

УДК 621.311.001.57

МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

Кружков К.К. (Государственный Университет «Дубна»)

Научный руководитель – кандидат технических наук Третьяков А.В.
(Государственный Университет «Дубна»)

Введение. В работе проведена оценка эксплуатационных параметров горизонтально-осевого ветрогенератора (ВЭУ) на примере оценки величины среднегодовой выработки электроэнергии (СГВЭ).

Для оценки эффективности функционирования ВЭУ целесообразно использовать величину СГВЭ [1]. Значения СГВЭ зависят от места размещения ВЭУ (с точки зрения ветрового потенциала данной местности) и его конструкции – в частности аэродинамической эффективности лопастей ветрового колеса, которая определяется коэффициентом использования ветра и значениями коэффициента аэродинамического момента.

Величины СГВЭ, которые рассчитываются в программах, моделирующих работу ВЭУ носят приблизительный, оценочный характер. Для того, чтобы получить представление о реальных значениях СГВЭ, необходимо учитывать разброс их возможного изменения, возникающий из-за отклонений модельных параметров ВЭУ от характеристик реальных установок генерирования. В технике такие разбросы описываются доверительными интервалами. В работе доверительный интервал изменения СГВЭ определен с помощью стохастического моделирования. В процессе такого моделирования, путем изменения значений входных параметров, в пределах их допустимых отклонений, распределенных по нормальному закону, получена выборка для параметра, характеризующего энергоэффективность функционирования системы – СГВЭ и проведена его статистическая обработка.

Основная часть. Доверительный интервал изменения величины СГВЭ определен с помощью стохастического моделирования. Методика стохастического моделирования состояла в следующем. Выбирались параметры, влияющие на энергоэффективность работы ВЭУ, такие как аэродинамические характеристики профиля (коэффициенты подъемной силы и лобового сопротивления), момент инерции и радиус ветрового колеса, рабочая точка быстроходности, расчетная скорость ветра и т. п. Выбранные для расчета параметры задавались со значениями допусков. Значения допусков распределялись по нормальному закону. Был произведен расчет нескольких сотен вариантов с различными значениями входных параметров, выбранных по случайному закону, но в пределах плотности их нормального распределения. Для расчета коэффициента аэродинамического момента по коэффициентам аэродинамических сил, определяемым кривыми Лилиенталя, использовалась методика [2], основанная на положениях импульсной теории и теории элементарных струй Г.Х. Сабинина и Е.М. Фатеева. Методика расчета параметра СГВЭ для каждой реализации аэродинамического момента и усредненного для России распределения ветра по Вейбуллу приведена в [3]. Для управления угловой скоростью в системе ВЭУ выбран закон с переменной угловой скоростью вращения, по которому угловую скорость изменяли в функции от скорости ветра, с ограничениями по максимальному и минимальному значениям [4]. Методика определения коэффициента глубины регулирования разработанного алгоритма управления описана в [5]. В целях оптимизации конструкции ВЭУ со стороны аэродинамики ветрового колеса из открытого источника [6] выбраны несколько профилей с максимальной аэродинамической эффективностью: Onera Nor 20, Gottingen 195, Clarc Ym 18 и NREL S808. Расчеты по сравнению аэродинамической эффективности производились в программной среде Matlab.

Выводы. В работе определены статистические характеристики параметра СГВЭ, такие

как математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение (СКО), позволяющие оценить диапазон изменения величины СГВЭ в широко используемом в инженерных расчетах доверительном интервале, равном $\pm 3\text{СКО}$. Результаты исследования могут быть использованы при проектировании промышленных горизонтально-осевых ВЭУ большой мощности.

Исследование проведено в рамках приоритетной научно-исследовательской работы Инженерно-физического института Государственного университета «Дубна».

Список использованных источников:

1. Третьяков А.В. Моделирование системы автоматического управления горизонтально-осевой ветроэнергетической установки / А.В. Третьяков // Вестник компьютерных и информационных технологий, М.: 2023, №11 – с.16-25.

2. Кривцов В.С. Неисчерпаемая энергия. Книга 2. Ветроэнергетика. Учебное пособие / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. Севастополь: Севастопольский тех. ун-т, 2004. – 519 с.

3. Третьяков А.В. Проектирование системы автоматического управления ветроэнергетической установкой. Учебное пособие. / О.И. Пискунова, А.В. Третьяков. – Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2021. – 150 с.

4. Математическое моделирование системы генерирования электроэнергии горизонтально-осевой ветроэнергетической установки / В.С. Машинкин, А.В. Третьяков // Инновации в альтернативной энергетике: производство и накопление. Всерос. Конф. с международным участием. Тез. докл. – Дубна: Университет «Дубна», 2021. – с. 30.

5. Способ оптимизации функционального алгоритма ветроэлектрогенератора / Е.А. Дворяшин, А.В. Третьяков// Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: XXIX Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. — М.: МЭИ, 2023. – с. 1134.

6. Электронный ресурс Airfoil Tools / URL: www.airfoiltools.com / Дата обращения 14.07.2023.

Автор _____ Кружков К.К.

Научный руководитель _____ Третьяков А.В.