



УКРАЇНА

(19) UA (11) 21430 (13) U

(51) МПК (2006)

H02K 1/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) БАГАТОШАРОВИЙ КОМБІНОВАНИЙ РОТОР ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ

1

2

(21) u200610329

(22) 28.09.2006

(24) 15.03.2007

(46) 15.03.2007, Бюл. №3, 2007р.

(72) Олейников Олександр Михайлович, Агафонов Віктор Володимирович, Береза Борис Петрович

(73) Олейников Олександр Михайлович, Агафонов Віктор Володимирович, Береза Борис Петрович

(57) 1. Багатошаровий комбінований ротор електричної машини, що містить феромагнітний сердечник з насадженим на нього робочим масивним циліндром і короткозамикальні кільця торців, який відрізняється тим, що робочий масивний циліндр збирається з двох концентрично розташованих циліндрів - зовнішнього і внутрішнього, внутрішній робочий масивний циліндр виконується з комбінацією розташованих по всій його довжині на внутрішній і зовнішній поверхнях поздовжніх пазів, причому зовнішні пази вільні від заповнення, внутрішні пази, обернені до сердечника, заповнюються добре провідним матеріалом, а зовнішній робочий циліндр забезпечений комбінацією кільцевих гвинтових пазів, що наносяться по всій його поверхні, і поздовжніх прорізів, виконаних на його торцевих частинах, при цьому названі циліндри з'єднуються так, щоб зовнішні поздовжні пази внутрішнього

робочого циліндра і поздовжні прорізи зовнішнього робочого циліндра були повністю суміщені по осі один з одним, а короткозамикальні кільця прикріплені до торців внутрішнього циліндра і охоплюють-ся зверху зовнішнім циліндром.

2. Багатошаровий комбінований ротор електричної машини за п.1, який відрізняється тим, що геометричні розміри елементів ротора вибираються із співвідношень:

$h_c \geq (1,2 \dots 1,5) \Delta_c$; $h_{вн} \geq (1,1 \dots 1,3) \Delta_{вн}$; $h_{нар} \geq (2 \dots 3) \Delta_v$ - товщини сердечника і масивних робочих циліндрів; $h_{п1} = (0,3 \dots 0,4) h_{вн}$; $h_{п2} = (0,7 \dots 0,6) h_{вн}$; $h_{п3} = h_{нар}$; $b_{п1} = (1,0 \dots 1,5) \text{мм}$; $b_{п2} = (2,0 \dots 3,0) \text{мм}$; $b_{п3} = b_{п1}$ - глибина пазів і прорізів робочих циліндрів і їх ширина; $\ell_{п3} \ell_{п3} = (0,15 \dots 0,2) \ell_{нар}$ - довжина прорізу зовнішнього циліндра по відношенню до його довжини; $h_{кк} = \Delta_v$; $b_{кк} = (0,8 \dots 1,0) \text{мм}$; $a_{кк} = (0,8 \dots 1,0) \text{мм}$ - глибина, ширина і крок кругових кільцевих пазів Δ_c і $\Delta_{вн}$ - глибина проникнення основної гармоніки поля в сердечник і внутрішній робочий циліндр; Δ_v - глибина проникнення першої пари зубцевих гармонік в зовнішній циліндр; $p_{вн} = p_{нар} = p_{пр} = 2p/4$ - число пазів і прорізів на робочих циліндрах, $2p$ - число полюсів АД.

Корисна модель відноситься до електромашинобудування і може бути використана при виробництві асинхронних машин з масивними роторами, призначеними для особливих умов експлуатації, здатних працювати в умовах напружених перехідних процесів, при пульсуючому навантаженні або при регулюванні, коли необхідно забезпечувати якнайкращі енергетичні показники в сталих режимах і високі якості при пусках, реверсах, гальмуваннях.

Відомі двошарові ротори асинхронних машин, що включають сердечник з насадженим на нього масивним робочим циліндром з торцевими короткозамикаючими кільцями. Ротори такого типу описані, наприклад, в [книзі В.С. Могильникова та ін. «Асинхронні двигуни з двошаровим ротором і їх

застосування». - М.: Энергоатоміздат, 1983. - 120с.].

Недоліком такого типу ротора є знижені енергетичні показники (ККД і $\cos \varphi$) в тривалому режимі роботи і підвищений нагрів, що обмежує потужність АД.

Ротор подібного типу описаний в [патенті РФ 2104608 від 10.09.1997р. «Масивний ротор електричної машини»] (прототип). У цьому роторі на поверхні масивного робочого циліндра виконані кільцеві канавки, заповнені феромагнітною діелектричною масою, і осьові канавки з наповненням електропровідним немагнітним матеріалом.

Недоліком цього ротора є розташування поблизу до зовнішньої його поверхні провідного матеріалу в пазах і пов'язане з цим збільшення втрат енергії від гармонік поля високого порядку, зни-

(13) U

(11) 21430

(19) UA

ження ККД і коефіцієнта потужності, а також підвищений нагрів ротора.

У основу корисної моделі поставлено завдання підвищення енергетичних показників (ККД і $\cos \varphi$) АД і поліпшення охолодження ротора такого типу.

Це завдання досягається тим, що робочий масивний циліндр збирається з двох концентрично розташованих циліндрів - зовнішнього і внутрішнього, внутрішній масивний циліндр виконується з комбінацією розташованих по всій його довжині по внутрішній і зовнішній поверхнях поздовжніх пазів, причому зовнішні пази вільні від заповнення, внутрішні пази, звернені до сердечника, заповнюються добре провідним матеріалом, а зовнішній робочий циліндр забезпечений комбінацією кільцевих гвинтових пазів, що наносяться по всій його поверхні, і поздовжніх прорізів, виконаних на його торцевих частинах, при цьому названі циліндри з'єднуються таким чином, щоб зовнішні поздовжні пази внутрішнього робочого циліндра і поздовжні прорізи зовнішнього робочого циліндра були повністю суміщені по осі один з одним, а коротко замикаючі кільця прикріплені до торців внутрішнього циліндра і охоплюються зверху зовнішнім циліндром.

На Фіг.1 зображений пропонований ротор, поперечний розріз, на Фіг.2 - перетин А-А Фіг.1.

Сердечник ротора 4 виконується за одне ціле з несучими елементами маточини з цілісного пакування або з окремих листів електротехнічної сталі, закріплених на маточині. Робочими елементами ротора, об'єднуючими функції струмо- і магнітопроводу є два масивні циліндри, - зовнішній 2 і внутрішній 3, які виконуються з різних магніто- і електропровідних матеріалів із заданими електричними і магнітними властивостями. На утворюючих поверхнях внутрішнього робочого циліндра 3 профрезеровані поздовжні пази 7 і 8, причому пази 8 цілком заповнені добре провідним немагнітним матеріалом, наприклад, міддю, з торців до цього циліндра прикріплюються коротко-замикаючі кільця 10 з такого ж провідного матеріалу, які повністю замикають і циліндр 3, і розташовані в пазах 8 стрижні. Призначення пазів 8 полягає в зменшенні електричного опору циліндра поздовжнім складовим струму ротора, що визначає ефективність перетворення енергії в роторі. Зовнішні пази 7 вільні від заповнення і їх призначення сумісне з пазами 8 полягає в збільшенні опору магнітним потокам розсіяння, які замикаються в поперечному перетині ротора, що знижує реактивну потужність, що приходить на цю частину ротора. Зовнішній циліндр 2 несе на поверхні, зверненій до зазору електричної машини, кругові кільцеві пази 1 і поздовжні прорізи 6, які розташовуються на частинах торців цього циліндра, що закриває зверху як внутрішній робочий циліндр 3, так і коротко замикаючі кільця 10. Загальне призначення зовнішнього циліндра 2 полягає, з одного боку, в забезпеченні гладкої поверхні ротора в активній його частині, зверненій до зазору, з іншого - в забезпеченні циркуляції охолоджуючого середовища через порожнини, що утворюються пазами 7 і прорізами 6 (пунктир на Фіг.2). Крім того, прорізи 6 обмежують складові струми, що замикаються в тангенціаль-

ному напрямі по циліндру 3. Призначення кругових кільцевих пазів 1 також двояке - збільшення опору зовнішнього циліндра 2 поверхневим струмом від вищих гармонік магнітного поля і поліпшення тепловідводу з поверхні, що являється найбільш нагрітою частиною ротора.

Фізично виконання пропонованого ротора, з вказаною конструкцією обґрунтовується електромагнітними процесами і особливостями роботи електричної машини такого типу таким чином. У сталому робочому режимі при малих ковзаннях частота поля F_n взаємної індукції в роторі мала, глибина його проникнення максимальна і струми в роторі, протікаючи по всьому перетину робочих циліндрів, зазнають мінімальний опір, при цьому наявність в глибині масиву пазів з добре провідними стрижнями спільно з установкою на торцях провідних к.з. кілець доповнює ефект зниження опору ротора і збільшує осьові складові струму ротора. Цьому ж сприяє наявність в двох робочих циліндрах поздовжніх пазів, що розвивають внутрішню поверхню для протікання осьових струмів. В результаті збільшується жорсткість механічної характеристики АД і при певному ковзанні зростають активна потужність і електромагнітний момент.

Одним з головних чинників пониження енергетичних показників АД з масивним ротором, є магнітні потоки розсіяння Φ_{pc} в роторі і додаткові втрати, обумовлені дією вищих гармонік поля. Наявність поздовжніх пазів 6,7,8 в циліндрі найефективнішим чином збільшує магнітний опір потокам Φ_{pc} , істотно знижує індуктивний опір ротора і реактивну потужність, внаслідок чого підвищується $\cos \varphi$. Тут важливо відзначити, що використання поздовжніх пазів на внутрішньому робочому циліндрі, заповнення частини з них провідним матеріалом, а також наявність поздовжніх прорізів на зовнішньому циліндрі формують електричну і магнітну анізотропію активної зонті ротора і в сукупності покращує енергетичні показники не тільки в сталому режимі роботи двигуна, але і при перехідних процесах. При пуску, наприклад, або в інших режимах, що протікають при підвищеному ковзанні, магнітний потік Φ_n вільно замикається через обидва робочих циліндра, як показано на Фіг.1, а потоки розсіяння продовжують випробовувати великий магнітний опір і істотно знижуються. Крім того в результаті ефекту витіснення струми ротора, замикаються в основному, по зовнішній і верхній частині внутрішнього циліндра з незаповненими пазами, загальний активний опір істотно збільшується і при малому загальному струмі ротора двигун розвиває великий електромагнітний момент, зберігаючи таким чином основні переваги звичайного АД з масивним ротором.

Ефективним засобом зниження додаткових втрат, підвищення ККД і зниження нагріву є збільшення поверхневого опору ротора, що досягається фрезеруванням на його поверхні кругових кільцевих пазів. Завершенням всіх заходів, направлених на поліпшення тепловідводу від ротора, є використання поздовжніх каналів на внутрішньому циліндрі і поздовжніх прорізів на зовнішньому циліндрі для циркуляції через них

охлаждающего срединища, яке може бути посилено за рахунок дії спеціально розташованих радіаторів-вентиляторів 11 на торцях ротора. Разом з тим, кільцеві гвинтові пази на поверхні ротора сприяють інтенсивному руху охлаждающего срединища в зазорі і зниженню нагріву.

Для досягнення найбільшого ефекту в реалізації поставленої мети геометричні розміри елементів ротора вибираються із співвідношень:

$$h_c \geq (1,2 \dots 1,5) \Delta_v; \quad h_{вн} = (1,1 \dots 1,3) \Delta_{вн}; \quad h_{нар} = (2 \dots 3) \Delta_v$$

- товщини сердечника і масивних робочих циліндрів;

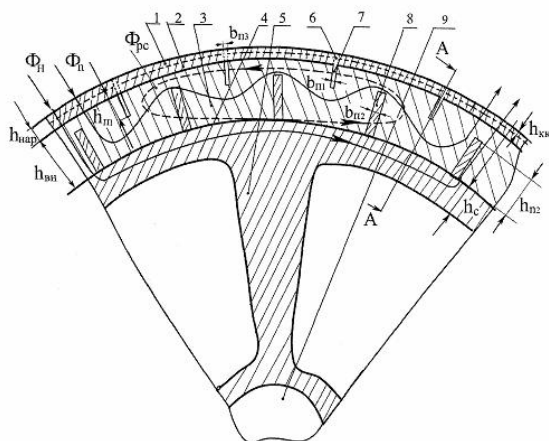
$$h_{п1} = (0,3 \dots 0,4) h_{вн}; \quad h_{п2} = (0,7 \dots 0,6) h_{вн}; \quad h_{п3} = h_{нар};$$

$$b_{п1} = (1,0 \dots 1,5) \text{ мм}; \quad b_{п2} = (2,0 \dots 3,0) \text{ мм}; \quad b_{п3} = b_{п1} - \text{глибини пази і прорізи робочих циліндрів і їх ширина};$$

$$\ell_{п3} \ell_{п3} = (0,15 \dots 0,2) \ell_{нар} - \text{довжина прорізу зовнішнього циліндра, по відношенню до його довжини};$$

$$= \Delta_v; \quad b_{кк} = 0,8 \dots 1,0 \text{ мм}; \quad a_{кк} = (3 \dots 4) \text{ мм} - \text{глибина, ширина і крок кругових кільцевих пази};$$

Δ_c і $\Delta_{вн}$ - глибина проникнення основної гармоніки поля в сердечник і внутрішній робочий циліндр;



Фиг. 1

Δ_v - глибина проникнення першої пари зубцевих гармонік в зовнішній циліндр;

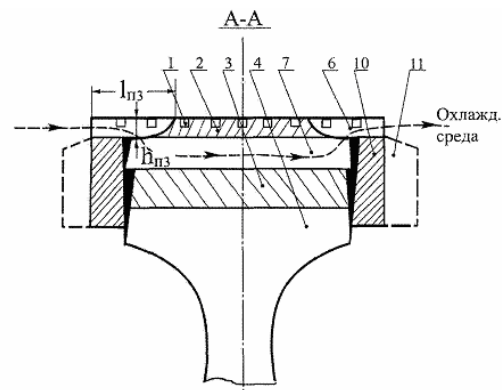
$p_{вн} = p_{нар} = p_{пр} = 2p/4$ - число пази і прорізи на робочих циліндрах, $2p$ - число полюсів АД.

За названих умов енергетичні показники двигуна з багатопольовим комбінованим ротором описаної конструкції значно перевершують показники звичайного АД з двошаровим ротором і вельми близькі до показників сучасного АД з короткозамкнутим ротором, зберігаючи в той же час високі показники масивнороторного АД при великих ковзаннях.

Разом з цим пропонується конструкція ротора є вельми надійною в експлуатації, як така, що не має елементів, потенційно схильних до руйнування.

1. Могильников В.С. Асинхронні електродвигуни з двошаровими роторами і їх застосування / В.С. Могильников, А.М. Олейников, А.Н. Стрельников. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 119с.

2. Патент РФ 2104608, МПК 6 H02K 17/16, H02K 1/22. Масивний ротор електричної машини. / Могильников В.С., Олейников А.М., Чувашев В.А., Жук Н.П. Заявка №95121584/07 (037988) від 22.12.1995г., опубл. 10.09.1997, бюл. №25.



Фиг. 2