|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| POLITECHNIKA WROCŁAWSKA  WYDZIAŁ PPT  KATEDRA INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ  LABORATORIUM Z AUTOMATYKI I ROBOTYKI | | | |
| **Autorzy sprawozdania:** | | **Informacje o ćwiczeniu:** | |
| Imię i nazwisko: | Numer indeksu: | Numer ćwiczenia: | Data wykonania: |
| *Jakub Jaworski* | *236752* | *3,4* | *24.10.2018 r.* |
| Tytuł ćwiczenia: | |
| Regulacja w układach rzeczywistych - identyfikacja obiektu. Badanie jakości regulacji dwupołożeniowej. | |

**1. Cel ćwiczenia**

Rejestracja odpowiedzi skokowej obiektu rzeczywistego i wyznaczenie jego podstawowych parametrów dynamicznych na podstawie tej odpowiedzi na przykładzie mikrotermostatu. Ocena poprawności wyznaczonych parametrów na podstawie symulacji. Zapoznanie się z zasadą działania regulatora dwupołożeniowego oraz ocena jakości regulacji dwupołożeniowej na przykładzie obiektu rzeczywistego (mikrotermostat) i badań symulacyjnych.

**2. Użyty sprzęt i materiały**

- Komputer z oprogramowaniem MATLAB Simulink oraz LabView

- Mikrotermostat

- Czujnik temperatury LM335

**3. Przebieg doświadczenia**

W pierwszej części ćwiczenia rejestrowano odpowiedź skokową obiektu tj. temperaturę mikrotermostatu w funkcji czasu jako odpowiedź na skokową zmianę napięcia sterującego grzejnika. Wykorzystano do tego program L1\_char\_grz.exe. Na podstawie uzyskanej charakterystyki każdy z badających osobno wyznaczył następujące parametry obiektu regulacji: temperaturę początkową Tpocz, temperaturę końcową Tust, wzmocnienie obiektu Kob, opóźnienie T0 oraz stałą czasową τ. Parametry te zostały wykorzystane w kolejnej części doświadczenia. Część tą rozpoczęto od przeprowadzenia badania mikrotermostatu w układzie zamkniętym z regulatorem dwustanowym, które wykonano za pomocą programu L2\_2stan.exe. Następnie porównano wyniki otrzymane z powyższego badania z wynikami uzyskanymi podczas symulacji wykorzystując parametry obliczone wcześniej przez badających. Ostatnim etapem było przeprowadzenie analogicznego badania mikrotermostatu oraz symulacji dla innej temperatury.

**4. Wyniki**

Rys 1. Graficzna metoda wyznaczania parametrów obiektu regulacji na podstawie wykresu zależności temperatury obiektu od czasu

Tabela 1. Wartości wyznaczonych parametrów obiektu regulacji przez badających

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Badający 1 | Badający 2 |
| Tpocz [°C] | 24,03 | 23,88 |
| Tust [°C] | 56,99 | 57,03 |
| K [°C/V] | 11,57 | 13,26 |
| T0 [s] | 8,6 | 8,6 |
| τ [s] | 838,4 | 944 |

1.Badanie mikrotermostatu w układzie zamkniętym z regulatorem dwustanowym

Rys 2. Przebieg regulacji dwupołożeniowej dla wartości temperatury mikrotermostatu 34 °C. Na osi x wykresu przedstawiono wartości czasu w sekundach. Kolorem pomarańczowym ukazano sygnał wyjściowy z obiektu, czyli wartość napięcia na wyjściu, kolorem szarym - sygnał błędu, który jest różnicą pomiędzy zadaną wartością temperatury mikrotermostatu, a rzeczywistą temperaturą obiektu, którą wyliczono na podstawie czułości czujnika oraz wartości napięcia na wyjściu, natomiast kolorem niebieskim zaznaczono stany załączenia i wyłączenia przekaźnika.

ia na wyjściuość napięcia, kolorem szarymjących

Rys 3. Przebieg regulacji dwupołożeniowej dla wartości temperatury mikrotermostatu 38 °C.

Dla uzyskanych przebiegów wyznaczono następujące parametry jakości regulacji:

1) czas, po którym sygnał wyjściowy z obiektu osiąga po raz pierwszy wartość zadaną

2) wartość przeregulowań (maksymalnych odchyłek od wartości zadanej) na wyjściu obiektu

3) czas pierwszego załączenia przekaźnika,

4) stosunek kolejnych czasów załączeń i wyłączeń

5) czas trwania cyklu załączenie/wyłączenie

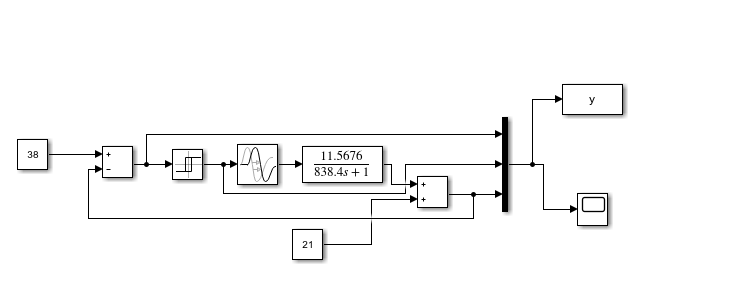
6) wartość średnią sygnału wyjściowego z obiektu (z pominięciem pierwszego

przeregulowania)

Tabela 2. Wartości parametrów jakości regulacji dla doświadczenia z mikrotermostatem

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parametr | Przebieg 1 (34 °C) | Przebieg 2 (38 °C) |
| 1 | 422 s | 307,6 s |
| 2 | 1,08 °C | 1,08 °C |
| 3 | 418 s | 305 s |
| 4 | 59/124 [s] | 60/80 [s] |
| 5 | 183 s | 140 s |
| 6 | 34,26 °C | 38,03 °C |

2. Badanie symulacyjne układu regulacji dwupołożeniowej



Rys 4. Model obiektu stworzony w programie MATLAB Simulink

Rys 5. Przebieg regulacji dwupołożeniowej dla symulacji wykonanej w programie MATLAB Simulink przy temperaturze zadanej 34 °C oraz przy zaimplementowaniu parametrów obliczonych przez Badającego 1.

Rys 6. Przebieg regulacji dwupołożeniowej dla symulacji wykonanej w programie MATLAB Simulink przy temperaturze zadanej 38 °C oraz przy zaimplementowaniu parametrów obliczonych przez Badającego 2.

Tabela 3. Wartości parametrów jakości regulacji dla symulacji - Badający 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parametr | Przebieg 1 (34 °C) | Przebieg 2 (38 °C) |
| 1 | 451,5 s | 645,3 s |
| 2 | 0,8 °C | 0,8 °C |
| 3 | 451,5 s | 645,3 s |
| 4 | 39,2/60,1 [s] | 50,7/47,6 [s] |
| 5 | 99,3 s | 98,3 s |
| 6 | 33,99 °C | 38,07 °C |

Rys 7. Przebieg regulacji dwupołożeniowej dla symulacji wykonanej w programie MATLAB Simulink przy temperaturze zadanej 34 °C oraz przy zaimplementowaniu parametrów obliczonych przez Badającego 2.

Rys 8. Przebieg regulacji dwupołożeniowej dla symulacji wykonanej w programie MATLAB Simulink przy temperaturze zadanej 38 °C oraz przy zaimplementowaniu parametrów obliczonych przez Badającego 2.

Tabela 4. Wartości parametrów jakości regulacji dla symulacji - Badający 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parametr | Przebieg 1 (34 °C) | Przebieg 2 (38 °C) |
| 1 | 429,5 s | 598,6 s |
| 2 | 0,8 °C | 0,8 °C |
| 3 | 429,5 s | 598,6 s |
| 4 | 35,3/67,1 [s] | 43,3/53 [s] |
| 5 | 102,4 s | 96,3 s |
| 6 | 34 °C | 37,96 °C |

Rys 9. Porównanie przebiegu regulacji rzeczywistej z mikrotermostatu (kolory: czerwony, zielony i czarny) i symulacyjnej (kolory: pomarańczowy, niebieski i szary) dla temperatury zadanej 34 °C - Badający 1

Rys 10. Porównanie przebiegu regulacji rzeczywistej z mikrotermostatu i symulacyjnej dla temperatury zadanej 34 °C - Badający 2

Rys 11. Porównanie przebiegu regulacji rzeczywistej z mikrotermostatu i symulacyjnej dla temperatury zadanej 38 °C - Badający 1

Rys 12. Porównanie przebiegu regulacji rzeczywistej z mikrotermostatu i symulacyjnej dla temperatury zadanej 38 °C - Badający 2

Tabela 5. Porównanie parametrów jakości regulacji

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Badający 1** | | **Badający 2** | | **Regulacja rzeczywista** | |
| Temperatura zadana | **34 °C** | **38 °C** | **34 °C** | **38 °C** | **34 °C** | **38 °C** |
| 1 | 451,5 s | 645,3 s | 429,5 s | 598,6 s | 422 s | 307,6 s |
| 2 | 0,8 °C | 0,8 °C | 0,8 °C | 0,8 °C | 1,08 °C | 1,08 °C |
| 3 | 451,5 s | 645,3 s | 429,5 s | 598,6 s | 418 s | 305 s |
| 4 | 39,2/60,1 [s] | 50,7/47,6 [s] | 35,3/67,1 [s] | 43,3/53 [s] | 59/124 [s] | 60/80  [s] |
| 5 | 99,3 s | 98,3 s | 102,4 s | 96,3 s | 183 s | 140 s |
| 6 | 33,99 °C | 38,07 °C | 34 °C | 37,96 °C | 34,26 °C | 38,03 °C |

**5. Wnioski**

Badając regulator dwupołożeniowy można zauważyć, że sygnał wyjściowy z obiektu ma przebieg okresowy o określonej amplitudzie (nie biorąc pod uwagę pierwszego przeregulowania). W konsekwencji również przebieg stanów załączeń i wyłączeń przekaźnika jest powtarzalny.

W „idealnym” przebiegu regulacji dwupołożeniowej czas, po którym sygnał wyjściowy z obiektu osiąga po raz pierwszy wartość zadaną oraz czas pierwszego załączenia przekaźnika powinny być jednakowe. W rzeczywistym modelu można zauważyć jednak niewielkie różnice tych wartości. Zależność ta jest również zauważalna, kiedy pomimo wyłączenia przekaźnika sygnał na wyjściu rośnie przez pewien czas i odwrotnie – pomimo załączenia przekaźnika sygnał na wyjściu maleje przez pewien czas. Wszystkie te efekty mają związek z parametrem, który nazywamy czasem opóźnienia T0.

Nie jest to jedyna różnica pomiędzy rzeczywistą regulacją a symulacjami. Bardzo znacząca różnica występuje przy analizie stosunków kolejnych czasów załączeń i wyłączeń oraz czasów trwania cyklu załączenie/wyłączenie. Okazuje się, że wartości tych parametrów dla regulacji rzeczywistej przekraczają nawet blisko dwukrotnie wartości dla symulacji. Spowodowane może to być faktem, iż układ z mikrotermostatem nie oddaje tak szybko ciepła, jak zakłada to symulacja, dlatego jego temperatura dłużej utrzymuje zadaną wartość.

Przy regulacji rzeczywistej występują także większe wartości przeregulowań na wyjściu obiektu, co można tłumaczyć niestabilnością warunków pomiarowych oraz niedokładnością samego układu. Jak można się było spodziewać, w przypadku symulacji wartość średniej temperatury układu jest bliższa wartości temperatury zadanej.

Kolejną obserwacją jest fakt, iż w przypadku wyższej temperatury zadanej zwiększa się czas załączenia przekaźnika, a zmniejsza się czas jego wyłączenia, co wydaje się być intuicyjne, gdyż obiekt wymaga dłuższego czasu grzania, by osiągnąć wyższą temperaturę, a z drugiej strony większa różnica temperatur pomiędzy badanym obiektem a otoczeniem, sprawia, że szybciej traci on ciepło, co skraca czas, kiedy obiekt nie jest grzany.

Czas, po którym sygnał wyjściowy z obiektu osiąga po raz pierwszy wartość zadaną ciężko jest porównywać, ponieważ nie uwzględniono temperatury początkowej, która po wykonaniu badania dla 34 °C się zmieniła. Widoczne jest to na wykresach 11 i 12 jako „przesunięcie” przebiegu symulacji w prawą stronę względem przebiegu rzeczywistego.

Ciężko jest stwierdzić, który z badających „lepiej” wyznaczył parametry obiektu regulacji, ponieważ wyniki symulacji dla obu zestawów parametrów dość znacząco odbiegają od wyników regulacji rzeczywistej. W zależności od parametrów, niektóre wartości zostały lepiej wyznaczone przez Badającego 1, a inne przez Badającego 2.