

«Детские болезни» малой энергетики

Строительство объектов генерации малой мощности с их подключением к распределительным сетям общего пользования в последние годы стало мировой тенденцией, которая активно поддерживается правительственными программами по развитию «зелёной энергетики». Однако при всех плюсах возобновляемых источников энергии в долгосрочном аспекте их включение в энергосистему пока вызывает множество вопросов. К примеру, в последнее время в энергетическом сообществе всё чаще появляются высказывания экспертов, обеспокоенных тем, что расширение использования малой и распределённой генерации создаёт сложности в управлении электроэнергетическим режимом и поддержании системной надёжности, ведь по сравнению с традиционной генерацией такие энергообъекты гораздо менее стабильны.

Мария РОДИОНОВА

Проблемы развития малой и распределённой генерации обсуждали в ходе прошедшего в Москве круглого стола ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы» (ОАО «СО ЕЭС») и Российский национальный комитет Международного Совета по большим

электрическим системам высокого напряжения (РНК СИГРЭ). В мероприятии приняли участие российские и зарубежные специалисты, эксперты и представители научного сообщества. Главной темой дискуссии стала интеграция малой и распределённой генерации в электроэнергетическую систему.

ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ

Об основных признаках, позволяющих классифицировать объект генерации как «малый», рассказал д.т.н., заведующий кафедрой «Автоматизированные электрические системы» Уральского энергетического института Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ) Андрей Паздерин. По его мнению, для того чтобы считаться малой генерацией, объект должен располагаться в непосредственной близости к месту потребления электрической (тепловой) энергии и иметь установленную мощность не более 25 МВт. Согласно российскому энергетическому законодательству и установившейся практике, такие объекты не принимают участия в работе оптового рынка электроэнергии и, как правило, не являются собственностью ОГК или ТГК, а принадлежат потребителям или небольшим независимым генерирующим компаниям.



Рис. 1. Доля распределенной генерации в общем объёме производства электроэнергии в мире, 2011, %



Источник: *Branan*

В большинстве стран мира термин «малая генерация» не используется широко, зато в ходу «распределённая генерация». В соответствии с критериями СИГРЭ, распределённой называют генерацию, присоединённую к распределительной сети на среднем (до 30 кВ) и низком (менее 1 кВ) напряжениях. Практика такова, что к распределённой генерации относят объекты малой установленной мощности, в том числе с использованием возобновляемых энергоресурсов: агрегаты внутреннего сгорания, ветроустановки, фотоэлектрические установки (солнечные батареи), электростанции на биомассе, микротурбины, накопители электроэнергии и другое энергооборудование. Однако такие объекты, если они присоединены к высоковольтной сети (свыше 69 кВ), назвать распределённой генерацией уже нельзя. По этой причине, например, крупные ветропарки и поля солнечных батарей, согласно критериям СИГРЭ, к распределённой генерации не относятся. Также в профессиональном сообществе в ходу термин «малая энергетика», который прижился в отношении небольших генерирующих объектов, работающих по принципу когенерации (выработка электричества и тепла) и тригенерации (электроэнергия, тепло и холод), что повышает КПД таких установок до 80% и выше.

А КАК У НИХ?

Темпы развития малой энергетики в зарубежных странах высоки. Д.т.н., начальник Департамента технического регулирования ОАО «СО ЭЭС», член Технического комитета РНК СИГРЭ Юрий Кучеров среди общемировых тенденций

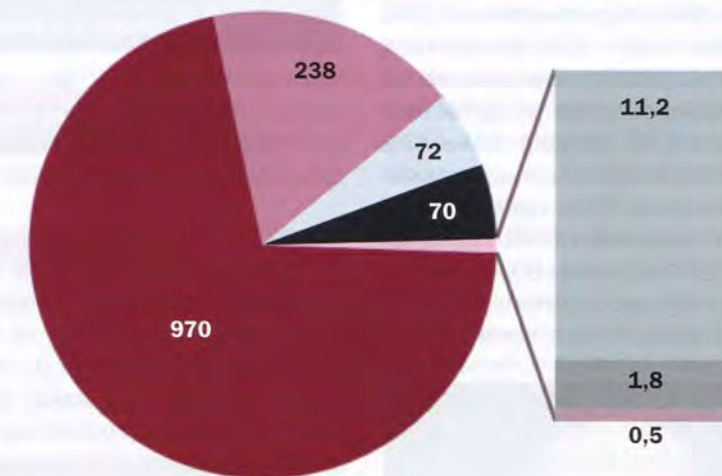
отметил рост суммарной установленной мощности источников малой и распределённой генерации в энергосистемах развитых стран, увеличение установленной мощности единичного оборудования ветровых электростанций, развитие крупных ветропарков и солнечных электростанций. Лидирующие позиции на этом направлении занимает решившая отказаться от эксплуатации АЭС Германия, где общая установленная мощность действующих фотоэлектрических

установок сейчас уже достигает 33 ГВт, а ветроустановок — 32 ГВт. В Японии суммарная установленная мощность малой и распределённой генерации — около 36 ГВт, в Италии — 20 ГВт. В США с 2010 года произошёл значительный рост и малая энергетика выросла примерно с 2 до 12 ГВт.

В качестве показательного примера Юрий Кучеров отметил Данию, где доля малой и распределённой генерации в объёме производства электроэнергии уже превышает 50%. К 2020 году Дания планирует обеспечивать за счёт возобновляемых источников энергии 33% своего потребления, а к 2050 году полностью отказаться от генерации с использованием органического топлива. Сейчас в стране функционируют девять крупных ветропарков общей мощностью около 3,5 ГВт и более четырёх тысяч ветроустановок, мощность которых превышает 2,2 ГВт (рис. 1).

Программы развития возобновляемой энергетики разработаны и утверждены в более чем ста странах мира (рис. 2). Необходимость раз-

Рис. 2. Установленные мощности возобновляемой энергетики в мире, 2011, ГВт



- ГЭС
- Ветряная энергетика
- БиоТЭС
- Солнечные фотоэлементы
- ГеоТЭС
- Солнечные коллекторы (CSP)
- Океанические ГЭС

Источник: *Branan*

вития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) обосновывается такими факторами, как рост энергопотребления, ограниченность и неравномерность залегающих мировых запасов ископаемых органических энергоресурсов, необходимость снижения зависимости от импорта энергоресурсов, постоянный рост цен на энергоресурсы, электрическую энергию и тепло. Во многих государствах основной упор делается на развитие ветровой и солнечной генерации из-за относительно большей доступности этих ресурсов, хотя такие ВИЭ, как, например, ГЭС и ГеотЭС, имеют гораздо больший коэффициент использования установленной мощности, чем «ветряки» и солнечные панели.

Количественные прогнозы аналитиков различны, но при этом они убеждены в том, что при продолжении развития ВИЭ столь же высокими темпами, как сейчас, ко второй половине XXI века возобновляемая электроэнергия будет занимать значимые позиции в энергобалансе. По прогнозу Международного энергетического агентства (IEC) соотношение различных источников в производстве электрической энергии в мире к 2050 году будет выглядеть так: уголь и газ — по 25%; атомная энергия — 18%; гидроэнергия — 15%, остальные ВИЭ — 15%. По прогнозу Совета по возобновляемой энергии Европейского союза к 2040 году доля ВИЭ в ЕС составит более 47% выработки электроэнергии, аналитики корпорации Shell предполагают, что этот показатель к 2060 году в Европе будет в пределах 60–70%.

Юрий Кучеров познакомил участников мероприятия с появившейся



Юрий Кучеров

за рубежом новой областью применения источников малой и распределённой генерации — проектами Smart City. Реализация таких проектов направлена на обеспечение высокого качества жизни людей за счёт применения инновационных технологий в строительстве, инфраструктуре и в быту. Smart означает «умный» и предполагает применение таких технологий, как «умная» утилизация отходов, «умное» энергоснабжение, «умная» транспортировка и т.д. В рамках таких проектов создаются генерирующие комплексы нового типа, объединяющие различные по мощности и разнотипные источники распределённой генерации, а также накопители электрической и тепловой энергии, установленные в жилых домах, офисных зданиях, на предприятиях. В создании и отработке условий эксплуатации таких комплексов в составе энергосистем участвуют десятки энергетических, инженеринговых, научных и учебных центров. Проекты Smart City координируются властными структурами. В мире накоплен уже довольно большой опыт в реализации подобных проектов, среди них «Medini Iskandar Malaysia» (Малайзия), «Cyberjaya» (Малайзия), «Songdo» (Корея), «Masdar City» (ОАЭ). В нашей стране в апреле 2013 года дан старт проекту «СМАРТ Сити Казань», в рамках которого в 15 км от центра Казани планируется построить новый город, который станет деловым центром Республики Татарстан.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РЕАЛИИ

Россия по части развития малой энергетики не остаётся в стороне от общемировой тенденции, но имеет свои особенности. Одна из них состоит в том, что у нас малая энергетика развивается в основном не по воле государства, а по инициативе потребителей и без государственных субсидий. Потребители, в основном это промышленные предприятия, рассматривают собственную генерацию (в том числе подпадающую под критерии малой и распределённой) как эффективный способ снижения затрат и решения проблем с подключением к электросетям. Ещё одна важная отличительная черта отечественной малой энергетики заключается в том, что объекты генерации малой мощности в России



Андрей Паздерин

в основном работают на природном углеводородном топливе — природном, сжиженном или нефтяном попутном газе, дизельном топливе и мазуте, в то время как за рубежом они создаются на базе ВИЭ (рис. 3). Все эти отечественные особенности обусловлены рядом факторов, которые перечислил Андрей Паздерин.

Во-первых, это более низкая по сравнению с традиционной энергетикой цена электрической энергии, которая достигается за счёт снижения в ней сетевой составляющей и затрат на топливо, так как зачастую топливо является побочным продуктом основного производства. Например, в Свердловской области стоимость 1 кВт•ч, полученного от собственных источников генерации, составляет 1,5–2,5 рубля при 6 рублях за 1 кВт•ч от внешних источников.

Во-вторых, потребителей к созданию собственных генерирующих источников толкает ежегодное увеличение стоимости электроэнергии в стране. По данным Росстата, за последние 3 года среднегодовой рост тарифа на электрическую энергию составил 14%, сообщил Андрей Паздерин.

В-третьих, развитие малой энергетики подстёгивается общим ростом потребности в электроэнергии. Спрос на электрическую энергию по ЕЭС России к концу 2019 года оценивается на уровне 1151 млрд кВт•ч, что на 134,5 млрд кВт•ч выше объёма электропотребления 2012 года. Превышение уровня 2012 года оценивается на 13,2%. Такие данные приведены в самом новом на сегодня варианте Схе-

мы и программы развития Единой энергетической системы России на 2013–2019 годы, утверждённом Министерством энергетики России в июле 2013 года.

Также немаловажным фактором развития малой энергетики, по мнению Андрея Паздерина, стало появление в последние годы соответствующей технологической базы — простых, довольно надёжных, эффективных, экологичных и относительно недорогих генерирующих устройств для выработки электрической и тепловой энергии в объёмах, необходимых конкретным потребителям. Развитие малой и распределённой генерации также простимулировано ужесточением экологических требований со стороны государства. В частности, таким стимулом стало применение штрафных санкций к нефтегазовым предприятиям, сжигающим попутный газ в так называемых факелах. Существенная доля генерирующих источников малой мощности сейчас внедряется именно на предприятиях нефтегазовой отрасли, которые стремятся решить проблему утилизации попутного газа.

Однако в целом по ЕЭС России возобновляемые источники энер-

гии обеспечивают лишь 0,6% потребности в электроэнергии. Слабое развитие генерации на ВИЭ во многом обусловлено низкой инвестиционной привлекательностью подобных проектов. По словам начальника Центра новых электросетевых технологий ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» д.т.н. Николая Новикова, со стороны государства до сих пор не было даже попыток настроить экономический механизм для стимулирования малой энергетики, и в частности ВИЭ. Элементами такой настройки, способными изменить сложившуюся ситуацию, по его словам, могли бы быть государственные субсидии и экономические преференции для участников проектов развития экологичной генерации.

РОССИЙСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

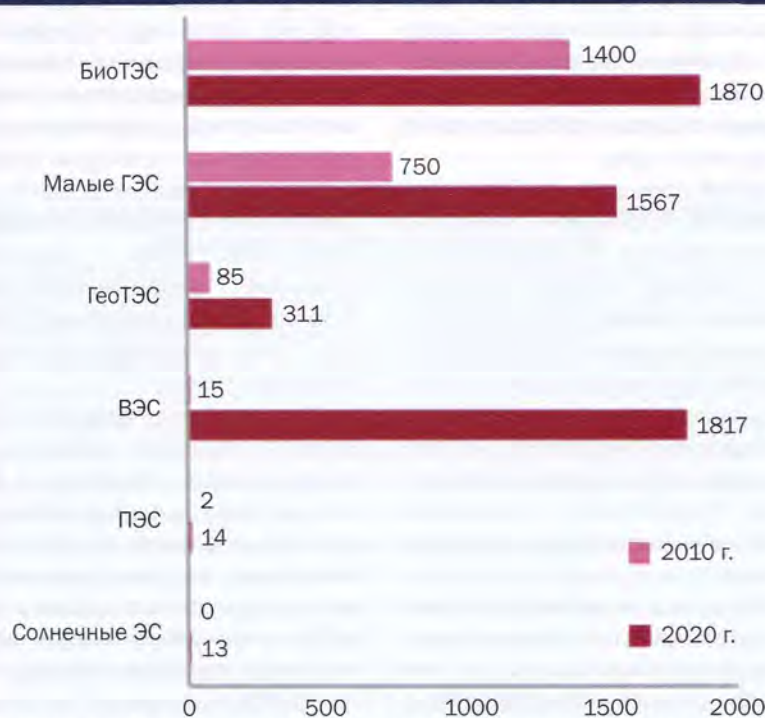
По словам д.т.н., доцента кафедры «Автоматизированные электрические системы» УрФУ, советника директора ОАО «СО ЕЭС» Петра Ерохина, Россия обладает большим потенциалом для развития малой энергетики. В нашей стране много малонаселённых территорий, изолированных от централизованного электроснабжения. В этих районах развитие малой и распределённой

генерации особенно актуально, поскольку присоединение таких районов к Единой энергосистеме России в ближайшее время не является экономически эффективным. Также, по его словам, показателем для развития возобновляемой энергетики в ряде регионов являются природные условия: большое количество ветреных и солнечных дней в году, наличие гидроресурсов и др.

Андрей Паздерин также считает, что природные и климатические условия для развития возобновляемой энергетики в России есть. Перспективными для развития малой и распределённой генерации на базе ВИЭ являются Волгоградская, Мурманская, Новосибирская области, Краснодарский и Приморский края. К примеру, по расчётам экспертов, на Кубани за счёт развития генерации на основе ВИЭ можно получить до 1,3 ГВт электрической мощности.

В рамках реализации подпрограммы «Развитие возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» Федеральной программы «Модернизация электроэнергетики России на период до 2020 года» и в соответствии с планами сооружения энергоустановок и электростанций, функционирующих на основе ВИЭ, подготовлены к реализации инвестиционные проекты, предусматривающие строительство солнечных панелей установленной мощностью около 180 МВт на Таманском полуострове, а также прибрежных ветропарков в районе ст. Благовещенская, городов Анапа, Геленджик и Ейск общей мощностью 389 МВт. Хорошим ориентиром при реализации этих проектов может стать уникальный для России генерирующий объект на территории Калининградской области — ветроэлектростанция суммарной установленной мощностью 5,1 МВт. Ветропарк, расположенный в поселке Куликово на берегу Балтийского моря, введён в эксплуатацию в 2002 году. Проект реализован при поддержке РАО «ЕЭС России», администрации Калининградской области, Минэнерго РФ и Министерства экологии и энергетики Королевства Дании. Ветроэлектростанция, состоящая из двадцати одной ветроустановки, построена на грант датского правительства.

Рис. 3. Установленная мощность ВИЭ в России, МВт



Источник: Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года



Петр Ерохин

По мнению Петра Ерохина, одним из перспективных направлений развития малой энергетики в России может стать когенерация — комбинированная выработка электричества и тепла, широко применяемая в традиционной энергетике. Модернизация существующих котельных до когенерационных агрегатов способна повысить эффективность энергетических установок, позволит обеспечивать максимально выгодное тепло- и электроснабжение потребителей, а также снизить затраты на строительство новых сетей в ряде регионов страны.

НОВЫЕ ВЫЗОВЫ

Специалисты, эксперты и представители научного сообщества всё чаще говорят о том, что развитие малой и распределённой генерации оказывает заметное воздействие на режимы работы энергосистем. В частности, для Системного оператора, отвечающего за оперативно-диспетчерское управление Единой энергосистемой, развитие малой энергетики формирует новые условия наблюдения энергообъектов и новые условия управления энергосистемой.

Важнейшими условиями стабильной работы энергосистемы являются постоянное поддержание баланса выработки-потребления энергии, а также достаточный уровень резервирования мощности на случай непредвиденного отключения энергоблоков и сетевых элементов. Для соблюдения этих условий большая часть генерирующих объектов должна обладать возможностями для оперативного изменения вырабатываемой мощности (маневрен-

ностью), быть способной работать на разных видах топлива (резервирование по топливу), быть «видимой» диспетчерскими центрами (оснащение устройствами телеметрии), а также отвечать ряду других требований. И здесь у малой и распределённой генерации имеются значительные пробелы.

Объекты генерации малой мощности не обладают необходимой маневренностью, позволяющей оперативно реагировать на изменения схемно-режимной ситуации и повышающей качество регулирования частоты и перетоков мощности в энергосистеме. Оптимальным по экономической выгодности режимом работы маломощной генерирующей установки является режим постоянной нагрузки в пределах 85—100% от номинала, при этом проблема неравномерности суточного энергопотребления ложится на традиционные генераторы централизованной энергосистемы, которые при большом объёме малой и распределённой генерации просто не смогут обеспечить баланс мощности ввиду своих ограничений по маневренности.

С учётом того, что в России объекты генерации малой мощности работают в основном на органическом топливе, к этим проблемам можно добавить их недостаточную надёжность из-за отсутствия резервирования по топливу. То есть энергообъекты не имеют резервных каналов подвода топлива и работают только на одном его виде.

Кроме прочего, выработка электроэнергии объектами генерации на ВИЭ зависит от метеорологических условий, которые постоянно меняются. Поэтому такая генерация не может выдавать электрическую энергию длительное время устойчиво, равномерно, как генераторы традиционной энергетике. То есть надёжное и стабильное энергоснабжение потребителей в различных климатических ситуациях не обеспечивается.

К тому же в настоящее время большое количество объектов малой и распределённой генерации «невидимо» для системных операторов, то есть они не оснащены системами телеметрии, позволяющими обеспечить их наблюдаемость со стороны диспетчерских центров.

При существующем в России уровне развития малой энергетики эти проблемы пока не очень актуальны, но значительное увеличение её количества означает, что в энергосистеме появляется низкоманевренная генерация, не участвующая в регулировании частоты и перетоков мощности, да ещё и требующая резервирования за счёт традиционных источников. По общему мнению участников встречи, при большой доле малой и распределённой генерации в общей выработке электроэнергии в энергосистеме могут возникнуть сложности с обеспечением баланса мощности.

Юрий Кучеров отметил, что за рубежом проблемы интеграции в энергосистему источников генерации малой мощности решаются довольно успешно. К примеру, в качестве интегрирующего звена, которое позволяет обеспечить надёжное энергоснабжение потребителей, запитанных от ВИЭ, используются накопители электроэнергии, позволяющие сгладить климатические колебания. Наряду с этим в энергосистемах формируются новые объекты управления, где разные объекты малой генерации объединяются для улучшения наблюдаемости и управления. К примеру, это «виртуальные электростанции», представляющие комплекс объектов генерации малой мощности на определённой территории как единый объект диспетчерского управления; «микрэнергосистемы», включающие в себя различные источники энергии, в том числе «умные дома» с собственными источниками генерации (ветрогенераторами, солнечными панелями, дизель-генераторами); а также «мульти-микрэнергосистемы», объединяющие несколько микрэнергосистем.

В то же время, подчеркнул Юрий Кучеров, решение проблемы интеграции малой генерации в зарубежных энергосистемах сейчас соответствует уровню развития этой генерации, но при дальнейшем увеличении количества таких энергообъектов будут появляться новые проблемы, связанные прежде всего с ростом их влияния на режимы работы энергосистем. Учитывая это, в ряде стран, к примеру в Германии и Китае, регуляторы и профессиональные сообщества ведут актив-

ную работу по корректировке существующих технических требований к объектам малой и распределённой генерации.

Юрий Кучеров обратил внимание участников дискуссии ещё на один важный аспект, появившийся в связи с ростом «зелёной энергетики», — экономический. В ряде стран в последние годы назревает конфликт интересов между традиционной и распределённой генерацией на базе ВИЭ. Противоречия связаны с государственным дотированием возобновляемых источников энергии, что влияет на перераспределение доходов генерирующих и сетевых энергокомпаний.

БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ

При интенсивном развитии малой и распределённой генерации в условиях, когда чёткие требования к её работе в составе ЭЭС России ещё не разработаны, могут возникнуть сложности в управлении энергосистемой, подвёл итог работы круглого стола Пётр Ерохин. Тем не менее это не является поводом для приостановки активности потребителей, желающих строить собственную малую генерацию. Задача Системного оператора, который отвечает за стабильность функционирования ЭЭС России, заключается в том, чтобы разобраться в каждой конкретной ситуации, консультировать будущих владельцев малой генерации по возникающим вопросам, информировать о проблемах, с которыми при-

дётся столкнуться при реализации задуманного, а также максимально содействовать выработке и принятию на государственном уровне технических требований к строительству малых и распределённых генерирующих объектов и их эксплуатации в составе оборудования энергосистемы, подчеркнул он.

Участники мероприятия отметили, что в процессе разработки правил и технических требований России будет полезна информация от различных международных профессиональных организаций, в особенности СИГРЭ, которая уже накопила значительный объём данных об эксплуатации объектов малой энергетики в мире, а также о процессе стандартизации технических требований к источникам распределённой генерации в разных государствах.


По мнению участников круглого стола в ближайшее время в России необходимо разработать концепцию и стандарты, определяющие требования к малой генерации для её безопасной работы в составе энергетических систем. Для этого, отметил Андрей Паздерин, нужно с помощью математического моделирования провести предварительное исследование влияния малой генерации на электроэнергетическую систему в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах, определить способы решения научно-технических и организационных проблем подключения к электросетям и эксплуатации установок малой генерации,

разработать типовые технические условия и технические требования к таким энергоустановкам.

Россия — страна с особыми условиями: холодным климатом и огромными расстояниями. Поэтому, по мнению участников встречи, в успешном развитии малой энергетики важную роль играют пилотные проекты, реализованные в различных регионах страны с учётом местных особенностей, а также российской специфики в секторе теплогенерации, в частности наличия большого количества котельных, которые потенциально можно использовать для выработки электроэнергии. Реализация пилотных проектов поможет разработать необходимые стандарты и типовые «дорожные карты», определяющие стратегию развития в этой сфере.

Развитие малой энергетики также требует подготовки квалифицированных кадров для проектирования и эксплуатации объектов генерации малой мощности. В ходе мероприятия представители Российского национального комитета СИГРЭ заявили о необходимости развития исследовательских и образовательных компетенций вузов в области малой энергетики, в том числе с помощью механизма размещения научно-исследовательских работ, разработанного РНК СИГРЭ в 2013 году.

По итогам встречи был определён ряд задач, которые предстоит решить научно-техническому сообществу в связи с развитием малой и распределённой генерации в России. Они обусловлены прежде всего связанными с развитием малой энергетики сложностями в управлении энергосистемой, а также пока ещё недостаточной проработкой проблем эксплуатации установок генерации малой мощности.

Руководитель подкомитета РНК СИГРЭ по тематическому направлению С6 «Системы распределения электроэнергии и распределённая генерация», к.т.н., старший преподаватель кафедры «Автоматизированные электрические системы» УрФУ Павел Чусовитин ознакомил участников мероприятия с планом работы подкомитета С6 РНК СИГРЭ на 2014 год. Он отметил, что документ сформирован с учётом сформулированных в ходе дискуссии научно-технических задач. 

Научно-технические задачи развития малой и распределённой генерации (из итоговой резолюции круглого стола):

- изучение мирового опыта моделирования и разработка собственных моделей первичных двигателей малой генерации (газопоршневых, газотурбинных, парогазовых установок) и их систем управления;
- исследование поведения установок малой генерации при возмущениях во внешней сети, определение способности оборудования оставаться в работе при таких возмущениях, а также определение требований к системам управления, повышающим устойчивость установок малой генерации;
- исследование влияния малой генерации на статическую и динамическую устойчивость энергосистемы;
- исследование способов применения новых технологий (накопители энергии, полупроводниковая техника, асинхронизированные синхронные генераторы, частотно-регулируемый привод и др.) для повышения устойчивости малой генерации;
- исследование возможностей автономной работы установок малой генерации и формирование требований к системам управления малой генерации для обеспечения такой работы;
- исследование, включая изучение зарубежного опыта, возможностей управления автономными энергосистемами с большой долей возобновляемой генерации — ветра и солнца.