

Винахід відноситься до вітроенергетики і може бути використаний при створенні вітроенергетичних установок та вітрових електростанцій господарсько-побутового, фермерського і промислового призначення.

Відомий вітроелектрогенератор [1], який містить електричну машину з ротором і статором, оснащеними відповідними вітроколесами пропелерного типу. При цьому вітроколеса мають різні діаметри поверхонь, що обвіюються, і здійснюють обертання ротора і статора в протилежних напрямках.

Наведене технічне рішення дає можливість суттєво збільшити кутову швидкість обертального магнітного поля в електричній машині. В результаті підвищується вироблення електроенергії. Крім того, покращуються масогабаритні параметри генератора і вітроустановки з його використанням. Відповідно полегшується виготовлення і монтаж опорної конструкції для вітроколес, зменшуються динамічні навантаження на неї.

Проте, відомий вітроелектрогенератор не задовільняє всіх вимог надійного енергозабезпечення. Це обумовлено тим, що лопаті вітроколеса, яке розташоване другим по напрямку вітру, періодично проходять через аеродинамічні тіні за лопатями першого вітроколеса, де вітродія різко зменшується. На виході з аеродинамічних тіней лопаті другого вітроколеса знову сприймають більш потужний напір вітру і т.д. Це при слабкому (2,5-3 м/с) і нестабільному вітрі призводить до нерівномірного обертання цього колеса, що викликає коливання напруги, а отже і потужності. Крім того підсилюються механічні коливання опорної конструкції. Застосування багатолопатевого колеса ситуацію не покращує, оскільки при цьому збільшується загальна екранізація одного колеса другим. Тому у відомому технічному рішенні вітроколеса виконують з різними діаметрами обвіювання (ометання), причому першим по напрямку вітру встановлюють колесо з меншим діаметром для забезпечення вітродії на друге колесо, більшого діаметра. Це до деякої міри виправляє зазначений недолік (при вітрі більше 5 м/с), але не гарантує стабільної роботи вітроагрегату при слабкому і мінливому вітрі.

Найбільш близьким до вітроелектричного агрегату, що заявляється, прийнятому за прототип, є вітроагрегат [2], який містить електричну машину, ротор і статор якої мають відповідні жорстко з'єднані з їх валами вітроколеса і здійснюють обертання в протилежних напрямках, вали статора і ротора оснащені і кінематично зв'язані між собою співвісною з ними конічною (диференціальною) передачею з двома ведучими колесами та сателітом між ними, одне колесо передачі жорстко з'єднане з валом ротора, друге - з валом статора, а вісь сателіта є нерухомою відносно коліс передачі. Наведені ознаки є спільними суттєвими ознаками відомого вітроелектричного агрегату та агрегату, що заявляється.

Кінематичний зв'язок у прототипі між валами статора і ротора електричної машини нейтралізує розглянутий вище негативний вплив аеродинаміки першого вітроколеса на рух другого, що забезпечує більшу рівномірність і стабільність їх обертання. За рахунок цього підвищується надійність роботи вітроагрегату при малопотужних і (або) перемінних по швидкісному напору вітрах. Це дає можливість розширити робочий діапазон швидкостей вітру, при яких агрегат може ефективно працювати, зменшує коливання напруги і потужності генератора, дозволяє застосувати в агрегаті вітроколеса одного типорозміру, що значно спрощує його виготовлення, а також застосувати, при необхідності, багатолопатеві вітроколеса, що розширює сферу використання вітроагрегату.

Істотним недоліком відомого вітроелектричного агрегату є недостатня (понижена) вітродія в зоні ометання (обвіювання) другого по напрямку вітру колеса, внаслідок чого коефіцієнт використання номінальної вітрової енергії потоку цим колесом, отже і потужність агрегату в цілому, суттєво зменшуються. Це обумовлене тим, що втрата швидкості потоку в площині обертання пропелерного вітроколеса I за ним становить сумарно близько 2/3 початкової його швидкості [3]. Тому на друге по напрямку вітру колесо вітродія дуже зменшується. Крім того, значні втрати енергії вітру обумовлені опором, який чинять елементи конструкції, розташовані між вітроколесами: електрична машина, конічна передача, деталі опорної конструкції, поворотний механізм.

Це один суттєвий недолік відомого вітроагрегату, як і описаного вище, полягає в тому, що взаєморозташування в них вітроколес і електричної машини робить неможливим оснащення вітроустановок з їх використанням простими засобами самоорієнтації коліс по вітру типу стабілізаторів, що ускладнює виготовлення таких установок.

В основу винаходу поставлена задача у вітроелектричному агрегаті з двома кінематично зв'язаними вітроколесами, що обертають статор і ротор його електричної машини в протилежних напрямках, шляхом створення інтенсивної повітряної тяги між вітроколесами та більш раціонального розташування елементів (складових частин) агрегату підвищити коефіцієнт використання вітрової енергії і потужність агрегату.

Це дозволяє також додатково підвищити рівномірність і стабільність роботи вітроагрегату при малопотужних і (або) перемінних по швидкісному напору вітрах, дає можливість застосувати в агрегаті прості засоби самоорієнтації коліс по вітру і завдяки цьому спростити виготовлення і експлуатацію вітроустановок з використанням такого агрегату.

Поставлена задача вирішується тим, що у вітроелектричному агрегаті, який містить електричну машину, ротор і статор якої мають відповідні жорстко з'єднані з їх валами вітроколеса і здійснюють обертання в протилежних напрямках, вали статора і ротора оснащені і кінематично зв'язані між собою співвісною з ними конічною передачею з двома ведучими колесами та сателітом між ними, причому одне колесо передачі жорстко з'єднане з валом ротора, друге - з валом статора, а вісь сателіта є нерухомою відносно коліс передачі, згідно з винаходом, центральна частина вітроколеса, встановленого другим по напрямку вітру, оснащена додатковими лопатями меншого діаметра, розташованими в проміжках між основними лопатями, обидва вітроколеса розташовані з навітреного боку електричної машини, а конічна передача - з підвітреного боку II, причому електрична машина має додатковий співвісний з нею циліндричний корпус, який охоплює корпус статора з кільцевим проміжком по його периферії і установлений з можливістю повертання в горизонтальній площині, а сателіт конічної передачі змонтований на цьому корпусі.

Конічна передача має додатковий сателіт між II колесами, установлений на нерухомій відносно коліс осі, причому обидва сателіти розташовані діаметрально протилежно.

Додатковий корпус електричної машини оснащений з підвіреної сторони двома горизонтально видовженими боковими стабілізаторами, установленими вертикально з кутом 15-20° між ними, а конічна

передача розміщена між стабілізаторами.

В іншій конкретній формі виконання вітроагрегату додатковий корпус електричної машини має з підвітреної сторони С-подібний охоплюючий конічну передачу кронштейн з горизонтально видовженим стабілізатором у вигляді руля.

У запропонованому технічному рішенні суттєві відмітні ознаки є взаємозв'язаними і обумовлюють досягнення поставленої задачі у своїй сукупності. Сукупність ознак, викладених у відрізняльній частині формули, не була виявлена у відомих технічних рішеннях.

Оснащення центральної частини вітроколеса, встановленого другим по напрямку вітру, додатковими лопатями меншого діаметра, розташованими в проміжках між основними лопатями, та розміщення обох вітроколес з навітреного боку електричної машини, а конічної передачі - з підвітреного боку II дають можливість створити інтенсивну тягу між колесами в центральній частині агрегату та зменшити втрати енергії вітру в проміжку між першим і другим колесами. В результаті збільшується коефіцієнт використання вітрової енергії, отже і потужність агрегату. Цьому ж сприяє оснащення електричної машини додатковим, співвісним з нею, циліндричним корпусом, який охоплює корпус статора з кільцевим проміжком по його периферії. Така конструкція електричної машини є більш обтічною (у порівнянні з розміщенням генератора на платформі за допомогою вертикальних стійок, як це виконано у прототипі) і тому менше перешкоджає потоку повітря, що проходить через центральну частину другого вітроколеса (створює менший опір). Завдяки цьому його дія стає більш ефективною.

При запропонованому виконанні агрегату електрична машина, конічна передача та елементи опорної конструкції обвіюються вже відпрацьованим потоком повітря, а друге вітроколесо - ще достатньо потужним. За рахунок цього коефіцієнт використання вітрової енергії робочої частини потоку також збільшується, а час запуску і входження агрегату в усталений режим роботи скорочується.

Крім того, розташування вітроколес статора і ротора електричної машини з навітреного боку II, а конічної передачі - з підвітреного боку покращує компоновку вітроагрегату і, головне, дозволяє оснастити його простими засобами орієнтації вітроколес по напрямку вітру типу горизонтально видовжених стабілізаторів, оскільки друге колесо при такому виконанні агрегату цьому не заважає. Це суттєво спрощує виготовлення агрегату у порівнянні з аналогами і прототипом, в яких для повертання вітроколес за напрямком вітру потрібно застосовувати досить складні поворотні або відрозні механізми.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де зображені:

на Фіг.1 - конструктивно-кінематична схема вітроелектричного агрегату;

на Фіг.2 - загальний вигляд вітроагрегату на Фіг.1, вид зверху;

на Фіг.3 - вид по стрілці А на Фіг.1;

на Фіг.4 - варіант конструктивного виконання вітроагрегату, вид збоку.

Вітроагрегат (Фіг.1) складається з вітроколес I та 2, електричної машини (генератора) 3, передаточного механізму 4, циліндричного корпусу 5 і опорної конструкції 6, наприклад у вигляді щогли. Перше по напрямку вітру (показаному прямими стрілками) вітроколесо I закріплене на валу 7 ротора 8 генератора. Друге вітроколесо 2 встановлене на валу 9 статора 10. Передаточний механізм 4 виконаний у вигляді співвісної з валами статора і ротора конічної передачі з двома ведучими колесами і одним або двома сателітами між ними. Одне колесо передачі закріплене на валу 7, а друге - на валу 9. Сателіт II з нерухомою відносно колес передачі віссю обертання змонтований за допомогою кронштейна 12 на корпусі 5. У випадку застосування в передачі 4 двох сателітів (для зменшення динамічних навантажень у зачепленні і пов'язаного з ними зношування сателітів) другий, додатковий, сателіт 13 встановлюють на корпусі 5 аналогічним чином за допомогою кронштейна 14 діаметрально протилежно до сателіта II, що забезпечує рівний розподіл навантажень на сателіти і підшипники вала 9. Конічна передача 4 розташована з підвітреного боку електричної машини. Додатковий корпус 5 охоплює корпус статора електричної машини з кільцевим проміжком по периферії і установлений на опорній конструкції (щоглі) 6 з можливістю повертання в горизонтальній площині. У згаданому кільцевому проміжку розміщують засоби відведення струму від генератора (на кресленні вони умовно не показані). З підвітреної сторони корпус 5 має два горизонтально видовжених стабілізатора 15. Вони установлені вертикально і розташовані симетрично відносно поздовжньої осі агрегату (Фіг.2) з кутом  $15-20^\circ$  між ними для підсилення орієнтуючої дії вітру. Передача 4 знаходиться між стабілізаторами і при необхідності (наприклад, для проведення ремонту або заміни) може бути демонтована без зняття стабілізаторів. Вітроколеса мають однакову кількість основних лопатей (наприклад, по 3 кожне) і однакової діаметри ометання (обвіювання). Центральна частина вітроколеса 2, встановленого другим по напрямку вітру, оснащена додатковими лопатями 16 меншого діаметра, розташованими радіально в проміжках між основними лопатями 17 (Фіг.3).

Вітроагрегат працює таким чином.

Потік вітру, що обвіює вітроколесо I, приводить його і ротор 8 в обертотний рух, наприклад проти годинникової стрілки, як це показано на кресленні. Одночасно цей рух через ведуче колесо конічної передачі 4, яке жорстко зв'язане з валом 7 ротора, і сателіти передається на колесо передачі, закріплене на валу 9 статора 10, обертаючи це колесо, вал 9, корпус статора і вітроколесо 2, жорстко зв'язане з валом 9, у протилежному напрямку (за годинниковою стрілкою). При цьому, оскільки передаточне відношення конічної передачі дорівнює I, то вітроколесо 2 обертається з такою ж швидкістю, як і вітроколесо I, але внаслідок значного сповільнення потоку повітря за колесом I колесо 2 на відміну від першого працює інакше. Його центральна частина, будучи оснащена додатковими лопатями 16, діє як багатолопатеви вентилятор, втягуючи повітря, що надходить від колеса I, прискорюючи таким чином рух цього повітря і відкидаючи його позад себе у напрямку вітру. Тому в центральній зоні потоку між вітроколесами утворюється розрідження, яке призводить до падіння тиску перед центральною частиною колеса 2. Внаслідок цього забезпечується надходження до середньої частини вітроколеса 2 периферійних потоків від колеса I, які мають ще досить велику швидкість і відповідний запас кінетичної енергії, оскільки відносна щільність лопатей (відношення кількості лопатей до діаметра обвіювання потоком повітря центральної, середньої або периферійної частин

колеса) на периферії вітроколеса I мала. Викривлення периферійних потоків в напрямку до середньої частини вітроколеса 2 в свою чергу зумовлює надходження запериферійних потоків від колеса I до периферійної частини колеса 2. Разом це, хоча й не повністю, але дуже суттєво компенсує втрати швидкісного напору за колесом I. В результаті вітродія на середню і периферійну частини вітроколеса 2 значно збільшується.

Таким чином, оснащення центральної частини вітроколеса, установленного другим по напрямку вітру, додатковими лопатями меншого діаметра по суті винаходу збільшує коефіцієнт використання вітрової енергії, від якого прямо пропорційно залежить потужність агрегату. Водночас цей захід завдяки створенню інтенсивної тяги в центральній частині агрегату між вітроколесами дозволяє наблизити друге вітроколесо до першого та розташувати їх з одного (навітреного) боку електричної машини, що в свою чергу зменшує втрати енергії вітру у порівнянні з розташуванням вітроколес і генератора з кінцевою передачею у прототипі. Крім того, запропоноване розташування вітроколес дає можливість застосувати в агрегаті прості засоби їх орієнтації по вітру.

Оскільки вітроколеса агрегату обертаються в різні сторони, то при надто близькому їх розташуванні можлива взаємодія, що передається через повітря. Для запобігання цьому вітроколеса розташовують на відстані, яка приблизно у 2 рази більша за ширину лопатей. Такий проміжок водночас є достатнім для вільного надходження периферійних потоків від першого вітроколеса до середньої частини другого вітроколеса. При цьому дещо збільшується консоль вала 7, на якій закріплене перше колесо, але цей незначний недолік легко усувається конструктивними заходами, наприклад шляхом видовження кінцевої частини вала 9, який має суттєво більший діаметр і достатню жорсткість, і відповідним наближенням опорного підшипника в цій частині до маточини колеса I.

Інтенсивна вентиляторна дія центральної частини другого вітроколеса, оснащеного додатковими лопатями, яка зумовлює більш ефективне використання енергії вітру, також стабілізує обертання вітроколес при малопотужних вітрах. Це розширює діапазон робочих швидкостей вітру, зменшує простоювання агрегату, скорочує час запуску його.

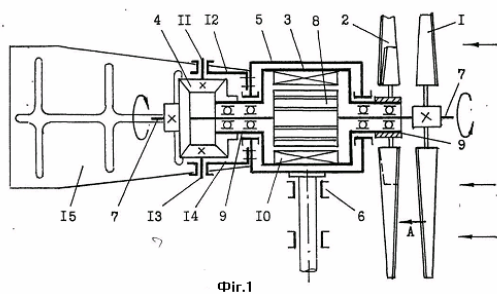
У варіанті конструктивного виконання вітроагрегату, представленому на Фіг.4, додатковий корпус 5 електричної машини з підвіреної сторони має С-подібний силовий кронштейн 18 з одним видовженим стабілізатором 19 у вигляді руля. Кронштейн 18 охоплює кінчну передачу 4 у вертикальній площині і кріпиться болтами до кришки корпусу 5. Кронштейни 12 та 14 (Фіг.1) сателітів кінчної передачі розташовані у горизонтальній площині, що дозволяє демонтувати їх (для заміни) не знімаючи стабілізатор.

При великих діаметрах вітроколес агрегат оснащують відомим засобом орієнтації у вигляді хвоста [3]. Дана компоновка агрегату спрощує також розміщення на ньому замість стабілізаторів відрозного механізму орієнтації вітроколес.

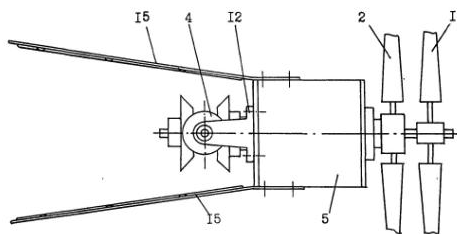
Запропонований вітроагрегат є достатньо простим і технологічним у виготовленні та більш ефективним і надійним в експлуатації порівняно з відомими засобами вітроенергетики аналогічного типу. Він може бути використаний як при створенні малих вітроелектростанцій, в тому числі пересувних і мобільних, так і станцій промислового призначення.

Джерела інформації

1. Вітроелектрогенератор. Патент України В 48484 А, МПК 6 F 03 D 9/02, 2002.
2. Патент DE 20113760 U1, Int. Cl<sup>7</sup> H 02 K 16/02, 2002.
3. Я.И. Шефтер. Использование энергии ветра. М., Энергоатомиздат, 1983.

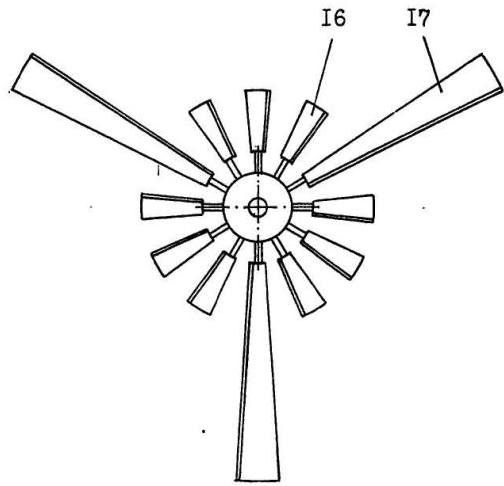


Фиг.1



Фиг. 2

Вид А



Фиг. 3

