ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЕЭС НА ОСНОВЕ СТАНДАРТОВ МЭК

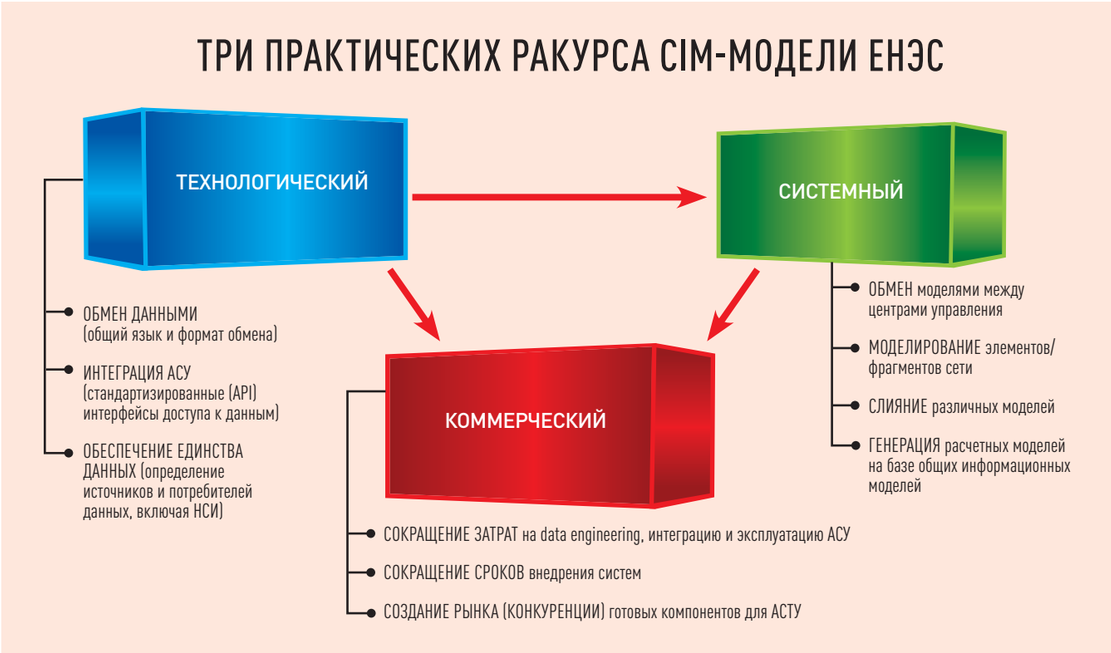
АВТОРЫ:

ЛОНДЕР М.И.,
К.Т.Н.
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

МОРЖИН Ю.И.,
Д.Т.Н.
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

На сегодня в российской энергетике в системах управления технологическими процессами функционирует множество хаотично разработанных программных систем различных производителей. Создание новых систем также ведется в условиях отсутствия согласованных и утвержденных общих нормативных документов – моделей, классификаторов, протоколов, интерфейсов. В то же время в любой такой системе всегда имеет место совокупность ресурсов и процессов сбора, передачи, хранения и обработки информации, обмена между приложениями, включая «наследуемые приложения», и представления информации конечному пользователю.

Ключевые слова: Единое информационное пространство в электроэнергетике, информационные ресурсы, общая информационная модель, применение стандартов МЭК (61968 и 61970) в России.



ВВЕДЕНИЕ

Совокупность средств и методов сбора, обработки, обмена, хранения и представления информации определяет информационное пространство системы, которое состоит из:

- информационных ресурсов;
- информационного взаимодействия;
- информационной инфраструктуры.

Информационные ресурсы – это совокупность данных, организованных специальным образом для получения необходимой достоверной информации. Эта совокупность образует информационную модель – основу информационного пространства.

Информационное взаимодействие – процесс взаимодействия двух (или более) субъектов информационного пространства, целью и основным содержанием которого является изменение состава или содержания информационных ресурсов хотя бы у одного из них.

Информационная инфраструктура представляет собой совокупность организационных и программно-технических систем, обеспечивающих функционирование и развитие информационного взаимодействия. К организационным составляющим относятся документы, определяющие архитектуру разрабатываемой системы, различные нормативные документы (модели, классификаторы, стандарты, правила разработки, тестирования, эксплуатации и т. п.). В российской энергетике в настоящий момент все подобные документы носят локальный характер и никак между собой не связаны.

К программно-техническим системам интеграции относятся технические средства и программные продукты, такие как общая шина, интеграционная база данных, адаптеры преобразования форматов, инструменты для создания моделей и интерфейсов, средства тестирования моделей и т. п. К сожалению, пока все существующие инструменты также имеют локальный характер.

Поскольку создаваемая или находящаяся в эксплуатации («наследуемая») система обычно состоит из большого числа разнообразных программ и технологий, интегрируемых между собой как по информации, так и по взаимодействию при управлении, то такая интеграция может быть выполнена только на основе общих методов унификации, принимаемых всеми разработчиками. Все интегрируемые компоненты должны использовать единую информационную модель, единую систему классификаторов и справочников, унифицированные структуры данных, единые данные параметров системы в реальном времени, данные коммерческого учета электроэнергии, создавая, таким образом, Единое информационное пространство. Формирование Единого информационного пространства (ЕИП) ставит своей целью обеспечение взаимодействия информационных систем (приложений) между собой для создания интегрированной системы управления. Единое информационное пространство может быть как локальным, так и глобальным.

Глобальное ЕИП электроэнергетики (или, по крайней мере, субъектов электроэнергетики) должно обеспечивать:

- поддержку распределенной в пространстве архитектуры системы управления;
- возможность агрегирования, консолидации и интеграции данных по уровням управления;

ИНФОРМАЦИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ CIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Идея использования CIM-технологии в энергетике была впервые выдвинута в Американском научно-исследовательском институте энергетики (Energy Power Research Institute - EPRI) в середине 1990-х и реализована в группе проектов под общим названием Control Center API (CCAPI). Задача проектов состояла в обеспечении:

- интеграции приложений различных изготовителей в рыночных условиях;
- независимости потребителя приложений от его разработчика.

Эта идея была развита в документах Международной электротехнической комиссии (МЭК). В настоящее время МЭК уже приняла в качестве стандартов следующие документы:

1. МЭК 61850-7-1, 2, 3, 4. Сети и системы связи на подстанциях. Базовая информационная модель.

2. МЭК-61968-1, 2, 3, 4. Системы распределения электроэнергии (DMS).

3. МЭК 61970-301. Системы производства и передачи (EMS).

- механизмы обмена информацией, хранящейся на разных уровнях управления;
- поддержку корпоративной нормативно-справочной информации;
- интерфейсы взаимодействия с внешними системами;
- возможность наращивания функционального состава системы.

Локальное ЕИП должно обеспечивать выполнение всех этих требований на одном уровне управления или, в крайнем случае, в рамках одного центра управления.

Чтобы соответствовать этим требованиям, средства поддержки ЕИП должны разрабатываться на основе:

- общей информационной модели (Common Information Model – CIM) в соответствии со стандартами МЭК;
- Единой системы классификации и кодирования (ЕСКК) в соответствии с МЭК 61346 и общероссийскими классификаторами ОКОФ и ОКАДО;
- Единой системы протоколов и интерфейсов в соответствии со стандартами МЭК, OPC UA и W3C;
- единых протоколов и интерфейсов данных реального времени и коммерческого учета производства и потребления электроэнергии в соответствии со стандартами МЭК 60870 и т. п.

Без создания ЕИП и соответствующих поддерживающих информационных структур практически невозможно реализовать такие проекты, как САЦ, Smart Grid и т. п.

1. ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ

Информационная модель – это абстрактная модель, которая все множество элементов системы представляет стандартным образом в виде описания объектов, их свойств и связей между ними. Одна и та же информационная модель может быть реализована различными способами – в виде схемы базы данных, файловой структуры или набора данных внутри приложения.

Процесс создания информационной модели (ИМ) условно можно определить как апостериорный и априорный. Примером апостериорного процесса является широко распространенное объединение множества моделей по схеме «точка–точка». В этом случае каждое приложение создает свою собственную информационную модель физического объекта, со своими структурами, форматами данных и описанием связей между ними, без учета взаимодействия объектов между собой. Поэтому проектирование связей между приложениями является отдельной проблемой, которая зачастую препятствует развитию разрабатываемой системы, превращая сложные комплексы, как принято говорить, в «блюдо спагетти». Исследования показывают, что общая стоимость разработки и эксплуатации такой системы возрастает экспоненциально с увеличением количества связей между приложениями (рис. 1 а) [1].

Примером априорного процесса создания ИМ является схема, называемая «интеграционная шина» (ИШ). В этом случае создается единая информационная модель объекта управления, размещенная в ИШ, и все приложения обмениваются между собой данными, используя при этом единое описание этих данных (рис. 1 б). Кривая на рис. 1 б (внизу) показывает, что в такой схеме стоимость разработки и эксплуатации возрастает линейно с увеличением количества связей между приложениями.

Из сравнения кривых на рис. 1 видно, что затраты с ростом количества связей между приложениями в интегрированной системе становятся существенно различны на уровне трех–пяти связей.

Этот эффект объясняется в основном уменьшением затрат:

- на эксплуатацию множества систем ввода-вывода и обмена данными;
- на поддержание одних и тех же данных, представленных в различных форматах и в различных приложениях;
- на выявление разнообразных ошибок, возникающих из-за ошибок в общих данных, хранящихся в разных приложениях;
- на необходимость разработки для каждого нового приложения средств сопряжения с другими приложениями.

ЧТО ТАКОЕ CIM

Для решения неизменно возникающей проблемы несовместимости различных моделей данных некоммерческой международной ассоциацией Distributed Management Task Force (DMTF) [2, 3], в которую входят такие ведущие мировые производители, как Cisco, Dell, IBM, Intel, Microsoft, Oracle, Sun и многие другие, была разработана концепция общей информационной модели (Common Information Model – CIM). CIM – это информационная модель, служащая для унификации представления данных и представляющая концептуальное описание управляемого оборудования при помощи объектно ориентированной технологии и дизайна.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ МЕТОДОВ ИНТЕГРАЦИИ

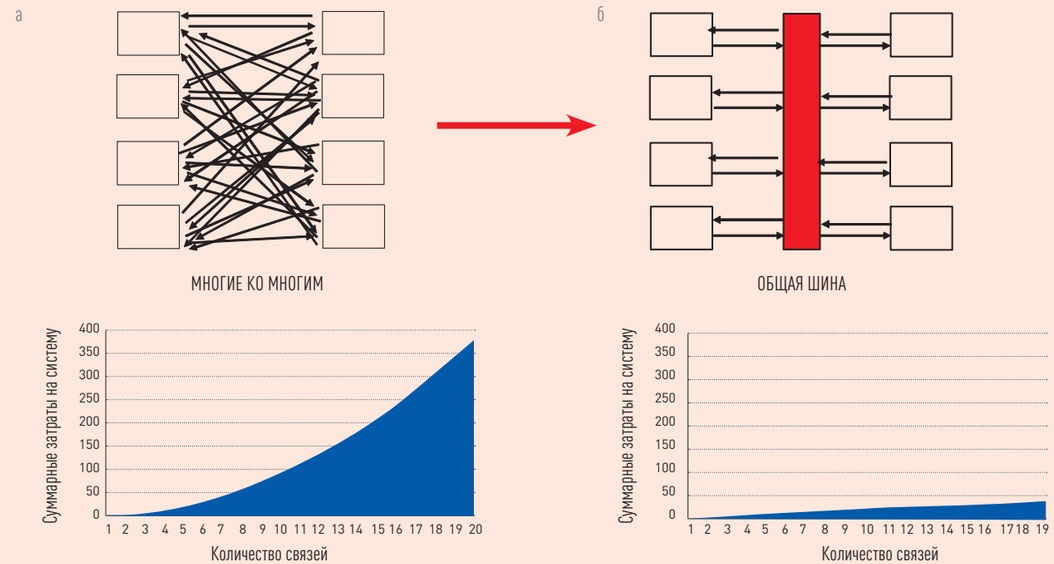


Рис. 1

Определение CIM-модели состоит из двух частей – спецификации и схемы модели. CIM-спецификация определяет свойства модели для интеграции с другими моделями управления, тогда как CIM-схема описывает саму модель. CIM создана на основе объектно ориентированного моделирования, базовыми понятиями которого являются (рис. 2):

- экземпляры (instances) – реальные объекты окружающего мира;
- свойства (properties) – атрибуты этих объектов;
- отношения (association) – связь пары объектов;
- классы (classes) – типы реальных объектов;
- подклассы (subclasses) – подтипы объектов;
- схема (schema) – CIM-схема – набор классов со свойствами и отношениями, логически взаимосвязанных между собой.

Спецификация модели определяет метасхему CIM, все элементы метасхемы, синтаксис и правила для каждого элемента. Метасхема представляет собой определенное формальное описание модели. Она определяет терминологию, использующуюся в модели, ее семантическую структуру и содержательно описывает информационную модель, используя базовые понятия CIM, такие как схема (schema), класс (class), свойство (property) и отношение (association). Конкретные реализации CIM, идентификация, интерфейсы и протоколы взаимодействия – все это выходит за рамки действия спецификации CIM.

Надо подчеркнуть, что разработанные в настоящее время DMTF стандарты не являются только стандартами на бумаге, о чем свидетельствуют многочисленные примеры разработанных фирмами – участниками DMTF CIM-моделей конкретных предметных областей. Например, это сетевая (Network) модель, модель событий (Events) и многие другие. Ниже рассматривается CIM-модель энергосистемы, разработанная Международной электротехнической комиссией (МЭК).

CIM-МОДЕЛЬ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ КОМИССИИ

В настоящее время наибольшее распространение в мире в качестве концептуальной модели данных в электроэнергетике получила общая информационная модель, разработанная на основе общей концепции DMTF и определенная стандартами МЭК.

Идея использовать CIM-технологии для моделирования энергетических объектов (в том числе систем управления) была впервые предложена в американском Научно-исследовательском институте энергетики (Electric Power Research Institute –

СВЯЗЫВАНИЕ ОБЩИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ЧЕРЕЗ CIM

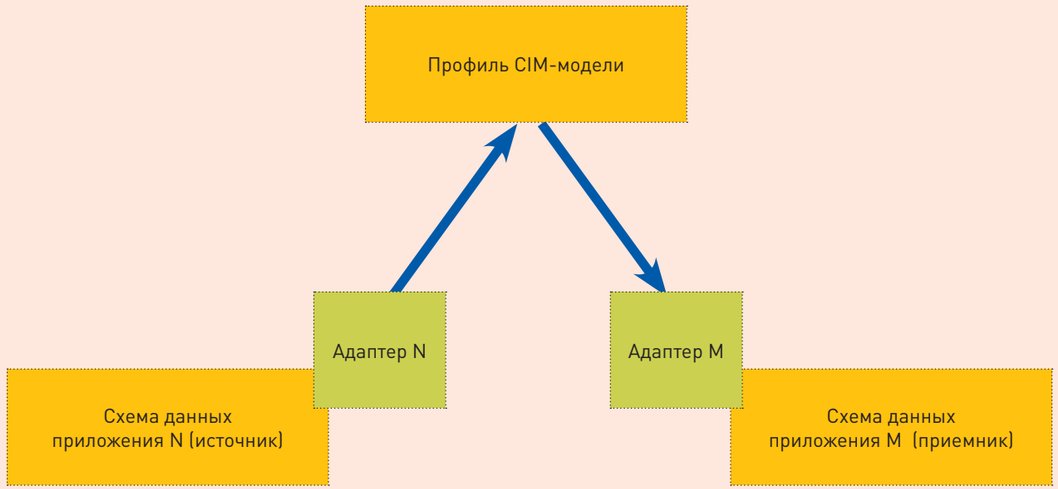


Рис. 2

EPRI) в 1992 г. и реализована в группе проектов под общим названием CCAPI. Основная цель проектов состояла, во-первых, в обеспечении интеграции приложений, разработанных различными фирмами, и, во-вторых, в обеспечении независимости потребителя конкретного приложения от его разработчика. Эта же идея была сформулирована и в документах Международной электротехнической комиссии [4, 5, 6].

С 1996 г. работы по созданию информационной модели включены в перечень работ 57-го Технического комитета МЭК. В настоящее время в этом направлении работает несколько международных рабочих групп, отвечающих за интеграционные документы в части:

- управления системами распределения электроэнергии – DMS (МЭК 61968);
- производства и передачи электроэнергии – EMS (МЭК 61970);
- рыночных систем – Market Operations (МЭК 62325).

На сегодня выпущено несколько редакций стандарта, и в ближайшее время будет опубликована пятая редакция на основе CIM-16 (рис. 3), на которую рекомендуется ориентироваться в новых разработках. Для обмена опытом и информационными материалами создана также общественная организация CIM User Group (CIMUG [7]), члены которой имеют доступ к разрабатываемым стандартам и проектам. Международные организации по стандартизации поддерживают работы по созданию моделей данных для рынка электроэнергии, задач планирования и динамики.

CIM-модель МЭК является полным и исчерпывающим логическим представлением модели данных для построения информационных моделей для всех уровней управления. В модели представлены все основные объекты предприятий электрической компании. Модель включает в себя общие классы и атрибуты для этих объектов, а также взаимоотношения между ними. Классы CIM-модели описаны с помощью диаграмм классов с использованием UML-нотации [8, 9]. В качестве инструмента для построения CIM-модели используется программный пакет Enterprise Architect фирмы Sparx Systems [10].

Разработанная модель CIM делится на определенные логические пакеты, позволяющие группировать связанные между собой элементы модели. Введение пакетов способствует тому, что модель становится более структурированной. Тем самым упрощается дальнейшее

РЕКОМЕНДУЕМАЯ МЭК АРХИТЕКТУРА ИНТЕГРАЦИИ ПРИЛОЖЕНИЙ

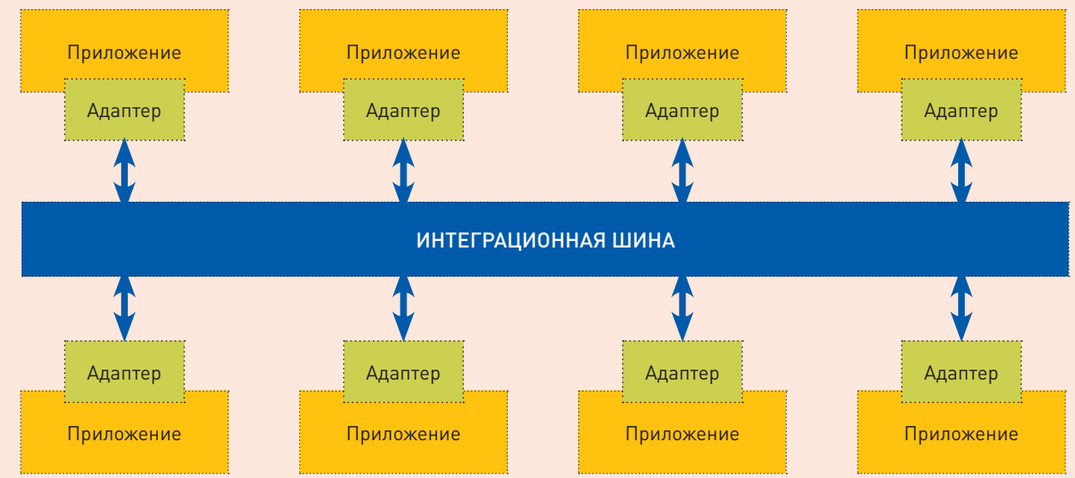


Рис. 3

проектирование и улучшается общее понимание модели.

Классы объектов, представленные в CIM-модели, являются абстрактными и могут быть использованы во множестве приложений. Заметим, что нельзя отождествлять CIM и конкретные реализации приложений, т. к. CIM изначально позиционировалась как инструмент для интеграции разнородных приложений и систем независимо от их конкретной реализации путем создания концептуальной модели данных энергосистемы.

Класс – это описание объекта, существующего в реальном мире, такого как, например, трансформатор, генератор или нагрузка. Такой объект должен быть отражен в общей модели энергосистемы. Кроме того, в качестве классов также выступают другие типы объектов, например измерения, которые анализируются и обрабатываются приложениями, тарифы и т. п. Конкретный объект энергосистемы с уникальным идентификатором моделируется как экземпляр класса, к которому он принадлежит.

Каждый класс CIM-модели содержит атрибуты, которые описывают свойства класса и позволяют однозначно описать и идентифицировать конкретный экземпляр класса. В определение класса включено множество атрибутов, которые могут представлять интерес для различных приложений.

Каждому атрибуту класса приписывается тип, определяющий, какие именно значения может принимать этот атрибут. В частности, типами атрибутов являются целые (integer) и рациональные (float) числа, логический (boolean), строковый (string) и перечислимый (enumeration) типы. Все эти типы являются так называемыми примитивными типами. Кроме того, в спецификацию CIM также включен целый ряд дополнительных типов. Например, атрибут maximumkV (максимум напряжения) класса Compensator имеет тип Voltage (напряжение). Связь различных классов между собой описывается при помощи отношений (в Enterprise Architect эта взаимосвязь моделируется диаграммами).

Применение общей информационной модели позволяет:

- создать общий язык обмена данными для всех взаимодействующих приложений;
- обеспечить единство данных во всех приложениях на всех уровнях управления, включая распределенные иерархические объекты, за счет однозначного определения источников данных

Рис. 4

и семантически единых схем описания данных и интерфейсов;
– генерировать запросы к данным без знания структур конкретных баз данных, а используя только схемы моделей;
– создать средства для формирования XML-файлов и web-сообщений для обмена моделями;
– создать библиотеку стандартных XML-сообщений для обмена данными;
– интегрировать «наследуемые» приложения с точки зрения общего внешнего описания данных.

2. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ РАБОТ

На сегодня CIM-подход во всем мире весьма популярен (США, Китай, Япония, Евросоюз и др.). В 2000 г. на Североамериканскую корпорацию по надежности в электроэнергетике (North American Electric Reliability Corporation – NERC) была возложена ответственность за применение CIM в США и были проведены первые тесты на совместимость интерфейсов. В 2009 г. Энергетическая комиссия ЕС приняла постановление о внедрении CIM-интерфейсов для задач прогноза и планирования. Эта работа продолжается и в настоящее время, причем обсуждаемый подход распространяется и на другие приложения. Примерно каждые полгода проходят тестовые испытания на совместимость продуктов различных изготовителей. В испытаниях принимают участие множество производителей оборудования (ABB, Siemens, Alstom, Sysco и др.). В 2014 г. начинается практическое внедрение первой очереди системы в странах ЕС [11]. В США на основе МЭК 61968–9 уже работает так называемая «зеленая кнопка», которая позволяет потребителю электроэнергии с любого электронного устройства, имеющего выход в Интернет, получить текущие показания своего счетчика, данные о расходе электроэнергии за любые прошедшие интервалы времени, кратные 15 минутам, а также сведения о затратах на электроэнергию за эти интервалы времени. Программа стала общенациональной и выполнялась в соответствии с решением конгресса. Основной результат – заметная экономия потребления электроэнергии [12].

В России попытки внедрения стандартов CIM МЭК были начаты еще в 2003 г. в НТЦ электроэнергетики (ВНИИЭ) (рис. 4), но до настоящего времени не нашли, к сожалению, должного понимания со стороны эксплуатирующих организаций. В настоящее время в этом направлении активно работают ЗАО «Монитор Электрик», ЗАО «Десима», ОАО «МРСК Урала». Начаты также работы в ОАО «МОЭСК». Все эти работы ведутся независимо, на различных версиях модели и, строго говоря, никак не влияют на сложившееся положение в этой области, которое можно определить следующим образом:

– несформулированные и неоднозначно понимаемые цели и задачи применения CIM;

– большой объем хаотично разработанных «наследуемых» и разрабатываемых приложений;
– отсутствие какой бы то ни было архитектуры интеграционной системы и методологии ее создания;
– отсутствие согласованных и утвержденных нормативных документов – модели, классификаторы, протоколы, интерфейсы, платформы;
– отсутствие продуманной, описанной и последовательно выполняемой стратегии разработки и внедрения (дорожной карты);
– непонимание необходимости первоочередного развития информационной инфраструктуры для создания ЕИП.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка интегрированных систем управления в рыночных условиях России невозможна без интеграции усилий таких участников рынка, как СО ЦДУ, ФСК и другие субъекты рынка электроэнергетики. Для создания таких систем необходимо, прежде всего, выполнить следующие работы:

1. Создать необходимую организационную вертикальную структуру, поддерживающую единство информационных моделей и моделей интерфейса для всех участников рынка.

2. Создать систему отраслевых стандартов для построения единых информационных моделей как ЕНЭС России в целом, так и ее отдельных субъектов.

3. Создать систему отраслевых стандартов, описывающих единую систему интерфейсов прикладного уровня и обеспечивающих интеграцию приложений.

4. Создать сетевую среду общей информационной шины, поддерживающую единую информационную модель, ориентированную на технологию web-сервисов и позволяющую создавать прикладные гетерогенные системы на основе одних и тех же платформенно-независимых сетевых технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Implementing the Common Information Model (CIM), www.cimuser.org/UserGroup/Presentations/TVA-Newberry-CIM-011905.ppt.
2. CIM –MetaModel, http://www.dmtf.org/standards/cim.
3. DMTF Tutorial, http://www.wbemsolutions.com/tutorials/DMTF/.
4. IEC 61970–301. Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) Part 301: (EMS-API) Common Information Model (CIM) base. IEC, 2014.
5. IEC 61968–1. Application integration at electric utilities – System interfaces for distribution management – Part 1: Interface architecture and general requirements. IEC,2012.
6. IEC 62325–301, Framework for energy market communications. IEC, 2014.
7. CIMUserGroup, http://cimug.ucaiug.org/default.aspx.
8. Боггс У., Боггс М. UML и Rational Rose 2002. – ЛОРИ, 2004.
9. Кватрани Т. Rational Rose 2000 и UML. Визуальное моделирование. – ДМК Пресс, 2001.
10. Enterprise Architect, http://www.sparxsystems.at/.
11. Common Information Model (CIM), https://www.entsoe.eu/major-projects/common-information-model-cim/.
12. IntelliGrid Common Information Model Primer. Second Edition. EPRI, 2013, http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx?ProductId=000000003002001040.