

## Projekt

1. Sprawdzić poprawność podanego punktu pracy.

Przeprowadzono symulację odpowiedzi procesu dla punktu pracy. Ustalono stałe sterowania o wartości  $U_{pp} = 0$  oraz stałe zakłócenie o wartości  $Z_{pp}=0$ .

Wynik: Uzyskane wyjście procesu jest stałe i wynosi  $Y_{pp}=0$ .

Wniosek: Stała wartość wyjścia oznacza poprawność danych punktu pracy.

2. Wyznaczyć symulacyjnie odpowiedzi skokowe torów wejście-wyjście i zakłócenie-wyjście procesu dla kilku zmian sygnału sterującego. Narysować te odpowiedzi, oddzielnie dla obydwu torów. Narysować charakterystykę statyczną procesu  $y(u,z)$ . Czy właściwości statyczne i dynamiczne procesu są (w przybliżeniu) liniowe? Jeżeli tak, określić wzmocnienie statyczne obu torów procesu.

Odpowiedzi skokowe torów wejście-wyjście i zakłócenie-wyjście zostały wyznaczone symulacyjnie dla pięciu zmian sygnału sterującego oraz pięciu zmian zakłócenia.

### Tor wejście-wyjście

Do uzyskania odpowiedzi skokowych dla tego toru ustawiono zakłócenie na stałą wartość  $Z=0$  oraz przeprowadzone zostały skoki sterowania z  $U_{pp}=0$  na ...

### Tor zakłócenie-wyjście

Do uzyskania odpowiedzi skokowych dla tego toru ustawiono sygnał wejściowy na stałą wartość  $U=0$  oraz przeprowadzone zostały skoki sterowania z  $Z_{pp}=0$  na ...

Dzięki uzyskanym odpowiedziom skokowym otrzymano charakterystykę statyczną  $y(u,z)$

Wniosek: Na podstawie wykresu charakterystyki statycznej można ustalić, że właściwości statyczne procesu są liniowe. Wzmocnienie statyczne procesu określone zostało dzięki ..., wynosi on  $K=1,0305$ .

3. Wyznaczyć odpowiedzi skokowe obu torów wykorzystywane w algorytmie DMC, tzn. zestaw liczb  $s_1, s_2, \dots$  oraz  $s^z_1, s^z_2, \dots$  (przy skoku jednostkowym, odpowiednio sygnału sterującego i zakłócającego: od chwili  $k = 0$  włącznie sygnał wymuszenia ma wartość 1, w przeszłości jest zerowy). Zamieścić rysunki odpowiedzi skokowych obu torów.

#### Odpowiedź skokowa toru wejście-wyjście

Uzyskaną odpowiedź procesu na zmianę sygnału sterującego z punktu pracy  $U_{pp}=32$  na  $U_{max}=55$  przekształcono w następujący sposób: -Ograniczono (przycięto) czas zmiany sterowania  $u$  oraz wyjścia  $y$  od chwili skoku do ustabilizowania. -Wykres sterowania  $u$  przesunięty został o wartość początkową  $U_{pp}=?$  w dół -Wykres wyjścia  $y$  przesunięty został o wartość początkową  $Y_{pp}=?$  w dół -Wykres sterowania  $u$  i wyjścia  $y$  podzielono przez  $\Delta u=23$

Uzyskana odpowiedź skokowa daje nam zestaw liczb  $s_1, s_2, \dots$ , która wykorzystana będzie w algorytmie DMC.

#### Odpowiedź skokowa toru zakłócenie-wyjście

Uzyskaną odpowiedź procesu na zmianę sygnału zakłócenia z punktu pracy  $Z_{pp}=0$  na  $Z_{max}=30$  przekształcono w następujący sposób: -Ograniczono (przycięto) czas zmiany sterowania  $u$  oraz wyjścia  $y$  od chwili skoku do ustabilizowania. -Wykres sterowania  $u$  przesunięty został o wartość początkową  $U_{pp}=?$  w dół -Wykres wyjścia  $y$  przesunięty został o wartość początkową  $Y_{pp}=?$  w dół -Wykres sterowania  $u$  i wyjścia  $y$  podzielono przez  $\Delta z=30$

Uzyskana odpowiedź skokowa toru zakłócenie-wyjście daje nam zestaw liczb  $s_1, s_2, \dots$ , która wykorzystana będzie w algorytmie DMC.

4.

Tu KONDziu to samo co w proj 1

5. Założyć, że oprócz zmian sygnału wartości zadanej następuje skokowa zmiana sygnału zakłócenia z wartości 0 do 1 (zmiana ta ma miejsce po osiągnięciu przez proces wartości zadanej wyjścia). Dobrać parametr  $D^z$ . Zamieścić wybrane wyniki symulacji. Pokazać, że pomiar zakłócenia i jego uwzględnienie prowadzi do lepszej regulacji niż gdy brak jest tego pomiaru.

Parametr  $D^z$  Jest to liczba próbek, dla której następuje stabilizacja odpowiedzi skokowych toru zakłóceń, dobrano go na podstawie analizy odpowiedzi skoku zakłócenia z 0 na 1.

$D^z$  wynosi = 75

Po osiągnięciu przez proces wartości zadanej wyjścia następuje zmiana sygnału zakłócenia z wartości 0 na 1.

Symulacja regulowanego obiektu bez pomiaru zakłóceń :

Symulacja regulowanego obiektu z pomiarem zakłóceń :

Porównanie wskaźnika jakości:

Dla symulacji regulowanego obiektu bez pomiaru zakłóceń wynosi on:

Dla symulacji regulowanego obiektu z pomiarem zakłóceń wynosi on:

Wnioski: Uwzględnienie mierzalnego zakłócenia w algorytmie regulacji jest bardzo dobrym rozwiązaniem, odsprzęganie zakłócenia powoduje kompensację uchybu regulacji, a co za tym idzie wskaźnik jakości jest lepszy, a sama regulacja uznana jest za lepszą.

6. Sprawdzić działanie algorytmu przy zakłóceniu zmiennym sinusoidalnie. Zamieścić wybrane wyniki symulacji przy uwzględnieniu i nie uwzględnieniu mierzonego zakłócenia w algorytmie.

Wynik symulacji przy uwzględnieniu mierzonego zakłócenia w algorytmie:

Wynik symulacji przy nie uwzględnieniu mierzonego zakłócenia w algorytmie:

Wnioski: Zakłócenie sinusoidalne wpłynęło bardzo negatywnie na układ, w którym nie jest uwzględniona kompensacja zakłócenia co spowodowało, że wskaźnik jakości wynosi: .... . Uwzględniając mierzone zakłócenie w algorytmie udało się skompensować uchyb co poprawiło wskaźnik jakości do ... :

Zakłócenie zmienne sinusoidalne jest trudniejsze do kompensacji niż zwykły skok zakłócenia, ponieważ wymaga ono innego modelu zakłóceń, którego nie zastosowano.

7. Dla dobranych parametrów algorytmu zbadać jego odporność przy błędach pomiaru sygnału zakłócenia (szum pomiarowy). Rozważyć kilka wartości błędów. Zamieścić wybrane wyniki symulacji.

Szum pomiarowy wygenerowano za pomocą dodania do wartości sygnału zakłócenia dodajemy funkcję MATLAB'a *normrnd()*, gdzie jako parametry podajemy 0 oraz sigma. Dzięki tej funkcji sygnał zakłócenia zmienia się zgodnie z rozkładem Gauss'a.

Poprzez zwiększanie parametru sigma, zwiększamy zmiany sygnału zakłócenia, a co za tym idzie -większe zakłócenia. Rozważono trzy różne wartości zakłócenia:

Wnioski: Im większe zakłócenia tym jakość regulacji jest mniejsza.

## Labka

1. Sprawdzić możliwość sterowania i pomiaru w komunikacji ze stanowiskiem – w szczególności sygnałów sterujących W1, G1, Z oraz pomiaru T1. Określić wartość pomiaru temperatury w punkcie pracy ( $Z = 0$ ,  $G1 = 25 + *$ , gdzie  $*$  oznacza numer zespołu).

Przeprowadzono symulację odpowiedzi procesu dla punktu pracy. Ustalono stałe sygnały sterujące  $G1 = 32$   $Z=0$ .

Wynik: Uzyskane wyjście procesu wynosi  $T1=35.4$  Stopnia C.

2. Wyznaczyć odpowiedzi skokowe toru zakłócenie-wyjście procesu dla trzech różnych zmian sygnału zakłócającego Z rozpoczynając z punktu pracy. Narysować otrzymane przebiegi na jednym rysunku. Czy właściwości statyczne obiektu można określić jako (w przybliżeniu) liniowe? Jeżeli tak, określić wzmocnienie statyczne tego toru procesu.

Odpowiedzi skokowe toru zakłócenie-wyjście zostały wyznaczone symulacyjnie dla pięciu zmian sygnału zakłócenia.

### Tor zakłócenie-wyjście

Do uzyskania odpowiedzi skokowych dla tego toru ustawiono sygnał wejściowy na stałą wartość  $U=32$ , przy ustabilizowanej temperaturze  $T1=35.4$  stp C przeprowadzone zostały skoki sterowania z  $Z = 0$  na 10, 15 oraz 30.

Dzięki uzyskanym odpowiedziom skokowym otrzymano charakterystykę statyczną zakłócenia.

Wniosek: Na podstawie wykresu charakterystyki statycznej można ustalić, że właściwości statyczne procesu są liniowe. Wzmocnienie statyczne procesu określone zostało na  $K=0,1046$ .

3. Przygotować odpowiedzi skokowe wykorzystywane w algorytmie DMC, tzn. zestaw liczb  $s_1, s_2, \dots$  oraz  $s^z_1, s^z_2, \dots$ . Zamieścić rysunki odpowiedzi skokowych. Należy wykonać aproksymację odpowiedzi skokowych. W celu można wykorzystać dowolne narzędzie. Zamieścić rysunek porównujący odpowiedź skokową oryginalną i wersję aprok- symowaną. Opisać zastosowaną metodę (pozwalając na odtworzenie procesu aproksy- macji) oraz uzasadnić wybór wszystkich parametrów z tym związanych)

Kondziu tutaj aproksymacja jak w proj 1 tylko zmiana na sz1

Do labki aproksymacja jeszcze  
Wykresy

$$T1 = 4.59 \quad T2 = 100.4 \quad K = 0.345 \quad Td = 7$$

4. Napisać i omówić program w języku Matlab do regulacji algorytmu DMC (w naj- prostszej wersji analitycznej) dla procesu stanowiska. Dobrać parametry  $D, N, N_u, \lambda$  algorytmu DMC przy skokowej zmianie sygnału wartości zadanej i zerowym zakłóce- niu. Uwzględnić istniejące ograniczenia wartości sygnału sterującego  $0 \leq G1(k) \leq 100$ .

Tutaj z proj 1 DMC

5. Dobrać parametr  $D^z$ . Założyć, że oprócz zmian sygnału wartości zadanej następu- je skokowa zmiana sygnału zakłócenia z wartości 0 do ok. 30 (zmiana ta ma miej- sce po osiągnięciu przez proces wartości zadanej wyjścia). Uwzględnić co najmniej dwie zmiany sygnału zakłócenia. Zamieścić wybrane wyniki eksperymentu. Pokazać, że uwzględnienie pomiaru zakłócenia prowadzi do lepszej regulacji niż gdy brak jest tego pomiaru – porównać wyniki eksperymentu z regulatorem nie uwzględniającym pomiaru zakłóceń.

Parametr  $D^z$  Jest to liczba próbek, dla której następuje stabilizacja odpowiedzi skokowych toru zakłóceń, dobrano go na podstawie analizy odpowiedzi skoku zakłócenia z 0 na 30.

Dz wynosi =

Po osiągnięciu przez proces wartości zadanej wyjścia następuje zmiana sygnału zakłócenia z wartości 0 na 15 oraz na 30.

Symulacja regulowanego obiektu bez pomiaru zakłóceń :

Symulacja regulowanego obiektu z pomiarem zakłóceń :

Porównanie wskaźnika jakości:

Dla symulacji regulowanego obiektu bez pomiaru zakłóceń wynosi on:

Dla symulacji regulowanego obiektu z pomiarem zakłóceń wynosi on:

Wnioski: Uwzględnienie mierzalnego zakłócenia w algorytmie regulacji jest bardzo dobrym rozwiązaniem, odsprzęganie zakłócenia powoduje kompensację uchybu regulacji, a co za tym idzie wskaźnik jakości jest lepszy, a sama regulacja uznana jest za lepszą.