Spis treści

1.0 Cel i zakres pracy
2.0 Wstęp teoretyczny
2.1 Metody pomiaru poziomu
2.1.1 Wprowadzenie
2.1.2 Poziomomierze pływakowe
2.1.3 Poziomomierze z pomiarem ciśnienia lub słupa wody
2.1.4 Poziomomierze pojemnościowe i ultradźwiękowe
2.2 Metody pomiaru ciśnienia
2.2.1 Wprowadzenie
2.2.2 Manometry cieczowe
2.2.3 Manometry z elementami sprężystymi
2.3 Metody pomiaru przepływu
2.3.1 Wprowadzenie
2.3.2 Przepływomierze zwężkowe
2.3.3 Przepływomierze indukcyjne
2.3.4 Rurki spiętrzające
2.3.5 Przepływomierze wiatraczkowe
2.3.6 Przykłady pomiaru przepływu i przepływomierzy
3.0 Opis stanowiska
3.1 Zawór zaporowy elektromagnetyczny
3.1.1 Przeznaczenie i zakres pracy
3.1.2 Charakterystyka techniczna
3.1.3 Opis budowy, wymiary gabarytowe i nazewnictwo detali
3.1.4 Zasada działania
3.2 Wodomierz z nadajnikiem impulsów
3.2.1 Przeznaczenie
3.2.2 Budowa i zasada działania
3.2.3 Cechy szczególne
3.3 Pompa
3.3.1 Budowa pompy
3.3.2 Dobór pompy
3.3.3 Uruchomienie pompy
3.3.4 Sposób odczytu charakterystyki
3.3.5 Charakterystyka wzorcowa pompy CR
3.4 Sondy poziomu
3.4.1 Zastosowanie
3.5 Elektroniczny wskaźnik poziomu WP-1.4
3.5.1 Zastosowanie
3.5.2 Zasada działania
3.5.3 Dane techniczne
3.6 Elektroniczny czujnik poziomu cieczy WPC-2zC
3.6.1 Zastosowanie
3.6.2 Zasada działania
3.6.3 Dane techniczne
3.7 Przetwornik ciśnienia
3.7.1 Zasada działania i zastosowanie
3.7.2 Dane techniczne

3.8 Manometr z wypełnieniem glicerynowym
3.8.1 Zastosowanie i dane techniczne
3.9 Sterownik programowalny Siemens S7 224 – opis i zasady programowania
3.9.1 Zastosowanie S7 224
3.9.2 Dane techniczne i wymiary gabarytowe
3.9.3 Cykl wykonywania programu w sterowniku S7-224
3.9.4 Pakiet oprogramowania STEP 7-Micro/WIN
3.9.5 Języki programowania
3.9.6 Opis elementów logicznych oprogramowania MicroWin
3.9.7 Opis programu
3.10 Szafa sterownicza
4 Ćwiczenia
4.1 Wyznaczanie charakterystyki pompy.
4.2 Wyznaczanie charakterystyki porównawczej pompy z wykorzystaniem wodomierza.
4.3 Przebudowa układu w celu zmiany poziomu
5 Podsumowanie (zalety , kompatybilność, możliwość rozbudowy- wyświetlacz, sterowanie radiowe, inny sterownik , komputer)
6 Literatura
7 Załączniki
A) Schematy połączeń elektrycznych
B) Płyta z programem do sterownika, praca dyplomowa

1.0 Cel i zakres pracy

Celem pracy jest wykonanie stanowiska laboratoryjnego, które ma na celu zapoznanie studentów z metodami projektowania oraz podstawowymi zasadami działania układów automatyki przemysłowej. Studenci mają nabyć umiejętność analizy struktury funkcjonalnej zarówno całego ciągu technologicznego, jak również pojedynczego aparatu oraz posiąść umiejętność syntezy całego systemu sterowania ze wszystkimi aspektami wynikającymi z warstwowej struktury systemów sterowania procesami technologicznymi. Zbudowany model umożliwia badanie algorytmów sterowania opartych na regulatorach P, PI, PID oraz dobór ich nastaw za pomocą różnych metod. Praca ma charakter teoretyczno-praktyczny, obejmuje projekt i wykonanie modelu stanowiska laboratoryjnego z zastosowaniem czujników poziomu, przepływu i ciśnienia. Model stanowiska przewiduje do sterowania wykorzystanie różnego rodzaju sterowników PLC oraz komputera PC.

Podział pracy w zespole:

Praca dyplomowa została wykonana w zespole dwu osobowym, z czego w części teoretycznej każdy wykonał lub opisał poszczególny z działów. Natomiast zbudowanie stanowiska to już była praca zespołowa i trudno wyodrębnić kto za co odpowiada, czy coś wymyślił i zrobił. Stanowisko laboratoryjne wykonaliśmy sami. Niektóre z prac, jak spawanie wymagało pomocy kolegów z pracy, gdzie za zgodą przełożonych niektóre z prac mogliśmy wykonać.

Andrzej Wróbel

- Zapoznał się z niezbędną literaturą,
- Wykonał dokumentację techniczną,
- Napisał wstęp teoretyczny,
- Napisał opis stanowiska:

  - Pompa
  - Sterownik programowalny Siemens S7 224 – opis i zasady programowania
- Napisał program do sterownika,
- Sprawdził poprawność schematów elektrycznych

Piotr Sokołowski

- Zapoznał się z niezbędną literaturą,
- Wykonał wstępną dokumentację techniczną,
- Napisał opis stanowiska:

  - Zawór zaporowy elektromagnetyczny
  - Wodomierz z nadajnikiem impulsów
  - Sondy poziomu
  - Elektroniczny wskaźnik poziomu WP-1.4
  - Elektroniczny czujnik poziomu cieczy WPC-2zC
  - Przetwornik ciśnienia
  - Manometr z wypełnieniem glicerynowym
  - Szafa sterownicza
- Wykonał schematy połączeń elektrycznych,

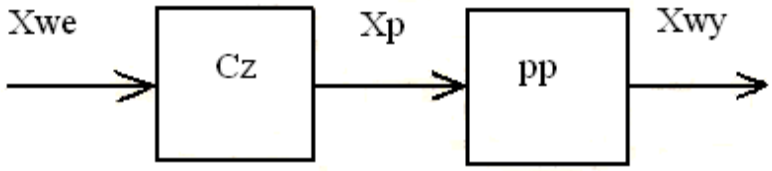
2.0 Wstęp teoretyczny

Sterowanie procesami przemysłowymi często wiąże się z koniecznością zastosowania skomplikowanych algorytmów sterowania zapewniających niezawodność, pełną kontrolę parametrów procesu oraz szerokie możliwości diagnostyki w przypadku wystąpienia awarii. Układy sterowania, oparte na sterownikach PLC (ang. Programmable Logic Controller), mogą być wykorzystane w wielu gałęziach przemysłu. Sterowanie w takim systemie zależy wyłącznie od zapisanego przez użytkownika programu oraz od rodzaju sterownika PLC. Sterownik PLC stanowi połączenie niezależnych liczników zdarzeń, liczników czasu (ang. Timer), bloków operacji matematycznych (porównywania, dodawania, odejmowania, dzielenia i mnożenia), a także operacji logicznych. Połączenie tych elementów odbywa się na drodze programowania w języku wysokiego poziomu. Sterownik PLC pracuje w czasie rzeczywistym. Potrafi na bieżąco sprawdzić stan wejść zarówno cyfrowych jak i analogowych, przetwarzać dane odczytane z tych wejść, prezentować wyniki w dogodnej postaci operatorowi i oczywiście wpływać w określony sposób na przebieg samego procesu technologicznego. Proste zadania

sterownicze realizuje się przy pomocy funkcji podstawowych języka programowania. Funkcje te można przedstawić w postaci listy instrukcji, schematu blokowego lub funkcyjnego. Daje to użytkownikowi możliwość wyboru sposobu opisu sterowania. Uzyskuje się w ten sposób dużą przejrzystość i zgodność postaci programu z treścią zadania sterowania.

Oferowane biblioteki typowych bloków funkcyjnych umożliwiają użytkownikowi racjonalne tworzenie programów i w ten sposób znaczne obniżenie kosztów projektowania systemów sterowania. Dodatkowo do sterownika można dołączać szereg dodatkowych urządzeń rozszerzających jego możliwości zależnie od potrzeb. Do takich urządzeń można zaliczyć moduły zwiększające liczbę wejść (wyjść) analogowych lub cyfrowych, moduły pomiarowe (np. do pomiaru temperatur) a również wiele innych specjalizowanych układów

(np. sterowniki silników krokowych). Urządzenia pomiarowe to części układu regulacji automatycznej, której zadaniem jest przetworzenie wielkości fizycznych charakterystycznych dla danego procesu lub sygnału, który może być wykorzystany przez regulator, rejestrator, wskaźnik lub sygnalizator. Z uwagi na to, że urządzenie pomiarowe pracuje przed węzłem, porównania regulatora powinny charakteryzować się dużą dokładnością działania, mimo oddziaływania różnych zakłóceń (zmiany temperatury otoczenia, wibracji podłoża itp.)

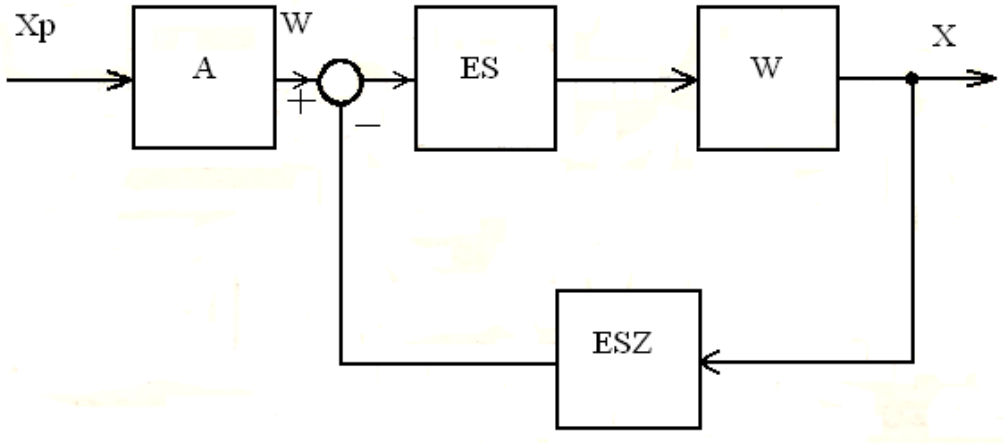


Rys. 1.2 Schemat blokowy urządzenia pomiarowego

Na rysunku 1.2 przedstawiono schemat blokowy urządzenia pomiarowego. Urządzenie pomiarowe składa się z czujnika Cz i przetwornika pomiarowego PP.

Zadaniem czujnika jest zamiana wielkości przetwarzanej X_{we} (ciśnienie, temperatura, masa, skład spalin itp.) na wielkość pośrednią X_p (siła, moment, siła elektromotoryczna, rezystancja itp.).Czujnik poprzez swą budowę i zasadę działania powinien wyeliminować lub skompensować wpływ wielkości zakłócających. W niektórych przypadkach kompensacja zakłóceń może być realizowana nie bezpośrednio w czujniku, lecz w przetworniku.

Na rysunku 2.2 przedstawiono schemat blokowy przetwornika pomiarowego



Rys. 2.2 Schemat blokowy przetwornika pomiarowego

Zastosowanie przetwornika pomiarowego pozwala przetworzyć wielkość pośrednią Xp na wielkość wyjściową X_{wy}, która dogodna jest dla regulatora. Sygnał wyjściowy przetwornika jest na ogół sygnałem znormalizowanym (np. w przypadku sygnału elektrycznego prąd 0…5 mA, ciśnienie powietrza 20…100kPa). Przetworniki, podobnie jak czujniki powinny charakteryzować się dużą dokładnością przetwarzania.

2.1 Metody pomiaru poziomu

2.1.1 Wprowadzenie

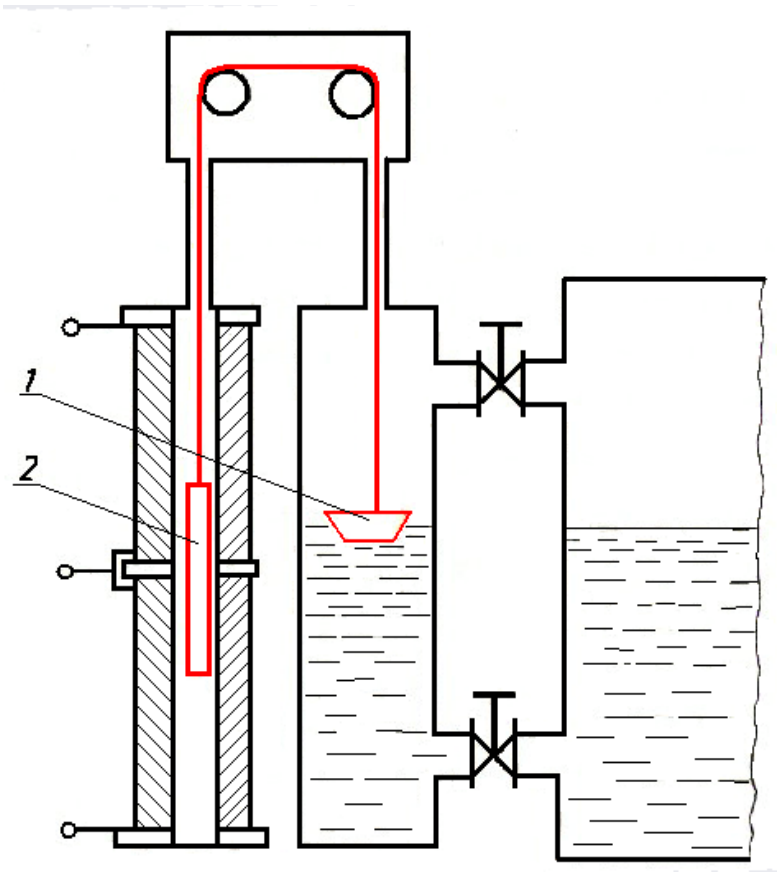
Pomiar poziomu przeprowadza się w celu określenia ilości materiału albo odchylenia poziomu w zbiorniku od wartości zadanej. Pomiar może dotyczyć cieczy lub materiałów sypkich. Łatwiejszy do zrealizowania jest pomiar poziomu cieczy. Najbardziej rozpowszechnione są poziomomierze pływakowe, czujniki oparte na pomiarze ciśnienia słupa cieczy, pojemnościowe, ultradźwiękowe, przewodnościowe. Pierwsze dwa typy przepływomierzy nadaję się tylko do pomiaru poziomu cieczy, przepływomierz pojemnościowy daje możliwość sygnalizacji jednego lub kilku poziomów. Natomiast poziomomierze ultradźwiękowe i przewodnościowe są stosowane stosunkowo rzadko.

2.1.2 Poziomomierze pływakowe

Poziomomierze pływakowe [1] są wykonywane w dwóch wersjach: z pływakiem o stałym zanurzeniu lub o zmiennym zanurzeniu. W przypadku urządzeń, w których zastosowano poziomomierz z pływakiem o stałym zanurzeniu zmiany poziomu są przetwarzane na przesunięcie pływaka. Zakłada się przy tym, że zanurzenie pływaka nie zmienia się, to znaczy, że gęstość cieczy jest stała i obciążenie pływaka przez układ przenoszący ruch pływaka do układu mierzącego jego przesunięcie jest pomijalnie małe.

W poziomomierzach tego typu stosowane są pływaki płaskie, charakteryzujące się dużymi siłami wyporu przy zmianie zanurzenia. Ruch pływaka (siła wyporu) najczęściej jest przenoszony przez system linek i rolek, takie rozwiązanie zwiększa dokładność pomiaru.

Na rysunku 3.2 przedstawiono schemat poziomomierza pływakowego.

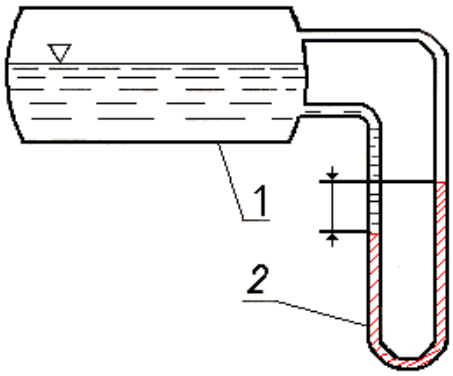


Rys. 3.2 Poziomomierz pływakowy
1-pływak, 2-rdzeń

Istnieje wiele rozwiązań poziomomierzy pływakowych różniących się między sobą przede wszystkim sposobami przeniesienia ruchu pływaka na zewnątrz zbiornika oraz metodami pomiaru tego ruchu (Rys 3.2). Szczególnie jeżeli w zbiorniku panuje duże ciśnienie, a zakres pomiarowy jest duży. Przepływomierze pływakowe są zastępowane przez urządzenia innych typów, budowane w formie aparatowej nie zależnie od budowy zbiornika.

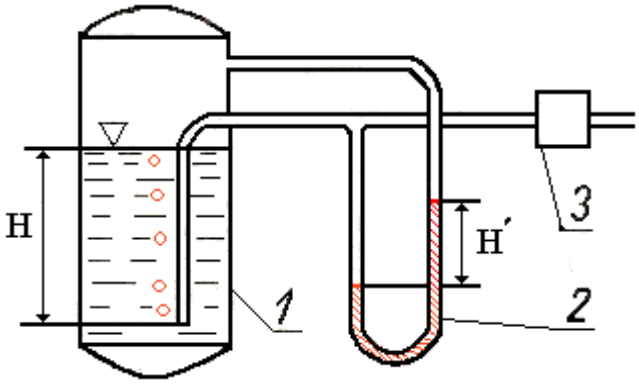
2.1.3 Poziomomierze z pomiarem ciśnienia lub słupa wody

Układy do pomiaru poziomu, które wykorzystują różnicę ciśnienia w zbiorniku nad powierzchnią cieczy i pod jej powierzchnią , w pewnym ustalonym przedziale, są dwóch rodzajów. W układzie z ryunku 4.2 mierzone jest ciśnienie hydrostatyczne. Zmierzone ciśnienie jest wynikiem zmian poziomu cieczy w zbiorniku.



Rys. 4.2 Pomiar poziomu przez pomiar bezpośredni ciśnienia hydrostatycznego
1-zbiornik, 2-manometr

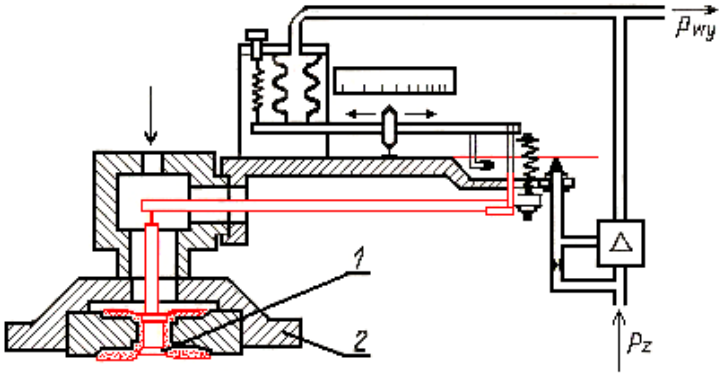
W układzie z rysunku 4.2 miernik różnicy ciśnień musi być umieszczony niżej niż najniższy przewidywany poziom w zbiorniku.



Rys. 5.2 Pomiar poziomu przez pomiar ciśnienia hydrostatycznego cieczy i powietrza wdmuchiwanego
1-zbiornik, 2-manometr, 3-regulator dopływu powietrza

W układzie z rysunku 5.2 w cieczy zanurzona jest rurka przez którą wdmuchiwane jest powietrze. Powietrze to dostarczane jest z układu zapewniającego stałą, niewielką ilość powietrza. W takich warunkach w rurce ustali się ciśnienie równe panującemu w zbiorniku, zwiększonemu o ciśnienie hydrostatyczne słupa cieczy, znajdującej się powyżej wylotu rurki. Manometr różnicowy w takim układzie wskaże wartość ciśnienia hydrostatycznego.

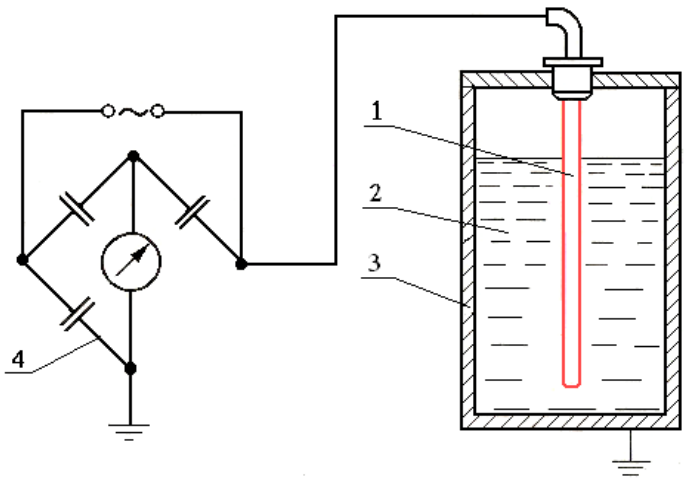
Drugi rodzaj pomiaru poziomu jest możliwy przy założeniu, że znana jest gęstość cieczy, wówczas ciśnienie jest miarą poziomu. Korzystając podczas pomiarów z tej metody należy uwzględnić możliwość powstania, na skutek tarcia powietrza, ładunku elektrycznego.



Rys. 6.2 Schemat budowy ciśnieniowego miernika poziomu
1-membrana, 2-obudowa czujnika

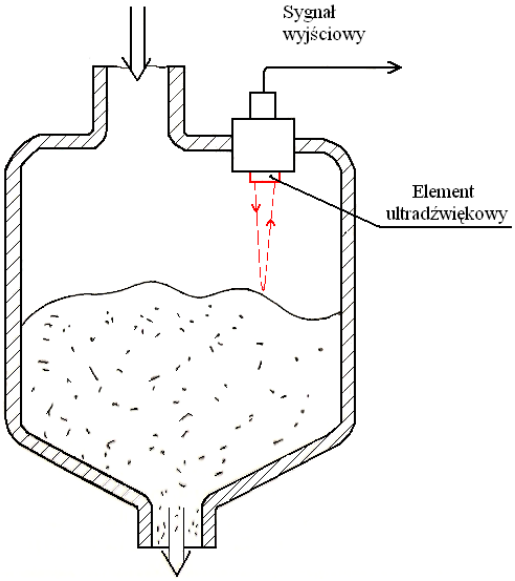
Przedstawiony na rysunku 6.2 układ jest przykładem budowy miernika poziomu, działającego na zasadzie pomiaru ciśnienia hydrostatycznego

2.1.4 Poziomomierze pojemnościowe i ultradźwiękowe



Rys. 7.2 Schemat pojemnościowego miernika poziomu cieczy w zbiorniku
1-elektroda, 2-ciecz, 3-zbiornik, 4-mostek pomiarowy

Rysunek 7.2 przedstawia działanie pojemnościowego miernika poziomu. W zbiorniku umieszczona jest elektroda w postaci drutu, pręta, rury lub liny. Elektroda ta wraz z drugą elektrodą, którą jest najczęściej metalowa obudowa zbiornika tworzą kondensator. W związku z tym że przenikalność elektryczna materiałów jest większa niż przenikalność powietrza, zmiana poziomu powoduje zmianę pojemności tak utworzonego kondensatora.



Rys. 8.2 Schemat instalacji w zbiorniku ultradźwiękowego miernika poziomu

Do pomiaru poziomu, ściśle mówiąc do pomiaru położenia powierzchni materiałów w zbiorniku, stosuje się urządzenia ultradźwiękowe. W elementach ultradźwiękowych wykorzystuje się tę samą zasadę co w echosondach, mierzy się czas między wysłaniem, a odebraniem odbitego impulsu akustycznego. Na podstawie zmierzonego czasu określa się poziom w zbiorniku.

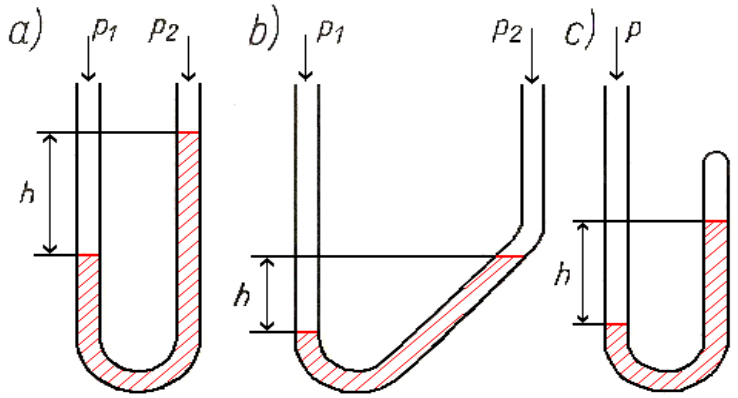
2.2 Metody pomiaru ciśnienia

2.1.1 Wprowadzenie

Pomiar ciśnienia [1] sprowadza się do pomiaru sił wywieranych przez ciecze lub gazy na określona powierzchnię. Pomiar ciśnienia to pomiar względny, odniesiony do ciśnienia atmosferycznego. Przyrządy do pomiaru nadciśnienia (w stosunku do ciśnienia atmosferycznego) nazywane są manometrami, do pomiaru podciśnienia wakuometrami, a do pomiaru ciśnienia absolutnego (odnoszonego do próżni) barometrami. Natomiast przyrządy do pomiaru różnicy dwóch ciśnień nazywane są manometrami różnicowymi.
Przy pomiarach ciśnienia siła wywierana przez ciecz lub gaz musi być równoważona inną siłą.

2.2.2 Manometry cieczowe

W manometrach cieczowych ciśnienie lub różnica ciśnień jest przetwarzana na różnicę poziomu cieczy (Rys 9.2).



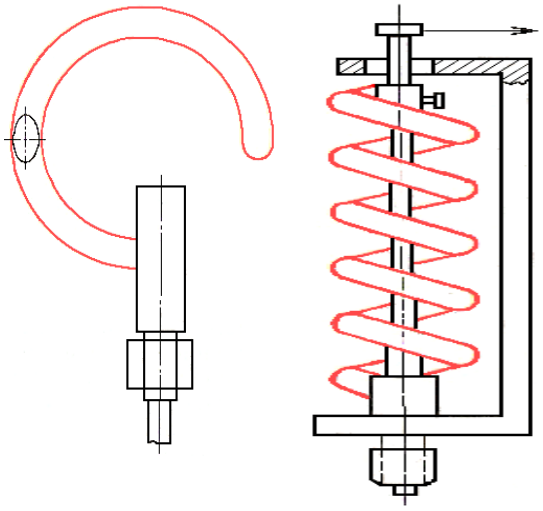
Rys. 9.2 Zasada działania manometru cieczowego:
a)różnicowego, b) mikromanometru, c) barometru

Najprostszym manometrem różnicowym jest rurka dwuramienna w kształcie litery U wypełniona częściowo cieczą za zwyczaj rtęcią, wodą, olejem lub alkoholem. W ramieniu rurki w którym panuje niższe ciśnienie, ustali się wyższy poziom cieczy, równoważąc swoim ciężarem różnicę ciśnienia w obu ramionach rurki (rys9.2a). Różnica poziomu h w obu ramionach jest proporcjonalna do różnicy ciśnienia i odwrotnie proporcjonalna do gęstości cieczy. Poprzez pochylenie jednego ramienia rurki (rys 9.2b) można uzyskać dużo dokładność odczytu. Zastosowanie cieczy o małej gęstości spowoduje duże różnice poziomu przy niewielkich różnicach ciśnienia. Zamykając jedno ramię rurki i zachowując w nim próżnię (rys 9.2c) uzyskuje się manometr do pomiaru ciśnienia absolutnego, czyli barometr.

2.2.3 Manometry z elementami sprężystymi

Sygnałem wyjściowym w manometrach z elementami sprężystymi jest przesunięcie (rzędu kilku milimetrów) lub obrót (rzędu kilku stopni kątowych). Na rysunku 10.2 przedstawiono manometr antywstrząsowy wypełniony gliceryną.

Rys. 10.2 Manometr antywstrząsowy wypełniony gliceryną



Rys. 11.2 Rurka Bourdona i rurka spiralna

W rurce Bourdona i spiralnej o płaskim przekroju (Rys 11.2) wykorzystano ich tendencję do prostowania się jeżeli ciśnienie wewnątrz rurki jest większe niż ciśnienie panujące na zewnątrz. Wzrost ciśnienia powoduje ruch tylko swobodnego końca rurki. Przesunięcie swobodnego końca rurki jest miarą mierzonego ciśnienia.

2.3 Metody pomiaru przepływu

2.3.1 Wprowadzenie

Pomiary przypływu [1] dokonywane są w celu określenia ilości cieczy i gazów przepływających w rurociągu. Najczęściej dokonuje się pomiaru prędkości przepływu υ (m/s)
Strumienia objętościowego Q (m^3/s) lub strumienia masy G (kg/s).
Strumień objętościowy cieczy lub gazu przepływającego w jednostce czasu przez powierzchnię przekroju rury, jest (przy zachowaniu warunków stałego ciśnienia i przepływu laminarnego) związany z prędkością przepływu zależnością:

$$Q=S\upsilon \tag{1.2}$$

przy czym: S - powierzchnia przekroju, υ - prędkość średnia przy danym przekroju

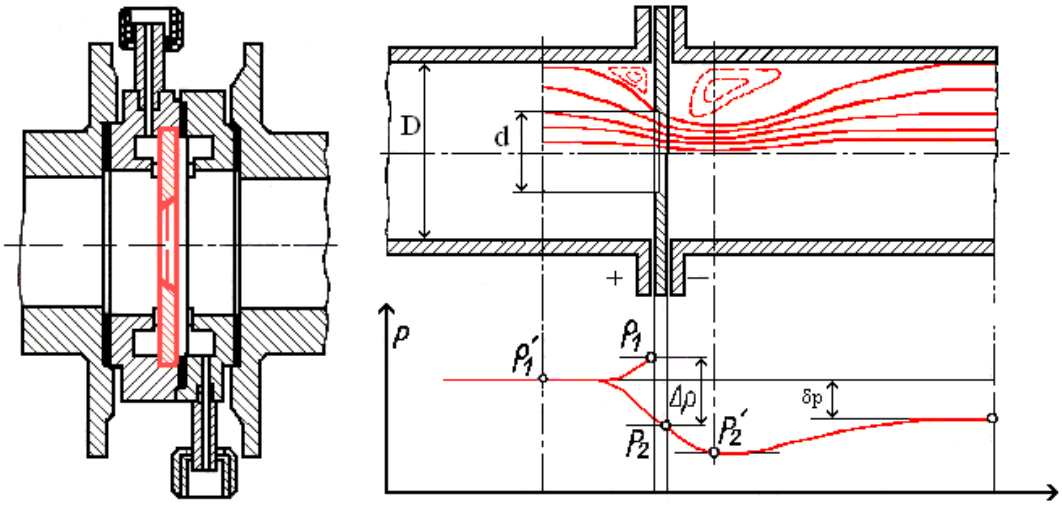
Strumień masy cieczy lub gazu przepływającego w jednostce czasu przez przekrój rury, przy znanej gęstości przepływającego czynnika ς może być określona na podstawie strumienia objętościowego:

$$G=\varsigma Q \tag{2.2}$$

Czujniki pomiarowe strumienia wskazują zazwyczaj wartość chwilową. Aby dokonać pomiaru ilości przepływającego czynnika, należy dodać układ zliczający (sumujący), wyskalowany w metrach sześciennych lub w kilogramach

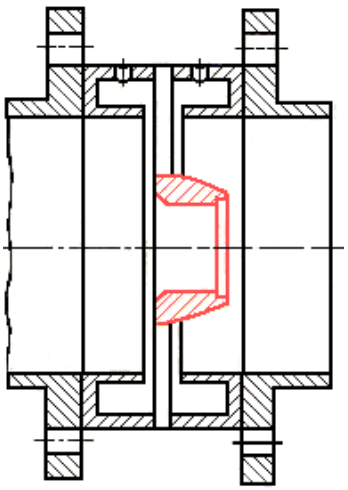
2.3.2 Przepływomierze zwężkowe

Przepływomierze zwężkowe do pomiaru strumienia gazu, pary i cieczy wykorzystują metodę zmiennego spadku ciśnienia. Metoda ta polega na wykorzystaniu zależności spadku ciśnienia na przewężeniu przewodu od prędkości przepływającego czynnika przez to przewężenie. W celu uzyskania przewężenia stosuje się kryzy, dysze i zwężki Venturiego jako kalibrowane przewężenia wmontowane w przewody.[1]

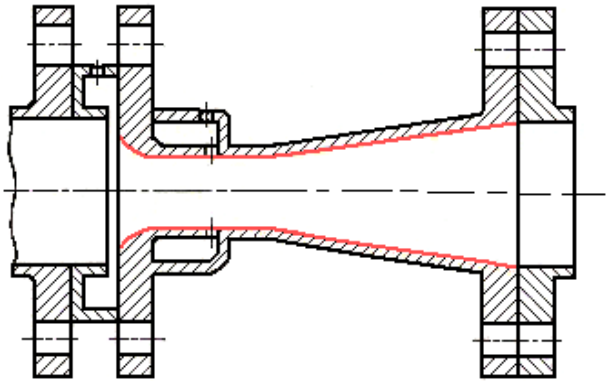


Rys. 12.2 Kryzę i rozkład ciśnień strumienia w kryzie

Kryza to tarcza wmontowana w przewód w taki sposób, że oś jej otworu pokrywa się z osią przewodu (rys 12.2). Zwężenie strumienia rozpoczyna się nieco przed kryzą, osiąga minimum nieco za nią. Przed i za kryzą tworzą się strefy w których strumień wpada w ruch wirowy (rys12.2). Ciśnienie strumienia przed kryzą, przy ściance przewodu wzrasta, natomiast minimum osiąga w punkcie największego przewężenia. Za kryzą strumień rozszerza się, jego ciśnienie przy ściance wzrasta nie osiągając jednak poprzedniej wartości. Strata ciśnienia δp powstaje głównie z wirów, tarcia, oraz zależy od kształtu przewężenia przewodu. Największe straty ciśnienia są przy stosowaniu kryzy, natomiast mniejsze w przypadku dyszy (rys13.2) i zwężek (rys 14.2).



Rys. 13.2 Dysza



Rys. 14.2 Zwężka Venturiego

Wszystkie rodzaje zwężek pomiarowych mają podobny charakter strumienia i rozkład ciśnienia, który wyrażany jest następującym równaniem.

$$\Delta p = P_1 - P_2 \qquad (3.2)$$

Różnica ciśnień zależy od strumienia przepływającego przez zwężkę pomiarową i może być wykorzystywana do określania jego wartości za pomocą wzoru.

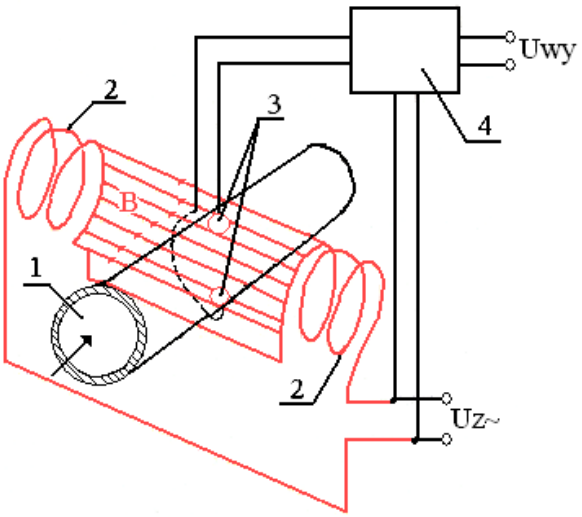
$$Q = k\sqrt{\frac{\Delta p}{\varsigma}} \qquad (4.2)$$

Przy czym: k- współczynnik proporcjonalności, ς – gęstość czynnika

Pomiar strumienia z użyciem zwężki pomiarowej można wykonać, jeżeli znana jest gęstość przepływającego czynnika.

2.3.3 Przepływomierze indukcyjne

Czujniki indukcyjne (elektromagnetyczne) są wykorzystywane do pomiaru strumienia objętości cieczy agresywnych, zawierających ciała stałe oraz cieczy o dowolnej lepkości i gęstości. Zastosowanie przepływomierz indukcyjnego nie zwiększa oporu hydrostatycznego rurociągu.



Rys. 15.2 Schemat działania przepływomierza indukcyjnego
1 – izolowany odcinek rury, 2 – elektromagnes wzbudzający, 3 – elektrody,
4- elektroniczny układ pomiarowy

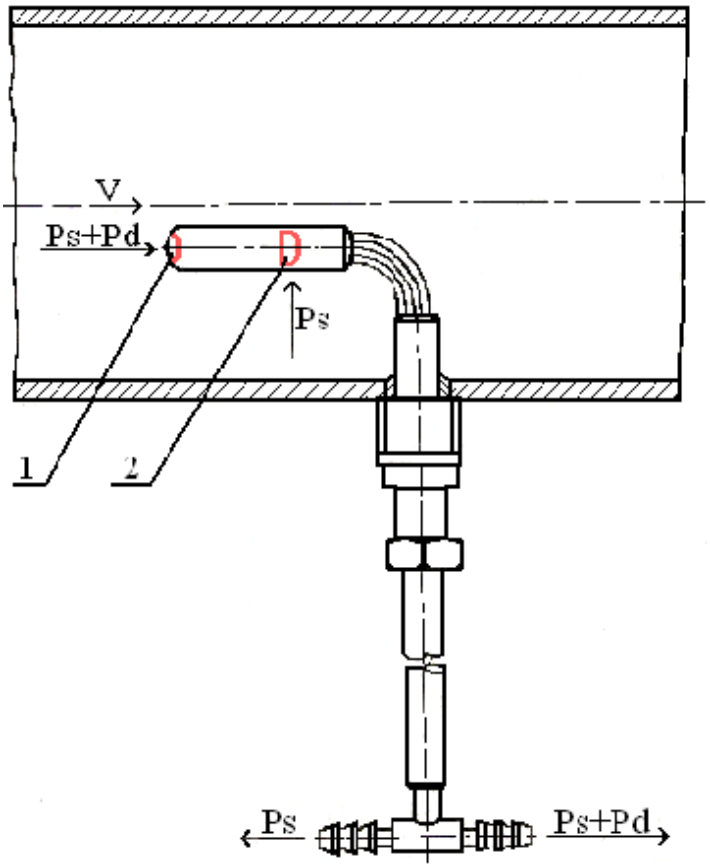
W czujniku indukcyjnym izolowany elektrycznie odcinek rury (rys 15.2), przez który płynie ciecz przewodząca z prędkością υ prostopadle do strumienia magnetycznego o indukcyjności B indukuje napięcie U w kierunku prostopadłym do zwrotu prędkości υ i indukcji B. U wyrażane jest następującym równaniem:

$$\mathbf{U = k\,B\,D\,\upsilon} \qquad \mathbf{(5.2)}$$

gdzie B – indukcja magnetyczna, D – średnica rury, υ – prędkość przepływu,
k – współczynnik stały

2.3.4 Rurki spiętrzające

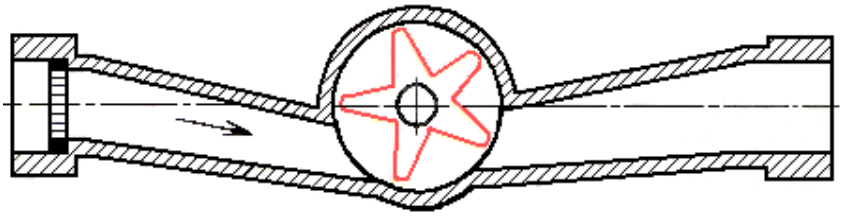
Rurki spiętrzające służą do pomiaru prędkości przepływającego w przewodzie czynnika. Pomiar prędkości za pomocą rurki spiętrzającej opary jest na pomiarze ciśnienia dynamicznego przepływającego czynnika. W celu dokonania pomiaru ciśnienia dynamicznego rurkę spiętrzającą należy ustawić „pod prąd" (rys 16.2). Rurka ma z przodu otwór, przez który odbierana jest suma ciśnienia statycznego i dynamicznego, wywieranego przez przepływający czynnik (Ps+Pd). Na ściance rurki znajdują się otwory, połączone ze specjalnym kanałem wewnętrznym, przez które odbierane jest wyłącznie ciśnienie statyczne. Oba sygnały otrzymane z rurki spiętrzającej są doprowadzane do manometru różnicowego, który wskazuje wartość różnicy tych ciśnień, czyli ciśnienie dynamiczne. [1]



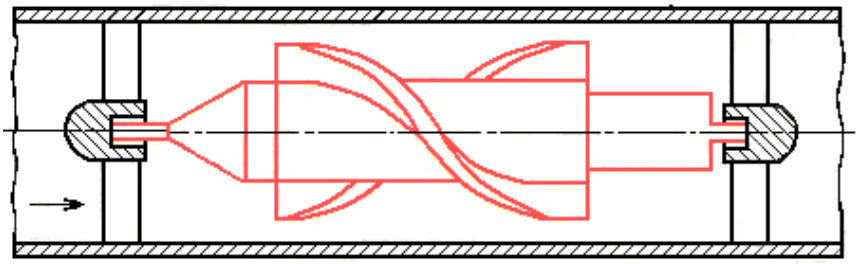
Rys. 16.2 Sposób ustawienia rurki spiętrzającej w rurociągu
1 – pomiarowy otwór wlotowy, 2 – boczny otwór wlotowy do pomiaru ciśnienia statycznego

2.3.5 Przepływomierze wiatraczkowe

Czujniki wirnikowe przetwarzają strumień cieczy lub gazu na prędkość kątową wirnika, którą następnie zamieniana jest na częstotliwość lub napięcie. Przepływomierz wirnikowe stosuje się również do zliczania ilości płynu (w licznikach płynu). Czujniki wirnikowe nie mogą być stosowane do pomiaru strumieni cieczy zanieczyszczonych, łatwo krzepliwych i krystalizujących. Czujniki wirnikowe można podzielić na dwie grupy: skrzydełkowe (rys 17.2) i turbinowe (rys 18.2).



Rys. 17.2 Przepływomierz wiatraczkowy - skrzydełkowy

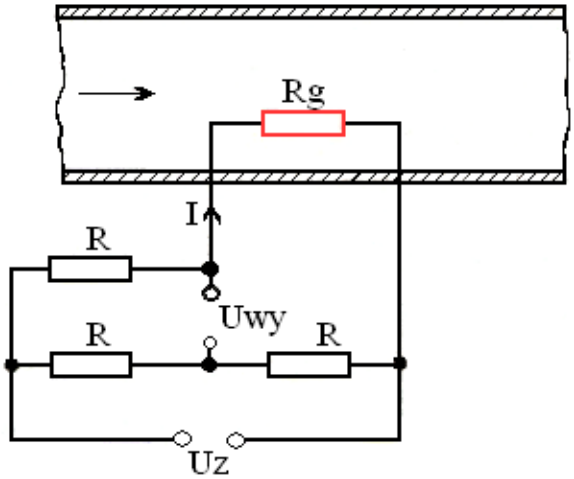


Rys. 18.2 Przepływomierz wiatraczkowy - turbinkowy

2.3.6 Przykłady pomiaru przepływu i przepływomierzy

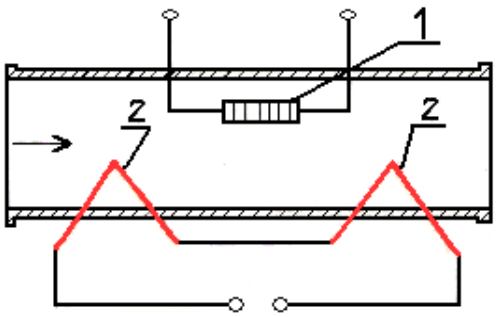
Termoprzepływomierz jako element pomiarowy wykorzystuje termorezystor Rg, który jest włączony w układ mostka. Jest on ogrzewany prądem elektrycznym, a chłodzony przepływającym w rurociągu czynnikiem (rys 19.2). Ruch cieczy lub gazu

powoduje obniżanie temperatury termorezystora a tym samym rozstrojenie mostka. Miarą prędkości przepływającego czynnika jest napięcie niezrównoważenia mostka przy stałej wartości prądu lub przyrost prądu niezbędnego do utrzymania stałej temperatury termorezystora.



Rys. 19.2 Schemat termoprzepływomierza

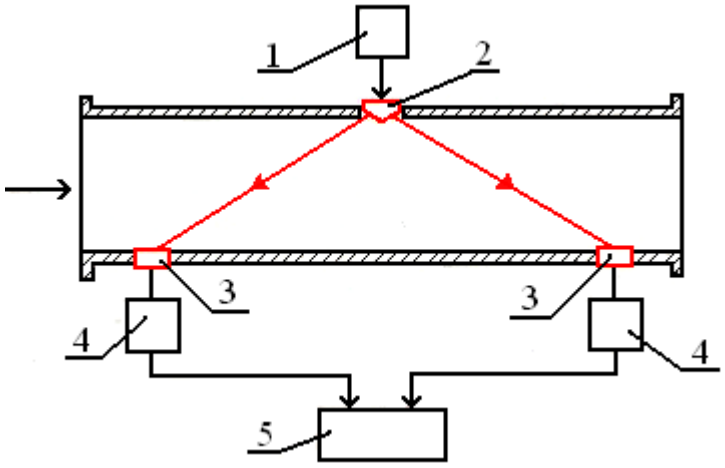
W przepływomierzu kalorymetrycznym wykorzystana jest zależność rozkładu temperatury w rurociągu od strumienia przepływającego czynnika. Grzejnik umieszczony w przewodzie ogrzewa przepływający czynnik, natomiast dwa termoelementy mierzą różnicę ciśnień przed i za grzejnikiem (rys 20.2). W przepływomierzach kalorymetrycznych miarą prędkości przepływu może być różnica temperatury przed i za grzejnikiem, przy stałej mocy dostarczanej do grzejnika, albo moc niezbędna do utrzymania stałej różnicy temperatury.



Rys. 20.2 Schemat przepływomierza kalorymetrycznego

1 – grzejnik, 2 - termoelementy

Przepływomierze ultradźwiękowe działają na zasadzie zjawiska Dopplera. Drgania ultradźwiękowe wysyłane są zgodnie z kierunkiem przepływu i przeciwnie do tego kierunku, natomiast odbierane przez dwa odbiorniki jednakowo oddalone od nadajników (rys 21.2). Sygnały wysłane jednocześnie dotrą do odbiorników z pewnym opóźnieniem czasowym. Sygnały otrzymane z odbiorników będą przesunięte w fazie, a wartość tego przesunięcia będzie zależna od prędkości przepływu oraz prędkości rozchodzenia się fal w mierzonym czynniku. Przepływomierze ultradźwiękowe nie wprowadzają spadku ciśnienia w rurociągu.



Rys. 21.2 Schemat przepływomierza ultradźwiękowego
1 – generator impulsów, 2 – nadajnik sygnałów ultradźwiękowych,
3 – odbiornik sygnałów ultradźwiękowych, 4 – wzmacniacz,
5 – układ pomiaru czasu

3.0 Opis stanowiska

Stanowisko laboratoryjne przedstawione na rysunku 1.3, które wykonaliśmy w ramach pracy dyplomowej zamontowane jest na ramie nośnej. Konstrukcja ramy wykonana jest kształtowników ze stali kwasoodpornej. Zamontowane są na niej wszystkie podzespoły stanowiska. Rama nośna ustawiona jest na wibroizolatorach z wkładkami elastomerowymi ograniczającymi przenoszenie ewentualnych drgań na podłoże. Do ramy przymocowane są zbiorniki (górny, pośredni i zalewowy). Zbiorniki też zostały wykonane ze stali kwasoodpornej. W zbiornikach są zamontowane sondy (w zbiornikach pomiarowych sondy COW, które są opisane w rozdziale 3.4). W zbiorniku zalewowym do którego podłączona jest pompa CR 1-4 jako zabezpieczenie przed suchobiegiem zastosowano sondy konduktometrycznych (EL-3 opisane są w rozdziale 3.4). Szafa sterownicza stanowiska laboratoryjnego zamontowana jest na konstrukcji nośnej. Szafę sterowniczą stanowi blaszana obudowa o stopniu ochrony IP 54 ze wszystkimi niezbędnymi elementami zasilania elektrycznego i sterowania.
Na płycie aparatowej wewnątrz obudowy zamontowane są układy zasilania elektrycznego silnika pompy, styczniki, zabezpieczenie zwarciowe, termiczne, przed zanikiem fazy oraz listwy łączeniowe, układy elektroniczne zabezpieczenia przed suchobiegiem (zbiornik zalewowy pompy) i poziomu wody w kolektorach pomiarowych (górnym i dolnym), sterownik z modułami rozszerzeń.
Ponadto stanowisko składa się z wodomierza zamontowanego na rurociągu doprowadzającym ciecz z pompy do górnego zbiornika pomiarowego. Na tym samym rurociągu zamontowano zawór regulacyjny w celu regulacji ciśnienia tłoczenia oraz przepływu, oraz moduł pomiarowy składający się a zaworu kulowego, manometru i przetwornika ciśnienia. Pomiędzy zbiornikiem górnym a pośrednim zamontowano zawór elektromagnetyczny który odpowiada za utrzymanie zadanego poziomu cieczy w górnym zbiorniku pomiarowym. W pośrednim zbiorniku pomiarowym również zamontowano zawór elektromagnetyczny który reguluje poziom cieczy w tym zbiorniku. Ze zbiornika Pośredniego poprzez zawór elektromagnetyczny ciecz wraca do zbiornika zalewowego. Całość stanowi obieg zamknięty.

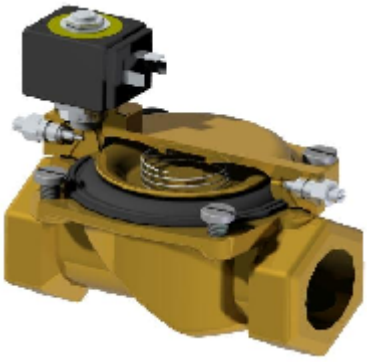
Rys. 1.3 Stanowisko laboratoryjne składające się z kaskady zbiorników

Stanowisko laboratoryjne przedstawione na rysunku 1.3 składa się z:

1. zbiornik zalewowy,
2. zbiornik pomiarowy pośredni,
3. zbiornik pomiarowy górny,
4. szafa sterownicza,
5. elektrozawór zbiornika pomiarowego górnego,
6. elektrozawór zbiornika pomiarowego pośredniego,
7. moduł pomiaru ciśnienia (manometr, przetwornik ciśnienia),
8. sondy obecności wody w zbiornikach (górny, pośredni),
9. spust wody z górnego zbiornika pomiarowego,
10. wzierniki (rurki z pleksi w których widać poziom wody w zbiornikach pomiarowych),
11. zawór do regulacji ciśnienia i przepływy na tłoczeni pompy,

12. pompa

3.1 Zawór zaporowy elektromagnetyczny



Rys. 2.3 Zawór elektromagnetyczny

3.1.1 Przeznaczenie i zakres pracy

Zawór elektromagnetyczny [4] jest zaworem pośredniego działania, tzn. do otwarcia i zamknięcia wymagana jest minimalna różnica ciśnień. Zawór wyposażony jest w operator sterujący zwany elektromagnesem. Regulacja czasu otwarcia lub zamknięcia realizowana jest za pomocą zaworu iglicowego poprzez dławienie przepływu, co redukuje efekt uderzenia hydraulicznego. Cewka elektromagnesu wraz z prawidłowo umieszczoną wtyczką spełnia wymagania stopnia ochrony IP 65. Zawór jest przeznaczony zarówno do pracy ciągłej jak i przerywanej a jego sterowanie może się odbywać za pomocą przycisku ręcznego z pulpitu sterowniczego lub automatycznie.

Zawory przeznaczone są do zamykania lub otwierania przepływu:

-wody zimnej i gorącej,

-powietrza,

-olejów lekkich,

-innych czynników ciekłych i gazów o ile:

- nie reagują chemicznie z materiałami użytymi do budowy zaworu,
- nie zawierają zawiesin i wtrąceń mechanicznych, które mogą osadzać się na elementach ruchomych zaworu lub przytkać otwory o niewielkich średnicach,

- nie są czynnikami palnymi i wybuchowymi.

3.1.2 Charakterystyka techniczna

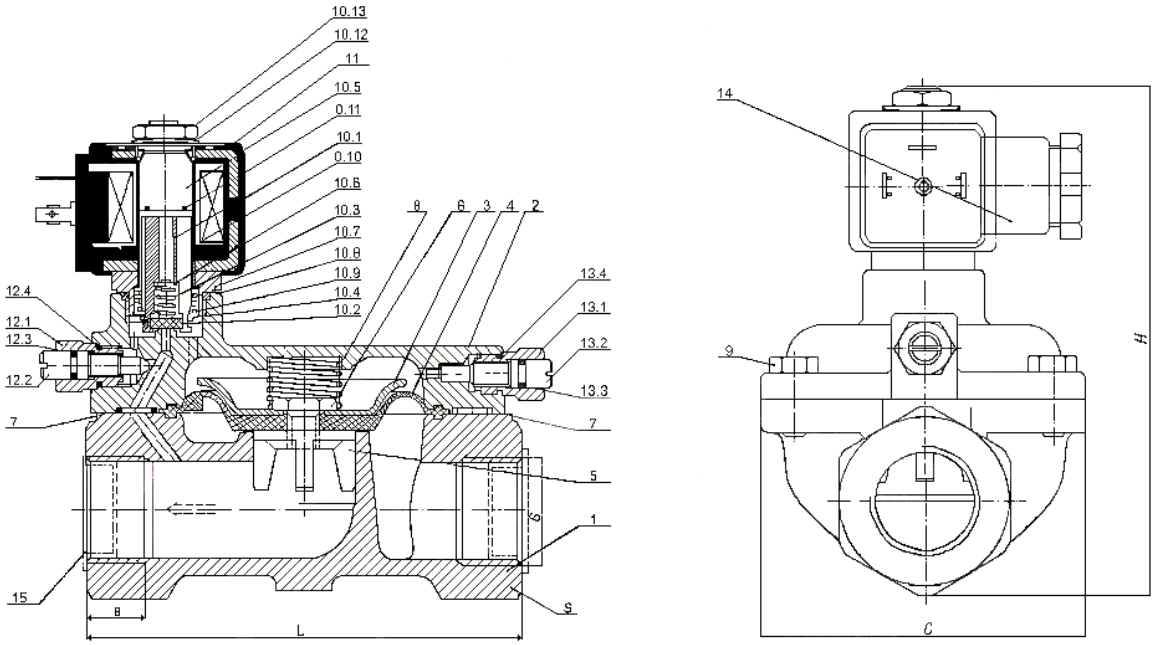
W tabeli 1.3 przedstawiono charakterystykę techniczną zaworu elektromagnetycznego.

Opis	Wartość	Jednostka
temperatura czynnika	-10÷ 140	°C
max. temperatura otoczenia	50	°C
min. robacze ciśnienie różnicowe	0,05	MPa
max. ciśnienie robocze	1,6	MPa
napięcie zasilania	230	V AC

Tab. 1.3 Charakterystyka techniczna zaworu elektromagnetycznego

3.1.3 Opis budowy, wymiary gabarytowe i nazewnictwo detali

Zawór przedstawiony na rys. 3.3 składa się: z kadłuba (1), pokrywy (2) wraz z zamontowanym elektromagnesem złożonym z operatora (10) i cewki (11) oraz z głównego elementu zamykającego. Głównym elementem zamykającym jest membrana gumowa (4) z osłoną (3), prowadnikiem (5) i sprężyną (8), powodującą stały docisk membrany do siedliska kadłuba (1). Membrana (4) stanowi jednocześnie uszczelnienie między kadłubem (1) zaworu a pokrywą (2). Elektromagnes posiada przyłącze elektryczne wtykowe. Dwa boczne styki przyłącza to styki prądowe, natomiast dolny styk służy do uziemienia. Trójżyłowy przewód elektryczny przyłącza się do zacisków znajdujących się w kostce wtyczki (14), którą nasuwa się na styki elektromagnesu i zabezpiecza wkrętem. Do umieszczenia tego podłączenia służy uszczelka gumowa.
W tabeli 2.3 przedstawiono podstawowe wymiary zaworu elektromagnetycznego.



Rys. 3.3 Szczegółowy przekrój zaworu elektromagnetycznego

1 – kadłub
2 – pokrywa
3 – osłona membrany
4 – membrana
5 – prowadnik
6 – czop
7 – pierścień uszczelniający typu „O”
8 - sprężyna
9 – śruba mocująca pokrywę
10 – operator elektromagnesu
11 – cewka elektromagnesu
12 – zawór iglicowy do ręcznego sterowania
13 – zawór iglicowy do regulacji czasu otwierania/zamykania
14 - wtyczka
15 - zaślepka

DN	G	L	B	H	S	K_v	Masa
[mm]	[cal]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	m^3/h	kg
32	Rp 5/4	136	18,8	160	6kt 60	21,5	3,30

Tab. 2.3 Podstawowe wymiary zaworu elektromagnetycznego

3.1.4 Zasada działania

W zaworze podłączenie napięcia do cewki elektromagnesu powoduje przyciąganie rdzenia (10.1) do głowicy (10.5). W wyniku czego następuje otwarcie kanału w siedlisku w nabie kanału pokrywy (2) i wypływ czynnika (wody) przez ten kanał. Skutkiem tego jest obniżenie się ciśnienia w przestrzeni nad membraną, gdyż otworkiem w membranie, z uwagi na mniejszą średnicę, napływa mniej czynnika niż wypływa otworkiem w siedlisku naby pokrywy. W wyniku powstałej różnicy ciśnień, membrana (4) unosi się do góry otwierając pełny przepływ czynnika (wody) przez zawór. Po wyłączeniu napięcia i zaniku pola magnetycznego, rdzeń (10.1) opada pod wpływem własnego ciężaru i siły sprężynki (10.9) tym samym zamyka wypływ czynnika (wody) kanałem siedliska w nabie. Napływ czynnika (wody) otworkiem w membranie (4) do przestrzeni nad membraną, powoduje ruch membrany ku siedlisku zaworu i zamknięcie przepływu poprzez siedlisko. Ruch ten wspomagany jest dociskiem sprężyny (8) co powoduje szczelne zamknięcie zaworu.

3.2 Wodomierz z nadajnikiem impulsów

Rys. 4.3 Wodomierze z kontaktronowym nadajnikiem impulsów

3.2.1 Przeznaczenie

Wodomierze [5] służą do pomiaru i ewentualnej rejestracji ilości wody zużytej do nawadniania. Stosowane są do rozliczeń z dostawcą wody lub do określenia należności podatkowych „za szczególne korzystanie z wód”. Wodomierze mogą być stosowane do wszystkich rodzajów pomp, hydrantów, a niekiedy montowane są wprost na maszynie deszczującej. Wodomierz jest przeznaczony do zabudowy w każdej pozycji.
Wersja z kontaktronowym nadajnikiem impulsów (Reed'a) - pozwala rejestrować impulsy.

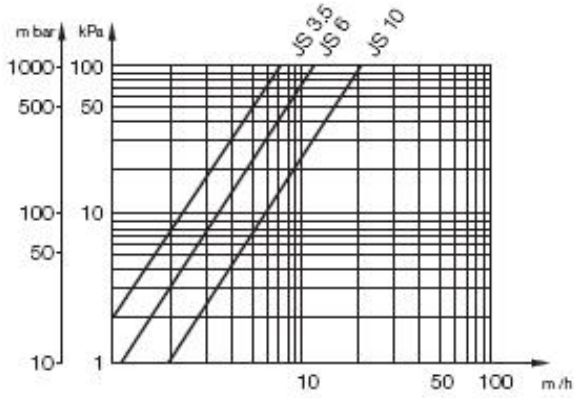
3.2.2 Budowa i zasada działania

Korpus wodomierza w kształcie krótkiej rury wykonany jest z żeliwa i malowany epoksydowo na kolor ciemnoniebieski lub czerwony (w zależności od zastosowania czy do wody zimnej czy do wody ciepłej). Średnice i wymiary są zgodne z DN dla żeliwa wodociągowego. Elementem pomiarowym jest turbinka wystająca w świetle rury małym fragmentem co pozwala na bezkolizyjny przepływ wody nawet zawierającej zanieczyszczenia o gabarytach porównywalnych ze średnicą wodomierza. Przeniesienie napędu z turbinki na liczydło, zrealizowane jest przy pomocy sprzęgła magnetycznego co wyklucza przecieki zarówno na zewnątrz jak i do liczydła. Liczydło wskazówkowo-bębenkowe umieszczone jest w hermetycznej osłonie i jest jednakowe dla wszystkich wielkości wodomierzy co ułatwia naprawy i magazynowanie części. Liczydło można wyjąć bez konieczności wymontowania korpusu z sieci. Woda płynąca rurą, obraca za wystające skrzydełka turbinki przekazując napęd na wirującą tarczę z magnesami. Po drugiej stronie mosiężnej przegrody jest druga tarcza magnetyczna przekazująca napęd na liczydło bębenkowo-wskazówkowe.
W wodomierzach impulsowych NK dodatkowo umieszczony jest kontaktron, który powoduje krótkotrwałe zwarcia co można wykorzystać do rejestracji elektronicznej lub elektromechanicznej. Wartość 1 impulsu odpowiada 1 m^3. Obciążalność styków max. 220V; max. 0,5A.

3.2.3 Cechy szczególne

- zabudowa w przewodach (rurociągach) poziomych, jak i pionowych,
- nadajnik impulsów NK- zdalne przekazywanie wskazań,
- udogodniony odczyt przez dowolne ustawienie obrotowo osadzonego liczydła,
- liczydło wskazówkowo-bębenkowe pracujące w suchej przestrzeni,
- sprzęgło magnetyczne dla przeniesienia obrotów wirnika z przestrzeni mokrej do suchej,
- zgodność z wymaganiami normy PN-ISO 4064, BS 5728,
- zatwierdzenie typu Głównego Urzędu Miar.

Na rysunku 5.3 przedstawiono wykres straty ciśnienia strumienia cieczy przepływającego przez wodomierz.



Rys. 5.3 Wykres straty ciśnienia strumienia cieczy przepływającego przez wodomierz

Błąd względny w zakresie:

$q_s \div q_t \pm 2\%$ do wody zimnej,

Nadajnik kontaktronowy (nadajnik Reed'a):

- moc łączona max. 10 W,
- wytrzymałość napięciowa max. 200 V,
- prąd łączony max. 0,5 A,

- długość przewodu 2 m,
- wartość impulsu 1 K (dm).

3.3 Pompa CR

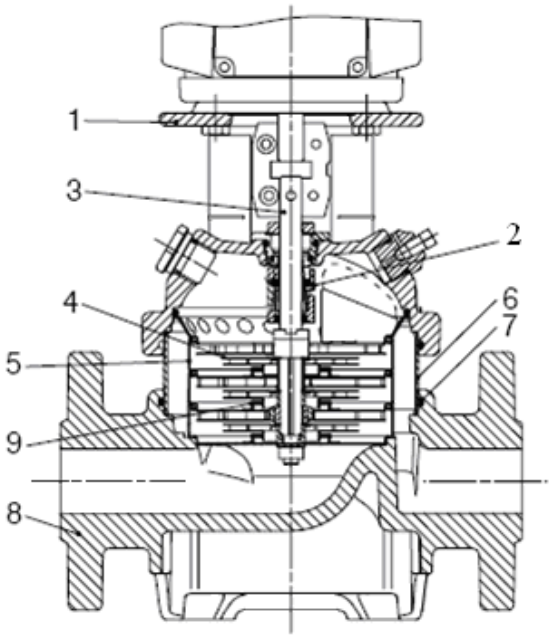
Rys. 6.3 Widok pompy typu CR

Pompa CR [6] jest wykonana ze stali nierdzewnej AISI 304 z głowicą i podstawą pompy z żeliwa szarego. Pompa CR znajduje szerokie zastosowanie od tłoczenia wody pitnej do związków chemicznych, dlatego może pracować w wielu instalacjach, dla których spełnia wymagania materiałowe i techniczne. Na rysunku 6.3 przedstawiono widok pompy typu CR

3.3.1 Budowa pompy

Na rysunku 7.3 przedstawiono przekrój pompy CR

Rys. 7.3 Przekrój pompy CR



Rys. 8.3 Przekrój pompy CR 1-4

Tabeli 3.3 Przedstawiono podstawowe podzespoły pompy.

Pozycja	Opis	Materiał
1	Głowica pompy	Żeliwo
2	Uszczelnienie wału	Kasetowe
3	Wał	Stal nierdzewna
4	Wirnik	Stal nierdzewna
5	Komora	Stal nierdzewna

6	Płaszcz zewnętrzny	Stal nierdzewna
7	Pierścień płaszcza zewnętrznego	EPDM lub FKM
8	Podstawa	Żeliwo
9	Pierścień bieżny	PTFE

Tab. 3.3 Opis podstawowych podzespołów pompy i materiał z jakiego został wykonany

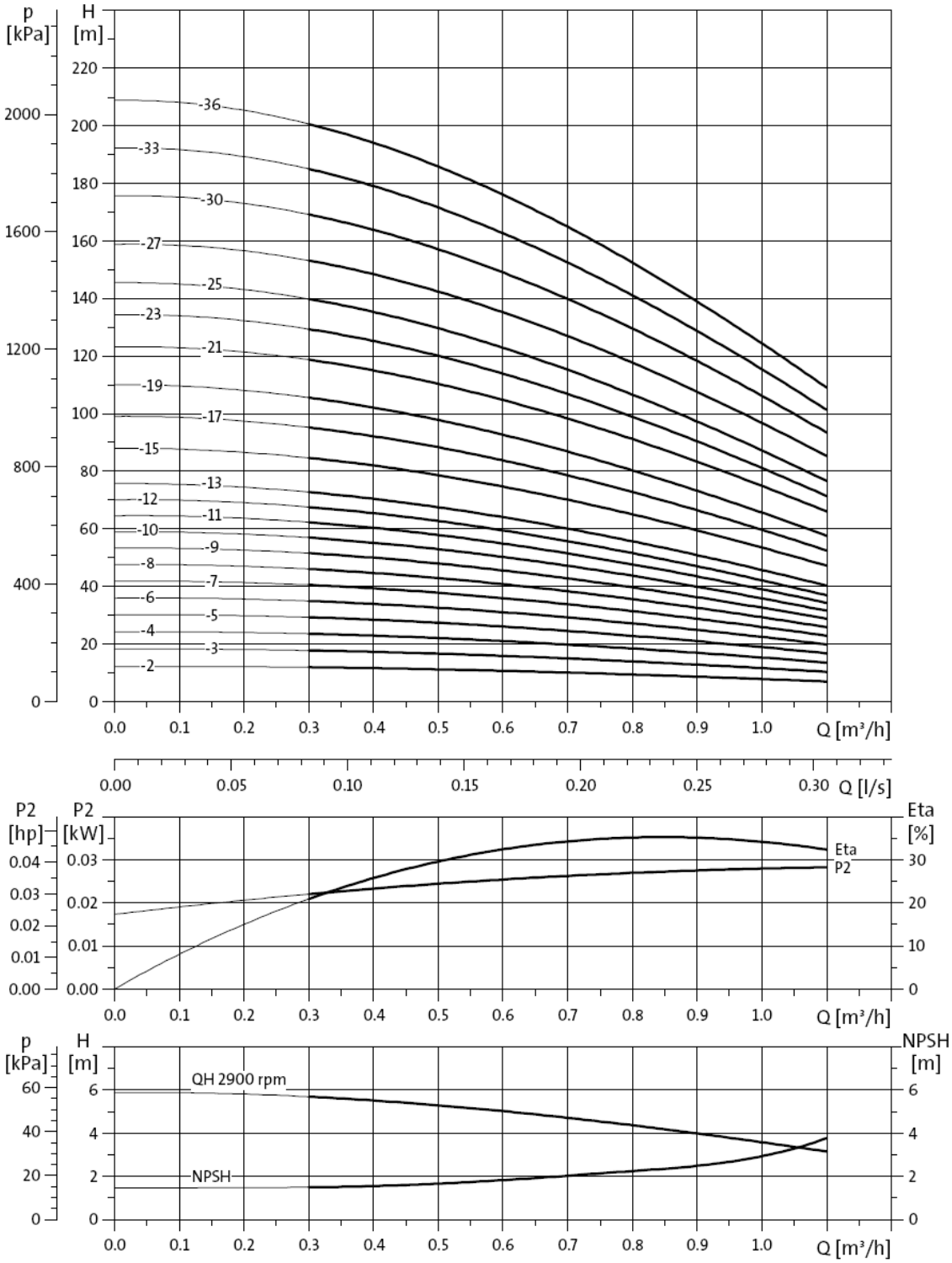
3.3.2 Dobór pompy

Dobór pompy powinien uwzględnić:

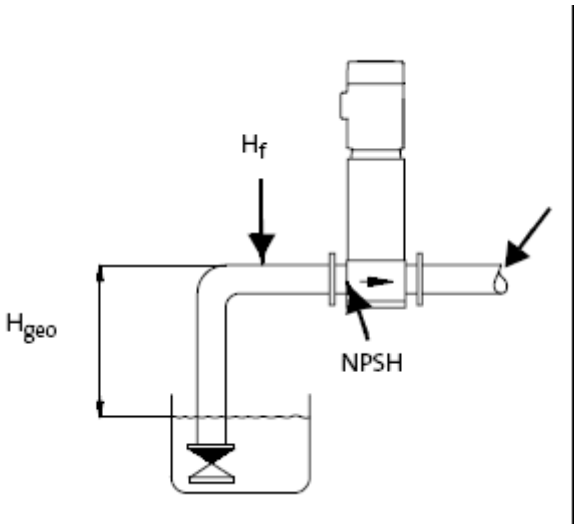
- punkt pracy pompy,
- dane doboru takie jak straty ciśnienia wynikające z różnicy wysokości oporów rurociągów, sprawności pompy,
- wykonanie materiałowe pompy,
- rodzaje przyłączy pompy,
- rodzaje uszczelnienia wału.

Punkt pracy pompy

Znając punkt pracy można dobrać pompę na podstawie charakterystyki przedstawionej na rysunku 9.3



Rys 9.3 Przykładowa charakterystyka pompy



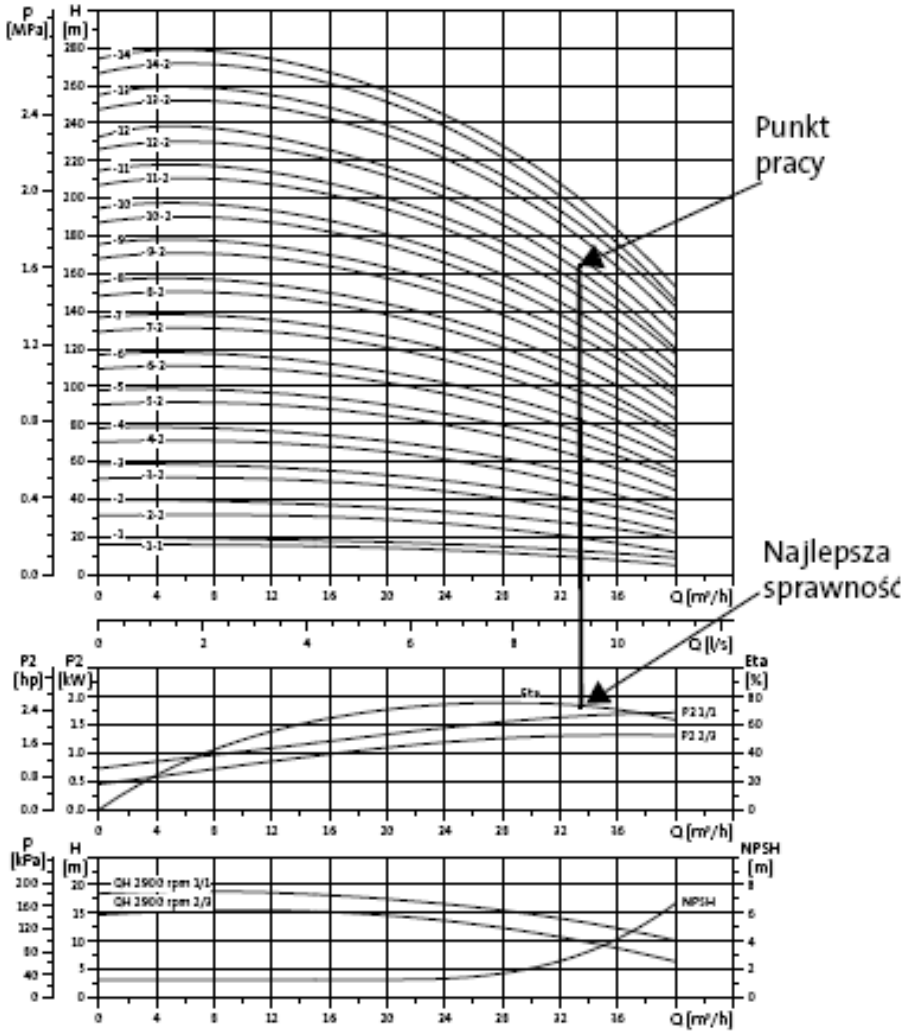
Rys. 10.3 Dane doboru

Podczas doboru wielkości pompy należy uwzględnić następujące parametry przedstawione na rysunku 10.3.

- wymaganą wydajność i ciśnienie w punkcie pracy,
- straty ciśnienia wynikające z różnicy wysokości $H_{geo,}$
- straty ciśnienia rurociągu $H_{f,}$
- najlepszą sprawność w punkcie pracy,
- wartość NPSH (minimalne ciśnienie wlotowe).

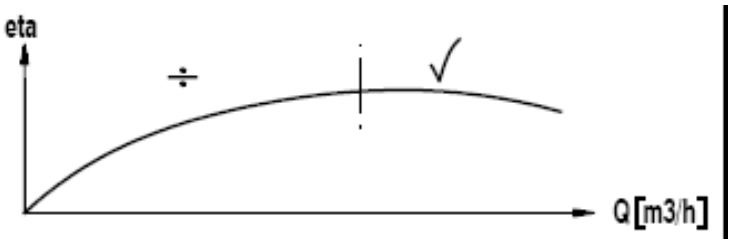
Sprawność

Przed określeniem punktu o najlepszej sprawności należy określić wymagany zakres pracy pompy. Jeżeli pompa będzie pracować cały czas w tym samym punkcie pracy, należy dobrać pompę, która przy wymaganym punkcie pracy ma najwyższą sprawność.
Na rysunku 11.3 przedstawiono punkt pracy pompy CR, a na rysunku 12.3 wykres najwyższej sprawności.



Rys. 11.3 Punkt pracy pompy CR

Ponieważ pompa jest dobierana na podstawie największej wydajności, ważne jest, aby punkt pracy leżał po prawej stronie charakterystyki sprawności w celu utrzymania wysokości przy spadku wydajności (Rys 11.3).

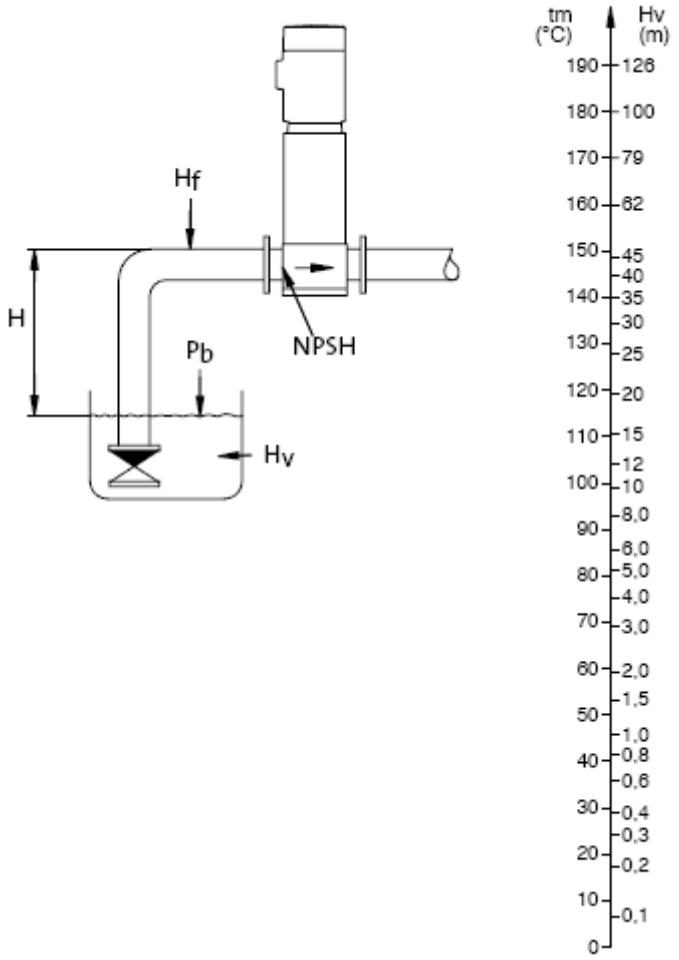


Rys. 12.3 Wykres najwyższej sprawności

Minimalne ciśnienie wlotowe NPSH

Obliczanie ciśnienia wlotowego H (Rys 13.3) jest zalecane w przypadku:

- wysokiej temperatury cieczy,
- wydajności znacznie większej od nominalnej,
- pracy z ssaniem,
- długiego rurociągu po stronie tłocznej,
- słabych warunków po stronie ssawnej.



Rys.12.3 Parametry doboru minimalnego ciśnienia wlotowego – NPSH3

Maksymalna wysokość ssania H można obliczyć korzystając z następującej zależności:

$$\mathbf{H = Pb \times 10{,}2 - NPSH - H_f - H_v - H_s} \qquad \mathbf{(1.3)}$$

Przy czym:

Pb – ciśnienie barometryczne w bar. (można przyjąć 1 bar). W instalacjach zamkniętych, Pb jest równe ciśnieniu w instalacji,

NPSH – wartość NPSH należy odczytać z charakterystyki dla największej wydajności, z jaką pompa będzie pracowała,

Hf – straty ciśnienia w rurociągu ssawnym w m H_2O (przy największej wydajności z jaką pompa będzie pracowała),

Hv – ciśnienie nasycenia w m H_2O (wartość ciśnienia nasycenia należy odczytać ze skali ciśnienia nasycenia, Hv zależy od temperatury cieczy Tm),

Hs – margines bezpieczeństwa (minimum 0,5 m H_2O).

Materiały

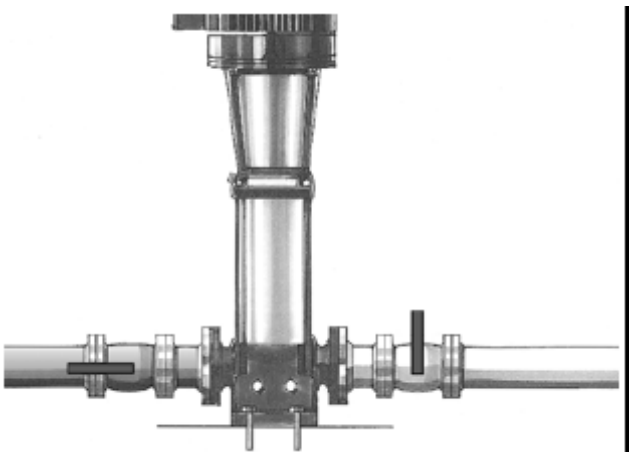
Wykonanie materiałowe pomp powinno być dobrane na podstawie rodzaju, tłoczonej cieczy:

- pompy do tłoczenia cieczy czystych i nieagresywnych, takich jak woda pitna, oleje,
- pompy do tłoczenia cieczy przemysłowych i kwasów.

3.3.2 Uruchamianie pompy

W celu uruchomienia pompy należy przeprowadzić następujące prace:

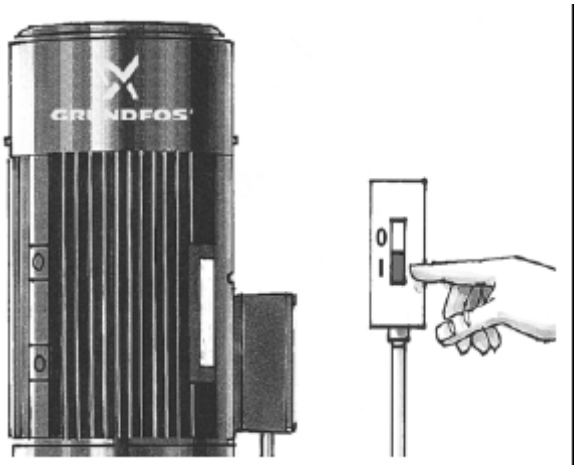
1. Zamknąć zawór odcinający na tłoczeniu pompy i otworzyć zawór odcinający na ssaniu.



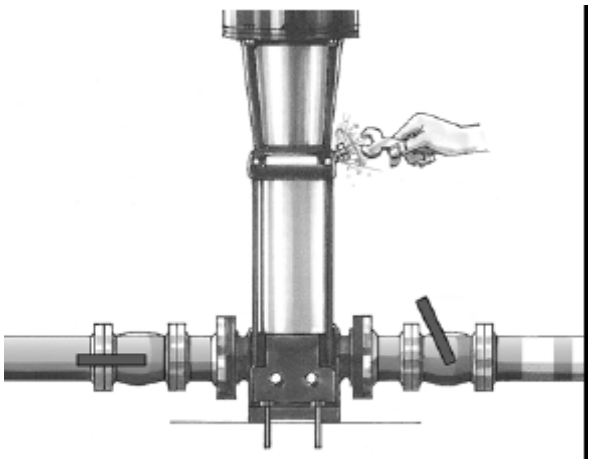
2. Z głowicy pompy zdjąć korek zalewowy i napełnić pompę cieczą. Założyć korek i dokręcić.

3. Poprzez pokrywę wentylatora silnika sprawdzić, czy kierunek obrotów pompy jest prawidłowy.

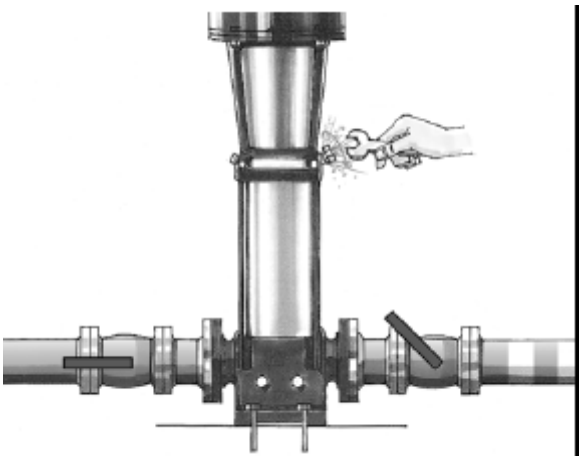
4. Uruchomić pompę i jeszcze raz sprawdzić kierunek obrotów.



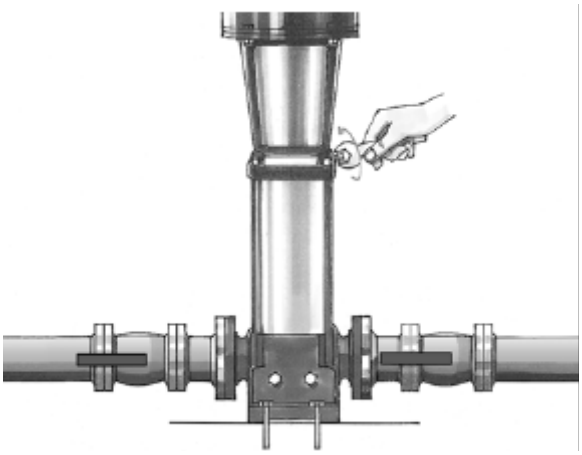
5. Poprzez otwór odpowietrzający na głowicy pompy odpowietrzyć pompę. Jednocześnie lekko otworzyć zawór odcinający na tłoczeniu.



6. Dalej odpowietrzać pompę. Jednocześnie trochę otworzyć zawór odcinający na tłoczeniu.

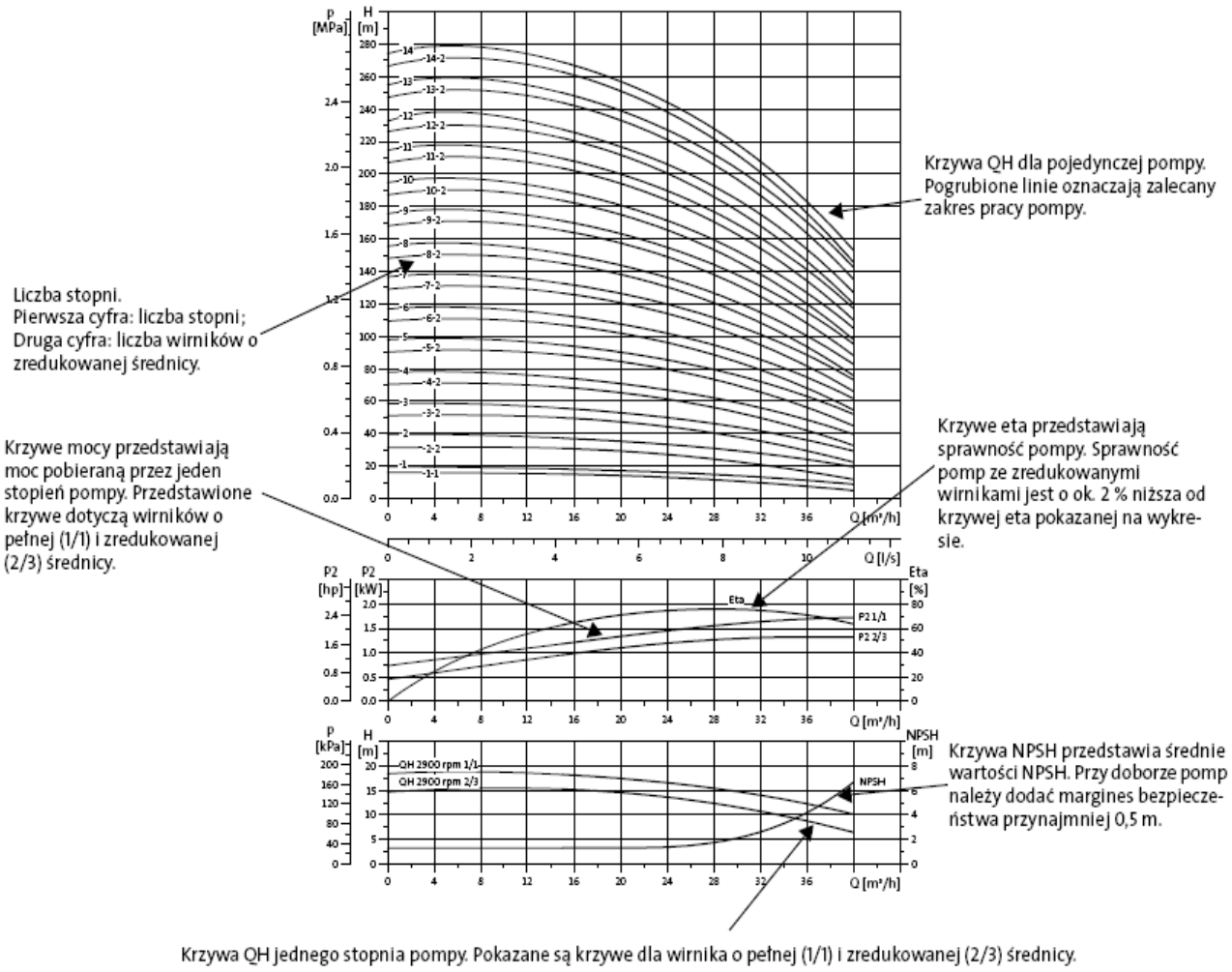


7. Gdy z otworu odpowietrzającego zacznie wypływać stały strumień cieczy, zamknąć go. Całkowicie otworzyć zawór odcinający na tłoczeniu.



3.7.3 Sposób odczytu charakterystyki

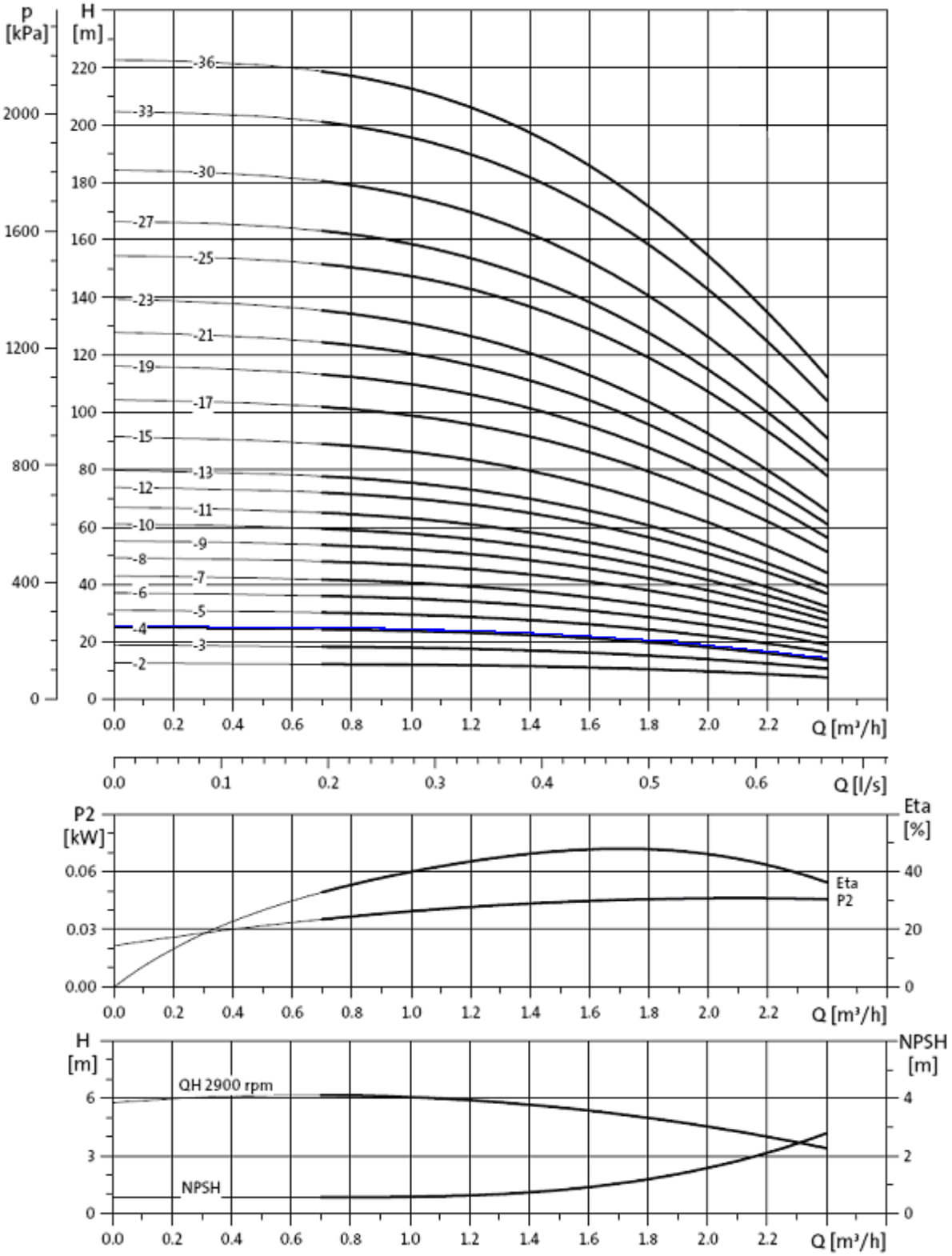
Na rysunku 14.3Przedstawiono sposób odczytu charakterystyki pompy.



Rys. 14.3 Sposób odczytu charakterystyki pompy

3.7.4 Charakterystyka wzorcowa pompy CR

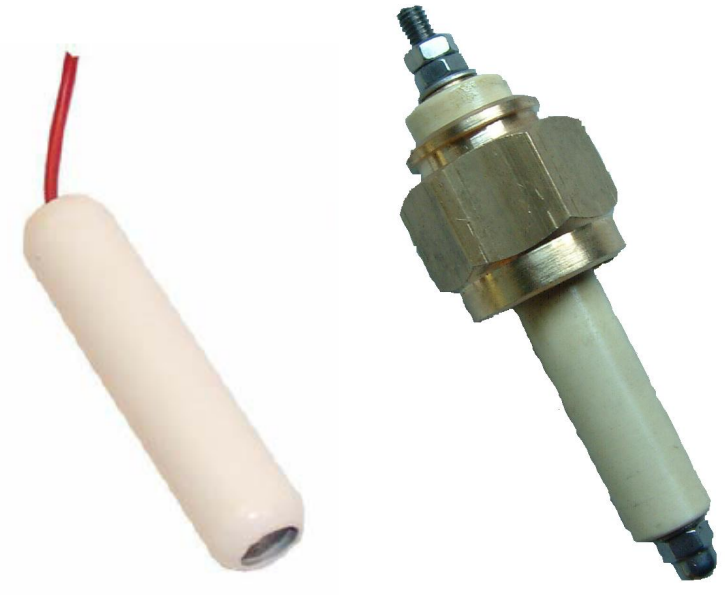
Na rysunku 15.3 przedstawiono charakterystykę wzorcową pompy CR



Rys. 15.3 Charakterystyka wzorcowa pompy CR

3.4 Sondy poziomu

Na stanowisku Laboratoryjnym do pomiaru wody w zbiornikach zastosowano sondy konduktometryczne które przedstawiono na rysunku 16.3



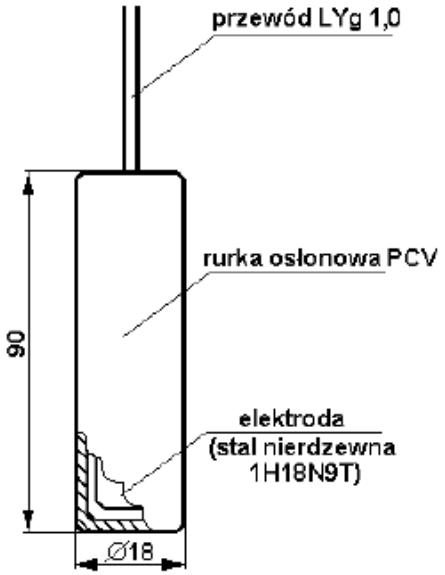
Rys. 16.3 Widok sond konduktometrycznych

3.4.1 Zastosowanie

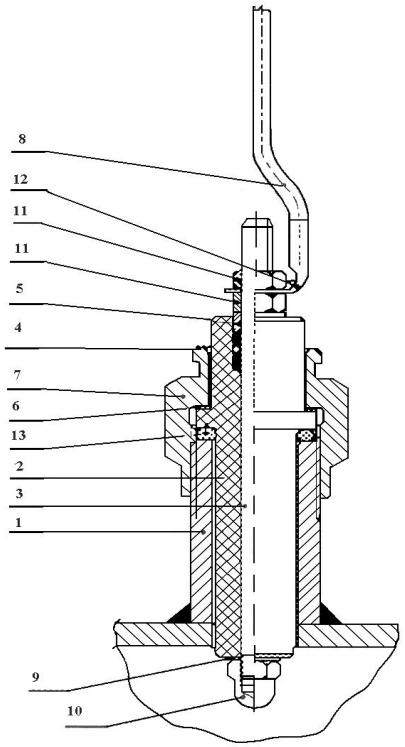
Sondy konduktometryczne (Rys 16.3) przeznaczone są do współpracy z czujnikami poziomu wody CPW-2zC i wodowskazami WP-1.4. Sondy konduktometryczne stosuje się przy wszelkiego rodzaju cieczach przewodzących prąd elektryczny: w zbiornikach wody i studniach głębinowych, przepompowniach i oczyszczalniach ścieków, kotłowniach i hydroforniach, w ujęciach w zbiornikach wyrównawczych i zbiorczych systemach ogrzewana oraz w przemyśle spożywczym, chemicznym i farmaceutycznym. [7]

3.4.2 Budowa

Sonda konduktometryczna wykonana jest ze stali nierdzewnej z przewodem o długości 3m. Na rysunku 17.3 przedstawiono budowę sondy EL-3, Natomiast na rysunku 18.3 Przedstawiono budowę sondy COW.



Rys. 17.3 Budowa sondy EL-3.



1. Króciec
2. Korpus sondy
3. Rdzeń (nierdzewny)
4. Pierścień uszczelniający
5. Pierścień dociskowy
6. Podkładka
7. Nakrętka
8. Przewód
9. Podkładka (nierdzewna) 4,2mm wg PN
10. Nakrętka kołpakowa (nierdzewna)
11. Nakrętka
12. Oczko zaciskowe przewodu
13. Pierścień uszczelniający

Rys. 18.3 Budowa sondy COW

3.4.3 Dane techniczne

W tabeli 4.3 Przedstawiono dane techniczne sond EL-3 i COW.

Lp.	Parametry	EL-3	COW
1	Długość	3m	4,5m
2	Sposób montażu	Do zawieszenia	do wkręcenia w mufę,
3	Maksymalne ciśnienie	Do zbiorników bez ciśnieniowych	do 1.0 MPa
4	Temperatura medium	Do +80°C	Do +80°C
5	wymiary	Ø20 mm, dł. 85 mm	M 20 x 1,5 mm
6	Prąd elektrod	40 µA (przy zasilaniu 12V)	40 µA (przy zasilaniu 12V)

Tab. 4.3 Parametry sond obecności wody

3.4 Elektroniczny wskaźnik poziomu WP-1.4

Na rysunku 19.3 przedstawiono wskaźnik poziomu cieczy

Rys. 19.3 Wskaźnik poziomu cieczy

3.5.1 Zastosowanie

Wskaźnik poziomu WP-1.4 służy do wskazywania pięciu poziomów cieczy przewodzącej na skali złożonej ze świecących diod LED. Każdemu poziomowi odpowiada zestyk przekaźnika o obciążalności prądowej 6A/250V AC1 i 6A/24V DC1. Poziomy wyznaczane są przez elektrody umieszczone na odpowiednich wysokościach w zbiorniku. Elektrodzie E1 odpowiada zestyk przekaźnika P1, dioda LED 1 i wyjście na dodatkową diodę LED 1; elektrodzie E2 odpowiada zestyk przekaźnika P2, dioda LED 2 i wyjście na dodatkowa diodę LED 2 itd.

3.5.2 Zasada działania.

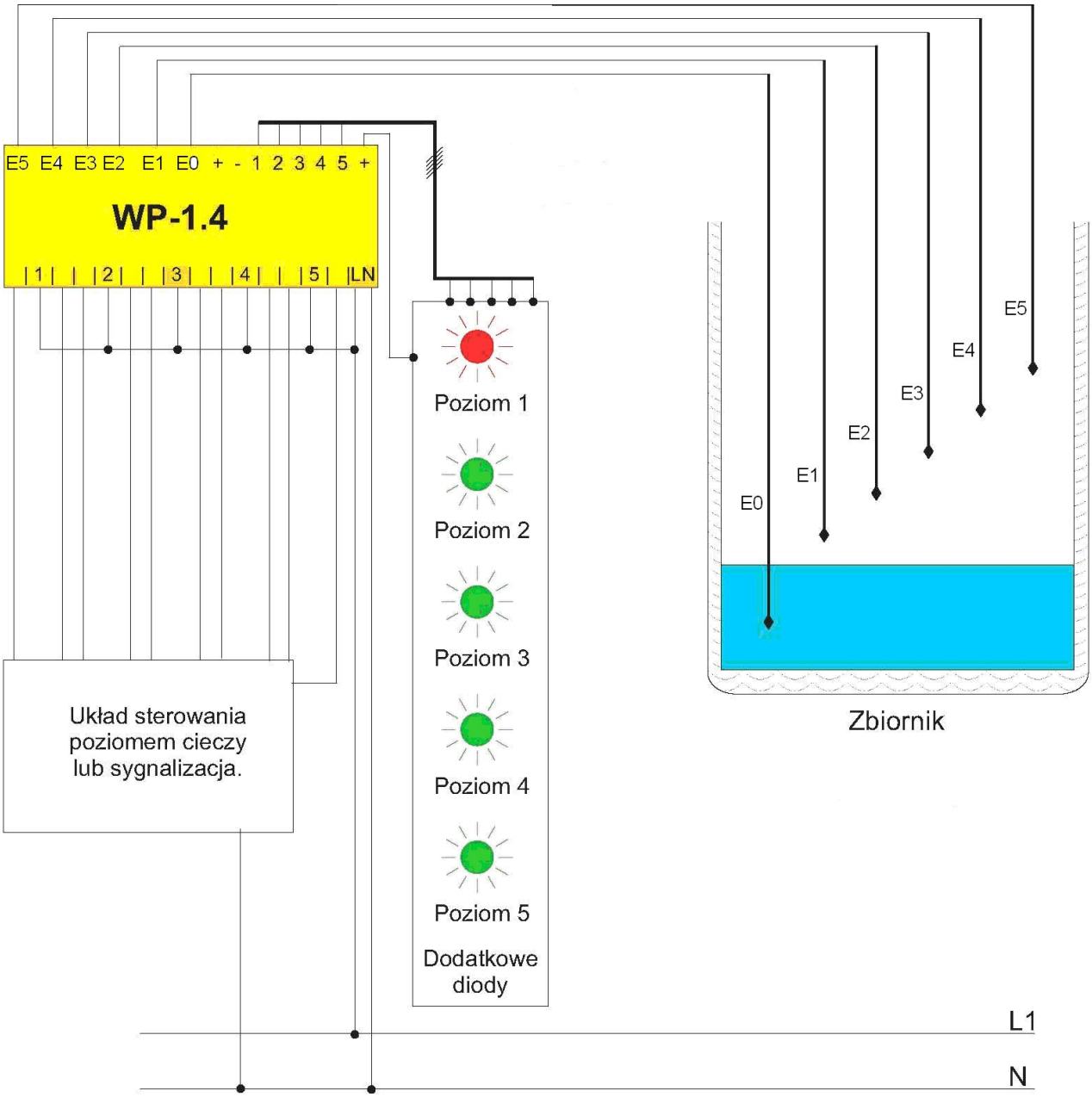
Wskaźnik poziomu WP-1.4 [8] jest czujnikiem przewodnościowym w którym zapalenie się diody LED wywołane jest skokową zmianą przewodności między elektrodami urządzenia (między elektrodą odniesienia, a elektrodą danego poziomu). Układ pomiarowy wykonany jest na bazie obwodu scalonego CMOS z zasilaczem transformatorowym, stabilizatorem oraz listwą zaciskową zmontowaną na płytkach drukowanych. Elektrody zasilane są napięciem 12V, a prąd płynący w ich obwodzie ma wartość nie większą niż 40μA, co gwarantuje praktycznie wyeliminowanie zjawiska elektro-korozji elektrod. W miarę napełniania zbiornika wzbudzane są stopniowo przekaźniki i zapalają się kolejne, diody wskazujące odpowiedni poziom cieczy w zbiornikach. Po usunięciu najniżej usytuowanej elektrody (Rys 20.3), czerwona dioda LED zaczyna pulsować, sygnalizując spadek poziomu wody poniżej stanu alarmowego. Istnieje możliwość sygnalizacji dźwiękowej stanu alarmowego poprzez podłączenie akustycznego sygnalizatora piezoceramicznego do wyjścia oznaczonego „Buz” (wyjście o zasilaniu 15V i rezystancji wewnętrznej 6,8kΩ)

Cykl pracy wskaźnika poziomu WP-1.4 przedstawiono w tabeli 5.3

Kolejne kroki pracy	Poziom cieczy w zbiorniku	Stan przekaźnika Układ styków przekaźnika wyjściowego	LED 1	2	3	4	5
0	E0 E5 E4 E3 E2 E1	Stan styków przekaźników przy wyłączonym zasilaniu. 1 2 3 4 5	miganie				
1	E0 E5 E4 E3 E2 E1	Stan styków przekaźników przy wyłączonym zasilaniu. 1 2 3 4 5					
2	E0 E5 E4 E3 E2 E1	Stan styków przekaźników przy wyłączonym zasilaniu. 1 2 3 4 5					
3	E0 E5 E4 E3 E2 E1	Stan styków przekaźników przy wyłączonym zasilaniu. 1 2 3 4 5					
4	E0 E5 E4 E3 E2 E1	Stan styków przekaźników przy wyłączonym zasilaniu. 1 2 3 4 5					
5	E0 E5 E4 E3 E2 E1	Stan styków przekaźników przy wyłączonym zasilaniu. 1 2 3 4 5					

Tab. 5.3 Wskazania pięciu poziomów z wykorzystaniem sześciu elektrod

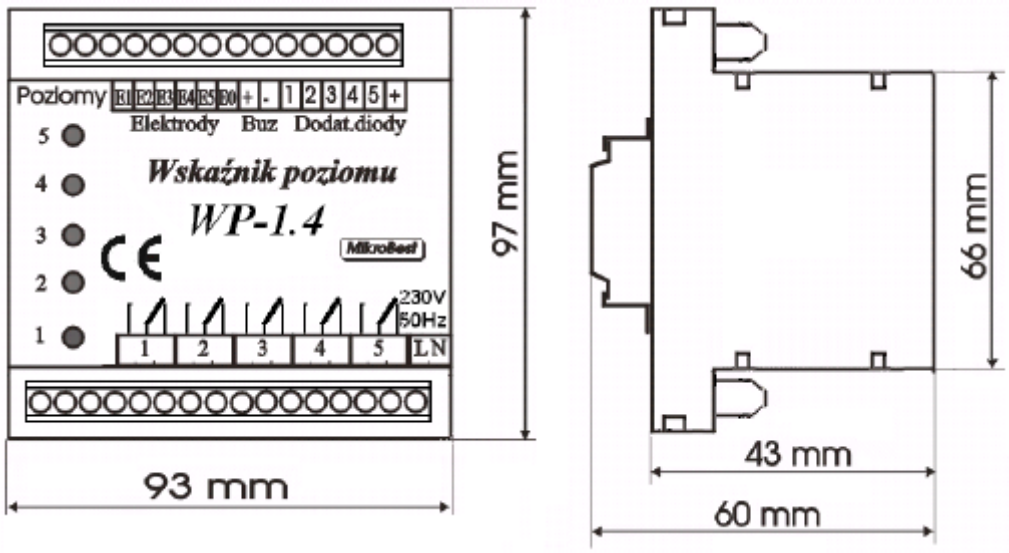
Na rysunku 20.3 przedstawiono sposób podłączenia sond w zbiorniku



Rys. 20.3 Schemat podłączenia wskaźnika poziomu cieczy

3.5.4 Wymiary i dane techniczne.

Rysunek 21.3 przedstawia wymiary wskaźnika poziomu cieczy



Rys. 21.3 Gabaryty wskaźnika poziomu cieczy

Dane techniczne wskaźnika poziomu cieczy

- Zasilanie:	230V, 50Hz,
- Dopuszczalna zmiana napięcia zasilającego:	0,8 – 1,1 $U_{N,}$
- Maksymalny pobór mocy:	< 4 VA,
- Obciążalność styków przekaźnika kategorii AC1:	6A / 250V AC,
- Obciążalność styków przekaźnika kategorii DC1:	6A / 24V DC,
- Maksymalny prąd elektrod:	40µA,
- Zabezpieczenie obwodu elektrod od zakłóceń:	rezystory i diody TVS,
- Wymiary obudowy:	97 x 93 x 43,
- Sposób montażu:	na szynę 35 mm.

3.6 Elektroniczny czujnik poziomu cieczy WPC-2zC

Na rysunku 22.3 przedstawiono czujnik poziomu cieczy CPW-2zC, który na stanowisku laboratoryjnym wykorzystany jest do ochrony pompy . Czujnik poziomu cieczy zabezpiecza pompę przed suchobiegiem.

Rys. 22.3 Czujnik poziomu cieczy

3.6.1 Zastosowanie

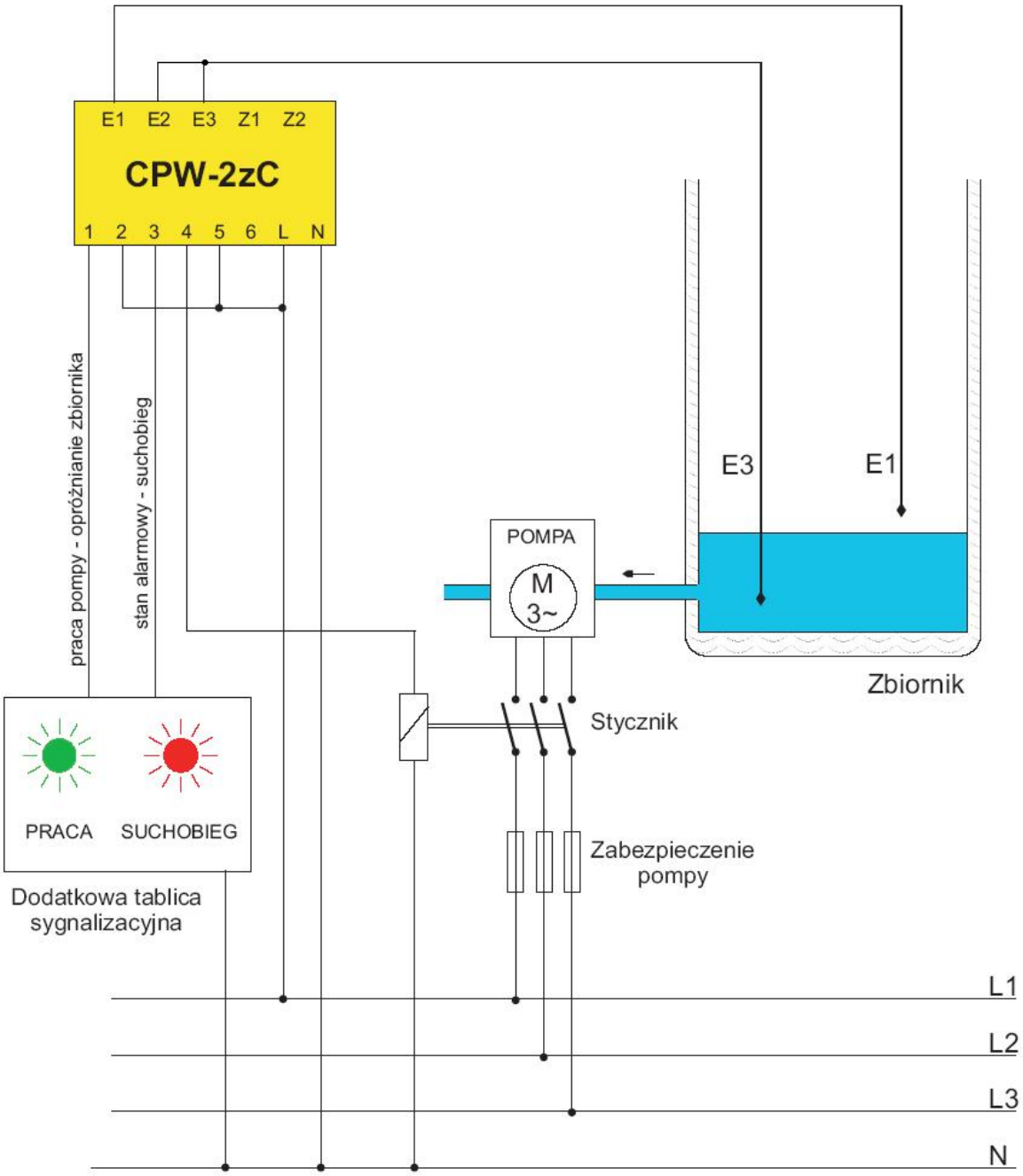
Elektroniczny czujnik poziomu cieczy CPW-2zC [9] przeznaczony jest do kontroli, sygnalizacji i regulacji poziomu różnego rodzaju cieczy przewodzących prąd elektryczny. Dolną granicą stosowania tego czujnika wyznaczają ciecze o przewodności równej 1μS. Czujnik CPW-2zC może pracować w trybie zabezpieczenia pomp przed suchobiegiem lub w trybie kontroli napełniania zbiornika. Czujnik ten można stosować w studniach głębinowych, zbiornikach wody w celu włączenia i wyłączenia pompy w zależności od poziomu cieczy w zbiorniku, w studniach wiejskich jako zabezpieczenie przed suchobiegiem pompy hydroforu. Do współpracy z tym czujnikiem można wykorzystać różnego rodzaju sondy konduktometryczne. Przy zastosowaniu innych, odpowiednio dobranych sond można również kontrolować poziom cieczy o wysokich temperaturach w zbiornikach ciśnieniowych.

Cykl pracy czujnika CPW-2zC w tabeli 6.3

Kolejne kroki pracy	Poziom cieczy w zbiorniku	Stan przekaźnika Układ styków przekaźnika wyjściowego	LED czerwony	LED zielony
1	E3 E1	Po włączeniu zasilania przekaźnik wyjściowy nie zmienia stanu - nie załącza się. 1 2 3 4 5 6		
2	E3 E1	Stan przekaźnika - bez zmian. Podwyższa się poziom cieczy w zbiorniku. 1 2 3 4 5 6		
3	E3 E1	Zmiana stanu przekaźnika nastąpiła po czasie około 3 sekund. Rozpoczyna się opróżnianie zbiornika. 1 2 3 4 5 6		
4	E3 E2 E1	Bezzwłoczna zmiana stanu przekaźnika. Wyłączenie pompy - zabezpieczenie przed suchobiegiem. 1 2 3 4 5 6		
5=1	E3 E1	Po wyłączeniu pompy zaczyna podnosić się poziom cieczy w zbiorniku. 1 2 3 4 5 6		

Tab. 6.3 Sposób działania czujnika

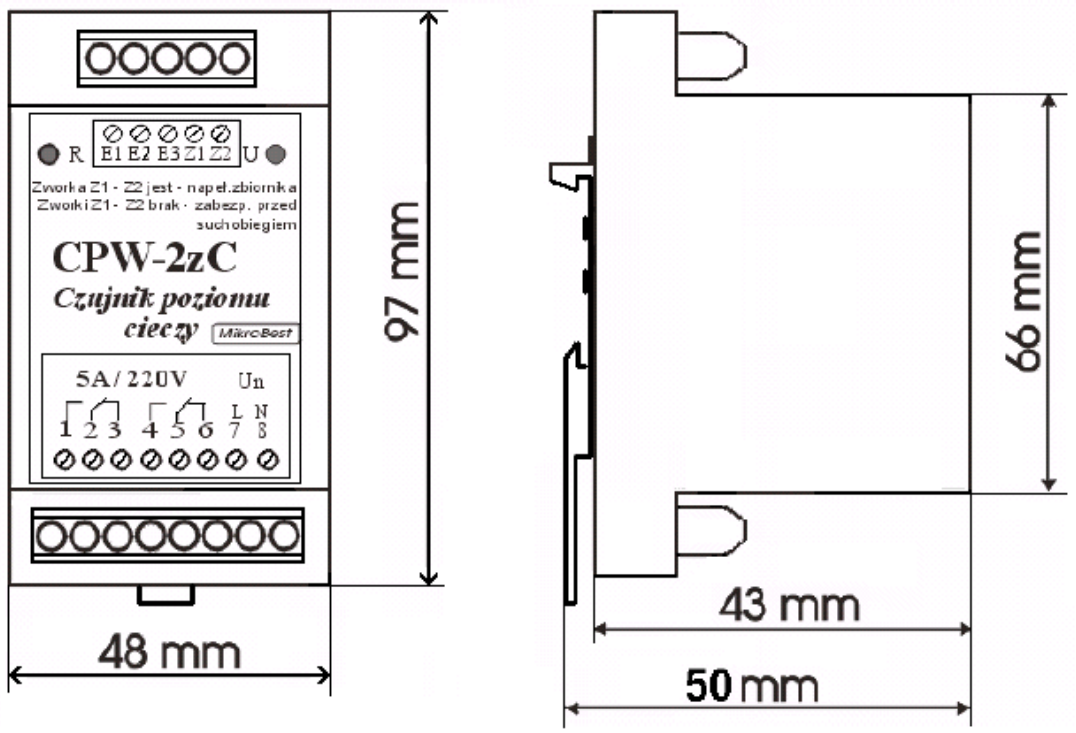
Sposób podłączenia w zbiorniku przedstawiono na rysunku 23.3



Rys. 23.3 Schemat podłączenia czujnika poziomu cieczy

3.6.5 Wymiary i dane techniczne

Wymiary czujnika CPW-2zC przedstawiono na rysunku 24.3.



Rys. 24.3 Gabaryty czujnika poziomu cieczy

- Sposób montażu:

Dane techniczne czujnika CPW-2zC

- Zasilanie:	230 V; 50 Hz,
- Dopuszczalna zmiana napięcia zasilającego:	0,8-1,1 UN,
- Maksymalny pobór mocy:	3 VA,
- Obciążalność styków przekaźnika w kategorii AC1::	8A / 250V AC,
- Obciążalność styków przekaźnika w ategoriiDC1:	8A / 24V DC,
- Maksymalny prąd elektrod:	40µA,
- Zabezpieczenie obwodów elektrod od zakłóceń:	rezystory i diody TVS,
- Stopień ochrony:	IP 40,
- Wymiary obudowy:	48 x 97 x 43 mm,

na szynę 35 mm.

3.7 Przetwornik ciśnienia

Na stanowisku laboratoryjnym do pomiaru ciśnienia wykorzystano Przetwornik ciśnienia Eklipse, który przedstawiono na rysunku 25.3

Rys. 25.3 Przetwornik ciśnienia Eklipse

3.7.1 Zasada działania i zastosowanie

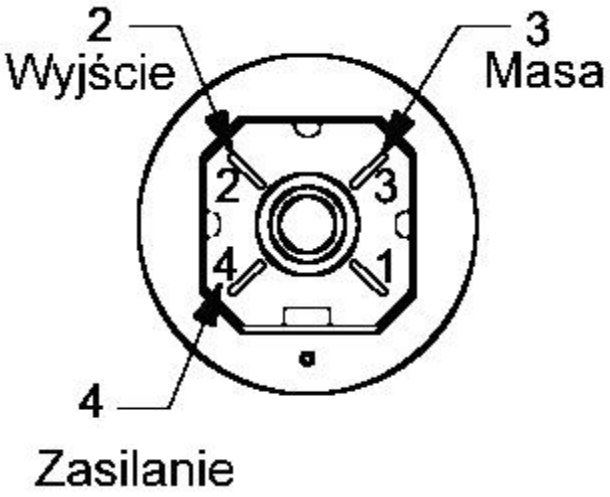
Przetworniki ciśnienia serii Eclipse [10] służą do pomiaru ciśnienia medium i przesyłania wyniku w formie standardowego sygnału prądowego 4 - 20 mA. Niewielkie wymiary, mocna i trwała obudowa ze stali nierdzewnej, szeroki zakres temperatur pracy oraz zabezpieczenie elektroniki przed warunkami zewnętrznymi pozwala na szerokie ich stosowanie, także
w trudnych warunkach. Medium, którego ciśnienie mierzymy, oddzielone jest od elementu pomiarowego za pomocą membran ze stali nierdzewnej. Przetworniki są skalibrowane fabrycznie, posiadają kompensację temperaturową oraz zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją zasilania. Przetworniki ciśnienia przeznaczone są do kontrolowania i pomiarów ciśnienia w:

- układach pneumatycznych,
- układach hydraulicznych,
- kompresorach,
- silnikach,

- procesach przemysłowych.

3.7.2 Dane techniczne

Na rysunku 26.3 przedstawiono widok styków przetwornika.



Rys. 26.3 Styki przetwornika

Dane techniczne przetwornika:

- Zakres mierzonych ciśnień:	0 ... 10 bar,
- Ciśnienie maksymalne:	20 bar,
- Ciśnienie niszczące:	100 bar,
- Wyjście sygnałowe:	prądowe 4 ... 20 mA,
- Napięcie zasilające:	9,5 - 35 V DC,
- Czas reakcji:	<500 µs,
- Dokładność:	±0,25%,
- Wyprowadzenie elektryczne:	złącze Hirschmann G4W1F (wtyczka w zestawie),
- Sposób montażu:	gwint G ¼,
- Temperatura pracy:	od -40°C do +105°C,
- Stopień ochrony:	IP65.

3.8 Manometr z wypełnieniem glicerynowym

Na stanowisku laboratoryjnym do kontroli ciśnienia zastosowano manometr wskazówkowy z wypełnieniem glicerynowym. Manometr przedstawiono na rysunku 27.3

Rys. 27.3 Widok manometru z wypełnieniem glicerynowym

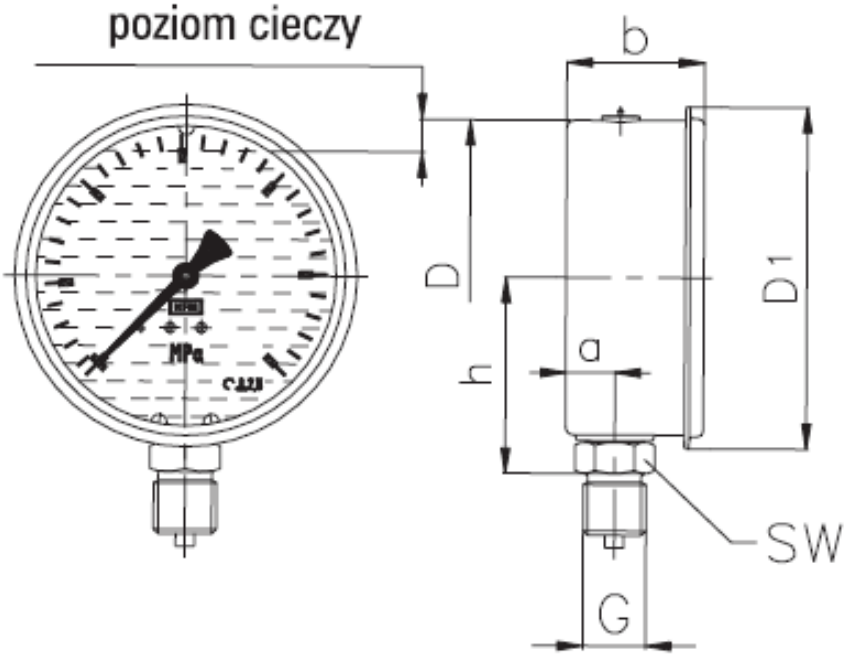
3.8.1 Zastosowanie i dane techniczne

Manometr [11] z wypełnieniem glicerynowym służy do pomiaru ciśnienia gazów i cieczy chemicznie obojętnych na stopy miedzi w miejscach narażonych na wstrząsy i wibracje.W tabeli 7.3 przedstawiono dane techniczne manometru.

Opis	**Parametry**
Klasa dokładności	1.6
Zakres wskazań	0 do 4 bar
Ciśnienie robocze	3/4 zakresu wskazań dla ciśnienia stałego
Ciśnienie robocze	2/3 zakresu wskazań dla ciśnienia zmiennego
Temperatura otoczenia	od -10 do +60°C
Temperatura medium	maksymalnie +60°C
Stopień ochrony obudowy	IP65
Gwint	M12 x 1,5
Element pomiarowy	sprężyna Bourdona
Wypełnienia antywstrząsowe	gliceryna

Tab. 7.3 Dane techniczne

Wymiary zastosowanego manometru przedstawiono na rysunku 28.3 i zebrano je w tabeli 8.3.



Rys. 28.3 Wymiary manometru

Średnica obudowy [mm]	**Wymiary [mm]**						**Waga [kg]**
	D1	a	b	h	G (gwint)	SW	
63	70	9,5	32	38	M12x 1,5	14	0,15

Tab. 8.3 Wymiary manometru

3.9 Sterownik programowalny Siemens S7 224

Do sterowania zaprojektowanego układu zastosowano sterownik programowalny Siemens S7-224, który przedstawiono na rysunku 29.3.

Rys. 29.3 Widok sterownika SIEMENS S7-224

3.9.1 Zastosowanie S7 224

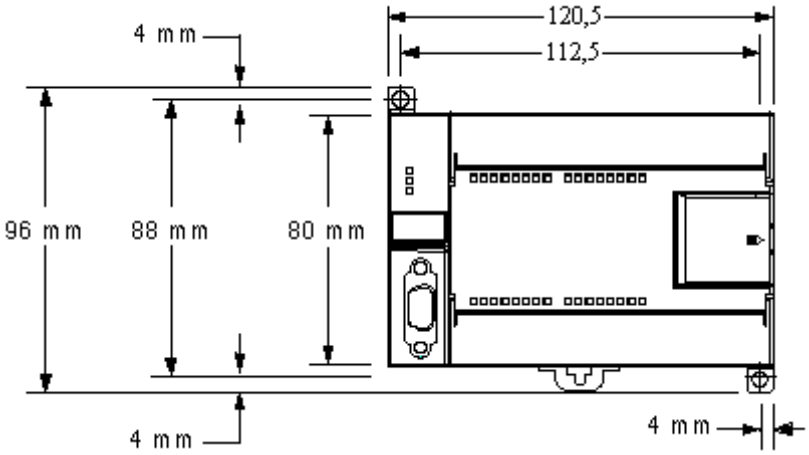
Sterownik Simatic S7-224 [12] to miniaturowy sterownik PLC przystosowany do sterowania niewielkimi maszynami, urządzeniami i obiektami. Oferta producenta obejmuje cały szereg modułów podstawowych, które mogą być rozbudowywane o dodatkowe moduły rozszerzeń binarnych i analogowych oraz moduły specjalizowane. Sterownik S7-224 może pracować jako master w sieci ASI oraz slave w sieci Profibus-DP, umożliwiając tworzenie rozbudowanych systemów rozproszonych, np. dla monitorowania i automatyzacji budynków. Na rysunku 30.3 przedstawiono wymiary sterownika.

3.9.2 Dane techniczne i wymiary gabarytowe

Dane techniczne:

- 14 wejść binarnych,
- 10 wyjść binarnych,
- współpraca do 7 modułów rozszerzeń (168 we/wy binarnych),
- pamięć programu 8Kb,
- pamięć danych 5Kb,

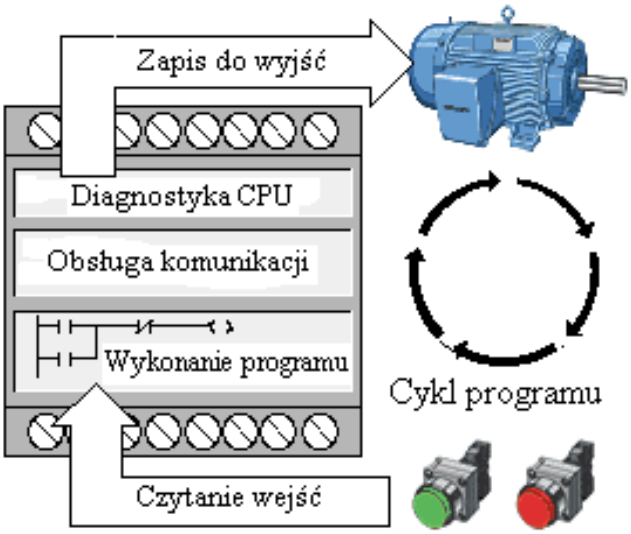
- zabezpieczenie dynamiczne danych za pomocą kondensatora 190 godzin,
- szybkie liczniki 6x30 kHz.



Rys. 30.3 Wymiary sterownika S7-224

3.9.3 Cykl wykonywania programu w sterowniku S7-224

Sterownik S7-224 wykonuje serie zadań w sposób cykliczny. Większość lub wszystkie zadania, wymienione na rysunku 31.3, sterownik wykonuje w trakcie cyklu pracy.



Rys. 31.3 Cykl programu sterownika

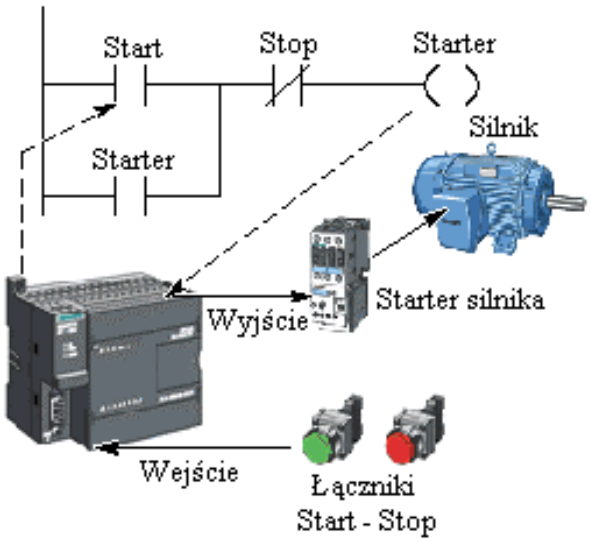
Opis cyklu przedstawionego na rysunku 31.3:

1. Czytanie wejść: sterownik kopiuje stan wejść fizycznych do obrazu wejść procesu,
2. Realizuje logikę sterującą programem: sterownik wykonuje instrukcje programu i zapisuje wartości w różnych obszarach pamięci,
3. Realizuje żądania komunikacji: sterownik wykonuje wszystkie żądania związane z komunikacją,
4. Wykonuje diagnostykę CPU: sterownik sprawdza czy oprogramowanie systemowe, pamięć programu i moduły rozszerzeń pracują poprawnie,
5. Zapisywanie do wyjść: wartości zapisane w obrazie wyjść procesu, są przekazywane na wyjścia fizyczne sterownika.

Wykonanie programu zależy od trybu pracy sterownika. W trybie RUN program jest wykonywany cyklicznie a trybie STOP sterownik nie przetwarza żadnych instrukcji. W trybie STOP można modyfikować parametry programu, jak i przesyłać gotowy program z komputera do sterownika.

Przykład

S7-224 w sposób cykliczny wykonuje pętle programowe odczytując i zapisując dane. Sterownik odnosi program do fizycznych wejść i wyjść.



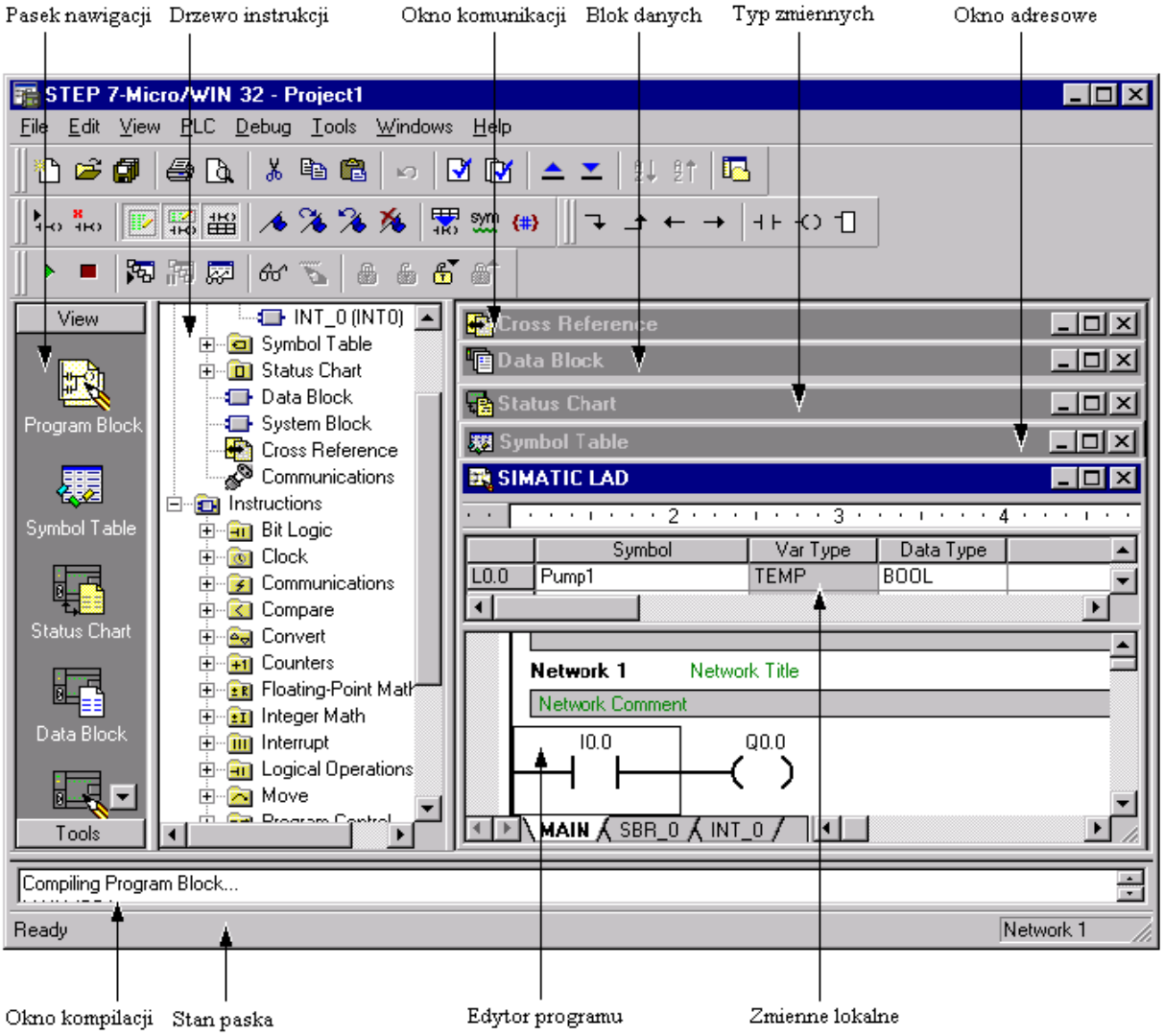
Rys. 32.3 Sterowanie wejściami i wyjściami fizycznymi

Kolejność działania sterownika S7-224 jest następująca:

1. Sczytanie statusu wejść sterownika,
2. Program, który jest zapisany w sterowniku używa tych wejść aby realizować logikę sterującą, a podczas pracy program uaktualnia dane,
3. Zapisuje dane do wyjść sterownika.

3.9.4 Pakiet oprogramowania STEP 7-Micro/WIN

Oprogramowanie narzędziowe Micro/WIN [3] służy do programowania sterowników SIMATIC S7-200. Zawiera ono trzy edytory programu zapewniające dogodne oraz wydajne programowanie aplikacji. Widok programu Micro/Win przedstawiono na rys. 33.3



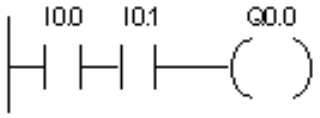
Rys. 33.3 Widok programu STEP 7 - Micro/WIN

3.9.5 Języki programowania

Step 7-Micro/WIN umożliwia pisanie oprogramowania w jednym z trzech języków: drabinkowym (Lauder Logic – LAD), liście instrukcji (Statement List – STL) oraz diagramie funkcjonalnym (Function Block Diagram – FBD) .

Edytor LAD wyświetla program w postaci graficznej, podobnej do elektrycznego diagramu połączeń. Programowanie to pozwala symulować przepływ sygnału przez serię logicznych warunków (styków) aż do końca gdzie uaktywnia wyjście. Edytor LAD po lewej stronie posiada listwę zasilającą, która dostarcza „energii” do połączonego w logikę programu obwodu bramek (styków). Program w edytorze LAD jest wykonywany kolejno, czyli wykonywane są pojedyncze sieci od lewej do prawej

strony, cykliczne z góry na dół (od sieci pierwszej do ostatniej). Na rysunku 34.3 przedstawiono realizację funkcji AND w języku LAD.



Rys. 34.3 Funkcje AND przedstawiona w edytorze LAD
I0.0, I0.1 – adresy styków zwiernych (normalnie otwartych)
Q0.0 – wyjście przekaźnikowe o stykach otwartych

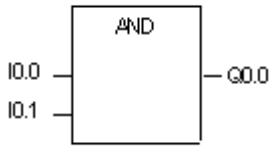
Edytor języka STL wyświetla program w postaci tekstowej listy instrukcji. Umożliwia on tworzenie programu poprzez pisanie w edytorze tekstowym symbolu literowego instrukcji. STL umożliwia pisanie każdego programu nawet takiego którego nie można przedstawić w innych edytorach (LAD lub FBD). Jest to możliwe ponieważ STL odzwierciedla naturalny kod sterownika S7-200. Sterownik wykonuje każdą instrukcję w kolejności zapisanej w programie, od góry do dołu i zaczyna ponownie od góry. Korzystając z edytora STL zawsze można edytować programy napisane w LAD lub FBD, odwrotna sytuacja jest nie zawsze możliwa. Na rysunku 35.3 przedstawiono funkcję AND zrealizowaną za pomocą listy instrukcji (STL).

```
LD    I0.0
A     I0.1
=     Q0.0
```

Rys. 35.3 Funkcja AND zapisana w edytorze STL
LD- styk normalnie otwarty

Edytor diagramu funkcyjnego FBD wyświetla program w postaci graficznej, która składa się z diagramu bramek logicznych. Nie ma tu ani styków ani bramek ale są

równoznaczne instrukcje zawarte w prostokątnych symbolach instrukcji. Edytor FBD nie używa koncepcji zasilania od lewej lub prawej strony jak ma to miejsce w edytorze LAD. Logika programu zawarta jest pomiędzy symbolami instrukcji. Oznacza to, że wyjście jednej instrukcji może być użyte jako wejście innej instrukcji w ten sposób tworzyć pożądaną logikę. Rysunek 36.3 przedstawia funkcję AND zapisaną za pomocą diagramu funkcyjnego FDB.

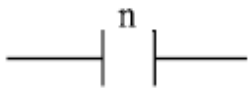


Rys. 36.3 Funkcje AND zapisana w edytorze FBD
I0.0, I0.1 – adresy sygnałów wejściowych
AND – blok funkcyjny iloczynu
Q0.0 - wyjście przekaźnikowe o stykach otwartych

3.9.6 Opis elementów logicznych stosowanych w języku LAD

1. Styki

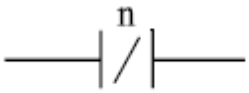
a) Styk normalnie otwarty (Normalny Open) (Rys. 37.3)



Rys. 37.3 Styk normalnie otwarty

Przewodzi sygnał (zwiera styki), gdy wartość logiczna przypisanej zmiennej wynosi „1”
Zmienna n: I, Q, M, SM, T, C, V identyfikatory zostały opisane w tabeli 7.3

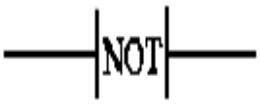
b) Styk normalnie zamknięty (Normalny Closed) (Rys. 38.3)



Rys. 38.3 Styk normalnie zamknięty

Przewodzi sygnał (zwiera styki), gdy wartość logiczna przypisanej zmiennej wynosi „0”
Zmienna n: I, Q, M, SM, T, C, V

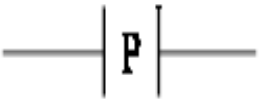
c) Styk negacji (Not) (Rys. 39.3)



Rys. 39.3 Styk negacji

Gdy dochodzi do niego sygnał o wartości „1” jego styk jest otwarty.

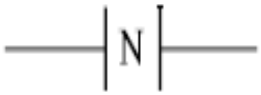
d) Styk zwierny na czas jednego cyklu pracy sterownika (Positiv Transmition) (Rys. 40.3)



Rys. 40.3 Styk zwierny na jeden cykl pracy sterownika

Gdy sygnał zostanie podany do tego styku zmienia wartość z „0” na „1” (styk impulsowy)

e) Styk rozwierny na czas jednego cyklu pracy sterownika (Negative Transmition) (Rys. 41.3)



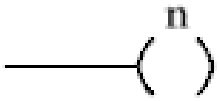
Rys. 41.3 Styk rozwierny na jeden cykl pracy sterownika

Gdy sygnał zostanie podany do tego styku zmienia wartość z „1” na „0” (styk impulsowy)

Zmienna n: I, Q, M, SM, T, C, V

2. Przekaźniki

a) Przekaźnik o stykach otwartych (Output) (Rys. 42.3)



Rys. 42.3 Przekaźnik o stykach otwartych

Przekaźnik ustawia wartość przypisanej zmiennej na „1”, gdy podany zostanie do niego sygnał o wartości „1”

Zmienna n: Q, M, SM, T, C, V

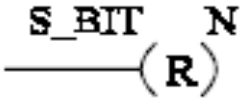
b) Przekaźnik ustawialny „SET” (Set) (Rys. 43.3)

Rys. 43.3 Przekaźnik ustawialny „SET”

Przekaźnik ustawia na „1” kilka przypisanych mu zmiennych dyskretnych, których liczbę określa parametr „N”. Zmienna S_BIT określa adres początkowy tych zmiennych. Jest to przekaźnik z pamięcią, gdyż jego stan jest podtrzymywany w przypadku wyłączenia zasilania sterownika lub po przejściu sterownika w tryb pracy STOP. Wartość „1” jest utrzymywana do momentu, aż sygnał podany zostanie do przekaźnika „RESET”

Zmienna S_BIT: I, Q, M, SM, T, C, V

c) Przekaźnik ustawialny „RESET” (Reset) (Rys.44.3)

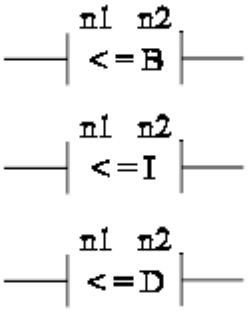


Rys. 44.3 Przekaźnik ustawialny „RESET”

Gdy do przekaźnika podany zostanie sygnał wartości przypisanej mu zmiennej S_BIT oraz kilka kolejnych zmiennych dyskretnych określonych parametrem „N” ustawiona zostanie na „0”. Jest to przekaźnik z pamięcią.

3. Styki komparatorów

a) Zestyk (Rys. 45.3)



Rys. 45.3 Zestyk

Zestyk jest zwarty (przewodzi sygnał), gdy n1 < = n2

B – bajt (zmienna 8-bitowa) (< = Byte)

Zmienna n1, n2: VB, IB, QB, MB, SMB, AC, K- zmienne zostały opisane w tabeli 7.3

I – liczba całkowita ze znakiem (zmienna 16-bitowa) (< = Word Integer)

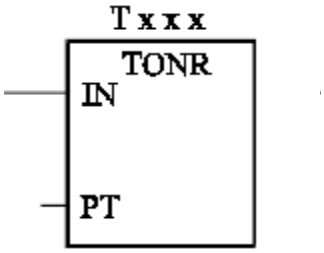
Zmienna n1, n2: VW, T, C, IW, QW, MW, AC, SMW, AIW, K

D – liczba całkowita ze znakiem (zmienna 32-bitowa) (< = Double Word Integer)

Zmienna n1, n2: VD, ID, QD, K, MD, SMD, AC, HC

4. Timery

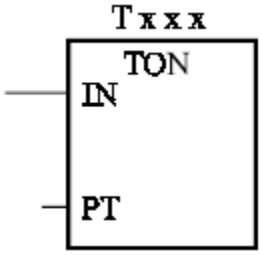
a) Timer z kontynuacja czasu zliczania po przerwaniu (Timer-Retentive On Delay) (Rys.46.3)



Rys. 46.3 Timer z kontynuacja czasu zliczania po przerwaniu

Timer zlicza czas , gdy zostanie podany sygnał „1” na jego wejście „IN” i zatrzymuje naliczaną wartość, gdy sygnał jest nieaktywny. Po ponownym pojawieniu się sygnału na wejściu „IN” zliczanie czasu jest kontynuowane. Może zliczyć maksymalnie +32767 jednostek czasu. Gdy wartość bieżąca zrówna się z wartością zadaną „PT” timer zostaje uaktywniony, tzn. bit wyjściowy timera „Txxx” (Rys. 46.3) przyjmuje wartość „1”

b) Timer z ciągłym zliczaniem czasu (Timer –On Delay) (Rys. 47.3)

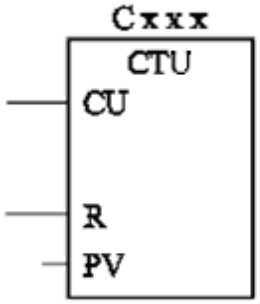


Rys. 47.3 Timer z ciągłym zliczaniem czasu

Timer zlicza czas, gdy zostanie podany sygnał „1” na jego wejście „IN” i zostaje wyzerowany, gdy sygnał przestaje być aktywny. Po pojawieniu się tego sygnału na wejściu „IN” zliczanie czasu rozpoczyna się od początku. Zakres zliczanych jednostek czasu: +32767. Gdy wartość bieżąca zrówna się z wartością zadaną „PT” timer zostaje uaktywniony, tzn: bit wyjściowy timera „Txxx” (Rys. 47.3) ustawia się na „1”

5. Liczniki

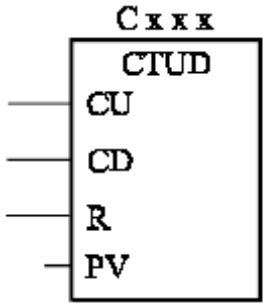
a) Licznik zliczający w górę (Count Up) (Rys. 48.3)



Rys. 48.3 Licznik zliczający w górę

Licznik CTV służy do zliczania impulsów (zbocza narastającego) doprowadzonych do wejścia „CU". Zakres licznika wynosi 32767 impulsów. Licznik jest wyzerowany tak długo, jak długo na wejściu kasującym „R" utrzymuje się sygnał „1". Przy zrównaniu się liczby impulsów z wartością zadaną „PV" licznik zostaje uaktywniony, tzn. bit wyjściowy licznika „Cxxx" (Rys. 48.3) ustawia się na „1"

b) Licznik zliczający w górę i dół (Mount Up/Down) (Rys. 49.3)



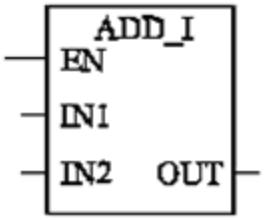
Rys. 49.3 Licznik zliczający w górę i dół

Liczni CTUD umożliwia zliczanie w górę impulsów (zbocze narastające) doprowadzonych do wejścia „CU" lub w dół (zbocze opadające) gdy impulsy doprowadzone są do wejście „CD". Zakres zliczanych impulsów wynosi od -32768 do +32767. licznik jest wyzerowany tak długo, jak długo na wejściu kasującym „R" utrzymuje się sygnał „1". Przy zrównaniu się liczby zliczanych impulsów z wartością

zadaną „PV” licznik zostaje uaktywniony, tzn. bit wyjściowy licznika „Cxxx” (Rys. 49.3) ustawia się na „1”.

6. Operacje matematyczne

a) Funkcja dodawania dwóch liczb całkowitych (Add Integer) (Rys. 50.3)

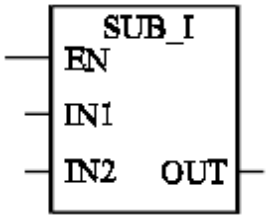


Rys. 50.3 Funkcja dodawania dwóch liczb całkowitych

Blok funkcyjny ADD I umożliwia dodawanie dwóch liczb całkowitych 16-bitowych ze znakiem (Sygnet Integer) w zakresie od -32768 do +32767 doprowadzonych do wejść: „IN1” oraz „IN2”. Wynik działania, (zmienna 16-bitowa), wystawiana jest na wyjście „OUT”. Operacja zostanie wykonana, gdy do wejścia „EN” podany zostanie sygnał

IN1 + IN2 = OUT

b) Funkcja odejmowania dwóch liczb całkowitych (Subtract Integer) (Rys. 51.3)

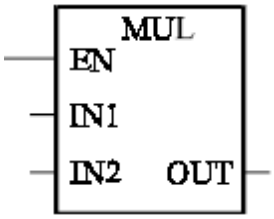


Rys. 51.3 Funkcja odejmowania dwóch liczb całkowitych

Blok funkcyjny SUB I umożliwia odejmowanie dwóch liczb całkowitych 16-bitowych ze znakiem (Sygnet Integer) w zakresie od -32768 do +32767 doprowadzonych do wejść: „IN1” oraz „IN2”. Wynik działania, jako zmienna 16-bitowa, podawany jest na

wyjście „OUT”. Operacja zostanie wykonana, gdy do wejścia „EN” podany zostanie sygnał IN1 - IN2 = OUT

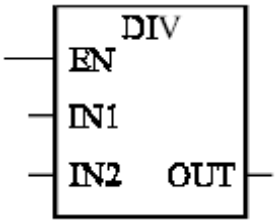
c) Funkcja mnożenia dwóch liczb całkowitych (Multiply Integer) (Rys. 52.3)



Rys. 52.3 Funkcja mnożenia dwóch liczb całkowitych

Blok funkcyjny MUL umożliwia mnożenie dwóch liczb całkowitych 16-bitowych ze znakiem (Sygnet Integer) w zakresie od -32768 do +32767 doprowadzonych do wejść: „IN1” oraz „IN2”. Wynik działania, (zmienna 32-bitowa), podawany jest na wyjście „OUT”. Operacja zostanie wykonana, gdy do wejścia „EN” podany zostanie sygnał
IN1 * IN2 = OUT

d) Funkcja dzielenia dwóch liczb całkowitych (Divie Integer) (Rys. 53.3)



Rys. 53.3 Funkcja dzielenia dwóch liczb całkowitych

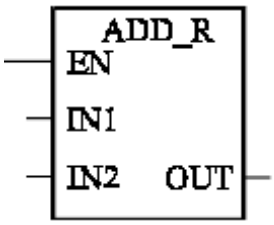
Blok funkcyjny DIV umożliwia dzielenie dwóch liczb całkowitych 16-bitowych ze znakiem (Sygnet Integer) w zakresie od -32768 do +32767 doprowadzonych do wejść: „IN1” oraz „IN2”. Wynik działania, (zmienna 32-bitowa), podawany jest na

wyjście „OUT”. Operacja zostanie wykonana, gdy do wejścia „EN” podany zostanie sygnał

IN1 / IN2 = OUT

Cześć całkowita ilorazu przechowywana jest w pierwszych 16 mniej znaczących bitach, a reszta w kolejnych 16 bardziej znaczących bitach zmiennej wyjściowej 32-bitowej.

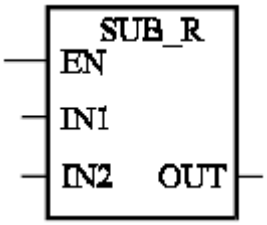
e) Funkcja dodawania dwóch liczb rzeczywistych (Add Real) (Rys. 54.3)



Rys. 54.3 Funkcja dodawania dwóch liczb rzeczywistych

Operacja dodawania dwóch 32-bitowych liczb rzeczywistych „IN1” oraz „IN2” w arytmetyce zmiennoprzecinkowej (floating point). Wynik operacji jest liczbą rzeczywistą 32-bitową i podawany jest na wyjście „OUT”. Operacja zostanie wykonana, gdy do wejścia „EN” podany zostanie sygnał IN1 + IN2 = OUT

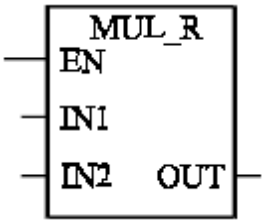
f) Funkcja odejmowania dwóch liczb rzeczywistych (Subtract Real) (Rys. 55.3)



Rys. 55.3 Funkcja odejmowania dwóch liczb rzeczywistych

Operacja odejmowania dwóch 32-bitowych liczb rzeczywistych „IN1” oraz „IN2” w arytmetyce zmiennoprzecinkowej (floating point). Wynik operacji jest liczbą rzeczywistą 32-bitową i podawany jest na wyjście „OUT”. Operacja zostanie wykonana, gdy do wejścia „EN” podany zostanie sygnał IN1 - IN2 = OUT

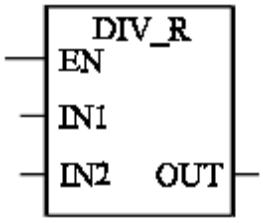
g) Funkcja mnożenia dwóch liczb rzeczywistych (Multiply Real) (Rys. 56.3)



Rys. 56.3 Funkcja mnożenia dwóch liczb rzeczywistych

Operacja mnożenia dwóch 32-bitowych liczb rzeczywistych „IN1” oraz „IN2” w arytmetyce zmiennoprzecinkowej (floating point). Wynik operacji jest liczbą rzeczywistą 32-bitową i podawany jest na wyjście „OUT”. Operacja zostanie wykonana, gdy do wejścia „EN” podany zostanie sygnał IN1 * IN2 = OUT

h) Funkcja dzielenia dwóch liczb rzeczywistych (Divie Real) (Rys. 57.3)

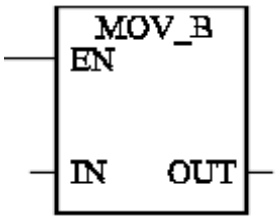


Rys. 57.3 Funkcja dzielenia dwóch liczb rzeczywistych

Operacja dzielenia dwóch 32-bitowych liczb rzeczywistych „IN1” oraz „IN2” w arytmetyce zmiennoprzecinkowej (floating point). Wynik operacji jest liczbą rzeczywistą 32-bitową i podawany jest na wyjście „OUT”. Operacja zostanie wykonana, gdy do wejścia „EN” podany zostanie sygnał IN1 / IN2 = OUT

7. Funkcje przemieszczenia

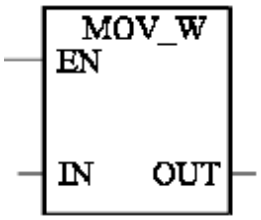
a) Funkcja przemieszczenia stałej bez znaku lub zmiennej określonej 8-bitowym adresem (Move Byte) (Rys. 58.3)



Rys. 58.3 Funkcja przemieszczenia stałej bez znaku lub zmiennej określonej 8-bitowym adresem

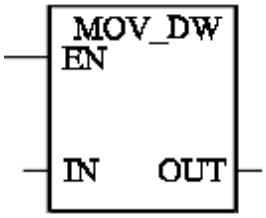
Blok funkcyjny przemieszczający stałą bez znaku lub zmienną określoną 8-bitowym adresem doprowadzona do wejścia „IN” w miejsce docelowe określone adresem, który został wystawiony na wyjściu „OUT”. Zmienna wejściowa nie ulega zmianie po wykonaniu operacji przemieszczenia. Operacja przemieszczenia zostanie wykonana, gdy na wejście „EN” zostanie podany sygnał inicjujący.
Zmienna IN: VB, IB, QB, MB, SMB, AC, K
Zmienna OUT: VB, IB, QB, MB, SMB, AC

b) Funkcja przemieszczenia stałej bez znaku lub zmiennej określonej 16-bitowym adresem (Move Word) (Rys. 59.3)



Rys. 59.3 Funkcja przemieszczenia stałej bez znaku lub zmiennej określonej 16-bitowym adresem

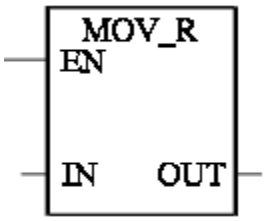
Blok funkcyjny przemieszczający stałą bez znaku lub zmienną określoną 16-bitowym adresem podaną na wejście „IN” w miejsce określone adresem na wyjściu „OUT”. Zmienna wejściowa nie ulega zmianie po wykonaniu operacji przemieszczenia. Operacja przemieszczenia zostanie wykonana, gdy na wejście „EN” zostanie podany sygnał inicjujący.
Zmienna IN: VW, T, C, IW, QW, SMW, AC, AIW, K
Zmienna OUT: VB, IB, QB, MB, SMB, AC
c) Funkcja przemieszczenia stałej bez znaku lub zmiennej określonej 32-bitowym adresem(Move Double Word) (Rys. 60.3)



Rys. 60.3 Funkcja przemieszczenia stałej bez znaku lub zmiennej określonej 32-bitowym adresem

Blok funkcyjny przemieszczający stałą bez znaku lub zmienną określoną 32-bitowym adresem podaną na wejście „IN” w miejsce określone adresem na wyjściu „OUT”. Zmienna wejściowa nie ulega zmianie po wykonaniu operacji przemieszczenia. Operacja przemieszczenia zostanie wykonana, gdy na wejście „EN” zostanie podany sygnał inicjujący.
Zmienna IN: VD, ID, QD, MD, SMD, AC, HC, K
Zmienna OUT: VD, ID, QD, MD, SMD, AC

d) Funkcja przemieszczenia stałej (Move Real) (Rys. 61.3)



Rys. 61.3 Funkcja przemieszczenia stałej

Blok funkcyjny przemieszczający zmienna rzeczywistą 32-bitową „IN” w miejsce docelowe określone parametrem wyjściowym „OUT”. Zmienna wejściowa nie ulega zmianie po wykonaniu operacji przemieszczenia. Operacja przemieszczenia zostanie wykonana, gdy na wejście zostanie „EN” zostanie podany sygnał inicjujący.
Zmienna IN: VD, ID, QD, MD, SMD, AC, HC, K
Zmienna OUT: VD, ID, QD, MD, SMD, AC

Typ zmiennych sterowanych w sterowniku programowalnym S7-200

B (Byte) -bajt (zmienna 8-bitowa)
W (Word) -słowo (zmienna 16-bitowa)
I (Integer) -liczba całkowita ze znakiem (zmienna 16-bitowa)
D (Double Word) -liczba całkowita ze znakiem (zmienna 32-bitowa)
R (Real) -liczba rzeczywista (zmienna 32-bitowa)

Identyfikatory podstawowych zmiennych przedstawiono w tabeli 7.3

Nazwa identyfikatora	Typ zmiennej			
	1-bitowa (bit)	8-bitowa (B-Byte)	16-bitowa (W-Word)	32-bitowa (D-Double Word)
Zmienna pamięciowa (V- Variable Memory)	-	VB	VW	VD
Zmienna wejściowa (I- Input)	I	IB	IW	ID
Zmienna wyjściowa (Q- Output)	Q	QB	QW	QD
Wewnętrzna zmienna (M- Internal Memory)	M	MB	MW	MD
Wewnętrzna zmienna specjalna- systemowa (SM- Special Memory)	SM	SMB	SMW	SMD
Zmienna wejściowa analogowa (AI- Analog Input)	-	-	AIW	-
Zmienna wyjściowa analogowa (AQ- Analog Output)	-	-	AIQ	-

Tab. 9.3 Identyfikatory podstawowych zmiennych

3.9.6 Opis programu

Działanie w trybie pracy progowo-czasowej polega na utrzymaniu poziomu wody w kolektorze pomiarowym w granicach określonych dwoma progami poprzez otwarcie i zamknięcie zaworów elektromagnetycznych w zbiornikach pomiarowych, oraz przez włączanie i wyłączanie pompy. Załączanie pompy następuje po włączeniu programu i sprawdzeniu przez sterownik poszczególnych stanów, pompa może zostać zatrzymana na skutek powstałych awarii:

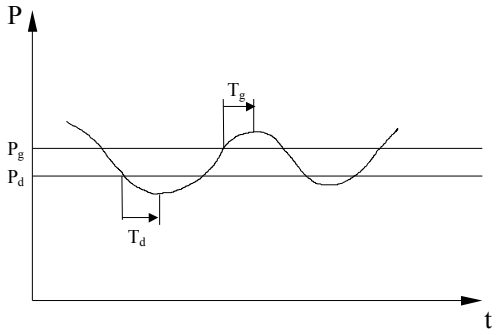
- awaria zasilania,
- suchobieg,
- przekroczone ciśnienie maksymalne (Pmax),
- poziom przelew w zbiorniku górnym,
- poziom przelew w zbiorniku pośrednim.

Za utrzymanie zadanego poziomu wody w zbiornikach odpowiadają zawory elekromagnetyczne. Przekroczenie progu górnego powoduje otwarcie zaworu, natomiast osiągnięcie progu dolnego powoduje zamknięcie zaworu elektromagnetycznego. Reakcje na przekroczenie każdej granicy są opóźnione o zadane czasy. Wartość ciśnienia na wyjściu pompy zależy od ustawienia zaworu regulacyjnego oraz dopuszczalnego zakresu jego zmian i czasów opóźnień. Przedział tych zmian określony jest parametrem Pmax w sterowniku i po jego przekroczeniu pompa zostanie wyłączona i powtórnie się załączy jeżeli ciśnienie będzie mniejsze niż zadane w tym parametrze. Powrotne załączenie pompy ze względy na małą sieć przyłączeniową nie jest określony parametrem, tylko opóźnieniem czasowym co ma ograniczyć częstotliwość załączania pompy.

Przedział pracy zaworu w górnym zbiorniku pomiarowym określony jest parametrami: dolnym Pd (poziom minimalny) i górnym Pg (poziom przelew). Jeżeli poziom wody w górnym kolektorze pomiarowym maleje i przekroczy dolne ograniczenie, to po upływie zadanego czasu Td nastąpi zamknięcie zaworu. Gdy poziom wody w kolektorze podniesie się ponad górny próg Pg. Nastąpi otwarcie zaworu, natomiast gdy poziom wody przekroczy stan alarmowy nastąpi wyłączenie pompy.

Podobnie w pośrednim zbiorniku pomiarowym przedział pracy zaworu określony jest parametrami: dolnym Pd (poziom minimalny) i górnym Pg (poziom przelew). Jeżeli poziom wody w pośrednim kolektorze pomiarowym maleje i przekroczy dolne

ograniczenie, to po upływie zadanego czasu Td nastąpi zamknięcie zaworu. Gdy poziom wody w kolektorze podniesie się ponad górny próg Pg. Nastąpi otwarcie zaworu, natomiast gdy poziom wody przekroczy stan alarmowy nastąpi wyłączenie pompy, oraz zamknięcie zaworu w górnym zbiorniku pomiarowym, co zabezpiecza przed ewentualnym przelaniem cieczy.



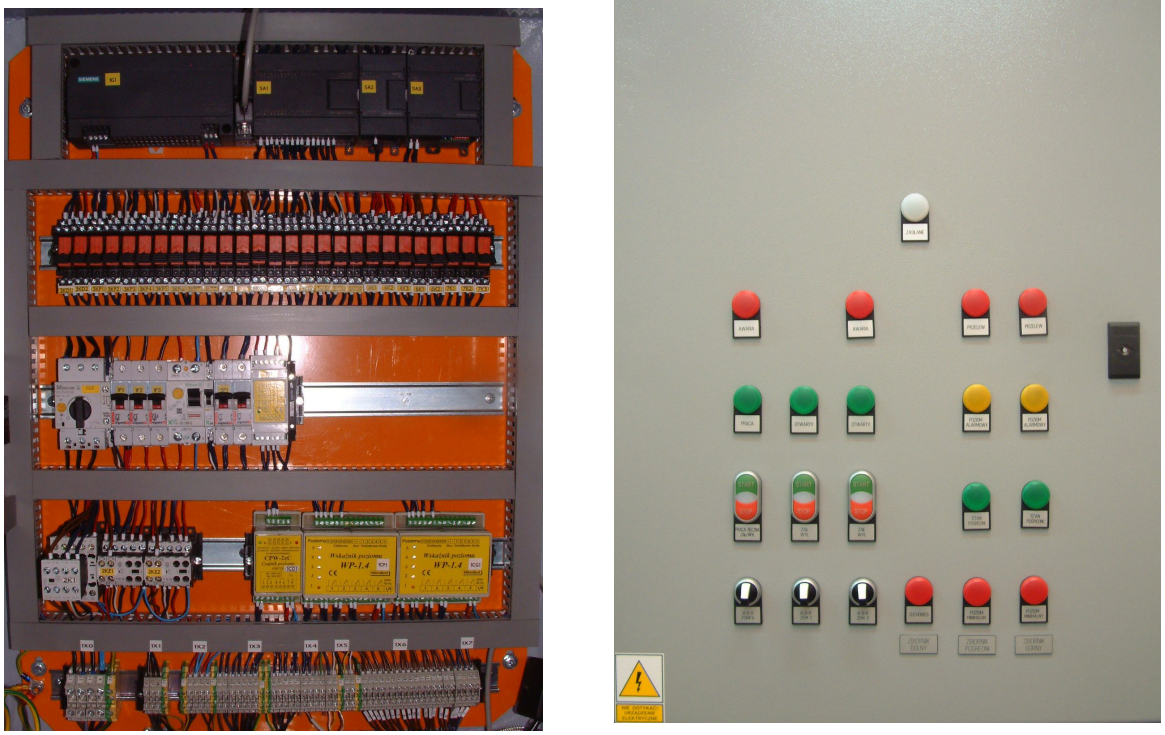
Rys. 62.3 wykres przebiegu pracy w trybie progowo-czasowym.

Sterowanie poziomem wody w zbiornikach zestawu składa się z 6 sond zamontowanych w każdym zbiorniku i układów elektronicznych (CPW-1.4) zamontowanych w szafie sterowniczej. Na stanowisku laboratoryjnym wykorzystujemy tylko 5 sąd ze względu na możliwość przestawienia punktu pracy stanowiska. Po odpowiednim połączeniu (zamianie podłączonych sąd) możemy dowolnie ustawić poziom minimalny i poziom przelew. Stanowisko posiada zabezpieczenia przed suchobiegiem pompy składające się z 2 elektrod z przewodami o długości 3 m. zawieszonymi w zbiorniku zalewowym pompy i układu elektronicznego (CPW-2zC) zamontowanego w w szafie sterowniczej.

3.9 Szafa sterownicza

Na rysunku 63.3 Przedstawiono widok szafy sterowniczej stanowiska laboratoryjnego

a) **b)**



Schematy połączeń sterowania zamieszczono w dodatku (załączniku) A.

Rys. 63.3 widok szafy sterowniczej (płyta montażowa, drzwi)
a) płyta montażowa
b) drzwi szafy

Szafa sterownicza w zestawie zamontowana jest na konstrukcji nośnej stanowiska. Szafę sterowniczą stanowi blaszana obudowa o stopniu ochrony IP 54 ze wszystkimi niezbędnymi elementami zasilania elektrycznego i sterowania. Na płycie aparatowej (montażowej rys. 63.3 a) wewnątrz obudowy zamontowane są układy zasilania elektrycznego silnika pompy, styczniki, zabezpieczenie zwarciowe, termiczne, zabezpieczenie przed zanikiem fazy oraz listwy łączeniowe, układy elektroniczne zabezpieczenia przed suchobiegiem i poziomu wody w kolektorach pomiarowych (górnym i dolnym), sterownik z modułami rozszerzeń. Odpowiednio dobrano przewody ze względu na przekrój jak i kolorystykę w celu wyselekcjonowania poszczególnych obwodów (wysokie i niskie napięcie, sterowanie i obwody beznapięciowe). Przewody

łączące poszczególne układy zostały ułożone w korytkach ze względu na podniesienie estetyki jak funkcjonalności urządzenia.

Na drzwiach obudowy (Rys. 63.3 b) zamontowane są:

- lampki sygnalizacyjne,
- przyciski sterownicze do ręcznej i automatycznej kontroli pracy pompy,
- przyciski sterownicze do ręcznej i automatycznej kontroli pracy zaworów elektromagnetycznych,

Na ścianie bocznej szafy sterowniczej znajduje się rozłącznik główny .

W szafie, przygotowane są otwory z dławikami do wprowadzenia kabli zasilających oraz przewodów sterowniczych z czujników zewnętrznych. W tabeli 10.3 przedstawiono wykaz elementów szafy sterowniczej, natomiast tabela 11.3 przedstawia wykaz zastosowanych czujników i przetworników.

lp	Nazwa towaru		ilość szt.
1	Dioda w opraw. biała M22-LED-W	24V	1
2	Dioda w opraw. czerwona M22-LED-R	24V	7
3	Dioda w opraw. zielona M22-LED-G	24V	5
4	Dioda w opraw. żółta M22-LED-Y	24V	2
5	Elektroda EL-3 N	Mikro-Best	2
6	Sonda COW		12
7	Element stykowy M22-K01 rozwierny		6
8	Element stykowy M22-K01 zwierny		6
9	Lampka M22-L-G zielona		5
10	Lampka M22-L-R czerwona		7
11	Lampka M22-L-W biała		3
12	Łącznik mocujący M22-A		21
13	Pokrętło M22-WRK3 Czarne 3p.	Moeller	3
14	Przełącznik start-stop	Moeller	3
15	wyłącznik silnikowy PKZ MO1,6	Moeller	1
16	Stycznik DILM 32-10	Moeller	1
17	Styki pomocnicze DILM XHI 32-31	Moeller	1
18	Stycznik DILEM 10	Moeller	2
19	Styki pomocnicze DILEM 11	Moeller	2
20	Obejma wyrzutnikowa GZT80-0040 do RM84	Mikro-Best	27
21	Gniazdo GZT-80 do RM-84	Mikro-Best	27
22	Przekaźnik RM-84-2P 24 V DC 1024	Mikro-Best	27
23	Wyłącznik różnic.-prąd PFIM 25/2/003-G	Meller	1
24	Styk pomocniczy do wyłącznika różnic.-prąd	Meller	1
25	wyłącznik S301C2A	Legrand	1
26	wyłącznik S301C2A	Legrand	1
27	Wyłącznik S301C0,5A	Legrand	1
28	Wyłącznik S302C1A	Legrand	1
29	Rozłącznik T0-2-1/E-RT		1
30	szafka BH 800*600*300 Chełm		1
31	czujnik kolejności faz BZF-4K	Mikro-Best	1
32	Wskaźnik poziomu cieczy WP-1.4	Mikro-Best	2
33	Czujnik poziomu cieczy 2zC	Mikro-Best	1
34	Wspornik na szynę DIN-DRL-01		1
35	Uchwyt na szynę DRP-03-A		1
36	Złączka wieland WK 4 SL/U/V0 żółto-zielona		2
37	Złączka wieland WK 4 /U/V0 szara		71
38	Złączka wieland WKN 10/U/V0 szara		4
39	Złączka wieland WKN 10 SL/U/V0 żółto-zielona		1
40	Moduł wejść cyfrowych EM 221 8 IMPUT DC 24V	Siemens	1
41	Moduł wejść analogowych em 235 3 IMPUT max 30V	Siemens	1
42	Sterownik S7-224	Siemens	1

Tab. 10.3 Wykaz elementów szafy sterowniczej

NAZWA CZĘŚCI	OPIS	UWAGI
Przetwornik ciśnienia	Element pomiarowy przetwarzający zmierzone ciśnienie wody na sygnał prądowy, wykorzystywany w sterowaniu pracą urządzenia.	1.0 MPa - gwint zewn. ¼”
Czujnik poziomu wody z elektrodami CPW	Sterowanie poziomem wody w zbiornikach zestawu składa się z 6 sond zamontowanych w każdym zbiorniku i układów elektronicznych (CPW-1.4) zamontowanych w szafie sterowniczej.	
Czujnik obecności wody COW	Wariant zabezpieczenia przed suchobiegiem składający się z 2 elektrod z przewodami o długości 3 m. zawieszonymi w zbiorniku i układu elektronicznego (CPW-2zC) zamontowanego w w szafie sterowniczej.	
Manometr kontrolny	Manometr z wypełnieniem glicerynowym do kontroli ciśnienia cieczy.	Zakres pomiarowy: 0,0 – 0,4 MPa Gwint zewnętrzny M 12x1,5

Tab. 11.3 Wykaz zastosowanych czujników i przetworników.

4 Ćwiczenia

4.1 Wyznaczanie charakterystyki pompy.

Celem ćwiczenia jest poznanie budowy pompy, jej właściwości użytkowych oraz sposobu obsługi.
W celu wyznaczenia zależności Q= f(P) pompy konieczne jest wyznaczenie następujących parametrów: przepływu Q oraz ciśnienia P. Aby wyznaczyć przepływ należy skorzystać z zależności:

$$Q = \frac{\frac{\pi d^2}{4} \cdot h}{t}$$

Przy czym: π- stała, d-średnica zbiornika, h- wysokość cieczy w zbiorniku, t- czas napełnienia zbiornika do ustalonego poziomu
natomiast wartość ciśnienia P ustawiamy na manometrze za pomocą zaworu.
Pomiarów przepływu należy wykonać przynajmniej dla dziesięciu wartości ciśnienia P.

4.2 Wyznaczanie charakterystyki porównawczej pompy z wykorzystaniem wodomierza.

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie charakterystyk pompy na podstawie obliczeń i porównanie z wyznaczoną charakterystyką pompy odczytaną ze wskazań wodomierza i przetwornika ciśnienia.
Pierwszą charakterystykę wyznacza się identycznie jak w punkcie 4.0.1. Natomiast drugą charakterystykę, w celu porównania, należy wyznaczyć przy tych samych wartościach ciśnienia P, a wartość przepływu Q odczytać ze wskazań wodomierza w programie.

4.3 Przebudowa układu w celu zmiany poziomu

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z modelem sterowania kaskadą zbiorników w oparciu o czujnik poziomu cieczy WP-1.4 połączony ze sterownikiem programowalnym Simatic S7-224.
Sterowanie poziomem wody w zbiornikach stanowiska laboratoryjnego składa się z 6 sond zamontowanych w każdym zbiorniku i układów elektronicznych (CPW-1.4) zamontowanych w szafie sterowniczej. Na stanowisku laboratoryjnym wykorzystujemy tylko 5 sąd ze względu na możliwość przestawienia punktu pracy stanowiska. Po odpowiednim połączeniu (zamianie podłączonych sąd) możemy dowolnie ustawić poziom minimalny i poziom przelew.

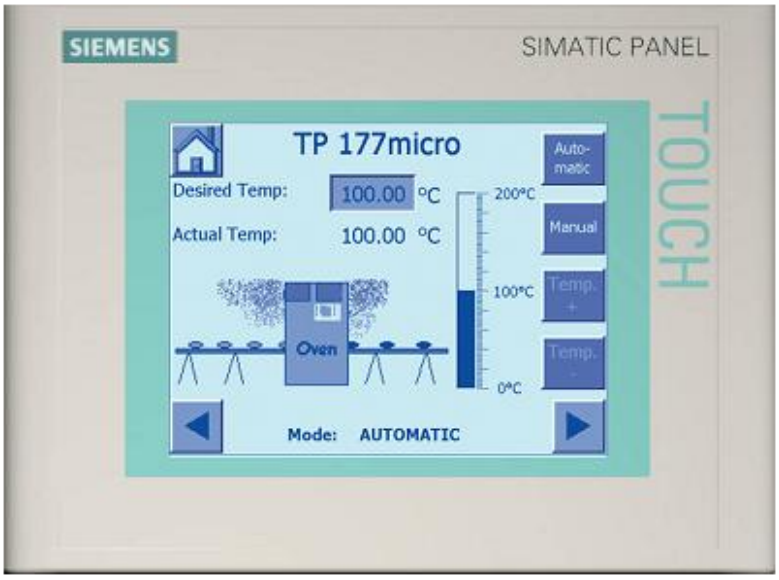
5 Podsumowanie

Stanowisko laboratoryjne ma charakter dydaktyczno naukowy związku z tym umożliwia przeprowadzenie różnych ćwiczeń z nim związanych jak również zapoznaniem się z pracą poszczególnych elementów wykorzystywanych w automatyce do pomiaru i sterowania. Do zalet, które mogą skłonić do głębszego zapoznania się z układem można zaliczyć:

1. Praca w dwóch trybach automatyczny – ręczny. Praca w trybie automatycznym pozwala na zapoznanie się z zasadą działania sterownika rodziny S7-200, natomiast tryb pracy ręcznej ukazuje zasady współzależności pomiędzy elementami pomiarowymi a wykonawczymi.
2. Komunikacja z urządzeniami (np. komputer) poprzez kabel RS-232/PPI Multi-Master pozwala na połączenie S7-200 CPU do różnych stacji kompatybilnych ze standardem RS 232.
3. Kompatybilność układu nie tylko ze sterownikami firmy SIEMENS jak również ze sterownikami innych firm, które spełniają warunki dotyczące ilości wejść-wyjść

binarnych i analogowych. Sterowanie układem za pomocą innego sterownika umożliwiają dodatkowe styki specjalnie do tego przeznaczone.

4. Możliwość rozbudowy układu. Na drzwiach szafy sterowniczej można zamontować panel operatorski z ekranem dotykowym przeznaczony do współpracy z sterownikiem S7-200.



Rys. 1.5 Panel operatorski z ekranem dotykowym

Zastosowanie panelu oraz oprogramowania do niego przeznaczonego pozwoli na stworzenie wizualizacji zachodzących procesów, obserwacji wskazań poszczególnych przetworników oraz umożliwi dodatkowe sterowanie układem. W celu porównania sposobu pomiaru poziomu z aktualnie zastosowanymi sondami COW można zamontować ultradźwiękowy czujnik poziomu, który dzięki odpowiedniemu wyskalowaniu nie tylko będzie pokazywał poziom cieczy w zbiorniku ale również jej ilość.

Rys. 2.5 Przykład ultradźwiękowych czujników poziomu

Aby zwiększyć możliwości komunikacyjne układu można go rozbudować o moduł modemu. Moduł modemu umożliwia komunikację poprzez bramki z telefonia komórkową oraz pomiędzy sterownikami w komutowanych sieciach analogowych. Zastosowania modemu stwarza możliwość zdalnej obsługi i diagnostyki sterownika SIMATIC S7-200. Możliwość transferu programu, danych, badanie statusu pracy programu sterownika. Aby wszystkie wcześniej wymienione funkcje mogły zostać zrealizowane wymagane jest posiadanie w komputerze lub programatorze lokalnym modemu analogowego np. w postaci karty PCMCIA.

Rys. 3.5 Moduł modemu

Tak zbudowany układ choć w niewielkim stopniu powinien przybliżyć osobie zapoznającej się ze stanowiskiem lub wykonującej ćwiczenie rzeczywiste procesy przemysłowe, które wykorzystują możliwość pomiaru poziomu, przepływu, ciśnienia

oraz sterowania.

6 Literatura

[1] Elementy, urządzenia i układy automatyki - Jerzy Kostro

[2] Elementy i urządzenia automatyki – Stanisław Kubit, Jerzy Kuźnik, Bolesław Pochopień

[3] SIMATIC S7-200 Podręcznik obsługi systemu sterowniczego

[4] Karta katalogowa zaworu elektromagnetycznego – Mikro Best

[5] Karta katalogowa wodomierza – Fabryka Wodomierzy PoWoGaz

[6] Karta katalogowa pompy CR - Grundfos

[7] Karta katalogowa sody poziomu – Mikro Best

[8] Karta katalogowa elektronicznego wskaźnika poziomu WP-1.4 – Mikro Best

[9] Karta katalogowa elektronicznego czujnika poziomu WPC-2zC – Mikro Best

[10] Karta katalogowa przetwornika ciśnienia - Honeywell

[11] Karta katalogowa manometru z wypełnieniem glicerynowym – Kujawska Fabryka Manometrów KFM

[12] Karta katalogowa sterownika SIMATIC S7-200 - Siemens