

Ćwiczenie 4

Realizacja programowa dwupołożeniowej regulacji temperatury pieca elektrycznego

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zaznajomienie z podstawami regulacji obiektów ciągłych na przykładzie sterowania dwupołożeniowego komputerowego modelu pieca elektrycznego oraz wykorzystanie w opracowywanym programie prostych operacji na zmiennych całkowitoliczbowych.

2. Wprowadzenie

Obiekty sterowane dwupołożeniowo występują powszechnie w grzejnictwie elektrycznym, chłodnictwie, suszarnictwie i klimatyzacji. Istota regulacji dwupołożeniowej (dwustawnej) polega na tym, że wyjście regulatora może przyjmować tylko dwa stany nazywane umownie 0 – wyłącz i 1 - załącz. Stanom tym odpowiada wyłączanie i załączanie dopływu energii lub materiału do obiektu, czyli otwieranie lub zamykanie wyłącznika albo zaworu.

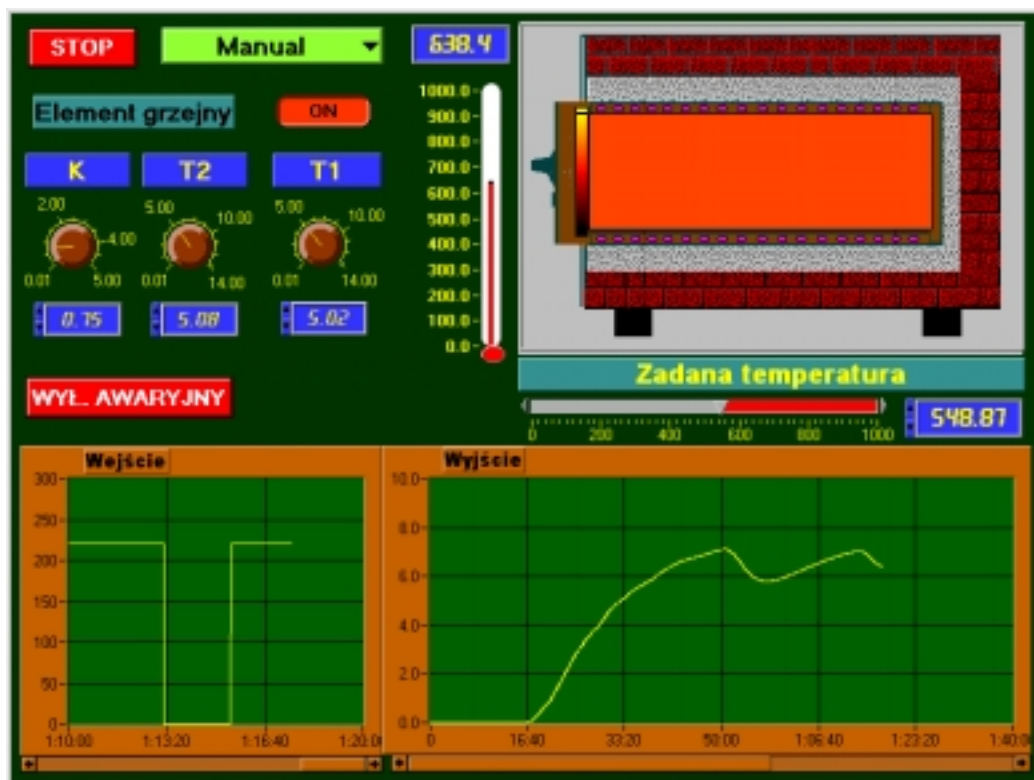
W ćwiczeniu przedstawiony jest przykład implementacji regulacji dwustawnej w języku drabinkowym sterownika PLC Modicon Micro.

2.1. Model pieca elektrycznego

Komputerowy model pieca elektrycznego z wizualizacją (Rys. 1) został zaprogramowany w środowisku LabVIEW. Jest to model dynamiczny o właściwościach elementu inercyjnego drugiego rzędu o transmitancji

$$G(s) = \frac{T(s)}{U(s)} = \frac{K}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}$$

gdzie sygnałem wejściowym jest napięcie (moc) zasilania pieca U , a sygnałem wyjściowym (regulowanym) temperatura T . Parametry dynamiczne modelu: wzmacnienie (K), i dwie stałe czasowe (T_1 i T_2) można zmieniać nastawnikami bezpośrednio z pulpitu modelu na ekranie. Model jest sprzęgnięty ze sterownikiem PLC poprzez wejścia/wyjścia karty pomiarowej zainstalowanej w komputerze PC.



Rys. 1. Okno wizualizacji modelu pieca elektrycznego

Zadaniem sterownika jest dwupołożeniowa regulacja temperatury pieca na podstawie sygnału sprzężenia zwrotnego określającego jej aktualną wartość oraz wartości temperatury zadanej. Sygnały te wysyłane są z modelu (jako analogowe wartości napięcia) na dwa wyjścia karty pomiarowej. Elementem bezpośrednio sterowanym jest "grzałka" pieca uaktywniana wysokim stanem podawanym na wejście binarne DI0 karty pomiarowej z wyjścia binarnego sterownika o adresie 00001. Dodatkowo model jest wyposażony w dwa rejestratory do obserwacji przebiegów sygnału sterującego (*Wejście*) i temperatury w piecu (*Wyjście*).

Tab. 1 Opis zmiennych regulacji dwupołożeniowej temperatury pieca (odpowiadające sobie oznaczenia wynikają ze sposobu elektrycznego połączenia wejść/wyjść sterownika i karty).

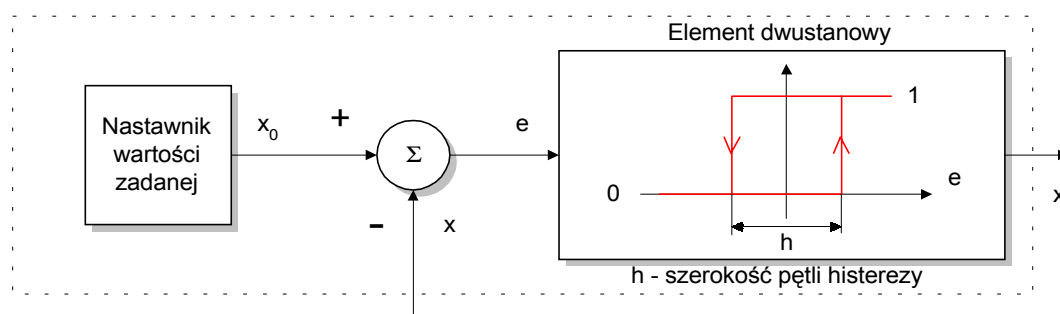
We/wy karty pomiarowej	Adres rejestru sterownika	Opis zmiennej
Wyjścia sterownika (wejścia karty) – sygnały sterujące elementami wykonawczymi		
DI0	00001	Stan ON załącza grzałkę
Wejścia sterownika (wyjścia karty) – sygnały z czujników i panelu sterownika modelu		
DO0	10001	Stan ON sygnalizuje naciśnięcie przycisku <i>Stan awaryjny</i>
AO0	30006	Napięcie proporcjonalne do aktualnej temperatury pieca (wyjście analogowe 0-10V karty)
AO1	30007	Napięcie proporcjonalne temperatury zadanej (wyjście analogowe 0-10V karty)

2.2. Obsługa wejść/wyjść analogowych sterownika

Sterownik Modicon Micro 612 jest wyposażony w 4 wejścia i 2 wyjścia analogowe. Każdemu z wejść jest przyporządkowany adres w pamięci danych (rejstry 30006 do 30009). Bity dodatkowego rejestru statusowego 30010 informują o stanie poszczególnych kanałów. Kanały wejściowe mają programowaną rozdzielczość 12-16 bitów. Sposób interpretacji zawartości rejestrów wejść można określić poprzez wybór identyfikatora MIC na ekranie konfiguracji urządzeń wejścia / wyjścia. Każde z wejść analogowych jest dostępne do odczytu raz na ok. 50 ms. Obsługa wszystkich kanałów wymaga zatem ok. 200 ms. Każdemu z dwóch kanałów wyjść analogowych jest również przypisany rejestr w pamięci (40001 i 40002). Wyjścia te mają stałą rozdzielczość 12 bitów.

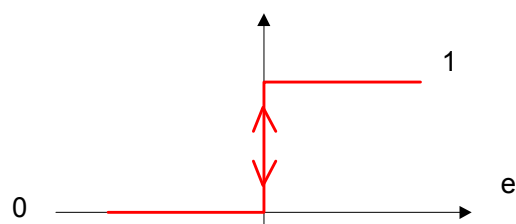
2.3. Regulator dwustawny

Najprostszym regulatorem dwustawnym jest regulator (Rys. 2), w którym element o charakterystyce przekaźnikowej jest przełączany sygnałem uchybu $e=x_0-x$.



Rys. 2. Schemat blokowy regulatora dwustawnego

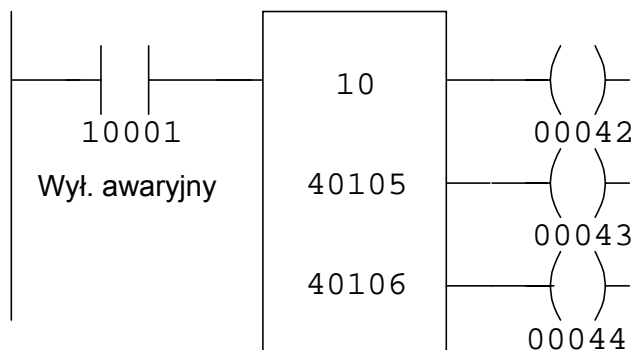
Rolę elementu nieliniowego o charakterystyce przekaźnikowej spełnia w ćwiczeniu sterownik PLC z odpowiednim programem. W pierwszym etapie program ma charakterystykę idealnego przekaźnika dwupołożeniowego jak na Rys. 3.



Rys. 3. Charakterystyka statyczna idealnego przekaźnika dwupołożeniowego

2.4. Tworzenie podstaw programu

Głównym elementem składowym tworzonego programu jest blok funkcyjny Sub (*Subtracts*) należący do funkcji matematycznych, a realizujący odejmowanie dwóch argumentów określonych w górnym i w środkowym polu bloku (Rys. 4).

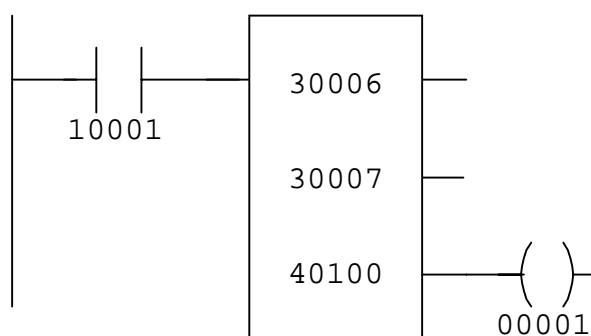


Rys. 4. Blok funkcyjny Sub

Załączenie styku normalnie otwartego o adresie 10001 uaktywnia funkcję odejmowania. Odjemną jest wartość zapisana w górnym węźle bloku (=10), odjemnikiem wartość zapisana w węźle środkowym (zawartość rejestru 40105), a wartość bezwzględna różnicy zapisywana w argumencie bloku podanym w węźle dolnym (w rejestrze 40106). W zależności od relacji między odejmowanymi liczbami uaktywniane jest jedno z 3 binarnych wyjść bloku:

- górne (załączenie cewki 00042) – jeżeli wynik jest dodatni (wartość górnego argumentu jest większa od wartości argumentu środkowego),
- środkowe (załączana cewka o adresie 00043) – jeżeli wynik jest równy zero (argumenty mają tę samą wartość),
- dolne (załączana cewka o adresie 00044) – jeżeli wynik jest ujemny,

Na Rys. 5 przedstawiony jest podstawowy fragment programu regulacji dwustawnej modelu pieca.



Rys. 5. Realizacja sterowania temperaturą pieca

Dolne, binarne wyjście funkcji Sub steruje załączaniem grzałki modelu, którą reprezentuje cewka (wyjście binarne sterownika) 00001. Sygnały analogowe symulujące temperaturę aktualną i zadaną są podawane z wyjść AO0 i AO1 karty na wejścia analogowe sterownika, którym odpowiadają rejestry odpowiednio 30006 i 30007. Są one uaktualniane zgodnie z zadanym okresem próbkowania. Wyjście 00001 jest w stanie ON (logiczne 1), gdy temperatura aktualna jest mniejsza od zadanej, zgodnie z Rys. 5.

3. Zadania do wykonania w trakcie ćwiczenia

- A. Zapoznać się z działaniem komputerowego modelu pieca.
- B. Napisać i uruchomić program sterujący temperaturą modelu pieca z idealną charakterystyką przekaźnikową.
- C. Zaprojektować regulację dwustawną z przekaźnikiem o zadanej szerokości pętli histerezy h . Zmniejsza to częstotliwość przełączeń w układzie zasilania i wydłuża jego żywotność w przypadku zastosowania styczników mechanicznych.
- D. Przeskalować mierzony sygnał analogowy i wysłać go na jedno z wyjść analogowych sterownika.
- E. Dokonać pomiaru czasu załączenia i wyłączenia grzałki pieca dla różnych parametrów dynamicznych modelu.

4. Opracowanie sprawozdania

- A. W sprawozdaniu powinny znaleźć się wydruki opracowanych wariantów programu wraz z komentarzem oraz spostrzeżenia dotyczące metody sterowania w zależności od ustawionych parametrów dynamicznych modelu.
- B. Rozważyć i opracować modyfikację algorytmu uzależniającą współczynnik wypełnienia dwustanowego sygnału sterującego od pochodnej uchybu regulacji. Prowadzi to do regulacji typu PD ze względu na wartość średnią sygnału sterującego.