



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 88936

(13) C2

(51) МПК (2009)
G01L 23/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ТИСКУ

1

(21) а200707947

(22) 13.07.2007

(24) 10.12.2009

(46) 10.12.2009, Бюл.№ 23, 2009 р.

(72) ТИХАН МИРОСЛАВ ОЛЕКСІЙОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА", ТИХАН МИРОСЛАВ ОЛЕКСІЙО-
ВИЧ

(56) UA а200606868, G01L 23/00, 19.06.2006

UA 75915, G01L 23/00, 15.06.2006

RU 2293296, G01L 7/08, 10.02.2007

SU 78535, 01.01.1949

SU 1561001, G01L 23/18, 30.04.1990

US 6044717, G01L 1/20, 9/00, 04.04.2000

US 4212191, G01L 7/08, 15.07.1980

(57) Спосіб вимірювання динамічного тиску, який
полягає у перетворенні тиску середовища у прогин
сприймаючої його пружної мембрани, вимірюванні
прогину мембрани $w(t)$ в момент часу t , який від-
різняється тим, що:

2

- визначають швидкість руху мембрани $w'(t)$ ди-
ференціюванням сигналу $w(t)$ за формулою

$$w'(t) = \frac{\partial w(t)}{\partial t},$$

визначають прискорення руху мембрани $w''(t)$
подвійним диференціюванням сигналу $w(t)$ за
формулою

$$w''(t) = \frac{\partial^2 w(t)}{\partial t^2},$$

- визначають значення вимірюваного тиску $p(t)$ в
момент часу t за формулою

$$p(t) = \frac{w''(t) + 2\beta w'(t) + (\omega^2 + \beta^2)w(t)}{k\omega},$$

де β - коефіцієнт демпфування; ω - частота вла-
сних коливань мембрани; k - сталий коефіцієнт
статичного перетворення для мембрани.

Винахід відноситься до галузі вимірювальної
техніки і може бути використаний при вимірюванні
динамічного тиску в системах, що працюють в ре-
альному часі, наприклад в таких галузях як тепло-
енергетика, енерготранспортування та енергооб-
лік, аерокосмічна промисловість,
двигунобудування, ядерна енергетика, автомобі-
лебудування.

Найбільш близьким є спосіб вимірювання ди-
намічного тиску [Е.М. Федяков, В.К. Колтаков, Е.Е.
Богдатеєв. Измерение переменных давлений. - М.,
Из-во стандартов. 1982. - 216с], котрий полягає у
перетворенні тиску у прогин сприймаючої його
пружної мембрани і вимірюванні її прогину в мо-
мент часу t .

Однак відомий спосіб має низьку точність та
швидкодію, що унеможлиблює його застосування у
високоточних системах з роботою в реальному
масштабі часі (ядерна енергетика, аерокосмічні
системи тощо).

В основу винаходу поставлено задачу ство-
рення такого способу вимірювання динамічного
тиску, які б дозволили підвищити точність та
швидкодію вимірювання в реальному масштабі
часу.

Поставлена задача вирішується тим, що у
способі вимірювання динамічного тиску, який по-
лягає у перетворенні тиску середовища (вхідний
сигнал) у прогин сприймаючої його пружної мем-
брани (тонкої пластини), вимірюванні прогину

(13) C2

(11) 88936

(19) UA

мембрани $w(t)$ в момент часу t (вихідний сигнал), згідно з винаходом:

- визначають швидкість руху мембрани $w'(t)$ диференціюванням вихідного сигналу $w(t)$ за формулою

$$w'(t) = \frac{\partial w(t)}{\partial t}$$

- визначають прискорення руху мембрани $w''(t)$ подвійним диференціюванням вихідного сигналу $w(t)$ за формулою

$$w''(t) = \frac{\partial^2 w(t)}{\partial t^2},$$

та визначають значення вимірюваного тиску $p(t)$ в момент часу t за формулою

$$p(t) = \frac{w''(t) + 2\beta w'(t) + (\omega^2 + \beta^2)w(t)}{k\omega}$$

де β - коефіцієнт демпфування; ω - частота власних коливань мембрани; k - сталий коефіцієнт статичного перетворення для мембрани.

Зважаючи, що процедура вимірювання динамічного тиску здійснюється за принципом відновлення вхідного сигналу обчислювальним методом, а визначення значення вимірюваного тиску $p(t)$ в момент часу t здійснюється практично одночасово з вимірювальною процедурою, тому точність вимірювання та швидкодія способу є високою, отже вимірювання динамічного тиску відбувається в реальному масштабі часу.

Відомо, що результат вимірювання динамічного тиску містить динамічну похибку. При цьому значення такої похибки залежить від характеру вимірюваної величини. Тому проблема підвищення точності вимірювання динамічної величини в першу чергу полягає в усуненні динамічної похибки зі значення вихідного сигналу.

Найбільш близькі способи вимірювання динамічного тиску полягають у тому, що процедуру встановлення значення вимірюваної величини здійснюють або методом корегування вихідного сигналу в залежності від значення динамічної похибки [Грановский В.А. Динамические измерения: Основы метрологического обеспечения. - Л.: Энергоатомиздат, 1984. - 224с.], або опрацюванням вихідного сигналу шляхом застосування методу регуляризації [Василенко Г.И. Теория восстановления сигналов: О редукции к идеальному прибору в физике и технике. - М.: Сов.радио, 1979. с.272]. Ефективність усунення динамічної похибки методом корегування в першу чергу залежить від обсягу апріорної інформації про характер вимірюваного тиску. Але власне у багатьох сучасних системах котрі потребують високоточного вимірювання динамічного тиску (аерокосмічна промисловість, двигунобудування, автомобілебудування, енергетика, енергообліковуючі та енерготранспортуючі системи, наукові дослідження тощо) обсяг такої інформації практично мінімальний. Як правило відоме лише амплітудне значення тиску. Крім цього у згаданих системах вимагається вимірювання тиску в реальному масштабі часу, оскільки результати вимірювання є інформацією для різноманітних швидкодіючих систем автоматично-

го керування та контролю. Проте відомі на сьогодні методи корегування значення динамічної похибки [Грановский В.А. Динамические измерения: Основы метрологического обеспечения. - Л.: Энергоатомиздат, 1984. - 224с.] і спосіб встановлення значення вимірюваної величини шляхом застосування методу регуляризації [Василенко Г.И. Теория восстановления сигналов: О редукции к идеальному прибору в физике и технике. - М.: Сов.радио, 1979. с.272] потребують значних затрат часу на обробку вихідного сигналу вимірювального перетворювача і не дають необхідної точності. Такі обставини унеможливають застосування згаданих способів у високоточних вимірювальних системах, що працюють у реальному масштабі часу.

Як відомо, для вимірювання динамічного тиску $p(t)$ використовують лінійні вимірювальні перетворювачі того чи іншого принципу дії. Найчастіше в таких перетворювачах вимірювальний тиск $p(t)$ сприймається пружною мембраною, котра від його дії зазнає прогину. За вимірювання значення прогину мембрани $w(t)$ отримують значення вимірюваного тиску в момент часу t . Як зазначалося, отримане значення тиску імманентно містить динамічну похибку, усунення якої здійснюють вище згаданими методами.

У лінійних вимірювальних перетворювачів з пружною сприймаючою мембраною її функція перетворення описується інтегралом згортки [М. Тихан. Датчики переменного давления для систем управления с нестационарными термовлияниями. Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза, 1995].

$$w(r, t) = k \cdot \int_0^t e^{-\beta(t-\tau)} p(\tau) \sin(\omega \cdot (t - \tau)) d\tau \quad (1)$$

де, β - коефіцієнт демпфування; ω - частота власних коливань мембрани; k - сталий коефіцієнт статичного перетворення для мембрани.

Диференціюючи (1) двічі по часу отримуємо

$$p(t) = \frac{w''(t) + 2\beta w'(t) + (\omega^2 + \beta^2)w(t)}{k\omega} \quad (2)$$

Формула (2) дозволяє точно вимірювати динамічний тиск в реальному часі. Тобто, в заданий момент часу t :

- перетворюємо тиск середовища у прогин сприймаючої його пружної мембрани і вимірюємо її прогин $w(t)$ - вихідний сигнал;

- визначаємо швидкість руху мембрани $w'(t)$ диференціюванням вихідного сигналу $w(t)$ за формулою

$$w'(t) = \frac{\partial w(t)}{\partial t},$$

- визначаємо прискорення руху мембрани $w''(t)$ подвійним диференціюванням вихідного сигналу $w(t)$ за формулою

$$w''(t) = \frac{\partial^2 w(t)}{\partial t^2},$$

- визначаємо значення вимірюваного тиску $p(t)$ в момент часу t за формулою

$$p(t) = \frac{w''(t) + 2\beta w'(t) + (\omega^2 + \beta^2)w(t)}{k\omega}$$

до β - коефіцієнт демпфування; ω - частота власних коливань мембрани; k - сталий коефіцієнт статичного перетворення для мембрани.

Пропонований спосіб дозволяє підвищити точність та швидкодію вимірювання динамічного тиску в реальному часі і таким чином розширити область його застосування.