ПРОБЛЕМНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАБОТЫ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В СОСТАВЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ПОДХОДЫ К ИХ РЕШЕНИЮ (продолжение)

ИЛЮШИН П.В., к.т.н., ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС»

В предыдущей статье были рассмотрены основные проблемные технические вопросы применения современных генерирующих установок (ГУ) средней и малой мощности на объектах распределенной генерации (РГ) и причины их возникновения. Здесь рассмотрим вопросы разработки проекта схемы выдачи мощности (СВМ) объектом РГ, обоснования необходимости планирования развития распределенной генерации на региональном уровне, с ее интеграцией в схемы и программы развития электроэнергетики (СиПР) субъектов РФ, а также возможности применения в России международного опыта интеграции объектов РГ в энергосистемы различных стран мира.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СХЕМЫ ВЫДАЧИ МОЩНОСТИ ОБЪЕКТА РГ

Для комплексного решения вопросов надежной, эффективной и безаварийной работы объектов РГ и электрических сетей представляется целесообразным на первом этапе (до приобретения ГУ) выполнять разработку схемы выдачи мощности (СВМ) электростанции/ГУ, включающую в себя выполнение комплекса технических и схемных решений присоединения электростанции/ГУ к электрическим сетям. В рамках данной работы должны проводиться все основные виды расчетов и приниматься основные технические решения, в том числе по вопросам связанным с организацией оперативно-диспетчерского управления, на основании чего становится возможной разработка технических условий на технологическое присоединение.

Работа по разработке проекта СВМ должна включать в себя рассмотрение следующих вопросов:

- анализ существующей схемы внешнего электроснабжения энергообъекта, существующих балансов электрической энергии и мощности энергорайона, а также перспективных балансов с учетом интеграции объекта РГ;
- разработка нескольких (не менее трех) вариантов подключения объекта РГ к прилегающей распределительной сети с выбором и обоснованием наиболее оптимального варианта;
- расчеты установившихся электрических режимов в нормальных и ремонтных схемах прилегающей распределительной сети, с анализом послеаварийных режимов, выявлением «узких мест» и разработкой мероприятий по исключению перегрузок электросетевых элементов;
- расчет допустимости возникновения близких многофазных КЗ и применения несинхронного АПВ в прилегающей распределительной сети, с точки зрения механической прочности валопроводов ГУ, с разработкой (при необходимости) технических мероприятий для недопущения их повреждения;
- расчет токов короткого замыкания (ТКЗ) в прилегающей к объекту РГ сети, анализ отключающей способности установленных коммутационных аппаратов, разработка мероприятий по координации ТКЗ (выполняется для режимов параллельной и изолированной работы);
- расчеты статической устойчивости для прилегающей сети и динамической устойчивости ГУ объекта РГ с учетом взаимного влияния характера и параметров нагрузки потребителей;
- формирование балансов реактивной мощности для различных режимов работы объекта РГ с разработкой мероприятий по регулированию напряжения в прилегающей к объекту РГ распределительной сети;

- анализ алгоритмов и параметров настройки АРВ ГУ объекта РГ;
- анализ существующих уставок устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) прилегающей сети внешнего (включая сетевые АВР, АПВ, устройства противоаварийной автоматики) и внутреннего электроснабжения, выполнение расчетов уставок устройств РЗА с учетом возможных режимов работы объекта РГ (выполняется для режимов параллельной и изолированной работы);
- анализ алгоритмов действия технологических защит ГУ на предмет соответствия требованиям действующих НТД с определением требований к уставкам технологических защит;
- анализ алгоритмов работы и параметров настройки систем автоматического регулирования/управления (САР/САУ) ГУ, включая АРЧВ (выполняется для режимов параллельной и изолированной работы);
- определение объемов отключения нагрузки (ОН), алгоритмов и уставок автоматики отключения нагрузки потребителя на случай аварийного отключения всех ГУ объекта РГ или выделения объекта РГ на изолированную (автономную) работу;
- определение алгоритмов и параметров настройки АВСН (при необходимости обеспечения надежного электроснабжения потребителей в изолированном режиме) и восстановлению режима параллельной работы с энергосистемой;
- разработка мероприятий по обеспечению допустимых условий длительной эксплуатации ГУ при низких нагрузках в изолированном режиме работы;
- разработка технических требований в системе АСУТП ГУ/электростанции (оптимальное управление составом генерирующего оборудования; обеспечение группового регулирования активной и реактивной мощностей с учетом регулировочных диапазонов и технологических ограничений; разворот ГУ/электростанции «с нуля» из холодного и горячего состояний; автоматика обеспечения заданных параметров потребления из сети/выдачи мощности в сеть энергообъектом; мониторинг работы оборудования объекта РГ с контролем текущего режима и формированием аварийно-предупредительных сообщений; проведение расчетов оперативных технико-экономических показателей объекта РГ и т.п.).

На основании проведенных расчетов появляется возможность доказать, что планируемый к подключению объект РГ не создает дополнительных технических проблем в прилегающей электрической сети, либо обозначить возникающие проблемные вопросы и привести основные технические решения, позволяющие их полностью устранить или минимизировать влияние до допустимого уровня.

Кроме того, разработка проекта СВМ позволяет оценить возможности обеспечения надежного электроснабжения потребителей от планируемых к приобретению ГУ на объект РГ, при выделении всего энергообъекта или его части на изолированную (автономную) работу.

СХЕМЫ И ПРОГРАММЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 17.10.2009 № 823 [1], которым утверждены «Правила разработки и утверждения схем и программ перспективного развития электроэнергетики», схемы и программы развития электроэнергетики субъектов Российской Федерации (СиПР) разрабатываются органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации при участии системного оператора и сетевых организаций на пятилетний период с учетом СиПР ЕЭС России и подлежат ежегодной актуализации и утверждению.

Основные цели разработки СиПР – развитие сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей, обеспечение удовлетворения долгосрочного и среднесрочного спроса на электрическую энергию и мощность, формирование стабильных и благоприятных условий для привлечения инвестиций в строительство объектов электроэнергетики.

В задачи формирования СиПР входит координация инвестиционных программ субъектов электроэнерге-

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ

Ведущий рубрики

Илюшин Павел Владимирович

Заместитель генерального директора – главный инспектор ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС», к.т.н., руководитель подкомитета С6 «Системы распределения электроэнергии и распределенная генерация» РНК СИГРЭ, руководитель подкомитета ПК-5 «Распределенная генерация (включая ВИЭ)» ТК 016 «Электроэнергетика» Росстандарта

тики для повышения эффективности планирования строительства и ввода в эксплуатацию объектов сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей на территории региона. В вышеуказанный документ должны в обязательном порядке входить существующие и планируемые к строительству объекты распределенной генерации, установленная мощность которых превышает 5 МВт, а также все генерирующие объекты, функционирующие на основе использования возобновляемых источников энергии.

Безусловно, что в случае заинтересованности исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации в развитии и беспрепятственном присоединении объектов РГ к энергосистеме будут предприниматься всевозможные усилия по сбору информации от потенциальных собственников этих объектов для включения соответствующих технических мероприятий по реконструкции распределительных сетей в инвестиционные программы распределительных сетевых компаний с целью уменьшения затрат собственников объектов РГ на исполнение ТУ на технологическое присоединение.

Данный подход позволит не только планировать развитие распределенной генерации в регионе, но и обеспечить их технологическое присоединение в минимально возможные сроки.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА ИНТЕГРАЦИИ ОБЪЕКТОВ РГ

Представляется целесообразным использовать мировой опыт интеграции объектов РГ в энергосистемы, накопленный во многих странах мира, которые на протяжении десятилетий занимаются развитием распределенной генерации, в том числе на основе ВИЭ.

Значительная часть мирового опыта по данной тематике консолидируется в Исследовательском комитете С6 «Системы распределения электроэнергии и распределенная генерация» Международного совета по большим электрическим системам высокого напряжения (СИГРЭ) – крупнейшей международной неправительственной и некоммерческой организация в области электроэнергетики. На сегодняшний день СИГРЭ – одна из наиболее авторитетных научно-технических ассоциаций, которая объединяет ученых и специалистов-энергетиков всего мира и оказывает сильное влияние на формирование стратегии развития электроэнергетической отрасли многих стран.

В докладах и публикациях по тематическому направлению Исследовательского комитета С6 СИГРЭ обращается внимание на основные тенденции, которые можно наблюдать во всем мире, а также в некоторой степени и в России:

- рост суммарной установленной мощности объектов РГ в энергосистемах;
- рост установленной мощности единичных объектов РГ, включая появление ветропарков и крупных солнечных электростанций;
- рост воздействия объектов РГ на установившиеся и динамические режимы работы энергосистем;
- рост электропотребления в городах (более 80 % населения мира).

Учитывая данные тенденции, в мире предпринимаются попытки к изменению парадигмы развития энергосистем, которая становится направленной на обеспечение интеграции возрастающего множества активных потребителей и производителей электрической энергии (включая объекты РГ, в т.ч. на основе ВИЭ), либерализацию рынков с применение новых технологий.

К новым технологиях, получающим интенсивное развитие в последние годы, можно отнести следующие:

- создание новых моделей управления объектами РГ (виртуальная электростанция; микроэнергосистема; мультимикроэнергосистема и т.п.);
- развитие гибридных многофункциональных комплексов с применением технологий накопления энергии;
- развитие технологий Smart Grid;
- развитие технологий сбора, обработки и передачи данных, в том числе для обеспечения наблюдаемости объектов РГ и активных потребителей, как непосредственных участников технологического процесса и рыночных процедур.

Следует отметить, что одновременно с ростом вводимых объемов РГ, особенно на базе ВИЭ, получают развитие следующие направления:

- совершенствование стандартизации посредством ужесточения технических требований к работе объектов РГ в составе энергосистем;
- обеспечение резервирования ГУ объектов РГ энергоустановками традиционной генерации (ТЭС, АЭС), с одновременным решением вопросов финансирования их ремонтов, модернизации и реновации.

В ряде случаях невозможно напрямую использовать международный опыт, переведя на русский язык стандарты МЭК и ISO или брошюры и материалы СИГРЭ, изданные по результатам многолетней работы рабочих групп Исследовательских комитетов. Однако его необходимо учитывать, принимая во внимание особенности применения объектов РГ в российских условиях, которые диктуют свои технико-технологические подходы и решения.

Дело в том, что быстро изменить идеологию построения Единой энергетической системы России, которая формировалась десятилетиями, не представляется возможным, так как существует множество особенностей, которые необходимо учитывать при развитии в России РГ, а именно:

- стремление к сохранению параллельной работы ЕЭС с минимизацией возможности выделения отдельных ее частей на изолированную работу;
- приоритет спасению энергосистемы и обеспечению электроснабжения особо ответственных промышленных потребителей (минимизация экономического ущерба; отсутствие человеческих жертв);
- многолетнее развитие и строительство удаленных от центров нагрузок больших источников энергии (блоки единичной мощности в сотни МВт) на крупных АЭС, ГРЭС и ГЭС, учитывая значительные залежи низкокалорийных источников угля и торфа, а также больших рек, позволяющих осуществлять выработку электроэнергии с достаточно низкой себестоимостью;

- многолетнее развитие централизованных источников энергии с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии (ТЭЦ) в центрах нагрузок, с использованием высококалорийных углей, а также мазута и природного газа;
- достаточная механическая прочность отечественных ГУ к воздействиям близких КЗ и применению НАПВ в электрических сетях;
- достаточная термическая стойкость отечественных ГУ к воздействию токов КЗ, с учетом уставок по времени устройств РЗА электросетевых элементов;
- производство и применение на электростанциях одновальных ГУ (большие значения механических постоянных инерции, влияющих на динамическую устойчивость ГУ);
- строительство и эксплуатация линий электропередачи высокого, сверхвысокого и ультравысокого напряжения для передачи больших мощностей на сотни и тысячи километров, учитывая протяженность страны, низкую плотностью населения и удаленность крупных промышленных гигантов от источников крупной генерации;
- низкий уровень автоматизации распределительных электрических сетей (ограниченное применение АВР и автоматических пунктов секционирования) при их значительной общей и единичной протяженности (протяженность фидеров 6–10 кВ достигает десятков километров, а фидеров 0,4 кВ – нескольких километров);
- минимальное сетевое резервирование (за исключением крупных городов и мегаполисов и особо ответственных потребителей) и высокий технический износ линейного и подстанционного оборудования;
- применение в магистральных и распределительных электрических сетях устройств, комплексов и систем противоаварийного управления с уставками, которым удовлетворяют отечественные ГУ;
- выбор принципов построения схем РЗА для обеспечения ближнего и дальнего резервирования (значительные выдержки времени резервных защит);
- широчайшая сеть котельных (муниципальных и производственных), используемых для выработки тепловой энергии и организации теплоснабжения промышленных и бытовых потребителей, учитывая климатические условия значительной части регионов России;
- необходимость обеспечения надежного электроснабжения потребителей в изолированных энергорайонах Дальнего Востока и Крайнего Севера страны.
- наличие крупных изолированных энергорайонов (отсутствие связи с ЕЭС России), в которых располагаются одна или несколько электростанций и большое количество промышленных потребителей, преимущественно с двигательной нагрузкой.

Все перечисленные особенности накладывают определенные ограничения на использование в России тех или иных технических решений, которые имеют опыт успешной реализации во многих странах мира. Однако изучение международного опыта позволяет не только находить ответы на вопросы, с которыми энергетики сталкиваются в текущей профессиональной деятельности при внедрении РГ, но и ознакомится с подходами к решению проблемных аспектов, которые еще не проявились в отечественных условиях, в связи с незначительной долей РГ в стране в целом и еще меньшей долей генерирующих установок на базе ВИЭ – в общей структуре производства электроэнергии.

Рабочими группами исследовательского комитета (ИК) C6 CIGRE на протяжении ряда лет были выпущены следующие технические брошюры, которые представляют значительный интерес:

- обзор итогового отчета «Развитие распределенной генерации и последствия для энергосистем» («Development of Dispersed Generation and Consequences for Power Systems», ELECTRA, August, 2004). Рабочая группа WG C6.01;
- техническая брошюра 271 «Подключение генераторов и других абонентов – правила и опыт реализации» («Connection of Generators and other Customers – rules and practices», 2005). Рабочая группа WG C6.02;
- техническая брошюра 311 «Управление распределенной генерацией с использованием информационных технологий» («Operating dispersed generation with ICT (Information & Communication Technology)», 2007). Рабочая группа WG C6.03;
- техническая брошюра 313 «Критерии подключения распределенной генерации в распределительную сеть» («Connection criteria at the distribution network for distributed generation», 2007). Рабочая группа TF C6.04.01;
- техническая брошюра 423 «Техническая и коммерческая стандартизация распределенной генерации/компонентов microGrid» («Technical and Commercial Standardisation of DER / microGrid Components», 2010). Рабочая группа WG C6.10;
- техническая брошюра 450 «Подключение ветряной генерации к электрической сети» («Grid Integration of Wind Generation», 2011). Рабочая группа WG C6.08;
- техническая брошюра 475 «Организация участия потребителей в управлении режимом энергосистемы» («Demand Side integration», 2011). Рабочая группа WG C6.09;
- техническая брошюра 457 «Развитие и управление активными распределительными сетями» («Development and operation of active distribution networks», 2011). Рабочая группа WG C6.11;
- техническая брошюра 458 «Системы хранения электрической энергии» («Electric Energy Storage Systems», 2011г.). Рабочая группа WG C6.15;
- техническая брошюра 575 «Системы оценки возможности интеграции возобновляемой и распределенной генерации в электрическую сеть» («Benchmark Systems for Network Integration of Renewable and Distributed Energy Resources», 2014). Рабочая группа TF C6.04;
- техническая брошюра 586 «Пропускная способность питающих линий распределительной сети для подключения распределенной генерации» («Capacity of Distribution Feeders for Hosting DER», 2014). Рабочая группа WG C6.24;
- техническая брошюра 591 «Методы планирования и оптимиза-

ции в распределительных сетях» («Planning and Optimization Methods for Distribution Systems», 2014). Рабочая группа WG C6.19.

В перечисленных брошюрах обобщен значительный опыт исследовательской работы ученых из различных стран мира, который позволяет не только выявить проблемные вопросы, относящиеся к распределенной генерации и распределительным сетям, но и ознакомиться с возможными путями их решения. На заседаниях рабочих групп рассматриваются не только результаты теоретических исследований ученых в обозначенной области, но и итоги практического внедрения этих результатов в конкретных проектах.

В настоящее время в ИК C6 CIGRE действует 9 рабочих групп и 4 совместные рабочие группы с другими ИК, в работе трех из который принимают участие представители России – члены Подкомитета C6 РНК СИГРЭ, а именно:

- совместная рабочая группа C4/C6/CIRED.35 «Моделирование и динамические свойства генерации с применением инверторов для исследований и анализа режимов системообразующей и распределительной сети» («Modelling and dynamic performance of inverter based generation in power system transmission and distribution studies»);
- рабочая группа C6.28 «Автономные гибридные системы электроснабжения» («Hybrid Systems for off-grid power supply»);
- рабочая группа C6.30 «Влияние систем накопления энергии на основе аккумуляторных батарей на распределительную сеть» («The Impact of Battery Energy Storage Systems on Distribution Networks»).

В связи с тем, что каждый из исследуемых, в рамках указанных рабочих групп ИК C6 CIGRE, вопросов представляет интерес для российского научно-технического сообщества, отчеты об участии представителей нашей страны в заседаниях рабочих групп публикуются на странице Подкомитета C6 РНК СИГРЭ http://cigre.ru/research_commitets/ik_rus/c6_rus/ в разделе «Международная деятельность».

РАЗВИТИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

В сентябре 2014 года Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) приняло решение о реорганизации ряда технических комитетов (ТК) по стандартизации в области электроэнергетики и их интеграции на базе ТК 016 «Электроэнергетика», которая была проведена в целях повышения эффективности работ по стандартизации в области электроэнергетики.

В ТК 016 «Электроэнергетика» образовано пять подкомитетов (ПК) по тематическим направлениям, одним из которых является ПК-5 «Распределенная генерация (включая ВИЭ)», первоочередными задачами которого является разработка национальных стандартов, позволяющих:

- сформировать общую терминологию по объектам РГ;
- ввести единую классификацию объектов РГ;
- сформировать технические требования к ГУ объектов РГ (на базе различных источников энергии) при их интеграции в электрические сети различных классов напряжения, с учетом особенностей и принципов построения ЕЭС России.

Необходимо отметить, что стандартизации подлежат все стадии жизненного цикла ГУ объектов РГ, начиная от их проектирования, производства, монтажа и наладки, ввода в эксплуатацию, эксплуатации, выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту, вплоть до вывода из эксплуатации данного оборудования в связи с исчерпанием ресурса.

В 2015 году в рамках деятельности подкомитета ПК-5 запланирована разработка первых редакций национальных стандартов со следующими рабочими наименованиями:

1. «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергетические системы. Распределенная генерация. Термины и определения».
2. «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергетические системы. Распределенная генерация. Классификация».
3. «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергетические системы. Распределенная генерация. Обеспечение работы объектов распределенной генерации в составе ЕЭС России. Требования к разработке схем выдачи мощности объектов распределенной генерации, подключаемых к сетям высокого напряжения».
4. «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергетические системы. Распределенная генерация. Обеспечение работы объектов распределенной генерации в составе ЕЭС России. Технические требования к тепловым генерирующим установкам, подключаемым к сетям высокого напряжения».

В настоящее время ПК-5 формирует предложения в долгосрочную программу развития национальной стандартизации (ПРНС) на 2016-2017 годы по своему тематическому направлению.

Развитие национальной стандартизации в части РГ позволит сделать процесс интеграции ГУ объектов РГ в энергосистему абсолютно понятным и прозрачным для всех участников технологического присоединения, а также обеспечить их надежную и эффективную работу.

ВЫВОДЫ

1. При строительстве новых объектов РГ необходимо учитывать отечественный и международный опыт эксплуатации действующих для решения всех технических вопросов по проблемным аспектам интеграции объектов РГ в электрические сети на стадии проектирования.
2. Целесообразно проводить изучение параметров и характеристик ГУ до их приобретения, что позволит обеспечить впоследствии их надежную, эффективную и безаварийную работу, а также надежное электроснабжение потребителей.
3. Развитие национальной стандартизации позволит сделать процесс интеграции ГУ объектов РГ в энергосистему абсолютно понятным и прозрачным для всех участников технологического присоединения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 17 октября 2009 г. № 823 (ред. от 16.02.2015) «О схемах и программах перспективного развития электроэнергетики» (вместе с «Правилами разработки и утверждения схем и программ перспективного развития электроэнергетики»).