

Bezinwazyjny pomiar przepływu gazu

Jak skutecznie to robić?

Pomiar przepływu bez konieczności rozszczelnienia rurociągów jest jednym z bardziej interesujących rozwiązań w automatyce pomiarowej. Do tego typu pomiarów wykorzystuje się przepływomierze ultradźwiękowe, bezinwazyjne, które ze względu na łatwość montażu, serwisu oraz możliwość testowania przed zakupem są coraz bardziej popularne. Najczęściej występującym pomiarem, do którego wykorzystywane są ultradźwięki jest pomiar przepływu cieczy. Przepływomierze bezinwazyjne mogą być jednak również pomocne przy pomiarze przepływu gazów, choć pomiar należał do tej pory do jednego z najtrudniejszych.

Gazy, bezinwazyjnie, w stalowych rurociągach

Przepływomierze ultradźwiękowe występują w dwóch wersjach: stacjonarnej, wymagającej zasilania i przeznaczonej do pomiarów ciągłych, oraz przenośnej, zasilanej akumulatorem do testowania innych przepływomierzy, sprawdzania instalacji itp.



Zestaw przepływomierza przenośnego

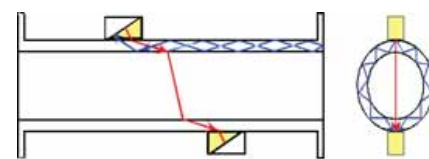
O ile pomiar bezinwazyjny cieczy nie przysparza szczególnych problemów, o tyle przy pomiarze przepływu gazów, na możliwość wykonania pomiarów ma wpływ znacznie więcej czynników, co generuje spore komplikacje. Jakiś czas temu mieliśmy możliwość przetestowania przepływomierza do gazów w kilku różnych aplikacjach, a w trakcie pomiaru wykorzystano identyczną metodę jak dla cieczy. Jedną z aplikacji był pomiar przepływu powietrza o ciśnieniu 6 barg, drugą pomiar przepływu tlenu etylenu o ciśnieniu ponad 18 barg. W obu

przypadkach rurociągi były stalowe i obie próby zakończyły się niepomyślnie - mimo kilkugodzinnych starań mieliśmy problem z uzyskaniem nawet słabego sygnału.

Co interesujące, na rurociągu plastikowym nie było żadnego problemu z pomiarem, mimo niższego ciśnienia gazu. Po tych doświadczeniach postanowiliśmy ponownie przeanalizować możliwość wykonywania dokładnych bezinwazyjnych pomiarów przepływu gazów w rurociągach.

Powstało pytanie: dlaczego na rurociągu plastikowym pomiar jest wykonalny, a na stalowym nie? Doszliśmy do wniosku, że główną różnicą między materiałami, która wpływa na jakość pomiaru, jest prędkość rozchodzenia się w nich dźwięku i to właśnie materiały stosowane do budowy rurociągów są ograniczeniem użycia przepływomierzy ultradźwiękowych.

Szukając innych rozwiązań pomiaru przepływu gazu natrafiliśmy na producenta przepływomierzy bezinwazyjnych – firmę Flexim, która, zgodnie z materiałami informacyjnymi, ma w swojej ofercie odpowiednie rozwiązanie. Inżynierowie z firmy Flexim potwierdzili nasze przypuszczenia co do wpływu materiału rurociągu na jakość pomiaru przepływu. Okazało się również, że drugim ograniczeniem jest gęstość gazu i wynikająca z niej prędkość rozchodzenia się fali ultradźwiękowej oraz różnica tej prędkości między ścianką rurociągu a gazem. W układach przepływu gazu duża część sygnału ultradźwiękowego zostaje bowiem utracona przez odbicia w ściance rurociągu oraz podczas przejścia z sensorów do stalowej ścianki. Powoduje to, że tylko bardzo mała część sygnału wnika do medium. Następnie, sygnał przechodzi przez gaz i dociera do drugiej ścianki i w tym miejscu następuje kolejna duża strata energii spowodowana znaczną różnicą w prędkości dźwięku między rurociągiem i gazem. Ostatecznie do sensora odbiorczego dociera sygnał o znacznie mniejszej energii, nieprzekraczającej 0,001% energii wystanej.



Rozchodzenie się fali w gazie

Kolejnym, bardzo ważnym problemem jest propagacja sygnału w ściance rurociągu. Ze względu na znacznie większą prędkość dźwięku w stali, sygnał może dotrzeć do sondy odbiorczej szybciej niż sygnał przechodzący przez medium i może być potraktowany przez elektronikę jako sygnał poprawny.

Podczas kolejnych wizyt w fabryce FLEXIM dowiedzieliśmy się, że jeżeli chcemy mierzyć dokładnie przepływ gazu o niższej gęstości, należy przede wszystkim zwiększyć ilość energii docierającej do sensora odbiorczego, co jest niemożliwe przy stosowaniu sond standardowych. Jedyną skuteczną metodą jest zastosowanie specjalnie zaprojektowanych sond działających w oparciu o technikę Lamb Wave. Sondy te, w celu zwiększenia energii docierającej do medium, wykorzystują częstotliwość rezonansową ścianki rurociągu, co ma znacząco zwiększać ilość energii w medium i pozwalać na stosowanie przepływomierza przy znacznie niższych gęstościach medium. Tyle jeśli chodzi o teorię.

Bezinwazyjnie wodór

Przed wprowadzeniem przepływomierzy gazowych do naszej oferty, mając na uwadze problemy występujące przy takim pomiarze, postanowiliśmy przetestować przepływomierz w możliwie najtrudniejszych warunkach. Okazja do sprawdzenia tego rozwiązania nadarzyła się dość szybko.

W jednym z zakładów należących do polskiego koncernu naftowego zaistniała potrzeba dokładnego pomiaru wodoru gazowego.

Wstępne ustalenia i obliczenia przemiały za przepływomierzem wirowym, który odpowiadał wymaganiom obiektowym (temperatura, ciśnienie i przepływ) i spełniał wymagania strefy Ex. To rozwiązanie miało jedną, ale niestety istotną wadę. Instalacja przepływomierza wirowego wiąże się z ingerencją w rurociąg (cięcie lub wiercenie), a w razie ewentualnych problemów/ uszkodzeń należy liczyć się z jego rozszczelnieniem.

Ponieważ problemy instalacyjne, które występują przy zastosowaniu przepływomierza wirowego, nie istnieją w przypadku zastosowaniu bezinwazyjnych przepływomierzy ultradźwiękowych, zaproponowali-

śmy Klientowi testy ultradźwiękowa na obiekcie. Argumentem jaki przekonał specjalistów zakładu był fakt, iż instalacja przepływomierza ultradźwiękowego odbywa się bez konieczności opróżniania rurociągu czy nawet zmniejszania ciśnienia medium. Co więcej, sensory pomiarowe montowane są na zewnątrz rurociągu, nie mając jakiegokolwiek kontaktu z medium i przez to nie są narażone na zużycie mechaniczne (np. ścieranie).



Ze względu na to, że rurociągi są poddobarowe i znajdują się w strefie zagrożonej wybuchem, klient z entuzjazmem przyjął informację, że spróbujemy wykonać testy. Przed naszym przyjazdem służby techniczne przygotowały wstępnie punkt pomiarowy, podstawiono rusztowanie oraz odgrodzono strefę pomiarów. Testy z udziałem inżyniera z firmy Flexim wykonywaliśmy przenośnym przepływomierzem bezinwazyjnym G601. W czasie prób Klient mógł zo-

Z uwagi na to, że wodór należy do „trudnych” w pomiarze mediów, wszelkie inwestycje wymagały przeprowadzenia wcześniejszych testów w określonych warunkach aplikacyjnych:

- medium: 100% wodór
- ciśnienie: 28-29 barg
- temperatura: 20 do 40°C
- gęstość: ok. 2,5 kg/m³
- rurociąg: 114,3 × 6,3 mm
- materiał rurociągu: stal węglowa
- zakres przepływu:
od 100 do 1500 m³/h
- ATEX strefa 1

Najistotniejszy problem aplikacyjny mogła stanowić gęstość medium. Wodór jest gazem o bardzo małej gęstości i mimo, że w rurociągu było 29 bar nadciśnienia, jego gęstość nie przekraczała 2,5 kg/m³. Tak niska gęstość skłoniła nas do zastosowania wspomnianych już sond Lamb Wave.

Szansę na powodzenie testów oszacowaliśmy na ok. 85-90%. Koszt układu pomiarowego, biorąc pod uwagę prace montażowe, był porównywalny z układem z przepływomierzem wirowym. Zastosowanie przepływomierza bezinwazyjnego nie wymagało jednak jakichkolwiek prac spawalniczych, cięcia, wiercenia, a także – co niezwykle ważne – nie wiązało się z wykonywaniem specjalnego projektu, co zawsze przyczynia się do wydłużenia całego procesu opomiarowania.



baczyć jak łatwy jest montaż takiego przepływomierza i w jak prosty sposób przebiega jego konfiguracja. Po wprowadzeniu materiału, średnicy i grubości ścianki rurociągu oraz parametrów medium, przepływomierz podaje nam odległość, w jakiej należy zbudować sondy pomiarowe. W przypadku gdy nie dysponujemy informacją o grubości ścianek rurociągu, możemy posłużyć się wbudowanym grubościomierzem. Czas montażu i uruchomienia przepływomierza nie przekroczył 30 minut. Silny i stabilny sygnał uzyskaliśmy już po przyłożeniu sond pomiarowych do ścianek rurociągu. Następnie, przytwierdziliśmy sondy za pomocą zestawów montażowych i uruchomiony przepływomierz zostawiliśmy na instalacji. Klient oczekiwał, że przepływomierz zostanie na obiekcie przez jakiś czas w celu rejestracji przepływu. W spełnieniu tego wy-

maganie pomogła nam kolejna, niezwykle ważna w przypadku przepływomierzy przenośnych cecha: wbudowany akumulator o dużej pojemności, który pozwala na pracę powyżej 20 godzin bez konieczności ładowania. Dane z wbudowanego rejestratora przekazaliśmy klientowi w celu porównania go z danymi rejestrowanymi w sterowni.

Przeprowadzona przez klienta analiza rejestrowanych wyników pokazała, że przepływomierz pod względem metrologicznym spełnia wszystkie wymagania, a możliwość bezinwazyjnego montażu spowodowała, że został on zakwalifikowany do zakupu, zamiast przepływomierza wirowego. W efekcie wykonania testów, Klientowi dostarczona zostanie stacjonarna wersja przepływomierza serii G800, która wykorzystuje te same sondy i zasadę pomiarową co wersja przenośna oraz spełnia wymagania dotyczące prac w strefach niebezpiecznych.

Koniec problemów z przepływem gazów?

Do momentu nawiązania współpracy z firmą Flexim, mając na uwadze nasze dotychczasowe doświadczenia z urządzeniami innych marek, na pytanie: „Czy można wiarygodnie mierzyć bezinwazyjnie przepływ gazu?” musiałbym odpowiedzieć: „Tak, ale tylko w gazie o bardzo wysokim ciśnieniu, przekraczającym 50 bar”. Testy przepływomierzy bezinwazyjnych Flexim pozwoliły nam jednak poznać użyteczność tego typu urządzeń i przekonać się, że tak wysokie ciśnienie nie jest wcale niezbędne. Obecnie, znając możliwości tych przepływomierzy, możemy z większym optymizmem podchodzić do tematów bezinwazyjnego opomiarowania przepływu gazów, nawet tych o niskich gęstościach, także w rurociągach stalowych. Oczywiście należy przy tym pamiętać, że w pomiarach przemysłowych nie ma rozwiązań uniwersalnych i każda aplikacja wymaga indywidualnego podejścia, obliczeń i testów.



Autor artykułu:
Wojciech Wydra

Ukończył wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach, na kierunku Maszyny i Urządzenia Energetyczne.

W Introlu pracuje od 2002 roku, obecnie na stanowisku kierownika Działu pomiarów przepływu

tel. 032/7890090
e-mail: przeplywy@introl.pl