

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ В MICROGRID. ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

М.Д. Седелева

Томский политехнический университет, ИШЭ, ОЭЭ, группа 5A13

Научный руководитель: А.А. Суворов, к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ

Введение

В настоящее время по ряду причин наблюдается переход от производства электроэнергии из традиционных источников к возобновляемым. К этим причинам относятся: постепенное истощение источников энергии (угля, газа и нефти), проблема растущего потребления энергии, большие потери электроэнергии на протяженных линиях электропередачи. Такой переход возможен благодаря развитию научно-технического прогресса, который привел к снижению стоимости оборудования возобновляемых источников энергии. Стоит отметить, что замещение традиционного источника позитивно отразится на экологическом аспекте. Но высокая распространенность возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в существующей распределительной сети вызывает опасения в надежности и устойчивости системы из-за непредсказуемого характера их выработки электроэнергии, а также спроса на нагрузку.

Эти трудности могут быть сведены к минимуму путем разделения сети на зоны с индивидуальными потребностями. В таком случае эти небольшие сети способны регулировать свои собственные регионы без помощи сетевого управления, что возможно благодаря наличию в них собственных блоков управления. Эти микросети, microgrids, могут внести значительный вклад в решение электроснабжения отдаленных регионов России и сыграть важную роль в перестройке энергосистемы страны [1].

Microgrid

Основная идея микросети заключается в интеграции ограниченного числа блоков распределительной генерации (Distributed generation) для оптимального управления ими без создания сложной сети.

Для получения качественных услуг от электросетевого предприятия и блоков централизованного управления, микрогриды подключаются к электросети через статический переключатель (Static Transfer Switch) в точке общей связи (a point of common coupling), см. рис.1. STS осуществляет автоматическое переключение между линиями в зависимости от соответствия параметров качества сети у данных источников, при этом коммутация не отражается на непрерывной работе нагрузки. Такой подход обеспечивает управление оборудованием в пределах определенного региона и позволяет рассматривать микросеть как единую диспетчерскую единицу с точки зрения электросети [1].

Оператор микрогрида может как подавать электроэнергию в энергосистему, если у микросети избыточная мощность, так и получать электроэнергию при необходимости. В микрогриде генераторы обеспечивают подачу энергии при определенном уровне напряжения при параллельной работе с электросетью и обеспечивают достаточную мощность, в том числе и для критических нагрузок. Обеспечение надежного электроснабжения является наиболее важным приоритетом микросети.

Микросеть может быть отключена в период ухудшения качества электроэнергии или аварийных ситуаций в сети, не влияя на местное электроснабжение [2].

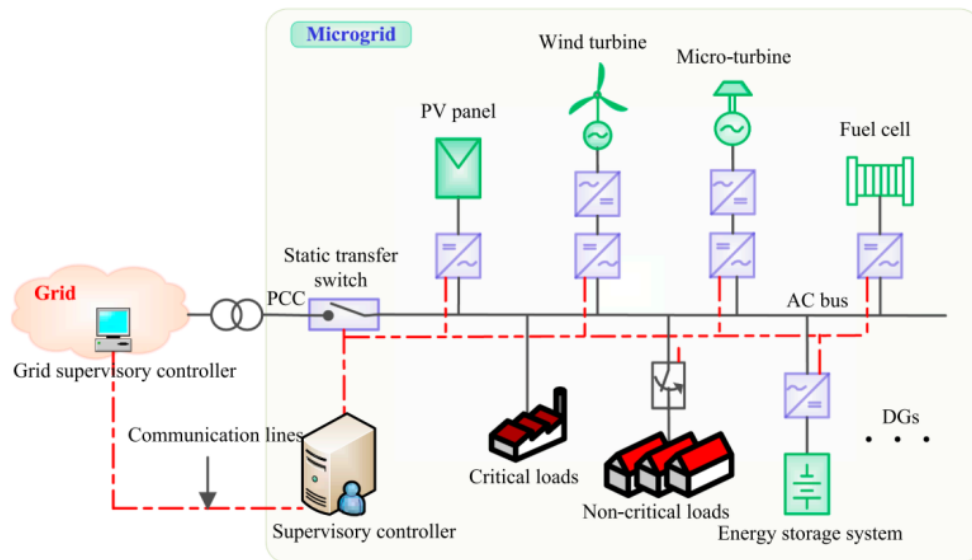


Рис. 1. Концепция microgrid

Когда микросеть, как единое целое, сталкивается с несбалансированным источником питания, она может намеренно изолироваться от электросети, чтобы сохранить качество электроэнергии, необходимое для чувствительных нагрузок. Эта функция обеспечивает надежность и может быть сравнима с работой систем бесперебойного питания (ИБП). Такая стратегия не только защищает оборудование в случае поломки основной энергетической линии или при нарушениях, но также оптимизирует работу микросети в период снижения энергопотребления.

Микросеть может быть установлена в любой промышленной зоне, официальном здании, коммерческом центре или жилом комплексе для обеспечения бесперебойного питания.

Проблемы устойчивости microgrid

При решении задач по устойчивости энергосистемы возникают значительные трудности: небольшой уровень мощности, непредсказуемые изменения нагрузки и жесткие ограничения на выработку электроэнергии. Включение возобновляемых источников энергии в сеть не только увеличивает волатильность потребления, но и усугубляет ранее существовавшие проблемы генерации, тем самым повышая требования к быстродействию. Использование возобновляемых источников энергии уменьшает инерцию энергосистемы из-за уменьшения влияния традиционного вращающегося энергооборудования. Следовательно, склонность этих систем к переходу в нестабильные режимы работы существенно возрастает, создавая критическую угрозу устойчивости, которая требует принятия упреждающих мер.

Для решения данной проблемы требуется применение передовых и эффективных мер по стабилизации. При этом не только повышение эффективности играет решающую роль, но и способность к немедленному реагированию на любые колебания в сети приобретает первостепенное значение для защиты от сбоев, способных нарушить работу микросетей и привести к существенным потерям. Функционирование таких сетей требует внедрения высокочувствительных, надежных механизмов управления, которые могут быстро адаптироваться к динамичным условиям, обеспечивая целостность системы в условиях сложностей, связанных с интеграцией возобновляемых источников энергии.

Ранее было отмечено, что микросети имеют возможность отключаться от основной электросети и функционировать самостоятельно. Такое переключение считается более сложным переходным процессом для микросетей. Резкое снижение мощности может привести к ла-

вине частоты, или лавине напряжения, изменению этих значений за пределы установленных норм, что, в свою очередь, может стать причиной полного отключения генерирующих установок микросети, вызывая дополнительные сложности в восстановлении стабильного энергоснабжения системы. Связано это с недостатком мощности в момент перехода, а также малым значением инерции генерирующих установок. Поэтому необходимо разработать специальные алгоритмы для плавного перехода микрогрида из параллельного режима в автономный [3].

Микросети характеризуются значительно большим соотношением активного сопротивления к реактивному в питающих линиях. Это напрямую связано с предпочтением использования именно кабельных линий в данных системах, в отличие от классических энергосистем, где доминируют воздушные линии и значение R/X существенно ниже. Высокая доля индуктивности замедляет динамику процессов; при уменьшении её влияния возрастает риск утраты устойчивости в системе.

Исследователи все еще стремятся усовершенствовать стратегии распределения мощности, используя новые методики управления и алгоритмы оптимизации, которые могут регулировать коэффициент полезного действия контроллеров для повышения производительности.

Перспективы

В современной распределительной сети широкое распространение ВИЭ ограничено из-за серьезных проблем, связанных с электросетями, в то время как микросеть способна преодолеть эти проблемы благодаря своим уникальным особенностям регулирования.

Микрогриды пока не в состоянии заменить традиционные централизованные энергосистемы, особенно в масштабах крупных стран, тем не менее в России уже существуют проекты, направленные на создание взаимодействия микросетей с централизованными электростанциями и сетями. Внедрение позволит улучшить балансировку нагрузки, повысить эффективность использования ресурсов и обеспечить стабильность работы системы в целом. К тому же это большой шаг к переходу к возобновляемым источникам энергии.

Анализируя международный опыт, можно установить: применение локальных сетевых решений способствует значительному сокращению затрат на электричество для коммерческих организаций и промышленности – от 5 до 25 %, а в некоторых случаях даже больше, чем при традиционном подключении к централизованным системам. Экономический эффект напрямую зависит как от специфики самих предприятий-потребителей, так и их запросов по параметрам – стабильности и экологичности микросетей. Утверждение об этом подкрепляется данными сложных математических расчетов и опыта успешной реализации подобного подхода на международном уровне. Несмотря на то, что глобальный опыт в этой сфере пока ограничен, существуют конкретные примеры, приведенные в табл. 1, которые демонстрируют значительное снижение затрат для промышленных предприятий благодаря применению микросетевых технологий. Эти данные свидетельствуют о потенциале микрогридов как инструмента оптимизации энергетических процессов, особенно актуального в условиях повышенной требовательности к качеству и стабильности электроснабжения потребителей [4].

Основным фактором повышения экономической целесообразности микрогенерационных установок стал значительный научно-технический прорыв в области малых энергетических систем. В результате за последние годы наблюдается тенденция, при которой стоимость электроэнергии, производимой собственными источниками генерации, нередко оказывается ниже рыночных цен на электричество, распределяемое по централизованным сетям.

Компании видят перспективы внедрения децентрализованных микросетевых систем для удаленных территорий Дальнего Востока и Республики Саха (Якутия), в особенности на предприятиях добывающей и перерабатывающей промышленности. Это обусловлено как полным отсутствием, так и низким качеством (колебания напряжения, нестабильность часто-

ты электричества, частые аварийные отключения и другие технические сбои) подключения к традиционным энергетическим сетям.

Таблица 1. Коммерческие и промышленные микрогриды в мировой практике

Микрогрид	Конфигурация	Эффекты
Longmedow park Место: Йоханнесбург, ЮАР Потребители: промышленное предприятие Год ввода в эксплуатацию: 2016 Интегратор: ABB	Питание от сети Солнечные панели: 750 кВт СНЭ: 1 МВт – 380 кВт·ч Дизельные генераторы: 3 МВт	Снижение стоимости энергоснабжения: 25 % Снижение эмиссии CO ₂ : 1000 тонн в год Повышение надежности электроснабжения
Inland empire utilities agency Место: Сан-Бернардино, США Потребители: система городского водоснабжения и канализации Год ввода в эксплуатацию: 2008–2017 Интеграторы и вендоры: AMS, SunPower, Tesla, Fuel Cell Energy	Питание от сети Солнечные панели: 3,5 МВт Ветрогенераторы: 1 МВт Топливные элементы: 2,8 МВт СНЭ: 3,65 МВт – 380 кВт·ч Дизельные генераторы: 2,5 МВт	Снижение стоимости энергоснабжения, в т. Ч. за счет участия на рынке управления спросом: 10 %
Establishment labs Место: Коста-Рика Потребители: промышленное предприятие Год ввода в эксплуатацию: 2016 Интегратор: ENEL	Питание от сети Солнечные панели: 276 кВт СНЭ: 500 кВт – 1 МВт·ч	Снижение стоимости энергоснабжения: 5 % Повышение надежности электроснабжения
Boston one campus Место: Бостон, США Потребители: коммерческая недвижимость Год ввода в эксплуатацию: 2017 Интегратор: Schneider Electric Источник: [5]	Питание от сети Солнечные панели: 448 кВт СНЭ: 500 кВт – 1 МВт·ч Резервный газопоршневой генератор	Снижение стоимости энергоснабжения: 5% Снижение эмиссии CO ₂ : 5800 т в год

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Md Alamgir Hossaina,b, Hemanshu Roy Pota, Md Jahangir Hossainc, Frede Blaabjerg. Evolution of microgrids with converter-interfaced generations: Challenges and opportunities.
2. Gupta N. Stochastic analysis of islanded microgrid // IEEE International Conference on Power Electronics. – 2021.
3. Димитриев А.А., Димитриев Р.А., Никифоров И.К. Проблемы выделения работы микрогрида в изолированный режим функционирования. – 2021.
4. Чаусов И., Бокарев Б., Сидорович В. Активные энергетические комплексы – первый шаг к промышленным микрогридам в России. – Инфраструктурный центр Энерджинет. – 2021.
5. Microgrids for Commercial and Industrial Companies. – World Business Council for Sustainable Development. – 2021.

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК 4 ТИПА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РОССИИ И МИРА

Х.М. Шарифов

Томский политехнический университет, ИШЭ, ОЭЭ, группа 5АМ31

Научный руководитель: В.Е. Рудник, к.т.н., ассистент ОЭЭ ИШЭ ТПУ

1. Актуальность

Четвертый тип ветряных электростанций (ВЭС) отличается адаптивностью к изменчивым ветровым условиям благодаря способности регулировать угол наклона лопастей и их скорость вращения, что увеличивает генерацию электроэнергии в регионах с неравномерными