



УКРАЇНА

(19) UA (11) 95429 (13) C2
(51) МПК (2011.01)
H02K 29/00
H02K 19/06 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ТОРЦЕВА ЕЛЕКТРИЧНА МАШИНА БІІНДУКТОРНОГО ТИПУ

1

2

(21) а201014458

(22) 03.12.2010

(24) 25.07.2011

(46) 25.07.2011, Бюл.№ 14, 2011 р.

(72) БУЛГАР ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ, ІВЛЄВ АНАТОЛІЙ ДМИТРОВИЧ, ІВЛЄВ ДМИТРО АНАТОЛІЙОВИЧ, ЯКОВЛЄВ ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ, КОСЕНКОВ ВОЛОДИМИР ДАНИЛОВИЧ

(73) БУЛГАР ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ, ІВЛЄВ АНАТОЛІЙ ДМИТРОВИЧ, ІВЛЄВ ДМИТРО АНАТОЛІЙОВИЧ, ЯКОВЛЄВ ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ, КОСЕНКОВ ВОЛОДИМИР ДАНИЛОВИЧ

(56) UA 78249 C2, 15.03.2007

UA 89072 C2, 25.12.2009

RU 2256276 C2, 10.07.2005

UA 69152 A, 16.08.2004

UA 83507 C2, 25.07.2008

US 6011337 A, 04.01.2000

US 6049149 A, 11.04.2000

WO 2006060960 A1, 15.06.2006

(57) Торцева електрична машина бііндукторного типу, що містить статор з радіальними пазами для

укладання обмотки якоря, тороїдальну обмотку збудження та дисковий ротор, яка відрізняється тим, що статор виконаний з ряду окремих магнітних не зв'язаних феромагнітних елементів-зубців Ш-подібної форми, що закріплені в немагнітних торцевих щитах та розміщені симетрично відносно трьох рядів феромагнітних полюсів дискового ротора, конструктивно об'єднаних з валом за допомогою немагнітних кільцевих структур, при цьому в пазах середнього основного кільцевого сердечника статора розміщені секції обмотки якоря, а крайні зубцеві зони феромагнітних елементів-зубців Ш-подібної форми утворюють внутрішній та зовнішній сердечники полюсів не менше двох обмоток збудження, розміщених у відповідних проміжках феромагнітних елементів-зубців Ш-подібної форми, причому на середній кільцевій структурі дискового ротора феромагнітні полюси розміщені на кожному полюсному поділі, а на крайніх його кільцевих структурах - у певній послідовності, через полюсний поділ.

Винахід належить до області електромашинобудування і може бути використаний у електроприводах транспортних установок, механізмів ліфтів, прокатних станів та, зокрема, як генератор вітроенергетичної установки.

Відома безконтактна синхронна машина (БСМ), в якій обмотка якоря та дві тороїдальні обмотки збудження знаходяться на нерухомому статорі, а ротор має два ряди кігтеподібних виступів (полюсів) з магнітом'якої сталі, загальним числом $2P$, причому P полюсів забезпечують проведення магнітного потоку Φ_{B2} одного напрямку (одна обмотка збудження), а другі, орієнтовані P полюсів ротора, забезпечують проведення магнітного потоку Φ_{B2} (друга обмотка збудження) зустрічного напрямку відносно Φ_{B1} . Таким чином, дана БСМ являє собою конструктивне об'єднання двох індуктивних машин, тобто двоіндукторну або бііндукторну електричну машину, призначення якої - забезпечити повне (стовідсоткове) використання обмотки якоря загального статора (звісно, з урахуванням α_δ - розрахункового коефіцієнта полюсного перекриття)

(див. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. - М.:Высшая школа, 1990. - с. 123).

Недоліки відомої конструкції пов'язані з підвищеними значеннями потоків розсіяння безпосередньо між сусідніми кігтеподібними полюсами. При цьому, наявність радіально-осьового основного магнітного потоку i , відповідно, недопустиме зростання магнітної індукції в осьових ділянках магнітопроводу потребує обмеження довжини активної зони обмотки якоря, тобто при заданому діаметрі машина повинна мати відносно невелику довжину.

Відома конструктивна схема торцевого електричного двигуна постійного струму з комбінованим збудженням, статор якої виконаний з ядра окремих магнітних не зв'язаних феромагнітних елементів П-подібної форми. У пазах-проміжках утвореного таким чином кільцевого сердечника укладаються секції обмотки якоря, охоплені обмоткою збудження тороїдального виду, а дисковий ротор складається з феромагнітних полюсів, що послідовно чергуються, та постійних магнітів, чим і забезпечується повне використання активної частини кіль-

(13) C2

(11) 95429

(19) UA

цевого сердечника якоря, через кожних два полюсних поділи якого замикаються два зустрічно-паралельних магнітних потоки, які були утворені обмоткою збудження статора і постійними магнітами ротора (див. пат. України № 890072 С2, Н02К 21/12. - Бюл. № 24, 2009 р).

Маючи цілий ряд переваг, відома конструкція має наступні недоліки:

- складність при магнітно-збиральних роботах при формуванні змінно-полюсної структури дискового ротора;

- чутливість до ударних навантажень відповідного механізму (можливість механічного руйнування постійного магніту).

Найбільш близьким до винаходу, що заявляється, є безконтактний двигун постійного струму з дисковим ротором, що містить статор, виконаний з ряду окремих магнітно не пов'язаних феромагнітних стрижнів П-подібної форми, розташованих симетрично відносно феромагнітних полюсів дискового ротора, число яких вдвічі менше числа полюсних поділень кільцевого сердечника статора з обмоткою якоря. При цьому, на статорі розташована тільки одна обмотка збудження, яка створює односторонній магнітний потік, що і характерно для всіх машин індукторного типу (див. пат. України № 78249 С2, Н02К 29/06. - Бюл. № 3, 2007р.).

Конструкцію даної електричної машини вибрано за найближчий аналог.

Найближчий аналог та винахід, що заявляється, мають наступні спільні ознаки:

- статор з радіальними пазами для укладання обмотки якоря;

- дисковий ротор;

- тороїдальна обмотка збудження.

Недоліком найближчого аналога треба вважати, наявність на дисковому роторі феромагнітних полюсів, кількість яких вдвічі менша кількості полюсних поділень кільцевого сердечника статора з обмоткою якоря, які забезпечують можливість перетворення електромагнітної енергії тільки на половині активної поверхні кільцевого сердечника якоря.

В основу винаходу поставлена задача створити торцеву електричну машину бііндукторного типу (ТЕМБТ), в якій, за рахунок іншого виконання магнітної системи статора, забезпечити можливість перетворення електромагнітної енергії на повній поверхні кільцевого сердечника якоря, як, наприклад, у синхронних машин класичного типу, або машин постійного струму. При цьому значно збільшуються питомі показники торцевої електричної машини бііндукторного типу, збільшується швидкість у перехідних режимах роботи відповідного електроприводу, відповідно, значно зменшується споживання електричної енергії у динамічних режимах роботи певного механізму. Окрім того, спрощується технологія виготовлення електричної машини, а конструктивна схема ТЕМБТ забезпечує можливість модульного принципу її побудови, тобто послідовного чергування модуля якоря (зубцева зона та секції обмотки) і модуля дискового ротора (немагнітний диск з феромагнітними полюсами), що значно підвищує питомі значення потужності і моменту електричної машини.

Поставлена задача вирішена в конструкції торцевої електричної машини бііндукторного типу, що містить статор з радіальними пазами для укладання обмотки якоря, тороїдальну обмотку збудження та дисковий ротор, тим, що статор виконаний з ряду окремих магнітно не зв'язаних феромагнітних елементів-зубців П-подібної форми, що закріплені в немагнітних торцевих щитах та розміщені симетрично відносно трьох рядів феромагнітних полюсів дискового ротора, конструктивно об'єднаних з валом за допомогою немагнітних кільцевих структур, при цьому в пазах середнього основного кільцевого сердечника статора розміщені секції обмотки якоря, а крайні зубцеві зони феромагнітних елементів-зубців П-подібної форми утворюють внутрішній та зовнішній сердечники полюсів не менше двох обмоток збудження розміщених у відповідних проміжках феромагнітних елементів-зубців П-подібної форми, причому на середній кільцевій структурі дискового ротора феромагнітні полюси розміщені на кожному полюсному поділі, а на крайніх його кільцевих структурах - у певній послідовності, через полюсний поділ.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю заявлених ознак і досягненням технічного результату можна пояснити наступним.

У заявленій торцевій електричній машині бііндукторного типу на відміну від найближчого аналога наявність статора із магнітно не зв'язаних феромагнітних елементів-зубців П-подібної форми, а не П-подібної форми, забезпечує можливість розміщення двох (а не однієї) обмоток збудження, кожна з яких і створює свій магнітний потік Φ_{B1} та Φ_{B2} . Ці магнітні потоки, що мають зустрічно-паралельні напрямки забезпечують повне (а не половинчасте, як у найближчому аналозі) використання активної поверхні основного кільцевого сердечника з обмоткою якоря, чим і забезпечується відповідне збільшення питомого значення електромагнітної потужності та моменту створеної ТЕМБТ. При цьому наявність повітряних проміжків-пазів, як і у найближчому аналозі, між феромагнітними елементами-зубцями П-подібної форми забезпечує обмежений вплив реакції якоря та, відповідно, можливість отримання великих перевантажень по струму, що покращує динамічні характеристики ТЕМБТ, підвищує продуктивність відповідної промислової установки, зменшує втрати електроенергії у перехідних режимах.

В ТЕМБТ, що заявляється, достатньо просто реалізується модульний принцип складання сучасних спеціальних електричних машин, при якому, наприклад, модуль якоря, виготовлений на основі немагнітного диска з радіально розташованими феромагнітними елементами-зубцями П-подібної форми, що несуть обмотку якоря і обмотку збудника, та модуль дискового ротора, який складається з немагнітних дисків з трьома рядами феромагнітних виступів-полюсів. Подібна конструктивна схема ТЕМБТ забезпечує підвищення питомого значення потужності та моменту електричної машини, що особливо проявляється при низьких номінальних (безредукторних) частотах обертання, при значному зменшенні трудомісткості її виготовлення взагалі.

Торцева електрична машина бііндукторного типу представлена на кресленнях, де:

фіг. 1 - конструктивна схема електричної машини;

фіг. 2 - ТЕМБТ, переріз А-А;

фіг. 3 - модуль ТЕМБТ, аксонометрія;

фіг. 4 - дисковий ротор ТЕМБТ, переріз В-В;

фіг. 5 - схема з'єднання обмотки якоря ТЕМБ в режимі двигуна постійного струму.

Торцева електрична машина бііндукторного типу (ТЕМБТ) містить статор 1, що складається з модулів якоря 2,3, дисковий ротор 4, що містить основний немагнітний диск 5, безпосередньо з'єднаний з валом 6 машини та три додаткові немагнітні кільця 7,8, 9, які забезпечують кріплення трьох рядів феромагнітних полюсів 10,11,12 дискового ротора 4, що відокремлені від модулів якоря 2,3 робочим повітряним зазором δ . При цьому на полюсі 11 середнього ряду дискового ротора 4, кожний довжиною вздовж твірної в $\alpha_{\text{ст}}$ розміщується на кожному полюсному поділі τ ($\alpha_{\text{с}}$ - коефіцієнт полюсного перекриття), а полюси 10,12 внутрішнього та зовнішнього ряду дискового ротора 4 установлені через кожний полюсний поділ τ (тобто в кожному ряду їх число дорівнює $0,5 \cdot p_{\text{т}}$, де $p_{\text{т}}$ - число полюсних поділів ТЕМБТ) та зі зсувом у полюсний поділ τ полюсів 10 внутрішнього ряду відносно полюсів 12 зовнішнього ряду дискового ротора 4 (фіг. 2,4).

Модулі якоря 2,3 конструктивно однотипні і складаються з ряду окремих магнітно не зв'язаних феромагнітних елементів-зубців 13,14 П-подібної форми, загальні радіальні стрижні 15,16 яких закріплені у торцевих немагнітних щитах 17,18. Середні зубці феромагнітних елементів П-подібної форми 13,14 утворюють основні кільцеві сердечники якоря 19,20 кожного модуля, у проміжках-пазах яких розміщуються секції обмотки якоря 21,22, а крайні зубцеві зони 23,24,25,26 феромагнітних елементів-зубців П-подібної форми внутрішні та зовнішні сердечники полюсів двох обмоток збудження на кожному модулі якоря 27,28,29,30, що розміщені у відповідних проміжках феромагнітних елементів-зубців П-подібної форми. Таке розміщення елементів конструкції ТЕМБТ реалізує можливість створення контурів замикання зустрічно-паралельних магнітних потоків ТЕМБТ - зовнішнього Φ_1 та внутрішнього Φ_2 . При цьому, на відміну від найближчого аналога, забезпечується повне використання активної поверхні основних кільцевих сердечників якоря 19,20 в перетворенні існуючого виду енергії (механічної або електричної) у генераторному або двигуновому режимах.

Механічна міцність ТЕМБТ забезпечується наявністю поздовжніх немагнітних стрижнів 31, розміщених у певній послідовності вздовж твірної зовнішнього діаметра машини, а фіксуючі ролики 32 контролюють постійність величини робочого повітряного зазору δ_0 , обмежуючи можливість виникнення сил одностороннього магнітного тяжіння елементів статора 1 і дискового ротора 4, а торцеві щити 17,18 установлені нерухомо відносно вала 6 за допомогою підшипникових вузлів 33,34.

Запропонована ТЕМБТ може працювати як у режимі відомої безконтактної синхронної машини (БСМ), так і в режимі машини постійного струму (див. найближчий аналог) з електронним або електромеханічним комутатором-колектором.

На фіг. 5 представлено варіант підключення секцій одношарової обмотки якоря 21 та одношарової обмотки якоря 22 до комутатора-колектора 35 з щітковим вузлом 36.

При подачі напруги на тороїдальні обмотки збудження 27,28,29,30 взаємодією основних магнітних потоків Φ_1, Φ_2 та струмів провідників секцій обмотки якоря 21,22, що знаходяться у зоні дії полюсів 11 дискового ротора 4 створюється електромагнітний момент $M_{\text{ем}}$, під дією якого дисковий ротор 4 починає обертання. Щітковий вузол 36, який жорстко зв'язаний з валом 6 дискового ротора 4, обертаючись відносно нерухомого (як обмотка якоря) комутатора-колектора 35, перемикає струми у секціях обмотки якоря таким чином, щоб, при обертанні одного боку, струми провідників, що знаходяться у дану мить навпроти відповідних полюсів 11 дискового ротора 4, залишались незмінними. Регулювання частоти обертання та реверс ТЕМБТ у режимі двигуна постійного струму здійснюється відомим для класичних машин способами.

Дані порівняльного аналізу основних показників низькооборотного безредукторного двигуна постійного струму фірми "Siemens" типу 1GH5635-5EA та ТЕМБТ, що працює у режимі двигуна, наведені в таблиці.

Представлені дані підтверджують перспективність та доцільність розробки заявленої ТЕМБТ, враховуючи те, що при простоті та, відповідно, меншій собівартості виготовлення, використання даної електричної машини у відповідних, наприклад, низькошвидкісних безредукторних електроприводах, що дозволить збільшити продуктивність механізму, зменшити затрати енергії як у робочому, так і в динамічних режимах (і менше у 0,6 разу).

Таблиця

Порівняльний аналіз основних показників низькооборотного безредукторного двигуна постійного струму фірми "Siemens" типу 1GH5635-5EA та ТЕМБТ

Тип ДПТ	Номінальна потужність $P_{\text{н}}$, кВт	Напруга, $U_{\text{н}}$, В	Швидкість обертання $n_{\text{дв}}$, об/хв	Маса двигуна $m_{\text{пит}}$, кг	Питома маса τ , кг/кВт	Момент інерції I , кгм^2	Коефіцієнт корисної дії η , %
1GH5635-5EA	344	420	81	11500	33	289	80
ТЕМБТ	344	420	81	8840	25,7	174	91

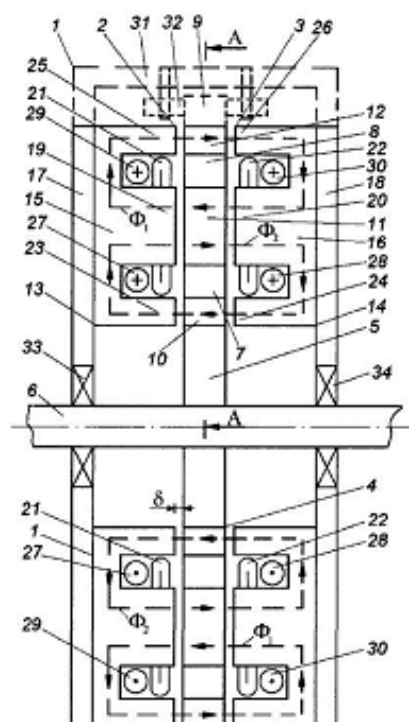


Fig. 1

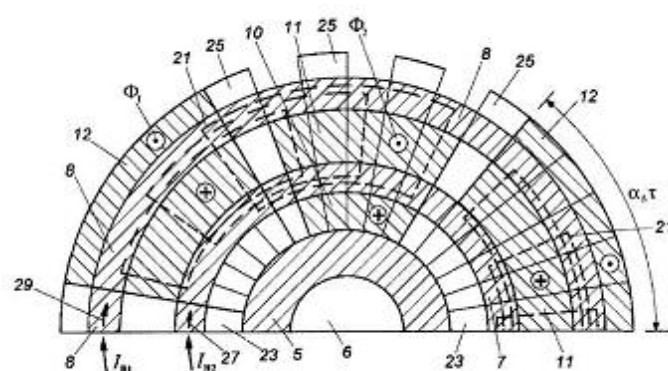


Fig. 2

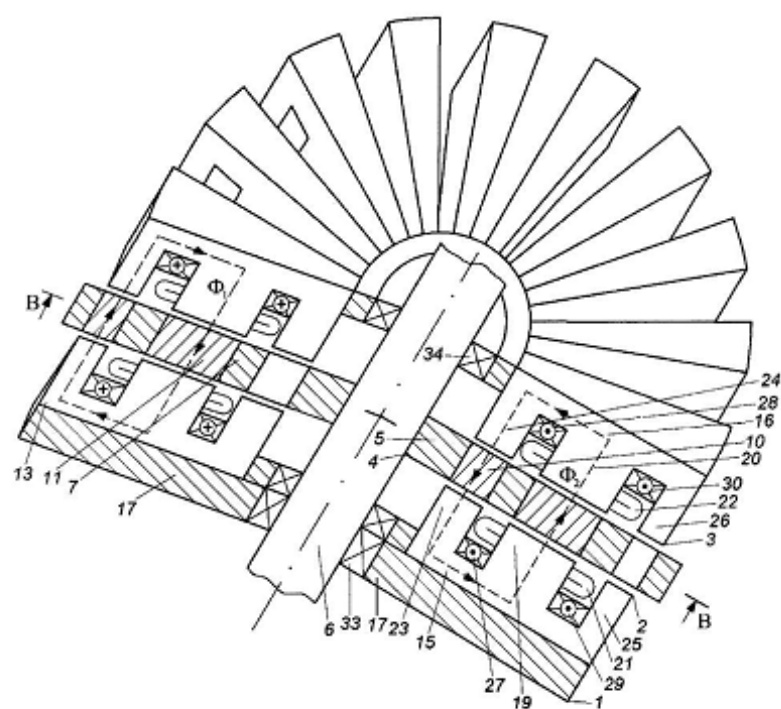


Fig. 3

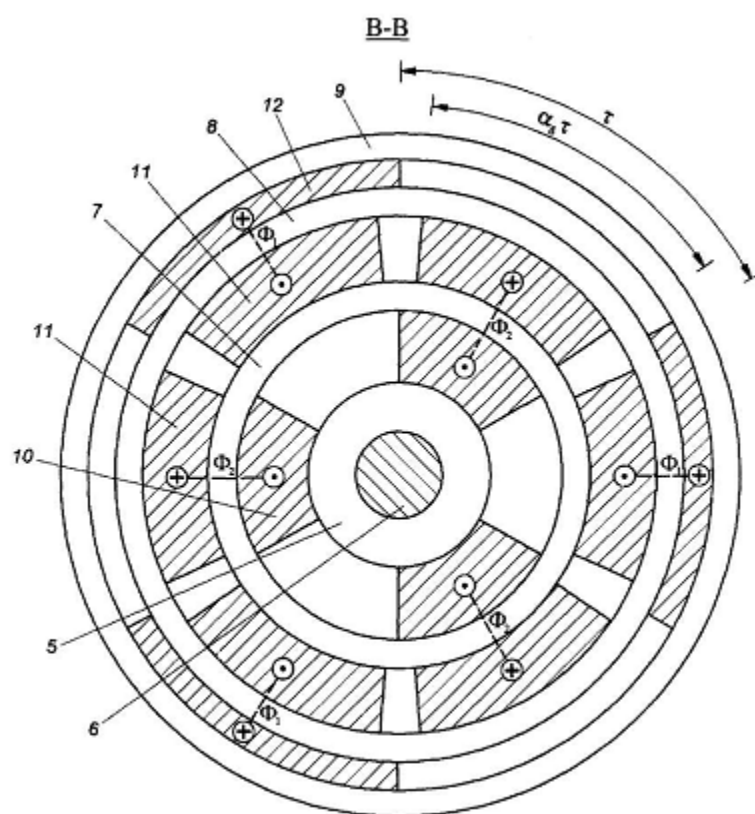
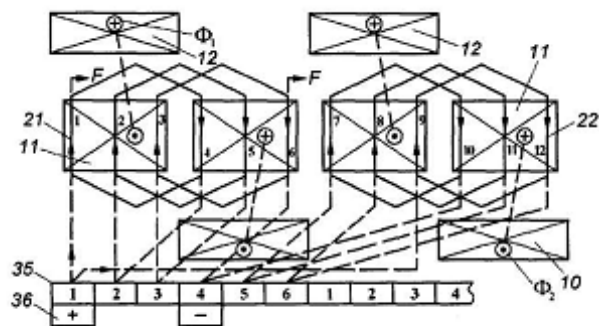


Fig. 4



Фиг. 5