

**Авторы:**  
 к.т.н. Т.Г. Горелик,  
 д.т.н. Ю.А. Асанбаев,  
 ОАО «НИИПТ»  
 О.В. Кириенко,  
 ООО «ЭнергопромАвтоматизация»,  
 г. Санкт-Петербург

## **К ВОПРОСУ ГАРМОНИЗАЦИИ CIM-МОДЕЛИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И SCL ОПИСАНИЯ ПОДСТАНЦИИ**

Аннотация: оптимизация интеграции всей разнородной информации о нормальных и аварийных режимах энергообъекта и энергообъединения в единый информационный комплекс начала быстро развиваться после разработки специальных стандартов МЭК. Для управления сетями, эффективного ведения режима и управления оборудованием в диспетчерских центрах должна присутствовать точная и однозначная информационная модель энергосистемы – CIM-модель, созданная в соответствии со стандартом МЭК 61970. Идеальным источником информации о подстанции для CIM-модели энергосистемы является SCL-файл описания подстанции – в соответствии со стандартом МЭК 61850. Гармонизация стандартов МЭК 61850 и МЭК 61970 и создание единой обобщенной модели является очень важной с точки зрения технологий Smart Grid и Цифровой подстанции. В статье приведено сравнение стандартов, отмечены как общие элементы в CIM и SCL моделях, так и их различия. Предложены способы гармонизации стандартов и рассмотрены варианты применения единой обобщенной модели.

**Ключевые слова:**  
 цифровая подстанция, CIM-модель энергосистемы, SCL описание подстанции, гармонизация стандартов.



**Горелик Татьяна Григорьевна.**  
 Дата рождения: 24.03.1964 г.  
 В 1987 году окончила Ленинградский политехнический институт им. М.И. Калинина, кафедру «Электрические сети и системы». В 2000 г. защитила кандидатскую диссертацию по теме «Повышение достоверности информации в автоматизированных системах управления подстанциями постоянного и переменного тока». Заведующая отделом автоматизированных систем управления ОАО «НИИПТ».

В связи с развитием систем автоматизации в энергетике резко возрос интерес к технологиям цифровой подстанции. В проектах цифровой подстанции особое внимание уделяется полевым устройствам и устройствам уровня присоединения. Меньше внимания уделяется описанию модели подстанции. Современная цифровая подстанция функционирует в энергосистеме в единой технологической и информационной среде. Для управления сетями, эффективного ведения режима и управления оборудованием в диспетчерских центрах должна присутствовать точная и однозначная модель энергосистемы, включающая модели всех подстанций. Для этого создается общая информационная модель энергосистемы (CIM-модель). Идеальным источником информации о подстанции для CIM-модели энергосистемы является SCL-файл описания подстанции, включающий в себя однолинейную схему. Ввиду большого количества общих элементов между CIM-моделью и SCL-файлами целесообразно разработать методы и инструменты для обмена данными между этими двумя структурами. Фактически введение обмена данными между этими двумя стандартами (гармонизация) и создание единой обобщенной модели является основой информационной совместимости между всеми технологиями SmartGrid [1].

### **Общие элементы в CIM и SCL моделях**

Описания подстанции в SCL и CIM по структуре совпадают и содержат следующие основные элементы:

Наименование	CIM (пакет Core)	SCL
Подстанция	Substation	tSubstation
Уровень напряжения	VoltageLevel	tVoltageLevel
Присоединение	Bay	tBay

В SCL и CIM также совпадает способ описания топологии электрической схемы. Это описание базируется на использовании понятий «Узла соединения» (Connectivity Node) и «Точки подключения» на силовом оборудовании (Terminal). Силовое токоведущее оборудование (ConductingEquipment) имеет одну или несколько точек подключения, которые соединяются с узлом, и таким образом устанавливаются связи между элементами схемы (рис. 1). Несмотря на наличие общих элементов в CIM и SCL, изначально эти модели ориентировались на разное применение. Из различий в назначениях этих двух моделей возникают все остальные различия, из-за которых CIM-модель не может полностью заменить SCL, а SCL не может заменить CIM. CIM-модель создавалась как универсальный спо-

соб описания энергосистем, который можно использовать в различных EMS-, DMS-приложениях.

В число таких приложений входят: расчет режима, оценивание состояния, мониторинг силового оборудования и др. Перед разработчиками CIM-модели стояла задача разработать достаточно универсальный способ описания схемы замещения электрической сети, которое позволяет использовать это описание в различных разнородных приложениях. Разработчики SCL решали другую задачу – создать универсальный формат для описания информационных связей на подстанции. Основное внимание здесь было уделено модели данных в устройствах: логические узлы, типы данных и др. Однолинейная схема в SCL позволяет связывать логические функции в микропроцессорных устройствах с элементами силовой схемы, с которыми эти микропроцессорные устройства взаимодействуют.

Поскольку все приложения расчета режима оперируют узлами и связями и CIM-модель должна удовлетворять требованиям этих приложений, она ориентирована на описание графов сети. С другой стороны, SCL изначально ориентировалась на подстанционное применение, где структуру можно выразить в виде иерархии, состоящей из фиксированного набора уровней (распределительных устройств, присоединений и силового оборудования).

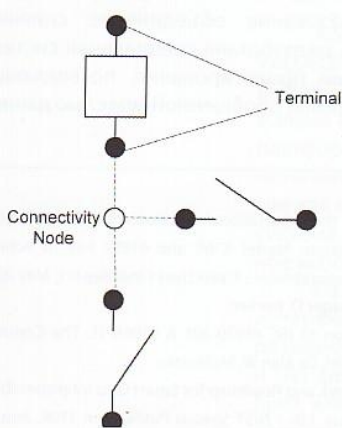


Рис. 1. Описание электрических соединений в CIM и SCL

В силу этого SCL-файлы имеют достаточно строгую иерархическую структуру. Для описания модели энергосистемы в CIM используется RDF (Resource Description Framework) [2]. Использование RDF в CIM вызвано необходимостью удобно представлять графы. Структура RDF записи (утверждения) имеет вид «субъект – предикат – объект». Например, активное сопротивление обмотки трансформатора, равное 0,39 Ом, может быть записано как субъект – обмотка трансформатора (TransformerWinding), предикат – активное сопротивление (TransformerWinding.r), объект – значение 0,39 Ом. Если в качестве объекта используется не конкретное значение (число), а ссылка на другой объект (ресурс), то фактически образуется ветвь графа, связывающая два ресурса.

Например, обмотка трансформатора X (TransformerWinding) относится к трансформатору Y, где X и Y являются идентификаторами ресурсов. Таким образом, с использованием уникальных идентификаторов устанавливаются связи между ресурсами. В SCL для описания подстанции используется XML-формат (древовидная структура). В нем также имеется система идентификации (с помощью атрибута name – технологическое имя). Отличием от CIM является то, что технологическое имя должно быть уникальным в рамках своего уровня иерархии. Например, каждое присоединение в рамках одного уровня напряжения должно иметь уникальное технологическое наименование. Но на разных распределительных устройствах два присоединения могут иметь одно имя. Для того, чтобы соединить точку подключения (Terminal) в одном присоединении с узлом (ConnectivityNode) в другом присоединении, у объекта Terminal есть несколько атрибутов: имя подстанции (substationName), имя распределительного устройства (voltageLevelName), имя присоединения (bayName), имя узла соединения (cNodeName). Только совокупность всех этих параметров образует уникальный идентификатор в рамках SCL-файла. SCL-файлы включа-

ют в себя также подробное описание микропроцессорных устройств, способов передачи данных (на верхний уровень и между устройствами) и команд управления.

CIM-модель ограничивается лишь описанием отдельных точек измерения и телеуправления без указания семантики (т.е. физического смысла) этих точек. Кроме того, CIM-модель содержит подробное описание электрических параметров схемы замещения. В SCL такое описание полностью отсутствует.

#### Варианты использования

Гармонизация стандартов МЭК 61850 и МЭК 61970 является достаточно важной задачей с точки зрения увязки информации о конфигурации сети и исключения излишнего дублирования. Не менее важной задачей при разработке обобщенной модели является рассмотрение возможных вариантов ее применения. В [4] были предложены возможные варианты использования обобщенной модели для решения некоторых практических (прикладных) задач.

**Первый вариант** использования – формирование CIM-модели энергосистемы на базе SCL-файлов. В этом случае при включении подстанции в единую информационную модель энергосистемы необходимо преобразовать SCD (файл конфигурации подстанции) в CIM-модель и сформированную модель включить в состав модели энергосистемы. Для этого получившаяся из SCL-файла модель должна быть дополнена недостающими параметрами (в том числе параметрами схемы замещения).

**Второй вариант** использования – проверка корректности настройки защит на подстанциях (в том числе перекрытие зон действия защит, резервирования и т.д.). Для этого на основании обобщенной модели инженер службы релейной защиты может выяснить, какие защиты установлены по концам заданной линии электропередачи (по привязке логических узлов из SCL-файлов). С помощью подсистемы передачи неоперативной технологической информации уставки защит могут быть считаны и отображены на его рабочем месте (APM). Используя электрические пара-



**Асанбаев Юрий  
Александрович.**

Дата рождения: 15.08.1930 г.  
В 1955 году окончил Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина). В 1968 году защитил кандидатскую диссертацию по теме «Система регулирования уран-графитового реактора с газовым охлаждением». С 1979 года – Старший научный сотрудник (ВАК). В 2003 году защитил докторскую диссертацию по теме «Исследование периодических энергетических процессов в электрических системах». Главный научный сотрудник ОАО «НИИПТ».



**Кириленко Олег  
Владимирович.**

Дата рождения: 8.06.1986 г.  
В 2009 году защитил магистерскую диссертацию в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете (СПбГПУ) по специальности «Электрические Сети и Системы». С 2009 года – аспирант ОАО «НИИПТ». В ООО «Энергопром Автоматизация» руководит научно-методической группой.

метры схемы замещения из CIM-модели, можно выполнить необходимые расчеты, на основании которых могут быть сделаны соответствующие выводы о координации настроек защит.

**Третий вариант** использования – оперативное изменение уставок защит по сети. Данный вариант схож с предыдущим и позволяет изменять уставки (в том числе в автоматическом режиме) для адаптации защит к изменяющимся условиям в энергосистеме. Использование для этого обобщенной модели является критически важным с точки зрения обеспечения надежности.

**Четвертый вариант** использования – организация информации для проведения испытаний защит. При этом есть возможность проводить одновременное тестирование защит, связанных с несколькими энергетическими объектами (подстанциями).

**Пятый вариант** использования – контроль корректности настройки систем противоаварийной автоматики.

**Шестой вариант** использования – контроль выполнения оперативных переключений на основании советчика диспетчера. В этом случае из SCL-файла выбираются соответствующие измерения, и на их основании и данных об электрических параметрах (от CIM) выполняются расчеты в автоматическом режиме. Диспетчеру выдается соответствующее информационное сообщение.

**Седьмой вариант** использования – применение обобщенной модели для восстановления энергосистемы после системной аварии. При этом имеется возможность на основании SCL запросить более подробную по сравнению с телемеханикой оперативную информацию по отдельным элементам энергосистемы.

**Восьмой вариант** использования – мониторинг состояния первичного оборудования. На основании информации из SCL-файла находятся логические узлы, связанные с состоянием силового оборудования. С помощью системы передачи неоперативной технологической информации текущие данные считываются и выводятся персоналу для анализа.

Приведенные примеры являются перспективными направлениями развития информационных технологий в энергетике, и их можно полностью отнести к технологиям Smart Grid, или интеллектуальной сети.

#### Способы гармонизации

Структура RDF-файла является достаточно общей для того, чтобы полностью включить в себя описание информационной модели подстанции (SCL). Для этого возможно использовать

достаточно общий подход [1]. Чтобы разбить элементы SCL-файла на объекты с уникальными идентификаторами, необходимо создать линейный список объектов (подстанций, распределительных устройств, присоединений, силового оборудования, интеллектуальных электронных устройств) и дать каждому элементу уникальный идентификатор. Далее требуется установить связь между этими объектами с использованием уникальных идентификаторов. Это позволяет сформировать CIM-модель на базе SCL-файла. При этом совпадающие объекты в CIM и SCL должны быть заменены на единый (гармонизированный) вариант. Наличие единых идентификаторов и возможность перевода одних идентификаторов (SCL) в другие (CIM) позволяет выполнить и обратное преобразование из CIM в SCL.

Еще одной важной проблемой является обеспечение возможности слияния моделей. Например, на подстанции, которая уже включена в CIM-модель, произошло расширение, и SCD-файл был дополнен. В этом случае необходимо повторно включить этот файл в CIM-модель. При этом не должны быть затронуты уже включенные части (дополненные соответствующими атрибутами). Такой механизм называется слиянием (Merging). Слияние также должно быть основано на единой системе идентификации объектов.

#### Выводы:

Гармонизация стандартов МЭК 61850 и МЭК 61970 и создание единой обобщенной модели является очень важной с точки зрения технологий Smart Grid и цифровой подстанции. Объединить две модели можно только на основании единой системы идентификации объектов. Для упрощения внедрения и эксплуатации этих задач (преобразование, объединение, слияние) должна быть разработана специальная система автоматизации проектирования, позволяющая работать с единой обобщенной моделью данных (SCL и CIM).

#### Литература:

1. «Harmonizing the International Electrotechnical Commission Common Information Model (CIM) and 61850 Key to Achieve Smart Grid Interoperability» - Objectives Final Report, May 2010, EPRI Project Manager D. Becker.
2. An Introduction to IEC 61970-301 & 61968-11: The Common Information Model, Dr Alan W. McMorran.
3. «NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0» - NIST Special Publication 1108, January 2010.
4. Harmonization of IEC 61970, 61968, and 61850 Models - Technical Report.