



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **77514** (13) **C2**
(51) МПК (2006)
G01P 3/36МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС**
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ**

1

(21) 20041008814
(22) 28.10.2004
(24) 15.12.2006
(46) 15.12.2006, Бюл. № 12, 2006 р.
(72) Подчашинський Юрій Олександрович
(73) ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛО-
ГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(56) UA 55791, 15.04.2003
UA 56722, 15.05.2003
JP 7140844, 02.06.1995
JP 63052066, 05.03.1988
SU 1631437, 28.02.1991
SU 1323961, 15.07.1987
US 5678144, 14.10.1997

2

(57) Пристрій для вимірювання кутової швидкості, який містить насадку, жорстко закріплену на тілі обертання, для якого вимірюється кутова швидкість, і обчислювальний пристрій, який **відрізняється** тим, що насадка виконана у формі кола, площина якого перпендикулярна осі обертання тіла обертання, причому на поверхню насадки нанесена мітка у вигляді відрізка прямої лінії, а як обчислювальний пристрій використаний процесор цифрової обробки відеозображень, що виконує лінійну апроксимацію відеозображення мітки, введено пристрій формування цифрових відеозображень, вхід якого оптично пов'язаний з насадкою, а його вихід підключено до входу процесора цифрової обробки відеозображень.

Винахід належить до галузі вимірювальної техніки і може бути використаний для визначення кутової швидкості різних тіл обертання, в тому числі - для визначення кутової швидкості обертання валів двигунів.

Відомий пристрій для вимірювання кутової швидкості [1]. Як і пристрій-винахід, він містить насадку, жорстко закріплену на тілі обертання, для якого вимірюється кутова швидкість, і обчислювальний пристрій.

Проте, на відміну від пристрою-винаходу, в цьому пристрої для освітлення насадки використовується спеціальний освітлювач (напівпровідниковий лазер). До складу пристрою також входять об'єктив та багатоелементний фотоприймальний пристрій, виконаний у вигляді лінійки світлочутливих елементів. В результаті пристрій для вимірювання кутової швидкості має складну структурну схему.

Насадка у відомому пристрої для вимірювання кутової швидкості виконана у вигляді Архімедової спіралі. Форма насадки описується складною функціональною залежністю, внаслідок чого виникають труднощі при точному виготовленні такої насадки і, відповідно, знижується точність вимірювань.

Сигнали від фотоприймального пристрою містять шуми. Наявність цих шумів обумовлена внутрішніми властивостями будь-якого фотоприймального пристрою, а також може бути обумовлена дією зовнішніх факторів, наприклад, дією завад від працюючого двигуна, що досліджується. В результаті пристрій для вимірювання кутової швидкості має низьку точність вимірювань.

Таким чином, суттєвими недоліками відомого пристрою для вимірювання кутової швидкості є складна структурна схема і низька точність вимірювань.

Також відомий пристрій для вимірювання кутової швидкості [2], що обраний за найближчий аналог. Як і пристрій-винахід, пристрій-прототип містить насадку, жорстко закріплену на тілі обертання, для якого вимірюється кутова швидкість, і обчислювальний пристрій.

Проте, на відміну від пристрою-винаходу, у пристрої-найближчому аналозі для освітлення насадки використовується спеціальний освітлювач (лазер із заданим періодом випромінювання). До складу пристрою також входять об'єктив та багатоелементний фотоприймальний пристрій, виконаний у вигляді матриці світлочутливих елементів.

(13) **C2**
(11) **77514**
(19) **UA**

В результаті пристрій-прототип має складну структурну схему.

Насадка у пристрої-найближчому аналогу виконана у вигляді правильного багатогранника, який відбиває імпульси лазерного випромінювання і має складну форму. Внаслідок цього виникають труднощі при точному виготовленні такої насадки і, відповідно, знижується точність вимірювань.

Сигнали від фотоприймального пристрою містять шуми. Наявність цих шумів обумовлена внутрішніми властивостями будь-якого фотоприймального пристрою, а також може бути обумовлена дією зовнішніх факторів, наприклад дією завад від працюючого двигуна, що досліджується. В результаті пристрій-прототип має низьку точність вимірювань.

Таким чином, суттєвими недоліками пристрою-найближчого аналога є складна структурна схема і низька точність вимірювань.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення пристрою для вимірювання кутової швидкості, щоб забезпечити спрощення структурної схеми пристрою і підвищити точність вимірювань. Поставлена задача вирішується шляхом того, що насадка виконана у формі кола, площина якого перпендикулярна осі обертання тіла обертання, причому на поверхню насадки нанесена мітка у вигляді відрізка прямої лінії, а в якості обчислювального пристрою використаний процесор цифрової обробки відеозображень, що виконує лінійну апроксимацію відеозображення мітки, введено пристрій формування цифрових відеозображень, вхід якого оптично пов'язаний з насадкою, а його вихід підключено до входу процесора цифрової обробки відеозображень.

Спрощення схеми пристрою для вимірювання кутової швидкості забезпечується за рахунок: використання природного або штучного освітлення приміщення для освітлення насадки; використання пристрою формування цифрових відеозображень для отримання відеозображення насадки і мітки.

Підвищення точності вимірювань забезпечується за рахунок використання в якості обчислювального пристрою процесора цифрової обробки відеозображень, який виконує лінійну апроксимацію відеозображення мітки. Найкращий результат з точки зору підвищення точності вимірювань дає лінійна апроксимація відеозображення мітки за методом найменших квадратів. Така апроксимація приводить до зменшення впливу шумів, наявних у вихідному сигналі пристрою формування цифрових відеозображень, на результат вимірювань. Це відбувається завдяки властивостям процедури лінійної апроксимації за методом найменших квадратів [3, с. 351-358, 4, с. 113-117].

Підвищення точності вимірювань також забезпечується за рахунок більш простої форми насадки у пристрої-винаході, отже, можливості більш точного її виготовлення, і, як наслідок, зменшення відповідної складової частини похибки вимірювань.

Суть винаходу пояснюється кресленнями.

Перелік креслень:

- фіг.1 - структурна схема пристрою;
- фіг.2 - переріз А-А фіг.1;

- фіг.3 - схема вимірювань кутових положень мітки, що нанесена на насадку.

Пристрій для вимірювання кутової швидкості (фіг.1) містить насадку 1, жорстко закріплену на тілі 2 обертання (наприклад, на валу двигуна, що досліджується), пристрій 3 формування цифрових відеозображень, а також процесор 4 цифрової обробки відеозображень. Насадка 1 виконана у формі кола, площина якого перпендикулярна осі обертання тіла 2 обертання. На поверхню насадки 1 нанесена мітка 5 у вигляді відрізка прямої лінії (фіг.2). Вхід пристрою 3 формування цифрових відеозображень оптично пов'язаний з насадкою 1. Вихід пристрою 3 формування цифрових відеозображень підключений до входу процесора 4 цифрової обробки відеозображень.

Пристрій для вимірювання кутової швидкості працює таким чином. В результаті обертання тіла 2 обертання мітка 5 на насадці 1 протягом часу змінює кут нахилу від α_1 і до α_2 відносно нерухомої системи координат xOy (фіг.3). Величина зміни кута нахилу $\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ для мітки 5 пропорційна кутовій швидкості обертання тіла 2 обертання. Для отримання оптичного зображення насадки 1 з міткою 5 використовується природне або штучне освітлення приміщення. Оптичне зображення насадки 1 з міткою 5 за допомогою пристрою 3 формування цифрових відеозображень перетворюється в цифрове відеозображення. Таке перетворення відбувається багаторазово в фіксовані моменти часу, які задаються шляхом відповідного настроювання пристрою 3 формування цифрових відеозображень. В результаті на його виході формується послідовність цифрових відеозображень (кадрів), які віддалені один від одного на фіксований інтервал часу T . Ця послідовність надходить в процесор 4 цифрової обробки відеозображень.

В процесорі 4 цифрової обробки відеозображень на основі лінійної апроксимації відеозображень мітки 5 за методом найменших квадратів визначаються поточні значення кута нахилу α_1 і α_2 та величина зміни кута нахилу $\Delta\alpha$ для мітки 5.

Після цього процесором 4 цифрової обробки відеозображень розраховується кутова швидкість тіла (2) обертання за формулою:

$$v = \frac{\Delta\alpha}{k_2 - k_1} \cdot T \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right],$$

де k_2 та k_1 - номери кадрів у послідовності цифрових відеозображень, для яких обчислено кути нахилу α_2 та α_1 відповідно.

З метою перевірки працездатності пристрою для вимірювання кутової швидкості було створено його діючий макет. В макеті використовувалася насадка 1, виконана у формі кола діаметром 240 мм. Поверхня насадки 1 мала білий колір. На поверхні насадки 1 була розташована мітка 5 чорного кольору у вигляді відрізка прямої лінії довжиною 110 мм і товщиною 5 мм. В макеті також використовувалися цифрова відеокамера Sony DCR-TRV940 в якості пристрою 3 формування цифрових відеозображень і електронна обчислювальна машина Pentium 4-1,7 ГГц в якості процесора 4

цифрової обробки відеозображень. Насадка 1 оберталася за допомогою електричного двигуна і редуктора. Діапазон вимірювань кутових швидкостей складав (6,28...78,50) рад/с. Частота кадрів у цифровій відеокамері складала 25 кадрів/с, тобто $T = 0,04$ с. Розмір цифрового відеозображення дорівнював 768x576 дискретних точок. Обчислення кута нахилу мітки 5 на кожному відеозображенні виконувалося на основі координат 180 дискретних точок, що належали мітці 5. Величина зміни кута нахилу між двома сусідніми цифровими відеозображеннями складала: $\Delta\alpha = (14...180)^\circ$.

Максимальна похибка визначення кута нахилу мітки 5 складала $0,05^\circ$. Ця похибка була визначена з урахуванням виконання в процесорі 4 цифрової обробки відеозображень процедури лінійної апроксимації за методом найменших квадратів [4, с. 116]. Максимальна похибка визначення кутової швидкості складала 0,06 рад/с або 1,4%.

Для підвищення точності вимірювань необхідно використовувати більш досконалий пристрій 3 формування цифрових відеозображень, який забезпечує більший розмір (в дискретних точках) цифрового відеозображення. Наприклад, якщо розмір цифрового відеозображення дорівнює 2048x2048 дискретних точок (що є реальним для сучасних технічних засобів), то максимальна похибка визначення кута нахилу мітки 5 буде дорівнювати $0,015^\circ$, а максимальна похибка визначення кутової швидкості - 0,017 рад/с або 0,4%.

За допомогою даного пристрою можливо вимірювання і більш низьких кутових швидкостей. В цьому випадку для визначення кутів нахилу

мітки 5 α_1 та α_2 в процесорі 4 цифрової обробки відеозображень потрібно використовувати кадри з послідовності відеозображень, що віддалені один від одного на більший інтервал часу.

Для обмеженого діапазону вимірювань кутових швидкостей (6,28...78,50) рад/с також можливе використання цифрової відеокамери з черезрядковою розгорткою відеозображення. Але в цьому випадку потрібно враховувати ефекти, що виникають на відеозображеннях об'єктів, що швидко рухаються, внаслідок черезрядкової розгортки.

Для вимірювання більш високих кутових швидкостей необхідно використовувати спеціалізовану цифрову відеокамеру з підвищеною частотою кадрів (декілька тисяч кадрів за секунду) і прогресивною розгорткою відеозображення.

Література:

1. Патент України на винахід № 56722А, G 01 Р 3/36. Пристрій для вимірювання кутової швидкості та прискорення / В.В. Кухарчук, Й.Й. Білінський, М.Й.Білінська. - № 2002086941; Заявл. 23.08.02; Опубл. 15.05.03, Бюл. № 5.

2. Патент України на винахід № 55791 А, G 01 Р 3/36. Пристрій для вимірювання кутової швидкості / В.В. Кухарчук, М.Й.Білінська. - № 2002065111; Заявл. 20.06.02; Опубл. 15.04.03, Бюл. № 4.

3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1999. - 576 с.

4. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник /За редакцією Е.С. Поліщука. - Львів: Бескид Біт, 2003. - 544с.

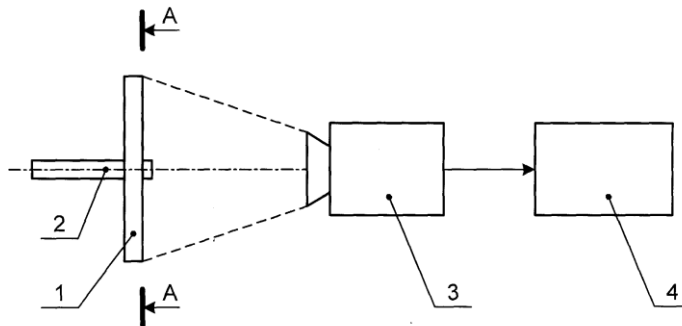


Fig. 1

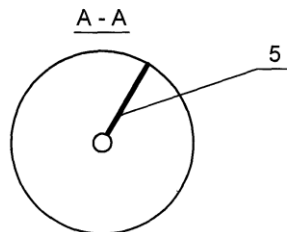
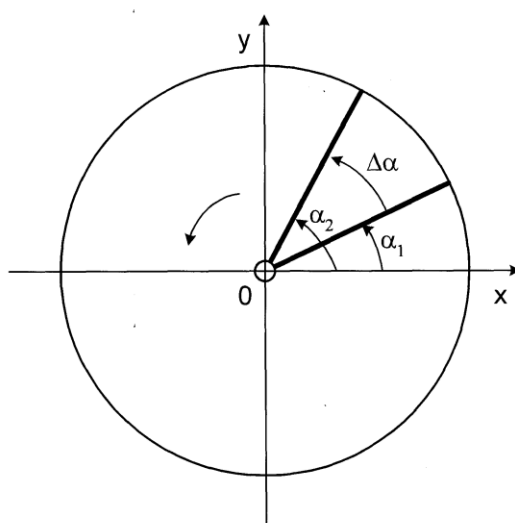


Fig. 2



Фіг. 3