

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie			
KATEDRA AUTOMATYKI			
LABORATORIUM Aparatura Automatykacji			
Ćwiczenie 2. Prosty regulator mikroprocesorowy			
Wydział EAIiE kierunek AiR rok II		Zespół 2	Poniedziałek 12:30
L.P.	Imię i nazwisko	Ocena	Data zaliczenia
1.	Łukasz Bondyra		
2.	Paweł Górka		
3.	Jakub Tutro		
4.	Krzysztof Wesołowski		
Data wykonania ćwiczenia		02.03.2009	Podpis

Cel ćwiczenia

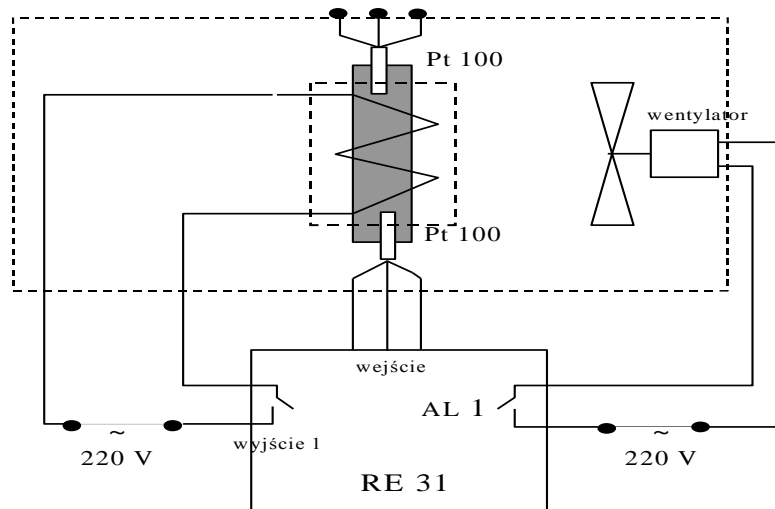
Celem ćwiczenia było zapoznanie się z mikroprocesorowym regulatorem temperatury Lumel RE31. Jest to prosty i tani sterownik, dzięki czemu może być stosowany w bardzo wielu sytuacjach, nie tylko w przemyśle. Umożliwia on regulację w dwóch trybach:

- Tryb dwupozycyjny – umożliwia sterowanie włącz/wyłącz urządzeniem wykonawczym (grzałka/element chłodzący) za pośrednictwem przekaźnika lub tyrystora.
- Tryb PID
 - Z wyjściem PWM, w którym analogowy sygnał z regulatora jest zamieniany na przebieg PWM o zadanej częstotliwości i odpowiednim dla sygnału wypełnieniem.
 - Z wyjściem ciągłym, gdzie sygnał wyjściowy jest znormalizowanym sygnałem prądowym z zakresu 0-20mA, który możemy podać np. na wzmacniacz sterujący elementem wykonawczym.

Regulator posiada także bardzo użyteczną, zwłaszcza dla niedoświadczonych użytkowników funkcję – dobieranie nastaw regulatora PID z wykorzystaniem logiki rozmytej. Dzięki temu można łatwo dobrać optymalne wartości parametrów regulatora, nawet nie znając zasady jego działania. Trzeba jednak nadmienić, iż dla obiektów reagujących powoli (duża inercja, opóźnienie) wyznaczanie parametrów może trwać nawet kilka godzin, co jednak nie jest problemem gdyż regulator po takim dobraniu nastaw działa w danej temperaturze praktycznie bezobsługowo. Niestety, przy każdej znacznej zmianie temperatury zadanej powinniśmy ręcznie (lub za pomocą modułu Fuzzy Logic) dobrać nastawy regulatora, jako że obiekt sterowany jest silnie nieliniowy.

Opis stanowiska doświadczalnego

Schemat stanowiska doświadczalnego przedstawiono poniżej:



Lista elementów:

- Obiekt regulacji
Obiektem regulacji był aluminiowy walec połączony z grzałką o mocy 400W i zamknięty w metalowej obudowie, na którym zamocowano czujnik temperatury Pt100. Walec posiadał żeberka ułatwiające wymianę ciepła z otoczeniem.
- Czujnik pomiarowy – wymieniony wcześniej, obsługiwany przez regulator.
- Organ wykonawczy – przekaźnik sterowany przez regulator
- Nastawnik – ww. grzałka o mocy 400W.
- Wentylator – stanowiący alarmowe zabezpieczenie walca przed zbyt dużym przekroczeniem zadanej temperatury.
- Regulator Lumel RE31 realizujący algorytm sterowania.

Obsługa regulatora

Regulator posiada wiele funkcji i parametrów, ustawianych za pomocą tylko 3 przycisków. Utrudnia to wszelkie ustawienia i modyfikacje, jednak dzięki takiemu rozwiązaniu użytkownik końcowy (np. operator procesu) otrzymuje prosty i logiczny interfejs którego obsługę można opanować w kilka chwil. Jako że naszym zadaniem będzie modyfikacja także tych głębiej ukrytych ustawień, przedstawimy pokrótce jego obsługę. Tuż po uruchomieniu regulator wyświetla sekwencje kontrolne, po czym rozpoczyna normalną pracę, zgodnie z wcześniej zapamiętanymi parametrami. Korzystając z dwóch wyświetlaczy informuje nas o bieżącej temperaturze obiektu, jak i temperaturze zadanej.

Do poruszania się w menu konfiguracyjnym często poza naciśnięciem pojedynczego przycisku używamy też ich kombinacji:

- Przytrzymanie przycisku
W niektórych sytuacjach należy przytrzymać przycisk, przez przynajmniej 3.2 s.
- Naciśnięcie dwóch klawiszy naraz. Regulator reaguje dopiero na puszczenie przycisku, dlatego nic się nie stanie jeżeli naciśnięcie obu nie będzie jednocześnie.
- Przytrzymanie dwóch przycisków.

Menu regulatora podzielone jest na poziomy 0,1,2. Im częściej parametr jest wykorzystywany, w tym wyższym poziomie się znajduje. Dostęp do parametrów na niższym poziomie jest najłatwiejszy (do poziomu 0 przechodzimy naciskając po prostu przycisk

przełączania w trybie pracy normalnej), tymczasem dostęp na kolejne poziomy wymaga przytrzymania dwóch klawiszy w trakcie wyświetlania ostatniej opcji z bieżącego poziomu. Ustawianie kolejnych opcji jest szczegółowo opisane w instrukcji.

Poza typowymi parametrami ustawianymi w powyżej opisanym menu, regulator udostępnia też kilka programów narzędziowych takich jak: tryb pracy ręcznej, kalibracja i wiele innych. Programy narzędziowe można, zgodnie z instrukcją przeglądać, rozpoczynając od przytrzymania przycisków przełączanie i w dół w trybie normalnej pracy.

Wykonanie ćwiczenia

Po zaznajomieniu się z interfejsem i obsługa regulatora przystąpiliśmy do wykonywania ćwiczenia. Pierwszym krokiem było nastawienie parametrów zgodnie z instrukcją do ćwiczenia. Parametry jakie ustawiliśmy przedstawia poniższa tabela:

Parametr	Wartość	Uwagi
<i>inPt</i>	<i>Pt.15</i>	Typ urządzenia pomiarowego. Lumel RE31 obsługuje zarówno bezpośrednio wpięte czujniki (rezystancyjne lub termoparowe) jak i znormalizowane sygnały prądowe (0...5mA, 0...20mA, 4...20mA). Ustawiona wartość odpowiada czujnikowi Pt100 zgodnemu z normą JIS.
<i>LoSC</i>	10.0	Dolna granica zakresu wartości mierzonej. Dla typowych czujników oznacza tylko ograniczenie sygnalizujące błąd, dla sygnałów znormalizowanych odpowiada temperaturze minimalnej (0%)
<i>hi.SC</i>	300.0	Górna granica zakresu wartości mierzonej. Dla typowych czujników oznacza tylko ograniczenie sygnalizujące błąd, dla sygnałów znormalizowanych odpowiada temperaturze maksymalnej (100%)
<i>PL1</i>	0	Dolne ograniczenie mocy wyjściowej (parametr nie działa w trybie pracy dwustawnej). Jest używany gdy całkowite wyłączenie elementu wykonawczego mogłoby być z jakiś przyczyn niepożądane.
<i>PL2</i>	100	Górne ograniczenie mocy wyjściowej (parametr nie działa w trybie pracy dwustawnej). Jest używany gdy sterowanie elementu wykonawczego z pełną mocą mogłoby być z jakiś przyczyn niepożądane – na przykład spowodować przegrzanie cieczy zaraz przy grzałce.
<i>Alnd</i>	<i>dYh1</i>	Typ alarmu, w naszym przypadku jest to alarm względny górny, który uruchomi się przy przekroczeniu wartości zadanej o wartość podaną w poniższym parametrze.
<i>RSP.1</i>	10	Próg zadziałania pierwszego alarmu. W naszym przypadku przekroczenie wartości zadanej o 20 stopni Celsjusza powodowało włączenie wentylatora chłodzącego.
<i>ConA</i>	<i>rEYr</i>	Rodzaj działania wyjścia numer 1. Parametr ten oznacza działanie rewersyjne (z inwersją, odwrotne) co oznacza zwiększanie wartości wyjściowej wraz z spadkiem wartości mierzonej. Takie ustawienie ma sens gdy obiekt samoistnie dąży do ochłodzenia, a elementem wykonawczym jest grzałka.
<i>Pb</i>	0	Zakres proporcjonalności, równy odwrotności współczynnika wzmocnienia członu P regulatora. Ustawienie wartości 0 (wzmocnienie nieskończone) oznacza tryb pracy dwustawnej.
<i>HYSŁ</i>	1	Histeresa regulatora. Ustawienie to działa tylko w trybie pracy dwustawnej.

Obserwacje i wnioski

Przed rozpoczęciem pracy temperatura obiektu wynosiła 20 °C. Ustawiliśmy powyższe parametry i zmieniliśmy wartość zadaną na 100 °C. Walec zaczął się stopniowo rozgrzewać. Pierwsze różnice odczytów były małe, ze względu na opóźnienie i inercję walca, wynikającą zarówno z jego właściwości jak i odległości czujnika od grzałki. Po chwili zaobserwowaliśmy gwałtowny wzrost prędkości narastania temperatury, który praktycznie nie zwolnił mimo wyłączenia grzałki, i spowodował przekroczenie wartości zadanej o 42 °C. Tak duże przekroczenie wartości zadanej wywołało uruchomienie alarmu – włączenie wentylatora. Wentylator zatrzymał wzrost temperatury i schłodził obiekt do temperatury 110 °C. Po wyłączeniu wentylatora temperatura dalej spadała ale już znacznie wolniej, aż do osiągnięcia temperatury 99 °C przy której załączyła się grzałka. Dalszy spadek związany z bezwładnością był niewielki bo po włączeniu grzałki temperatura spadła jeszcze tylko o 1 °C. Grzałka spowodowała wzrost temperatury która osiągnęła tym razem wartość maksymalną równą 116 °C. Krótszy czas działania grzałki (o 99 do 101 °C) spowodował zmniejszenie wpływu opóźnienia na przeregulowanie.

Podczas dalszej pracy temperatura oscylowała wokół wartości zadanej, z dokładnością do zadanej histerezy powiększonej o błąd opóźnienia tj. w zakresie 98-115 °C. Niesymetryczne położenie przedziału wartości brzegowych w stosunku do wartości zadanej związane jest z pracą w początkowym zakresie charakterystyki obiektu, przy wartości zadanej silnie mniejszej o wartości maksymalnej obiektu statycznego. Związane jest to z tym że różnica temperatury obiektu i otoczenia była relatywnie niewielka przez co obiekt powoli oddawał energię przy stygnięciu.

W trakcie kolejnych prób eksperymentowaliśmy z wartością histerezy i wartości zadanej. Zaobserwowaliśmy znaczny wzrost szerokości przedziału wewnątrz którego oscylowała temperatura obiektu związany z zwiększeniem histerezy. Pozwoliło to jednak zmniejszyć częstotliwość załączania się przekaźnika co wpływa pozytywnie na jego żywotność (zmniejsza wypalanie się styków).

Kolejnym krokiem było przestawienie regulatora w tryb pracy PID z wyjściem PWM. Po ustawieniu wszystkich parametrów zgodnie z instrukcją, regulator okazał się być niesprawny i w ogóle nie załączał grzałki co spowodowało powolne stygnięcie obiektu (aż do wartości temperatury otoczenia) niezależnie od wartości zadanej.

Podsumowując – regulacja dwustawna daje słabe wyniki ze względu na opóźnienia transportowe, powodując stosunkowo duże wahania temperatury nawet przy małej histerezie – po załączeniu się grzałki mija dużo czasu zanim czujnik zauważy zmianę, co ogranicza częstotliwość przełączeń a w konsekwencji dokładność regulacji. Taki sposób regulacji był stosowany dawniej z względu na stosowanie przekaźników w roli organów wykonawczych (są one nieodporne na częste przełączenia). Poza tym często stosowano taki typ regulacji ze względu na łatwości łączenia jej z prostymi czujnikami temperatury – bimetalami. Warto wspomnieć że taki sposób regulacji jest dopuszczalny dzięki specyfice obiektów cieplnych. Z reguły są one dużymi magazynami energii, dzięki czemu kluczowa jest ilość energii dostarczonej w określonym czasie a nie dokładny przebieg sygnału sterującego.

Obecnie, gdy stosuje się często przełączniki półprzewodnikowe (np. tyrystory), a koszt dokładnego czujnika nie jest zbyt wysoki, algorytm regulacji został ulepszony. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest regulacja algorytmem PID którego wyjście z względów praktycznych i ekonomicznych jest realizowane jako sygnał PWM. Takie podejście łączy zalety sterowania dwustawnego (prosta budowa i niska cena organu wykonawczego – w porównaniu z wzmacniaczami mocy stosowanymi w regulacji ciągłej) i ciągłego (duża dokładność regulacji, możliwość realizacji algorytmów specjalnych).