

## Identyfikacja obiektu cieplnego

### 1. Ściągnij projekt TwinCAT 3 do identyfikacji obiektem cieplnym (poproś o podanie lokalizacji prowadzącego):

a) Deklaracje zmiennych:

```
PROGRAM MAIN
VAR
  (* wartości procentowo *)
  y :LREAL:=0.0; (* temperatura w st*)
  u :LREAL:=30.0; (* sygnał sterujący*)
  z :LREAL:=0.0; (* zakłócenie - wiatrak*)
  (* fizyczne wejścia i wyjścia *)
  hwInTemp AT %I* :INT := 0;
  hwOutGrzalka AT %Q* : INT := 0;
  hwOutWiatrak AT %Q* : INT := 0;
END_VAR
```

b) Program wykonywany w cyklach:

```
IF y > 100.0 THEN
  y := 100.0;
ELSIF y < 0.0 THEN
  y := 0.0;
END_IF
IF u > 100.0 THEN
  u := 100.0;
ELSIF u < 0.0 THEN
  u := 0.0;
END_IF
IF z > 100.0 THEN
  z := 100.0;
ELSIF z < 0.0 THEN
  z := 0.0;
END_IF
hwOutGrzalka := REAL_TO_INT(u * 32767.0 / 100.0);
hwOutWiatrak := REAL_TO_INT(z * 32767.0 / 100.0);
y := 100.0 * hwInTemp / 32767;
```

### 2. Powiąż projekt ze sterownikiem Beckhoff zgodnie z instrukcją opisującą prosty program i konfigurację w programie TwinCAT 3 (pomiń część związaną z językiem LD) → w trakcie konfiguracji:

- powiąż zmienną reprezentującą wiatrak z 1 wyjściem modułu **EL4028**,
- powiąż zmienną reprezentującą grzałkę z 2 wyjściem modułu **EL4028**,
- powiąż zmienną reprezentującą temperaturę z jednym wejściem (1-3) modułu **EL3054** → wybierz wejście na którym są największe wartości (znajdującym się najbliżej rezystora).

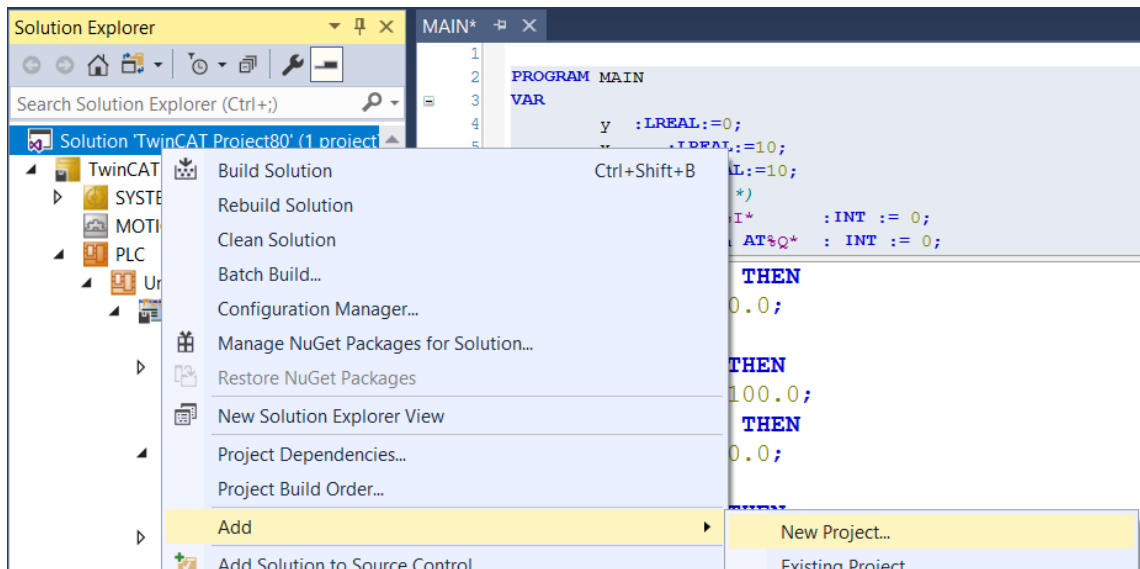
3. Uruchom program i w trybie online ustaw wartość zmiennej u (grzałki) na 30.

4. Spróbuj ustalić od jakiej wartości z przedziału 0-100 załącza się wiatrak.

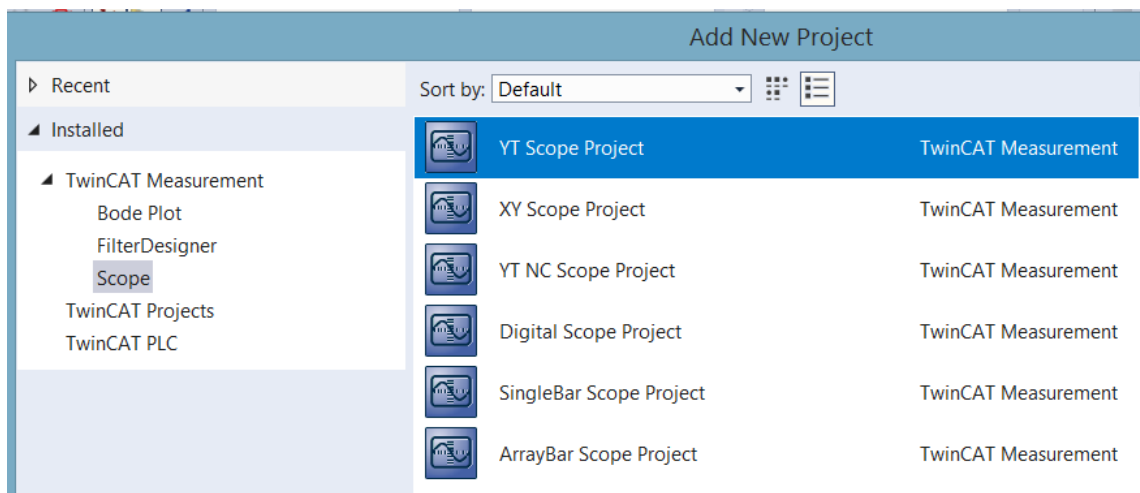
5. Wyłącz wiatrak → ustaw z na 0 i utwórz projekt pozwalający wyświetlić w czasie rzeczywistym przebieg temperatury oraz sygnału podawanego z grzałki (wartość

sygnału u pozostaje ustawiona na 30):

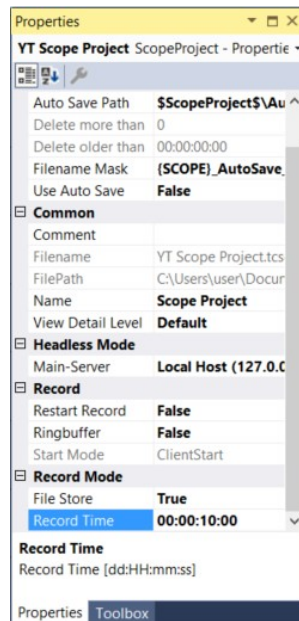
a) dodaj nowy projekt do rozwiązania z uruchomionym programem:



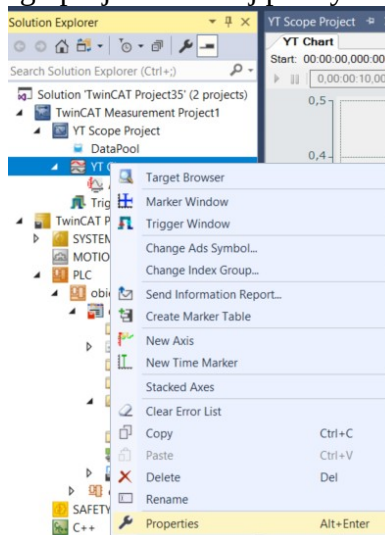
b) wybierz **YT Scope Project**:



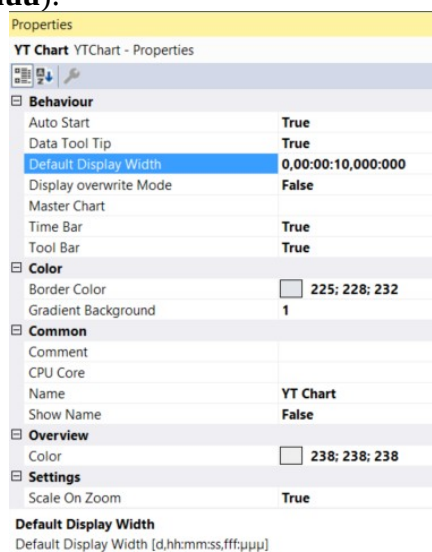
c) Dla nowo utworzonego projektu kliknij prawym na **YT Scope Project** i wybierz **Properties** – ustaw w **Record mode** → **Record Time** (format **dd:HH:mm:ss**) na 40 minut:



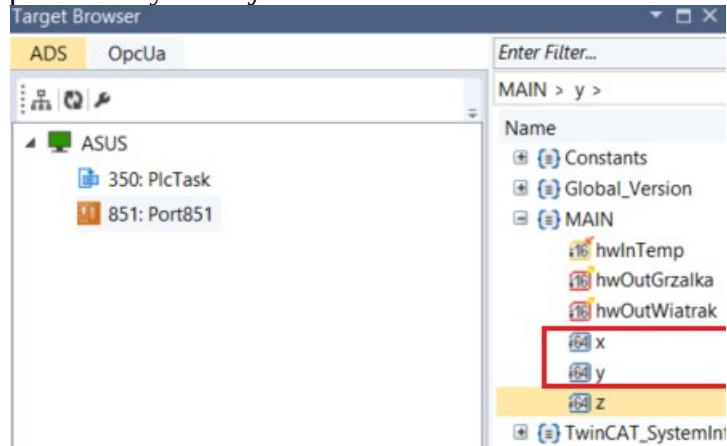
d) Dla nowo utworzonego projektu kliknij prawym na **YT Chart** i wybierz **Properties**:



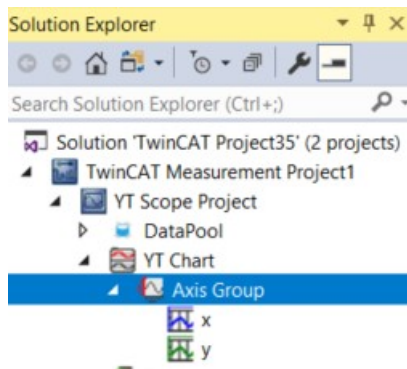
e) Ustaw również 40 minut dla **Behaviour** → **Default Display Width** (format **d,hh:mm:ss,fff:uuu**):



- f) Kliknij prawym przyciskiem na **Axis group** i wybierz **Target Browser**, a następnie kliknij po dwa razy w **u** i **y**:



- g) W **Axis group** powinny pojawić się dodane zmienne:



- h) Uruchom rejestrację danych:



- i) Ustabilizuj obiekt. Zatrzymaj rejestrację:



- j) Przeprowadź identyfikację obiektu:

- Uruchom ponownie rejestrację.
- Zwiększ sygnał sterowania **u** o 10-15%.
- Zarejestruj przebieg, aż do ustabilizowania obiektu (ok. 15 minut).
- Zatrzymaj ponownie przebieg.

## 6. Oblicz automatycznie na podstawie otrzymanego przebiegu parametry obiektu cieplnego:

- Wczytanie zarejestrowanych danych w pliku do **Matlaba** sprowadza się do ustawienia katalogu z plikiem jako katalogu roboczego i wykonania instrukcji:

```
data = load('nazwa_pliku.txt'); % podać nazwę pliku
```

```
t = data(:, 1);
```

```
u = data(:, 2);
```

```
y = data(:, 4);
```

- Dalej należy wyświetlić wykres, powinien być zgodny z uzyskanym wcześniej w **TwinCAT Scope View**:

```
plot(t, u, t, y); grid;
```

- Przed przystąpieniem do wyznaczania parametrów transmitancji obiektu, należy przesunąć uzyskane przebiegi identyfikacyjne do początku układu współrzędnych:

```
nStep = min(find(u == max(u)));
```

```
t = t(nStep:length(t)) - t(nStep);
```

```
u = u(nStep:length(u)) - u(1);
```

```
y = y(nStep:length(y)) - y(nStep);
```

- Dla obiektu zastosowany zostanie transmitancyjny model inercyjny pierwszego rzędu z opóźnieniem:

$$G(s) = \frac{k_o}{Ts+1} e^{-s\tau} \quad (1)$$

gdzie:  $k_o$  – **wzmocnienie statyczne**,  $T$  – **stała czasowa**,  $\tau$  (**tau**)- **opóźnienie**, są parametrami, których wartości należy zidentyfikować.

- Wzmocnienie statyczne  $k_o$  określone jest przez stosunek przyrostu wartości ustalonej wyjścia obiektu do amplitudy wymuszenia skokowego:

```
yMax = y(end)
```

```
ko = yMax / u(1)
```

- Wartości parametrów  $T$  oraz  $\tau$  należy wyznaczyć zgodnie ze wzorami:

$$y(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}} \rightarrow 0.1 = 1 - e^{-\frac{t}{T}} \rightarrow t_{10} \approx 0.1T$$

$$0.9 = 1 - e^{-\frac{t}{T}} \rightarrow t_{90} = 2.3T, t_{90} - t_{10} = 2.2T$$

$$T \approx \frac{t_{90} - t_{10}}{2.2}, \tau = t_{10} - 0.1T \rightarrow \text{należy uzupełnić poniższy fragment skryptu:}$$

```
y10= 0.1*yMax
```

```
n=max(find(y<=y10));
```

```
t10=t(n)
```

```
y90= ...
```

```
n= ...;
```

```
t90= ...
```

```
T= ...
```

```

tau = ...

if (tau < 2.5)

    tau = 2.5

end

Lo=ko;

Mo=[T 1];

[Lp Mp]=pade(tau,12);

L=conv(Lo,Lp);

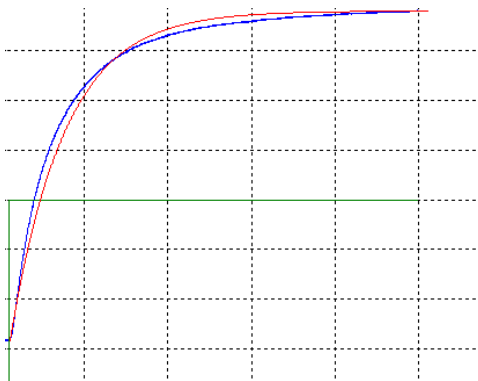
M=conv(Mp,Mo);

yTest= u(1)*step(L,M,t);

plot(t,y,t,u,t,yTest); grid;

```

- Jeśli przeprowadzono poprawnie eksperyment oraz obliczenia, powinno uzyskać się dobre dopasowanie wykresów.



Pełny wykres obiektu oraz wykresu aproksymującego (wraz z opisem osi), należy umieścić w sprawozdaniu.

W ten sposób określone zostały wszystkie trzy współczynniki, charakteryzujące model obiektu cieplnego. Na ich podstawie zapisać ostateczną postać transmitancji modelu, podstawiając wyznaczone parametry do wzoru (1), wartości powinny być reprezentowane z dokładnością co najwyżej trzech cyfr znaczących. Postać transmitancji należy zachować, gdyż będzie wykorzystywana w doborze nastaw regulatora w ramach kolejnego ćwiczenia. Również zadany punkt pracy będzie potrzebny do przeprowadzenia eksperymentu w następnym ćwiczeniu.

#### 7. Oblicz manualnie na podstawie otrzymanego przebiegu parametry obiektu cieplnego:

- Dane zarejestrowane w pliku należy wczytać do **Matlaba**, sprowadza się to do ustawienia katalogu z plikiem jako katalogu roboczego i wykonania instrukcji:

```

data = load(<nazwa_pliku>);
t = data(:, 1);
u = data(:, 2);
y = data(:, 4);

```

- Wykres:

```
plot(t, u, t, y); grid;
```

powinien być zgodny z uzyskanym wcześniej przebiegiem w **Twincat Measurement Project**.

- Dla obiektu zastosowany zostanie transmitancyjny model inercyjny pierwszego rzędu z opóźnieniem:

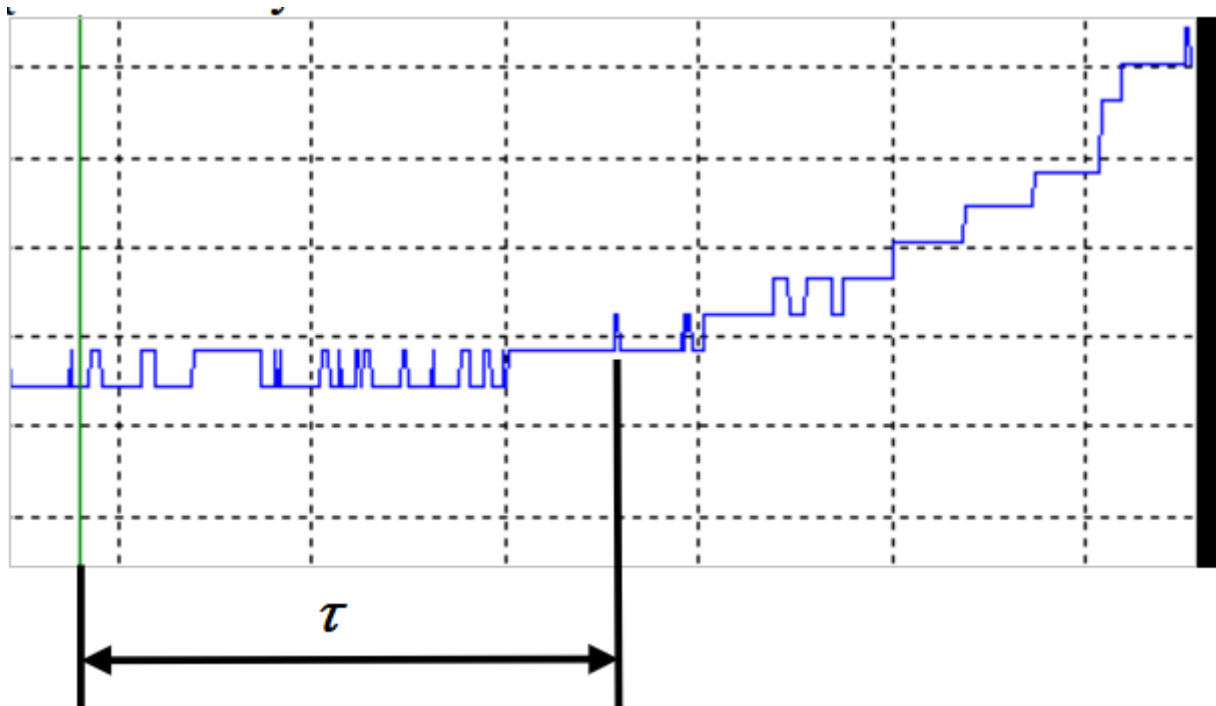
$$G(s) = \frac{k}{Ts+1} e^{-s\tau}, \quad (1)$$

gdzie:

**$k$  – wzmacnienie statyczne,  $T$  – stała czasowa,  $\tau$  - opóźnienie,**

są parametrami, których wartości należy zidentyfikować.

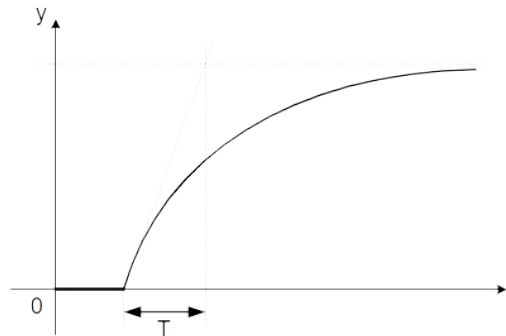
- Wartość opóźnienia  $\tau$  wygodnie jest odczytać jako czas pomiędzy skokiem wymuszenia i reakcją wyjścia obiektu na ten skok, co jest dobrze widoczne przy odpowiednim powiększeniu wykresu.



**Pełny wykres (wraz z opisem osi), z którego odczytano  $\tau$  należy umieścić w sprawozdaniu. Na wykresie**

**zaznaczyć  $\tau$ , podobnie jak pokazano obok.**

- Wyznaczyć zgrubnie wartość stałej czasowej  $T$ , wykorzystując styczną do wykresu odpowiedzi skokowej, jak pokazuje poniższy rysunek.



- Wzmocnienie statyczne  $k$  określone jest przez stosunek przyrostu wartości ustalonej wyjścia obiektu do amplitudy wymuszenia skokowego. Dla zebranych danych pomiarowych najłatwiej wyznaczyć je jako iloraz różnicy końcowej i początkowej wartości wyjścia przez różnicę końcowej i początkowej wartości wymuszenia:

$$k = (y(\text{length}(y)) - y(1)) / (u(\text{length}(u)) - u(1))$$

- Stałą czasową  $T$  można określić, tworząc wykres porównawczy oparty na równaniu (1) i dobierając współczynnik  $T$  tak, aby pokrył się on najlepiej z wykresem danych pomiarowych. Jako początkową wartość  $T$ , należy wykorzystać poprzedni zgrubny odczyt tego parametru:

```
tStep = ...      % moment skoku sterowania (należy odczytać po powiększeniu
wykresu)
tau = ...        % zidentyfikowane uprzednio opóźnienie
k = ...          % zidentyfikowane uprzednio wzmocnienie
T = ...          % DOBIERANA STAŁA CZASOWA
```

```
L = k;
```

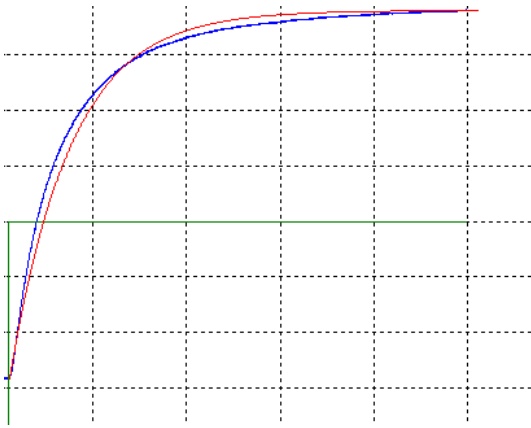
```
M = [T 1];
```

```
yTest = y(1) + (u(length(u)) - u(1)) * step(L, M, t);
```

```
plot(t,y, t,u, t+tStep+tau,yTest); grid;
```

- Po kilku iteracjach (zmianach  $T$ ) można z łatwością uzyskać dobre dopasowanie wykresów.





Pełny wykres (wraz z opisem osi), dzięki któremu zidentyfikowano  $T$ , należy umieścić w sprawozdaniu.

W ten sposób określone zostały wszystkie trzy współczynniki, charakteryzujące model obiektu cieplnego. Na ich podstawie zapisać ostateczną postać transmitancji modelu, podstawiając wyznaczone parametry do wzoru (1), wartości powinny być reprezentowane z dokładnością co najwyżej trzech cyfr znaczących. Postać transmitancji należy zachować, gdyż będzie wykorzystywana w doborze nastaw regulatora w ramach kolejnego ćwiczenia.

**8. Porównaj otrzymane transmitancje otrzymane w punktach 6 i 7 i wybierz tą, która jest lepiej dopasowana do przebiegu otrzymanego w trakcie identyfikacji.**

**W sprawozdaniu zamieść:**

- przebieg identyfikacyjny,
- otrzymane wyniki z identyfikacji manualnej i automatycznej,
- porównanie otrzymanych wyników.