



УДК 631.313.5

ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОГО ЧИСЛА РЕДУКТОРА ДЛЯ ДВУХРОТОРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ВЕТРОУСТАНОВКИ

Степанчук Г.В., к.т.н.,

Моренко К.С. аспирант*

ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия», г. Зерноград, Россия

Тел.: 86359-41-3-65

Аннотация – в статье рассматривается обоснование параметров конструкции двухроторного электрического генератора для ветроустановки с регулируемым углом атаки лопасти для поддержания частоты вращения.

Ключевые слова - двухроторный электрический генератор, ветроустановка, угол атаки, режим работы.

Постановка проблемы. Для обеспечения рациональной работы ветроустановки с использованием двухроторного генератора (рисунок 1) [1, 2], необходимо обосновать выбор передаточного числа и режим работы генератора.

Анализ последних исследований. Максимальная разность моментов (назовём её дифференциальным моментом M_d) между роторами образуется в случае, когда основной ротор 9 загружен, а регулирующий ротор 7 вращается вхолостую [1, 2]. Этот дифференциальный момент может иметь различные предельные значения при различной загрузке роторов. Момент, создаваемый основным ротором, может быть определён из выражения

$$M = \frac{P}{\eta \cdot \omega}, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где P - выходная активная мощность;

η - КПД генератора;

ω - угловая скорость вращения входного вала.

© Г.В. Степанчук, к.т.н., К.С. Моренко, аспирант

* Научный руководитель - Степанчук Г.В. к.т.н., доцент

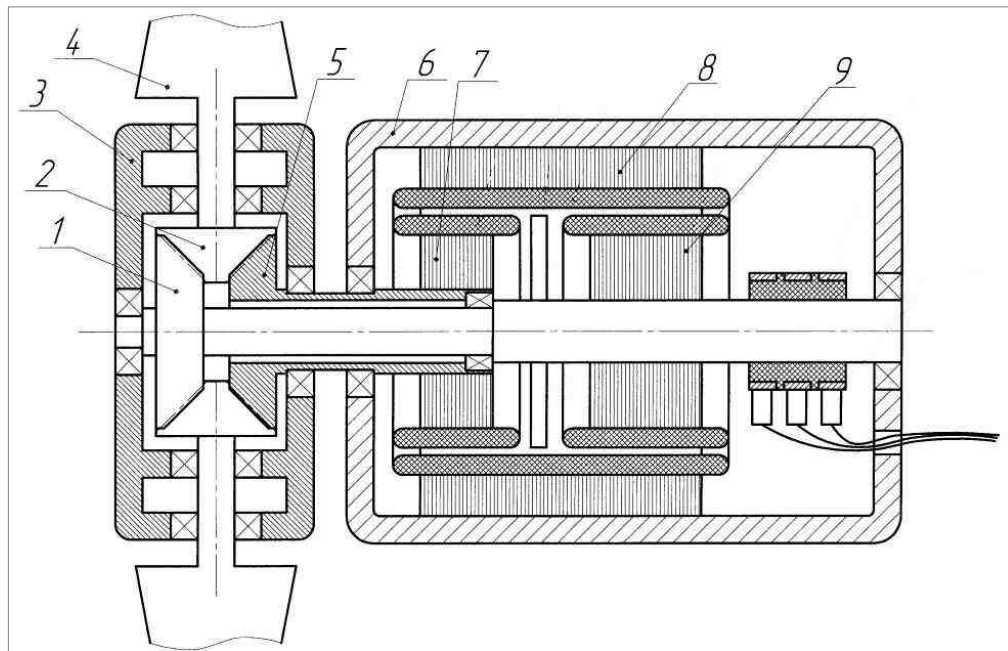


Рис. 1. Конструкция двухроторного электрогенератора:
 1, 2, 5 - конические шестерни; 3 - корпус узла поворота лопасти;
 4 - лопасть; 6 - корпус генератора; 7 - регулирующий ротор;
 8 - статор; 9 - основной ротор.

Формулирование целей статьи. Определить передаточное число в узле с коническими шестернями, а так же режим работы генератора с целью обеспечения рациональной работы ветроустановки с использованием двухроторного генератора.

Основная часть. Для обеспечения быстроходности не более $Z = 6,5$ [3] лопасти радиусом $R = 2$ м при скорости ветра $v = 8$ м/с необходимо принять скорость вращения входного вала постоянной и равной $\omega = 26,2$ с⁻¹, что соответствует частоте вращения 250 мин⁻¹. КПД принимается постоянным и равным $\eta = 0,80$ для различных мощностей нагрузки. Согласно принятым условиям моменты сопротивлений ротора будут соответствовать значениям, приведённым в таблице 1.

Таблица 1 –

Соответствие выходной мощности генератора и моментов сопротивлений на валу ротора

$P, \text{кВт}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$M, \text{Н} \cdot \text{м}$	9,5	19,2	28,6	38,2	47,8	57,7	66,8	76,4	85,9	95,3
$\bar{M}, 10^{-5} \text{Н} \cdot \text{м}$	5	9	14	18	23	28	33	37	42	46

Для отвлечения от размерных параметров ветроколеса воспользуемся формулой для приведения момента к отвлечённому значению

$$\overline{M} = \frac{M}{2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot R^5 \cdot \omega^2},$$

где ρ - плотность воздуха, $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$.

Поскольку основные кривые, характеризующие работу ветроколеса приведены в отвлечённых единицах, в дальнейшем будем использовать отвлечённые моменты сопротивления.

Для обеспечения требуемых показателей качества частоты выходного напряжения необходимо поддерживать равенство момента сопротивления на валу генератора и вращающего момента, передаваемого от ветроколеса.

Момент сопротивления генератора зависит от загрузки, а вращающий момент – от угла установки лопасти и скорости ветра. Таким образом, при выборе и регулировании угла атаки лопасти необходимо учитывать как изменение загрузки генератора, так и изменение скорости ветра.

По графикам для хорошо обтекаемых профилей ветроколеса [4] определяем необходимые углы атаки для приёма указанных моментов при различных скоростях ветра (рисунок 2).

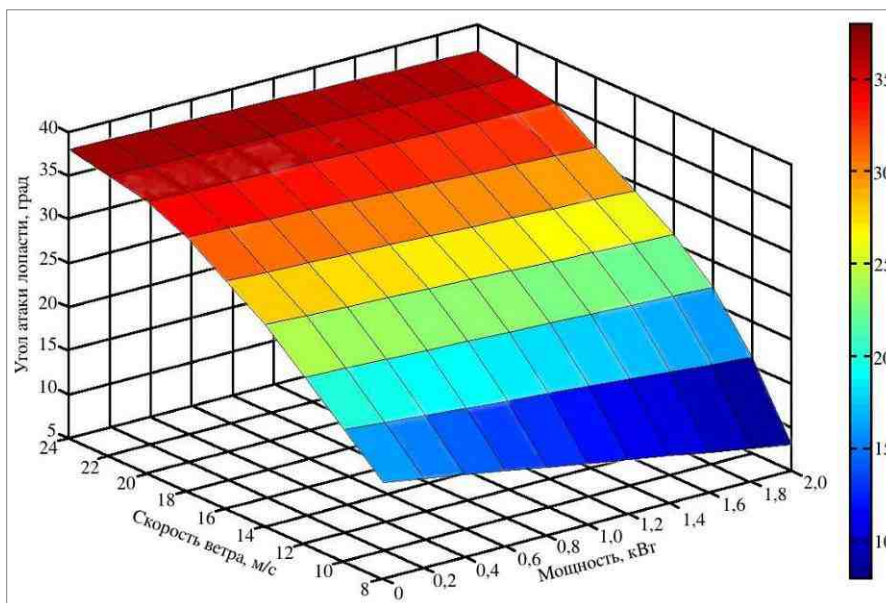


Рис. 2. Зависимость угла атаки лопасти от скорости ветра и загрузки генератора.

В соответствии с этими углами, отвлечённые поворачивающие лопасть моменты так же могут быть получены по графикам [4] (рис.3).

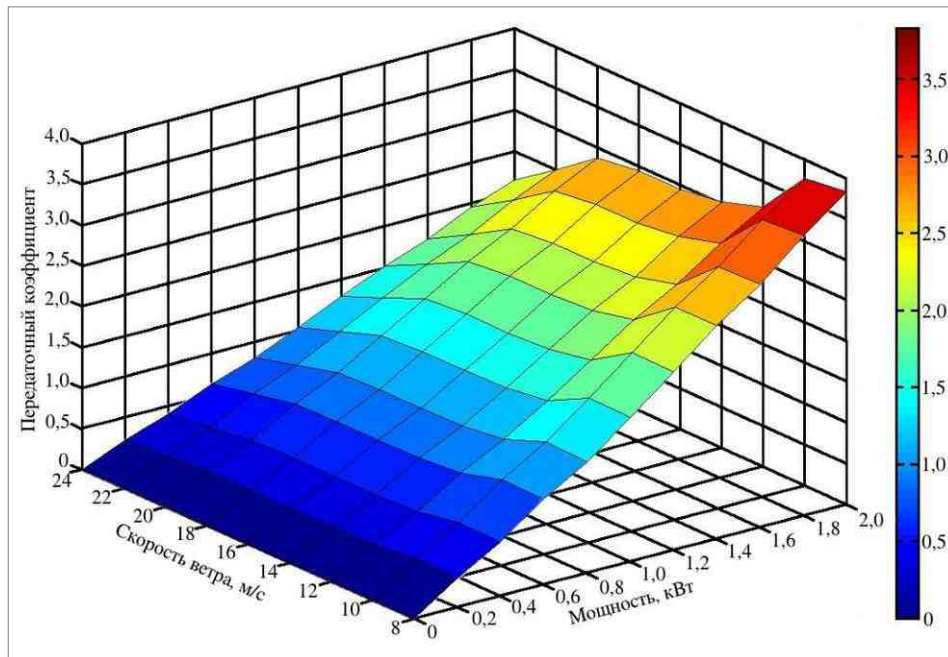


Рис. 3. Выбор передаточного числа в зависимости от скорости ветра и загрузки генератора.

Конструкция узла с коническими шестернями преобразует моменты так, что дифференциальный момент связан с моментом, поворачивающим лопасть, следующим соотношением

$$\overline{M}_0 = \frac{M_d}{2 \cdot i},$$

где i - передаточное число узла с коническими шестернями.

Конструкция генератора позволяет регулировать дифференциальный момент в пределах от 0 значения до максимального момента, создаваемого загруженным ротором, то есть максимальная величина дифференциального момента зависит от загрузки генератора. Для выбора диапазона передаточного отношения необходимо установить соотношение между максимальным дифференциальным моментом и моментом сопротивления со стороны лопасти

$$i = \frac{\overline{M}_d}{2 \cdot \overline{M}_0} = \frac{\overline{M}}{2 \cdot \overline{M}_0}.$$

Как было установлено, максимальный дифференциальный момент зависит от скорости ветра, а момент сопротивления повороту лопасти — от скорости ветра и загрузки генератора. Следовательно диапазон передаточных чисел будет зависеть как от скорости ветра, так и от загрузки генератора (рис. 4).

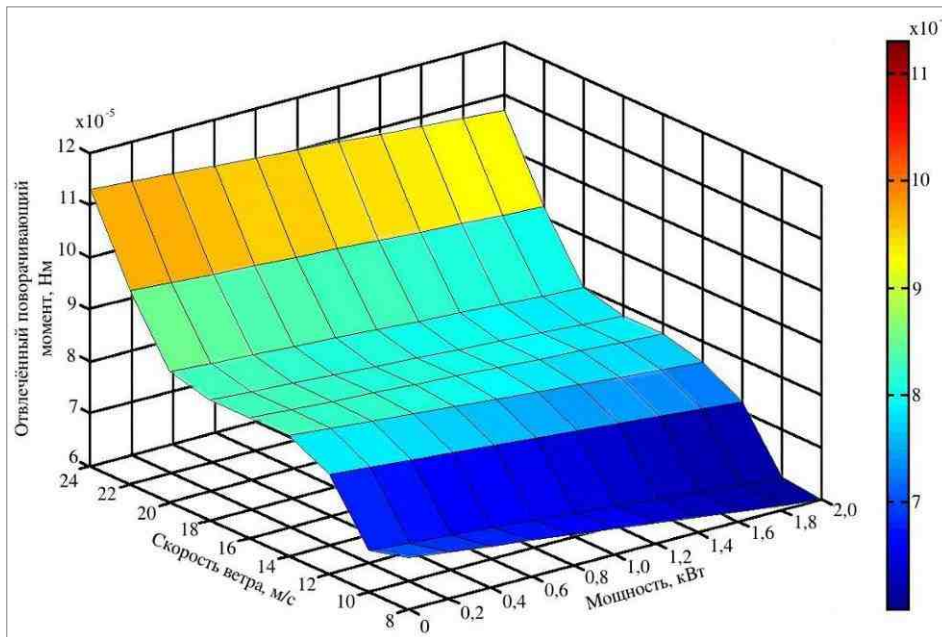


Рис. 4. Зависимость отвлечённых поворачивающих моментов от скорости ветра и загрузки генератора.

Следует отметить, что регулирование с помощью данной конструкции синхронным генератором возможно лишь на протяжении половины полюсного деления, из чего следует, что максимальное число пар полюсов в генераторе зависит от указанного передаточного числа согласно следующему выражению

$$p = \frac{360 \cdot i}{4 \cdot \Delta\varphi_{\max}},$$

где $\Delta\varphi_{\max}$ - максимальный угол поворота лопасти,

Максимальный угол поворота лопасти может быть определён по графику, приведённому на рисунке 1, при разных начальных рабочих скоростях ветра. В случае, если генератор будет использоваться с постоянной минимальной загрузкой (ограничением минимальной мощности), передаточное число может быть увеличено.

Выводы. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- допустимое передаточное число в узле с коническими шестернями зависит от величины минимальной загрузки генератора;
- в случае возможной работы ветрогенератора на холостом ходу передаточное число будет наименьшим;
- с ростом минимальной загрузки генератора передаточное число возможно увеличить;

- число пар полюсов ветрогенератора зависит от максимального угла поворота лопасти и передаточного числа.

Литература

1. Патент 2433301 Российская Федерация, МПК⁹ С2 F03D1/02, F03D7/04. Двухроторный ветрогенератор / *К.С. Моренко* - №2009140845/06; заявл. 03.11.2009; опубл. 10.11.2011, бюл. №31
2. *Степанчук Г.В.* Двухроторный электрогенератор для ветроустановки / *Г.В. Степанчук, К.С. Моренко.* Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе. - Ставрополь: «Параграф», 2011.
3. Расчет и проектирование ветроэлектрических установок с горизонтально-осевой ветротурбиной и синхронным генератором на постоянных магнитах / *А.И. Яковлев, М.А. Затучная, В.Н. Меркушев, В.Н. Пашков.* - Харьков: Нац. аэрокосм. университет "Харьковский авиационный институт", 2003. - 125 с.
4. Труды ЦАГИ №659 / *П.А. Рыков, Н.Г. Ченцов, Х.С. Блейх.* — Москва: Бюро новой техники, 1948. — 30 с.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕДАТНОГО ВІДНОШЕННЯ РЕДУКТОРА ДЛЯ ДВОРОТОРНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА ВІТРОУСТАНОВКИ

Степанчук Г.В., Моренко К.С.

Анотація – у статті розглядається обґрунтування параметрів конструкції двомоторного електричного генератора для вітроустановки з регульованим кутом атаки лопаті для підтримки частоти обертання.

RATIONALE FOR GEAR RATIO TWIN-ELECTRIC GENERATOR WIND

G. Stepantschuk, K. Morenko

Summary

The article deals with the substantiation of the basic parameters of the construction double-rotor electrical generator construction for wind power plant with controllable angle of blade attack for stabilization the rotating speed.