

KOSJAKOW Aleksiej¹

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В статье описана методика проектирования интеллектуальных электрических сетей, разработанная в дирекции "Энергосетьпроект" ОАО "Инженерный центр энергетики Урала" в процессе многолетней практики проектирования объединённой энергосистемы Урала и Западной Сибири. Приведены направления развития оперативного диспетчерского управления электрическими сетями, проектирования систем управления интеллектуальных сетей и на примере ОАО "Энергостройинвест-Холдинг" обоснован синергетический эффект от объединения проектных институтов и строительных компаний.

METODYKA PROJEKTOWANIA INTELIGENTNYCH SIECIEJ ELEKTROENERGETYCZNYCH

Artykuł jest poświęcony metodyce projektowania inteligentnych sieci elektroenergetycznych, która była opracowana w zarządzie "Energosetprojekt" "Inżynieryjne centrum energetyki Uralu" SA w ciągu wielu lat projektowania połączonej sieci elektroenergetycznej Uralu i Syberii Zachodniej. W artykule są opisane kierunki rozwoju dyspozycji sieci elektroenergetycznych, projektowania systemów zarządzania inteligentnych sieci i efekt zjednoczenia projektowych instytucji i spółek budowlanych na przykładzie "Energostroyinvest-Holding" SA.

1. ВВЕДЕНИЕ

В докладе приведён анализ опыта дирекции "Энергосетьпроект" ОАО "Инженерный центр энергетики Урала" в процессе длительного сопровождения развития ОЭС Урала и Западной Сибири. Анализ выполнен применительно к существующим возможностям организации адаптироваться к новым задачам построения интеллектуальных электрических сетей. При этом отмечены ключевые соображения о всеобъемлющей зависимости решений по развитию энергосистемы на всех уровнях производства и распределения электроэнергии.

¹ Inżynieryjne centrum energetyki Uralu SA, Dział techniczny; ROSJA, 620146, Ekaterinburg, ul. Amundsena 53-84; Tel: +7 (343) 359-58-53, Fax: +7 (343) 371-36-60, E-mail: kosakov@yandex.ru

2. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОПЕРАТИВНОГО ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ

Основной целью деятельности электрических сетей (ЭС) является обеспечение прибыльности за счёт надёжного снабжения потребителей качественной электроэнергией и проведения эффективной договорной политике с потребителями.

Предметом деятельности является передача электрической энергии в соответствии с режимами работы электрических станций, электрических сетей и договоров с потребителями и реализация её потребителям.

Основным физическим источником электроэнергии для ЭС выступают электростанции. Электрические сети связаны с соседними электрическими сетями, которые могут выступать в качестве резервных источников электроэнергии.

Электрическая энергия, реализуемая потребителям, должна соответствовать определённым качественным показателям и показателям надёжности электроснабжения.

Надёжность электроснабжения и качество электроэнергии, поставляемой потребителям, в первую очередь определяется следующими тремя техническими факторами:

- надёжностью электроснабжения и качеством электроэнергии, поступающей в ЭС;
- надёжностью электроснабжения и качеством электроэнергии, обеспечиваемым внутри ЭС;
- изменением надёжности электроснабжения и качества электроэнергии, вносимым потребителями электроэнергии.

Достижение основной цели деятельности ЭС обеспечивается тем, что все три указанных фактора постоянно контролируются и управляются.

Таким образом, основным технологическим процессом, на выполнение которого направлена деятельность ЭС, является передача электрической энергии и реализация её потребителям в соответствии с договорами. Основной технологический процесс представляет собой сложное явление, управление которым без деления на отдельные технологические процессы меньших масштабов невозможно.

Базовый технологический процесс электрических сетей – это процесс передачи электроэнергии от источников электроэнергии до потребителей. Оперативно-диспетчерское управление является системой управления этим технологическим процессом. Цель оперативно-диспетчерского управления совпадает с основной целью ЭС, однако движение к этой цели путём оперативно диспетчерского управления ограничено. В качестве технических ограничений оперативно-диспетчерского управления действуют показатели надёжности и качества.

Критерии надёжности и качества электроэнергии, реализуемой потребителям, формируются на основе нормативов и условий, выдвигаемых потребителями в договорах. Возможности надёжного электроснабжения и обеспечение качества электроэнергии в сетях определяется наличием и техническим состоянием основного силового оборудования, вторичного оборудования, а также системами АСУ, ПА, РЗА и т.п.

Технические ограничения на выполнение оперативно-диспетчерского управления возникают в результате функционирования отдельных технологических процессов:

- технологического процесса развития электрических сетей (строительство, реконструкция, и т.п.);
- технологического процесса эксплуатации первичного и вторичного оборудования и соответствующих систем (диагностики, испытаний, ремонтов и т.п.);
- технологического процесса формирования и выполнения договорных отношений между поставщиками электроэнергии и ЭС, и между ЭС и потребителями.

В соответствии с названными технологическими процессами существуют процессы управления:

- управление процессом развития ЭС;
- управление процессом эксплуатации оборудования;
- управление процессом формирования и выполнения договоров.

Указанные три технологических процесса и соответствующие им процессы управления по отношению к оперативно-диспетчерскому управлению формируют ограничения на:

- варианты схем электроснабжения;
- технологические ограничения параметров режима оборудования и сетей.

При управлении технологическим процессом следует учитывать:

- режимы работы оборудования (температура, количество отключений и величина тока КЗ, длительность работы при превышении и величина превышения напряжения или тока и т.д.) определяют ресурс оборудования, сроки и вид технического обслуживания и ремонта;
- ремонт оборудования, как правило, связан с выводом его из работы и с изменениями электрических режимов подстанции и электрической сети энергосистемы;
- критерии надёжности и качества электроснабжения формируются на основе условий подключения потребителей в соответствии с действующими нормативами и договорами на электроснабжение.

Электрические процессы обладают специфическими особенностями: необходимостью соблюдения в каждый момент времени баланса между потреблением и генерацией электроэнергии и наличием быстро протекающих электромагнитных и относительно медленно протекающих электромеханических процессов. Поэтому оперативно-диспетчерское управление в реальном времени требует быстроты принятия решений для предотвращения опасных электромеханических процессов и автоматических действий специальных устройств для ликвидации электромагнитных переходных процессов.

Существует второй, более медленный контур оперативно-технологического управления. В этом контуре вопросы взаимодействия с технологическими процессами эксплуатации оборудования и развития подстанции носят характер среднесрочного и долгосрочного планирования. На основе моделирования режимов работы в медленном контуре производятся:

- выполнение расчётов, необходимых для оптимизации режимов работы оборудования с учётом существующих ограничений;
- планирование режимов, переключений и ремонтов;

- контроль и руководство всеми переключениями, связанными с выводом оборудования в ремонт и вводом его в работу после ремонта;
- составление необходимых оперативных инструкций, контрольных бланков по производству переключений;
- составление программ на включение нового оборудования;
- согласование отключения и ограничения потребителей при плановых отключениях оборудования.

В аварийных ситуациях, связанных со скоротечными электромагнитными переходными процессами, когда взаимодействие в форме согласования технологических процессов невозможно, инициализация управления и определение управляющих воздействий возлагаются на автоматические устройства систем релейной защиты и автоматики (в том числе противоаварийной), предназначенные для отключения повреждённого оборудования, предупреждения развития повреждения, создания условий для существования установившегося режима после ликвидации аварии.

Автоматические устройства срабатывают по факторам, определяемым самим технологическим процессом передачи электроэнергии, и напрямую не зависят от решений диспетчера. Поэтому роль оперативно-диспетчерского управления в этой ситуации в основном сводится к полному восстановлению электроснабжения потребителей и замене или восстановлению поврежденного оборудования.

Так же, как в случае с оперативно-диспетчерским управлением, в автоматическом управлении существует второй, более медленный контур управления, в котором вопросы взаимодействия с другими технологическими процессами носят характер среднесрочного и долгосрочного планирования. В этом контуре выполняется анализ произошедших аварийных процессов и разрабатываются организационно-технические мероприятия по оснащению и поддержанию на высоком техническом уровне системы автоматического управления аварийными режимами, выбираются принципы выполнения устройств релейной защиты и автоматики, их типы, уставки и характеристики.

В общем случае все названные выше технологические процессы могут рассматриваться отдельно. Однако наибольший (синергетический) эффект достигается при совместном их рассмотрении – **системном подходе** в организации управления электрическими сетями, синонимом которого в настоящее время выступает интеллектуальная сеть (Smart Grid).

3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТЬЮ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

На интеллектуальную сеть в части управления технологическими процессами возлагаются требования обеспечивать возможность автоматизированного управления всеми частями технологического процесса, необходимый информационный обмен между ними и участие человека в этом процессе. Тем не менее, следует иметь в виду, что технологии, вкладываемые в понятие "интеллектуальная сеть" – достижение настоящего времени, способное решить ограниченный круг задач при условии определенных капиталовложений. В связи с чем, в данном случае для принятия решений о целесообразности, необходимости и составе внедрения новых технологий

в качестве критериев выступают технические (возможность) и коммерческие (стоимость) показатели [1].

Управление, в первую очередь – изменение схемно-режимной ситуации – выполняется только путём изменения свойств сети (конфигурация) и свойств силового оборудования. Таким образом, возможности такого управления в первую очередь определяются возможностями схемы ЭС и возможностями силового оборудования. В связи с этим на первый план выходят работы, в которых разрабатываются схемы развития ОЭС и ЭС – это так называемые предпроектные работы.

Следующей ступенью в создании интеллектуальной сети является применяемое силовое оборудование, и в первую очередь это касается его свойств изменять свои параметры под действием управляющих воздействий. К таким свойствам можно отнести инерционность процессов управления генераторами электростанций, быстродействие высоковольтных выключателей ЭС, систем управления шунтирующими реакторами, СТК, СТАТКОМ. На быстродействие системы во многом влияет также скорость передачи сигналов управляющих воздействий, что особенно актуально для применения методологии интеллектуальных сетей для крупных энергосистем.

Управление, во вторую очередь – автоматизированные и автоматические система управления, анализирующие реальное состояние ОЭС, ЭС и вырабатывающие управляющие воздействия, направленные на силовое оборудование для их реализации с помощью исполнительных механизмов.

Все особенности управления электрической сетью обязательно должны быть рассмотрены в процессе проектирования, в максимально возможно большем объёме, включая не только оценку влияния электрических сетей одного напряжения, но и сетей разного напряжения, имеющих взаимное влияние. При этом, как правило, возникает необходимость координирования проектных решений между различными электросетевыми предприятиями и потребителями электроэнергии, включая решение вопросов управления режимами работы потребителей электроэнергии.

Следовательно, чем больше будет территория проектирования и глубина проектных решений в части учёта количества и особенностей функционирования источников и приёмников электроэнергии – тем более эффективной будет разработанная в проектной документации методика управления ЭС.

Особое выделение интеллектуальных сетей среди существующих автоматически управляемых электрических сетей в настоящее время обусловлено научно-техническим прогрессом в части развития средств автоматизации, позволяющих выполнение обработки данных с большого количества источников – элементов ЭС и выработки алгоритмов работы сети. Кроме того, развитию интеллектуальных сетей способствует внедрение современных средств технологической связи и собственно оборудования – быстродействующих элегазовых и вакуумных выключателей, силовой электроники управления управляемыми реакторами, СТК, СТАТКОМ.

При рассмотрении вопросов разработки проектной и рабочей документации для строительства также следует иметь в виду, что при выполнении этих работ применяются изделия заводского изготовления, то есть те изделия, которые уже прошли стадию конструкторской разработки и опытно-промышленной эксплуатации у разработчика и изготовителя и имеют полный комплект конструкторской

документации. Если требуемых типовых изделий нет, то, в рамках разработки проектной документации для строительства в общем случае разрабатывается документация "эскизные чертежи общих видов нетиповых изделий" или, как принято называть в электросетевом строительстве, "задания заводу".

Поэтому при формировании задания на разработку проектной и рабочей документации для строительства следует представлять, на какой стадии существования находится предполагаемое к использованию изделие, нужно ли ещё выполнять конструкторские работы, заключать соответствующий договор, расходовать на это время и деньги.

4. ОПЫТ ДИРЕКЦИИ "ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ" ОАО "ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ЭНЕРГЕТИКИ УРАЛА" ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Объединение в составе дирекции "Энергосетьпроект" институтов "Уралэнергосетьпроект", "Челябэнергосетьпроект" и "Уралсельэнергопроект" создали благоприятную ситуацию по адаптационным возможностям ОАО "Инженерный центр энергетики Урала" к непосредственному включению в работу внедрения методологии интеллектуальных сетей. Действительно, общая зона деятельности специалистов дирекции "Энергосетьпроект" распространяется на сети всех классов напряжения – от сетей 0,4 кВ до сетей 500 кВ.

Специалистами институтов выполнен целый ряд исключительно важных работ, в которых системный подход – основа "умных сетей" был применён в полной мере.

В первую очередь системный подход проявился в работах, касающихся развития ОЭС Урала и ОАО "Тюменьэнерго", а также централизованной противоаварийной автоматики ОЭС Урала. Специалистами дирекции были выполнены проекты реконструкции ССПИ ОЭС Урала и Сибири, в которых непосредственно были применены требования международных стандартов по организации телемеханики на основе требований к взаимодействию открытых систем. Совместно со специалистами МЭС Урала было выполнено типовое техническое задание на АСУТП подстанций 500 кВ.

В плане долгосрочного и среднесрочного планирования развития Тюменской энергосистемы были выполнены проекты создания сети ОЭС Западной Сибири от самого начала её становления. При этом проекты отдельных электросетевых объектов сетей 110-500 кВ выполнялись в невероятно короткие сроки. Специалистами дирекции был внесен существенный вклад в решение задачи устойчивой параллельной работы двух станций Сургутская ГРЭС-1 и Сургутская ГРЭС-2 путём разделения этих систем секционированием в сети 500 кВ через подстанцию 500 кВ Холмогоры.

Специалисты института "Уралэнергосетьпроект" были у истоков создания системы централизованной системы противоаварийной автоматики (ЦСПС) в уральском регионе и приняли участие в проектировании ее развития (вторая очередь ЦСПС Урала и ОАО "Тюменьэнерго").

В последние годы специалисты дирекции выполнили новаторские работы по гармонизации локальных систем противоаварийной автоматики. Дисгармония возникла из-за длительного включения уставок отдельных установленных устройств

или новых устройств в энергосистемы в ОЭС Урала по фактам отдельных аварий без анализа совокупности новых условий срабатывания отдельных устройств.

Развитие методологии интеллектуальных сетей в настоящее время представляется возможным при координировании деятельности различных предприятий ОАО "Энергостройинвест-Холдинг", в который входит ОАО "Инженерный центр энергетики Урала". К направлениям деятельности по получению синергетического эффекта от объединения усилий специалистов холдинга в части проектирования интеллектуальных сетей можно отнести:

- совершенствование методологии проектирования, в частности, корпоративного стандарта проектирования ОАО "Энергостройинвест-Холдинг";
- привлечение специалистов строительных подразделений холдинга к оценке решений проектных подразделений холдинга, а специалистов проектных подразделений – к авторскому надзору и к составлению планов производства работ;
- координированную работу с Заказчиками проектной продукции.

Наиболее эффективно развитие методологии интеллектуальных сетей возможно при выполнении комплексных проектов электрических сетей и энергосистем, включающих не только подготовку предпроектной, проектной, конкурсной и рабочей документации, но и разработку проектов работы электросетевых объектов в течение всего жизненного цикла их функционирования, включая строительство, пусконаладочные работы, организацию систем диагностики, ремонтов и замены оборудования, реконструкций и т.д., вплоть до демонтажа.

5. ВЫВОДЫ

1. Наибольший (синергетический) эффект от управления электрическими сетями достигается системном подходе в организации управления, синонимом которого в настоящее время выступает интеллектуальная сеть (Smart Grid).

2. Эффективность разработанной в проектной документации методики управления электрической сетью зависит от охвата территории проектирования и глубины проектных решений в части учёта количества и особенностей функционирования источников и приёмников электроэнергии.

3. Развитие методологии интеллектуальных сетей в настоящее время представляется возможным при координировании деятельности проектных институтов и строительных компаний. Наиболее эффективно развитие методологии интеллектуальных сетей возможно при выполнении комплексных проектов электрических сетей и энергосистем, включающих не только подготовку предпроектной, проектной, конкурсной и рабочей документации, но и разработку проектов работы электросетевых объектов в течение всего жизненного цикла их функционирования.

6. БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Кобец Б.Б., Волкова И.О.: *Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid*, Москва, ИАЦ Энергия 2010.