

Формирование описания главной схемы электроустановки при автоматизированном проектировании вторичных цепей

- Трофимов А. В.¹, канд. техн. наук, Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”, Москва
- Трофимов В. А., Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”, Москва
- Абдухалилов Г. А., Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”, Москва

Рассмотрены методы формирования описания главной схемы электроустановки в соответствии с МЭК 61850 “Сети и системы связи на подстанциях” при автоматизированном проектировании вторичных цепей. Описаны средства построения однолинейной схемы, организации связи первичного оборудования и логических узлов, формирования топологии схемы. Реализация осуществляется в рамках системы автоматизированного проектирования цепей вторичной коммутации (САПР ЦВК).

Ключевые слова: автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) электроустановок, системы автоматизированного проектирования (САПР), вторичные цепи, интеллектуальные электронные устройства (ИЭУ), МЭК 61850.

Повсеместное использование в качестве систем контроля и управления (СКУ) оборудованием электростанций и подстанций автоматизированных систем управления на базе современных микропроцессорных средств существенно изменило подходы к их проектированию. Проекты разделились на проекты нижнего (полевого) уровня, реализуемые проектировщиками-технологами, и верхнего (микропроцессорного) уровня, реализуемые обычно поставщиками программно-технических комплексов или инжиниринговыми организациями.

В настоящее время при разработке АСУТП подстанций всё шире используются интеллектуальные электронные устройства (ИЭУ), обеспечивающие поддержку стандарта МЭК 61850 “Сети и системы связи на подстанциях”. При разработке систем автоматизации подстанций в соответствии с МЭК 61850 регламентируется своя методика проектирования, обеспечивающая взаимодействие между “технологами” и “программистами” [1]. Так как одной из основных задач стандарта является обеспечение совместимости ИЭУ, выпускаемых различными производителями, в нём строго определены информационные модели, описывающие первичное и вторичное оборудование, реализуемые функции по управлению оборудованием, возможности ИЭУ. Стандарт определяет форматы

файлов описания элементов системы автоматизации, что фактически делает необходимым использование специализированных программ для конфигурирования системы автоматизации.

Обычно для формирования файлов по МЭК 61850 используются специальные программные средства [2, 3]. Но, так как в ходе разработки проектной документации полевого уровня главная схема, как правило, формируется в рамках какого-то графического редактора (чаще всего Автокад), использование таких программ реально ведёт к повторному вводу главной схемы. В данной статье рассмотрен подход, позволяющий по проектной главной схеме, выполненной в привычном Автокаде, сформировать файл описания оборудования главной схемы и связанных с ним функций автоматизации. Реализован этот подход в рамках системы автоматизированного проектирования цепей вторичной коммутации (САПР ЦВК) [4], обеспечивающей разработку рабочей документации на вторичные цепи и включающей средства для конфигурирования программно-технических комплексов АСУТП.

Автоматизация проектирования при разработке рабочей документации на вторичные цепи электроустановок позволяет существенно повысить производительность труда проектировщиков и улучшить качество проекта. Это связано с тем, что существенная часть документации состоит из принципиальных и монтажных схем. И, если раз-

¹ Трофимов Алексей Валентинович: trofimovav@mpei.ru

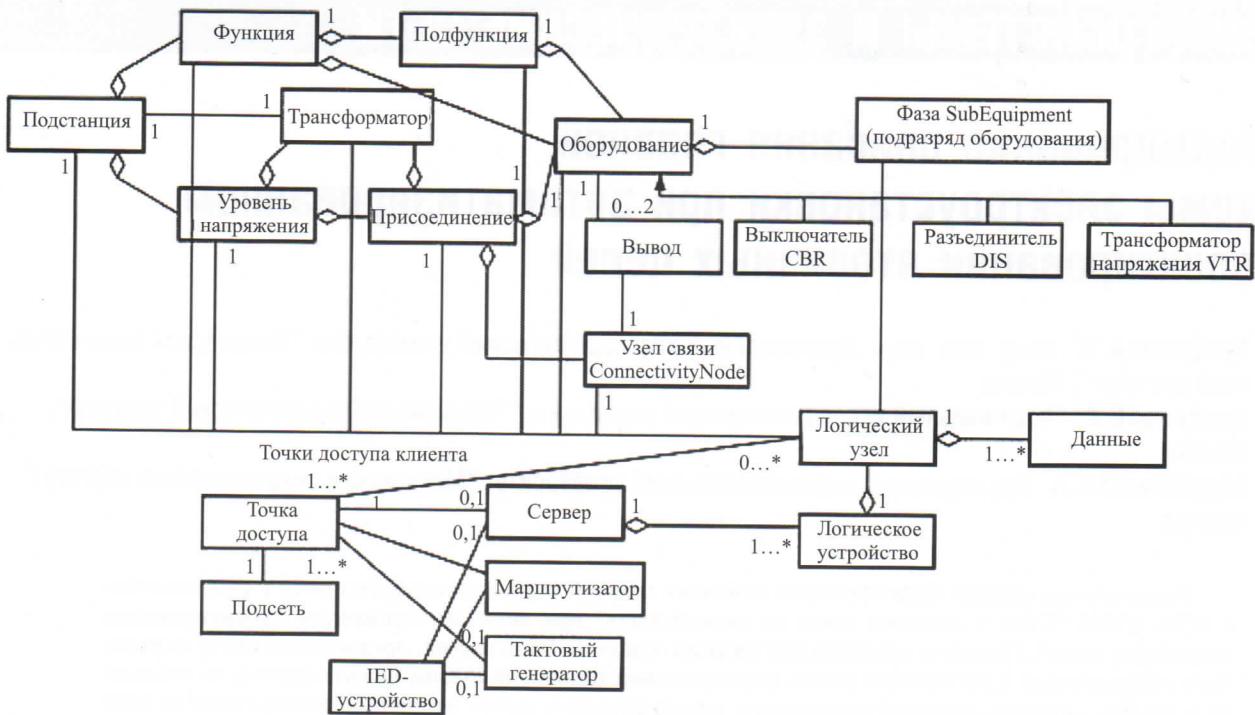


Рис. 1. Информационная модель описания конфигурации подстанции по МЭК 61850

работка принципиальных схем требует напряжения инженерной мысли, то монтажная документация (схемы кабельных соединений, схемы подключения рядов зажимов, монтажные схемы устройств) во многом может быть сформирована автоматически. При реализации вторичных цепей в виде АСУТП на основе ИЭУ принципиальные схемы упрощаются, так как логика работы схемы реализуется контроллером. С другой стороны, появилась необходимость формирования новых документов (таблицы сигналов, алгоритмические схемы, описание цифрового обмена).

На рис. 1 изображена информационная модель описания конфигурации подстанции (SCL) по МЭК 61850. В этой модели представлены:

первичное оборудование (силовые и измерительные трансформаторы, коммутационные аппараты, линии и др.) с его принадлежностью к определённым уровням напряжения (распределительным устройствам – РУ) и присоединениям (ячейкам);

топология главной схемы (выводы оборудования и узлы связи, к которым они подключены);

логические узлы (являются минимальными частями функций, реализуемых системой автоматизации – защиты, управление и др.), которые, с одной стороны, связаны с оборудованием главной схемы, с другой – реализуются на ИЭУ;

ИЭУ (IED-устройства);

цифровая сеть.

Исходными данными для конфигуратора системы автоматизации являются:

файл системной спецификации в терминах однолинейной схемы и закрепления логических узлов (LN) за частями и оборудованием однолинейной схемы для обозначения необходимой функциональности (SSD-файл);

файлы описания функциональных возможностей ИЭУ (ICD-файлы).

Очевидно, что подготовка описания системной конфигурации (SSD-файла) должна выполняться проектировщиком-технологом. Также понятно, что существенная часть информации может быть автоматически получена из чертежа главной схемы. Естественно, что для этих целей чертёж должен представлять собой не просто рисунок, а нести в себе информацию, которая может быть автоматически проанализирована. Для этих целей в САПР ЦВК включены специальные средства построения и анализа первичных схем.

Главная схема формируется из типовых блоков, представляющих условные графические изображения элементов первичного оборудования. Для удобства разработки схемы в Автокад добавлено специальное меню для прорисовки и привязки оборудования и задания его принадлежности. Схема может формироваться как из элементарных блоков, так и из готовых типовых фрагментов. На рис. 2 изображён фрагмент главной схемы подстанции и инструменты для её подготовки.

Для автоматизации заполнения информационной модели по МЭК 61850 в плане главной схемы типовые блоки наряду с условными графическими изображениями должны содержать набор атрибу-

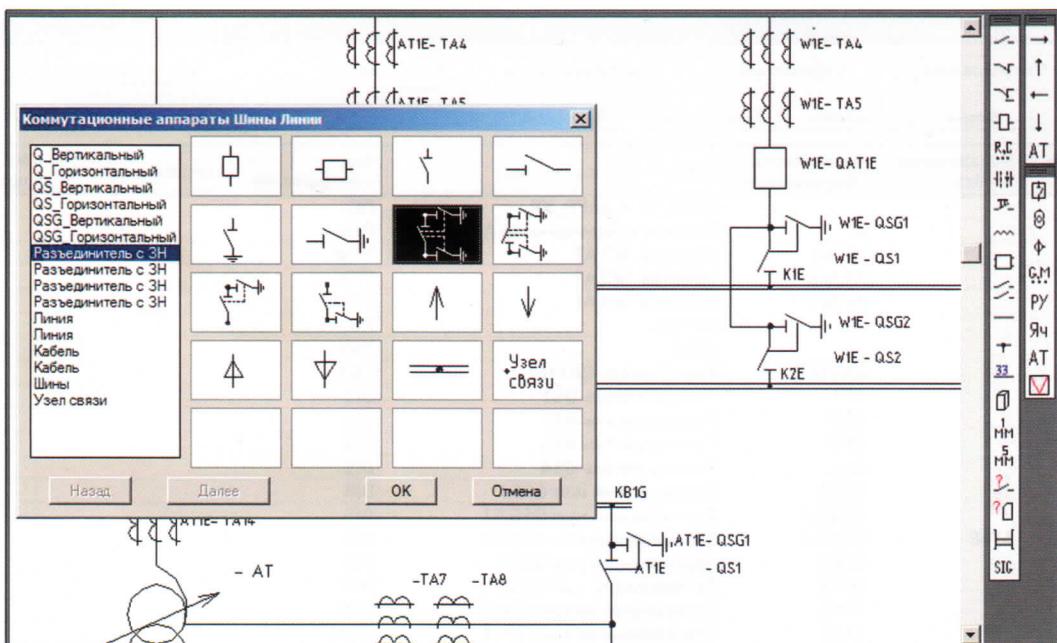


Рис. 2. Фрагмент главной схемы в графическом редакторе

тов описания оборудования (обозначения РУ, ячейки, оборудования) и точек подключения (выводов) для анализа топологии схемы (рис. 3).

Как видно из информационной модели (рис. 1), для всего оборудования (кроме силовых трансформаторов) должны быть заданы обозначение, принадлежность к распределительному устройству и ячейке. Силовые трансформаторы могут относиться как непосредственно к подстанции, так и к РУ или ячейке. Это определяется заполнением (или незаполнением) соответствующих атрибутов для конкретного трансформатора.

С точки зрения оформления схемы расположением и видимостью атрибутов (скрыть / показать) можно управлять.

Для описания топологии схемы используются невидимые атрибуты W_i . Они несут информацию о расположении выводов (Terminal) оборудования (точки привязки линий связи). Каждому выводу оборудования соответствует своя точка привязки с определёнными координатами. Выводы оборудования соединяются специальными линиями связи, образуя узлы связи (ConnectivityNode). Информация об узлах связи и подключении к ним оборудования формируется автоматически на основе анализа топологии схемы. Так, узлы связи должны быть связаны с определённой ячейкой, шины распределительных устройств, к которым подключается оборудование разных ячеек, формируются из специальных элементов, составляющих отдельную ячейку.

При необходимости библиотека блоков для рисования схемы может быть расширена. Чтобы они корректно обрабатывались программой, их целесообразно создавать на базе существующих, при-

держиваясь следующих правил: не менять состав атрибутов (кроме числа терминалов W_i); имя блока должно иметь стандартный вид, например, PE PTR01_00, где символы 1 – 3 – одинаковые у всех блоков (от primary equipment), символы 4 – 6 – обозначают вид оборудования по МЭК 61850, символы 7 – 8 – номер блока заданного вида.

На основе чертежа однолинейной схемы автоматически формируются таблицы оборудования и подключения. При этом в таблицу оборудования добавляются данные с описанием электроустановки, распределительных устройств и ячеек. Силовые трансформаторы, в соответствии с МЭК

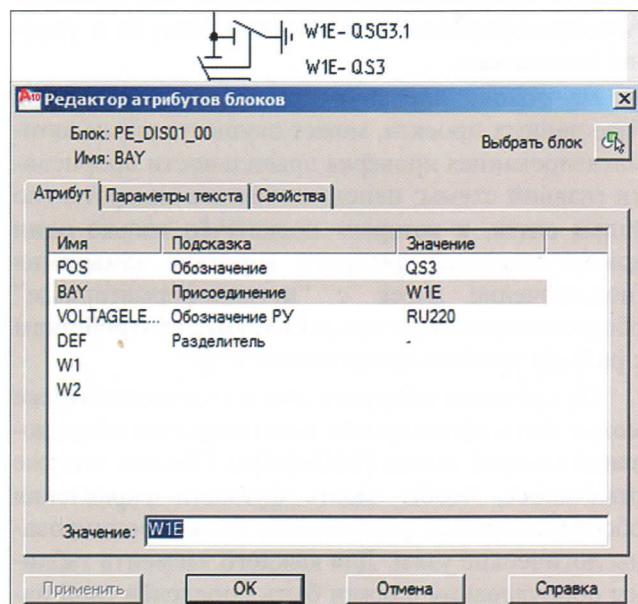


Рис. 3. Типовые атрибуты блока

Обозначение РУ		Обозначение ячейки	Обозначение оборудования	Описание оборудования	Вид оборудования	Тип оборудования	МЕ проекта
				SAPR_VK # SAPR_VK	ПС		
		AT		Силовой трансформатор AT	PTR		
		AT.W1		Обмотка W1 AT	PTW		
		AT.W2		Обмотка W2 AT	PTW		
		AT.W3		Обмотка W3 AT	PTW		
				RU110	РУ		
				AT1E	BAY		
RU110	AT1E	QAT1E		Выключатель QAT1E	CBR		
		QS1		Разъединитель QS1	DIS		
		QS2		Разъединитель QS2	DIS		
		QS3		Разъединитель QS3	DIS		
		QS4		Разъединитель QS4	DIS		
		QSG1		Заземляющий нож QSG1	DIS		
		QSG2.1		Заземляющий нож QSG2.1	DIS		
		QSG2.2		Заземляющий нож QSG2.2	DIS		
		QSG3		Заземляющий нож QSG3	DIS		
		QSG4		Заземляющий нож QSG4	DIS		
		TA10		Трансформатор тока TA10	CTR		
		TA11		Трансформатор тока TA11	CTR		
		TA12		Трансформатор тока TA12	CTR		
		TA7		Трансформатор тока TA7	CTR		
		TA8		Трансформатор тока TA8	CTR		
		TA9		Трансформатор тока TA9	CTR		
		K1G		K1G	BAY		
		K2G		K2G	BAY		
		KB1G		KB1G	BAY		
RU220	AT1E			RU220	РУ		
				AT1E	BAY		
		QAT1E		Выключатель Q	CBR		
		QS1		Разъединитель QS1	DIS		

Рис. 4. Таблица оборудования

61850, описываются как составное устройство, состоящее из обмоток. Каждая обмотка рассматривается как отдельная единица оборудования. Описание и подключение обмоток формируется автоматически. На рис. 4 изображён фрагмент таблицы оборудования, сформированной по рассмотренной схеме. Информация упорядочена по РУ и ячейкам. Автотрансформатор с обмотками отнесён к уровню подстанции.

На основе описания схемы, сохраняемого в базе данных проекта, может осуществляться автоматизированная проверка правильности прорисовки главной схемы: неподключённые аппараты (по узлам связи, к которым подключен только один коммутационный аппарат); короткие замыкания (подключение ячеек с “нетрансформаторным” оборудованием к распределительным устройствам с разным уровнем напряжения) и др.

По таблицам оборудования и подключения уже может быть сформирован файл описания оборудования главной схемы (SSD-файл). Однако, как уже отмечалось, чтобы задать функции управления оборудованием, с ним должны быть ассоциированы логические узлы. Для каждого элемента таблицы оборудования должен быть определён свой набор логических узлов. Логические узлы отбираются из общего списка узлов, определённых в стан-

дарте. На рис. 5, в частности, показано, что для управления выключателем линии 110 кВ W1E используются логические узлы CSWI (контроллер коммутационных аппаратов, таких как выключатель, разъединитель, заземляющий нож) и XCBR (узел силовых выключателей, обеспечивающих отключение при коротких замыканиях). В правой части окна представлен общий список логических узлов, из которого ведётся выбор. С любым оборудованием может быть связано любое число узлов.

Просмотр оборудования со связанными логическими узлами осуществляется в режиме “Логические узлы”. В этом режиме может быть отредактирована привязка логических узлов к ИЭУ, заданы их номера экземпляров.

Когда вся информация скомпонована, SSD-файл описания формируется автоматически. Этот файл может быть просмотрен с помощью специализированных редакторов XML-файлов или в стандартном текстовом редакторе “Блокнот”. И, как уже отмечалось, файл может быть передан для импорта в различные программы конфигурации для формирования общего файла описания системы автоматизации подстанции (SCD-файла).

В рамках конфигуратора задаётся структура сети Ethernet (определение адресов ИЭУ), описы-

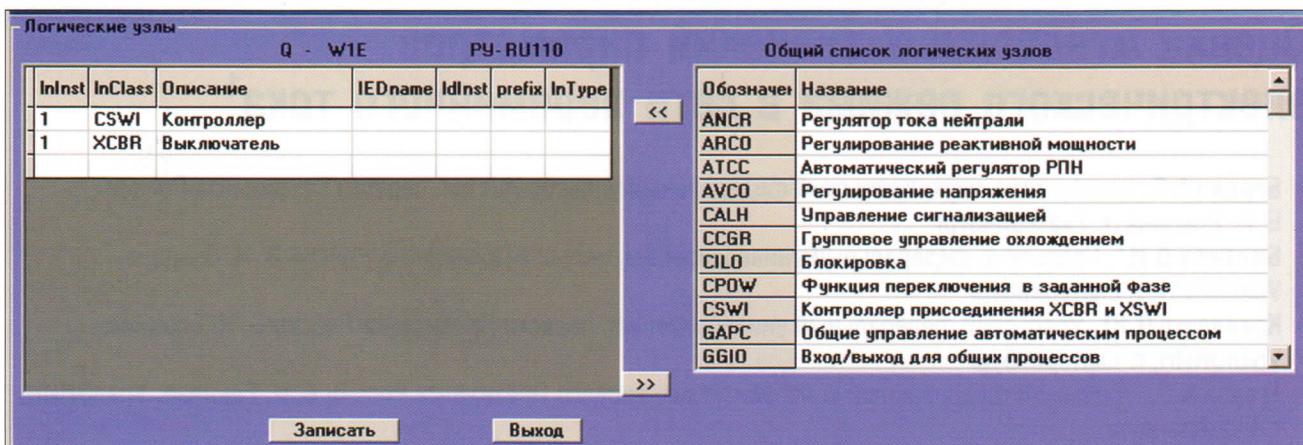


Рис. 5. Связь оборудования с логическими узлами

вается цифровой обмен (отчёты для однорангового и межуровневого обмена между ИЭУ). С другой стороны, физическая реализация цифровых связей (соединение ИЭУ и сетевых коммутаторов цифровыми кабелями, организация электропитания, подключение к первичному оборудованию) должна быть определена в рамках традиционной рабочей документации на вторичные цепи электроустановок (принципиальные и монтажные схемы).

Выводы

1. Для полноты представления информации при проектировании вторичных цепей электроустановок, реализуемых на микропроцессорных средствах в соответствии с МЭК 61850, в системе автоматизированного проектирования вторичных цепей целесообразно иметь средства обработки однолинейных схем электроустановок, поддержива-

ющих наполнение информационной модели в соответствии со стандартом.

2. Возможность формирования файла описания конфигурации электроустановки по проектной главной схеме исключает необходимость повторного ввода информации, снижая вероятность возникновения ошибок.

Список литературы

- ГОСТ Р МЭК 61850-6-2009. Сети и системы связи на подстанциях. Часть 6. Язык описания конфигурации для связи между интеллектуальными электронными устройствами на электрических подстанциях. М.: Стандартинформ, 2011.
- Тазин В. О., Головин А. В., Аношин А. О. Инженеринг систем автоматизации цифровых подстанций. – Релейщик, 2012, № 1.
- IET600 Integrated engineering tools. User manual. ABB, 2012.
- Трофимов А. В. Автоматизация проектирования вторичных цепей электрических станций и подстанций. – Электрические станции, 2009, № 10.