

## Вертикально-осьова вітроенергетична установка із поворотними вітрилами

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 прийнята комплексна програма будівництва вітроелектростанцій (ВЕС) до 2010 року. У рамках цієї програми будується ряд станцій, серед яких Новоазовська, Донузлавська, Трускавецька та інші.

Для традиційних ВЕУ 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 інноваційні технічні рішення все ж таки дозволяють використовувати слабкий вітер і ефективно генерувати електроенергію без шкоди для навколишнього середовища [1-3].

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 вітродвигуни, зокрема, парусного типу [1-4], які можуть працювати незалежно від напрямків вітру. У порівнянні із традиційними відомими вітроагрегатами лопастного типу із горизонтальною віссю обертання такі вітродвигуни мають можливість забезпечити кінцевий загальний ККД, який споживатиметься користувачем, в межах 60...65%.

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.

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 спиць і вісей вітрила, а  $B$  – ширина вітрила.

Вітрильний двигун працює так. Сила тиску вітру, 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, обертаючи при цьому вертикальний вал потужності 3. Колеса 7 обкочуються по поверхні дорожки-сліду 9 і досягши похилої площини 10 піднімаються з нижньої поверхні дорожки-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 дорожки-сліду 9 на нижню і повертають спиці 2 в початкове положення. Спиці 2, що з'єднані із вісями 14 вітрил 1 через пружинні фланці 15 з тарированими пружинами, переміщують вітрила 1 в двох взаємноперпендикулярних площинах, відповідно, перпендикулярно і паралельно до напрямку вітру.

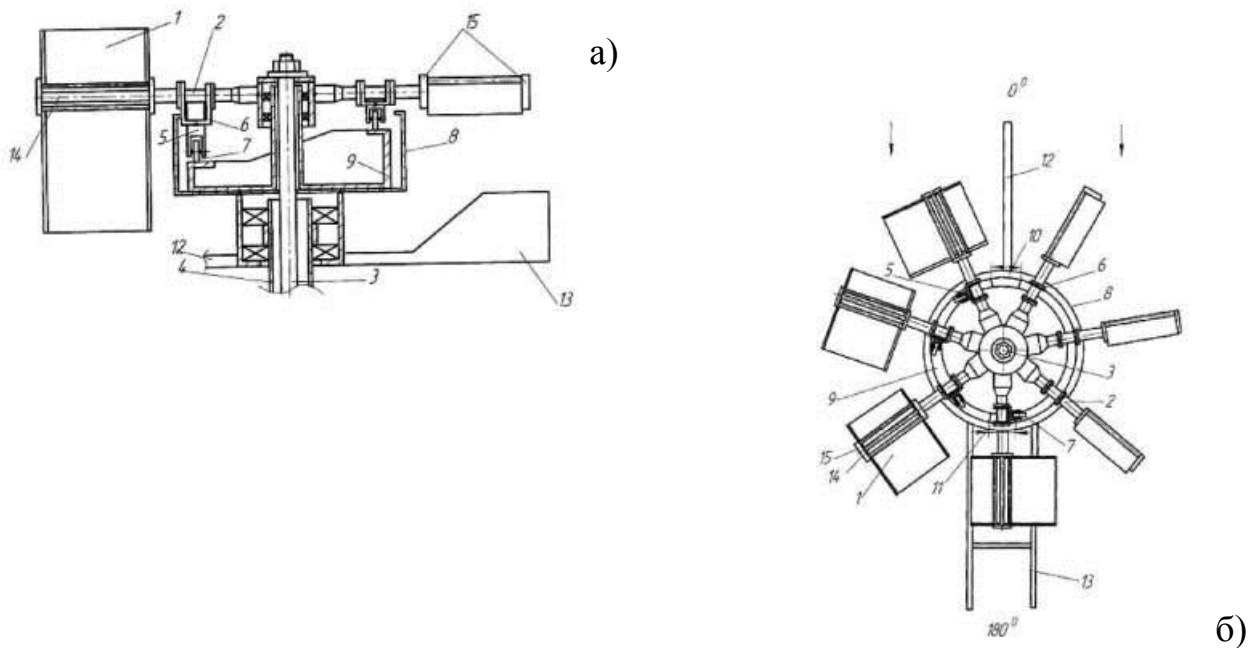


Рисунок. Вітрильний двигун вітроенергетичної установки:

а) конструктивна  
схема у розрізі; б) вигляд зверху

Потужність вітрильного двигуна визначається за відомою формулою:

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

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

Сила тиску створювана вітром дорівнює:

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

де:  $K_n$  - коефіцієнт вітрильності,  $K_n=K_{np} \cdot K_{nl}$ ;  $K_{np}$  – коефіцієнт прогину вітрила;

$K_{nl}$  - коефіцієнт усередненої площі робочих вітрил ;  $K_e$  - коефіцієнт сили вітру по висоті;  $\rho$ - густина повітря ;  $S$  - площа вітрила ;  $V$  - швидкість вітру.

Коефіцієнт усередненої площі робочих вітрил  $K_{nl}$  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  $K_{nl}$  на рівні 1,2 при установці п'яти вітрил і збереженні  $K_{nl}$  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  $K_{nl}$  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. 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 поліпшенні аеродинамічні характеристики. Найбільш ефективно такі установки можуть бути застосовані в зонах із відносно малими швидкостями вітру.

#### Література:

1. Кирпичникова И.М., Мартянов А.С., Соломин Е.В. Преобразование энергии в ветроэнергетических установках // 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.