

FEATURES OF ELECTRO-ACTIVATING OF MOLECULES OF PROPANOU AND NATURAL GAS FOR RISE OF ENERGY EFFICIENCY OF FUEL EQUIPMENTS

Aspects of physical and chemical nature of the REDOX processes of combustion are described. The connection of energy termogenerative equipments on hydrocarbon fuel with electrical activating and polarization of molecules reagents in the field of pulse high voltage is shown. The results of experimental research of propane and natural gas combustion in the air are adduced and analyzed.

Key words: energy efficiency, fuel, molecules, electric field, high voltage, activating, polarization.

УДК 620.92

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ЗРІВНОВАЖУВАННЯ МАГНІТНИХ МОМЕНТІВ ТА БЕЗКОНТАКТНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЗАЗОРУ АКСІАЛЬНОГО МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНОГО ДУГОСТАТОРНОГО ВІТРОГЕНЕРАТОРА

М.І. Трегуб, канд. техн. наук
Білоцерківський НАУ

Описаний принцип роботи дугостаторного вітроелектричного генератора з постійними магнітами та методи зрівноважування магнітних моментів за різної кількості секцій статора і безконтактної стабілізації повітряного зазору магнітними кондукторами.

Ключові слова: магнітоелектричний дугостаторний аксіальний генератор, безредукторна вітроустановка, зрівноважування магнітних моментів, стабілізація повітряного зазору.

Актуальність. У безредукторних автономних вітроелектричних установках (АВЕУ) встановлення ротора електрогенератора безпосередньо на валу вітродвигуна технічно доцільне лише за невеликих розмірів лопатей, менших ніж 1,5 м. Відомо [1], що збільшення довжини лопатей забезпечує зростання потужності у квадраті, але одночасно з цим обернено пропорційно зменшується частота обертання вала. Тому для підвищення лінійних швидкостей руху електромагніт-

© М.І. Трегуб.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.

но-активних деталей ротора їх встановлюють [2] на кільцеподібному корпусі великого діаметра, однак тоді, навіть за незмінного магнітного потоку збудження, пропорційно збільшенню радіуса зростає гальмівний момент. Крім цього також складною технічною проблемою є підтримання незмінного мінімального повітряного зазору між ротором і статором, вирішення якої є актуальним завданням.

Стан проблеми. Серед сучасних досконалих методів розрахунку вітроелектричних генераторів [1] найбільша увага приділяється масово поширеним повнотаторним конструкціям радіального типу. Проте значно менш відпрацьованими залишаються спеціалізовані конструкції електрогенераторів аксіального типу, які вважаються перспективними для вітроелектричних установок. У публікаціях [3], [4] були описані приклади розрахунку магнітоелектричних генераторів аксіального типу з кільцеподібним ротором, але питання мінімізації гальмівної дії магнітних потоків збудження та методів стабілізації повітряного зазору там зовсім не розглядалися.

Методи досліджень. Теоретичний аналіз умов зрівноважування моментів силової взаємодії полюсних магнітів ротора із магнітопроводами статорних секцій виконували на основі законів силової дії магнітних полів між елементами магнітного кола та математичних методів розрахунку нульового балансу векторних сум.

Результати досліджень. Виконували дослідження роботи магнітоелектричного дугостаторного генератора аксіального типу із кільцеподібним ротором. Особливість конструкції запропонованого [5] генератора полягала в тому, що постійні магніти призматичної форми були встановлені на діелектричній дископодібній периферійній частині кільцеподібного ротора з одnobічною аксіальною орієнтацією однойменних полюсів. Це дозволило мінімізувати поперечні гальмівні магнітні потоки розсіювання через полюсні виступи магнітопроводів статора та одночасно дало можливість застосувати безконтактні магнітні кондуктори аксіальних повітряних зазорів, що показано на схематичному зображенні конструкції генератора (рис.1).

Принцип дії зображеного генератора полягає в тому, що при обертанні ротора його постійні магніти 7 періодично входять у зазори секцій магнітопроводів 2, викликаючи там збільшення магнітного потоку до максимального значення, а в наступний момент вони виходять із зазору, викликаючи зменшення магнітного потоку практично до нуля. Завдяки періодичній зміні магнітного потоку в магнітопроводах секцій статора у їхніх обмотках 3 індукуються електрорушійна сила (ЕРС).

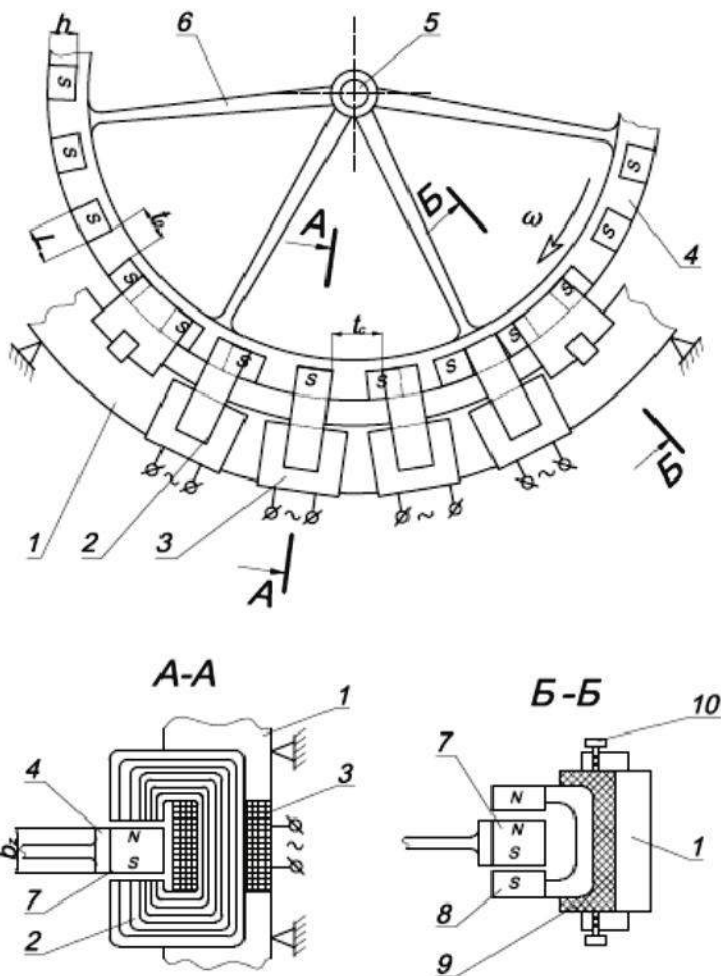


Рис. 1. Схематичне зображення будови аксіального магнітоелектричного дугостаторного генератора з магнітними кондукторами повітряного зазору: 1 – корпус дугоподібного статора; 2 – магнітопроводи секцій статора; 3 – обмотки секцій статора; 4 – корпус ротора; 5 – вал ротора; 6 – жорсткі радіальні стрижні; 7 – магніти ротора; 8 – магніти кондуктора; 9 – діелектричний корпус кондуктора; 10 – регулювальні гвинти

У лабораторній моделі генератора були використані феритові постійні магніти 7 (рис.1) призматичної форми із розмірами полюсної поверхні $L \cdot h = 30 \cdot 30$ мм і товщиною $b_z = 12$ мм. Величина магнітної індукції, виміряної теслометром на поверхні полюсів магнітів, становила 0,33 Тл. Загальна кількість таких магнітів була 36, рівномірно розміщених на периферійній діамагнітній частині кільцеподібного ротора 4 діаметром 0,7 м. Розрахункова частота обертів ротора становила 50 хв^{-1} . Обмотка секції статора мала 200 витків, намотаних мідним обмотковим проводом діаметром 1,2 мм. Величина повітряного зазору між полюсами магнітів ротора і статором не перевищувала 0,5 мм з кожного боку.

Максимального значення магнітний потік у магнітопроводі секції статора набуває за повного входження полюсної поверхні магніту ротора у зазор і визначається за формулою:

$$\Phi_{\max} = B_z \cdot S, \text{ Вб}, \quad (1)$$

де B_z – магнітна індукція в зазорі, виміряна теслометром, 0,3 Тл; S – площа поверхні полюса магніту, м^2 ; $S = 0,03\text{м} \cdot 0,03\text{м} = 0,0009\text{м}^2$.

Тоді $\Phi_{\max} = 0,3\text{Тл} \cdot 0,0009\text{м}^2 = 0,00027\text{Вб} = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{Вб}$.

Магнітний потік при входженні магніту в зазор і виході з нього змінюється за половину періоду T , який визначається за формулою:

$$T = f^{-1} = \frac{60}{p \cdot n} = \frac{60}{z \cdot n}, \quad (2)$$

де T – період зміни величини магнітного потоку, с; f – частота індукованої ЕРС, Гц; p – кількість пар полюсів аксіального ротора; z – кількість магнітів аксіального ротора; n – частота обертання ротора, хв^{-1} .

Тоді числове значення половини періоду буде: $0,5T = \frac{0,5 \cdot 60}{36 \cdot 50} = \frac{1}{60}$ с.

Оскільки за половину періоду магнітний потік змінюється лінійно, то значення індукованої ЕРС змінюється аналогічно до відомого прикладу [6] за законом:

$$E = -\frac{W \cdot \Delta\Phi}{0,5T}, \text{ В}, \quad (3)$$

де W – кількість витків обмотки; $\Delta\Phi$ – зміна магнітного потоку за половину періоду, Вб.

Наприклад, при входженні магніту ротора у міжполюсний зазор секції статора, магнітний потік зростає практично від 0 до $\Phi_{MAX} = 2,7 \cdot 10^{-4}$ Вб, тобто $\Delta\Phi = \Phi_{MAX} = 2,7 \cdot 10^{-4}$ Вб. Тоді ЕРС в обмотці секції статора з кількістю витків $W = 200$ згідно виразу (3) набуде значення:

$$E = -\left(\frac{200 \cdot 2,7 \cdot 10^{-4}}{1/60}\right) = -32,4 \text{ В.}$$

У наступній половині періоду при виході магніту ротора із міжполюсного зазору магнітопроводу секції статора магнітний потік зменшуватиметься від Φ_{MAX} до нульового значення, тобто $\Delta\Phi = -\Phi_{MAX} = -2,7 \cdot 10^{-4}$ Вб. Тоді ЕРС за цієї половини періоду набуде такого ж за абсолютною величиною, як і в першій половині періоду, але позитивного значення: $E = 32,4 \text{ В}$.

За результатами виконаних спрощених розрахунків побудовані графіки зміни магнітного потоку та ЕРС в обмотці секції статора за умови сталих обертів ротора і відсутності навантаження (рис.2).

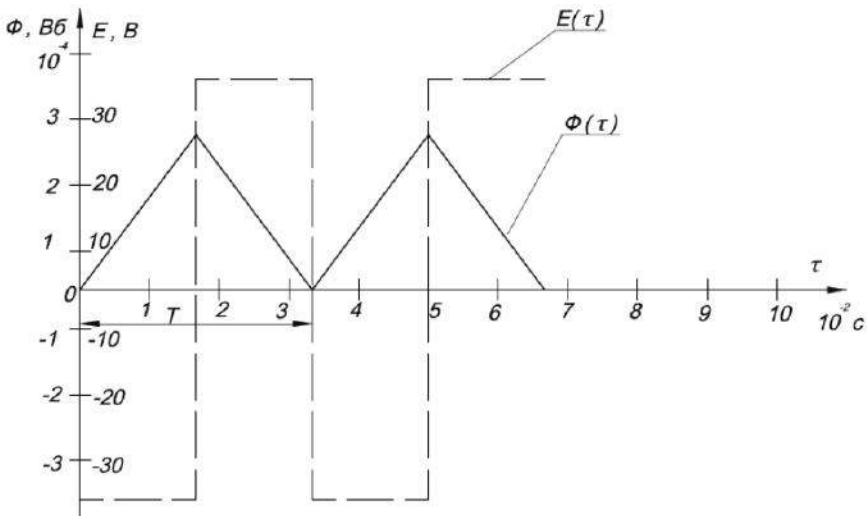


Рис. 2. Графіки зміни магнітного потоку та ЕРС в обмотці секції статора

З графіка (рис.2) видно, що магнітний потік змінюється лише за величиною, але залишається постійним за напрямом. Індукована ЕРС

має прямокутні імпульси, які за період T змінюються від мінімального негативного значення, під час зростання магнітного потоку, до максимального позитивного значення, під час зменшення магнітного потоку.

Для обґрунтування оптимальних співвідношень геометричних параметрів встановлення секцій статора і магнітних кондукторів відносно відомих розмірів полюсних поверхонь магнітів ротора доцільно скористатися проекцією розгортки елементів магнітного кола, описаного дугостаторного аксіального генератора. Для кращої наочності на проекції розгортки корпусні деталі не показані, а зображені лише функціональні елементи магнітного кола генератора (рис.3).

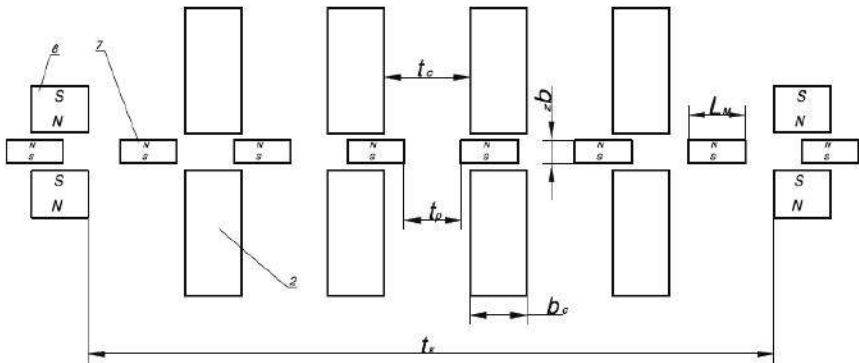


Рис. 3. Проекція розгортки функціональних елементів магнітного кола дугостаторного магнітоелектричного аксіального генератора. (Позиції деталей, зображених на рис.1 і рис.3, співпадають, де 2 – полюсні виступи магнітопроводів секцій статора, 7 – постійні магніти ротора, 8 – магніти кондуктора)

Детермінованими співвідношеннями геометричних параметрів функціональних деталей магнітного кола аксіального генератора були однакові лінійні розміри магнітів ротора L_M , відстаней між ними t_p і ширини b_c магнітопроводів секцій статора. Умови зрівноважування магнітних моментів силової взаємодії магнітів 7 ротора з магнітопроводами секцій 2 статора були досліджені аналітично. На загальному схематичному зображенні та на розгортці показані сусідні секції статора, взаємно зміщені по дузі на відстань t_c , яка принципово завжди більша ніж відстань t_p між сусідніми магнітами ротора.

Аналітично була встановлена загальна закономірність повного

зрівноважування моментів між магнітами ротора і секціями статора, яка для подібних аксіальних генераторів виконується за умови дотримання пропорції:

$$\frac{t_c}{t_p} = \frac{(m+2)}{m}, \quad (4)$$

де t_c – відстань по дузі кола обертання магнітів ротора на рівні зазору між магнітопроводами сусідніх секцій статора, м; t_p – відстань по дузі кола обертання між магнітами ротора, м; m – парна кількість секцій дугоподібного статора.

Оскільки функціонально залежною величиною є відстань t_c між магнітопроводами секцій статора, а змінним аргументом кількість секцій статора m , то із виразу (4) отримуємо функціональну залежність відстані між секціями статора і їхньою кількістю при детермінованому значенні розмірів полюсних поверхонь магнітів ротора та відстаней між ними:

$$t_c = t_p \frac{(m+2)}{m} \quad (5)$$

Неодмінною умовою справедливості виразу (5) є те, що зрівноважування магнітного моменту постійних магнітів принципово можливе лише за парної кількості секцій статора, незалежно від кількості магнітів на роторі, яка може бути будь-яким цілим числом. За такої умови настає рівновага між тангенційними складовими сил втягування однієї половини магнітів ротора до зазорів секцій статора і сил утримання іншої половини магнітів у зазорах, що забезпечує мінімальний загальний магнітний момент. Залежність (5) також задовольняє умову оптимальної (мінімально допустимої) відстані між магнітопроводами сусідніх секцій дугоподібного статора, за якої досягається повне зрівноважування магнітного моменту. Залежність (5) одночасно показує, що збільшення парної кількості секцій дугоподібного статора викликає зменшення різниці відстаней між магнітами на роторі та між секціями на статорі, що згладжує пульсації магнітного моменту та покращує показники об'ємної потужності генератора.

Принцип дії магнітних кондукторів 8 повітряного зазору (рис.3) можна пояснити за допомогою аналізу векторів їх силової взаємодії з магнітами ротора та одночасно магнітів ротора із магнітопроводами секцій статора. Перша пара однойменних магнітних полів викликає взаємне відштовхування, тоді як між магнітами ротора і магнітопро-

водами секцій статора діють лише сили притягування. Оскільки магнітні кондуктори і секції статора закріплені на спільному корпусі, то аксіальні сили притягування магнітів до магнітопроводів у зазорі можуть компенсуватися силами відштовхування інших магнітів від магнітних кондукторів у протилежному напрямі. Подібно до умови зрівноважування магнітного моменту при взаємодії магнітів ротора із магнітопроводами секцій статора, необхідно визначити умову зрівноважування виштовхувальної дотичної сили магнітів кондукторів на магніти ротора. Якщо вважати тангенційні виштовхувальні сили симетричними відносно геометричної симетрії полюсів магнітів, то така умова має однозначне рішення, коли магніти кондукторів встановлені відносно магнітів ротора у протифазі, що описується виразом:

$$t_k = m \cdot b_c + (m-1) \cdot t_c + \frac{m+2}{m} \cdot t_p, \quad (6)$$

де t_k – відстань між магнітами кондукторів, м; b_c – ширина секції статора, м.

Підставляючи значення t_c із виразу (5) та після заміни $b_c = t_p$, за попередніми умовами, після скорочень рівняння (6) набуде наступного вигляду:

$$t_k = 2t_p(m+1) \quad (7)$$

Тобто між кондукторами, встановленими з обох боків дугоподібного статора, повинна розташовуватися певна кількість магнітів ротора, однак їх кількість має бути там на одиницю менша, ніж проміжків між ними, а мінімальна відстань між крайніми секціями магнітопроводів такого статора і магнітними кондукторами залежить від кількості секцій статора.

Висновки

За рахунок однобічного встановлення однойменними полюсами магнітів ротора аксіального генератора досягається зменшення поперечних магнітних потоків розсіювання та є принципова можливість застосування безконтактних магнітних кондукторів повітряного зазору.

Зрівноважування моментів силової взаємодії магнітів ротора з магнітопроводами секцій статора досягається за умови виконання залежності (5) між геометричними параметрами їх розташування.

Мінімальна відстань між магнітними кондукторами повітряного

зазору, встановленими з обох боків дугоподібного статора, визначається кількістю секцій статора та шириною магнітів ротора.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А. И.* Неисчерпаемая энергия. Кн.1. Ветроэлектрогенераторы: Учебник. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т.», Севастополь: Севаст. Нац. техн. ун-т., 2003. – 400с.
2. *Патент №32851UA., МПК F03D 1/00, Безредукторна вітроенергетична установка /Трегуб М.І. – № u 200702848, заявл. 19.03.2007. Опубл. 10.06.2008. Бюл.№11.*
3. *Трегуб М.І.* Обґрунтування типів електрогенераторів для безредукторних вітроелектричних установок/ Міжвід. темат. наук. зб. ННЦ «ІМЕСГ» Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2012. –Вип. 96. –С.471 –481.
4. *Н.И. Трегуб, В.В. Гребенников, М.В. Прыймак.* Обоснование типов и параметров электрогенераторов для безредукторных ветроэлектрических установок.// Праці. Інституту електродинаміки. Національної академії наук України. Збірник наукових праць. – 2012, – Вип. 31. –С.67 -73.
5. *Патент №71835 UA, МПК H02K21/12, H02K21/24* Магнітоелектричний аксіальний генератор /Трегуб М.І., Гребеніков В.В., Приймак М.В.– № u 201201144; заявл.06.02.2012; опубл.25.07.2012, бюл.№14.
6. *Евдокимов Ф.Е.* Теоретические основы электротехники: Учебник. -5е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1981. -488с., ил.

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ УРАВНОВЕШИВАНИЯ МАГНИТНЫХ МОМЕНТОВ И БЕСКОНТАКТНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ЗАЗОРА АКСИАЛЬНОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДУГОСТАТОРНОГО ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

В статье описан принцип действия дугостаторного ветроэлектрического генератора с постоянными магнитами и методы уравновешивания магнитных моментов при различном количестве секций статора и бесконтактной стабилизации воздушного зазора с помощью магнитных кондукторов.

Ключевые слова: *магнитоэлектрический дугостаторный аксиальный генератор, безредукторная ветроустановка, уравновешивание магнитных моментов, стабилизация воздушного зазора.*

JUSTIFICATION METHODS COUNTERBALANCE THE MAGNETIC MOMENTS AND AXIAL GAP STABILIZATION CONTACTLESS MAGNETOELECTRIC ARCSTATORE WIND TURBINE

This paper describes the principle of operation arcstatore wind power generator with permanent magnets and methods for balancing the magnetic moments at various sections of the stator and the number of non-contact air gap stabilization using magnetic conductors.

Key words: *magnetoelectric dugostatorny axial generator, direct-drive wind turbine, balancing the magnetic moments, the stabilization of the air gap.*

УДК 621.548

МОДЕЛЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ ІДЕАЛЬНИМ ВІТРОКОЛЕСОМ ТИХОХІДНОГО ВІТРОДВИГУНА

В.І. Жоров, канд. техн. наук
ННЦ „ІМЕСГ”

З метою наближення до реального вітроколеса запропоновано в класичній моделі ідеального вітроколеса враховувати втрати потоку перед вітроколесом, а динамічний тиск на вітроколесо віднаходити через залишкову швидкість потоку на лопатях. Модель дає можливість розрахувати оптимальну частоту обертання та раціональні кути заклинення лопатей вітроколеса.

Ключові слова: *вітроколесо, вітер, потоки повітря, швидкість, потужність, коефіцієнт використання, лопать, частота обертання, кут заклинення.*

Проблема. Нині загальний аналіз ефективності використання енергії вітру пропелерними вітродвигунами проводиться на основі класичної моделі ідеального вітроколеса. Останнє замінюється тонким напівпрозорим для вітру диском, при проходженні через який вітер віддає йому частину енергії. У розрахунках допускається, що вітроколесо діє без втрат енергії, розсіювання вітру на ньому відсутнє, а лінії току йдуть без розриву, у зв'язку з чим модель називається лінійною.

Проблема полягає у тому, що розраховані на цій моделі коефіцієнт використання енергії вітру та швидкість потоку за вітроколесом значно відрізняються від параметрів цих величин, отриманих на фізичній

© В.І. Жоров.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.