

## Ćwiczenie nr 3. Regulacja w układach rzeczywistych - identyfikacja obiektu.

**Cel ćwiczenia:** Zapoznanie się z metodami badania i analitycznego wyznaczania parametrów dynamicznych obiektów rzeczywistych na przykładzie mikrotermostatu oraz z metodami symulacyjnymi umożliwiającymi eksperymentalne wyznaczanie parametrów dynamicznych obiektów

**UWAGA**

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

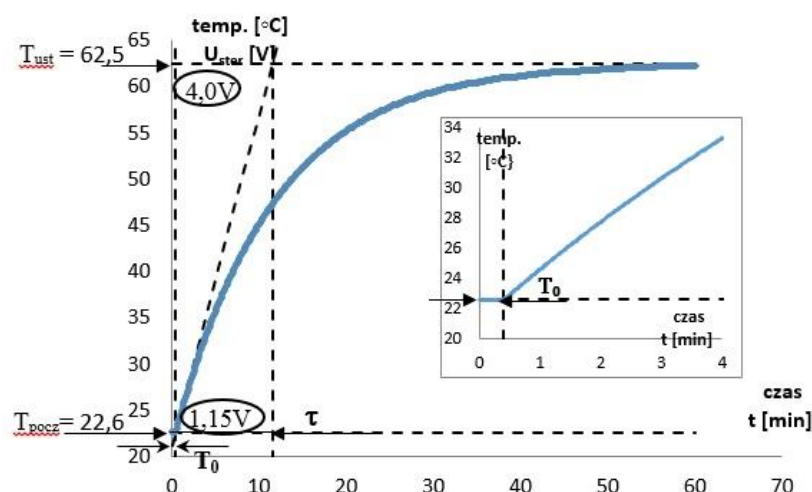
**(Wszystkie wyniki zapisywać na dysku Dane E:)**

**Program i przebieg ćwiczenia:****1. Wyznaczenie odpowiedzi skokowej obiektu rzeczywistego**

**1.1.** Zarejestrować odpowiedź skokową obiektu tj. temperaturę mikrotermostatu w funkcji czasu jako odpowiedź na skokową zmianę napięcia sterującego grzejnika  $U_{ster}$ .

- Uruchomić program L1\_char\_grz.exe (Pulpit, zakładka *Lab Jack*, folder *Ch-ka grzania*). Zaznaczyć domyślnie proponowaną bibliotekę „lvStorage.dll”, zatwierdzamy OK
- Ustawić czas próbkowania na 100ms.
- Po „naciśnięciu” przycisku START na ekranie wirtualnego przyrządu uruchomić rejestrację. Należy rejestrować przebieg ok. 60 min.
- „Naciśnięcie” przycisku STOP zatrzymuje działanie przyrządu, dane pomiarowe zapisywane są automatycznie do pliku tekstowego E:\Now@\Charakterystyka\_grzania.lvm. Dane te mogą być importowane do arkusza kalkulacyjnego do dalszej analizy.
- Wyznaczyć  $T_{pocz}$ ,  $T_{ust}$ ,  $K_{ob}$ ,  $T_0$  oraz  $\tau$ . Jeśli w czasie rejestracji obiekt nie osiągnie wartości  $T_{ust}$  to można ją obliczyć ekstrapolując uzyskaną charakterystykę grzania obiektu.

Na Rysunku 1 przedstawiono przykładową odpowiedź obiektu na skokowo włączone napięcie  $U_{ster} = 4.0\text{V}$ . Na podstawie tej charakterystyki można wyznaczyć następujące parametry: wzmocnienie obiektu  $K_{ob}$ , opóźnienie  $T_0$  oraz stałą czasową  $\tau$ .



Rys. 1 Odpowiedź skokowa badanego obiektu.

## Ćwiczenie nr 3. Regulacja w układach rzeczywistych - identyfikacja obiektu.

W przedstawionym przykładzie temperatura początkowa  $T_{pocz}$  wynosiła  $22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ustalona temperatura końcowa  $T_{ust}$  wynosiła  $62.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Odczytane z wykresu  $T_0 = 24\text{ s}$  oraz  $\tau = 690\text{ s}$ .  $K_{ob}$  wyznaczamy z zależności:

$$K_{ob} = (T_{ust} - T_{pocz}) / (U_{ster} - 1.15)$$

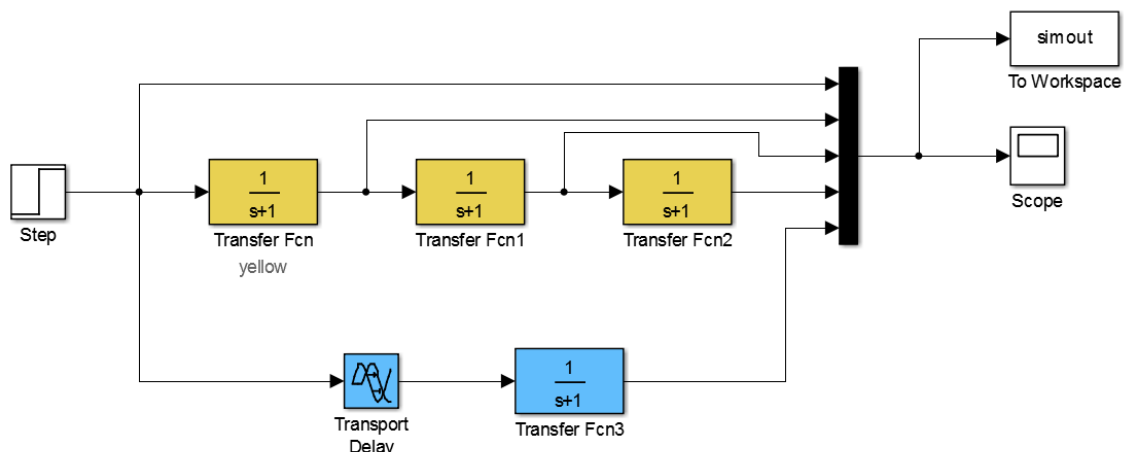
W prezentowanym przykładzie  $K_{ob} = (62.5 - 22.6) / (4.0 - 1.15) = 14\text{ }[^{\circ}\text{C/V}]$ .

Wyznaczone parametry zostaną użyte do obliczenia nastaw regulatora PID.

## 2. Badania symulacyjne – Simulink

- 1.2. Dla obiektu inercyjnego wyższego rzędu (np. pieca, czujnika) o modelu zadanym przez prowadzącego dobrać eksperymentalnie model przybliżony w postaci łańcuchowego połączenia członu opóźniającego i członu inercyjnego pierwszego rzędu – wyznaczyć parametry zgodnie z modelem przedstawionym na Rysunku 2.
- 1.3. Wynik końcowy zapisać w postaci pliku danych, korzystając z funkcji – To Workspace. W parametrach bloku “**To Workspace format danych (Save format) zmienić na Array**” W oknie poleceń programu Matlab wpisać (**Wszystkie wyniki zapisywać na dysku Dane E:**)

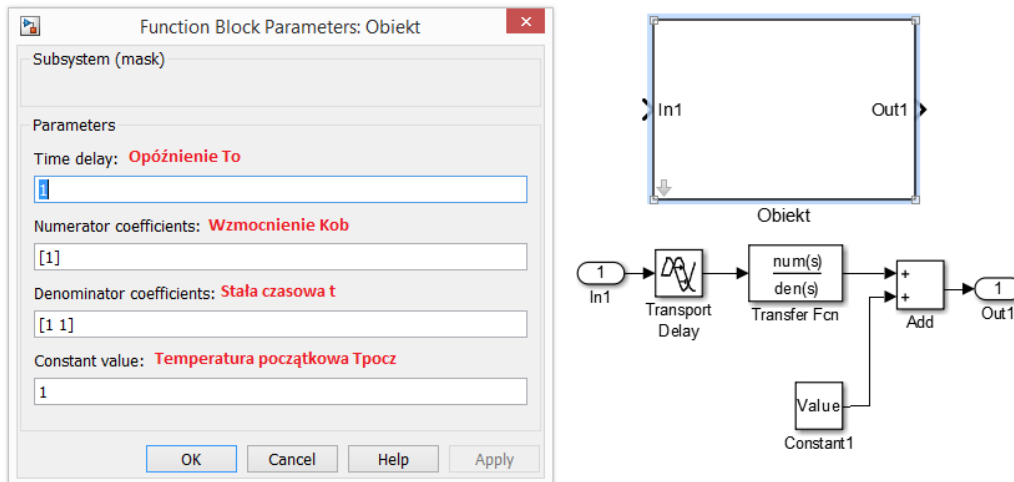
```
>>A = [tout, simout];
>>save filename.xls A -ascii
```



Rys. 2 Struktura przykładowa umożliwiająca porównanie odpowiedzi skokowej obiektu: człon inercyjny 3-go rzędu (kolor żółty) z odpowiedzią skokową modelu przybliżającego: łańcuchowe połączenie członu opóźniającego i członu inercyjnego 1-go rzędu (kolor niebieski).

### 1.1. Badanie odpowiedzi obiektu na skok wartości (model mikrotermostatu)

- W Simulinku utworzyć model obiektu o parametrach wyznaczonych na podstawie zarejestrowanej charakterki rzeczywistej mikrotermostatu (Rys. 1) Wstawiamy do modelu element składowe, łączymy je ze sobą następnie zaznaczamy wszystkie i klikamy prawy klawisz myszy. Następnie wybieramy opcję “*Create Subsystem from Selection*”
- Następnie kliknąć na powstały element wybrać pozycję „Mask”, a następnie “*Create Mask*”. W zakładce parametry dodać kolejno parametry: opóźnienie wzmacnienie stała czasowa i temperatura początkowa.
- Następnie należy zbudować układ jak na Rys. 3 i zbadać odpowiedzi obiektu na skok wartości (podać na jego wejściu stałą wartość, równą różnicy napięcia na wejściu mikrotermostatu 2,85).
- Zapisać dane wynikowe w postaci pliku (To Workspace).
- Uzyskane charakterystyki umieścić w sprawozdaniu



Rys. 3 OBIEKT, jego struktura wewnętrzna oraz blok parametrów obiektu regulacji.

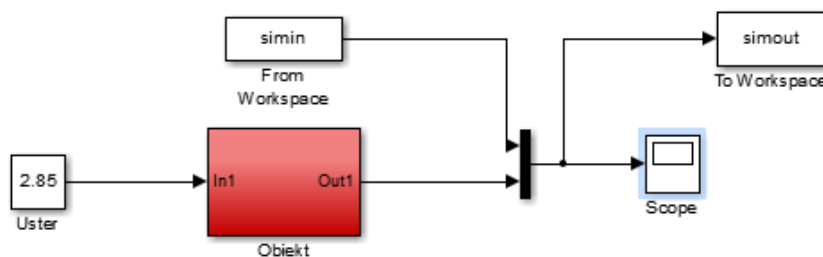
- 1.4. Porównać charakterystykę rzeczywistą, zarejestrowaną dla mikrotermostatu z modelem uproszczonym o parametrach wyznaczonych na podstawie uzyskanej charakterystyki. (Rys. 4) W przypadku złego dopasowania modelu zmodyfikować parametry:  $K_{ob}$ ,  $T_0$  i  $\tau$  tak aby uzyskać jak najlepsze dopasowanie. Zapisać wszystkie wyniki w postaci plików danych, umieścić w sprawozdaniu i opisać.

W celu wczytania danych skorzystać z funkcji *From Workspace*. Plik wejściowy w pierwszej kolumnie musi zawierać czas w s w drugiej temperaturę w °C, nazwa w bloku *From Workspace* musi być taka jak macierzy powstałej po wczytaniu danych.

(w oknie poleceń programu Matlab wpisać `>>M = xlsread('filename')`)



lub ikonki na pasku zadań



Rys. 4 Struktura przykładowa umożliwiająca porównanie charakterystyki dynamicznej rzeczywistego obiektu z modelem uproszczonym składającym się z członu opóźniającego i członu inercyjnego 1-go rzędu (kolor niebieski).

## Wprowadzenie:

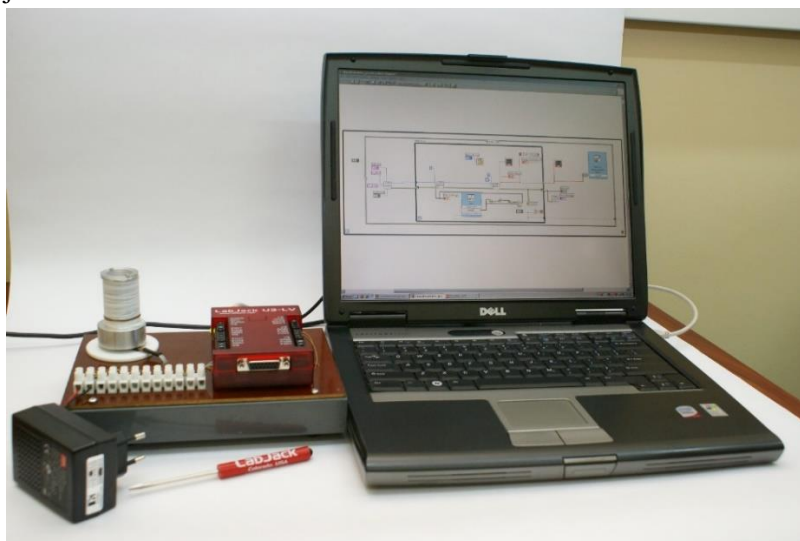
### 1. Opis obiektu badań

Na Rys. 5 przedstawiono widok badanego mikrotermostatu. Komora robocza mikrotermostatu (1) podgrzewana jest sterowanym elektronicznie grzejnikiem (2). Komora robocza wraz z grzejnikiem stanowią obiekt regulacji. Zmianę zadawanej temperatury obiektu uzyskuje się poprzez dołączenie do wejścia grzejnika napięcia sterującego  $U_{ster}$ . Warunki pracy układu zostały tak dobrane, że dla napięcia  $U_{ster}$  mniejszego od 1.15V grzejnik nie włącza się, a temperatura ustalona mikrotermostatu równa się temperaturze otoczenia. Dla maksymalnej wartości  $U_{ster}$  ok. 4.5V w warunkach laboratoryjnych

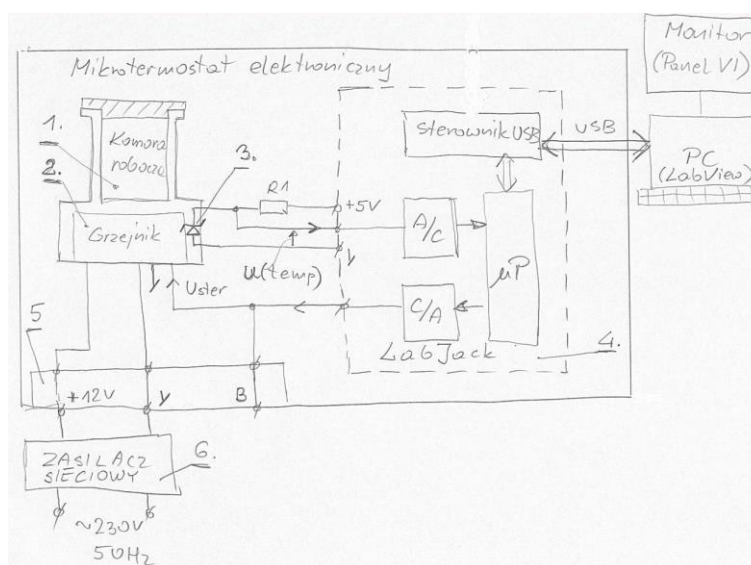
## LABORATORIUM Z AUTOMATYKI I ROBOTYKI

## Ćwiczenie nr 3. Regulacja w układach rzeczywistych - identyfikacja obiektu.

temperatura mikrotermostatu osiąga ok.  $70^{\circ}\text{C}$ . Do pomiaru bieżącej temperatury obiektu użyto czujnika temperatury (3) typu LM335, który temperaturę mierzoną przetwarza na napięcie stałe; jego czułość wynosi  $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ . Wyjście czujnika temperatury dołączone jest do wejścia przetwornika A/C w module pomiarowym LabJack (4). Zadawanie temperatury, obliczenie bieżącej temperatury mikrotermostatu oraz obliczenie wymaganego napięcia sterującego  $U_{\text{ster}}$  grzejnika realizowane są programowo. Obliczona wartość wymaganego napięcia sterującego grzejnika podawana jest na wejście przetwornika C/A w module pomiarowym LabJack (4). Napięcie wyjściowe  $U_{\text{ster}}$  z przetwornika C/A dołączone jest do wejścia sterującego grzejnika (ozn. B na listwie zaciskowej 5). Zadawanie warunków pracy mikrotermostatu, obliczenia, sterowanie modulem pomiarowym LabJack (4) oraz rejestracja wartości wielkości charakteryzujących pracę mikrotermostatu realizowane są programowo w środowisku LabView. Komunikacja modułu pomiarowego z komputerem odbywa się poprzez łącze USB. Napięcie wyjściowe 12V zasilacza sieciowego (6) mikrotermostatu dołączone jest do odpowiednich zacisków listwy zaciskowej 5.



a



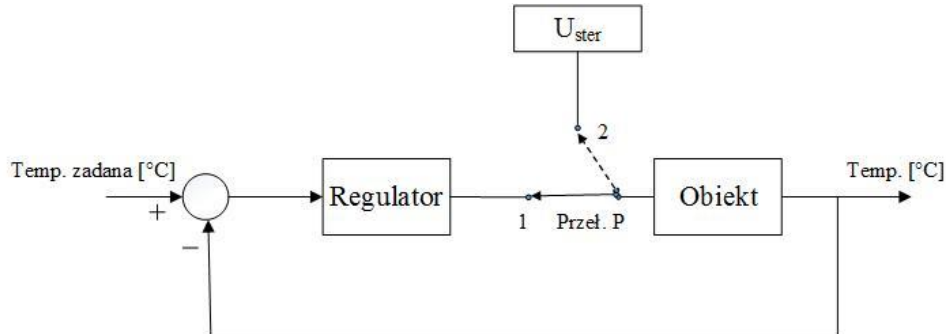
b

Rys. 5 Zdjęcie mikrotermostatu(a) i jego schemat blokowy(b).

## Ćwiczenie nr 3. Regulacja w układach rzeczywistych - identyfikacja obiektu.

## 2. Tryby pracy mikrotermostatu i oprogramowanie

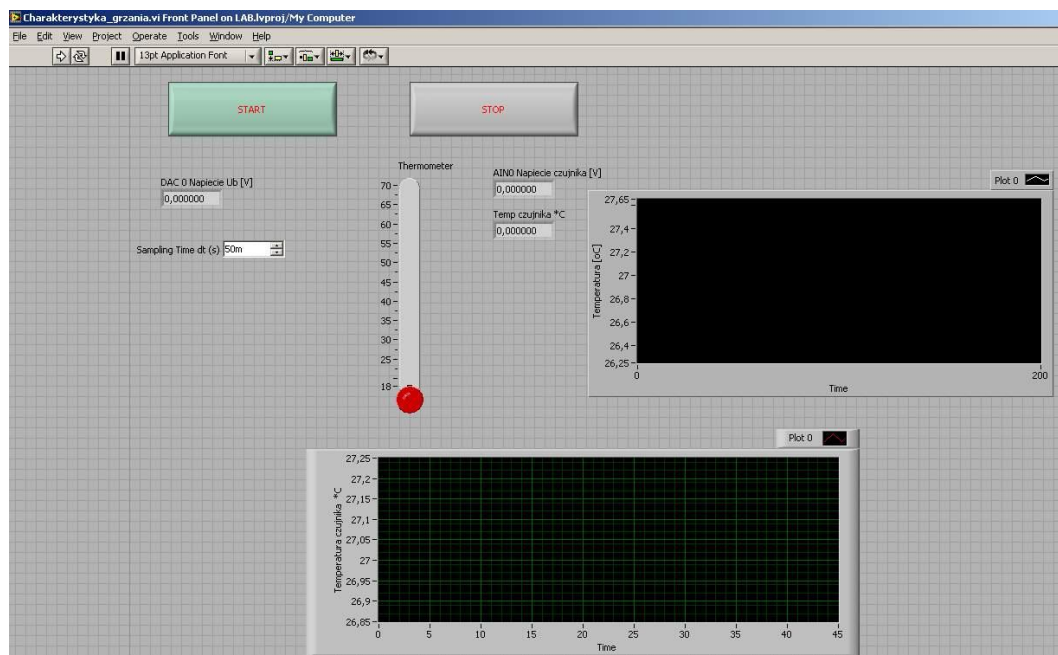
Schemat funkcjonalny układu regulacji mikrotermostatu przedstawia Rys. 6.



Rys. 6 Schemat funkcjonalny układu regulacji mikrotermostatu

## 2.1. Praca obiektu w układzie otwartym

W pozycji 2 przełącznika P obiekt pracuje w układzie otwartym. W tym trybie pracy można wyznaczyć odpowiedź skokową obiektu tzn. zarejestrować zmiany temperatury wyjściowej obiektu (temperatura mikrotermostatu) w funkcji czasu jako odpowiedź na zadaną, skokową zmianę napięcia sterującego  $U_{ster}$ . Pracę w tym trybie uzyskuje się po uruchomieniu programu [L1\\_char\\_grz.exe](#).














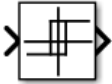



Rys. 7 Widok ekranu wirtualnego przyrządu realizującego pracę obiektu w układzie otwartym

## Pytania kontrolne:

1. Omów, na czym polega proces identyfikacji obiektu.
2. Narysuj i omów odpowiedź skokowa obiektu rzeczywistego (charakterystyka dynamiczna).
3. Zdefiniuj i opisz sposób wyznaczania parametrów charakterystycznych odpowiedzi skokowej obiektu.
4. Jakim modelem można przybliżyć odpowiedź skokową obiektu rzeczywistego (narysuj schemat zastępczy układu i podaj parametry charakterystyczne).

Tabela 1. Przydatne blozki Simulinka

Element	Nazwa biblioteki w Simulinku	Bloczek
Człon proporcjonalny - wzmacniający	Continuous	 Gain
Człon opóźniający	Continuous	 Transport Delay
Człon całkujący	Continuous	 Integrator
Człon różniczkujący	Continuous	 Derivative
Człon inercyjny pierwszego rzędu	Continuous	 Transfer Fcn
Oscyloskop	Sinks	 Scope
Multiplexer	Signal Routing	
Sumator	Math Operations	 Add
Generator sygnałowy	Sources	 Signal Generator
Zadajnik wartości	Sources	 Constant
Skok jednostkowy	Sources	 Step

Przełączniki	Discontinuities	 Relay
Regulator PID		 Regulator PID Controller (with Approximate Derivative)
Zapis danych	Sinks	 To Workspace
Wczytywanie danych	Sources	 From Workspace

Opracowali: *dr inż. Wioletta Nowak*  
*dr inż. Andrzej Hachoł*  
*dr inż. Elżbieta Szul-Pietrzak*