

ДИНАМІКА ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ

Овчаров С.В., к.т.н.

Михайленко О.Ю., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Телефон (0619) 423-263

Анотація – Робота присвячується дослідженню динаміки вітроенергетичної установки з вертикальною віссю. Отримано диференціальне рівняння з метою визначення залежності кутової швидкості від часу.

Ключові слова – вітроенергетика, вітроенергетична установка, встановлена потужність, вітропотенціал, лопать.

Постановка проблеми. Кількість енергоносіїв (нафта, газ, вугілля) обмежена, учені і фахівці працюють над використанням нетрадиційних джерел енергії. Одним з таких джерел є вітер. Середня потужність вітру на Землі оцінюється величиною понад 4,4 трильйонів кВт, тобто в 500 разів більше, ніж сучасне споживання електроенергії [1].

У зв'язку з постійними викидами промислових газів в атмосферу і іншими чинниками зростає контраст температур на земній поверхні. Це є одним з основних чинників, який приводить до збільшення вітрової активності в багатьох регіонах нашої планети.

Використання вітроагрегатів в сільськогосподарському виробництві набуває все більш широкого поширення. В умовах інфляції і дорожчаючої електроенергії, необхідні вітроустановки, пристосовані для виконання технологічних процесів в сільськогосподарському виробництві.

Для виробництва електроенергії на вітроелектростанціях (ВЕС) в об'ємах не менше 10% від її загального виробництва в Україні до 2020 року необхідно мати встановлену потужність вітроагрегатів 16000 Мвт, що дозволить забезпечити вироблення електроенергії до 32 млрд. кіловатгодин за рік [4].

Сумарна потужність вітрових електричних установок (ВЕУ) в Україні до кінця 2005 року досягла 75 Мвт. Країна продовжує залишатися лідером серед держав колишнього СРСР і Східної Європи по сумарній встановленій потужності ВЕС [2, 3].

Україна володіє кращою базою для розвитку вітроенергетики, чим інші країни Східної Європи, оскільки має обширні (більше 60 тисяч км. кв.) площі мілководних акваторій з високим (більше 6 м/с) вітропотенціалом, які не задіяні в господарських секторах [4].

* Науковий керівник – д.т.н., проф. Овчаров В.В.

Вітер володіє кінетичною енергією, яка може бути перетворена вітромеханічним пристроєм в механічну, а потім електрогенератором в електричну енергію. Мало того, що ВЕУ повинна бути добре виготовлена, необхідно, щоб вона відповідала вітровим умовам даної ділянки і виробляла необхідну кількість електроенергії.

Аналіз останніх досліджень. Вітроелектрогенератори з вертикальною віссю обертання внаслідок своєї геометрії при будь-якому напрямі вітру знаходяться в робочому положенні. Дослідження різних типів вертикально-осьових установок продовжуються, але в обмеженій кількості.

Формулювання мети статті. У вітроенергетиці переважає використання конструкцій з горизонтальною віссю обертання (традиційною). Традиційність даного типу пояснюється величиною швидкості їх обертання. Швидкість обертання цього вітродвигуна зворотньо-пропорційна кількості лопатей, тому широкого поширення набули агрегати, що мають дві, або три лопаті. Чим більше потужність, тим більше розмір лопатей. Напрямок вітрових потоків весь

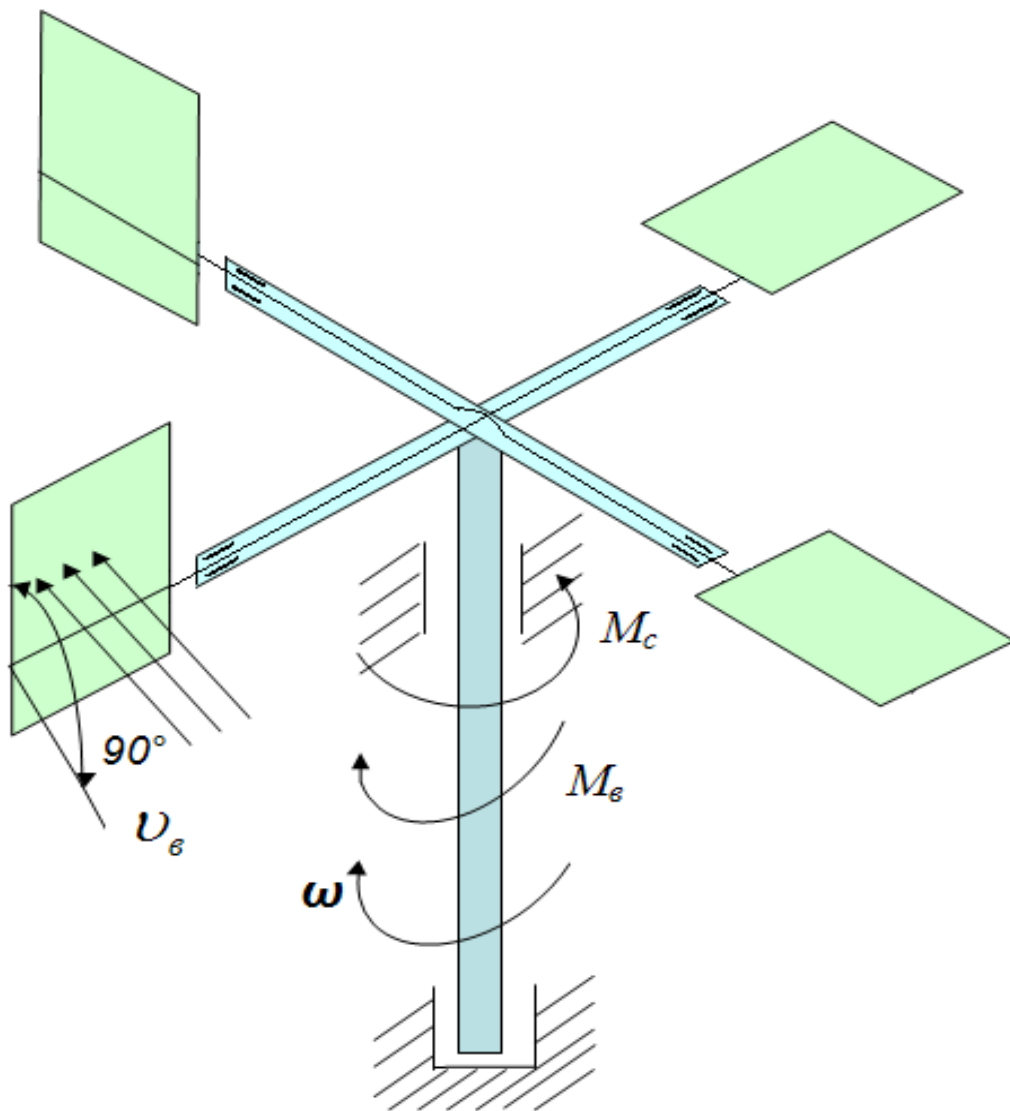


Рис.1. Кінематична схема ВЕУ з вертикальною віссю

час змінюється, а для ефективної роботи ВЕУ з горизонтальною віссю обертання необхідно міняти положення ротора, щоб «захоплювати» вітер. Цього недоліку не мають вітроагрегати з вертикальною віссю.

Метою роботи є визначення моментів, діючих на лопаті такої вітроустановки і отримання диференційного рівняння руху ротора.

Основна частина. Нами запропонована вітроенергетична установка з вертикальною віссю обертання, яка забезпечена горизонтально-розташованими двома валами, на кінцях яких попарно закріплені за допомогою втулки і фіксатора поворотні лопаті. Конструкція ВЕУ споруджена таким чином, що одна лопать пари, попадаючи під тиск вітру, повертається на 90° , тим самим, опускаючи протилежну лопать на 90° (рис. 1).

Розглянемо динаміку руху лопаті вітроенергетичної установки. На рис. 2 представлена розрахункова схема ВЕУ.

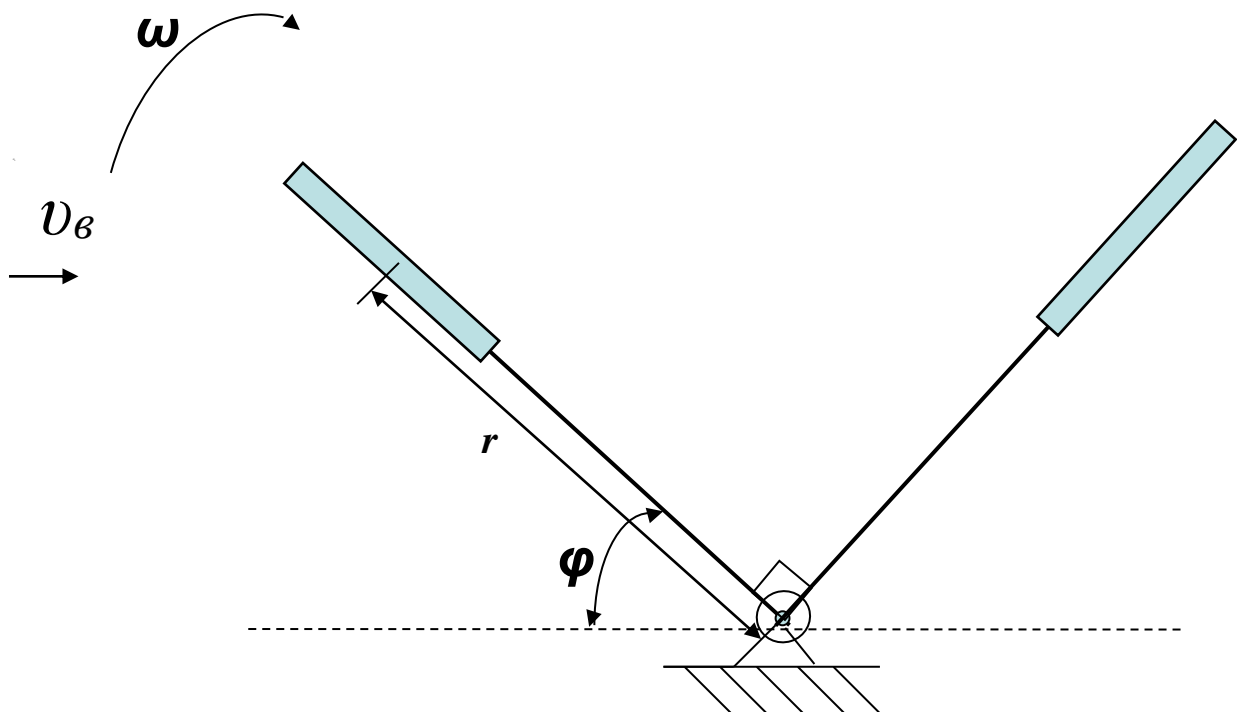


Рис. 2. Розрахункова схема ВЕУ

На вал лопаті вітроенергетичної установки діють наступні моменти:

- момент, що розвивається силою вітру;
- момент опору генератора;
- динамічний момент вітроустановки.

Сума динамічного моменту і моменту опору генератора завжди рівна моменту, що розвивається силою вітру.

Запишемо цю рівність:

$$M_{\ddot{a}} + M_c = M_{\dot{a}}, \quad (1)$$

де M_{∂} – динамічний момент вітроустановки, $H \cdot m$;

M_c – момент опору генератора, $H \cdot m$;

M_{∂} – момент, що розвивається силою вітру, $H \cdot m$.

Динамічний момент ВЕУ розраховується наступним чином:

$$M_{\partial} = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (2)$$

де J – осьовий момент інерції ВЕУ, $кг \cdot m^2$;

ω – кутова швидкість, $рад/с$;

t – час, $с$.

Момент опору на валу електрогенератора запишемо так:

$$M_c = k\Phi I = k\Phi \frac{E}{R} = k\Phi \frac{k\Phi\omega}{R} = \frac{(k\Phi)^2}{R} \omega = a\omega,$$

$$a = \frac{(k\Phi)^2}{R}, \quad (3)$$

де k – коеф. пропорційності;

Φ – магнітний потік, $Вб$;

I – сила струму, A ;

R – опір контура, $Ом$.

Момент вітру прямопропорційний силі повітряного потоку:

$$M_{\partial} = F_{\partial} \cdot r, \quad (4)$$

де F_{∂} – сила вітру, H ;

r – плече, m .

Сила вітру дорівнює:

$$F_{\partial} = \frac{1}{2} \rho v^2 S, \quad (5)$$

де ρ – щільність навігаючого повітряного потоку, $кг/м^3$;

v – швидкість вітру, $м/с$;

S – площа лопаті, $м^2$.

Тоді момент, що розвивається силою вітру, буде дорівнювати:

$$M_{\partial} = \frac{1}{2} \rho v^2 S r \sin \varphi \quad (6)$$

де φ – кут відхилення лопаті від горизонтального положення, $рад$.

Швидкість вітру, що набігає на лопать:

$$v = v_{\text{в}} - \omega r. \quad (7)$$

Звідси момент вітру буде дорівнювати:

$$M_{\text{в}} = \frac{1}{2} \rho (v_{\text{в}} - \omega r)^2 S \cdot r \sin \varphi. \quad (8)$$

Оскільки $\varphi = \omega t$, то

$$M_{\text{в}} = \frac{1}{2} \rho (v_{\text{в}} - \omega r)^2 S \cdot r \sin \omega t. \quad (9)$$

Тепер, розкриваючи дужки отримаємо:

$$\begin{aligned} M_{\text{в}} &= \frac{1}{2} \rho (v_{\text{в}}^2 - 2v_{\text{в}}\omega r + (\omega r)^2) \cdot S \cdot r \cdot \sin \omega t = \\ &= \left(\frac{1}{2} \rho \cdot v_{\text{в}}^2 - \rho v_{\text{в}} \omega r + \frac{1}{2} \rho (\omega r)^2 \right) \cdot S \cdot r \cdot \sin \omega t = \\ &= \frac{1}{2} \rho \cdot v_{\text{в}}^2 \cdot S \cdot r \cdot \sin \omega t - \rho v_{\text{в}} r^2 \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \omega t + \\ &\quad + \frac{1}{2} \rho \cdot r^3 \cdot S \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t \end{aligned}$$

Введемо позначення

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \rho \cdot v_{\text{в}}^2 \cdot S \cdot r &= b; \\ \rho v_{\text{в}} r^2 \cdot S &= c; \\ \frac{1}{2} \rho \cdot r^3 \cdot S &= n. \end{aligned}$$

Тепер підставимо ці позначення у формулу (1):

$$J \frac{d\omega}{dt} + a\omega = b \cdot \sin \omega t - c \cdot \omega \cdot \sin \omega t + n \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t. \quad (10)$$

$$J \frac{d\omega}{dt} + a\omega + c \cdot \omega \cdot \sin \omega t - n \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t - b \sin \omega t = 0. \quad (11)$$

Наступним завданням є вирішення даного диференціального рівняння з метою отримання залежності кутової швидкості від часу

$$\omega=f(t). \quad (12)$$

Висновки. Розроблена кінематична схема вітроустановки з вертикальною віссю обертання. Визначені сили що діють на лопаті. Складено диференціальне рівняння руху ротора.

Література

1. *Тельдеши Ю., Лесны Ю.* Укромление ветра. Мир ищет энергию.–М.: Мир,1981.–С.156–179.
2. *Конеченков А.Є.* В Україні встановлюють вітротурбіни 600 кВт// Зелена енергетика.–2003.–№3.– С.7– 9.
3. *Конеченков А.Є.* Вітроенергетика України: Десять років згодом: Інтерв'ю з директорами українських ВЕС / [*Конеченков А.Є., Пенелов О.В., Шмідт Г.Б., Ціцікан Р.М.*] // Вітроенергетика України.– 2004.– №3.– С. 8–20.
4. INFORSE: Международная сеть по сбалансированной энергии ГО: “Енергія майбутнього століття” ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА УКРАИНЫ: перспектива развития на ближайшие 20 лет [Электронный ресурс] / КИЕВ.–1999.–10 с. – Режим доступа до статті: http://bankwatch.org/documents/wind_ua.pdf
5. *Мхитарян Н.М.* Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы:[Монография] / Н.М. Мхитарян.–К.: Наукова думка,1999.– 317с.
6. *Безруких П.П., Безруких П.П. (мл.)* Что может дать энергия ветра: Ответы на 33 вопроса.– М.: НИЦ Инженер, 1998. – 48 с.
7. *Твайдел Дж., Уайер А.* Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ.–М.: Энергоатомиздат, 1990.– 391с.

DYNAMICS OF WIND-DRIVEN POWERPLANT WITH A VERTICAL AXIS

L. Mikhailenko , S. Ovcharov

Summary

The work is devoted to dynamics research of wind-driven powerplant with a vertical axis. The differential equation for the concern of definition of dependence of angular speed from time is received.