

Корисна модель належить до вітроенергетики, зокрема до вітроустановок з вертикальною віссю, і може використовуватись у різних галузях для енергозабезпечення в сільському та комунальному господарствах. Відомі різні типи вітроустановок з горизонтальною або вертикальною віссю обертання, наприклад (Неисчерпаемая энергия. Кн2 Ветроэнергетика/В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. - Учебник. - Харьков. 2004. - 519 с.). Вітрові турбіни з вертикальною віссю через низькі енергетичні показники значно менше застосовуються порівняно з горизонтально-осьовими, однак використовуються з давніх часів. Головною метою їх удосконалень є підвищення енергетичних показників.

Відомий вітродвигун з вертикальною віссю (Франція, заявка № 2452008, Вітровий двигун, публ. 21.11. 1980), в якому дугоподібні лопаті встановлені на вертикальній осі та закріплені до неї у верхній та нижній точці. Такий вітродвигун застосовується для привода генератора та вироблення електричної енергії. Його перевагою є здатність використовувати вітрові потоки з різних напрямів. Такого типу вітрові турбіни за принципом дії близькі до вітродвигуна типу Дар'є, відомого з 1931 р. Встановлені на ньому вузькі лопаті виконані з аеродинамічним профілем під час руху викликають різницю динамічних тисків і створюють силовий момент за рахунок дії обтічних повітряних потоків. Однак така вітрова турбіна дуже важко запускається і для роботи потребує вітру з великою швидкістю, а тому не працює за малих і середніх вітрів.

Іншим відомим типом вітрової турбіни є ротор типу Савоніуса, наприклад (Патент України на винахід UA 114236, F03D 3/06, 9/30 Ротор Савоніуса. 10.05.2017. Бюл. № 9), що містить лоткові лопаті, які закріплені на валу за допомогою системи траверс; лоткові лопаті мають на торцях перегородки для затримки повітряного потоку в осьовому напрямі, а на випуклій зворотній поверхні лоткових лопатей виконані обтічні профілі для зниження аеродинамічного опору при рухові лопаті проти вітрового потоку.

В такій конструкції зменшення лобового опору зворотної поверхні лопаті дійсно дозволяє підвищити силовий момент, однак лише в одному положенні, коли обтічний профіль симетрично співпадає з напрямом вітру, а в інших положеннях він буде навпаки збільшувати аеродинамічний опір за рахунок додаткової площі. Крім цього відомо, що вітрова турбіна такого типу принципово не може мати швидкохідність більше одиниці, а тому працює на низьких обертах з низьким коефіцієнтом потужності.

Найбільш близьким аналогом запропонованої комбінованої вітроустановки є відома конструкція (Патент України на корисну модель UA № 64838 F03D 3/02, 5/00. Комбінована вітроенергетична установка підвищеної енергоефективності. Публ. 25.11.2011. Бюл. № 22), в якій на одній вертикальній осі встановлено ротор типу Дар'є, а всередині нього розташовані два яруси лопатей ротора типу Савоніуса. Установка відрізняється тим, що до нижньої частини осі прикріплені три яруси півсферичних лопатей на вертикальному рівні яких розташовані три яруси конфузорові. Півсферичні лопаті, а разом з ними і конфузори розташовані під кутом 10-20° у вертикальній площині.

В такій комбінованій вітроенергетичній установці дійсно підвищена ефективність роботи за рахунок поєднання вітрових турбін, які працюють за принципом роторів Савоніуса і Дар'є та одночасної дії багатоярусних конфузорові з чашковими роторами у формі півсфер. Крім цього встановлення півсферичних лопатей, а разом з ними і конфузорові під кутом 10-20° у вертикальній площині забезпечує створення підйимальної сили для розвантаження вальницьових вузлів і зменшення гальмівного моменту.

Однак описане поєднання принципово різних типів роторів з різними коефіцієнтами швидкохідності без врахування раціонального співвідношення їх радіусів безперечно викликає їх взаємне гальмування у повітряному потоці. Крім цього додаткове гальмування на верхню частину комбінованої турбіни також викликають півсферичні лопаті з конфузорами, радіус яких згідно із графічним зображенням більший ніж ротора Дар'є, а швидкохідність теоретично не перевищує однієї одиниці.

В основу корисної моделі комбінованої вертикально-осьової вітроустановки поставлено задачу підвищення її коефіцієнта потужності за рахунок виконання лопатей гвинтоподібної форми та дотримання раціонального співвідношення радіальних розмірів лопатей різних типів турбін.

Поставлена задача вирішується тим, що в комбінованій вертикально-осьовій вітроустановці, яка містить вертикальну вісь обертання, на якій встановлено лопатевий ротор типу Дар'є, а всередині нього біля осі лопатевий ротор типу Савоніуса, згідно з корисною моделлю, внутрішній ротор виконаний гвинтоподібним з кутом повороту 180° проти напрямку обертання, а лопаті зовнішнього ротора типу Дар'є встановлені на відстані, більшій ніж радіус внутрішнього ротора типу Савоніуса, пропорційно співвідношенню їх швидкохідностей.

За таких удосконалень сумарний обертовий момент не містить складових взаємного гальмування. Швидкохідність вітрової турбіни принципово подібної до ротора Савоніуса λ_c становить близько одиниці $\lambda_c \leq 1$, а принципово подібної до ротора Дар'є залежно від аеродинамічної якості лопатей, швидкохідність λ_d може досягати близько 4-4,5 одиниць. За однакової кутової швидкості обертання на спільній вертикальній осі радіус встановлення країв лопатей з аеродинамічним профілем вітрової

турбіни типу Дар'є повинен бути більшим від радіуса країв лопатей турбіни типу Савоніуса також у 4-4,5 рази. Більш точне однозначне співвідношення радіальних розмірів лопатей отримаємо в результаті експериментального визначення показників швидкохідності таких двох типів вітрових турбін.

На кресленні показана загальна схема конструкції запропонованої комбінованої вертикально-осьової вітроустановки.

На спільній вертикальній осі 1 закріплені лопаті 2, виконані гвинтоподібної форми з кутом повороту 180° проти напрямку обертання, які діють за принципом ротора Савоніуса та лопаті 3 аеродинамічно ефективної форми, які діють за принципом турбіни Дар'є. В нижній частині показано варіант встановлення ротора електрогенератора 4 і статора 6. Вертикальна вісь встановлена у вальницевому вузлі 5. На кресленні позначено радіуси країв лопатей гвинтоподібної форми R_c та лопатей ротора типу Дар'є R_d , а також вказано напрям обертання з кутовою швидкістю ω .

Комбінована вертикально-осьова установка, яка показана на кресленні працює за наступним принципом: за певної пускової швидкості вітру пусковий момент створюють разом лопаті 2 і 3, причому гвинтоподібні лопаті забезпечують пусковий момент і рівномірність руху за рахунок рівномірного перекривання обвідної площі. Кутова швидкість обертання ω залежить від швидкості вітру V_v та радіальних розмірів лопатей R_c і R_d . Оскільки різні лопатеві ротори типу Савоніуса і типу Дар'є встановлені на одній осі та обертаються з однаковою кутовою швидкістю і при цьому мають показники швидкохідності, відповідно, λ_c і λ_d , то можна записати умову її рівності:

$$\omega = \lambda_c V_v / R_c = \lambda_d V_v / R_d, (1)$$

звідки

$$R_d / R_c = \lambda_d / \lambda_c. (2)$$

Отже, можна стверджувати, що оптимальне співвідношення радіальних розмірів лопатевих роторів різних типів на одній вертикальній осі визначається співвідношенням їх швидкохідностей. За такої умови обидва лопатеві ротори працюють найбільш ефективно без взаємного гальмівного моменту з максимальним коефіцієнтом потужності. Важливим є поєднання лопатей гвинтоподібної форми ротора типу Савоніуса, встановленого всередині ротора типу Дар'є з лопатями аеродинамічного профілю.

