

децентрализованным и осуществляется за счет использования малых дизельных электростанций, что обуславливает значительную топливную составляющую стоимости отпущенного киловатт-часа. В работе предлагается альтернативный вариант обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей Мурманской области за счет использования энергии ветра. Предварительный анализ подтверждает достаточно малый срок окупаемости предлагаемой установки (3-5 лет) и экономическую привлекательность проекта для инвестиций. Следует отметить необходимость дальнейших исследований в части моделирования различных режимов гибридной ветроэнергетической установки, а также оптимизации состава оборудования с целью минимизации затрат и повышения надежности работы всего комплекса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Борисенко М.М., Стадник В.В., Атласы ветрового и солнечного климатов России.: Главная геофизическая лаборатория им. А.И.Воейкова, 1997.
2. Правила устройства электроустановок., Седьмое издание., Утверждены 1 ноября 2003 года приказом Минэнерго России от 20 июня 2003 г. N 242.

Научный руководитель: С.В. Смолвик, д.т.н., профессор, заместитель заведующего отделом проектирования и развития энергосистем, ОАО «НТЦ ЕЭС».

АНАЛИЗ МИРОВЫХ СТАНДАРТОВ НА ПОДКЛЮЧЕНИЕ МАЛОЙ ГЕНЕРАЦИИ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ

В.О. Самойленко, С.А. Ерошенко

ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
Кафедра Автоматизированных электрических систем

Введение

В последние годы в российской энергетике распространение получает т.н. «малая генерация» (МГ) - совокупность модульных генерирующих установок мощностью порядка нескольких мегаватт, производящих электроэнергию, как правило, в месте ее конечного потребления и не использующих ее транспорт по сетям высокого напряжения (ВН). Такая малая генерация подключается к сетям низкого (НН) и среднего (СН) напряжения.

В зарубежной энергетике использование малой генерации связано, прежде всего, с развитием возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В России подобная генерация, представленная в основном газовыми и дизельными установками, зачастую рассматривается в качестве альтернативы подключению к электрической и тепловой сетям.

Преимущества работы малой генерации параллельно с электрической сетью или невозможность работы ее в автономном режиме приводят к подключению малой генерации к Единой Энергосистеме. На сегодняшний день в России отсутствует проработанная нормативно-техническая документация на подключение малой генерации к сети и ее работу в составе энергосистем. Возникающий при этом ряд технических, технологических и других проблем исследуется в рамках профильных научно-технических и образовательных проектов [1].

Изучение международного опыта и мировых стандартов с целью выявления общих закономерностей в методах и способах интеграции малой генерации в энергосистемы является полезным этапом в формировании национальных стандартов. География данного аналитического исследования включает 20 стран Европы, Северной Америки, Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии, Тихоокеанского региона.

Технические требования к МГ для подключения и параллельной работы с сетью

В рамках анализа были рассмотрены основные технические требования, предъявляемые к подключаемым установкам МГ в различных странах мира [2-5]. Основные результаты рассмотрения, сгруппированные по десяти пунктам с учетом обоснования и предпосылок технических требований, сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Вероятные причинно-следственные связи при обосновании требований к МГ

Характеристика		Обоснование
1. Тип работы МГ	Параллельный	Обеспечение устойчивости современной МГ; стратегия ЕС 2020, 2050
	Автономный	Вынужденная работа в удаленных районах; частная (корпоративная) собственность
2. Классы напряжения	НН СН	Исторически сложившиеся характеристики сети
3. Топология сети		
4. Режим работы нейтрали		
5. Координируемый уровень токов (мощности) КЗ	НН СН	Техническая политика сетевых компаний и Системного оператора
6. Максимальная единичная мощность установки МГ	НН, однофазная МГ	Государственная политика поддержки ВИЭ
	НН, трехфазная МГ	Государственная политика поддержки бытовых потребителей и среднего бизнеса
	СН	Государственная политика поддержки энергокомпаний
7. Коэфф. мощности	Мин. индуктивный	Исторически сложившиеся принципы проектирования систем электроснабжения, в т.ч. расчет падения напряжения
	Мин. ёмкостной	
8. Требования к качеству электроэнергии	Медленные и быстрые изменения величины напряжения Максимальный уровень гармоник	IEC 50160, IEC 61000, IEEE 519
	Частоты для ВЧ-связи	Принятые стандарты и протоколы связи
	Генерация постоянного тока	Экспертно – в стадии изучения
9. Релейная защита и автоматика	НН СН	ENS; исторически сложившиеся принципы проектирования РЗА
10. Прочие требования	Требования к точности синхронизации	Максимальный толчковый ток СГ не превышает номинального при хар-ках современных СГ

Характеристика		Обоснование
	Возможность удаленного отключения	Техническая политика Системного оператора

Наиболее интересной характеристикой является максимальная мощность МГ, допустимая для подключения к сетям НН и СН. От конкретных численных величин может зависеть классификация МГ, как следствие, объем и сложность требований, предъявляемых к тем или иным установкам.

Для стран Южной Европы, Австрии и Германии характерно широкое внедрение потребительских ВИЭ, и мощность, которую можно включить в одну фазу на НН, ограничена величиной около 5 кВт во избежание значительных перекосов в сети 0,4 кВ и других проблем. Для США и Японии значения составляют 25 и 50 кВт, соответственно.

Аналогично для трехфазной генерации НН в Европе и двухфазной генерации НН в США и Японии: до 500 кВт в Европе, 1000 кВт в США и 2000 кВт в Японии. В США и Японии в целом возможности для подключения больших мощностей на НН шире: это связано с особенностями государственной поддержки частной и корпоративной собственности. В Европе для частных лиц через лимит потребления стимулируется установка ВИЭ на НН, для энергокомпаний - подключение ВИЭ на СН.

Максимальная мощность, которую можно подключить в большинстве стран Европы, США и Японии на среднее напряжение, составляет от 8 до 20 МВт на классах напряжения до 35 кВ включительно. В Испании дополнительно подключаемая мощность МГ не должна превышать 50 % от располагаемой трансформаторной мощности ВН/СН. В Бельгии, кроме того, она нормируется дополнительными требованиями по надежности с учетом критерия «n-1». В Португалии мощность МГ ограничивается в основном требованиями по обеспечению уровня токов короткого замыкания. В Канаде достаточно большие мощности собственной генерации можно подключать на классы напряжения до 69 кВ.

В Австрии, Германии, Нидерландах, Саудовской Аравии мощность МГ, подключаемой на СН, не ограничивается.

Порядок подачи заявки на технологическое присоединение и распределение ответственности за разработку проекта

Существуют различные модели порядка подачи заявки на технологическое присоединение установки МГ, разработки проекта и ввода установки в эксплуатацию [2, 3].

Наиболее распространенная первая модель включает заявку на подключение, предварительную проработку схемы выдачи мощности и технико-экономическое обоснование (ТЭО) выгоды работы собственной малой генерации. Затем выполняется рабочий проект. Модель характерна для Франции, Италии, Германии, Бельгии, Ирландии, Англии, Японии, Кореи и Австралии.

Вторая модель, принятая в Нидерландах, отличается тем, что для ускорения подключения закупка необходимого оборудования и проработка схем выдачи мощности ведутся параллельно.

Третья модель характерна для скандинавских стран. Ее особенностями являются необходимость готовности проекта к моменту подачи заявки на присоединение, а также наличие открытых общественных слушаний с привлечением внешних экспертов в области энергетики и других областей – вплоть до членов Greenpeace.

Четвертая модель, применяемая в Испании, одна из самых сложных моделей, подразумевает взаимодействие между заявителем, системным оператором и сетевой компанией на всех этапах от заявки до заключения договора на технологическое присоединение.

Таким образом, в большинстве стран разработка схемы выдачи мощности МГ является необходимым предварительным условием для разработки и выдачи технических

условий (ТУ) на подключение МГ (или является первым этапом, если за ТУ и проект отвечает одна организация). Состав проектных работ, как правило, включает схему выдачи мощности, ТЭО, иногда ТКЗ, реже устойчивость МГ.

Сроки разработки проектов на подключение установки МГ к сети приведены на рисунке 1.

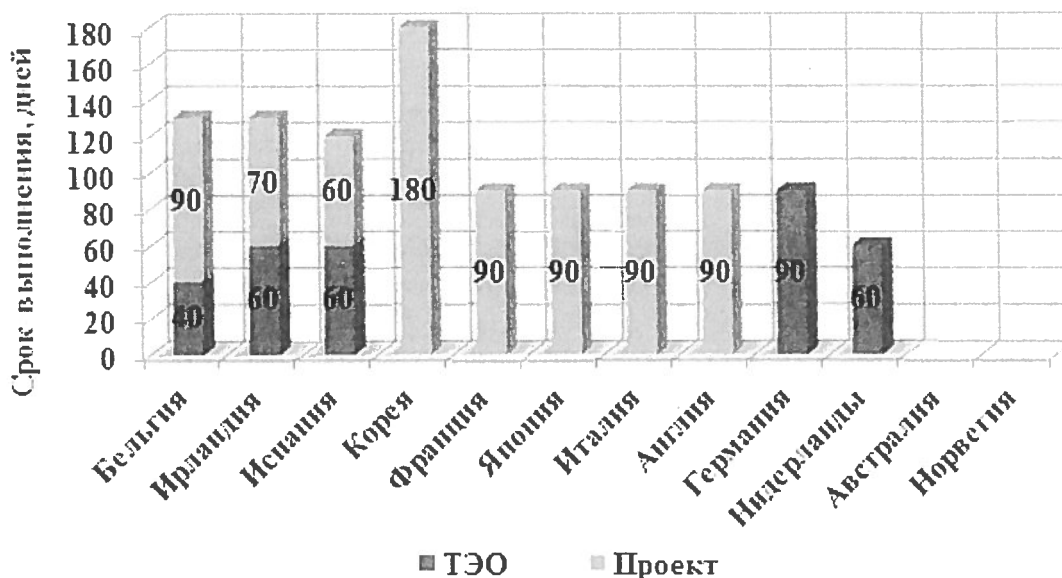


Рис. 1. Сроки разработки проектов

В таких странах, как Бельгия, Ирландия, Испания, существуют как стадия технико-экономического обоснования, так и стадия рабочего проекта. В Корее, Франции, Японии, Италии, Англии существует только стадия рабочего проекта. В Германии и Нидерландах, по большому счету, требуется только технико-экономическое обоснование для подключения собственной генерации. Это связано с высокой производственной культурой в этих странах, а также с наличием большого количества типовых решений подключения собственной генерации. В Австралии и Норвегии сроки не нормируются.

Следует отметить, что разработка проекта на технологическое присоединение и его согласование занимает в большинстве стран не больше полугода. Полный срок подключения и установки собственной генерации – не больше года. Процедура технологического присоединения в ряде стран является платной для заявителя. Процедура технологического присоединения в случае необходимости реконструкции сети является платной в большинстве стран, распределение расходов осуществляется по договоренности.

Стандарт IEEE 1547. Подключение малой генерации к электроэнергетической системе

Самым проработанным на сегодняшний день стандартом на подключение МГ является международный стандарт американского происхождения IEEE 1547, состоящий из восьми частей [5]. Первые четыре схожи, по сути, с Правилами устройства электроустановок. Остальные части включают руководство по проектированию установок собственной генерации, а также научно-технические приложения для исследований влияния малой генерации на энергосистему.

IEEE 1547 содержит подробное описание технологических проблем внедрения малой генерации в энергосистему и носит скорее научно-технический характер, чем инженерный. Стандарт задает типовую структуру выполнения проектов и различной деятельности в области собственной генерации, в которую вписываются национальные стандарты с конкретными характеристиками и численными значениями. Следует отметить, что стандарт не является обязательным даже в США, а наиболее широко используется в соседней Канаде [1].

ВЫВОДЫ

1. На сегодняшний день не существует общепринятых международных стандартов на подключение и эксплуатацию малой генерации.

2. Стандарты на подключение малой генерации разрабатываются с включением действующих стандартов на смежные области техники и технологии, а также отражают субъективно-технические, экономические и исторические предпосылки.

3. Процедура разработки и согласования проектной документации на подключение МГ занимает в большинстве стран до полугода, процедура подключения в целом – около года. Разработка проектной документации на подключение МГ в большинстве стран выполняется силами Системного оператора, реге Сетевой компании, и является платной для заявителя либо на стадии разработки ТЭО, либо на стадии разработки рабочей документации.

4. В большинстве стран разработка схемы выдачи мощности электростанции является необходимым предварительным условием для разработки и выдачи технических условий на подключение МГ (или является первым этапом, если за ТУ и проект отвечает одна организация). Состав проектных работ, как правило, включает схему выдачи мощности, ТЭО, иногда ТКЗ, реге устойчивость МГ.

5. Существующий международный стандарт на подключение МГ IEEE 1547 не является законченным и общепризнанным документом (энергетические компании США используют собственные стандарты). IEEE 1547 содержит подробное описание технологических проблем внедрения малой генерации в энергосистему, носит научно-технический характер и в чистом виде не может быть использован в качестве национального стандарта по подключению МГ.

6. Изучение международного опыта целесообразно с точки зрения формирования концепции развития малой генерации и создания национальных нормативно-технических документов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Периодический открытый семинар «Проблемы подключения и эксплуатации малой генерации» [Электронный ресурс] // НП РНК СИГРЭ. [Офиц. сайт]. URL: http://cigre.ru/activity/conference/seminar_c6/ (дата обращения: 01.09.2014).
2. Connection of generators and other customers: rules and practices // Working group C6.02. 271. CIGRE, 2005.
3. Connection criteria at the distribution network for distributed generation // Task Force C6.04.01. 313. CIGRE, 2007.
4. Study about International Standards for the connection of Small Distributed Generators to the power grid // Cologne University of Applied Sciences, Köln, 2011.
5. IEEE 1547. IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems // The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011.

Научные руководители:

А.В. Паздерин, д.т.н., профессор, Заведующий кафедрой Автоматизированных электрических систем, УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина;

П.М. Ерохин, д.т.н., профессор, советник заместителя председателя правления ОАО «СО ЕЭС».