

Nowości

automatyki
robotyki
i aparatury
pomiarowej

mgr inż. Jan FATEK

REKORD SA

dr inż. Zygmunt WARSZA

POLITECHNIKA RADOMSKA

Rekord® S.A.



Termodypersyjne i wirowe przetworniki przepływu

Parametry przepływu cieczy i gazów są jednymi z najczęściej mierzonych wielkości w przemyśle. Trzeba mierzyć, sumować i rejestrować zarówno przepływy objętościowe jak i masowe, a więc nie tylko ich wartości chwilowe (prędkość), ale też objętości i masy, które przepłynęły w określonych przedziałach czasu.

Przepływ masowy medium zależy od iloczynu jego przepływu objętościowego i gęstości. Tradycyjne, ciśnieniowe techniki pomiaru wykorzystują kryzy i zwężki pomiarowe, oraz rurki spiętrzające do pomiaru różnicy ciśnień zależnej od kwadratu prędkości przepływu. Różnicę tę przetwarza się w przetworniku o charakterystyce pierwiastkującej w sygnał wyjściowy proporcjonalny do chwilowej wartości prędkości przepływu. Znając stałą elementu spiętrzającego i średnicę rurociągu można wyznaczyć chwilowy przepływ objętościowy, a po jego scałkowaniu objętość płynu, która przepłynęła w określonym przedziale czasu. Stosując natomiast tę metodę, nie można bezpośrednio zmierzyć np. przepływu masowego gazu, gdyż jego gęstość silnie zależy od ciśnienia i temperatury. Trzeba więc jeszcze dodatkowo dokonywać na bieżąco pomiaru tych dwu wielkości oraz przetwarzać wszystkie trzy sygnały, analogowo lub cyfrowo.

Firma **Rekord S.A.** wprowadza obecnie na polski rynek kolejne przodujące rozwiązania aparatury kontrolno-pomiarowej producentów amerykańskich. Jest to zestaw termodypersyjnych przetworników przepływu masy gazów firmy **Eldridge Products Inc. (EPI)** oraz wirowe

przetworniki przepływu typu „Vortex DSP” firmy **Nice Instrumentation Inc. (NI)**. Ich wygląd zewnętrzny przedstawiono na okładce niniejszego zeszytu PAK. Omówimy pokrótce oba te rodzaje przetworników.

Przetworniki termodypersyjne firmy EPI mierzą bezpośrednio prędkość przepływu masy gazów. Oto ich zasada działania.

Rys. 1. Zasada działania termodypersyjnej sondy przepływu masy gazu

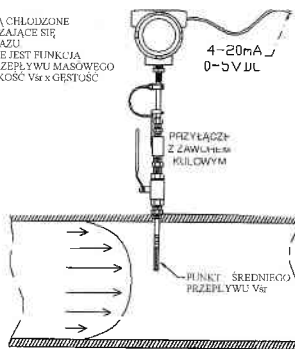
Sonda tych przetworników zawiera dwa odpowiednio obudowane (cienka warstwa ceramiczna, stal nierdzewna), pręcikowe termorezystory platynowe Pt 500 i Pt 50. Są one włączone w sąsiednie ramiona mostka Wheatstone'a – rys 1. Pierwszy z nich jest czujnikiem odniesienia mierzącym temperaturę przepływającego gazu T . Drugi, jest czujnikiem aktyw-

nym, podgrzewanym przez układ pomiarowy i chłodzonym przez przepływający gaz. Sprężenie zwrotne utrzymuje czujnik aktywny w stałej różnicy temperatur $+\Delta T$ względem temperatury T . Otrzymywany sygnał zależy bezpośrednio od prędkości przepływu masowego gazu. Zależność jest nieliniowa (przyrosty maleją) i sygnał wymaga linearyzacji w układzie pomiarowym.

Przetworniki firmy **EPI** o nazwie **Thermal Mass Flowmeters** mierzą

bepośrednio chwilową wartość przepływu masowego w szerokim zakresie jego zmian (100:1, a nawet 300:1), a wskazania ustalają się po 0,1 s. Sondy są czułe już na bardzo małe przepływy (od 7cm/s), nie mają części ruchomych i mogą być stosowane przy wszystkich wymiarach rurociągu. Powodują też niewielki spadek ciśnienia w rurociągu rzędu 0,24 kPa, są odporne mechanicznie

„CZUJNIKI SĄ CHŁODZONE PRZEZ POKUSZAJĄCE SIĘ MOLEKULY GAZU”
* PRZEŁOŻENIE JEST FUNKCJA PRĘDKOŚCI PRZEPLYWU MASOWEGO GAZU = PRĘDKOŚĆ V_{SR} x GĘSTOŚĆ



Rys. 2. Sposób montażu termodypersyjnej sondy przepływu masy gazu

i mało wrażliwe na zanieczyszczenia. Zalety ekonomiczne – to niski koszt instalacji i użytkowania tych przetworników.

Firma **EPI** produkuje całą gamę przetworników z rurką przelotową oraz przetworników z sondami zanurzeniowymi. Sondę taką wkłada się do rurociągu, kanału gazowego lub wentylacyjnego (w tym również o przekroju prostokątnym), umieszczając ją w punkcie o średniej prędkości przepływu – rys. 2. Przy dużych wymiarach rurociągów lub kanałów stosuje się sondy zanurzeniowe wielopunktowe – do 12 par czujników termorezystorowych. Czujniki te można wymieniać bez rozmontowywania sondy (cecha charakterystyczna konstrukcji **EPI**). Dla gazów o dużych przepływach, zawierających cząstki stałe lub kurz stosuje się sondy zanurzeniowe z osłoniętymi termorezystorami o zminimalizowanej konieczności czyszczenia. Można też wkladać i wyjmować sondy z instalacji procesowej bez zatrzymywania procesu, dzięki zastosowaniu specjalnego przyłącza z zaworem kulowym.

Najbardziej zaawansowane technicznie są najnowsze konstrukcje przetworników o nazwie **Master Touch™**. Zastosowano w nich programalny układ mikroprocesorowy z 12-bitowym przetwornikiem A/C.

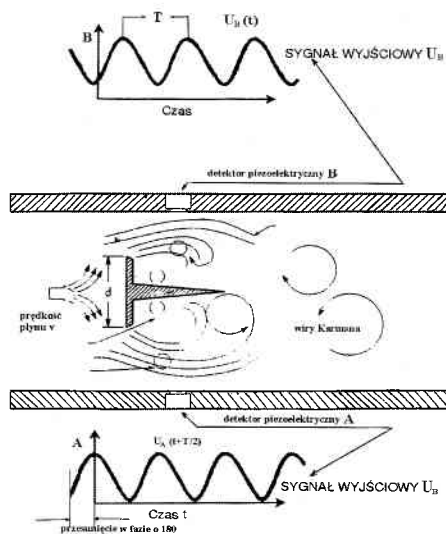
W szczernej obudowie przetwornika znajduje się też ciekłokrystaliczny wskaźnik cyfrowy. Przetworniki **Master Touch™** mają 6 różnych rodzajów operacji dialogowych, są przestrajalne zarówno z lokalnej klawiatury, jak i zdalnie poprzez łącze cyfrowe. Mają też dwa nastawialne alarmowe wyjścia przekaźnikowe z zestykami przełączanymi typu p (ang. SPDT), oraz wyjście analogowe i cyfrowe RS 238/485. Układ umożliwia linearyzację charakterystyki wielomianem 9. stopnia, może zapamiętać 4 charakterystyki różnych gazów, wskazuje też, wartości chwilowe przepływów oraz zlicza je i zapamiętuje w określonych odcinkach czasu. Ma ponadto funkcję samodiagnostyki oraz nastawialne filtrowanie przepływów nieregularnych. Wszystkie przetworniki firmy mają wyjście 4–20 mA (lub 0–5V DC) i są zasilane bezpośrednio z 24V DC lub z sieci 220 V AC. Produkuje się je w wykonaniu standardowym oraz specjalnym – do warunków zagrożonych, w tym wybuchowych, wg wymagań **CENELEC, FM & CSA**. Spełniają też wymogi CE.

Obszar zastosowań przetworników termodypersyjnych jest bardzo szeroki i obejmuje: przemysł motoryzacyjny, automatykę ciągłych procesów przemysłowych, ogrzewnictwo, wentylację i klimatyzację, laboratoria badawcze i rozwojowe, przemysł wydobywczy i surowcowy, przemysł tekstylny, zasilanie w media (energetyka, gazownia, wodociąg), oczyszczalnie ścieków oraz przemysł chemiczny i petrochemiczny.

Wirowe przetworniki przepływu firmy **Nice Instrumentation, Inc.** o nazwie **DSP Vortex Flow Meters** dzielą się na przetworniki przelotowe z krótką rurą wstawianą w rurociąg na stałe, dwu typów: **Equalizer/1000R** (z podpiętrzaniem) i **Validator/1000** (bez podpiętrzania), oraz przetworniki a nazwie **Determinator** z sondą zanurzeniową. Sondę taką stosuje się do rurociągów powyżej 75 mm. Czujnik przepływu typu Vortex wykorzystuje wiry Karmana tworzące się na obu poprzecznych krańcach przeszkody umieszczonej w badanym przepływie – rys. 3. Ich częstotliwość proporcjonalna jest do prędkości przepływu płynu według wzoru:

$$f = S_f v/d$$

gdzie: S_f – liczba Strouhala, v – prędkość wlotowa płynu, d – szerokość przeszkody.



Rys 3. Zasada działania przepływomierzy wirowych firmy **Nice Instrumentation Inc.**

Liczba S_f jest prawie stała w szerokim zakresie zmian liczby Reynoldsa. Częstotliwość wirów f nie zależy ani od ciśnienia statycznego, ani od temperatury. Wiry te powodują chwilowe wahania ciśnienia. Przetwornik działa w ten sposób, iż na ścianie rurociągu (lub w sondzie zanurzeniowej) tuż za przeszkodą, po obu jej stronach umieszczone są detektory piezoelektryczne, przetwarzające te wahania ciśnienia w sygnały napięciowe. Dzięki zastosowaniu dwu detektorów piezoelek-

trycznych, otrzymuje się dwa sygnały u_A , u_B przesunięte względem siebie fazowo o 180° – rys 3. Po ich odjęciu, sygnał użyteczny wzrasta dwukrotnie, zaś zakłócenia synfazowe z obu sygnałów znoszą się. Dzięki temu oryginalnemu rozwiązaniu uzyskano dużą dokładność pomiarów do 0,5% wartości mierzonej i powtarzalność $\pm 0,25\%$.

Inne zalety tych przetworników to: możliwość pomiarów prędkości przepływu zarówno cieczy, jak par i gazów, w szerokim zakresie temperatur i ciśnień, brak części ruchomych i zużywających się części, szeroka rozpiętość zakresu pomiarowego (od 20:1, do 83:1), liniowość charakterystyki oraz sygnał wygodny do dalszego dokładnego przetworzenia. Minimalne i maksymalne wartości mierzonych prędkości to: dla gazów – 1,9 m/s do 75 m/s, dla cieczy – 0,1 m/s do 9 m/s, dla pary – 2 do 76,2 m/s. Dolna granica dla gazów i pary maleje nieco ze wzrostem ciśnienia, zaś dla cieczy – wzrasta nieco ze wzrostem temperatury.

Ograniczenia stosowania to; liczba Reynoldsa do 5000, duża lepkość cieczy, duże wibracje rurociągu, trudności sprawdzania w podręcznym laboratorium oraz zbyt krótkie prostoliniowe odcinki rurociągów przed i za czujnikiem.

Przetworniki przelotowe mogą pracować w dużym zakresie temperatur -240 do 380°C . Buduje się je na zakres pomiarów 0,11 do 4,5 m/s (9m/s) dla cieczy, oraz do 75 m/s dla gazów i pary przy ciśnieniach do 210 bar. Przetworniki te mają błąd podstawowy 0,5 % i powtarzalność $\pm 0,25\%$ wskazań.

Sondy zanurzeniowe (nieco mniej dokładne $\pm 1\%$) można również montować i demontować w ruchu pod ciśnieniem do 70 bar i temp. do 340°C , dzięki specjalnemu przyłączu z zaworem kulowym.

Mikroprocesorowy układ pomiarowy przepływomierzy o nazwie **Microtel Smart Transmitter**, przy podłączeniu dwuprzewodowym zapewnia wyjście 4–20 mA, wskazuje lokalnie prędkości i objętości przepływu, ma wyjście do komputera celem odczytu zapisu do 16 000 zliczeń przepływu w określonych odcinkach czasu (1 do 256 min.) zapamiętywana po zniknięciu zasilania, a programowanie jest dostosowane do potrzeb użytkownika. Ma też nastawialnych wiele różnych funkcji, łącznie z przełączaniem na pomiar gazu, pary lub cieczy. Układ elektroniczny przepływomierzy może być bądź konstrukcyjnie scalony z czujnikiem, bądź montowany w odległości do 33 m.

Wszystkie przetworniki wirowe firmy **NI** mają też **aprobatę CE** oraz **FM&CSA** do pracy w strefach niebezpiecznych.

Zysk ekonomiczny w stosunku do przetworników różnicy ciśnień, wynika nie tylko z braku konieczności pomiarów ciśnienia i temperatury, ale też z niskiego kosztu wymiany dla wszystkich średnic rurociągów, małych kosztów konserwacji i użytkowania, oraz z małej straty ciśnienia na czujniku.

Główne obszary zastosowań to: przemysł petrochemiczny (w tym dla mediów korozyjnych), gazownictwo, oczyszczalnie ścieków oraz przemysł wydobywczy, naftowy i gazowy.

Bliższych informacji o obu rodzajach przetworników, ich cenach i terminach dostaw oraz aplikacjach udzielić może kadra inżynierska firmy **REKORD S.A.**, 05-802 Pruszków, ul. Dolna 9; tel. (22) 759 85 88, 759 85 98, tel./fax 728 72 88. Firma Rekord S.A. dostarcza również inną aparaturę kontrolno-pomiarową uznanych producentów amerykańskich i niemieckich, w tym opisaną w publikacjach [1–5].

LITERATURA

- [1] **Fatek J. Warszawa Z.**: Aparatura kontrolno-pomiarowa firmy **United Electrical Controls**, PAK 1998 nr 5, s. 186.
- [2] **Fatek J. Warszawa Z.**: Aparatura do pomiarów poziomu i przepływów (firmy **Magnetrol**) PAK 1998 nr 6, s. 260
- [3] **Fatek J. Warszawa Z.**: Czujniki do pomiaru przepływu i ciśnienia (firmy **HSW, PSI-TRONIX**) PAK 1998 nr 9, s. 366
- [4] **Fatek J. Warszawa Z.**: Nowa technika pomiarów poziomu cieczy – przetwornik reflektometryczny z prowadzącą falę elektromagnetyczną (**Eclipse** – firmy **Magnetrol**) PAK 1998 nr 12, s. 463
- [5] **Eclipse™ Guided Wave Radar**, Magnetrol, wkładka PAK 1999 nr 1.