



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **74979** (13) **C2**
(51) **МПК (2006)**
H02K 41/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ КЕРУВАННЯ ХВИЛЬОВИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ

1

(21) 20040907514
(22) 14.09.2004
(24) 15.02.2006
(46) 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006 р.
(72) Марков Олександр Михайлович
(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-
ЛЬНІСТЮ ФІРМА "ТЕТРА, LTD"
(56) SU 881946, 15.11.1981
SU 909769, 28.02.1982
SU 1387129, 23.04.1985
(57) 1. Спосіб керування хвильовим електродвигу-
ном, який передбачає збудження хвилі магнітного
поля, що переміщується уздовж поверхні статора
при послідовному перемиканні обмоток електро-
магнітів статора, і що діє на гнучкий магніточутли-
вий елемент ротора, забезпечуючи передачу зу-
силля за допомогою силового механічного
елемента на вихідний вал, який **відрізняється**
тим, що послідовно забезпечують живлення імпу-

2

льсами струму прямокутної форми від керованого
комутатора обмоток електромагнітів статора, які
встановлені на протилежних його сторонах, при
якому виникає притягнення двох протилежних ді-
лянок гнучкого магніточутливого елемента ротора
без проковзування до поверхні статора, після чого
вмикаються обмотки електромагнітів, що суміжні
відносно напрямку обертання до раніше увімкну-
тих, і відключаються обмотки електромагнітів, су-
міжні відносно напрямку, протилежного обертан-
ню, при якому відбувається поворот вала за
рахунок переміщення у тангенціальному напрямку
ділянок магніточутливого елемента шляхом їх вза-
ємодії з механічним силовим елементом ротора.
2. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що імпу-
льси струму є однополярними.
3. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що імпу-
льси струму є двополярними.

Винахід відноситься до електромашинобуду-
вання, а саме до способів керування хвильовими
електродвигунами, які здійснюють обертання ро-
тора під дією магнітного поля, утвореного обмот-
ками статора.

Відомий спосіб керування хвильовим електро-
двигуном, який включає притягнення до
внутрішньої поверхні статора ділянки гнучкого
магніточутливого елемента за допомогою хвилі
магнітного поля, що переміщується уздовж
внутрішньої поверхні статора, і яка утворена
секцією обмотки статора, підживленої струмом,
при цьому інша частина магніточутливого елемен-
ту, яка розташована напроти невідживлених стру-
мом секцій обмотки статора, зчеплена із
зовнішньою поверхнею ротора [1].

Однак недоліком цього способу є низькі
енергетичні показники, обумовлені низькими зна-
ченнями тягових зусиль, що розвиваються.

Відомий спосіб керування хвильовим електро-
двигуном, що складається з притягнення до
внутрішньої поверхні верхньої частини статора
ділянки гнучкого магніточутливого елемента за
допомогою хвилі магнітного поля, яка

переміщується уздовж внутрішньої поверхні
верхньої частини статора, і яка утворена секцією
обмотки статора, підживленої струмом, при цьому
розташована напроти неї секція обмотки нижньої
частини статора вимкнена, а інші секції обмотки
нижньої частини статора підживлені струмом, що
забезпечує притягнення і зчеплення розташованої
напроти них частини магніточутливого елемента
до зовнішньої поверхні внутрішньої частини стато-
ра [2].

Однак для реалізації цього способу керування
необхідно використовувати і живити струмом
обидві частини обмотки статора, які охоплюють
гнучкий магніточутливий елемент та ротор-бігун.
Внаслідок цього при такому способі керування
ротор-бігун повинен бути тонким, що обмежує
функціональні можливості і тягові характеристики
хвильового електродвигуна.

Найбільш близьким по технічній суті до пропо-
нованого винаходу є спосіб керування хвильовим
електродвигуном, що складається з подачі елек-
троживлення через контакти на зовнішню та
внутрішню групи електромагнітів статора, які за-
безпечують деформацію розташованого між ними

(13) **C2**

(11) **74979**

(19) **UA**

гнучкого магніточутливого елементу, при цьому струми однієї пари зовнішньої групи електромагнітів зсунуті уздовж поверхні статора на 90° відносно пари внутрішньої групи електромагнітів [3]. Електромагніти, здійснюючи притягнення магніточутливого елементу, переміщують початкову область деформації, що забезпечує обертання водила з роликами, розташованими всередині магніточутливого елементу.

Однак недоліком відомого способу керування хвильовим електродвигуном є невисокі тягові характеристики і конструктивна складність електродвигуна, що необхідна для реалізації цього способу.

Задачею винаходу є підвищення тягових характеристик і спрощення конструкції хвильового електродвигуна.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі керування хвильовим електродвигуном, що передбачає збудження хвилі магнітного поля, яка переміщується уздовж поверхні статора при послідовному перемиканні обмоток електромагнітів статора і яка діє на гнучкий магніточутливий елемент ротора, який забезпечує передачу зусилля за допомогою механічного силового елементу на вихідний вал, відповідно до пропонованого винаходу, послідовно здійснюється живлення імпульсами струму прямокутної форми від керованого комутатора обмоток електромагнітів статора, які розташовані на протилежних його сторонах, при якому відбувається притягнення двох протилежних ділянок гнучкого магніточутливого елементу ротора без проковзування до поверхні статора, після чого вмикаються обмотки електромагнітів, які суміжні відносно напрямку обертання до раніше ввімкнутим, і вимикаються обмотки електромагнітів, які суміжні відносно напрямку, протилежного обертанню, при якому здійснюється поворот вала за рахунок переміщення у тангенціальному напрямку ділянок магніточутливого елемента шляхом взаємодії їх із механічним силовим елементом ротора.

Крім того, імпульс струму має одну полярність.

Крім того, імпульс струму складається з двох прямокутників різної полярності.

У хвильовому електродвигуні, що пропонується, реалізується спосіб керування, при якому використовується принцип "вірвовочного двигуна" [4]. Відповідно принципу дії цього двигуна при навантаженні у центральній частині розтягнутої вірвовки поперечною силою P утворюється провисання у поперечному напрямку і виникає поздовжня сила тяги T , величина якої залежить від кута нахилу α вірвовки (фіг. 1):

$$T = \frac{P}{2 \sin \alpha}$$

При малих кутах нахилу сила тяги T може значно перевищувати поперечну силу P . В даному випадку вірвовкою слугує частина гнучкого магніточутливого елемента; фіксована точка a (див. фіг.1) реалізує притягнену частину гнучкого магніточутливого елемента без проковзування до поверхні статора при живленні імпульсами струму обмотки електромагніта; поперечна сила P , яка прикладена у точці b , виникає при вмиканні обмот-

ки електромагніта, суміжного відносно напрямку обертання до раніше ввімкненого (див. фіг.1). Ця сила утворює "провисання" частини магніточутливого елемента. Під дією поперечної сили P здійснюється переміщення у тангенціальному напрямку ділянки магніточутливого елемента із точки c в точку d під дією поздовжньої сили тяги T , що призводить до повороту вала при зачепленні з механічним силовим елементом ротора.

Реалізувати пропонований спосіб керування хвильового електродвигуна можна ефективно за допомогою живлення обмоток електромагнітів прямокутними імпульсами струму від керованого електронного комутатора. Прямокутні імпульси струму, що перемежаються паузами, забезпечують ефективне притягнення частини магніточутливого елемента до поверхні статора, а також відпускання. Керований електронний комутатор забезпечує практично любую частоту проходження та "скважність" імпульсів, за рахунок чого забезпечуються потрібні регульовальні характеристики електродвигуна.

Комутатор може формувати імпульси струму однієї або двох полярностей. В першому варіанті забезпечуються менші втрати у феромагнітних елементах електродвигуна за рахунок зниження втрат на гістерезис. У другому варіанті відбувається більш глибока модуляція індукції магнітного поля, що дозволяє підвищити силові характеристики електродвигуна.

На фіг.1 представлена умовна схема, яка пояснює взаємозв'язок поздовжніх та поперечних сил "вірвовочного двигуна";

На фіг.2 - принциповий устрій хвильового електродвигуна з недеформованим магніточутливим елементом ротора; обмотки кожної фази позначені однаковим тоном;

На фіг.3 - електрична схема хвильового електродвигуна з керованим комутатором, який забезпечує імпульси струму в обмотках електромагнітів однієї полярності;

На фіг.4 - електрична схема хвильового електродвигуна з керованим комутатором, який забезпечує імпульси струму в обмотках електромагнітів, що утворені з двох прямокутників різної полярності;

На фіг. 5 - імпульси струму, що утворені електричною схемою, яка зображена на фіг.3;

На фіг. 6 - імпульси струму, що утворені електричною схемою, яка зображена на фіг.4;

На фіг.7 - розподіл силових ліній магнітного поля та форма вигнутого магніточутливого елемента ротора при наявності імпульсів струму у обмотках електромагнітів фаз C і A (проміжок часу $t_1 - t_2$ на фіг.5 і 6);

На фіг. 8 - розподіл силових ліній магнітного поля та форма вигнутого магніточутливого елемента ротора при наявності імпульсів струму у обмотках електромагнітів фаз A і B (проміжок часу $t_2 - t_3$ на фіг. 5 і 6);

На фіг.9 - розподіл силових ліній магнітного поля та форма вигнутого магніточутливого елемента ротора при наявності імпульсів струму у обмотках електромагнітів фаз C і B (проміжок часу $t_3 - t_4$ на фіг. 5 і 6);

На фіг. 10 - схематичне зображення хвильового електродвигуна у поперечному перетині із зазначенням сил і точок, що показані на фіг. 1.

Хвильовий електродвигун містить розміщені у пазах феромагнітного осердя статора 1 три фази А, В і С обмотки статора (фіг.2). Кожна з фаз має дві послідовно з'єднані обмотки електромагнітів: фаза А - обмотки 2 і 3, фаза В - обмотки 4 і 5, фаза С - обмотки 6 і 7. Всередині осердя статора розміщений гнучкий магніточутливий елемент 8.

Фази хвильового електродвигуна А-Х, В-У, С-З, що утворені двома послідовно з'єднаними обмотками електромагнітів, з'єднані у зірку (фіг.4) та приєднані до виводів 9, 10 і 11 керованого комутатора 12, що забезпечує імпульси струму із двох прямокутників різної полярності, який живиться від джерела постійної напруги U.

Фази хвильового електродвигуна А-Х, В-У, С-З з'єднані паралельно (фіг.3) у керованому комутаторі 12, який забезпечує імпульси струму однієї полярності.

Пара послідовно з'єднаних електромагнітів кожної фази, а саме, 2 і 3, 4 і 5, 6 і 7 розташована діаметрально протилежно.

Комутатор 12 включає до себе сукупність електронних ключів $K_1...K_6$ та зворотних діодів $D_1...D_6$, які формують прямокутні імпульси струму у фазах хвильового електродвигуна.

Як ключі можуть використовуватись електронні прилади, наприклад, транзистори або тиристори.

Механічний силовий елемент ротора складається з виконаних на зовнішній поверхні диску 13 ряду пазів 14 та закріплених до внутрішньої поверхні гнучкого магніточутливого елемента 8 упорів 15, які розташовані напроти відповідних пазів 14. Диски 13 можуть бути розміщені, наприклад, на торцях електродвигуна і жорстко з'єднані з валом 16.

Спосіб керування хвильовим електродвигуном полягає у збудженні хвилі магнітного поля (фіг.7 - фіг.9), що переміщується уздовж поверхні статора при послідовному переключенні фаз обмоток статора та діючої на гнучкий магніточутливий елемент 8 ротора, забезпечуючи передачу зусилля за допомогою механічного силового елемента на вихідний вал 16.

При роботі керованого комутатора 12 у фазах А, В і С обмотки статора хвильового електродвигуна формуються імпульси струму прямокутної форми (фіг. 5, 6). При наявності імпульсу струму в обмотках електромагнітів між ними та магніточутливим елементом 8 виникає сила притягнення, яка викликає вигинання елемента 8. За рахунок притягнення частин елемента 8 до підживлених струмом обмоток електромагнітів відбувається віддалення частин елемента 8, які обернені до не підживлених струмом обмоток електромагнітів, із утворенням зазору 17.

Так, наприклад, в інтервалі часу $t_1 - t_2$ (фіг.7) магніточутливий елемент 8 притягнутий до частин осердя статора 1, в яких розташовані обмотки електромагнітів 2,3 та 6,7, а між частинами осердя, в яких розташовані обмотки електромагнітів 4,

5, та елементом 8 виникає зазор 17. Притягнені до поверхні осердя статора 1 частини елемента 8 взаємодіють без проковзання. В наступний інтервал часу $t_2 - t_3$ вмикаються обмотки електромагнітів 4 і 5 фази В та вимикаються обмотки електромагнітів 6 і 7 фази С та ін.

На фіг. 10 стрілками показані сили, що виникають в момент вмикання фази С (та вимикання фази В) при живленні струмом фази А (див. аналогічні сили та точки прикладання на фіг.1). В цей момент сила між ділянками магніточутливого елемента 8 і статору 1 з обмотками електромагнітів 2 і 3 значна через відсутність зазору між ними. Ця сила умовно показана стрілкою у точці а. Сила Р між ділянками магніточутливого елемента 8 і статору 1 з обмотками електромагнітів 6 і 7 має менше значення через наявність зазору 17 між ними. Ця сила умовно показана стрілкою у точці б. Сила Р збільшується і деформує гнучкий елемент 8, що викликає тангенціальну силу Т у точці с, яка розташована напроти відімкнутих від струму обмоток електромагнітів 4 і 5.

Під дією сили Т виникає тангенціальне переміщення частини магніточутливого елемента. За рахунок упорів 15, які закріплені до внутрішньої поверхні гнучкого магніточутливого елемента 8, з пазами 14, що виконані на зовнішній поверхні диску 13, відбувається передача силового моменту на вал 16 електродвигуна.

Оскільки здійснюється постійне перемикавання обмоток електромагнітів статора хвильового електродвигуна, то забезпечується переміщення у просторі сил Р і Т, що обумовлює обертання валу 16 електродвигуна зі значним механічним моментом.

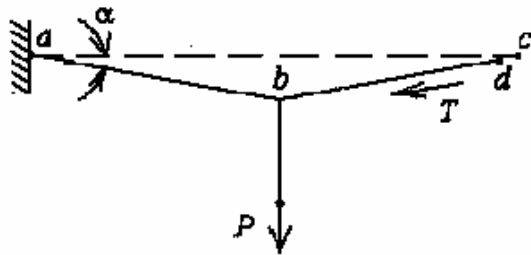
Тому, що виникає під дією поперечної сили Р «провисання» у поперечному напрямку мале через малий зазор між внутрішньою поверхнею осердя статора 1 і магніточутливим елементом 8, то кут "нахилу" а (фіг.1) малий, а значить по-здовжня сила тяги Т значна.

Перевагою пропонованого способу керування електродвигуном є те, що він може бути застосований як до електродвигунів з малим, так і з великим діаметром ротора, причому, при збільшенні діаметру виникає збільшення електромагнітного моменту.

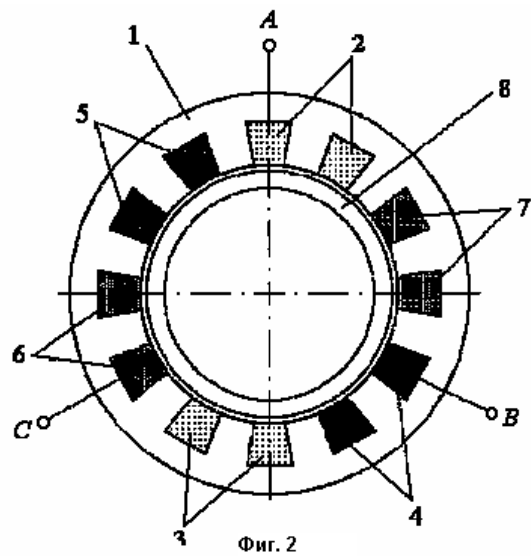
Список літератури:

1. А.с. СССР № 881946, МКИ H02K41/06. Волновой электродвигатель. -Заявка № 2582919/27-07. - Оpubл. 15.11.81 г., Бюл. № 42.
2. А.с. СССР № 909769, МКИ H02K41/06. Волновой электродвигатель. -Заявка № 2591714/24-07. - Оpubл. 28.02.82 г., Бюл. № 8.
3. А.с. СССР № 1387129, МКИ H02K41/06. Волновой электродвигатель. -Заявка № 3888766/24-07. - Оpubл. 23.04.85 г., Бюл. № 13. (прототип).
4. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. Часть первая: Статика и кинематика. - Ленинград, Москва: ОГИЗ - государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948. - С. 37-40.

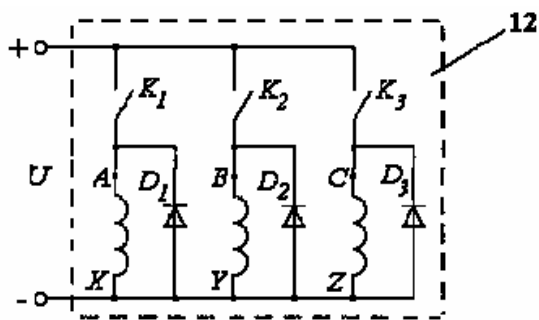
7



Фиг. 1



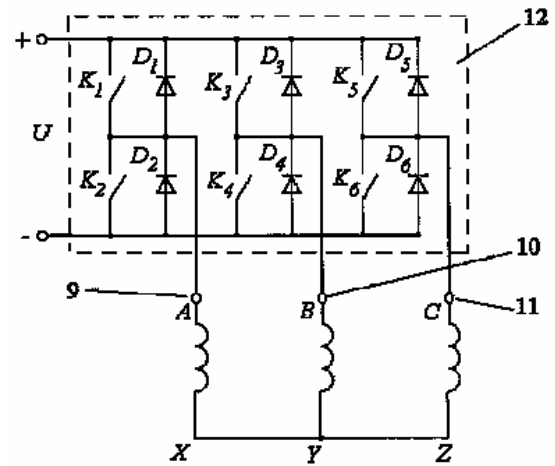
Фиг. 2



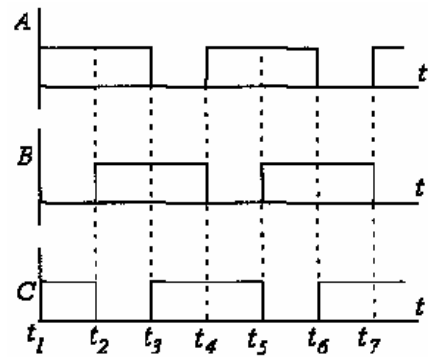
Фиг. 3

74979

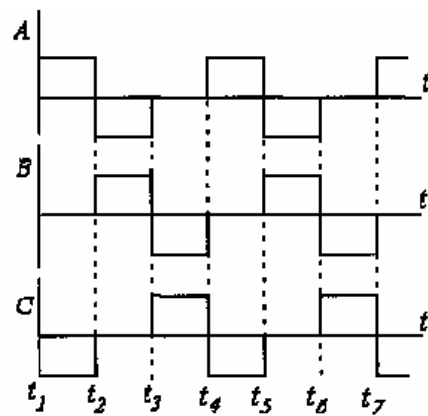
8



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

