

ĆWICZENIE LABORATORYJNE

AUTOMATYKA I STEROWANIE
W CHŁODNICTWIE, KLIMATYZACJI I OGRZEWNICTWIE

L3 – STEROWANIE INWERTEROWYM URZĄDZENIEM
CHŁODNICZYM W TRYBIE PD ORAZ PID

Wersja: 2013-09-30



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



3.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z metodą sterowania proporcjonalno-różniczkującego *PD* oraz proporcjonalno-różniczkująco-całkującego *PID* inwerterowego urządzenia chłodniczego.

3.2. Podstawy teoretyczne

Na poprzednich zajęciach (L2) zostały omówione wady i zalety regulacji typu *P*. Ze względu na wady w wielu przypadkach regulacja ta nie może być stosowana.

W instalacjach, gdzie nie można sobie pozwolić aby zaistniała odchyłka resztkowa, jedynym sensownym rozwiązaniem jest zastosowanie regulatora typu *I* (całkującego). Regulacja całkująca w praktyce oznacza to, że szybkość zmiany nastawy regulującej $dy/d\tau$ jest liniową funkcją odchyłki od wartości regulowanej, czyli różnicy od temperatury docelowej. Zmiana nastawy prędkości obrotowej przy regulacji całkującej jest przedstawiona w równaniu nr 1.

$$\frac{dy}{d\tau} = k_2 x \quad (1)$$

Tego typu regulatory w zdecydowanie dokładniejszy sposób będą utrzymywać temperaturę w chłodzonej przestrzeni.

Natomiast działanie regulatorów typu *D* – różniczkujących jest następujące: zmiana prędkości obrotowej będzie zależała od szybkości zmiany mierzonej temperatury. Równanie nr 2 pokazuje matematyczny zapis tego typu regulacji.

$$y = k_3 \frac{dx}{d\tau} \quad (2)$$

Regulacja typu *D* nie jest w stanie samodzielnie dostosować prędkości obrotowej silnika, dlatego też regulacja typu *D* musi być łączona albo z regulacją typu *P*, albo z regulacją typu *I*. W przypadku połączenia z regulacją typu *P*, zmiana prędkości obrotowej będzie zapisana zależnością:

$$y = k_3 \frac{dx}{d\tau} + k_1 x \quad (3)$$

Przy tego typu regulacji w początkowym okresie po zmianie obciążenia cieplnego układ będzie regulował w sposób różniczkujący, a dopiero po pewnym czasie człon proporcjonalny zacznie odgrywać większą rolę.



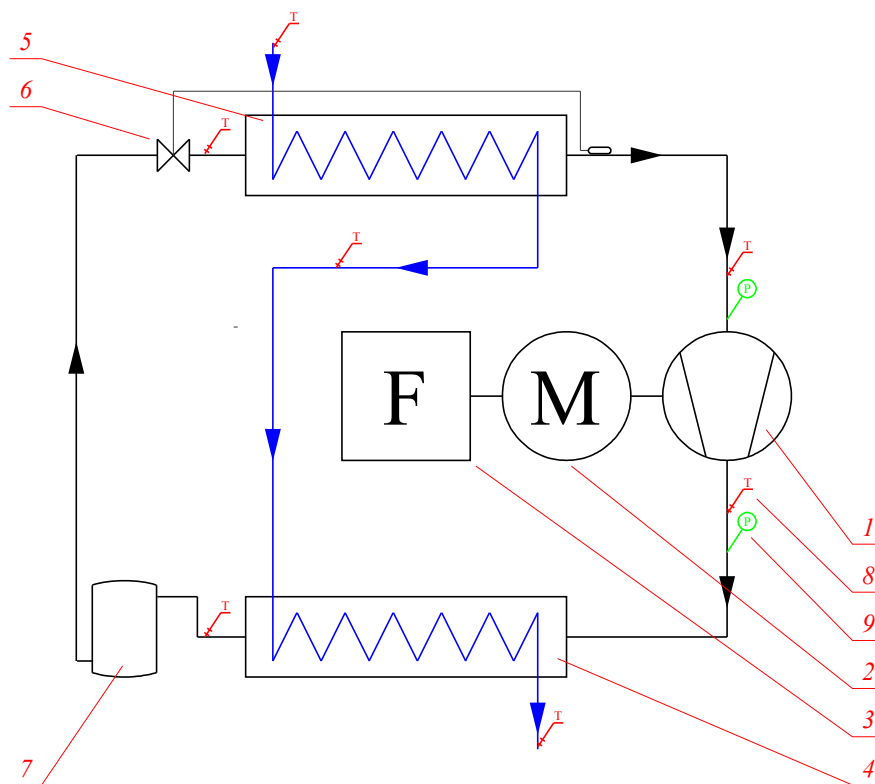
Analogicznie można zbudować regulator typu PID, gdzie odchyłka prędkości obrotowej będzie się przedstawiała się równaniem 4.

$$y = k_3 \frac{dx}{dt} + k_2 \int x dt + k_1 x \quad (4)$$

Tego typu regulatory mają zastosowanie tam, gdzie w instalacji istnieje duża zmienność obciążeń cieplnych. Regulatory typu PID są w stanie najszybciej reagować na zmianę obciążenia.

3.3. Stanowisko laboratoryjne

Na rysunku nr 1 został przedstawiony schemat stanowiska laboratoryjnego. Urządzenie składa się z otwartej sprężarki tłokowej napędzanej poprzez przekładnię pasową przez silnik prądu zmiennego. Silnik zasilany jest poprzez inwerter z sieci elektrycznej. Przemiennek częstotliwości umożliwia uzyskanie prędkości obrotowej silnika w zakresie od 1 do 60 Hz. W instalacji chłodniczej zastosowano czynnik chłodniczy R134a. Parownik oraz skraplacz zbudowane są w postaci wymiennika typu rura w rurze.



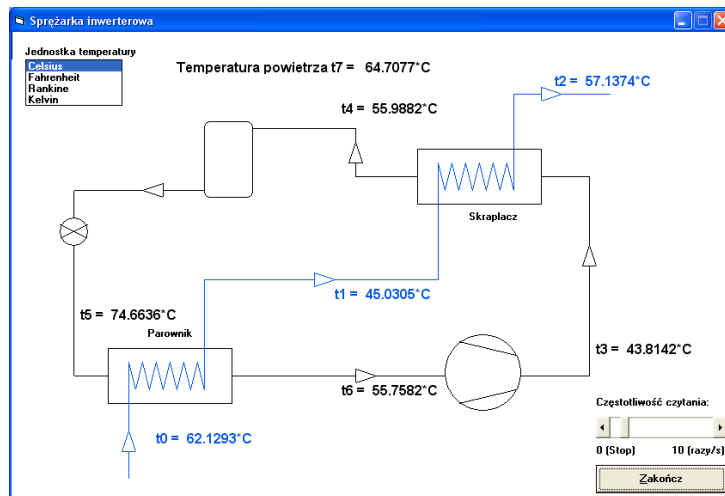
Rys. 1. Schemat stanowiska laboratoryjnego

(1 – sprężarka, 2 – silnik prądu zmiennego, 3 – przetwornik częstotliwości, 4 – skraplacz, 5 – parownik, 6 – termostatyczny zawór rozprężny, 7 – zbiornik, 8 – punkt pomiaru temperatury, 9 – punkt pomiaru ciśnienia)

Stanowisko badawcze wyposażone jest w układ pomiarowy, który umożliwia wyznaczenie strumienia ciepła wymienianego w parowniku oraz skraplaczu. W punktach charakterystycznych



układu chłodniczego mierzone są temperatury czynnika roboczego oraz jego ciśnienie. Pozwala to wyznaczyć entalpie poszczególnych punktów. Układ pomiarowy współpracuje z komputerem klasy PC. Na rysunku 3 został przedstawiony interfejs graficzny układu pomiarowego.



Rys. 2. Widok interfejsu graficznego układu pomiarowego.

3.4. Przebieg ćwiczenia

W pierwszym etapie ćwiczenia, studenci mają za zadanie wyznaczyć stałą proporcjonalności k_1 . W tym celu odkręcają zawór doprowadzający wodę do parownika oraz uruchamiają urządzenie z częstotliwością prądu $f_0=40\text{ Hz}$. Po dojściu układu do stanu ustalonego należy zanotować temperaturę wody za parownikiem T_0 . Będzie to temperatura zadana. Następnie należy zmienić częstotliwość prądu na $f_1=50\text{ Hz}$, i po ustaleniu się pracy urządzenia (około 3 minuty) zanotować temperaturę wody za parownikiem T_1 . Współczynnik proporcjonalności k_1 wyniesie:

$$k_1 = \frac{f_1 - f_0}{T_1 - T_0} \quad (5)$$

Drugi etap ćwiczenia to sprawdzenie w jaki sposób zachowuje się układ w przypadku zmiany obciążenia, podczas regulacji typu PD . Współczynnik k_1 został wyznaczony zgodnie z równaniem nr 5. Współczynnik k_3 należy samodzielnie założyć.

Następnie należy powrócić do częstotliwości 40 Hz , i zmienić strumień wody – to spowoduje zmianę mocy w parowniku, a tym samym zmianę temperatury za parownikiem.

Znając nową różnicę temperatury należy zgodnie z równaniem 3 obliczyć nową prędkość obrotową f_i . Co zgodnie z pomiarami będzie się przedstawiać równaniem:

$$f_i = f_0 + k_3 \frac{T_i - T_{i-1}}{\tau_i - \tau_{i-1}} + k_1(T_i - T_0) \quad (6)$$

Następnie nową prędkość obrotową należy zadać na falowniku. To spowoduje zmianę mocy chłodniczej a tym samym zmianę temperatury za falownikiem. Etap ten należy powtarzać aż do momentu uzyskania stałej temperatury (jeśli uda się ją uzyskać!). W sposób ciągły należy monitorować temperaturę. Etap ten należy powtórzyć dla kilku stałych członu różniczkującego k_3 pomiędzy 0,1 a 10.

Do obliczeń za wyrażenie $\tau_i - \tau_{i-1}$ należy przyjąć wartość 1 jako umowną jednostkę czasu.

W trzecim etapie należy w pierwszej kolejności wybrać najbardziej optymalny k_3 z wcześniejszych pomiarów i założyć samodzielnie współczynnik k_2 . I powtórzyć procedurę z etapu drugiego z tym że do obliczeń odchyłki częstotliwości y należy wykorzystać równanie nr 4, co po przekształceniu daje.

$$f_i = f_0 + k_3 \frac{T_i - T_{i-1}}{\tau_i - \tau_{i-1}} + k_2 \frac{T_i + T_{i-1}}{2} (\tau_i - \tau_{i-1}) + k_1(T_i - T_0) \quad (7)$$

Podobnie jak poprzednio do obliczeń za wyrażenie $\tau_i - \tau_{i-1}$ należy przyjąć wartość 1 jako umowną jednostkę czasu.

3.5. Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać:

- Cel ćwiczenia;
- Opis stanowiska;
- Obliczenia stałej proporcjonalności
- Wykresy zmiany temperatury w czasie dla regulatorów PD
- Wykresy zmiany temperatury w czasie dla regulatorów PID.
- Spostrzeżenia z wykonania zadania;
- Wnioski

3.6. Literatura

- [1]. Andersen S. A.: Automatische urządzenia chłodnicze. Wydawnictwo przemysłu lekkiego i spożywczego. Warszawa, 1964.
- [2]. Ganicz W., Grzebielec A., Zasowski R.: Badania eksperymentalne zmiany mocy chłodniczej urządzenia w wyniku zmiany prędkości obrotowej sprężarki. Chłodnictwo 5, 2011, strony 16-19.

