

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 управленческими 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.

Непременнo 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

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. Шапиро // 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.

11. Яицкая, Н. А., Халиева, А. А., Бригида, 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 Урусбиевич, 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.