

Электрические подстанции: перспективы развития

В этом выпуске рубрики «Круглый стол» мы решили поговорить с нашими экспертами о том, что происходит на рынке электрических подстанций, на какие тенденции надо обратить внимание, как изменится это направление в ближайшие годы, как отразится цифровизация на ситуации на этом рынке.

Участники круглого стола:

Александр Дягилев, руководитель департамента продаж Завода трансформаторных подстанций GS Electric

Виталий Балашов, директор по развитию ОАО «ВНИИР» (АБС Электро)

Александр Комаров, директор по развитию компании «БалтЭнергоМаш»

Вячеслав Голованов, генеральный директор ООО «ИНВЭНТ-ЭЛЕКТРО» (входит в ГК «ИНВЭНТ»)

Татьяна Дерендяева, руководитель продуктового направления подстанций АО «Группа «СВЭЛ»

Игорь Меркушин, директор по развитию ООО «Промышленная группа ТЕСЛА»

Андрей Литвиненко, исполнительный директор АО «Электронмаш»

— *Что происходит сегодня на рынке электрических подстанций в России? Какие основные тенденции вы могли бы выделить?*

Александр Дягилев: В данный момент рынок электрических подстанций в России активно развивается. Количество компаний, предлагающих поставки электрических подстанций, неуклонно растет, а количество производителей практически неизменно. В связи с этим производители пытаются сэкономить на качестве, что ведет, конечно же, к увеличению количества рекламаций. Крупные компании и корпорации стараются обезопасить себя и, как следствие, конечного потребителя путем введения новых стратегий в процедурах закупки.

Например, нефтяные, газовые и государственные ведомства осуществляют закупку через тендеры, также для поставок требуются дорогостоящие сертификаты (ИнтерГазСерт), аттестация. Все эти меры направлены на нормализацию процедуры закупки, повышение качества закупаемой и поставляемой продукции и выявление надежных и проверенных поставщиков.

Виталий Балашов: Сегодня происходит превращение отечественных подстанций в европейские и азиатские. Это объясняется тем, что на подстанции поставляется оборудование либо выпущенное в зарубежных странах, либо произведенное по лицензиям и технологии зарубежных стран на отечественных предприятиях. Основной тенденцией можно назвать закупку для подстанций наиболее дорогого и совершенного оборудования. Например,

закупку элегазовых распредустройств, кабельных линий высокого и сверхвысокого напряжения, поставку самых совершенных систем управления подстанциями и т. п.

Александр Комаров: С точки зрения рынка невозможно не заметить увеличивающийся интерес и спрос на современные технологии для распределительной электрической сети 0,4–110 кВ. Это касается как электротехнического оборудования, так и систем автоматизации, интеллектуального учета электроэнергии и т. д. Исторически основное внимание было направлено на магистральные сети и высоковольтные подстанции 220–750 кВ и достаточно большие инвестиции в их строительство, модернизацию с использованием современных технологий и оборудования. На текущий момент большая часть подстанций 220–750 кВ оснащена интеллектуальными системами автоматизации, микропроцессорной релейной защитой и автоматики, учетом электроэнергии, а диспетчерские центры оснащены специализированным ПО, помогающим, на основе полученных данных, по каналам телемеханики производить расчет электрических параметров работы сети, обеспечивать системную надежность и эффективность.

Долгое время распределительная сеть была в стороне от использования современных технологий, а ведь здесь электросетевые компании сталкиваются с наибольшими проблемами: надежность электроснабжения, технические и коммерческие потери, безопасность, время поиска и ликвидации аварий и прочее.

Поэтому основная тенденция – это движение от крупного к малому, повсеместное применение интеллектуальных систем, позволяющих упростить оперативно-технологическое управление электрической сетью.

Вячеслав Голованов: Если рассматривать с точки зрения организации закупок комплектующих для реконструкции или строительства новых подстанций, то нормы законодательства обязуют проводить закупки через тендеры. Это, например, Федеральный закон № 223-ФЗ от 18.07.2011 «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц». И тут, с точки зрения заказчика, в эксплуатации есть ряд подводных камней. Даже на примере одного оборудования КРУ 6–10 кВ на рынке сейчас очень много модификаций этого оборудования от разных производителей. И у всех разные особенности, эксплуатационные, схмотехнические, ремонтные и прочие, что безусловно, влияет на надежность работы в целом и эксплуатации в частности. Какое оборудование будет закуплено, в результате никто сказать не может. Тут, разумеется, есть поле для включения в требования к оборудованию «уникальных», ничем не обособленных технических требований, значительно сужающих круг потенциальных поставщиков продукции (речь не о подтверждении показателей назначения). Равных условий в этом случае можно достичь закреплением одинаковых требований к оборудованию, к схмотехническим решениям и т. д. Так, типовые технические требования совместно с корпоративными техническими решениями ПАО «ФСК ЕЭС» отчасти решают



Александр Дягилев,
руководитель департамента продаж Завода трансформаторных подстанций GS Electric



Вячеслав Голованов,
генеральный директор ООО «ИНВЭНТ-ЭЛЕКТРО» (входит в ГК «ИНВЭНТ»)



Андрей Литвиненко,
исполнительный директор
АО «Электронмаш»

ют эту проблему, но не имеют статуса государственного или национального стандарта. А значит, принципы закупки товаров не достигаются полностью.

Что касается тенденций потребности и направлений развития оборудования, то ничего фундаментального в производстве и преобразовании электроэнергии не произошло, но есть приоритеты, направленные на повышение наблюдаемости и требований по качеству электроэнергии на границах зон ответственности. Ведь так как нет фундаментальных изменений, все те же нежелательные физические процессы в



Виталий Балашов,
директор по развитию ОАО «ВНИИР»
(АБС Электро)



Татьяна Дерендяева,
руководитель продуктового направления подстанций АО «Группа «СВЭЛ»

сети, как то феррорезонанс, высокочастотные гармоники при трансформации электроэнергии, грозовые и коммутационные перенапряжения – никуда не делись.

Так какие тенденции сейчас? Это, в основном, наблюдение за качеством электроэнергии, повышение наблюдаемости за счет развития АСУТП, предотвращение ошибочных действий персонала за счет современных решений предупреждения и логически парамируемых блокировок, пришедшие взамен классическим, реализованным на промышленных реле. Это все, безусловно, направлено на повышение надежности и человеческой безопасности, но и, в свою очередь, требует другого уровня подготовки эксплуатации для полного контроля правильности функционирования процессов, но на деле эксплуатация с введением этих новых технологий уже может выполнять только функцию оператора.

Если коротко, то тенденции следующие:

- Цифровизация подстанций (установка доп. оборудования для контроля и управления подстанцией – датчики, контроллеры, шкафы телемеханики и др.).
- Применение блочных компактных подстанций 20/0,4кВ, 35/0,4кВ в городской застройке (в некоторых



Александр Комаров,
директор по развитию компании
«БалтЭнергоМаш»



Игорь Меркушин,
директор по развитию
ООО «Промышленная группа ТЕСЛА»

городах – например, в Москве, С-Пб). Приближение большего уровня напряжения к центру нагрузки позволяет сократить потери электричества.

- Применение закрытых подстанций 110кВ/10кВ в городской застройке (взамен открытых) стало возможным благодаря уменьшению габаритов оборудования высокого напряжения, которое теперь помещается в компактные здания. Плюсы – это сокращение занимаемой территории, снижение шума, защита электрооборудования от внешних воздействий.

Применение энергосберегающего оборудования в подстанциях (силовые трансформаторы, установки компенсации реактивной мощности – КРМ и др.) приводит к снижению потерь и сокращению затрат на электричество.

Татьяна Дерендяева: В запросах клиентов мы видим требования к автоматизации и цифровизации подстанций. Долгое время производители шли по пути установки отдельного устройства на каждую функцию автоматизации, при этом функции, которые могут выполнять разные устройства, пересекаются и даже дублируют друг друга. В итоге это привело к тому, что оборудование для автоматизации стало так много, что оно перестало помещаться в релейный шкаф. Как следствие – воз-

ники затруднения на этапах монтажа, электромонтажа, наладки и эксплуатации.

Сейчас тенденция такова, что производители приборов и релейной защиты стали унифицировать свое оборудование, появляются многофункциональные блоки, облегчающие производство и наладку.

Игорь Меркушин: По оценкам аналитиков, в ближайшие несколько лет в России ожидается ежегодный рост энергопотребления. Однако износ оборудования составляет порядка 60% от общего числа оборудования, находящегося в работе. В связи с этим ежегодно проводятся мероприятия по модернизации существующих и вводу в эксплуатацию новых подстанций.

На сегодняшний день можно выделить следующие основные тенденции инновационной деятельности в области электрических подстанций:

- совершенствование конструкции и расширение характеристик трансформаторного оборудования;
- внедрение в системы защиты и автоматики цифровых технологий;
- создание высокоскоростных систем связи и передачи данных, обеспечивающих безопасное и надежное соединение.

Андрей Литвиненко: Новые вызовы времени оказывают существенное влияние на преобразования в электроэнергетической системе России, где в настоящее время происходят колоссальные преобразования, которые принципиально и достаточно быстро меняют архитектуру и принципы управления энергосистем. Традиционное вертикальное устройство будет трансформировано в более гибкую, надежную и одновременно более экономичную распределенную систему. Основой для этих изменений стала синергия развития цифровых и энергетических технологий, которая появилась и активно развивается в последние годы.

Происходит смещение основного объема реконструкции от магистральных подстанций, где реновация успешно прошла уже в значительной мере, к распределительным, где доля устаревшей и отслужившей техники пока выше. Становятся более востребованными компактные и недорогие решения, устройства для обеспечения нужд районных сетей, небольших подстанций и т. п.

В то же время происходит замещение импорта, причем по нескольким направлениям. Во-первых, отечественная техника в области РЗА, ПА, учета, телемеханики и других вторичных систем не только догоняет, но и местами превосходит импортную по функционалу и соотношению цена-качество, что делает ее конкурентоспособной. Во-вторых, происходит формальное замещение

импорта изделиями, с отечественными лишь документами о происхождении, – для удовлетворения нужд заказчиков, в принципе блокирующих импортную технику. В-третьих, очень динамично развивается рынок программного обеспечения для энергетики, на котором преимущества отечественной продукции подтверждаются фактическими объемами ее продаж.

При этом активно ведется обсуждение инновационных цифровых сетей, подстанций, стандартов, архитектуры, проектирования, выбора решений и путей внедрения. Вместе с этим все более активно обсуждаются вопросы разработки, создания и внедрения цифровых подстанций (ЦПС), оснащенных современными интеллектуальными устройствами, поддерживающими новые коммуникационные возможности и удовлетворяющими современным технологиям.

Перспективы, открываемые в эпоху цифровой индустрии, – колоссальны!

Сейчас уже очевидными стали тенденции, распространяющиеся на всю электроэнергетическую отрасль:

- готовность инфраструктуры к построению современной цифровой индустрии;
- создание единого информационного поля, включая единую концептуальную цифровую информационную модель (СИМ-модели) всей энергосистемы, а также внедрение технологий информационной безопасности;
- переход к цифровым двойникам с применением принципов автоматизированного риск-ориентированного управления;
- переход к системам интеллектуального управления с интеграцией и объединением различных ИТ-систем на различных иерархических уровнях (SCADA, ГИС, ОЖУР, OMS, DMS, AMI);
- сокращение капитальных затрат (CAPEX) и расходов на эксплуатацию (OPEX);
- создание «умных» сетей (Smart Grid), переход к «Интернету вещей» и «Интернету энергии».

– Насколько активно внедряются цифровые подстанции и каковы перспективы этого направления?

Александр Дягилев: На мой взгляд, цифровые подстанции – это очень объемная, перспективная и активно обсуждаемая тема, о которой можно говорить очень долго. На данный момент это технология будущего, которая становится реальностью. Как мы знаем, цифровыми подстанциями можно считать подстанции, на которых применяется оборудование, поддерживающее стандарты МЭК-61850. Оборудование должно

поддерживать обмен по стандартам МЭК-61850–8–1 (GOOSE, MMS).

Были опасения за проектирование по стандартам МЭК-61850, но эту проблему ФСК ЕЭС решили.

Виталий Балашов: Существующие распорядительные и нормативные документы требуют включения при новом строительстве преимущественно цифровых ПС. Поэтому доля цифровых ПС в общем числе вновь включаемых ПС составляет примерно 50% и больше. Так будет продолжаться и дальше, до изменения нормативных материалов.

Александр Комаров: Цифровая подстанция – это перспективно, это рациональное развитие технологий. Но здесь главное – не начать манипулировать терминологией и применять этот термин ко всем подстанциям, оснащенным телемеханикой и дистанционным управлением. Важно определиться с содержанием, выработать минимальные и достаточные требования к цифровой ПС. И если для подстанций 220–750 кВ такая работа была проведена, то в распределительной сети это только предстоит сделать.

Также на скорость внедрения влияют и экономические параметры: сейчас цифровая ПС обходится дороже обычной, а для распределительной сети разница в стоимости еще более существенна.

Но верится, что с развитием технологий, развитием российского производства решения для цифровой ПС станут доступнее и системное внедрение позволит существенно увеличить надежность и эффективность работы электросетевого комплекса.

Вячеслав Голованов: Цифровая подстанция – этот термин растиражирован, распиарен на всех уровнях, а между тем где есть четкое определение его? Я не встречал документа, ГОСТа, где бы термин был раскрыт полностью. Что мы понимаем под этим термином? Что под этим термином понимают другие? СТО 56947007–29.240.10.265–2019 определяет этот термин как «подстанция электротехнической системы с высоким уровнем автоматизации, в которой процессы информационного обмена между элементами ПС, а также управление работой ПС осуществляются в цифровом виде на основе стандартов серии МЭК 61850».

Так цифровая подстанция – это МЭК 61850? На многих новых объектах, если этот стандарт передачи данных используется, то смело говорят о цифровой подстанции. Хотя повсеместно комплектующих, удовлетворяющих этому стандарту, нет, а те, что есть, по моему мнению, далеки от той надежности по сравнению с классическими устройствами (трансформаторы тока, трансформаторы напряжения, напри-

мер). А самое главное – нет стандартов на эти комплектующие по требованиям МЭК 61850. Конечно, новые документы разрабатываются как стандарты организации ПАО «ФСК ЕЭС», но это документы 2017, 2018 и 2019 годов, абсолютно новые, не введенные как стандарт.

Между тем МЭК 61850 активно продвигается производителями микропроцессорного оборудования, терминаторов защит, устройств автоматики и управления, что, в свою очередь, предъявляет к этим устройствам повышенные требования к производительности, памяти, представлению информации. Да, безусловно, это все имеет свои плюсы в уменьшении сроков монтажа, уменьшении необходимых материалов, многокилометровых трасс вторичных сигнальных проводов, улучшении электромагнитной обстановки. Но есть и минусы, связанные уже с эксплуатацией. Сколько времени проработают эти микропроцессорные устройства – 20, 30 лет? А через 25 лет будет возможность их отремонтировать, заменив процессор?

Всем понятно, что в условиях, когда все микроэлектронные компоненты для этих устройств производятся не в России, гарантировать их продолжительный цикл производства никто не может. Но, между тем, процесс давно уже пошел, он необратим, и цифровые подстанции все активнее и активнее внедряются и будут продолжать развиваться, но уже на другом уровне осознания и реализации.

В настоящий момент проводится дооснащение дополнительных оборудованием существующих подстанций и строительство новых подстанций (построение системы SMART GRID) с минимальным количеством обслуживающего персонала. Данные работы осуществляются в Республике Татарстан (Сетевая компания), Республике Башкортостан (БЭСК) и в других районах РФ.

Татьяна Дерендяева: Мы видим интерес к цифровым подстанциям не только от ФСК, но и со стороны нефтегазового сектора, в меньшей степени – промышленных предприятий. Клиенты задумываются о повышении эффективности, особенно ярко это выражено при размещении объектов в труднодоступных районах, когда обслуживание оборудования слишком затратно как в материальном, так и в физическом плане. На сегодняшний день уже есть реальные внедрения, но проблема в том, что каждый клиент видит цифровизацию по-своему: некоторые после автоматизации одной-двух функций уже считают, что перешли на «цифру».

Однако цифровизация подразумевает не замену оборудования, а значи-

тельную перестройку бизнес-процессов, иначе она попросту не имеет смысла. Эксплуатация цифровых подстанций только тогда будет эффективна, когда полученные данные будут обрабатываться, а решения приниматься и на их основе автоматически или с минимальным участием человека.

Игорь Меркушин: Несмотря на то, что процесс внедрения цифровых подстанций в России запущен относительно недавно, руководители ведущих российских энергетических компаний выделяют это направление в числе главных инновационных технологий, которые способны обеспечить качественно новый уровень функционирования электроэнергетической инфраструктуры. За последние годы в нескольких регионах России были успешно реализованы проекты цифровых подстанций, запущены новые пилотные проекты, которые дают нам понять, что процесс перехода на «цифру» будет развиваться и дальше.

Андрей Литвиненко: В ближайшие годы цифровые решения полностью перевернут наш привычный мир.

Российские электросетевые компании ставят перед собой амбициозные задачи и планируют массовое внедрение инновационных решений на базе цифровых технологий. ПАО «Россети» планирует полностью перейти на «цифру» к 2030 году. Согласно отчетам компании ПАО «ФСК ЕЭС», до 2025 года они планируют реализовать 33 проекта цифровых подстанций с более глубокой степенью цифровизации, а именно внедрением оптических трансформаторов тока.

Однако сейчас счет действующим цифровым подстанциям вряд ли можно довести до двадцати. Десять с трудом наберется. Зато количество опытных полигонов для испытания этой технологии близко, если не превышает это число. Это позволяет утверждать, что на сегодняшний день бессмысленно вообще обсуждать как таковое внедрение цифровых подстанций: происходящее, скорее, является опробованием технологии.

Внедрение ЦПС должно повысить стабильность работы энергосистем и создать возможности для развития распределенной генерации в масштабе от одной станции до целой сети с сотнями объектов, в том числе и на основе возобновляемых источников энергии, – тем самым сформировав экосистему Интернета энергии.

Но перспективы вряд ли появятся до возникновения финансовой выгоды от применения технологии цифровой подстанции. Предпосылками станут только снижение как стоимости соответствующего оборудования, так и работ по внедрению таких объектов, что возможно лишь по мере накопления достаточного опыта на текущем этапе

и в результате формирования кадровой базы.

Пока цифровая подстанция остается технологией вторичных систем, ощущаемое снижение себестоимости подстанции вряд ли возможно. Только применение силовой техники нового поколения обеспечит перспективы данного направления. Здесь речь идет о цифровых измерительных датчиках, умных коммутационных аппаратах, интегрированных с силовой частью систем мониторинга.

Однако вместе с очевидными преимуществами цифровизация несет новые вызовы и риски. В первую очередь – это кибербезопасность. С развитием и массовым внедрением интеллектуальных технологий к Интернету подключаются новые устройства как в промышленности, так и на стороне конечного потребителя. Раньше эти устройства работали «офлайн», к ним невозможно было подключиться и «взломать» удаленно. Из-за этого вопросам их защищенности уделялось не так много внимания, как требуется теперь. Поэтому технологии защиты от взлома Интернета вещей – безусловный приоритет.

Еще один вызов – по мере применения в ЦПС аппаратных компонентов различных производителей и программного обеспечения возникают риски появления не интегрируемых друг с другом технологий, что может повлиять на надежность эксплуатации ЦПС.

Переход к ЦПС неизбежно приведет к реформированию рынка труда. Вырастет спрос на высококвалифицированных специалистов, которые смогут работать и обслуживать цифровые интеллектуальные устройства в составе ЦПС. Это открывает новые возможности для российской системы подготовки кадров для отрасли, которой также предстоит адаптироваться к происходящим трансформациям.

– Какие компоненты должны включать в себя цифровая подстанция и цифровая сеть и чем они отличаются от своих аналоговых версий?

Александр Дягилев: Все устройства должны поддерживать обмен по стандартам МЭК-61850–8–1 (GOOSE, MMS). MMS необходима для обмена с устройствами верхнего, GOOSE – для горизонтального обмена между терминалами РЗА и контроллерами присоединений. Таким образом, мы уходим от дискретных входов и реле микропроцессорных устройств. Для того чтобы обеспечить работоспособность системы РЗА, нужно рассчитывать параметры локально-вычислительной сети (ЛВС). То есть РЗА избавится от дискретных цепей, но будет зависеть от коммуникционной сети подстанции.

Еще один очень важный момент – это информационная безопасность сети подстанции, ведь там, где есть сеть и ОС, есть и угроза вирусов и вредоносного ПО.

Виталий Балашов: В цифровой ПС все должно быть цифровым. И первичное оборудование, и вторичное. И трансформаторы тока, и трансформаторы напряжения. Силовые трансформаторы и автотрансформаторы уже сейчас пытаются делать не из железа, а из электронных компонентов. Пока, правда дорого получается. Система контроля и управления подстанции должна быть цифровой. И охватывать эта цифровая система должна всю подстанцию до самого последнего элемента. Это позволит стать подстанции информационно «прозрачной» и способной к самоуправлению и внешнему управлению. Цифру можно передать в любую точку без искажений и легко обработать для решения технологических задач. Следует избегать ложной цифровизации, когда к электромагнитному трансформатору тока и трансформатору напряжения подключается цифровой блок, преобразующий ток и напряжение в цифру, и эта конструкция объявляется цифровым устройством. Цифровые трансформаторы тока и трансформаторы напряжения должны быть не на электромагнитном, а на другом принципе, когда первичный параметр непосредственно преобразуется в цифру без промежуточного электромагнитного преобразования. Цифровая ПС отличается от аналоговых версий степенью цифровизации. Если на аналоговых ПС цифровые устройства имеются в ограниченном количестве (релейная защита и автоматика, телемеханика, приборы учета и ряд других), то на цифровых ПС царствует ее величество цифра.

Александр Комаров: Разумеется, цифровая подстанция – это полностью автоматизированный объект с возможностью дистанционного мониторинга состояния и управления, но, в отличие от «аналоговых» версий, пусть и оснащенных системами телемеханики, здесь должны присутствовать БОЛЬШИЕ возможности, например: автоматизированный обмен информацией между подстанциями с функциями определения места повреждения и восстановления электроснабжения, полная диагностическая информация об электротехническом и информационно-техническом оборудовании подстанции, широкополосные коммуникационные каналы, наличие «цифрового двойника» подстанции (или конфигурации на базе SCL МЭК 61850) и т. д.

Что касается управления электрической сетью, то на смену традицион-

ным SCADA системам должны прийти масштабируемые интеллектуальные системы SCADA/DMS/OMS/EMS, позволяющие в автоматизированном режиме производить: расчеты потоков распределения мощности в сети, оценку текущего состояния, прогнозирование потребления электроэнергии, управление распределенной генерацией, планировать дальнейшее развитие сети и т. д. Современные системы подобного класса предлагают более 50 интеллектуальных функций по управлению электрической сетью, предиктивной аналитики состояния оборудования и помощи в ликвидации аварий.

Вячеслав Голованов: Что должно быть регламентировано самим стандартом МЭК 61850 – в это вдаваться не стоит, много статей на эту тему написано. Конечно, сравнивать цифровую подстанцию и аналоговые решения – это все равно что сравнивать современное оружие и оружие времен древнего человека.

Актуальнее сравнивать этот стандарт с достаточно популярным предыдущим протоколом МЭК 60870–5–101(104), хотя и это сравнение будет некорректным, ведь сам этот протокол предназначен для передачи данных между аппаратурой РЗА и устройствами системы управления, тогда как стандарт описывает обмен информационными данными в цифровом формате между всеми коммутационными устройствами, устройствами преобразования, управления и т. д.

В этом его отличие, в том числе от аналоговых версий, где передача информации в аналоговом виде до потребителя может дойти в искаженном, измененном значении, что невозможно в цифровом информационном поле.

Цифровая подстанция и цифровая сеть должны включать датчики, электроприводы на коммутационные аппараты, контроллеры, шкафы телемеханики, системы мониторинга и диспетчеризации, специализированные программные продукты и др.

Татьяна Дерендяева: Нужно понимать, что любой датчик так или иначе в своей основе имеет физический процесс, в результате которого получаем аналоговый сигнал. Вопрос в том, где мы преобразуем этот сигнал в цифру. Таким образом, при цифровизации преобразование сигнала в цифру должно быть выполнено в непосредственной близости с источником сигнала. Цепочки передачи аналоговых сигналов должны быть максимально короткими.

Игорь Меркушин: Цифровая подстанция отличается от традиционной высоким уровнем автоматизации, в котором практически все процессы информационного обмена между эле-

ментами подстанции и управлением осуществляются в цифровом виде на основе стандартов МЭК 61850. Поэтому к основным компонентам цифровой подстанции можно отнести:

- цифровые измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- интеллектуальные электронные устройства, к ним относятся устройства защиты (терминалы РЗА), автоматики, телемеханики, измерительные устройства обеспечивающих реализацию стандартов цифровой подстанции согласно МЭК 61850;
- устройства, обеспечивающие информационные связи;
- устройства и системы синхронизации времени.

Андрей Литвиненко: Следует сказать, что все физические величины в природе формируются аналоговыми, с этим нельзя сделать решительного ничего, при этом основным и, по сути, единственным отличительным элементом цифровой подстанции является АЦП.

Говоря о цифровой подстанции, мы по большей части имеем в виду релейную защиту с передачей измерений выборочными значениями (SV) и передачей дискретных сигналов по GOOSE на базе стандарта МЭК 61850. При этом цифровая сеть должна включать в себя в первую очередь инфраструктуру передачи данных, то есть силовую сеть для передачи электрической энергии необходимо в соответствующем объеме дополнить сетью передачи данных должной пропускной способности. Такая сеть позволит вычислительным средствам централизованной либо распределенной автоматики получать исходные данные для управления сетью и выдавать управляющие воздействия.

Аналоговая сеть в силу несовершенства или неполного охвата инфраструктуры передачи данных подразумевает обязательное участие человека в обмене информацией и принятии решений. Цифровая сеть позволит ряд решений и манипуляций переложить на автоматику. Также основным отличием цифровой сети от аналоговой является способ передачи информации и возможность организовать гибко программируемую логику функций автоматики, конструктивно – в меньшей себестоимости за счет применения более компактных и энергоэффективных решений.

Наверное, всерьез говорить о цифровой подстанции стоит, если ее силовое и вторичное оборудование изначально, по своей конструкции, содержит АЦП и цифровой интерфейс, а это коммутационные аппараты и трансформаторы, содержащие встроенные диагностические компоненты, соб-

ственную вычислительную систему для анализа и цифровые выходы, а также цифровые датчики тока, напряжения, температуры и всех прочих измеряемых величин.

При этом следует выделить существенные требования к вторичному оборудованию для цифровых подстанций: сетевым коммутаторам, устройствам синхронизации времени, терминалам релейной защиты, информационным, диагностическим системам. Во-первых, это совместимость оборудования МП РЗА и УСО различных производителей, во-вторых, работа защит при потере синхронизации времени. Если эти требования не будут выполняться, то надежность ЦПС становится под большим вопросом.

Необходимо отметить, что внедрение автоматизированных систем мониторинга и технического диагностирования (АСМД) в составе оборудования ЦПС обеспечит возможность бесшовной интеграции в адаптивные системы управления распределением электроэнергии (ADMS) с поддержкой функционала для систем управления мобильными бригадами и ресурсами (WFM) и систем сбора и обработки данных (SCADA). Когда-то этот функционал будет обязательным для оборудования, готового к адаптивной работе на цифровых подстанциях различных классов напряжения.

В целом же применение интеллектуального оборудования в составе ЦПС позволит расширить функциональные возможности и обеспечить:

- реализацию функций противоаварийной автоматики со снижением и восстановлением нагрузки в автоматическом режиме, в том числе по командам субъекта оперативно-диспетчерского управления;
- повышение надежности ЦПС за счет самодиагностики и самовосстановления после сбоев в работе отдельных элементов ЦПС, автоматического расчета показателей надежности и перераспределение нагрузки путем реконфигурации распределительной сети;
- обработку данных для оперативно-технологического управления сети (ТИ, ТС, ИПУ, ИВК);
- сокращение капитальных затрат (CAPEX) и расходов на эксплуатацию (OPEX).

– Как обеспечить должную степень независимости и безопасности цифровой трансформации в сложившихся политико-экономических условиях?

Александр Дягилев: Следуя Федеральным законам о защите информации в сфере информационной безопасности и здравому смыслу.

Виталий Балашов: Если это вопрос про информационную безопасность или про кибербезопасность, то решением этого вопроса является переход на военные технологии. Оборонка во многих странах является локомотивом развития гражданских технологий. Такое решение позволит как вдохнуть в гражданское производство новые военные технологии, так и увеличить серийность тиражирования военных технологий, что будет стимулом развития оборонки. Использование оборонных электронных компонентов и программного обеспечения позволит полностью реализовать импортозамещение и обеспечить безопасность в сложившихся политико-экономических условиях.

Александр Комаров: Конечно же, развивать компетенцию и производство в России. Особенно критично это в области специализированного программного обеспечения, т. к. здесь развитие идет очень быстрыми темпами и сосредоточены наиболее прогрессивные технологии. В России достаточно много компаний-разработчиков, но подобные разработки – это большие инвестиции в горизонте не менее пяти лет с момента начала до готового продукта, и мало кто решаете начать такую работу, здесь нужна поддержка или государства, или целевого корпоративного заказчика.

Вячеслав Голованов: Это хороший вопрос. Сетевые технологии не стоят на месте, развиваются, совершенствуются, в том числе вводятся новые более совершенные и безопасные алгоритмы передачи данных, но вместе с тем не стоит на месте и сложность кибертехнических атак, в том числе используются и уязвимости на уровне архитектуры микропроцессоров.

Как обеспечить полную кибербезопасность? Наверное, только полной изоляцией этих сетей от передачи данных, но это будет не совсем в рамках самого стандарта о цифровой подстанции. Следующий вариант – это разделение функций на две системы, одна из которых будет изолирована и приоритетна, а вторая – удовлетворять требованиям стандартов МЭК 61850. Таким образом, при совершенствовании самого стандарта будет возможность совершенствовать и эту часть системы, не влияя на первую – закрытую.

Татьяна Дерендяева: Пожалуй, главный вывод, который можно сделать в сложившихся условиях, – это остро назревшая необходимость в замене импортного оборудования отечественным и разработка собственной системы безопасности. Среди российских производителей есть те, кто может качественно решать эти задачи.

Игорь Меркушин: Одним из стимулов инновационного развития и форми-

рования отечественной производственной базы является участие российских компаний в реализации программы по цифровизации отрасли. Привлечение российских проектных институтов, разработчиков и производителей компонентов для цифровых подстанций существенно снизит зависимость от зарубежных поставщиков.

Андрей Литвиненко: В эпоху цифровой индустрии инфраструктурная важность электроэнергетики для существования, жизнеобеспечения и развития государства и общества, а также непрерывность и нераздельность процессов производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии приводит к повышенной значимости задач по обеспечению безопасности, надежности и живучести электроэнергетических систем и их объединений, а также отдельных электроэнергетических объектов.

Говоря о безопасности цифровой трансформации, первое, что мы должны учитывать, это кибербезопасность. Существенно обостряется проблема угрозы кибербезопасности, обусловленная возможными несанкционированными действиями и рядом других причин, связанных с развитием технологий и систем.

Обеспечение кибербезопасности на всем пути цифровой трансформации требует внимания не только к техническим проблемам устройств, но и к организационным вопросам, которые заключаются в разграничении зоны ответственности за обеспечение безопасности. С одной стороны, актуальной задачей является создание национального стандарта, призванного помочь специалистам, занятым в реализации кибербезопасности на подстанциях. Стандарт должен затрагивать и технические аспекты, и аспекты управления кибербезопасностью, а также должен включать в себя положения, касающиеся и устройств, и программных инструментов. С другой стороны, должен быть специальный регулирующий или сертифицирующий орган, который будет проводить проверку и аттестацию оборудования.

Хочется отметить, что аттестация в конечном итоге полностью не спасет! Она может гарантировать, что устройство будет выполнять свои функции, но не может гарантировать, что следующее устройство из партии будет безопасно и не будет содержать в себе «вредоносного червя».

Что касается вопроса о независимости цифровой трансформации – следует применять на цифровых подстанциях оборудование российского производства, вот и вся независимость! Для этого отечественный производитель должен разрабатывать и вы-

пускать оборудование, которое будет совместимым по национальным и международным стандартам, что позволит обеспечить независимость от импортных аналогов и увеличить экспортную конкурентоспособность на внешних рынках.

– Какими должны быть национальные стандарты цифровой подстанции и цифровой электрической сети?

Виталий Балашов: Национальные стандарты должны быть взяты из оборонки. Интернет первоначально разрабатывался для военных. Сегодня без него невозможно представить нашу жизнь. Полагаю, у нас есть свой военный российский Интернет. Если его вывести на гражданку и вокруг него строить цифровизацию, то может получиться не хуже, чем сейчас, когда мы пытаемся приспособиться к зарубежным аналогам и играть по их правилам. В этом случае мы обрекаем себя на роль вторых и вечно догоняющих. Национальные стандарты надо переписать из оборонки. Китай сделал свои национальные стандарты. А что мешает сделать это нам?

Александр Комаров: Стандартны должны отражать потребности рынка и учитывать опыт и отраслевую специфику РФ, содержать четкое описание с перспективой развития технологий. Желательно перенимать иностранный опыт и адаптировать под себя, не создавать все с нуля, учиться на ошибках других. Ведь есть страны, которые продвинулись намного дальше по опыту внедрения, чем мы. Взять тот же Китай, у них уже вторая волна цифровизации в энергетике, опыт первых ошибок пройден, так же и по другим странам.

Вячеслав Голованов: Стандарты однозначно должны быть. Будет ли это полное копирование стандарта МЭК или какой-то свой путь – время покажет. Мое мнение: стандарты в первую очередь должны быть направлены на рост производства в нашей стране (с использованием отечественных материалов, компонентов, комплектующих и технологий), а не на использование компонентной базы для производства других государств. Пусть это будет не так как, у других, но на отечественных схемотехнических решениях и компонентах.

Игорь Меркушин: Стандарт МЭК 61850 довольно подробно определяет вектор развития цифровых технологий в электроэнергетике, ставя во главу угла непоколебимость этих принципов. На сегодняшний день разработана модель организации системы автоматизации подстанций, сформирован набор данных, участвующих в передаче по логической вычислительной сети, сфор-

мулированы требования к протоколам передачи данных.

Андрей Литвиненко: Сейчас очень модно обсуждать тему разработки национальных стандартов цифровой подстанции и цифровой электрической сети. Важно понимать принципиальную разницу между этими двумя документами.

Говоря о стандартах цифровой электрической сети, следует отметить, что РФ со времен СССР и поныне является одним из мировых лидеров в области РЗА, системной и противоаварийной автоматики уровня единой национальной электрической сети. Эти разработки являются уникальными! Поэтому мы должны продолжать традиции и наработки ЕНЭС, совершенствуя и расширяя их благодаря возможностям и перспективам, которые открываются в эпоху цифровой трансформации. Не стоит придумывать велосипед, он и так уже изобретен, достаточно новые международные цифровые инструменты, в разработку и совершенствование которых МЭК вкладывает беспрецедентные трудозатраты, привязать к имеющимся национальным стандартам и наработкам. При этом важно учесть, чтобы национальный стандарт цифровой сети учитывал переходный процесс постепенной оцифровки сети и обеспечивал совместимость технологий для объектов электроэнергетики в масштабах всей страны.

Разработка национального стандарта цифровой подстанции предполагает описание единых требований, которые распространяются на всех российских производителей электрооборудования. Но стоит понимать, что возможным последствием выпуска такого стандарта может стать «железный занавес» для обеих сторон. Во-первых, это приведет к ограничению конкуренции на внутреннем рынке за счет сокращения поставок импортного оборудования и программного обеспечения, не имеющих особенностей национальных профилей. Во-вторых, это лишит отечественное оборудование для ЦПС конкурентоспособности на внешних рынках из-за необходимости реализовывать избыточный функционал для соответствия двум разным стандартам. В то же время не стоит забывать опыт введения заградительных пошлин в отечественной автомобильной индустрии, который показал, что ограничение конкуренции может привести к деградации уровня отечественной продукции. Поэтому национальный стандарт цифровой подстанции может быть универсальным и эффективным, если он будет дополнять и расширять профили международных стандартов. Более того, в рамках СИГРЭ положения национального стандарта могут быть предложены представителями РФ

для интеграции в международные нормы МЭК.

– Сколько будет стоить процесс перевода подстанций на «цифру», сколько он может занять времени?

Виталий Балашов: У нас сейчас порядка 800 ПС в ПАО «ФСК ЕЭС» и 30000 ПС в ПАО «Россети» напряжением 35 кВ и выше. И это не считая ПС других собственников. Кроме того, имеется порядка 2 млн ПС напряжением 6–20 кВ. Чтобы перевести это все на цифру, потребуется много десятилетий. Или больше. Стоить это будет кратно больше годового ВВП России. Во сколько раз больше, сегодня сказать не могу.

Александр Комаров: Сложный вопрос, требующий однозначно больших инвестиций и комплексного системного подхода. По нашим оценкам, исходя из общего количества подстанций в РФ и степени их готовности к «цифре», это порядка 1,5 трлн рублей без учета инфляции. Это не означает, что завтра нужно инвестировать данную сумму и мы получим везде «цифру», нет – это должен быть планомерный процесс модернизации и строительства согласно стандартам цифровой подстанции. По длительности, опять же исходя из здравого смысла и процесса производства работ в электрических сетях, не менее 15 лет при наличии финансирования и системного подхода.

Вячеслав Голованов: Сколько будет стоить? Сегодня, пока нет стандартов, – цены варьируются в огромном диапазоне. А по времени, все это займет еще не одно десятилетие.

Татьяна Дерендяева: Если говорить о сроках, то физически оснастить подстанцию цифровым оборудованием можно уже сегодня. Другое дело, что супер-эффекта от этого не будет, пока пользователи оборудования не пересмотрят свои бизнес-процессы, о чем уже говорилось выше. Мало собирать данные, главное – их применение при эксплуатации оборудования. Что касается стоимости – она сопоставима, то есть многофункциональный блок будет стоить примерно столько же, сколько установка независимых устройств по принципу «одно устройство – одна функция».

Игорь Меркушин: Стоимость перевода существующих подстанций в цифровые потребует больших капиталовложений.

По данным компании ПАО «Россети», концепция цифровизации электросетей в России стоимостью 1,3 трлн рублей проходит согласование.

Согласно плану, реализация концепции будет разделена на три этапа. Первый этап должен быть реализован до 2023 года, второй – до 2025 года, третий – до 2030 года.

Андрей Литвиненко: Большинство подстанций в РФ, построенных в 2000-е на базе микропроцессорной техники, не нуждаются в глобальном переводе, разве что в незначительной доработке. Они достаточно оснащены для работы в составе цифровой сети, «умных городов» и прочих перспективных технических новинок.

Применение технологий цифровой подстанции для новых и реконструируемых подстанций оправдано лишь при наличии экономического эффекта от цифрового перехода. Никто не готов строить в убыток ради технического изыска, да и цифровизация ради цифровизации никому не нужна.

Так что следовало бы оценить: «Сколько принесет перевод подстанций на цифру?»

По приблизительным подсчетам цифровые ПС по капитальным затратам (CAPEX) не уступают традиционным затратам (OPEX) ожидается экономия до 20–30%. В то же время удешевление оборудования – лишь вершина айсберга: после цифрового перехода подешевеет проектирование, перейдя в электронный вид, а затем и наладка с испытаниями, благодаря копированию программного кода цифровых устройств. Единицы и ноли не меняются при копировании, нет шанса неверно сфазировать цифровой датчик.

В итоге стоимость автоматизации управления ЦПС составит не более 15 процентов от стоимости ее строитель-

ства и оснащения первичным оборудованием. С точки зрения надежности цифровая подстанция выигрывает за счет меньшего количества элементов и использования средств мониторинга и диагностики.

Следует отметить, что времени до полного перехода к созданию только цифровых подстанций потребуется порядка 20 лет, пока сегодняшние выпускники вузов пройдут путь до главных инженеров сетевых предприятий. Как однажды те, кто программировал на первых ЭВМ «ассемблер» и «фортран», предпочли микропроцессорные терминалы электромеханике, так же и сегодняшние поклонники «малинки» и «ардуино» однажды откажутся от аналоговой передачи данных.

19–21*
МАЯ 2020

* Возможны изменения в сроках проведения мероприятия

КЛЮЧЕВАЯ ПЛОЩАДКА СФЕРЫ ТЭК

РМЭФ
Российский Международный Энергетический Форум

XXVI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ufi Approved Event

ENERGYFORUM.RU
rief@expoforum.ru
+7 (812) 240 40 40, доб. 2160, 2168

EXPOFORUM

ENERGETIKA-RETEC.RU
energo@restec.ru
+7 (812) 303 88 68

РЕСТЭК®
выставочное объединение

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

18+