

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Інформаційні джерела

1. Бабенко Г.О. Визначення мікроелементів і металоферментів у клінічних лабораторіях / Г.О. Бабенко. — Київ: Здоров'я, 1968. — 138 с.
2. Бабенко Г.А. Микроэлементозы, их роль в патогенезе болезней и механизм возникновения / Г.А. Бабенко // Материалы Всесоюзн. симпоз. "Микроэлементозы человека". — 1989. — С. 32-33.
3. Гоцуляк Л.Е. Исследование органно-тканевых особенностей содержания биоэлементов железа, меди и кобальта при действии рентгеновского облучения / Л.Е. Гоцуляк, С.А. Гава // Материалы Всесоюзного симпоз. "Микроэлементозы человека". — 1989. — С. 72.
4. Ноздрюхина Л.Р. Нарушение микроэлементозного обмена и пути его коррекции / Л.Р. Ноздрюхина, Н.И. Гринкевич. — М.: Наука, 1980. — 280 с.
5. Петрина Л.Г. Динаміка вмісту заліза у крові тварин в ранні терміни після їх опромінення в різних дозах / Л.Г. Петрина // Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Бабенківські читання» присвячена пам'яті академіка Г.О.Бабенка 27-28 жовтня 2011 року, Івано-Франківськ. — 2011. — С. 80.

УДК 681.121.4+681.121.8(035)

Попова Н.О.

Луцький національний технічний університет

ПРО ТИПИ ТАХОМЕТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТУРБІННИХ ВИТРАТОМІРІВ

У роботі розглянуті основні типи тахометричних перетворювачів турбінних витратомірів, їх будова, принцип роботи та застосування.

В работе рассмотрены основные типы тахометрических преобразователей турбинных расходомеров, их строение, принцип работы и применение.

The paper describes the main types of turbine flow transducer tachometric, their structure, working principle and application.

Ключові слова. Тахометричний перетворювач, турбінний витратомір, турбінка, лопать, струм, гальмівний момент, магніт, котушка.

Сучасний стан дозуючої техніки характеризується як створенням нових, більш досконалих засобів дозування рідин та газів, так і подальшому їх вдосконалення.

Прототипом сучасних турбінних витратомірів є «вертушка Вольтмана», яку було винайдено в 1790 р. для вимірювання швидкості протікання води у відкритих потоках. У 1898 р. «вертушки Вольтмана» знаходять перші застосування у закритих трубопроводах.

На початку ХХ століття створюються водоміри зручної та надійної конструкції, які засновано на використанні принципу «вертушки Вольтмана», що знайшли широкого вжитку для вимірювань великої кількості води у напірних трубопроводах. Швидкість обертання крильчатки в таких водомірах вимірювали за допомогою механічних лічильників, у яких спостерігався значний опір до тертя, що, у свою чергу, призводило до суттєвих похибок, які виникали під час вимірювання витрат. Розвиток електричних (безконтактних) методів вимірювання швидкості обертання робочого колеса турбінного давача дозволив повністю застосовувати властивості турбінних перетворювачів.

На даний час відомими є два основних типи давачів турбінних витратомірів: з тангенціальною та аксіальною турбінкою. Давачі витрат з тангенціальною крильчаткою не знайшли широкого застосування через недосконалість метрологічних властивостей, які викликані дискретним характером взаємодії потоку рідини з робочим тілом – турбінкою.

До складу великої кількості турбінних давачів витрат, які застосовуються на практиці, входить аксіальна крильчатка з паралельною до осі потоку віссю. Крильчатка являє собою турбінне робоче колесо, лопаті якого мають форму гвинтової поверхні із сталим кроком. Принцип роботи такого турбінного давача полягає в тому, що робоче колесо, яке монтується коаксіально в трубопроводі, охоплює майже усю кільцеву площу прохідного перерізу та обертається з кутовою швидкістю, яка практично є пропорційною середній швидкості потоку. Так як швидкість потоку пропорційна об'ємним витратам, то швидкість обертання робочого колеса також буде пропорційною витратам.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Сучасні турбінні витратоміри володіють достатньо високими метрологічними властивостями. Похибка турбінного витратоміра зазвичай не перевищує $\pm(0,5\div 1)\%$, а в деяких випадках його величина є не більшою $\pm 0,25\%$.

Правильний вибір тахометричного перетворювача під час конструювання турбінних витратомірів забезпечує їх необхідну точність в цілому. Різноманітність таких перетворювачів, які, у свою чергу, є стандартизованими та наявність великої кількості довідникових матеріалів створюють певні труднощі для конструкторів під час проектування турбінного витратоміра. У даній роботі здійснено спробу поєднати відомості з різних першоджерел та зосередити увагу на найбільш головних питаннях щодо вибору конструкції тахометричного перетворювача та витратоміра в цілому.

Необхідність задоволення сучасних вимог, які висуваються до турбінних витратомірів, зумовила створення різних типів тахометричних перетворювачів. Жоден з них не може задовольнити одночасно усі вимоги, які висуваються до приладів з безперервно-рухомих тілом.

Під час вибору того або іншого тахометричного перетворювача необхідно виходити із властивостей вимірювальної речовини, його параметрів та значень витрат, а також обґрунтованих вимог до точності вимірювання, враховуючи при цьому міру складності вимірювального пристрою та умови його експлуатації.

Тахометричний перетворювач призначений для перетворення частоти обертання турбіни у вимірювальний сигнал, зазвичай електричний. Перетворювач створює гальмуючий момент, який запобігає руху турбіни. Необхідно, щоб даний момент був, якомога, меншим для уникнення негативного впливу на лінійність градування та збільшення зони нечутливості. Дана вимога є особливо важливою за вимірювань витрат газу та малих діаметрів турбіни, за умови, що рушійний момент є незначним. Вимірювання електричного сигналу низької частоти важко здійснити через необхідність застосування підсилювачів змінної напруги, у яких коефіцієнт підсилення різко зменшується в області низьких частот. Звідси виникає обмеження на найменшу частоту вимірювального сигналу.

Тахометричні перетворювачі прийнято поділяти на індукційні, індуктивні, фотоелектричні та оптичні.

Індукційні (генераторні) перетворювачі засновано на створенні пульсуючого струму в обмотці, який створюється під час обертання турбіни, з подальшим вимірюванням частоти або ЕРС даного струму. Обмотка, в якій генерується струм, зазвичай являє собою котушку, вісь якої є перпендикулярною до трубопроводу. У випадку, коли у ступиці турбіни розташовано магніт, то під час обертання турбіни поле даного магніту перетинає витки котушки, генеруючи у них пульсуючий струм. За необхідності підвищення частоти струму збільшують число котушок, які розташовують ззовні, або ж число магнітів на тахометричному перетворювачі.

За умови, коли магніт розташовано в середині котушки, лопаті турбіни необхідно виготовляти з феромагнітного матеріалу або в її ступиці поміщають, з аналогічного матеріалу, пластинку або штифт з віссю, які є перпендикулярними до осі трубопроводу. Кожен з таких магнітопроводів під час обертання турбіни змінює полярність магніту, який знаходиться всередині котушки, і генерує в останній пульсуючий струм. За умови великого числа феромагнітних лопатей легше забезпечити високу частоту струму навіть за малих частот обертання, що відповідає малим витратам. Але за невеликих діаметрів, коли число лопатей є обмеженою, для підвищення частоти необхідно збільшувати магніто-індукційні вузли.

Відомими є конструкції, коли обмотку, в якій генерується струм обертовим магнітом, виконують не у вигляді прямої котушки, а тороїдально (дріт намотано на кільцевий сердечник, який відокремлено від турбіни діамагнітною стінкою). При цьому збільшується амплітуда сигналу та усувається гальмування етапу спокою за симетрії магнітного ланцюга. Гальмуючий момент M_g індукційних перетворювачів визначається потужністю, яка витрачається на виділення тепла в електричному контурі, і потужністю, що витрачається на вихрові струми і перемагнічування феромагнітних матеріалів. Слід зауважити, що момент M_g зростає з ростом амплітуди сигналу. Збільшення останнього є виправданим за середніх та великих розмірів турбіни, коли вплив протидіючого моменту M_g , який створюється тахометричним перетворювачем, незначний (при цьому в деяких випадках можна обійтися без проміжних підсилювачів).

Індуктивні перетворювачі засновано на зміні індуктивності зовнішньої обмотки у залежності від зміни опору її магнітного ланцюга, що відбувається під час обертання турбіни. Індуктивна котушка до складу якої входить залізне осердя, має бути відокремленою від турбіни діамагнітною стінкою та живитись від генератора струмом порівняно високої частоти (декілька кілогерц). Під час обертання турбіни та проходженні лопатей, які виготовлено з феромагнітного матеріалу повз

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

котушку змінюється опір її магнітного ланцюга, а отже, і її індуктивність. Дане явище викликає періодичну зміну сили струму в обмотці котушки та відповідну зміну вихідної напруги. Слід зазначити, що на виході отримують високочастотний сигнал, який модулюється за амплітудою (глибина модуляції стала). Демодулятор виділяє з даного сигналу огибаючу з постійною амплітудою, але зі змінною частотою, яка є пропорційною частоті обертання турбінки. Амплітуда сигналу тим більша, чим більшою є різниця опорів магнітного ланцюга ($R_{\max} - R_{\min}$), але це призводить до збільшення гальмуючого моменту M_g . Його структура дещо відрізняється від однойменного моменту в індукційному перетворювачі (відсутні втрати енергії в електричному контурі ланцюга, але втрати від вихрових струмів та перемагнічування феромагнітних мас можуть збільшитись внаслідок високої частоти струму живлення). Гальмуючий момент M_g у індуктивних перетворювачів є зазвичай меншим, у порівнянні з індукційними.

Фотоелектричні тахометричні перетворювачі засновано на появі пульсуючої електричної напруги у ланцюгові фотоелемента в наслідок періодичного переривання турбіною, яка обертається, променя світла, який потрапляє на фотоелемент. Частота пульсації напруги в такому ланцюзі буде пропорційною обертання турбінки. Дані перетворювачі не створюють жодного гальмуючого моменту, але будова їх є складнішою у порівнянні з індукційними та індуктивними. Застосовуються дані перетворювачі переважно для вимірювання витрат газу, рідше рідини (наприклад, за невеликих діаметрів турбінки або для вимірювання швидкозмінних витрат). Зазвичай освітлювач та фотоелемент встановлюють навпроти один одного по відношенню до турбінки і відділяють від вимірювальної речовини перегородкою з міцного скла. У тілі турбінки наявним має бути один або декілька отворів, які під час її обертання створюють періодичне освітлення фотоелементу. Для отримання високої частоти фотоструму на практиці розроблено різноманітні конструкції перетворювачів. Зокрема, деякі витратоміри містять зубчате колесо, кожен зуб якого модулює промінь світла, який потрапляє на фотоелемент. В інших конструкціях витратомірів застосовано три фотоелектричні перетворювача, кожен з яких складається з освітлювача, фотоопору і двох оптичних призм, які відокремлюють фотоопори та освітлювачі від речовини. Слід зазначити, що фотоопори зміщено по відношенню один до одного на кут, який рівний 120° .

Застосування фотоелектричних перетворювачів для вимірювання непрозорих рідин є достатньо складним, але можливим. Так, у деяких конструкціях витратомірів відбивні пластинки розташовано на кінцях лопатей турбінки. Над тангенціальною турбіною, вісь якої є горизонтальною, розташовано міцне скло, за яким розміщено освітлювач та германієвий фотодіод. За вертикального положення лопаті турбінки, промінь світла відбивається від пластинки й освітлює фотодіод. Слід зауважити, що шар рідини між кінцем лопаті та склом дуже тонкий і не заважає процесу відображення. Крім того, максимум чутливості германієвого фотодіода знаходиться в інфрачервоній області (довжина хвилі приблизно 1,5 мкм). Відомими є також конструкції, у яких для вимірювання непрозорої рідини на вертикальній осі турбінки, виведеної вгору на повітряну камеру, зміцнювався обтюраторний диск для переривання променя світла.

Оптичні тахометричні перетворювачі, як і фотоелектричні, засновано на періодичному перериванні лопатями турбінки світлового променя. Від джерела інфрачервоного випромінювання (наприклад, світлодіод), який знаходиться у приймально-передавальному блоці, світловий потік вводиться в центральний світловод з семи кварц-полімерних світловодів діаметром 0,4 мм, які утворюють волоконно-оптичну лінію зв'язку, і далі через гермовод попадають на торець лопаті турбінки. Відбиваючись від неї, світловий потік через гермовод потрапляє на торці шести периферійних світловодів волоконно-оптичної лінії зв'язку після чого на світлочутливий елемент блоку. Слід зазначити, що у якості гермоводів необхідно застосовувати кварцові градан-стержні з градієнтом розподілу за радіусом коефіцієнта заломлення, які володіють властивістю циліндричної лінзи.

У турбінних витратомірах вдало поєднуються висока статична точність і хороші динамічні властивості, що дозволило їм широко розповсюдитись. Визначення найбільш перспективного виду тахометричного перетворювача турбінного витратоміра є складною задачею, так як кожен із них володіє власними перевагами та недоліками. В цілому ж, слід зазначити, що вибір тахометричного перетворювача необхідно здійснювати у відповідності до висунутих конструктору задач.

Інформаційні джерела

1. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. - 4-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1989. - 701с.
2. Бобровников Г.Н., Камышев Л.А. Теория и расчет турбинных расходомеров, Издательство стандартов, 1978. - 128 с.