

# Автоматизация в электроэнергетике

Наша традиционная встреча экспертов за «Круглым столом» сегодня посвящена такой актуальной теме как «Автоматизация в электроэнергетике». В чем отраслевые особенности? Как выбрать технологическое решение и не прогадать? Как решать вопросы безопасности? Что могут предложить отечественные разработчики?

Об этом и многом другом говорим сегодня с экспертами.

**Владимир Закускин**, советник генерального директора Группы компаний ИЕК, член промышленного Совета союза Worldskills

**Алексей Горячев**, генеральный директор группы компаний «Меридиан»

**Дмитрий Вольский**, директор по инжинирингу ООО «ПАРМА», генеральный директор ООО «Сеть-Автоматика»

**Юрий Бубнов**, системный инженер ЗАО «НПФ «ЭНЕГОСОЮЗ»

**Михаил Кондрашин**, технический директор Trend Micro в России и СНГ

**Юрий Виноцкий**, главный технолог Управления НИОКР и технического развития «Русэлпром»

*– Какие аспекты автоматизации в современной российской электроэнергетике сегодня наиболее актуальны, по вашему мнению?*

**Владимир Закускин:** В современной электроэнергетике сегодня наиболее актуальны те же тенденции, что и в промышленности – полная автоматизация технологических процессов, прогнозирование развития ситуации на основе накопления больших объемов данных. Для электроэнергетики понятия «цифровые сети» и «цифровая подстанция» уже стали реальными объектами. Но развитие и масштабирование данных технологий требует новых решений, которые находятся на стыке нескольких отраслей: энергетики, автоматизации и телекома.

**Алексей Горячев:** Наиболее актуальным аспектом автоматизации в российской электроэнергетике по-прежнему остается осторожное отношение к внедрению современных и передовых технологий со стороны эксплуатирующих организаций. Современные технологии уже сегодня позволяют минимизировать человеческий фактор в электроэнергетике и в свою очередь, резко поднять производительность труда. Как известно, 95% аварийных ситуаций в отрасли происходит по вине человека. Все вновь вводимые объекты уже сейчас являются «необслуживаемыми».

Но процент новых и подвергшихся реновации объектов пока еще мал.

**Дмитрий Вольский:** Автоматизированное диспетчерское управление распределительными сетями 6–35 кВ, контроль качества электроэнергии на вводах крупных и средних потребителей, замена электромеханической РЗА на подстанциях 35–110 кВ, системы мониторинга переходных режимов на электростанциях и крупных подстанциях, централизованные системы противоаварийной автоматики, внедрение технологий интеллектуального управления электрическими сетями.

**Юрий Бубнов:** Я бы выделил следующие аспекты:

- Применение методов компьютерного моделирования при проектировании энергосистем (model-based systems engineering);
- Учет технологических особенностей функционирования распределенной генерации в составе ЕЭС;
- Унификация информационных моделей устройств (МЭК61850, Comtrade);
- Повышение надежности систем передачи данных;
- Применение отечественных микропроцессоров и доверенных операционных систем.

**Юрий Виноцкий:** Внедрение современных систем автоматизации крайне необходимо для повышения надежности работы ЕНЭС. Этот вывод подтверждается и утверждением Программы Энерджинет, направленной на существенную модернизацию отечественных технологий в сфере интеллектуальной энергетики и обеспечение выхода российских компаний на лидерские позиции на новых мировых высокотехнологических рынках энергетики будущего.

Наиболее важными составляющими необходимой автоматизации являются защита и оптимизация режимов работы генерирующего оборудования и всех линий передач. Повышение надежности достигается внедрением современных методов мониторинга технического состояния оборудования, совершенствованием технологического ремонта путем внедрения так называемых ремонтов «по

состоянию» элементов. Важнее всего – цифровизация защит и управления режимами работы энергосистем и отдельных генерирующих объектов. Практика показывает, что основные усилия разработчиков концентрируются на реализации интеллектуальной защиты силовых трансформаторов, выключателей подстанций, системам измерения на подстанциях и линиях электропередач.

*– В чем отраслевые особенности автоматизации в электроэнергетике?*

**Владимир Закускин:** Обсуждая особенности следует выделить критерии, по которым оборудование может быть рекомендовано для применения в электроэнергетике:

- надежность – все объекты энергетики имеют жизненно важное значение;
- масштабируемость – количество модулей релейной защиты, счетчиков электрической энергии, а также более сложных комплексных узлов – шкафов управления, может достигать и нескольких тысяч, и миллионов устройств, вся эта система должна всегда функционировать без сбоев;
- качество – влияет на срок службы оборудования и на количество аварийных ситуаций, возникающих из-за оборудования;
- защищенность – прибор должен быть надежно защищен практически от всех видов воздействия: электромагнитного, механического, климатического, кибернетического.

**Алексей Горячев:** Особенностью автоматизации электроэнергетики в России, да и в мире, стало широкое применение протокола МЭК 61850. На этот протокол перешли как зарубежные, так и отечественные производители средств автоматизации, такие как «ЭКРА» или «Релематика» из города Чебоксары. Не отстают от них и производители из Санкт-Петербурга и Москвы. На основании данного протокола родилась концепция цифровой подстанции. Для массового внедрения этой концепции необходимо еще много сделать и изменить взгляд на развитие электроэнергетики в целом. Думаю, что нам всем



**Владимир Закускин,**  
советник генерального директора Группы компаний ИЕК, член промышленного Совета союза WorldSkills



**Юрий Бубнов,**  
системный инженер  
ЗАО «НПФ «ЭНЕГОСОЮЗ»

предстоит большая и интересная работа по осуществлению этих планов.

**Дмитрий Вольский:**

- 1) Высокая скорость протекания переходных и аварийных процессов, одновременно затрагивающих большое число связанных объектов, требует быстрой оценки и реакции на происходящие события, поэтому исключительно важными являются параметры быстрейшего действия и производительности систем автоматизации, точной привязки событий ко времени, специфических способов обработки и визуализации огромных массивов информации.
- 2) Большая территориальная распределенность Российской энергосистемы, распространяющаяся также на удаленные и труднодоступные регионы, предъявляет повышенные требования к системам связи и передачи данных.

**Юрий Бубнов:**

- Развитость теории и математического аппарата,
- Зрелость системы регулирования,
- Устоявшаяся структура рынка.

**Юрий Виницкий:** Электроэнергетика в такой огромной стране как Россия имеет существенные особенности, связанные с протяженностью линий электропередач, с различными источниками генерирования (газотурбинные и парогазовые установки, паросиловые энергоблоки, возобновляемые источники энергии и др.). Генерирующие мощности объединены в Единую Национальную Энергосистему (ЕНЭС) России, поэтому изменения в режимах работы скажем



**Алексей Горячев,**  
генеральный директор группы компаний «Меридиан»



**Юрий Виницкий,**  
главный технолог Управления НИОКР и технического развития «Русэлпром»

на Дальнем Востоке может влиять на режим работы в Калининграде. Единая энергосистема в России построена таким образом, чтобы минимизировать или вообще исключить такие колебания в режимах, а для решения этой очень сложной задачи как раз и необходима максимальная автоматизация – релейной защиты, противоаварийной и режимной автоматики, технологической автоматики электростанций.

**– Какие задачи в первую очередь должна решать автоматизация на электроэнергетическом предприятии?**

**Владимир Закускин:** Автоматизация позволяет в первую очередь решать такие задачи: повышение надежности и снижение влияния «человеческого фактора» при принятии решения; диагностика оборудования, основанная на данных о его использовании и режимах работы; расширение возможностей оборудования, например, как при использовании в схемах АВР логических реле ТМ ONI.

**Алексей Горячев:** Существует целый ряд вопросов, которые призвана решать автоматизация электроэнергетического предприятия: позволяет существенно повысить защиту энергосети от перегрузок, коротких замыканий, скачков напряжения; обеспечить нормальный уровень напряжения и бесперебойного питания потребителей; минимизировать потребление электроэнергии; предотвратить, локализовать и



**Дмитрий Вольский,**  
директор по инжинирингу  
ООО «ПАРМА», генеральный директор  
ООО «Сеть-Автоматика»

снизить последствия аварий; автоматизировать управление питанием оборудования; автоматизировать учет энергопотребления.

Однако есть и целый ряд более общих проблем, которые необходимо решить:

Первая – это недостаточно высокая производительность труда в виду того, что количество энергетических мощностей, не требующих частого вмешательства человека, только начинает увеличиваться.

Вторая – это отсутствие необходимого количества квалифицированного персонала на разных уровнях энергокомпаний. Это связано с несколькими факторами:

1. Отсутствие конкуренции внутри коллектива энергокомпаний. Количество специалистов, которые прошли все ступени развития от рядового монтера стремительно тает, на рынке ощущается нехватка квалифицированных кадров. Узкопрофильные специалисты с большим опытом знают поименно, и найти такого сотрудника в открытом поиске практически невозможно.
2. Система образования не ориентирована на то, чтобы готовить высокопрофессиональные кадры. Многие заведения среднего профессионального образования были ликвидированы или реорганизованы. Если говорить в целом по отрасли, то на рядовых специальностях задействованы, в основном, те, кто имеет либо непрофильное образование, либо не имеет его совсем и обучается уже в процессе трудовой деятельности, проходит кратковременное обучение в различных учебных центрах, получая необходимые допуски уже по ходу работы.
3. Высокий уровень травматизма по отношению к другим отраслям промышленности, что вытекает из первых двух пунктов (выше только в угольной и транспортной промышленности).

Таким образом, автоматизация позволит: значительно сократить контакт человека с электричеством, что приведет к снижению травматизма; повысить квалификацию и материальное вознагражде-

ние персонала, за счет уменьшения числа «случайных людей»; повысить производительность труда, снизить время от появления заявки до выполнения работ.

Кроме того, существует и целый ряд косвенных выгод. Например, рост интереса к энергетике со стороны молодежи, за счет применения современных разработок; развитие технологий, которые могут применяться и в смежных отраслях, таких как металлообработка, химия, логистика и др. И, в конечном итоге, уменьшение тарифов для населения, в связи со снижением себестоимости кВт ч, потерей в Сети и издержек обслуживания.

**Дмитрий Вольский:**

- 1) предотвращение опасных и аварийных ситуаций;
- 2) повышение безопасности и улучшение условий труда персонала предприятия;
- 3) обеспечение надежного и бесперебойного электроснабжения;
- 4) повышение энергетической эффективности, снижение потерь;
- 5) увеличение сроков эксплуатации основного оборудования.

**Юрий Бубнов:** Электроэнергетика является обеспечивающей системой для промышленных предприятий, транспорта и других процессов, приносящих прибыль собственнику. Основное требование к системам электроснабжения – бесперебойность, и задачей является сокращение количества аварий и сокращение времени простоя. Для решения этих задач применим широкий спектр организационных и технических решений – от риск-менеджмента до резервирования источников энергии.

**Юрий Виноцкий:** Основной задачей является повышение устойчивости работы генерирующего оборудования, статической и динамической устойчивости энергосистемы, поэтому усилия разработчиков направлены на создание микропроцессорных устройств, обеспечивающих повышение быстродействия функционирования релейной защиты распределительных устройств электрических станций, оптимизацию архитектуры построения комплексов РЗА, адаптированной к условиям работы в ЕНЭС России. Еще одна составляющая – создание экспертных диагностических систем, которые на первом этапе выдают экспертную оценку состояния оборудования с прогнозированием сроков его возможного отказа, а в последующем автоматически формирует команды на принудительное изменение режима (включение, отключение, изменение нагрузки...). Важным является внедрение системы управления надежностью и эффективностью активов. В первую очередь это достигается за счет повышения качества планирования ремонтных воздействий, при котором должны учитываться факторы риска, связанные

с каждым обслуживаемым объектом, а также имеющиеся финансовые и производственные ограничения. Такая система должна повысить эффективность принятия решений в области управления производственными фондами, грамотнее оценивать риски, связанные с эксплуатацией фондов, планировать затраты на развитие и содержание фондов. Контролировать эффективность этих затрат. Такая работа в настоящее время также проводится в Русэлпро.

*– Какие новые средства измерения и учета энергии и технологии энергосбережения сегодня наиболее интересны?*

**Владимир Закускин:** Прежде всего перед сетевыми и сбытовыми компаниями стоит вопрос достоверности и актуальности данных. Для учета энергоресурсов необходимы устройства, которые обеспечивают дистанционный контроль показателей в реальном времени.

**Дмитрий Вольский:** Наиболее перспективными средствами измерений могут являться приборы синхронизированных векторных измерений электрических величин, а также многофункциональные приборы, объединяющие функции измерений, учета и анализа качества электроэнергии на присоединении.

**Юрий Бубнов:** Работа по стандартам энергоменеджмента ISO 500xx.

Работа по ГОСТ Р 56743–2015 «Измерение и верификация энергетической эффективности».

Механизмы энергосервиса и лизинга. Электронные измерительные трансформаторы.

Широкий спектр технологий энергосбережения. См. опыт Магнитогорского металлургического комбината.

**Юрий Виноцкий:** Если говорить о мониторинге состояния оборудования и развитии экспертно-диагностических систем, то следует обратить внимание на совершенствование спектральных методов анализа вибрационного состояния электрических машин и агрегатов. Успешное применение таких методов подтверждено практикой, в том числе и работами Русэлпро.

*– На какие технологии контроля и управления производственными процессами сегодня стоит обратить внимание?*

**Дмитрий Вольский:** Продолжение внедрения активно-адаптивных технологий управления режимами работы электрических сетей и централизованных систем противоаварийной автоматики, базирующихся на векторных измерениях параметров в различных точках энергосистемы.

**Юрий Бубнов:** Прежде всего на технологию Machine Learning, это класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которого является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решению множества сходных задач. Для разработки используется средства математической статистики, численных методов, теории вероятности, графов и др.

*– Как выбрать такие технологические решения? Что учесть?*

**Дмитрий Вольский:** Перечисленные выше технологии должны опираться на крепкий фундамент современного первичного оборудования и микропроцессорных средств автоматизации на каждом энергообъекте. При внедрении подобных систем должны быть учтены все риски, связанные с надежностью и безопасностью централизованного автоматизированного управления и приняты необходимые меры защиты от системных аварий.

**Юрий Бубнов:** Применять методы системной инженерии (Systems Engineering). Поясню.

Технологические решения определяются исходными требованиями и принятыми архитектурными решениями, которые и необходимо учесть. Всесторонне обосновать применение той или иной технологии позволяют методы системной инженерии (Systems Engineering) для управления жизненным циклом продукции. Системная инженерия – это междисциплинарный подход и способ обеспечения воплощения успешной системы. Для начала из приведенного определения следует необходимость определения критериев успеха и выгодоприобретателей. И так далее по модели жизненного цикла. Подробно этим вопросом занимается Международный совет по системной инженерии (<http://www.incose.org/>), имеющий и в России активно работающее отделение (<http://incose-ru.livejournal.com/>).

*– Как проходит процесс импортозамещения на рынке современных информационно-управляющих и телекоммуникационных систем в энергетике? Есть ли современные и надежные решения от российских производителей?*

**Алексей Горячев:** Широко развивается рынок РЗА, где возможности российских производителей позволяют успешно заместить зарубежное оборудование. Появляются новые разработки в сфере систем телемеханики и автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) для подстанций магистральных и распределительных сетей, а также систем обмена техноло-

гической информацией с автоматизированной системой системного оператора для объектов генерации, различные программно-технические комплексы с большим количеством нового функционала.

Хотя, в целом, процесс импортозамещения идет непросто. По сути, в отрасли долгое время складывалась практика собирать средства автоматизации из импортных комплектующих. При этом необходимо отметить, что доля отечественных комплектующих растет из года в год, но по основным узлам пока остается недостаточной. Многие российские производители, помня о постсоветском периоде упадка экономики, когда выжили крупные заводы, как правило, сырьевого сектора, стремятся стать монополистами в своем сегменте рынка. При этом количество затрат на модернизацию существующих решений и разработку новых остается недостаточным (это справедливо для высокотехнологичных отраслей промышленности, для сырьевого сектора и тяжелого машиностроения это не актуально). За счет чего это происходит? Производители стремятся собрать шкаф, стоимость комплектующих в шкафу разная. Около 60% шкафа – это высокотехнологичные устройства: РЗА, ПА, АСУ, АИИСКУЭ. Остальные 40% – это металл, провода, клеммы и др. Но при этом нужно иметь достаточно большой штат конструкторов, монтажников, приемщиков, кладовщиков, начальников, содержать производственную базу. Если убрать от разработчика эти функции и оставить только разработку и продажу высокотехнологичных устройств, то резко вырастет фонд на разработки. А кто будет собирать шкафы? Конечно, такая ситуация приведет к появлению на рынке новых игроков. Это повысит конкуренцию среди производителей уже готовых изделий, приблизит их к заказчику, избавит разработчика от проблемы сбыта готовых шкафов, и снизит итоговую стоимость готового изделия, и, естественно, повысит долю отечественной hi-tech продукции. Здесь появляется вопрос гарантии. Завод дает гарантию только на свое оборудование и не более установленного срока, к тому же есть много «но», которыми пользуются производители. После отгрузки шкафа на объект, его монтируют и настраивают совсем другие люди и организации, которые и несут ответственность за ввод оборудования, его адекватную работу в составе комплекса автоматизации энергетической компании. Для этого в России существует приемки средств автоматизации в эксплуатацию, который еще никто не отменял.

**Дмитрий Вольский:** По нашему мнению, высококачественные российские продукты есть во всех без исключения сферах автоматизации электроэнергетики. Более того, отечественное обо-

рудование и программное обеспечение аккумулировало в себе почти столетний опыт управления самой протяженной в мире энергосистемой.

**– Насколько безопасно для предприятия внедрение современных систем автоматизации с точки зрения киберзащиты?**

**Владимир Закускин:** Сегодня наблюдается бурное развитие технологий, связанных с концепцией Индустрии 4.0. Устройства с интерфейсами связи, через которые происходит обмен данными со смежным оборудованием, устанавливаются повсеместно. С увеличением количества коммуникаций и устройств с различными возможностями связи, возрастает и угроза кибербезопасности не только локального оборудования, но и всего предприятия, а также окружающей его среде. Без защиты от киберугроз невозможно создание доверенной среды, в которой смогут работать сотни устройств и пересекающихся информационных потоков. IT-профессионалы уже создали различные защищенные протоколы и механизмы, но потребность в них скоро вырастет в тысячи раз.

Ранее считалось, что защита киберпространства промпредприятия обеспечивается в основном путем физической изоляции систем, через так называемые «воздушные зазоры», и применением подхода security by obscurity – безопасность через неясность. Сегодня этого стало недостаточно. Разработкой систем кибербезопасности занялись ведущие мировые компании, специализирующиеся на защите данных. Они создают целые подразделения по защите промышленных данных и выпускают специальные продукты, которые призваны обеспечить киберзащиту промышленных объектов совместно с сертифицированным промышленным оборудованием.

Также на актуальность и сложность вопроса кибербезопасности указывает тот факт, что в России появился целый ряд нормативных актов:

Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации»,

Федеральный закон от 26 июля 2017 года № 193-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации»,

Федеральный закон от 26.07.2017 № 194-ФЗ «О внесении изменений в Уголовный кодекс Российской Федерации и статью 151 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации в связи с принятием Федерального

закона «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

Можно также отметить, что обеспечение кибербезопасности не ограничивается только установкой специального ПО. Необходимо повышать культуру персонала в отношении к безопасности АСУ ТП.

Внедрив специализированные системы и оборудование, а также повысив культуру персонала, можно значительно снизить риски возникновения киберинцидентов на предприятиях электроэнергетики.

**Дмитрий Вольский:** При соблюдении таких правил, как выделение отдельных физических или логических сетей для передачи технологической информации, ограничении физического доступа к сетевой инфраструктуре для посторонних лиц, разграничении прав доступа для разных категорий сотрудников предприятия, использовании только проверенных программных продуктов и средств аппаратной и программной защиты, использование современных технологий, включая Web, не будет представлять существенной опасности для систем автоматизации и предприятия в целом.

**Юрий Бубнов:** Расчета надежности систем не производится. Применение современных систем автоматизации требует применение и современных систем киберзащиты. Явный запрос на обеспечение киберзащиты объектов электроэнергетики практически отсутствует.

**Михаил Кондрашин:** Последние годы в наших исследованиях в области безопасности мы уделяем все больше внимания промышленным системам автоматизации. Результаты удручающие. В оборудовании практических всех разработчиков, включая самых именитых, были выявлены уязвимости, которые при определенных условиях позволяют злоумышленникам вмешиваться в работу. Для безопасного внедрения средств автоматизации требуется, во-первых, выносить промышленные информационные системы в автономные сетевые сегменты, а во-вторых, в обязательном порядке размещать в этих сегментах системы обнаружения и/или предотвращения вторжений от поставщиков, которые располагают технологиями анализа специализированных промышленных протоколов.

**Юрий Виницкий:** Статистика ICS-CERT за 2015 год по киберинцидентам на объектах критической инфраструктуры \ США показывает, что 46% из зафиксированных 295 случаев произошли в области электроэнергетики. Важнейшей мерой защиты является активный мониторинг систем и сетей. Это также относится и к непрерывному мониторингу состояния физического оборудования.