



УКРАЇНА

(19) UA (11) 42988 (13) A

(51) 7 G01M1/10

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

### ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

#### (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ МЕХАНІЗМУ

(21) 2000105964

(22) 23.10.2000

(24) 15.11.2001

(33) UA

(46) 15.11.2001, Бюл. № 10, 2001 р.

(72) Кучерук Володимир Юрійович, Кухарчук Василь Васильович, Кулаков Павел Ігоревич, Поджаренко Андрій Володимирович

(73) ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA

(57) Спосіб визначення приведенного моменту інерції механізму, який включає розгін механізму і перевід його в стан самогальмування з почерговою установкою на вихідний вал механізму двох зразкових моментів інерції, ідентичних за формою і відмінних по щільності матеріалу, з наступною реєстрацією інформативних параметрів і обчисленням приведенного моменту інерції, який відрізня-

ється тим, що як інформативні параметри реєструють кутову швидкість у функції часу, а приведенний момент інерції механізму обчислюють по формулі

$$J = \frac{J_2 \cdot \ln \frac{\omega_{r2}(t)}{\omega_{ном}} - J_1 \cdot \ln \frac{\omega_{r1}(t)}{\omega_{ном}}}{\ln \frac{\omega_{r1}(t)}{\omega_{r2}(t)}}$$

де  $J_1$ ,  $J_2$  - значення моментів інерції відповідно першого і другого зразкових моментів інерції;  $\omega_{ном}$  - номінальна кутова швидкість вихідного вала механізму;  $\omega_{r1}(t)$ ,  $\omega_{r2}(t)$  - кутові швидкості у функції часу  $t$  в дослідах самогальмування механізму відповідно з першим і другим зразками моменту інерції.

Винахід відноситься до вимірювальної техніки і може бути використаний у заводських і науково-дослідних лабораторіях для визначення приведенного моменту інерції обертового вала механізму.

Відомий спосіб визначення приведенного моменту інерції механізму, який полягає в тому, що механізм приводять в обертання, вимірюють величини рушійного моменту, швидкості і прискорення, потім механізм гальмують і вимірюють величину гальмового моменту інерції при тих же значеннях швидкості і прискорення, а величину приведенного моменту інерції механізму обчислюють як частка від ділення півсуми рушійного й гальмового моментів на величину прискорення (Ас. СРСР № 311158, МКИ G01M1/10, заявл. 14.02.1969, опубл. 09.08.1971, Бюл. № 24).

Недоліком аналога є низька точність визначення приведенного моменту інерції механізму.

Низька точність визначення приведенного моменту інерції механізму за зазначеним аналогом зумовлена тим, що похибки виміру рушійного й гальмового моментів є великими в порівнянні з похибками виміру інших інформативних параметрів за рахунок великої похибки датчика моменту. Крім того, за умовою реалізації способу рушійний і гальмовий моменти необхідно вимірювати при деяких фіксованих значеннях кутових швидкості й

прискорення, що накладає додаткову похибку визначення цих фіксованих значень.

За прототип обраний спосіб визначення приведенного моменту інерції (Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю., Гоменюк А.С. Новий спосіб вимірювання моменту інерції електричних машин // Науково-технічний збірник "Автоматизація технологічних процесів та промислова екологія". - Вип. 1. - 1997. - С. 23-27). Сутність способу полягає в тому, що на вихідний вал механізму по черзі встановлюють два зразкових моменти інерції, ідентичних за формою і різних по щільності матеріалу, із якого вони виготовлені, механізм розганяють і переводять у стан самогальмування, при цьому реєструють кутове прискорення у функції кутової швидкості, а приведенний момент інерції обчислюють по формулі

$$J = \frac{J_2 \varepsilon_2(\omega) - J_1 \varepsilon_1(\omega)}{\varepsilon_1(\omega) - \varepsilon_2(\omega)},$$

де  $J_1$ ,  $J_2$  - значення моментів інерції відповідно першого і другого зразкових моментів інерції;  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  - кутові прискорення в дослідах самогальмування механізму відповідно з першим і другим зразковими моментами інерції, значення яких беруть при тому самому значенні кутової швидкості вала механізму  $\omega$ .

(19) UA (11) 42988 (13) A

Недоліком є низька точність визначення приведенного моменту інерції механізму.

Низька точність визначення приведенного моменту інерції механізму за зазначеним прототипом зумовлена тим, що у формулу для визначення приведенного моменту інерції входять кутові прискорення, які визначаються з великою похибкою, як для аналогових, так і для цифрових акселерометрів за рахунок аналогового чи цифрового диференціювання експериментальних даних із виходу датчика кутової швидкості.

В основу винаходу поставлено задачу розробки способу визначення приведенного моменту інерції механізму, в якому введення нових операцій дозволяє визначати приведенний момент інерції механізму без використання значень кутового прискорення у функції кутової швидкості обертання.

При цьому досягаються споживчі властивості, що полягають у підвищенні точності визначення приведенного моменту інерції механізму шляхом виключення похибки від операції диференціювання кутової швидкості обертання.

Точність визначення приведенного моменту інерції підвищується за рахунок виключення з процедури обробки результатів операцій диференціювання і згладжування значень кутової швидкості.

Сутність винаходу полягає в тому, що у відомому способі визначення приведенного моменту інерції механізму на його вихідний вал по черзі встановлюють два зразкових моменти інерції, ідентичних за формою і різних по щільності матеріалу, із якого вони виготовлені, механізм розганяють і переводять у стан самогальмування, при цьому реєструють кутову швидкість у функції часу, потім приведенний момент інерції обчислюють по формулі

$$J = \frac{J_2 \cdot \ln \frac{\omega_{r2}(t)}{\omega_{ном}} - J_1 \cdot \ln \frac{\omega_{r1}(t)}{\omega_{ном}}}{\ln \frac{\omega_{r1}(t)}{\omega_{r2}(t)}},$$

де  $J_1$ ,  $J_2$  - значення моментів інерції відповідно першого і другого зразкових моментів інерції;  $\omega_{ном}$  - номінальна кутова швидкість вихідного вала механізму;  $\omega_{r1}(t)$ ,  $\omega_{r2}(t)$  - кутові швидкості у функції часу  $t$  в досліді самогальмування механізму відповідно з першим і другим зразковими моментами інерції.

На кресленні (фіг.) представлена структурна схема пристрою для реалізації пропонованого способу, яка містить випробуваний механізм 1, вихідний вал якого через муфту спряження 2 послідовно з'єднаний із блоком зразкових моментів інерції 3 і датчиком кутової швидкості 4, вимірювально-керуючу систему 5, що включає в себе мікро-ЕОМ 6, пусковий пристрій 7, блок виміру кутової швидкості 8, системну шину 9, підключену з однієї сторони до мікро-ЕОМ 6, а з іншої сторони до входу пускового пристрою 7, керуючим виходам і входам блоку виміру кутової швидкості 8, вихід пускового пристрою 7 з'єднаний із входом керування випробуваного механізму, вихід датчика кутової швидкості з'єднаний з вимірювальним входом блоку виміру кутової швидкості 8.

Визначення початку і кінця вимірів здійснюється програмно мікро-ЕОМ 6.

У даному пристрої з метою мінімізації апаратних засобів вимір часу здійснюється програмно.

Спосіб здійснюється таким чином.

На вихідний кінець вала випробуваного механізму 1 за допомогою блоку зразкових моментів інерції 3 встановлюють перший зразковий момент інерції  $J_1$ , виконаний у виді тіла обертання, наприклад, диску чи циліндру. Як матеріал для виготовлення першого зразку беруть, наприклад, сплави алюмінію. Значення моменту інерції  $J_1$  обчислюють за його геометричними і ваговими параметрами.

Механізм 1 із першим зразковим моментом інерції  $J_1$  розганяють до номінальної кутової швидкості  $\omega_{ном}$ , знімають рушійний момент і в процесі самогальмування механізму реєструють кутову швидкість вихідного вала  $\omega_{r1}(t)$  за допомогою датчика кутової швидкості 4. Самогальмування механізму відбувається під дією моменту механічних втрат. Інтервал частот обертання в процесі самогальмування механізму 1 обмежується, наприклад, до одного обороту з міркування достатності одержання необхідної кількості інформації для подальших розрахунків моменту інерції. Поза цим інтервалом, із метою підвищення швидкодії може бути застосоване інтенсивне гальмування механізму 1, наприклад, методом противключення.

По закінченні гальмування знімають перший зразковий момент інерції  $J_1$  і так само встановлюють другий зразковий момент інерції  $J_2$ . Другий зразковий момент інерції має такі ж геометричні розміри, як і перший зразок, але матеріал для його виготовлення обраний інший, наприклад, сплави заліза з вуглецем.

З механізмом 1, з'єднаним із другим зразковим моментом інерції  $J_2$ , проводять такий самий процес розгону і самогальмування і так само реєструють кутову швидкість  $\omega_{r2}(t)$  за допомогою датчика кутової швидкості 4, як і у випадку з першим зразковим моментом інерції  $J_1$ .

Так як перший і другий зразкові моменти інерції мають ідентичні форми, то вони разом з механізмом при тій самій за значенням кутовій швидкості створюють рівні за величиною моменти вентиляційних втрат і, таким чином, у першому і другому досліді самогальмування механізм 1 гальмується ідентичними динамічними моментами механічних втрат.

Відомо, що в режимі самогальмування кутова швидкість змінюється за експонентним законом (див.: Бондаренко Г.Д. Повышение точности определения параметров неуравновешенности роторов при балансировке на выбеге // Автоматизация і сучасні технології. – М., 1995. - № 6. - С. 15-19). Рівняння руху механізму відповідно з першим і другим зразковими моментами інерції в процесах самогальмування мають вид

$$\omega_{r1}(t) = \omega_{ном} \cdot e^{\frac{at}{J+J_1}}, \quad (1)$$

$$\omega_{r2}(t) = \omega_{ном} \cdot e^{\frac{at}{J+J_2}}, \quad (2)$$

де  $J$  - приведений момент інерції механізму, а - тангенс кута нахилу усередненої характеристики моменту механічних втрат.

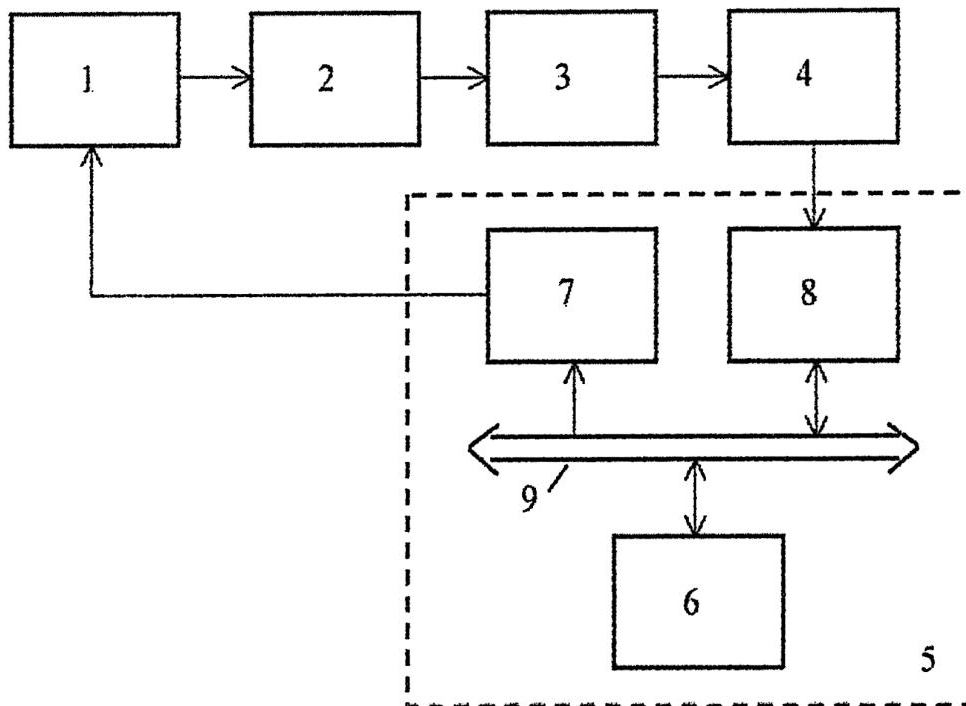
Після логарифмування рівнянь (1) і (2)

$$at = (J + J_1) \cdot \ln \frac{\omega_{r1}(t)}{\omega_{НОМ}}, \quad (3)$$

$$at = (J + J_2) \cdot \ln \frac{\omega_{r2}(t)}{\omega_{НОМ}}, \quad (4)$$

і виключення складової  $a$  з рівнянь (3) і (4), маємо остаточне рівняння для визначення приведенного моменту інерції механізму

$$J = \frac{J_2 \cdot \ln \frac{\omega_{r2}(t)}{\omega_{НОМ}} - J_1 \cdot \ln \frac{\omega_{r1}(t)}{\omega_{НОМ}}}{\ln \frac{\omega_{r1}(t)}{\omega_{r2}(t)}}. \quad (5)$$



Фіг.

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2002 р. Формат 60x84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22