

ПРИМЕНЕНИЕ САПР «ЭЛЕКТРИКА ЦВК» для ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД 0,4 кВ ПРЕГОЛЬСКОЙ ТЭС в КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

И.С. Кудряшов, Е.С. Целищев, А.Г. Салин (ИГЭУ),
А.В. Катулин (АО «Зарубежэнергопроект»)

Рассматриваются вопросы применения САПР «Электрика ЦВК» при проектировании систем сигнализации и управления механизмами собственных нужд 0,4 кВ Прегольской ТЭС электрической мощностью 4х110 мВт, строящейся в Калининградской области. Приводятся количественные показатели объемов передаваемой в процессе проектирования информации между структурными подразделениями, объемов разрабатываемой документации.

Ключевые слова: сложные электротехнические системы, системы управления механизмами собственных нужд, САПР, эскизный проект, рабочий проект, проектная процедура.

Введение

Прегольская ТЭС входит в состав каскада тепловых электрических станций Калининградской области, призванных обеспечить надежную энергетическую безопасность западного региона России. Проектирование Прегольской ТЭС выполняет АО «Зарубежэнергопроект». Важное значение данной станции в энергетической безопасности России накладывает на проектную организацию особую ответственность, а также выдвигает жесткие требования по своевременному и качественному выполнению проектно-сметной документации. Поставленная задача требует применения самых передовых методов и технологий проектирования.

АО «Зарубежэнергопроект» имеет высокую степень автоматизации процесса проектирования по сравнению с традиционными «ручными» технологиями за счет применения передовых технических и программно-информационных средств. Основой САПР является комплекс Smart Plant Enterprise компании Intergraph, включающий средства для работы с двух- и трехмерной графикой, разработки принципиальных электрических схем, автоматизированной выдачи задания заводу на изготовления шкафов, разработки P&ID-диаграмм.

В оболочку САПР дополнительно интегрирован ряд программно-информационных комплексов сторонних производителей. Среди них можно отметить САПР раскладки кабелей и систем автоматики [1, 2].

Отметим, что в САПР Smart Plant Enterprise средства автоматизации процесса проектирования цепей вторичной коммутации систем сигнализации и управления механизмами собственных нужд разработаны слабо.

Крайняя недостаточность исходных данных на начальных этапах работы, с одной стороны, частые изменения существующих исходных данных на последующих этапах, с другой — ошибки, связанные

с наличием «человеческого» фактора», зачастую приводят к срыву сроков сдачи документации, а значит, к штрафным санкциям и репутационным потерям. Для минимизации таких убытков необходимо вкладывать дополнительные финансовые средства в расширение привлекаемых трудовых ресурсов. Все это приводит к снижению показателей компании.

В связи с выше изложенным, АО «Зарубежэнергопроект» заключило договор с ООО «АП ЭТС» (Автоматизация Проектирования Электро-Технических Систем) на разработку и приобретение программно-информационных средств, призванных повысить качество и снизить время выдачи рабочей документации за счет максимальной автоматизации процесса проектирования.

Предварительное тестирование разработанных средств

Разработка программного и информационного обеспечения САПР «Электрика ЦВК» в части сигнализации и управления механизмами собственных нужд 0,4 кВ электростанции была завершена в июне 2017 г. на пилотном проекте. Далее, было принято принципиальное решение о тестировании разработанных программных средств на очередном реальном проекте.

Краткая последовательность выполнения тестового проекта

- Исходные данные для проектирования сигнализации и управления механизмами собственных нужд 0,4 кВ выгружаются из САПР Smart Plant Electrical и при необходимости корректируются проектировщиком. Исходные данные вводятся в САПР «Электрика ЦВК».

- Проектирование сигнализации и управления механизмами собственных нужд 0,4 выполняется в САПР «Электрика ЦВК» в автоматическом режиме в две стадии — эскизное, рабочее [3].

- Документирование проекта выполняется автоматически.

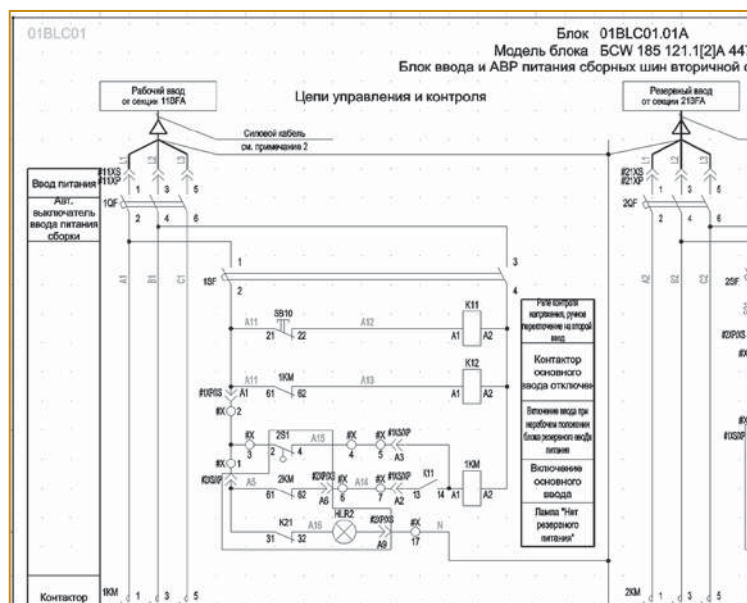


Рис. 1. Схема полная

Процесс проектирования в САПР «Электрика ЦВК» для пользователя представлен последовательностью выполнения следующих команд и операций [3]:

- 1) добавление в проект исходных данных — таблиц: список потребителей, список нагрузок, список электроцепей;
- 2) выполнение преобразования исходных таблиц в таблицы технического задания;
- 3) проверка требований по составу функций управления и контроля для отдельных потребителей

Таблица 1. Характеристики тестового проекта

Наименование проектной процедуры	Состав элементов		Время выполнения	
	Наименование объекта	Число, ед.		
Получение ТЗ (эскиз)	Нагрузка	461	55 с	
Проектирование эскизное	ЭлектроПриемник	461	2 ч 6 мин 58 с	
	КабельСиловой	461		
	БлокПитания	307		
	Связи ~380 В	2480		
	Связи ~220 В	906		
	БлокУправления	118		
	БлокПитания	36		
	КнопочныйПост	118		
	ПТК	98		
Документирование эскизное	Кабель	319	1 ч 26 мин 42 с	
	Сигнал	1473		
	Связи дискретные ~220/ 24 В	1556/2850		
	Связи нормированные	20		
	Схемы полные Подключения кабелей	Листы		1393
	Кабельный журнал	56		
Проектирование рабочее	Блоки питания	50	15 мин 47 с	
	Блоки управления	48		
	Шкафы силовые	8		
Документирование рабочее	Обновление данных в уже готовых графических проектных документах		39 мин 27 с	

в таблице «Проектировщик Задание эскизное»;

4) выполнение «Эскизного проектирования»;

5) выполнение «Рабочего проектирования»;

6) выполнение команд документирования: схем полных (рис. 1), схем кабельных связей, подключения кабелей;

7) выполнение экспорта в CAD (в данном проекте — Smart Plant Electrical) и документирование: схем полных; схемы кабельных связей, схемы подключения кабелей;

8) сохранение готовых файлов на диск из структуры документов проекта.

Итогом работы САПР «Электрика ЦВК» являются три вида документов: схемы полные; схема кабельных связей; схема подключения кабелей.

Сформированные документы можно сохранить в готовые файлы на диск из структуры документов проекта и экспортировать в формате dwg. Количественные характеристики тестового примера приведены в табл. 1.

Проект выполнялся на компьютере Intel Core I.73.6, 16 ГБ, HDD 2 Тб, SQL 2012 Express локальный, ОС MS Windows 8.1. Тестирование выполнялось на номенклатуре силовых блоков изготовителя ООО "ИНВЭНТ-Электро" (село Столбище).

Выполнение проекта

В сентябре 2017 г. принимается решение о применении САПР для выполнения части проекта Прегольской ТЭС. Так как на момент принятия решения не были завершены работы по проектированию первичной коммутации, что не позволило сразу приступить к выполнению проекта вторичной коммутации, начинаются совместные подготовительные работы. В их состав в первую очередь включена задача разработки базы данных нового поставщика силовых блоков, которые предполагаются к применению в данном проекте. Работы распределяются между исполнителями следующим образом:

— специалистами АО «Зарубежэнергопроект» выполняется разработка принципиальных схем блоков по заводской документации;

— специалистами ООО «АП ЭТС» — настройка информационного обеспечения САПР, занесение схем подключения блоков в базу данных и разработка графических шаблонов (блоков).

Работы ведутся в режиме тесного диалога, так как заводские схемы блоков содержат ошибки, исправление которых требует согласования и занимает некоторое время, часть схем еще не получена от завода-изготовителя. Кроме того, выясняется, что разработанное ранее информационное обеспечение требует доработки,

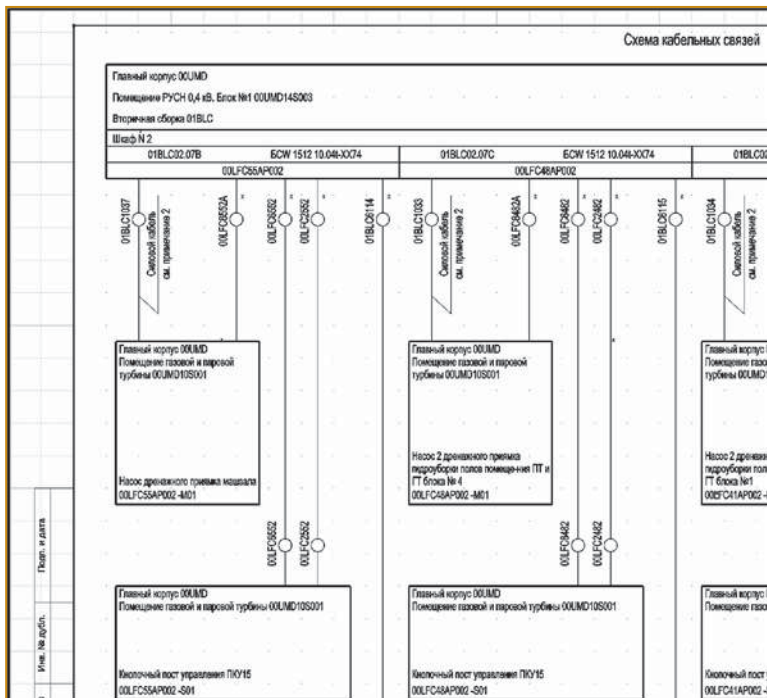


Рис. 2. Кабельные связи и подключения кабелей

например, в проект включены частные случаи схем, которые не имеют готовых аналогов в унифицированной части базы; альбом типовых схем подключения к ПТК имеет изменения.

После поступления первых исходных данных по результатам проектирования первичной коммутации было проведено систематическое совместное тестирование процедур проектирования и документирования в САПР. В процессе тестирования было доработано информационное обеспечение и повышено качество исходных данных для проектирования. В соответствии с регламентом тестирования на первом этапе тестирование выполняется на стороне ООО "АП ЭТС". Его результаты анализируются специалистами АО «Зарубежэнергопроект». Далее, устраняются выявленные недостатки. Тестирование выполняется специалистами АО «Зарубежэнергопроект».

Процедура тестирования состоит из следующих этапов:

- в программу загружается последняя версия информационного обеспечения: база данных, база проекта, профиль пользователя;
- специалистами ЗЭП в проект загружается актуальная версия исходных данных;
- автоматически выполняется процедура проектирования;
- выполняется процедура документирования;
- специалистами ЗЭП выполняется анализ полученных документов, выявляются недостатки, которые необходимо устранить. После устранения недостатков процесс повторяется.

Одним из результатов такой совместной работы с регулярным обновлением информационного обеспечения стала необходимость максимальной централизации хра-

нения всех используемых при проектировании исходных данных. Для этого выполнен переход от хранения файлов на диске в папке проекта к хранению всех используемых файлов в базе данных проекта. Это относится как к файлам технического задания на проектирование, так и к вспомогательным файлам — словарям. Словари в данном проекте использованы очень широко. Это, в частности, кодирование связей, добавление примеров размещения оборудования — здание, помещение, а также словари процедур проверки исходных данных.

В декабре 2017 г. принимается принципиальное решение о формировании базовой версии документации в условиях отсутствия данных от поставщика ПТК о распределении сигналов по шкафам ПТК. Кроме этого, принимается решение об объединении двух типов документов в один: схемы кабельных связей и подключения кабелей (рис. 2). Работы по внесению изменений в информационное обеспечение занимают 2 недели. Одновременно решается задача формирования содержания документа с включением в него как параметров документируемых элементов, так и параметров фрагментов данного документа.

По завершении работ содержательная часть документации уже представляет собой законченный документ, и фокус работ переключается на оформление. В частности, решается вопрос обеспечения систематического заполнения штампов вновь генерируемых документов в соответствии с разработанными ранее специалистами ЗЭП общими данными раздела проекта. В данном случае реализуется концепция применения словаря с обозначениями и наименованиями документов. Для предварительной идентификации документов формируется механизм автоматического наименования документов с использованием параметров документируемых объектов проекта.

Отдельно решается задача настройки экспорта готовых встроенных графических проектных документов в графическом формате dwg. Типовым решением является применение пространства модели для хранения содержательной части документа и пространства листов для элементов оформления — штампов. Таким образом, все листы встроенного графического документа экспортируются в один графический документ в пространстве модели. Для создания документа в графическом формате используется шаблон с настроенными листами и выводом параметров документа в поля штампа. Параметры документа заполняются из САПР.

Систематическое выполнение процедуры экспорта в САД позволило выявить ошибки оформления, допущенные при разработке информационного обеспечения, и оперативно их устранить. При разработке информационного обеспечения выполнена унификация технических и графических решений. В ре-

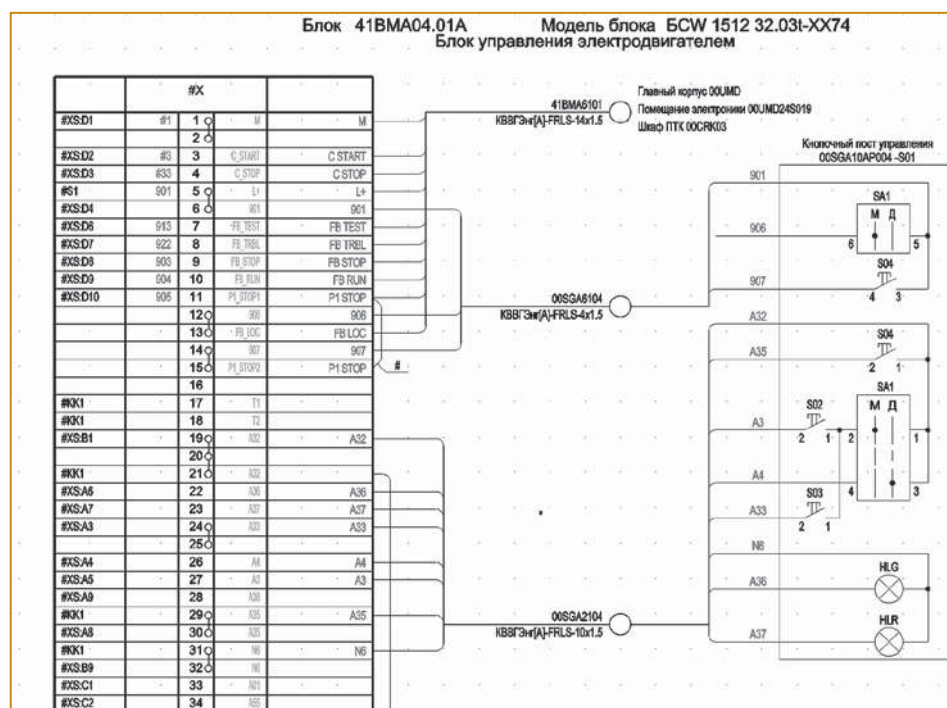


Рис. 3. Подключение кабелей к блоку управления

Таблица к схеме кабельных связей

ККС-код кабеля	Число использ. жил	Жильность и сечение	Марки цепей, проходящих в кабеле
00SGA6102	3	КВВГЭнг[А]-FRLS-4x1.5	901, 907, 906
00SGA2102	8	КВВГЭнг[А]-FRLS-10x1.5	A32, A35, A33, A3, A4, A36, N6, A37
21BMA6101	10	КВВГЭнг[А]-FRLS-14x1.5	M, C START, C STOP, L+, P1 STOP, FB RUN, FB STOP, FB TRBL, FB TEST,

Рис. 4. Таблица к схеме кабельных связей

зультате состав используемых графических блоков уменьшен в 3 раза. Этого удалось достичь с помощью применения функций автоматического скрытия/отображения фрагментов блока в зависимости от параметров подключений документируемого элемента, а также использованием комбинаторного принципа формирования графической части документов за счет автоматического подбора отдельных графических фрагментов в составе графического шаблона.

Далее, была решена задача более полного информационного заполнения документов. В случае ручного формирования естественным путем снижения трудозатрат и исключения ошибок является минимизация вывода в документы «внешних» данных. В случае выполнения раздела вторичной коммутации — это данные проекта первичной коммутации. Это приводит к следующему — проект вторичной коммутации становится неполноценным в информационном плане без проекта первичной коммутации. Например, вместо позиций блоков, позиций силовых кабелей проставляется примечание о необходимости

поиска этих данных в проекте первичной коммутации. При использовании САПР и наличии процедур автоматической загрузки данных и обновления готовых документов эти проблемы легко устраняются.

По мере добавления в проект исходных данных решается задача выявления и устранения ошибок ручного проектирования. Самой характерной из них является несоответствие задач управления используемым типам блоков. Кроме того, вследствие изменения проектных данных выявляются параметрические несоответствия между потребителями и силовым оборудованием. Работа над выявленными ошибками носит системный характер: выявленные ошибки приводят к невозможности подбора оборудования, схем его подключения, что легко выявляется по мере формирования соответствующих отчетов. Устраняются ошибки после внесения изменений в проект первичной коммутации и получения новых версий исходных таблиц для проектирования.

Так как комплексная процедура проектирования приобрела законченный систематический вид, ее выполнение было организовано в виде одной команды «Проектирование». В составе данной команды выполняются следующие крупные проектные процедуры:

- проектирование «Очистка проекта»;
- эскизное проектирование;
- создать версию проекта;
- рабочее проектирование;
- выгрузить данные в документ «Подключение внешних проводов»;
- проектирование «Документирование»:
 - схемы полные: формирование схем; экспорт в CAD; сохранение в файл; экспорт в PDF;
 - подключение кабелей.

После выпуска первой версии документации появилось время на оптимизацию проектных документов в соответствии с общепринятой концепцией «таблиц применимости». При выполнении проектирования в ручном режиме использование «таблиц применимо-

Таблица 2. Исходные данные

Наименование документа	Дата	Число строк, ед.
Список потребителей	15-01-2018	1059
Список нагрузок	15-01-2018	1173
Список цепей	15-01-2018	3784
Список оборудования	26-12-2018	543
Проектировщик Задание эскизное	26-12-2018	573
Подключение внешних проводов	30-11-2017	6530

сти» является инструментом снижения трудозатрат за счет унификации схемной части проекта с исключением «дублирующихся» схем. При этом переменная часть объединенных схемных решений должна выноситься в таблицу применимости, что обеспечивает уменьшение числа листов проектных документов. Недостатком такого варианта компоновки документов является снижение информативности документации и затруднение ее «чтения». Применение САПР делает неактуальной задачу снижения указанных трудозатрат, так как эта операция выполняется полностью в автоматическом режиме. Для этого разрабатывается информационное обеспечение документирования, которое позволяет исключить из документов дублирующие схемы и включить в состав документов вместо них таблицы применимости. Для общих схем удалось использовать готовые графические блоки без изменений, а так как таблицы применимости включают ограниченный набор вариантов строк, разработка шаблонов не заняла много времени. Под измененную процедуру формирования документа был разработан комплект команд для выбора проектировщиком варианта документи-

Таблица 5. Характеристики процедуры проектирования

Наименование процедуры	Время выполнения		
	Часы	Минуты	Секунды
Проектирование эскизное	4	22	53
Проектирование рабочее	2	33	13
Выгрузить данные в документ Подключение внешних проводов	-	2	2
Получение данных из документа Задание оборудование	-	5	7
Документирование Схемы полные	1	41	32
Документирование Подключение кабелей	1	26	16
Экспорт в CAD Схемы полные	2	36	19
Экспорт в CAD Подключение кабелей	1	52	34
Вспомогательные процедуры	-	-	-
Итого	14	40	24

Таблица 3. Характеристики построенной модели проектируемой системы

Наименование элемента проекта	Число, ед.
Электроприемники	1056
Силовые кабели	1119
Электропривод	402
Кнопочные посты	249
Кабели	927
Блоки	571
Подключение к ПТК (Группа сигналов)	308
Силовые шкафы	57

Таблица 4. Документы проекта

Наименование документа	Число, ед.	Число листов, ед.
Схемы полные	33	1072
Подключение кабелей	33	742

рования с таблицей применимости или без нее. В состав пользовательских настроек проекта включен соответствующий пункт. В результате для пользователя процедура применения программы не изменилась.

В процессе окончательной доводки информационного обеспечения была реализована возможность формирования по запросу документации на отдельную сборку. Дело в том, что работа над первичной коммутацией в проекте выполняется специалистами в соответствии со сформированным распределением силовых подключений по сборкам. Поэтому изменения часто относятся к потребителям, которые располагаются в группе шкафов одной сборки. В этом случае формировать измененную документацию на весь комплект оборудования не целесообразно. Поэтому была разработана команда, запрашивающая позицию сборки (выпадающий список позиций сборок в проекте), для которой нужно сформировать документацию, и выполняется формирование комплекта документов на данную сборку.

Дальнейшая работа с исходными данными стала значительно проще. Так, в частности, программа проверяет дату добавления в проект исходной таблицы и преобразованной таблицы ТЗ. Если таблица ТЗ старше исходной, выполняется автоматическое формирование новой таблицы ТЗ.

Таким образом, процедура проектирования для пользователя представлена следующей цепочкой выполнения команд и операций.

1) Добавить в проект исходные таблицы: список потребителей, список нагрузок, список цепей.

2) Проверить требования по составу функций управления и контроля для отдельных потребителей в таблице «Проектировщик. Задание эскизное» (если нужно).

3) Выполнить команду «Проектирование».

4) На стадии рабочего проекта могут быть получены следующие документы: схемы полные (рис. 1); подключения кабелей (рис. 2, рис. 3); схемы кабельных связей (рис. 4).

Перечисленные документы формируются для отдельных шкафов сборок. В начале документа выводятся общие блоки шкафа сборок (БлокАВР, БлокШС, БлокШУ). Данные в графических документах, выполненных на первой стадии проектирования, будут автоматически обновляться при открытии документа.

В табл. 2–5 представлены количественные характеристики выполненного проекта, а в табл. 6–8 — характеристики информационного обеспечения (баз данных) проекта.

Таблица 6. Состав использованных графических блоков

Документ	Фрагмент документа	Число блоков, ед.
Схемы полные		69
	Схемы полные Схема	43
	Выходные цепи	23
	Перечень аппаратуры	2
	Содержание	1
Подключение кабелей		39
	Подключение кабелей	25
	Схема кабельных связей	9
	Таблица к схеме	3
	Содержание	2

Таблица 7. Состав используемых шаблонов

Документ	Тип шаблона	Число, ед.
Схема принципиальная	Шаблон документа xft	6
	Шаблон вывода документа	6
Подключение кабелей	Шаблон документа xft	7
	Шаблон вывода документа	7
Шаблоны для экспорта	dwt	3
Шаблоны баз	Шаблоны таблиц xls для экспорта импорта проектных данных	16
Словари	Используются для загрузки в проект параметров для большого числа объектов (элементы, связи, документы)	20

Таблица 8. Состав использованной базы данных

Наименование таблицы	Число вариантов, ед.
Блок-ЭЛТЕХ-ТипБлока	33
Блок-ЭЛТЕХ-СхемаЭПР	22
КнопочныйПост	3
КнопочныйПост-СхемаЭПР	3
СхемаУправления-СхемаЭПЭ-0.4кВ	7

В ходе выполнения проекта используются файлы с данными, которые позволяют добавить элементам, связям, документам проекта дополнительные параметры — словари, которые имеют формат файлов csv. Заполнение словарей выполнено по материалам, предоставленным заказчиком.

Заключение

В качестве основных результатов тестирования программно-информационного обеспечения САПР «Электрика ЦВК», предназначенной для разработки

рабочей документации в части вторичной коммутация систем управления механизмами собственных нужд 0,4 кВ, сформулируем следующие положения.

1) Существенно снижается время выпуска рабочей документации. Использование технологии позволяет без увеличения трудозатрат повышать информативность проектных документов, включая в них информацию предшествующих проектных процедур в естественном виде, а не в виде ссылок на другие документы, что значительно повышает ценность документов и облегчает процесс их использования. Это приводит к уменьшению ошибок на стадиях монтажа, наладки и эксплуатации. Время разработки документации на этапе освоения данного САПР снижается незначительно по сравнению с традиционной технологией из-за отсутствия базы данных. Еще большее снижение временных затрат по времени выпуска документации следует ожидать после наработки базы данных принципиальных схем блоков 0,23/0,4 кВ.

2) Повышается качество выпускаемой документации за счет исключения ошибок, связанных с «человеческим» фактором.

Отметим, что теоретические основы технологии, реализованной в САПР «Электрика ЦВК», объективно нетрадиционны. Поэтому освоение системы связано с некоторыми трудностями из-за непривычного интерфейса программы, что, конечно же, в дальнейшем легко преодолимо.

Список литературы

1. Целищев Е.С., Кудряшов И.С., Корольков В.В. Опыт использования средств САПР AutomatiCS при выполнении проекта АСУТП блока Березовской ГРЭС в ОАО «Зарубежэнергопроект» // CAD master. 2015. № 1.
2. Целищев Е.С., Глянцева А.В. Методы достижения максимальной эффективности применения САПР при разработке проектов АСУТП // Автоматизация в промышленности. 2013. № 9.
3. Кудряшов И.С., Целищев Е.С., Ильичева М.Д. Новая технология автоматизированного проектирования сложных электротехнических систем // Автоматизация в промышленности. 2016. № 9.
4. Целищев Е.С., Котлова А.В., Кудряшов И.С. Повышение эффективности применения САПР при проектировании схем вторичной коммутации механизмов собственных нужд // Автоматизация в промышленности. 2015. № 9.

Кудряшов Иван Сергеевич — генеральный директор ООО «АП ЭТС»,
Целищев Евгений Сергеевич — д-р техн. наук, ст. научный сотрудник, проф. каф. СУ,
Салин Александр Григорьевич — д-р техн. наук, ст. научный сотрудник, ИГЭУ
Катулин Александр Витальевич — заместитель начальника «Электротехнического» отдела
 АО «Зарубежэнергопроект».

Контактные телефоны: (4932) 26-96-55, (4932) 930-225.
 E-mail: etselishhev@rambler.ru, kudryashov@ivanovo.csoft.ru

Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:

через каталоги "Роспечать" 81874 и "Пресса России" 39206 • сайт журнала <http://www.avtprom.ru> • Редакцию

Адрес редакции: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, офис 360 Тел.: (495) 334-91-30, (926)212-60-97 E-mail: info@avtprom.ru