

А.Д. АМАНДИНОВА, В.Е.КАРПОВ, студенты гр. ТЭ-2402
(НАО «Шәкәрім университет»)

Научный руководитель О.А.СТЕПАНОВА, к.т.н., профессор
(НАО «Шәкәрім университет»)
г. Семей

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАГРУЗКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРЯНОЙ ТУРБИНЫ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

В условиях растущего интереса к возобновляемым источникам энергии изучение характеристик ветряных турбин приобретает особую актуальность. Настоящее исследование направлено на сравнительный анализ вольт-амперных характеристик (ВАХ) при постоянной скорости ветра и различных значениях подключаемой нагрузки [1-4].

Эксперимент проводился на лабораторной установке (рисунок 1), включающей вентилятор, имитирующий поток воздуха, макет ветряной турбины и датчики, измеряющие электрические параметры.



Рис.1. Экспериментальная установка

Ход эксперимента:

- установили вентилятор на фиксированном расстоянии от ветряной турбины, обеспечивая постоянную скорость воздушного потока;

- подключили ветрогенератор к измерительной схеме с возможностью поэтапного изменения нагрузки;
- при нулевой или минимальной нагрузке измерили исходные параметры: напряжение, ток и частоту вращения ротора;
- последовательно увеличивали нагрузку, фиксируя показания вольтметра, амперметра и тахометра при каждом изменении;
- все результаты были записаны в таблицу и использовались для построения вольт-амперных характеристик и графиков зависимости напряжения и частоты вращения от нагрузки (таблица 1).

В ходе эксперимента были получены следующие данные при поэтапном изменении нагрузки на турбину и постоянной скорости воздушного потока:

Таблица 1

Параметры экспериментальной установки

Время, τ (с)	Напряжение, U(B)	Ток, I(A)	Частота вращения, n (об/мин)
5	1,8	1	325
10	1,5	9	310
15	1,3	19	300

На основе анализа полученных данных был построен график (рисунок 2) зависимости оборотов ротора ветрогенератора от включаемой нагрузки.

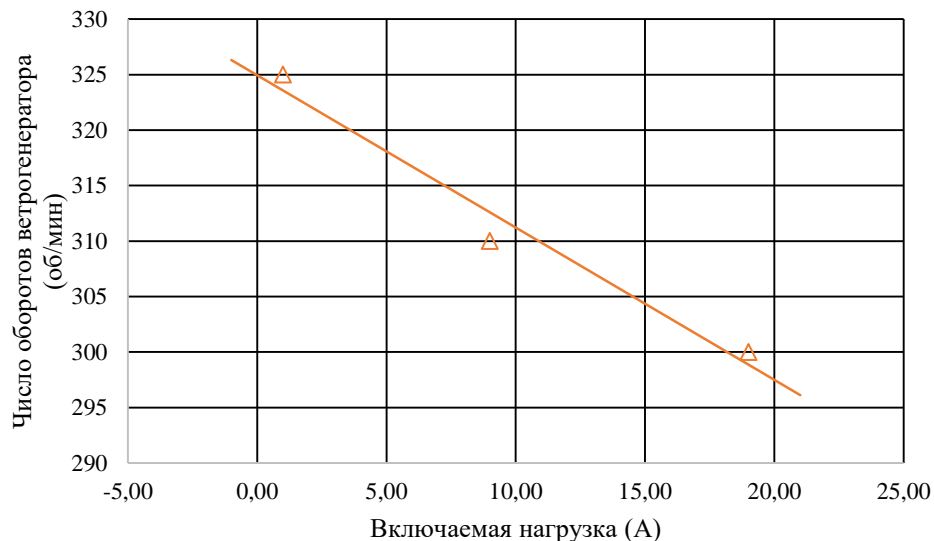


Рис.2. Зависимость количества оборотов ротора ветрогенератора от включаемой нагрузки

В результате математической обработки была получена аналитическая зависимость числа оборотов ветрогенератора от включаемой нагрузки (1):

$$n = -1,373I + 324,94 \quad (1)$$

Исходя из графика на рисунке 2 можно установить, что с увеличением включаемой электрической нагрузки, частота вращения ротора ветрогенератора снижается, следовательно снижается вырабатываемое напряжение.

Это объясняется ростом электромагнитного тормозного момента, который обратно пропорционально связан с механическим моментом, необходимым для генерации тока.

На рисунке 3 приведен график зависимости напряжения на выходе с ветрогенератора от числа оборотов ветряной установки.

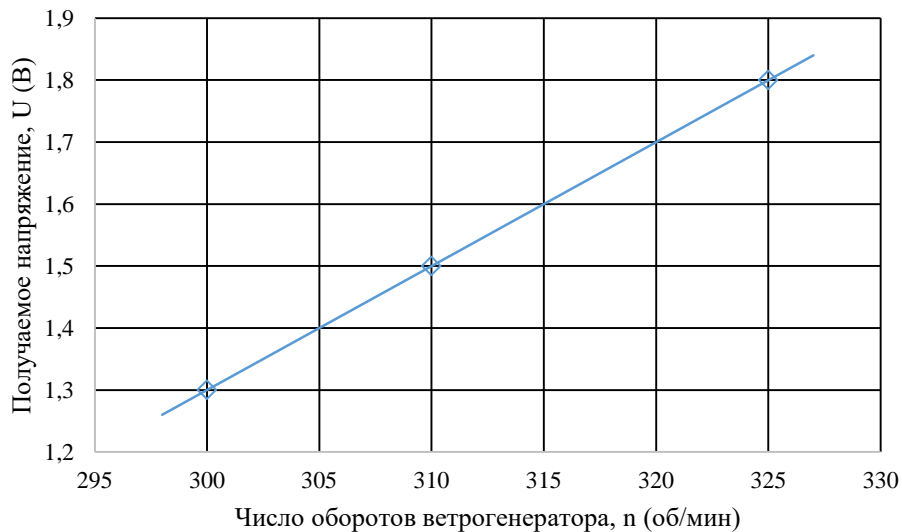


Рис. 3. Зависимость получаемого напряжения от числа оборотов ветрогенератора

В результате математической обработки была получена аналитическая зависимость для получаемого напряжения от оборотов генератора (2):

$$U = 0,02n - 4,7 \quad (2)$$

На рисунке 4 приведён график зависимости напряжения на выходе из ветрогенератора от числа оборотов ветряной установки от включаемой нагрузки.

В результате математической обработки была получена аналитическая зависимость напряжения на выходе из ветрогенератора от включаемой нагрузки:

$$U = -0,0275I - 1,7988 \quad (3)$$

График на рисунке 4 демонстрирует линейное падение напряжения на выходе турбины с увеличением подключённой нагрузки (тока). Эта зависи-

мость характерна для генераторов постоянного тока и указывает на наличие внутреннего сопротивления генератора.

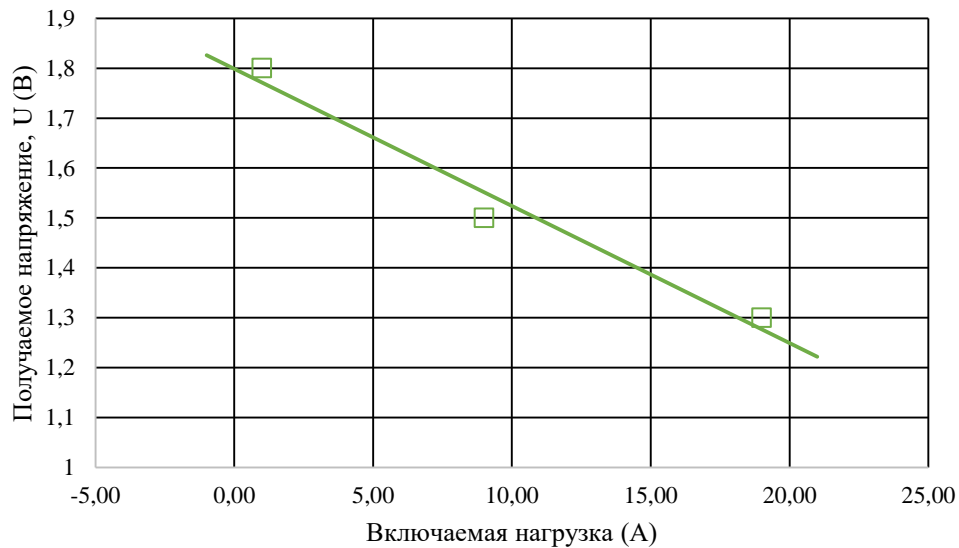


Рис. 4. Зависимость получаемого напряжения от включаемой нагрузки

Закключение

В ходе проведенного эксперимента было исследовано влияние электрической нагрузки на основные характеристики работы ветряной турбины.

Полученные результаты показали, что при увеличении подключённой нагрузки происходит снижение частоты вращения ротора и выходного напряжения генератора. Это объясняется увеличением электромагнитного тормозного момента, который препятствует свободному вращению турбины.

Анализ графических зависимостей показал, что напряжение и частота вращения ротора уменьшаются пропорционально росту тока нагрузки, что подтверждает наличие внутреннего сопротивления генератора.

Проведённая работа позволила получить данные, необходимые для дальнейшего проектирования модели ВЭС.

Список литературы:

1. Ветроэнергетика в возобновляемой энергетике // <https://www.renwex.ru> URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/vetroehnergetika/?ysclid=mh9be4stwt884048924> (дата обращения: 23.10.2025).
2. Ветрогенераторы: принцип действия и устройство // <https://energo-souz.ru> URL: <https://energo-souz.ru/articles/kak-ustroen-vetrogenerator/?ysclid=mh9bdkf42m764484139> (дата обращения: 23.10.2025).
3. Принцип работы ветрогенератора // <https://tcip.ru/> URL: <https://tcip.ru/blog/wind/printsip-dejstviya-i-raboty-vetrogeneratora.html?ysclid=mh9bf7jw4w180415904> (дата обращения: 23.10.2025).

4. Елистратов, В.В., Константинов, И.А., Панфилов, А.А. Динамические расчеты системы "Ветроэнергетическая установка-фундамент-основание". - СПб.: СПбГТУ, 1999.

Информация об авторах:

Амандинова Аружан Дастановна, студент гр. студенты гр., ТЭ-2402, НАО «Шәкәрім университет», 071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глилки, д. 20 А, and568420@gmail.com

Карпов Вадим Евгеньевич, студент гр. студенты гр., ТЭ-2402, НАО «Шәкәрім университет», 071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глилки, д. 20 А, vkarov619@gmail.com

Степанова Ольга Александровна, к.т.н., профессор, НАО «Шәкәрім университет», 071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глилки, д. 20 А, o.stepanova@shakarim.kz