

АНАЛІЗ ПОХИБОК УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проаналізовано основні похибки ультразвукових витратомірів, а також можливі шляхи їх мінімізації.

Ключові слова: похибка, ультразвуковий вимірювальний перетворювач, витратомір, моделювання.

Abstract

The paper analyzes the main errors of ultrasonic flowmeters, as well as possible ways to minimize them.

Keywords: error, ultrasonic measuring transducer, flowmeter, modeling.

Вступ

На сьогодні витратоміри природного газу знаходяться на межі революційних змін у вимірюванні потоку, а саме масової заміни турбінних і ротаційних на ультразвукові лічильники третього покоління. Ці лічильники пропонують вищі метрологічні та експлуатаційні характеристики, а також мають розширений набір діагностичних функцій. Але при цьому продовжується пошук нових шляхів зменшення або повного усунення тих чи інших похибок ультразвукових витратомірів.

Аналіз дослідження

Для сучасних ультразвукових витратомірів природного газу похибка, як правило, становить від 0,5% до 2% залежно від моделі та умов експлуатації. Похибка ультразвукового перетворювача залежить від ряду факторів, включаючи точність виготовлення, що містить конструкторську, технологічну й експлуатаційну складові, якість сигналу, характеристики перетворювача та умов навколишнього середовища. В результаті експериментальних досліджень та набутого досвіду мають місце такі основні види похибок [1, 2]:

1. **Похибка часу проходження сигналу.** Відхилення у вимірюванні часу проходження ультразвукової хвилі від одного ультразвукового сенсора до другого, можуть призвести до похибки в результатах вимірювань. Ці похибки часто пов'язані з затримками сигналу, а також з зсувом сигналу в просторів або неповним відображенням сигналу за рахунок його затухання.
2. **Похибка фазового зсуву.** Оскільки багатоканальні ультразвукові перетворювачі працюють з кількома сигналами, похибка фазового зсуву між каналами може впливати на точність результатів. Несиметрія або зміни в характеристиках сенсорів можуть викликати зсув фаз і, відповідно, похибки вимірювань.
3. **Температурні похибки.** Ультразвукові хвилі залежать від середовища, через яке вони проходять. Зміни температури можуть призвести до змін швидкості ультразвуку в газовому потоці, що спричинити до похибки у визначенні швидкості потоку, а отже витрат. Тому зміни необхідно враховувати, використовуючи стандартні умови поширення сигналу.
4. **Похибки впливу тиску та складу газу.** В цьому випадку отримані результати коригуються при зміні тиску та складу газу, що дає змогу зменшити похибки залежно від цих змін. Проте невірна або недостатня компенсація або некоректне приведення до нормальних умов цих параметрів може збільшити похибку вимірювання.
5. **Акустична взаємодія між каналами.** Якщо ультразвуковий витратомір багатоканальний, а канали перетворювача не розташовані правильно або якщо має місце відбивання між каналами, це може спричинити перекриття сигналів, що також може призвести до похибки.
6. **Неточне калібрування або вихід із ладу одного з каналів.** В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що неточне виготовлення, а також помилка в калібруванні вносить суттєве значення похибки.
7. **Спотворення профілю потоку.** Спотворення профілю пов'язано в першу чергу з наявністю природних або технологічних опорів. З цієї причини спотворення профілю потоку, як правило,

розглядаються статистично, а не детерміністично, оскільки швидкість потоку може змінюватись в різних точках перетину труби, що призводить до неоднозначних результатів. Оцінка похибки ультразвукового витратоміра в таких умовах є важливою для точного вимірювання витрати природного газу [3].

Для підвищення точного вимірювання витрати в умовах спотворення профілю потоку необхідно провести дослідження за допомогою еталонних вимірювань при різних умовах потоку (включаючи турбулентність). Для цього необхідно виконати [4]:

-**моделювання потоку в трубопроводі** з використанням числових методів (наприклад, методом кінцевих елементів або Computational Fluid Dynamics - CFD) для визначення впливу профілю потоку на точність вимірювань;

-**калібрування витратоміра** на основі експериментальних даних з врахуванням різних типів опорів. Калібрування можна виконувати в лабораторії або на місці експлуатації, підлаштовуючи прилад до реальних умов.

Отже з метою мінімізації або усунення вище наведених похибок необхідно використовувати високоякісні матеріали для виготовлення перетворювачів, проводити калібрування пристроїв і враховувати умови навколишнього середовища під час вимірювань.

Висновки

В роботі розглянуті основні похибки ультразвукових витратомірів. В результаті проведеного аналізу встановлено, що всі наведені похибки можна поділити на три класи: похибки, що усуваються шляхом конструктивних рішень, похибки, що корегують з урахуванням вимірних параметрів середовища, похибки, що мінімізуються на основі статистичних даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. AGA Report № 9, Measurement of Gas by Multipath Ultrasonic Meters, June 1998. American Gas Association, 1515 Wilson Boulevard, Arlington. VA 22209. 75 p.
2. AGA Transmission Measurement Committee Report № 7, Measurement of Gas by Turbine Meters, American Gas Association, 1515 Wilson Boulevard, Arlington. VA 22209. 70 p.
3. Андрієшин М.П., Облік природного газу : довідник / М.П. Андрієшин, О.М. Карпаш, Я.С. Марчук та ін. – Івано-Франківськ : ПП «Сімик», 2008. – 180 с.
4. Bilynsky Y., Stetsenko A., Ogorodnik K. Justification of the possibility of building an integrated ultrasonic measuring transducer of natural gas consumption. *Automatyka, Pomiarы w Gospodarcei Ochronie Środowiska*. 2024. Vol. 14, № 2 (2024). P. 47 – 50. <http://doi.org/10.35784/iapgos.5876>.

Білинський Йосип Йосипович – д-р т. н. професор кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Yosyp.bilynsky@gmail.com

Стеценко Андрій Анатолійович — канд. техн. наук, докторант кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Andrey@energo.kh.ua

Bilynsky Yosyp Yosypovych - Dr. Sc. (Eng.), professor of the Department of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Yosyp.bilynsky@gmail.com

Stetsenko Andrii Anatoliyovych - Candidate technical of Sciences, doctoral student of the Department of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: : Andrey@energo.kh.ua