
Шведенко В.Н., Мозохин А.Е. Опыт создания интегрированных информационных систем управления передачей и распределением электроэнергии // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования, 2018. № 6(46).

УДК: 004.032.2 004.032.3

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧЕЙ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Шведенко В.Н., доктор технических наук, профессор, ведущий специалист, ФГБУН ВИНТИ РАН,

Мозохин А.Е., кандидат технических наук, заместитель начальника отдела автоматизированных систем технологического управления филиала ПАО «МРСК Центра» - «Костромаэнерго»

В статье проводится анализ современного и перспективного состояния компьютерных и микропроцессорных систем, программно-аппаратных комплексов применяемых в электроэнергетике по всему миру. Рассматривается зарубежный опыт разработки интегрированных информационных систем в части оперативно-технологического управления передачей и распределением электроэнергии. Описывается перспектива разработки и внедрения отечественных интегрированных информационных систем управления, как первоочередная задача в рамках цифровой трансформации единой энергетической системы России. Указывается на необходимость перехода на новый полностью цифровой способ управления всеми видами технологических процессов и производств в электроэнергетике.

Ключевые слова: интегрированные информационные системы управления, цифровая трансформация, эталонная архитектура обмена информацией, электроэнергетические системы, передача и распределение электроэнергии, CIM.

UDC: 004.032.2 004.032.3

EXPERIENCE OF CREATING INTEGRATED INFORMATION SYSTEMS OF TRANSMISSION AND ELECTRICITY DISTRIBUTION MANAGEMENT

Shvedenko V.N., doctor of technical Sciences, professor, leading specialist, VINITI RAS,

Mozohin A.E., candidate of technical Sciences, deputy head of the department of automated systems of technological management of PAO «MRSK Tsentra» - «Kostromaenergo»

The article analyzes the current and future state of computer and microprocessor systems, software and hardware systems used in the power industry worldwide. Considered foreign experience in the development of integrated information systems in terms of operational and technological management of the transmission and distribution of electricity. The prospect of the development and implementation of domestic integrated information management systems is described as the primary task in the framework of the digital transformation of the unified energy system of Russia. It indicates the need to switch to a new fully digital way to manage all types of technological processes and production in the power industry.

Keywords: integrated information management systems, digital transformation, reference information exchange architecture, electric power systems, transmission and distribution of electricity, CIM.

ВВЕДЕНИЕ

Современное и перспективное состояние компьютерной и микропроцессорной техники и программных средств диктует необходимость перехода на новый полностью цифровой способ управления всеми видами технологических процессов и производств. Очевидно, что это относится в первую очередь к такой важной отрасли народного хозяйства, как энергетика. В соответствии с Энергетической стратегией России [1] в ПАО «Россети» принят ряд документов о путях, методах, организационных и технических средствах перехода на инновационное развитие системы управления электросетевым комплексом [2,3,4].

На пути развития и инноваций в энергетической отрасли России есть ряд задач требующих первоочередного внимания: цифровизация объектов электросетевого хозяйства в регионах (концепция цифровой подстанции), цифровизация районов электрических сетей (РЭС) (концепция цифрового РЭС), внедрение активно-адаптивных устройств в распределительные электрические сети (реклоузеры, управляемые разъединители), интеллектуализация приборов учёта, вовлечение потребителей в процесс энергоэффективного использования электроэнергии, создания единого

информационного пространства обмена информацией. Каждая из этих задач не возможна без совершенствования технических средств автоматизации, а также способов и методов интеграции разнородных информационных систем задействованных в технологическом процессе передачи и распределения электроэнергии.

Оценивая мировой опыт в вопросах интеграции информационных систем управления в электроэнергетических системах нужно обратиться к стандартам разработанным международной электротехнической комиссией (МЭК) - всемирной организацией по стандартизации, включающей в себя все национальные электротехнические комитеты стран участниц. Вопросами разработки стандартов по управлению энергосистемами и связанными с ними обменом информацией в реальном времени в области производства, передачи и распределения электроэнергии в МЭК занимается технический комитет 57 (ТК 57). Этот международный комитет занимается разработкой эталонной архитектуры обмена информацией в энергосистемах. Представители российских компаний (ПАО «ФСК ЕЭС, ООО «ТЕКВЕЛ», ЗАО «ПРОФОТЕК», ООО «НПП «ЭКРА» и ООО «Прософт-Системы» и т.д.) являются постоянными участниками рабочих групп в рамках работы ТК 57.

ЭТАЛОННАЯ АРХИТЕКТУРА ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

На текущий момент времени необходимым является обмен информацией между различными системами управления в области передачи и распределения электроэнергии, включая сети малой генерации, устройства учёта на стороне потребителей электроэнергии. Каждая из этих систем выступает в качестве источника информации или её приемника, а часто является и тем и другим. По этой причине семантика данных и синтаксис должны быть едиными во всей системе и выходить за границы системных интерфейсов, с помощью которых предоставляется публичный доступ к

данным, инициация обращение к данным, расположенным в базах другим систем [5].

При разработке эталонной модели обмена информацией в энергосистемах, технический комитет МЭК в качестве основной задачи выделяет разработку различных стандартных протоколов, которые бы удовлетворяли требованиям передачи данных для различных частей энергосистемы, таких как передача данных по низкоскоростным серийным линиям, протоколы в распределительных сетях и коммуникационные протоколы внутреннего центра управления. Функционально эталонная архитектура обмена информацией в энергетических системах должна включать в себя следующие компоненты:

- системы SCADA и функционирование сетей;
- защита, контроль и измерения на подстанциях;
- автоматизация распределительных сетей;
- малая генерация;
- контроль нагрузки и реакция потребителей электроэнергии;
- счетчики и обработка результатов измерений;
- планирование расширения сетей;
- планирование и оптимизация текущей деятельности;
- эксплуатация и строительство;
- учет и управление активами;
- операции на рынке;
- анализ резерва мощности;
- финансовые вопросы.

Интеграция данных компонентов между собой является необходимым условием развития энергосистемы и перехода к индустрии четвертого поколения. Мировая тенденция в попытках определить эталонную архитектуру обмена информации в энергосистемах смещается в сторону

создания нового уровня абстракции для модели данных и обмена информацией, которые не зависят от исходной инфраструктуры системы. Современная концепция предполагает для унификации внедрения использовать общую модель данных и некоторые общие интерфейсы для любого обмена информацией независимо от протоколов, по которым происходит передача данных. Эта новая архитектура получила название модельной MDA (Model-Driven Architecture), а когда речь идет о применении к интеграции систем и приложений то используется понятие модельная интеграция MDI (Model-Driven Integration) [6].

Эталонная архитектура управления в энергосистемах и связанный с ними обмен информацией включает в себя следующие стандарты созданные в рабочих группах технического комитета 57 МЭК и представленные в таблице 1.

Таблица 1

Перечень стандартов регламентирующих эталонную архитектуру управления и обмена информацией в энергосистемах

Порядковый номер стандарта МЭК	Наименование стандарта МЭК
60495 и 60663	Планирование систем одноканальной высокочастотной связи
60870-5	Стандарты для надежного сбора данных и контроля узкополосных связей по серийным портам в сетях, использующих протокол ТСР/IP между головным центром управления и подстанциями.
60870-6	Стандарты обмена данными в реальном времени между центрами управления через глобальные сети.
61334	Стандарты в области передачи данных по линиям распределительных сетей.
61850	Стандарты по коммуникациям и сбору данных на подстанциях. Включают также стандарты для обмена данными, мониторинга и управления распределенными ресурсами в энергетике.
61970	Стандарты, призванные облегчить интеграцию приложений в центр управления сетями, а также обмен между моделями сетей с другими центрами управления и взаимодействие с другими участниками рынка распределения электроэнергии. Включают в себя части «производство» и «передача» электроэнергии общей информационной модели СИМ (Common Information Model), профили обмена для энергосистемы и прочего обмена информацией.
61968	Стандарты по интерфейсам систем управления распределением электроэнергии для обмена информацией с другими информационными системами. Включают в себя части СИМ по управлению распределением электроэнергией, а также стандарты сообщений языка разметки XML (eXtensible Markup Language) для обмена информацией между различными приложениями, такими как управление данными, получаемыми со

	счетчиков, управление активами, управление заказами, географические информационные системы и т.д.
62325	Стандарты в части связи на свободном (дерегулированном) рынке электроэнергии.
62351	Стандарты в области безопасности данных и обмена информацией.

Единая информационная модель CIM – это международный стандарт, кодифицированный международной электротехнической комиссией (МЭК) и предназначенный для обмена данными и моделями между системами управления сетями передачи и распределения электроэнергии.

Модель CIM служит универсальной информационной моделью управления энергетическими компаниями. Она предлагает единый стандарт не только для физических аспектов работы энергетической компании, таких как прокладка линий или цепей передачи электроэнергии, но и для внутренних и внешних коммуникаций. На рисунке 1 приведено представление логических взаимосвязей между моделями предметных областей, напрямую определяемых или подразумеваемых в различных стандартах и спецификациях, предлагаемых МЭК. Эта эталонная архитектура известна под названием «эталонная архитектура полной интеграции» (МЭК 62357).

Как видно из этого примера, существует множество различных стандартов, используемых для создания интеллектуальных энергосетей. Уровни в верхней части рисунка 1, главным образом, служат для интеграции систем предприятий, определений данных и приложений. В этой области расположены CIM, и только они служат здесь стандартом. Все уровни ниже этой области представляют собой стандарты, используемые для прямого обмена данными с устройствами на местах. Два вертикальных прямоугольника в левой части диаграммы представляют собой общие стандарты безопасного обмена данными и создания безопасных каналов коммуникации [7].

Информация, сохраняемая внутри интеллектуальной энергетической экосистемы, включает в себя логические и физические модели, используемые для описания схем базы данных, структуры обмена сообщениями и

определения интерфейсов. Сложность инфраструктуры сетей производства и передачи электроэнергии и связанных с ними бизнес-процессов обуславливает применение различных систем, приложений и источников информации.

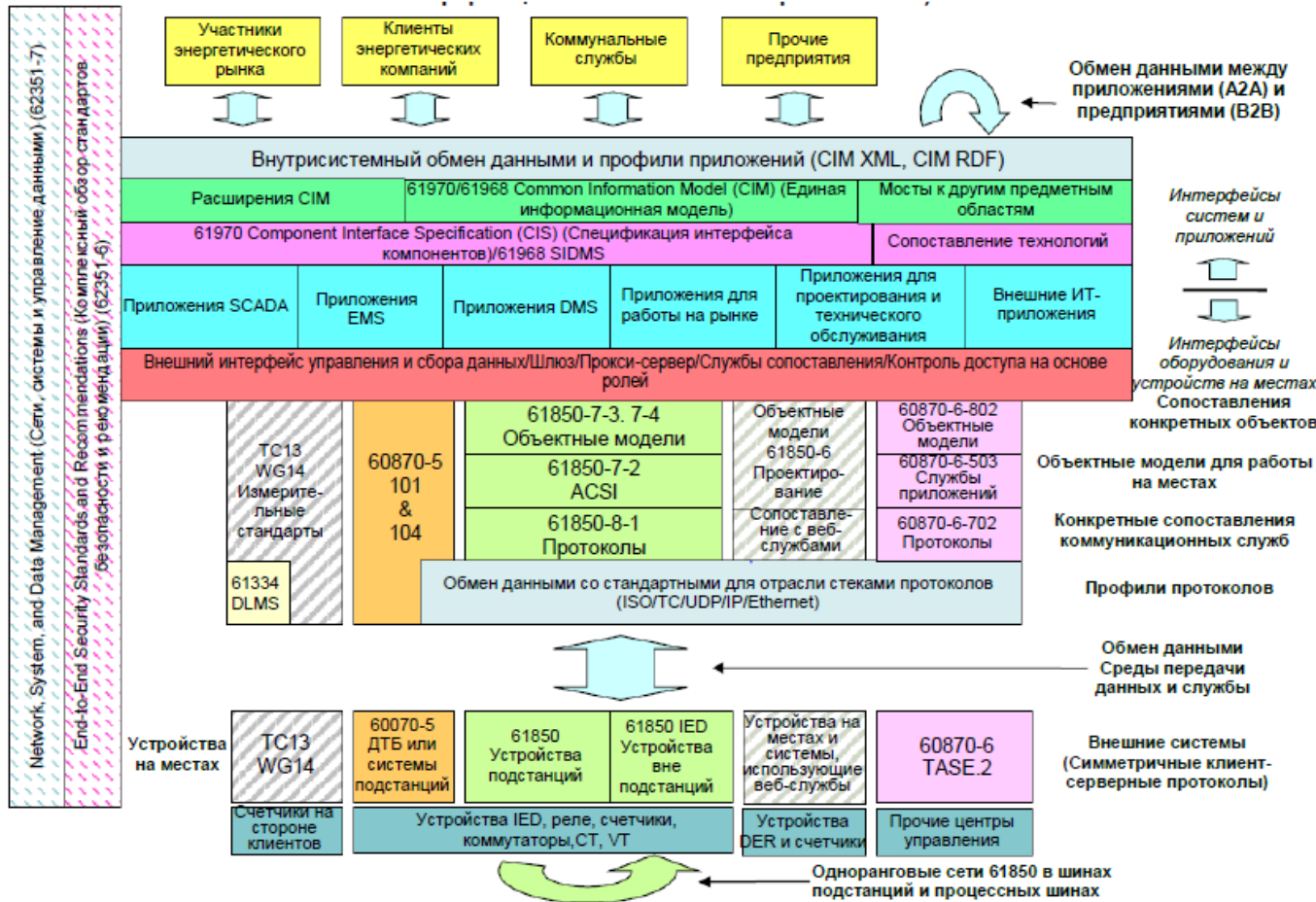


Рисунок 1. Логическая взаимосвязь стандартов МЭК при интеграции систем управления в энергетике

Эталонная архитектура для информационного обмена в энергетических системах постоянно развивается, так как разрабатываются новые стандарты и меняются существующие. Кроме того, стандарты МЭК особенно 61968/61970 CIM и 61850, были признаны в качестве столбов для реализации задач «Умные сети» (Smart Grid) по совместимости и управлению устройством, крайне важно, чтобы правильное понимание этих стандартов и их применение были доступны для заинтересованных сторон и всех других сторон, участвующих в реализации Smart Grid.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ И ВНЕДРЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЭТАЛОННОЙ АРХИТЕКТУРЫ. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Характерной особенностью разрабатываемых интегрированных информационных систем управления (ИИСУ) в электроэнергетике является полная интеграция пяти абсолютно синхронизированных между собой систем на базе единой информационной платформы с единым пользовательским интерфейсом: системы управления распределением энергии DMS (Distribution Management System), системы управления аварийными и плановыми отключениями OMS (Outage Management System), системы анализа режимов работы сетей высокого напряжения EMS (Energy Management System) и системы диспетчерского управления и сбора данных SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), геоинформационной системы GIS (Geographic Information System).

При построении ИИСУ используется сервисо-ориентированный подход, который заключается в модульном построении самого программного обеспечения, основанном на использовании распределённых, заменяемых компонентах, оснащённых стандартизированными интерфейсами для взаимодействия по стандартизированным протоколам. Данный подход обеспечивает поддержку нескольких систем - технологической системы, система диагностики, системы сбора данных, обучающей системы и системы резервного копирования, работающих параллельно, где каждая система состоит из набора сервисов, необходимых для успешной работы всей системы в целом. Поэтому технические комплексы ИИСУ состоят из нескольких групп серверов, компьютеров и сетевого оборудования: серверов сбора данных, серверов приложений, серверов баз данных, рабочих мест пользователей, резервной сети, системы синхронизации времени, принтеров, сетевых устройства и т.д.

ИИСУ подобна «интеллектуальному» центру, в котором происходит обработка и анализ данных, по результатам которого создаются новые функциональные возможности и повышается эффективность работы сети. На рисунке 2 представлена общая архитектура системы ИИСУ [8].

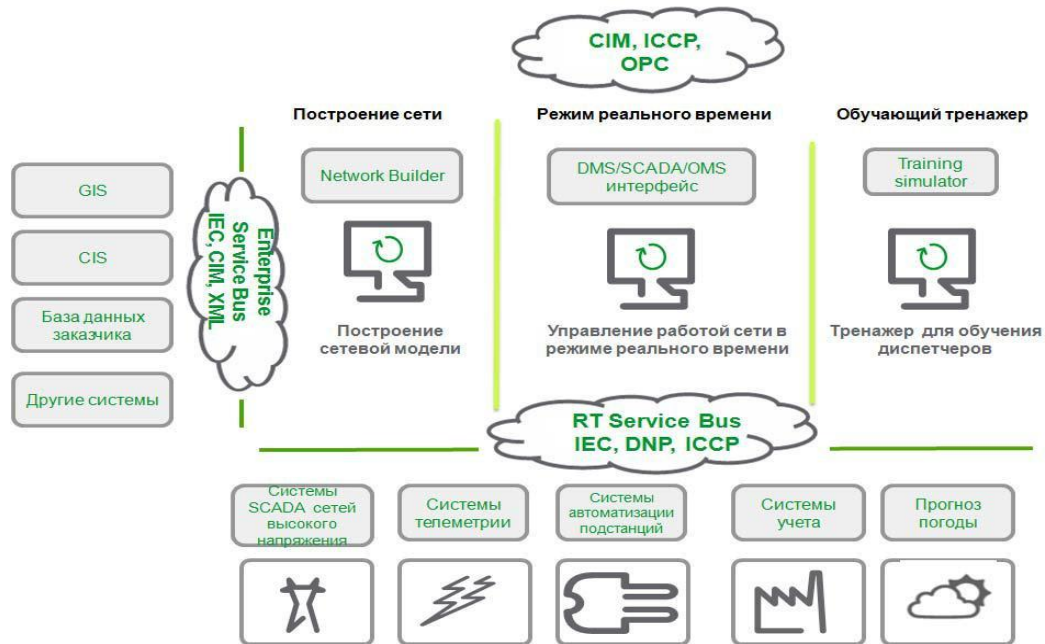


Рисунок 2. Обобщенная схема архитектуры ИИСУ

Основными особенностями ИИСУ с функциональной и архитектурной точки зрения являются:

- масштабируемость;
- высокая производительность;
- безопасность (система разработана на безопасном межплатформенном программном обеспечении);
- поддержка различных версий схемы сети и графических данных (данных отображения);
- возможность реализации распределенной архитектуры;

- поддержка интерфейсов на базе стандартов IEC 61970 и IEC 61968, которые подходят для сценариев интеграции на основе сервис-ориентированной архитектуры;
- Обеспечение полноценного функционала архивирования данных, то есть возможности хранения, как телеметрических данных, так и результатов вычислений функций DMS с анализом трендов.

Система аналитического приложения ИИСУ позволяет выполнить практически все технические и эксплуатационные задачи на объектах распределения электроэнергии и включает в себя свыше 50 функций, которые могут быть поделены на пять основных направлений функционала: управление работой сети, оптимизация работы сети, анализ работы сети, планирование развития сети, обучение. На рисунке 3 приведены базовые функции ИИСУ в режиме реального времени и автономном режиме [9].



Рисунок 3. Базовые функции ИИСУ

Практической реализацией компонентов эталонной модели обмена информации в энергосистеме занимаются крупнейшие производители электротехнического оборудования в мире, такие как Alstom Grid, Efases ACS,

GE Energy, Oracle, Siemens, Telvent (входит в состав Schneider Electric). Решение предложенные данными компаниями по интеграции информационных систем и процессов в электроэнергетике используются более чем в 122 диспетчерских центрах в 50 предприятиях всего мира, обеспечивая электроснабжение 70 миллионов потребителей в Северной Америке (США, Канада), Европе (Италия, Венгрия, Испания, Словения, Сербия, Румыния, Македония), Азии (Китай, Индия, Индонезия), Латинской/Центральной Америке, Африке (Тунис) и Австралии [10].

По результатам исследования, проведенного в 2015 году исследовательским центром «Gartner» [11] среди компаний, предлагающих решения по ИИСУ в электроэнергетике, выделяются лидеры отрасли заслужившие рейтинг от «Многообещающего» до «Твердо положительного». Международный рейтинг решений по ИИСУ в рамках концепции Smart Grid представлен в таблице 2. Пример некоторых из проектов реализованных компанией Schneider Electric начиная с 2010 года, и результаты внедрения достигнутые в разных энергосистемах мира представлен в таблице 3.

Таблица 2

Международный рейтинг решений ИИСУ в рамках концепции Smart Grid

Наименование организации	Рейтинг				
	Твердый отрицательный	Слабый отрицательный	Многообещающий	Положительный	Твердый положительный
Alstom Grid				X	
Efacec ACS			X		
GE Energy				X	
Intergraph			X		
OpenSystems International (OSI)			X		
Oracle				X	
Siemens			X		
Telvent					X

Таблица 3

Международный опыт внедрения ИИСУ компанией Schneider Electric

Реализованный проект	Масштаб проекта	Год начала проекта	Компоненты ИИСУ и цели внедрения	Результаты внедрения
Electric Power Industry of Serbia, Serbia	3.5 млн. потребителей	2010	DMS - Сокращение потерь в сети	Реконфигурация электросети – сокращение потерь в сети на 10%.
Enel, Italy	33 млн. потребителей, 29 диспетч. центров	2011	DMS - Оптимизация работы сети	Сокращение потерь на 4%, экономия в абсолютных величинах: 144 ГВт/год.
Duke Energy, USA	1.5 млн. потребителей	2012	SCADA/DMS - Сглаживание пиковых нагрузок	Автоматическое сглаживание пиковых нагрузок экономия 300 МВт/год
Austin Energy, USA	450 тыс. потребителей	2014	SCADA/DMS/OMS - Улучшение работы диспетчерского центра	Быстрая, высоконадежная система управления сети Доступ и обработка информации в реальном времени – сокращение потерь в сети на 10%.
Elektro Celje, Slovenia	150 тыс. потребителей	2016	DMS/OMS - Интеллектуальный мониторинг и управление	Комплексное управление всеми событиями в распределительной сети.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧЕЙ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Российские компании производители электротехнического оборудования, специализированного программного обеспечения для управления на объектах энергосетевого комплекса (ЭСК), а также энергетические холдинги принимают активное участие в разработке эталонной архитектуры информационного обмена в рамках рабочих групп ТК 57 МЭК. Более того ПАО «Федеральная сетевая компания» планомерно занимается адаптацией международных и межотраслевых стандартов под требования российской электросетевой инфраструктуры [12].

В рамках программы модернизации автоматизированных систем технологического управления (АСТУ) и программы перспективного развития

ПАО «Россети» была разработана типовая дорожная карта представленная на рисунке 4. Согласно плану до 2030 года внедрение цифровых технологий будет разделяться на несколько этапов в зависимости от сложности технической реализации и затрат на адаптацию и внедрения. В типовой дорожной карте учитываются комплексные решения по внедрению систем распределенной автоматизации на объектах 6-10 кВ (автоматизированные трансформаторные подстанции и распределительные пункты), систем интеллектуального учёта электроэнергии, установка устройств секционирования высоковольтных линий электропередачи 6-10 кВ. Тем самым на всех уровнях технологического управления планируется внедрение АСТУ на уровне электрической подстанции, высоковольтных воздушных и кабельных линий электропередачи, в центрах управления сетями. На каждом из этих уровней требуется интеграция информационных систем управления и приведения архитектуры обмена информации между ними к эталонной.

	2019	2020	...	2029	2030
1. Единая система оперативно-технологического управления с интеграцией геоинформационной системы	1 этап (SCADA)		2 этап (аналитика)		
2. Развитие серверной, сетевой и телекоммуникационной инфраструктуры					
3. Развитие АСТУ ПС 35 кВ и выше, в том числе создание «Цифровых ПС»	легкое решение		комплексное решение		
4. Технология распределенной автоматизации воздушных сетей среднего напряжения (в т.ч. ликвидация «узких мест» ВЛ 0,4-10 кВ)	максимальноэффект-ые		комплексное решение		
5. Технология распределенной автоматизации РП 6-10 кВ кабельных сетей среднего напряжения (в т.ч. ликвидация «узких мест» КЛ 0,4-10 кВ)					
6. Оборудование устройствами телеметрии ТП 6-10 кВ в воздушных сетях: интеллектуальный учет э/э, контроль наличия напряжения на отходящих фидерах 0,4 кВ и информационно-вычислительный комплекс					
7. Внедрение системы распределенной автоматизации и оборудование устройствами телеметрии ТП 6-10 кВ в кабельных сетях: интеллектуальный учет э/э, контроль наличия напряжения на отходящих фидерах 0,4 кВ, индикаторы короткого замыкания	узловые ТП		комплексное решение		
8. Комплексная система энергомониторинга: интеллектуальный учет э/э и информационно-вычислительный комплекс	максимальноэффект-ые		комплексное решение		
9. Развитие систем диагностики оборудования, в т.ч. БПЛА					
10. «Цифровой электромонтер»: эксплуатация и ОВБ					

Рисунок 4. Типовая дорожная карта внедрения технологий цифровизации ЭСК России.

Поставщиками технических решений по модернизации средств релейной защиты и автоматики с применением стандартов МЭК, на объектах дочерних зависимых обществ (ДЗО) ПАО «РОССЕТИ» являются ООО «НПП ЭКРА», ООО «НПП Бреслер», АО «ЧЭАЗ», ООО «Релематика». Разработчиками систем интеллектуального учёта электроэнергии и интеллектуальных приборов учёта с интеграцией в единую информационную модель обмена информацией являются ООО «Бином», АО Группа компаний «Системы и Технологии», ООО «Матрица». Производители оперативно-технологических комплексов диспетчерского управления, сотрудничающие с ДЗО ПАО «РОССЕТИ» по всей стране являются компании ЗАО «РТсофт», АО «Монитор Электрик», ООО «Децима». Среди отечественных разработчиков активно-адаптивных устройств сети 6-10 кВ выделяется – АО «ГК Таврида Электрик».

При построении эталонной информационной модели обмена данными на уровне центров управления электрическими сетями компания АО «Монитор электрик» реализует механизм межуровневого информационного взаимодействия под названием информационный лифт. В ядро СК-11 заложены технологии решения задачи создания единой распределенной инфраструктуры автоматизированных систем диспетчерского и технологического управления. В основе этих технологий лежит «многомерное» информационное пространство SCADA/EMS/DMS для физических и эквивалентных моделей энергосистем. Архитектура комплекса является модульной и распределенной, с централизованными шинами модели и данных [13].

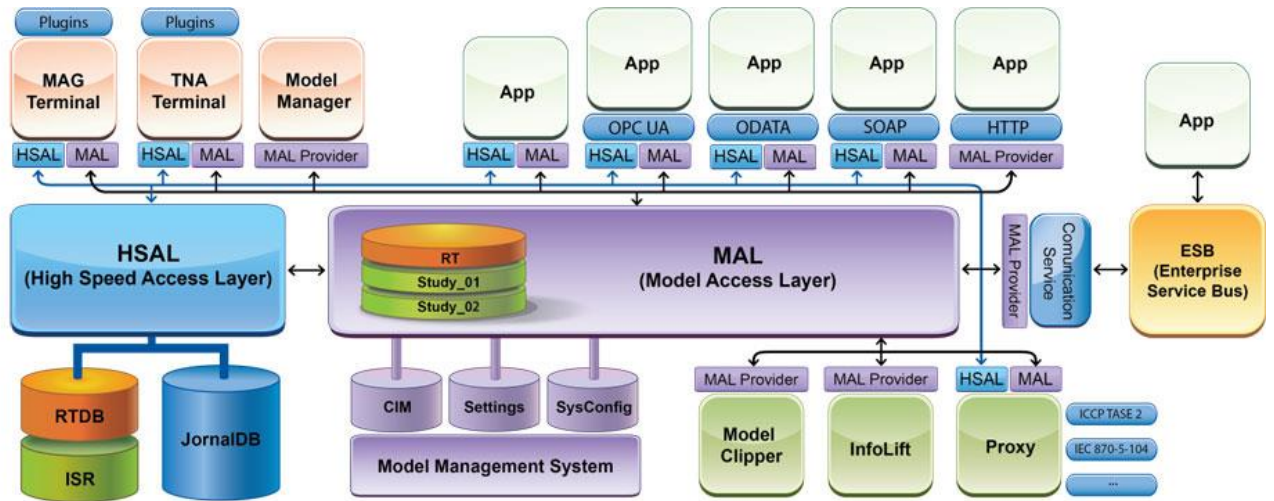


Рисунок 5. Архитектура информационного обмена СК-11

Как видно на рисунке 5 основным коммутационным элементом является слой доступа к модели MAL (Model Access Layer). Клиентские приложения при помощи MAL, выгружают из объектно-ориентированного хранилища данных нужные версии модели и создают контекст данных. MAL дает доступ ко всем существующим моделям системы от описания энергосистемы до конфигурации комплекса и системы санкционирования.

Следующим коммутационным элементом системы является слой высокоскоростного доступа HSAL (High Speed Access Layer). Данный слой предоставляет программный интерфейс (API) взаимодействия с базой данных реального времени (RTDB). Он предназначен для выполнения операций с временными рядами данных, а также для работы с журналами данных. Компоненты системы СК-11, которые анализируют исключительно текущее состояние модели, используют MAL-провайдер и не используют HSAL. Компоненты, которые анализируют временные ряды данных и историю изменений, используют HSAL-провайдер для доступа к RTDB, журналам данных и архивам.

Описательная часть модели технических средств автоматизированных систем диспетчерского и технологического управления, модели энергосистемы, модели санкционирования доступа находятся в

соответствующих базах данных объектного хранилища СК-11 MMS (Model Management System). Процессор Proxu обеспечивает безопасные скоростные коммуникации по унифицированным протоколам с внешними системами связи, телемеханики и центрами управления сетями. К основным технологиям интеграции СК-11 относятся: OPC Unified Architecture (IEC 62541), HTTP для доступа к данным модели и текущим данным, XML Web-сервисы (SOAP), Open Data Protocol (OData) [14].

В России вопросами интеграций информационных систем управления и внедрением инновационных разработок SmartGrid активно занимается ПАО «ФСК ЕЭС» на счету которой десятки успешных проектов по внедрению элементов цифровой подстанции. На 68 ПС ДЗО ПАО «Россети» сроком до 2025 года запланировано внедрение современных цифровых систем управления на всех уровнях технологии передачи и распределения электроэнергии [15]. Реализуемые и перспективные проекты внедрения ИИСУ в рамках цифровой трансформации единой энергосистемы России представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Реализуемые проекты внедрения интегрированных информационных систем управления в рамках цифровой трансформации

Наименование проекта в рамках цифровой трансформации	Количество подстанций	Цифровая технология	Характеристика решения	ДЗО ПАО «Россети»
Полностью цифровые подстанции	4 подстанции (в стадии реализации)	Цифровые подстанции	Поддержка протоколов МЭК 61850-8.1/9.2, МЭК 60870-5-104	МОЭСК (ПС 110 кВ Медведевская), МРСК Северо-Запада (ПС 110 кВ Южная), Кубаньэнерго (ПС 110 кВ Туапсе-город), МРСК Центра (ПС 110 кВ Строитель)
Пилотное внедрение отдельных технологий Цифровой подстанции	4 подстанция	Цифровая релейная защита, Цифровая АСУ ТП	Поддержка протоколов МЭК 61850-8.1/9.2, МЭК 60870-5-104	Тюменьэнерго (ПС 110 кВ Олимпийская), МРСК Сибири (ПС 110 кВ им.Сморгунова), МОЭСК (ПС 35 кВ Бабайки), ФСК ЕЭС (ПС 110 кВ №301)

	1 подстанция (в стадии реализации)	Цифровые измерительные трансформаторы	Поддержка протокола МЭК 61850-9.2	ФСК ЕЭС (ПС 110 кВ №301), ФСК ЕЭС (ПП 500 кВ Тобол)
Промышленное применение отдельных технологий Цифровой Подстанции	35 подстанций	Цифровая АСУ ТП	Поддержка протокола МЭК 61850-8.1	ФСК ЕЭС, Янтарьэнерго, МОЭСК, Тюменьэнерго, МРСК Центра, МРСК Юга, МРСК Волги
	Более 1000 подстанций	Система сбора и передачи технологической информации	Поддержка протокола МЭК 60870-5-104	Все ДЗО

Однако на данном этапе в отечественных и зарубежных разработках есть ещё белые пятна в концепции эталонной модели и вариантах практической реализации компонентов современных ИИСУ. Как следует из мирового опыта разработки децентрализованных систем управления, требуется наличие наблюдаемости и управляемости «всех со всеми», что приводит к появлению все новых задач по интеграции устройств разных уровней в эталонной модели МЭК.

Выводы

Реализация стратегии широкой автоматизации, внедрения интеллектуальных устройств учёта электроэнергии включенных в единую интегрированную информационную систему управления процессом передачи и распределения электроэнергии является необходимым условием четвертой индустриальной революции (киберфизические производственные системы). Для существующей иерархической структуры автоматизированных систем технологического управления в региональных электросетевых компаниях [16] разработка единой интегрированной информационной среды в совокупности с внедрением интеллектуальных информационных подсистем прогнозирования, анализа потерь, балансировки подстанции, позволят в перспективе перейти на непосредственное цифровое управление электросетевым комплексом в соответствии с Энергетической стратегией России и единой технической политикой, принятой в ПАО «Россети».

Список использованных источников и литературы:

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 // Распоряжение Правительства Российской Федерации №1715-р от 13.11.2009. – Москва, 2009. – 144с.
2. Техническая политика ОАО «МРСК Центра» в области информационных технологий // Протокол совета директоров ОАО «МРСК Центра» № 16/10 от 30.07.2010. – Москва, 2010. – 102 с.
3. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе // Протокол совета директоров ОАО «ФСК ЕЭС» № 208 от 27.12.2012. – Москва, 2013. – 196 с. – URL: http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/ETP_FSK_EES_2014_02_06.pdf
4. Политика инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «Россети» // Протокол совета директоров ОАО «Россети» № 150 от 23.04.2014. – Москва, 2014. – 37 с. – URL:<http://www.rosseti.ru/investment/policy.pdf>.
5. МЭК 62357: Архитектура ТК 57. Часть 1: Эталонная архитектура обмена информацией в энергосистеме// Грیدология. – 2011. – 177 с.\$
6. МЭК_62357_-_Архитектура_ТК_57.pdf.
7. Грибачев К.Г. Delphi и Model Driven Architecture. Разработка приложений баз данных / К. Г. Грибачев. – СПб.: Питер, 2004. – 348 с.
8. Эталонная архитектура интеллектуальных энергосетей. Версия 2.0 // Microsoft Worldwide Группа Power & Utilities. – 2013. – 320 с.
9. SERA_v2_ru_v2.1.pdf
10. Система управления распределительными сетями (DMS) [Электрон. ресурс]. - 2018. - URL:<https://www.schneider-electric.ru/ru/work/solutions/for-business/s4/electric-utilities-distribution-management-system/> (дата обращения: 23.12.2018).
11. Система SE ADMS – решение Schneider Electric для управления распределительными сетями [Электрон. ресурс]. - 2017. - URL: www.бэсп.бел/docs/news/Obzor-reshenia-ADMS-ot-shneider-electric-final.pdf (дата обращения: 23.12.2018).
12. В мире внедряют системы SCADA, EMS, DMS и OMS [Электрон. ресурс]. - 2017. - URL: <http://digitalsubstation.com/blog/2017/05/01/v-mire-vnedryayut-sistemy-scada-ems-dms-i-oms/> (дата обращения: 23.12.2018).
13. Ljubica Vakula, Мировой опыт реализации систем OMS/DMS (ADMS) // Schneider Electric DMS Srbija. – 2017. – 29 с. – URL: http://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2017/12/008_ADMS-2017_MRSK-SZ_20171129.pdf.
14. 2017/12/008_ADMS-2017_MRSK-SZ_20171129.pdf.
15. Стандарты организации ПАО «Федеральная сетевая компания» [Электрон. ресурс]. - 2018. - URL: http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/ (дата обращения: 23.12.2018).

16. Единое информационно-технологическое пространство для эффективной работы центров управления в электроэнергетике СК-11 // Монитор Электрик. – 2017. – 46 с. – URL: <http://www.monitel.ru/files/downloads/products/Broshyura СК-11.pdf>201711

17. Карасев Ю.Д., Конев А.В., Евлахов М.Б., Крюков И.Н. Построение интегрированной АСДУ. Программный комплекс нового поколения СК-11 для центров управления энергетическими системами и сетями // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2014. – № 11 (64). – С. 23-33

18. Вергазов С.Ю., Кириленков В.С., Технические решения по РЗА, предлагаемые ПАО «Россети» в рамках создания «Цифровых подстанций» // Цифровая подстанция. – 2018. –

19. <http://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2018/04/3.-Rosseti.pdf>.

20. Староверов Б.А., Мозохин А.Е. Структура и этапы построения автоматизированной системы управления электросетями в масштабах региональной сетевой компании // Вестник череповецкого государственного университета. – Череповец, 2018. – Вып. №3(84). – С.55-62

© Шведенко В.Н.

© Мозохин А.Е.