

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ

Михайленко Е.Ю., инженер

Таврический государственный агротехнологический университет

Телефон (0619) 42-24-36

Аннотация – в работе приводятся результаты исследований влияния скорости ветра и угла поворота лопасти на момент, развиваемый на валу ветроустановки. Зависимость мощности ветроустановки от угловой скорости и угла между лопастью и направлением ветра.

Ключевые слова – момент силы на валу, скорость ветра, угловая скорость, угол отклонения лопасти, мощность.

Постановка проблемы. Взаимодействие поворачивающейся лопасти ветроустановки (ВУ) с вертикальной осью с воздушным потоком требует углубленного рассмотрения для усовершенствования работы ветроустановки с вертикальным валом.

Анализ последних достижений. Ветроэнергетические установки с вертикальной осью вращения вследствие своей геометрии при любом направлении ветра находятся в рабочем положении [1]. Влияние динамических характеристик на работу ротора ветроустановки с вертикальной осью изучено недостаточно.

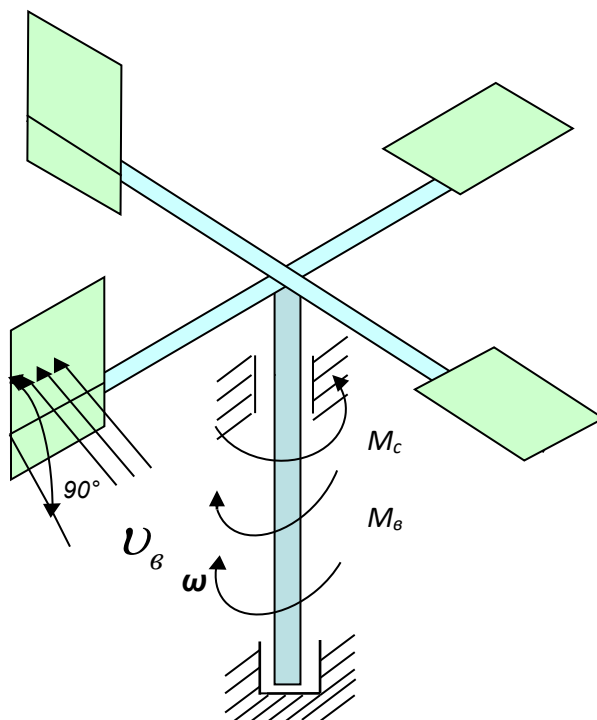


Рис.1. Кинематическая схема ВЭУ с вертикальной осью.

Формулировка цели статьи. Получить закономерность момента, возникающего на валу в зависимости от скорости ветра, а также зависимость мощности ветроустановки от угловой скорости и угла между лопастью и направлением воздушного потока.

Основная часть. Нами предлагается конструкция вертикального ротора ветродвигателя с двумя парами прямоугольных лопастей, расположенными по-ярусно на двух валах под углом 90° каждая пара относительно друг друга. Лопасти одной пары, прикрепленные к валу, сооружены таким образом, что одна лопасть, попадая в ветровой поток, поднимается на 90° , становится перпендикулярно направлению ветра, тем самым опрокидывает противоположную лопасть на 90° , ставя её в горизонтальную плоскость, то есть флюгерное положение. Для ограничения поворота вала предусмотрено клеммовое соединение с упорами (рис. 1).

Особенность этой конструкции в том, что изменение положения лопасти происходит автоматически под действием силы ветра, а также наличие одного подвижного звена – вала во втулке.

Рассмотрим динамику движения лопасти ветроэнергетической установки. На рисунке 2 представлена расчетная схема ВЭУ.

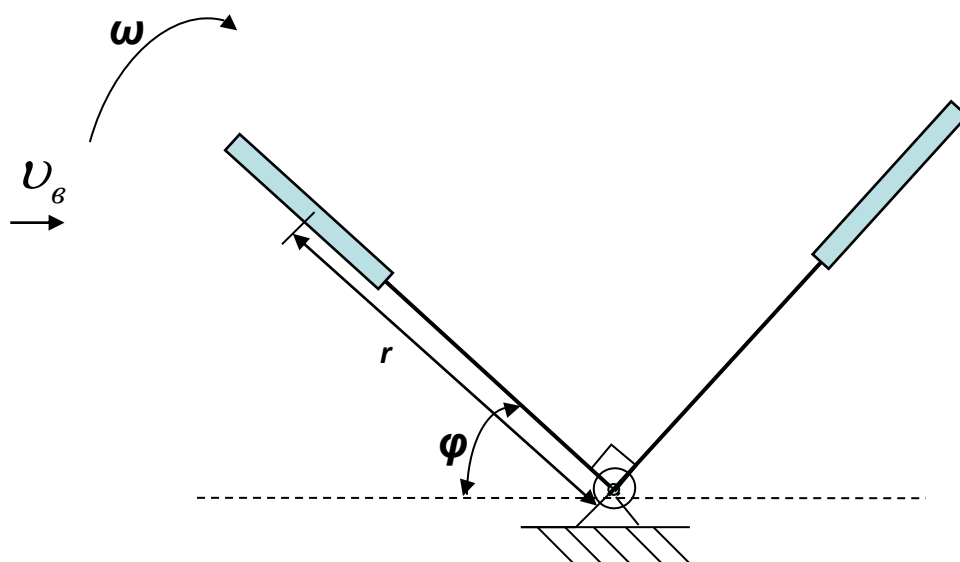


Рис. 2. Расчетная схема ВЭУ.

На вал лопасти ветроэнергетической установки действуют следующие моменты:

M_d – динамический момент ветроустановки, $H \cdot м$;

M_c – момент сопротивления генератора, $H \cdot м$;

M_e – момент, развиваемый силой ветра, $H \cdot м$.

Сумма динамического момента и момента сопротивления генератора всегда равна моменту, развиваемому силой ветра.

Запишем это равенство:

$$M_d + M_c = M_e . \quad (1)$$

Момент ветра прямо пропорционален силе воздушного потока и равен:

$$M_e = \frac{1}{2} \rho (v_v - \omega r)^2 S \cdot r \sin \varphi , \quad (2)$$

где ρ – плотность набегающего воздушного потока, кг/м^3 ;

v – скорость ветра, м/с ;

ω – угловая скорость, рад/с ;

r – радиус ротора, м ;

S – площадь лопасти, м^2 ;

φ – угол между лопастью и направлением ветра, рад [2].

В процессе работы обоснования параметров ветроэнергетической установки с вертикальным валом нами было проведено исследование момента вращения ротора ветроагрегата при различной скорости ветра в зависимости от угла поворота лопасти относительно направления ветра. Выбранный нами диапазон угла поворота лопасти соответствовал интервалу от 0° до 90° , то есть половине пути, прохождения лопастью в рабочем положении. По теории – вторая половина пути от 90° до 180° - процесс должен повториться.

График момента, создаваемого на валу, в функции скорости ветра и с учетом угла между лопастью и направлением воздушного потока, имеет вид:

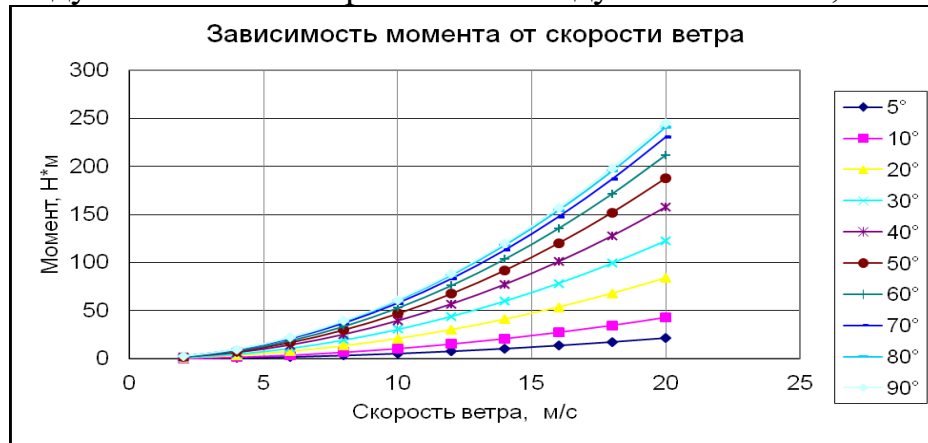


Рис. 3. Момент в функции скорости ветра.

Угол отклонения лопасти в горизонтального положения φ изменяться от 10° до 90° .

Следующим шагом было исследование момента вращения ротора ветроустановки при изменении скорости ветра в зависимости от угловой скорости ВУ и угла поворота лопасти относительно направления ветра.

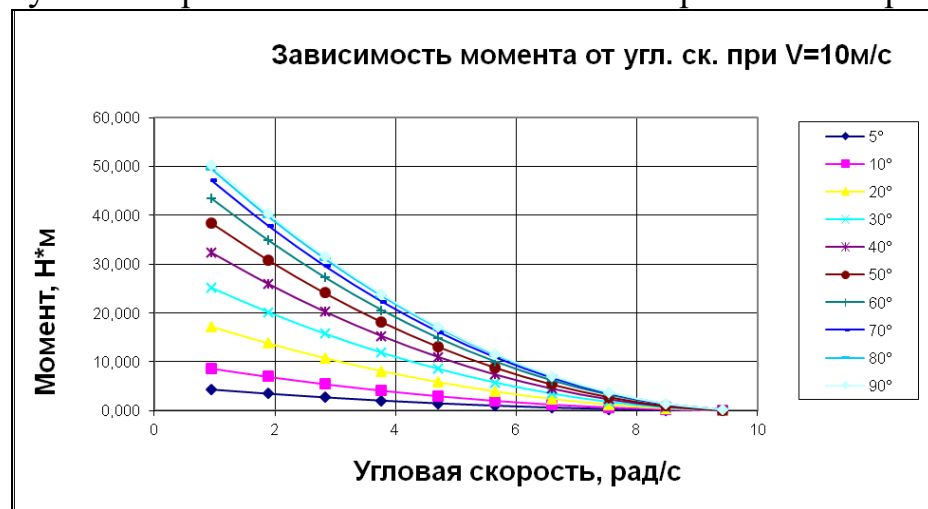


Рис. 4. Момент в функции угловой скорости.

Исследование установленной мощности, вырабатываемой ветроэнергетической установкой, является одним из основных показателей, предъявляемым к требованиям ВЭУ. Коэффициент использования установленной мощности один из параметров, дающих представление об эффективности работы ветростанции или любого другого генерирующего источника. Это отношение средней выработки генерирующего устройства к максимально возможной. По классической теории Н.Е. Жуковского для идеального ветроколеса коэффициент использования энергии ветра $\xi = 0,593$. То есть идеальное ветроколесо (с бесконечным числом лопастей) может извлечь 59,3% энергии, проходящей через его поперечное сечение [3].

Наибольшее количество современных ВЭУ, подключенных к энергосистеме, работают с коэффициентом использования установленной мощности от 25 до 35 % [4].

Коэффициент использования установленной мощности любого генерирующего источника зависит от его надежности, графика нагрузки (не всегда требуется максимальная мощность), необходимость его остановок для профилактических и капитальных ремонтов. А у ветроустановки этот коэффициент еще зависит от наличия ветра и его скорости. Вот почему коэффициент использования установленной мощности ветроустановок существенно меньше, чем у других генераторов. Хотя лучшие ветроустановки в хороших ветровых условиях работают с коэффициентом 0,5 [4].

Нами было проведено аналитическое исследование мощности в зависимости от угловой скорости. В ходе исследования мы изменяли параметры скорости ветра, угол поворота лопасти, радиус ротора.

Мощность ветроагрегата определяется по формуле:

$$P = M \cdot \omega, \quad (7)$$

где P – мощность, вырабатываемая ВЭУ, Вт;

M – момент, развиваемый силой ветра Н·м.

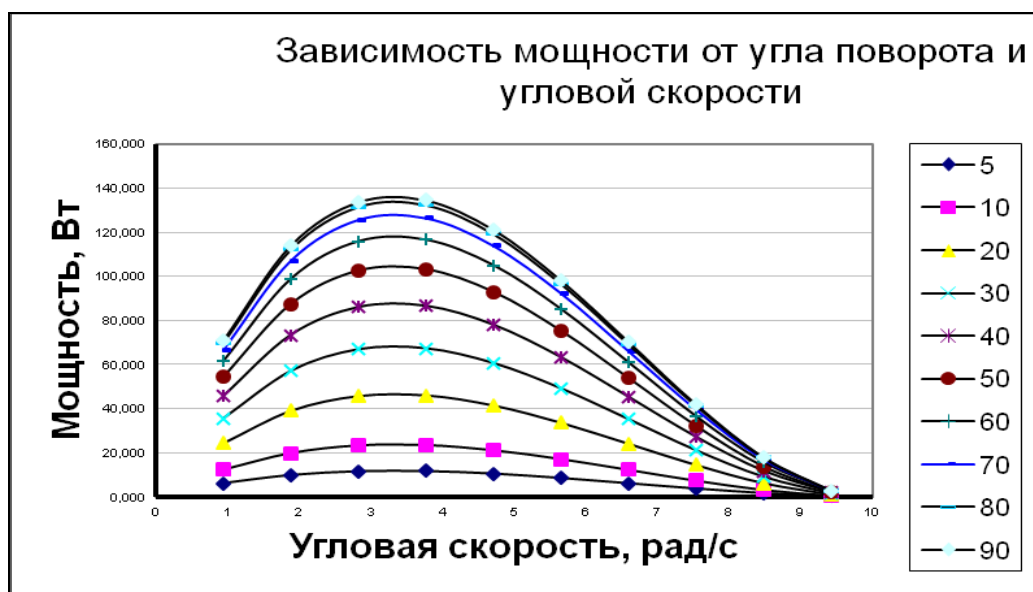


Рис. 5. Мощность ВУ в функции угловой скорости.

Выводы. 1. С изменением угловой скорости лопастей изменяется сила давления на лопасти.

2. Зависимость мощности, развиваемой ветроустановкой, имеет максимум в функции угловой скорости, что может быть использовано при формировании режимов работы ВУ.

Литература:

1. Вертикально-осевые ветроэнергетические установки [Электронный ресурс] <http://www.renewable.com.ua/wind-energy/5-v-wind-turbibe.html>

2. *Овчаров С.В.* Динаміка вітроенергетичної установки з вертикальною віссю / С.В. Овчаров, О.Ю. Михайленко. – Мелітополь: Праці ТДАТУ, випуск 8, том 10, Наукове фахове видання, 2008.- 180 с.

3. Типы ветроэнергетических установок [Электронный ресурс] http://www.bellona.ru/reports/Energy_Kola_Peninsula/1189769993.43

4. *Безруких П.П.* Что может дать энергия ветра: Ответы на 33 вопроса / П.П. Безруких, П.П. Безруких (мл.) .– М.: НИЦ Инженер, 1998. – 48 с.

ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ

О. Михайленко

Анотація - в роботі приведені результати досліджень впливу швидкості вітру і кута повороту лопаті на момент, що розвивається на валу вітроустановки. Залежність потужності вітроустановки від кутової швидкості і кута між лопаттю і напрямом вітру.

DYNAMICS OF WIND-DRIVEN POWERPLANT WITH A VERTICAL AXIS

L. Mikhailenko

Summary

The results of research of existent constructions of analogues and prototypes of wind-driven power-plants, their disadvantages are adduced in this work. The description of improved construction of the investigated wind-plant is given.