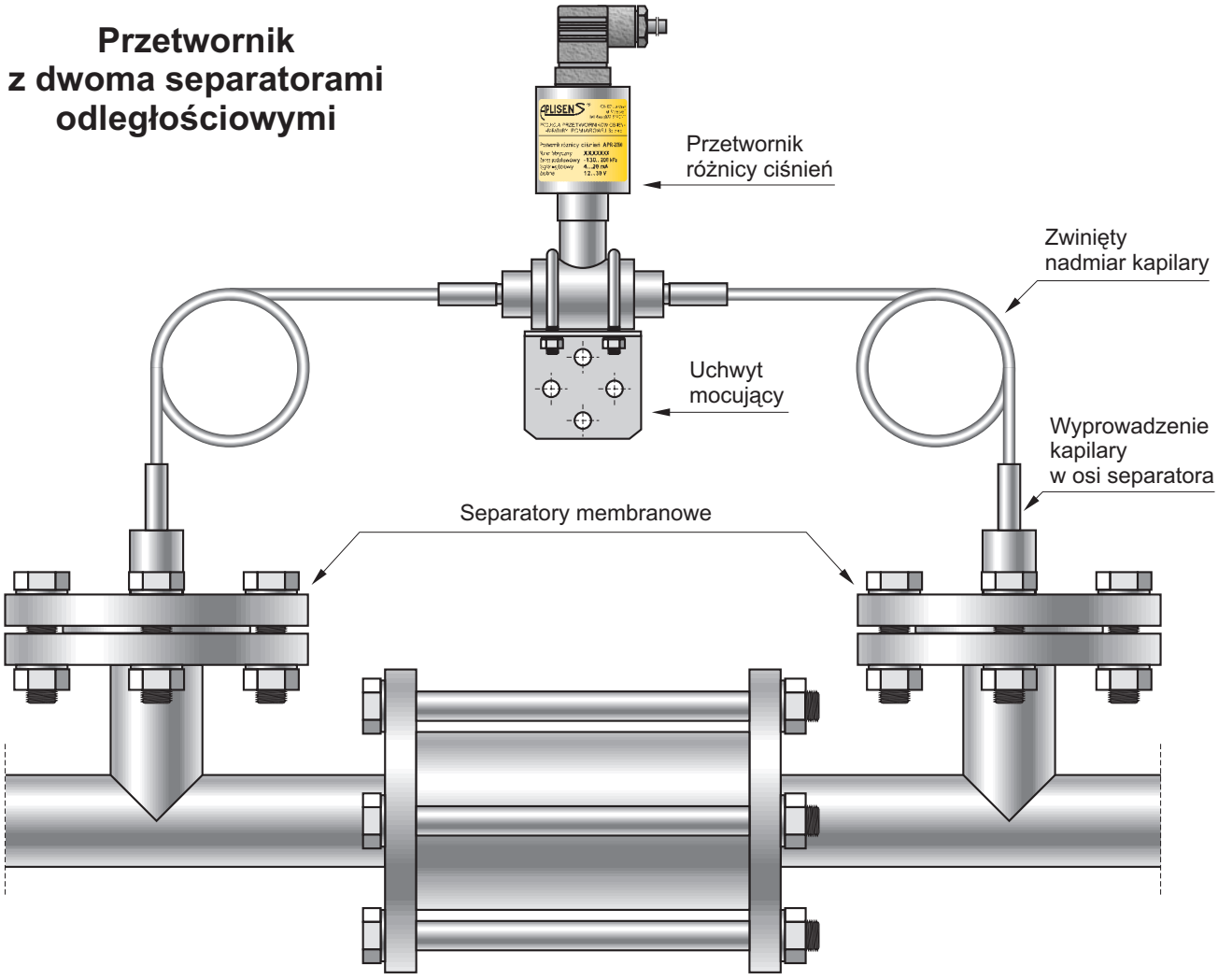
Inteligentne przetworniki różnicy ciśnień APR-2200 z separatorami odległościowymi

- ✓ **Liczne zastosowania, m.in. pomiar metodą hydrostatyczną: poziomu w zbiornikach zamkniętych, gęstości oraz granicy faz**
- ✓ **Możliwość konfiguracji początku i końca zakresu pomiarowego (również przez zadane ciśnienie)**
- ✓ **Sygnał wyjściowy 4...20 mA + protokół Hart**
- ✓ **Błąd podstawowy 0,2%, cyfrowa kompensacja błędów dodatkowych**
- ✓ **Wykonanie EExi_aI/IICT6**
- ✓ **Całkowicie spawana głowica pomiarowa przetwornika gwarantująca wieloletnią szczelność układu**

Przetwornik z dwoma separatorami odległościowymi



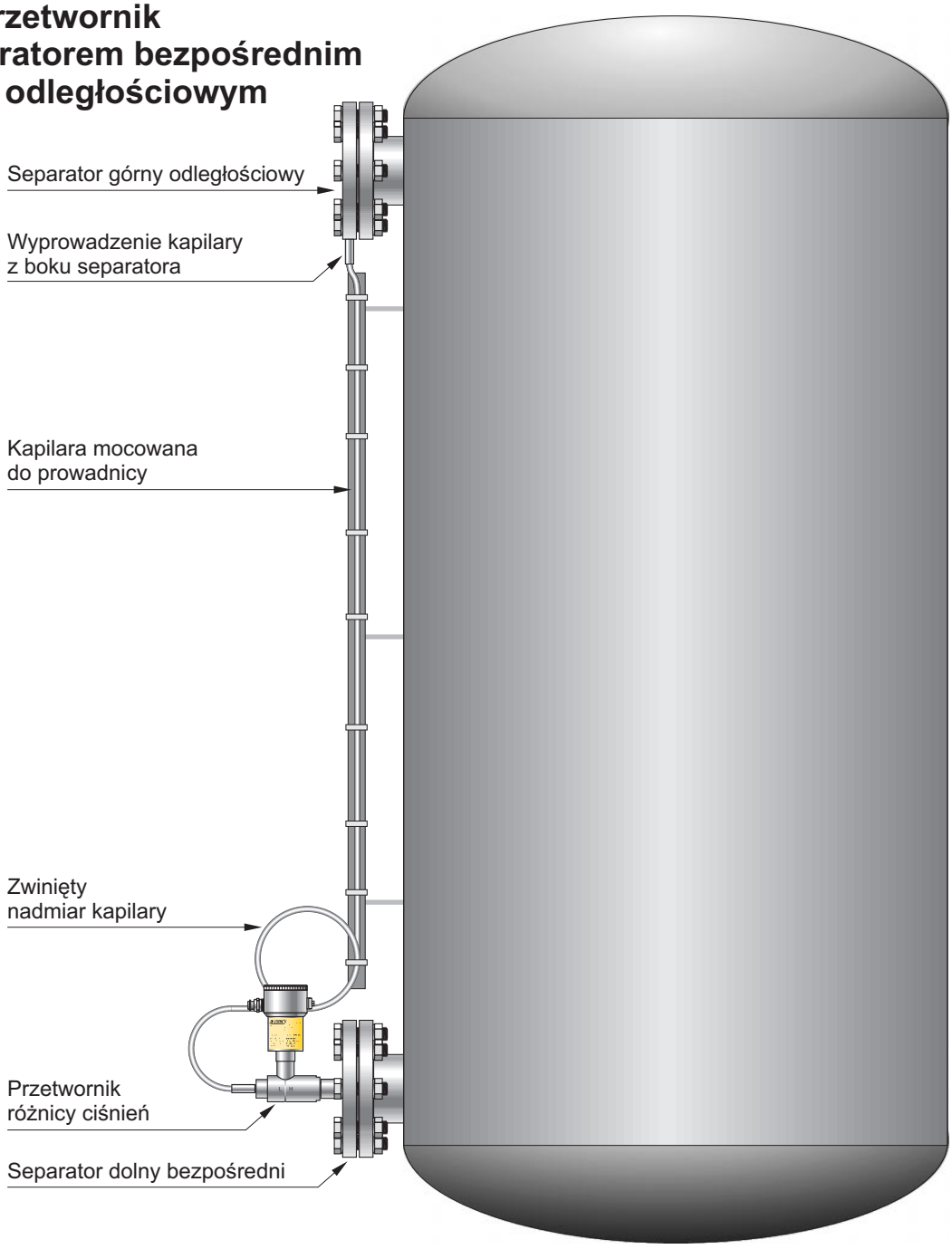
Przykład pomiaru straty na filtrze

Zalecenia

Wykonanie przetwornika z dwoma separatorami odległościowymi zaleca się do pomiaru różnicy ciśnień tam, gdzie ciśnienie hydrostatyczne cieczy manometrycznej w kapilarach, związane z rozstawem separatorów w pionie, jest znacznie mniejsze niż zakres pomiarowy przetwornika. Najlepsze wyniki metrologiczne uzyskuje się przy zastosowaniu możliwie krótkich, jednakowych kapilar, zakończonych identycznymi separatorami. W takiej konfiguracji dodatkowe błędy temperaturowe związane z separacją odległościową w jednakowym stopniu oddziałują na obie komory pomiarowe przetwornika różnicy ciśnień, a zatem wzajemnie się kompensują.

APLISENS Sp. z o.o., 03-192 Warszawa, ul. Morelowa 7, tel. (0 22) 814-07-77
fax (0 22) 814-07-78, www.aplisens.pl, e-mail: aplisens@aplisens.pl

Przetwornik z jednym separatorem bezpośrednim i drugim odległościowym



Przykład pomiaru poziomu w zbiorniku ciśnieniowym

Zalecenia

Przetwornik z separatorami bezpośrednim (połączonym z plusową komorą pomiarową) i odległościowym (połączonym z komorą minusową) zaleca się do hydrostatycznych pomiarów: poziomu, gęstości, granicy fazy oraz różnicy ciśnień (przy zróżnicowanej wysokości punktów poboru impulsów*).

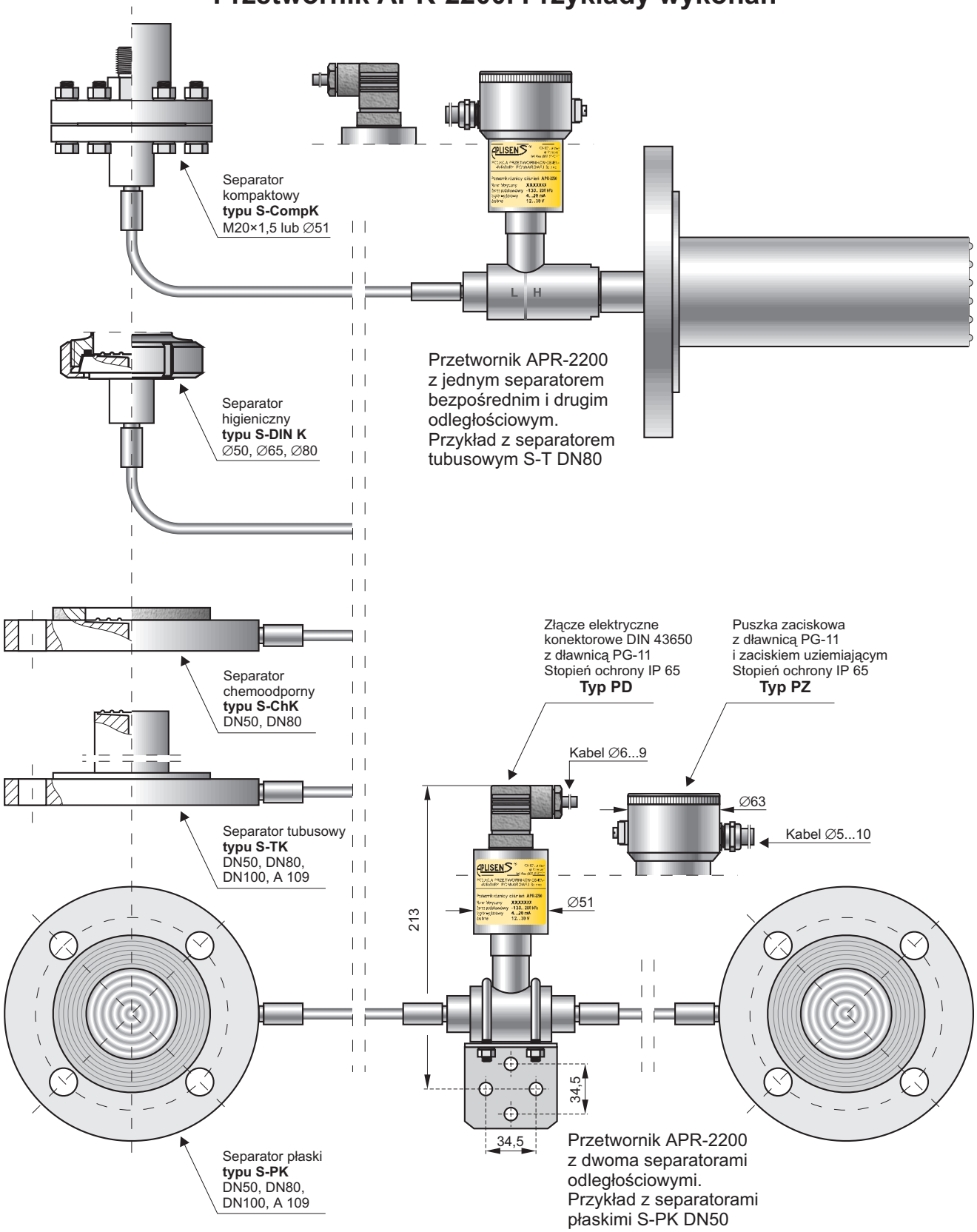
W takiej konfiguracji przetwornika przy zmianach temperatury otoczenia następują równocześnie dwa przeciwstawne zjawiska. Z powodu rozszerzalności cieplnej zmienia się objętość, a zatem i gęstość cieczy manometrycznej w kapilarze, powodując zmianę ciśnienia hydrostatycznego związanego z rozstawem separatorów w pionie.

Zjawisku temu przeciwdziała sprężysta reakcja membrany górnego separatora, przemieszczonej powstałą zmianą objętości cieczy manometrycznej. Na podstawie doświadczeń i badań firma Aplisens dostarcza użytkownikom starannie dobrane membrany separatorów gwarantujące kompensację błędów od zmian temperatury otoczenia.

Najlepsze wyniki metrologiczne uzyskują zestawy wyposażone w separatory kołnierzowe DN 80, DN 100, A 109, S-Comp lub separatory S-Mazut, S-DIN lub S-Clamp o średnicy co najmniej 65 mm, przy długości kapilary (1...1,3) × (rozstaw separatorów w pionie). Zaleca się stosowanie jednakowych separatorów na dolnym i górnym przyłączu.

* Różnica w wysokości punktów poborów impulsów, przy której ciśnienie hydrostatyczne cieczy manometrycznej jest porównywalne lub większe niż zakres pomiarowy przetwornika.

Przetwornik APR-2200. Przykłady wykonań



Uwaga: Właściwa konfiguracja kompletnego zestawu przetwornika, separatorów, kapilar oraz właściwy dobór cieczy manometrycznej zależy od wielu czynników, takich jak: właściwości fizycznych i chemicznych oraz zakresu temperatur medium, rozstawu separatorów w pionie, zakresu pomiarowego oraz ciśnienia statycznego, zakresu temperatur otoczenia, a także warunków technicznych podłączenia mechanicznego separatorów do urządzeń ciśnieniowych. Konsultanci firmy Aplisens pomogą Państwu dobrać optymalny zestaw – tel. (0 22) 814-07-77.

Przeznaczenie, budowa

Przetwornik APR-2200 przeznaczony jest do pomiaru różnicy ciśnień gazów, par i cieczy tam, gdzie niezbędne jest zastosowanie separatorów membranowych, a punkty poboru impulsów ciśnienia mogą być oddalone od siebie o kilka metrów. Typowymi zastosowaniami są hydrostatyczne pomiary: poziomu w zbiornikach zamkniętych, gęstości i granicy fazy, a także pomiary: strat na filtrach, różnic ciśnień między czynnikami na pasteryzatorach itp. Oferowana rodzina separatorów umożliwia pomiar większości mediów. Elementem pomiarowym jest piezorezystancyjny czujnik krzemowy oddzielony od medium przez układ separacji odległościowej. Specjalna konstrukcja głowicy pomiarowej zapewnia odporność na uderzenia ciśnienia i przeciążenia do 4 MPa. Układ elektroniczny znajduje się w obudowie o stopniu ochrony IP 65.

Konfiguracja

Możliwość zmiany nastaw następujących parametrów metrologicznych:

- jednostki ciśnienia, w jakich konfigurowany jest zakres,
- koniec i początek zakresu, stała czasowa,
- charakterystyka inwersyjna (syg. wyjściowy 20 ÷ 4 mA).

Komunikacja

Konfiguracji i kalibracji przetwornika dokonuje się za pomocą komunikatora KAP-01, niektórych komunikatorów (Hart) lub komputera PC z wykorzystaniem konwertera RS-Hart i oprogramowania konfiguracyjnego „RAPORT-01” produkcji Aplisens.

Wymiana danych z przetwornikiem APR-2200 umożliwia dodatkowo: identyfikację przetwornika, odczyt aktualnie mierzonej wartości różnicy ciśnień, prądu wyjściowego i % szerokości zakresu.

Zakresy pomiarowe

Zakres podstawowy (FSO)	Minimalna nastawialna szerokość zakresu pomiarowego	Rozstaw separatorów w pionie	Maksymalny nastawialny zakres pomiarowy z uwzględnieniem rzeczywistego rozstawu sep. w pionie (m)	Dopuszczalne ciśnienie statyczne
-10...10 kPa	0,1 m H_2O	≤ 1,2 m	[1 + (rozstaw sep. w pionie × 0,94)] m H_2O	4 MPa
-50...50 kPa	0,5 m H_2O	≤ 6 m	[5 + (rozstaw sep. w pionie × 1,04)] m H_2O	4 MPa
-130...200 kPa	1,5 m H_2O	≤ 12 m	[20 + (rozstaw sep. w pionie × 1,04)] m H_2O	4 MPa
-130...1600 kPa	100 kPa	≤ 12 m	1600 kPa	4 MPa

UWAGA: Przedstawiony w tabeli maksymalny rozstaw separatorów w pionie dotyczy pomiaru poziomu, gwarantując możliwość wyzerowania przetwornika przy pustym zbiorniku. Dla pomiarów gęstości lub granicy fazy (cukrownictwo, przemysł chemiczny, rafinerie) rozstaw separatorów w pionie może być większy.

Parametry metrologiczne

Błąd podstawowy ≤ ±0,2% (FSO)
Pozostałe parametry – zgodnie z kartą przetwornika różnicy ciśnień APR-2000.
Błędy od wpływu separacji – zgodnie z właściwą kartą separatora w rozdziale III (Separatory), w odniesieniu do sep. odległościowej.
UWAGA: Dodatkowy bezwzględny błąd „zera” od temperatury otoczenia można kompensować konfigurując przetwornik, separatory i kapilary zgodnie z zaleceniami opisanymi na stronach 18 i 19.

Parametry elektryczne

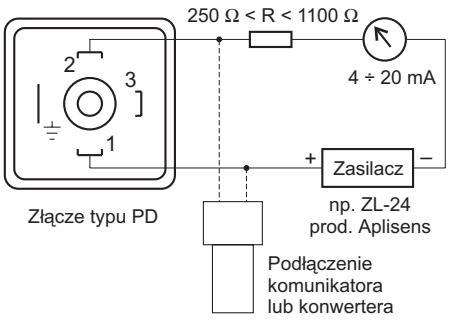
– zgodnie z kartą przetwornika różnicy ciśnień APR-2000

Warunki pracy

Zakres temperatur pracy (temp. otoczenia) -25...85°C
Zakres temperatur mierzonego medium
– zgodnie z właściwą kartą separatora (sep. odległościowa)

Wykonania specjalne, certyfikaty:
EEx – wykonanie iskrobezpieczne
WUG – dopuszczenie Wyższego Urzędu Górniczego
10 MPa – dopuszczalne ciśnienie statyczne 10 MPa
Niestandardowy zakres podstawowy przetwornika
inne – po uzgodnieniu z konsultantem Aplisens, tel. (0 22) 814-07-77

Schemat połączeń elektrycznych



R – sumaryczna rezystancja pętli prądowej

Montaż elektryczny

Podłączenie elektryczne przetwornika najlepiej wykonać przewodem ekranowanym typu skrętka. Korzystnie jest przewidzieć w instalacji miejsce do podłączania komunikatora.

Sposób zamawiania

APR-2200 /___/__÷__/___/(+)___/(–)___

Wyk. spec.:
EEx, WUG, 10 MPa, inne – opis

Zakres podstawowy

Typ przyłącza elektrycznego: PD, PZ

Połączony z (+) stroną przetwornika **separator** bezpośredni lub odległościowy – kod zgodnie z właściwą kartą separatora

Połączony z (–) stroną przetwornika **separator** odległościowy – kod zgodnie z właściwą kartą separatora (Rozdział III – Separatory)

Przykład: Przetwornik różnicy ciśnień APR-2200 / wykonanie standard / zakres podstawowy -130 ÷ 200 kPa / złącze konektorowe / od strony (+) separator bezpośredni kołnierzowy tubusowy DN80 PN40, tubus 100 mm / od strony (–) separator odległościowy kołnierzowy płaski DN80 PN40, kapilara 8 m

APR-2200 / -130 ÷ 200 kPa / PD / (+) S-T – DN80; T = 100 mm / (–) S-PK – DN80; K = 8 m

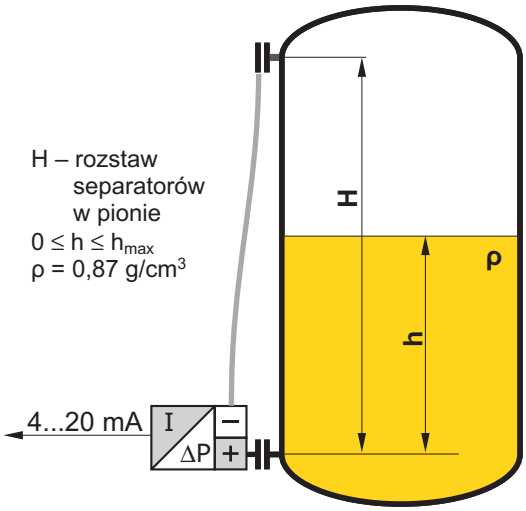
W celu uproszczenia działań matematycznych wprowadźmy współczynnik gęstości medium **Xρ**.

$$X\rho = \frac{\rho_{medium}\ [g/cm^3]}{\rho_{wody\ w\ 4°C}\ [g/cm^3]}$$

Ponieważ gęstość wody w temp. 4°C wynosi 1 g/cm^3, zatem **współczynnik gęstości Xρ jest liczbowo równy gęstości medium wyrażonej w g/cm^3**. Aby wyznaczyć ciśnienie hydrostatyczne słupa cieczy w [mm H_2O], wystarczy pomnożyć wysokość słupa h [mm] przez współczynnik gęstości tej cieczy Xρ. Ze względu na łatwość wyznaczenia ciśnienia hydrostatycznego w [mm H_2O] oraz możliwość konfigurowania przetwornika w tych jednostkach, w dalszej części, przy opisach metod realizacji pomiarów, posługujemy się jednostkami ciśnienia [mm H_2O] oraz współczynnikiem gęstości Xρ.

Konfiguracja przetwornika APR-2200 do realizacji pomiaru poziomu cieczy w zbiorniku

Sformułowanie zadania pomiarowego:
Przetworzyć na zmianę sygnału wyjściowego od 4 do 20 mA zmianę poziomu cieczy o gęstości ρ = 0,87 g/cm^3 w zakresie od 0 do h_{max}.



1. Zamontować przetwornik w położenie pracy na pustym zbiorniku.
2. Podłączyć przetwornik elektrycznie, zapewniając możliwość komunikacji HART.
3. Podłączyć komunikator KAP-01, zidentyfikować przetwornik i wybrać funkcję „konfiguracja”.
4. W menu konfiguracji wybrać „parametry wyjściowe”.
5. W menu parametry wyjściowe:
   a) zmienić jednostki pomiaru na mm H_2O w 4°C,
   b) przez wpis liczby wprowadzić początek (Xρ × h_{min} [mm]) i koniec zakresu pomiarowego (Xρ × h_{max} [mm]), odpowiednio: 0 i (0,87 h_{max} [mm]),
   c) w celu skompensowania ciśnienia hydrostatycznego cieczy manometrycznej należy ustawić początek zakresu pomiarowego przez zadane ciśnienie; przetwornik będący pod działaniem wyłącznie ciśnienia cieczy manometrycznej (zbiornik pusty) przesunie początek i koniec zakresu pomiarowego, kompensując wartość tego ciśnienia.

Skonfigurowany w ten sposób przetwornik jest gotowy do realizacji przedstawionego zadania pomiarowego.

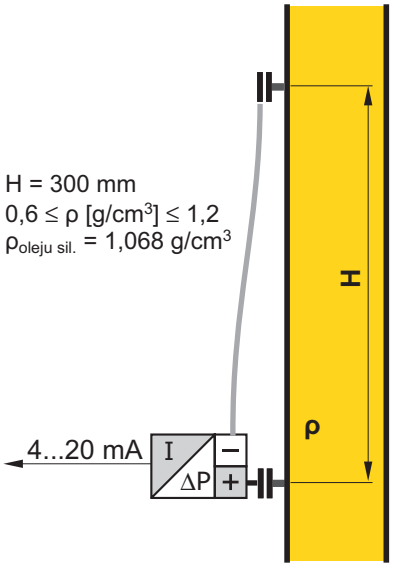
Jeśli brak możliwości opróżnienia zbiornika przy konfiguracji przetwornika, ciśnienie hydrostatyczne cieczy manometrycznej należy obliczyć mnożąc wielkość rozstawu separatorów w pionie przez współczynnik gęstości oleju w kapilarach. Wartości początku i końca zakresu należy wprowadzić przez wpis liczby z uwzględnieniem obliczonego ciśnienia hydrostatycznego:

Początek [mm H_2O] = –H [mm] × $X\rho_{oleju\ sil.}$

Koniec [mm H_2O] =
= h_{max} [mm] × $X\rho_{mierzonej\ cieczy}$ – H [mm] × $X\rho_{oleju\ sil.}$

$\rho_{oleju\ sil.}$ typu DC-550 wynosi 1,068 g/cm^3
$\rho_{oleju\ sil.}$ typu AK-20 wynosi 0,945 g/cm^3

Konfiguracja przetwornika APR-2200 do realizacji pomiaru gęstości cieczy



Sformułowanie zadania pomiarowego:
Przetworzyć na zmianę sygnału wyjściowego od 4 do 20 mA zmianę gęstości cieczy w zakresie od ρ_{min} = 0,6 g/cm^3 do ρ_{max} = 1,2 g/cm^3 przy rozstawieniu separatorów w pionie na odległość H = 3000 mm. Układ separacji napełniono olejem typu DC-550 o gęstości $\rho_{oleju\ sil.}$ = 1,068 g/cm^3.

1. Obliczyć wartość początku zakresu pomiarowego z zależności: $H_{[mm]} \times (X\rho_{min} - X\rho_{oleju\ sil.})$ =
   = 3000 × (0,6 – 1,068) = –1404 [mm H_2O]
2. Obliczyć wartość końca zakresu pomiarowego z zależności: $H_{[mm]} \times (X\rho_{max} - X\rho_{oleju\ sil.})$ =
   = 3000 × (1,2 – 1,068) = 396 [mm H_2O]
3. Wyzerować przetwornik przy ułożeniu separatorów na jednym poziomie.
4. Zamontować przetwornik w położenie pracy.
5. Podłączyć przetwornik elektrycznie, zapewniając możliwość komunikacji HART.

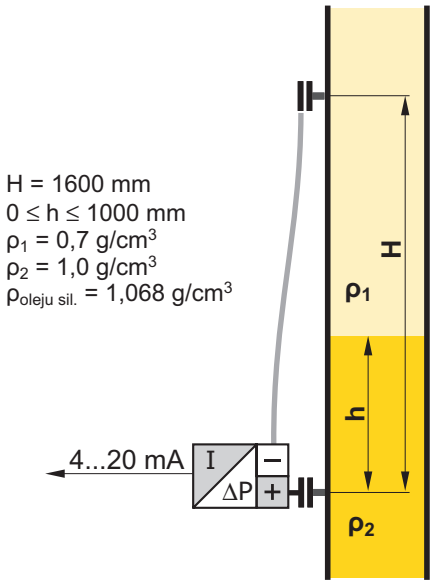
6. Podłączyć komunikator KAP-01, zidentyfikować przetwornik i wybrać funkcję „konfiguracja”.
7. W menu konfiguracji wybrać „parametry wyjściowe”.
8. W menu parametry wyjściowe:
   a) zmienić jednostki pomiaru na mm H_2O w 4°C,
   b) przez wpis liczby wprowadzić obliczone wartości początku (–1404) i końca (396) zakresu pomiarowego.

Skonfigurowany w ten sposób przetwornik jest gotowy do realizacji przedstawionego zadania pomiarowego. Uwaga: Jeżeli istnieje możliwość zapełnienia przestrzeni między separatorami cieczą o gęstości odpowiadającej początkowi zakresu pomiarowego, to początek zakresu pomiarowego przetwornika można ustawić przez zadane ciśnienie.

Pomiar granicy faz

Wysokości granicy faz cieczy o różnych gęstościach wyznacza się mierząc średnią gęstość medium między separatorami.

Przykład:
Obliczyć wartości początku i końca zakresu pomiarowego przetwornika APR-2200 skonfigurowanego do pomiaru wysokości granicy faz w zakresie od 0 do 1000 mm między cieczą o gęstości $\rho_1 = 0,7$ g/cm^3 a cieczą o gęstości $\rho_2 = 1,0$ g/cm^3, przy rozstawie separatorów w pionie H = 1600 mm. W układzie separacji zastosowano olej DC-550 o gęstości 1,068 g/cm^3.



Wyznaczenie początku zakresu pomiarowego polega na obliczeniu różnicy ciśnień ustalającej się na przetworniku przy napełnieniu zbiornika wyłącznie cieczą lekką:

1600 [mm] × (0,7 – 1,068) = –588,8 [mm H_2O]

Wyznaczenie końca zakresu polega na dodaniu przyrostu ciśnienia spowodowanego pojawieniem się metrowego słupa cięższej cieczy:

–588,8 [mm H_2O] + (1,0 – 0,7) × 1000 [mm] =
= –288,8 [mm H_2O]

Uwagi dodatkowe

Korekcję ustawień przetwornika można prowadzić w odniesieniu do wyników laboratoryjnych pomiarów gęstości próbek mierzonej cieczy. Potrzeba taka występuje najczęściej wtedy, gdy pomiar realizuje się na odcinku rurociągu, w którym prędkość przepływu mierzonej cieczy dochodzi do kilku m/s.

Zwiększenie rozstawu separatorów w pionie powoduje wzrost szerokości zakresu i często poprawia dokładność pomiaru.

Przy projektowaniu wielkości rozstawu separatorów trzeba zapewnić, by wartość różnicy ciśnień, która ustali się na przetworniku, mieściła się w granicach zakresu podstawowego.

Maksymalny rozstaw separatorów w pionie (H) zależy od zakresu podstawowego przetwornika oraz granicznych wartości gęstości mierzonej cieczy (ρ_{min}; ρ_{max}).

Jeśli $\rho_{min} < \rho_{oleju\ sil.} < \rho_{max}$, to rozstaw separatorów H powinien spełniać następujące warunki:

$$H\ [mm] \le \frac{\text{dolna granica zakresu [mm } H_2O]}{X\rho_{min} - X\rho_{oleju\ sil.}}$$

$$H\ [mm] \le \frac{\text{górna granica zakresu [mm } H_2O]}{X\rho_{max} - X\rho_{oleju\ sil.}}$$

Przykład:
Określić maksymalny rozstaw separatorów w pionie dla przetwornika **APR-2200 / -10...10 kPa** przy pomiarze gęstości cieczy w zakresie od 0,6 do 1,2 g/cm^3. W układzie separacji zastosowano olej silikonowy AK-20 o gęstości 0,945 g/cm^3.

Dolna granica zakresu przetwornika wynosi
–10 kPa = –1020 mm H_2O

$$H\ [mm] \le \frac{-1020}{0,6 - 0,945} \Rightarrow H\ [mm] \le \frac{-1020}{-0,345} \Rightarrow$$

$$H\ [mm] \le 2957$$

Górna granica zakresu przetwornika wynosi
+10 kPa = 1020 mm H_2O

$$H\ [mm] \le \frac{1020}{1,2 - 0,945} \Rightarrow H\ [mm] \le \frac{1020}{0,255} \Rightarrow$$

$$H\ [mm] \le 4000$$

W podanym przykładzie oba warunki spełnia rozstaw separatorów nie większy niż 2957 mm.