

ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Е.Н. Соснина, А.В. Шалухо

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева
603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

При решении задачи повышения эффективности возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в локальной системе электроснабжения следует учитывать эксплуатационный риск электроснабжения потребителей (ЭРЭП). Предложена методика расчета ЭРЭП, основанная на теории портфельного анализа. Произведена количественная оценка ЭРЭП, показывающая, что сочетание разнородных ВИЭ в локальной системе электроснабжения повышает эффективность их использования и снижает эксплуатационный риск электроснабжения потребителей.

Ключевые слова: *малая распределенная энергетика, возобновляемые источники энергии, эксплуатационный риск электроснабжения потребителей.*

Многие проблемы энергетики России (ограниченность объединенной энергосистемы, старение основного оборудования электростанций и сетей, значительные потери электроэнергии и др.) могут быть решены путем строительства малых электростанций и энергоустановок, расширения использования местных и возобновляемых энергоресурсов, т. е. развития малой распределенной энергетики (МРЭ). В первую очередь это необходимо для энергообеспечения объектов нулевой и первой категории, энергоснабжения районов с низкой плотностью нагрузки, автономного энергоснабжения удаленных объектов.

Технической единицей МРЭ являются локальные энергосистемы, которые могут быть представлены различным сочетанием генерирующих и сетевых объектов. Объекты МРЭ могут быть изолированными энергетическими островами либо иметь электрические связи с ЕЭС и взаимодействовать с помощью технологий «микросетевая». Единичная мощность установки на объекте МРЭ не превышает 25 МВт.

Основу МРЭ России составляют до 50 тыс. различных электростанций (более 98 % из них – дизельные) средней единичной мощностью 340 кВт и суммарной 17 млн кВт (8 % от общей установленной в России мощности), вырабатывающих до 50 млрд кВт·ч и потребляющих около 17 млн т у.т. в год [1].

Перспективно применение энергоустановок МРЭ на базе возобновляемых энергоносителей. Широкое использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является основным приоритетом «Энергетической стратегии России». В современных условиях большое значение имеет проблема обеспечения энергетической безопасности регионов. Одним из основных показателей восприимчивости регионов к угрозам энергетической безопасности является степень обеспеченности регионов собственными топливно-энергетическими ресурсами [2]. Поэтому актуальны вопросы эффективного использования ВИЭ в локальных системах электроснабжения потребителей.

Елена Николаевна Соснина (к.т.н., доцент), доцент кафедры «Электроэнергетика и электроснабжение».

Андрей Владимирович Шалухо, аспирант.

В настоящее время в России на высоком научно-техническом уровне развивается практически весь спектр ВИЭ. Технологии и производственные возможности крупных проектных и строительных организаций (ЦНИИ «Электроприбор» г. Санкт-Петербург, Тушинский машиностроительный завод, Ковровский механический завод и др. [3]) позволяют разрабатывать конкурентоспособные проекты на основе ВИЭ. Многие из российских установок по ряду параметров превосходят зарубежные аналоги.

Однако широкое практическое применение ВИЭ ограничивается двумя серьезными недостатками – невысокой плотностью энергетических потоков и их непостоянством во времени. Следствиями являются: зависимость производства электроэнергии от погодных условий, возможные колебания выходной мощности, неравномерность выработки электроэнергии, повышение эксплуатационного риска электроснабжения потребителей. Следует отметить, что в большинстве районов генерируемые мощности ВИЭ отрицательно коррелируемы (при ярком солнце обычно отсутствует ветер, а при сильном ветре солнечное излучение минимально). Поэтому наиболее перспективным представляется создание не отдельных крупных энергоустановок, а комплексных локальных энергосистем на основе нетрадиционных источников энергии.

Развитие комплексных энергосистем на основе разнородных источников энергии требует разработки технических решений по выбору оптимальных параметров энергоустановок ВИЭ и исследований условий эффективного энергообеспечения потребителей от ВИЭ.

Вопросы повышения эффективности использования ВИЭ в комплексных локальных энергетических системах решаются в работах ряда отечественных ученых (Шерьязов С.К. [4], Ташимбетов М.А. [5] и др.). Разработанные методологии выбора рационального сочетания потребляемых энергоресурсов основаны на показателях доли замещаемой энергии от ВИЭ и на характеристиках экономической целесообразности применения ВИЭ в системе энергоснабжения. Однако данные параметры не оценивают степень нестабильности нетрадиционных источников.

Колебания выходной мощности ВИЭ возможно оценить на основе эксплуатационного риска электроснабжения потребителей (ЭРЭП).

В традиционной электроэнергетике системам управления риском уделяется много внимания. Однако в существующих программах по проектированию систем электроснабжения на основе ВИЭ методики управления риском отсутствуют. Поэтому одним из решений задачи повышения эффективности применения ВИЭ является создание методик управления риском электроснабжения. Для этой цели предлагается использовать аппарат портфельного анализа.

Основы портфельной теории заложены американским математиком-экономистом Гарри Марковицем [6]. Портфелем называется набор ценных бумаг, находящихся у участника рынка. Основным показателем портфеля является доходность R . В портфельной теории доходность каждой ценной бумаги является случайной величиной [7]. Статистические свойства доходности определяются математическим ожиданием $\mu(R)$ и стандартным отклонением $\sigma(R)$. Математическое ожидание показывает прогнозируемое значение доходности от вложения капитала. Стандартное отклонение является мерой риска. Чем меньше разброс значений доходности, тем меньше риск инвестирования. При определении риска инвестирования портфеля необходимо учитывать взаимосвязь между доходностью рассматриваемых ценных бумаг с помощью введения дополнительного параметра – коэффициента корреляции $\rho(R_{ij})$. Надежность получения положительного результата обеспечивает портфель,

сформированный из акций компаний разных отраслей.

Рассмотрим аппарат портфельного анализа применительно к определению эксплуатационного риска электроснабжения потребителей при использовании ВИЭ. На рис. 1 представлен портфель, состоящий из возобновляемых источников энергии.

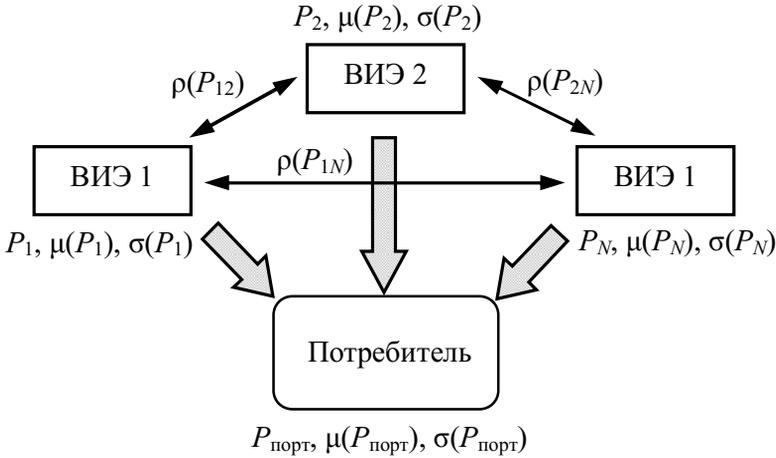


Рис. 1. Портфельный анализ системы электроснабжения на основе ВИЭ

В силу зависимости от погодных условий мощность ВИЭ P можно считать случайной величиной. При вероятностном моделировании электроснабжения потребителей допускается гипотеза, что распределение мощности каждого источника энергии соответствует нормальному закону. Одно из свойств нормального распределения заключается в том, что сумма независимых нормально распределенных случайных величин также соответствует нормальному закону распределения. Источники энергии, входящие в рассматриваемый портфель, не являются независимыми. Поэтому для обеспечения нормального распределения суммы нормально распределенных мощностей источников энергии вводится коэффициент взаимосвязи между источниками $\rho(P_{ij})$.

Математическая модель определения риска электроснабжения основана на статистических характеристиках мощности портфеля ВИЭ. Математическое ожидание суммарной мощности портфеля $\mu(P_{порт})$ определяет прогнозируемое значение генерируемой мощности. Стандартное отклонение $\sigma(P_{порт})$ является только мерой разброса значений случайной величины. Эксплуатационный риск электроснабжения потребителей при использовании возобновляемых источников энергии определяется как вероятность того, что суммарная мощность портфеля источников энергии окажется меньше требуемой [8]. Нормальный закон распределения мощности ВИЭ и эксплуатационный риск электроснабжения потребителей представлены на рис. 2.

Риск отображается площадью заштрихованной области и находится по выражению для интегральной функции нормального распределения:

$$R = \int_{-\infty}^A \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(P_{порт})} e^{-\frac{(P_i - \mu(P_{порт}))^2}{2\sigma(P_{порт})^2}} dx, \quad (1)$$

где R – эксплуатационный риск электроснабжения, %;

A – минимальная заданная мощность портфеля, кВт;

$\mu(P_{\text{порт}})$ – прогнозируемое значение мощности портфеля, кВт;
 $\sigma(P_{\text{порт}})$ – стандартное отклонение мощности портфеля, кВт;
 P_i – значение генерируемой мощности в течение года, кВт.

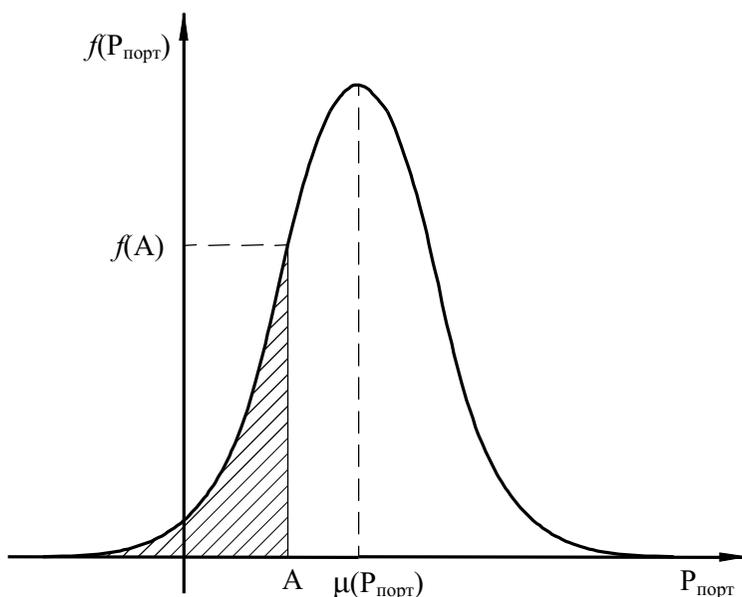


Рис. 2. Плотность распределения мощности ВИЭ

Аппарат портфельного анализа позволяет провести выбор оптимальной конфигурации системы электроснабжения на основе ВИЭ по трем критериям: стоимость источников энергии, прогнозируемая мощность и эксплуатационный риск электроснабжения.

Результаты исследований выбора оптимального портфеля ВИЭ по критерию минимального риска электроснабжения показали, что наиболее перспективным представляется комплексное использование разнородных источников.

Однако даже при комбинированном использовании ВИЭ нестабильны. Поэтому для круглогодичного обеспечения потребителей электроэнергией соответствующего количества и качества необходима их параллельная работа с другими гарантированными источниками энергии, такими как энергоустановки МРЭ, работающие на органическом топливе, объединенная энергосистема.

Интеграция объектов ВИЭ в единую электрическую сеть затрудняется поиском решений ряда технических и законодательных задач. Технические трудности связаны с необходимостью преобразования выходных параметров установок ВИЭ к стандартным параметрам выходного трехфазного переменного напряжения 380 В частотой 50 Гц в соответствии с ГОСТ 13109-97. На законодательном уровне требуется создание механизмов компенсации затрат на подключение к сетям для генераторов на основе ВИЭ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Портал «Энергоэффективная Россия». <http://energobeg>
2. Сидоренко Г.И. Основы и методы определения комплексного потенциала возобновляемых энергоресурсов региона и его использования: Дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 2006.

3. *Атаев З.А.* Регионы России и перспективы развития возобновляемой энергетики // Проблемы региональной экологии. – 2005. – №3.
4. *Шерьязов С.К.* Методология рационального сочетания традиционных и возобновляемых энергоресурсов в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Красноярск, 2011.
5. *Ташимбетов М.А.* Комбинированное использование энергоустановок на основе возобновляемых источников для электроснабжения локальных потребителей: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2005.
6. *Шведов А.С.* Теория эффективных портфелей ценных бумаг. – М.: ГУ ВШЭ, 1999.
7. *Касимов Ю.Ф.* Основы теории оптимального портфеля ценных бумаг. – М.: Филинь, 1998.
8. *Шалуха А.В., Соснина Е.Н.* К вопросу о повышении эффективности использования возобновляемых источников энергии // Возобновляемые источники энергии: Мат-лы VII Всеросс. научной молодежной школы с международным участием. – М.: МИРОС, 2010.

Статья поступила в редакцию 12 апреля 2012 г.

THE EFFECTIVE USE OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES IN LOCAL CONSUMERS POWER SYSTEM

E.N. Sosnina, A.V. Shalukho

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev
24, Minin st., Nizhny Novgorod, 603950

Solving the problem of increasing the efficiency of renewable power sources in the local electricity supply system, the operational power supply risk of consumers should be taken into account. The method of calculating the OPRC based on the theory of portfolio analysis is offered. It was made the quantitative assessment of the OPRC, that shows that the combination of diverse renewable power sources in the local electricity supply system increases the efficiency of its use and reduces the operational power supply risk of consumers.

Keywords: *the small distributed power, the renewable power sources, operational power supply risk of consumers (OPRC).*