



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 43833

(13) C2

(51) 6 G01F1/34

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ДАТЧИК З МНОЖИНОЮ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТИСКУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОТОКУ РІДИНИ У ТРУБІ

1

2

(21) 95018038

(22) 13 01 1995

(24) 15 01 2002

(46) 15 01 2002, Бюл. № 1, 2002 р.

(31) 08/182 317

(32) 14 01 1994

(33) US

(72) Лаймен Уолтер Джордж, US

(73) ВЕСТІНГХАУЗ ЕЛЕКТРИК КОРПОРЕЙШН, US

(56) Патент США №5 228 346, кл. G01F1/34, 20 07, 1993

(57) 1 Датчик з множиною диференціальних перетворювачів тиску для вимірювання потоку рідини у трубі, який має корпус, пристосований для розміщення всередині труби, який відрізняється тим, що в зазначеному корпусі виконані спільний забірний канал динамічного тиску, спрямований суттєвою мірою назустріч потоку рідини у трубі, і щонайменше два забірні канали статичного тиску, кожен з яких спрямований у напрямку, який є суттєво відмінним від напрямку зазначеного забірних каналу динамічного тиску, причому кожен з зазначених забірних каналів статичного тиску з'єднаний за допомогою одного з несполучених основних каналів статичного тиску, що проходять крізь тіло корпусу, з першим входом відповідного диференціального перетворювача тиску, а зазначений

забірний канал динамічного тиску з'єднаний з другими входами кожного із зазначених диференціальних перетворювачів тиску

2 Датчик за п. 1, який відрізняється тим, що зазначений забірний канал динамічного тиску розташований у периферійній стінці корпусу датчика

3 Датчик за п. 1 або 2, який відрізняється тим, що щонайменше один із зазначених забірних каналів статичного тиску для щонайменше одного диференціального перетворювача тиску розташований у торцевій стінці вільного кінця тіла корпусу

4 Датчик за п. 1 або 2, який відрізняється тим, що усі зазначені забірні канали статичного тиску для усіх диференціальних перетворювачів тиску розташовані у торцевій стінці вільного кінця тіла корпусу

5 Датчик за будь-яким з пп. 1 - 4, який відрізняється тим, що щонайменше один із зазначених забірних каналів статичного тиску спрямований перпендикулярно до напрямку потоку рідини у трубі, назустріч якому зорієнтований забірний канал динамічного тиску

6 Датчик за будь-яким з пп. 1 - 5, який відрізняється тим, що кожен із зазначених диференціальних перетворювачів тиску підключений до процесора сигналу вимірювання від зазначеного датчика

Цей винахід стосується датчиків вимірювання потоку текучого середовища, конкретніше, він стосується датчиків вимірювання потоку, спроможних вимірювати потік охолоджувальної води в трубі холодної нитки петлі ядерного реактора, де відсутність колін в трубі холодної нитки петлі не дає змоги використовувати забірні канали колін для вимірювання потоку

Ядерні реактори з водяним охолодженням звичайно мають принаймні дві труби "холодної нитки петлі", кожна з яких подає до реактора чималий потік охолоджувальної води. Охолоджувальна вода звичайно надходить до реактора з вихідних патрубків теплообмінників, що використовуються для утворення пари. Важливим

є контролювання потоку охолоджувальної води, що протікає по цих трубах. Якщо потік охолоджувальної води помітно спадає, температура охолоджувача в реакторі підвищується і реактор може перегрітися, що може призвести до пошкодження реактора, а також до потрапляння великих обсягів радіоактивних речовин в охолоджувальну воду. Через це ядерні реактори з водяним охолодженням звичайно зупиняють, коли потік охолоджуючого середовища спадає нижче заздалегідь визначеного рівня, звичайно - близько 90 відсотків нормального рівня потоку охолоджувача

У більшості з відомих реакторних систем з водяним охолодженням труби холодної нитки петлі, по яких проходить охолоджувальна вода, мають

(13) C2

(11) 43833

(19) UA

коліна. Для вимірювання потоку охолоджувальної води у цих системах звичайно використовуються забірні канали колін. У цьому конструкторському рішенні один забірний канал запроваджують на внутрішньому вигині коліна, а другий забірний канал запроваджують на зовнішньому вигині коліна. Завдяки динаміці потоку текучого середовища, що проходить крізь коліно, тиск, вимірюваний забірним каналом на зовнішньому вигині, звичайно є більшим за тиск, вимірюваний забірним каналом на внутрішньому вигині, і різниця рівнів тиску в цих двох місцях є показником значення величини потоку, що проходить крізь трубу. Функціонально з'єднаний з кожним із забірних каналів диференціальний перетворювач тиску забезпечує засіб для контролювання потоку крізь зазначене коліно. У відомих реакторах для забезпечення надмірності у вимірюванні потоку охолоджувальної води застосовується декілька пар забірних каналів колін, кожна з яких функціонально з'єднується з окремим диференціальним перетворювачем тиску. Коли принаймні два з трьох або чотирьох сигналів свідчать про спадання потоку, генерується вимикальний сигнал для зупинення реактора.

Такий пристрій, як описано вище, розкритий, зокрема, в патенті США № 5,228,346 (20 07 1993, G01F 1/34).

Реактор AP600 фірми Вестінгхауз конструктивно відрізняється від попередніх реакторних систем тим, що труби холодної нитки петлі не мають колін, де можна було б запровадити забірні канали колін. Забірні канали, якщо їх запровадити на трубі холодної нитки петлі реактора, що має великий радіус кривини, не зможуть забезпечити достатнього рівня перепаду тиску для здійснення ефективного вимірювання. У реакторі AP600 фірми Вестінгхауз передбачено, що з кожним парогенератором з'єднані дві труби холодної нитки петлі, завдяки чому вимірювання перепаду тиску на пучку труб парогенератора може бути показником загального потоку крізь обидві труби холодної нитки петлі, але не є спроможним окремо визначити потоки в трубопроводах. Отже, для нових реакторів, таких як зазначений AP600, що не мають колін у трубах холодної нитки петлі, потрібні альтернативні засоби вимірювання потоку.

В основу винаходу поставлено задачу створити датчик вимірювання потоку текучого середовища, в якому нове відтворення забірних каналів дозволить використовувати його у відрізках трубопроводів із невеликою кривиною або без неї, а також забезпечувати надмірність у вимірюванні потоку.

Згідно з винаходом, датчик із множиною диференціальних перетворювачів тиску для вимірювання потоку рідини в трубі, наприклад, охолоджувальної води у трубі, що проходить усередину корпусу ядерного реактора від джерела охолоджувальної води, має корпус, що простягається усередину труби від стінки труби. Корпус датчика має спільний забірний канал динамічного тиску, зорієнтований в напрямі, що суттєвою мірою відповідає напрямові потоку рідини у трубі, і щонайменше два забірні канали статичного тиску, кожний з яких зорієнтований під певним кутом до напрямку зазначеного забірних каналу динамічного тиску, кожний

з зазначених забірних каналів статичного тиску з'єднаний за допомогою одного з ізолюваних основних каналів, які простягаються крізь тіло корпусу, з першим входом відповідного диференціального перетворювача тиску. Спільний забірний канал динамічного тиску з'єднаний з відповідними другими входами кожного із зазначених диференціальних перетворювачів тиску.

Таким чином, кожний диференціальний перетворювач тиску детектує один і той же динамічний тиск від спільного забірних каналу динамічного тиску. Водночас, кожний диференціальний перетворювач тиску детектує статичний тиск, який надходить від одного з забірних каналів статичного тиску і який відрізняється від тиску, що його сприймає решта диференціальних перетворювачів тиску. Різниця між динамічним тиском і статичним тиском є пропорційною квадратові величини потоку охолоджувальної води.

Згідно з іншим аспектом винаходу, спільний забірний канал динамічного тиску спрямований приблизно назустріч напрямку потоку охолоджувальної води, а кожний із забірних каналів статичного тиску спрямований приблизно у напрямку, перпендикулярному напрямку потоку охолоджувальної води.

Згідно з ще одним аспектом винаходу, спільний забірний канал динамічного тиску розташований у периферійній стінці корпусу датчика. Зазначені забірні канали статичного тиску можуть бути розташовані у торцевій стінці корпусу датчика на відстані від внутрішньої стінки труби, або у периферійній стінці, або можуть бути розташовані таким чином, що деякі із забірних каналів статичного тиску розташовуватимуться у торцевій стінці, а інші — у периферійній стінці.

На фіг. 1 зображено поздовжній переріз запропонованого цим винаходом датчика потоку, встановленого у трубі системи охолодження ядерного реактора.

На фіг. 2 зображено переріз по лінії 2-2 рис. 1.

На фіг. 3 зображено переріз по лінії 2-2 рис. 1.

На фіг. 3 зображено схему функціональних з'єднань між запропонованим цим винаходом датчиком для вимірювання потоку та асоційованих з ним диференціальних перетворювачів тиску та процесора.

На фіг. 1 і фіг. 2 зображений у поздовжньому і поперечному перерізах переважний варіант запропонованого цим винаходом датчика для вимірювання потоку, встановленого в трубі холодної нитки петлі системи охолодження реактора. Звичайно в одній трубі холодної нитки петлі встановлюється один датчик. Напрямок потоку охолоджувальної води позначений стрілкою. Корпус 1 датчика переважно являє собою довгасте тіло, яке розташовується в цілому перпендикулярно напрямку потоку, і яке виготовляється із нержавіючої сталі і приварюється до труби 2 холодної нитки петлі, що її теж виготовлено з нержавіючої сталі, швом 3. Корпус 1 датчика має периферійну стінку 4 і торцеву стінку 5, які простягаються у внутрішній простір 6 труби 2. Дві труби холодної нитки петлі, що з'єднують парогенератор (не показаний) із корпусом реактора AP600 фірми Вестінгхауз (не показаний), мають внутрішній діаметр близько 28 дюймів.

мів (711,2мм) кожна, і корпус датчика у цьому випадку переважно простягається у внутрішній простір 6 труби приблизно на 4 дюйми (102мм) і має діаметр біля торцевої стінки 5 близько 1,5 дюйма (38мм). Таким чином, торцева стінка 5 корпусу 1 датчика розташована у внутрішньому просторі 6 на глибини, достатній для того, щоб уникнути впливу стінки 7 труби 2 на потік охолоджувальної води. Зрозуміло, що в інших реакторних системах, де використовуються труби холодної нитки петлі більших розмірів, можуть знадобитися інші глибина проникання і діаметр корпусу датчика.

Один-єдиний спільний забірний канал 8 динамічного тиску в периферійній стінці 4 корпусу датчика спрямовано в цілому в напрямку назустріч потоку охолоджувальної води, цей канал 8 з'єднується із основним каналом 9 динамічного тиску, що простягається поздовжньо крізь корпус 1 до другого кінця 10 корпусу датчика, розташованого зовні труби 2. Множина забірних каналів 11, 12, 13 статичного тиску, переважно три або чотири, розташовані таким чином, що кожен з них зорієнтовано приблизно перпендикулярно напрямку потоку охолоджувальної води. У варіанті, зображеному на фіг. 1 і фіг. 2, кожен із трьох забірних каналів 11, 12, 13 статичного тиску розташований у торцевій стінці 5. Однак зрозуміло, що один або більше ніж один із забірних каналів 11, 12, 13 статичного тиску так само можуть бути розташовані в периферійній стінці 4 корпусу датчика 1. Кожен із зазначених забірних каналів 11, 12, 13 статичного тиску з'єднується з відповідним із основних каналів 14, 15, 16 статичного тиску, що йдуть поздовжньо крізь корпус 1 датчика до його другого кінця 10. Основний канал 9 динамічного тиску переважно має діаметр 0,25 дюйма (6,35мм). Основні канали 14, 15, 16 статичного тиску переважно мають діаметр 0,187 дюйма (4,76мм) кожен.

Кожний із основних каналів 14, 15, 16 для забірних каналів 11, 12, 13 статичного тиску функціонально з'єднується з першим входом 17, 18, 19, відповідно, диференціальних перетворювачів тиску 20, 21, 22 (позначених ДПТ 1-3), як це зображено на фіг. 3. У переважному варіанті до кожного з каналів 14, 15, 16 є привареною з'єднувальна труба 23, 24, 25, відповідно, з номінальним діаметром 3/4 дюйма (19,1мм), яка з'єднана з першим отвором 26, 27, 28, відповідно, вентилів 29, 30, 31, що їх можна перекривати для технічного обслуговування системи. Другі отвори 32, 33, 34 кожного з вентилів 29, 30, 31 з'єднуються з відрізками приладових трубопроводів 35, 36, 37, які, у свою чергу, з'єднуються з першими входами 17, 18, 19 відповідних диференціальних перетворювачів тиску 20, 21, 22. Другий вхід 38, 39, 40 кожного з диференціальних перетворювачів тиску 20, 21, 22 функціонально з'єднується за допомогою засобів, аналогічних описаним для приєднання забірних каналів статичного тиску, до спільного забірних каналу 8 динамічного тиску. З'єднувальна труба 41 із нержавіючої сталі з номінальним діаметром 3/4 дюйма (19,1мм), що приварена до основного каналу динамічного тиску 9 на другому кінці 10 корпусу 1 датчика, з'єднується з першим входом 42 вентилів 43, який, у свою чергу, з'єднується з другим входом 38, 39, 40 кожного з перетворювачів

20, 21, 22 за допомогою приладового трубопроводу 44, що має декілька відводів. Таким чином, кожен із диференціальних перетворювачів тиску 20, 21, 22 використовує спільний забірний канал 8 динамічного тиску для одного із входів 38, 39, 40, і окремі забірні канали 11, 12, 13 статичного тиску для свого другого входу 17, 18, 19, відповідно. Є доцільним вигладити периферійну поверхню 4 корпусу 1 датчика і надати його торцевій стінці 5 такого профілю, щоб зменшити турбулентність біля забірних каналів 11, 12, 13 статичного тиску. Зменшення турбулентності біля забірних каналів статичного тиску сприяє зменшенню випадкових відхилень при вимірюваннях потоку. Таке формування профілю корпусу датчика є задачею оптимізації, що вона є по силах фахівцю у цій галузі.

Кожен із диференціальних перетворювачів тиску 20, 21, 22 детектує перепад тиску, що є пропорційним квадратові значення величини потоку води, що охолоджує реактор. Одним з типів диференціальних перетворювачів тиску, що може бути застосований, є перетворювач моделі 752 фірми Barton, здатний вимірювати перепади тиску аж до 500 дюймів водяного стовпа (934 мм ртутного стовпа). Кожний перетворювач 20, 21, 22 переважно надсилає сигнал, що є показником відповідного перепаду тиску, до процесора 45 (див. фіг. 3). Процесор 45 може перетворювати цей сигнал на сигнал потоку, пропорційний абсолютній величині потоку. Процесор 45 порівнює сигнали потоку від кожного з перетворювачів із одним з множини початкових значень, що зберігаються в його пам'яті. Кожне з цих початкових значень відповідає величині потоку, що її було виміряно раніше одним із перетворювачів під час, наприклад, пускового періоду, коли реакторна система працювала при нормальній температурі та з повним потоком охолоджуючого середовища крізь трубу холодної нитки. Як це відомо у практиці вимірювань з використанням вимірювальних забірних каналів у колінах труб, процесор може формувати на виході сигнал запуску відповідно до наперед визначеної програми. Наприклад, процесор може формувати на виході сигнал запуску, якщо наперед визначена кількість сигналів потоку, наприклад, два з трьох або два з чотирьох, виявляються меншими запрограмованого контрольного значення, яке є наперед визначеною відсотковою частиною відповідного початкового значення. Зазначений сигнал запуску може використовуватися для активації аварійних систем, що звичайно використовуються на атомних електростанціях.

Використання спільного забірних каналу динамічного тиску не призводить до нівелювання ефекту надмірності при детектуванні зменшення потоку. Вихід з ладу лінії детектування динамічного тиску призведе до індикації зменшення потоку всіма перетворювачами, тоді як вихід з ладу однієї з ліній детектування статичного тиску призведе до індикації збільшення потоку лише одним перетворювачем. Системи керування звичайно дозволятиме подальше функціонування у разі, якщо непрацездатною є одна з ліній детектування статичного тиску, або один із диференціальних перетворювачів тиску. Проте логіка, за якою приймається рішення про формування зазначеного

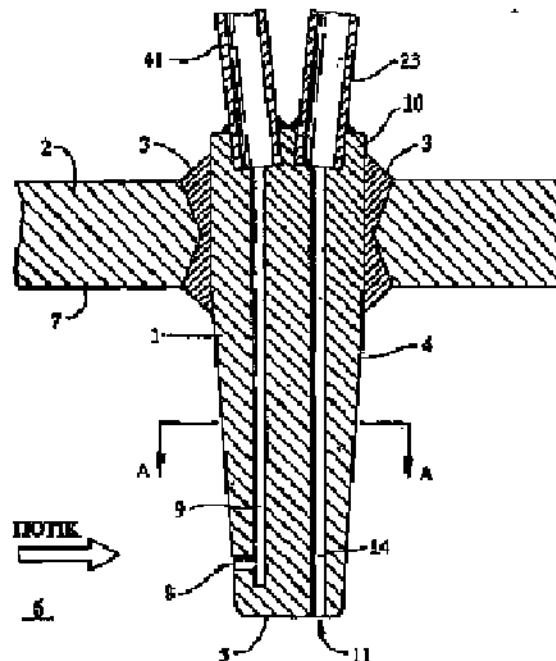
сигналу запуску, має за цих умов бути іншою

Вимірювання динамічного напору, описане вище, виконує ту ж саму функцію, що і вимірювання за допомогою забірних каналів колін трубопроводів яке використовується у відомих системах. Таке вимірювання забезпечує формування сигналу, що є пропорційним квадратові величини потоку. Початкові (або еталонні) значення, які використовуються процесором, вимірюються під час пускового періоду, коли система функціонує з нормальною температурою і повним потоком в системі. Виміряне еталонне значення відповідає сто процентному значенню потоку при здійсненні контрольних порівнянь. Запрограмоване контрольне значення встановлюють на величину перепаду тиску, яка відповідає контрольному значенню потоку, переважно — 90%. Як є відомим з рівня техніки, абсолютне значення потоку визначається за допомогою іншого вимірювання, наприклад, за допомогою капориметричного вимірювання пото-

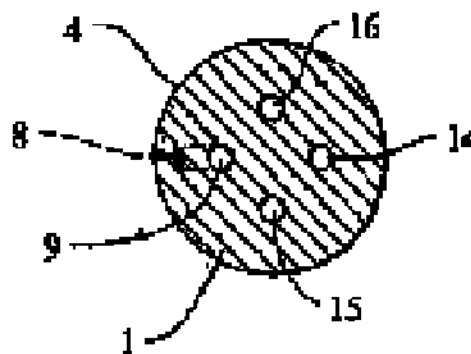
ку, яке є добре відомим фахівцям. Таким чином, датчик вимірювання потоку треба калібрувати лише за відносним, нормалізованим потоком.

Фахівцям у цій галузі зрозуміло, що процесор може використовувати сигнали перепаду тиску від кожного із перетворювачів, які є пропорційними квадратові величини потоку, або ж так само винахід може обчислювати квадратний корінь від цих сигналів і формувати сигнали, що є прямо пропорційними величині потоку. Така операція може виконуватися процесором або з використанням інших методів, відомих з рівня техніки.

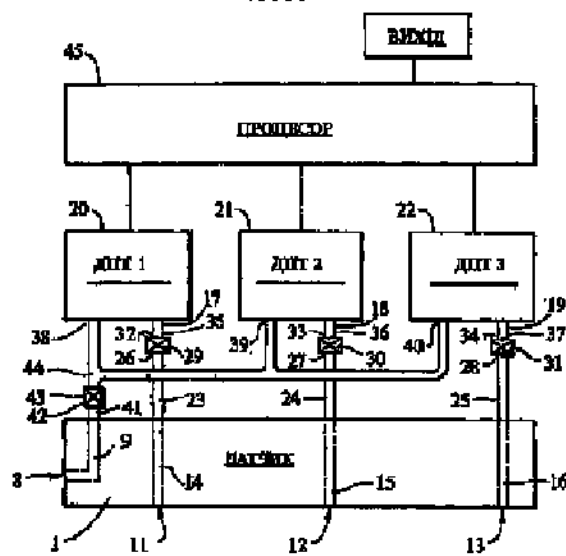
Таким чином, є зрозумілим, що цей винахід забезпечує здійснення функцій вимірювання потоку, що їх звичайно здійснюють із використанням забірних каналів колін трубопроводів, використовуючи лише одне-єдине проникнення у кожній із труб холодної нитки. Це здійснюється у надійний, економічний і ефективний спосіб.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3