

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГОРОДА КРОНШТАДТ

*Булатов В.В., Щербинин А.В.*

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург*

**Ключевые слова:** проектирование, ветрогенератор, математическая модель.

**Аннотация.** В статье представлена актуальность внедрения ветроустановок на территории Российской Федерации. В программной среде MATLAB Simulink разработана математическая модель ветроэнергетической установки для г. Кронштадт. Определены блоки, которые имитируют действие ветра. Выделен диапазон скоростей ветра, который является эффективным для генерации напряжения 380 В.

## DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF A WIND POWER MACHINE FOR CITY KRONSTADT

*Bulatov V.V, Shcherbinin A.V.*

*Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint-Petersburg*

**Keywords:** Design, wind generator, mathematical model.

**Abstract.** The article presents the relevance of the introduction of wind turbines on the territory of the Russian Federation. In the software environment MATLAB Simulink developed a mathematical model of a wind power plant for Kronstadt. Blocks have been identified that simulate the action of the wind. A range of wind speeds is highlighted, which is effective for generating a voltage of 380 V.

Одним из самых развивающихся и многообещающих направлений возобновляемой энергии является энергия ветра. Ветроустановки регулярно улучшаются по своим основным технологическим показателям. Применение ВЭУ в составе ветроэлектрических станций требует оптимизации разных параметров. Наилучший выбор характеристик ветроэнергетической установки увеличивает ее показатели. Главным признаком оптимизации считается эффективность [1].

В Российской Федерации возобновляемые источники энергии используются не так широко, а их доля в производстве электрической энергии составляет около 1%. Однако, ветроэнергетические установки должны использоваться гораздо обширнее на территории России, так как они являются неисчерпаемыми, экологически чистыми, а также экономически выгодными [2].

Если внимательно изучить карту энергоресурсов РФ, то нетрудно увидеть, что Санкт-Петербург не входит в число регионов, которые обладают самыми большими скоростями ветра. Однако, некоторые районы могут быть интересны из-за наличия по тем или иным причинам достаточно больших скоростей ветра для использования ВЭУ. Ярким примером может служить район Санкт-Петербургской дамбы (табл. 1) [3].

Табл. 1. Исследования скорости ветра в г. Кронштадт

Средняя скорость ветра, м/с	Количество случаев возникновения скорости ветра в течение года, шт.	Количество случаев возникновения скорости ветра в течение года, %
0-2	59960	51%
3-4	27054	23%
5-7	16540	14%
8-9	6602	6%
10-12	5611	5%
13-14	1126	1%
15-17	383	0%

Одним из наиболее популярных методов исследований является математическое моделирование. Для оценки работоспособности и рентабельности применения ветроэнергетической установки в той или иной местности необходимо разработать математическую модель и провести ряд испытаний, расчетов и исследований.

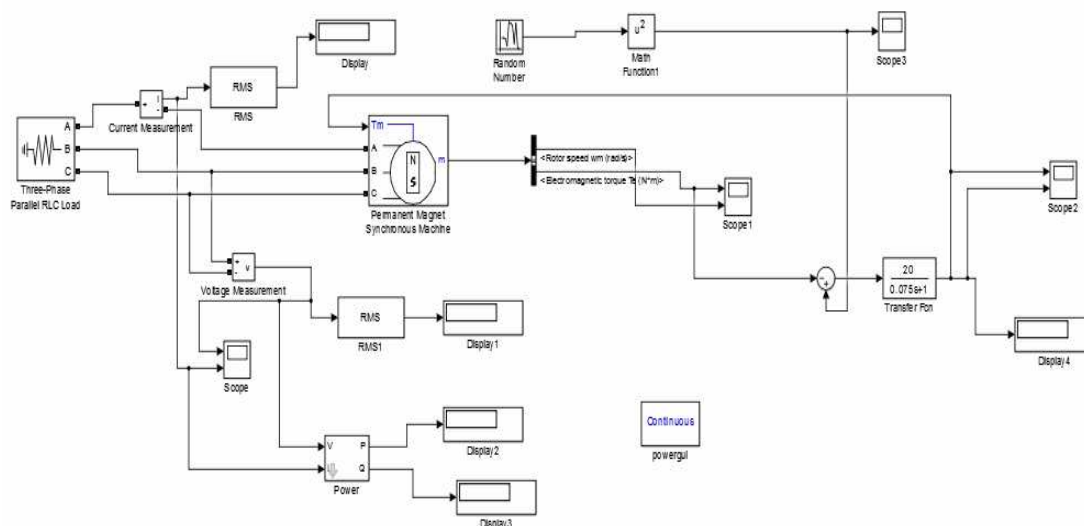


Рис. 1. Математическая модель ветроэнергетической установки

При разработке математической модели ветроэнергетической установки (рис. 1) в среде MATLAB Simulink применялись блоки со следующими функциями (табл. 2):

Табл. 2. Описание применяемых блоков

Название блока	Функции
Random Number	Генератор случайных чисел в заданном диапазоне
Three-Phase Parallel RLC Load	Трёхфазная параллельная нагрузка
Current Measurement	Измерение мгновенного значения тока
Voltage Measurement	Измерение мгновенного напряжения
RMS	Вычисление среднеквадратичного значения входа
Permanent Magnet Synchronous Machine	Трёхфазная синхронная машина
Bus Selector	Вывод выбранных сигналов

Скорости ветра, при которых производились исследования, выбраны следующим образом:

- 3 м/с – для большинства ветроэнергетических установок такая скорость ветра является пусковой;
- далее скорости ветра увеличиваются и приближаются к номинальной скорости ветра;
- 9 м/с – номинальная скорость ветра для большого количества ветроэнергетических установок;
- 10 м/с – рассмотрена работа ВЭУ при превышении номинальной скорости ветра.

Табл. 3. Результаты моделирования

Скорость ветра, м/с	3	4	5	6	7	8	9	10
Генерируемое напряжение, В	380	380	380	380	380	380	380	380
Скорость ротора, рад/с	220	375	450	550	650	750	850	1000

В программном пакете MATLAB Simulink разработана математическая модель рассматриваемой ветроэнергетической установки. Применение блоков Random Number и Math Function дает возможность реализовать звено, которое имитирует действие ветра.

Результаты моделирования (табл. 3) показывают, что рассматриваемая ветроэнергетическая установка генерирует напряжение в диапазоне скоростей ветра от 3 до 10 м/с. Таким образом, в соответствии с табл. 1 рассматриваемая ветроэнергетическая установка сможет вырабатывать электрическую энергию в районе г. Кронштадт минимум в 48% случаев при наличии ветра. Выполненное в пакете MATLAB Simulink моделирование подтверждает работоспособность физической модели в реальных условиях эксплуатации.

#### Список литературы

1. Щербинин А.В. Анализ параметров и характеристик постоянных магнитов, применяемых для возбуждения синхронного генератора ветроэнергетической установки // Актуальные вопросы энергетики: матер. 7-й всерос. науч. конф. с международным участием. – Благовещенск: Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2020. – С. 234-236.
2. Николаев В.Г. К обоснованию целесообразных масштабов развития ветроэнергетики в России // Известия РАН. Энергетика. – 2011. – №6. – С. 7-14.
3. Золотаренко Н.В. Оценка эффективности сооружения и функционирования ВЭС в районе острова Котлин / Н.В. Золотаренко, М.В. Малинина // Неделя науки СПбГПУ: материалы научно-практической конференции с международным участием. – СПб.: Инженерно-экономический институт СПбГПУ, 2014. – С. 125-127.

#### Сведения об авторах:

*Булатов Виталий Владимирович* – к.т.н., доцент кафедры электромеханики и робототехники, ГУАП, г. Санкт-Петербург;

*Щербинин Антон Вячеславович* – магистрант, ГУАП, г. Санкт-Петербург.