



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40873 (13) U
(51) МПК (2009)
G01B 11/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ НОРМУВАННЯ ПОХИБОК КУТОВИХ ПОЛОЖЕНЬ КРОКОВИХ ДВИГУНІВ

1

2

(21) u200814053

(22) 05.12.2008

(24) 27.04.2009

(46) 27.04.2009, Бюл.№ 8, 2009 р.

(72) КУХАРЧУК ВАСИЛЬ ВАСИЛЬОВИЧ, UA,
УСОВ ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ, UA

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ, UA

(57) Пристрій для нормування похибок куткових положень крокових двигунів, що містить корпус, на якому закріплений досліджуваний кроковий двигун, мікропроцесорний контролер, що містить таймер-лічильник, перші одинадцять виходів якого підключені до одинадцятирозрядної вихідної шини, блок керування, виходи якого підключені до чотирирозрядної вихідної шини, що з'єднана з обмотками досліджуваного крокового двигуна, через одинадцятирозрядну вихідну шину блок керування підключений до мікропроцесорного контролера, фотоелектричний сенсор кута повороту, перший вихід якого з'єднаний з першим входом мікропроцесорного контролера, D-тригер, перший вхід якого підключений до другого виходу фотоелектричного сенсора кута повороту, а другий вхід з'єднаний з третім входом фотоелектричного сен-

сора кута повороту, муфту спряження, яка з'єднує вали досліджуваного крокового двигуна та фотоелектричного сенсора кута повороту, який **відрізняється** тим, що в нього введені перший логічний елемент I, перший вхід якого підключений до другого входу фотоелектричного сенсора кута повороту, а другий вхід з'єднаний з першим виходом D-тригера, другий логічний елемент I, перший вхід якого підключений до другого входу фотоелектричного сенсора кута повороту, а другий вхід з'єднаний з другим виходом D-тригера, реверсивний двійковий лічильник, перший вхід якого підключений до третього входу мікропроцесорного контролера, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого логічного елемента I, а третій вхід підключений до виходу другого логічного елемента I, восьмирозрядну вихідну шину, що з'єднана з виходами реверсивного двійкового лічильника та підключена до других восьми входів мікропроцесорного контролера, послідовний інтерфейс, вихід якого з'єднаний з третім входом мікропроцесорного контролера, а вхід підключений до другого виходу мікропроцесорного контролера, системний канал, персональний комп'ютер, що з'єднаний з послідовним інтерфейсом через системний канал.

Корисна модель відноситься до області виміральної техніки і може бути використана для вимірювання куткових положень ротора крокового двигуна та нормування похибок позиціонування.

Відомий пристрій для нормування похибки позиціонування валів крокових двигунів [Патент №15258А (Україна), М.кл. G01B11/26, бюл. №3, 1997], що містить корпус з посадочним гніздом для досліджуваного крокового двигуна, який підключений до персональної ЕОМ через вхідний інтерфейс, перший автоколіматор, встановлений нерухомо на корпусі, так що його вісь знаходиться в одній площині з віссю досліджуваного крокового двигуна і перпендикулярна їй, другий автоколіматор з гніздом для вала досліджуваного крокового двигуна, що розташований в площині маховика та електродвигуна, вісі яких співпадають з віссю вала досліджуваного крокового двигуна, два кутові від-

бивачі, які встановлені на внутрішній та зовнішній циліндричних поверхнях маховика, вісі яких розташовані в одній площині з осями автоколіматорів, два фотоприймачі автоколіматорів, з'єднані з персональною ЕОМ через вхідний інтерфейс.

Основним недоліком описаного пристрою є неврахування напрямку обертання вала досліджуваного крокового двигуна при переході від одного куткового положення до наступного, що значно зменшує точність вимірювання. Також недоліком є отримання сигналу вимірювальної інформації за час, що значно перевищує тривалість перехідного процесу коливання вала досліджуваного крокового двигуна, що призводить до зменшення швидкодії вимірювання. Наявність електродвигуна та маховика збільшує момент інерції обертючих елементів пристрою, що зменшує чутливість і швидкодію системи в цілому.

(13) U

(11) 40873

(19) UA

Найбільш близьким по технічній суті до корисної моделі, що заявляється, є пристрій для нормування похибки кута повороту крокового двигуна [Патент №19455 (Україна), МПК(2006) G01B11/26, Заявл. 26.06.2006, Опубл. 15.12.2006, Бюл. №12, 2006], що містить корпус з посадочним гніздом для досліджуваного крокового двигуна, мікропроцесорний контролер, перші одинадцять виходів якого підключені до одинадцятирозрядної вихідної шини, а другі десять виходів з'єднані з десятирозрядною вихідною шиною, який містить таймер-лічильник та енергозалежну пам'ять, блок керування, виходи якого підключені до вихідної чотирирозрядної шини, яка з'єднана з обмотками досліджуваного крокового двигуна, через одинадцятирозрядну вихідну шину блок керування підключений до мікропроцесорного контролера, фотоелектричний сенсор кута повороту, перший і третій виходи якого з'єднані з другим і першим входами мікропроцесорного контролера, D-тригер, перший і другий виходи якого підключені до другого і першого виходів фотоелектричного сенсора, а вихід з'єднаний з третім входом мікропроцесорного контролера, блок індикації, який через десятирозрядну вихідну шину підключений до мікропроцесорного контролера, редуктор, що містить першу і другу шестерні, перша шестерня якого закріплена на валу досліджуваного крокового двигуна, муфту спряження, яка закріплена на валу другої шестерні прецизійного редуктора і валу фотоелектричного сенсора.

Головним недоліком описаного пристрою є програмний підрахунок імпульсів з виходу фотоелектричного сенсора кута повороту, що призводить до їх пропуску і зниження точності вимірювання, при одночасному керуванні досліджуванним кроковим двигуном. Крім того, блок індикації має обмежені функції, що не дозволяють представити результати оцінювання похибок кутових положень різними способами. Також наявність люфтів в редукторі призводить до появи додаткових похибок.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для нормування похибок кутових положень крокових двигунів, в якому, за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними, з'являється можливість уникнути пропуску імпульсів з виходу фотоелектричного сенсора кута повороту, шляхом апаратного їх підрахунку та використання персонального комп'ютера для обробки та представлення результатів оцінювання похибок кутових положень. Крім того, зменшуються люфти в з'єднанні крокового двигуна і фотоелектричного сенсора кута повороту, за рахунок безпосереднього їх підключення за допомогою муфти спряження без редуктора. Це дозволяє підвищити точність вимірювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для нормування похибок кутових положень крокових двигунів, який містить корпус, на якому закріплений досліджуваний кроковий двигун, мікропроцесорний контролер, що містить таймер-лічильник, перші одинадцять виходів якого підключені до одинадцятирозрядної вихідної шини, блок керування, виходи якого підключені до чотирирозрядної вихідної шини, що з'єднана з обмотками досліджуваного крокового двигуна, через оди-

надцятирозрядну вихідну шину блок керування підключений до мікропроцесорного контролера, фотоелектричний сенсор кута повороту, перший вихід якого з'єднаний з першим входом мікропроцесорного контролера, D-тригер, перший вхід якого підключений до другого виходу фотоелектричного сенсора кута повороту, а другий вхід з'єднаний з третім входом фотоелектричного сенсора кута повороту, муфту спряження, яка з'єднує вали досліджуваного крокового двигуна та фотоелектричного сенсора кута повороту, введено перший логічний елемент I, перший вхід якого підключений до другого входу фотоелектричного сенсора кута повороту, а другий вхід з'єднаний з першим виходом D-тригера, другий логічний елемент I, перший вхід якого підключений до другого входу фотоелектричного сенсора кута повороту, а другий вхід з'єднаний з другим виходом D-тригера, реверсивний двійковий лічильник, перший вхід якого підключений до третього входу мікропроцесорного контролера, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого логічного елемента I, а третій вхід підключений до виходу другого логічного елемента I, восьмирозрядну вихідну шину, що з'єднана з виходами реверсивного двійкового лічильника та підключена до других восьми входів мікропроцесорного контролера, послідовний інтерфейс, вихід якого з'єднаний з третім входом мікропроцесорного контролера, а вхід підключений до другого виходу мікропроцесорного контролера, системний канал, персональний комп'ютер, що з'єднаний з послідовним інтерфейсом через системний канал.

На Фіг.1 подана структурна схема пристрою для нормування похибок кутових положень крокових двигунів, на Фіг.2 представлено етапи роботи пристрою для нормування похибок кутових положень крокових двигунів.

Пристрій містить: 1 - досліджуваний кроковий двигун, 2 - муфта спряження, 3 - фотоелектричний сенсор кута повороту, 4 - D-тригер, 5 - перший логічний елемент I, 6 - другий логічний елемент I, 7 - реверсивний двійковий лічильник, 8 - восьмирозрядна вихідна шина, 9 - мікропроцесорний контролер, 10 - послідовний інтерфейс, 11 - системний канал, 12 - персональний комп'ютер, 13 - одинадцятирозрядна вихідна шина, 14 - блок керування, 15 - чотирирозрядна вихідна шина, 16 - корпус. При цьому перші одинадцять виходів мікропроцесорного контролера 9 з'єднані з одинадцятирозрядною вихідною шиною 13, що підключена до блоку керування 14, виходи якого з'єднані з чотирирозрядною вихідною шиною 15, що підключена до обмоток досліджуваного крокового двигуна 1, який закріплений на корпусі 16, а другий вихід мікропроцесорного контролера 9 з'єднаний з входом послідовного інтерфейсу 10. Перший вихід фотоелектричного сенсора кута повороту 3, що закріплений на корпусі 16 та підключений до вала досліджуваного крокового двигуна 1 через муфту спряження 2, з'єднаний з першим входом мікропроцесорного контролера 9, другий вихід підключений до першого входу D-тригера 4, до першого входу першого логічних елементів I 5 і до першого входу другого логічних елементів I 6, третій вихід фотоелектричного сенсора кута повороту 3 з'єднаний з

другим входом D-тригера 4, перший вихід якого підключений до другого входу першого логічного елемента І 5, вихід якого з'єднаний з другим входом реверсивного лічильника 7, а другий вихід підключений до другого входу другого логічного елемента І 6, вихід якого з'єднаний з третім входом реверсивного лічильника 7, перший вхід якого підключений до третього входу мікропроцесорного контролера 9, і з'єднаний з восьмирозрядною вихідною шиною 8, яка підключена до других восьми входів мікропроцесорного контролера 9. Персональний комп'ютер 12 через системний канал 11 з'єднаний з послідовним інтерфейсом 10, вихід якого підключений до третього входу мікропроцесорного контролера 9.

Пристрій працює наступним чином. Після подачі напруги живлення в персональному комп'ютері 12 здійснюється розрахунок часу перехідного процесу досліджуваного крокового двигуна 1, що закріплений на корпусі 16, у відповідності до його параметрів, і через послідовний інтерфейс 10 на третій вхід мікропроцесорного контролера 9 подається сигнал запуску в режим очікування референтної мітки, по якому здійснюється настройка та запуск його таймера-лічильника. Після чого мікропроцесорний контролер 9 формує на своїх перших одинадцяти виходах сигнали настройки і синхронізації блоку керування 14, що надходять через одинадцятирозрядна вихідну шину 13, який відповідно формує на своїй чотирирозрядній вихідній шині 15 сигнали керування досліджуванним кроковим двигуном 1, що закріплений на корпусі 16, в покеровому режимі роботи, обертання вала якого призводить до обертання муфти спряження 2, яка передає обертальний момент, створений досліджуванним кроковим двигуном 1, на вал фотоелектричного сенсора кута повороту 3, на другому виході якого формуються імпульси прямокутної форми і надходять на перші входи D-тригера 4 і логічних елементів І 5 та 6, а на його третьому виході формуються імпульси прямокутної форми і надходять на другий вхід D-тригера 4. При цьому сигнал на другому виході фотоелектричного сенсора кута повороту 3 відстає від сигналу першого виходу на $\pm \pi/2$ (знак + чи - залежить від напрямку обертання вала досліджуваного крокового двигуна 1). Тоді на першому (прямому) та другому (інверсному) виходах D-тригера 4 формуються сигнали логічного нуля або одиниці в залежності від знаку кута відставання другого виходу фотоелектричного сенсора кута повороту 3 відносно першого, за рахунок чого досягається визначення напрямку обертання вала досліджуваного крокового двигуна 1 в даний момент часу.

У випадку, коли на першому виході D-тригера 4 з'являється сигнал логічної одиниці, тоді перший логічний елемент І 5 відкривається і прямокутні імпульси, які надходять на його перший вхід з другого входу фотоелектричного сенсора кута повороту 3, з'являються на його виході та відповідно на другому вході реверсивного лічильника 7, який їх підраховує в режимі інкрементування.

У випадку, коли на першому виході D-тригера 4 формується сигнал логічної нуля, тоді перший логічний елемент І 5 закривається. Одночасно з

чим, на другому виході D-тригера 4 формується сигнал логічної одиниці, що відкриває другий логічний елемент І 6, і прямокутні імпульси з другого виходу фотоелектричного сенсора кута повороту 3 надходять на третій вхід реверсивного лічильника 7, який їх підраховує в режимі декрементування. Процес підрахунку продовжується до повної зупинки досліджуваного крокового двигуна 1, що закріплений на корпусі 16.

Коли на першому виході фотоелектричного сенсора кута повороту 3 сформується короткий сигнал логічної одиниці, мікропроцесорний контролер 9 перейде з режиму очікування в режим вимірювання. Тоді після переповнення вмісту таймера-лічильника мікропроцесорного контролера 9, тобто після закінчення часу перехідного процесу досліджуваного крокового двигуна 1, відбувається зчитування, через восьмирозрядну вихідну шину 8, вмісту N_i , реверсивного лічильника 7 і запис його в оперативну пам'ять мікропроцесорного контролера 9, після чого вміст реверсивного лічильника 7 очищається. Процес повторюється до того моменту, поки на першому виході фотоелектричного сенсора 3 повторно не з'явиться короткий сигнал логічної одиниці. Після чого, відбувається зупинка таймера-лічильника мікропроцесорного контролера 9, збережені значення N_i , передаються на персональний комп'ютер 12 через послідовний інтерфейс 10 та системний канал 11, а пристрій переходить в режим нормування похибок.

Для кожного значення N_i , розраховується вимірне значення кута повороту за формулою:

$$\theta_i = \frac{360^\circ \cdot N_i}{Z}, \quad (1)$$

де θ_i - значення кута повороту вала досліджуваного крокового двигуна 1,

N_i - кількість імпульсів для одного кутового положення,

Z - кількість міток фотоелектричного сенсора кута повороту 3.

В кожному кутовому положенні ротора θ_i оцінюється абсолютна похибка відпрацювання кутового положення досліджуваного крокового двигуна 1:

$$\Delta_i = \theta_i - \theta_\partial, \quad (2)$$

де θ_∂ - дійсне значення кута повороту досліджуваного крокового двигуна 1 (задається з паспортних даних).

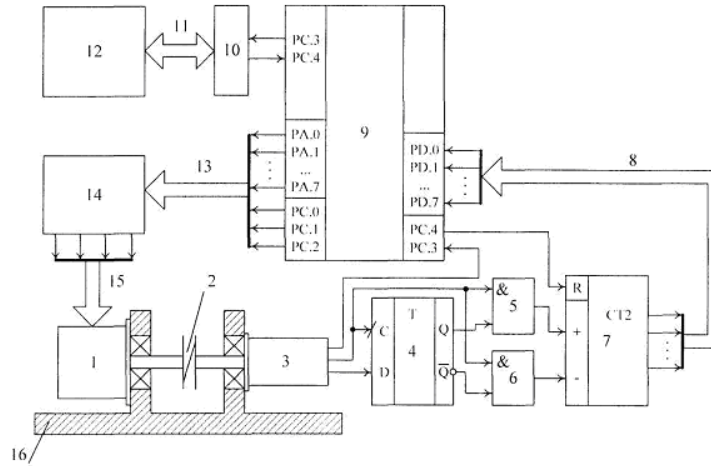
Відносна похибка відпрацювання кута повороту досліджуваного крокового двигуна 1:

$$\delta_i = \frac{\Delta_i}{\theta_\partial} \cdot 100\% = \frac{\theta_i - \theta_\partial}{\theta_\partial} \cdot 100\%. \quad (3)$$

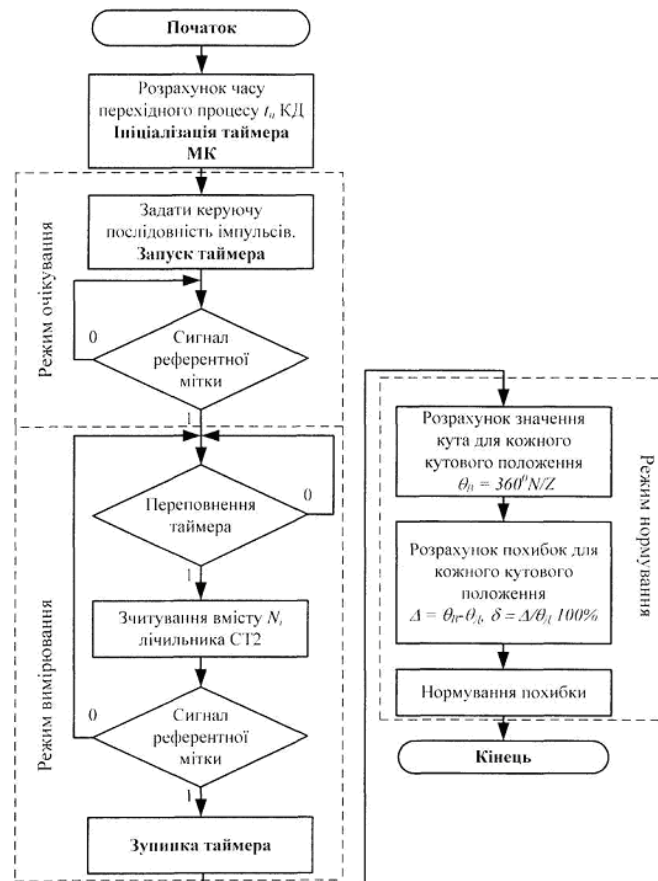
Серед знайдених значень δ_i знаходиться максимальне δ_{\max} , і з ряду нормованих значень похибок $[1,0;1,5;2,0;2,5;3,0;4,0;5,0;6,0] \cdot 10^n$ ($n = \dots -2, -1, 0, 1, 2, \dots$) вибирається найближче $\delta_{\text{норм}}$, і встановлюється клас точності відпрацювання кутових положень досліджуваного крокового двигуна 1.

Після проведених розрахунків та встановлення класу точності відпрацювання кутових положень досліджуваного крокового двигуна 1 значення $\delta_{\text{норм}}$, виміряні значення θ_i , абсолютні Δ_i та

відносні δ_i похибки для кожного кутового положення представляються в персональному комп'ютері 12.



Фіг. 1



Фіг. 2