



Pomiar przepływu materiałów sypkich w czasie rzeczywistym

Pomiar przepływu materiałów sypkich w czasie rzeczywistym stanowi nie lada wyzwanie, gdyż na jego skuteczność wpływa wiele czynników. Parametry fizyczne i wymagania techniczne stawiają granice wszystkim znanym technikom pomiaru, a żaden system nie potrafi wszystkiego. Każdy problem ma jednak swoje rozwiązanie. Przybliżmy zatem właśnie takie rozwiązanie oparte na połączeniu dwóch technik pomiarowych – izotopowej oraz elektrostatycznej.

WIELE TECHNIK, WIELE WYMAGAŃ

Operatorzy potrzebują urządzeń, które pracują niezależnie od właściwości produktu i warunków przesyłu. Szukają także takich rozwiązań, które są łatwe w obsłudze, przyjazne dla produktu, wolno się zużywają, dostarczają precyzyjnych i powtarzalnych wyników i są oczywiście niezbyt drogie.

Decydując się na taki pomiar, na wstępie należy pamiętać, że w przypadku materiałów sypkich osiąga się dokładność zazwyczaj pomiędzy 2% a 10%. Nie jest to porównywalne z urządzeniami do pomiaru przepływu cieczy czy gazów, gdzie rozwój technologii i optymalne warunki pomiarów pozwalają osiągnąć dokładność nawet około 1%.

Jeśli zdecydujemy, że potrzebny jest nam taki pomiar, mamy przed sobą trudny wybór. Istnieje bowiem wiele różnych technik pomiaru, dzięki którym można zmierzyć przepływ masowy materiałów sypkich w czasie rzeczywistym.

Zważyć należy przy okazji na to, iż nie każda technika nadaje się do konkretnej aplikacji. Sposób pomiaru dobierany jest na podstawie szczegółowych informacji na temat aplikacji, takich jak między innymi: koncentracja oraz wilgotność produktu, przewodnictwo, granulacja, temperatura, wartość przepływu masowego, system i prędkość transportu, średnica przewodów i rur, dostępność, wysokość montażu oraz oczekiwana dokładność. Nie bez znaczenia jest oczywiście budżet – niestety, im system jest dokładniejszy, tym jest droższy.

Typowymi technikami pomiaru przepływu materiałów sypkich są:

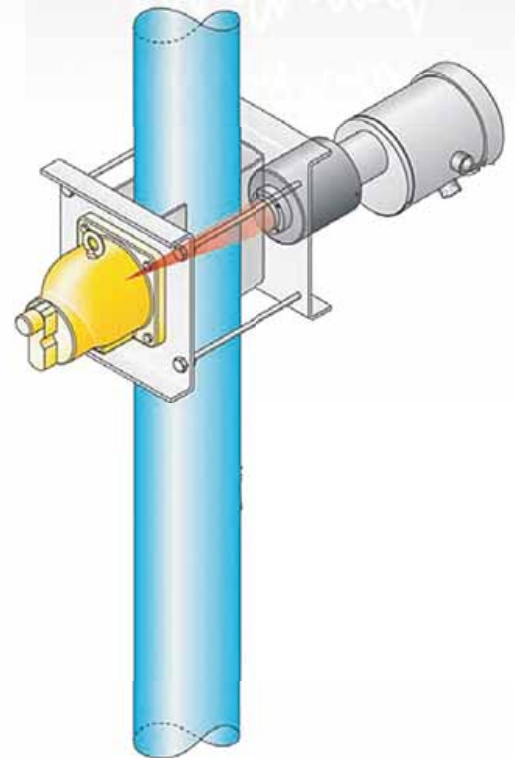
- efekt Coriolisa
- przegrody i załamania
- mikrofały
- pomiar pojemnościowy
- radiometryczność + prędkość

Skupmy się na ostatnim z wymienionych, czyli połączeniu metody izotopowej z pomiarem prędkości. Wybór akurat tej metody ma swoje bardzo mocne podstawy, które postaram się wyjaśnić w dalszej części. W omawianym przypadku połączenia dwóch technik, ta izotopowa informuje nas o stanie wypełnienia przewodu rurowego, natomiast pomiar elektrostatyczny dostarcza informacje o prędkości materiału.

JAK TO DZIAŁA – TECHNIKA IZOTOPOWA

Do określenia przepływu masowego materiałów sypkich, a dokładniej do określenia stanu wypełnienia przewodu rurowego, wykorzystujemy technikę izotopową. Służy nam do tego urządzenie **BERTHOLD LB491** lub **LB444**. Standardowy układ izotopowy składa się z detektora promieniowania

oraz źródła izotopowego w pojemniku ochronnym. Detektor wraz ze źródłem montuje się na rurze w jednej linii. Wzajemne położenie tych elementów jest takie, że mierzony produkt znajduje się pomiędzy nimi. Należy zwrócić przy okazji uwagę na to, że pomiar izotopowy jest całkowicie nieinwazyjny i nie wymaga cięcia przewodu rurowego, gdyż wystarczy jedynie zamontowanie uchwytu na rurze.



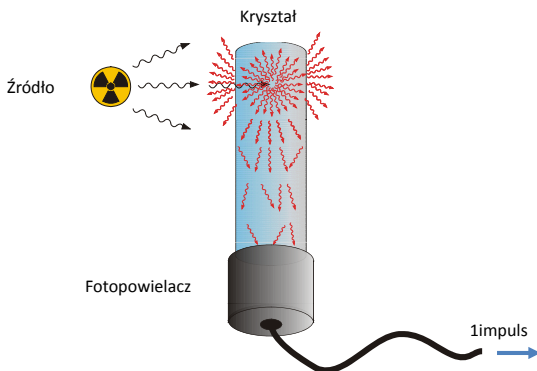
Zasada pomiaru polega na pomiarze promieniowania gamma wysłanego przez źródło, a odebranego przez detektor. Detektor ma za zadanie zmierzyć natężenie promieniowania, które dociera do niego po przejściu przez produkt. Zmiany natężenia są powodowane przez zmieniającą się gęstość produktu, zmieniającą się poziom w zbiorniku lub, tak jak w naszym przypadku, zmieniającą się ilość produktu w przewodzie rurowym. Oczywiście, patrząc jedynie na sygnał wyjściowy detektora (ilość impulsów lub wartość prądu) nie jesteśmy w stanie powiedzieć jaką wielkość fizyczną mierzy nasz układ pomiarowy. Jednak po kalibracji układu, o czym będzie mowa w dalszej części, wszystko stanie się jasne.

Każdy detektor składa się ze scyntylatora (kryształu jodku sodu z dodatkiem talu), fotopowielacza, jednostki elektronicznej. Promieniowanie przecho-

►
Zasada montażu układu izotopowego



dząc przez kryształ powoduje rozbłysk światła, następnie błyski światła przekształcane są na sygnały elektryczne w fotopowielaczu, który jest sprzężony optycznie z detektorem. Aby osiągnąć dużą dokładność i wysoką stabilność długoterminową, zintegrowany przetwornik automatycznie nastawia optymalny punkt działania fotopowielacza, monitoruje wartości graniczne i przechowuje wszystkie charakterystyczne dane detektora. Zasilanie dostarczane jest dwu-przewodowo, a wszystkie dane i zasilanie mogą być równocześnie przekazywane pomiędzy detektorem i jednostką sterującą.



Pojemnik ochronny, w którym znajduje się źródło izotopowe ma za zadanie nadać wiązce promieniowania właściwy kształt i kierunek, a także zabezpieczyć przed promieniowaniem otoczenie i ludzi w nim przebywających. Konstrukcja pojemnika wynika z jego funkcji, jego obudowa najczęściej wykonana jest ze stali, co zapewnia właściwą wytrzymałość mechaniczną. Wypełnienie stanowi natomiast materiał o możliwie dużej gęstości (najczęściej ołów), dzięki czemu promieniowanie zostaje znacznie osłabione. Grubość warstwy ołowiu jest zależna od aktywności źródła umieszczonego w pojemniku i im jest ona większa, tym większy ciężar pojemnika (ilość ołowiu). Informacje te są istotne już na etapie planowania układu pomiarowego, należy bowiem przewidzieć sposób zamontowania pojemnika i zapewnić mu odpowiednie podpory. W osłonie ołowianej wykonany jest zawsze odpowiednio ukształtowany otwór kolimacyjny, a wiązka promieniowania wychodząca na zewnątrz może mieć kształt stożka o małym kącie np. 9° . Ważny jest przy tym fakt, że konstrukcja pojemnika umożliwia jego zamknięcie



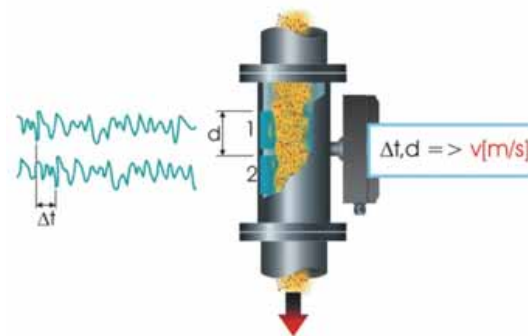
i zasłonięcie otworu wylotowego promieniowania, na przykład podczas remontu.

JAK TO DZIAŁA

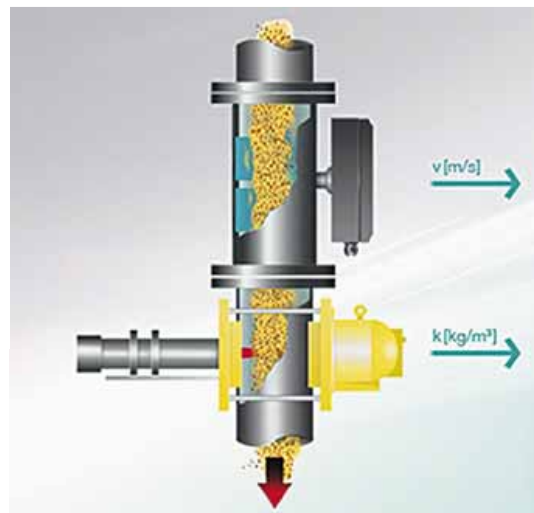
– ELEKTROSTATYCZNY POMIAR PRĘDKOŚCI

Drugim urządzeniem naszego układu jest prędkościomierz elektrostatyczny DYNavel, dzięki któremu poznamy prędkość transportowanego materiału.

Zasada działania DYNavel bazuje na rejestracji ładunków elektrycznych mierzonego materiału stałego. W urządzeniu dwa czujniki umieszczone w odpowiedniej odległości rejestrują sygnały i automatycznie utrzymują je na możliwym do oceny poziomie. Spośród dwóch sygnałów określa się czas Δt , którego materiał stały potrzebuje do przebycia odcinka pomiędzy czujnikiem 1 a czujnikiem 2. Należy podkreślić, iż jest to wartość bezwzględna, tzn. że nie wymagana jest kalibracja prędkościomierza.



Łącząc dwa wyżej opisane urządzenia otrzymujemy dwie wartości: **koncentracja materiału w rurze** oraz **prędkość przepływu materiału**. Po przeliczeniu tych danych otrzymujemy wynik przepływu sumarycznego wyrażonego np. w tonach lub przepływu chwilowego np. w kg/h.



Jak już wspominałem, prędkościomierz DYNavel nie wymaga kalibracji. Po montażu urządzenia na rurze, wystarczy tylko wpisać podstawowe parametry jak np. zakres max / min prędkości i urządzenie jest gotowe do pracy. Natomiast w przypadku urządzenia izotopowego kalibracja jest wymagana. Nie jest ona jednak skomplikowana, polega na przepuszczeniu przez układ minimum dwóch próbek materiału i zważeniu ich na wadze. W trakcie kalibracji układ zbiera informacje o prędkości materiału, wypełnieniu przewodu rurowego oraz cza-



Zasada działania układu izotopowego



Zasada działania miernika prędkości DYNavel



Schemat działania układu izotopowo-elektrostatycznego



Pojemnik ze źródłem izotopu



su. Wpisując dane dotyczące wagi przepuszczonej próbki, układ zostaje skalibrowany i gotowy jest do pracy.

Układ pomiarowy



UKŁAD POMIAROWY W PRAKTYCE

Przykładową aplikacją, na której zastosowano kilkanaście takich układów pomiarowych jest pomiar przepływu popiołu oraz sorbentu (mączki wapiennej).

W zależności od konkretnego punktu pomiarowego, przepływ masowy wynosi od około 30 t/h do prawie 300 t/h. Na wszystkich układach uzyskano dokładność lepszą niż 5%.

Układ pomiaru przepływu mączki wapiennej

Urządzenia Dynavel i BERTHOLD LB491



Inną przykładową aplikacją, w której wymagany jest pomiar przepływu materiałów sypkich w czasie rzeczywistym, jest kontrola załadunku samochodów ciężarowych pod silosami. Kiedy dojdzie bowiem do przeładunku samochodu ciężarowego, jego odciążenie jest bardzo czasochłonne i kosztowne. Pomiar stosuje się jako uzupełnienie wag platformowych, aby uniknąć przeciążenia pojazdu, a jednocześnie zapewnić optymalne wykorzystanie samochodu.

KIEDY STOSUJEMY UKŁAD?

W przypadku pomiaru przepływu masowego w czasie rzeczywistym niewiele jest technik pomiaru, które dokonują pomiaru niezależnie od produktu. W przypadku systemów pomiaru metodą mikrofal lub układów pojemnościowych, zmiany właściwości produktu (granulacji, wilgotności, prędkości) lub procesu prowadzą do błędów pomiarowych. Przy kombinacji elektrostatycznego pomiaru prędkości i radiometrycznego pomiaru koncentracji, nie ma już takiej obawy. Wartości prędkości i koncentracja lub masa są bowiem mierzone niezależnie od siebie, a zmiany właściwości produktu nie mają wpływu na wynik pomiaru. To niewątpliwie ważny argument przemawiający na korzyść kombinacji tych dwóch metod.

Wspomnieć należy w tym miejscu, iż nasze rozwiązanie nie jest „lekiem na całe zło” i nie możemy tej metody zastosować wszędzie. Po pierwsze, przyjmujemy się, że minimalna wartość przepływu powinna wynosić 50 t/h. Możemy zastosować nasze urządzenie na niższych przepływach, jednak może się to wiązać ze zwężeniem przekroju przewodu rurowego. Po drugie, należy pamiętać, że mierzony materiał nie może być zbyt wilgotny. Duża wilgotność powoduje, że materiał staje się materiałem przewodzącym i sprawia problemy dla prędkościomierza elektrostatycznego.

W ramach podsumowania należy przypomnieć pewną oczywistą zasadę mówiącą o tym, że każda aplikacja jest inna. Warto także pamiętać o tym, że praktyka przemysłu nierazko różni się od przytoczonej w licznych publikacjach teorii. Dlatego zawsze należy podejść do problemu indywidualnie, a czasami należy przeprowadzić testy układu na konkretnej aplikacji.



Mateusz Galonska

Ukończył Wydział Górnictwa i Geologii na Politechnice Śląskiej w Gliwicach. W Introlu pracuje od 2009 roku na stanowisku menedżera produktu. Na co dzień zajmuje się między innymi wsparciem technicznym i doбором urządzeń do przemysłowych pomiarów poziomu i przepływu materiałów sypkich.

Tel: 32 789 00 29