

# МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ



ЗАМЕСТИТЕЛЬ МИНИСТРА ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Андрей Владимирович Черезов

В настоящее время в связи с постоянным усложнением объектов управления в экономике выдвигаются новые требования к адаптивности обеспечивающих инфраструктур к меняющимся условиям для поддержания надежности и эффективности работы отраслей и отдельных производств.

Растущая сложность создания и поддержания в рабочем состоянии современных масштабных информационных управляющих комплексов, а также порог возможности сбора, обеспечения целостности и эффективной обработки информации диктуют необходимость пересмотра и адаптации систем технологического управления.

Одним из важнейших новых технологических подходов, призванных привести в соответствие с усложнением объекта управления управляющие системы, является использование мультиагентных систем, современного концептуального направления информатики, развивающегося на стыке теории автоматов, сложных систем и искусственного интеллекта. Свое применение этот подход нашел прежде всего в организации сложных социотехнических систем, а также критически важных инфраструктур, для которых критерии надежности и живучести находятся на первом месте.

Данный вид систем обладает следующими характерными свойствами:

- адаптивность к изменениям внешней среды, структуры и состояния объекта управления;
- саморазвитие;
- скорость принятия агентами самостоятельных решений;
- высокая живучесть систем;
- возможность модификации как параметров, так и структуры самой системы управления непосредственно в процессе ее работы;
- снижение зависимости от человеческого фактора.

1



2



А.В. ЧЕРЕЗОВ ДАЕТ ИНТЕРВЬЮ ПРЕДСТАВИТЕЛЯМ СРЕДСТВ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

В электроэнергетике данное направление стало развиваться с момента появления идеологии Smart Grid.

Причины возникновения новой идеологии связаны в первую очередь с тем, что последние десятилетия прогнозируемое развитие во всем мире характеризуется возникновением целого ряда факторов, определяющих необходимость кардинальных преобразований в электроэнергетике:

- постоянное повышение стоимости электроэнергии во всем мире;
- необходимость повышения энергетической и экологической эффективности электроэнергетики;
- рост требований потребителей к надежности и качеству электроснабжения;
- снижение надежности энергоснабжения;
- изменение условий функционирования рынков электроэнергии и мощности.

Результаты исследований за рубежом показали, что учет всех факторов развития электроэнергетики в будущем требует изменения принципов и механизмов ее функционирования, способных обеспечить общественное развитие, прорывное повышение потребительских свойств и эффективности использования энергии. Это решение потребовало разработки новой концепции инновационного развития электроэнергетики, которая, с одной стороны, соответствовала бы современным взглядам, целям и ценностям социального и общественного развития, а с другой – максимально учитывала основные тенденции и направления научно-технического прогресса во всех отраслях, сферах жизни и деятельности общества. Такой концепцией и стала Smart Grid.

Концепция Smart Grid получила признание и развитие во всех крупных индустриально развитых и динамично развивающихся странах. Имеются уже и реальные примеры использования мультиагентных систем для решения различных практических задач управления в энергосистемах США, Японии, Индии, Китая, стран Евросоюза.

Можно констатировать, что данное направление находится на передовой линии исследований, разработок и опытного внедрения в электросетевом комплексе и при этом формирует мейнстрим будущих технологий энергетики в целом.

Особый интерес к мультиагентному подходу в электросетевом комплексе связан в том числе и с проблемами отраслевого технологического развития.

С ростом малой и альтернативной энергетики, распределенной генерации появляются новые элементы системы – активные потребители и потребители «цифрового» спроса, технологии, основанные на накопителях электроэнергии (аккумуляторные источники большой мощности, электромобили и т.п.). В результате либерализации электроэнергетики владельцами различных энергетических объектов стали субъекты, преследующие различные цели и задающие специфические требования к эксплуатации данных объектов.

Всё это ставит сложные задачи по адаптации электрических сетей под запросы потребителей, по организации целенаправленного развития и единого технологического управления.



3



НА ВСЕРОССИЙСКОМ СОВЕЩАНИИ «ОБ ИТОГАХ ПРОХОЖДЕНИЯ  
СУБЪЕКТАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ОСЕННЕ-ЗИМНЕГО ПЕРИОДА 2013/14 ГОДА»  
18 АПРЕЛЯ 2014 ГОДА

Для распределительных сетей в первую очередь стоит задача кардинального пересмотра архитектуры технологических управляющих систем ввиду перехода архитектуры построения распределительных сетей от ориентированной на однонаправленный поток энергии к двунаправленному.

Для магистрального комплекса на первый план выходят задачи повышения маневренности, эффективности и использования потенциала оборудования сети в условиях возможных резких переменных нагрузок. В долгосрочной перспективе проблемы функционирования и развития энергосистемы всё больше будут решаться за счет развития информационно-коммуникационных технологий и связанных с ними новых подходов к технологическому управлению.

Все вышеперечисленные тенденции и необходимые решения значимы и для России.

Для отечественной электроэнергетики в силу ее особенностей целесообразна интеллектуализация всего сетевого хозяйства как основа проведения единой технической политики и обеспечение доступности электросетевой инфраструктуры.

При этом под интеллектуализацией надо понимать не просто совершенствование или даже глубокую информатизацию отдельных установок и подсистем, а новую эффективную «цифровую» организацию управления данными и оборудованием на всех стадиях жизненного цикла, что потребует переосмысления части процессов и подходов для обеспечения эффективной организации и технологичности.

Подтверждением актуальности такого подхода для российской энергетики служит, например, тот факт, что еще в 2010 году ОАО «ФСК ЕЭС» в качестве своего стратегического приоритета в инновационно-технологическом развитии определило переход к интеллектуальным сетям.

В Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации, утвержденной 3 апреля 2013 года, в качестве одного из способов долгосрочного обеспечения надежного, качественного и доступного энергоснабжения потребителей определено создание интеллектуальной энергетической системы с активно-адаптивной электрической сетью.

Интеллектуальная энергетическая система с активно-адаптивной электрической сетью представляет собой электроэнергетическую систему нового поколения, основанную на мультиагентном принципе организации и управления ее функционированием и развитием с целью обеспечения эффективного использования всех ресурсов (природных, социально-производственных и человеческих) для надежного, качественного и эффективного энергоснабжения потребителей за счет гибкого взаимодействия всех ее субъектов (всех видов генерации, электрических сетей и потребителей) на основе современных технологических средств и единой интеллектуальной иерархической системы управления.



В этой системе важная роль отводится активно-адаптивной электрической сети как технологической инфраструктуре электроэнергетики, собственно наделяющей интеллектуальную энергосистему принципиально новыми свойствами.

Активно-адаптивная сеть представляет собой совокупность подключенных к генерирующим источникам и потребителям энергии элементов электрических сетей и систем управления, включающих:

- линии электропередачи с управляемым изменением характеристик (активных и реактивных составляющих сопротивлений), а также системы контроля их состояния (стрел провеса, гололедообразования, систем защиты от разрядов и перенапряжений и др.);
  - устройства электромагнитного преобразования электроэнергии с широкими возможностями регулирования параметров (напряжения по модулю и по фазе, мощности активной и реактивной, преобразования рода тока – переменного и постоянного и др.), а также средства накопления и аккумулирования энергии;
  - коммутационные аппараты с высокой отключающей способностью и большим коммутационным ресурсом;
  - исполнительные механизмы, позволяющие в реальном времени воздействовать на активные элементы сети, изменяя ее параметры и топологию (конфигурацию и сопротивление);
  - датчики положения и текущих режимных параметров в количестве, достаточном для обеспечения оценки состояния сети в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах работы энергосистемы, с высокой скоростью съема показаний в цифровом виде;
  - современные цифровые устройства защиты и автоматики;
  - информационно-технологические и управляющие системы, в том числе программное обеспечение и технические средства адаптивного управления с возможностью воздействия в реальном времени на активные элементы сети и электроустановки потребителей;
  - быстродействующую многоуровневую управляющую систему с соответствующим информационным обменом для управления и контроля состояния системы в целом, ее частей и элементов с различными временными циклами для разных уровней управления.
- Мультиагентный подход предполагает решение следующих групп задач:
- создание самоорганизующихся систем сбора технологической информации;
  - создание структурированной информационно-технологической среды;
  - разработка пакета взаимосвязанных приложений по обработке данных;
  - реализация адаптивной системы технологического управления и регулирования.

Задачи первых трех групп в настоящее время достаточно широко отработаны и используются в информационной сфере, что нашло отражение в реализации таких концептов и методов работы, как самоорганизующиеся «ячеистые» Mesh-сети радиодоступа, RFID-технологии, Grid- и Cloud-технологии, Data Mining.

Создание систем технологического управления нового типа – задача, связанная с энергетической безопасностью. Здесь готовых ответов от смежных сфер нет и можно использовать только удачные аналогии и развивать математическую и аналитическую базы, в том числе и на основе мультиагентного подхода.

В целом для энергетиков использование средств децентрализованного управления не является чем-то новым. Требования к скорости процессов в энергосистемах всегда определяли необходимость широкого использования локального управления с общей координацией через заданные параметры (уставки) и алгоритмы работы автоматических устройств. Так была выстроена система релейной защиты с взаимным резервированием, система автоматической частотной разгрузки, система регулирования напряжения с локальными регуляторами и т.д. Вместе с тем сегодня процесс перенастройки и смены уставок локальных регуляторов связан с длительными расчетно-аналитическими задачами и технологическими операциями по параметрированию. Нередко это становится причиной технологических нарушений, а по причине длительного цикла адаптации схемы под режимные условия схема сети зачастую является далекой от оптимальной с точки



4



НА ЦЕРЕМОНИИ НАГРАЖДЕНИЯ СОТРУДНИКОВ ГРУППЫ КОМПАНИЙ «РОССТЕИ» ВЕДОМСТВЕННЫМИ НАГРАДАМИ ЗА ПОДГОТОВКУ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ СОЧИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОЛИМПИЙСКИХ СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ. ЗАСЕДАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ШТАБА ПО ЭНЕРГЕТИКЕ ПОД РУКОВОДСТВОМ МИНИСТРА ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ А.В. НОВАКА 17 МАРТА 2014 ГОДА

зрения обеспечения надежности или управления потерями. Также данный факт может оказаться критически сдерживающим при внедрении активных элементов сети, которые, изменяя электрические параметры сети, приводят к изменению потокораспределения, токов короткого замыкания, что требует в режиме реального времени корректировки настроек локальных регуляторов. Создание разветвленной системы централизованной корректировки уставок релейной защиты и регулирующих устройств сталкивается с огромной информационной, технологической проблемой, кроме того, данный подход крайне уязвим для стороннего вмешательства.

Следует также отметить, что для принятия оптимальных и устойчивых решений необходим подъем в центр управления огромного количества технологических параметров, характеризующих состояние оборудования, а также обязательная стандартизация передаваемой информации от объектов, находящихся в различной правовой принадлежности. Эта работа является чрезвычайно трудоемкой и дорогостоящей, а по некоторым экспертным оценкам, невыполнимой в принципе.

Альтернативным целевым подходом представляется применение адаптивной системы к режиму логики непосредственно на объектах управления. При этом на каждом из объектов необходима актуализация схемно-режимной модели района прилегающей сети, а глобальная координация осуществляется при согласовании стратегий поведения отдельных агентов, представляющих интересы и цели элементов и объектов сети в рамках информационного и физического взаимодействия через электрическую среду. Под физическим взаимодействием здесь понимается расчетное определение состояния смежных объектов по локальным измерениям на объекте с использованием текущей схемно-режимной модели и дальнейшей реализации управляющих воздействий.

Мультиагентный подход позволяет гораздо шире использовать новые технологии измерений и управлений объектами. Например, использование устройств синхронизированных векторных измерений в централизованных системах управления требует передачи большого потока данных в центр управления.

Агенты на подстанции могут обрабатывать и использовать измерения мгновенных значений тока и напряжения в полном объеме для точного восстановления динамики режима и траектории его изменения, обмениваясь с другими агентами других объектов только необходимыми выборками по подписке, исходя из электрической связанности и взаимного влияния.

Представляется перспективным использование в магистральных сетях мультиагентного регулирования напряжения при энергоснабжении протяженных объектов с резкопеременной нагрузкой, к которым относятся электрифицированные транспортные системы, такие как трубо-



проводы и железные дороги. Еще более значим потенциал мультиагентного подхода в интеллектуализации распределительных сетей, где факторы, требующие использования новых подходов к управлению, выражены в наибольшей степени. В частности, уже сейчас обсуждается возможность применения подхода для автоматизации энергоснабжения промышленных парков, управления распределенной генерацией, спросом, производственными активами.

Разрабатывается эталонная архитектура, которая позволит специфицировать технические требования к системам управления и интерфейсам взаимодействия, а также сформировать библиотеки базовых классов агентов. Создается полигон – система поддержки жизненного цикла решений для интеллектуальной сети, который будет предоставлять исследователям и разработчикам доступ к базам знаний, тестовым моделям, симуляторам различных систем управления.

В целом можно отметить не только перспективность, но и значительную текущую востребованность мультиагентных технологий российским электроэнергетическим сектором в новых условиях его развития. Они позволяют выстраивать современную, гибкую, эффективно функционирующую систему производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.