

УДК 621.315.175

С.В. Овчаров, доц., канд. техн. наук

Таврійський державний агротехнологічний університет

Р.В. Телюта, ст. викл, канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

А.В. Буряк, викл.

ВНЗ Кіровоградський технікум механізації сільського господарства

Дослідження динаміки руху приводного обладнання вітроенергетичної установки вітрильного типу

Запропоновано нову конструкцію перетворення механічної енергії вітру в електричну.
енергія вітру, вітроенергетична установка, перетворювач механічної енергії, установка вітрильного типу

С.В. Овчаров

Таврийский государственный агротехнологический университет

Р.В. Телюта

Кировоградский национальный технический университет

А.В. Буряк

ВУЗ Кировоградский техникум механизации сельского хозяйства

Исследование динамики движения приводного оборудования ветроэнергетической установки парусного типа

Предложена новая конструкция преобразования механической энергии ветра в электрическую.
энергия ветра, ветроэнергетическая установка, преобразователь механической энергии, установка парусного типа

Вступ. Перетворенню механічної енергії вітру в електричну присвячено багато робіт.

Одним з недоліків запропонованих конструкцій є неповне використання вітрової енергії, яке складає не більше 40%.

Постановка задачі. Тому завданням є розробка технічних засобів перетворення механічної енергії вітру в електричну, які забезпечують повне використання його енергії.

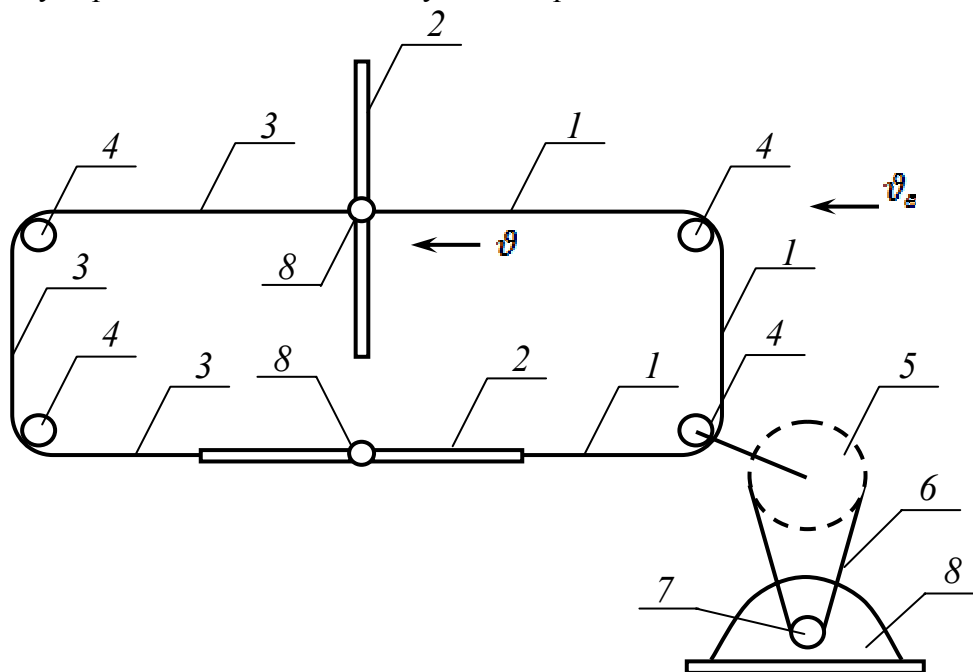
Аналіз публікацій. Існуючі перетворювачі механічної енергії вітру в електричну використовують різні конструктивні особливості [1,2,3]. Недоліком цих пристроїв є їх висока вартість і ненадійність в роботі.

Мета статті. Удосконалення конструкції перетворювачів механічної енергії вітру в електричну.

Основна частина. Для перетворення енергії вітру в електричну енергію шляхом використання асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором у генераторному режимі, що працює на мережу, запропонована вітроенергетична установка вітрильного типу. Кінематична схема зазначеної установки наведена на рисунку 1.

Верхнє вітрило, наприклад, перебуває у вертикальному положенні, тобто перпендикулярно напрямку вітру або перебуває під кутом до нього. Нижнє вітрило в цьому випадку перебуває в горизонтальному положенні. Сила вітру, що діє на верхнє

вітрило, приводить систему в рух і цеп 1 рухається вліво зі швидкістю v . У крайньому лівому положенні верхнє вітрило перевертається в горизонтальне положення. У цей же самий час нижнє вітрило повертається у вертикальне положення й цеп 1 починає рухатися у зворотному напрямку. У крайньому лівому положенні нижнього вітрила воно повертається в горизонтальне положення. У це ж саме час верхнє вітрило повертається у вертикальне положення й усе повторюється.



1 – цеп; 2 – вітрила; 3 – трос; 4 – мала зірочка; 5 – велика зірочка; 6 – мала цеп; 7 – мала зірочка; 8 – електродвигун

Рисунок 1- Кінематична схема вітроенергетичної установки парусного типу

Рух цепу 1 передається малій 4 і великій зірочці 5. За допомогою іншого цепу 6 рух, збільшуючись за швидкістю, передається малій зірочці 7, яка перебуває на валу електродвигуна 8.

Двигун 8 робить обертовий рух, віддаючи електричну енергію в мережу при кутовій швидкості його обертання $\omega > \omega_0$.

Дослідимо динаміку руху приводу описаної системи, для чого складемо диференціальне рівняння її руху:

$$M_d + M_c = M_e, \tag{1}$$

де M_d – динамічний момент, $H \cdot m$;

M_c – момент опору електродвигуна, що працює в режимі генератора, $H \cdot m$;

M_e – момент, що розвивається вітрилом і прикладений до маленької зірочки, $H \cdot m$.

Момент динамічний запишемо в такий спосіб:

$$M_d = J \frac{d\omega}{dt}, \tag{2}$$

де J – момент інерції системи, приведений до малої зірочки, $кг \cdot м^2$;

ω – кутова швидкість обертання малої зірочки, $рад/с$;

t – поточний час, $с$.

Момент опору:

$$M_c = M_n \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0 - \omega_n}, \quad (3)$$

де M_n – номінальний момент електродвигуна, $H \cdot м$;

ω_0 – синхронна кутова швидкість, $рад/с$;

ω_n – номінальна кутова швидкість електродвигуна, $рад/с$;

ω – поточна кутова швидкість малої зірочки, $рад/с$;

M_c – поточний момент опору електродвигуна, що працює в режимі генератора,

$H \cdot м$.

Момент, що розвивається вітроустановкою:

$$M_g = 0,5 \rho S g^2 r, \quad (4)$$

де ρ – щільність повітря, $кг \cdot м^{-3}$;

S – площа вітрила, $м^2$;

g – швидкість вітру, $м/с$;

r – радіус малої зірочки, $м$.

Підставляємо (2), (3) і (4) в (1) і одержуємо:

$$J \frac{d\omega}{dt} + M_n \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0 - \omega_n} = 0,5 \rho S g^2 r. \quad (5)$$

Перетворимо (5) до наступного виду:

$$T \frac{d\omega}{dt} + \omega = \omega_y, \quad (6)$$

де

$$T = \frac{J(\omega_0 - \omega_n)}{M_n}, \quad (7)$$

$$\omega_y = \omega_0 + \frac{0,5 \rho S g^2 r (\omega_0 - \omega_n)}{M_n}, \quad (8)$$

У рівнянні (6)

T – постійна часу електромеханічної системи, $с$;

ω_y – усталена кутова швидкість малої зірочки, $рад/с$.

Розв'язавши рівняння (6), знаходимо закон зміни кутової швидкості малої зірочки, починаючи від стану спокою:

$$\omega = \omega_y (1 - e^{-\frac{t}{T}}), \quad (9)$$

У режимі, що встановився

$$\omega = \omega_y, \quad (10)$$

Знайдемо значення встановленої кутової швидкості прийнявши наступні значення параметрів системи:

$P_{2н} = 4000 \text{ Вт}$; $n_n = 710 \text{ об/хв}$; $n_0 = 750 \text{ об/хв}$; $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$; $g = 10 \text{ м/с}$; $r = 0,025 \text{ м}$; $S = 10 \text{ м}^2$; $\omega_0 = 78,75 \text{ рад/с}$; $\omega_n = 74,45 \text{ рад/с}$; $M_n = 53,65 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Підставляємо задані значення параметрів в (8):

$$\omega_y = 78,75 + \frac{0,5 \cdot 1,29 \cdot 10 \cdot 10^2 \cdot 0,025(78,75 - 74,75)}{53,65} = 129 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Знаходимо лінійну швидкість руху цепу в режимі, що встановився:

$$\mathcal{G} = \omega_y r. \quad (11)$$

$$\mathcal{G} = 129 \cdot 0,025 = 3,2 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

У цьому випадку швидкість вітру повинна бути рівної $\mathcal{G}_g = 13,2$ м/с.

Знайдемо потужність, що розвивається вітроустановкою:

$$P_g = F_g \mathcal{G}, \quad (12)$$

де

$$F_g = 0,5 F \mathcal{G}_g^2, \quad (13)$$

$$F_g = 0,5 \cdot 1,29 \cdot 10 \cdot 10^2 = 645 \text{ Н}.$$

$$P_g = 645 \cdot 3,2 = 2064 \text{ Вт}.$$

Висновки. Таким чином, проведені дослідження показують, що запропонована система перетворення механічної енергії в електричну може бути реалізована.

Список літератури

1. Овчаров С.В. Динаміка вітроенергетичної установки з вертикальною віссю. // Праці / Таврійська державна агротехнічна академія. / С.В.Овчаров, О.Ю. Михайленко – Вип.8. Т.10. - Мелітополь: ТДАТА, 2008. – 86 – 91с.
2. Овчаров С.В. Экспериментальное исследование параметров ветроэнергетической установки с вертикальной осью. // Праці / Таврійська державна агротехнічна академія. / С.В.Овчаров, Е.Ю. Михайленко. – Вип.10. Т.4. - Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – 107 – 113 с.
3. Овчаров С.В. Конструктивные особенности ВЭУ с поворотными лопастями и вертикальной осью. // Праці / Таврійська державна агротехнічна академія. / С.В.Овчаров, Е.Ю. Михайленко. – Вип.11. Т.3. - Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – 94 – 98 с.

S. Ovcharov

Taurian State Agrotechnical University

R. Teluta

Kirovograd National Technical University

A. Buryak

HEI Kirovograd College of Agricultural Mechanization

Research of driving equipment motion dynamics with wind energetic options of the wind-driven type

There are many works is sanctified to about converting of mechanical wind power into electric. One of lacks of the constructions which offered is partial using of wind energy, which makes not more than 40%.

For converting of wind power into electric energy by the use of asynchronous electric motor with a short-circuited rotor in the generator mode which works on a network, the wind-driven power plant of the wind-driven type is offered. There are shown an example of kinematics chart of the wind-driven power plant, and also principle of its work. Theoretical research is conducted dynamics of motion of drive in the described system.

The research is conducted show that the offered system of transformation of mechanical energy in electric can be realized.

wind power, wind-driven power plant, transformer of mechanical energy, power plant of the wind-driven type

Одержано 11.04.13