

2. S.V. Patankar. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. — McGraw-Hill, Hemisphere Publishing Corporation, 1980. — Pp. 1–197.

3. Krakov M. S. Control volume finite-element method for Navier-Stokes equations in vortex-streamfunction formulation // Numerical Heat Transfer, Part B: Fundamentals. — 1992. — Vol. 21, no. 2. — Pp. 125–145.

УДК 681.32

ЭНЕРГООЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ШТИЛЕЙ

Червинский В.Л., Погирницкая С.Г., Латушкин С.
Белорусский национальный технический университет

Энергия ветра является одним из самых перспективных источников возобновляемой энергетики, проблема его использования не равномерное распределение ветра. В работе анализируются вероятности появления энергетических штилей и их длительности для расчета моточасов работы дизель-генераторов и емкости аккумуляторов- накопителей энергии, работающих совместно с ВЭУ.

Энергия ветра является одним из самых перспективных источников возобновляемой энергетики. Такой источник присутствует практически в любой точке местности. Однако, он не везде равномерно распределен.

Как известно, энергетический потенциал определенной точки местности определяется по вероятностному распределению скоростей ветра. График этого распределения показывает зависимость вероятности существования определенной скорости ветра в течение определенного периода от величины самой скорости ветра.

Такая зависимость служит для выбора основных параметров ветроэнергостановки (ВЭУ), а именно, рабочих характеристик ее ветроколеса и генератора. Однако, ветер дует не всегда.

Для ВЭУ, особенно малой мощности и не подключенной к энергосистеме, а работающей на индивидуального потребителя, важно знать величину периодов отсутствия ветра, т.е. энергетических штилей. Это позволит рассчитать параметры накопителей-аккумуляторов, работающих совместно с ВЭУ.

В нашем понимании, **энергетический штиль** – это время, в течение которого ВЭУ не работает из-за:

- 1) метеоусловий;
- 2) особенностей конструкции.

Факт наличия энергетического штиля означает:

– во-первых, что скорость ветра лежит в диапазоне от нуля до скорости, необходимой для зарядки аккумулятора. К сожалению, эта скорость ветра превосходит скорость ветра, необходимую для начала вращения ветроколеса. Другими словами, если лопасти ветрогенератора вращаются, то это еще не означает, что он заряжает аккумулятор;

– во-вторых, что скорость ветра очень большая (обычно более 20-25 м/с) и ВЭУ отключается от сети по соображениям безопасности.

Появление энергетического шторма означает, что для обеспечения энергобаланса необходимо переключение питания потребителя на другой энергоисточник.

Для автономных потребителей в большинстве случаев это означает переключение на дизель-генератор или на аккумулятор-накопитель. Для тех и других критична частота включений и отключений, как для дизель-генератора, или перезарядок – циклов заряда-разряда, как для аккумуляторов-накопителей.

Анализ графиков вероятности появления энергетических штормов и их длительности важен для расчета моточасов работы дизель-генераторов и емкости аккумуляторов-накопителей энергии, работающих совместно с ВЭУ.

Для построения графика энергетических штормов необходимы следующие исходные данные:

- диапазон скоростей ветра, считаемых энергетическим штормом;
- достаточно длинная (обычно в течение года) выборка значений скоростей ветра, измеренных через определенные равные промежутки времени.

При этом, чем меньше интервал времени, через который происходят замеры, тем точнее получается статистическое распределение для энергетических штормов. В нашем случае бесплатный хронологический архив скоростей ветра для определенной точки местности был доступен для интервала времени равного трем часам [1].

Для длительности интервала наблюдения в один год число наблюдений составит $8760/3 = 2920$. Это длительный тренд, который позволяет с достаточной точностью судить о статистическом распределении энергетических штормов.

Логически можно предположить, что это график будет иметь гиперболическую зависимость, т.е. чем длиннее интервал шторма, тем реже он наблюдается и наоборот, чем меньше это интервал, тем чаще он наблюдается.

Для оценки вероятностного распределения энергетических штормов был разработан алгоритм статистического моделирования. Он реализован в среде Matlab и Excel.

По исходным данным метеостанции - Орша, Беларусь для выборки скоростей с 07.03.2021 по 14.03.2022 с интервалом 3 часа [1] было построено статистическое распределение энергетических штилей. Диапазон энергетического штиля был принят равным – 0- 3 м/с (Рис.1). Оранжевая линия – это аппроксимирующая кривая вида $y=kx^m$.



Рис.1 Статистическое распределение энергетических штилей по данным метеостанции Орша, Беларусь, выборка скоростей с 07.03.2021 по 14.03.2022 с интервалом 3 часа. Скорость страгивания ветроколеса – 3 м/с.

С другой стороны, чем шире диапазон скоростей, считаемый энергетическим штилем, тем в более напряженных условиях работает дизель-генератор или аккумулятор-накопитель электрической энергии.

Оптимизация параметров дизель-генератора и аккумулятора-накопителя необходима для повышения технико-экономических параметров всей системы автономного энергоснабжения автономного потребителя.

Обоснование же отказа от применения дизель-генераторов в пользу аккумуляторов-накопителей, работающих совместно с ВЭУ, позволит улучшить экологическую обстановку в используемых регионах. Это представляет собой уже отдельную инженерную задачу.

Литература:

1. Сайт "Расписание Погоды", [gr5.ru.](http://gr5.ru/), режим доступа 20.03.2022

УДК 681.32

ПРИНЦИПЫ ВЗАИМОУВЯЗКИ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОКОЛЕСА С ТЕХНИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ МАЛОЙ ВЭУ

Червинский В.Л., Евтушков Д.Н. , Коваленок А. И
Белорусский национальный технический университет

В работе рассмотрена проблема выбора места установки ветроэнергоустановки (ВЭУ) на основании годового тренда статистических измерений скоростей ветра построить статистическое распределение Вейбулла.

Выбор места установки ветроэнергоустановки (ВЭУ) предполагает выбор не только географической точки местности, но и также соответствующей модели ветротурбины, которая будет наилучшим образом подходить для этой точки местности. Для определения энергооценки данной точки местности необходимо на основании годового тренда статистических измерений скоростей ветра построить статистическое распределение Вейбулла (рис.1) [1].

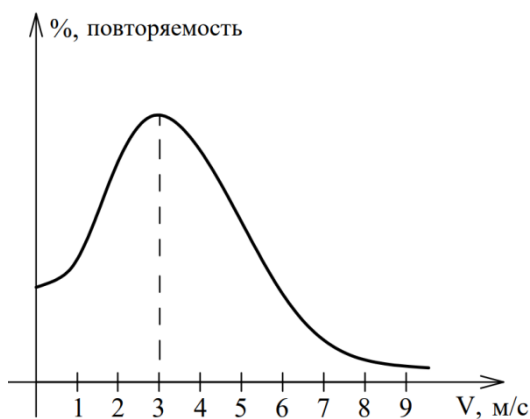


Рис. 1 Статистическое распределение Вейбулла для скоростей ветра в определенной точке местности