

**UNIwersYTET MORSKI****Gdynia dnia 2024-03-01****Katedra Podstaw Techniki****Laboratorium Automatyki – dynamika**

## Instrukcja ćwiczenia

Ćwiczenie nr	7
Temat:	<b>Badanie układu regulacji dwupołożeniowej</b>
Stanowisko laboratoryjne	<b>Modułowy układ pompowy</b>
Opracował:	A. Mielewczyk

**UNIWERSYTET MORSKI**  
**Katedra Podstaw Techniki**  
**Laboratorium Automatyki**

**Instrukcja ćwiczenia nr 7**

**Temat: Badanie układu regulacji dwupołożeniowej**

**Elementy pomiarowe**

**1. Cel ćwiczenia:**

Celem ćwiczenia jest wykreślenie charakterystyk regulacyjnych w układzie z regulatorem dwupołożeniowym oraz zapoznanie się z nastawami regulacji dwupołożeniowej typu średnia wartość regulowana i histereza za pomocą programu **FluidLab Closed loop** i przetwornika analogowo-cyfrowego **EasyPort**.

**2. Zakres wymaganych wiadomości:**

- sygnały analogowe i cyfrowe,
- charakterystyka statyczna i dynamiczna obiektu,
- charakterystyka elementu dwupołożeniowego,
- nastawy średnia wartość regulowana i histereza,
- wybór kanału pomiarowego i rejestracja sygnału,

**3. Przebieg ćwiczenia:**

Połączyć stanowisko modułowego układu pompowego z komputerem, wybrać regulację dwupołożeniową, wprowadzić parametry regulacji dwupołożeniowej, załączyć program, zarejestrować charakterystyki, wyznaczyć parametry i opracować wyniki, przedstawić wnioski odnośnie jakości regulacji.

**4. Stanowisko laboratoryjne:**

Stanowisko modułowe układu pompowego, układ pomiarowy i sterowania, program FluidLab Closed loop.

**5. Sprawozdanie z ćwiczenia:**

Część wstępna, opis elementów, parametry konfigurowane regulacji dwupołożeniowej, parametry odpowiedzi układu regulacji dwupołożeniowej.

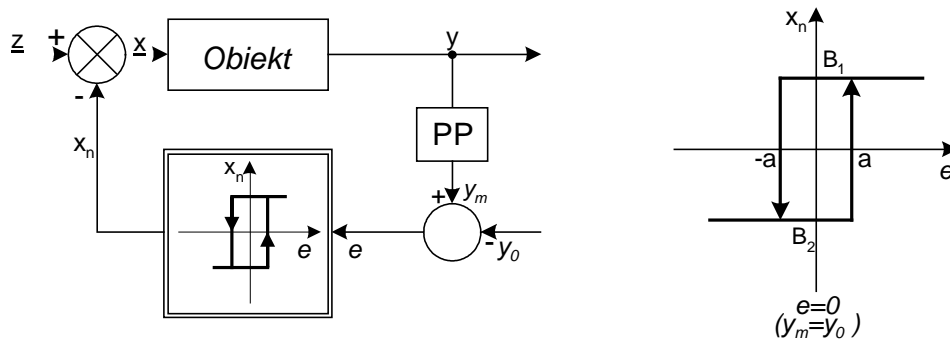
# Stanowisko modułowe układu pompowego - regulacja dwupołożeniowa

## Spis treści

<b>Instrukcja ćwiczenia nr 7</b> .....	2
1. Wprowadzenie.....	4
2. Stanowisko laboratoryjne .....	8
2.1 Dane techniczne wybranych elementów układu.....	10
2.2 Program FluidLab Closed Loop.....	17
3. Regulacja dwupołożeniowa.....	22
3.1 Regulacja dwupołożeniowa poziomu wody w zbiorniku .....	22
3.2 Regulacja dwupołożeniowa temperatury wody w zbiorniku.....	26
4. Przebieg ćwiczenia .....	29
Spis ilustracji .....	30

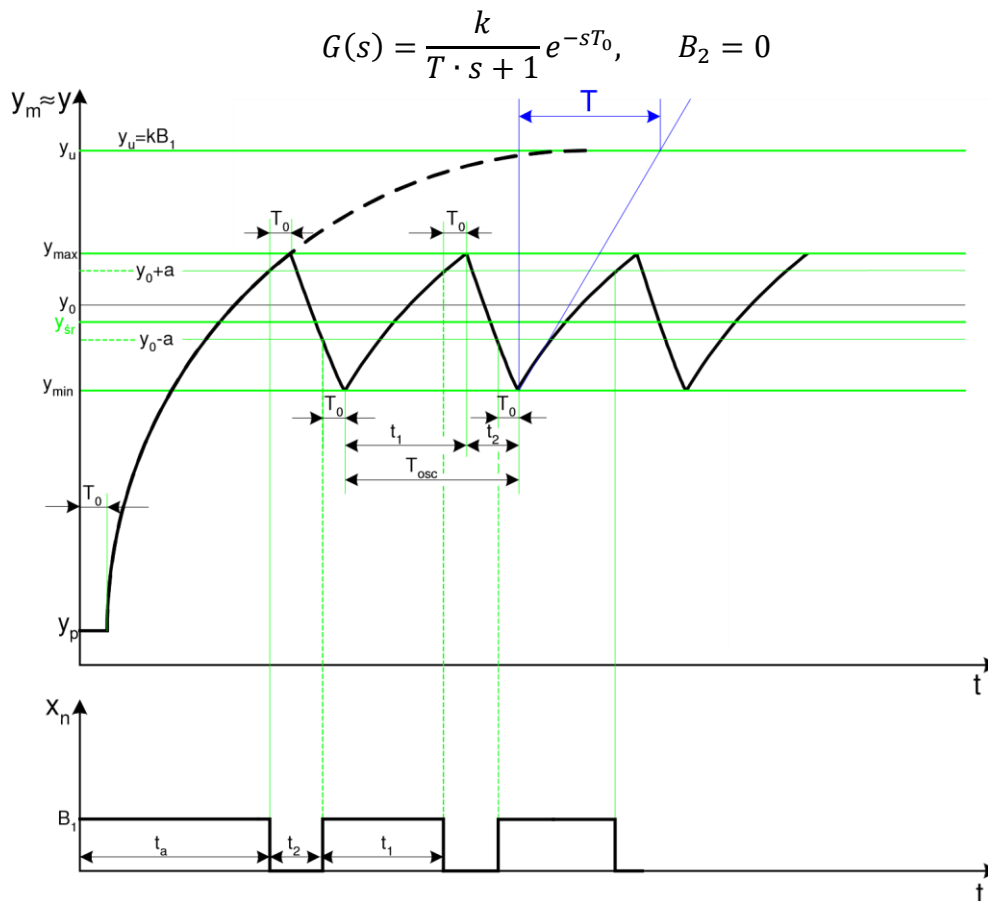
1. Wprowadzenie

W układach regulacji dwupołożeniowej (presostat, termostat) zadanie regulatora spełnia przełącznik dwupołożeniowy, a ogólna struktura układu ma postać jak na Rys. 1.1. Każdy element dwupołożeniowy ma charakterystykę statyczną nieliniową. Układ regulacji dwupołożeniowej nie można rozwiązywać za pomocą transmitancji operatorowej. Najprościej jest przeprowadzić badanie symulacyjne i poznać parametry charakterystyczne odpowiedzi.



Rys. 1.1 Schemat blokowy typowego układu regulacji dwupołożeniowej i charakterystyka statyczna elementu dwupołożeniowego, pp- przetwornik pomiarowy

Regulator dwupołożeniowy steruje obiektem o transmitancji elementu inercyjnego z opóźnieniem, Rys. 1.2.



Rys. 1.2 Przebieg sygnału regulacji po uruchomieniu układu od stanu początkowego  $y_p$  (dla  $t=0$ )

Przyjmujemy dodatkowo parametry:

$$y_p = 0 \text{ i } y_0 = m \cdot y_u, \quad \text{gdzie } 0 < m < 1$$

Oznaczenie:  $y_p$  – wartość początkowa odpowiedzi

$y_0$  – średnia wartość zadana odpowiedzi

$y_u$  – wartość ustalona odpowiedzi bez regulacji

$m$  – współczynnik odpowiedzi wartości zadanej do wartości ustalonej.

$a$  – nastawa histerezy

Na podstawie przyjętych parametrów wyznaczamy wartości odpowiedzi:

$$t_a = T_0 + T \ln \frac{y_u}{(1-m)y_u - a}$$

$$y_{max} = [(1-m)y_u - a] \left(1 - e^{-\frac{T_0}{T}}\right) + my_u + a$$

$$y_{min} = y_{max} e^{-\frac{t_2}{T}} = (my_u - a) e^{-\frac{T_0}{T}}$$

$$t_1 = T_0 + T \ln \frac{y_u - (my_u - a) e^{-\frac{T_0}{T}}}{(1-m)y_u - a}$$

$$t_2 = T_0 + T \ln \frac{y_u - [(1-m)y_u - a] e^{-\frac{T_0}{T}}}{my_u - a}$$

Można wykazać, że dla  $m = 0.5$ , czyli  $y_0 = 0.5y_u$  czas narastania i opadania jest sobie równy  $t_1 = t_2$ , a czas oscylacji  $T_{osc} = t_1 + t_2$  i jest najkrótszy.

Średnia wartość oscylacji ustalonych wynosi:

$$y_{sr} = \frac{y_{max} + y_{min}}{2} = y_u \left[ (m - 0.5) e^{-\frac{T_0}{T}} + 0.5 \right]$$

Średnia odchyłka regulacji wynosi:

$$e_{sr} = y_0 - y_{sr} = (m - 0.5) \left(1 - e^{-\frac{T_0}{T}}\right) y_u$$

Amplituda podwojona oscylacji ustalonych wynosi:

$$\Delta y = y_{max} - y_{min} = \left(1 - e^{-\frac{T_0}{T}}\right) y_u + 2ae^{-\frac{T_0}{T}}$$

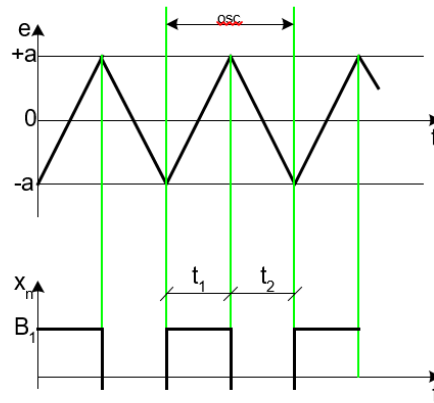
Inne przykłady regulacji dwupołożeniowej dla równania obiektu o transmitancji:

1. Obiekt całkujący  $G(s) = \frac{k}{s}$ ,  $B_1 \neq 0$  i  $B_2 \neq 0$

$$t_1 = \frac{2a}{kB_1}, \quad t_2 = \frac{2a}{kB_2}$$

$$T_{osc} = \frac{2a}{k} \left( \frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_2} \right)$$

$$\Delta y = 2a$$



Rys. 1.3 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla obiektu całkującego

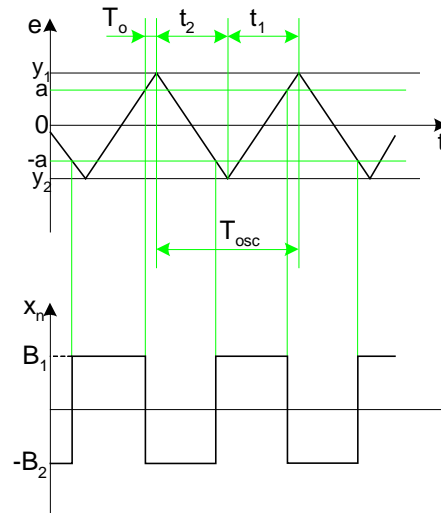
2. Obiekt całkujący z opóźnieniem  $G(s) = \frac{k}{s} e^{-sT_0}$ ,  $B_1 \neq 0$  i  $B_2 \neq 0$

$$t_1 = T_0 \left( 1 + \frac{B_2}{B_1} \right) + \frac{2a}{kB_1}, \quad t_2 = T_0 \left( 1 + \frac{B_1}{B_2} \right) + \frac{2a}{kB_2}$$

$$T_{osc} = t_1 + t_2$$

$$y_1 = a + kB_1 T_0, \quad y_2 = -a - kB_2 T_0$$

$$\Delta y = y_1 - y_2 = 2a + kT_0(B_1 + B_2)$$



Rys. 1.4 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla obiektu całkującego z opóźnieniem

3. Obiekt inercyjny  $G(s) = \frac{k}{T \cdot s + 1}$ ,  $B_1 \neq 0$  i  $B_2 = 0$   
Dla  $y_0 = 0.7kB_1$

$$t_1 = T \ln \frac{0.3kB_1 + a}{0.3kB_1 - a}, \quad t_2 = T \ln \frac{0.7kB_1 + a}{0.7kB_1 - a}$$

$$T_{osc} = t_1 + t_2$$

$$\Delta y = 2a$$

4. Obiekt inercyjny z opóźnieniem  $G(s) = \frac{k}{T \cdot s + 1} e^{-sT_0}$ ,  $B_1 \neq 0$  i  $B_2 = 0$   
Dla  $y_0 = 0.5kB_1$

$$t_1 = t_2 = T_0 + T \ln \frac{kB_1 - (0.5kB_1 - a)e^{-\frac{T_0}{T}}}{0.5kB_1 - a}$$

$$T_{osc} = t_1 + t_2$$

$$\Delta y = 2 \left[ 0.5kB_1 \left( 1 - e^{-\frac{T_0}{T}} \right) + a e^{-\frac{T_0}{T}} \right]$$

## 2. Stanowisko laboratoryjne

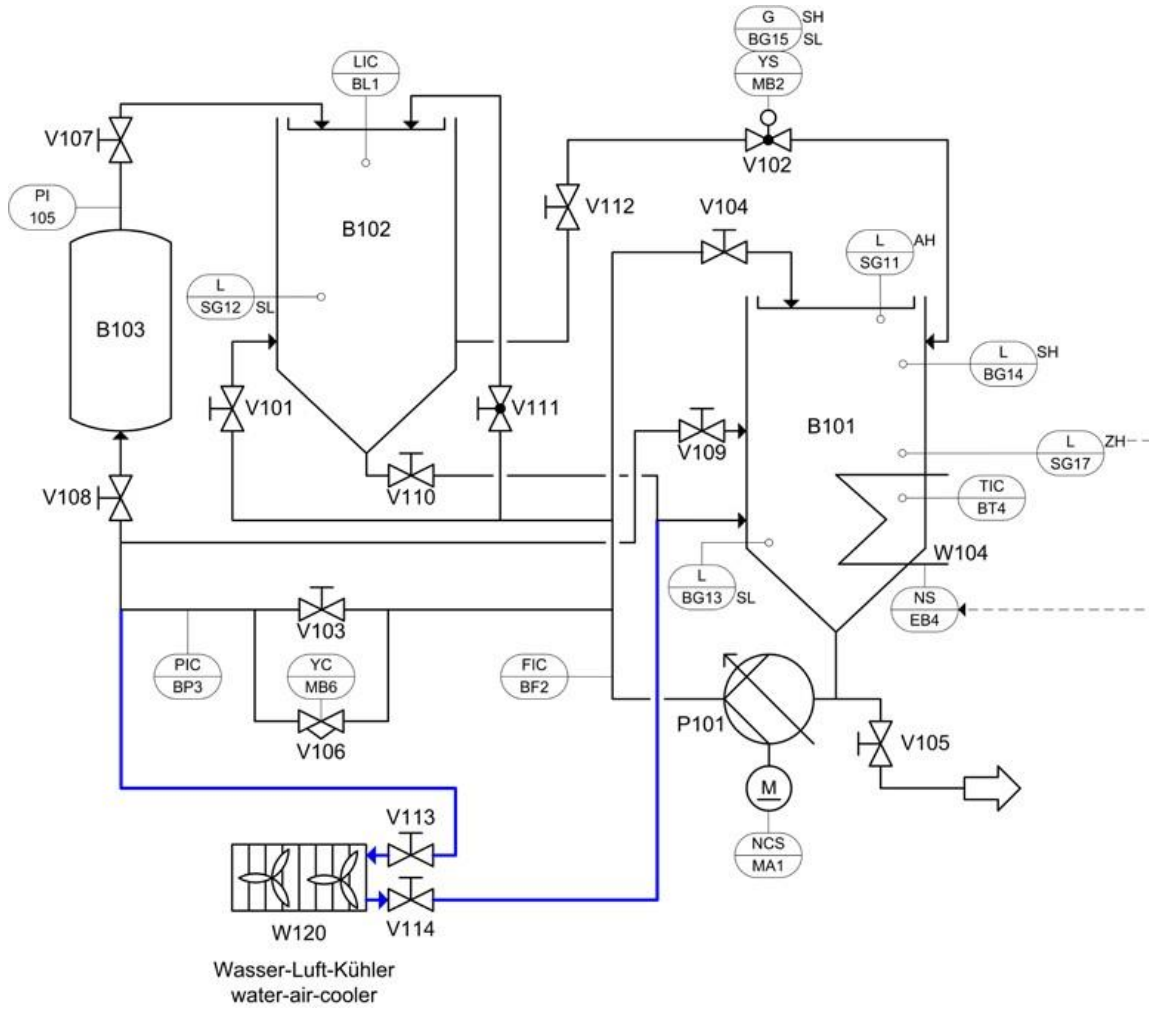
Pomiary realizujemy na stanowisku modułowym układu zbiorników, Rys. 2.1.



Rys. 2.1 Stanowisko modułowe układu zbiorników



Schemat stanowiska pomiarowego przedstawia Rys. 2.2.



Rys. 2.2 Schemat stanowiska modułowego układu zbiorników

## 2.1 Dane techniczne wybranych elementów układu

## 1. Pompa wody, no.170712



Rys. 2.3 Pompa wody

Tabela Dane techniczne pomy wody

Pressure [bar]	Delivery rate [l/min]	Current at 24V [A]
0.1	26	1.1
0.2	19.5	1.0
0.3	9.0	0.75
Measured values apply for a tubing connection of 3/4" (20 mm)		

Permissible operating voltage	24 V DC
Current consumption	0.5 to 0.9 A
max. flow	10 l/min
Temperature range (motor)	0 °C to +65 °C
Materials: Pump housing Rotor Rotor axis	Plastic (PA66) Plastic (PA66) Stainless steel

## 2. Zawór proporcjonalny, no.170714



Rys. 2.4 Zawór proporcjonalny

Tabela Dane techniczne zaworu proporcjonalnego

Permissible operating voltage (to be connected to control electronics)	24 V DC
Power consumption (solenoid)	8 W
Rated duty	Continuous operation
Degree of protection	IP 65
Nominal size	6 mm
Operating pressure	0 to 0.5 bar
Ambient operating temperature	max. +55 °C
Hysteresis	≤ 5 % of final value
Response sensitivity	≤ 0.5 % of final value
Repetition accuracy	≤ 0.5 % of final value
Flow media	Neutral media, e.g. water, compressed air
Temperature of medium	0 °C to +65 °C

Materials Housing Internal valve parts Seal	Brass Stainless steel FPM
Dimensions Height with plugged in control electronics Length	108 mm 46 mm
Weight	0.40 kg
Pipe connection	G 1/4 “

### 3. Czujnik temperatury TP100, no.170709



Rys. 2.5 Czujnik temperatury TP100

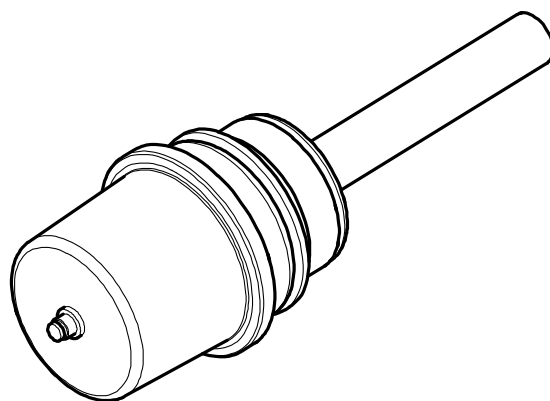
Czujnik temperatury zawiera platynowy termometr oporowy z wymiennym elementem pomiarowym. Czujnik składa się z rurki osłonowej, głowicy przyłączeniowej i elementu pomiarowego. Podczas instalacji należy możliwie najdokładniej upewnić się, że czujnik akceptuje mierzoną temperaturę.

Tabela Wartość domyślna rezystancji platynowego termometru rezystancyjnego Pt 100 - w funkcji temperatury

Temperatura [°C]	-100,00	0,00	100,00	200,00
Rezystancja [ $\Omega$ ]	60,25	100,00	138,50	175,84
Measurement range	-50 °C to +150 °C			
Measurement resistor	Pt 100			
Tolerance				
0 °C	+/- 0.12 $\Omega$			
100 °C	+/- 0.30 $\Omega$			

Materials Casing Tube protector	stainless steel stainless steel
Dimensions Length Measuring element length Screw thread	100 mm 145 mm G 1/2 "
Electrical connection	Cable, 750 mm long

## 4. Grzałka elektryczna, no.170713



Rys. 2.6 Grzałka elektryczna

Element grzewczy działa poprzez zasilanie napięciem 230 V AC. Dwa tryby pracy umożliwiają pracę cyfrową lub analogową. Jeżeli używany jest cyfrowy tryb pracy, grzejnik jest włączany i wyłączany poprzez wejście 24 V. W przypadku pracy analogowej moc grzewczą można regulować bezstopniowo za pomocą sygnału od 0 do 10 V.

**Tabela Dane techniczne grzałki**

Parameter	Value
Heating power	1000 W / 230 V AC
Power supply	24 V DC / 100 mA
Digital input	24 V DC / 12 mA
Analogue input	0 to 10 V
Dimensions Heater tube Retaining thread	150 mm x 20 mm diameter G 1½"
Materials (heater tube casing)	Stainless steel
Connections	

Heater Control	Mains cable with plug, 2000 mm long 4-pin M8 plug
-------------------	--

Dioda LED wskazuje stan przełączenia, a także błędy pracy.

**Tabela Dioda LED**

Parameter	Value
Digital operation: 24 V at digital input and 24 V at analogue input	Green on continuously Heater on
0 V at digital input and 24 V at analogue input	Green off      Heater off
Analogue operation: 24 V at digital input and 0 to 10 V at analogue input	Flashing green      Heater actuated
Excessively high temperature at heater tube: Heater is shut down at $TH > \text{approx. } 50^\circ \text{ C}$ , and is switched back on automatically at $TH < 45^\circ \text{ C}$	Red on      Heater continuously off
Excessively high temperature at power section: Heater is shut down at component temperature $TC > 90^\circ \text{ C}$ , and is switched back on automatically at $TC < 85^\circ \text{ C}$	Flashing red      Heater off

**Tabela Podłączenie zasilania i sterowania grzałki**

Parameter	Value
24 V                      supply	Plug pin 1      (brown)
0 V                        supply	Plug pin 3      (blue)
24 V                      digital input	Plug pin 4      (black)
0 to 10 V / 24 V      analogue input	Plug pin 2      (white)

## 5. Czujnik przepływu magneto-indukcyjny, no. BG.PC.0189



Rys. 2.7 Czujnik przepływu magneto-indukcyjny

Czujnik przepływu opiera się na zasadzie indukcji Faradaya. Medium przewodzące przepływa w czujniku przez pole magnetyczne, które generuje napięcie. Napięcie to jest proporcjonalne do prędkości przepływu lub natężenia przepływu. Napięcie jest wykrywane za pomocą elektrod i przetwarzane w elektronice analizującej. Wyjścia analogowe, binarne i impulsowe oferują różne możliwości przetwarzania mierzonych danych. Dzięki elastycznemu programowaniu za pomocą przycisków, czujnik przepływu można łatwo dostosować do różnych warunków.

Tabela Dane techniczne czujnika przepływu

Parameter	Value
Operating voltage	19 – 30 V DC
Protection / Protection class	IP 67 / III
Current consumption	95 mA
Outputs	
Current rating	200 mA
Analog output	4...20 mA; 0...10 V
Max. load	500 $\Omega$ (4...20 mA)
Min. load	2 k $\Omega$ (0...10 V)
Flow monitoring	
Measuring range, factory setting	0,1... 25 l/min 0,1... 10 l/min
Measuring range, adjustment	$\pm$ (0,8% MW + 0,5% MEW)

Accuracy	
Display range	-30...30 l/min
Resolution	0,05 l/min
Pulse value □	0,01 l ... 30 000 m <sup>3</sup>
Power-on delay time	5 s
Temperature monitoring	
Measuring range	-20...+80 °C
Accuracy	± 2,5 (Q > 1 l/min)
Interfaces IO-Link-Device	
Bit rate	COM2 (38,4 kBaud)
IO-Link Version	1.1
Port class	A
Process data analog	3
Process data binär	2
Viscosity	<70 mm <sup>2</sup> /s at 40°C
Conductivity	≥ 20 µS/cm
Temperature range	
Ambient temperature	-10 °C ...+60 °C
Medium temperature	-10 °C ...+70 °C
Pressure rating	16 bar
Materials	V4A (1.4404); PEEK; O-Ring: FKM,
Material wetted parts	PE
Housing materials	4A (1.4404); PBT-GF 20; PC; FKM, TPE
Connections	
Process connection sensor	
Electrical connection	G1/2" flat sealing
Push-in connection	M12 connector
connection for piping diameter, external	15 mm



## 2.2 Program FluidLab Closed Loop

Pomiary załączamy w programie FluidLab Closed Loop wprowadzając właściwe parametry. W kolejności uruchamiamy program, wybieramy język właściwy dla siebie, inicjujemy połączenie przez EasyPort.



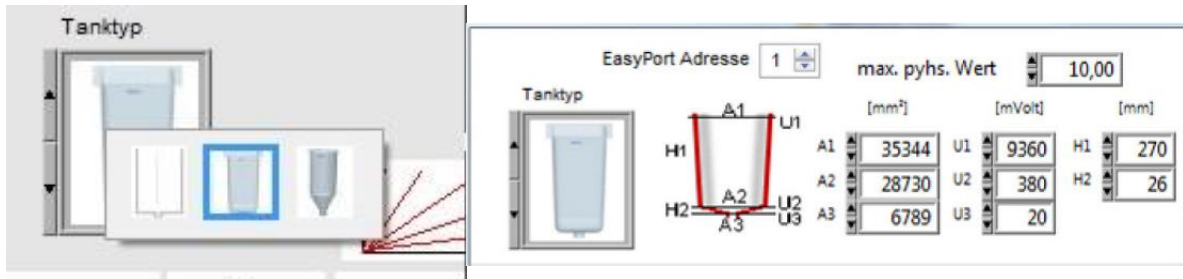
Rys. 2.8 Załączenie programu FluidLab Closed Loop

Tabela Opis głównych punktów programu FluidLab Closed Loop

Number	Function
1	Open the “Measuring and Control” window (not available in simulation mode)
2	Open the “Characteristics” window (not available in simulation mode)
3	Open the “Closed loop – 2 point” window
4	Open the “Closed loop - continuous” window
5	Initializing the EasyPort interface
6	“Open” button for loading existing FluidLab® PA closed-loop setup files.
7	“Save” button to create a new setup file or overwrite an existing one.
8	Show information
9	Language selection
10	Open the “Setup” window for setting up the FluidLab® PA closed-loop software.
11	Initialise communication to EasyPort

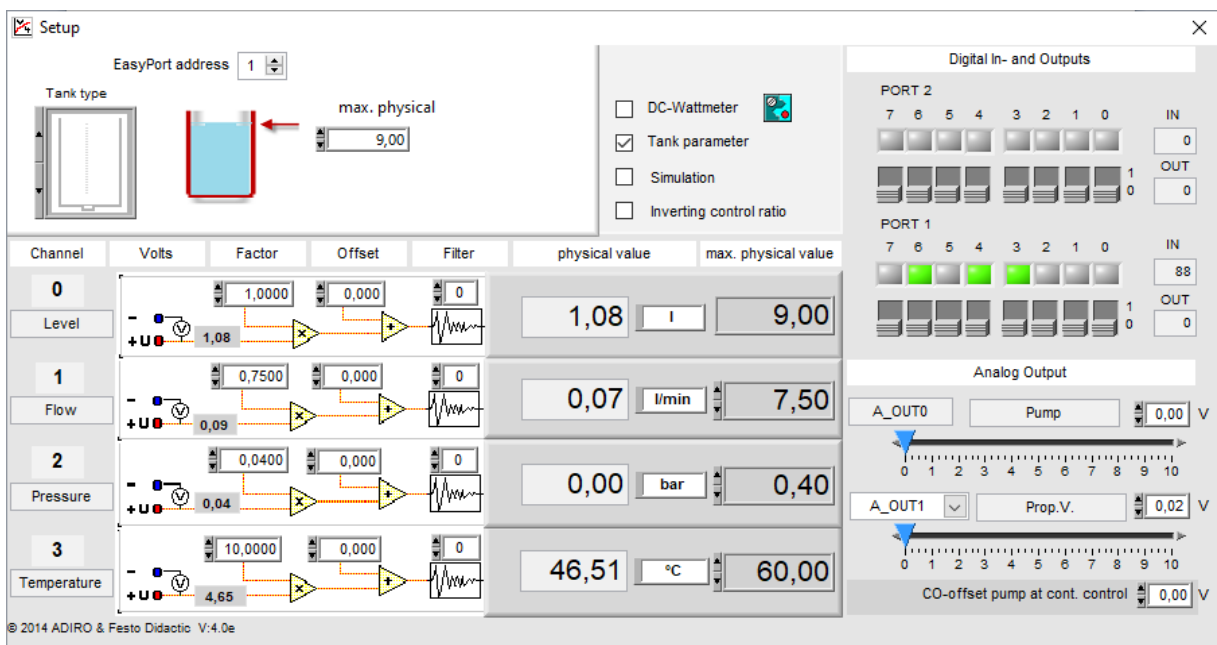
12	Version of FluidLab® PA
13	Display connected Easyport
14	License name

W punkcie Setup wybieramy właściwy zbiornik, w który jest wyposażone stanowisko, Rys. 2.9.



Rys. 2.9 Wybór zbiornika wody

Pozostałe parametry mogą być korygowane poprzez współczynnik Factor, Offset i Filter, aby wskazania odpowiadały wartościom rzeczywistym z układu, Rys. 2.10. Taki proces nazywamy kalibracją wskaźników normalnie dostępną w programowaniu cyfrowym.

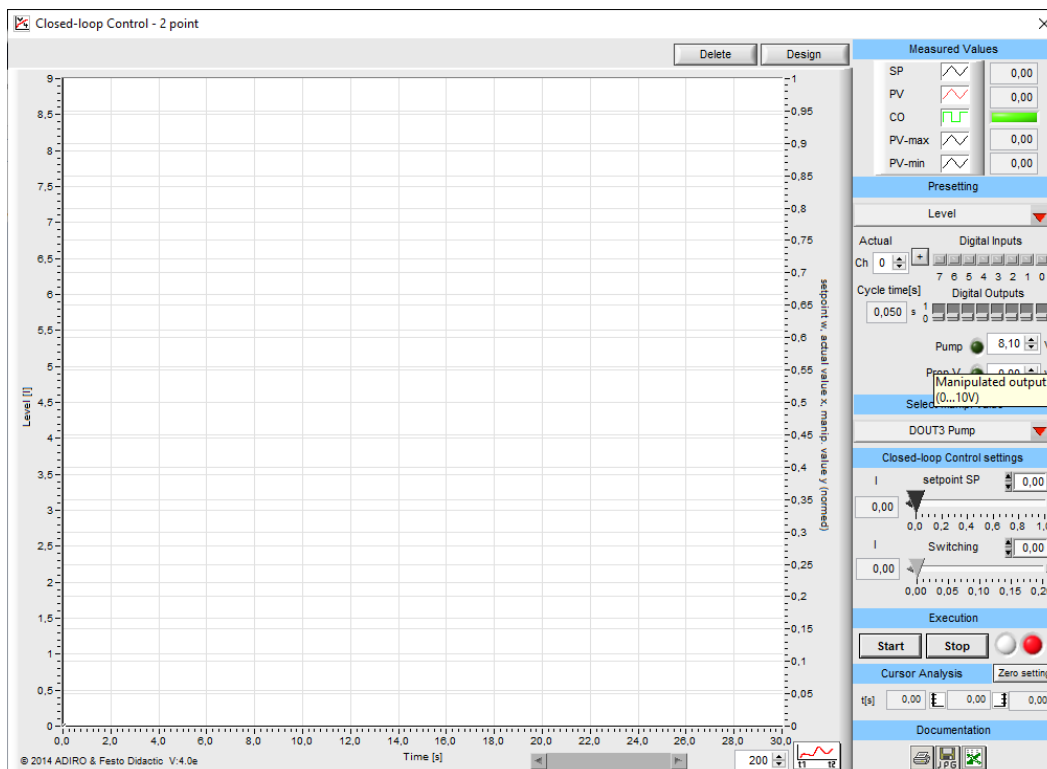


Rys. 2.10 Menu Setup programu

Tabela Parametry kalibracji wskaźń

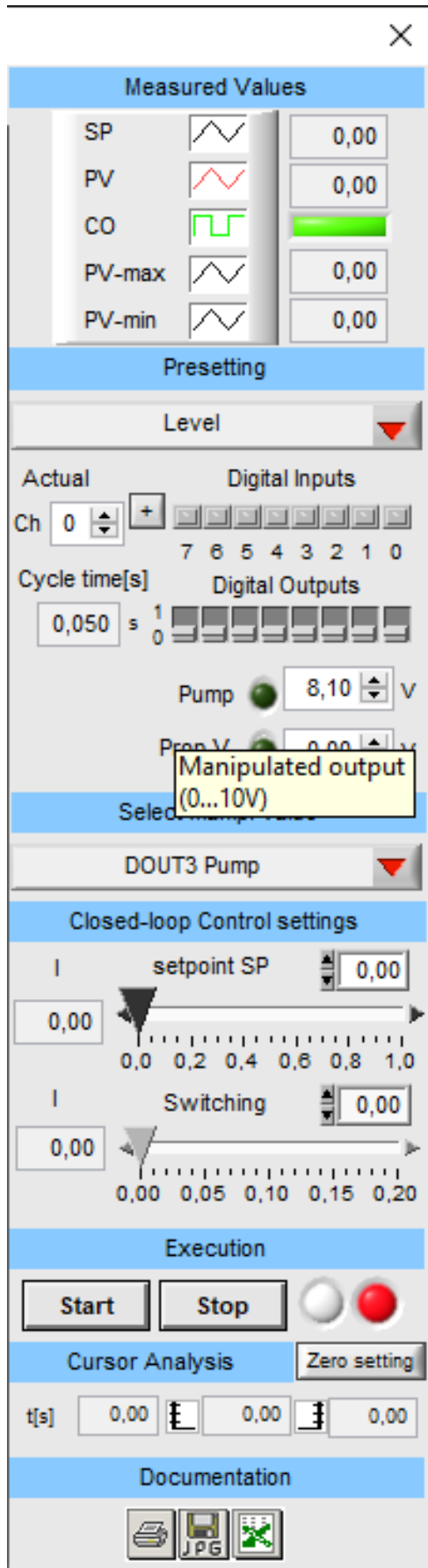
Component	Description
Channels	Analog input channels 0...3
Volts	Input voltage of EasyPort
Factor	Factor for multiplying the input voltage Standard value: 1
Offset	Zero offset factor Standard value: 0
Filter	For damping the input signal with gliding average, 0...90 measure cycles Standard value: 0
physical value	Indication of physical value
Einheitenfeld	Input field for physical unit
Max. physical value	Input field for maximum shown physical value for full scale

Po wstępnych czynnościach przechodzimy do właściwego punktu Closed Loop Control -2 point, czyli regulacji dwupołożeniowej.



Rys. 2.11 Okno sterowania programem do rejestracji sygnałów

Do operatora należy wybór parametrów.



SP - wartość zadana  
 PV - wielkość regulowana  
 CO - wielkość sterująca  
 PVmax – odchylenie maksymalne  
 PVmin - odchylenie minimalne

Wybór wielkości regulowanej (poziom, przepływ, ciśnienie, temperatura).

Kanały cyfrowe pomiarowe, wejściowe od 0 do 7.

Kanały cyfrowe sterujące, wyjściowe od 0 do 7.

Nastawa sterowania pompą wody przy aktywnym kanale sterowna nr 2 (0 – 10V).

Nastawa sterowania wentylatorami chłodnic przy aktywnym kanale sterowania nr 5 (0 – 10V).

Wybór wielkości sterującej

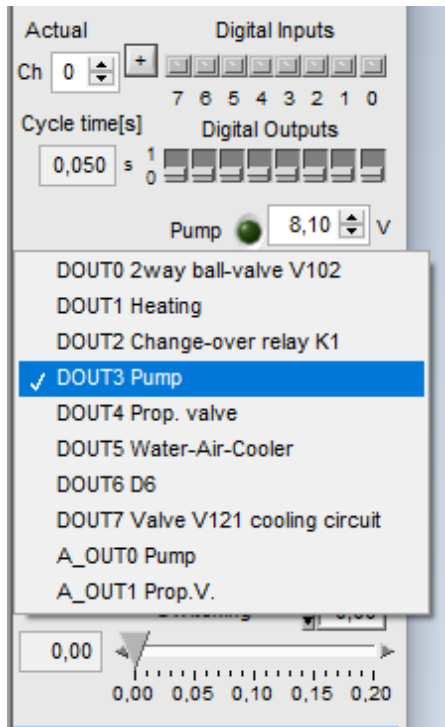
Nastawa suwakowa wartości zadanej

Nastawa suwakowa histerezy wartości zadanej

Załączenie regulacji dwupołożeniowej

Wydruk lub zapis obrazu sygnału albo zapis danych do pliku

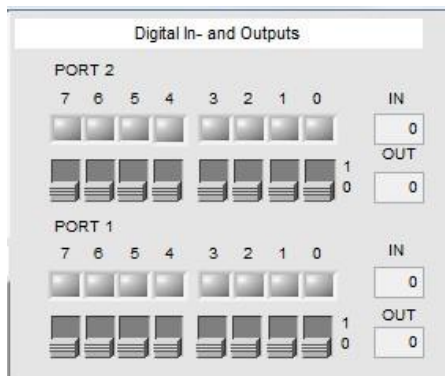
Rys. 2.12 Parametry sterowania programem



Rys. 2.13 Opis wejść/wyjść

Opis kanałów sterowania cyfrowego

- 0 – otwieranie zaworu pneumatycznego V102
- 1 – załączenie grzałki
- 2 – załączenie pompy wody z nastawioną mocą
- 3 – załączenie pompy wody z pełną mocą
- 4 – otwieranie zaworu proporcjonalnego V106
- 5 – załączanie wentylatorów chłodniczy z nastawioną mocą
- 6 – nieużywany
- 7 – nieużywany



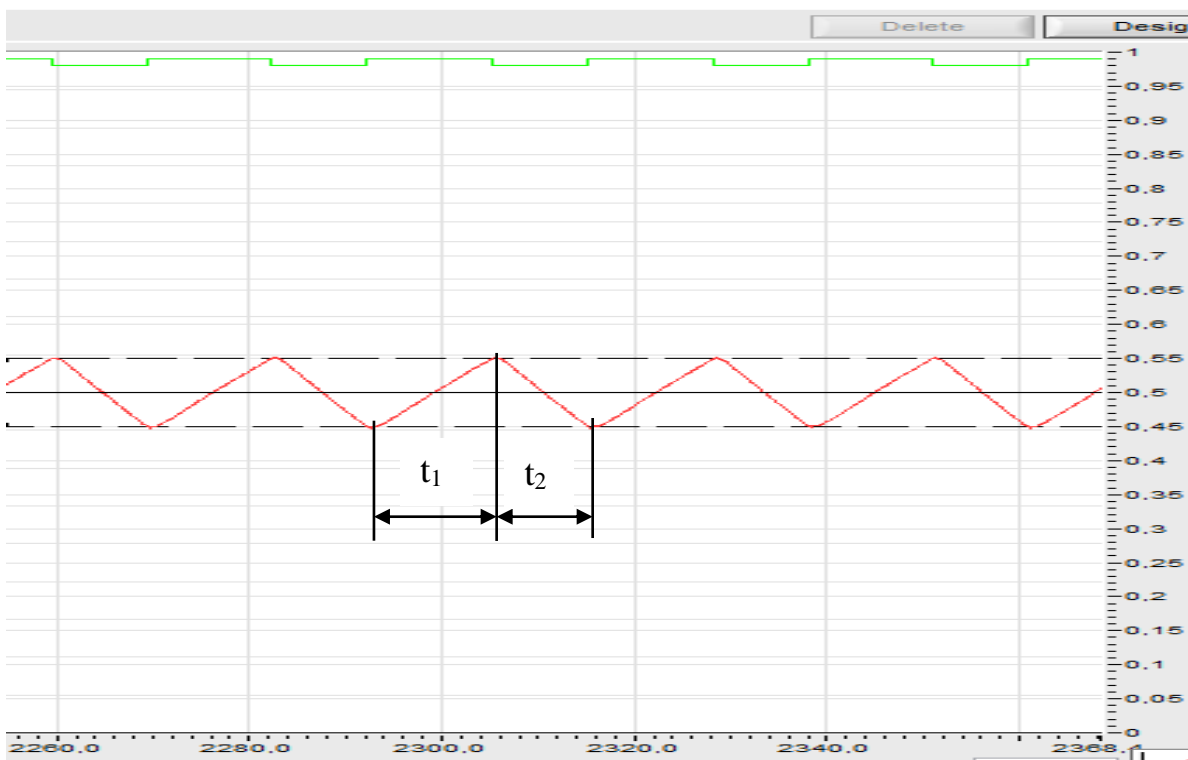
Opis kanałów pomiarowych, cyfrowych

- 0 – napełnienie zbiornika dolnego, sensor B102
- 1 – wskazanie pływaka zbiornika dolnego S111
- 2 – wskazanie pływaka zbiornika górnego S112
- 3 – wskazanie poziomego czujnika pojemnościowego zbiornika dolnego, górne B113
- 4 – wskazanie poziomego czujnika pojemnościowego zbiornika dolnego, dolne B114
- 5 – pozycja zaworu pneumatycznego V102, zamknięty
- 6 – pozycja zaworu pneumatycznego V102, otwarty
- 7 – nieużywany

### 3. Regulacja dwupołożeniowa

Dla dowolnego układu regulacji dwupołożeniowej określa się parametry, Rys. 3.1:

- $t_1$  – czas narastania sygnału, czas pracy urządzenia
- $t_2$  – czas opadania sygnału, czas postoju urządzenia
- $T$  – okres cyklu pracy urządzenia  $t_1 + t_2$
- proporcję czasu pracy do czasu postoju urządzenia



Rys. 3.1 Parametry regulacji dwupołożeniowej

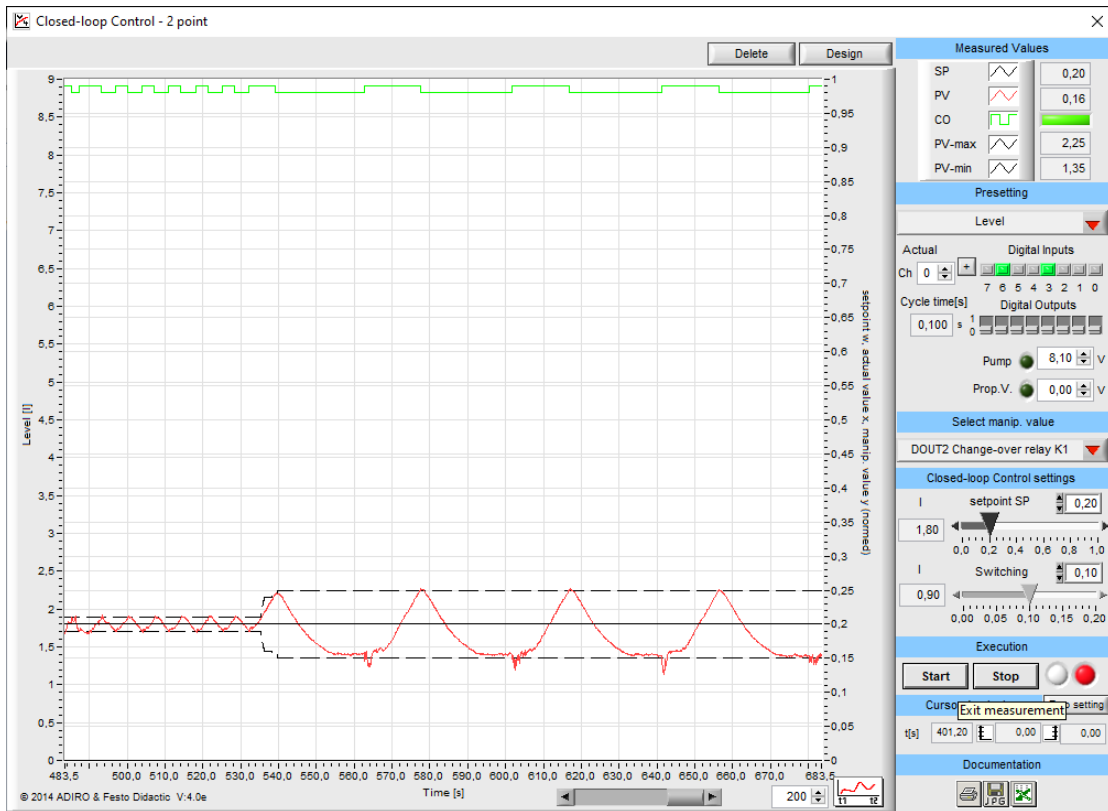
Podane parametry są ściśle powiązane z nastawą wartości zadanej i nastawą histerezy oraz parametrami obiektu regulacji. Należy dążyć do krótkiego czasu pracy urządzenia i wydłużonego czasu postoju. Proporcja czasu powinna być mniejsza od 1,  $t_1 / t_2 \leq 1$  co zapewnia rezerwę mocy. Okres pracy urządzenia  $T$  powinien być wydłużony. Praca urządzenia jest dopuszczalnym kompromisem pomiędzy parametrami odpowiedzi i nastawami regulacji dwupołożeniowej.

#### 3.1 Regulacja dwupołożeniowa poziomu wody w zbiorniku

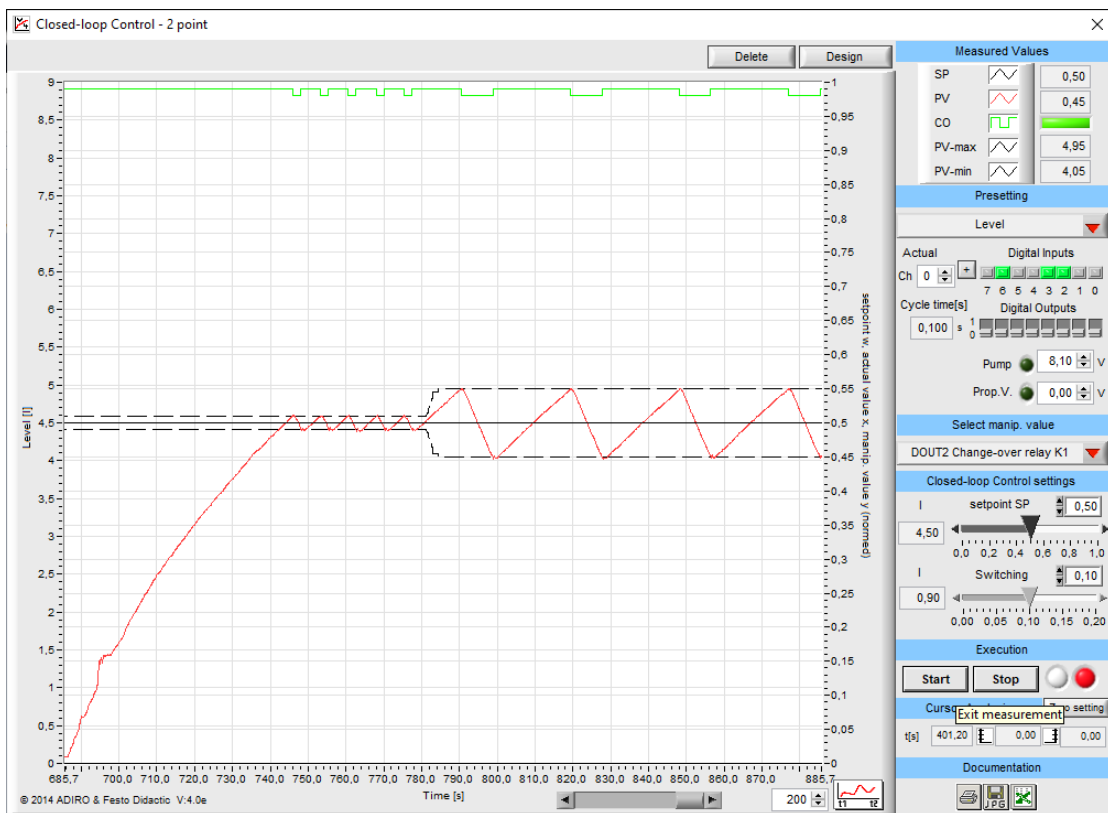
Rejestrację sygnału poziomu dla regulacji dwupołożeniowej przeprowadzamy dla różnych wartości parametrów. Wartość zadaną wybieramy w trzech punktach charakterystycznych zakresu urządzenia:

- poniżej połowy wartości ustalonej,
- w połowie wartości ustalonej,
- powyżej połowy wartości ustalonej.

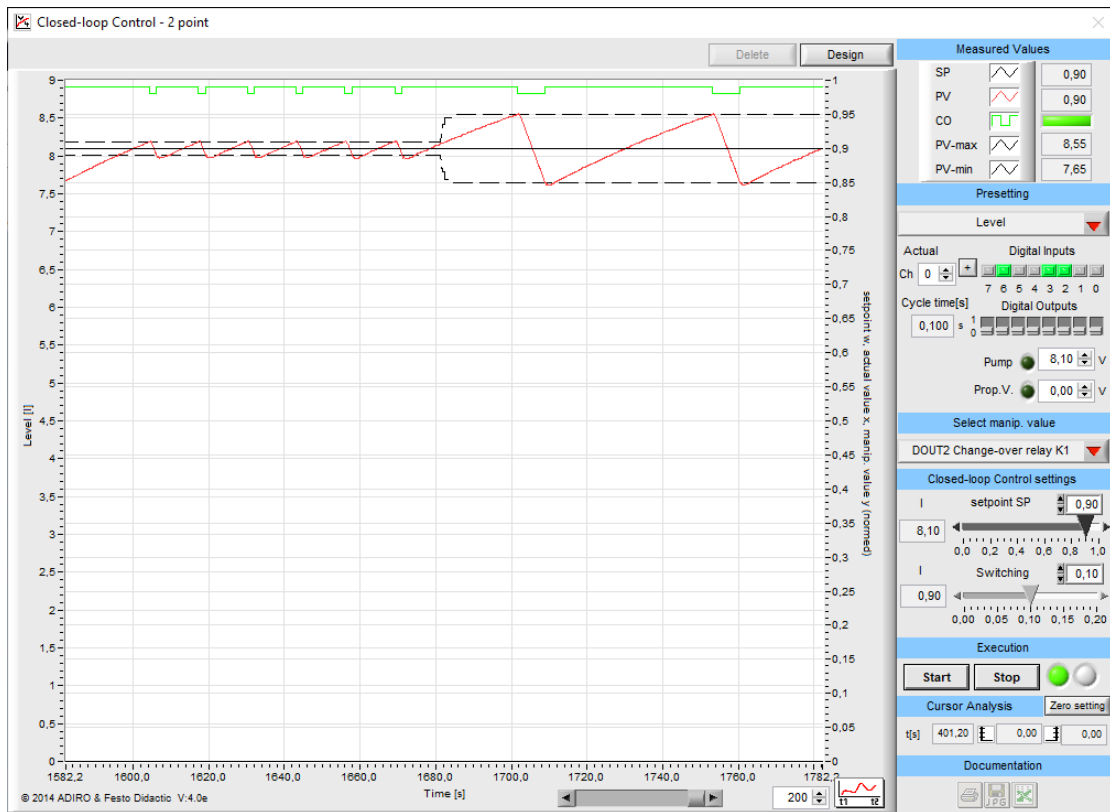
Dla każdej wartości zadanej pomiary realizujemy dla małej i dużej histerezy. Wybieramy moc pompy wody z wartością sygnału sterowania 8V oraz sygnał sterowania DOUT2.



Rys. 3.2 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla małej wartości zadanej



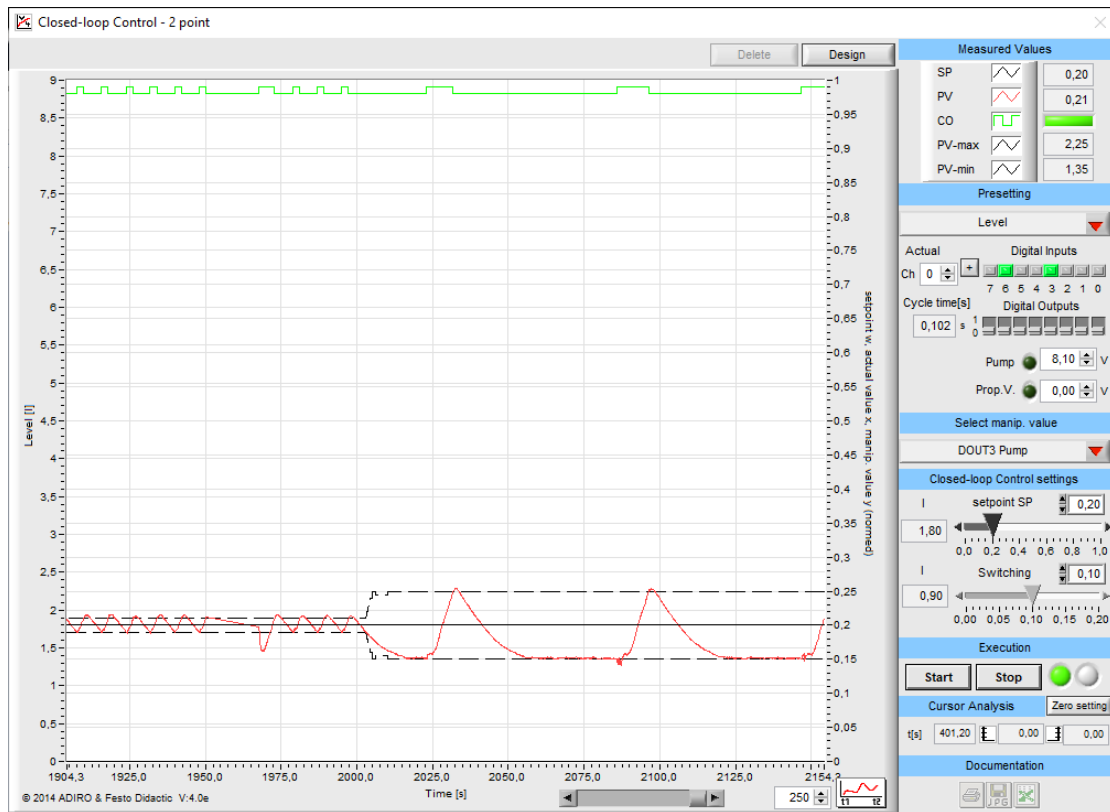
Rys. 3.3 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla średniej wartości zadanej



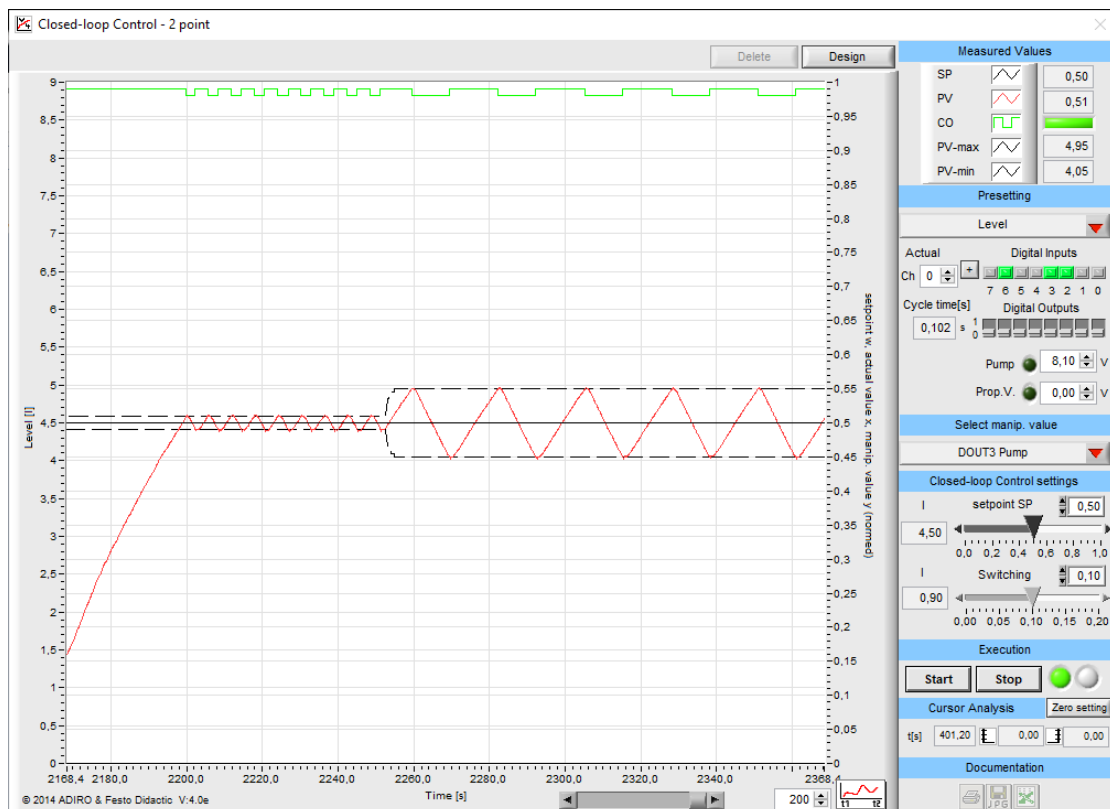
Rys. 3.4 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla wysokiej wartości zadanej



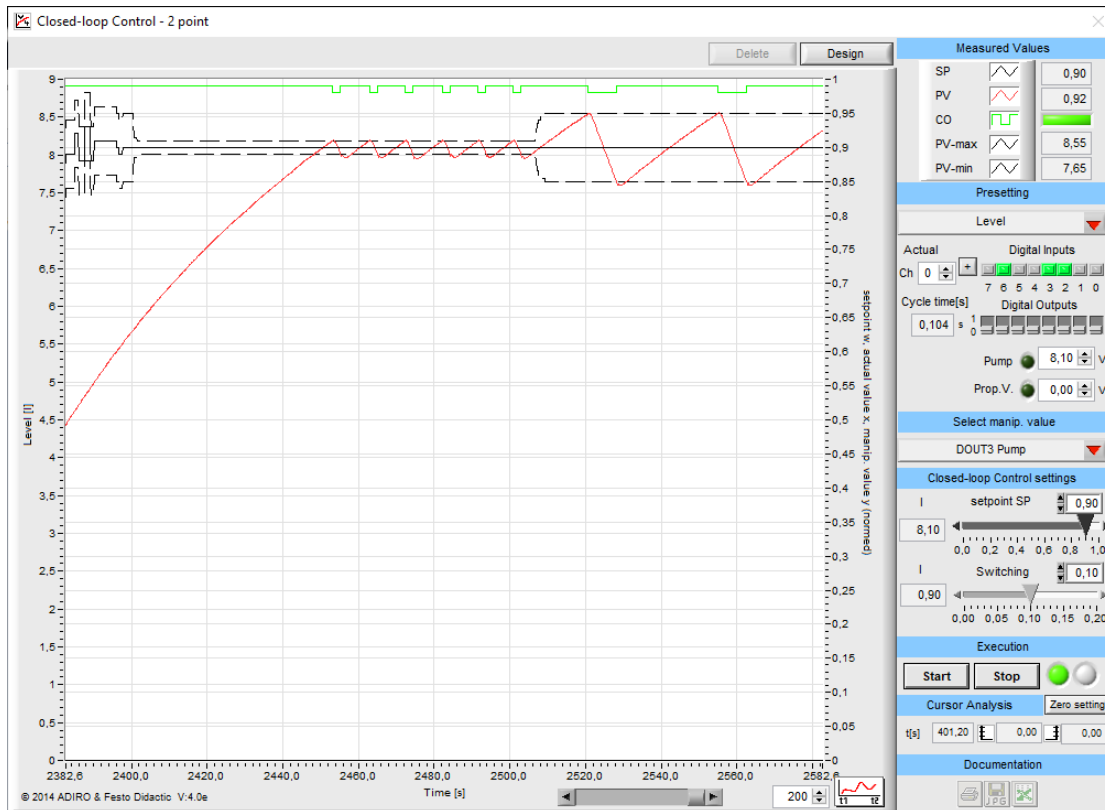
Kolejną serię pomiarów robimy dla mocy pomy wody z wartością sygnału sterowania 10V. Należy tylko zmienić sygnał sterowania na DOUT3



Rys. 3.5 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla małej wartości zadanej



Rys. 3.6 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla średniej wartości zadanej



Rys. 3.7 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla wysokiej wartości zadanej

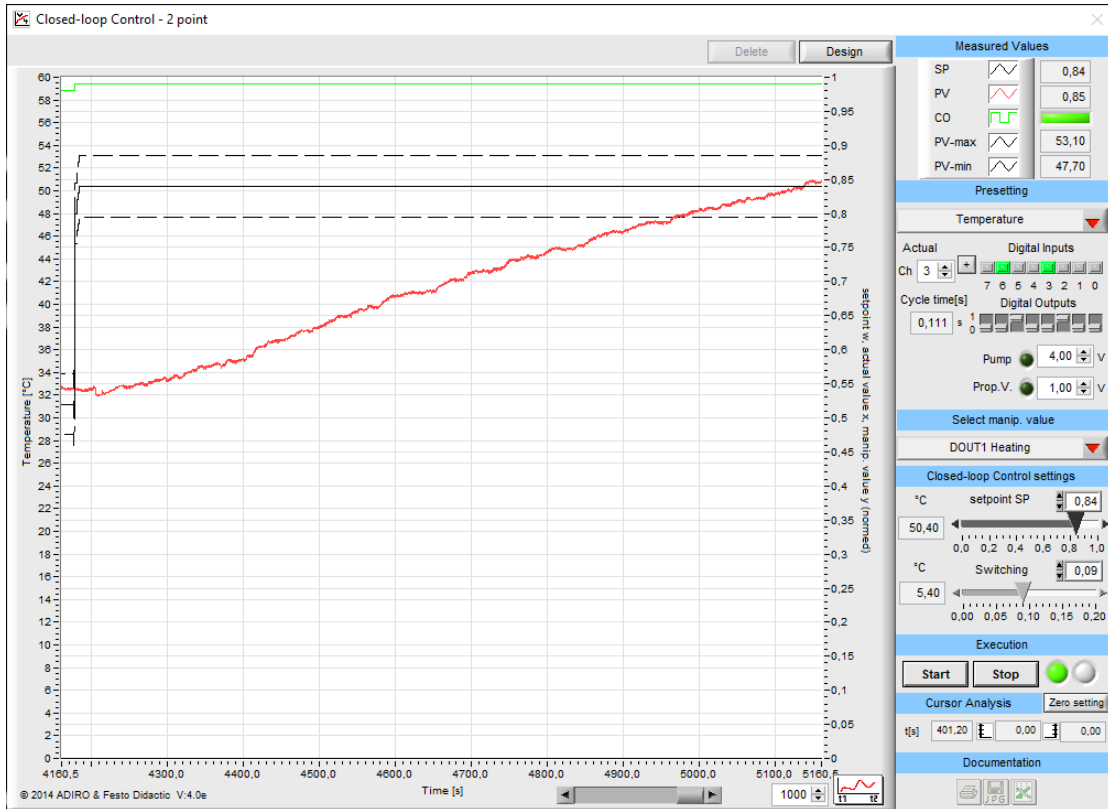
### 3.2 Regulacja dwupołożeniowa temperatury wody w zbiorniku

Zmieniamy wielkość regulowaną na temperaturę, Rys. 2.12. Sygnał sterujący zmieniamy na pracę grzałki - należy zmienić sygnał sterowania na DOUT1, Rys. 2.13. Dla dobrego rozprowadzania ciepła załączamy pracę pompy wody na niskim biegu (napięcie sterowania pompą 4V oraz ręcznie załączyć DOUT2, Rys. 2.13) i ustawiamy przepływ przez chłodnicę z pominięciem górnego zbiornika( zamknąć zawór V108 i otworzyć zawór V113, Rys. 2.2), wentylator chłodnicy powinien być wyłączony (napięcie sterowania wentylatorami można przygotować 9V, ale ręcznie wyłączamy DOUT5, Rys. 2.13). Wartość zadaną temperatury wody ustawiamy tak, aby nie przekraczać 50°C.

Drogę przepływu wody, pracę pompy wody i wentylatorów chłodnicy ustawiamy ręcznie wyjściem cyfrowym.

Proces grzania wody:

Kanał 2 – załączenie pompy wody z nastawioną mocą 4V	ON
Kanał 3 – załączenie pompy wody z pełną mocą	OFF
Kanał 5 – załączanie wentylatorów chłodniczy z nastawioną mocą 9V	OFF



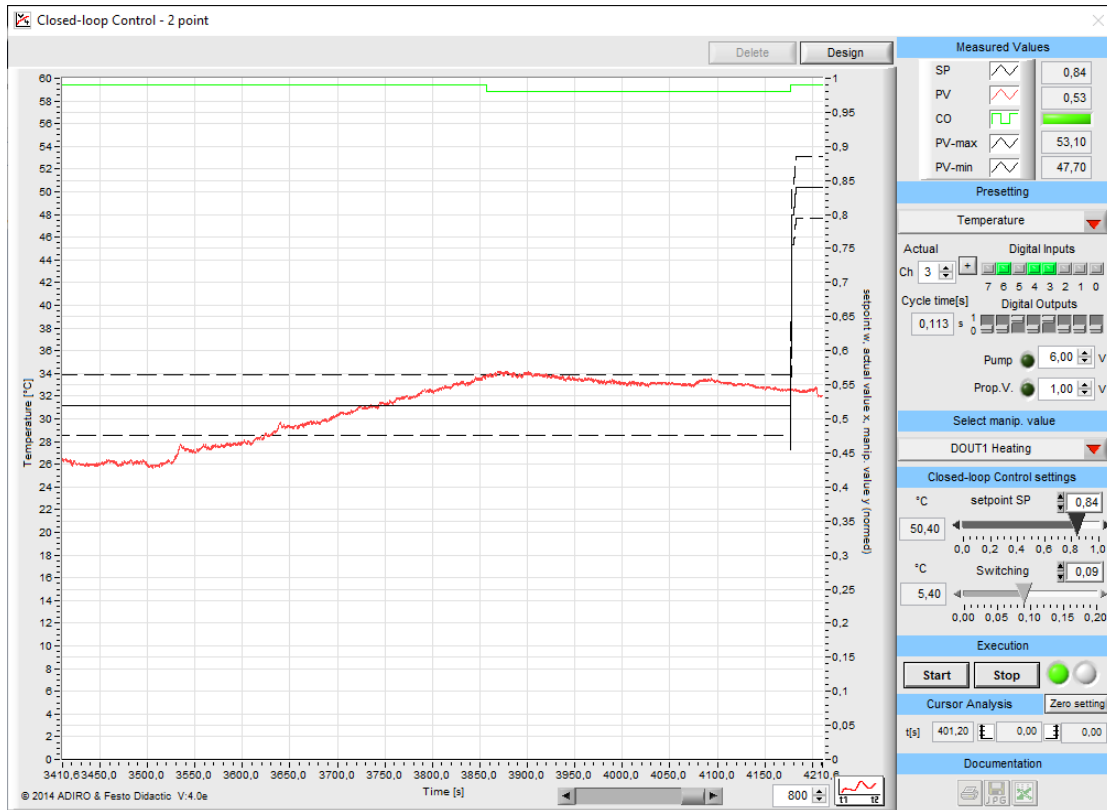
Rys. 3.8 Proces grzania wody

Proces chłodzenia wody:

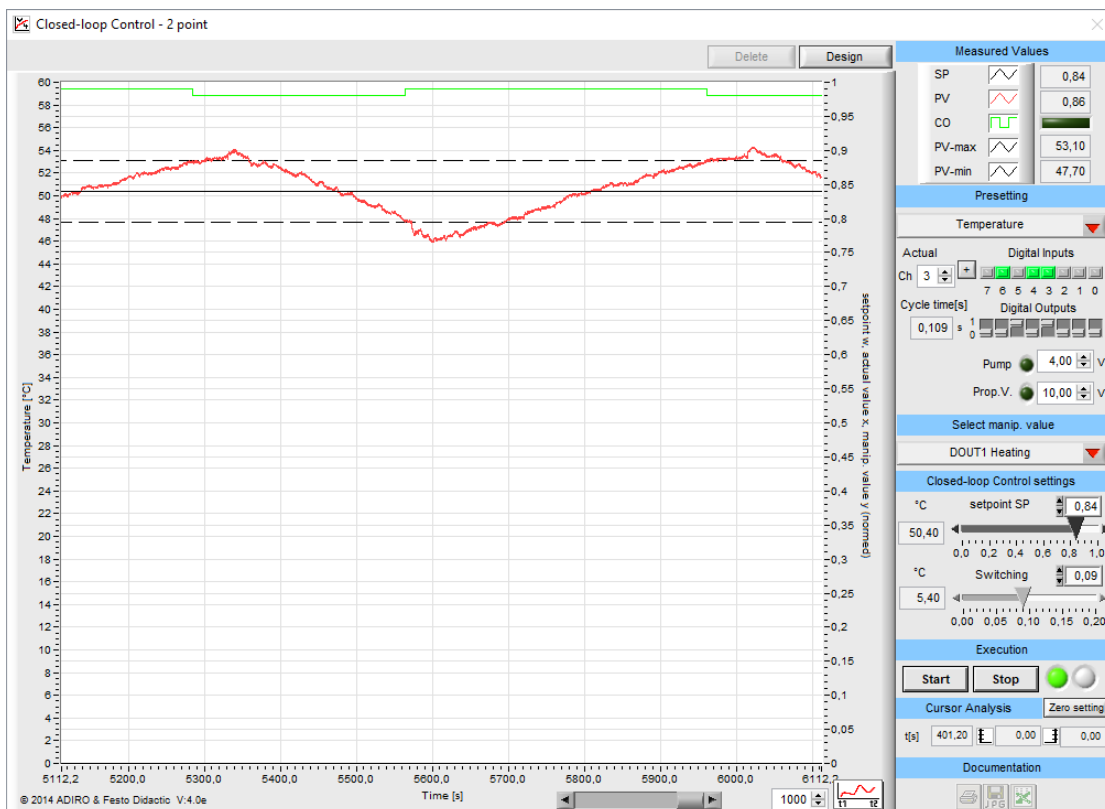
Kanał 2 – załączenie pompy wody z nastawioną mocą 4V	OFF
Kanał 3 – załączenie pompy wody z pełną mocą	ON
Kanał 5 – załączanie wentylatorów chłodniczy z nastawioną mocą 9V	ON

Taka kombinacja cyklu regulacji temperatury pozwala na skrócenie cyklu grzania i chłodzenia.

Dla każdego procesu regulacji opracować parametry regulacji dwupołożeniowej, Rys. 3.1, zestawić je z parametrami wartości zadanej i histerezy, porównać wyniki i przedstawić wnioski na temat jakości procesu regulacji.



Rys. 3.9 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla małej wartości zadanej



Rys. 3.10 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla wysokiej wartości zadanej

## 4. Przebieg ćwiczenia

- a) Włączyć zasilanie, sprawdzić wskazania moduł EasyPort, załączyć obwód grzałki,
- b) Połączyć stanowisko z komputerem,
- c) Załączyć program FluidLab Closed Loop i skonfigurować połączenie ze stanowiskiem,
- d) Zarejestrować charakterystyki regulacji dwupołożeniowej dla poziomu i wydrukować,
- e) Zarejestrować charakterystyki regulacji dwupołożeniowej dla temperatury i wydrukować,
- f) Dla każdego procesu opracować parametry regulacji dwupołożeniowej,
- g) Parametry regulacji dwupołożeniowej porównać z nastawami wartości zadanej i histerezy,
- h) Wykonać sprawozdanie z wnioskami.

## Spis ilustracji

Rys. 1.1 Schemat blokowy typowego układu regulacji dwupołożeniowej i charakterystyka statyczna elementu dwupołożeniowego, pp- przetwornik pomiarowy .....	4
Rys. 1.2 Przebieg sygnału regulacji po uruchomieniu układu od stanu początkowego $y_p$ (dla $t=0$ ) .....	4
Rys. 1.3 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla obiektu całkującego .....	6
Rys. 1.4 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla obiektu całkującego z opóźnieniem .....	7
Rys. 2.1 Stanowisko modułowe układu zbiorników .....	8
Rys. 2.2 Schemat stanowiska modułowego układu zbiorników .....	9
Rys. 2.3 Pompa wody .....	10
Rys. 2.4 Zawór proporcjonalny .....	11
Rys. 2.5 Czujnik temperatury TP100 .....	12
Rys. 2.6 Grzałka elektryczna .....	13
Rys. 2.7 Czujnik przepływu magneto-indukcyjny .....	15
Rys. 2.8 Załączenie programu FluidLab Closed Loop .....	17
Rys. 2.9 Wybór zbiornika wody .....	18
Rys. 2.10 Menu Setup programu .....	18
Rys. 2.11 Okno sterowania programem do rejestracji sygnałów .....	19
Rys. 2.12 Parametry sterowania programem .....	20
Rys. 2.13 Opis wejść/wyjść .....	21
Rys. 3.1 Parametry regulacji dwupołożeniowej .....	22
Rys. 3.2 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla małej wartości zadanej .....	23
Rys. 3.3 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla średniej wartości zadanej .....	23
Rys. 3.4 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla wysokiej wartości zadanej .....	24
Rys. 3.5 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla małej wartości zadanej .....	25
Rys. 3.6 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla średniej wartości zadanej .....	25
Rys. 3.7 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla wysokiej wartości zadanej .....	26
Rys. 3.8 Proces grzania wody .....	27
Rys. 3.9 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla małej wartości zadanej .....	28
Rys. 3.10 Przebieg sygnału regulacji dwupołożeniowej dla wysokiej wartości zadanej .....	28