



УКРАЇНА

(19) UA (11) 54700 (13) U  
(51) МПК (2009)  
F03D 7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) РЕГУЛЯТОР ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ РОТОРА ВІТРОДВИГУНА

1

2

(21) u201004261

(22) 12.04.2010

(24) 25.11.2010

(46) 25.11.2010, Бюл.№ 22, 2010 р.

(72) КОХАНЄВИЧ ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ, ШИ-  
ХАЙЛОВ МИКОЛА ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ШКАП  
СЕРГІЙ СТАНИСЛАВОВИЧ, ПЕРЕХОЖУК ІГОР  
ПЕТРОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ  
НАН УКРАЇНИ

(57) 1. Регулятор частоти обертання ротора вітро-  
двигуна з поворотними лопатями, що містить від-  
центрові тягарці та підпружинену відносно голов-  
ного вала муфту, що кінематично зв'язана з  
поворотними лопатями та виконана з можливістю  
відносного руху вздовж вала, та демпферний при-

стрій, який **відрізняється** тим, що демпферний  
пристрій розміщений вздовж осі головного вала і  
виконаний у вигляді герметичних порожнин, що  
створені гнучкими елементами і розділені поміж  
собою жорстким елементом, причому один з гнуч-  
ких елементів за допомогою тяги жорстко з'єдна-  
ний з муфтою, а в жорсткому елементі встановлені  
дросель та зворотний клапан, що перекриває про-  
хід робочої рідини при русі муфти під дією пружини.

2. Регулятор частоти обертання ротора вітро-  
двигуна за п. 1, який **відрізняється** тим, що дросель  
виконаний у вигляді пакета дросельних шайб, а  
зворотний клапан у вигляді підпружиненого запи-  
раючого елемента, наприклад кульки.

Корисна модель відноситься до вітроенергети-  
ки і може бути використана для регулювання обе-  
ртів ротора вітроустановки, підвищення її надійно-  
сті та безпечності в експлуатації.

Відомий відцентровий регулятор обертів рото-  
ра вітроустановки, в якому відцентрові тягарці за-  
кріплені на махах лопатей. При обертанні ротора  
на відцентрових тягарцях виникає момент, який  
переміщує тягарці в площину обертання ротора і,  
відповідно, тягарці повертають лопаті навколо їх  
осей. Лопать через кривошипно-шатунний меха-  
нізм з'єднана з підпружиненою втулкою, яка врів-  
новажує обертальний момент на лопатях (кн. Анд-  
рианов В. Н., Быстрицкий Д. Н., Вашкевич К. П.,  
Секторов В. Р. Ветроэлектрические станции. - Го-  
сударственное энергетическое издательство,  
1960, с. 88, рис. 2-11).

Відома вітроустановка ВБЛ-3, яка обладнана  
поворотними лопатями з відцентровим регулято-  
ром • кутової швидкості ротора, який складається з  
жорстко встановлених на махах лопатей відцент-  
рових тягарців, кривошипно-шатунного механізму,  
що передає рух від поворотних лопатей до втулки,  
що може здійснювати зворотно-поступальний рух  
вздовж головного валу. При цьому русі втулка має  
можливість стискувати спочатку пускову пружину  
(меншої жорсткості), потім більшої жорсткості ро-

бочу пружину. Зупинка вітроустановки здійснюєть-  
ся вручну з землі завдяки ручному приводу зупин-  
ки ротора. При запуску вітроустановки кут встано-  
влення має значення близько 30°, що збільшує  
початковий обертальний момент та забезпечує  
самозапускання ротора при появі достатньої шви-  
дкості вітру. В робочому положенні кут встано-  
влення має значення близько 7°, а в зупиненому -  
мінус 2°. В процесі регулювання кут змінюється у  
вказаному діапазоні (від плюс 7 до мінус 2 граду-  
сів). Тобто маємо класичний приклад так званого  
антифлюгерного регулювання^ див. Шефтер Я.И.  
Использование энергии ветра. - М., Энергоатоми-  
здат,-1983, с. 79-82).

Однак, така вітроустановка має недолік, що  
притаманний всім вітроустановкам з антифлюгер-  
ним регулюванням - це необхідність утримувати  
кут встановлення лопатей у незмінному значенні  
поблизу так званих критичних кутів атаки, де від-  
бувається зрив потоку. В зоні даних кутів коефіці-  
єнт підйомної сили сачком зменшує своє значення,  
що порушує рівновагу сил, які діють на лопаті. Так  
як сила стисненої пружини близька до максима-  
льного значення, то лопаті за допомогою пружини  
різко виводяться на пускові кути встановлення.  
Ротор гальмується, а потім знову починає розга-  
нятися. Тобто має місце пульсуючий режим робо-

(13) U

(11) 54700

(19) UA

ти ротора і всіх механізмів, що з ним пов'язані. А все із-за відсутності пристрою, що міг би утримувати лопаті в зоні критичних кутів атаки на більш-менш постійному рівні, навіть при значних коливаннях кутової швидкості ротора.

Із відомих пристроїв найбільш близьким по технічній суті є вибраний як найближчий аналог відцентровий регулятор обертів ротора вітроустановки, який містить підпружинену втулку, що переміщується вздовж валу ротора, яка одною стороною через кривошипно-важільний механізм з'єднана з поворотними лопатями а іншою стороною втулка, через важільно-шарнірний механізм, з'єднана з відцентровим регулятором, який розміщений в маточині ротора. Відцентровий регулятор закритий захисним кожухом. Паралельно пружині, яка з'єднана з втулкою, встановлено демпферний пристрій.

Встановлення демпферного пристрою паралельно пружині запобігає в даному випадку виникненню обертальних коливань лопаті навколо своєї вісі обертання, що зменшує динамічні навантаження на лопать, а також підвищує надійність роботи відцентрового регулятора та збільшує строк служби лопатей (Патент України на корисну модель № 21687, Бюл. № 3, 2007 р.).

Однак, такий відцентровий регулятор має наступні недоліки. По-перше, оскільки відцентрові тягарці розміщені безпосередньо на головному валу, а радіус їх обертання обмежений розмірами захисного кожуха та маточини, то такий регулятор не в змозі розвинути достатнього зусилля, щоб використовуватись у вітроустановках більшої потужності, тому що, так як відомо, відцентрова сила пропорційна масі тягарців та їх відстані від вісі, навколо якої вони обертаються і квадрату кутової швидкості. Тобто сфера його використання обмежена тільки вітроустановками малої потужності, яким притаманна велика кутова швидкість ротора. По-друге, наявність демпферів у відомому технічному рішенні призначена лише для гасіння обертальних коливань лопатей.

В основу корисної моделі регулятора частоти обертання ротора вітродвигуна поставлена задача підвищення надійності і збільшення довговічності конструкції та утримання лопатей на критичних кутах атаки в широкому діапазоні швидкостей вітру, та, відповідно, і кутових швидкостей ротора, яка вирішується шляхом розміщення демпферного пристрою вздовж вісі головного вала та виконання його у вигляді герметичних порожнин, що створені гнучкими елементами і розділених поміж собою жорстким елементом, причому один з гнучких елементів за допомогою тяги жорстко з'єднаний з втулкою, а в жорсткому елементі встановлені дросель та зворотний клапан, що перекриває вільний прохід робочої рідини при русі муфти під дією пружини.

Регулятор частоти обертання ротора вітродвигуна відрізняється тим, що дросель виконаний у вигляді пакета дросельних шайб, а зворотний клапан у вигляді підпружиненого запираючого елемента.

Введення в кінематичну схему демпферного пристрою з зворотним клапаном дозволяє здійс-

нювати швидкий вихід лопатей на робочі докритичні кути атаки і утримання кутів атаки практично без змін в цьому положенні, тобто в районі критичних кутів атаки. Рух муфти під дією пружини у зворотному напрямку буде обмежуватись завдяки наявності зворотного клапану, який в цей час закритий і вся наявна робоча рідина має дроселюватись під дією пружини через пакет дросельних шайб.

Отже поставлена задача - забезпечення можливості утримання лопатей на кутах встановлення, що відповідають критичним кутам атаки, навіть при змінюванні кутової швидкості ротора, шляхом введення в кінематичну схему механізму повороту лопатей демпферного пристрою з зворотним клапаном, що дозволяє лопатям швидко, без зусиль, виходити на робочі кути встановлення лопатей, і створювати опір руху у зворотному напрямку, вирішена

Суть корисної моделі пояснюється фіг. 1, на якому наведена загальна схема пристрою регулювання, та фіг. 2, на якому наведена загальна схема демпферного пристрою.

Запропонована конструкція містить втулку 1, що може переміщуватись на валу 2 ротора вітроустановки. З однієї сторони втулка 1, через палець 3, що має можливість здійснювати зворотно-поступальний рух вздовж валу 2 у виконаних на ньому пазах, та жорстку тягу 4, що жорстко з'єднана з одним з гнучких елементів 5. З іншої сторони втулка 1, через важільно-шарнірний механізм 13, з'єднана з поворотними лопатями (на фіг. 1 показані частково), на махах яких жорстко закріплені відцентрові тягарці 6. Втулка 1 виконана з можливістю взаємодіяти з повзуном 7, який має дві центрувальні поверхні: перша (зліва за фіг.1), для центрування пускової пружини 8, а друга (праворуч за фіг.1), для центрування робочої пружини 9. При цьому, пускова пружина 8 стискується під дією втулки 1, а робоча, під дією тієї ж втулки 1, тільки завдяки безпосередньому контакту втулки 1 та повзуна 7.

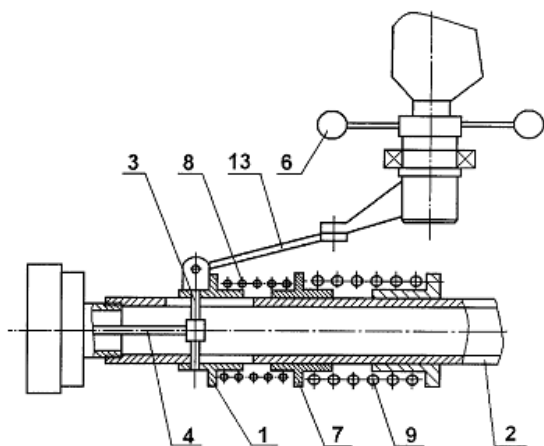
На фіг. 2 наведена загальна схема демпферного пристрою. Жорстка тяга 4, що одним кінцем з'єднана з втулкою 1, а іншим жорстко з'єднана з одним з гнучких елементів 5. У свою чергу цей гнучкий елемент жорстко з'єднується з однією з сторін жорсткого елемента 10, з іншої сторони до якого також жорстко приєднується ще один гнучкий елемент 5. У тілі жорсткого елемента 10 жорстко встановлюються пакет дросельних шайб 11 та зворотний клапан 12 з запираючим елементом у вигляді, наприклад, підпружиненої кульки.

Працює запропонована конструкція наступним чином. При відсутності достатньої швидкості вітру ротор непорушний, кути встановлення лопатей мають максимальне значення, що дорівнює приблизно 20-30 градусам, втулка 1 (фіг. 1) займає крайнє ліве положення. При збільшенні швидкості вітру ротор починає збільшувати свою кутову швидкість. Завдяки дії складової відцентрової сили на тягарці 6, вони стараються вийти в площину обертання і тим самим повертають лопаті в сторону від'ємного значення кута встановлення (кут встановлення - це кут між хордою лопаті та площиною обертання ротора). При цьому повороті,

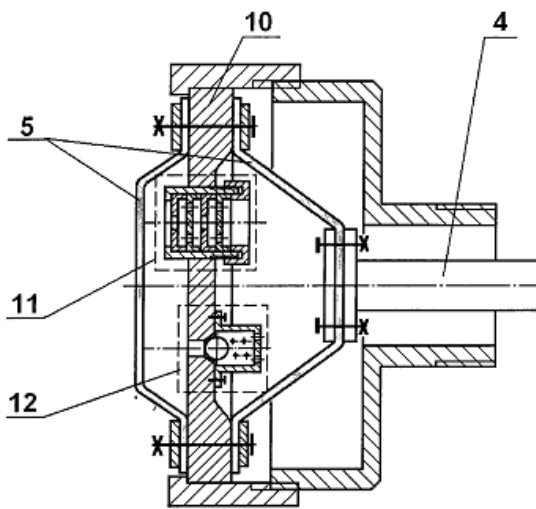
завдяки важільно-шарнірному механізму 13, рух передається на втулку 1, яка починає переміщуватися (вправо по фіг. 1), стискуючи при цьому пускову пружину 8. Цей процес іде до тих пір, поки кути встановлення не досягнуть значення близько 7 градусів. В цей час втулка 1 вступить в контакт з повзуном 7 і таким чином, за умови подальшого збільшення кутової швидкості ротора, почне стискуватися вже і робоча пружина 9. Під час переміщення втулки 1, а згодом і повзуна 9, вправо у демпфуючому пристрої зворотній клапан 12 відкривається і вся робоча рідина практично без перепон надходить у праву (по фіг. 1) порожнину, що утворена правим гнучким елементом 5 та жорстким елементом 10. При досягненні кутами встановлення значення близького до критичних кутів атаки, при яких потік зривається і коефіцієнт підйомної сили різко міняє своє значення в бік зменшення, а пружини максимально стиснені, а отже мають максимальне значення, порушується баланс сил на лопатях і вони були б готові повернутися у вихідне положення, тобто на пускові кути, але при русі у зворотному напрямку втулки 1, а значить і тяги 4, зворотній клапан 12 закривається і вся наявна робоча рідина вимушена йти через пакет дросельних шайб 11. Цей пакет має досить суттєвий гідравлічний опір, а тому швидкий вихід

лопатей на пускові кути унеможлиблюється. Слід зазначити, що для створення великих перепадів на дроселі однієї діафрагми, що також являє собою дросель, може виявитись недостатньо, тому, що можливість зменшення діаметру отвору обмежена із-за виникнення облітерації (зарощування прохідного перерізу поляризованими молекулами робочої рідини) та технологічними труднощами при виконанні отворів малого діаметра. Декілька послідовно встановлених діафрагм, що утворюють пакет дросельних шайб, дозволяють позбутися цього недоліку. Розрахунок параметрів демпфуючого пристрою наведений у роботі Коханевича В.П., Шихайлов М.О. «Розрахунок параметрів пристрою демпфування системи відцентрового регулювання ротора відродвигуна». Матеріали X Міжнародної конференції «Відновлювана енергетика XXI століття», АР Крим, смт. Миколаївка, 13-18 вересня 2009 р. Таким чином, лопаті будуть утримуватись у положенні близькому до критичних кутів атаки завдяки демпфуючому пристрою.

При зниженні швидкості вітру, а значить і кутової швидкості ротора, муфта 1, хоч і дуже повільно почне свій рух в бік збільшення кутів встановлення (вліво по рис. 1) і кінець-кінцем лопаті вийдуть на пускові кути встановлення при повній відсутності робочої швидкості вітру.



Фіг. 1



Фіг. 2