



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110835** (13) **C2**
(51) МПК
H02K 19/20 (2006.01)
H02K 16/04 (2006.01)
H02K 21/38 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2013 15053	(72) Винахідник(и): Трегуб Микола Іларіонович (UA)
(22) Дата подання заявки: 23.12.2013	(73) Власник(и): Трегуб Микола Іларіонович, вул. Курсова, 37, кв. 60, м. Біла Церква, Київська обл., 09116 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.02.2016	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: DE 19908557 A1, 09.09.1999 UA 102445 C2, 10.05.2012 UA 101118 C2, 10.07.2012
(41) Публікація відомостей про заяву: 10.06.2014, Бюл.№ 11	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.02.2016, Бюл.№ 4	

(54) СПОСІБ КАСКАДНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНУ

(57) Реферат:

Спосіб каскадного перетворення механічної енергії в електричну може знайти застосування у вітроелектричних установках та низьконапірних гідроелектростанціях, у комунальному і сільському господарстві. За винаходом кільцевий ротор 1 генератора приводиться механічним приводом (вітродвигуном) у обертовий рух з певною кутовою швидкістю, при цьому феромагнітні елементи 2 ротора 1 рухаються через повітряні проміжки, виконані у тороїдоподібних магнітопроводах магнітоелектричної 3 та електромагнітної 4 секцій. Тим самим в якірній обмотці 5 магнітоелектричної секції 3 статора, у магнітопровод якої вбудований постійний магніт, індукують синусоподібний імпульс струму, фазу якого формують періодом руху феромагнітних елементів 2 ротора 1 через повітряний проміжок. Цим струмом живлять обмотку збудження 7 електромагнітної секції 4 статора, яка зміщена відносно магнітоелектричної секції 3 по дузі кола обертання ротора 1 так, щоб фази створюваного синусоподібного магнітного потоку збудження і періодичного руху феромагнітного елемента 2 ротора 1 через її повітряний проміжок співпадали. За способом можна виконувати генератори із різною кількістю статорних секцій у різних комбінаціях. Винахід забезпечує створення синусоподібного струму збудження, який правильно синхронізований без використання складних програмованих електронних пристроїв та додаткових джерел живлення.

UA 110835 C2

Винахід належить до електротехніки, зокрема до способів перетворення механічної енергії в електричну за допомогою кільцево-роторних генераторів індукторного типу з магнітним та електромагнітним збудженням, які можуть використовуватися на безредукторних вітроелектричних установках та низьконапірних гідроелектростанціях.

5 Загальновідомими є способи перетворення механічної енергії в електричну, які базуються на сформульованому М. Фарадеєм законі електромагнітної індукції, що полягає загалом у механічній зміні потокозчеплення між взаємно рухомими якірною обмоткою, у якій індукується електрорушійна сила (ЕРС) та частиною електромагнітної системи генератора, відносний механічний рух якої спричиняє ці зміни, як описано [Копылов И.П. Электромеханические преобразователи энергии. М.: «Энергия», 1973, - 400с].

10 Відомі також різні способи і різні типи електрогенераторів для перетворення механічної енергії в електричну [Бертинов А.И. Авиационные электрические генераторы/ А.И. Бертинов. - М.: Оборонгиз, 1959 - 187с]. Досить детально описані відомі способи електромеханічного перетворення енергії за допомогою синхронних генераторів [наприклад, Осин И.Л. Электрические машины. Синхронные машины./ И.Л.Осин, Ю.Г. Шакарян, - М.: Высш. шк., 1990. - 304с], які мають принцип роботи, загалом подібний до пропонованого.

15 Серед описаних способів електромеханічного перетворення енергії виділяють параметричний, у якому магнітний потік в електромагнітній системі генератора не змінюється за напрямом, а лише за величиною шляхом періодичної зміни магнітної провідності електромагнітного кола за рахунок періодичної зміни відстані повітряного проміжку між феромагнітними зубцями обертового ротора і полюсними виступами статора, що є спільною ознакою із пропонованим способом. За таким принципом працюють індукторні електричні машини, які мають гранично просту конструкцію ротора і вважаються серед безконтактних генераторів одними з найбільш надійних [Альпер Н.Я., Терзян А.А. Индукторные генераторы. М.: «Энергия», 1970, 192с]

20 Однак тут скрізь розглядаються параметричні способи електромеханічного перетворення енергії з можливостями лише традиційних конструктивних схем індукторних генераторів, де зміна величини магнітного потоку здійснюється тільки за рахунок періодичної зміни магнітної провідності кола їхньої електромагнітної системи. При цьому найбільш суттєвим принциповим недоліком індукторних генераторів вважається присутність постійної складової магнітного потоку збудження, яка не бере участі в індуванні ЕРС у якірній обмотці статора, але завантажує магнітопровід. В основному через це індукторні генератори мають гірші енергетичні та масогабаритні показники, ніж синхронні генератори магнітоелектричного та електромагнітного типу.

35 Одним із аналогів пропонованого способу можна вважати відомий спосіб роботи індукторного генератора з постійними магнітами [Домбур Л.Э., Пугачев В.А. Аксиальные индукторные машины с постоянными магнитами. Известия АН Латв. ССР, серия физических и технических наук, 1968, №3 с. 89 - 94]. Спільною ознакою цього відомого і пропонованого способів є створення магнітного поля збудження індукторного генератора постійними магнітами. Це дозволяє не витратити енергію на створення магнітних потоків збудження. Але такий спосіб електромеханічного перетворення енергії також не забезпечує відсутності непродуктивної постійної складової магнітного потоку збудження, а ще, крім того, принципово ускладнює процес регулювання напруги генератора. До того ж для збільшення потужності такого генератора необхідно суттєво збільшувати загальну масу постійних магнітів. Одночасно встановлення скрізь постійних магнітів не дозволяє використати переваги керованої комутації змінних магнітних потоків збудження, як це запропоновано, наприклад, у іншому аналозі [Патент на корисну модель UA 24206, 25.06.2007, бюл. № 9], в якому переключення напруги живлення виконується при переході її через нульове значення, коли відбувається вивільнення накопиченої енергії самоіндукції, вектор дії якої збігається з напрямом обертання ротора. Тут дійсно за рахунок використання ЕРС самоіндукції обмотки статора у певному положенні полюсів ротора можна досягти підвищення ефективності перетворення електромагнітної енергії в механічну.

55 Проте даний спосіб передбачає перетворення електромагнітної енергії в механічну шляхом взаємодії електромагнітної системи статора з полем постійних магнітів ротора, що у випадку оберненого використання такої електричної машини в режимі генератора принципово обмежуватиме потужність, оскільки постійний магніт має високий магнітний опір у загальному магнітному колі та обмежену питому енергію магнітного матеріалу. Головним же принциповим недоліком названого способу слід вважати необхідність встановлення постійних магнітів на обертовому роторі генератора.

Найбільш близьким аналогом винаходу є спосіб перетворення механічної енергії в електричну [Патент на винахід UA 102445, опубл. 10.07.2013, бюл. № 13], в якому для підвищення енергоефективності процесу перетворення механічної енергії в електричну в обмотку збудження статора подають імпульс постійного струму незмінної полярності на початку

5 перекривання феромагнітним зубцем ротора повітряного проміжку між полюсами статора і продовжують до моменту максимального перекривання зубцем цього простору, після чого імпульс струму припиняють, а моменти початку і закінчення імпульсу струму в обмотці збудження коригують автоматично електронним комутатором залежно від коефіцієнта реактивної потужності та величини струму навантаження в якірній обмотці статора, намотаній

10 на спільному магнітопроводі з обмоткою збудження. Тут дійсно за рахунок використання керованої комутації струму збудження та утворення ЕРС самоіндукції обмотки статора в певному положенні полюсного елемента ротора можна досягти підвищення ефективності процесу перетворення механічної енергії в електричну, бо зменшується відносна частка непродуктивної постійної складової магнітного потоку.

15 Але такий спосіб передбачає перетворення механічної енергії в електричну, використовуючи окреме джерело електричної енергії з постійним струмом незмінної полярності для створення керованого імпульсу струму збудження, що зменшує енергоефективність та надійність роботи генератора, наприклад, на безредукторній вітроустановці. Крім того, названим способом перетворення механічної енергії в електричну за імпульсного струму

20 збудження важко забезпечити синусоподібну форму вихідної напруги генератора. Певним недоліком способу також є необхідність використання складного програмованого електронного пристрою, яким регулюються моменти початку і припинення імпульсу струму збудження залежно від коефіцієнта реактивної потужності та величини струму навантаження і координат руху ротора.

25 В основу винаходу було поставлено задачу розробити енергоефективний спосіб перетворення механічної енергії в електричну за допомогою індукторного кільцево-роторного генератора без використання складних програмованих електронних пристроїв та додаткових джерел живлення, окрім самого генератора, для створення синусоподібного струму збудження, синхронізованого за фазою із рухом полюсного елемента кільцевого ротора через міжполюсний

30 повітряний проміжок магнітопроводу статора. Тобто індукування синусоподібного струму збудження і синусоподібної вихідної напруги генератора здійснюється лише за рахунок механічного руху феромагнітних елементів кільцевого ротора через міжполюсний повітряний проміжок магнітопроводу статора без використання складного програмованого пристрою для координування фази імпульсу струму збудження відносно положення феромагнітного елемента

35 ротора.

Поставлена задача вирішується шляхом одночасного індукування синусоподібного струму в якірній обмотці електромагнітної секції статора з постійним магнітом і живлення цим струмом обмотки збудження на іншій електромагнітній секції статора без постійного магніту, встановленій з відповідним фазовим зміщенням для синхронізації фази магнітного потоку

40 збудження із рухом феромагнітних елементів ротора. За таких умов забезпечується жорсткий зв'язок між формою і фазою струму в обмотці збудження та координатами руху феромагнітного елемента ротора у міжполюсному повітряному проміжку магнітопроводу електромагнітної секції статора.

Період синусоподібного струму збудження формується рухом феромагнітного елемента ротора через міжполюсний повітряний проміжок магнітопроводу секції статора із постійним магнітом. Цей струм збудження створює в іншій електромагнітній секції без постійного магніту синусоподібний магнітний потік, узгоджений за фазою з координатами руху феромагнітного елемента ротора через міжполюсний проміжок. Таким чином у якірній обмотці цієї електромагнітної секції статора індукується також синусоподібна ЕРС завдяки синусоподібним

50 за формою струмом збудження і утвореним ним магнітним потоком та узгодженим за фазою періодом руху активного елемента ротора через міжполюсний проміжок.

Суть запропонованого способу можна пояснити на принципі дії пристрою, зображеного схематично на кресленні. Пристрій складається із кільцеподібного корпусу ротора 1 радіусом R , на якому рівновіддалено по колу розміщені феромагнітні елементи 2, виконані, наприклад, із шихтованих пластинок електротехнічної сталі з високою магнітною провідністю. Статор складається із окремих тороїдоподібних шихтованих магнітопроводів електромагнітної 3 та електромагнітної 4 секцій, на яких намотані якірні обмотки відповідно 5 і 6 та обмотка збудження 7 на електромагнітній секції. На електромагнітній секції 3 встановлений постійний магніт 8. У магнітопроводах обох секцій виконані бокові прорізи для поперечного руху через них

60 феромагнітних елементів 2 кільцевого ротора. Напрямок магнітних потоків у магнітопроводах

секцій 3 і 4 позначений відповідно Φ_1 і Φ_2 , а індуквані ЕРС якірних обмоток секцій позначені також відповідно E_1 та E_2 . До якірної обмотки 6 електромагнітної секції 4 підключене навантаження загальним опором Z_H . Паралельно до сполучених між собою якірної обмотки 5 та обмотки збудження 7 підключений конденсатор C_D , а струм збудження регулюється опором R_1 .

5 Принцип дії електрогенератора, що реалізує запропонований спосіб перетворення механічної енергії в електричну полягає в тому, що кільцевий ротор 1 радіусом R приводиться механічним приводом, наприклад вітродвигуном, у обертовий рух з кутовою швидкістю ω . Феромагнітні елементи 2 рухаються через повітряні проміжки магнітопроводів обох секцій у поперечному напрямі зі швидкістю ωR . Магнітний потік Φ у магнітопроводі секції 3 змінюється від $\Phi_{\text{мін.}}$, коли феромагнітний елемент повністю виходить із міжполюсного проміжку, до $\Phi_{\text{макс.}}$ коли він повністю заходить туди. Форма змінного магнітного потоку близька до синусоїди, що з достатньою точністю описується виразом:

$$\Phi(t) = \Phi_{\text{мін.}} + \Phi_{\text{макс.}} \sin^2 \omega t \quad (1)$$

де $\Phi_{\text{мін.}}$ - мінімальна постійна складова магнітного потоку збудження, яка має місце при повному виході феромагнітного елемента із міжполюсного проміжку,

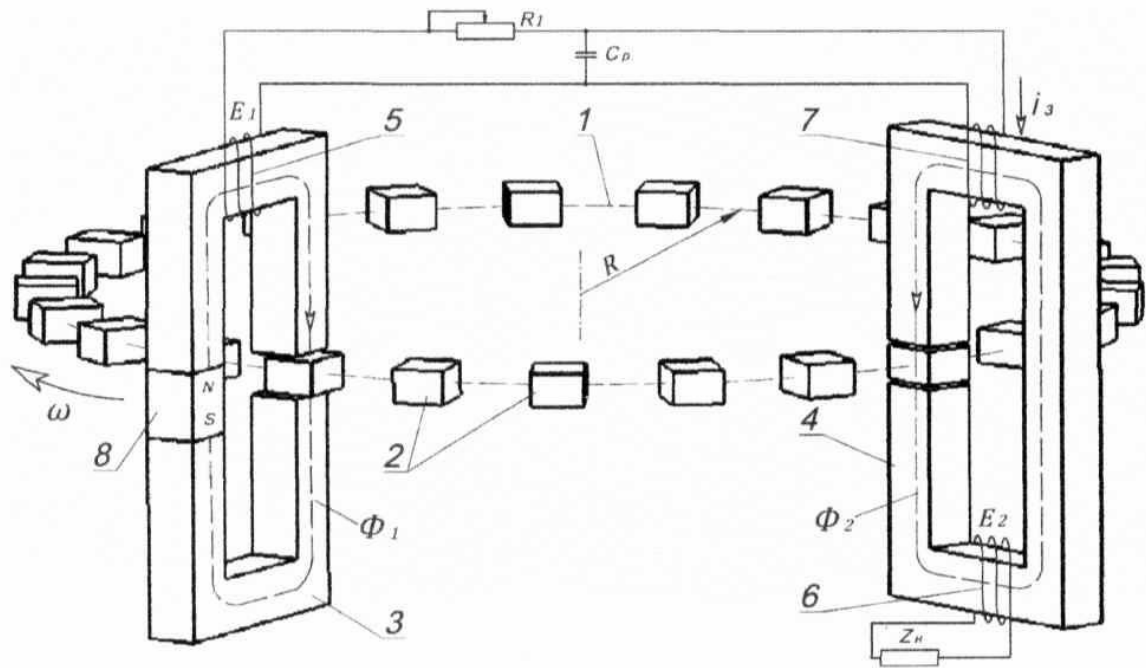
15 $\Phi_{\text{макс.}}$ - максимальне значення магнітного потоку при повному входженні феромагнітного елемента у міжполюсний проміжок,

$\Phi_{\text{макс.}} \sin^2 \omega t$ - змінна складова магнітного потоку збудження.

20 Змінна складова магнітного потоку спричиняє індуквання синусоподібної ЕРС подвійної частоти у якірній обмотці 5 магнітоелектричної секції 3, до якої підключена обмотка збудження 7 іншої електромагнітної секції 4, що викликає у ній струм також синусоподібної форми, фаза якого залежить від координат руху феромагнітного елемента 2 ротора через міжполюсний проміжок магнітопроводу статорної секції 3. Синусоподібний струм обмотки збудження 7 створює у магнітопроводі секції 4 також синусоподібний магнітний потік, фаза якого узгоджується із координатами руху феромагнітного елемента 2 через міжполюсний проміжок магнітопроводу секції 4, що досягається шляхом розміщення секції 4 на відповідній дуговій відстані відносно секції 3. Змінний магнітний потік секції 4 створює електромагнітний момент 25 силової взаємодії із феромагнітним елементом ротора, перетворюючи в режимі електромеханічного резонансу механічну енергію його руху в електричну, яка споживається навантаженням Z_H , підключеним до якірної обмотки 6. Тобто у магнітопроводі електромагнітної секції 4 відсутня непродуктивна постійна складова магнітного потоку збудження, що суттєво покращує енергетичні та масогабаритні показники при збереженні усіх переваг надійності генератора індукторного типу. За допомогою конденсатора C_D , підключеного паралельно до сполучених між собою якірної обмотки 5 та обмотки збудження 7 досягається також резонанс 30 струму збудження і підвищується ЕРС робочої якірної обмотки 6, вихідна напруга якої має технічну можливість регулювання, наприклад, зміною струму збудження опором R_1 . За описаним принципом можна виконувати генератори із різною кількістю статорних секцій у різних комбінаціях. Спосіб названий каскадним, оскільки процес перетворення механічної енергії в електричну здійснюється каскадним принципом взаємодії магнітоелектричної та електромагнітної секцій.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

45 Спосіб перетворення механічної енергії в електричну шляхом силової взаємодії моменту механічного приводу активних елементів ротора з електромагнітним моментом статора, в обмотку збудження якого подається імпульс струму збудження, узгоджений за фазою із координатами руху феромагнітного елемента ротора через міжполюсний повітряний проміжок статорної секції, який **відрізняється** тим, що спочатку в якірній обмотці секції статора із постійним магнітом індукується синусоподібний імпульс струму, фазу якого формують періодом руху феромагнітних елементів ротора через повітряний проміжок, а далі цим струмом живлять обмотку збудження на іншій електромагнітній секції статора без постійного магніту, зміщений відносно магнітоелектричної секції по дузі кола обертання ротора так, щоб фази створюваного синусоподібного магнітного потоку збудження і періодичного руху феромагнітного елемента ротора через її повітряний проміжок співпадали.



Комп'ютерна верстка Д. Шеврун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601