



УДК 620.91; 519.21
doi:10.21685/2587-7704-2022-7-2-10



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

К вопросу надежности элементов альтернативной энергетики

Дарья Вячеславовна Бережкова

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
daria.berezhkova@yandex.ru

Светлана Николаевна Медведева

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
sn-medvedeva@yandex.ru

Аннотация. Потребители электроэнергии требуют надежного электроснабжения. Надежность характеризуется такими параметрами, как вероятность безотказной работы, вероятность отказа, интенсивность отказов, время наработки до отказа и др. В настоящее время существует пробел в применении законов вероятностных и случайных процессов для альтернативных источников энергии. На основе статистических данных об энергоносителях (солнце, ветер) с использованием метеорологических данных ориентировочно определены параметры надежности для солнечных и ветровых электростанций. Оценена возможность накопления электроэнергии. Рассмотрена надежность биотоплива.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, ветровые электростанции, солнечные электростанции, надежность электроснабжения, биотопливо, параметры надежности, литий-ионные накопители

Для цитирования: Бережкова Д. В., Медведева С. Н. К вопросу надежности элементов альтернативной энергетики // Инжиниринг и технологии. 2022. Т. 7(2). С. 1–4. doi:10.21685/2587-7704-2022-7-2-10

On the issue of reliability of alternative energy elements

Dar'ya V. Berezhkova

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
daria.berezhkova@yandex.ru

Svetlana N. Medvedeva

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
sn-medvedeva@yandex.ru

Abstract. Electricity consumers require reliable power supply. Reliability is characterized by such parameters as the probability of failure-free operation, the probability of failure, failure rate, operating time to failure, etc. Currently, there is a gap in the application of the laws of probabilistic and random processes for alternative energy sources. Based on statistical data on energy carriers (sun, wind) using meteorological data, reliability parameters for solar and wind power plants are tentatively determined. The possibility of accumulating electricity is estimated. The reliability of biofuels is considered.

Keywords: alternative energy sources, wind power plants, solar power plants, reliability of power supply, biofuels, reliability parameters, lithium-ion drives

For citation: Berezhkova D.V., Medvedeva S.N. On the issue of reliability of alternative energy elements. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2022;7(2):1–4. (In Russ.). doi:10.21685/2587-7704-2022-7-2-10

Провозглашенная программа перехода к «зеленой» энергетике, безусловно, не отменяет основного требования систем электроснабжения – его надежность. Если в условиях густонаселенных районов, где есть возможности резервирования, питания потребителей от других источников, то для уда-



ленных от электростанций районов, не охваченных электрическими сетями, вопросы надежности питания от альтернативных источников электроэнергии становятся весьма важными.

Надежность электроснабжения характеризуется такими основными параметрами, как вероятность безотказной работы, вероятность отказа элемента, интенсивность отказов, время работы до отказа, причем многие из них связаны между собой зависимостью: вероятность безотказной работы элемента и вероятность его отказа в сумме дают 1; для периода нормальной эксплуатации время наработки до отказа определяется как величина, обратная интенсивности отказов [1]. Для нормального режима работы вероятность безотказной работы элемента связана с интенсивностью отказов экспоненциальным законом. Следовательно для оценки надежности надо знать хотя бы одну из названных величин.

Отличительной особенностью альтернативных источников энергии является нестабильность выходной мощности и даже ее отсутствие. Для солнечных электростанций отказом будет видимое отсутствие солнца из-за непогоды и вследствие захода солнца за горизонт. Для ветровых электростанций отказом будет штиль или ветер со скоростью менее 3 м/с.

Рассмотрим вероятности отказов для элементов альтернативной энергетики.

Солнечная электростанция – это электростанция, преобразующая солнечную энергию в электрическую. Она работает, если светит солнце, т.е. вероятность отказа определится зависимостью

$$q(t) = \frac{T_{\text{ночь}} + T_{\text{пог}}}{T_{\text{год}}},$$

где $T_{\text{ночь}}$ – ночное время в году, когда солнце не светит; $T_{\text{пог}}$ – время в году, когда солнце не светит по погодным условиям: облачно, дождь, снег, туман; $T_{\text{год}}$ – общее число часов в году, можно принять равным 8760 ч.

Параметр вероятности отказа для солнечной электростанции является усредненным, он в течение года не остается постоянным.

Для Пензенской области возьмем ночное время 22 июня – самый длинный день и самая короткая ночь, оно составляет с 21:00 до 2:30, т.е. 5:30, и 22 декабря – самый короткий день и самая длинная ночь с 16:30 до 7:30 утра, т.е. 15 ч [2]. Найдем среднеарифметическое этих чисел $(15 + 5,5) / 2 = 10,25$ ч. Эту среднюю длительность ночного времени суток умножим на количество дней в году $T_{\text{ночь}} = 10,25 \cdot 365 = 3741,25$ ч. Считаем, что погрешность для данного алгоритма минимальная.

Погодные условия – это еще более вероятностный параметр, который меняется ежегодно. В 2021 г. число облачных дней в Пензе составило 89 дней [3]. В переводе на часы это составляет $T_{\text{пог}} = (24 - 10,25) \cdot 89 \approx 1224$ ч.

Таким образом, вероятность отказа солнечной электростанции составляет

$$q(t) = \frac{3741 + 1224}{8760} \approx 0,57.$$

Вероятность надежной работы солнечной электростанции – 0,43.

Ветровая электростанция – это электростанция, преобразующая энергию ветра в электрическую энергию, причем ветер должен быть 3–4 м/с. Ветровая электростанция будет выдавать электроэнергию, если есть ветер, т.е. вероятность безотказной работы

$$p(t) = \frac{T_{\text{ветер}}}{T_{\text{год}}},$$

где $T_{\text{ветер}}$ – количество часов в году, когда ветер дует со скоростью более 3 м/с.

Количество дней в Пензенской области, когда ветер был не менее 3 м/с на высоте 10 м, в 2019 г. составила 90 дней [4], т.е. вероятность безотказной работы ветровых электростанций составила

$$p(t) = \frac{90}{365} \approx 0,25.$$

Вероятность отказа ветровой электростанции составляет 0,75.



Полученные показатели надежности очень низкие по сравнению с традиционными агрегатами электроэнергетики. К примеру, вероятность отказа трансформаторов составляет величину порядка 0,0005; вероятность отказа энергетических блоков и синхронных генераторов электростанций порядка – 0,001.

Причем не были учтены следующие факторы, влияющие на надежность работы ветровых и солнечных электростанций [5]:

– погодные условия: грозовая деятельность, гололедные отложения, густой туман, изморозь, роса и др.;

– перегрузки элементов электроустановок, токи коротких замыканий (сверхтоки), различные виды перенапряжений (дуговые, коммутационные, резонансные и др.);

– ошибки проектирования и монтажа и др.

Влияние этих факторов на параметр вероятности отказа элементов энергетики как минимум на два порядка ниже, чем влияние метеорологических условий.

При применении солнечных и ветровых электростанций из-за их низкой надежности требуется использовать накопители электроэнергии. В первую очередь это Li-ion накопители, которые используются в системах хранения электроэнергии от 1 кВт до 10 МВт емкостью до 4 ч [6]. Но стоимость на литий, который необходим для изготовления литий-ионных накопителей, к 02.03.2022 по сравнению с 01.07.2021 подскочила почти на 500 % и составила 493 500 руб. за тонну [7].

Более реальной альтернативой являются автономные источники энергии, например, малые газотурбинные установки (ГТУ). Они преобразуют химическую энергию в электрическую при помощи реакции электролита с окисляющим веществом. Установлены нормы на коэффициенты, определяющие надежность ГТУ, наработка на отказ составляет около 3000 ч [8]. Это сравнимо с вероятностью отказов силовых трансформаторов.

Хорошим источником электроэнергии в Пензенской области являются органические отходы: отходы лесопереработки, опавшая листва деревьев, продукты растениеводства (солома, подсолнечник и др.), отходы животноводства, городские сточные воды. Все эти виды биотоплива могут накапливаться в виде пеллет, получаемых из древесных опилок или коры, соломы, или шелухи семечек подсолнечника, а также из навоза крупного рогатого скота, или биогаза, источниками которого являются отходы животноводства и сельского хозяйства, сточные воды и органика из бытовых отходов [9]. Они могут расходоваться в любое время и не зависят от погодных условий, т.е. вероятность безотказной работы элементов, которые используют биотопливо, близка к 1.

Следовательно для Пензенской области более надежными и доступными возобновляемыми источниками электроэнергии являются топливные элементы и биотопливо.

Список литературы

1. Медведева С. Н. Надежность электроэнергетических систем : учеб. пособие. Пенза : Изд-во ПГУ, 2021. 74 с.
2. Восход и заход солнца // Citipedia.info. URL: https://www.citipedia.info/city/sunriseandsunset/Russia_Penza_Penza_id_511565_lang_ru (дата обращения: 18.02.2022).
3. Погода на 2021 год в Пензе. URL: <https://penza.nuipogoda.ru/погода-2021> (дата обращения: 28.02.2022).
4. Скорость ветра, статистика за последние годы. URL: https://climate-energy.ru/weather/2017/wind/penza_wind_2017.php (дата обращения: 01.03.2022).
5. Крупнев Д. С., Шамарова Н. А. Оценка надежности систем электроснабжения при интеграции возобновляемых источников энергии // Энергетика глазами молодежи-2017 : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. Самара : Изд-во СГТУ, 2017. С. 24–27.
6. Посыпанко Н., Баранов М., Костюк Р. Накопители энергии в России: инъекция устойчивого развития. М. : ВЫГОН Консалтинг, 2020. URL: https://vygon.consulting/upload/iblock/e44/vygon_consulting_storage.pdf (дата обращения: 01.03.2022).
7. TRADING ECONOMICS. URL: <https://ru.tradingeconomics.com/commodity/lithium> (дата обращения: 03.03.2022).
8. GIGAVAT.COM. URL: http://gigavat.com/gtu_using.php. (дата обращения: 03.03.2022).
9. Портал-энерго. Топливные элементы. Вполне реальная альтернатива существующим ТЭС. 2014. URL: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/802> (дата обращения: 02.03.2022).

References

1. Medvedeva S.N. *Nadezhnost' elektroenergeticheskikh sistem : ucheb. posobie = Reliability of electric power systems. Study guide*. Penza : Izd-vo PGU, 2021:74. (In Russ.)
2. *Voskhod i zakhod solntsa = Sunrise and Sunset website*. (In Russ.). Available at: https://www.citipedia.info/city/sunriseandsunset/Russia_Penza_Penza_id_511565_lang_ru (accessed 18.02.2022).



3. *Pogoda na 2021 god v Penze = Weather in Penza for 2021*. (In Russ.). Available at: <https://penza.nuipogoda.ru/pogoda-2021> (accessed 28.02.2022).
4. *Skorost' vetra, statistika za poslednie gody = Wind speed, statistics for recent years*. (In Russ.). Available at: https://climate-energy.ru/weather/2017/wind/penza_wind_2017.php (accessed 01.03.2022).
5. Krupenev D.S., Shamarova N.A. Assessment of the reliability of power supply systems in the integration of renewable energy sources. *Energetika glazami molodezhi-2017: materialy VIII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf = Proceedings of the VIII International Scientific and Technical Conference. Energy Through the Eyes of Youth-2017*. Samara: Izd-vo SGTU, 2017:24–27. (In Russ.)
6. Posypanko N., Baranov M., Kostyuk R. *Nakopiteli energii v Rossii: in"ektsiya ustoychivogo razvitiya = Energy storage in Russia: Injection of sustainable development*. Moscow: VYGON Konsalting, 2020. (In Russ.). Available at: https://vygon.consulting/upload/iblock/e44/vygon_consulting_storage.pdf (accessed 01.03.2022).
7. *TRADING ECONOMICS*. Available at: <https://ru.tradingeconomics.com/commodity/lithium> (accessed 03.03.2022).
8. *GIGAVAT.COM*. Available at: http://gigavat.com/gtu_using.php. (accessed 03.03.2022).
9. *Portal-energo. Toplivnye elementy. Vpolne real'naya al'ternativa sushchestvuyushchim TES. 2014 = Portal-energo. Fuel cells. A very real alternative to existing thermal power plants*. (In Russ.). Available at: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/802> (accessed 02.03.2022).

Поступила в редакцию / Received 12.03.2022

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 17.04.2022

Принята к публикации / Accepted 05.05.2022