

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ С АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ СЕТЬЮ

АВТОРЫ:

БЕРДНИКОВ Р. Н.
ОАО «ФСК ЕЭС»

ДЕМЕНТЬЕВ Ю. А.
ОАО «ФСК ЕЭС»

МОРЖИН Ю. И.,
Д. Т. Н.
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

ШАКАРЯН Ю. Г.,
Д. Т. Н.
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

ОБЩЕЕ ВИДЕНИЕ И ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ИННОВАЦИОННОЙ ЕДИНОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ (ЕНЭС)



В 2011 г. ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» по заказу ОАО «ФСК ЕЭС» разработало Концепцию развития интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью. К разработке был привлечен целый ряд отраслевых и академических институтов, в том числе ОАО «Институт «Энергосетьпроект», Объединенный институт высоких температур РАН, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения РАН, Институт энергетических исследований РАН, Институт проблем управления РАН, ГУ «Институт энергетической стратегии», Высшая школа экономики, Московский энергетический институт.

Концепция определила принципы построения инновационной Единой национальной электрической сети (интеллектуальной ЕНЭС), соответствующей современным требованиям развития электроэнергетики. Также проанализированы и рассмотрены задачи управления режимами

функционирования магистральных, межсистемных и распределительных сетей Единой электроэнергетической системы (ЕЭС) с учетом развития и совершенствования технологий производства, передачи, преобразования, распределения и потребления электрической энергии.

В концепции изложены идеология, базовые технологии и механизмы реализации интеллектуальной ЕНЭС. Обобщается отечественный и мировой (адаптированный к нашим условиям) опыт разработки и создания электрических сетей, использующих современные информационные технологии для мониторинга, автоматизированного и автоматического управления элементами энергосистемы и электроустановками потребителей. Описаны принципы и места размещения новых видов техники, области применения новейших технологий управления процессами в ЕЭС/ЕНЭС, и приведены обобщенные стоимостные оценки.

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЕНЭС

Интеллектуальная ЕНЭС представляет собой структуру для обеспечения эффективного использования всех ресурсов (природных, социально-производственных и человеческих) с целью надежного и качественного электроснабжения потребителей за счет гибкого взаимодействия всех ее субъектов (всех видов генерирования электроэнергии, электрических сетей и потребителей) на основе современных технологических средств и иерархической системы управления.

Интеллектуальная ЕНЭС обеспечивает функции, основанные на кли-

ентоориентированной и социальной направленности, в том числе:

- достаточности (по мощности, объему и графику электропотребления) обеспечения электрической энергией надлежащего качества;
- допустимости (технологической и социально-экологической) совместной работы систем централизованного и децентрализованного электроснабжения с поддержанием необходимого уровня резервирования и надежности;
- доступности предоставляемых услуг (подключения) и передачи электроэнергии в соответствии с экономически обоснованным спросом.

Кроме того, интеллектуальная единая национальная электрическая сеть должна обеспечить:

- эффективное использование электроэнергии с помощью ситуационного регулирования нагрузки с учетом требований (в том числе экономических) потребителей;
- регулирование обменов мощностями с соответствующей системой управления элементами интеллектуальной ЕНЭС и объектами генерирования на базе новой сетевой топологии;
- реализацию адаптивной реакции всей энергосистемы в режиме реального времени на основе сочетания централизованного и местного режимного и противоаварийного управления в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах;

- освоение новых информационных систем и технологий для оценки ситуаций, выработки и принятия оперативных и долговременных решений;
- расширение рыночных возможностей инфраструктуры путем оказания широкого спектра услуг субъектами рынка и инфраструктуры.

Комплексный подход к рассмотрению интеллектуальной ЕНЭС в иерархическом взаимодействии технологических подсистем и взаимосвязи выполняемых функций является важной характеристикой концепции. Особую сложность представляют верхний уровень функционирования и управления интеллектуальной ЕНЭС, который выполняет ОАО «СО ЕЭС», а также уровень управления эксплуатацией и развитием интеллектуальной ЕНЭС (сети напряжением 220–330–500–750 кВ), выполняемый ОАО «ФСК ЕЭС». Этот уровень характеризуется высокой технологичностью процессов управления, развитыми системами быстродействующей релейной защиты, режимной и противоаварийной автоматики, современными АСУ ТП подстанций, налаженной работой системы оперативно-диспетчерского и оперативно-технологического управления с использованием SCADA/EMS, развитыми, хорошо защищенными телекоммуникациями и информационным обеспечением.

В концепции приведен анализ технологических процессов управления на основе новых технологий и формулируются подходы по их совершенствованию.

Современная интеллектуальная ЕНЭС должна обеспечивать решение таких задач, как:

- доступ любых видов генерирования и потребления

- электрической энергии к услугам электросетевой инфраструктуры;
- активность потребителей электроэнергии за счет оснащения их современными системами учета с возможностью оперативного ситуационного управления составом и мощностью подключенных электроустановок (управление спросом);
- нормированное качество электроэнергии с учетом развития мегаполисов, городов и промышленных предприятий;
- оптимизация производства, передачи и потребления электроэнергии за счет регулирования нагрузки с максимальным учетом требований потребителей (в том числе и экономических), а также повышения пропускной способности линий электропередачи;
- снижение недоотпуска электроэнергии потребителям за счет предупреждения системных сбоев, развития технологий самовосстановления схем электроснабжения и максимальной самодиагностики;
- расширение рыночных возможностей инфраструктуры путем оказания широкого спектра услуг субъектами рынка и инфраструктурой;
- использование оптимальных технологий эксплуатации и обслуживания объектов и оборудования интеллектуальной ЕНЭС;
- повышение наблюдаемости текущего состояния всей сети и ее элементов (включая внешние воз-



Экспериментальная цифровая подстанция (ЦПС) укомплектована интеллектуальным вторичным оборудованием, работающим на едином стандартном протоколе обмена информацией IEC 61850

- действия окружающей среды), а также качества обработки данной информации в режиме реального времени;
- развитие систем мониторинга природно-климатических воздействий.

Единая интеллектуальная национальная электрическая сеть состоит из:

- линий электропередачи, оснащенных, при необходимости, устройствами, изменяющими их сопротивление, а также автоматизированными системами контроля технического состояния линий (температуры провода, стрелы провеса, наличия гололедообразования, ис-

- правности систем защиты от грозных и коммутационных перенапряжений, состояния изоляции);
- устройств преобразования электроэнергии с широкими возможностями регулирования параметров (напряжения по модулю и по фазе, мощности реактивной и активной, преобразования рода тока), а также средств накопления и аккумуляирования энергии;
- коммутационных аппаратов с достаточной отключающей способностью и большим механическим и коммутационным ресурсом;
- исполнительных механизмов, позволяющих в режиме реального времени воздействовать на эле-

- менты сети, изменяя ее параметры и топологию (конфигурацию и сопротивление);
- датчиков положений элементов интеллектуальной ЕНЭС и текущих режимных параметров в количестве, достаточном для оценки состояния сети в нормальных, пред-аварийных, аварийных и послеаварийных режимах работы, с высокой скоростью съема показаний в цифровом виде;
- современных устройств защиты и автоматики;
- информационно-технологических и управляющих систем, в том числе программного обеспечения и технических средств адаптивного управле-

При реализации вставки постоянного тока на ПС 220 кВ «Могоча» использован преобразователь напряжения (СТАТКОМ) с мощными транзисторными вентилями



ния с возможностью воздействия в режиме реального времени на активные элементы сети и электроустановки потребителей;

- быстродействующей многоуровневой автоматической управляющей системы с соответствующим информационным обменом для управления и контроля состояния системы в целом, ее частей и элементов с различными временными циклами для разных уровней управления;
- системы координации управляющих воздействий при обменах с локальными центрами управления при возникновении небалансов, включая аварийные ситуации.

Дальнейшее развитие интеллектуальной ЕНЭС предусматривает:

- создание систем векторных измерений токов и напряжений, а также анализ топологии сети в реальном времени, новых устройств и систем релейной защиты, режимной и противоаварийной автоматики;
- развитие существующих, разработку и внедрение новых иерархических систем координированного управления перетоками мощности, регулирования частоты и напряжения;
- разработку новых видов силового оборудования (на основе силовой электроники, новых проводниковых, изолирующих, ферромагнитных, конструкционных матери-

алов, высокотемпературной сверхпроводимости – ВТСП), улучшающих такие показатели электрической сети, как маневренность, глубокое ограничение токов короткого замыкания, быстродействующее регулирование значений и углов напряжения, пропускной способности электропередачи;

- модернизацию путем технического перевооружения морально и физически устаревшего электротехнического оборудования, с тем чтобы придать ему качества, соответствующие современным мировым критериям надежности, взрывобезопасности, пожарной безопасности, высокой заводской готовности, ремонтпригодности, кон-

- контроля, возможности эксплуатации в присутствии оперативного персонала; разработку и внедрение систем управления подстанциями и мониторинга электротехнического оборудования нового поколения;
- создание современных систем мониторинга технического состояния электротехнического оборудования и воздушных линий электропередачи, в том числе при воздействии внешних природно-климатических факторов;
- создание новых систем и средств учета электроэнергии;
- обеспечение мониторинга параметров надежности и качества предоставляемых услуг по передаче электрической энергии.

Реализовать заложенные в концепцию принципы построения сетей и ее активных элементов планирует по программе НИОКР ОАО «ФСК ЕЭС» на 2012–2016 гг. Главным при этом является создание аппаратно-программного комплекса, способного анализировать и вести контроль состояния оборудования с помощью датчиков, регистрирующих его основные параметры (температуру, ток нагрузки, число отключений), системы измерений основных электрических параметров сети (напряжения, тока, мощности, фазового сдвига), а также системы автоматического управления устройствами регулирования параметров сети: управляемой установкой продольной компенсации (УУПК), фазоворотным устройством (ФПУ), СТАТКОМом, управляемым шунтирующим реактором (УШР), статическим тиристорным компенсатором (СТК).

Одновременно в режиме реального времени должны проводиться оцен-

ка состояния режимов энергосистемы, запасов устойчивости на основе векторных измерений (технология РМУ), оптимизация режимов по реактивной мощности и напряжению, управление пропускной способностью сети, электропотреблением.

Таким образом, в результате реализации концепции должен произойти переход от автономной работы различных автоматизированных производств к полнофункциональному программно-аналитическому комплексу, управляющему исполнительными механизмами силового оборудования (трансформаторами, выключателями, разъединителями, КРУЭ) и установок компенсации реактивной мощности.

Опытно-промышленная эксплуатация для отработки заложенных принципов управления режимами работы сети с оценкой эффективности, а также принятия решения о широком тиражировании разрабатываемых технологий должна проводиться на выделенных участках сети.

На начальном этапе создания новых устройств интеллектуальной ЕНЭС необходимо максимально использовать существующий функционал АСУ ТП подстанций с интеграцией на базе единой цифровой шины систем учета, управления, защит и автоматики с использованием оптоволоконных кабелей для передачи информации в цифровом виде. Необходим также анализ режимов работы сети на основе синхронизированных векторных измерений, позволяющих контролировать основные параметры сети (ток, мощность, напряжение, угол фазового сдвига) и обеспечивать своевременное реагирование на системные изменения с целью повышения устойчивости линий электропередачи, поддержания и перераспределения потоков активной и реактивной мощности в зависимости от режимов потребления электроэнергии.

РЕЗУЛЬТАТЫ УЖЕ ПРОДЕЛАННОЙ РАБОТЫ

1. Проведен анализ зарубежного опыта построения электрических сетей, ориентированных на развитие интерфейса с конечным потребителем и источниками возобновляемой энергии (энергии ветра, солнца и др.), обеспечивающими устойчивую работу электроприемников потребителей и местных источников питания как в изолированном от внешней ЭЭС, так и в синхронном с ней режимах работы.

2. Сформулированы идеология и принципы развития интеллектуальной ЕНЭС как клиентоориентированной энергосистемы нового поколения. Концепция

ИНФОРМАЦИЯ

ДОСТОИНСТВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ

При помощи интеллектуальной сети решится проблема эффективности функционирования электросетевого комплекса: на 25% снизятся потери электроэнергии при ее передаче, что позволит экономить 34–35 млрд кВт·ч в год (это число эквивалентно годовой выработке электростанцией мощностью 7,5 ГВт). Суммарный эффект для экономики России в результате реализации проекта «Интеллектуальные сети» составит до 50 млрд рублей.

«ДОРОЖНАЯ КАРТА» РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ ИЭС ААС

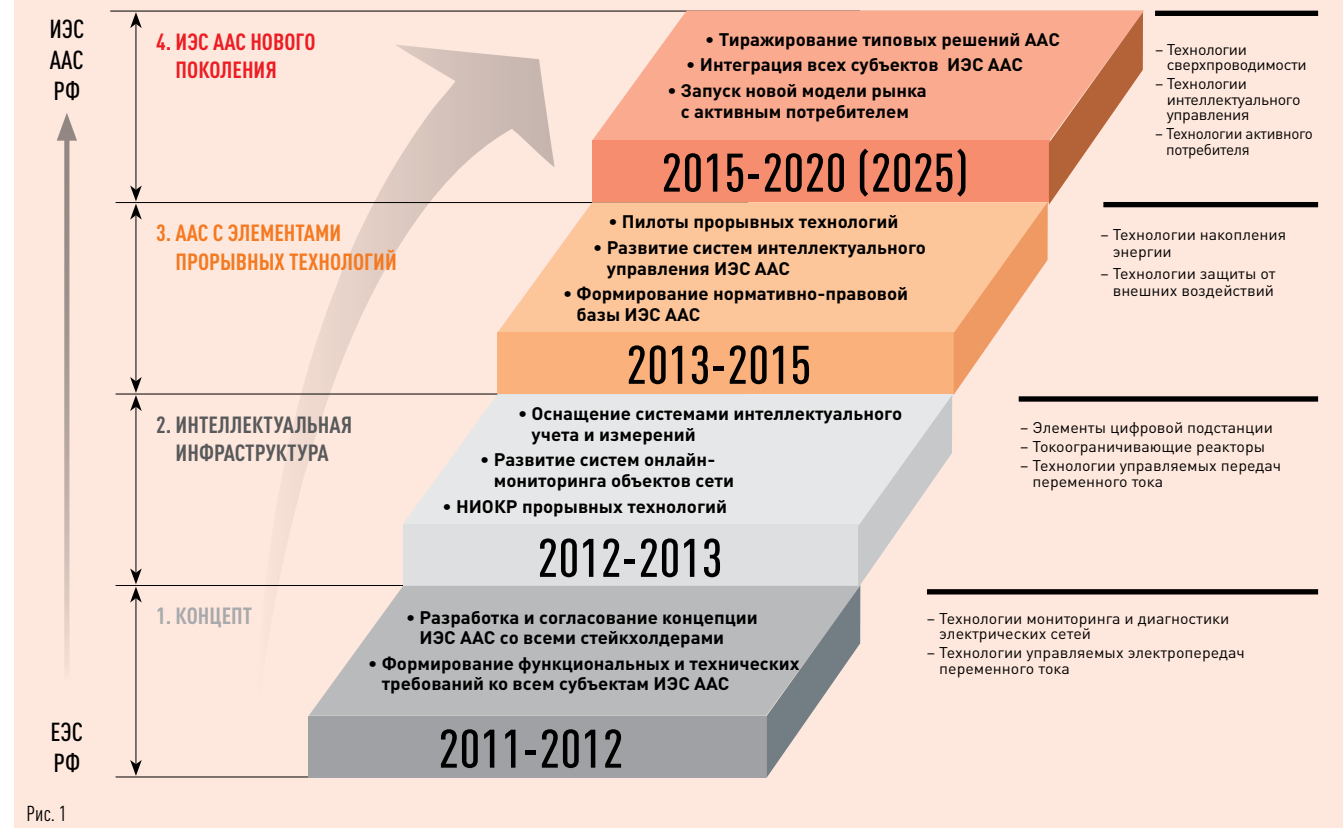


Рис. 1

предполагает последовательное повышение качества управления в ЕЭС/ЕНЭС. Последнее достигается за счет применения образцов новой техники, новых информационных технологий и технологий управления. Прделанная работа является концептуальной основой инновационного развития интеллектуальной ЕНЭС и охватывает всю иерархию задач от управления режимами функционирования ЕЭС до уровня управления качеством и надежностью электроснабжения потребителей с учетом особенностей электроснабжения крупных городов и мегаполисов, управления спросом.

3. Рассмотрены и проанализированы устройства новой техники. Сформулированы планы их разработки и внедрения. Новые виды

техники в гибких электропередачах, в передачах постоянного тока и других элементах интеллектуальной ЕНЭС создают в перспективе принципиально новые возможности повышения надежности и качества функционирования ЕЭС/ЕНЭС.

4. Предложены принципы определения мест установки новой техники, в первую очередь структур гибких электропередач. Сформулирован перечень первоочередных мест их установки.

5. Рассмотрена существующая система управления режимами работы ЕЭС РФ. Намечены пути развития современной системы АСТУ. Даны предложения по использованию новых алгоритмов анализа и управления режимами.

6. Рассмотрено участие потребителей-регуляторов в сглаживании графиков нагрузки. Сформулированы предложения по активизации такого участия и повышению мотивации участия потребителей-регуляторов в этом процессе.

7. Приведены ориентировочные стоимости новых установок в РФ и за рубежом, проанализированы эффекты от их внедрения.

8. Даны предложения по развитию нормативно-правовой и нормативно-технической базы.

9. Рассмотрены пилотные проекты по созданию энергокластеров в ЕНЭС, в том числе в Московском регионе, ОЭС Северо-Запада, ОЭС Востока.

«ДОРОЖНАЯ КАРТА» РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ ИЭС ААС

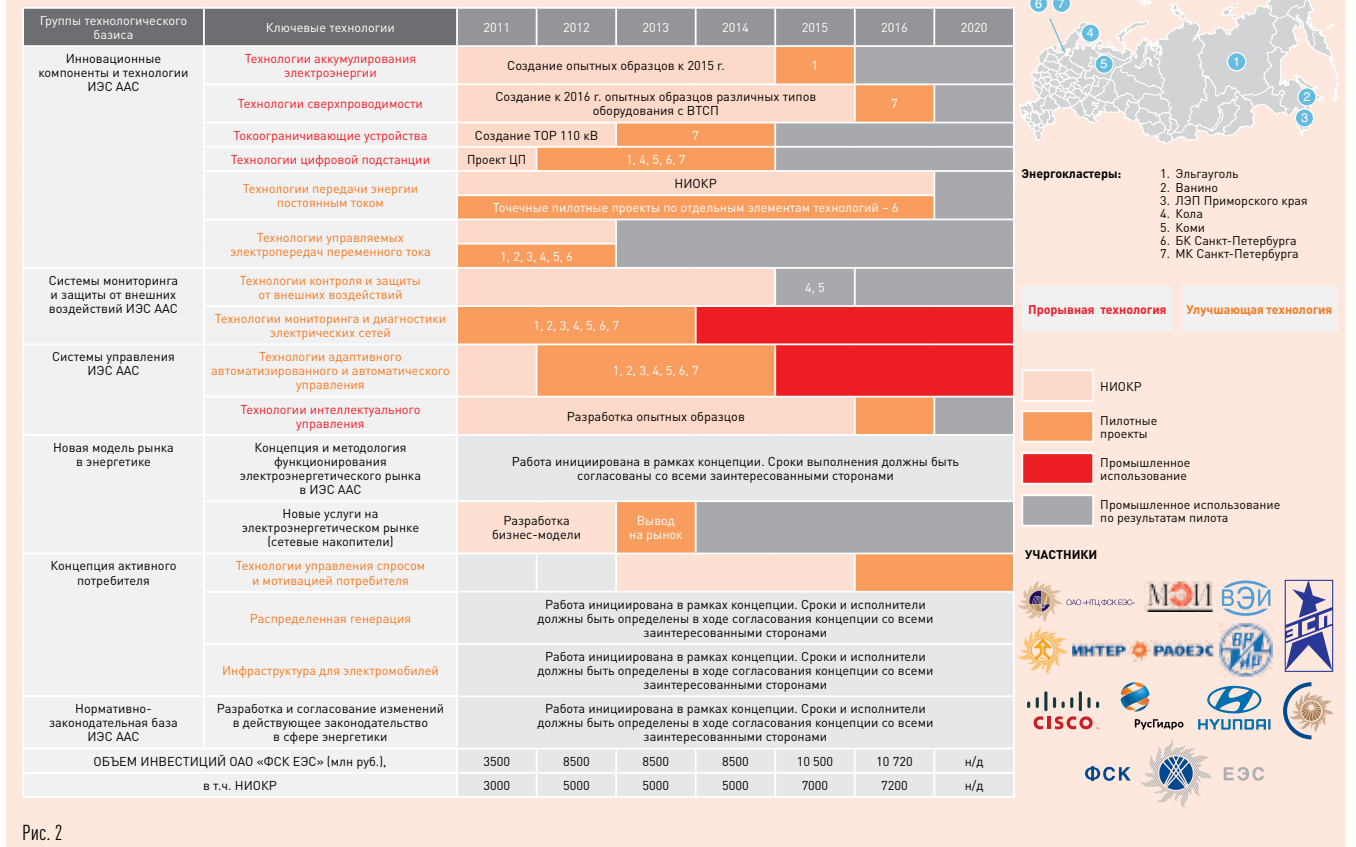


Рис. 2

Концепция рассмотрена и одобрена на совместном заседании НТС ОАО «ФСК ЕЭС» и Российской академии наук.

Для реализации концепции ИЭС ААС была разработана «дорожная карта» с целью систематизации технологий и научных исследований, направленных на внедрение и развитие интеллектуальной энергетики в России. Этот документ обобщает мнение экспертного сообщества о важнейших технологиях, относящихся к интеллектуальной энергетике, уровне их развития в мире. Кроме того, «дорожная карта» связывает концепцию с проектами инвестиционной программы и программой инновационного развития ОАО «ФСК ЕЭС».

С управленческой точки зрения «дорожная карта» должна использоваться ОАО «ФСК ЕЭС» как инструмент управления и организации процесса реализации ИЭС ААС в России и формирования инвестиционных проектов.

«Дорожная карта» представляет собой набор трех групп связанных документов:

1. «Дорожная карта» реализации концепции ИЭС ААС: содержит характеристику этапов реализации концепции ИЭС ААС в России с учетом основных функциональных характеристик и технологических решений (рис. 1).
2. «Дорожная карта» раз-

3. Карты технологических компонентов ИЭС ААС формируют детальную информацию об указанных технологических компонентах ИЭС ААС. «Дорожная карта» раз-
- вития технологий ИЭС ААС: содержит информацию о состоянии и этапах развития основных технологических групп концепции ИЭС ААС во взаимосвязи с пилотными проектами в программе инновационного развития ОАО «ФСК ЕЭС», объемами финансирования и территориальным распределением объектов интеллектуальной энергосистемы (рис. 2).