|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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* | *3,4,5* | *07.11.2018 r.* |
| Tytuł ćwiczenia: | |
| Regulacja w układach rzeczywistych - identyfikacja obiektu. Badanie jakości regulacji dwupołożeniowej. Badanie jakości regulacji ciągłej. | |

**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 regulatorów dwupołożeniowych oraz regulatorów ciągłych i ocena jakości regulacji dwupołożeniowej oraz regulacji ciągłej 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. Kolejnym etapem było przeprowadzenie analogicznego badania mikrotermostatu oraz symulacji dla innej temperatury. W trakcie ostatniej części doświadczenia badano regulację ciągłą. W tym celu wykonano badanie za pomocą programu L3\_PID.exe wykorzystując obliczone wcześniej nastawy. Ostatnim krokiem było przeprowadzenie symulacji regulacji ciągłej dla różnych nastaw i różnych temperatur.

**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 |

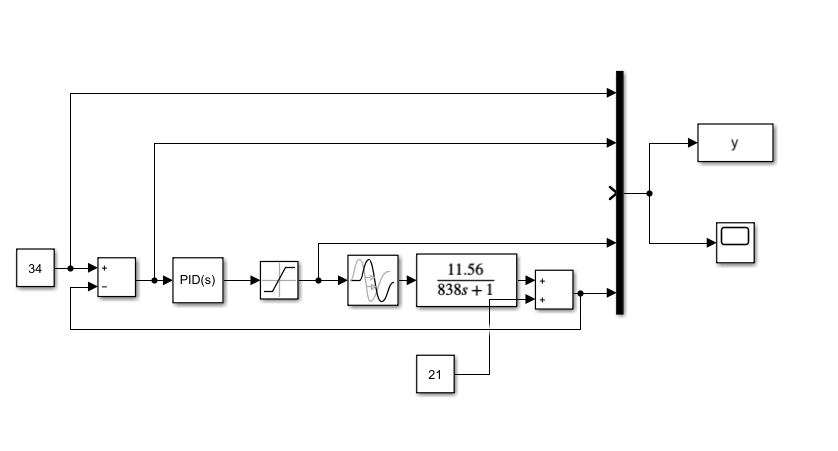
Rys 5. Przebieg regulacji dwupołożeniowej dla symulacji wykonanej w programie MATLAB Simulink przy temperaturze zadanej 34 °C oraz przy zaimplementowaniu parametrów obliczonych przez Badającego 1.

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 |

Regulacja ciągła:



Rys 13. Model obiektu do badania przebiegu regulacji ciągłej

Badanie mikrotermostatu w układzie zamkniętym z regulatorem ciągłym PID:

T [°C]

Rys 14. Przebieg regulacji ciągłej dla temperatury zadanej 34 °C dla nastaw wyznaczonych przez Badającego 1 i przeregulowania ≈ 20%. Na niebiesko zaznaczono charakterystykę odpowiedzi układu, na szaro poziom wartości temperatury zadanej +5%, a na pomarańczowo poziom wartości temperatury zadanej -5%.

Rys 15. Przebieg regulacji ciągłej dla temperatury zadanej 34 °C dla nastaw wyznaczonych przez Badającego 2 i dla przeregulowania ≈ 20%.

Przykład obliczania nastaw dla przeregulowania ≈ 0% (Badający 1):

Przykład obliczania nastaw dla przeregulowania ≈ 20% (Badający 1):

Badania symulacyjne układu regulacji ciągłej mikrotermostatu:

Przykład obliczania nastaw do zaimplementowania w symulacji (Badający 1, przeregulowanie ≈ 20%):

Rys 16. Charakterystyka odpowiedzi obiektu w układzie regulacji ciągłej (kolor niebieski), wraz z charakterystyką odchyłki regulacji (kolor żółty) i sygnału na wyjściu regulatora (kolor pomarańczowy) dla temperatury zadanej 34 i przeregulowania ≈ 0% dla Badającego 1. Kolorem zielonym zaznaczono poziom wartości temperatury zadanej +5%, a kolorem fioletowym poziom wartości temperatury zadanej -5%. Na wykresie przedstawiono również sposób graficzny wyznaczania parametrów jakości regulacji ciągłej.

Przykład wyznaczonych parametrów jakości regulacji ciągłej:

, ,

Rys 17. Charakterystyka odpowiedzi obiektu w układzie regulacji ciągłej, wraz z charakterystyką odchyłki regulacji i sygnału na wyjściu regulatora dla temperatury zadanej 34 i przeregulowania ≈ 20% dla Badającego 1.

Rys 18. Charakterystyka odpowiedzi obiektu w układzie regulacji ciągłej, wraz z charakterystyką odchyłki regulacji i sygnału na wyjściu regulatora dla temperatury zadanej 34 i przeregulowania ≈ 0% dla Badającego 2.

Rys 19. Charakterystyka odpowiedzi obiektu w układzie regulacji ciągłej, wraz z charakterystyką odchyłki regulacji i sygnału na wyjściu regulatora dla temperatury zadanej 34 i przeregulowania ≈ 20% dla Badającego 2.

Jak można zauważyć charakterystyki dla regulatora PID przypominają charakterystyki regulacji dwupołożeniowej, dlatego wyznaczone parametry jakości regulacji ciągłej nie są miarodajne i nie można ich porównać z parametrami wyznaczonymi z charakterystyk symulacyjnych.

Tabela 6. Porównanie parametrów jakości regulacji ciągłej

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Badający 1** | | **Badający 2** | | **Regulacja rzeczywista** | |
| Przeregulowanie | **≈ 0%** | **≈ 20%** | **≈ 0%** | **≈ 20%** | **Badający 1** | **Badający 2** |
|  | 3423,74 s | 3591,41 s | 3699,95 s | 4116,5s | 91,7 s | 177,4 s |
|  | 43 °C | 43,04 °C | 43,56 °C | 43,61 °C | 34,45 °C | 34,45 °C |
|  | 1,26 | 1,26 | 1,28 | 1,28 | 1,01 | 1,01 |

**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.

W przypadku badania regulacji ciągłej charakterystyki rzeczywiste nie zgadzają się ze spodziewanym przebiegiem. Z tego powodu nie ma możliwości wiarygodnego porównania wyników rzeczywistych i symulacyjnych (dla przykładu czas regulacji w przypadku symulacji jest około 37 razy większy niż w przypadku badania układu rzeczywistego). Traktując jednak przebieg regulacji ciągłej jako przebieg regulacji dwupołożeniowej można porównać go z charakterystyką rzeczywistej regulacji dwupołożeniowej. Widać wtedy, że w przypadku pierwszego z tych przebiegów czas, po którym sygnał wyjściowy z obiektu osiąga po raz pierwszy wartość zadaną jest około 4 razy mniejszy dla Badającego 1 i ponad 2 razy mniejszy dla Badającego 2. Również wahania temperatury w stosunku do wartości zadanej są około 2 razy mniejsze na korzyść regulacji ciągłej.

Porównując między sobą wyniki symulacyjne dla regulacji ciągłej można zauważyć, że przeregulowanie, dla którego oblicza się konkretne nastawy, wpływa na czas regulacji, po jakim odpowiedź sygnału zaczyna oscylować w granicach błędu wartości zadanej - czym większa wartość przeregulowania, tym ten czas jest dłuższy. Wpływa ono również na wartość maksymalnego uchybu regulacji, czyli maksymalnej temperatury, jaką obiekt osiągnął zanim jej wartość ustaliła się w granicach błędu temperatury zadanej.

Chcąc porównać regulację dwupołożeniową i ciągłą dla tych samych parametrów wyliczonych przez poszczególnych Badających można zauważyć, że w przypadku pierwszej z nich czas po jakim temperatura osiąga wartość zadaną jest dużo mniejszy, natomiast wartość ta podlega dużym wahaniom w porównaniu z regulacją ciągłą, gdzie po ustabilizowaniu się układu temperatura utrzymuje się niemal na tym samym poziomie przez resztę eksperymentu. Analizując dalej, oba typy regulacji różnią się także przebiegiem sygnału na wyjściu regulatora. W regulacji dwupołożeniowej amplituda i okres załączeń przekaźnika są prawie jednakowe na całym przebiegu, natomiast w regulacji ciągłej z biegiem czasu zmieniają się ich wartości - w momencie, gdy temperatura się stabilizuje zmiany sygnału na wyjściu są szybkie, często powtarzalne i mają mała amplitudę.