

Optymalizacja bezpieczeństwa, czyli bezinwazyjna metoda pomiaru stężenia oraz przepływu

W ostatnich latach jesteśmy bombardowani coraz to bardziej zaawansowanymi i innowacyjnymi technologiami. Dobrym przykładem może być znany każdemu doskonale telefon komórkowy, który przestał już dawno służyć tylko do kontaktów werbalnych z naszymi bliskimi. Nowoczesne smartfony oprócz podstawowej funkcji oferują równocześnie o wiele więcej, znacząco ułatwiając swojemu właścicielowi pracę. Nie inaczej jest z wieloma innowacyjnymi urządzeniami szeroko pojętej aparatury kontrolno-pomiarowej. Postęp technologiczny jaki dokonuje się na naszych oczach, w wielu przypadkach przyczynia się w istotny sposób do poprawy szeregu aspektów prowadzenia procesów technologicznych. W procesach tych jednym z ważniejszych, czasem najważniejszym aspektem obok jakości finalnego produktu jest bezpieczeństwo rozumiane nie tylko jako bezpieczeństwo samej instalacji, lecz także inżynierów automatyków oraz pracowników utrzymania ruchu. Przyjrzyjmy się zatem w jaki sposób kombinowany układ pomiaru przepływu oraz stężenia FLEXIM PIOX S wpływa na poprawę bezpieczeństwa obiektowego, a zarazem spełnia wymogi wysokiej dokładności pomiarowej.

BEZPIECZEŃSTWO PONAD WSZYSTKO

Jednym z głównych celów dla wielu firm staje się minimalizacja ilości wypadków oraz ryzyka ich wystąpienia. Wielokrotnie tuż za bramą wjazdową różnego typu obiektów przemysłowych możemy spotkać tablice informujące o bieżącej statystyce wypadkowości. We wspomnianych zakładach wdrożone są ostre rygory bezpieczeństwa i higieny pracy oraz wymaga się bardzo ścisłego ich przestrzegania. Sytuacja taka występuje w szczególności w miejscach, gdzie obecne są media agresywne lub zagrażające wybuchem. Kontrola procesów przemysłowych wymaga zastosowania wielu różnych elementów automatyki, od prostych czujników parametrów termicznych czy ciśnienia, po zaawansowane, kompleksowe rozproszone systemy sterowania DCS. Każdy zastosowany element automatyki mniej lub bardziej wiąże się z ingerencją w prowadzony proces. W przeważającej większości przypadków spotykane układy są inwazyjne, wymagające bezpośredniego kontaktu z medium procesowym. Takie bezpośrednie, ciągłe oddziaływanie wiąże się z pewnym ryzykiem awarii, która w skrajnym przypadku może doprowadzić do rozszczelnienia rurociągów procesowych i narazić na utratę zdrowia lub życia obecnych przy instalacji ludzi. Cóż więcej można zrobić aby jeszcze bardziej zmniejszyć to ryzyko?

BEZINWAZYJNA TECHNOLOGIA ULTRADŹWIĘKOWA

Przepływomierze bezinwazyjne dedykowane do pomiarów przepływu cieczy oraz gazów, stają się coraz bardziej popularne i na przestrzeni lat zdążyły już potwierdzić swoją przydatność i nieocenione zalety w wielu gałęziach przemysłu. Urządzenia te zapewniają brak kontaktu z płynącą cieczą, co zyskuje sobie szczególne uznanie w aplikacjach, gdzie pożądane jest możliwie najmniejsze ryzyko związane z wyciekami niebezpiecznych cieczy lub gazów. Technologia ta opiera się o metodę Transit Time, polegającą na pomiarze różnicy czasu przejścia fali akustycznej emitowanej naprzemiennie w dwóch kierunkach z sond pomiarowych zamocowanych na rurociągu. Oprócz natężenia przepływu, pozwala ona na bardzo dokładne wyznaczenie prędkości

rozchodzenia się dźwięku w mierzonym ośrodku. W urządzeniach do pomiaru przepływu serii FLUXUS odpowiednia wartość tego parametru (np. dla wody ok. 1450 m/s, lub dla gazu ziemnego ok. 420 m/s) jest tylko potwierdzeniem poprawności pomiaru, swoistym sprawdzeniem wyboru punktu pomiarowego oraz ustawień urządzenia. W przeważającej większości aplikacji znajomość lub kontrola tego parametru nie jest potrzebna, jednakże w niektórych przypadkach wartość prędkości rozchodzenia się dźwięku konkretnej cieczy może być podstawą do bardzo dokładnego oznaczenia jej fizykochemicznych właściwości.

PRĘDKOŚĆ ROZCHODZENIA SIĘ DŹWIĘKU MIARĄ STĘŻENIA

Przy głębszej analizie niektórych cieczy można zaobserwować pewną zależność pomiędzy trzema zmiennymi: prędkością rozchodzenia się dźwięku w danym ośrodku, jego aktualną temperaturą oraz procentowym stężeniem lub gęstością. Temperatura oraz prędkość rozchodzenia się dźwięku to zmienne wprost mierzalne, a dzięki znajomości ich zależności względem stężenia, można w pewnych zakresach z dużą dokładnością wyznaczyć stężenie kilku powszechnie stosowanych kwasów oraz produktów chemicznych. Ograniczeniem tej zależności jest fakt zachodzenia wspomnianego efektu pomiarowego tylko w niektórych kwasach, również w ograniczonym zakresie stężeń.

Obliczanie prędkości rozchodzenia się dźwięku:

$$C_n = I_n / ((t_1 + t_2) / 2 - t_p)$$

gdzie:

C_n – prędkość rozchodzenia się dźwięku w medium

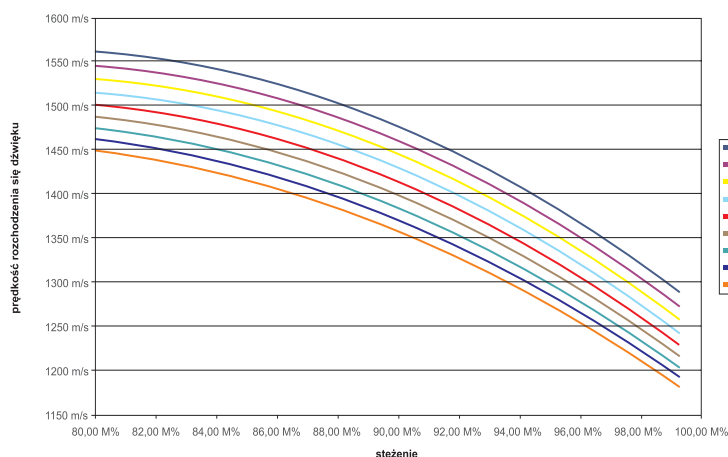
I_n – liczba ścieżek dźwięku

t_1, t_2 – czas przejścia sygnału w medium

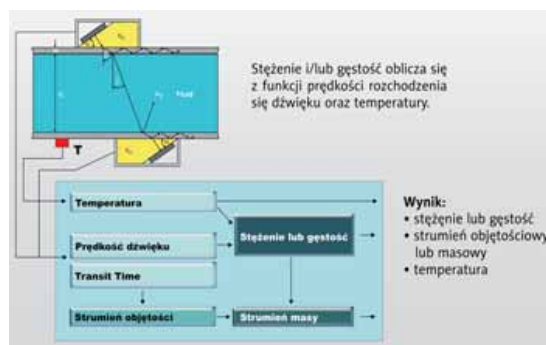
t_p – czas przejścia sygnału w sondach i ścianie

W kwasie siarkowym H_2SO_4 wspomniany efekt pomiarowy występuje tylko w zakresie stężenia 80-100%, gdzie można zaobserwować dużą zmienność prędkości rozchodzenia się dźwięku wraz ze zmianą stężenia.

Natomiast w przypadku kwasu azotowego HNO_3 zależność ta występuje w zakresie stężeń 50-100%.



Naturalnie pomiar stężenia nie ogranicza się tylko do wspomnianych dwóch agresywnych kwasów. Efekt pomiarowy daje się zaobserwować również w przypadku takich cieczy jak kwas fosforowy, wodorotlenek sodu/potasu, kaprolaktam, amoniak, glikol oraz w niektórych solankach i alkoholach. Dodatkowo, bezinwazyjna metoda pomiaru stężenia może sprawdzić się w miejscach, w których pożądana jest bardzo duża czystość np. przemysł spożywczy, gdzie opisywaną już zależność prędkości dźwięku można użyć do pomiaru zawartości alkoholu lub ilości cukru w cieczach (°Brix), a w niektórych przypadkach również CIP.



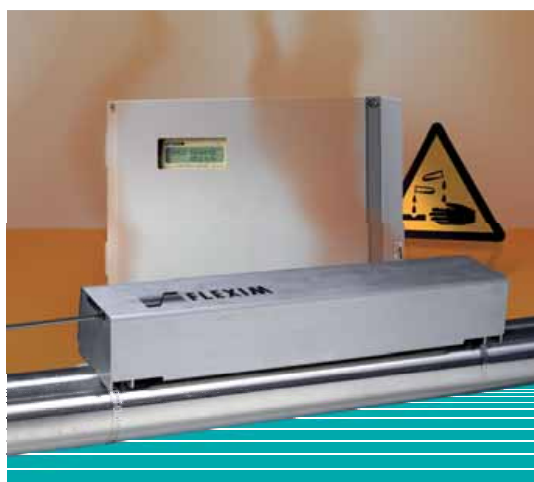
JEDNOCZESNY POMIAR PRZEPŁYWU ORAZ STĘŻENIA

Aby skutecznie i bezinwazyjnie mierzyć stężenie kwasu, należy oprócz standardowego układu przepływomierza serii FLUXUS ADM7407 dodać pomiar temperatury oraz znać lub wyznaczyć zależność pomiędzy wspomnianymi wyżej zmiennymi. Wszystko to łączy ze sobą układ będący efektem kilkunastu lat badań firmy FLEXIM, a mianowicie miernik stężenia Piox S, który jest de facto rozbudowanym przepływomierzem ADM7407. Układ wyglądem zewnętrznym nie odbiega od swojego „przepływowego brata”, dzieląc z nim tę samą obudowę oraz charakter działania sond pomiarowych. Różnicą zasadniczą jest algorytm pomiarowy, który niczym zaawansowana aplikacja, wiąże ze sobą trzy kluczowe parametry mające wpływ na określenie stężenia.

Sondy pomiarowe mocowane są od zewnątrz na rurociągu, tak jak w standardowym przepływomierzu bezinwazyjnym, jednocześnie mierząc natężenie przepływu oraz prędkość rozchodzenia się dźwięku w ośrodku danej cieczy. Kolejnym elementem jest fizyczne wejście procesowe umożliwiające podłączenie czujnika temperatury RTD lub przetwornika temperatury i przesył sygnału 4-20 mA. Elementem finalnym i zarazem kluczowym jest baza danych – wykres wiążący ze

◀ *Efekt pomiarowy dla kwasu siarkowego*

sobą prędkość rozchodzenia się dźwięku, temperaturę oraz stężenie konkretnej cieczy. Wszystko to bezinwazyjnie!



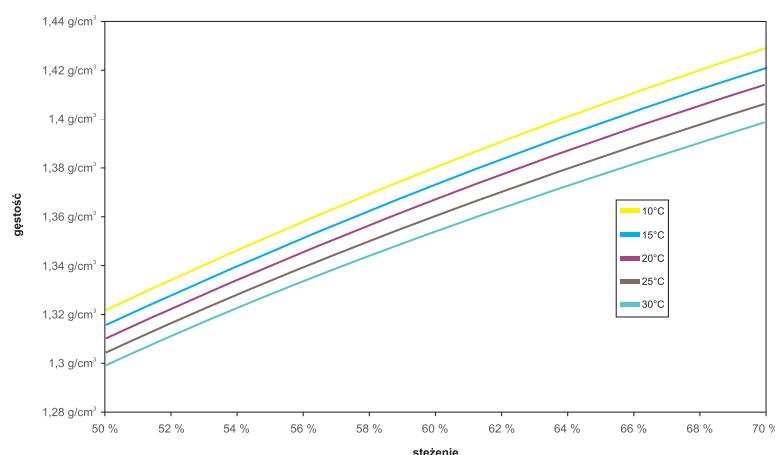
◀ *FLEXIM Piox S*

POMIAR STRUMIENIA MASY ORAZ GĘSTOŚCI

Alternatywnie do pomiaru stężenia, układ Piox S może mierzyć gęstość cieczy (kompensowaną od stężenia), która w powiązaniu ze strumieniem objętościowym pozwoli na bezpośredni odczyt strumienia masowego. W tym przypadku układ Piox S jest bardzo konkurencyjny dla typowych w tym miejscu, bardzo kosztownych przepływomierzy masowych Coriolisa. W trakcie produkcji kwasu azotowego nie tylko strumień masy jest istotny, również w trybie ciągłym kontroluje się jego gęstość.

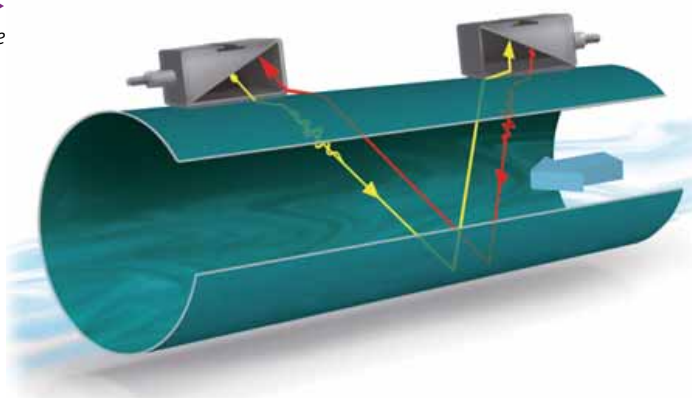
Tylko najsolidniejsze wykonania przepływomierzy masowych Coriolisa są w stanie sprostać tym wyma-

◀◀ *Zasada działania*



◀ *Krzywe gęstości i stężenia dla kwasu azotowego*

Transit Time



ganiom, co na typowych średnicach DN50...150 pociąga za sobą bardzo wysokie koszty zakupu samego urządzenia pomiarowego. Jeszcze większe koszty pociąga za sobą fakt, iż drgające rurki pomiarowe przepływomierza Coriolisa, przy styczności z agresywnym chemicznie kwasem, pod wpływem powstałych naprężeń mają tendencję do szybszej korozji. Korozja tym samym wpływa na zmianę ich masy, co w konsekwencji powoduje efekt dryfu, a w skrajnych przypadkach może doprowadzić nawet do rozszczelnienia i wycieku kwasu przez urządzenie. W wielu takich aplikacjach popularne Coriolisy wymienia się cyklicznie nawet co dwa lata, a w niektórych przypadkach bywało to nawet co kilka miesięcy. Zostało to potwierdzone u kilku dużych producentów nawozów sztucznych produkujących kwas azotowy. Jak łatwo się domyśleć, koszty nie są małe. W wielu przypadkach cena układu PIOX S jest propozycją tańszą, szczególnie w konfrontacji ze specjalnymi wykonaniami przepływomierzy masowych Coriolisa wiodących producentów.

Pomiar dokonywany przez układ PIOX S

BEZPIECZEŃSTWO, KTÓREMU MOŻNA ZAUFAĆ

U jednego z największych polskich producentów kwasu siarkowego udało się przeprowadzić miesięczne testy pomiarowe. Przez ten czas urządzenie pracowało na obiekcie mierząc stężenie kwasu siarkowego w zakresie 94...99,5%. W trybie ciągłym, referencyjnym pomiarem był pomiar dokonywany przez neutronowy miernik stężenia kwasu siarkowego. Dla potrzeb tego zakładu dokładny pomiar stężenia jest sprawą kluczową z uwagi na charakter produktu, a bezpieczeństwo ciągłości procesu oraz ludzi jest sprawą równie ważną. Każdy niekontrolowany wyciek kwasu jest olbrzymim zagrożeniem dla zdrowia, a nawet życia ludzkiego. Nie do pominięcia jest również kwestia związana z serwisowaniem urządzeń – w każdym przypadku urządzenie inwazyjne wymaga odstawienia instalacji oraz opróżnienia rurociągu. Urządzenie bezinwazyjne nie wymaga okresowych przeglądów, a nawet jeżeli z jakichś przyczyn zawiedzie, jego demontaż nie wymaga odstawienia całego procesu, gdyż wystarczy jedynie zdemontować sondy pomiarowe z rurociągu. Montaż oraz uruchomienie układu nie trwa długo, wymagając przy tym tylko kilku bardzo podstawowych narzędzi, a w trakcie prac nie trzeba przerywać procesu produkcji. Wszystkie te kwestie są wielkimi atutami bezinwazyjnego układu PIOX S.

A co z dokładnością? Czy pomiar ultradźwiękowy może konkurować z bardzo dokładnymi i sprawdzonymi pomiarami stężenia w oparciu o metodę po-

miaru współczynnika refrakcji lub gęstości metodą Coriolisa?

DOKŁADNOŚĆ ZWERYFIKOWANA POZYTYWNE

Zgodnie ze specyfikacją układ PIOX S osiąga zróżnicowaną dokładność maksymalną w zależności od rodzaju medium i zakresu pracy. Jeżeli urządzenie będzie odpowiednio skonfigurowane, osiąga niewiele gorszą dokładność pomiarową od układów inwazyjnych. Producent stwierdza, że przy optymalnej konfiguracji i kalibracji, PIOX S osiąga błąd na poziomie 0,05% wartości stężenia dla kwasu siarkowego. Kluczową kwestią dla dokładnego pomiaru zarówno przepływomierza bezinwazyjnego jak i układu PIOX S jest brak zanieczyszczeń w strudze płynu w postaci cząstek stałych lub pęcherzyków gazu. Zatem w przypadku cieczy mocno zabrudzonych lub zagazowanych, lepszą propozycję stanowią np. refraktometry niewrażliwe na wystąpienie owych zanieczyszczeń. Wyniki wspomnianych wcześniej miesięcznych testów wykazały bardzo zbliżony poziom dokładności pomiarowej wskazań układu z danymi rejestrowanymi przez neutronowy miernik gęstości, istniejący na instalacji.



Wyniki te spotkały się z dużą aprobatą naszego Klienta, który dostrzegł opisywane wcześniej zalety tego jednoczesnego bezinwazyjnego pomiaru przepływu oraz stężenia. Wspomniane zalety zostały już docenione oraz powoli stają się standardem w zakładach kilku dużych producentów nawozów sztucznych takich jak YARA, BASF czy MOSAIC. Układ PIOX S okazuje się idealną propozycją dla zakładów azotowych oraz zakładów chemicznych, gdzie oprócz stężenia oraz strumienia masowego kwasu siarkowego czy azotowego, można z powodzeniem mierzyć właściwości innych nieprzyjaznych otoczeniu cieczy.



Maksym Cichoń

Absolwent kierunku Energetyka na Politechnice Śląskiej. W Intronu pracuje od 2010 w dziale przepływów na stanowisku specjalisty ds. AKP. Zajmuje się bezinwazyjnymi pomiarami przepływu cieczy i gazów oraz przepływomierzami elektromagnetycznymi.

rzami elektromagnetycznymi.

tel. 789 00 91