

Стабилизация напряжения электрической сети высокого напряжения внутрисетевыми управляемыми источниками реактивной мощности индуктивно-емкостного типа

(Совместное заседание президиума Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС» и Научного совета РАН по проблемам надежности и безопасности больших систем энергетики, Москва, 25 ноября 2010 г.)

Вступительным словом заседание открыл председатель Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС», председатель научного Совета РАН по проблемам надежности и безопасности больших систем энергетики, член-корр. РАН А.Ф. Дьяков.

С докладом «Стабилизация напряжения электрической сети высокого напряжения внутрисетевыми управляемыми источниками реактивной мощности индуктивно-емкостного типа» выступил проф. А.М. Брянцев (МЭИ). В докладе отмечено, что по данным «Концепции системы регулирования напряжения», утвержденной приказом ОАО «ФСК ЕЭС» № 62 от 14.03.2008, превышение отклонений напряжения против нормативных требований имеет место на более чем 40% всех подстанций 110–220 кВ.

Исследования МЭИ, ООО «Источники реактивной мощности», ООО «ЭСКО», проведенные более чем на 400 подстанциях электрических сетей РФ и СНГ, показали, что зачастую разброс напряжений в $\pm 15\%$ имеет место в пределах одного класса напряжения в одно и то же время и регулируемого диапазона мощности для поддержания напряжения в требуемых пределах не хватает. Подобная нестабильность напряжения сети — это не только ограничение пропускной способности, повышенные потери электроэнергии, ускоренный износ коммутационного оборудования, но и прямая угроза развития системных аварий.

Эффективным и хорошо известным способом стабилизации напряжения является применение управляемых индуктивно-емкостных устройств различных типов (FACTS — Flexible AC Transmission Systems) — технологии гибких (управляемых) электропередач переменного тока.

В мире налажено производство следующих типов индуктивно-емкостных устройств: нерегулируемые индуктивные (реакторы) и емкостные (батареи статических конденсаторов); дискретно регулируемые индуктивно-емкостные — группы реакторов и (или) батарей конденсаторов; плавно регули-

руемые индуктивно-емкостные (электромашинные, полупроводниковые, магнитно-полупроводниковые и др.).

Расчетные исследования эффективности применения регулируемых источников реактивной мощности на протяженных транзитных электропередачах 330 и 500 кВ продемонстрировали их возможности в части повышения пропускной способности линии электропередачи, снижения потерь мощности и повышения пределов передаваемой мощности по условию статической устойчивости, сокращения времени протекания переходных процессов, уменьшения использования генераторов электростанций в качестве регулируемых источников реактивной мощности, исключения сложной системы коммутации неуправляемых шунтирующих реакторов на линиях.

В докладе отмечено, что отклонения напряжения, наблюдающиеся в приграничных частях сетей 110 и 220 кВ, невозможно нормализовать только управлением реактивной мощностью электростанций без использования локальных источников реактивной мощности. Однако в сетях высокого напряжения наблюдается дефицит этих устройств. Таким образом, следует признать, что существующие подходы регулирования напряжения сети высокого напряжения не полностью отвечают современным требованиям.

Одним из возможных путей выхода из сложившейся ситуации является совершенствование существующих средств и методов регулирования напряжения. Причем компенсацию реактивной мощности необходимо осуществлять на всех уровнях напряжения как у потребителей, так и в электрических сетях. Только экономических методов для реализации концепции управления напряжением и потоками реактивной мощности в электрических сетях недостаточно.

Усиление роли и приоритета управляемых индуктивно-емкостных устройств в схемах регулирования напряжения потребует экономически оправ-

данных дополнительных капиталовложений. Как видно из реализованных примеров, в сетях ряда ОАО «МРСК», ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «КЕГОС» и других достигается:

автоматическая стабилизация напряжения сети 110–500 кВ по заданной уставке в нормальных, ремонтных и послеаварийных режимах;

исключение коммутационного оборудования из процесса регулирования напряжения в нормальных режимах;

повышение пропускной способности существующей сети;

снижение удельных потерь до 20–30%;

снижение ущерба, наносимого субъектам рынка электроэнергии от действий противоаварийной автоматики или недопустимого снижения качества электроэнергии.

В отдельных случаях срок окупаемости (с учетом повышения эффективности технологических процессов подключенного к электрической сети потребителя) составил менее одного года.

В докладе сделаны выводы:

1. В сети высокого напряжения РФ наблюдается массовое отклонение рабочих значений напряжений за пределы, превышающие требования ГОСТ ($\pm 15\%$). Даже в нормальных режимах отклонения напряжений близки к предельно допустимым для электросетевого и присоединенного оборудования, что является прямой предпосылкой к возникновению технологических нарушений;

2. Колебания напряжения сопровождаются увеличенными перетоками реактивной мощности в электрической сети, приводящими к увеличению потерь до 1,5 раза;

3. Проблема решается дооснащением электрической сети до технически целесообразного уровня управляемыми источниками индуктивно-емкостного типа, широко производящимися как в РФ, так и за рубежом;

4. Хронический, нарастающий год от года дефицит управляемых устройств индуктивно-емкостного типа связан с отставанием технической политики электроэнергетических компаний от законодательных реформ отрасли в части самодостаточности хозяйствующих субъектов (генерация, транзит, потребитель) по обеспечению собственных технологических процессов.

5. Отсутствуют эффективные механизмы широкомасштабного оснащения электрической сети управляемыми устройствами индуктивно-емкостного типа, позволяющие ликвидировать тенденцию хронического нарастания их дефицита.

С заключениями от экспертных организаций выступили: от Института электроэнергетики МЭИ – заместитель заведующего кафедрой релейной за-

щиты и автоматизации энергосистем, проф. Б.К. Максимов; от ОАО «СО ЕЭС» – начальник Департамента технического регулирования, д.т.н. Ю.Н. Кучеров; от ОАО «НТЦ электроэнергетики» – научный руководитель, проф. Ю.Г. Шакарян; от филиала ОАО «ФСК ЕЭС» МЭС Центра – д.т.н. В.Н. Рябченко.

В дискуссии приняли участие проф. С.В. Смоловик (ООО «Источники реактивной мощности»), д.т.н. В.А. Баринов (заведующий отделом ОАО «ЭНИН»), инж. Ф.А. Грибков (ОАО НК «Роснефть»).

В докладах экспертов и в выступлениях высказан ряд замечаний и предложений.

1. В настоящее время одним из ключевых направлений развития электроэнергетики является создание интеллектуальных электроэнергетических систем (ИЭЭС).

Интеллектуальная электроэнергетическая система (ИЭЭС) – это энергосистема, оснащенная адаптивной автоматической системой оптимального управления процессами генерации, передачи, распределения и потребления электроэнергии, которая функционирует в темпе протекания технологического процесса. При этом под интеллектуальностью следует понимать способность к самоорганизации и самонастройке энергосистемы в соответствии с заранее определенными критериями оптимальности функционирования без активного участия человека в процессе эксплуатации в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах.

В последнее время тема «интеллектуальных сетей» (Smart Grid) часто обсуждается на международных и российских форумах и конференциях. Интеллектуальные сети должны включать комплекс технических средств, позволяющих обеспечить высокие надежность электроснабжения и качество электроэнергии. Интеллектуальная сеть должна на новом техническом и технологическом уровнях объединить потребителей и производителей электроэнергии в единую автоматизированную систему. Она позволит в реальном времени отслеживать и контролировать режимы работы всех участников процесса выработки, передачи и потребления электроэнергии, оперативно реагировать на изменения различных параметров в энергосистеме и осуществлять электроснабжение с максимальной надежностью и экономической эффективностью. Благодаря внедрению современных технологий интеллектуальная электрическая сеть сможет в зависимости от ситуации изменять свои характеристики, увеличивая пропускную способность и регулируя качество поставляемой электроэнергии.

Отмечено, что создание ЭЭС России всегда сопровождалось решением проблем управления на-

дежностью и экономичностью. Основная база нормативных документов для обеспечения надежности и экономичности работы ЕЭС СССР была разработана еще к середине 80-х годов прошлого столетия. Достигнутый уровень информационных технологий является основой для дальнейшего решения задач по созданию ИЭЭС.

В США и странах Европы потребность в интеллектуальных сетях связана с политикой использования возобновляемых источников энергии и развитием рассредоточенных по территории источников генерации. В этом понимании интеллектуальная электросеть — это распределительная электрическая сеть, оснащенная программно-аппаратными устройствами с целью обеспечить согласованный процесс производства, передачи и потребления электроэнергии на муниципальном уровне в условиях масштабного ввода нетрадиционных источников энергии и развития распределенных источников генерации с переменным режимом работы.

2. Создание ИЭЭС в России является приоритетной задачей. Для ее решения необходима концентрация усилий и координация работы всех участников процесса электроснабжения — от выработки электроэнергии до ее потребления. В настоящее время в ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «СО ЕЭС», ОАО «Институт «Энергосетьпроект» и ОАО «НТЦ электроэнергетики» ведутся работы по оснащению ЕНЭС устройствами регулирования реактивной мощности. Для разработки программы оснащения электрических сетей различными источниками регулирования целесообразно объединить усилия всех заинтересованных организаций.

Проблема обеспечения надежности и экономичности должна стать основной задачей государственной политики. Однако в настоящее время отсутствует генеральный проектировщик ИЭЭС.

Координировать такую важную работу должна Российская академия наук, которая объединит все научно-исследовательские институты и центры, проектно-изыскательские институты и высшие учебные заведения для совместной работы по этой проблеме.

3. Проблема оснащения электрических сетей источниками реактивной мощности продолжает оставаться актуальной. Управление реактивной мощностью имеет важное значение для повышения надежности электроснабжения, сохранения устойчивости работы энергосистем, управления напряжением и передаваемой мощностью в электрических сетях. В зависимости от назначения и областей применения к этим источникам предъявляются различные требования. Так, для магистральных и системообразующих сетей наиболее важное требование — обеспечение статической и динамической

устойчивости электропередачи; для распределительных сетей на первое место выходят требования по поддержанию уровней напряжения, минимизация потерь электроэнергии и других показателей ее качества. В общем случае от источников реактивной мощности требуется обеспечение заданных пределов пропускной способности сети в нормальных и послеаварийных режимах, условий включения линий, защиты от внутренних перенапряжений, регулирования напряжения. Одним из эффективных средств регулирования реактивной мощности являются асинхронизированные генераторы. В последние годы во всем мире, в том числе и в России, активно внедряются новые эффективные устройства регулирования реактивной мощности, основанные на использовании современной силовой электроники, а также устройства, позволяющие обеспечить так называемое «векторное регулирование» в энергосистемах, которое наряду со стабилизацией напряжения позволяет существенно повысить пределы передаваемой мощности. Освоено производство различных типов подстанционных средств компенсации реактивной мощности (СКРМ), которые открывают новые пути решения проблемы регулирования напряжения и реактивной мощности. Одним из способов, позволяющих осуществлять эффективную компенсацию мощных возмущений и стабилизацию режимов энергосистемы, является технология FACTS.

4. Коллективом специалистов под руководством проф. А.М. Брянцева разработано устройство — система стабилизации высокого напряжения на базе управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов (УШР) и коммутируемых батарей статических конденсаторов (БСК), которое позволяет эффективно решать задачи гибкого управления электроэнергетическим режимом по напряжению и реактивной мощности и стабилизации напряжения на энергетическом объекте и в прилегающей электрической сети. Устройство представляет собой один из элементов технологии FACTS и при наличии технико-экономических обоснований может рассматриваться в электроэнергетических системах наряду с другими известными устройствами, предназначенными для решения аналогичных задач.

Примеры успешного функционирования предложенных устройств иллюстрируют эффективность их применения в распределительной электрической сети Тюменской энергосистемы, обладающей такими особенностями, как неравномерность суточного графика нагрузки, вызывающая потребность в стабилизации напряжения, и высокая нагрузка трансформаторного оборудования питающих подстанций перетоком реактивной мощности,

обусловившая потребность в компенсации реактивной мощности.

Вместе с тем, материалы, обосновывающие принятые решения по системе управления предлагаемым комплексом источников реактивной мощности, в докладе не представлены.

Внедрение представленных в докладе устройств является частичным решением комплексной проблемы защиты от перенапряжений, снижения потерь, обеспечения качества электроэнергии. Для полного решения проблемы компенсации реактивной мощности в сетях 220–750 кВ предложенных авторами устройств недостаточно, а сделанные предложения должны быть уточнены для других энергосистем.

Решение о типе и технических характеристиках устанавливаемых устройств компенсации реактивной мощности должно приниматься на основании технико-экономического обоснования, базирующегося на результатах исследования текущих и перспективных электроэнергетических режимов, с учетом актуальных задач управления электроэнергетическими режимами. Требуется проведение глубоких исследований для определения на основе технико-экономического анализа наиболее рациональных типов устройств регулирования реактивной мощности и их необходимого количества для электрических сетей различного назначения: магистральных, системообразующих и распределительных.

5. В экспертных заключениях по докладу представлены следующие основные замечания:

5.1. Необоснованное использование применительно к шинам электросетевых объектов высокого и сверхвысокого напряжения таких терминов, как «стабилизация напряжения» (в отличие от термина «регулирование напряжения»), «внутрисетевые», «внешнесетевые» управляемые источники реактивной мощности;

5.2. В докладе рассматриваются только источники реактивной мощности (ИРМ) индуктивно-емкостного типа и не рассматриваются, например, устройства на базе асинхронизированных синхронных компенсаторов (АСК) и статических компенсаторов (СТАТКОМ);

5.3. Анализ отклонений напряжений для разных уровней номинальных значений необходимо приводить раздельно по сетям 110–220 кВ, 330 и 500–750 кВ в соответствии с ГОСТ 1516.3–96;

5.4. При анализе положения с регулированием реактивной мощности в сетях высокого и сверхвысокого напряжения не учтены принятые нормативно-технические документы, такие как ГОСТ 1516.3–96, Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем СО

153–34.20.118–2003, Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем СТО 59012820.29.240.007–2008, Правила технологического присоединения, утвержденные постановлением Правительства РФ № 861 от 27.12.2004 г. и др.

В настоящее время ОАО «Институт «Энергосетьпроект» даны предложения по оснащению электрических сетей ЕНЭС устройствами FACTS на период до 2015 г. С учетом этого говорить о соответствии или несоответствии зарубежным условиям концепции регулирования напряжения, принятой ОАО «ФСК ЕЭС», некорректно без сопоставительного анализа этих документов. В докладе не указано, какие конкретно положения концепции не отвечают современным условиям и в чем, собственно, эти условия заключаются;

5.5. Из доклада следует, что для реализации принятой концепции регулирования напряжения экономических методов недостаточно, однако не представлены возможные пути выхода из сложившейся ситуации;

5.6. Практически все вопросы, связанные с электросетевым строительством в ЕНЭС, находятся в сфере ответственности ОАО «ФСК ЕЭС», а также согласовываются с ОАО «СО ЕЭС», которые являются государственными компаниями и осуществляют свою деятельность под непосредственным руководством Минэнерго РФ. В связи с этим предложенное в докладе усиление роли государства требует обоснования;

5.7. Влияние плавно регулируемых средств компенсации реактивной мощности на параметры качества электроэнергии неоднозначно, поэтому необходимо оценивать, как и на какие именно показатели качества электроэнергии влияют предложенные устройства.

С заключительным словом и по проекту решения выступил член-корр. РАН А.Ф. Дьяков.

Решение совместного заседания

1. Совершенствование системы управления надежностью, экономичностью и экологичностью функционирования ЕЭС России на основе создания интеллектуальных электроэнергетических систем должно стать важной задачей государственной политики. Координировать работу по созданию интеллектуальных электроэнергетических систем должна Российская академия наук, которая может объединить все научно-исследовательские институты и центры, проектно-изыскательские институты и высшие учебные заведения для совместной работы по этой проблеме.

2. Необходимо совершенствовать концепцию комплексного управления напряжением и потоками реактивной мощности в электрических сетях

для всех уровней напряжения с учетом рыночных отношений в электроэнергетике Российской Федерации. При совершенствовании концепции необходимо руководствоваться тем, что для магистральных и системообразующих сетей наиболее важное требование — это обеспечение статической и динамической устойчивости энергетических объединений; для распределительных сетей первостепенными являются требования по поддержанию заданных уровней напряжения и снижению потерь электроэнергии. При этом обеспечение заданных показателей качества электроэнергии является актуальным для всех уровней напряжения.

3. Отметить положительный опыт и возможность использования представленных в докладе устройств стабилизации напряжения на базе управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов (УШР) и коммутируемых батарей статических конденсаторов (БСК). Рекомендовать учесть критические замечания и предложения, изложенные в экспертных заключениях, а также замечания и предложения членов президиума Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС» и научного Совета

РАН по проблемам надежности и безопасности больших систем энергетики, а также приглашенных специалистов.

4. Рекомендовать Минэнерго России ускорить работу по совершенствованию нормативной базы комплексного внедрения современных средств компенсации реактивной мощности для электрических сетей всех уровней напряжения с учетом рыночных отношений.

5. Для повышения эффективности регулирования напряжения и реактивной мощности рекомендовать ОАО «СО ЕЭС» совместно с ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК» проработать возможность расширения состава системных услуг по регулированию напряжения и реактивной мощности в электрических сетях с вовлечением в этот процесс участников производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.

6. Рекомендовать вузам электроэнергетического профиля возобновить на новом уровне подготовку специалистов по направлению «кибернетика электроэнергетических систем», прерванную в 90-е годы прошлого столетия.

* * *

1-го февраля с.г. кафедра автоматизированного электропривода Московского энергетического института организовала и провела очередной научно-практический семинар. В этом году семинар на тему «Энергосбережение средствами электропривода» был посвящен памяти доктора технических наук, профессора Николая Федотовича Ильинского, которому в 2011 г. исполнилось бы 80 лет.

Крупнейший специалист в области автоматизированного электропривода, широко известный своими трудами в России и за рубежом, проф. Н.Ф. Ильинский придавал проблеме энергосбережения первостепенное значение.

В докладах представителей вузов, НИИ и производственных предприятий было показано, что применение энергосберегающего регулируемого электропривода в машиностроении, металлургической промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве дает возможность не только решения проблем энергоэффективности, но и улучшения других показателей производственной деятельности.