

Приоритеты управления качеством электроэнергии в электрических сетях России:

Взгляд с позиции национальных интересов и стратегии международного электроэнергетического сотрудничества

Леонид Добрусин,
академик
Академии
электротехнических
наук РФ,
д. т. н.

antanija@vei.ru

Введение

В XXI веке планируется разработать и осуществить ряд глобальных энергетических проектов. Цель этих проектов — обеспечение глобальной энергетической безопасности всех стран мирового сообщества на основе развития взаимовыгодного партнерства между странами-производителями и странами-потребителями энергии, которое должно базироваться на осознании растущей взаимозависимости стран-экспортеров и стран-импортеров энергии по вопросам безопасности предложения и спроса на энергию [1].

В области электроэнергетики стратегически наиболее важным является проект создания глобальной электроэнергетической системы (ГЭЭС), которая должна объединить системообразующие электростанции, транспортные и распределительные сети всех континентов в интересах достаточного и стабильного доступа к электроэнергии всех людей Земли.

В настоящее время два миллиарда человек на нашей планете лишены электричества. В результате для этих людей, как правило, живущих в развивающихся странах, недоступны многие блага цивилизации [2]. Создание ГЭЭС станет одним из главных механизмов, ориентированных на сокращение масштабов бедности в развивающихся странах.

Начало конкретных работ по материализации идеи создания ГЭЭС относится к 1986 году, когда в США был организован специальный институт — Global Energy Network Institute. С 1990-х годов активное участие в этих работах принимают и ученые России [3].

Для создания ГЭЭС предполагается объединить мощные национальные и транснациональные электроэнергетические системы. При этом учитывается, что в ряде регионов экономически оправдано строительство сверхмощных гидроэлектростанций, энергия которых не может быть полностью использована в близлежащих районах.

По прогнозам специалистов, в ближайшие 20 лет основные работы по претворению в жизнь идеологии ГЭЭС развернутся на Евро-Азиатском континенте, где уже сейчас имеются центры генерации электроэнергии мощностью более 30 ГВт, например, каскад Енисейских ГЭС. В среднесрочной перспективе ожидается рост производства электроэнергии в Китае и других странах Азии.

В проекте ГЭЭС Россия занимает ключевые позиции в силу своего географического положения

в качестве своеобразного электроэнергетического моста между мощными центрами производства дешевой электроэнергии в азиатской части континента и столь же мощными центрами потребления электричества в европейской его части. С другой стороны, Россия имеет мощную сеть магистральных линий, которые станут основой части глобальной электроэнергетической сети Евро-Азиатского континента.

На первом этапе создания Евро-Азиатской части ГЭЭС предполагается объединить в сеть энергосистему России и стран Западной Европы. При этом придется решать комплекс сложных научно-технических задач, обусловленных необходимостью обеспечения надежности электроснабжения и качества электроэнергии у потребителей в рамках всей объединенной энергосистемы.

Объединение энергосистем России и Западной Европы экономически выгодно для России, поскольку оно даст мощный импульс интенсификации мероприятий, стимулирующих повышение качества электроэнергии в собственной энергосистеме. Последнее обстоятельство очень важно, так как низкое качество электроэнергии дорого обходится мировому сообществу, в том числе и России.

Данные по ежегодным потерям, исчисляемым в миллиардах долларов, причиной которых является пониженное качество электроэнергии в некоторых странах мира, приведены далее [4, 5]:

- США (1992 г.) 13,3;
- США (2001 г.) 15–24;
- Европа (2000 г.) 10–20 млрд евро;
- СССР (1989 г.) 10;
- Германия (2002 г.) 20–25;
- Франция (2002 г.) 25;
- Канада (2002 г.) 12.
- В мировом масштабе (2002 г.) около 100.

Аналогичные данные по России в настоящее время отсутствуют. Однако нет оснований полагать, что положение дел по сравнению с 1989 годом улучшилось, поскольку потери от низкого качества электроэнергии имеют тенденцию к увеличению, например, в США за 10 лет они удвоились.

Техногенная авария 25 мая 2005 г. в энергосистеме Центральной России, охватившая большую часть Москвы, Московской, Тульской, Калужской и Рязанской областей, и от которой, по данным РАО «ЕЭС России», пострадали около 5 млн человек [6], также

непосредственно связана с низким качеством электроэнергии в электрических сетях.

В отчете Рабочей группы Государственной Думы РФ по расследованию обстоятельств кризисной ситуации, сложившейся в электроэнергетике РФ, прямо указано, что одной из главных предпосылок обширной системной аварии 25 мая 2005 г. является дефицит источников реактивной мощности, отсутствие которых несет угрозу повторения системных аварий и, как следствие, угрозу энергобезопасности Центрального региона страны [7].

В июне 2005 г. произошло еще несколько аварий в региональных АО-энерго.

Отметим еще один существенный момент. РАО «ЕЭС России» разработало пятилетнюю инвестиционную программу развития электроэнергетики объемом \$81 млрд. В 2007 году планируется инвестировать в электроэнергетику \$20 млрд [8].

Сопоставляя указанные объемы инвестиций с объемом ущерба от низкого качества электроэнергии, следует констатировать, что для повышения эффективности капиталовложений в электроэнергетику необходима экстренная программа действий по решению проблемы повышения качества электроэнергии в электрических сетях России.

Выход из тупиковой ситуации в сфере повышения качества электроэнергии возможен только при условии скоординированных действий органов государственной власти, научных организаций и предприятий энергетической отрасли России.

Состояние правовой базы управления качеством электроэнергии в России

В последнее время в России принимаются меры по правовому регулированию отношений между поставщиками и потребителями электроэнергии, ориентированными на повышение качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения до уровня норм, установленных ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Основные документы, регулирующие права и обязанности участников процесса производства и потребления электроэнергии в России:

1. Гражданский кодекс РФ, статьи 539–547.

В соответствии со статьей 542 Гражданского кодекса РФ ответственность за качество подаваемой абоненту энергии несет энергоснабжающая организация.

2. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26 марта 2003 г., № 35-ФЗ.

Правовая норма, подтверждающая ответственность электроснабжающей организации перед потребителем за качество электроэнергии, определена в статье 38 этого Федерального закона — «Гарантии надежного обеспечения потребителей электрической энергией»: «1. Субъекты электроэнергетики, обеспечивающие поставки электрической энергии потребителям электрической энергии, в том числе энергосбытовые организации, гарантирующие поставщики и территориальные сетевые организации (в пределах своей ответственно-

сти), отвечают перед потребителями электрической энергии за надежность обеспечения их электрической энергией и ее качество в соответствии с техническими регламентами и иными обязательными требованиями».

Понятие «технический регламент» впервые введено в законодательство России Федеральным законом «О техническом регулировании» (далее — ФЗ) [9].

Цель этого закона — защита российского рынка от продукции, представляющей опасность для имущества и здоровья граждан, имущества юридических лиц, государственного или муниципального имущества; окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений; предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

Технический регламент — документ, который принят международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством РФ, или Федеральным законом, или Указом Президента РФ, или постановлением Правительства РФ, в нем указаны обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

Электрическая энергия является важнейшей продукцией на рынке наукоемких технологий, поэтому ее качество должно быть законодательно регламентировано, чтобы обеспечить безопасное функционирование электрических комплексов и систем. Обязательные требования к электроэнергии как продукции, представляющей потенциальную опасность, предполагается установить в общем проекте технического регламента «Об электромагнитной совместимости» (ТР ЭМС).

Проект ТР ЭМС подготовлен специалистами Ассоциации создателей, изготовителей и потребителей продукции, товаров и услуг в области электромагнитной совместимости «Стандарт ЭМС», включающей организации, компетентные в вопросах обеспечения электромагнитной совместимости, а также Российский Технический комитет по стандартизации ТК 30 «ЭМС технических средств». Подготовленный проект ориентирован на создание в РФ системы технического регулирования в области ЭМС, сближенной с европейской системой, и основан на добровольном применении национальных стандартов ЭМС, эквивалентных международным стандартам, для соблюдения требований технического регламента.

Такой подход полностью учитывает существующее состояние технического регулирования в России, положения пункта 9 статьи 16 ФЗ и соответствует системе установления обязательных требований к продукции в СНГ и странах Азиатско-Тихоокеанского сообщества, «Соглашению о технических барьерах в торговле ВТО», «Рекомендациям ЕЭК ООН относительно политики в области стандартизации», а также «Дорожной карте по общему экономическому пространству с ЕС», утвержденной Президентом Российской Федерации. Этот проект получил поддержку научно-технической общественности страны.

Проект Федерального закона о ТР ЭМС был внесен 24.01.2005 г. депутатами Государственной Думы В. Л. Горбачевым и В. А. Язевым.

Принципиальные положения системы регулирования в области ЭМС, принятые в странах ЕС, установлены в Директиве 89/336/ЕЭС от 03.05.1989 г. «О согласовании законодательных актов государств-членов, относящихся к электромагнитной совместимости» и Директиве 2004/108/ЕС от 15.12.2004 г. «О сближении законодательных актов государств-членов, относящихся к электромагнитной совместимости, и отмене Директивы 89/336/ЕЭС» (вводится в действие с 2007 г.).

В соответствии с рекомендациями ФЗ о сближении российского законодательства с международными подходами проект ТР ЭМС разработан с учетом положений Директив Европейского Союза (ЕС) в области ЭМС и учитывает принципы «Нового и Глобального подхода» к проблеме гарантии качества продукции [10].

Проект общего технического регламента «Об электромагнитной совместимости» (далее — Проект) разработан в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» (статьи 7 и 8).

Проект устанавливает обязательные требования к техническим средствам по электромагнитной совместимости (ЭМС) в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования с целью защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества; охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений; предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

Достоинствами Проекта являются:

1. Общность подхода к минимально необходимым требованиям ЭМС для всех технических средств, на которые распространяется действие настоящего технического регламента согласно общероссийскому классификатору однородной продукции.
2. Обеспечение применения на добровольной основе гармонизированных стандартов для соблюдения требований настоящего технического регламента согласно положениям пункта 9 статьи 16 Федерального закона «О техническом регулировании» и Концепции развития национальной системы стандартизации, одобренной распоряжением Правительства РФ от 28 февраля 2006 г. № 266-р.
3. Распространение действия настоящего технического регламента на электрическую энергию в системах электроснабжения общего назначения.

Проект устанавливает минимально необходимые требования к электромагнитным помехам в электрических сетях общего назначения, характеризующим качество электрической энергии.

Проект гармонизирован с требованиями европейских Директив ЭМС и с концептуальными положениями Программы Европейского Союза по гарантии качества продукции и смежным вопросам «Новый и Глобальный подход».

Следует отметить, что необходимость законодательной гармонизации требований к качеству электрической энергии между Россией и странами Европейского Союза продиктова-

на ближайшей перспективе экономического сотрудничества между указанными партнерами, предусматривающей параллельную работу электрических систем России и Европы.

В целом Проект общего технического регламента «Об электромагнитной совместимости» составлен с учетом основных заявлений европейских Директив ЭМС и большей части концептуальных положений Программы Европейского Союза «Новый и Глобальный подход».

Проект соответствует интересам национальной экономики России, развитию материально-технической базы и уровню научно-технического развития страны, международным нормам и правилам, а также Федеральному закону «О техническом регулировании».

Можно с уверенностью утверждать, что принятие настоящего Проекта в качестве Закона РФ усилит правовую базу для реализации мероприятий, ориентированных на повышение качества электроэнергии в электрических сетях России и будет способствовать уменьшению барьеров в торговле между Россией и странами Европейского Союза.

Однако принятие закона о ТР ЭМС задерживается [11], что противоречит цели Федерального закона «О техническом регулировании» — защите российского рынка от продукции, представляющей опасность для имущества и здоровья граждан, имуществу юридических и физических лиц, и национальным интересам России в области энергетической безопасности.

Приоритетные задачи по решению проблемы повышения качества электроэнергии в России

Актуальность проблемы повышения качества электроэнергии в России не вызывает сомнения. Должна быть разработана программа повышения качества электроэнергии в электрических сетях России до уровня норм, установленных ГОСТ 13109-97 и определены источники ее финансирования. В рамках реализации этой программы должны быть решены следующие приоритетные задачи:

1. Правовое установление минимально необходимых требований к электромагнитным помехам, характеризующим качество электроэнергии в электрических сетях общего назначения.
2. Нормативное установление требований к минимально необходимым электромагнитным помехам в электрических сетях общего назначения.
3. Правовое установление процедуры подтверждения обязательных требований к электроэнергии в части ее качества (подтверждение соответствия качества электроэнергии) в электрических сетях общего назначения.
4. Повышение значимости органов государственного контроля как эффективного инструмента, обеспечивающего соблюдение обязательных требований к электроэнергии в части ее качества.
5. Поддержка отечественных инновационных разработок в области средств повышения качества электроэнергии в целях минимизации зависимости электроэнергетики России от импорта энергетического электрооборудования.

Рассмотрим более подробно техническое содержание предлагаемых приоритетных задач.

Первые три задачи должны решаться в рамках общего технического регламента «Об электромагнитной совместимости».

Две первые задачи тесно взаимосвязаны.

Проект ТР ЭМС, разработанный ассоциацией «Стандарт ЭМС», предлагает следующее решение этих задач в статьях 6 и 7: «Помехи (в электрических сетях общего назначения) не должны превышать уровня, обеспечивающего функционирование технических средств, получающих питание от этих сетей. Требования применяются для низкочастотных электромагнитных помех следующих видов:

- установившегося отклонения напряжения;
- колебаний напряжения;
- искажений синусоидальности напряжения;
- несимметрии напряжений в трехфазных системах электроснабжения;
- отклонения частоты в системах электроснабжения.

Для соблюдения минимально необходимых требований настоящего технического регламента изготовитель технического средства может на добровольной основе применить национальные стандарты электромагнитной совместимости, распространяющиеся на указанное техническое средство, сведения о которых опубликованы в соответствии с положениями пункта 9 статьи 16 Федерального закона «О техническом регулировании», реализуя международную норму подтверждения соответствия — принцип презумпции соответствия [12].

В отношении минимально необходимых требований к электромагнитным помехам в системах электроснабжения общего назначения указанный принцип должен быть реализован на основе ГОСТ 13109-97.

Далее: «В тех случаях, когда... поставщик электрической энергии не применил или применил лишь частично национальные стандарты электромагнитной совместимости, сведения о которых опубликованы в соответствии с положениями пункта 9 статьи 16 Федерального закона «О техническом регулировании», ...электрическая энергия считается соответствующей минимально необходимым требованиям настоящего технического регламента при положительных результатах экспертизы технической документации... поставщика, содержащей доказательства соответствия минимально необходимым требованиям. Экспертиза технической документации выполняется органом по сертификации продукции, уполномоченным для проведения указанной экспертизы. При проведении экспертизы проводятся, при необходимости, дополнительные испытания (исследования, моделирование)».

Решение третьей задачи предлагается в статье 13 указанного Проекта ТР ЭМС «Подтверждение соответствия электрической энергии»:

1. Электрическая энергия, поставляемая производителями электрической энергии в электрические сети общего назначения и владельцами электрических сетей общего назначения потребителям, подлежит обязательному подтверждению соответствия минимально необходимым требованиям настоящего технического регламента

в форме принятия декларации о соответствии и обязательной сертификации.

2. Генерирующие организации, подающие электрическую энергию в электрические сети общего назначения и гарантирующие поставщики и электросетевые организации, подающие электрическую энергию исключительно юридическим лицам и (или) гражданам, осуществляющим предпринимательскую деятельность, осуществляют обязательное подтверждение соответствия минимально необходимым требованиям настоящего технического регламента в форме принятия декларации о соответствии...
 7. Обязательное подтверждение соответствия минимально необходимым требованиям настоящего технического регламента в форме обязательной сертификации проводится в отношении электрической энергии в электрических сетях общего назначения, поставляемой гарантирующим поставщиком или электросетевой организацией:
 - гражданам, использующим ее для личных, семейных, домашних и иных нужд, не связанных с предпринимательской деятельностью (далее — потребители);
 - потребителям одновременно с юридическими лицами и гражданами, осуществляющими предпринимательскую деятельность;
 - организациям, через электрические сети которых электрическая энергия непосредственно подается потребителям».

Предложение о правовом установлении в Проекте ТР ЭМС двух процедур подтверждения соответствия электрической энергии вызывает сомнение по следующим причинам:

1. Процедура сертификации электроэнергии не имеет физического смысла, так как электроэнергия является постоянно изменяющейся во времени субстанцией. Все измерения ее параметров относятся к определенному моменту времени и не могут служить доказательством соответствия для другого момента времени. На это свойство электроэнергии, не позволяющее применять к ней процедуру сертификации, неоднократно указывали специалисты, например, в [13].
2. Принципиальное различие двух форм подтверждения соответствия [14] состоит в том, что декларирование соответствия осуществляется первой стороной — изготовителем, поставщиком или продавцом продукции, в нашем случае — электроэнергии. Этим вся ответственность за правильность всех процедур оценки соответствия закрепляется за первой стороной.

Процедура сертификации проводится третьей стороной, независимой от изготовителя, поставщика или продавца продукции, с одной стороны, и потребителя, что «размывает» ответственность первой стороны за качество продукции.

Отсюда следует, что процедура сертификации электроэнергии противоречит Федеральному закону Российской Федерации «Об электроэнергетике» от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ (статья 38), которая устанавливает прямую ответственность субъектов электроэнергетики, обеспечивающих поставки электрической энергии потребителям электрической энергии, перед потребителями

электрической энергии за надежность обеспечения их электрической энергией и ее качество.

В силу указанных причин представляется, что процедура обязательной сертификации электроэнергии должна быть исключена из ТР ЭМС.

Четвертая приоритетная задача — повышение значимости органов государственного контроля как эффективного инструмента, обеспечивающего соблюдение обязательных требований к электроэнергии в части ее качества.

Государственный контроль проводится, как правило, с определенным запаздыванием, поэтому все меры в отношении несоответствующей продукции и поставщиков такой продукции носят корректирующий, а не профилактический характер [14].

Чтобы переориентировать органы государственного контроля на превентивную деятельность за соблюдением субъектами электроэнергетики, обеспечивающими поставки электрической энергии потребителям, обязательных требований к электроэнергии в части ее качества, необходимо ввести мониторинг качества электроэнергии в точках ее коммерческого учета под надзором органов госконтроля.

Права, обязанности и формы превентивной работы органов государственного контроля за соблюдением указанными субъектами электроэнергетики обязательных требований к электроэнергии в части ее качества должны быть установлены в документах, регулирующих деятельность данных органов.

Работа органов государственного контроля в указанной сфере должна подкрепляться экономическими методами воздействия на поставщиков электроэнергии низкого качества, стимулирующими поставщиков электроэнергии к проведению мероприятий по обеспечению качества электрической энергии.

Суть этих предложений, реализация которых поможет решить данную задачу [15, 16]:

1. Если качество электроэнергии, отпускаемой электроснабжающей организацией потребителю, не соответствует минимально необходимым требованиям к электромагнитным помехам, характеризующим качество электроэнергии в точке коммерческого учета, следует автоматически уменьшать показания счетчика активной электроэнергии, что эквивалентно скидке в цене за электроэнергию, обусловленной ее низким качеством.
2. Шкала скидок при расчетах за электроэнергию в форме коррекции показания счетчиков активной мощности должна утверждаться компетентными органами Правительства РФ в объемах, стимулирующих производителей и продавцов электроэнергии к проведению мероприятий по нормализации показателей качества электроэнергии.
3. Для реализации предложенной системы расчетов за электроэнергию с учетом ее качества необходимо перейти к применению новых счетчиков электроэнергии с коррекцией их показаний в функции от характеристик качества электроэнергии.

Решение четырех рассмотренных приоритетных задач является в основном прерогативой органов государственной власти России и в случае их реализации составит правовую основу построения гармоничной системы уп-

равления качеством электроэнергии в электрических сетях России.

Вместе с тем необходимо отметить, что сколь совершенной не была бы правовая основа указанной проблемы, она не может быть решена без современных специальных электротехнических устройств, предназначенных для повышения качества электроэнергии в электрических сетях.

Отсюда следует пятая приоритетная задача — поддержка инновационных разработок отечественной науки и производства в области средств повышения качества электроэнергии (СПКЭ) в целях минимизации зависимости электроэнергетики России от импорта энергетического электрооборудования.

К ним, прежде всего, относятся:

1. Управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы (УПШР) для ограничения повышенных напряжений на длинных линиях электропередачи 500 кВ и выше в режимах малых нагрузок и при одностороннем включении линий, поскольку проблема компенсации избыточной реактивной мощности в электрических сетях в настоящее время приобрела глобальный характер [17, 18].
2. Статические компенсаторы реактивной мощности (СТК) для сетей 220 кВ и ниже с резкопеременными нагрузками [19] в целях подавления недопустимых колебаний напряжения и искажений синусоидальности кривой напряжения в электрических сетях.
3. Фазосдвигающие трансформаторы (ФСТ) для сетей 500–220 кВ и 750–330 кВ как стратегическое средство борьбы с размыканием контуров в сетях 110, 220, 330 кВ в целях повышения надежности и качества сетей сверхвысокого напряжения (СВН) [20] за счет оптимальной маршрутизации транспортных потоков электроэнергии, что позволит:
 - уменьшить технологические потери при транспортировке электроэнергии, в среднем, в 1,5 раза;
 - повысить устойчивость к системным авариям при внезапном отключении магистральной электропередачи;
 - обеспечить высокую бесперебойность снабжения узлов со средними и малыми нагрузками вследствие обеспечения замкнутости контуров примыкающих к ним участков сети.

Все указанные СПКЭ базируются на достижениях российских научных и промышленных предприятий в области мощной полупроводниковой электроники и сверхвысоковольтного трансформаторостроения.

Отдельно стоит обсудить ситуацию, сложившуюся с невостребованностью ФСТ, так как единичные образцы СТК и УПШР разработаны, а их широкое внедрение сдерживается отсутствием заказов.

Сущность технологии оптимальной маршрутизации транспортных потоков электроэнергии на основе ФСТ

В последние 20 лет в национальных электроэнергетических сетях (ЭЭС) развитых стран наблюдается увеличение числа нарушений бес-

перебойности электроснабжения, рост потерь в сети. За указанный период потери в ЭЭС России возросли с 9,3% до 13,1% [21]. Широко известны системные аварии 2003 г. в Северной Америке, Италии и Швеции, московская авария 25 мая 2005 г., несколько локальных аварий в энергосистемах центра России в июне 2005 г.

Специалисты Всероссийского электротехнического института имени В. И. Ленина (ГУП ВЭИ) совместно с электроэнергетиками выполнили комплекс расчетов установившихся режимов национальной ЭЭС России и региональных сетей сверхвысокого напряжения (СВН).

Показаны системные причины этих аварий, к числу которых относятся рост удельного веса транспортных потоков в сетях 110–750 кВ и размыкание контуров в сетях 110 и 220 кВ.

Выявлены возможности существенного улучшения распределения потоков активной мощности в развитых сетях 110–750 кВ.

Повсеместно принятое в современных сетях СВН естественное потокораспределение имеет серьезные недостатки. По мере роста и развития сетей они становятся все более существенными.

В силу физических причин при естественном потокораспределении мощные линии в большинстве случаев недогружаются даже при максимальных нагрузках сети. Часть среднемошных линий работает на пределе пропускной способности, а наиболее густая часть сети, состоящая из относительно маломощных линий, используется в разомкнутой конфигурации. Размыкание контуров сети производится вынужденно, во избежание перегрузок транспортными потоками.

В результате был сделан вывод о необходимости совершенствования техники управления маршрутами потоков активной мощности в сетях 110–750 кВ по «слоям» сети (слой — часть линий электрической сети одного уровня напряжения). Для этой цели разработаны специальные фазосдвигающие трансформаторы и, на их основе, новая энергосберегающая технология транспортирования электроэнергии по развитой сети СВН.

Результаты этих исследований состоят в следующем.

Современные развитые сети 110–765 кВ покрывают большие материковые территории, обеспечивая на них две функции: функцию транспортировки электроэнергии от поставщиков к потребителям и функцию ее распределения на обширных территориях по потребителям и их кабельным сетям. Для транспортировки предназначены верхние слои сетей, образованные мощными линиями класса 400, 500 или 750 кВ (в Северной Америке — 765 кВ). Распределение энергии призваны выполнять ниже расположенные слои сети, состоящие из среднемошных и маломощных линий — класса 330, 220 и 110 кВ.

Значительные составляющие транспортных потоков из верхних слоев через автотрансформаторы связи попадают в средние и нижние слои и загружают их неадекватно. В зависимости от концепции диспетчерского управления к неадекватным транспортным потокам можно отнести либо полные транспортные потоки средних и нижнего слоев сети, либо их часть порядка 55–80%, наличие которых

в средних и нижнем слоях сети приводит к нарушению условия оптимального потокораспределения по критерию минимума потерь.

В настоящее время для устранения неадекватных транспортных потоков размыкают контуры сетей 110 и 220 кВ, переводя тем самым эти сети из состояния замкнутых сетей в состояние групп взаимосвязанных тупиковых линий и выводя из работы участки многоподстанционных линий электропередачи, замыкающие «кольца» на картах-схемах сетей. При этом функция распределения энергии развитой сетью выполняется неэффективно: снижается надежность и качество электроснабжения рассредоточенных потребителей, существенно растут общие потери в сети.

В последние годы обнадеживающие результаты дало исследование сетей как многослойной структуры длинных линий с автотрансформаторными связями слоев, проведенное методом выделения и отслеживания в сети потоковых напряжений [22]. Потоковые напряжения отдельных линий верхнего слоя сети трансформируются в значительные области сети низлежащего слоя.

Трансформируемые из верхних слоев сети в нижние потоковые напряжения вызывают неадекватные транспортные потоки.

Ослабить или полностью уравновесить трансформируемые потоковые напряжения можно путем включения в избранные ветви сети специальных компенсаторов потоковых напряжений сети. В роли компенсаторов могут успешно выступать фазосдвигающие трансформаторы (ФСТ). Это заключение подтверждено расчетами сетей без компенсаторов потоковых напряжений и с ними.

Расчеты сетей проведены по трем направлениям: расчеты эквивалентных схем, составленных по среднестатистическим данным о линиях сетей Центра России, полномасштабные расчеты установившихся режимов некоторых объединенных энергосистем и расчеты режимов сетей отдельных регионов. В ходе расчетов установлены рациональные диапазоны изменения фазовых углов ФСТ.

Специалистами ВЭИ разработаны основы теории, расчета и конструирования ФСТ для устранения указанных неадекватных транспортных потоков и предложены принципы их ввода в структуру развитых сетей.

На базе ФСТ начата практическая разработка новой технологии транспортировки электроэнергии по трехслойной сети 110–750 кВ, снижающей потери в этой сети на 40–50% и позволяющей ввести в работу вынужденно отключенные замыкающие «кольца» участков сетей 110 и 220 кВ.

На данной стадии разработки необходимо спроектировать и изготовить опытные образцы ФСТ на напряжение 220 кВ с электромагнитной мощностью порядка 60–80 МВА для сетей 500–220 кВ, спроектировать и построить головную компенсационную подстанцию и начать ее опытную эксплуатацию.

Проблема невестребованности ФСТ, видимо, кроется в недостаточном осознании менеджерами российской электроэнергетики значимости оптимальной маршрутизации транспортных потоков электроэнергии, которую

предлагается реализовать на базе ФСТ для повышения надежности и качества сетей СВН.

Выводы

1. В отчете от 6 июля 2005 г. Рабочей группы Государственной Думы РФ ситуация, сложившаяся в электроэнергетике РФ, оценивается как кризисная.
2. Одна из важнейших причин сложившейся ситуации — хронически недостаточное внимание к проблеме повышения качества электроэнергии в электрических сетях России.
3. Результат сложившейся ситуации — значительный ущерб экономике РФ и существенное препятствие успешной реализации целей Федерального закона о техническом регулировании — для предотвращения опасности для жизни и здоровья граждан, причинения вреда имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу и окружающей природной среде вследствие нарушения функционирования технических средств при воздействии электромагнитных помех.
4. Необходима Федеральная целевая программа, направленная на решение приоритетных задач повышения качества электроэнергии в электрических сетях России.

Литература

1. Заявление председателя «Группы восьми» Президента России В. В. Путина. Санкт-Петербург, 17 июля 2006 года. Глобальная энергетическая безопасность // Вести в электроэнергетике. 2006. № 4.
2. Путин В. В. Энергетический эгоизм — путь в никуда // The Wall Street Journal. 2006-02-28.
3. Ишкин В. Х. Создание глобальной электроэнергетической системы // Вести в электроэнергетике. 2006. № 4.
4. Чэпман Д. Цена низкого качества электроэнергии // Энергосбережение. 2004. № 1.
5. Жежеленко И. В., Саенко Ю. Л., Горпинич А. В. Оценка надежности электрооборудования при пониженном качестве электроэнергии // Вести в электроэнергетике. 2006. № 6.
6. Кузовкин А. И. Энергетическая реформа в России: конкуренция вместо надежности. Доклад на открытом семинаре «Экономические проблемы энергетического комплекса» ИНП РАН 28 марта 2006 г. // Вести в электроэнергетике. 2006. № 3.
7. Федеральное Собрание Российской Федерации. Государственная Дума. Отчет Рабочей группы Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации по расследованию обстоятельств кризисной ситуации, сложившейся в электроэнергетике Российской Федерации, и аварий на трансформаторной подстанции № 510 «Чагино» открытого акционерного общества «Мосэнерго» 23 и 25 мая 2005 г., а также их последствий. Утверждено на заседании Рабочей группы 6 июля 2005 г. // Вести в электроэнергетике. 2005. № 4.
8. О ходе подготовки энергокомпаний к прохождению осенне-зимнего периода 2006/2007 гг. Вступительное слово председателя Правления РАО «ЕЭС России» Анатолия Чубайса на Всероссийском совещании руководителей энергопредприятий РАО «ЕЭС России» 6 октября 2006 г. // Вести в электроэнергетике. 2006. № 6.

9. Федеральный закон Российской Федерации «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 г. // Российская газета, 31 декабря 2002 г., № 245 (3113).
10. Добрусин Л. А. Реформа технического регулирования и международный опыт в области качества электрической энергии // Энергослужба предприятий. 2005. № 5(17).
11. Открытое письмо участников IX Российской научно-технической конференции «Электромагнитная совместимость технических средств и электромагнитная безопасность» по вопросу об общем техническом регламенте «Об электромагнитной совместимости» // Технологии ЭМС. 2006. № 4 (19).
12. Пугачев С. В. Состояние и проблемы реализации Федерального закона «О техническом регулировании» // Стандарты и качество. 2006. № 4.
13. Шейко П. Сертифицировать энергию электрического тока нельзя // Новости электротехники. 2006. № 2 (27).
14. Аронов И. З. Об установлении форм оценки соответствия в технических регламентах // Стандарты и качество. 2006. № 9.
15. Добрусин Л. А. Проблема технического регулирования качества электроэнергии в России и пути ее решения // 3-я Международная конференция «Энергетика и энергосбережение» в рамках IV Всероссийского энергетического форума «ТЭК России в XXI веке». М. 5–6 апреля 2006 г. Сборник докладов.
16. Добрусин Л. А. Проблема технического регулирования качества электроэнергии в России и пути ее решения. Стенограмма доклада // Всероссийский энергетический форум «ТЭК России в XXI веке». М. 3–7 апреля 2006 г. Итоговые материалы.
17. Александров Г. Н. Проблемы компенсации реактивной мощности в электрических сетях // Всероссийский электротехнический конгресс ВЭЛК-2005. Материалы конгресса. М. 2005.
18. Долгополов А. Г., Базылев Б. И., Уколов С. В., Брянец М. А., Лурье А. И. Управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы для сетей 110–500 кВ: исследования, разработка, испытания, опыт эксплуатации // Всероссийский электротехнический конгресс ВЭЛК-2005. Материалы конгресса. М. 2005.
19. Ольшванг М. В., Таратута И. П., Чуприков В. С. Особенности разработки статического тиристорного компенсатора для передельных металлургических заводов // Повышение качества электрической энергии в промышленных сетях. Сборник статей. М.: МДНТП. 1982.
20. Добрусин Л. А., Ольшванг М. В. О совершенствовании техники управления маршрутами потоков активной мощности в сетях 110–765 кВ на основе специальных фазосдвигающих трансформаторов // Всероссийский электротехнический конгресс ВЭЛК-2005. Материалы конгресса. М. 2005.
21. Броерская Н. Мониторинг потерь электроэнергии в электрических сетях Российской Федерации // Прогресс в проектировании, строительстве и эксплуатации электрических сетей. Научно-технический семинар. М.: ВВЦ. 19 ноября 2003 г.
22. Ольшванг М. В. Особенности кросс-трансформаторной технологии транспортирования энергии по сетям 110–750 кВ // Электро. 2004. № 2.