

УДК 620.9

ВІТРОТЕПЛОВІ УСТАНОВКИ З ДИСКОВИМИ МАГНІТОПРОВОДАМИ

Жарков В.Я., канд. техн. наук, доц.,
Таврійський державний агротехнологічний університет

Розроблені індукційні перетворювачі енергії вітру в теплоту, що працюють за рахунок збудження вихрових струмів.

The author presents an induction converter designed for transforming wind power into heat and working due to vortex current excitation.

Постановка проблеми. За даними Всесвітньої вітроенергетичної асоціації (WWEA) у 2007 р. сумарні потужності світової вітроенергетики зросли до 93,8 ГВт., з них 19,7 ГВт були введені в експлуатацію у 2007 р. Енергію вітру використовують більш 70 країн світу. Вітроелектростанції (ВЕС) всього світу виробили 200 млрд. кВт·год, що становить 1,3% світового споживання електроенергії. В Європі сконцентровано 61% установлених вітряних електростанцій. У 2007 р. більш 20% електроенергії в Данії вироблялося із енергії вітру, ВЕС Німеччини виробили 14,3% від всієї спожитої електроенергії [1].

Приріст потужності світової вітроенергетики у 2007 р. становив 26,6% проти 25,6% у 2006 р. Лідерами світової енергетики є розвинені країни – Німеччина, США, Іспанія. Слідом ідуть країни, що розвиваються – Індія і Китай (табл.1).

Таблиця 1 - Встановлена потужність ВЕС в деяких країнах світу на кінець 2005-2007 рр. (МВт) та їх місце у світовій вітроенергетиці

Місце країни на кінець 2007 р.	Країна	Встановлена потужність на кінець 2007 р.	Нові потужності, за 2007 р.	Місце країни на кінець 2006 р.	Встановлена потужність на кінець	
					2006 р.	2005 р.
1	Німеччина	22247,4	1625,4	1	20622,0	18427,5
2	США	16818,8	5215,8	3	11603,0	9149,0
3	Іспанія	15145,1	3515,1	2	11630,0	10027,9
4	Індія	7850,0	1580,0	4	6270,0	4430,0
5	Китай	5912,0	3313,0	6	2599,0	1.266,0
30	Україна	89,0	3,4	29	85,6	77,3
50	Росія	16,5	1,0	49	15,5	14,0
	Всього	93849,1	19695,8		74153,3	59033,0

Враховуючи динаміку зростання світової галузі WWEA внесла зміни в свій прогноз щодо установленної потужності світової вітрової енергетики до кінця 2010 р., збільшивши його до 170 ГВт (табл.2).

Таблиця 2 - Сумарні встановлені потужності, МВт, і прогноз до 2010 р.

1998 р.	2000 р.	2002 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.	Прогноз, МВт		
						2008 р.	2009 р.	2010 р.
9663	18039	31164	59004	73904	93849	115000	140000	170000

Україна залишається лідером серед країн СНД, займаючи при цьому 30-те місце за світовим рейтингом (табл. 1), але проблема ефективного використання енергії вітру залишається актуальною для всіх країн світу.

Аналіз останніх досліджень. За рубежом використовують в основному потужні вітроустановки, що працюють паралельно з енергосистемою [1]. Використовують також і вітротеплові установки (ВТУ) з фрикційними або гідродинамічними перетворювачами [2]. Недолік таких ВТУ – шум і швидкий знос із-за тертя робочих поверхонь.

Сьогоднішньому селянинові край необхідні автономні джерела енергії на розпайованих земельних ділянках, де відсутнє централізоване електропостачання і заборонене будівництво капітальних споруд. Близько 40% сучасному фермерові потрібна енергія в вигляді низькопотенційної теплоти, і витратити на це високоякісну електричну енергію протіворечит здоровому глузду [2].

Постановка задачі. Задачею дослідження є покращення експлуатаційних характеристик перетворювача шляхом обґрунтування технічних рішень щодо безпосереднього перетворення енергії вітру в теплоту.

Викладення основного матеріалу. У Таврійському державному агротехнологічному університеті (ТДАТУ) запропоновані вертикальноосьові ВТУ з індукційними перетворювачами енергії вітру в теплоту (ШЕВТ). За принципом дії ШЕВТ належать до одноіменнополюсних електричних машин з пульсуючим магнітним потоком, що працюють в режимі електромагнітного гальма. Прототипом ШЕВТ можна вважати “магніто-динамо-електричну” машину П.Н.Яблочкова, на яку він в 1877 році отримав французький патент. У цій машині обмотка збудження і обмотка, в якій наводилась ЕРС, були нерухомі. Обертася зубчастий сталевий диск, який при обертанні змінював величину магнітного потоку, що пронизував обмотку, в якій наводилась ЕРС.

На відміну від генератора П.Н.Яблочкова і електромагнітної муфти професора Харківського технологічного інституту А.А.Скоморохова [3] в ПЕВТ роль якоря виконує магнітопровід із маловуглецевої сталі, в якому індукуються ЕРС і вихрові струми, що призводять до його нагрівання [2].

Принципова відмінність розглянутих аналогів від ПЕВТ полягає в тому, що в них дія вихрових струмів розглядалась як паразитна, тому ефект від їх дії відносили до втрат, а в запропонованому перетворювачі дія вихрових струмів корисна. Проте в методиці розрахунку названих електричних машин багато спільного [4].

В ТДАТУ розроблено декілька конструкцій ВТУ з дисковими магнітопроводами (МП), новизна яких захищена патентами України: №47216А, №64568А, №6070, №8632, №22765.

Перші ПЕВТ містили індуктор у вигляді двох співвісно розташованих дискових МП – статора і ротора - з зубчастою будовою прилеглих поверхонь. В кільцевій канавці статора розташована індукційна обмотка, що збуджена постійним струмом, а ротор жорстко зв'язаний з валом вітродвигуна, що обертається за рахунок енергії вітру.

Таким чином, при обертанні ротора індукція в зазорі пульсує, не змінюючи знаку від $B_{\delta max}$ до $B_{\delta min}$ (рис. 1).

Її можна представити в вигляді двох складових: змінної з амплітудою

$$B_{\delta\sim} = 0,5 (B_{\delta max} - B_{\delta min}) \quad (1)$$

і постійної, рівної

$$B_{\delta=} = 0,5 (B_{\delta max} + B_{\delta min}) \quad (2)$$

Змінна складова магнітного поля індукує в МП ЕРС і вихрові струми з частотою

$$f = Zn \quad (3)$$

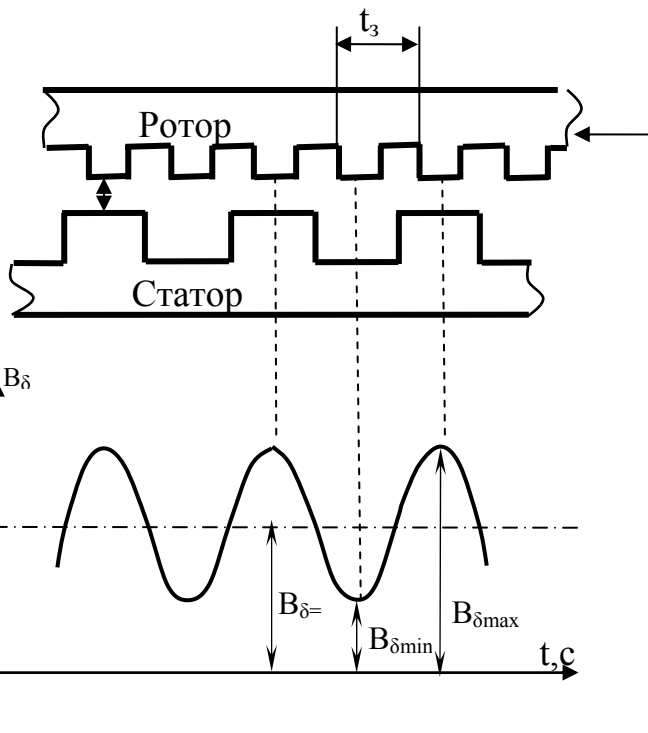


Рисунок 1 – Розподіл магнітної індукції в зазорі між МП

де Z і n – відповідно кількість зубців і частота обертання дискового ротора, c^{-1} .

Недоліки такої конструкції – наявність динамічного навантаження між зубчастими МП і їх „залипання” в початковому стані, які усунені в [5].

На рис. 2 подано малоінерційний ПЕВТ [5], що містить нерухомий індуктор у вигляді верхнього і нижнього МП з індукційними обмотками, розташованими в кільцевих канавках своїх МП, та дисковий ротор (якір), виконаний з немагнітного електропровідного матеріалу, наприклад, сплаву на базі алюмінію чи міді, жорстко зв'язаний з валом вітродвигуна. Нерухомий індуктор і дисковий ротор установлені співвісно з фіксованим зазором між прилеглими зубчастими торцями МП і поміщені в циліндричний резервуар, наповнений теплоакumuлюючою рідиною, з вхідним та вихідним патрубками. В прилеглих торцях дискових МП утворені радіальні зубці з постійним кроком, а їхні індукційні обмотки збуджені постійним струмом в одному напрямку так, що спільний магнітний потік Φ пронизує ротор перпендикулярно до його робочої поверхні. МП виготовляються із маловуглецевої сталі з відносно великою магнітною проникливістю, наприклад сталі 10.

Пристрій працює таким чином. При незначній швидкості вітру вал 4 вітродвигуна, а разом з ним і дисковий ротор 3 починає обертатися. Дискові МП намагнічуються магнітним полем збудження в одному напрямі одночасно. Із-за зубчастої будови прилеглих торців МП нерухомого індуктора 1 магнітний потік в зазорі, що замикається через них, буде неоднорідним. Більша його частина замикатиметься через зубці 8, а менша – через пази 7 протилежних МП. Таким чином, дисковий ротор 3 при обертанні буде переміщатися в неоднорідному магнітному полі індуктора 1.

Якщо розглядати ЕРС в елементарних замкнутих контурах якоря, що містять по два активних елементарних провідника з протилежним напрямком ЕРС, то можна скористатися виразом

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}, \quad (4)$$

тобто ЕРС пропорційна швидкості зміни магнітного потоку Φ між полюсами індуктора.

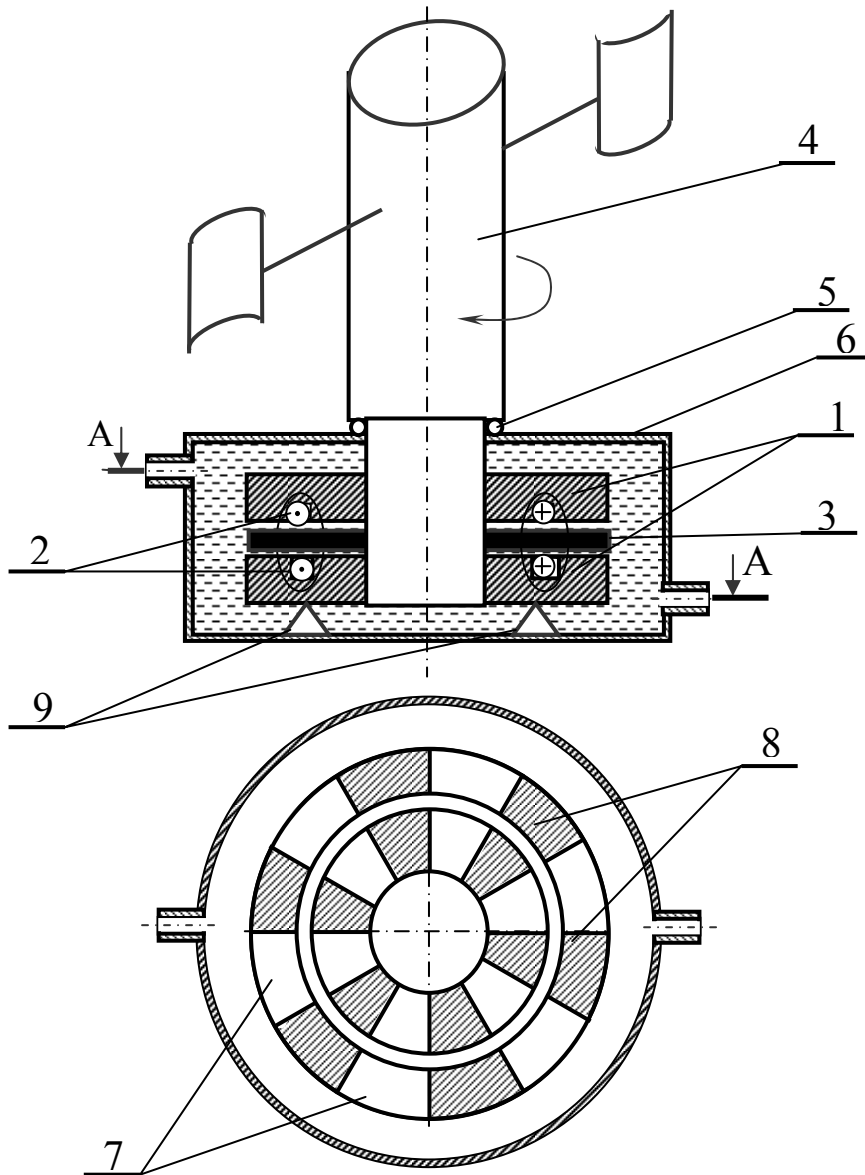


Рисунок 2 - Малоінерційний індукційний перетворювач

Якщо ж розглядати наведення ЕРС в елементарних провідниках якоря, то буде справедлива формула

$$e = Blv \quad (5)$$

де l - активна довжина провідника, що рівна довжині полюса;
 v - швидкість переміщення полюса відносно якоря.

Якщо величину магнітного потоку полюса Φ , що пронизує розглянутий контур, записати як

$$\Phi = Blx, \quad (6)$$

а швидкість переміщення як

$$v = \frac{dx}{dt}, \quad (7)$$

де x – координата переміщення полюса відносно якоря, то вирази (4) і (5) дадуть однакові результати.

В якості первинного вітродвигуна для приводу ШЕВТ можна використати вітродвигун російського виробництва від вітроустановки “Тюльпан” фірми “Нотека – С” (рис. 3).

Основні технічні дані установок “Тюльпан”:

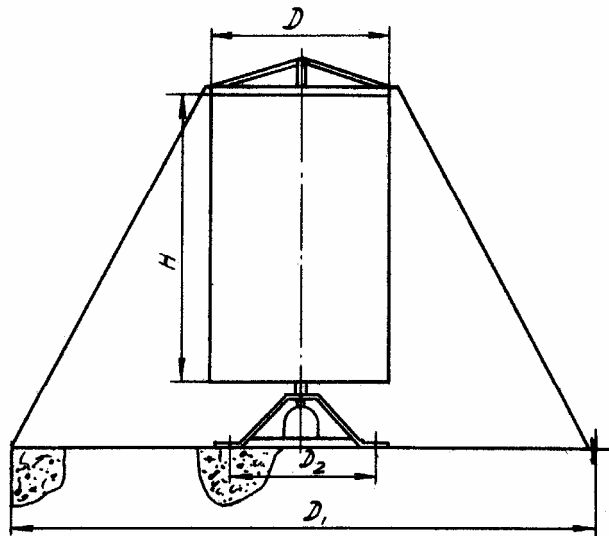


Рисунок 3 – Вітродвигун з ротором Савоніуса – «Тюльпан»

- потужність від 1,0 до 800 кВт;
- напруга без перетворювача 12...48 В частотою 50 Гц;
- частота обертання більше 5 хв^{-1} ;
- діаметр ротора від 1,0 до 10 м (залежно від потужності);
- висота установки від 2,0 до 33 м.

Використання S-образного профілю лопатей забезпечує сталу роботу цих установок з початковою швидкістю вітру від 2,5 м/с, а вертикальна вісь обертання дає можливість відмовитися від додаткових пристроїв для орієнтування вітроколеса на вітер.

Висновки та напрями подальших досліджень. Індукційні перетворювачі енергії вітру в теплоту є більш надійними і легше піддаються автоматизації. В роботі обґрунтовані фізичні принципи індукційного перетворення енергії вітру в теплоту та запропоноване відповідне технічне рішення. Подальшим напрямом досліджень слід вважати роботи над підвищенням потужностей перетворювача.

Список джерел.

1. World Wind Energy Association (WWEA). secretariat@wwindea.org [Електронний ресурс] Режим доступу. <http://www.wwindea.org>.
2. Скоморохов А.А. Электрическая муфта асинхронного типа // Электричество.-1928.-№3-4.
3. Жарков В.Я. Преобразование энергии ветра в теплоту // Механизация и электрификация сельского хозяйства.-2002.-№5.-С.14-15.
4. Жарков В.Я. Обґрунтування параметрів магнітної системи ШЕВТ// Вісник ХНТУСГ.- Вип. 57 “Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. т.1. – Харків: ХНТУСГ.- 2007.- С. 80-84.
5. Патент 22765, Україна, МПК (2006) F03D7/06. Малоінерційний індукційний перетворювач механічної енергії вітру в теплоту/ В.Я. Жарков, А.В.Жарков, О.С. Йолкін, Є.П. Слєпкін.- Опубл. 25.04.2007.-Бюл. №5.

Дата поступления статьи в редакцию: 31.10.08