

MD-522P

Regulacja ciśnienia sterownikiem PLC

Instrukcja obsługi, DTR

INSTRUKCJA

Spis treści

1. Charakterystyka stanowiska MD-522R.....	3
1.1. Zastosowania.....	3
1.2. Budowa stanowiska.....	3
1.3. Opis.....	6
2. Instrukcja obsługi stanowiska.....	8
2.1. Wskazówki ogólne.....	8
2.2. Bezpieczeństwo pracy z urządzeniami elektrycznymi.....	8
2.3. Konserwacja i przechowywanie stanowiska.....	9
3. Program ćwiczeń.....	10
3.1. Zapoznanie się ze standaryzacją sygnałów do układów automatyki, budowa stanowiska.....	10
3.2. Ćwiczenie nr 1. Identyfikacja elementów, zapoznanie ze stanowiskiem.....	13
3.3. Ćwiczenie nr 2. Implementacja algorytmu regulacji dwustanowej.....	13
3.4. Ćwiczenie nr 3. Implementacja algorytmu regulacji ciągłej P, PI – dla wybranych typów sterowników PLC.....	14
3.5. Ćwiczenie nr 4. Obsługa wbudowanego regulatora PID – dla wybranych typów sterowników PLC.....	15
4. Bibliografia i załączniki.....	16

1. Charakterystyka stanowiska MD-522R

Stanowisko dydaktyczne MD-522R służy do zapoznania się z zagadnieniami związanymi technikami regulacji w automatyce przemysłowej.

Stanowisko umożliwia pomiar i regulację ciśnienia w zbiorniku o pojemności 1l. Regulacja ciśnienia jest realizowana przy użyciu elektrozaworu proporcjonalnego. Do pomiaru ciśnienia wykorzystuje się czujnik o zakresie $-1 \dots 10$ bar z przetwornikiem sygnału 4-20 mA (PG2454 ifm).

Do obiektu można wprowadzać zakłócenia, sterując ręcznie zaworem dławiącym.

Rejestrowanie sygnałów oraz sterowanie obiektem odbywa się z wykorzystaniem: sterownika PLC Simatic S7-1200 Siemens.

1.1. Zastosowania

- Zapoznanie się z układem sterowania oraz układem realizującym proces regulacji ciśnienia.
- Zapoznanie się z zasadą działania przemysłowego regulatora PID i PID z samostrojeniem.
- Badanie wpływu zakłóceń na proces regulacji ciśnienia w zbiorniku.
- Wyznaczanie charakterystyki badanego obiektu.

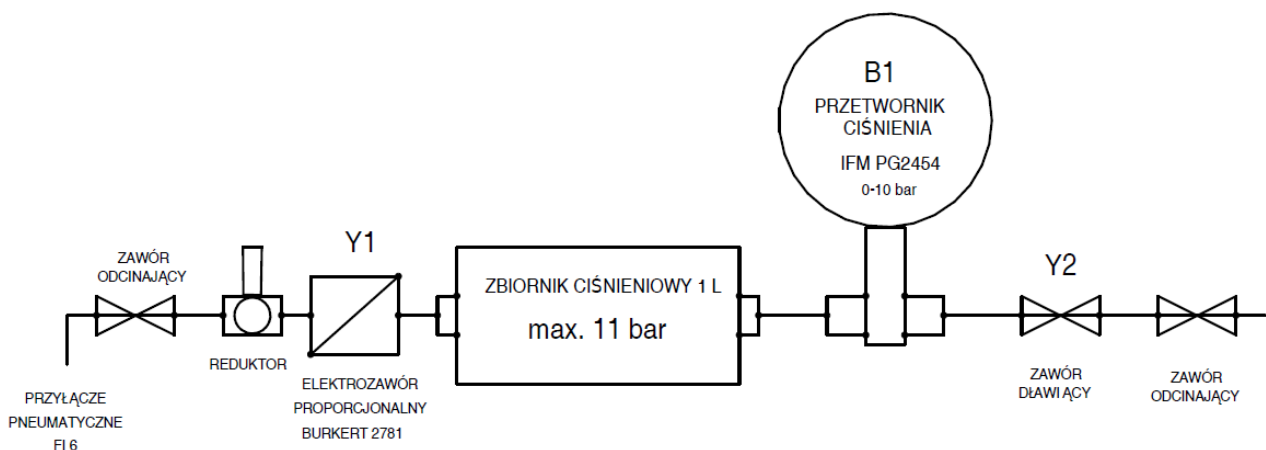
1.2. Budowa stanowiska

Na Rys. 1 przedstawiono budowę stanowiska MD-522P.



Rys. 1 Stanowisko dydaktyczne z serii MD-522P

Na Rys.2. przedstawiono uproszczony schemat stanowiska.



Rys. 2: Schemat stanowiska dydaktycznego MD-522P

Wyposażenie stanowiska obejmuje:

- **K1:** Sterownik PLC **S7-1200 1215C DC/DC/DC (6ES7215-1AG40-0XB0)**
- Przewód komunikacyjny 1x Ethernet
- Oprogramowanie sterownika PLC: Step7 Basic
- **A1:** Panel operatorski HMI Simatic KTP400, Siemens
- **T1:** Zasilacz 24 V DC
- **T2:** Sterownik elektrozaworu proporcjonalnego 8605-C-KL-E-F-00-Q-AID, Burkert
- Przyciski i kontrolki sterownicze na szynę TH-35:
 - **S1:** przycisk podwójny z podświetleniem: monostabilny ze stykiem NO zielony S1.S0, przycisk monostabilny ze stykiem NC czerwony S1.S1, lampka w kolorze zielonym S1.P;
 - **S2:** przycisk monostabilny żółty NO S2.S z podświetleniem S2.P;
 - **S3:** przycisk bez samoczynnego powrotu ze stykiem NC, grzybowy, awaryjny;
- Model układu procesowego:
- Zawór odcinający
- Reduktor z manometrem 10 bar
- **Y1:** Elektrozawór proporcjonalny 2871-A-00,6-FF-MS-GM81-024/DC-05 Burkert
- Obiekt regulacji – zbiornik ciśnieniowy o pojemności 1 l, maks. 11 bar
- **B1:** Czujnik ciśnienia IFM PG2454
- Zawór dławiący
- Zawór odcinający
- **Q1:** Wyłącznik główny stanowiska, **F1:** wyłącznik różnicowo-nadprądowy B10, **X1:** listwa zasilająca 24 V DC.
- Stanowisko ćwiczeniowe wykonane z profili aluminiowych, złożone z części poziomej i pionowej, w formie litery „L” wyposażone w uchwyt; dostosowane do umieszczenia na stole montażowym. Wymiary: 660 mm x 330 mm x 400 mm (wysokość) – 1 szt.
- Elementy łączeniowe i konstrukcyjne niezbędne do poprawnej pracy stanowiska.
- Zasilanie stanowiska: sieciowe 230 V AC.

1.3. Opis

Na stanowisku zastosowano pomiar ciśnienia z zakresem przetwarzania 0-100% (B1).

Sterowanie elektrozaworem pochodzi ze sterownika elektrozaworu proporcjonalnego, który jest podłączony do wyjścia AQ.0 sterownika PLC.

Przycisk S3 realizuje funkcję wyłączenia awaryjnego – odcina zasilanie elektrozaworu Y1.

Przycisk żółty S2 służy do kasowania stanu alarmu, który występuje np. po wciśnięciu przycisku awaryjnego lub odłączeniu przetwornika B1. Stan wystąpienia alarmu jest sygnalizowany miganiem lampki pomarańczowej.

Przycisk S1 załącza/wyłącza pracę stanowiska. Lampka zielona sygnalizuje pracę stanowiska.

Panel operatorski umożliwia zmianę nastaw regulatora PID.

Sygnaly wejściowe sterownika PLC:

Lp.	Nazwa	Wejście PLC
1	Ciśnienie, sygnał 4-20mA odpowiadające ciśnieniu 0-10bar	IA0

Sygnaly wyjściowe sterownika PLC:

Lp.	Nazwa	Wyjście PLC
1	Zawór, sygnał sterujący pracą elektrozaworu	AQ0

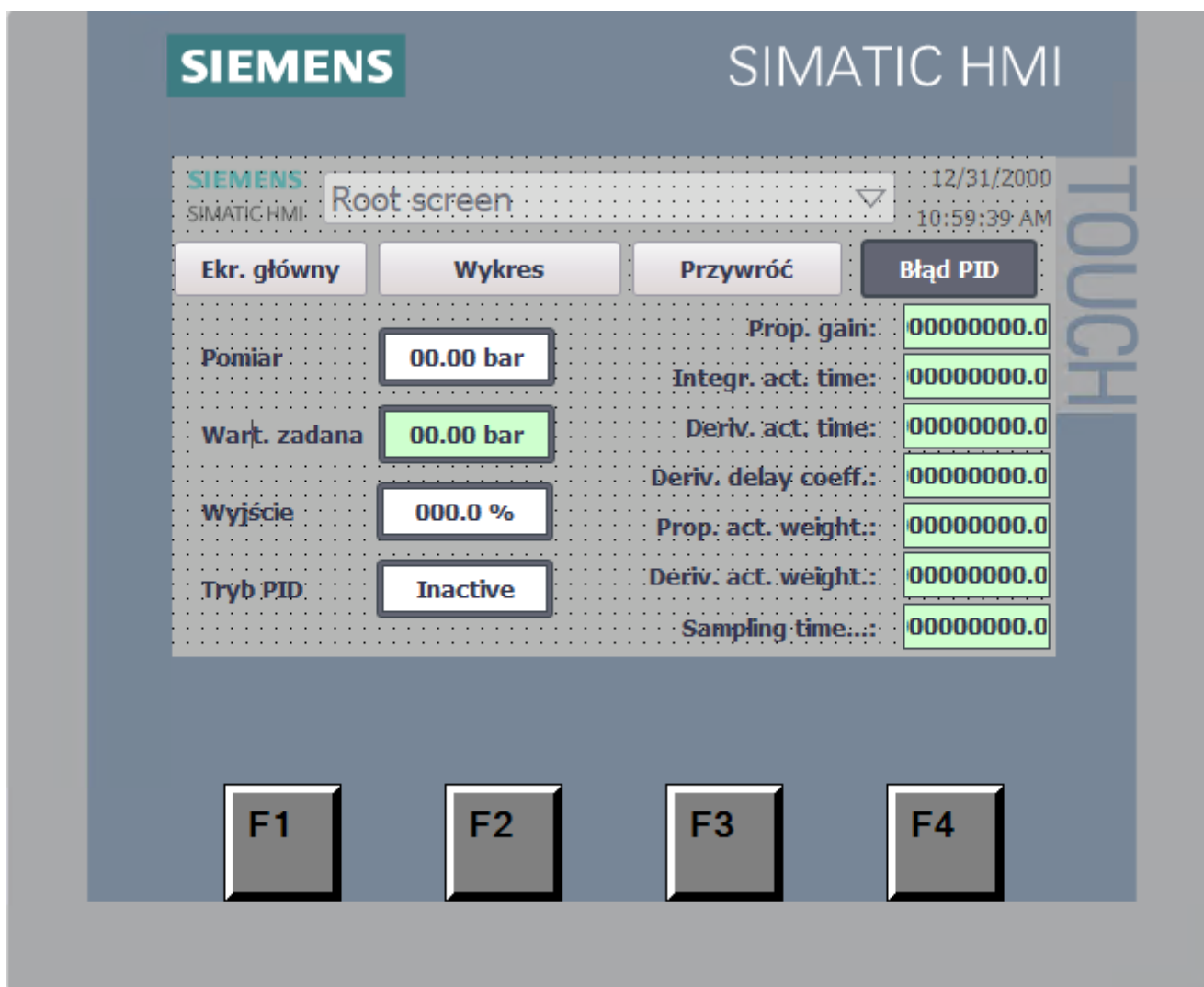
Na Rys.3. przedstawiono ekran główny panela operatorskiego KTP400.

Pola zielone – możliwość edycji parametrów:

- Wartość zadana [bar]
- Parametry konfiguracyjne wbudowanego regulatora PID
 - *Prop. gain* – wzmacnienie,
 - *Int.act.time* – czas opóźnienia,
 - *Deriv. act. time* – czas wyprzedzenia,
 - *Deriv. delay coeff.*
 - *Prop. act. weight*
 - *Deriv. act. weight*
 - *Sampling time*

Pola białe – prezentacja wartości:

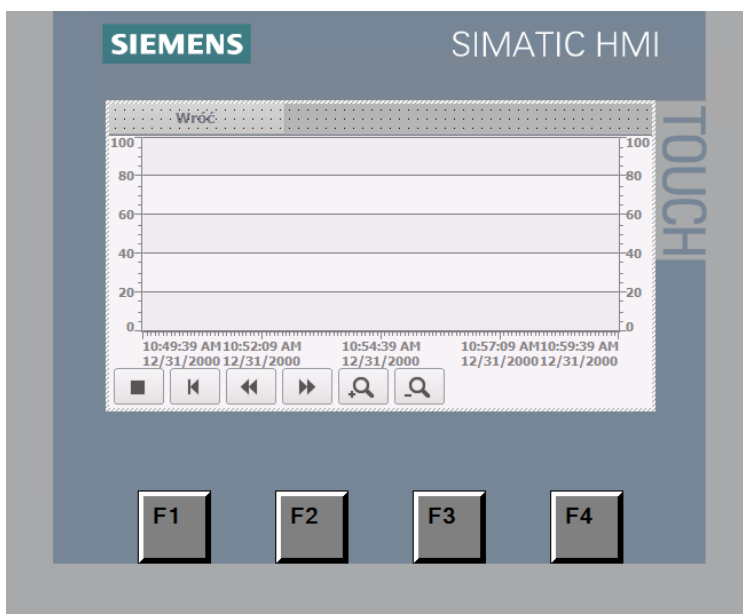
- Pomiar – wartość mierzona,
- Wyjście [%] - sygnał sterujący,
- Tryb PID – informacja o rodzaju pracy regulatora (tryb ręczny, tryb autotunig)



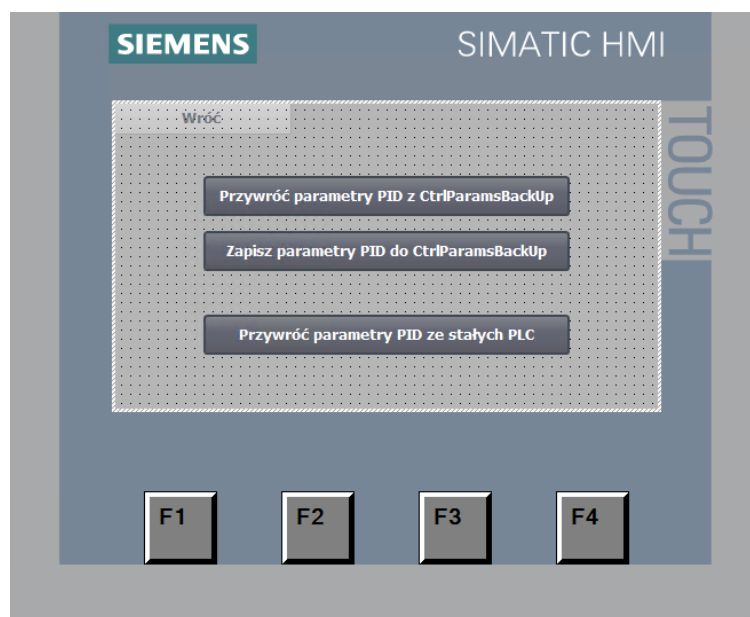
Rys. 3: Ekran na panelu HMI

Przyciski na ekranie:

- *Wykres* – przejście do ekranu wykresu (Rys. 4.);
- *Przywróć* – przejście do ekranu przywracania parametrów domyślnych regulatora PID (Rys.5.);
- *Błąd PID* – wyświetlanie informacji o błędach regulatora i kasowanie błędów.



Rys. 4: Ekran Wykres



Rys. 5: Ekran Przywróć

2. Instrukcja obsługi stanowiska

2.1. Wskazówki ogólne

1. Zapoznać się z budową stanowiska dydaktycznego oraz rolą jego poszczególnych elementów.
2. Nie włączać zasilania urządzenia bez polecenia osoby prowadzącej zajęcia dydaktyczne.
3. Nie wolno zmieniać ustawień roboczych stanowiska bez instruktażu i zezwolenia osoby prowadzącej zajęcia dydaktyczne.
4. Nie manipulować przy pracującym urządzeniu.
5. Nie wolno demontować urządzeń, ich części oraz osłon, ani wykonywać innych czynności zagrożających bezpieczeństwu własnemu oraz innych osób przebywających w pracowni.
6. Wszelkie zauważone nieprawidłowości (np. uszkodzenia urządzeń, uszkodzenie izolacji elektrycznej itp.) należy natychmiast zgłaszać osobie prowadzącej zajęcia.
7. Należy uważać, aby maszyny, przyrządy i aparatura pomiarowa nie uległy uszkodzeniom.
8. Po skończonych zajęciach pozostawić pracownię w ładzie i porządku.

2.2. Bezpieczeństwo pracy z urządzeniami elektrycznymi

1. Należy przestrzegać ogólnych przepisów użytkowania instalacji oraz szczegółowych zaleceń eksploatacyjnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych.
2. Zasilanie stanowiska: 230 V AC, zasilanie regulatora i elektrozaworu: 24 V DC.
3. Napięcie bezpieczne (robocze i dotyku) w zależności od warunków środowiskowych wynosi:
 - a) dla prądu przemiennego:
 - 50 V (pomieszczenia suche),
 - 25 V (pomieszczenia mokre i gorące);
 - b) dla prądu stałego:
 - 120 V (pomieszczenia suche),
 - 60 V (pomieszczenia mokre i gorące).
4. Skutki oddziaływania prądu przemiennego na człowieka:
 - $I > 25 \text{ mA}$ – początek skurczów mięśni;
 - $I > 70 \text{ mA}$ – początek migotania komór sercowych;
 - $I > 200 \text{ mA}$ – migotanie komór serca (skurcz mięśni sercowych – ograniczenie krążenia krwi);
 - $I > 3 \text{ A}$ – paraliż i zatrzymanie pracy serca;
 - $I > 5 \text{ A}$ – zwęglenie tkanek organizmu.

5. Osobie, która uległa porażeniu prądem elektrycznym, należy bezzwłocznie udzielić pierwszej pomocy!

2.3. Konserwacja i przechowywanie stanowiska

1. Stanowisko należy przechowywać w pomieszczeniu zamkniętym.
2. W celu zabezpieczenia stanowiska przed nadmiernym zabrudzeniem należy regularnie przecierać konstrukcję delikatnie zwilżoną szmatką/gąbką lub przedmuchiwać sprężonym powietrzem.

3. Program ćwiczeń

3.1. Zapoznanie się ze standaryzacją sygnałów do układów automatyki, budowa stanowiska

Pomiar ciśnienia

Kompletny tor pomiaru składa się z elementów:

1. Przetwornik fizyczny, który pod wpływem zmian poziomu zmienia jedną ze swoich właściwości, najlepiej elektryczną, najczęściej rezystancję, generowane napięcie bądź prąd.
2. Podłączenie elektryczne przetwornika fizycznego z układem pomiarowym, od którego zależy poprawność pracy poniższego.
3. Układ pomiarowy, który przetwarza właściwość przetwornika fizycznego na sygnał elektryczny.
4. Układ standaryzujący lub komunikacyjny, który posiada wyjście elektryczne analogowe (najczęściej 0-10 V lub 4-20 mA) odpowiadające określonemu zakresowi ciśnienia, lub wyjście cyfrowe, które udostępnia dane w określonym formacie i protokole komunikacyjnym.
5. Linii transmisyjnej, której rolą jest przekazać sygnał analogowy lub cyfrowy na większą odległość bez zakłóceń.
6. Odbiornika (np. sterownik PLC), który przetwarza sygnał analogowy na postać cyfrową lub dekoduje dane komunikacyjne.

Często w układach z wyjściem analogowym części 2 do 4 są połączone, nierozróżnialne.

W przypadku niektórych sterowników możliwe jest bezpośrednie podłączenie przetwornika fizycznego. W takim przypadku tor wygląda następująco: przetwornik fizyczny, linia transmisyjna, układ wejściowy PLC, układ standaryzujący. Przykładem może być pomiar temperatury z czujnikiem Pt100 i modułem sterownika PLC ze wbudowanym układem pomiarowym.

Ponadto stosuje się także układy korygujące nieliniową charakterystykę przetwornika fizycznego. Najczęściej linearyzację wykonuje się analogowo w układzie pomiarowym lub cyfrowo.

Powszechnie wykorzystuje się następujące przetworniki fizyczne:

1. parametryczne – na przykład termorezystor, mostek tensometryczny;
2. generacyjne – na przykład termopara, czujnik piezoelektryczny.

W przypadku czujników rezystancyjnych ważną kwestią jest podłączenie elektryczne przetwornika fizycznego z układem pomiarowym, który ma zmierzyć jego rezystancję. W najprostszym przypadku, gdy przetwornik (rezystor) jest podłączony dwoma przewodami z układem pomiarowym, ten „widzi” zsumowaną rezystancję przetwornika, przewodów oraz złączy. Należy zwrócić też uwagę, że rezystancja przewodów i złączy zmienia się z temperaturą nieliniowo, a ich temperatura nie jest ściśle związana z temperaturą mierzonego obiektu. Ponadto rezystancja na złączach może zmieniać się pod wpływem drgań i upływu czasu.

Aby pomiar był dokładniejszy, stosuje się połączenia trzy- i czteroprzewodowe. W przypadku ostatniego każda strona rezystora posiada dwa wyprowadzenia. Najczęściej jeden komplet wyprowadzeń używa się do pobudzenia przetwornika małym, stałym prądem. W efekcie na drugim komplecie wyprowadzeń pojawia się napięcie równe iloczynowi prądu oraz rezystancji przetwornika. Na to napięcie nie ma wpływu rezystancja pozostałych elementów toru pomiarowego – przewodów i złączy. Układ pomiarowy mierzy napięcie i uzyskuje informacje o rezystancji przetwornika.

W przypadku czujników generacyjnych (termopar) złącze jest najczęściej wykonane przez zgrzanie lub zlutowanie dwóch drutów wykonanych z różnych metali. Dwa druty metalowe muszą zostać doprowadzone do układów elektronicznych i do nich podłączone. Należy zwrócić uwagę na to, że każde połączenie dwóch metali skutkuje pojawieniem się zjawiska termoelektrycznego. Poza właściwą termoparą przetwornika fizycznego mamy też złącza na przyłączach elektrycznych. Ważne jest, aby wszystkie punkty podłączenia termopary miały jednakową temperaturę.

Często spotyka się połączenie przetwornika z układem pomiarowym (i standaryzującym) w jednej obudowie, np.:

Rys. 6: Przetwornik ciśnienia PG2454,
źródło: <https://www.ifm.com>

Poza samą kwestią zmian zachodzących w czujniku pod wpływem temperatury należy zwrócić także uwagę na jego montaż. Właściwe wykonanie umożliwia:

1. fizyczne zamocowanie czujnika na obiekcie, kontakt z materiałem mierzonym;
2. ochronę przetwornika przed skrajnymi temperaturami (np. pomimo tego, że Pt100 może pracować temperaturach kriogenicznych, to niewłaściwie obudowany rezystor uległby uszkodzeniu mechanicznemu wskutek naprężeń mechanicznych po schodzeniu);
3. oddzielenie termiczne przetwornika od elektroniki – dotyczy przetworników zintegrowanych.

W analogowych torach pomiarowych w automatyce stosuje się dwa standardy sygnałów:

1. Napięciowy 0-10 V – czujnik posiada minimum trzy przyłącza elektryczne: zasilanie +, wyjście sygnału 0-10 V, masa (wspólna dla zasilania i sygnału). Czujnik podaje między wyjście sygnałowe a masę napięcie proporcjonalne do temperatury. Interpretacja napięcia (przeliczenie na temperaturę) zależy od indywidualnej kalibracji czujnika, np. dla zakresu 20-120 °C: 0 V → 20 °C, 10 V → 120 °C.
2. Prądowy 4-20 mA – czujnik posiada minimum dwa przyłącza: zasilanie/sygnał „+”, zasilanie/sygnał „-”. Często taki dwuprzewodowy czujnik można podłączyć na dwa sposoby:
 1. „+” do górnego potencjału zasilania, „-” do wejścia prądowego odbiornika – prąd wpływa do odbiornika;
 2. „-” do dolnego potencjału zasilania, „+” do wejścia prądowego odbiornika – prąd wypływa z odbiornika.

Czujniki z wyjściem prądowym występują też w wersjach 3- i więcej przewodowych. W takich rozwiązaniach najczęściej nie ma dowolności podłączania pętli prądowej do odbiornika – czujnik posiada stałe podłączenia zasilania oraz wyjście sygnałowe, które w zależności od wykonania działa na prądzie wypływającym lub wpyłyającym.

Podobnie jak w czujnikach z wyjściem napięciowym wartość sygnału prądowego odpowiada temperaturze i zależy od indywidualnej kalibracji, np. dla zakresu 0-100 °C: 4 mA → 0°C, 20 mA → 100 °C.

Dokładność pomiaru temperatury zależy od wszystkich części składowych toru pomiarowego:

1. dokładności wykonania przetwornika, odporności na czynniki środowiskowe;
2. toru elektrycznego – odporności na zakłócenia, brak zniekształcania sygnału;
3. układów elektronicznych – poprawność przetwarzania układu z przetwornika, poprawność konwersji analogowo-cyfrowej, linearyzacja, nieczułość na zmiany temperatury otoczenia.

Sterowanie elektrozaworem proporcjonalnym

Przy sterowaniu elektrozaworem zaworem proporcjonalnym został wykorzystany dedykowany sterownik 8605-C-KL-E-F-00-Q-AID, Burkert. Szczegółowa obsługa sterownika z serii 8605 – patrz: załącznik do niniejszej instrukcji.

Stanowisko

W omawianym stanowisku pomiar ciśnienia jest realizowany przez czujnik ciśnienia z mostkiem tensometrycznym, zintegrowanym przetwornikiem i wyjściem 4-20 mA. Prąd ten jest następnie przetwarzany w sterowniku PLC na postać cyfrową i skalowany do wartości 0-10bar..

Ze sterownika PLC wychodzi sygnał 0-20mA, określający otwarcie zaworu. Steruje on kontrolerem elektrozaworu.

3.2. Ćwiczenie nr 1. Identyfikacja elementów, zapoznanie ze stanowiskiem

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową stanowiska oraz funkcjami poszczególnych elementów wykonawczych.

Program ćwiczenia

1. Sprawdź poprawność stanowiska – wyposażenie i podłączenia. Włącz stanowisko.
2. Sprawdź działanie wyjścia sterownika załączającego elektrozawór. Napisz prosty program włączający i wyłączający elektrozawór, sterowany przyciskami.
3. Skonfiguruj sterownik PLC do obsługi podłączonego sygnału z przetwornika ciśnienia. Użyj monitora pracy sterownika (lub napisz odpowiedni program), żeby obserwować wartość wejściową sygnału analogowego.
4. Rozszerz program o przeliczanie sygnału z przetwornika analogowego na ciśnienie. Obserwuj jego działanie.

3.3. Ćwiczenie nr 2. Implementacja algorytmu regulacji dwustanowej

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z działaniem regulacji ON/OFF i nabycie umiejętności ręcznej implementacji algorytmu.

Program ćwiczenia

1. Napisz program, w którym elektrozawór będzie włączony **na 50%**, jeśli ciśnienie jest niższe od określonej wartości progowej.
2. Zmodyfikuj program tak, aby wartość nie była zapisana na stałe w kodzie, lecz pobierana ze zmiennej – wartość zadana. Daje to możliwość zmiany progu załączenia w trakcie działania programu.
3. Zmodyfikuj program tak, aby wprowadzić histerezę pracy elektrozaworu. Na przykład utwórz drugi próg, który będzie o 10 punktów procentowych niższy od wartości zadanej i będzie załączał zawór. Gdy wartość mierzona przekroczy zadaną, to zawór zostanie wyłączony. Jak program zachowa się w sytuacji, gdy wartość zadana będzie mniejsza od dolnego progu histerezy?

3.4. Ćwiczenie nr 3. Implementacja algorytmu regulacji ciągłej P, PI – dla wybranych typów sterowników PLC

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest nabycie umiejętności implementacji algorytmu regulacji ciągłej.

Program ćwiczenia

1. Sprawdź poprawność stanowiska – wyposażenie i podłączenia. Włącz stanowisko.
2. Program z poprzedniego ćwiczenia rozszerz o obsługę wyjścia analogowego. Zmieniaj wartość sygnału wyjściowego (wypełnienie) o 0 do 100 % i obserwuj zachowanie elektrozaworu.
3. Jeśli program poprawnie obsługuje wejście i wyjścia, to go zapisz i utwórz kopię. Będzie on stanowił bazę pod kolejne ćwiczenia.
4. Rozszerz program o obliczanie różnicy między wartością zadaną a mierzoną – uchyb regulacji.
5. Wprowadź do programu współczynnik proporcjonalności regulatora typu P. Przemnóż przez niego uchyb i uzyskaną wartością wysteruj wyjście analogowe. Pamiętaj w szczególności o następujących rzeczach:
 1. Właściwy kierunek regulacji (znak uchybu) – im wartość wejściowa jest mniejsza od zadanej, tym powinna być większa wydajność pompki.
 2. Właściwy format każdej liczby.
 3. Właściwy zakres wartości sterującej.

Jak napisany regulator będzie działał dla różnych wartości współczynnika P?

6. Rozszerz program do regulatora PI. W tym celu na przykład dopisz kod, który będzie okresowo (np. co 100 ms) dodawał uchyb do zmiennej tworzącej całkę (akumulator). Pamiętaj o przemnożeniu pierw uchybu przez współczynnik I. Na koniec dodaj wartość całki i uchybu, a otrzymany wynik przemnóż przez współczynnik P. Nie zapomnij skontrolować wartości granicznych otrzymanego wyniku przed przekazaniem go do bloku wyjścia analogowego.

Jak napisany regulator będzie działał dla różnych wartości współczynnika opóźnienia I oraz proporcjonalności P?

3.5. Ćwiczenie nr 4. Obsługa wbudowanego regulatora PID – dla wybranych typów sterowników PLC

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest nabycie umiejętności obsługi regulatora wbudowanego w sterownik PLC.

Program ćwiczenia

Rozszerz program zapisany w ćwiczeniu 2 w punkcie 3 o obsługę regulatora wbudowanego w sterownik.

Pamiętaj o właściwym formacie wartości wejściowych i wyjściowych.

Zwróć uwagę na podobieństwa i różnice w budowie regulatora w sterowniku PLC względem klasycznego regulatora PID.

4. Bibliografia i załączniki

- [1] *Instrukcja obsługi przetwornika ciśnienia*
- [2] *Instrukcja obsługi sterownika elektrozaworu proporcjonalnego*
- [3] *Dokumentacja elektryczna stanowiska MD-522P*