

Ćwiczenie nr 7. Badanie jakości regulacji dwupołożeniowej.

Cel ćwiczenia: Zapoznanie się z zasadą działania regulatora dwupołożeniowego oraz ocena jakości regulacji dwupołożeniowej na przykładzie obiektu rzeczywistego (mikrotermostat) i badań symulacyjnych.

Pytania kontrolne:

1. Scharakteryzuj układ automatycznej regulacji (UAR).
2. Omów na czym polega proces identyfikacji obiektu.
3. Omów zasadę działania przekaźnika.
4. Omów zasadę działania węzła sumacyjnego.
5. Wymień i omów cechy regulacji dwupołożeniowej.
6. Wymień i omów parametry jakości regulacji dwupołożeniowej.
7. Podaj praktyczne kryteria doboru rodzaju regulacji.
8. Narysuj i omów charakterystykę statyczną regulatora dwupołożeniowego.
9. Omów przebiegi w układzie regulacji dwupołożeniowej

UWAGA 1

Temperatura mikrotermostatu może być nastawiana w zakresie od temperatury otoczenia ($temp_{min}$) do ok. 60 °C ($temp_{max}$). W trakcie eksperymentów nie należy dotykać metalowych elementów mikrotermostatu, ponieważ w czasie pracy mogą się one nagrzewać do temperatury ok. 60 °C.

UWAGA 2

Wszystkie wyniki zapisywać na dysku Dane E:

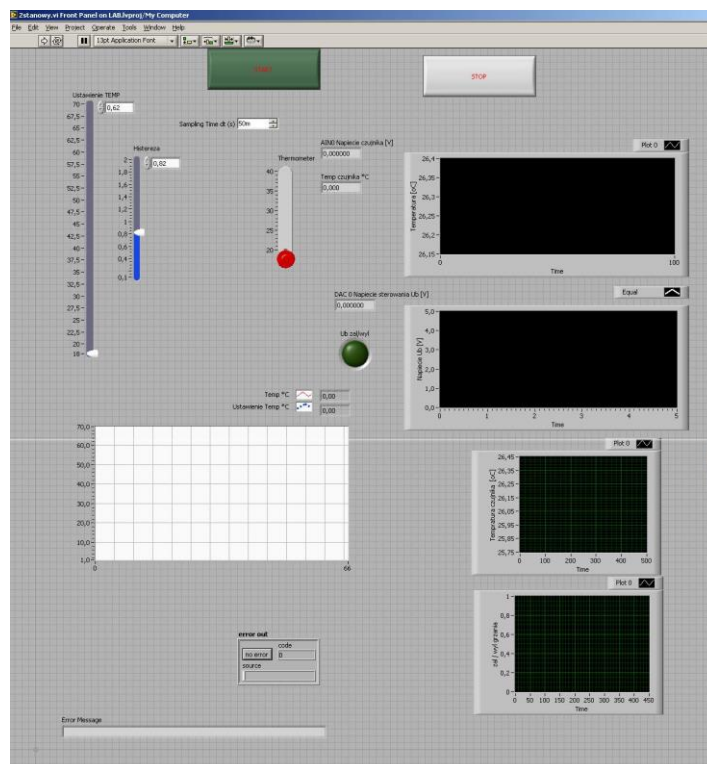
Program i przebieg ćwiczenia:**1.Badanie mikrotermostatu w układzie zamkniętym z regulatorem dwustanowym**

- Uruchomić program **L2_2stan.exe** (C: > Sala 026A > Lab Jack > My Application5). Zaznaczyć domyślnie proponowaną bibliotekę „lvStoroge.dll”, zatwierdzamy poprzez wciśnięcie OK.
- Zadać uzgodnioną z prowadzącym wartość temperatury mikrotermostatu (zalecane wartości z przedziału 30 °C do 50 °C) oraz wartość histerezy.
- Po „naciśnięciu” przycisku START na ekranie wirtualnego przyrządu uruchomić rejestrację. Należy rejestrować przebieg minimum 30 min do 60 min.
- Zapisać temperaturę początkową mikrotermostatu.
- „Naciśnięcie” przycisku STOP zatrzymuje działanie przyrządu, dane pomiarowe zapisywane są automatycznie do pliku tekstowego E:\Now@\dwustanowy_T_czujnika.lvm E:\Now@\dwustanowy_Ub.lvm. Dane te mogą być importowane do arkusza kalkulacyjnego do dalszej analizy.
- Przeanalizować uzyskane rezultaty, wyznaczyć parametry jakości regulacji dwupołożeniowej (opisane we „WPROWADZENIE TEORETYCZNE”).
- W trakcie realizacji pomiaru można wymusić zakłócenie pracy obiektu poprzez wymuszenie ruchu powietrza wokół komory roboczej mikrotermostatu lub włożenie do komory próbki materiału. Na podstawie zarejestrowanego przebiegu ocenić jakość regulacji dwupołożeniowej przy wystąpieniu zakłócenia.

Praca mikrotermostatu w układzie zamkniętym realizowana jest w układzie, gdy przełącznik P znajduje się w pozycji 1 (Rys.12. Instrukcja do ćwiczenia nr. 6). Pracę w tym trybie uzyskuje się po uruchomieniu programu **L2_2stan.exe** (Rys.1). Regulator dwustanowy realizowany jest programowo.

LABORATORIUM Z MIERNICTWA I AUTOMATYKI

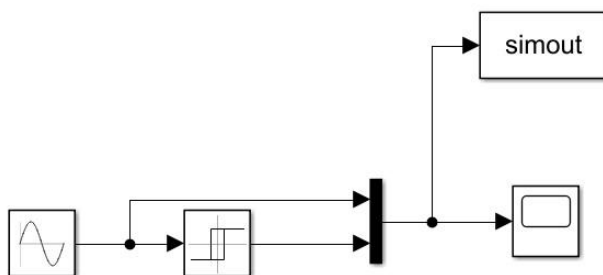
Ćwiczenie nr 7. Badanie jakości regulacji dwupołożeniowej.



Rys.1. Widok ekranu wirtualnego przyrządu realizującego pracę obiektu w układzie regulacji dwupołożeniowej

2. Symulacyjne badanie charakterystyki statycznej regulatora dwupołożeniowego (przełącznika)

- Uruchomić pakiet Simulink i zbudować model jak na Rys.2.

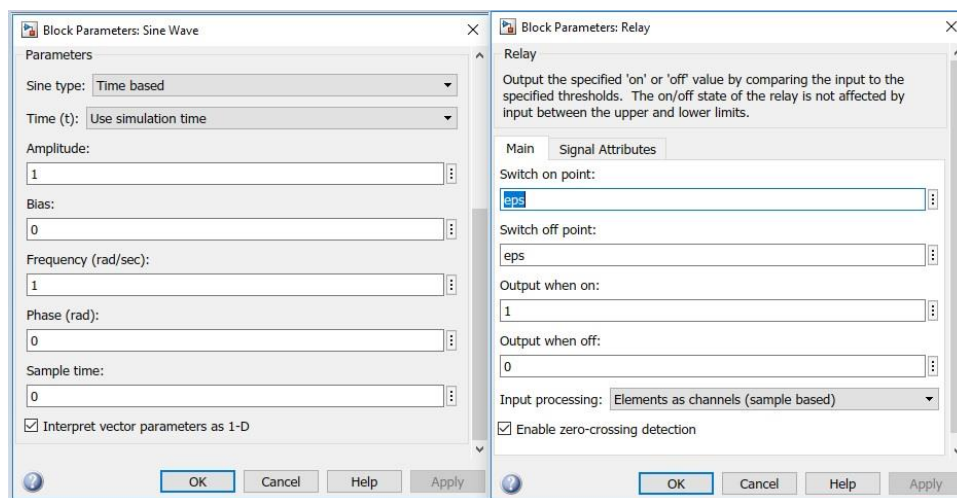


Rys.2. Model do badania pracy przełącznika dwupołożeniowego.

- Zbadać odpowiedź modelu dla przełącznika z histerezą i bez histerezy (Blok kontroli parametrów przełącznika oraz jego parametry przedstawia Rys.3).
- Porównać odpowiedź modelu dla kilku wartości histerezy przełącznika i kilku wartości amplitudy sygnału sterującego.
- Wyniki symulacji zapisać do plików Excel i na ich podstawie ustalić w jaki sposób pracuje przełącznik, jak na jego pracę wpływa wartość histerezy oraz amplituda sygnału sterującego.

LABORATORIUM Z MIERNICTWA I AUTOMATYKI

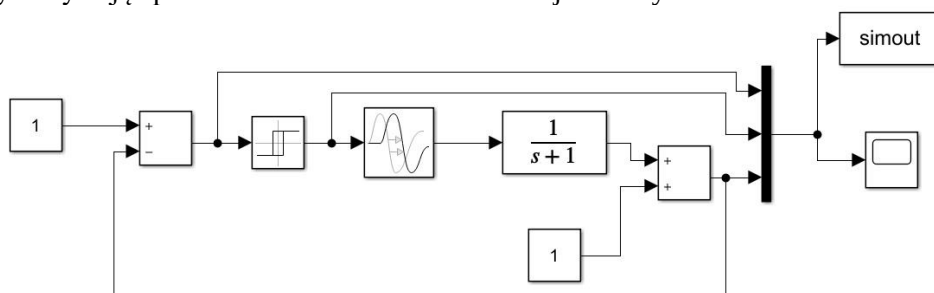
Ćwiczenie nr 7. Badanie jakości regulacji dwupołożeniowej.



Rys. 3. Układ do badania charakterystyki przełącznika wraz z oknami edycji jego parametrów
 wartość, przy której następuje załączenie przełącznika (switch on point)
 wartość, przy której następuje wyłączenie przełącznika (switch off point) (domyślnie wpisane są wartości eps, co oznacza brak histerezy)
 wartość na wyjściu przełącznika, gdy jest on załączony (Output when on) –wpisać 1
 wartość na wyjściu przełącznika, gdy jest on wyłączony (Output when off) –wpisać 0

3. Badanie symulacyjne układu regulacji dwupołożeniowej

- Wykorzystując pakiet Simulink zbudować model jak na Rys. 4.



Rys. 4. Układ regulacji dwupołożeniowej i okna edycji jego parametrów

- Zbadać odpowiedź modelu i wyznaczyć parametry jakości regulacji dla różnych:
 - wzmacnień wzmacniacza Gain $\in (1.5, 10)$.
 - czasów opóźnienia $T_0 \in (0.1, 1)$.
 - stałych czasowych obiektu $\tau \in (2, 10)$
- Badania symulacyjne przeprowadzić dla przełącznika bez histerezy i z niezerową histerezą (np. +0.2 oraz -0.2)
- Porównać parametry określone w trakcie badań i wyciągnąć wnioski. Przeanalizować wpływ histerezy na parametry regulacji. Omówić wpływ histerezy przełącznika na częstotliwość jego załączeń w przypadku obiektów o małych czasach opóźnienia T_0 .

5. Badanie symulacyjne układu regulacji dwupołożeniowej mikrotermostatu

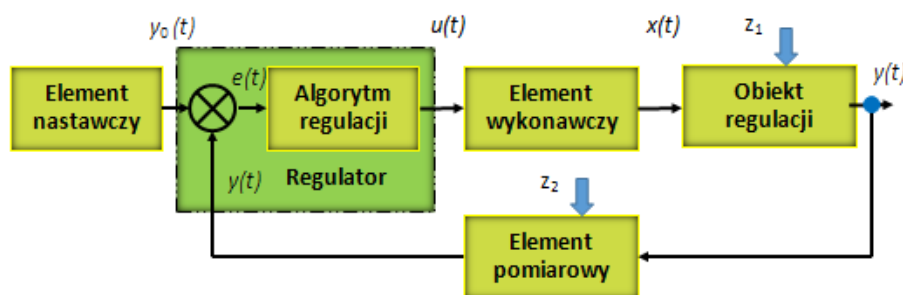
- Wykorzystując pakiet Simulink zbudować układ jak na Rys. 4.
- Ustawić parametry dla wszystkich elementów modelu zgodnie z danymi występującymi w rzeczywistym pomiarze.
- Ustawić czas symulacji na min 3600 s i uruchomić symulację poleceniem Run. Zapisać wyniki w postaci pliku Exela.

Ćwiczenie nr 7. Badanie jakości regulacji dwupołożeniowej.

- Dla otrzymanej charakterystyki wyznaczyć **parametry jakości regulacji**
 - czas, po którym sygnał wyjściowy z obiektu osiąga po raz pierwszy wartość zadaną
 - wartość przeregulowań (maksymalnych odchyłek od wartości zadanej) na wyjściu obiektu
 - czas pierwszego załączenia przełącznika,
 - stosunek kolejnych czasów załączeń i wyłączeń
 - czas trwania cyklu załączenie/wyłączenie
 - wartość średnią sygnału wyjściowego z obiektu (z pominięciem pierwszego przeregulowania)
- W sprawozdaniu porównać parametry wyznaczone na podstawie przebiegu regulacji rzeczywistej z mikrotermostatu i symulacyjnej.

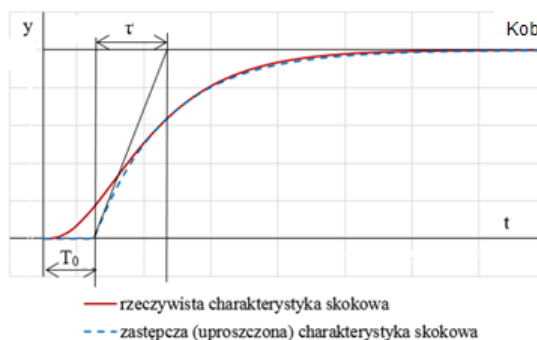
WPROWADZENIE TEORETYCZNE

Regulator będący częścią składową układu UAR (Rys.7) na podstawie sygnału uchybu regulacji $e(t)$, definiowany jako różnica pomiędzy wartością wielkości określającej stan procesu $y(t)$ a wartością zadaną tej wielkości $y_0(t)$, generuje sygnał sterujący dla obiektu $u(t)$ o wartości zależnej również od szybkości zmian stanu procesu i występujących zakłóceń.



Rys.7. Schemat ideowy URA.

Istotnym zadaniem inżyniera automatyka jest dobór rodzaju regulatora do właściwości dynamicznych obiektu a w dalszej części dobór nastaw (inaczej parametrów) regulatora, tak aby przebieg procesu regulacji był zgodny z założeniami.



Rys.8. Zasada przybliżania odpowiedzi skokowej obiektu inercyjnego wyższego rzędu charakterystyką członu inercyjnego 1-go rzędu o stałej czasowej τ i wzmocnieniu K_{ob} połączonego łańcuchowo z członem opóźniającym o opóźnieniu T_0 .

Dobór rodzaju regulacji automatycznej do obiektu (procesu) powinien być poprzedzony wyznaczeniem jego charakterystyki dynamicznej. Najczęściej spotykane obiekty to obiekty cieplne, mechaniczne (suszarki, piece, ultratermostaty, pomieszczenia klimatyzowane, wirówki, pojazdy itp.), które mają charakter członów inercyjnych pierwszego lub wyższych rzędów, a dla celów projektowych można zastosować uproszczenie przypisując im łańcuchowe połączenie członu inercyjnego pierwszego

Ćwiczenie nr 7. Badanie jakości regulacji dwupołożeniowej.

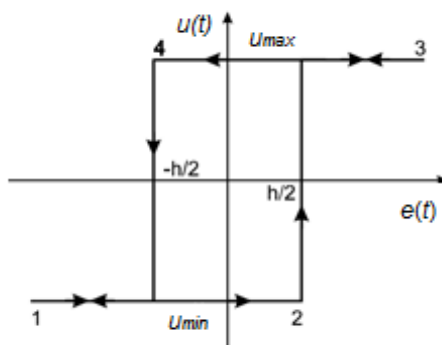
rzędu i członu opóźniającego. Dobór parametrów K_{ab} , T_0 , τ członów zastępczych przeprowadza się na podstawie analizy odpowiedzi obiektu na pobudzenie skokowe Rys.8.

Praktyczne kryteria doboru rodzaju regulacji do obiektu scharakteryzowanego czasem opóźnienia (czasem martwym) T_0 i stałą czasową τ zakładają, że stosuje się:

- regulację dwupołożeniową jeżeli $\frac{T_0}{\tau} < 0.2$,
- regulację ciągłą jeżeli $0.2 \leq \frac{T_0}{\tau} \leq 1$
- regulację krokowo-impulsową jeżeli $\frac{T_0}{\tau} > 1$

Regulator dwupołożeniowy

Z regulacją dwupołożeniową (zwanej inaczej dwustawną, dwustanową), zwłaszcza temperatury, spotykamy się często w życiu codziennym – przykładem jest lodówka, zamrażarka, pralka itd. Regulacja ta jest również szeroko stosowana w wielu procesach technologicznych i w laboratoriach (suszarki, termostaty). Powszechność zastosowań regulacji dwupołożeniowej wynika z faktu, że jest to najprostszy sposób regulacji automatycznej. W regulacji dwupołożeniowej sygnał sterujący przyjmuje dwie wartości: pełne załączenie i wyłączenie. Rys.9. przedstawia charakterystykę regulatora dwupołożeniowego (przełącznika). Na wejście przełącznika podawana jest wartość błęd $e(t)$, natomiast na jego wyjściu znajduje się sygnał sterowania $u(t)$.



Rys.9. Charakterystyka przełącznika

Wartości u_{max} i u_{min} oznaczają wartości sterowań: maksymalną i minimalną, gdyż ten typ regulatorów może posiadać tylko dwa położenia sterowania. Wartość h jest wartością histerezy. Wartość sterowania przyjmuje u_{min} w przypadku gdy błąd $e(t)$ znajduje się w pkt. 1. Jeżeli błąd zaczyna narastać, czyli przesuwa się od pkt. 1 do pkt. 2, to w pkt. 2 następuje przełączenie sterowania na przeciwne, czyli u_{max} . Jeżeli błąd dalej narasta, to sterowanie u_{max} jest w dalszym ciągu utrzymywane. W przypadku zmniejszania się błęd, sterowania u_{max} zostaje przełączone na sterowanie u_{min} jeżeli błąd osiągnie wartość $-h/2$ – pkt. 4.

W nawiązaniu do Rys.7. w zależności od wartości sygnału $e(t)$ kolejne człony regulatora podejmują odpowiednie działanie w stosunku do obiektu.

W przypadku braku histerezy działanie regulatora:

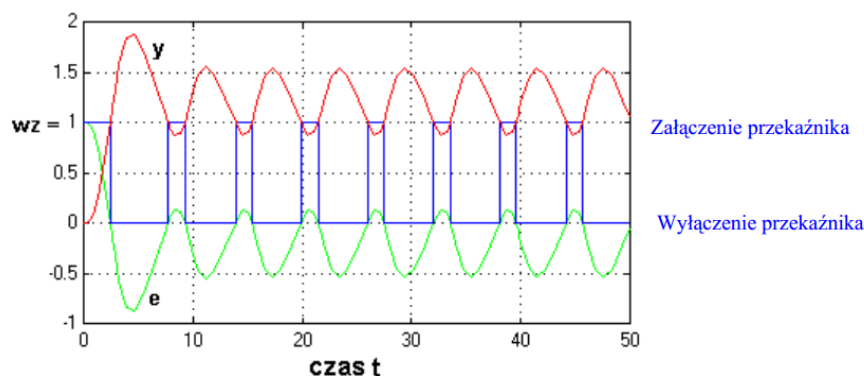
- | | |
|------------------------------|---|
| dla $e \geq 0$ ($y < y_0$) | $x > 0$ (regulator dostarcza mocy do obiektu) |
| dla $e < 0$ ($y > y_0$) | $x = 0$ (regulator nie dostarcza mocy do obiektu) |

Przykładowo oznacza to, że jeśli temperatura zadana jest większa od wartości uzyskanej w obiekcie, to regulator włącza grzanie i wyłącza je, jeśli wartość wyjściowa jest większa od wartości zadanej. Należy jednak podkreślić, że z przyczyn energetycznych sygnał podawany na wejście obiektu musi mieć

Ćwiczenie nr 7. Badanie jakości regulacji dwupołożeniowej.

wartość większą od spodziewanej wartości wyjściowej z obiektu (regulator musi dysponować nadwyżką mocy), dlatego po przekazywniku wprowadzono człon proporcjonalny o wzmacnieniu większym od 1.

Przykład odpowiedzi układu regulacji dwupołożeniowej na skokową zmianę wartości zadanej przedstawia Rys.10. (przykładowo: przez skokową zmianę wartości zadanej rozumiemy sytuację, gdy temperatura termostatu wynosi np. 20°C, a w pewnej chwili t ustawiamy nową wartość zadaną np. 30°C). W przykładzie na Rys.10. wartość wz wynosi początkowo 0, a w chwili $t = 0$ zmieniono ją na wartość $wz = 1$ (skok jednostkowy).



Rys.10. Przebieg regulacji dwupołożeniowej

Na rysunku oprócz **sygnału wyjściowego z obiektu y** pokazano również przebieg **sygnału błędny e** oraz **stany załączenia i wyłączenia przełącznika**. Należy zwrócić uwagę, że:

- sygnał wyjściowy z obiektu nie ma wartości stałej – widoczne są tętnienia o określonej amplitudzie i okresie powtarzania
- amplituda pierwszego przeregulowania i czas pierwszego włączenia przełącznika mają wartości większe od kolejnych, widocznych na rysunku
- pomimo wyłączenia przełącznika (regulator nie dostarcza mocy do obiektu) sygnał na wyjściu rośnie przez pewien czas, i odwrotnie – pomimo załączenia przełącznika sygnał na wyjściu maleje przez pewien czas. Efekty te mają związek z parametrem obiektu zwanym czasem opóźnienia T_0 .

Przedstawiony na Rys.10. przebieg sygnału wyjściowego y (wielkości regulowanej) jest przebiegiem typowym dla układów regulacji dwupołożeniowej w warunkach bez zakłóceń. Jeżeli w trakcie procesu regulacji, np. temperatury w komorze suszarki, dojdzie do chwilowego otwarcia drzwi tej komory, to mówimy, że w obiekcie regulacji wystąpiło zakłócenie. Zakłócenie może zmienić chwilowy przebieg wielkości regulowanej, jednak układ regulacji powinien w skończonym czasie przywrócić stan sprzed wystąpienia zakłócenia.