ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1996
Seria: ENERGETYKA z. 127 Nr kol. 1350

Jan OKOŁO–KUŁAK
Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechnika Śląska, Gliwice

PRZEPŁYWOMIERZ DO POMIARU STRUMIENIA MASY PYŁU TRANSPORTOWANEGO W GAZIE WSPÓŁPRACUJĄCY ZE ZWĘŻKĄ TRÓJSYGNAŁOWĄ

Streszczenie. W artykule omówiono przepływomierz mierzący: strumień masy, koncentrację i ilość pyłu w rurociągu instalacji transportu pneumatycznego.

THE FLOW METER ASSIGMENTED FOR MEASUREMENT THE MASS FLOW RATEOF DUST TRANSPORTED IN GAS, COOPERATED WITH THREE SIGNAL TUBE

Summary. The article describes the flow meter which measures the mass flow rate, concentration and quantity of dust at the pipeline of instalation of pneumatic transport.

EIN GERÄT ZUR MASSENSTROMMESSUNG DES STAUBES BEIM PNEUMATISCHEN TRANSPORT MIT DER ANWENDUNG VON 3-SIGNAL-BLENDE

Zusammenfassung. Das Gerät zur Messung von Massengeschwindigkeit, Konzentration und Menge des Staubes in den Rohrleitungen beim pneumatischen Transport ist dargestellt worden.

1. Przeznaczenie

Przepływomierz wykorzystujący zasadę zwężki trójsygnałowej jest przeznaczony do pomiaru strumienia masy pyłu transportowanego w gazie, może także mierzyć koncentrację tego pyłu, a po zabudowaniu dodatkowych czujników średnią średnicę ziarna pyłu.

2. Zastosowanie

Przepływomierz zbudowany został w celu pomiaru masy pyłu węglowego zasilającego palniki kotła w elektrowni. Wcześniejsze jego modele były sprawdzane na instalacjach odpopielania elektrofiltrów oraz w instalacjach do transportu masy formierskiej w hucie. Uogólniając można powiedzieć, że wszędzie tam, gdzie koncentracja materiału sypkiego transportowanego w gazie należy do przedziału (0,4; 2,0) [kg/kg], można instalować przepływomierze współpracujące ze zwężką trójsygnałową. Oprócz wymienionych zastosowań przepływomierz może być instalowany w przemyśle spożywczym przy pomiarze strumienia masy, np. zboża, kasz i mąki, oraz w cementownich, fabrykach klei, farb i tworzyw sztucznych.

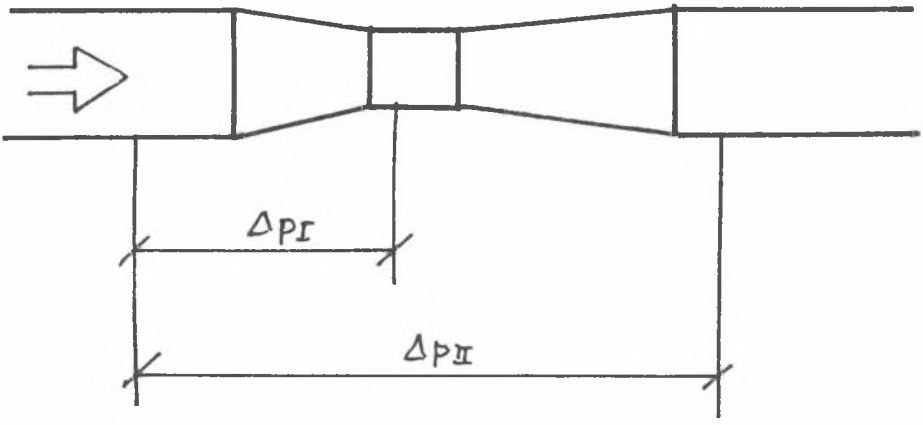
3. Zalety

Najważniejsze zalety przepływomierza – to:

a) prostota budowy czujnika pomiarowego składającego się z dwóch przetworników różnicy ciśnień,
b) małe straty ciśnienia w rurociągu wynikające z zastosowania zwężki o dużym przewężeniu,
c) brak skażeń czynnika mierzonego występujących przy zastosowaniu konkurencyjnych metod izotopowych,
d) możliwość dokonywania jednym przepływomierzem i jedną parą czujników różnicy ciśnień pomiaru przepływu w kilkunastu rurociągach jednocześnie.

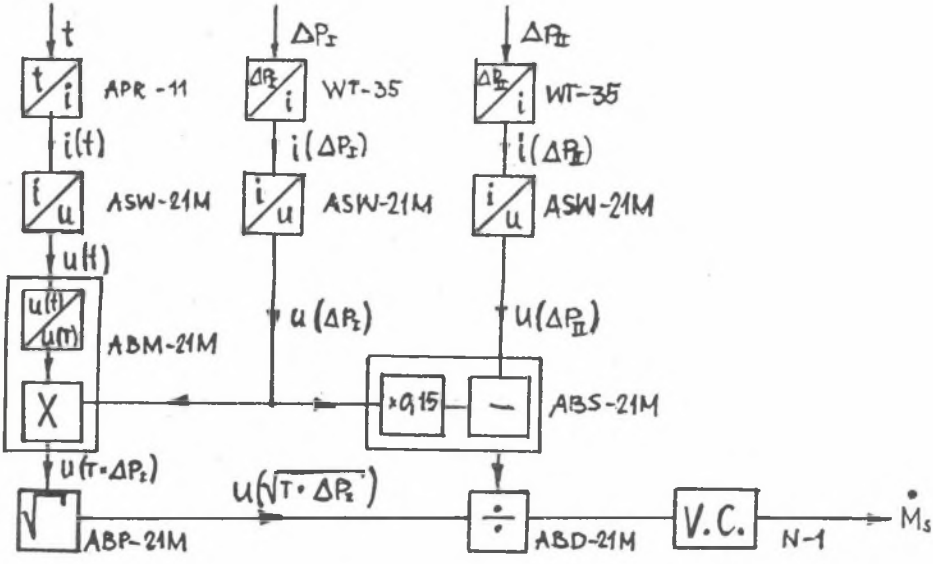
4. Wady

a) Głównym mankamentem przepływomierza zastosowanego do pomiaru strumienia masy pyłu węglowego transportowanego z młyna do palnika kotła jest zależność wskazań od ilości wody w rurociągu. Chcąc skorygować wskazanie, trzeba mierzyć ilość wody wtryskiwanej do rurociągu i w przeliczniku przepływomierza odejmować tę wartość od wyniku pomiaru.
b) Instalacja do badania i wzorcowania przepływomierzy pyłu jest kosztowna i trudna w obsłudze.



Rys. 1. Schemat zwężki trójsygnałowej

Fig. 1. Schema of three signal tube



Rys. 2. Schemat blokowy przepływomierza pyłu węglowego

Fig. 2. Blook diagram of the flow-meter of coal dust

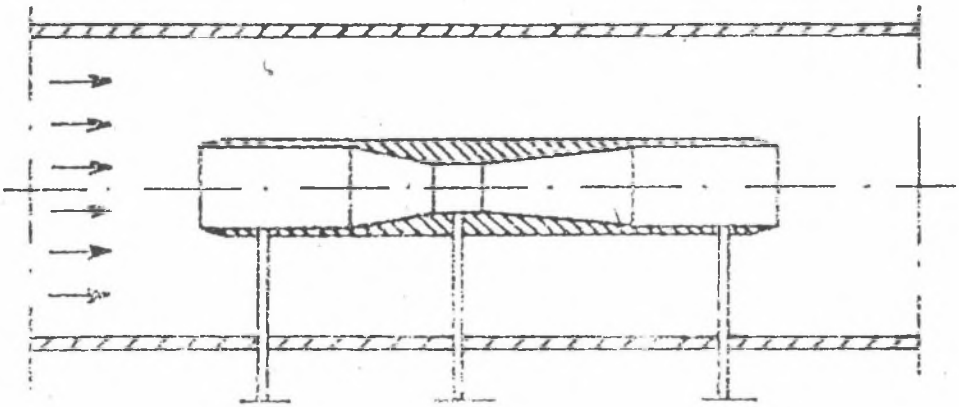
5. Zasada działania

Przepływomierz wykorzystuje dwa spadki ciśnienia w celu określenia strumienia masy ciała stałego transportowanego w rurociągu. Spadki te powstają w klasycznej zwężce Venturiego, pierwszy pomiędzy częścią dolotową i częścią cylindryczną, a drugi pomiędzy częścią dolotową i wylotową tej zwężki, co schematycznie przedstawiono na rys. 1. Znacznie upraszczając zjawisko można powiedzieć, że pierwszy spadek ciśnienia zależy głównie od natężenia przepływu solgazu, a drugi od koncentracji pyłu w gazie. Przelicznik przepływomierza działający wg określonego algorytmu wylicza z tych dwóch spadków strumień masy pyłu oraz koncentrację. Gdy ciśnienie gazu w rurociągu oraz temperatura znacznie się wahają, przepływomierz można wyposażyć w dodatkowe czujniki i korektory ciśnienia i temperatury. Schemat blokowy przepływomierza przedstawiono na rys. 2. Dalsze rozbudowywanie przepływomierza polega na wyposażeniu go w układ elektrod zasilanych ze źródła wysokiego napięcia i dodatkowy przelicznik określający średnią średnicę ziarna materiału sypkiego przepływającego w rurociągu [9], która jest zależna od prądu płynącego między elektrodami.

6. Historia

Pierwsze prace na temat pomiaru strumienia masy pyłu za pomocą zwężek pojawiły się w 1948 roku [6] i dotyczyły bardzo niedoskonałych metod dwuzwężkowych opierających się na niesłusznym założeniu, że spadek ciśnienia na kryzie nie zależy od koncentracji pyłu unoszonego w rurociągu. Dopiero zaproponowana przez Graczyka w 1957 roku zwężka trójsygnałowa [1] pozwoliła na skonstruowanie poprawnie działającego przepływomierza. W Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Czesława Graczyka wykonano wiele prac badawczych dotyczących tej zwężki i przepływomierzy wykorzystujących jej zasadę. Badania te były przedmiotem kilku rozpraw doktorskich [3 – 5, 7] oraz pracy zleconej [2] wykonywanej w ramach Programu Rządowego w latach 1976 – 1979. W wyniku tej pracy powstała przemysłowa wersja przepływomierza wyposażona w komutator pneumatyczny, umożliwiający pomiar strumienia masy pyłu w czterech rurociągach. W czasie gdy przepływomierz mierzył strumień masy w jednym rurociągu, przewody impulsowe pozostałych trzech rurociągów były przedmuchiwane sprężonym powietrzem. W przeliczniku przepływomierza użyto standardowych bloków matematycznych stosowanych w automatyce typu Intelektran S. W wyniku tej samej pracy powstała też wersja przepływomierza wyposażona w przelicznik pneumatyczny, przeznaczona do pomiaru substancji niezwykle łatwopalnych. Przepływomierz zbudowany z bloków Intele-

ktran S. przebadano w Elektrowni Rybnik. Ponieważ zainstalowanie klasycznej zwężki Venturiego w rurociągu łączącym palnik kotła z młynem wymagałoby wyłączenia kotła, przepływomierz współpracował z tzw. sondą Lerocha [8], którą przebadano cały przekrój rurociągu otrzymując w efekcie obraz całkowitego przepływu solgazu w rurociągu. Badania przeprowadzono bez wyłączania kotła z ruchu. Schemat sondy skonstruowany w ENERGOPOMIARZE przez R. Lerocha przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Schemat sondy trójsygnałowej Lerocha

Fig. 3. Schemat of Leroch's three signal sound

7. Ważniejsze dane przepływomierza

a) Przebadane średnice rurociągów – (40 – 250) [mm] (istnieje możliwość ekstrapolacji nastaw przelicznika przepływomierza dla średnicy 400 [m].
b) Przebadane średnice ziaren pyłów 5 – 150 [μm].
c) Przebadane średnie prędkości solgazu w rurociągu 15 – 60 [m/sek].
d) Przebadane koncentracje 3,4 – 1,6 [kg/kg].
e) Dokładność metody ok. 6%.

8. Plany

a) Obecnie przewiduje się budowę przepływomierza na podstawie przelicznika mikroprocesorowego. Przepływomierz będzie wskazywał:
   – strumień masy pyłu,
   – koncentrację ciała stałego w gazie,

– średnią średnicę ziaren pyłu,
– masę pyłu, która przepłynęła przez rurociąg w określonym czasie.

b) Przewiduje się budowę uproszczonej instalacji do badań i wzorcowania przepływomierzy wykorzystującej całkujące działanie przelicznika.

9. Podsumowanie

Prace nad pomiarem strumienia masy pyłu transportowanego w gazie były prowadzone przez 32 lata. W 1980 roku, z uwagi na brak zainteresowania tymi pomiarami w przemyśle i energetyce ze względu na wysoki koszt instalacji badawczej, prace nad przepływomierzem zostały zawieszone. Obecny stan techniki, preferujący przeliczniki mikroprocesorowe i inteligentne przetworniki pomiarowe, skłania do wznowienia badań.

Literatura

1. Graczyk Cz.: Pomiar natężenia przepływu pyłu węglowego transportowanego powietrzem przy użyciu zwężki mierniczej. Praca doktorska, Gliwice 1957.
2. Graczyk Cz., Mazanowski P., Około–Kułak J.: Opracowanie prototypu przepływomierza zwężkowego pyłu węglowego. Praca Naukowo–badawcza, Gliwice 1976–1979.
3. Łapa J.: Analiza trójsygnałowej zwężki Venturiego do pomiaru natężenia przepływu solgazu.
4. Około–Kułak J.: Analiza prototypu przepływomierza pyłu węglowego współpracującego ze zwężką trójsygnałową. Praca doktorska, Gliwice 1980.
5. Teisseyre M.: Pomiar natężenia przepływu mieszaniny pyłu węglowego z powietrzem przy użyciu kryz mierniczych. Praca doktorska, Wrocław 1962.
6. Carlson H.M. i inni: Meter for Flowing Mixtures of Aix and Pulverized-Coal. Trans. ASME. 1948.
7. Gołąbek J.: Metrologiczne i aerodynamiczne własności pierścieniowej, trójsygnałowej zwężki Venturi przy przepływie solgazu. Gliwice 1979.
8. Leroch R.: Metoda wyznaczenia koncentracji pyłu i prędkości przepływu mieszaniny pyłowo–gazowej winstalacjach młynowych. Energetyka 1975, nr 7/8.
9. Somerset R., Stupples J.: Anular Venturis formeasuring pulverised fuel flow on-line.

Recenzent: Dr hab. inż. Marek Pronobis Prof. Politechniki Śląskiej

Wpłynęło do Redakcji: 10. 10. 1996 r.

Abstract

The paper presents the flow meter which measures the mass flow rate, concentration and quantity of dust in the pipelines of the installations for pneumatic transport. The device was worked out for the measurements in the pulverized fuel pipelines of steam generators. Its principle of operation bases on the 3 – signal Venturi tube and can be used when the dust concentration is of 0.4 – 2.0 kg/kg. The meter measures two pressure drops: the first represents the mixture flow rate, the second – the concentration of dust. The meter can be equipped with high voltage electrodes and the processor determining the mean particle diameter.

Main technical data of the device:

- investigated tube diameters 40 – 250 mm with extrapolation to 400 mm,
- investigated particle diameters 5 – 150 μm,
- investigated mean flow rates 15 – 60 m/s,
- investigated concentrations 3.4 – 1.6 kg/kg,
- accuracy of the method ca. 6%.