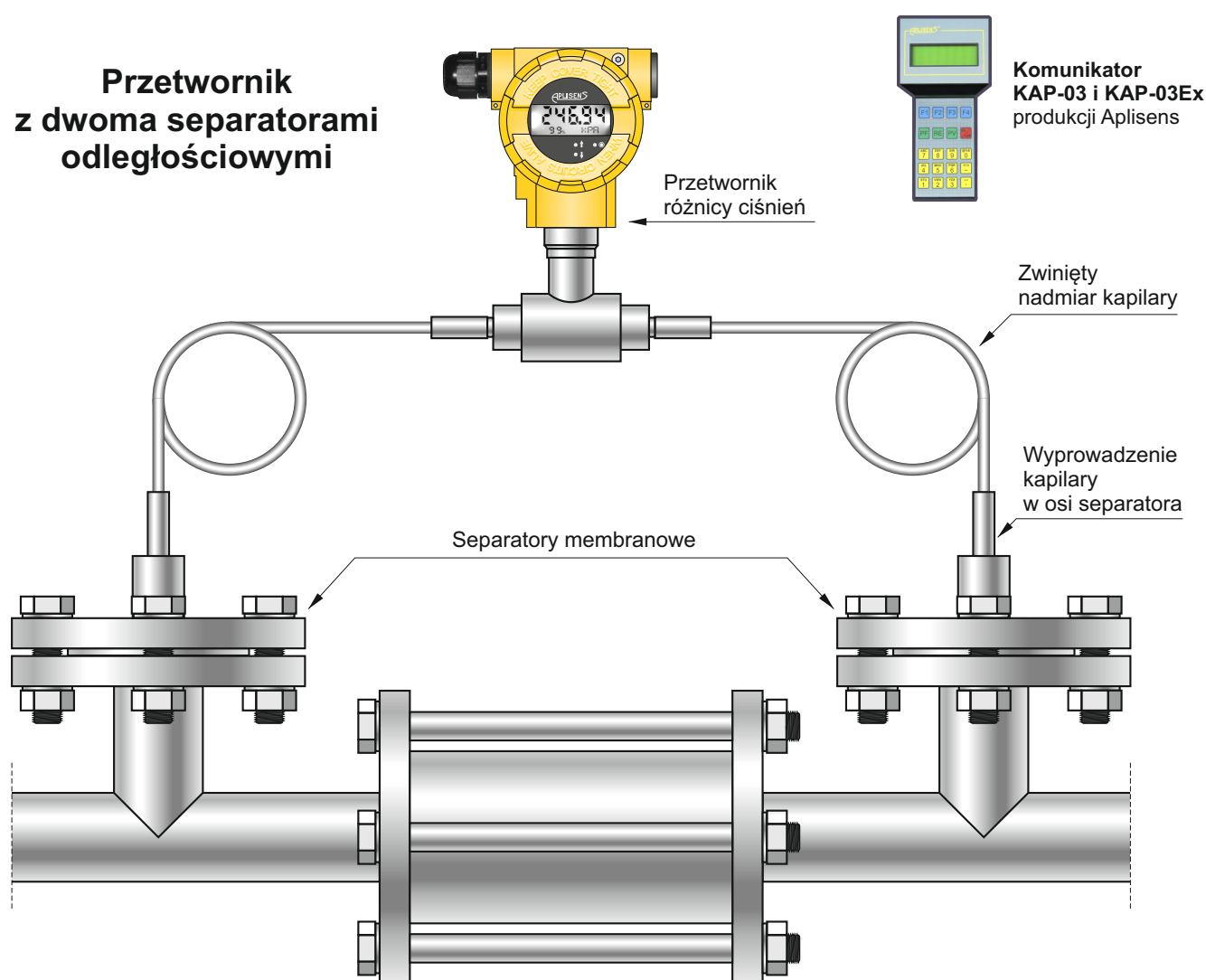


Inteligentne przetworniki różnicy ciśnień APR-2000 z dwoma separatorami membranowymi (dawny APR-2200)



- ✓ Liczne zastosowania, m.in. pomiar metodą hydrostatyczną: poziom w zbiornikach zamkniętych, gęstości oraz granicy faz
- ✓ Możliwość konfiguracji początku i końca zakresu pomiarowego (również przez zadane ciśnienie)
- ✓ Sygnał wyjściowy $4 \div 20$ mA + protokół HART
- ✓ Błąd podstawowy 0,1%, cyfrowa kompensacja błędów dodatkowych
- ✓ Wykonanie iskrobezpieczne i ognioszczelne zgodne z dyrektywą ATEX Ex , IECEx
- ✓ Całkowicie spawana głowica pomiarowa przetwornika gwarantująca wieloletnią szczelność układu
- ✓ Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa SIL2/SIL3 wg PN-EN 61508 - opis na stronach II.7 i II.8 (APR-2000ALW Safety)

Przetwornik z dwoma separatorami odległociowymi



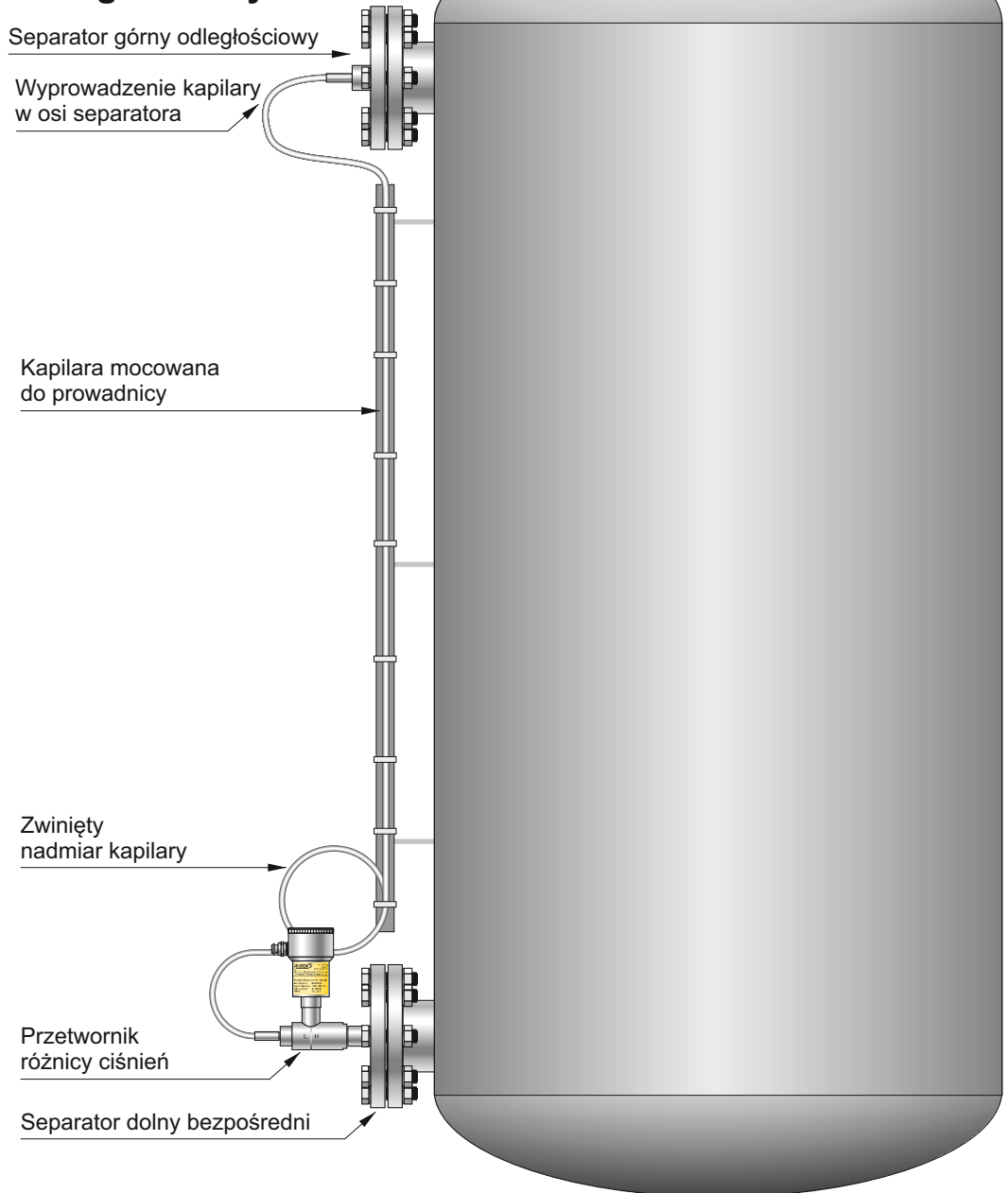
Przykład pomiaru straty na filtrze

Zalecenia

Wykonanie przetwornika z dwoma separatorami odległociowymi 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 odległociową w jednakowym stopniu oddziałują na obie komory pomiarowe przetwornika różnicy ciśnień, a zatem wzajemnie się kompensują.

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

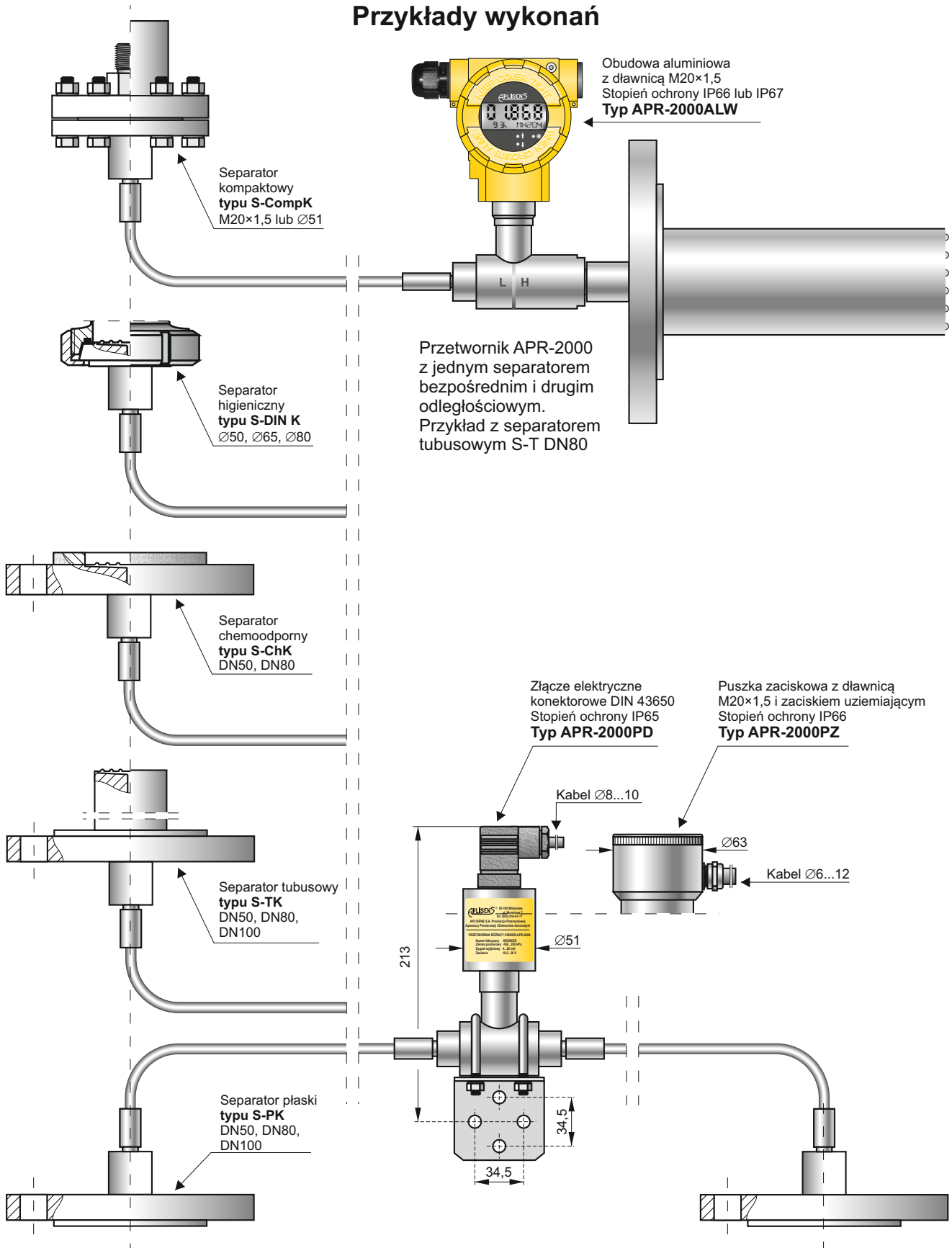
podstawie doświadczeń i badań firma Aplisens dostarcza użytkownikom starannie dobrane membrany separatorów gwarantujące kompensację błędów od zmian temperatury otoczenia.

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 $(1...1,3) \times$ (rozstaw separatorów w pionie). Zaleca się stosowanie jednakowych separatorów na dolnym i górnym przyłączy.

W przypadku pracy przetwornika w warunkach ujemnych ciśnień statycznych – mniejszych niż (-50) kPa zaleca się zastosowanie wersji z dwoma separatorami odległociowymi i montaż przetwornika poniżej dolnego punktu poboru impulsu.

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

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.

Przeznaczenie, budowa

Przetwornik APR-2000 z dwoma separatorami membranowymi przeznaczony jest do pomiaru różnicy ciśnień mediów zanieczyszczonych, o podwyższonej lepkości charakteryzujących się niską lub wysoką temperaturą, oraz wymagających przyłączy higienicznych. 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 czynnikiem na pasteryzatorach itp. Oferowana rodzina separatorów umożliwia pomiar wielkości 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, a w wykonaniu specjalnym do 25 MPa lub 70 MPa. Układ elektroniczny znajduje się w obudowie o stopniu ochrony IP65 (APR-2000PD) lub IP66 (APR-2000PZ, APR-2000ALW) lub IP67 (wyk. spec. APR-2000ALW, APR-2000PZ).

Konfiguracja

Możliwość zmiany nastaw następujących parametrów metrologicznych:

- ◆ jednostki ciśnienia, w jakich konfigurowany jest zakres,
- ◆ koniec i początek zakresu, stała czasowa,
- ◆ charakterystyka przetwarzania (inwersja, nieliniowa charakterystyka użytkownika).

Komunikacja

Konfiguracji i kalibracji przetwornika dokonuje się za pomocą komunikatora KAP-03, innych komunikatorów (Hart) lub komputera PC z wykorzystaniem konwertera Hart/USB i oprogramowania konfiguracyjnego RAPORT 2 produkcji Aplisens lub uniwersalnych narzędzi pracujących w środowisku WINDOWS wykorzystujących biblioteki EDDL i DTM.

Wymiana danych z przetwornikiem 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
-16 ÷ 16 kPa	0,1 m H ₂ O	≤ 1,7 m	[1,6 + (rozstaw sep. w pionie × 0,94)] m H ₂ O	4 MPa
-50 ÷ 50 kPa	0,5 m H ₂ O	≤ 6 m	[5 + (rozstaw sep. w pionie × 1,04)] m H ₂ O	4 MPa
-160 ÷ 200 kPa	1,5 m H ₂ O	≤ 15 m	[20 + (rozstaw sep. w pionie × 1,04)] m H ₂ O	4 MPa
-160 ÷ 1600 kPa	100 kPa	≤ 15 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

≤ ±0,1% (FSO)

Pozostałe parametry – zgodnie z kartą przetwornika różnicy ciśnień APR-2000ALW (str. II.5) lub APR-2000 (str. II.10).

Błędy od wpływu separacji – zgodnie z właściwą kartą separatora w rozdziale III (Separatory), w odniesieniu do separacji odległościowej.

UWAGA: Dodatkowy bezwzględny błąd „zera” od temperatury otoczenia można kompensować konfigurując przetwornik, separatory i kapilary zgodnie z zaleceniami opisanymi na stronach II.13 i II.14.

Parametry elektryczne

Zasilanie

7,5...55 V DC (Ex 7,5*...30 V DC) - APR-2000PD, PZ

10...55 V DC (Exia 10,5...30 V DC; Exd 13,5...55 V DC) - APR-2000ALW

* dla standardowej pracy przetwornika do 20,5mA

Szczegółowe dane odnośnie parametrów zasilania oraz warunków pracy przetworników w wykonaniu Ex dostępne są w Instrukcji Obsługi przetwornika.

Sygnal wyjściowy

4...20 mA + Hart dwuprzewodowo

Rezystancja niezbędna do komunikacji

≥ 240 Ω

Rezystancja obciążenia

$$R[\Omega] \leq \frac{U_{ZAS}[V] - U_{P_{MIN}}[V]}{0,0225A}$$

gdzie $U_{P_{MIN}}$ – minimalne napięcie zasilania przetwornika w danym wykonaniu

Warunki pracy

Zakres temperatur pracy (temp. otoczenia)

wykonania standardowe

-25...85°C

wykonania iskrobezpieczne

-25...80°C

wykonanie ognioszczelne

-25...75°C

Zakres temperatur mierzonego medium

zgodnie z właściwą kartą separatora (Rozdział III - Separatory)

Konstrukcja

Materiał obudowy

stal 304 - APR-2000PD, PZ

Materiał obudowy

aluminium - APR-2000ALW

stal 316 – wykonanie specjalne APR-2000ALW

Materiały separatorów – zgodnie z kartami separatorów (Rozdział III - Separatory)

IP65 - APR-2000PD

Stopień ochrony obudowy

IP66 - APR-2000PZ, ALW

IP67 - wykonanie specjalne APR-2000PZ, ALW

Schematy połączeń elektrycznych

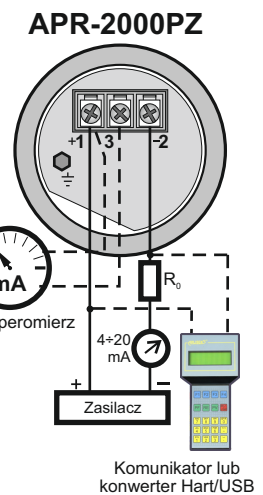
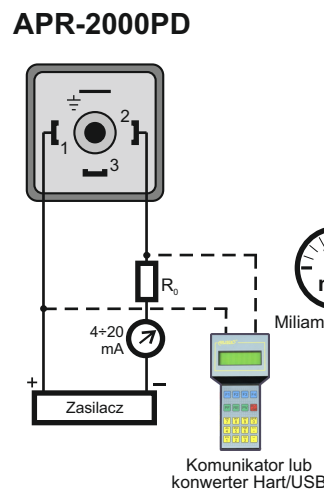
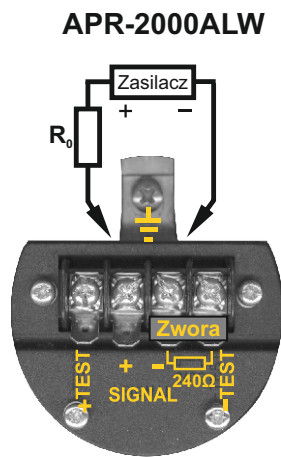
Montaż elektryczny
Podłączenie elektryczne przetwornika najlepiej wykonać przewodem ekranowanym typu skrętka. Korzystnie jest przewidzieć w instalacji miejsce do podłączania komunikatora.



Komunikator lub konwerter Hart/USB podłączamy na **TEST+**, **SIGNAL+** (dowolna polaryzacja)



Miliamperomierz podłączamy na **TEST+**, **TEST-**



Wykonania specjalne, certyfikaty

◊ **Wykonania iskrobezpieczne**

APR-2000PD, APR-2000PZ	
Wykonanie	ATEX
Ex	II 1/2G Ex ia IIC T4/T5/T6 Ga/Gb II 1 D Ex ia IIIC T110°C Da I M1 Ex ia I Ma

APR-2000ALW		
Wykonanie	ATEX	IECEx
Exia	II 1/2G Ex ia IIC T5/T4 Ga/Gb	Ex ia IIC T5/T4 Ga/Gb
Exia (Da)	II 1/2G Ex ia IIC T5/T4 Ga/Gb II 1 D Ex ia IIIC T115°C Da I M1 Ex ia I Ma (dla wersji z obudową ze stali 316)	Ex ia IIC T5/T4 Ga/Gb Ex ia IIIC T115°C Da Ex ia I Ma (dla wersji z obudową ze stali 316)

◊ **Wykonania ognioszczelne** (przetwornik dostarczany bez dławnicy)

APR-2000ALW		
Wykonanie	ATEX	IECEx
Exd	II 1/2G Ex ia/db IIC T6/T5 Ga/Gb II 1/2D Ex ia/tb IIIC T105°C Da/Db I M2 Ex db ia I Mb (dla wersji z obudową ze stali 316)	Ex ia/db IIC T6/T5 Ga/Gb Ex ia/tb IIIC T105°C Da/Db Ex db ia I Mb (dla wersji z obudową ze stali 316)
Exd (2G)	II 2G Ex db ia IIC T6/T5 Gb II 2D Ex ia tb IIIC T105°C Db	Ex db ia IIC T6/T5 Gb Ex ia tb IIIC T105°C Db

- ◊ **SS** – obudowa stali 316 (wibracje maksymalne: do 1g)
- ◊ **25 MPa** – dopuszczalne ciśnienie statyczne 25 MPa (dotyczy APR-2000ALW z dwoma separatorami odległościowymi)
- ◊ **70 MPa** – dopuszczalne ciśnienie statyczne 70 MPa (dotyczy APR-2000ALW z dwoma separatorami odległościowymi)
- ◊ **IP67** – wykonanie w obudowie o stopniu ochrony IP67 (dotyczy APR-2000ALW i APR-2000PZ)
- ◊ **Niestandardowy zakres podstawowy przetwornika**
- ◊ **Inne** – po uzgodnieniu z konsultantem Aplisens

Sposób zamawiania

APR-2000PD
APR-2000PZ
APR-2000ALW / / / / (+) / (-)

Wykonania specjalne:
Ex, Exia, Exia(Da), Exd, Exd(2G), SS, 25 MPa, 70 MPa, IP67, inne – opis

Zakres podstawowy

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

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

Przykład: Przetwornik różnicy ciśnień APR-2000PD / wykonanie standard / zakres podstawowy -160 ÷ 200 kPa / od strony (+) separator bezpośredni kołnierzyowy tubusowy DN80 PN40, tubus 100 mm / od strony (-) separator odległościowy kołnierzyowy płaski DN80 PN40, kapiłara 8 m

APR-2000PD / -160 ÷ 200 kPa / (+) S-T – DN80; T = 100 mm / (-) S-PK – DN80; K = 8 m

W celu uproszczenia działań matematycznych wprowadźmy współczynnik gęstości medium X_ρ .

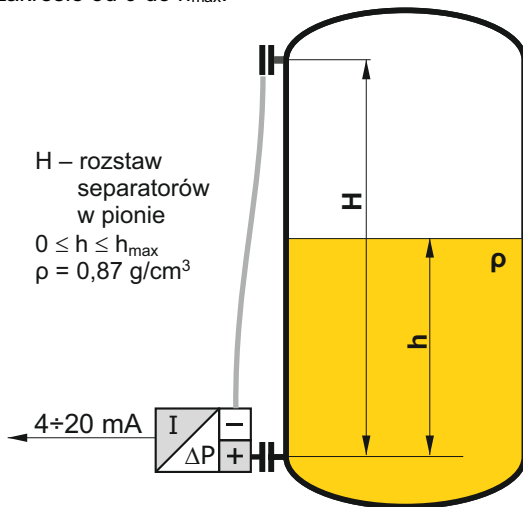
$$X_\rho = \frac{\rho_{\text{medium}} [\text{g/cm}^3]}{\rho_{\text{wody w } 4^\circ\text{C}} [\text{g/cm}^3]}$$

Ponieważ gęstość wody w temp. 4°C wynosi 1 g/cm^3 , zatem **współczynnik gęstości X_ρ jest liczbowo równy gęstości medium wyrażonej w g/cm^3** . Aby wyznaczyć ciśnienie hydrostatyczne słupa cieczy w $[\text{mm H}_2\text{O}]$, wystarczy pomnożyć wysokość słupa h $[\text{mm}]$ przez współczynnik gęstości tej cieczy X_ρ . Ze względu na łatwość wyznaczenia ciśnienia hydrostatycznego w $[\text{mm H}_2\text{O}]$ oraz możliwość konfigurowania przetwornika w tych jednostkach, w dalszej części, przy opisach metod realizacji pomiarów, posługujemy się jednostkami ciśnienia $[\text{mm H}_2\text{O}]$ oraz współczynnikiem gęstości X_ρ .

Konfiguracja przetwornika APR-2000 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 $\rho = 0,87 \text{ g/cm}^3$ w zakresie od 0 do h_{max} .



H – rozstaw separatorów w pionie
 $0 \leq h \leq h_{\text{max}}$
 $\rho = 0,87 \text{ g/cm}^3$

1. Zamontować przetwornik w położenie pracy na pustym zbiorniku.
2. Podłączyć przetwornik elektrycznie, zapewniając możliwość komunikacji HART.
3. Podłączyć komunikator KAP-03, zidentyfikować przetwornik i wybrać funkcję „konfiguracja”.

4. W menu konfiguracji wybrać „parametry wyjściowe”.
5. W menu parametry wyjściowe:
 - a) zmienić jednostki pomiaru na $\text{mm H}_2\text{O}$ w 4°C ,
 - b) przez wpis liczby wprowadzić początek ($X_\rho \times h_{\text{min}} [\text{mm}]$) i koniec zakresu pomiarowego ($X_\rho \times h_{\text{max}} [\text{mm}]$), odpowiednio: 0 i $(0,87 h_{\text{max}} [\text{mm}])$,
 - 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:

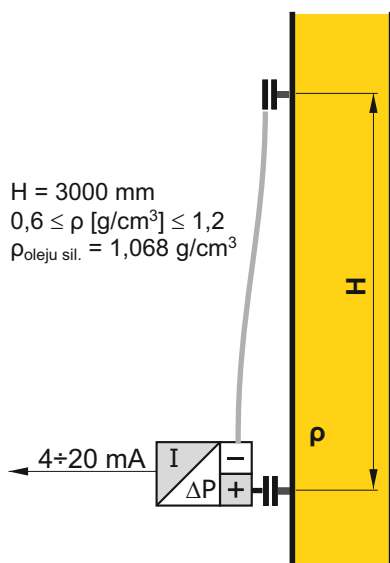
$$\text{Początek} [\text{mm H}_2\text{O}] = -H [\text{mm}] \times X_{\rho_{\text{oleju sil.}}}$$

$$\text{Koniec} [\text{mm H}_2\text{O}] = h_{\text{max}} [\text{mm}] \times X_{\rho_{\text{mierzonej cieczy}}} - H [\text{mm}] \times X_{\rho_{\text{oleju sil.}}}$$

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

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

Konfiguracja przetwornika APR-2000 do realizacji pomiaru gęstości cieczy



$H = 3000 \text{ mm}$
 $0,6 \leq \rho [\text{g/cm}^3] \leq 1,2$
 $\rho_{\text{oleju sil.}} = 1,068 \text{ g/cm}^3$

Sformułowanie zadania pomiarowego:

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

1. Obliczyć wartość początku zakresu pomiarowego z zależności: $H_{[\text{mm}]} \times (X_{\rho_{\text{min}}} - X_{\rho_{\text{oleju sil.}}}) = 3000 \times (0,6 - 1,068) = -1404 [\text{mm H}_2\text{O}]$
2. Obliczyć wartość końca zakresu pomiarowego z zależności: $H_{[\text{mm}]} \times (X_{\rho_{\text{max}}} - X_{\rho_{\text{oleju sil.}}}) = 3000 \times (1,2 - 1,068) = 396 [\text{mm H}_2\text{O}]$
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-03, zidentyfikować przetwornik i wybrać funkcję „konfiguracja”.
7. W menu konfiguracji wybrać „parametry wyjściowe”.
8. W menu parametry wyjściowe:
 - a) zmienić jednostki pomiaru na mm H₂O w 4°C,
 - b) przez wpis liczby wprowadzić obliczone wartości początku (-1404) i końca (396) zakresu pomiarowego.

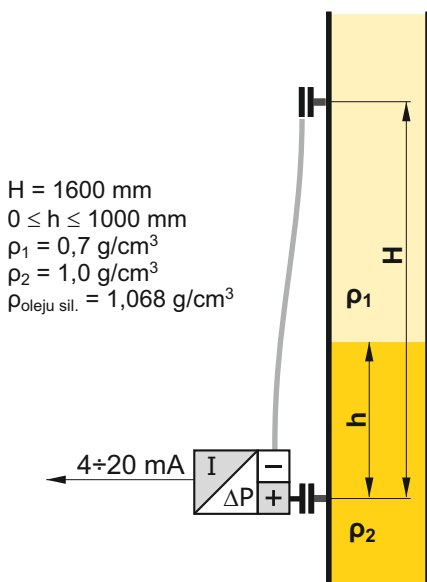
Skonfigurowany w ten sposób przetwornik jest gotowy do realizacji przedstawionego zadania pomiarowego. Uwaga: Jeżeli istnieje możliwość zapełnienia przestrzeni między separatorami cieczą o gęstości odpowiadającej początkowi zakresu pomiarowego, to początek zakresu pomiarowego przetwornika można ustawić 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-2000 skonfigurowanego do pomiaru wysokości granicy faz w zakresie od 0 do 1000 mm między cieczą o gęstości $\rho_1 = 0,7 \text{ g/cm}^3$ a cieczą o gęstości $\rho_2 = 1,0 \text{ g/cm}^3$, przy rozstawie separatorów w pionie $H = 1600 \text{ mm}$. W układzie separacji zastosowano olej DC-550 o gęstości $1,068 \text{ g/cm}^3$.



Wyznaczenie początku zakresu pomiarowego polega na obliczeniu różnicy ciśnień ustalającej się na przetworniku przy napełnieniu zbiornika wyłącznie cieczą lekką:
 $1600 \text{ [mm]} \times (0,7 - 1,068) = -588,8 \text{ [mm H}_2\text{O]}$

Wyznaczenie końca zakresu polega na dodaniu przyrostu ciśnienia spowodowanego pojawieniem się metrowego słupa cięższej cieczy:
 $-588,8 \text{ [mm H}_2\text{O]} + (1,0 - 0,7) \times 1000 \text{ [mm]} = -288,8 \text{ [mm H}_2\text{O]}$

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

$$H \text{ [mm]} \leq \frac{\text{dolna granica zakresu [mm H}_2\text{O]}}{X\rho_{\min} - X\rho_{\text{oleju sil.}}}$$

$$H \text{ [mm]} \leq \frac{\text{górną granica zakresu [mm H}_2\text{O]}}{X\rho_{\max} - X\rho_{\text{oleju sil.}}}$$

Przykład:

Określić maksymalny rozstaw separatorów w pionie dla przetwornika APR-2000/-10 ÷ 10 kPa przy pomiarze gęstości cieczy w zakresie od 0,6 do 1,2 g/cm³. W układzie separacji zastosowano olej silikonowy AK-20 o gęstości 0,945 g/cm³.

Dolna granica zakresu przetwornika wynosi -10 kPa = -1020 mm H₂O

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

$$H \text{ [mm]} \leq 2957$$

Górną granicę zakresu przetwornika wynosi +10 kPa = 1020 mm H₂O

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

$$H \text{ [mm]} \leq 4000$$

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