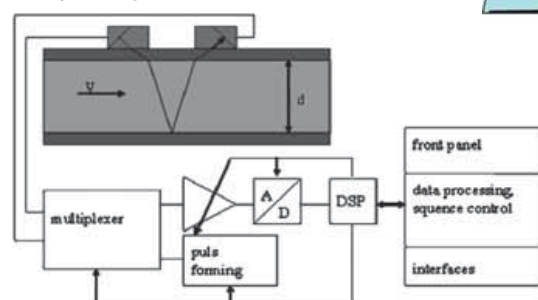


Pierwsza aplikacja czterokanałowego gazowego przepływomierza bezinwazyjnego typu Clamp-on

Technika pomiaru przepływu przy wykorzystaniu metody ultradźwiękowej zdążyła już na dobre zagościć w wielu aplikacjach przemysłowych. W niektórych branżach takich jak gazownictwo zastosowanie przepływomierzy ultradźwiękowych (inwazyjnych) zostało usankcjonowane normami branżowymi, głównie w kontekście pomiarów rozliczeniowych, w których najważniejszą kwestią jest dokładność pomiaru. Ale gazownictwo to nie tylko pomiary rozliczeniowe i można w tej branży znaleźć szereg ciekawych i wymagających aplikacji technologicznych. Jednym z ostatnich sukcesów aplikacyjnych w tej kwestii jest zastosowanie czterokanałowego przepływomierza FLEXIM FLUXUS G706 na rurociągach przesyłowych DN1400 oraz DN1200 gazu ziemnego. Aplikacja została przez nas zrealizowana pod koniec 2016 roku, w jednym z zakładów na terenie Republiki Czeskiej.

POMIAR PRZY WYKORZYSTANIU METODY TRANSIT-TIME

W najprostszym ujęciu bezinwazyjny pomiar przepływu polega na przejściu w dwóch kierunkach ultradźwiękowych sygnałów. Ma to miejsce pomiędzy dwoma (parowanymi) czujnikami (sondami) zamontowanymi w sposób bezkontaktowy z mierzonym medium. Technika ta jest uniwersalna dla cieczy oraz gazów.



Strumień objętości obliczany jest za pomocą poniższej formuły:

$$Q = K_{Re} \cdot A \cdot K_a \frac{\Delta t}{2t_f}$$

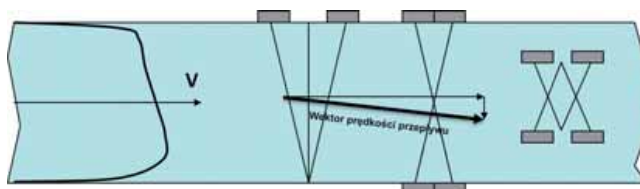
gdzie: Q – przepływ, K_{Re} – poprawka kalibracyjna związana z liczbą Reynoldsa, A – przekrój poprzeczny rurociągu, K_a – akustyczny współczynnik kalibracyjny, Δt – różnica pomiędzy czasami przejść sygnałów, t_f – czas przejścia sygnału w mierzonym medium.

WPŁYW PROFILU PRZEPŁYWU

Profil przepływu zaburzany jest przez niekorzystne efekty takie jak zawirowania osiowe lub poprzeczne oraz niesymetryczny przepływ – czyli wtedy, gdy profil prędkości nie rozkłada się jednorodnie wokół osi rurociągu. Najczęściej występuje kombinacja tych efektów.

Przepływomierz bezinwazyjny posiadający jedną parę czujników (sond) pomiarowych potrafi mierzyć tylko w pojedynczej płaszczyźnie rurociągu. Zwiększając ilość kanałów pomiarowych i tym samym par sond pomiarowych, zwiększa się ilość płaszczyzn pomiarowych. Większa ilość płaszczyzn przejścia sygnału przez przekrój rurociągu oznacza zdolność do obniżenia niepewności związanej z pomiarem całego układu.

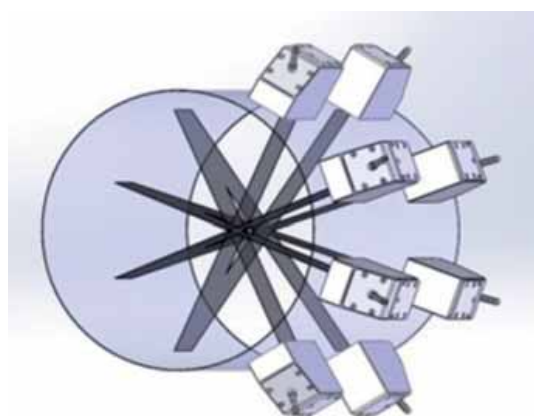
Ponadto można zauważyć, że zastosowanie dwóch lub więcej ścieżek pomiarowych tam, gdzie to możliwe, skutkuje zdolnością zmniejszenia efektów przepływów krzyżowych oraz efektów niesymetrycznego przepływu.



Rysunek 2. Nie w pełni rozwinięty profil przepływu oraz konfiguracje ścieżek pomiarowych aby temu przeciwdziałać

Rysunek 2 pokazuje typowy profil przepływu będący wynikiem zaburzeń mających swoje źródło przed lokalizacją przepływomierza. Na rysunku widać również kilka sposobów konfiguracji pomiarowej (ilość i konstrukcja ścieżek). Można zastosować zarówno tryb pomiarowy jednej ścieżki (direct), jak i tryb dwóch ścieżek (reflect).

Wielu renomowanych producentów ultradźwiękowych, **inwazyjnych** przepływomierzy rozliczeniowych również stosuje konfigurację wieloczujnikową, zapewniającą odpowiednią ilość płaszczyzn (ścieżek) przejścia sygnału. Na niekorzyść metody typu Clamp-on (bezinwazyjna) działa niestety fakt, że wiązka sygnałowa zawsze będzie przebiegać przez oś mierzonych rurociągu. W przypadku rozwiązań inwazyjnych, producenci trasują sygnał bez przejścia przez oś przekroju – uzyskują w ten sposób lepszą kompensację niepożądanych zjawisk przepływowych. Niestety w przypadku przepływomierza Clamp-on jest to niewykonalne z uwagi na konstrukcje sond – niezależnie od zamontowania, trasa przejścia sygnału zawsze będzie przebiegać przez oś.

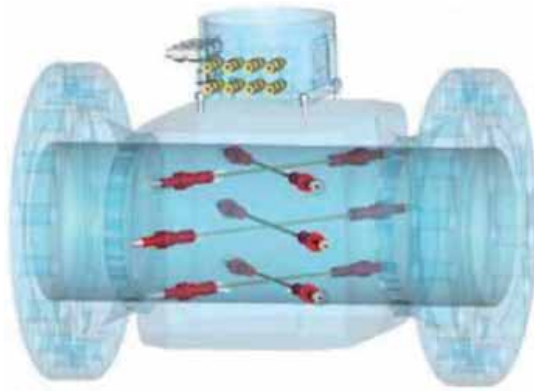


Rysunek 1. Przepływomierz ultradźwiękowy – metoda transit-time

Rysunek 3. Przepływomierz bezinwazyjny – trasowanie sygnału wielościeżkowego



►
Rysunek 4.
Przeptywomierz
inwazyjny
– trasowanie sygnału
wielościęzkowego



►►
Testy przepływowymierza
na rurociągach

Na szczęście nie w każdej aplikacji przepływowymierza wymagana jest aptekarska precyzja, otwierając tym samym pole do zastosowania przepływowymierza bezinwazyjnego wszędzie tam, gdzie jego zalety pozwalają klientom na oszczędności, oferując jednocześnie bardzo zadowalające parametry metrologiczne.

BEZINWAZYJNY POMIAR PRZEPŁYWU GAZU – WYZWANIE POMIAROWE!

Bezinwazyjna technologia pomiaru przepływu pozwala skutecznie mierzyć nie tylko ciecze. Możliwości przepływowymierzy bezinwazyjnych były (i są nadal) rozwijane przez różnych producentów. Jednakże niekwestionowanym liderem na tym polu jest niemiecki producent bezinwazyjnych przepływowymierzy ultradźwiękowych – firma FLEXIM GmbH. Producent ten posiada wyspecjalizowaną ofertę przepływowymierzy, która dedykowana jest również do mediów gazowych.

Należy tutaj nadmienić, że w przeciwieństwie do cieczy, w przypadku gazów występuje wymóg minimalnego ciśnienia w instalacji – tj. min 4-5 bar(a) w przypadku rurociągów stalowych. Jest to minimalne ciśnienie gwarantujące pewien poziom gęstości gazu pozwalający na skuteczną propagację fali ultradźwiękowej. Przy czym, przy takim poziomie ciśnienia gazu każdorazowo należy wykonać próbę obiektową – co z pomocą przenośnego przepływowymierza Fluxus G608 nie stanowi problemu. Sytuacja jest prostsza w momencie, gdy robocze ciśnienie w instalacji jest wyższe i wynosi np. ok 50 bar(a). Wówczas gęstość gazu jest na poziomie zapewniającym bezproblemową propagację sygnału.

Kolejną ważną kwestią jest kwestia zachowania odcinków prostych. Jest to istotne z punktu widzenia tworzenia się szumów sygnałowych w rurociągu, powstających w wyniku odbicia sygnału od zaworów, kolanków, kotłowni etc. Dodatkowo, jak to już zostało wspomniane, odcinki proste mają wpływ na profil przepływu – co w przypadku aplikacji gazowych ma duże znaczenie z uwagi na znaczną prędkość liniową przepływu w rurociągu, która często wynosi powyżej 10 m/s (dla cieczy rzadko przekracza 2 m/s). Tak duża prędkość prowadzi do częstszego występowania zaburzeń mających większy wpływ na dokładność pomiaru, niż w przypadku mediów ciekłych.

GAZOCIĄG PRZESYŁOWY PRZYKŁADEM WYKORZYSTANIA ZALET CLAMP-ON

Jeden z naszych klientów z terenu Republiki Czeskiej miał dobre doświadczenia w dotychczasowej eksploatacji bezinwazyjnego przepływowymierza. Zdecydował się na wykonanie prób obiektowych mających zweryfikować możliwość aplikacji takiego rozwiązania

na dwóch rurociągach przesyłowych gazu ziemnego tj. rurociągach DN1400 oraz DN1200. Celowość testów była dodatkowo uzasadniona z uwagi na izolację antykorozyjną z polietylenu. W teorii tego typu izolacja jest nawet pożądana, gdyż działa jako swoista mata wytłumiająca szumy, a jeżeli jest dobrze nałożona, to nie stanowi problemu dla sygnału pomiarowego. Jednakże praktyka bywa różna, wobec czego wykonano kilkugodzinne testy w obu lokalizacjach.



DLACZEGO CLAMP-ON?

Dla naszego klienta największą zaletą była bezinwazyjność układu i tym samym możliwość zamontowania urządzenia podczas normalnej eksploatacji instalacji. Kwestia ta ma niebagatelne znaczenie biorąc pod uwagę, że zapewnienie ciągłości przesyłu gazu jest kluczowe dla bezpieczeństwa energetycznego w kraju, a postój rurociągu wiąże się z ogromnymi kosztami. Dzięki technologii bezinwazyjnej możliwe było przetestowanie i finalne zamontowanie przepływowymierza bez konieczności zatrzymania pracy rurociągu. Wybór czterokanałowego modelu FLUXUS G706 pozwolił na zachowanie najlepszych własności metrologicznych, dzięki zwielokrotnionej kompensacji profilu przepływu.

POZYTYWNE TESTY

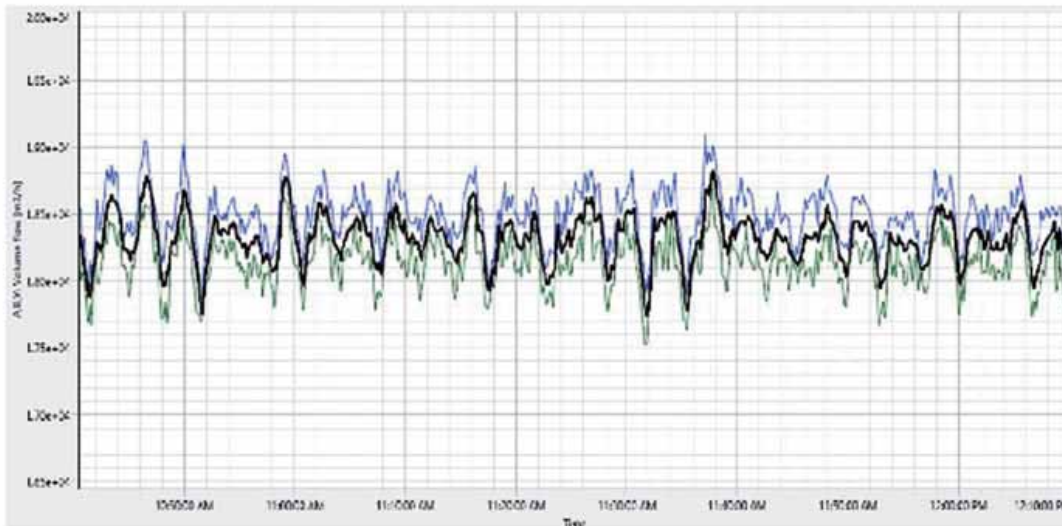
Po zamontowaniu testowego, przenośnego przepływowymierza dwukanałowego FLUXUS G608 w dwóch lokalizacjach tj. DN1400 oraz DN1200 okazało się, że wykonana z polietylenu osłona antykorozyjna nie stanowi przeszkody w pracy urządzeń. Analiza parametrów diagnostycznych jakie dostępne są w urządzeniu wskazała, że propagacja sygnału jest właściwa. Wyniki pomiarowe przedstawione zostały do analizy służbom technicznym klienta, następnie ich wynik został zaakceptowany jako wiarygodny. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że przepływowymierze FLUXUS G w podstawowej wersji przeznaczone są do pomiaru objętościowego przepływu rzeczywistego, czyli bez kompensacji ciśnienia, temperatury oraz współczynnika ścisłości do warunków odniesienia. Na życzenie klienta dostępny jest również wariant umożliwiający przeliczenie jednostek bezpośrednio w przetworniku – wówczas należy doprowadzić sygnały od zewnętrznego czujnika temperatury i ciśnienia oraz podać informacje o współczynniku ścisłości. Przeliczenie na jednostki znormalizowane dokonywane jest w oparciu o algorytm będący aproksymacją wytycznych standardu AGA8 oraz GERG88.

APLIKACJA PRZEPŁYWOMIERZY

Po pozytywnych testach klient zdecydował się zakupić przepływowymierze bezinwazyjne na stałe dla dwóch punktów pomiarowych. W obu przypadkach przed punktami pomiarowymi nie było żadnych ele-



DN1400: wykres rzeczywistego natężenia przepływu - uśrednienie dwóch kanałów pomiarowych



- Niebieska krzywa: rzeczywiste natężenie przepływu na kanale A (m³/h)
- Zielona krzywa: rzeczywiste natężenie przepływu na kanale B (m³/h)
- Czarne krzywa: Uśrednione rzeczywiste natężenie przepływu - obliczone jako (A+B)/n gdzie n to liczba działających kanałów pomiarowych w przepływowierzu

mentów poważnie zaburzających profil przepływu, tj. kolanek, zaworów, zwężeń. Jedyną niekorzystną kwestią był odcinek gazociągu biegnący łukiem na odcinku ok. 400 m. Z tego powodu klient zdecydował się na zastosowanie układu czterokanałowego. Z uwagi na maksymalizację dokładności pomiaru w opisywanych aplikacjach, zrezygnowano z przeliczania jednostek na normalne bezpośrednio w przepływowierzu i zastosowano zewnętrzne komputery przepływu, będące standardem w aplikacjach pomiarowych u tego klienta. Komunikacja pomiędzy przepływowierzem G706, a komputerem przepływu realizowana jest cyfrowo za

nych i prac montażowych przy strategicznym rurociągu o dużej średnicy. Docelowo w lokalizacji pomiaru klient umieścił studzienki pomiarowe, w których urządzenia zostały zamontowane oraz uruchomione. Należy przy okazji zaznaczyć, że ewentualne nakłady inwestycyjne przy aplikacji przepływowierza inwazyjnego byłyby kilkukrotnie wyższe, nawet w przypadku relatywnie taniej metody pomiarowej rurką spiętrzącą.

ZALETY NIE TYLKO W GAZOWNICTWIE

O przepływowierzach bezinwazyjnych na łamach naszego kwartalnika pisaliśmy już nie raz – wskazując na ich bardzo dobre możliwości pomiarowe oraz zalety w wielu aplikacjach i gałęziach przemysłu. Mimo tego, często w procesie wyboru optymalnej metody pomiarowej kluczowe znaczenie ma konserwatywne podejście decydentów. Takie konserwatywne podejście nie zawsze jest najlepszą opcją – często ciemną jego stroną, oprócz trudności technicznych w aplikacji, bywa również zwiększony nakład inwestycyjny. Można tego uniknąć stosując przepływowierze ultradźwiękowe, niewymagające ingerencji w instalację, a wykonanie wielościżkowe pozwala na utrzymanie bardzo dobrych właściwości metrologicznych.



pomocą standardu MODBUS RTU. Dostępne jest również wyjście częstotliwościowe 5Hz...5kHz typu open collector, stosowane typowo w gazomierzach turbinkowych. Dostarczone przepływowierze FLUXUS G706 są dopuszczone do pracy w strefie zagrożenia wybuchem, a ponadto sondy pomiarowe zlokalizowane w studzienice pomiarowej posiadają stopień ochrony IP68.

O powodzeniu aplikacji zdecydowała przede wszystkim kwestia bezinwazyjności układu, co pozwoliło na montaż urządzenia w łatwy sposób na ruchu oraz na uniknięcie tym samym dodatkowych kosztów instalacyj-



Maksym Cichoń

Absolwent kierunku Energetyka na Politechnice Śląskiej. W Introlu pracuje od 2010 w dziale przepływów na stanowisku kierownika działu pomiarów przepływu. Zajmuje się bezinwazyjnymi pomiarami przepływu cieczy i gazów oraz przepływowierzami elektromagnetycznymi.

tel. 32 789 00 91



Miejsce aplikacji – rurociąg DN1400