



## ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АИИС КУЭ ПОДСТАНЦИИ С ПОМОЩЬЮ САПР AutomatiCS 2011

**Т**радиционно САПР AutomatiCS применяется для автоматизации проектирования КИПиА. Однако используемые в AutomatiCS методы и способы позволяют расширить область применения системы для электроэнергетических объектов. Мы намерены рассказать об опыте использования AutomatiCS для проектирования автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ) электрической подстанции напряжением 500 кВ.

Электрическая подстанция — сложный объект, для которого необходимо разработать большой объем проектной документации с взаимосвязанными разделами.

Проектирование информационно-технологических систем электроэнергетического объекта предусматривает разработку следующих разделов:

- релейная защита и автоматика;
- противоаварийная автоматика;
- режимная автоматика;
- АИИС КУЭ;
- АСУ ТП;
- телемеханика;
- связь;
- регистрация аварийных ситуаций;
- определение места повреждения;
- система мониторинга переходных режимов.

Проектирование ведется различными группами специалистов. Изменения в одной части проекта часто влекут за собой изменения в других частях. Во взаимодействии проектировщиков не исключены сбои. На качество проекта влияет человеческий фактор. Повысить качество проектирования можно путем создания комплексной САПР. АИИС КУЭ — одна из наиболее структурированных систем, поэтому целесообразно начать разработку именно с модуля САПР АИИС КУЭ. Для системы АИИС КУЭ характерны связи с АСУ ТП и системой связи.

### Исходные данные

В качестве исходных данных для проектирования были использованы следующие документы:

- техническое задание на проектирование подстанции 500 кВ;
- главная схема подстанции;
- схема распределения по трансформаторам тока и напряжения устройств информационно-технологических систем (схема ИТС);
- действующие нормы и правила ФСК ЕЭС (Федеральной сетевой компании единой энергетической системы);
- действующие руководящие материалы.

С целью формирования структуры документации был произведен анализ реаль-

ных проектов. Проектирование велось для одной из подстанций напряжением 500 кВ ОАО "ФСК ЕЭС".

В соответствии с исходными требованиями, в составе проектируемой АИИС КУЭ присутствуют 18 каналов учета (4 коммерческих, 14 технических), 5 шкафов счетчиков и 1 шкаф УСПД (устройств сбора и передачи данных).

### Проектные документы

Основная задача применения любой САПР — это, в конечном итоге, получение комплекта проектных документов. В AutomatiCS графические документы формируются с помощью встроенного документатора — *графической формы документов* (ГФД). Готовые документы можно экспортировать в форматы \*.dwg и \*.pdf. Табличные документы формируются путем вывода информации в таблицы MS Word.

При выполнении проекта АИИС КУЭ с помощью AutomatiCS были автоматически сформированы следующие документы:

- схема учета (рис. 1);
- перечень каналов учета;
- принципиальные электрические схемы шкафов счетчиков:
  - токовые цепи (рис. 2);
  - цепи напряжения (рис. 3);
  - цепи сигнализации (рис. 4);
  - цепи питания (рис. 5);
  - подключения интерфейсов (рис. 6);

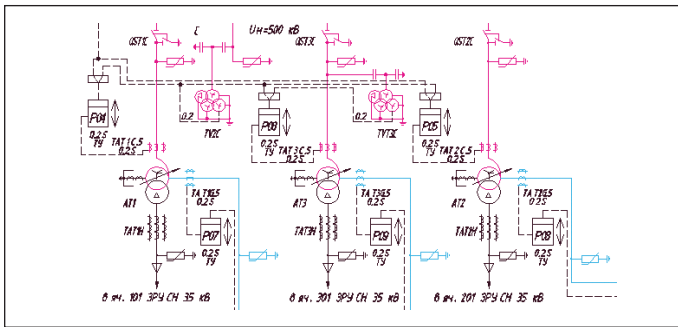


Рис. 1. Фрагмент схемы учета

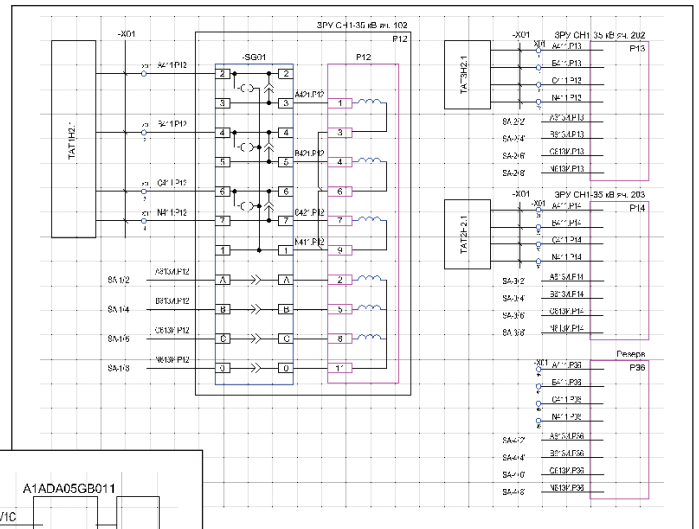


Рис. 2. ГФД, схема шкафа счетчиков, токовые цепи

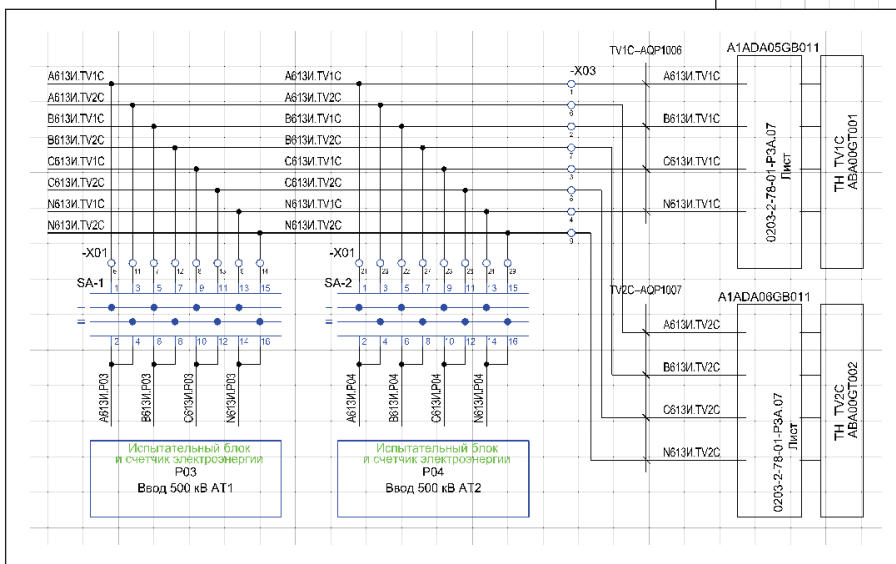


Рис. 3. ГФД, схема шкафа счетчиков, цепи напряжения

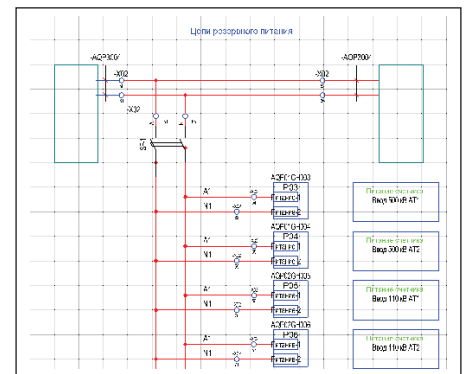


Рис. 5. ГФД, схема шкафа счетчиков, цепи питания сигнализации

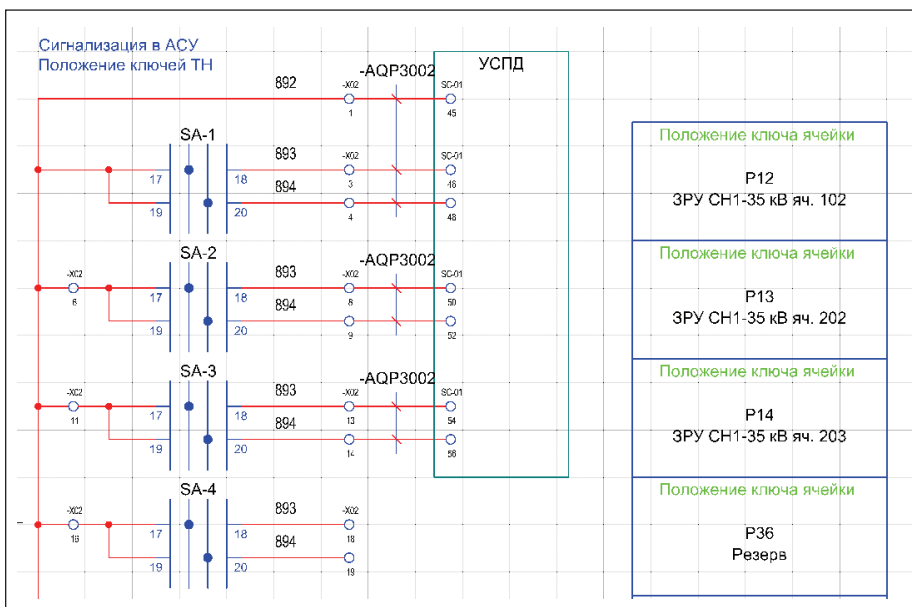


Рис. 4. ГФД, схема шкафа счетчиков, цепи сигнализации

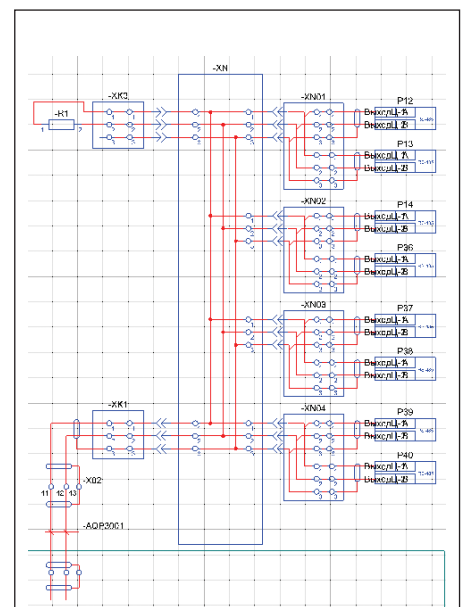


Рис. 6. ГФД, схема шкафа счетчиков, подключение интерфейсов

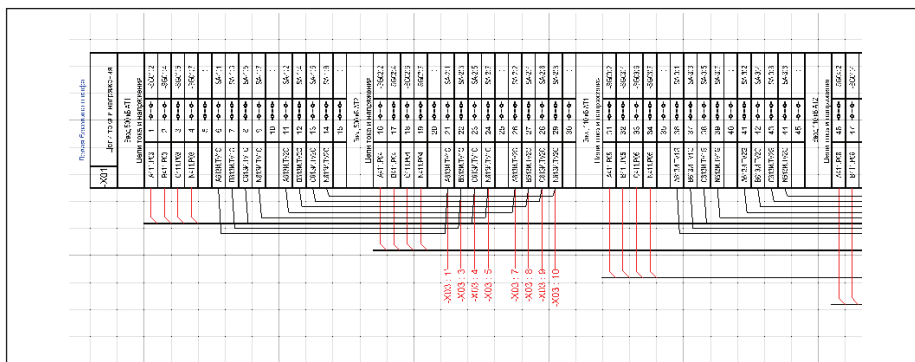


Рис. 7. ГФД, схема подключения кабелей к рядам зажимов, цепи тока и напряжения

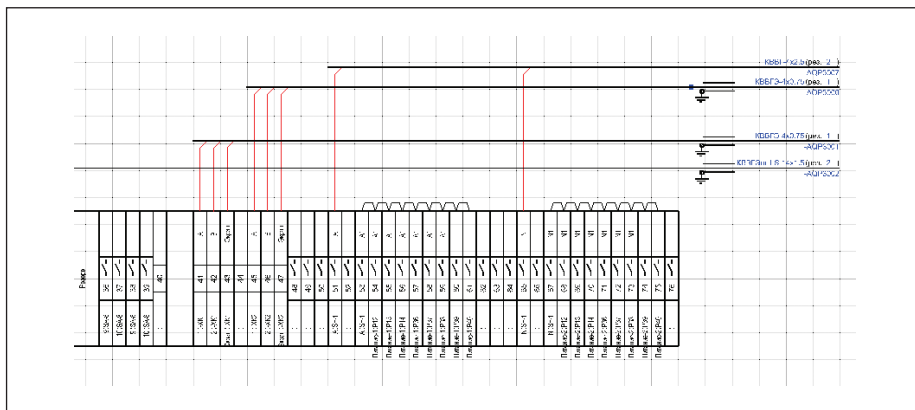


Рис. 8. ГФД, схема подключения кабелей к рядам зажимов, информационные цепи

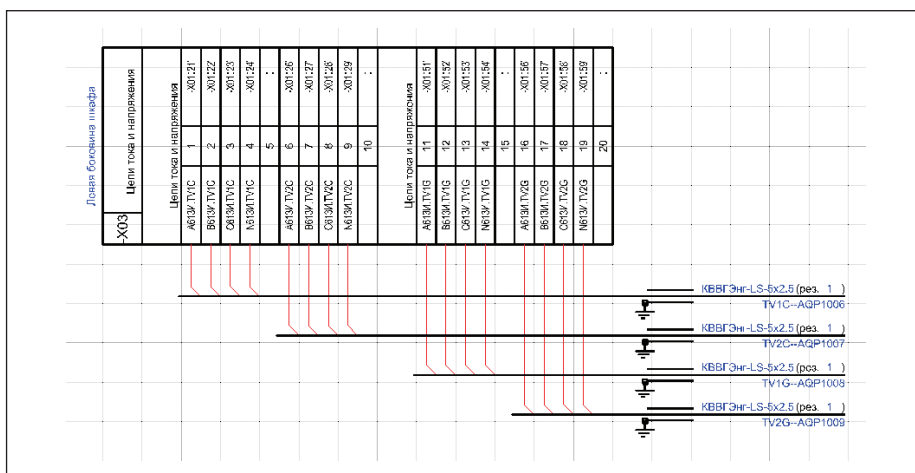


Рис. 9. ГФД, схема подключения кабелей к рядам зажимов, цепи напряжения

- схемы подключения кабелей к рядам зажимов шкафов счетчиков:
  - левая сторона — цепи тока и напряжения (рис. 7);
  - правая сторона — информационные цепи (рис. 8);
  - низ — цепи напряжения (рис. 9);
- перечень оборудования шкафов счетчиков;
- кабельный журнал;
- перечень основного оборудования системы АИИС КУЭ;
- принципиальные электрические схемы шкафа УСПД:
  - цепи питания;
  - подключения интерфейсов;
- схемы подключения кабелей к рядам зажимов шкафа УСПД;
- перечень оборудования шкафа УСПД;
- перечень сигналов;
- перечень оборудования с кодировкой по системе KKS (нем. Kraftwerk-Kennzeichensystem — система кодировки для электростанций);

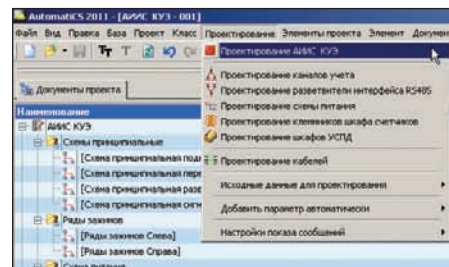


Рис. 10. Комплект пользовательских команд для проектирования АИИС КУЭ

- задание заводу:
  - схема заполнения шкафа;
  - принципиальные электрические схемы;
  - перечень оборудования;
  - ряды зажимов;
  - таблица соединений;
  - таблица подключения.

## Модель проекта

Технология проектирования в системе AutomatiCS предусматривает разделение процессов проектирования и документирования. При этом под проектированием понимается процесс создания виртуальной модели проектируемой системы, включающей в себя различные элементы (счетчики, клеммники, кабели, разъемники и т.д.) и связи между ними. Создание модели проекта выполняется непосредственно в среде AutomatiCS путем последовательного выполнения различных процедур и операций. Чтобы максимально автоматизировать процесс построения модели проекта, авторы создали комплект так называемых пользовательских команд (макросов): при наличии подробного технического задания на проектирование, выполненного в формате таблицы \*.exl или \*.csv, процесс проектирования является полностью автоматическим — пользователю достаточно лишь открыть файлы с техническим заданием и последовательно выполнить предлагаемые команды (рис. 10).

Результаты выполнения этих команд напрямую зависят от исходных данных технического задания, поэтому составление ТЗ — один из основных этапов проектирования. При работе над проектом АИИС КУЭ в качестве исходных данных для составления ТЗ были использованы следующие документы:

- главная схема подстанции;
- техническое задание на проектирование системы АИИС КУЭ;
- схема ИТС.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Контур	Параметр	Направление	Напряжение	ЕдизмНапряжения	ИмяТП	УчетВид	Класстоп
2	P01	Мощность	Прием/Отдача	500 кВ		ВЛ 500 кВ Радуга – Баташево	технологический	0.2S
3	P02	Мощность	Прием/Отдача	500 кВ		ВЛ 500 кВ Владимирская – Баташево №1	технологический	0.2S
4	P03	Мощность	Прием/Отдача	500 кВ		Ввод 500 кВ АТ1	технологический	0.2S
5	P04	Мощность	Прием/Отдача	500 кВ		Ввод 500 кВ АТ2	технологический	0.2S
6	P05	Мощность	Прием/Отдача	110 кВ		Ввод 110 кВ АТ1	технологический	0.2S
7	P06	Мощность	Прием/Отдача	110 кВ		Ввод 110 кВ АТ2	технологический	0.2S
8	P07	Мощность	Прием/Отдача	110 кВ		ВЛ 110 кВ Баташево – ГПП-10 I цепь	коммерческий	0.2S
9	P08	Мощность	Прием/Отдача	110 кВ		ВЛ 110 кВ Баташево – ГПП-10 II цепь	коммерческий	0.2S
10	P09	Мощность	Прием/Отдача	110 кВ		ШСВ 1-2 QC7G 110 кВ	технологический	0.2S
11	P10	Мощность	Прием/Отдача	110 кВ		ВЛ 110 кВ Баташево – ГПП-11 I цепь	коммерческий	0.2S
12	P11	Мощность	Прием/Отдача	110 кВ		ВЛ 110 кВ Баташево – ГПП-11 II цепь	коммерческий	0.2S
13	P12	Мощность	Прием	35 кВ		ЗРУ СН1-35 кВ ян. 102	технологический	0.5S
14	P13	Мощность	Прием	35 кВ		ЗРУ СН1-35 кВ ян. 202	технологический	0.5S
15	P14	Мощность	Прием	35 кВ		ЗРУ СН1-35 кВ ян. 203	технологический	0.5S
16	P15	Мощность	Прием	0.4 кВ		ЩСН-1 0,4 кВ Ввод от ТН1	технологический	0.5S
17	P16	Мощность	Прием	0.4 кВ		ЩСН-1 0,4 кВ Ввод от ГН1, ГН2	технологический	0.5S
18	P17	Мощность	Прием	0.4 кВ		ЩСН-1 0,4 кВ Ввод от ТН2	технологический	0.5S
19	P18	Мощность	Прием	0.4 кВ		ЩСН-2 0,4 кВ Ввод от ТН3	коммерческий	0.5S
20								

Рис. 11. Фрагмент технического задания в формате \*.csv

В результате была сформирована таблица в формате \*.csv, которая содержит следующие данные:

- характеристики точек учета (вид учета: коммерческий/технический);
- характеристики измерительных трансформаторов тока и напряжения (0.2s, 0.5s; 0.2, 0.5);
- данные о распределении счетчиков по шкафам;
- метрологические характеристики элементов канала учета (класс счетчика: 0.2s, 0.5s).

Верхняя строка в таблице представляет собой наименования параметров, а каждая последующая – значения параметров для отдельной точки учета (рис. 11).

Формат \*.csv выбран неслучайно: с одной стороны, он легко редактируется с помощью MS Excel, с другой – позволяет работать с файлом напрямую, не открывая его в отдельном приложении, что дает возможность импортировать данные в AutomatiCS даже на компьютере, где не установлен базовый комплект MS Office.

После импорта данных в систему AutomatiCS проектирование АИИС КУЭ подстанции выполняется автоматически с помощью комплекта пользовательских команд. Краткое описание действия команд представлено в таблице 1. Особенность пользовательских команд в том, что они не "защиты" в систему, то есть являются настраиваемыми: с помощью встроенного инструмента системы (VB Script) можно и создавать собственные команды, и редактировать уже имеющиеся.

У читателя может возникнуть вопрос: "А как же выбор моделей оборудования?" Вопрос понятный и своевременный. Подход к проектированию различ-

ных электротехнических систем в САПР AutomatiCS позволяет выполнять проектирование без выбора конкретных моделей технических средств. Это не мешает выбирать схему подключения, проектировать клеммники и кабели, формировать проектные документы. Вернуться к выбору моделей можно в любой момент, основные условия – наличие требуемых элементов в проекте и наличие нужного описания в базе данных. Для



выполнения проекта АИИС КУЭ подстанции в базу данных была добавлена информация о следующих компаниях-производителях:

- Нижегородское научно-производственное объединение имени М.В. Фрунзе (модели счетчиков);
- АВВ (модели переключателей);
- ОАО "Мытищинский электротехнический завод" (коробки испытательные);
- Phoenix contact (разветвители интерфейсов, клеммы, преобразователи интерфейсов).

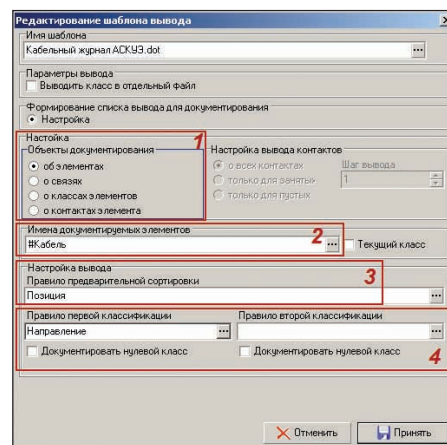


Рис. 12. Настройка шаблона документа *Кабельный журнал*

База данных в дальнейшем будет расширяться, в том числе и по инициативе производителей.

## Особенности документирования

САПР AutomatiCS позволяет получить комплект проектных документов с максимальной степенью автоматизации за счет применения встроенного документатора ГФД (графическая форма документов), а также возможности настраивать шаблоны для автоматического вывода проектных документов.

Документирование в AutomatiCS – это процесс оформления в требуемом виде информации, содержащейся в модели проекта. Все документы – и табличные, и графические – формируются путем выбора нужного шаблона и выполнения команды *Документирование по шаблону*. Все действия по выборке необходимых данных и размещению их в документе выполняются автоматически, в соответствии с настройками шаблонов. На рис. 12 представлен пример настройки шаблона документа *Кабельный журнал*. Чтобы получить требуемую форму документа, для шаблона были указаны следующие настройки:

- 1) тип документируемых элементов;
- 2) имена документируемых элементов;
- 3) правила предварительной сортировки;
- 4) правила классификации (выборка нужных элементов из общего списка, разбиение на отдельные таблицы).

В соответствии с выполненными настройками автоматически формируется проектный документ *Кабельный журнал* (рис. 13).

Как уже было сказано, табличные документы формируются путем вывода ин-



Таблица 1. Краткое описание действия пользовательских команд

Название команды	Описание действия
Проектирование каналов учета	Для каждого канала учета выбирается схема подключения, в результате в проекте появляются следующие элементы: счетчик, испытательная коробка, переключатель цепей напряжения, подключение к измерительному трансформатору напряжения и т.д. Добавление в проект элементов и связей выполняется путем выбора подходящих схемных решений из базы данных. Поскольку техническое задание содержит набор требований, позволяющий выбрать единственный подходящий вариант, процесс выполняется в автоматическом режиме. Таким образом, проектировщику нет необходимости вручную добавлять в проект элементы и связи
Проектирование разветвителей интерфейса RS 485	Исходя из текущего состояния модели проекта, автоматически добавляется комплект разветвителей и преобразователей интерфейса RS 485
Проектирование схемы питания	В проект добавляются элементы схемы резервного питания: автоматические выключатели, клеммы с расцепителями и т.д.
Проектирование клеммников шкафа счетчиков	В соответствии с данными ТЗ о распределении счетчиков по шкафам, команда выполняет следующие действия: <ul style="list-style-type: none"> <li>• добавление в проект и организация заданной структуры клеммников тока и напряжения (левая сторона);</li> <li>• добавление в проект и организация заданной структуры информационных клеммников (правая сторона);</li> <li>• организация правильной структуры связей напряжения в пределах шкафа счетчиков и добавление в проект клеммников напряжения (низ);</li> <li>• добавление в проект и организация заданной структуры клеммников питания (правая сторона);</li> <li>• добавление в проект и организация заданной структуры клеммников сигнализации (правая сторона);</li> <li>• объединение клеммников правой стороны в один;</li> <li>• добавление клеммам характеристик, соответствующих параметрам их подключений;</li> <li>• добавление в проект элементов, состав которых зависит от сформированной структуры клеммников: DIN-рейки, концевые стопоры, таблички и т.д.</li> </ul>
Проектирование шкафов УСПД	Добавление в проект шкафа УСПД типового состава (УСПД, схема питания, клеммники, оборудование и т.д.)
Проектирование кабелей	Автоматическое выполнение следующих действий: <ul style="list-style-type: none"> <li>• добавление в проект кабелей;</li> <li>• добавление параметров кабелей в соответствии с типами коммутируемых сигналов;</li> <li>• добавление информации о сигналах в кабелях;</li> <li>• добавление позиций кабелей</li> </ul>

формации из модели AutomatiCS в MS Word. При этом связь с моделью проекта теряется: если в проекте изменяются какие-либо данные, то табличный документ не обновляется — его нужно формировать заново. Такой подход вызывает определенные неудобства, связанные с постоянным внесением изменений

в модель проекта на различных стадиях проектирования. Проблему автоматического обновления документов удалось решить с помощью инструмента ГФД. Само формирование графических документов выполняется по аналогии с табличными: указывается нужный шаблон

и в соответствии с его настройками осуществляется заполнение документа требуемой информацией. Подходящие графические блоки подбираются автоматически, при этом учитываются параметры документируемых элементов. Возможность внесения изменений в уже сформированные документы обе-

Обозначение кабеля	Трасса		Участок трассы кабеля	Кабель		
	Начало	Конец		Марка	Кол. жил и сечение жил	Кол. жил разного сечения
-AQR	ПШУ	ЗРУ		КВВГнг	4x2.5	2
-AQR7000	ПШУ	ОРУ		КВВГнг	4x2.5	2
-AQR7001	ПШУ	ОРУ		КВВГнг	4x2.5	2
-AQR7002	ПШУ	ОРУ		КВВГнг	4x2.5	2
-AQR7003	ПШУ	ОРУ		КВВГнг	4x2.5	2
-AQR01	ПШУ	РЩ		КВВГнг	4x2.5	2
-AQR02	ОРУ	ОРУ		КВВГЭ	4x1.5	2
-AQR03	ОРУ	ОРУ		КВВГЭ	4x1.5	2
-AQR04	ОРУ	ОРУ		КВВГЭ	4x1.5	2
-AQR05	ОРУ	РЩ		КВВГЭнг	4x1.5	2
-AQR06	ОРУ	РЩ		КВВГЭ	4x1.5	2
-AQR07	ТАТЭС 3 по месту	ОРУ		КВВГЭ	4x2.5	0
-AQR08	ТВЭС по месту	ОРУ		КВВГЭ	4x2.5	0
-AQR09	ТУЭС по месту	ОРУ		КВВГЭ	4x2.5	0
-AQR10	ТАТЭС 5 по месту	ОРУ		КВВГЭ	4x2.5	0
-AQR11	ТВЭС по месту	ОРУ		КВВГЭ	4x2.5	0
-AQR12	ТУЭС по месту	ОРУ		КВВГЭ	4x2.5	0
-AQR13	ТАТЭС 1 по месту	РЩ		КВВГЭ	4x2.5	0

Рис. 13. MS Word, фрагмент документа *Кабельный журнал*

спечивается следующими функциональными особенностями ГФД:

- автоматическое обновление параметров в документах;
- централизованное обновление графических блоков и шаблонов;
- автоматическое обновление компоновки клеммников и кабелей;
- автоматическое удаление из документа элементов и связей (в случае если эти элементы/связи были удалены из модели проекта);
- обновление отображений выбегов связей.

Таким образом, функционал графического документатора позволяет приступать к формированию проектных документов, как только нужные элементы и связи появляются в модели проекта. При изменении любых проектных данных (в том числе после выбора конкретных моделей технических средств) документы автоматически обновляются: либо при открытии документа, либо по команде *Обновить*. Также обновление документа (считывание актуальных данных из модели проекта и отображение их в документе) происходит при выполнении команд экспорта в \*.dwg или \*.pdf.

## Предварительная настройка системы

При использовании любой САПР необходимо выполнить предварительную адаптацию системы к требованиям конкретной организации, и AutomatiCS не является исключением из этого правила. В рамках работы над проектом АИИС КУЭ значительную часть времени заняла настройка так называемого информационного обеспечения системы:

- шаблонов проектных документов;
- комплекта графических блоков;

- базы данных;
- пользовательских команд.

В качестве исходных данных для настройки шаблонов и графических блоков были использованы примеры проектных документов. Настройка графических блоков выполнялась с помощью встроенных инструментов системы путем импорта изображений из формата \*.dwg во встроенный графический редактор AutomatiCS и последующей обработки блоков (добавления правил выбора, настройки заполняемых полей и т.д.). Для некоторых документов (схемы подключения кабелей к рядам зажимов, таблица соединений, таблица подключения и пр.) вносить изменения в шаблоны и графические блоки не потребовалось: использовались шаблоны и настройки, входящие в комплект поставки. Для настройки базы данных также использовались встроенные инструменты AutomatiCS. В процессе подготовки системы к выполнению проекта АИИС КУЭ подстанции в базу данных, помимо упомянутого выше оборудования конкретных компаний-производителей, были добавлены следующие типовые схемы:

- схемы подключения счетчиков;
- схемы подключения разветвителей интерфейсов RS 485;
- схема шкафа устройств сбора и передачи данных (шкаф УСПД);
- схема верхнего уровня системы АИИС КУЭ.

## Заключение

В этой статье описан опыт применения САПР AutomatiCS для проектирования АИИС КУЭ электрической подстанции напряжением 500 кВ. В ходе работы над проектом были успешно решены следующие задачи:

- формирование необходимого комплекта проектной документации;
- соответствие форм проектных документов предоставленному образцу;
- соответствие проектных документов действующим нормам и правилам;
- повышение качества проекта в части принятия технических решений и оформления проектной документации, исключение ошибок проектирования;
- обеспечение возможности автоматического внесения изменений в готовый комплект проектной документации;
- снижение трудозатрат на всех стадиях проектирования за счет максимально возможного повышения степени автоматизации;
- настройка и адаптация информационного обеспечения AutomatiCS таким образом, чтобы в дальнейшем выполнением типовых проектов мог заниматься специалист, не знакомый с "тонкостями" работы САПР;
- обеспечение пользователям возможности самостоятельного развития сформированного информационного обеспечения.

Все работы по настройке информационного обеспечения системы выполнены средствами и инструментами, входящими в комплект поставки. Сформированные шаблоны проектных документов, настройки процедур и операций могут быть успешно использованы для выполнения очередного проекта.

Авторы надеются, что статья окажется полезной для специалистов — проектировщиков АИИС КУЭ — и готовы ответить на любые ваши вопросы о применении системы автоматизированного проектирования AutomatiCS.

**Сергей Алексинский,**  
к.т.н., доцент,  
руководитель сектора РЗА  
ООО "РЗА Сервис"

**Евгений Целищев,**  
д.т.н., с.н.с.,  
генеральный директор

**Иван Кудряшов,**  
ведущий специалист

**Анна Глязнецова,**  
специалист

**CSoft Иваново**  
Тел.: (4932) 33-3698  
E-mail: office@ivanovo.csoft.ru