

УДК 621.311

Г.Р. КАМАРЗАЕВ, Х.У. ГАГУЛАЕВ, С.Ю. ВЕЛЬМОВАЗОВ,
магистранты гр. ЭЛм-25 (СКГМИ (ГТУ))

Научный руководитель М.Т. ПЛИЕВА, к.с.-х.н., доцент (СКГМИ (ГТУ))
г. Владикавказ

ВЛИЯНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ: ИНТЕГРАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

В контексте мировой декарбонизации экономики особую значимость приобретает задача подключения генерирующих мощностей возобновляемой энергетики к распределительным сетям. Эти сети выполняют критически важную функцию, обеспечивая взаимодействие между магистральными линиями электропередачи и конечными пользователями, тем самым гарантируя надежность и рентабельность энергоснабжения. В то же время, интеграция ВИЭ, таких как солнечные электростанции (СЭС) и ветряные электростанции (ВЭС), предоставляет значительные возможности для повышения энергоэффективности, снижения выбросов парниковых газов и повышения энергетической независимости. Однако этот процесс сопряжен с определенными техническими и управлением вызовами, требующими разработки эффективных стратегий интеграции и управления.

Преимущества интеграции ВИЭ в распределительные сети

Интеграция ВИЭ в распределительные сети приносит ряд значительных преимуществ, к основным из них можно отнести снижение потерь электроэнергии: Размещение генерирующих мощностей (солнечных панелей и ветроустановок) в непосредственной близости от потребителей сокращает протяженность линий электропередачи, что приводит к уменьшению потерь при транспортировке электроэнергии. Замена ископаемого топлива неисчерпаемыми природными ресурсами (солнечным светом и ветром) повышает общую продуктивность энерго-комплекса и снижает зависимость от традиционных энергоносителей. Эксплуатация объектов ВИЭ не сопровождается выбросами парниковых газов, что положительно сказывается на состоянии окружающей среды и помогает замедлить процессы изменения климата [1-5]. Дополнение энергосистемы возобновляемыми источниками питания повышает вариативность генерации, укрепляя защищенность от ценовых колебаний на рынке углеводородов и в работе поставок. Формирование новой отрасли возобновляемой энергетики способствует созданию дополнительных рабочих мест, стимулирует технологические разработки и оказывает положительное влияние на развитие местных экономик.

Несмотря на многочисленные преимущества, интеграция ВИЭ в распределительные сети сопряжена с рядом технических вызовов:

1. Нестабильность генерации: солнечная и ветровая генерация являются нестабильными и зависят от погодных условий, что усложняет планирование и управление энергосистемой.

2. Изменение режима работы сети: внедрение ВИЭ может приводить к изменению режима работы распределительной сети, в частности, к увеличению колебаний напряжения и частоты.

3. Необходимость в модернизации оборудования: интеграция ВИЭ может потребовать модернизации существующего оборудования, такого как трансформаторы, выключатели и релейная защита.

4. Проблемы обратного потока мощности: в случае превышения генерации ВИЭ над потреблением, возникает обратный поток мощности, что может привести к перегрузке оборудования.

5. Влияние на качество электроэнергии: инверторы, используемые в ВИЭ, могут генерировать гармонические искажения, влияющие на качество электроэнергии.

Для успешной интеграции ВИЭ в распределительные сети необходимо разрабатывать и применять эффективные стратегии управления. Ниже мы рассмотрели некоторые из них.

Первое это прогнозирование выработки ВИЭ. Точное прогнозирование выработки ВИЭ позволяет более эффективно планировать работу энергосистемы и снижать риски, связанные с нестабильностью генерации.

Далее идет управление нагрузкой. Применение интеллектуальных систем управления нагрузкой (Smart Grids) позволяет оптимизировать потребление электроэнергии и снижать нагрузку на сеть в периоды пиковой нагрузки.

Важную роль играет также резервирование и балансировка. Обеспечение резервирования и балансировки между различными источниками энергии (ВИЭ и традиционные источники) позволяет компенсировать нестабильность выработки ВИЭ.

Непременно к эффективным стратегиям управления можно отнести и применение систем накопления энергии. Установка систем накопления энергии (например, аккумуляторов) позволяет сглаживать колебания выработки ВИЭ и повышать надежность электроснабжения [6-11].

Немаловажным является и управление напряжением и реактивной мощностью. Применение современных технологий управления напряжением и реактивной мощностью позволяет поддерживать стабильное напряжение в сети и улучшать качество электроэнергии.

Также мы выделили и разработку, и внедрение новых стандартов. Разработка и внедрение новых стандартов и нормативов, учитывающих

**VIII Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

219-3

21-22 ноября 2025 г.

особенности интеграции ВИЭ, позволяет обеспечить безопасность и надежность работы энергосистемы.

Таблица 1

**Сравнение различных типов ВИЭ по их влиянию на распределительные
сети**

Параметр	Солнечная энергия (СЭС)	Ветряная энергия (ВЭС)	Биомасса
Нестабильность генерации	Зависит от облачности, времени суток	Зависит от скорости ветра	Меньше, чем СЭС и ВЭС
Влияние на напряжение	Может вызывать колебания	Может вызывать колебания	Влияние меньше
Влияние на частоту	Незначительное	Незначительное	Незначительное
Потери в сети	Снижает, при локальном размещении	Снижает, при локальном размещении	Варьируется
Необходимость в хранении энергии	Часто	Часто	Иногда
Требования к инфраструктуре	Относительно простые	Сложные, требуются ветрогенераторы	Разнообразные, зависят от источника
Экологическое воздействие	Минимальное	Минимальное	Зависит от источника (выбросы)

Заключение

Интеграция возобновляемых источников энергии в распределительные сети является ключевым фактором для перехода к устойчивой энергетике и повышения энергоэффективности. Несмотря на определенные технические вызовы, преимущества от внедрения ВИЭ, такие как снижение потерь, повышение энергоэффективности, снижение выбросов парниковых газов и диверсификация источников энергии, перевешивают недостатки. Для успешной интеграции ВИЭ необходимо разрабатывать и применять эффективные стратегии управления, включая прогнозирование выработки ВИЭ, управление нагрузкой, использование систем накопления энергии и внедрение «умных сетей».

Дальнейшее развитие технологий ВИЭ, систем накопления энергии и интеллектуализация ВИЭ в распределительные сети — это не только техно-

логический вызов, но и важный шаг к созданию более устойчивой и экологически чистой энергетической системы.

Список литературы:

1. Александровский, А.Ю., Силаев, Б.И. Гидроэнергетические установки: Учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 80 с.
2. Бушуев, В.В., Кучеров, Ю.Н. Инновационное развитие электроэнергетики России // Электро. Электротехника, Электроэнергетика, Электротехническая промышленность, 2016. – № 4. – С. 2-5.
3. Воропай, Н.И., Стенников, В.А. Интегрированные интеллектуальные энергетические системы // Изв. РАН. Энергетика. – № 1. – 2014. – С. 64-78.
4. Григорьева, Д. Г. Умный город: перспективы и тенденции развития // Научное сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. XXI междунар. студ. науч.-практ. конф. – 2019. – № 10(21). – С. 67–71.
5. Клер, А.М. Оптимизация режимов работы энергосистем, включающих ТЭЦ и ГЭС с водохранилищами многолетнего регулирования / А.М. Клер, З.Р. Корнеева, П.Ю. Елсуков // Изв. РАН, Энергетика. – 2011. – №2. – С. 92-106.
6. Княгинин, В. Н. Приоритетные направления внедрения технологий умного города в российских городах. Экспертно-аналитический доклад. – М.: Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2018. – 178 с
7. Ершевич, В.В., Зейлингер, А.Н., Илларионов, Г.А. и др.; Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шapiro // Справочник по проектированию электроэнергетических систем. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985.– 352 с.
8. Кайдакова, К.В. Вопросы использования современных энергосберегающих технологий // Современные наукоемкие технологии, 2014. – № 5-2. – С. 45-46.
9. Плиева, М.Т., Татров, Б.М., Гаврин, И.А., Тилов, А.И. Расчет предельной передаваемой мощности для гидроэлектростанции Северо-Осетинского филиала ПАО «РусГидро» // В сборнике: Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и акустика. Сборник трудов XI Всероссийской научной конференции и молодежного научного форума. Сост. Ю.Б. Щемелева, С.В. Кирильчик, А.Я. Номерчук. Ростов-на-Дону .
10. Plieva, M., Kabisov, A., Gudiev, T. Analysis of ambient temperature influence on operation of overhead power lines / Proceedings - 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2020 Date of Conference: 18-22 May 2020 DOI: 10.1109/ICIEAM48468. 2020. 9112005.

**VIII Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

219-5

21-22 ноября 2025 г.

11. Яицкая, Н. А., Халиева, А. А., Бригida, В.С., Плиева. М.Т. Гео-экологические методы оценки динамики береговой линии на черноморском побережье Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий, 2024. – Т. 16. – № 2 (60). – С. 720-732.

Информация об авторах:

Камарзаев Георгий Романович, магистрант гр. ЭЛм-25, СКМИ(ГТУ), 362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, д. 44, geor_kamarzaev@mail.ru.

Гагулаев Хетаг Уруспиевич, магистрант гр. ЭЛм-25, СКГМИ(ГТУ), 362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, д. 44, Alangagulaev@mail.ru.

Вельмовазов Станислав Юрьевич, магистрант гр. ЭЛм-25, СКГМИ(ГТУ), 362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, д. 44, yuma.ru75@gmail.com.

Плиева Мадина Толиковна, к.с.-х.н., доцент, СКГМИ(ГТУ), 362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, д. 44, madosya80@mail.ru.