

Spis treści

| | |
|--|----|
| 1. Projekt | 2 |
| 1.1. Poprawność podanego punktu pracy | 2 |
| 1.2. Odpowiedzi skokowe 12 torów procesów | 3 |
| 1.3. Program do symulacji algorytmu cyfrowego PID i DMC w najprostszej wersji analitycznej | 4 |
| 1.4. Dobranie eksperymentalne konfiguracji i parametrów regulatorów PID i DMC | 5 |
| 1.4.1. Konfiguracja i dobór parametrów regulatorów PID | 5 |
| 1.4.2. Dobór parametrów regulatorów DMC | 5 |
| 1.5. Optymalizacja parametrów regulatorów PID i DMC | 6 |
| 1.5.1. Optymalizacja PID | 6 |
| 1.5.2. Optymalizacja DMC | 6 |
| 1.5.3. Wnioski | 6 |
| 1.6. Implementacja algorytmu DMC w wersji klasycznej | 7 |
| 1.6.1. DMC1 | 7 |
| 1.6.2. DMC2 | 7 |
| 1.6.3. DMC BEST | 7 |
| 1.6.4. Wnioski | 7 |
| 2. Laboratorium | 8 |
| 2.1. Stanowisko grzejąco-chłodzące | 8 |
| 2.1.1. Sprawdzenie poprawności punktu pracy | 8 |
| 2.1.2. Zabezpieczenia stanowiska | 9 |
| 2.1.3. Implementacja oraz dobór nastaw dwupętlowego regulatora PID | 10 |
| 2.1.4. Implementacja i dobór parametrów regulatora DMC 2x2 | 11 |
| 2.1.5. Panel operatora | 12 |
| 2.1.6. Automat stanów | 13 |
| 2.2. Stanowisko INTECO - zbiorniki wodne | 14 |
| 2.2.1. Konfiguracja sterownika stanowiska Inteco | 14 |
| 2.2.2. Zabezpieczenia stanowiska | 15 |
| 2.2.3. Charakterystyka statyczna | 16 |
| 2.2.4. Dostosowanie i dobieranie parametrów regulatorów PID | 17 |
| 2.2.5. Automat stanów | 18 |
| 2.2.6. Wizualizacja procesu | 19 |
| 2.3. Porównanie regulatorów PID | 20 |

1. Projekt

1.1. Poprawność podanego punktu pracy

Zasymulowano odpowiedź procesu w punkcie pracy dla sterowania $upp1=upp2=upp3=upp4=0$

Wyjścia obiektu wynoszą $ypp1=ypp2=ypp3=0$.

Podany punkt pracy jest poprawny

1.2. Odpowiedzi skokowe 12 torów procesów

Wyznaczono odpowiedzi skokowe dla 12 torów procesu to znaczy zestaw liczb s_{mn} dla m równe 1, 2, 3, gdzie m oznacza numer wyjścia y i n równe 1, 2, 3, 4, gdzie n oznacz numer sterowania u przy pojedynczych skokach jednostkowych odpowiednich sygnałów sterujących od chwili k równe 0 włącznie sygnał wymuszenia ma wartość 1, w przeszłości jest zerowy.

1.3. Program do symulacji algorytmu cyfrowego PID i DMC w najprostszej wersji analitycznej

Zaimplementowano cyfrowy algorytm PID oraz algorytm DMC (w najprostszej wersji analitycznej)

Info o PID i DMC z poprzednich

1.4. Dobranie eksperymentalne konfiguracji i parametrów regulatorów PID i DMC

Dla zaproponowanej trajektorii zmian sygnałów zadanych (kilka skoków o różnej amplitudzie) dobrać nastawy regulatora PID i parametry algorytmu DMC metoda eksperymentalna. Jakość regulacji oceniać jakościowo (na podstawie rysunków przebiegów sygnałów) oraz ilościowo, wyznaczając wskaźnik jakości regulacji

gdzie k_{konc} oznacza koniec symulacji (zawsze taki sam). Zamieścić wybrane wyniki symulacji (przebiegi sygnałów wejściowych i wyjściowych procesu oraz wartości wskaźnika E). W przypadku algorytmu PID rozważyć kilka możliwych konfiguracji regulatora, tzn. uchyb e_1 pierwszego wyjścia oddziałuje na pierwszy sygnał sterujący u_1 , uchyb e_2 oddziałuje na u_2 , uchyb e_3 oddziałuje na u_3 itd. Zamieścić wybrane wyniki symulacji

1.4.1. Konfiguracja i dobór parametrów regulatorów PID

Pid bez u_1

$Kr_1=1.5$ $Td_1=0.01$ $Ti_1=2$ $Kr_2=5.5$ $Td_2=0.2$ $Ti_2=0.4$ $Kr_3=2$ $Td_3=1$ $Ti_3=9$ Wartość wskaźnika $E=79.893$

Pid bez u_2

$Kr_1=0.7$ $Td_1=0.3$ $Ti_1=0.2$ $Kr_2=3.5$ $Td_2=0.2$ $Ti_2=0.2$ $Kr_3=3$ $Td_3=0.8$ $Ti_3=7.5$ Wartość wskaźnika $E=64.3445$

Pid bez u_3

$Kr_1=0.7$ $Td_1=0.3$ $Ti_1=0.2$ $Kr_2=0.7$ $Td_2=0.6$ $Ti_2=1.8$ $Kr_3=1.4$ $Td_3=0.6$ $Ti_3=5.5$ Wartość wskaźnika $E=74.1529$

Pid bez u_4

$Kr_1=0.7$ $Td_1=0.3$ $Ti_1=0.2$ $Kr_2=0.6$ $Td_2=0.05$ $Ti_2=0.3$ $Kr_3=0.8$ $Td_3=0.4$ $Ti_3=0.4$ Wartość wskaźnika $E=79.2468$

1.4.2. Dobór parametrów regulatorów DMC

DMC1

$D=350$ $N=100$ $Nu=15$ $\lambda_1=0.9$ $\lambda_2=0.5$ $\lambda_3=0.2$ $\lambda_4=0.1$ $\psi_1=1$ $\psi_2=0.54$ $\psi_3=1.3$ Wartość wskaźnika $E=164.4355$

DMC2

$D=350$ $N=30$ $Nu=5$ $\lambda_1=0.9$ $\lambda_2=1.2$ $\lambda_3=0.5$ $\lambda_4=1$ $\psi_1=0.89$ $\psi_2=1$ $\psi_3=1.5$ Wartość wskaźnika $E=167.2731$

DMC BEST

$D=350$ $N=200$ $Nu=10$ $\lambda_1=0.15$ $\lambda_2=0.2$ $\lambda_3=0.7$ $\lambda_4=0.1$ $\psi_1=1$ $\psi_2=1$ $\psi_3=1$ Wartość wskaźnika $E=103.2769$

1.5. Optymalizacja parametrów regulatorów PID i DMC

Dla zaproponowanej trajektorii zmian sygnału zadanego dobrano nastawy regulatora PID w wyniku optymalizacji wskaźnika jakości regulacji E . Optymalizacji dokonano za pomocą wbudowanej funkcji MATLABa `fmincon`.

1.5.1. Optymalizacja PID

PID bez u_1

$Kr_1=2.438$ $Td_1=0$ $Ti_1=3.2542$ $Kr_2=8.8647$ $Td_2=0$ $Ti_2=0.2623$ $Kr_3=3.1042$ $Td_3=1.0262$ $Ti_3=16.8144$ Wartość wskaźnika $E=64.2991$

PID bez u_2

$Kr_1=2.2901$ $Td_1=0.0187$ $Ti_1=0.5102$ $Kr_2=0.0219$ $Td_2=39.5656$ $Ti_2=0.0006$ $Kr_3=4.8545$ $Td_3=0.4969$ $Ti_3=17.6086$ Wartość wskaźnika $E=51.5533$

PID bez u_3

$Kr_1=2.4231$ $Td_1=0$ $Ti_1=0.6438$ $Kr_2=1.3759$ $Td_2=0$ $Ti_2=1.173$ $Kr_3=6.4637$ $Td_3=0.0984$ $Ti_3=13.3023$ Wartość wskaźnika $E=42.5008$

PID bez u_4

$Kr_1=2.5885$ $Td_1=0$ $Ti_1=0.5918$ $Kr_2=1.4396$ $Td_2=0$ $Ti_2=0.6631$ $Kr_3=13.4882$ $Td_3=0.029$ $Ti_3=4.4987$ Wartość wskaźnika $E=43.3297$

1.5.2. Optymalizacja DMC

W regulatorze DMC dobierano współczynniki u_1 , u_2 , u_3 , λ_1 , λ_2 , λ_3 , λ_4 , natomiast horyzonty D , N , N_u przyjęto stałe.

$D=350$ $N=200$ $N_u=10$ $\lambda_1=0.9004$ $\lambda_2=-5.5093$ $\lambda_3=12.1642$ $\lambda_4=-0.0569$ $\psi_1=-0.5147$ $\psi_2=-9.3173$ $\psi_3=3.2215$ Wartość wskaźnika $E=77.9097$

1.5.3. Wnioski

Biorąc pod uwagę ocenę regulacji jakościową oraz ilościową najlepiej prezentuje się algorytm PID z dobranymi parametrami za pomocą optymalizacji funkcją `fmincon`, pokazuje to że prostota regulatora PID w takiej sytuacji dała możliwość lepszego dostrojenia oraz lepszych wyników.

Porównanie najlepszego DMC i PID

PID – PID bez u_3

$Kr_1=2.4231$ $Td_1=0$ $Ti_1=0.6438$ $Kr_2=1.3759$ $Td_2=0$ $Ti_2=1.173$ $Kr_3=6.4637$ $Td_3=0.0984$ $Ti_3=13.3023$ Wartość wskaźnika $E=42.5008$

DMC – $D=350$ $N=200$ $N_u=10$

$\lambda_1=0.9004$ $\lambda_2=-5.5093$ $\lambda_3=12.1642$ $\lambda_4=-0.0569$ $\psi_1=-0.5147$ $\psi_2=-9.3173$ $\psi_3=3.2215$ Wartość wskaźnika $E=77.9097$

Wskaźnik jakości jest prawie dwa razy większy w przypadku regulatora DMC

1.6. Implementacja algorytmu DMC w wersji klasycznej

Zaimplementować również algorytm DMC w wersji klasycznej (tj. wyznaczający trajektorie sterowania na całym horyzoncie sterowania). Sprawdzić, czy na pewno otrzymane wyniki symulacji dla wybranego zestawu parametrów są takie same jak w wersji klasycznej.

1.6.1. DMC1

$D=350$ $N=100$ $N_u=15$ $\lambda_1=0.9$ $\lambda_2=0.5$ $\lambda_3=0.2$ $\lambda_4=0.1$ $\psi_1=1$ $\psi_2=0.54$ $\psi_3=1.3$
Wartość wskaźnika $E=164.4355$

1.6.2. DMC2

$D=350$ $N=30$ $N_u=5$ $\lambda_1=0.9$ $\lambda_2=1.2$ $\lambda_3=0.5$ $\lambda_4=1$ $\psi_1=0.89$ $\psi_2=1$ $\psi_3=1.5$
Wartość wskaźnika $E=167.2731$

1.6.3. DMC BEST

$D=350$ $N=200$ $N_u=10$ $\lambda_1=0.15$ $\lambda_2=0.2$ $\lambda_3=0.7$ $\lambda_4=0.1$ $\psi_1=1$ $\psi_2=1$ $\psi_3=1$
Wartość wskaźnika $E=103.2769$

1.6.4. Wnioski

Otrzymane wyniki symulacji dla wybranego zestawu parametrów są takie same jak w wersji klasycznej.

Algorytm DMC w najprostszej wersji uzyskał taki sam wskaźnik regulacji co DMC w klasycznej wersji, a dzięki uproszczeniu obliczeń jest szybszy.

2. Laboratorium

2.1. Stanowisko grzejąco-chłodzące

2.1.1. Sprawdzenie poprawności punktu pracy

Sygnały sterujące ustawione zostały na wskazane w poleceniu wartości: $G1 = 32$, $G2 = 37$, $W1=W2=50$. Sprawdzona została możliwość sterowania i pomiaru w komunikacji ze stanowiskiem. Wartości temperatur w punkcie pracy wyniosły: $T1 = 36,3$ $T2 = 38,3$

2.1.2. Zabezpieczenia stanowiska

W celu zabezpieczenia stanowiska przed uszkodzeniem na sterowniku został zaimplementowany mechanizm, który przy przekroczeniu temperatury 150 °C wyłącza grzałkę sąsiadującą z czujnikiem, który zmierzył niebezpieczną temperaturę. Implementacja takiego mechanizmu jest prosta, ale niezwykle istotna w tego typu procesach. Zadeklarowano wartość krytyczną temperatury oraz zaimplementowano funkcję sprawdzającą czy wskazanie czujnika nie przekracza tej wartości. W przypadku jej przekroczenia grzałka sąsiadująca z danym czujnikiem zostaje wyłączona, sterowanie G zostaje ustawione na 0.

2.1.3. Implementacja oraz dobór nastaw dwupętlowego regulatora PID

Na sterowniku zaimplementowano uwzględniając ograniczenia dwupętlowy regulator PID. Metodą eksperymentalną dobrano nastawy regulatora.

Implementacja regulatora

Wyznaczenie modelu obiektu

Dobranie nastaw regulatora

2.1.4. Implementacja i dobór parametrów regulatora DMC 2x2

Na sterowniku zaimplementowano uwzględniając ograniczenia regulator DMC 2x2 w wersji oszczędnej obliczeniowo(analitycznej). Pozyskano odpowiedzi skokowe obiektu. Dobierając parametry regulatora uwzględniono: Liczbę wykorzystanych rejestrów pamięci, czas obliczeń pojedynczej iteracji algorytmu oraz jakość regulacji Implementacja Wykresy

Implementacja

Odpowiedzi skokowe

Dobór parametrów regulatora

2.1.5. Panel operatora

Panel operatora Wartości mierzone, zadane oraz sterowanie

2.1.6. Automat stanów

Zaimplementować automat stanów, na podstawie którego modyfikowane będą wartości zadane. Opisać implementację.

2.2. Stanowisko INTECO - zbiorniki wodne

2.2.1. Konfiguracja sterownika stanowiska Inteco

Skonfigurować sterownik w celu obsługi stanowiska Inteco. Opisać zastosowaną konfigurację.

2.2.2. Zabezpieczenia stanowiska

Zaimplementować na sterowniku mechanizm zabezpieczający przed uszkodzeniem stanowiska. Omówić zastosowane podejście.

2.2.3. Charakterystyka statyczna

Spróbować wyznaczyć charakterystykę statyczną. Omówić wyniki.

2.2.4. Dostosowanie i dobieranie parametrów regulatorów PID

Dostosować implementację regulatora PID (wielopętlowego) do współpracy ze stanowiskiem Inteco. Regulator(y) dostroić. Omówić proces dobierania nastaw regulatorów. Uwzględnić ograniczenia jeśli istnieją. Zamieścić wykresy w sprawozdaniu.

2.2.5. Automat stanów

Dostosować automat stanów, na podstawie którego modyfikowane będą wartości zadane.

2.2.6. Wizualizacja procesu

Przygotować wizualizację procesu: — jego szczegółowa reprezentacja graficzna, — wykres sygnałów wyjściowych, wartości zadanych oraz sterowania, — graf przejść automatu stanów.

2.3. Porównanie regulatorów PID

Porównać działanie własnej implementacji regulatora PID z działaniem wbudowanej w sterownik funkcji PID. Sprawdzić wpływ ograniczeń na działanie obu wersji regulatora. Omówić parametry zastosowane w funkcji PID.