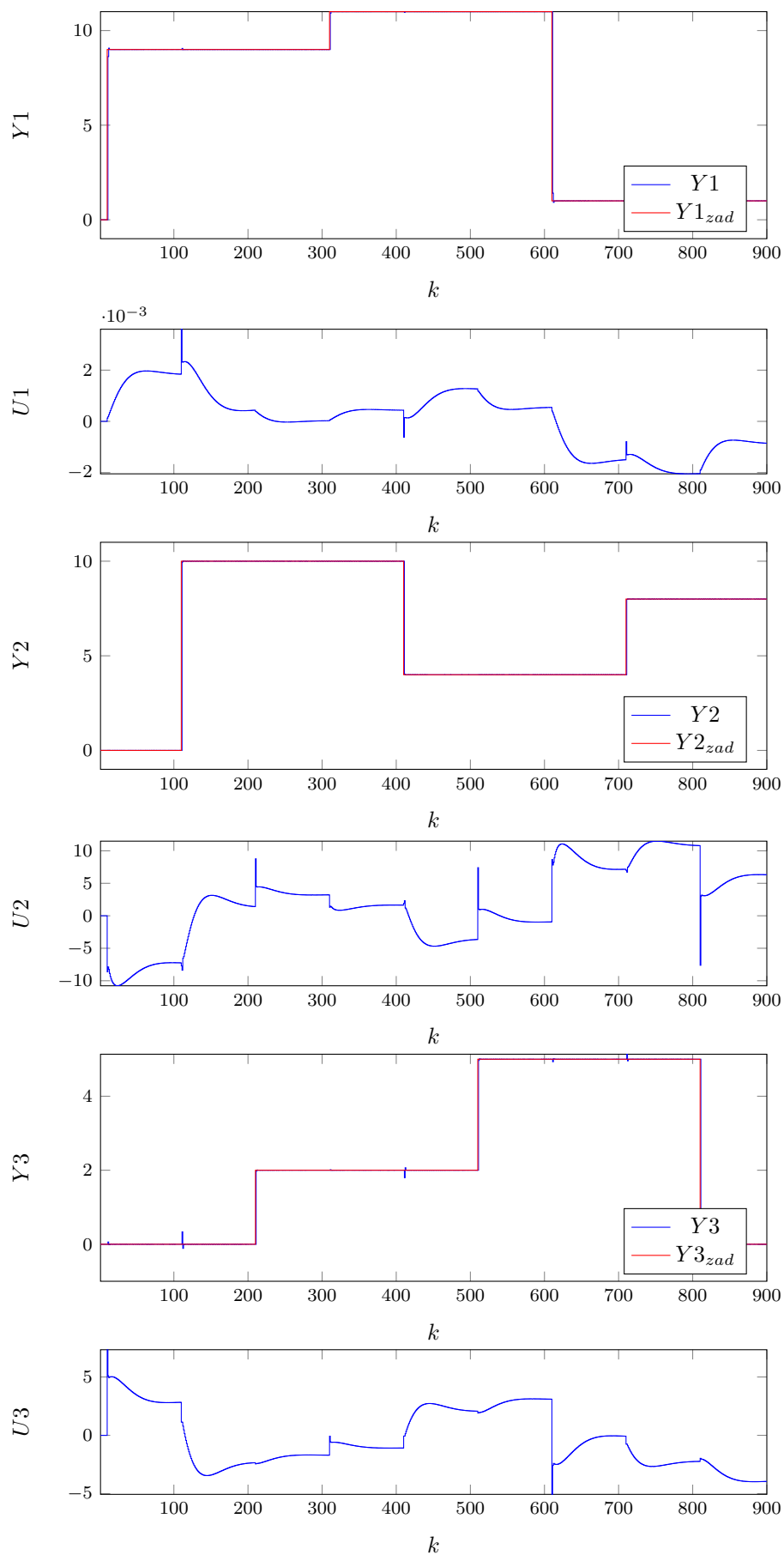
Rys. 3.3. PID - Sygnały procesu, oddziaływanie: e1 na u3, e3 na u2, e2 na u1, błąd E = 5006,339 140



Rys. 3.4. DMC - Sygnały procesu, błąd  $E = 375,535\,682$

#### 4. Punkt 6



Rys. 4.1. DMC - Sygnały procesu, błąd  $E = 375,535\,682$