



УКРАЇНА

(19) UA (11) 90985 (13) C2
(51) МПК (2009)
F02M 5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) КАЛОРИМЕТРИЧНИЙ ВИТРАТОМІР МОТОРНОГО ПАЛИВА З ЦИФРОВОЮ ОБРОБКОЮ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1

2

(21) а200910565

(22) 19.10.2009

(24) 10.06.2010

(46) 10.06.2010, Бюл.№ 11, 2010 р.

(72) БЕЗВЕСІЛЬНА ОЛЕНА МИКОЛАЇВНА, ІЛЬЧЕНКО АНДРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, ПОДЧАШИНСЬКИЙ ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ШАВУРСЬКИЙ ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) RU 2152593, 10.07.2000

SU 1673848, 30.08.1991

UA 15311, 15.06.2006

SU 531032, 24.12.1976

EP 0773432, 14.05.1997

GB 1599158, 30.09.1981

(57) Калориметричний витратомір моторного палива з цифровою обробкою вимірювальної інформації, що містить трубку (1) з потоком (2) моторно-

го палива, в якому розміщені нагрівач (3) та по одному термоперетворювачу по різні боки від нього, який відрізняється тим, що має блок (7) логарифмування, блок (8) лінійної апроксимації, блок (9) обчислення витрати моторного палива, термоперетворювач (6), розміщений у потоці (2) моторного палива поза зоною дії нагрівача (3), та дві групи (4, 5) термоперетворювачів, які розташовані по різні боки від нагрівача (3), причому термоперетворювачі в цих групах розміщені послідовно на заданих відстанях від нагрівача (3), а виходи кожної групи (4, 5) термоперетворювачів та термоперетворювача (6) підключені до входів блока (7) логарифмування, вихід якого підключений до входу блока (8) лінійної апроксимації, вихід якого підключений до входу блока (9) обчислення витрати моторного палива, вихід якого є виходом пристрою.

Винахід належить до галузі вимірювальної техніки і може бути використаний для вимірювання і контролю витрат моторного палива.

Вимірювання і контроль витрат моторного палива є складовою частиною сучасних енергозберігаючих технологій. Такі вимірювання необхідні при випробуваннях, ремонті та експлуатації транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання. Впровадження енергозберігаючих технологій висуває ряд специфічних вимог до витратомірів, а також вимагає підвищення точності та зменшення похибок вимірювання.

Найбільш близьким за суттєвими ознаками до винаходу є відомий витратомір моторного палива [1, с 328-330], обраний за прототип. Як і пристрій-винахід, пристрій-прототип містить трубку з потоком моторного палива, в якому розміщені нагрівач та по одному термоперетворювачу по різні боки від нього.

Проте, на відміну від пристрою-винаходу, пристрій-прототип містить тільки два термоперетворювачі, що розташовані на однаковій фіксованій відстані по різні боки від нагрівача. При цьому

пристрій-прототип призначений для вимірювань досить великих значень витрат палива або швидкостей потоку [1, с 329], що не завжди відповідає реальним витратам моторних палив в двигунах внутрішнього згорання.

Розподіл температури моторного палива вздовж осі трубки, по якій воно протікає у витратомірі-прототипі, перед нагрівачем та після нього описується експоненційною залежністю, аргументом якої є відстань до нагрівача [1, с. 328]. Параметри цієї експоненційної залежності пропорційні швидкості потоку та, відповідно, витратам моторного палива. Тому залежність між температурою, що вимірюється термоперетворювачем, розташованим на фіксованій відстані від нагрівача, та витратами моторного палива, має нелінійний характер.

В результаті цього при зміні витрат моторного палива в широкому діапазоні значень, що має місце, наприклад, при експлуатації витратоміру-прототипу в складі двигунів внутрішнього згорання, суттєво змінюється чутливість цього витратоміру. Як наслідок, при таких змінах витрат мотор-

(13) C2

(11) 90985

(19) UA

ного палива, виникає додаткова похибка вимірювань. Оскільки в складі витратоміру-прототипу відсутні засоби корекції вказаної похибки, то він має низьку точність.

Крім того, у потоці моторного палива завжди є випадкові нерівномірності розподілу течії та, відповідно, розподілу температурного поля, що створюється нагрівачем. Особливо помітним це є для моторного палива з альтернативної сировини (біодизеля), що має підвищену густину та в'язкість. Також у електричних колах, що забезпечують вимірювання температури за допомогою термоперетворювачів, завжди мають місце шуми та випадкові завади. Вказані фактори приводять до того, що результати вимірювань температури моторного палива та, відповідно, його витрат, містять випадкові похибки. Оскільки у витратомірі-прототипі використовуються тільки два термоперетворювачі та відсутні засоби компенсації вказаних похибок, то він має низьку точність.

Таким чином, витратомір-прототип має низьку точність, особливо при вимірюванні витрат моторного палива з альтернативи сировини, що змінюється в широкому діапазоні значень.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення витратоміра моторного палива шляхом того, що введені блок логарифмування, блок лінійної апроксимації, блок обчислення витрат моторного палива, термоперетворювач, розміщений у потоці моторного палива поза зоною дії нагрівача, та дві групи термоперетворювачів, які розташовані по різні боки від нагрівача, причому термоперетворювачі в цих групах розміщені послідовно на заданих відстанях від нагрівача, а виходи кожної групи термоперетворювачів та термоперетворювача підключені до входів блоку логарифмування, вихід якого підключений до входу блоку лінійної апроксимації, вихід якого підключений до входу блоку обчислення витрат моторного палива, вихід якого є виходом всього пристрою.

У витратомірі-винаході використовуються дві групи термоперетворювачів, що реєструють зміни температури моторного палива вздовж осі трубки до нагрівача та після нього. Результати вимірювань температури надходять до блоку логарифмування, а звідти - до блоку лінійної апроксимації. Блок обчислення витрат моторного палива визначає ці витрати на основі результатів лінійної апроксимації залежності між логарифмом температури в заданій точці потоку моторного палива та її відстанню до нагрівача.

Обчислення логарифму від вимірних значень температури у блоці логарифмування дозволяє позбутися нелінійної експоненційної залежності між значенням температури в заданій точці потоку моторного палива та її відстанню до нагрівача. Як наслідок, чутливість витратоміру-винаходу стає однаковою у всьому діапазоні змін витрат моторного палива. Це, в свою чергу, дозволяє позбутися додаткової похибки вимірювань, пов'язаної з можливими змінами чутливості вимірювального приладу у різних точках діапазону вимірювань.

У витратомірі-винаході завдяки наявності груп термоперетворювачів та завдяки властивостям процедури лінійної апроксимації результатів вимі-

рювань також забезпечується суттєве зменшення впливу випадкових похибок вимірювань температури на результат визначення швидкості потоку та витрат моторного палива.

Таким чином, завдяки наявності груп термоперетворювачів, блоку логарифмування, блоку лінійної апроксимації та блоку обчислень витрат моторного палива забезпечується суттєве підвищення точності витратоміра - винаходу.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. Перелік креслень:

- Фіг. 1 - структурна схема витратоміру-винаходу;

- Фіг. 2 - апроксимація залежності між температурою потоку моторного палива та відстанню до нагрівача.

Витратомір-винахід моторного палива містить (Фіг. 1) трубку 1 з потоком 2 моторного палива, в якому розміщені нагрівач 3 та дві групи 4, 5 термоперетворювачів. Витратомір-винахід також містить термоперетворювач 6, розміщений у потоці 2 моторного палива поза зоною дії нагрівача 3, блок 7 логарифмування, блок 8 лінійної апроксимації та блок 9 обчислення витрат моторного палива.

Групи 4, 5 термоперетворювачів розташовані по різні боки від нагрівача 3, причому термоперетворювачі в цих групах розміщені послідовно один за одним на фіксованих відстанях x_i від нагрівача 3, $i = 1 \dots (N_1 + N_2)$, де N_1 і N_2 - кількість термоперетворювачів в цих групах.

Виходи кожної групи 4, 5 термоперетворювачів та термоперетворювача 6 підключені до входів блоку 7 логарифмування, вихід якого підключений до входу блоку 8 лінійної апроксимації, вихід якого підключений до входу блоку 9 обчислення витрат моторного палива, вихід якого є виходом всього пристрою.

Витратомір-винахід моторного палива працює таким чином.

Потік 2 моторного палива, витрати Q якого потрібно вимірювати, протікає по трубці 1 повз термоперетворювач 6, нагрівач 3 та дві групи 4, 5 термоперетворювачів. Нагрівач 3 за рахунок електричної енергії від джерела живлення (на кресленні не показане) підігріває потік 2 моторного палива та створює в ньому температурне поле. Значення температур в потоці залежать від витрат палива (швидкості потоку), відстані від нагрівача до кожного термоперетворювача у групах 4, 5 термоперетворювачів та збільшуються (перед нагрівачем) або зменшуються (після нагрівача) за експоненційним законом. При цьому за температурою палива, що створюється нагрівачем 3 та фіксується групами 4, 5 термоперетворювачів, розташованими по обидва боки від нагрівача 3, можна визначити витрати моторного палива [1, с. 329].

Результати вимірювань температури моторного палива в зоні дії нагрівача 3 та температури моторного палива від груп 4, 5 термоперетворювачів та термоперетворювача 6 надходять у блок 7 логарифмування.

Графічну залежність між температурою $T(x)$ в заданій точці потоку моторного палива та відстанню x цієї точки до нагрівача наведено в [1, с.328].

Ця графічна залежність може бути апроксимована функціональною залежністю (Фіг. 2, а):

$$T(x) = b_1 e^{-a_1 x} - b_2 e^{-a_2 x} + T_0, (1)$$

де: b_1, a_1, b_2, a_2 - параметри, що залежать від поточних витрат моторного палива та конструктивних параметрів витратоміру-винаходу;

T_0 - постійна складова, що визначається на основі вимірювання початкової температури моторного палива термоперетворювачем 6.

Другий доданок формули (1) має вплив на $T(x)$ тільки поблизу нагрівача 3 в околі точки з координатою $x=0$ (Фіг. 2, в). Тому цим доданком можна знехтувати (Фіг. 2, б) за умови, що мінімальна відстань x_{\min} від груп 4, 5

термоперетворювачів до нагрівача (3) така, що $b_2 e^{-a_2 x_{\min}} \approx 0$.

Тоді з урахуванням компенсації впливу початкової температури моторного палива, на основі формули (1) маємо:

$$T_1(x) = T(x) - T_0 (2)$$

$$\ln T_1(x) = B_1 - a_1 x (3)$$

$$B_1 = \ln b_1, x \geq x_{\min}.$$

Завдяки процедурі обчислення логарифму отримано лінійну залежність між температурою в заданій точці потоку моторного палива та відстанню до нагрівача 3.

Виміряні значення температури $T^*(x_i)$ у витратоміру-винаході надходять у блок 7 логарифмування від груп 4, 5 термоперетворювачів, де x_i - відстань від i -го термоперетворювача в групі 4 або 5 до нагрівача 3. Виміряне значення температури T_0^* моторного палива надходить у блок 7 логарифмування від термоперетворювача 6.

Тоді на основі формули (2) маємо:

$$T_0^*(x_i) = T^*(x_i) - T_0^*, (4)$$

де $x_i \geq x_{\min}$.

Обчислення значень $\ln T_1^*(x_i)$ з урахуванням компенсації впливу

початкової температури моторного палива згідно формули (4) виконує блок 7 логарифмування.

Блок 8 лінійної апроксимації на основі значень $\ln T_1^*(x_i)$ виконує

обчислення оцінок \hat{B}_1 та \hat{a}_1 параметрів B_1 та a_1 , що входять до складу формули (3). Наприклад, це може бути виконано на основі методу найменших квадратів [2]. При цьому, завдяки властивостям процедури лінійної апроксимації, суттєво зменшується вплив випадкових похибок вимірювань температури на точність вимірювань витрат моторного палива. Блок 9 обчислення витрат моторного палива визначає поточні значення швидкості потоку моторного палива та, відповідно, його витрат з урахуванням перерізу трубки 1. Для цього в даному блоці обчислюють значення тем-

ператури $\hat{T}_1(x_i)$ в ряді точок потоку моторного палива. Ці значення є уточненими на основі результатів лінійної апроксимації, що отримані в блоці 8 лінійної апроксимації. При цьому на основі формули (3) маємо:

$$C_i = \ln \hat{T}_1(x_i) = \hat{B}_1 - \hat{a}_1 x_i; \hat{T}_1(x_i) = e^{C_i}.$$

Далі обчислюють швидкість потоку моторного палива, значення його об'ємної та масової витрати на основі формул, наведених в [1, с 329 та 3, с 245-247].

Для підвищення точності вимірювань можуть бути обчислені ряд значень швидкості потоку та витрат моторного палива для ряду значень температур в точках x_i з подальшим усередненням отриманого ряду значень.

Іншим варіантом визначення витрат моторного палива в блоці 9 є використання того факту, що параметри b_1 та a_1 залежать від поточних значень швидкості потоку та, відповідно, витрат моторного палива. Ця залежність може бути визначена шляхом аналітичного розрахунку з використанням конструктивних параметрів витратоміру-винаходу, або отримана шляхом градування. Тому на основі оцінок \hat{B}_1 та \hat{a}_1 в блоці 9 може бути обчислена оцінка витрат $Q_{\text{вим}}$ моторного палива.

Для перевірки працездатності пристрою-винаходу було створено та досліджено його діючий макет. В якості трубки 1 було використано металеву трубку діаметром 20 мм та довжиною 400 мм. В якості джерела живлення використовували блок живлення постійного струму з вихідною напругою 12 В. Нагрівач 3 був виготовлений з ніхромового дроту з високим електричним опором ("ніхром" - Х20Н80) у вигляді циліндричної котушки. В макетному зразку було використано по 7 термоперетворювачів у кожній з груп 4, 5 термоперетворювачів. В якості цих термоперетворювачів застосували транзистори КТ342, в яких змінюється величина струму колектора при зміні температури в потоці моторного палива.

Відстань від нагрівача до першого термоперетворювача в групі дорівнювала 3 см, до останнього – 8 см. Термоперетворювачі в групі були розташовані послідовно один за одним з рівним кроком між сусідніми термоперетворювачами.

Характеристики витратоміру-винаходу досліджувалися на його діючому макеті для діапазону витрат моторного палива (швидкостей потоку), що відповідають витратам моторного палива двигуном внутрішнього згорання, який працює на різних швидкісних та навантажувальних режимах. Для досліджень використовувалося дизельне моторне паливо згідно ДСТУ 3868-99 "Паливо дизельне. Технічні умови".

Для порівняння витратоміру-винаходу з витратоміром-прототипом спочатку використовували тільки по одному термоперетворювачу з кожної групи 4,5 термоперетворювачів. Вказані термоперетворювачі були розташовані на відстані 8 см від нагрівача 3 для відносно великих витрат палива або на відстані 3 см для відносно малих витрат

палива (режим вимірювань як у витратоміри-винаході). Потім використовували всі сім термоперетворювачів в кожній групі 4,5 термоперетворювачів (режим вимірювань моторного палива згідно витратоміру-винаходу). В результаті досліджень встановлено, що похибка вимірювань витрат моторного палива у витратоміри-винаході у порівнянні з витратоміром-прототипом зменшилася у 1,2-1,4 рази.

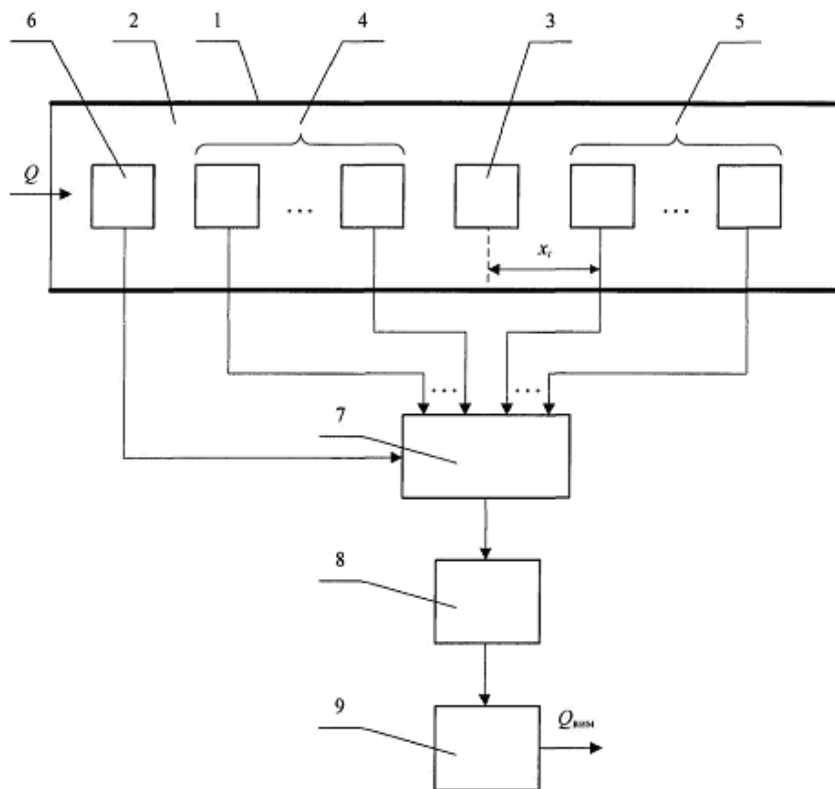
Таким чином, витратомір-винахід забезпечує підвищення точності вимірювань витрат моторного палива.

Література

1. Поліщук Є. С., Дорожовець М. М., Стадник Б. І., Івахів О. В., Бойко Т. Г. Засоби і методи вимірювань неелектричних величин: Підручник / За ред. проф. Є. С. Поліщука. - Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2008.-618 с.

2. Яцук В. О., Малачівський П. С. Методи підвищення точності вимірювань: Підручник. - Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2008. - 368 с.

3. Спектор С.А. Электрические измерения физических величин: Методы измерений: Учеб. пособие для вузов. - Л.: Энергоатомиздат. Ленинград, отд-ние, 1987. - 320 с.



Фіг. 1