



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **16959** (13) **U**
(51) МПК (2006)
F03D 7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) МЕХАНІЗМ РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ВІТРОДВИГУНА

1

2

(21) u200511442

(22) 02.12.2005

(24) 15.09.2006

(46) 15.09.2006, Бюл. № 9, 2006 р.

(72) Левін Роман Євгенович, Дмитренко Максим
Анатолійович, Андрєєв Андрій Миколайович,
Мінаєв Юрій Павлович(73) ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Механізм регулювання частоти обертання вітродвигуна, що складається з електрогенератора змінного струму, механічно з'єднаного з валом вітродвигуна, який **відрізняється** тим, що додатково містить семістор, електричне навантаження і керувальний пристрій, який складається з резистора, трансформатора, автоматичного вимикача.

Корисна модель відноситься до галузі вірової енергетики, а саме до механізмів регулювання частоти обертання вітродвигунів.

Відомий механізм регулювання частоти обертання вітродвигуна [Шефтер Я.И. Ветроэнергетические агрегаты. М.: Машиностроение, 1972, 288с., С.86], що складається з пускової та основної пружин, центробіжних тяжів, закріплених на лопатях за допомогою держалок і шарнірно з'єднаних за допомогою поводків та тяг з муфтою механізму регулювання, яка нерухомо закріплена на втулці. Муфта регулятора може переміщуватись вздовж стержня-тяги механізму регулювання. Механізм регулювання автоматично повертає лопаті навколо своєї осі, змінюючи цим робочу площу лопаті залежно від частоти обертання вітродвигуна, підтримуючи задане число обертів.

Недоліками описаного механізму регулювання частоти обертання вітродвигуна є:

- зниження коефіцієнта використання енергії вітрового потоку при швидкостях вітру, більших за номінальне значення ($\approx 8\text{ м/с}$);
- низька точність регулювання частоти обертання вітродвигуна;
- складність конструкції;
- неможливість використання механізму регулювання частоти обертання вітродвигуна для вітродвигунів з вертикальною віссю обертання.

Спільними ознаками із заявленим рішенням є використання зміни частоти обертання вітродвигуна як сигналу для регулювання потужності вітродвигуна.

Відомий спосіб керування механізмом регулювання частоти обертання вітродвигуна [Шефтер Я.И. Ветроэнергетические агрегаты. М.: Машиностроение, 1972, 288с., С.88]. Він полягає у тому, що при зміні швидкості вітру змінюється кут розташування лопатей. У початковому положенні лопаті розташовані під найбільшим кутом до нормалі. При збільшенні частоти обертання колеса центробіжні сили тяжів переміщують муфту регулятора і повертають лопаті в робочий стан. При подальшому збільшенні частоти обертання центробіжні сили тяжів повертають лопаті в сторону зменшення кута заклинювання. При цьому аеродинамічний обертальний момент, а тоді і частота обертання вітродвигуна зменшуються.

Найбільш близьким до механізму регулювання частоти обертання вітродвигуна за технічною суттю та результатом, що досягається, є вітроенергетична установка і спосіб керування нею, яка містить механізм регулювання частоти обертання вітродвигуна [Заявка на винахід RU 2001122364А. Ветро-энергетическая установка и способ управления ею. Заявка 2001122364/06; опубл. 20.04.2003]. Вітроенергетична установка містить вітровий двигун, вал електрогенератора змінного струму, регулятор напруги, два керованих тиристорних випрямлячі, датчик швидкості вітру, диференціатор, датчик частоти обертання вала вітродвигуна, функційний перетворювач, суматор, інтегратори, електромагнітне гальмо-теплогенератор, насос, задатчик режиму роботи, комутатор, датчик

(13) **U**
(11) **16959**
(19) **UA**

струму електрогенератора, задатчик номінального струму електрогенератора.

Вал вітрового двигуна механічно з'єднаний з валом електрогенератора змінного струму. Вхід керованого тиристорного випрямляча з'єднаний зі статорною обмоткою генератора змінного струму, а вихід підключений до навантаження. До виходу датчика частоти обертання вала вітроподвигуна підключений вхід функційного перетворювача. Входи суматора з'єднані з виходом функційного перетворювача і з виходом датчика швидкості вітру через диференціатор; а вихід суматора через інтегратор підключений до керованого входу керованого тиристорного випрямляча. Вал теплогенератора механічно з'єднаний з валом вітроподвигуна; а роторна обмотка закорочена і охолоджується теплоносієм, котрий циркулює в контурі з теплообмінником за допомогою насоса; обмотка збудження теплогенератора знаходиться на статорі та підключена до другого керованого тиристорного випрямляча. До другого входу суматора підключено вихід датчика швидкості вітру; до третього входу суматора підключений вхід задатчика режиму роботи; вихід суматора з'єднаний із входом першого інтегратора через комутатор, через котрий суматор з'єднується також із входом другого інтегратора. Вихід другого інтегратора підключений до керуючого входу другого керованого тиристорного випрямляча. Силовий вхід другого керованого тиристорного випрямляча з'єднаний зі статорною обмоткою електрогенератора; а вихід з'єднаний з обмоткою збудження електромагнітного гальма-теплогенератора. Вихід датчика струму електрогенератора з'єднаний з першим входом другого суматора. Другий вхід другого суматора підключений до задатчика номінального струму електрогенератора; вихід другого суматора з'єднаний з другим входом комутатора.

Недоліками такого механізму регулювання частоти обертання вітроподвигуна є:

- неможливість використання отриманої електричної енергії споживачами змінного струму;
- значна втрата енергії при регулюванні частоти обертання вітроподвигуна;
- складність конструкції.

Спільними ознаками із заявленим рішенням є наявність електрогенератора змінного струму, механічно з'єданого з валом вітроподвигуна.

Спосіб керування вітроенергетичною установкою полягає в тому, що частотою обертання вітроподвигуна керують шляхом зміни кута відкриття тиристорів керованого випрямляча, до якого підключене навантаження. Керування ним здійснюють за допомогою програми керування, що закладається до пам'яті задатчика режиму роботи (наприклад, програма отримання найбільшої кількості енергії, програма стабілізації частоти обертання, програма захисту вітроподвигуна при граничних швидкостях вітру та його поривах). При струмах навантаження до номінальної величини струму електрогенератора керування відбувається через перший керований тиристорний випрямляч, а при струмі

навантаження більшої величини керування здійснюється через другий керований тиристорний випрямляч шляхом зміни струму збудження електромагнітного гальма-теплогенератора. Недоліками такого способу є:

- необхідність використання випрямлячів, що не дозволяє використовувати отриману електричну енергію споживачами змінного струму.

Спільними із заявленим рішенням ознаками є:

- регулювання частоти обертання вітроподвигуна зміною електричного навантаження електрогенератора змінного струму.

В основу корисної моделі поставлено задачу розробити механізм регулювання частоти обертання вітроподвигуна і спосіб керування цим механізмом, який шляхом постійної подачі напруги, що виробляється електрогенератором змінного струму, через додатково введений керовальний пристрій на додатково введений сімістор, що автоматично керує часом роботи електричного навантаження, яке змінює загальне електричне навантаження електрогенератора змінного струму, вал якого механічно з'єднаний з валом вітроподвигуна, дозволяє забезпечити регулювання частоти обертання вітроподвигуна при зміні швидкості вітру; використовувати отриману електричну енергію споживачами змінного струму; підвищити коефіцієнт використання енергії вітрового потоку при швидкостях вітру, більших за номінальне значення ($\approx 8 \text{ м/с}$);

спростити конструкцію; збільшити швидкість реакції механізму регулювання на зміну швидкості вітру; збільшити точність регулювання обертання вітроподвигуна; встановлювати механізм стабілізації частоти обертання на відстані від вітроподвигуна.

Суттєвими ознаками механізму регулювання частоти обертання вітроподвигуна є наявність:

- електрогенератора змінного струму, механічно з'єданого з валом вітроподвигуна;
- сімістора;
- електричного навантаження;
- керовального пристрою, який складається з резистора, трансформатора, автоматичного вимикача.

Відмінними від прототипу ознаками є наявність:

- сімістора;
- електричного навантаження;
- керовального пристрою, який складається з резистора, трансформатора, автоматичного вимикача.

Суттєвими ознаками способу керування механізмом регулювання частоти обертання вітроподвигуна є:

- постійна подача напруги, яка виробляється електрогенератором змінного струму, через керовальний пристрій на сімістор, що автоматичного фазового керування сімістором часом роботи електричного навантаження, яке змінює загальне електричне навантаження електрогенератора змінного струму.

Відмінними ознаками способу є:

- постійна подача напруги, яка виробляється електрогенератором змінного струму, через керувальний пристрій на сімістор, що призводить до автоматично керує часом роботи електричного навантаження.

Така конструкція дозволяє:

- забезпечити регулювання частоти обертання вітрогенератора при зміні швидкості вітру;
- використовувати отриману електричну енергію споживачами змінного струму;
- підвищити коефіцієнт використання енергії вітрового потоку при швидкостях вітру, більших за номінальне значення ($\approx 8\text{м/с}$);
- спростити конструкцію;
- збільшити швидкість реакції механізму регулювання на зміну швидкості вітру;
- збільшити точність регулювання обертання вітрогенератора;
- встановлювати механізм стабілізації частоти обертання на відстані від вітрогенератора.

На Фіг.1 зображено структурну схему механізму регулювання частоти обертання вітрогенератора.

На Фіг.2 зображено принципову електричну схему прикладу конкретного виконання механізму регулювання частоти обертання.

Запропонований механізм регулювання частоти обертання вітрогенератора містить: електрогенератор змінного струму 1, сімістор 2, навантаження 3 та керувальний пристрій 4.

Електрогенератор змінного струму 1 механічно з'єднаний з валом вітрогенератора (на схемі не зображено). Сімістор 2 та електричне навантаження 3 з'єднані між собою послідовно та підключені до електрогенератора змінного струму 1 паралельно споживачам електричного струму (на схемі не зображено).

Електрогенератор змінного струму 1 крім головної функції виконує, функцію датчика частоти обертання вала вітрогенератора. Як електрогенератор змінного струму 1 використовують синхронні або індукторні електричні машини. Потужність електрогенератора змінного струму 1 відповідає максимальній потужності вітрогенератора, яка може досягатися при критичній швидкості вітру ($20 \div 25\text{м/с}$).

Сімістор 2 має номінальні параметри, які задовольняють роботи навантаження 3 на всьому діапазоні регулювання частоти обертання вітрогенератора.

Електричне навантаження 3 включено в схему для створення електромагнітного гальмівного моменту електрогенератора змінного струму 1, яке також є виконавчим органом механізму регулювання частоти обертання вітрогенератора. Як електричне навантаження 3 можна використовувати електричний нагрівач води, що складається з ємності 3 з водою та тенів для нагріву води.

Керувальний пристрій 4 складається з резистора, трансформатора, автоматичного вимикача та підключається до електрогенератора змінного струму 1. Керувальний пристрій 4 перетворює сигнал від електрогенератора

змінного струму 1 і подає електричний сигнал на сімістор 2 (його керувальний електрод).

Система працює таким чином: електрогенератор змінного струму 1 механічно з'єднаний з валом вітрогенератора, тому значення напруги на затискачах електрогенератора змінного струму 1 пропорційне частоті обертання вітрогенератора. При збільшенні швидкості вітру збільшується частота обертання вітрогенератора. Через це збільшується напруга на затискачах електрогенератора змінного струму 1. До електрогенератора змінного струму 1 підключений сімістор 2. Причому його керувальний електрод також підключено до електрогенератора змінного струму 1 через керувальний пристрій 4. Величина електричного сигналу $U_{\text{кер}}$ сімістора 2 пропорційна діючому значенню напруги електрогенератора змінного струму 1. При перевищенні заданої швидкості вітру сімістор 2 починає пропускати струм, що призводить до вмикання електричного навантаження 3. Чим більша частота обертання вітрогенератора, тим більше часу сімістор 2 пропускає струм, а тому електричне навантаження 3 працює більший проміжок часу.

Спосіб керування механізмом регулювання частоти обертання вітрогенератора полягає в тому, що керування відбувається автоматичною зміною електричного навантаження електрогенератора змінного струму 1 за допомогою фазового керування сімістором 2 часом роботи електричного навантаження 3. При деякій швидкості вітру v_1 величина електричного сигналу $U_{\text{кер}}$ керувального пристрою 4 менша за блокуюче значення (відмикаюче значення напруги постійного струму) $U_{\text{блок}}$, тому сімістор 2 знаходиться у несправному стані. При цьому електричне навантаження 3 не працює.

При збільшенні швидкості вітру до значення v_2 величина електричного сигналу керувального пристрою 4 стає більшою за блокуюче значення $U_{\text{б}}$. При цьому сімістор 2 автоматично переходить у провідний стан, і електричне навантаження 3 працює, створюючи електромагнітний гальмівний момент електрогенератора змінного струму 1 протягом інтервалу часу τ_2 півперіоду T_2 зміни напруги електрогенератора змінного струму 1.

Те ж саме відбувається протягом другого півперіоду. Якщо швидкість вітру зростає до значення v_3 , то інтервал часу роботи τ_3 нагрівача протягом півперіоду T_3 збільшується:

$$\frac{\tau_3}{T_3} > \frac{\tau_2}{T_2} \quad (1)$$

При цьому зростає електричний гальмівний момент електрогенератора змінного струму 1 і стабілізується його частота обертання. За рахунок того, що електрогенератор змінного струму 1 механічно з'єднаний з валом вітрогенератора, стабілізується частота обертання вала вітрогенератора.

Приклад конкретного виконання.

Для вітрогенератора, що має номінальну потужність $6 \pm 0,15\text{кВт}$ при номінальній швидкості вітру 8м/с , як електрогенератор змінного струму

використовували синхронну електричну машину ОСБ-180-52-T2 з номіальною потужністю 10кВ·А/8кВт, номіальною напругою 230/400 В.

Сімістор - ТС 112-10-4 (номіальна напруга 400В, сила струму $10 \pm 0,5$ А, блокуюче значення $u_b = 3 \pm 0,5$ В, струм утримання $15 \pm 0,5$ мА).

Як додаткове навантаження використали електроводонагрівач ЕВАН-100 з номіальною потужністю 1,25кВт, номіальною напругою 220В, що розрахований на номіальний об'єм води $0,100\text{м}^3$. Нагріта вода використовувалась у побуті.

Керувальний пристрій 4 складається з резистора, трансформатора, автоматичного вимикача.

Резистор ПП-2 зі змінним опором ($0 \div 50$ Ом, $2 \pm 0,5$ Вт), підключений до вторинної обмотки знижувального трансформатора 220В/4В, $2 \pm 0,5$ Вт.

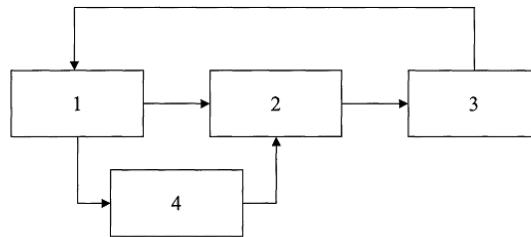
Для забезпечення безпечної роботи встановили автоматичний вимикач АП-50.

Така конструкція дозволяє підтримувати номіальну частоту обертання вітрогенератора при зміні швидкості вітру від 8м/с до 25м/с з

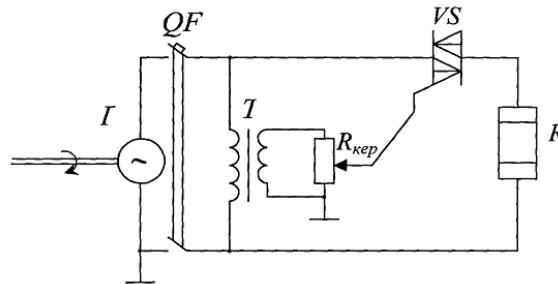
можливим відхиленням від номіального значення у межах $10 \div 15\%$.

Таким чином, перевагами запропонованого механізму регулювання частоти обертання вітрогенератора є: можливість використання отриманої електричної енергії споживачами постійного та змінного струму; підвищення коефіцієнта використання енергії вітрового потоку при швидкостях вітру, більших за номіальне значення ($\approx 8\text{м/с}$); спрощення конструкції існуючих механізмів стабілізації частоти обертання; збільшення точності регулювання частоти обертання вітрогенератора, можливість використання механізму регулювання частоти обертання для вітрогенераторів з вертикальною віссю обертання.

Перевагами запропонованого способу є: використання енергії, що виділяється під час регулювання, в корисних цілях; простота механізму для його здійснення; максимальні параметри струму відрізняються від мінімальних не більше ніж на 10-15%.



Фиг. 1



Фиг. 2