

УДК 681.121

Імітаційне моделювання перетворювачів витрати

Писарець А. В., Драчук О. О.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Актуальною проблемою сьогодення є контроль споживання невідновлюваних природних енергетичних ресурсів. Розв'язання цієї проблеми можливо створенням нових приладів обліку або вдосконаленням існуючих. Проєктування вимірювальних приладів передбачає розв'язання низки задач, що здійснюється із застосуванням обчислювальних програмних комплексів.

Основою приладів обліку витрати та кількості енергоносіїв є первинні перетворювачі витрати. Базуючись на різних фізичних методах вимірювання, дані прилади поділяються на класи, що в свою чергу вимагає застосування різних підходів до побудови геометричної моделі та налаштування параметрів досліджень.

Роботу присвячено дослідженню особливостей функціонування ультразвукових перетворювачів витрати шляхом імітаційного моделювання, висвітлено ключові аспекти проведення обчислювального експерименту з урахуванням умов експлуатаційного використання перетворювачів.

Ключові слова: енергоресурси; облік; первинний перетворювач витрати; проєктування; імітаційне моделювання.

Питання раціонального споживання енергетичних ресурсів дуже тісно пов'язані з їх обліком. Оцінити ефективність витрачання енергоресурсів дозволяє їх якісний облік, що потребує застосування високоточних вимірювальних приладів. Тому актуальними залишаються питання створення приладів обліку витрати та кількості енергетичних ресурсів. Основною складовою, що визначає якість функціонування зазначених приладів, є первинний перетворювач витрати (ППВ).

Проєктування перетворювача витрати є трудомістким багатокроковим процесом, який передбачає розробку вимірювального ланцюга; побудову математичної моделі процесу вимірювання; виявлення параметрів, що суттєво впливають на якість вимірювань; перевірку роботоспроможності запропонованої ідеології; здійснення експериментальних досліджень; перевірку адекватності результатів математичного моделювання експериментальним даним; оптимізацію конструкції тощо.

Кожна з перелічених задач може бути розв'язана розробкою алгоритму та створенням програмного забезпечення на його підґрунті або застосуванням CFD-технологій. При цьому створення програмного забезпечення дозволяє оцінити коректність накладених на математичну модель обмежень, метрологічні характеристики перетворювача у діапазоні вимірюваних витрат, у той час, як дослідження за допомогою CFD-технологій сприяє виявленню особливостей роботи перетворювача за певної витрати.

Стрімкий розвиток обчислювальної техніки призвів до створення та широкого розповсюдження обчислювальних програмних комплексів, які дозволяють розв'язувати широкий спектр дослідницьких задач за відсутності лабораторного обладнання. Основою таких комплексів є метод кінцевих елементів.

Застосування віртуального моделювання дає можливість в значно менші терміни провести дослідження та отримати максимально наближені до реальних результати.

Моделювання можуть бути використані як для простого аналізу життєздатності інженерного рішення, так і для оптимізації роботи вже працюючих систем чи досліджуваних процесів. Також віртуальні моделювання дають можливість імітації різних впливових

факторів, що можуть порушити працездатність пристроїв, аналізувати та прогнозувати різні сценарії можливих наслідків без необхідності використання реальних ресурсів.

Алгоритм обчислювального експерименту складається з трьох основних частин: підготовка, розрахунок, аналіз результатів. У свою чергу підготовка передбачає розробку геометричної моделі перетворювача витрати, створення розрахункової сітки на геометричній моделі, позначення зон входу та виходу потоку, вибір вимірюваного середовища із зазначенням його фізичних властивостей, вибір моделі потоку вимірюваного середовища, завдання початкових і граничних умов.

Результати моделювання відображаються у вигляді масиву числових даних із значеннями швидкості, тиску, температури та інших параметрів потоку залежно від типу дослідження та постановки задачі, а також у вигляді тривимірних потоків, векторних та контурних зображень, що дають досліднику чітке розуміння процесів, які відбуваються всередині досліджуваних областей.

Серед широкого різноманіття перетворювачів витрати найбільш застосовними є перетворювачі, що базуються на методі змінного перепаду тиску, тахометричні (турбінні та крильчасті), вихрові, ультразвукові та електромагнітні.

Особливостями зазначених перетворювачів витрати є [1-3]:

- зміна поперечного перерізу потоку, що спричиняє утворення перепаду тиску до та після місця встановлення нерухомого чутливого елемента;
- наявність рухомого чутливого елемента, частота обертання якого є мірою витрати;
- нерухомий чутливий елемент, форма та розміри якого сприяють утворенню вихорів у місці його встановлення;
- зміна поперечного перерізу потоку через профілювання внутрішньої поверхні корпусу.
- необхідність врахування характеристик, що можуть впливати на електропровідність вимірюваного середовища.

Моделювання кожного класу вимірювальних перетворювачів має певні особливості. Зокрема, наявність рухомих елементів чи тіл обтікання всередині потоку вимагає створення відповідних розрахункових регіонів та зазначення їх характеристик, допустимих спрощень та обмежень.

Створення розрахункової моделі та завдання граничних умов моделювання у різних програмних засобах ґрунтується на різних підходах, але їх використання та отримані результати значно спрощують та пришвидшують визначеність в контрольних питаннях та прийняття рішень дослідником для реалізації власних ідей.

Імітаційне моделювання посідає важливе місце в процесі реалізації інженерної ідеї, значно спрощує та пришвидшує отримання фінального продукту чи рішення, але в той же час, має ряд обов'язкових для розуміння критеріїв використання.

Для коректного визначення умов моделювання необхідно чітко розуміти особливості умов експлуатаційного використання (зовнішніх та внутрішніх) та знати гідравлічні процеси, що відбуватимуться в приладі при його роботі. Лише за правильних обмежень та вірної постановки задачі моделювання можна отримати адекватні результати.

У доповіді наведено результати імітаційного моделювання ультразвукових вимірювальних перетворювачів витрати, що може бути застосовано для розв'язання задач точного вимірювання витрати газу в широкому діапазоні. Дослідження здійснено для декількох різних конструкцій, що мають подібну схему будови, але різне конструктивне виконання.

Перша схема реалізує багатоканальний вимір, а друга – складну траєкторію з відбиттям вимірювального променя за допомогою однієї пари вимірювача-приймача.

За результатами дослідження виявлено вплив конструктивних елементів первинних перетворювачів на гідравлічні характеристики вимірювальної ділянки, а саме: спотворення

епюри розподілу швидкості потоку внаслідок зміни геометричних параметрів робочих зон ППВ; зони підвищеного тиску; загальні втрати тиску на вимірювальній ділянці, розраховано коефіцієнти коригування вимірюного сигналу.

Список літератури

1. Коробко І. В. Приладовий комплекс реєстрації об'єму та об'ємної витрати газу / І. В. Коробко, О. О. Драчук // *Mechanics and Advanced Technologies*, т. 84, вип. 3(84), 84(3), С. 61–68, Груд. 2018. DOI: 10.20535/2521-1943.2018.84.143848
2. Писарець А. В. Про вибір оптимальної форми тіла обтікання вихрового витратоміра. / А. В. Писарець, А. М. Мельник, О. О. Драчук // Вісник КПІ. Серія приладобудування, Вип. 62(2), С. 75 – 81, 2021. DOI: 10.20535/1970.62(2).2021.249237
3. Drachuk O., The measurement quality evaluation of an ultrasonic flow sensor with a complex measuring path trajectory / O. Drachuk, I. Korobko, A. Pysarets // *Bull. Kyiv Polytech. Inst. Ser. Instrum. Mak.*, вип. 67(1), с. 84–90, Чер 2024. DOI: 10.20535/1970.67(1).2024.307245

Simulation modeling of flow transducers

Pysarets Anna, Drachuk Olesya

Controlling the consumption of non-renewable natural energy resources is a pressing issue today. This problem solution is possible by creating new measuring instruments or improving existing instruments.

Designing measuring instruments involves solving a number of problems. For this purpose, engineering simulation and design software is used.

Primary flow transducers are the basis of instruments for measuring flow rate and quantity of energy resources.

The operating principle of such instruments is based on various physical measurement methods. This in turn requires the use of different approaches to constructing a geometric model and setting up the research parameters.

The work is devoted to the study of the operating features of ultrasonic flow transducers by means of simulation modeling; key aspects of the computational experiment are presented taking into account the operating conditions of the transducers.

Keywords: *energy resources; metering; primary flow transducer; design; simulation modeling.*