

РОЗРОБКА ГІБРИДНОЇ ВЕРТИКАЛЬНООСЬОВОЇ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕФЕКТУ МАГНУСА

**Атрошенко В.С., студент; Дмитренко М.О., студент; Прокопов Р.В., студент;
Жарков В.Я., доц., к.т.н.**

(ДВНЗ «Таврійський державний агротехнологічний університет», м. Мелітополь, Україна)

Пропонована корисна модель відноситься до вертикальноосьових безредукторних вітро-гідрравлічних енергоустановок, призначених для перетворення механічної енергії рідини та вітру в електричну енергію.

Пошук прототипу. Відома вітроустановка, постачена робочим колесом з горизонтальною віссю обертання, обертовий момент на якому виникає в результаті ефекту Магнуса [1]. Робоче колесо встановлено на поворотній голівці для орієнтації щодо напрямку вітру і виконано у виді трьох радіальних валів, на які насаджені порожнисті циліндри з шайбами на кінці. Обертання циліндрів щодо їхніх подовжніх осей здійснюється через планетарний редуктор від головного вала, а при пуску установки - від електродвигуна. При великих швидкостях вітру з метою гальмування обертання циліндрів пусковий двигун працює в якості генератора.

Недоліком названої вітроустановки є неможливість використання її для перетворення гідрравлічної енергії в електричну.

Відомий також перетворювач потоку газу або рідини, який може бути використаний в робочих колесах вітроагрегатів, вентиляторів або вільнопотокових гідромашин з горизонтальною віссю обертання [2]. На осях робочих лопатей встановлені з можливістю обертання порожнисті циліндри з відкритими для потоку торцями і поворотними лопатками на циліндричній поверхні. При обертанні робочого колеса циліндри починають обертатися і відповідно до ефекту Магнуса виникають зусилля, спрямовані перпендикулярно осям циліндрів, породжуючи додатковий момент на горизонтальному валові робочого колеса. За розрахунками, відношення енергії, необхідної для обертання циліндрів і виникнення ефекту Магнуса, до енергії, одержуваної за рахунок цього ефекту, для вітроагрегату дорівнює приблизно 1:10 [2].

Недоліком названого перетворювача є неможливість використання його в потоці рідини змінного рівня, наприклад в каналі чи в потоці скидної води, оскільки циліндри можуть частково чи повністю виниряти із потоку рідини, що призведе до зриву ефекту Магнуса. Крім того, обертання робочого колеса з обертовими циліндрами на осях робочих лопатей заважатиме проходженню суден, риби, чи їх пошкодженню і травмуванню. На обертових циліндрах з поворотними лопатками можливе накопичення водоростей, що заважатиме роботі.

Найбільш близьким за технічною сутністю до описаної корисної моделі вибрано безредукторний вітроагрегат [3], що містить вітродвигун з вихідним валом і електромеханічний перетворювач у вигляді циліндричних, коаксіально розташованих, з радіальним зазором, рухомого та нерухомого магнітопроводів, з повздовжніми пазами в прилеглих поверхнях, паралельними спільній осі магнітопроводів, і кільцевої обмотки збудження, розташованої на нерухомому магнітопроводі в площині, перпендикулярній спільній осі магнітопроводів, що ділить нерухомий магнітопровід навпіл, всередині якого розташований, зв'язаний з валом вітродвигуна. Рухомий магнітопровід виготовлений з можливістю обертання в підшипниках, які закріплені в підшипникових щитах по торцям електромеханічного перетворювача. Нерухомий магнітопровід набраний із листів електротехнічної сталі у вигляді двох однакових пакетів, розміщених в сталевому циліндричному ярмі, між якими розташована кільцева обмотка збудження, в пазах

нерухомого магнітопроводу розташовані якірні обмотки, з'єднані за схемою синхронного генератора [3].

Недоліком пристрою найближчого аналога є потреба в додатковому джерелі збудження і неможливість використання його для перетворення гідравлічної енергії вільного потоку рідини в електричну енергію.

Задача корисної моделі. В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення вертикальноосьової енергоустановки з використанням ефекту Магнуса, яка додатково містить багатополосний синхронний електрогенератор на постійних магнітах, порожнистий циліндр з валом, розташований знизу від вітродвигуна у вільному потоці рідини, наприклад у річці, вали вітродвигуна і порожнистого циліндру розташовані співвісно і з'єднані через обгінну муфту, вал порожнистого циліндру розташований у закріпленій втулці і кінематично з'єднаний з ротором багатополосного синхронного електрогенератора на постійних магнітах.

Поставлена задача вирішується тим, що вертикальноосьова енергоустановка (ВЕУ) з використанням ефекту Магнуса, що містить вертикальноосьовий роторний вітродвигун, наприклад типу Савоніуса, з вихідним валом, згідно корисної моделі, додатково містить багатополосний синхронний електрогенератор на постійних магнітах, порожнистий циліндр з валом, розташований знизу від вітродвигуна у вільному потоці рідини, наприклад у річці. Вали вітродвигуна і порожнистого циліндру розташовані співвісно і з'єднані через обгінну муфту, вал порожнистого циліндру розташований у закріпленій втулці і кінематично з'єднаний з ротором багатополосного синхронного електрогенератора на постійних магнітах.

Особливість корисної моделі полягає у використанні ефекту Магнуса для перетворення енергії потоку рідини (наприклад води в річці, в каналі, скидної води тощо) у механічну енергію тяги для привода електрогенератора за рахунок розміщення полого циліндра з вертикальною віссю обертання у вільному потоці рідини, перпендикулярною напрямку потоку.

Таким чином, запропонована корисна модель за рахунок удосконалення розширює функціональні можливості відомого пристрою, і може бути використана для перетворення гідравлічної енергії вільного потоку рідини і вітру в електричну енергію.

Будова запропонованої гібридної вертикальноосьової енергоустановки з використанням ефекту Магнуса подано на рисунку 1.

На рисунку 2 подана схема утворення поперечної сили від ефекту Магнуса.

Гібридна вертикальноосьова енергоустановка з використанням ефекту Магнуса містить зверху, над потоком рідини 1, роторний вертикальноосьовий вітродвигун 2, наприклад типу Савоніуса, з вигнутими відносно повздожньої осі лопатями 3 і вихідним валом 4, багатополосний синхронний електрогенератор 5 на постійних магнітах. Порожнистий циліндр 6 з валом 7, розташований знизу від вітродвигуна 2 у вільному потоці рідини 1, наприклад у річці, каналі, скидній воді тощо. Вали 4, 7 вітродвигуна 2 і порожнистого циліндру 6 розташовані співвісно і з'єднані через обгінну муфту 8. Вал 7 порожнистого циліндру 6 розташований у закріпленій втулці 9 і кінематично з'єднаний з валом 10 ротора багатополосного синхронного електрогенератора 5 на постійних магнітах.

Звичайні генератори з ротором на постійних магнітах і статором з котушками на сталевих осердях мають магнітне заліпання, що вимагає певної сили вітру для запуску ВЕУ. Це не виключає їхнє застосування, але, на наш погляд, більш прийнятними є генератори з котушками без осердя, тому що запускаються вони від слабкого вітру.

При малих обертах напруга на котушках, ЕРС самоіндукції й сила опору вітродвигуну незначні. При збільшенні обертів збільшується потужність навантаження, ЕРС самоіндукції, що породжує силу опору обертанню вітродвигуна, але ВЕУ вже запущена й працює. Збільшення потужності навантаження вимагає й збільшення потужності вітродвигуна.

Запропонована конструкція синхронного генератора 5 на постійних неодимових магнітах складається із двох сталевих обертових дисків ротора із закріпленими на них неодимовими магнітами й нерухомим статором з котушками без осердя. Магніти встановлені з полярністю, що чергується, тому кількість магнітних полюсів генератора повинна бути парною. Магніти обох дисків спрямовані

один до одного різнойменними полюсами. Між магнітами дисків у повітряному зазорі створюється магнітний потік Φ , що проходить через котушки нерухомого статора. Диски ротора з'єднані з валом 10 синхронного електрогенератора 5 і кінематично – з вихідним валом 4 вітродвигуна 2. Обертаючись, диски збуджують своїми магнітними силовими лініями ЕРС у котушках статора. Цей генератор може бути як однофазний так і трифазний.

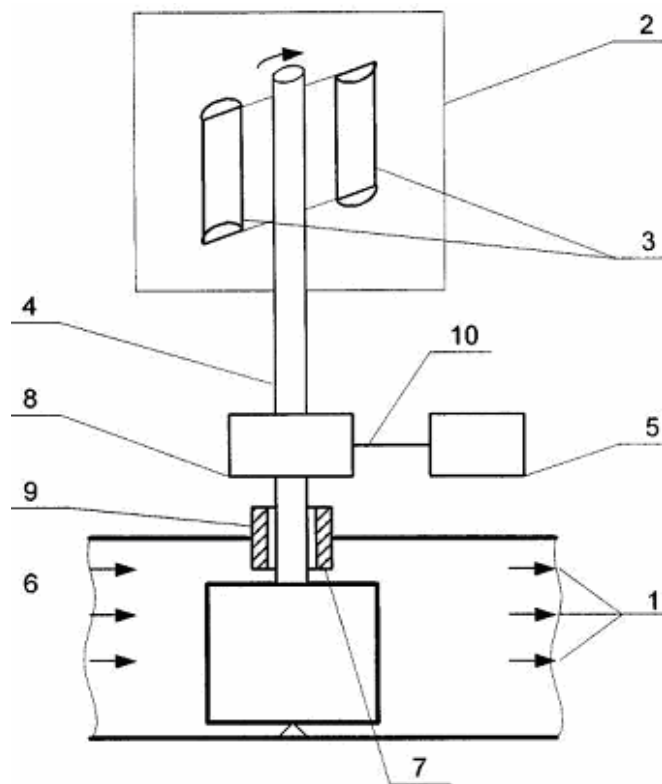
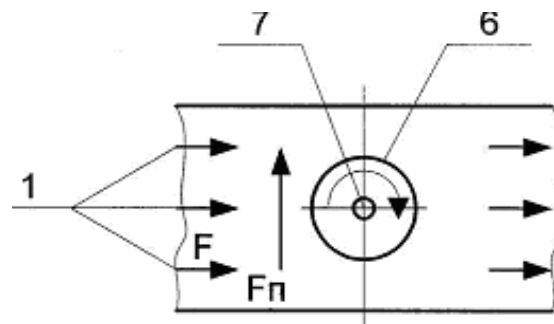


Рисунок 1 – Будова інтеграційної вертикальноосьової енергоустановки



Фіг. 2

Рисунок 2 - Схема утворення поперечної сили від ефекту Магнуса

Гібридна вертикальноосьова енергоустановка працює таким чином.

За рахунок енергії вітру, вал 4 вітродвигуна 2 обертається і через обгінну муфту 8 та вал 7 обертає порожнистий циліндр 6, вертикально розташований в потоці рідини 1, наприклад в річці, каналі чи в потоці скидної води. Разом з порожнистим циліндром 6, у закріпленій втулці 9 обертається вертикальний вал 7, який кінематично з'єднаний з валом 10 багатополюсного синхронного електрогенератора 5 на постійних магнітах.

На циліндр 6, загальмований в потоці рідини 1, що набігає перпендикулярно його твірним лініям, діє сила F , спрямована у бік руху потоку. Якщо циліндр 6 змусити обертатися, то в результаті ефекту Магнуса з'явиться поперечна сила F_p , перпендикулярна силі F і твірним лініям циліндра 6 (поперечна сила, величина якої залежить від розмірів і швидкості обертання циліндра, густини рідини, в'язкості і швидкості). Поперечна сила

спрямована від сторони обертового тіла, на якій напрямок обертання і напрямок потоку протилежні, до сторони, на якій ці напрямки співпадають.

Зимою, при замерзанні води втулка 9 забезпечує вільне обертання вала 7. При відсутності вітру ВЕУ може бути запущена від електрогенератора 5 в режимі електродвигуна.

Згідно закону електромагнітної індукції в елементарних провідниках якоря (на рисунку 1 багатополосний ротор з постійними магнітами і нерухомі обмотки якоря не показані) електрогенератора 4 індукується електрорушійна сила (ЕРС), величина якої визначається за формулою (1)

$$e=Blv \quad (1)$$

де l - активна довжина провідника, що рівна довжині магнітного полюса;

v - швидкість переміщення магнітного полюса відносно якоря, визначається за формулою (2)

$$v = \frac{dx}{dt}, \quad (2)$$

де x - координата переміщення магнітного полюса відносно якоря.

Період зміни цієї ЕРС відповідає повороту ротора на одне полюсне ділення. Тому частота зміни ЕРС буде визначатися за формулою (3)

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

де p - число пар магнітних полюсів на роторі;

n - частота обертання ротора, s^{-1} .

Із останньої формули слідує, що за рахунок збільшення кількості пар магнітних полюсів на роторі можна досягти номінальної частоти струму при меншій частоті обертання вала енергоустановки, тобто обійтися без мультиплікатора.

Висновок. Запропонована гібридна вертикальноосьова енергоустановка з використанням ефекту Магнуса може знайти застосування на комбінованих гідро-вітрових електростанціях на невеликих річках, каналах, скидній воді тощо.

Конструкція багатополосного генератора на неодимових магнітах дозволяє обійтися без мультиплікатора, що збільшує ККД енергоустановки.

Перелік посилань

1. Пат. 4366386 США, МПК F03B5/00, F03D7/06. Вітроустановка, що використовує ефект Магнуса: Magnus air turbine system/ Hanson Thomas F. - Опубл. 28.12.82.

2. Заявка 3800070 ФРН, МПК4 F03D5/00. Перетворювач енергії потоку газу або рідини: Fluidischer Energiewandler /Hermann M. - Опубл.13.07.89.

3. Пат. 26300 Україна, МПК (2006) F03D7/06. Безредукторний вітроагрегат/ В.Я. Жарков, А.В. Жарков, А.В. Вужицький. - Опубл.10.09.07 - Бюл. №14. – 2007.

4. Пат 31846 Україна. МПК (2006) F03B5/00, F03D7/00. Вертикальноосьова енергоустановка з використанням ефекту Магнуса/ В.Я. Жарков, В.С. Атрошенко, А.О. Манич, Є.П. Слєпкін, Д.М. Мисов.- Опубл.25.04.2008. –Бюл. №8.