

# Распределённая генерация ВЫХОДИТ ИЗ ТЕНИ

Мария РОДИОНОВА

Увеличение объёма распределённой генерации в ЕЭС России заставляет экспертов всё чаще задумываться о технологических особенностях её функционирования в составе Единой энергосистемы. И один из наиболее острых вопросов, встающих перед специалистами, — сохранение надёжности работы энергосистемы при интеграции в неё объектов распределённой генерации. Наряду с этим в центре внимания экспертов находятся вопросы присоединения объектов распределённой генерации к сетям, оперативно-диспетчерского управления такими объектами, организации надёжного электроснабжения потребителей с использованием распределённой генерации. Именно эти темы стали предметом обсуждения на открытом семинаре «Технические аспекты внедрения собственной генерации: организация процесса решения проблемных технических вопросов», организованном подкомитетом С6 «Системы распределения электроэнергии и распределённая генерация» РНК СИГРЭ в рамках деловой программы III Бизнес-платформы «Собственная генерация на предприятии».

Проведённый подкомитетом С6 РНК СИГРЭ семинар собрал более 80 руководителей и специалистов крупных промышленных предприятий, которые непосредственно заинтересованы в надёжной и экономичной работе объектов распределённой генерации.

В рамках обсуждения на семинаре под термином «распределённая генерация» в основном понималась собственная генерация на предприятии, несмотря на то что традиционно под этим термином понимается генерация, подключаемая к распределительным сетям, в том числе на базе возобновляемых источников энергии. Но в России, в отличие от евро-

пейских стран, этот вид генерации в основном представлен дизельными генераторами, газопоршневыми и газотурбинными агрегатами. Это связано с требованиями заказчиков, которыми часто являются крупные нефтехимические заводы и другие промышленные предприятия, сталкивающиеся с необходимостью утилизации побочных отходов производства, например попутного нефтяного газа. Для них использование собственной распределённой генерации такого типа экономически оправданно. Что же касается ВИЭ, то их развитие специалисты в перспективе связывают с Дальневосточным регионом и регионом Крайнего Севера. Основную часть в структуре себестоимости электроэнергии там составляет доставка топлива, в то время как переход на ВИЭ способен существенно уменьшить транспортную составляющую в цене электроэнергии для этого региона.

В целом же, по мнению участников семинара, развитие распределённой генерации в России, несмотря на имеющиеся отличия, всё же идёт в ногу с мировой энергетикой. Так, в рамках 45-й сессии CIGRE (одной из старейших и наиболее авторитетных международных на-

**Возможные режимы работы объекта РГ**

- Параллельная работа с энергосистемой (с выделкой или без выделки мощности в сеть)**
- Постоянная изолированная работа объекта РГ (автономный режим)**
- Квазиавтономный режим (выделка параллельная и изолированная работа)**
- Работа объекта РГ в базовом режиме (получение из энергосистемы мощности и выдача в энергосистему избытков мощности, что позволяет выполнять гидроаккумуляторную электроснабжение потребителей и повышать ТЭП работы объекта РГ)**
- Необходимо обеспечивать надёжное электроснабжение потребителей с учетом графика нагрузки, а также режимов и аварийного режима (т.ч. аварийная броне)**
- Энергообъект работает параллельно с энергосистемой, но в случае возникновения режима высоких рисков или при аварии в сетях внешнего электроснабжения может быть выделен на изолированную работу с питанием потребителей от объекта РГ**

**Партнеры:** GE, Siemens, Газовые Турбины, Abpc, ЛУКОЙЛ, MWM, MAN Diesel & Turbo.

**При поддержке:** TI-MAPAS, SOEP.

**Обеспечить:**

- идентификацию режима выделенности электростанции при аварии
- превентивное выделение объекта РГ действием АВСН (по параметрам режима)
- балансировку режима по активной и реактивной мощностям без возникновения недопустимых параметров электрических режимов в сети внутреннего электроснабжения
- возможность длительной работы в изолированном (автономном) режиме
- синхронизацию энергообъекта с объектом РГ (несколько ГУ) с энергосистемой при восстановлении сети внешнего электроснабжения

Выступление П. Илюшина

ВЫСТАВКИ, КОНФЕРЕНЦИИ

учно-технических ассоциаций в мире) в числе важных тенденций в масштабах мировой энергетики называлось конструктивное сосуществование традиционной и распределённой генерации без конфронтации и взаимного вытеснения с рынка — и эта же тенденция, по мнению участников семинара, становится характерной для нашей страны.

В рамках семинара большое внимание было уделено влиянию объектов распределённой генерации на режимы работы электрических сетей, интеграции её в региональные программы развития энергетики, взаимодействию таких объектов с диспетчерскими центрами Системного оператора, а также особенностям проектирования схем выдачи мощности и эффективному выбору генерирующего оборудования для объектов распределённой генерации. Подобные мероприятия, глубоко рассматривающие технические вопросы интеграции объектов распределённой генерации в ЕЭС России, позволяют не только обсудить проблемные вопросы, но и наметить пути их решения, обменяться успешным опытом реализации проектов строительства объектов распределённой генерации.

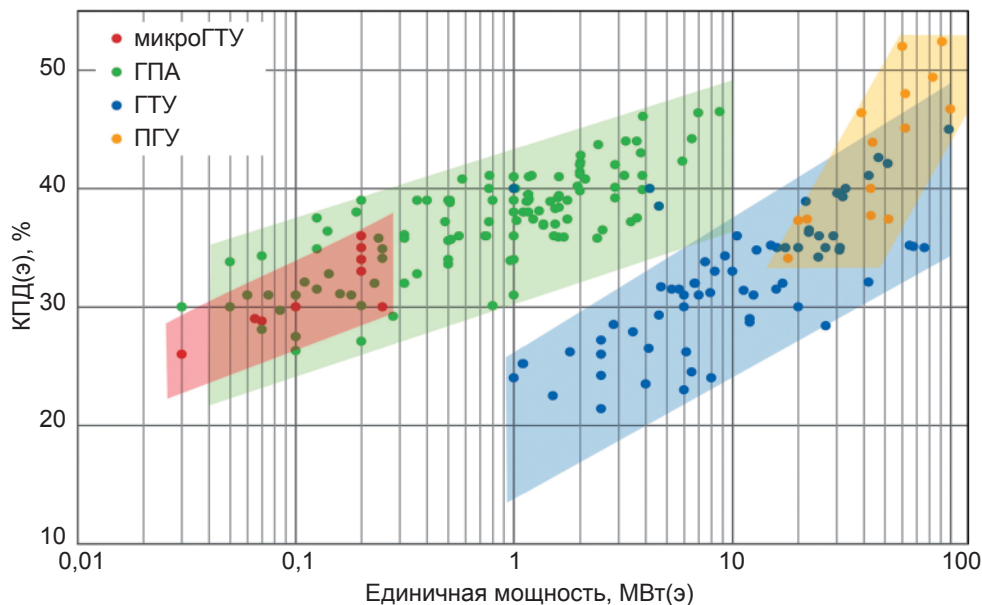
### ВАРИАНТЫ РАБОТЫ

Организации работы объектов распределённой генерации в составе Единой энергосистемы и возможностям обеспечения надёжного электроснабжения потребителей от таких объектов было посвящено выступление заместителя генерального директора — главного инспектора ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС» Павла Илюшина.

В своём выступлении он привёл сравнительный анализ генерирующих агрегатов по КПД в зависимости от их типов и мощности. Так, самый низкий электрический КПД имеют микротурбины, наибольший — парогазовые установки, и в каждом конкретном случае проектная организация должна решать, какой тип генерирующей установки разумно выбрать (рис. 1).

Второе, на что следует обратить внимание при проектировании объекта распределённой генерации, — это варианты подключения объекта к сети. Их, по сути, два: подключение к шинам подстанций или к фидерам (рис. 2). И тот, и другой имеют свои особенности. При подключении к шинам принципы построения РЗА в прилегающей сети не изменяются, так как не изменяется потокораспределение в прилегающей сети, а электроснабжение потребителей осуществляется по фидерам, отходящим от шин распределительных подстанций с однонаправленным потоком мощности «от шин в линию». Однако при этом снижается возможность обеспечения

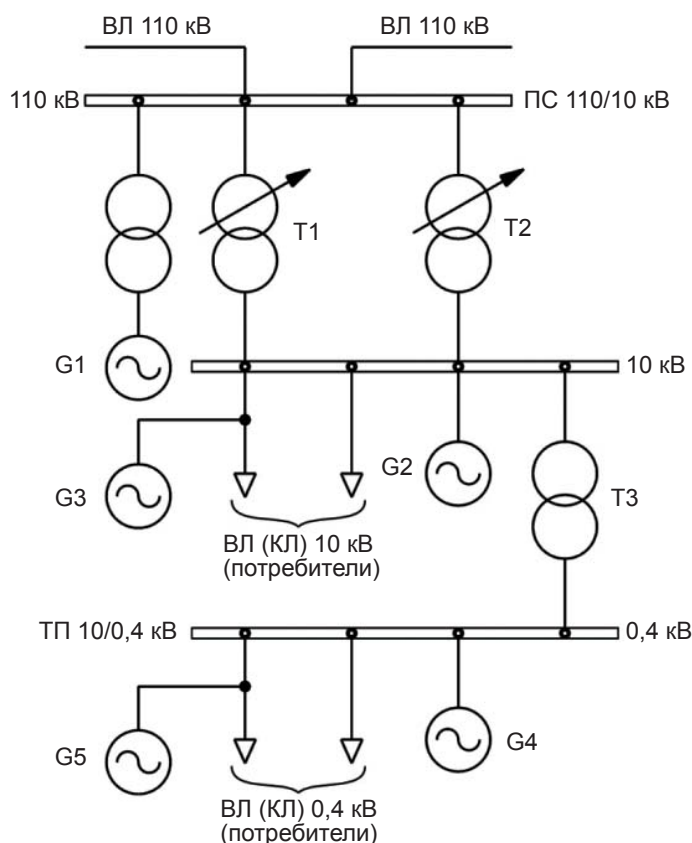
**Рис. 1. Зависимость КПД от типа и мощности генерирующей установки**



надёжного электроснабжения потребителей при авариях на шинах подстанций, при которых отключаются и генерирующая установка, и все потребители шин.

Второй вариант, более надёжный с точки зрения обеспечения бесперебойного энергоснабжения, — подключение к фидерам. Но в этом случае из-за возникающих в сети реверсивных потоков мощности, зависящих от режима работы генерации и потре-

**Рис. 2. Варианты подключения объектов распределённой генерации**





бления в узлах нагрузки, требуется реконструкция устройств РЗА в прилегающей сети с применением более сложных защит. В ряде случаев требуется даже изменение топологии сети с установкой дополнительных коммутационных аппаратов или полная замена коммутационного оборудования.

Варианты режимов работы генерирующего оборудования также могут быть разными: параллельная работа с выдачей или без выдачи мощности в сеть, изолированная работа, направленная на обеспечение потребностей исключительно собственного предприятия, а также самый технологически сложный — комбинированный режим работы, сочетающий оба варианта. При переходе из режима параллельной работы на изолированный необходимо обеспечить идентификацию режима выделения электростанции при аварии, балансировку режима по активной и реактивной мощности без возникновения недопустимых параметров электрических режимов в сети внутреннего электроснабжения. Кроме того, необходимо предусмотреть возможность превентивного выделения объекта генерации действием АВСН (автоматики выделения на собственные нужды) по параметрам электрического режима. Собственнику объекта распределённой генерации также придётся предусмотреть возможность длительной работы объекта в изолированном (автономном) режиме и возможность последующей синхронизации его с энергосистемой при восстановлении сети после аварии. «В случае если генерирующих установок несколько, задача усложняется, и чтобы учесть все особенности, необходимо грамотное проектное решение», — подчеркнул Павел Илюшин.

### ПОШАГОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ

Для того чтобы обеспечить надёжное электроснабжение потребителей во всех режимах работы сети ещё на этапе проектирования, нужно оценить

множество факторов. Проанализировать конструктивные особенности генерирующей установки (в том числе технологические ограничения), алгоритмы и параметры настройки систем автоматического управления. Оценить возможность устойчивой работы генерирующего оборудования в данном конкретном энергорайоне, предусмотреть оснащение генерирующей установки устройствами релейной защиты и противоаварийной автоматики, выбрать алгоритмы и рассчитать уставки устройств РЗА генерирующей установки и согласовать их с работой РЗА в прилегающей сети. Также требуется оценить допустимость различных режимов работы генерирующей установки в зависимости от параметров нагрузки.

Ряд проблемных вопросов, возникающих в процессе эксплуатации, связан с конструктивными особенностями генерирующих установок. К ним относятся:

- механические повреждения установок из-за воздействия ударных электромагнитных моментов при возникновении многофазных коротких замыканий или несинхронных автоматических повторных включений во внешней электрической сети;
- неуспешные выделения действием АВСН в связи с отключением генерирующей установки технологическими защитами или защитой от обратной мощности при набросах или сбросах нагрузки;
- нарушения динамической устойчивости установок при многофазных коротких замыканиях во внешней электрической сети.

В ряде случаев возникают такие проблемы, как преждевременное отключение газотурбинных установок технологической защитой при снижении частоты в энергосистеме или выделенном энергорайоне, невозможность длительной работы в изолированном режиме из-за наличия ограничений по технологическому минимуму нагрузки генерирующей установки, снижение мощности и КПД в зависимости от



температуры наружного воздуха (рис. 3) и отключение действием защиты от повышения вибрации при возникновении крутильных субсинхронных колебаний.

Павел Илюшин обозначил подходы к решению этих проблемных вопросов. По его мнению, для начала необходимо точное определение цели внедрения объекта и режимов его работы с учётом технологии основного производства. Крайне важно правильное составление технических требований к генерирующему оборудованию и технического задания на закупку данного оборудования (необходим значительный объём информации о параметрах и характеристиках генерирующей установки от заводов-изготовителей для выполнения расчётов), правильное составление технического задания на проектирование схемы выдачи мощности генерирующей установки в распределительную сеть или сеть внутреннего электроснабжения предприятия. На этапе проектирования необходимо предусмотреть решение всех технических вопросов по проблемным аспектам интеграции объекта распределённой генерации в энергосистему. Он также подчеркнул, что крайне необходимо проведение квалифицированной приёмки проекта собственными специалистами или с привлечением независимых экспертов.

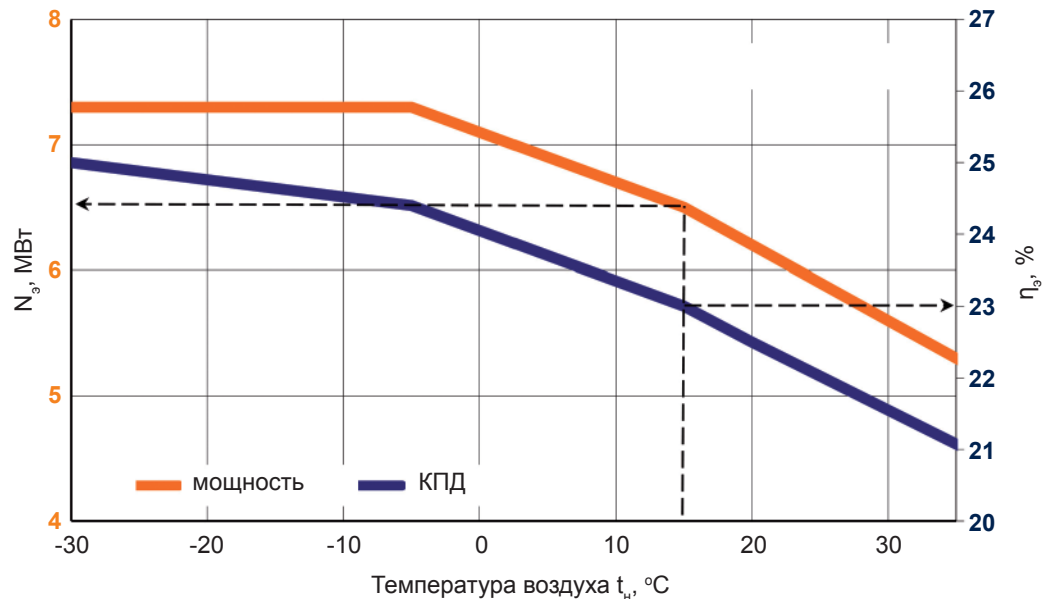
Не последнюю роль в решении проблем эксплуатации играет качественное обучение персонала особенностям функционирования и обслуживания современных установок распределённой генерации.

### ЭТАП СОГЛАСОВАНИЙ

Когда объект распределённой генерации построен и все технические согласования проведены, он начинает работать как часть Единой энергосистемы. На каком этапе начинается взаимодействие с Системным оператором, осуществляющим оперативно-диспетчерское управление энергосистемой? На самом деле оно должно начинаться задолго до начала эксплуатации, утверждает заместитель главного диспетчера по режимам филиала ОАО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистемы Москвы и Московской области» Дмитрий Пушкарский. На семинаре он рассказал о том, как именно строится взаимодействие объектов распределённой генерации с Системным оператором и какими нормативными документами оно регламентируется.

При сооружении объектов распределённой генерации компании начинают взаимодействовать с Системным оператором на этапе согласования технических условий на технологическое присоединение

**Рис. 3. Зависимость мощности и КПД ГТУ от температуры наружного воздуха**



объекта распределённой генерации к электрическим сетям, разработки схемы выдачи мощности станций, проектной и рабочей документации. Всё это требует согласования с региональным диспетчерским управлением Системного оператора. А после ввода объекта в эксплуатацию отношения с ним переходят в сферу оперативно-диспетчерского управления (планирование и управление энергетическими режимами; предупреждение и ликвидация аварий).

Регламент и процедура выдачи и рассмотрения технических условий на технологическое присоединение определены Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2004 г. № 861. Рассмотрению и согласованию с ОАО «СО ЕЭС» подлежат технические условия на технологическое присоединение объектов генерации, установленная генерирующая мощность которых превышает 5 МВт или в случае модернизации увеличивается на 5 МВт и выше. Технические требования к объекту зависят от множества факторов, которые учитываются при их проектировании.

Системный оператор предъявляет требования к вводимому объекту генерации по частоте, предусмотренные стандартами ОАО «СО ЕЭС», действующими ГОСТ и НТД в части эксплуатации оборудования. В соответствии с этими требованиями, должна обеспечиваться работа объектов генерации на частоте 47,5 Гц не менее 30 с, а на частоте 47 Гц — не менее 0,3 с. Также Системный оператор предъявляет требования по участию в общем первичном регулировании частоты в энергосистеме. Это требование обусловлено правилами технической эксплуатации и национальным стандартом и предъявляется ко всем объектам генерации независимо от их установленной мощности.

Ещё одно требование — к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов. Здесь необходимо отметить, что в зависимости от мощности вводимых объектов требования различаются

ся. Требования к объектам, мощность которых не превышает 60 МВт, определяются в соответствии с правилами технической эксплуатации. Если объект имеет мощность более 60 МВт, то выдвигаются дополнительные требования: так, для этих объектов предусмотрена добровольная сертификация систем возбуждения. К объектам диспетчеризации Системного оператора также применяются требования о наличии каналов связи с диспетчерским центром и передаче телеметрической информации.

**ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ**

Взаимодействие с Системным оператором в части управления режимами объектов распределённой генерации осуществляется на основе общих принципов организации оперативно-диспетчерского управления (рис. 4).

Постановление Правительства РФ от 14 февраля 2009 г. № 114 «О порядке отнесения субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии к кругу лиц, подлежащих обязательному обслуживанию при оказании услуг по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике» конкретизирует круг объектов, которые подпадают под обязательные условия по оперативно-диспетчерскому управлению. Если объект генерации получил статус субъекта оптового рынка или имеет установленную мощность более 25 МВт — он подлежит обязательному обслуживанию Системным оператором при оказании услуг по оперативно-диспетчерскому управлению. С собственниками таких объектов ге-



Выступление Д. Пушкарского

нерации Системный оператор заключает двусторонний договор. В нём находят отражение требования действующих документов в сфере электроэнергетики, в том числе Постановления Правительства РФ от 26.07.2007 № 484 «О выводе объектов электроэнергетики в ремонт и из эксплуатации», а также требования документов, действующих на оптовом или розничном рынке, в зависимости статуса объекта генерации на рынке. Однако имеются исключения, установленные Постановлением Правительства РФ от 27 декабря 2004 г. № 861 «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам...».

**Рис. 4. Планирование и ведение режимов распределённой генерации**

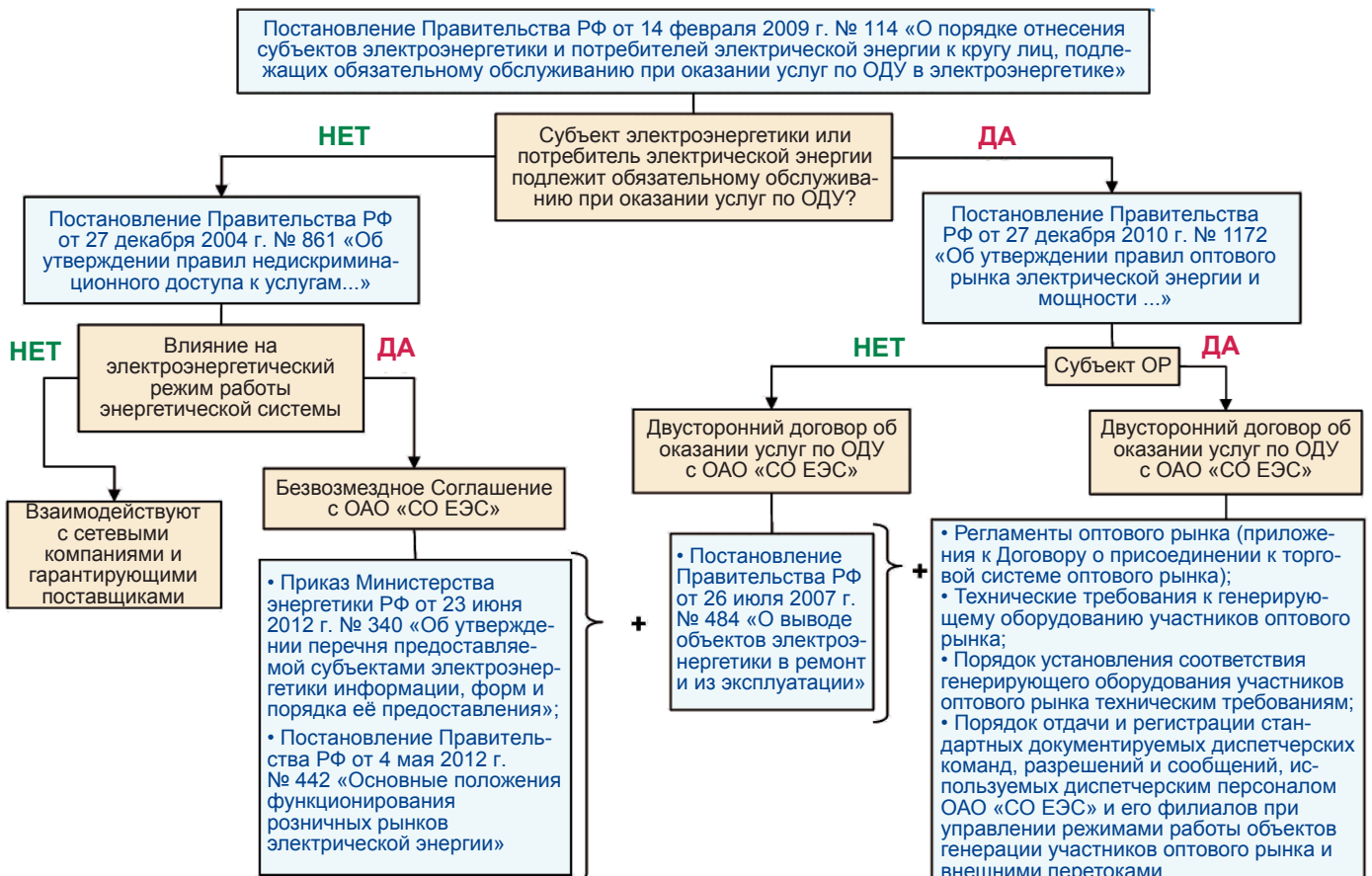
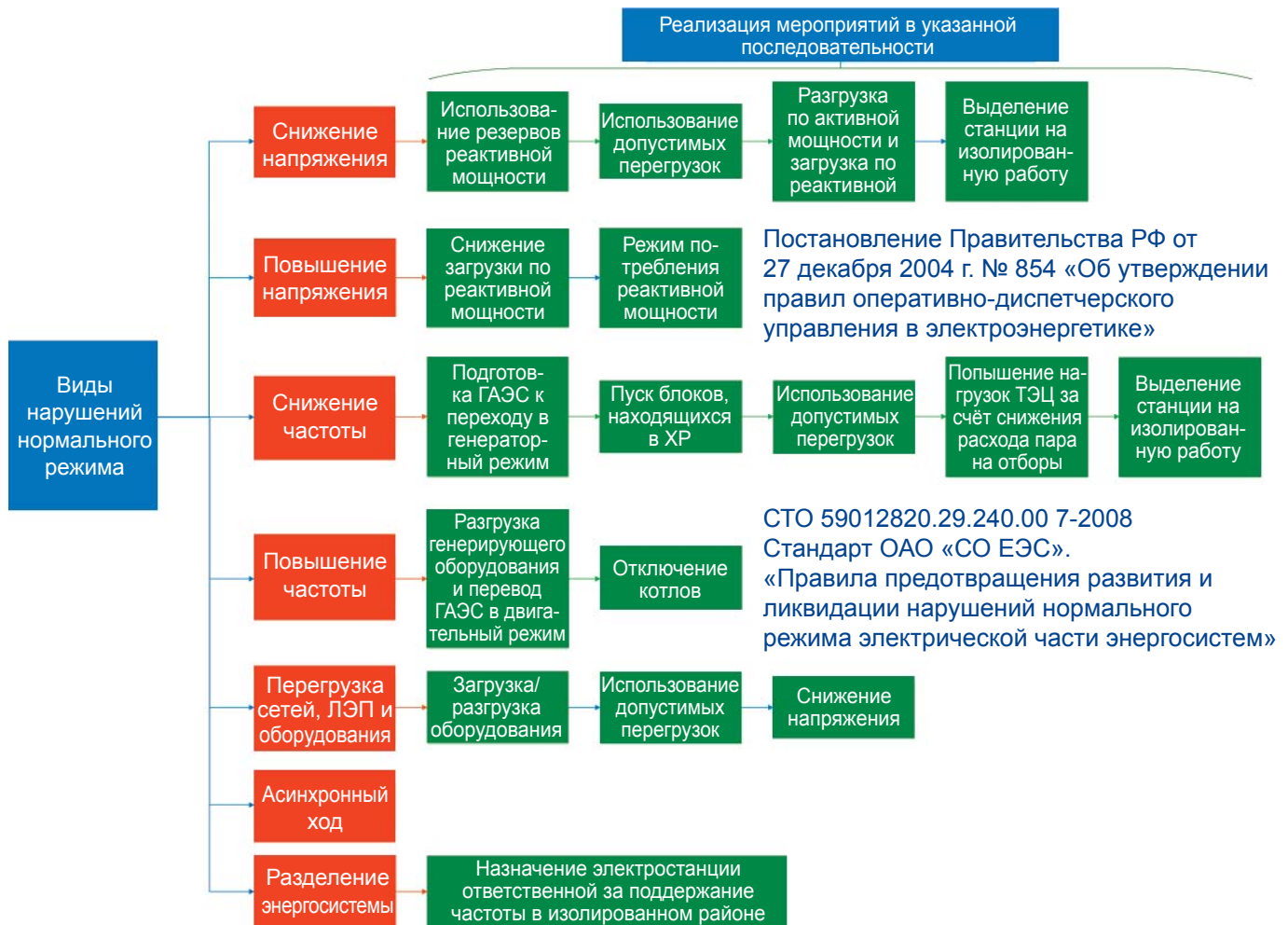




Рис. 5. Предотвращение и ликвидация технологических нарушений



Согласно ему, с объектами генерации мощностью менее 25 МВт, оказывающими влияние на электроэнергетический режим работы энергетической системы, Системный оператор заключает безвозмездные соглашения. В них устанавливается порядок осуществления технологического взаимодействия Системного оператора с собственниками генерации, включая требования по обмену информацией, необходимой для управления электроэнергетическим режимом работы энергетической системы (в соответствии с Приказом Министерства энергетики РФ от 23 июля 2012 г. № 340 «Об утверждении перечня предоставляемой субъектами электроэнергетики информации, форм и порядка её предоставления»).

В случае если объект генерации является объектом диспетчеризации Системного оператора, то все изменения его эксплуатационного состояния производятся по согласованию с диспетчерским центром Системного оператора на стадии долгосрочного и краткосрочного (год, месяц, сутки) планирования и по командам или с разрешения при управлении в режиме реального времени.

Предотвращение технологических нарушений — важная составляющая взаимодействия с Системным оператором. Вне зависимости от статуса объекта генерации (участник оптового или розничного рынка электроэнергии и мощности), все объекты диспетчеризации участвуют в ликвидации технологических нарушений (рис. 5). Это требование определено Постанов-

лением Правительства РФ от 27 декабря 2004 г. № 854 «Об утверждении правил оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике», Правилами предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем, а также рядом национальных стандартов и стандартов ОАО «СО ЕЭС». Диспетчерские команды Системного оператора обязательны для исполнения субъектами электроэнергетики, кроме случаев, когда их исполнение создаёт угрозу жизни людей, сохранности оборудования или приводит к нарушению условий безопасной эксплуатации атомных электростанций.

К настоящему моменту у государства и в профессиональном сообществе уже назрело понимание необходимости разработки и внедрения единой системы стандартов, регулирующих деятельность в области распределённой генерации. В 2015 году эта работа началась в рамках работы Технического комитета по стандартизации 016 «Электроэнергетика» Росстандарта. В составе Технического комитета эту работу ведёт специально созданный подкомитет ПК-5 «Распределённая генерация (включая ВИЭ)».

Программа ПК-5 на 2015 год включает в себя разработку четырёх документов по терминам и определениям, классификации объектов распределённой генерации, требованиям к разработке схем выдачи мощности, а также по требованиям к тепловым генерирующим установкам, подключающимся к сетям высокого напряжения. ■