



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 88231

(13) C2

(51) МПК (2009)
H02K 29/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) МАГНІТОДИНАМІЧНИЙ ВЕНТИЛЬНО-РЕАКТИВНИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ ДВИГУН

1

2

(21) а200802242

(22) 21.02.2008

(24) 25.09.2009

(46) 25.09.2009, Бюл.№ 18, 2009 р.

(72) ГОЛОВАЩУК БОРИС МИКОЛАЙОВИЧ, КО-
НОНЕНКО ЕДУАРД ГЕОРГІЙОВИЧ(73) ГОЛОВАЩУК БОРИС МИКОЛАЙОВИЧ, КО-
НОНЕНКО ЕДУАРД ГЕОРГІЙОВИЧ

(56) SU 292588, 04.06.1976

SU 343643, 06.02.1976

DE 3932762, 19.04.1990

DE 4019778, 02.01.1992

(57) Магнітодинамічний вентильно-реактивний електричний двигун, котрий містить чотири основні частини, а саме: нерухомий циліндричний статор, або остов двигуна; рухомий ротор барабанного типу; блок датчиків положення ротора; блок силового напівпровідникового перетворювача із системою управління, який **відрізняється** тим, що в пазах немагнітного циліндричного корпусу статора рівномірно зафіксовані окремі вузькі полюси з об-

мотками, котрі з'єднуються в чотири-, п'яти- або шестифазні електричні кола для збудження пульсуючого магнітного поля, з можливістю отримання кількості полюсів статора відповідно в чотири, п'ять або шість разів більшої, ніж кількість полюсів ротора, що виконані із феромагнетиків для постійних магнітів на основі NdFeB і розміщені рівномірно по колу з однаковою полярністю всередині циліндричної оболонки з ребрами міцності із тонкої немагнітної нержавіючої сталі, яка насаджена на вал ротора, і таким чином його сильно намагнічені полюси при обертанні виконані з можливістю взаємодіяти з високими силовими показниками в постійно змінному повітряному зазорі як із полюсами однієї ближньої фази статора, на які подається струм через систему управління від джерела електроенергії, так і із тими полюсами фаз статора, що перебувають в режимі очікування процесу включення, і які виконані з можливістю не витрачати електричної енергії для утворення механічного моменту на валу двигуна.

Винахід належить до галузі електротехніки, а саме до електричних двигунів постійного струму. Масове застосування електродвигунів різних типів у всіх галузях економіки і побуті нині забезпечує різноманітні потреби людей. Вони є основними споживачами електроенергії, що виробляється в Україні та за кордоном (близько 60%), тому раціональне використання електроенергії для живлення електродвигунів є важливим напрямом значного енергозбереження [4].

Серед великого різноманіття електродвигунів різних типів електричні двигуни постійного струму мають широкий спектр застосування, незважаючи на переважне розповсюдження електроенергії змінного струму [1]. Вони мають важливі переваги в порівнянні з іншими електродвигунами, так як в них здійснюється плавне регулювання швидкості обертання вала ротора, а також створюється на валу великий механічний момент під час запуску. Регулювання механічних характеристик здійснюється простою і недорогою пусковою апаратурою. Тому вони широко використовуються на електро-транспорті і в інших галузях економіки.

Є два основних типи - електричних двигунів постійного струму [2]. До першого типу належить колекторний електричний двигун постійного струму. В основі принципу дії цього двигуна є переміщення провідників з струмом в нерухомому магнітному полі (принцип Ампера).

Колекторний електричний двигун постійного струму містить три основні частини. Основне нерухоме поле створює статор з магнітними полюсами, який є також механічним остовом двигуна. Рухомою частиною двигуна є ротор барабанного типу, в пазах якого укладені провідники обмоток живлення від енергосистеми. На обмотки ротора струм подається через щіточно-колекторний вузол, в якому створюється слизький електричний контакт між нерухомими контактними щітками і рухомими колекторними пластинами, що з'єднані з провідниками обмоток для забезпечення в них постійного напрямку напруги і струму під полюсами статора, магнітна полярність яких чергується.

Недоліком даного типу електродвигунів є наявність слизького контакту в щіточно-колекторному вузлі. При певних умовах щітки іскрять, а це знач-

(13) C2

(11) 88231

(19) UA

но знижує надійність двигуна і потребує постійного догляду в процесі експлуатації. Крім того колекторний двигун постійного струму значно дорожчий ніж безконтактний аналог іншого типу.

Прототипом запропонованого магнітодинамічного вентильно-реактивного електричного двигуна є відомий вентильно-індукторний двигун постійного струму, що належить до електричних двигунів постійного струму з немеханічними перемикальними пристроями, або до безконтактних електричних двигунів постійного струму [3]. Вентильно-індукторний двигун - це індукторна машина з пасивним (без обмоток) ротором, з явно вираженими полюсами на статорі і роторі, в якій переключення фаз статорних обмоток здійснюється напівпровідниковими ключами (вентильми). Принцип дії двигуна оснований на утворенні реактивного електромагнітного моменту на валу ротора завдяки асиметрії магнітної системи. В двигуні число полюсів ротора менше ніж число полюсів статора, і ротор обертається в протилежну сторону по відношенню до напрямку переключення фаз обмоток статора.

Двигун містить чотири основні частини, а саме: статор і ротор виконавчого двигуна; блок напівпровідникового перетворювача із системою управління; блок датчиків положення ротора. В виконавчому двигуні найбільш розповсюджені конфігурації магнітної системи двійної зубчатості: 6/4, 8/6 і 12/8, де в чисельнику - число полюсів статора, в знаменнику - число полюсів ротора. Число фаз обмоток статора відповідно: три, чотири і шість. Комутацію фаз обмоток статора виконують силові напівпровідникові вентилі, для яких управлінська функція здійснюється системою управління. Сигнали в кожний конкретний період часу про фактичне положення полюсів ротора по відношенню до полюсів статора система управління отримує від датчиків положення ротора. Таким чином вентильно-індукторний двигун це система: електромеханічний перетворювач - напівпровідниковий перетворювач.

В ньому відсутні слизькі електричні контакти, тому двигун є значно надійніший в експлуатації ніж колекторний електродвигун постійного струму, і здатність глибокого регулювання швидкості обертання ротора забезпечується ним. Конструкція виконавчого двигуна є простою і дешевою. Ротор двигуна виконаний із сталеної поковки, має міцну і компактну конструкцію, тому здатний витримувати великі перевантаження і швидкість.

Але такі конструктивні рішення виконавчого двигуна з пасивним ротором не можуть забезпечити йому високі енергетичні показники. Коефіцієнт корисної дії вентильно-індукторного двигуна, в залежності від його діапазону потужності, коливається в межах від 45% до 85%. Крім того вентильно-індукторний двигун в процесі роботи має підвищені показники шумності і вібрації, що стримує його масове застосування [3].

В основу винаходу поставлено задачу створення магнітодинамічного вентильно-реактивного електричного двигуна, в якому досягаються найвищі енергетичні показники за рахунок ефективного задіяння магнітної енергії постійних магнітів полюсів ротора для утворення механічного моме-

нту на валу двигуна. В запропонованому пристрої коефіцієнт корисної дії двигуна становить більше 94%, що дозволяє економити значну кількість електроенергії, і при масовому застосуванні зменшити навантаження на довкілля.

Поставлена задача вирішується тим, що магнітодинамічний вентильно-реактивний електричний двигун, в котрий входять чотири основні частини, а саме: нерухомий циліндричний статор, або остов двигуна; рухомий ротор барабанного типу; блок датчиків положення ротора; блок силового напівпровідникового перетворювача із системою управління, в якому згідно з винаходом, в пазах немагнітного циліндричного корпусу статора рівномірно фіксуються без кільцевого магнітопровода окремі вузькі полюси з обмотками, котрі з'єднуються в чотирьох, п'яти або шести фазні електричні кола для збудження пульсуючого магнітного поля, при цьому кількість полюсів статора є в чотири, п'ять або шість разів більшою, ніж кількість полюсів ротора, що виконані із феромагнетиків для постійних магнітів на основі NdFeB і розміщені рівномірно по колу однаковою полярністю всередині циліндричної оболонки з ребрами міцності із тонкої немагнітної нержавіючої сталі, яка насаджена на вал ротора, і таким чином його сильно намагнічені полюси при обертанні мають можливість взаємодіяти з високими силовими показниками в постійно змінному повітряному зазорі як із полюсами одної близької фази статора на які подається струм через систему управління від джерела електроенергії, так із тими полюсами інших фаз статора, що перебувають в режимі очікування процесу включення і в них електрична енергія не витрачається для утворення механічного моменту на валу двигуна.

Досягнення нового технічного результату полягає в тому, що в запропонованому електродвигуні полюси ротора, які виконані із феромагнетиків для постійних магнітів на основі NdFeB при обертанні постійно взаємодіють з великим значенням механічної сили як із полюсами близької фази статора, на які подається струм через напівпровідникові вентилі в кожний конкретний період часу, так із полюсами інших фаз статора, в котрих електричні кола розімкнені і електрична енергія не витрачається для утворення механічного моменту на валу двигуна. Це дає змогу в електродвигуні витрачати менше електроенергії для утворення одиниці механічної потужності ніж в прототипі, або в іншому типі електродвигунів, і досягти в ньому найвищих енергетичних показників.

Таким чином, поставлена задача створення електродвигуна з найвищими енергетичними показниками вирішена завдяки сукупності суттєвих ознак, що запропоновані у формулі винаходу, які є необхідними і достатніми для досягнення нового технічного результату.

Сутність винаходу пояснюється трьома кресленнями. На Фігурі 1 зображена структурна схема магнітодинамічного вентильно-реактивного електричного двигуна, який містить: виконавчий двигун (ВД), що має нерухомий статор і рухомий ротор; блок датчиків положення ротора (ДПР); блок силового напівпровідникового перетворювача і системи управління (НП і СУ). На Фігурі 2 зображено попе-

речний розріз одного із варіантів чотирьохфазного виконавчого двигуна. В циліндричному корпусі статора (1) виконані пази, в яких радіально і рівномірно зафіксовані шістнадцять окремих вузьких полюсів з обмотками (2). На вал ротора (4) встановлено циліндричний барабан з ребрами міцності (5), виконаний із міцної немагнітної сталі, в якому з нахилом розміщені чотири сильнонамагнічені полюси (3), при цьому напрям полярності у всіх полюсів ротора по відношенню до циліндричної поверхні полюсів статора однаковий. На Фігурі 3 зображена схема силового напівпровідникового перетворювача для чотирьохфазного магнітодинамічного вентильно-реактивного електричного двигуна. Шістнадцять обмоток полюсів статора розділені на чотири фази (A; B; C; D), де в кожній з них є чотири полюси, з'єднаних між собою послідовно. Фази обмоток живляться від джерела постійного струму. Переключення фаз здійснюється IGBT - транзисторами в модульному варіанті (наприклад: SKM145GAL128D - 4шт.; SKM200GAR125D - 1шт.).

Запропонований пристрій містить чотири складові частини, дві з них, - нерухомий статор і рухомий ротор, є частинами виконавчого двигуна. В циліндричному корпусі статора, виготовленого із немагнітного матеріалу (алюміній і його сплави), виконані пази, в яких епоксидною смолою фіксуються рівномірно окремі вузькі полюси з обмотками. Кількість полюсів статора можлива різна, і в залежності від необхідних параметрів і характеристик двигуна, розраховується для кожного конкретного варіанту його модифікації. Найбільш доцільні конфігурації магнітної системи двійної зубчатості: 8/2; 16/4; 30/6; 48/8; 72/12; 120/20, де в чисельнику - число полюсів статора, в знаменнику - число полюсів ротора. Оптимальне число фаз обмоток статора: чотири, п'ять і шість. Сердечники полюсів збираються із окремих ізольованих штампованих пластинок із електротехнічної сталі. Обмотки статорних полюсів намотуються мідним ізолюваним дротом на ізоляційні каркаси, в які встановлюються феромагнітні сердечники. Окремі обмотки полюсів статора з'єднуються в фази послідовно, паралельно, або змішано. На двох торцевих поверхнях циліндричного корпусу статора прикріплюються дві кришки з підшипниковими вузлами, в яких встановлений вал ротора.

В рухомому роторі барабанного типу на валу встановлена циліндрична оболонка з ребрами міцності, котра виготовлена із міцної немагнітної сталі. Всередині оболонки рівномірно по колу розміщуються з нахилом сильнонамагнічені полюси, що виготовлені із феромагнетиків для постійних магнітів на основі NdFeB. Напрямок полярності у всіх полюсів ротора по відношенню до циліндричної поверхні полюсів статора однаковий.

Для фіксації в процесі обертання в кожний конкретний період часу взаємоположення полюсів ротора і статора, на одній кришці статора розміщена третя складова частина двигуна: блок датчиків положення ротора (ДПР). Нині для вентильно-індукторних двигунів застосовуються різні види ДПР. Для чотирьохфазного магнітодинамічного вентильно-реактивного електричного двигуна з чотирьохполюсним ротором пропонується конс-

трукція блоку ДПР, де основними елементами є оптопари і металевий диск діаметром не більше 200мм, у якого є чотири прорізані сектори дугою 25° (відповідно до кількості полюсів ротора), що нерухомо прикріплюється до вала ротора. Чотири оптопари TCST - 1103 фірми VISHAY розміщуються на частині плоскої поверхні кришки по дузі на відстані 22,5° одна від одної так, щоб зовнішня кромка диска з прорізами входила і їх пази. Таким чином диск перекриває за четверть повороту паз кожної оптопари по дузі 65°, а відкритим залишається кожний паз по дузі 25°. Така конструкція ДПР забезпечує надійне і якісне управління двигуна.

Електронна частина двигуна, що забезпечує надійну комутацію фаз обмоток статора, - це блок силового напівпровідникового перетворювача із системою управління, який монтується із різних електронних компонентів в окремому від двигунів корпусі. Ця складова частина запропонованого пристрою має таку саму конструкцію, як у відомому прототипі. Так для чотирьохфазного двигуна потужністю 8-10кВт, де в обмотках статора величина амплітуди імпульсу сили струму досягає 40А, доцільно встановити силові вентиля з діодами в модульному варіанті виконання (наприклад: IGBT - транзистори SKM145GAL128D - 4шт. і SKM200GAR125D - 1шт.).

Електронна схема системи управління силовими модулями аналогічна як у відомого прототипу, причому у запропонованому пристрої надійне функціонування забезпечує найпростіший варіант схеми з фазовим регулюванням.

Запропонований пристрій працює таким чином. Після включення електродвигуна до джерела постійного струму система управління отримує сигнали про фактичне положення ротора від ДПР в даний момент часу, і на основі цієї інформації здійснює вплив на відповідні напівпровідникові ключі (вентиля), які замикають на короткий проміжок часу електричне коло в одній із чотирьох, найближчій до полюсів ротора по напрямку обертання, фазі обмоток статора. В обмотках включеної фази починає наростати сила струму і на полюсах одної фази утворюється магнітне поле. На цей процес прореагують сильнонамагнічені полюси ротора, і він здійснює поворот на одне полюсне ділення. Крім того одночасно в цей період полюси ротора взаємодіють із полюсами статора наступної фази по напрямку обертання, обмотки якої перебувають в режимі очікування процесу включення, і електричний струм в них відсутній.

Після повороту на одне полюсне ділення аналогічно виконується переключення електричних кіл в наступних фазах обмоток статора по заданому напрямку обертання, і ротор починає обертатися з певною кутовою швидкістю, котра регулюється зміною напруги живлення.

Принцип дії запропонованого електродвигуна оснований на утворенні реактивного магнітодинамічного моменту на валу ротора завдяки асиметрії магнітної системи, яка здійснюється сильнонамагніченими полюсами ротора і полюсами статора двох або трьох фаз. При цьому тільки в одній фазі статора в кожний короткий проміжок часу електричне коло замкнене, і в обмотках цієї фази проходить короточасний перехідний процес наростання

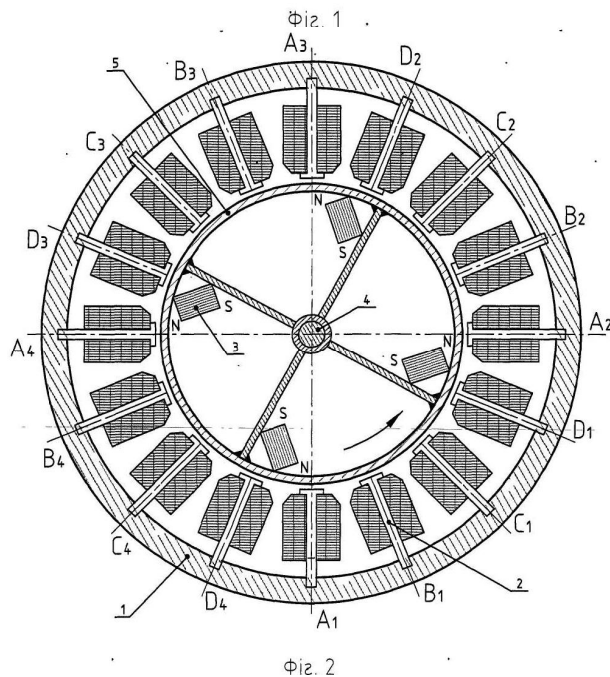
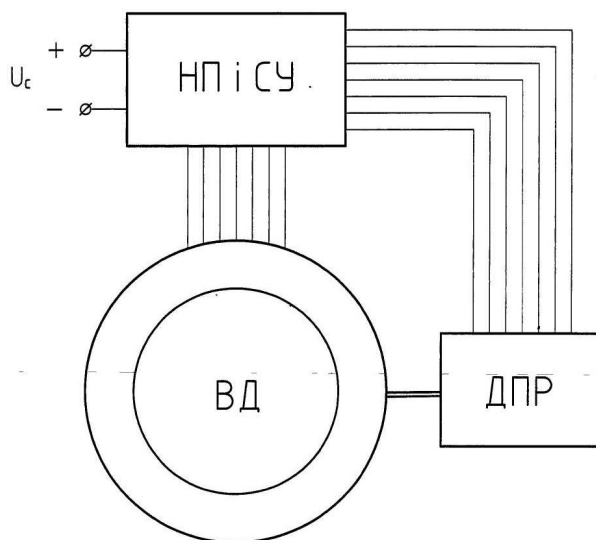
сили струму, а потім її спаду. Крім того, на відміну від прототипу, в запропонованому електродвигуні обертання ротора здійснюється в одному напрямі з напрямом переключення фаз обмоток статора, а також одночасно всі полюси ротора перебувають в процесі безперервної взаємодії з полюсами статора. Тому в пристрої не виникають великого значення показники шумності і вібрації.

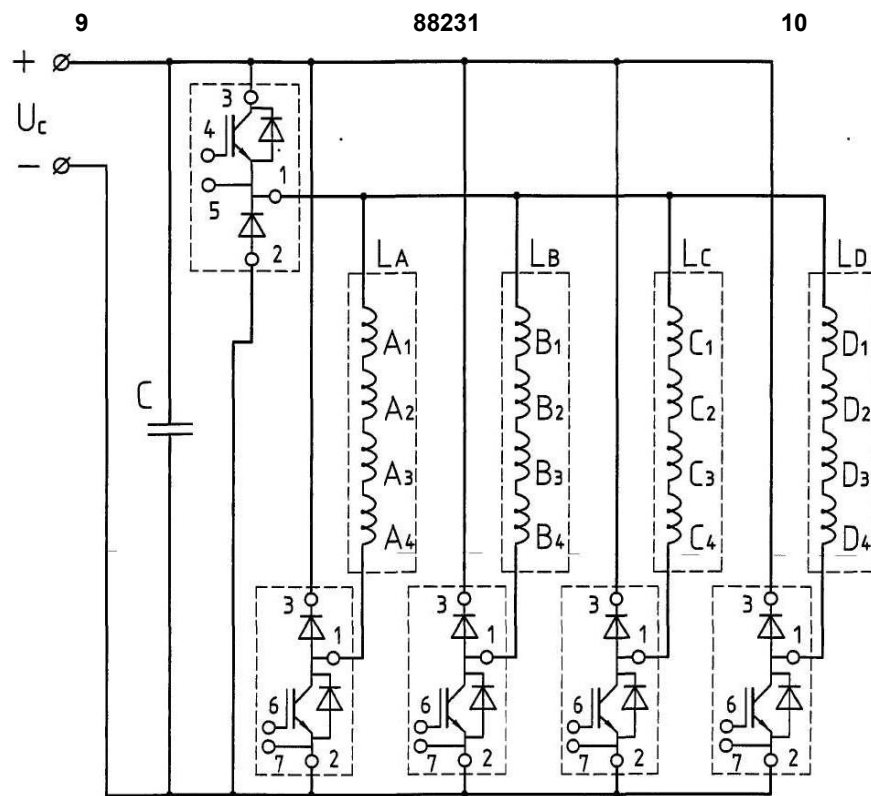
Таким чином на відміну від прототипу даний пристрій дозволяє досягнути нового технічного результату, так як він має найвищі енергетичні показники. Враховуючи обставину, що близько 60% електроенергії споживається електродвигунами різних типів, то впровадження даного при-

строю в різні галузі економіки дозволить вирішити проблему значного енергозбереження, а при масовому застосуванні, проблему зменшення навантаження на довкілля.

Література

1. Справочник по электрическим машинам. В 2 т. / Под общ. ред. Копылова И.П. и Клокова Б.К. - М.: Энергоиздат, 1988.
2. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. - М.: Высшая школа, 1990.
3. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. - Львів, 2001.
4. Шинкаренко В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем. - К.: Наукова думка, 2002.





Фіз 3