

ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЬОВА ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропонована конструкція вертикально-осьової вітроенергетичної установки із поворотними вітрилами, а також наведені розрахункові залежності для оцінювання і вибору основних конструктивних параметрів і силових характеристик установки при проектуванні.

Ключові слова: вітер, вітроенергетична установка, поворотні вітрила, потужність вітрильного двигуна, сила тиску повітряного потоку, усереднена ефективна площа вітрил

Abstract

The design of vertical-axis wind power station with rotating sails, and also shows the calculated for the evaluation and selection of basic design parameters and strength characteristics of the unit in the design.

Key words: wind, wind power plant, rotary sails, sail engine power, air flow pressure force, average effective sail area

Вступ

Вітроенергетика є одним із найбільш перспективних напрямків серед нетрадиційних методів одержання енергії. В останні роки вона бурхливо розвивається в Європі, США, Канаді, Японії, Австралії та інших країнах. В Україні, що відчуває значну потребу додаткових енергетичних ресурсів, також набуває розвитку прийнята комплексна програма будівництва вітроелектростанцій (ВЕС).

Для традиційних ВЕС недостатній вітер зі швидкістю 5-6 м / с, а тому існує переконання, що якщо немає вітру зі швидкістю більше 10 м / с, то вітроенергетика не може претендувати на альтернативу традиційним постачальникам електроенергії. Однак окремі інноваційні технічні рішення все ж таки дозволяють використовувати слабкий вітер і ефективно генерувати електроенергію без шкоди для навколишнього середовища [1-3].

Аналіз останніх досліджень. Як показали проведені нами пошукові дослідження серед відомих технічних рішень найбільш ефективними і придатними для практичного застосування навіть при відносно малих швидкостях вітру в межах 4–6 м/с є переважно вертикально-осьові вітроподвигуни, зокрема, вітрильного типу [1-4], які можуть працювати незалежно від напрямків вітру. У порівнянні із традиційними відомими вітроагрегатами лопастного типу із горизонтальною віссю обертання такі вітроподвигуни мають можливість забезпечити кінцевий загальний ККД, який споживатиметься користувачем, в межах 60...65%.

Формулювання мети і задач. З метою розробки досконалої вітроенергетичної установки було поставлено задачу створення конструктивного виконання її вітрильного двигуна, в якому за рахунок введення нових конструктивних елементів і зворотних зв'язків між виконавчими механізмами досягається підвищення його надійності і поліпшення аеродинамічних якостей.

Виклад основного матеріалу. На рисунку представлена конструктивна схема вітрильного двигуна вітроенергетичної установки [5] .

Вітрильний двигун складається з вітрил 1, розміщених на спицях 2 і закріплених відносно вертикального вала потужності 3, що розташований всередині опори 4, коромисел 5 з тарированими пружинами 6 та колесами 7, причому, коромисла 5 прикріплені до спиць 2, поворотного майданчика 8, всередині верхньої частини якого закріплена дворівнева доріжка-слід 9 на поверхні якої виконані перехідні похилі площини 10 і 11, а також перший та другий флюгери 12 і 13, відповідно, що встановлені з двох протилежних сторін поворотного майданчика 8, який рухомо закріплений нижньою частиною на опорі 4. Крім того, вертикальний вал потужності 3 рухомо закріплений на верхній частині поворотного майданчика 8. Вісі 14 вітрил 1 з'єднані зі спицями 2 пружинними фланцями 15 із тарированими пружинами. Причому, кількість вітрил 1 є непарною, а сумарна довжина спиць і вісей вітрил прийнята у співвідношенні до ширини окремого вітрила, як: $K=L/B>2,5$, де: L -сумарна

довжина спиці і вісі вітрила, а В - ширина вітрила.

Вітрильний двигун працює так. Сила тиску повітряного потоку, що діє на вітрила 1, поверхня яких встановлена перпендикулярно до напрямку вітру (Рисунок, б), переміщує спиці 2 із закріпленими на них підпружиненими коромислами 5 і колесами 7,

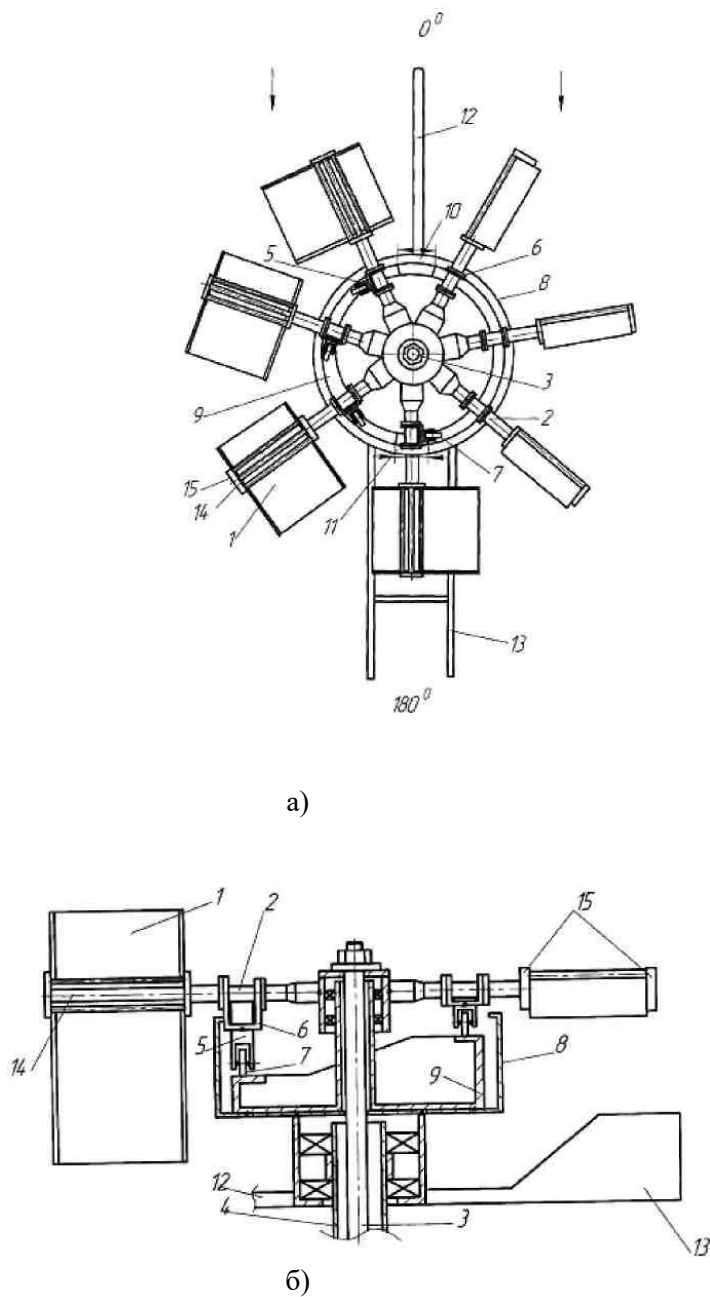


Рисунок. Вітрильний двигун вітроенергетичної установки:
а) конструктивна схема у розрізі; б) вигляд зверху

обертаючи при цьому вертикальний вал потужності 3. Колеса 7 обкочуються по поверхні доріжки-сліду 9 і досягши похилої площини 10 піднімаються з нижньої поверхні доріжки-сліду 9 на верхню. При цьому коромисла 5 повертають спиці 2 на кут 90 градусів. При досягненні похилої площини 11

колеса 7 скочуються з верхньої поверхні доріжки-сліду 9 на нижню і повертають спиці 2 в початкове положення. Спиці 2, що з'єднані із всіями 14 вітрил 1 через пружинні фланці 15 з тарированими пружинами, переміщують вітрила 1 в двох взаємоперпендикулярних площинах, відповідно, перпендикулярно і паралельно до напрямку вітру.

Потужність вітрильного двигуна визначається за відомою формулою:

$$P=0,59F \cdot R,$$

де: F - сила вітру; R - радіус повороту.

Сила тиску повітряного потоку створювана вітром дорівнює:

$$F=0,5K_n \cdot K_g \cdot \rho \cdot S \cdot V^3,$$

де: K_n - коефіцієнт вітрильності, $K_n=K_{np} \cdot K_{nv}$; K_{np} - коефіцієнт прогину вітрила ; K_{nv} - коефіцієнт усередненої площі робочих вітрил ; K_g - коефіцієнт сили вітру по висоті; ρ - густина повітря ; S - площа вітрила ; V - швидкість вітру.

Коефіцієнт усередненої ефективної площі робочих вітрил K_{nv} залежить від конструктивних особливостей вітрильного двигуна. В основному він залежить від кількості вітрил 1 встановлених на вітрильному двигуні і їх розташування на спицях 2. У вітрильному двигуні кількість вітрил 1 встановлюється непарною, що забезпечує хорошу рівномірність обертання вала потужності 3 при практичному збереженні K_{nv} на рівні 1,2 при установці п'яти вітрил і збереженні K_{nv} на рівні 1,4 при установці семи вітрил.

Окрім того, у вітрильному двигуні сумарна довжина спиць 2 і вісей вітрил 14 встановлюється у співвідношенні до ширини окремого вітрила 1 як:

$$K=L/B>2,5,$$

де: L - сумарна довжина спиці і вісі вітрила ; B - ширина вітрила.

При цьому співвідношенні K_{nv} збільшується в середньому до 1,35 при п'яти вітрилах і до 1,6 при семи вітрилах.

Проведені випробування дослідних зразків запропонованої вітроенергетичної установки, які підтвердили високу ефективність та працездатність устаткування.

Висновок

Проведено аналіз відомих принципових та конструктивних схем вітроенергетичних установок різного конструктивного виконання. Встановлено, що досить ефективними є установки із вертикальною віссю обертання вітрильного типу. Запропоновано конструктивне рішення вітроенергетичної установки із поворотними вітрилами, яка має підвищену надійність і поліпшені аеродинамічні характеристики. Найбільш ефективно такі установки можуть бути застосовані в зонах із відносно малими швидкостями вітру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кирпичникова И.М. Преобразование энергии в ветроэнергетических установках/ И.М. Кирпичникова, А.С. Мартынов, Е.В. Соломин // Альтерн. энерг. и экол. - 2010. - N 1(81). - С.93-97.
2. Михеев А.А. Ветроэнергетическая парусная установка - природный концентратор ветровой энергии // Альтерн. энерг. и экол. - 2010. - N 1(81). - С.16-19.
3. Лятхер В.М. Ветроагрегаты нового поколения // // Энергия: экон., техн., экол. - 2009. - N 8. - С.30-33; N 9. - С.7-14.
4. Патент України 20371 А, F03D 5/00. Вітрильний двигун Білоуса / Е.Ф. Білоус – 94128279. Заявл.:15.07.1997; Одерж.: 28.12.1994.
5. Патент України 43268 А, F03D 3/06. Вітрильний двигун / Ю.О. Дмитрієв, Ю.В. Косенко, І.В. Коц, В.М. Шишко. – 200902370. Заявл.:17.03.2009; Одерж.: 10.08.2009.

Іван Васильович Коц – к.т.н., професор кафедри інженерних систем в будівництві, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання. Вінницький національний технічний університет, Україна, м. Вінниця, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com.

Ivan V. Kots — PhD, prof. Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : ivan.kots.2014@gmail.com.

