



ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ САПР ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САПР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД

Е.С. Целищев, А.В. Котлова, И.С. Кудряшов (Ивановский государственный энергетический университет)
И.М. Чикунев (ОАО "Зарубежэнергопроект")

Рассматривается метод генерации схем управления механизмами собственных нужд. Показана эффективность применения предложенного метода при работе с САПР. Представлена технология проектирования схем управления в САПР.

Ключевые слова: САПР, автоматизация проектирования, схемы вторичной коммутации.

Введение

Проектирование схем управления механизмами собственных нужд — один из основных этапов разработки проектной документации при проектировании любого крупного промышленного объекта. Сегодня процесс формирования проектных документов, как правило, выполняется с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР), которые позволяют существенно повысить качество проектной документации, а также сократить сроки проектирования за счет исключения случайных и систематических ошибок, неизбежных при неавтоматизированном проектировании сложных электротехнических систем [1].

При использовании САПР степень автоматизации комплексного процесса проектирования складывается из возможности формализации отдельных задач проектирования. При этом существуют проектные процедуры, которые практически не поддаются формализации. К таким процедурам относится разработка принципиальных электрических схем управления (ПЭСУ) механизмами собственных нужд, требующая высокого уровня квалификации специалистов-проектировщиков и значительных трудозатрат. Дополнительные трудности создает необходимость взаимодействия со смежными отделами в части формирования задания на проектирование, а также неизбежные изменения в данной части, возникающие по мере выполнения проекта.

В составе задачи разработки схем управления можно выделить несколько отдельных подзадач:

- определение состава сигналов в схеме, их маркировка и занесение в базу сигналов;

- определение состава кабельных связей, выбор моделей кабелей и формирование базы кабелей;
- выбор моделей элементов схемы;
- формирование проектных документов (принципиальных электрических схем управления, кабельных журналов, схем кабельных связей и т. д.).

Решение первых двух подзадач необходимо выполнять в первую очередь, так как формируемые при этом наборы сигналов и кабелей являются заданием на проектирование для смежных отделов (проектирование контроллеров, раскладка кабелей). В свою очередь отсутствие этих данных делает невозможным распараллеливание процесса проектирования и в конечном счете значительно увеличивает полные сроки проектирования.

Результаты исследования различных САПР показали, что задача автоматизации проектирования схем управления пока не имеет эффективного решения. Авторами разработан метод, позволяющий решить поставленную задачу и обеспечить значительное повышение степени автоматизации при проектировании схем управления.

Метод генерации схем

Существующая технология проектирования схем вторичной коммутации представляет собой процесс разработки и дальнейшего тиражирования ограниченного набора схем управления. Разработка новых схем преимущественно осуществляется путем объединения небольших типовых фрагментов схем в уникальной комбинации, соответствующей техническому заданию на проектирование. Такой подход позволяет сделать вы-

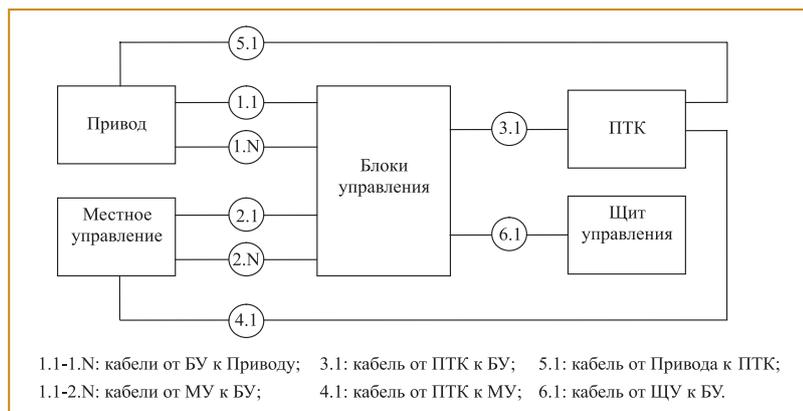


Рис. 1. Эскиз принципиальной электрической схемы управления

вод о том, что возможно использование типовых фрагментов для автоматизации процесса проектирования схем вторичной коммутации.

Анализ комплектов проектных документов, выполненных различными проектными организациями, позволил выявить типовые фрагменты (элементы), входящие в состав принципиальных схем. В зависимости от места расположения эти элементы можно разделить на пять классов:

- привод (П), в состав которого входят электропривод и исполнительный механизм;
- местное управление (МУ), в состав которого входят элементы управления и индикации по месту;
- щит управления (ЩУ), на котором могут располагаться элементы дистанционного управления;
- шкаф блоков управления (БУ), в состав которого входят блоки управления и блоки питания;
- программно-технический комплекс (ПТК), где установлены модули обработки входных/выходных сигналов.

В дальнейшем представленные классы будут рассматриваться как отдельные элементы типа "черный ящик", не имеющие конкретной технической реализации и соединенные между собой кабельными связями (рис. 1).

Суть предлагаемого метода заключается в автоматической коммутации набора сигналов между элементами

эскизной схемы в соответствии с исходными данными (информацией о наличии индикации и сигналов управления на элементах МУ, БУ, ЩУ и ПТК).

Для процедурной реализации данного метода выбрана российская система автоматизированного проектирования, основанная на агрегативно-декомпозиционной технологии (АДТ-технологии) проектирования сложных электротехнических систем.

Технология проектирования схем управления в САПР

Согласно АДТ-технологии, процесс проектирования состоит из двух основных этапов: создание модели проекта и формирование проектной документации.

Под моделью проекта понимается виртуальная модель проектируемой системы, состоящая из элементов (технических средств автоматизации) и связей между ними, а также набора характеристик (атрибутов) этих элементов и связей [2].

Процесс построения модели проекта при проектировании схем управления состоит из трех основных этапов:

- 1) подготовка и импорт исходных данных;
- 2) генерация схем (разработка принципиальной модели проекта);
- 3) выбор моделей технических средств и их коммутация (разработка монтажной модели проекта).

Формирование проектных документов выполняется путем отображения информации из модели проекта в графическом или табличном виде в соответствии с настройками шаблонов. Выполнять документирование можно на любом этапе, если имеющейся в модели проекта информации достаточно для заполнения документа.

Исходные данные

При формировании комплекта проектной документации имеет место распараллеливание процесса проектирования между различными отделами проектной организации [1]. Для начала разработки принципиальных электрических схем управления специалисту необходимо получить от смежных отделов следующие сведения о каналах управления:

• наименование первичного оборудования;

- уникальный идентификатор канала (кодировка контура, KKS);
- электрические параметры (напряжение питания, мощность);
- требования к наличию индикации и элементов управления.

В большинстве организаций передача информации между отделами осуществляется с помощью

	А	В	С	Д
	Контур	KKS	ИмяТП	Напряжение
1				
2	00PCB71AP001-M01	00PCB71AP001-M01	Насос А смачивания золотшпаков	380
3	00PCB72AP001-M01	00PCB72AP001-M01	Насос Б смачивания золотшпаков	380
4	00PCB59AP001-M01	00PCB59AP001-M01	Насос для испытания мазутных форсунок	380

Рис. 2. Фрагмент таблицы с исходными данными

Список Оборудования				
№	Имя_Элемента	Контур	ИмяТП	МестоУправления
1	Электропривод	00LCL02AP001-M01	Насос Б дренажного приямка мельниц	00CJA01
2	Электропривод	00LCL02AP002-M01	Насос Б1 дренажного приямка мельниц	00CJA01
3	Электропривод	00LCL02AP003-M01	Насос Б1 дренажного приямка мельниц	00CJA01
4	Электропривод	00LCL02AP004-M01	Насос Б дренажного приямка мельниц	00CJA01

Рис. 3. Фрагмент основного окна САПР, перечень стартовых элементов модели проекта

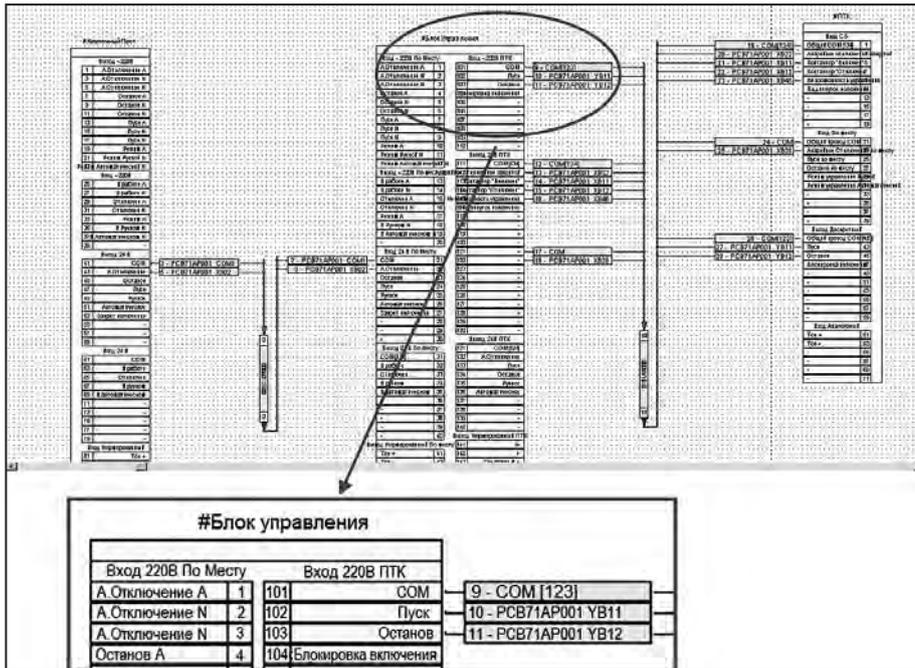


Рис.4. Фрагмент структуры ПЭСУ канала управления

электронных таблиц (MS Excel, ACCESS). Для импорта данных в САПР необходимо, чтобы таблица соответствовала следующим требованиям:

- первая строка таблицы содержит наименования параметров (атрибутов);
- каждая следующая строка содержит данные об отдельном канале управления в виде значений параметров.

На рис. 2 представлен фрагмент исходных данных в формате MS Excel.

При импорте данных в САПР в модели проекта создаются так называемые стартовые элементы, обладающие исходным набором параметров (рис. 3).

При проектировании сложных электротехнических систем часто возникают ситуации, когда в процессе разработки проекта вносятся изменения в исходные данные. В этом случае при импорте данных производятся следующие проектные операции:

- добавление, удаление или обновление значений параметров;
- добавление новых элементов в модель проекта;
- удаление элементов из модели проекта (выполня-

Таблица. Варианты индикации и управления для элементов МУ и ПТК эскизной схемы управления

Элемент	Тип функции	Число вариантов, ед.
МУ	Индикация (рис.5)	26
	Управление (рис.6)	26
ПТК	Индикация с МУ	12
	Индикация с БУ	29
	Индикация с ЧРП (частотно-регулируемый привод)	12
	Управление	8
	Управление с ЧРП	8

ется, когда из таблицы с исходными данными удалена строка с описанием одного из каналов управления).

Принципиальная модель проекта

В рамках данной технологии под принципиальной или эскизной моделью проекта понимается такое ее состояние, когда для каждого канала управления определена структура принципиальной электрической схемы управления: состав элементов и связей между ними (на рис. 4 показан фрагмент структуры ПЭСУ одного канала управления).

Предлагаемый метод генерации схем позволяет выполнить добавление в модель проекта элементов и связей в автоматическом режиме на основе исходных данных. Метод реализован в виде отдельной команды "Проектирование каналов управления". Необходимым условием для выполнения этой команды является наличие у стартового элемента следующих параметров:

- идентификатор канала (кодировка контура, KKS);
- информация о наличии индикации и управления (по месту, на ПТК, на ЩУ, на БУ).

При выполнении команды происходит пошаговый выбор из базы данных вариантов подключения сигналов к элементам схемы. В результате формируется уникальная схема управления с требуемым набором сигналов. Процедура выбора вариантов индикации и управления может выполняться в автоматическом или автоматизированном режимах. При автоматизированном режиме проектировщик последовательно выбирает тип индикации и управления для каждого из элементов эскизной схемы. Автоматический режим используется, когда заданы все необходимые параметры. В этом случае выбор осуществляется без участия проектировщика.

При заполнении базы данных сформированы базовые наборы сигналов для реализации функций индикации и управления в различных фрагментах эскизной схемы (рис. 5, 6). Число вариантов для элементов МУ и ПТК представлено в таблице. Следует отметить, что даже такой базовый (ограниченный) набор вариантов позволяет говорить о нецелесообразности формирования набора готовых схем управления путем простого перечисления всех возможных комбинаций.

№	Имя варианта	П/И	ИндикацияПоМесту
1*	Индикатор_Тока+Лампа_Включен/Отключен/Ручной/Автоматический[~220В]		Есть
2*	Индикатор_Тока+Лампа_Включен/Отключен/Ручной[~220В]		Есть
3*	Индикатор_Тока+Лампа_Включен/Отключен/Автоматический[~220В]		Есть
4*	Индикатор_Тока+Лампа_Включен/Отключен[~220В]		Есть
5*	Индикатор_Тока+Лампа_Включен/Ручной/Автоматический[~220В]		Есть
6*	Индикатор_Тока+Лампа_Включен/Ручной[~220В]		Есть
7*	Индикатор_Тока+Лампа_Включен/Автоматический[~220В]		Есть
8*	Индикатор_Тока+Лампа_Включен[~220В]		Есть

Рис.5. База данных. Варианты индикации по месту

№	Имя варианта	П/И	КоличествоКнопокПоМесту	Упр.
1	А.Останов[~220В]+А.останов[24В]		1	Есть
2	А.Останов[~220В]+А.останов/Пуск[24В]		2	Есть
3	А.Останов[~220В]+А.останов/Ост[24В]		2	Есть
4	А.Останов[~220В]+А.останов/Пуск/Ост[24В]		3	Есть
5	А.Останов[~220В]+А.останов/Пуск/Ост/Руч[24В]		4	Есть
6	А.Останов[~220В]+А.останов/Пуск/Ост/Авт[24В]		4	Есть
7	А.Останов[~220В]+А.останов/Пуск/Ост/Руч/Авт[24В]		5	Есть
8	А.Останов/Пуск/Ост[~220В]+А.останов/Пуск/Ост[24В]		3	Есть

Рис.6. База данных. Варианты управления по месту

Тем не менее, авторами предусмотрена возможность использования однажды сформированной схемы для других каналов управления путем сохранения ее в виде отдельного решения в базу данных. В этом случае при выполнении команды "Проектирование каналов управления" система в первую очередь проводит сравнение параметров канала управления с характеристиками сохраненных схем. Если все значения параметров совпадают, то происходит выбор готовой схемы из базы данных. Если хотя бы один параметр отличается, то система переходит к генерации уникальной схемы управления.

После завершения процесса генерации (выбора) схем управления для всех каналов управления выпол-

	А	В	С
1	Имя Элемента	ИмяТП	Сигнал
2	#Сигнал	Насос Б дренажного приямка мельниц	Включить
3	#Сигнал	Насос Б дренажного приямка мельниц	Отключение аварийной кнопкой
4	#Сигнал	Насос Б дренажного приямка мельниц	Отключить
5	#Сигнал	Насос Б1 дренажного приямка мельниц	Отключение аварийной кнопкой
6	#Сигнал	Насос Б1 дренажного приямка мельниц	Отключение аварийной кнопкой
7	#Сигнал	Насос Б дренажного приямка мельниц	Отключение аварийной кнопкой
8	#Сигнал	Насос для испытания мазутных форсунок	Включить

Рис.7. Фрагмент задания на проектирование контроллеров

	А	В	С	Д	Е
1	Имя Элемента	Позиция	Модель	Откуда	Куда
2	#Кабель	00LCL8000	КУВЭВнг-LS_2х2х0.5	00LCL02AP00-S01	01BLA01.G_3
3	#Кабель	00LCL8001	КУВЭВнг-LS_2х2х0.5	00LCL02AP00-S01	02BLA03.G_6
4	#Кабель	00LCL8002	КУВЭВнг-LS_2х2х0.5	00LCL02AP00-S01	02BLA03.G_5
5	#Кабель	00LCL8003	КУВЭВнг-LS_2х2х0.5	00LCL02AP00-S01	01BLA01.G_5
6	#Кабель	00PCB4000	КВВГЭнг-LS-4х1.5	00PCB72AP00-S01	01BLA02.C_1
7	#Кабель	00PCB8004	КУВЭВнг-LS_2х2х0.5	00PCB59AP00-S01	01BLA02.E_2
8	#Кабель	00PCB8005	КУВЭВнг-LS_2х2х0.5	00PCB59AP00-S01	01BLA02.E_1

Рис.8. Фрагмент задания на кабельную раскладку

няются следующие процедуры: присвоение связям уникальных маркировок; присвоение электроприводам позиционного обозначения; выбор моделей кабелей.

Для процедур присвоения позиций и маркировок предусмотрена возможность настройки. Таким образом метод генерации схем можно применять для выполнения различных проектов в соответствии с текущими требованиями к обозначениям элементов и связей.

В описываемой технологии проектирования схем управления этап формирования эскизной модели проекта является наиболее важным, поскольку после его завершения имеются все элементы и связи, необходимые для дальнейшего проектирования: выбора моделей технических средств; формирования клеммников и кабелей, не входящих в состав эскизной модели проекта.

Кроме этого, на основе информации, появившейся в модели проекта после применения метода генерации схем, можно сформировать задания для передачи в смежные отделы: перечень сигналов (рис. 7), перечень кабелей (рис. 8).

Предусмотрена возможность автоматического внесения изменений в уже готовую модель проекта. При изменении исходных данных либо характеристик элементов, входящих в состав уже сформированной схемы, по команде "Проверка подключения" происходит корректировка связей, а при необходимости — корректировка подключения кабелей (добавление/удаление жил, удаление или подключение новых кабелей).

По окончании этапа разработки принципиальной модели проекта можно формировать предварительный вариант проектной документации, включающей следующие документы: принципиальные электрические схемы управления; схемы подключения кабелей; кабельный журнал; перечень приводов.

Монтажная модель проекта

На этапе разработки монтажной модели проекта происходит уточнение характеристик оборудования, входящего в состав эскизной схемы: блоков управления, кнопочных постов, пультов, щитов. Процедура выбора моделей технических средств может выполняться в автоматическом или автоматизированном режимах [3]. Для

выполнения процедуры в автоматическом режиме необходимо предварительно указать требования к характеристикам оборудования (наименование завода изготовителя, серия низковольтных комплектных устройств, тип автоматических выключателей и т. д.).

Процедура выбора моделей оборудования осуществляется путем пошагового определения основных характеристик, при этом каждый следующий шаг зависит от предыдущего. Такой подход позволяет отсекал заведомо неподходящие варианты, что значительно сокращает количество случайных ошибок [4].

Выбор моделей оборудования, как правило, влечет за собой изменение состава контактов элементов схемы. Переключение связей на соответствующие контакты происходит непосредственно во время выполнения процедуры выбора характеристик (рис. 9).

При изменении характеристик оборудования, как правило, необходима корректировка проектных документов. В используемой САПР внесение измене-

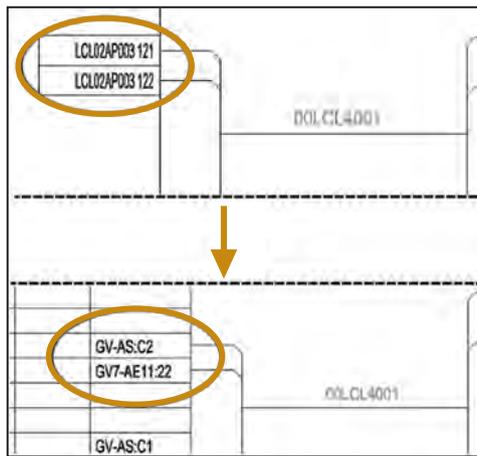


Рис. 9. Фрагмент документа "Подключение кабелей к шкафу", изменение наименования контактов элемента "Блок управления"

ний в графические документы происходит автоматически в момент открытия документа (изменение имен контактов, замена графических блоков, отображение значений параметров). Таким образом достигается динамическая связь документов с моделью проекта [2].

После завершения этого этапа модель проекта содержит информацию, достаточную для формирования окончательного варианта проектных документов (примеры документов представлены на рис. 10).

Заключение

Задача повышения эффективности применения САПР при

проектировании схем вторичной коммутации является сегодня актуальной. Для решения этой задачи авторами предложен метод генерации схем управления, основанный на АДТ-технологии.

Основные особенности данного метода:

- формирование схемы управления производится с помощью генерации уникальной схемы в соответ-

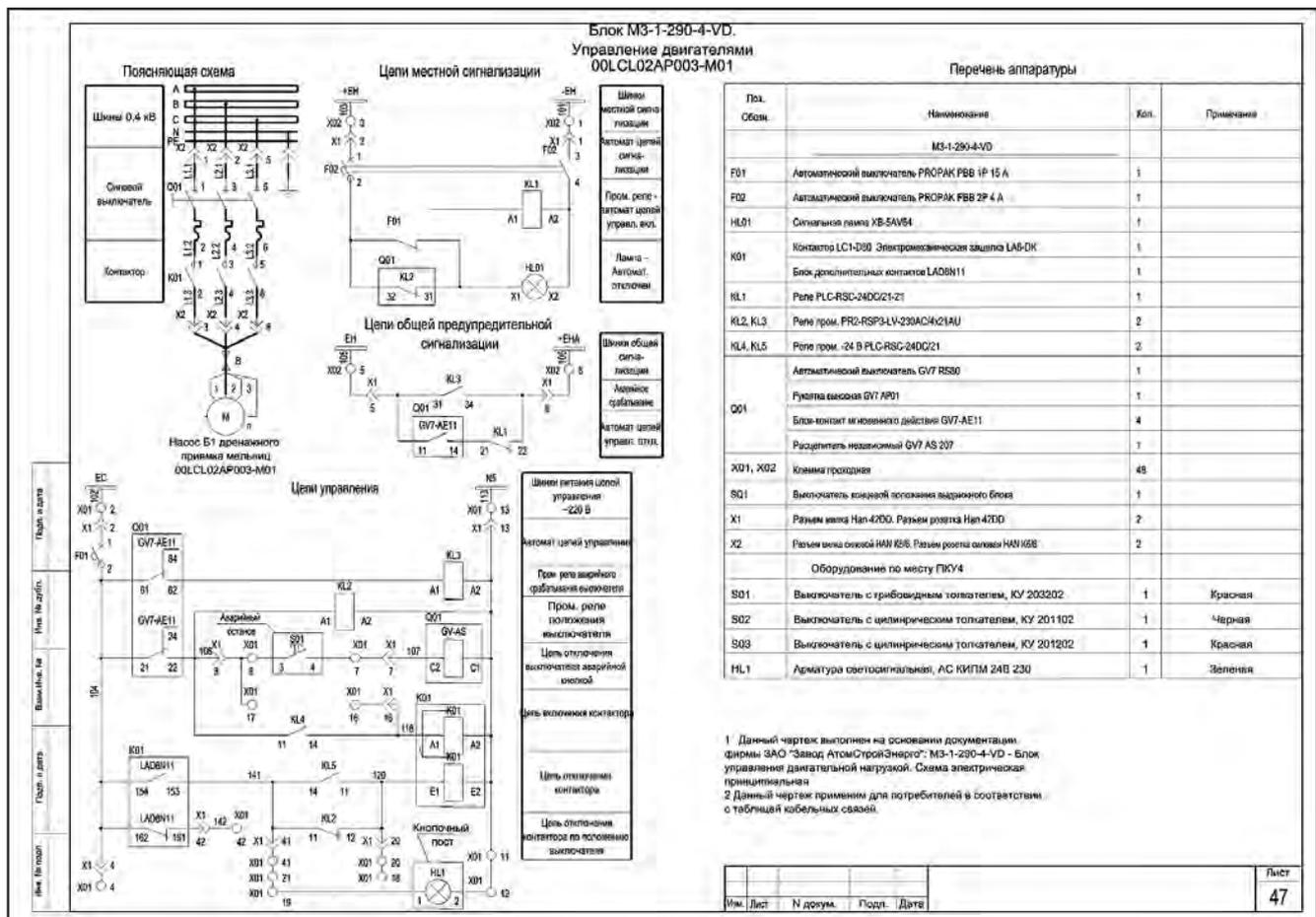


Рис. 10. Фрагмент документа "Принципиальные электрические схемы управления"

ствии с требованиями технического задания (а не путем выбора из готового типового набора);

- разработка эскизной схемы предоставляет возможность передачи заданий смежным отделам до полного завершения проектирования ПЭСУ, то есть в условиях неизвестности поставщика оборудования и его характеристик;

- основные трудозатраты инженера-проектировщика направлены на подготовку исходного файла технического задания, работа с САПР сводится к последовательному выполнению нескольких команд.

В настоящий момент производится тестирование предлагаемого метода совместно со специалистами организации ОАО "Зарубежэнергопроект" (г. Иваново). В качестве исходных данных использована информация об оборудовании, входящем в состав блока ПГУ 420 МВт Верхнетагильской ГРЭС:

- типы оборудования — вентиляторы, насосы;
- число каналов управления — > 150 ед.;
- число сигналов — > 1000 ед.

Применение предлагаемого метода позволит решить ряд важных проектных задач, таких как: значительное повышение степени автоматизации при про-

Целищев Евгений Сергеевич — д-р техн. наук, старший научный сотрудник, начальник отдела "САПР в энергетике",

Котлова Анна Вячеславовна — инженер,

Кудряшов Иван Сергеевич — инженер Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. Ленина.

Контактный телефон (4932) 26-96-56.

E-mail: etselishev@rambler.ru, glyaznetsova@mail.ru, dlyasvyazi78@mail.ru

Чикунев Иван Михайлович — инженер отдела информационных технологий ОАО "Зарубежэнергопроект".

Контактный телефон (4932) 32-54-68.

E-mail: greg@mail.ru

ектировании принципиальных электрических схем, исключение случайных ошибок, быстрое внесение изменений в проект, повышение качества проектной документации. Гибкая система настройки метода и сопутствующих пользовательских команд позволяет использовать его при различных исходных требованиях к оформлению проектной документации.

Список литературы

1. Целищев Е.С. и др. Технология проектирования тепловых электростанций и методы ее компьютеризации. М. Энергоатомиздат. 1997.
2. Целищев Е.С., Глязнецова А.В., Кудряшов И.С. Методика эффективной автоматизации проектирования технического обеспечения АСУТП. Учеб. пособие под ред. Ю.С. Тверского. Иваново. 2012.
3. Целищев Е.С., Глязнецова А.В. AutomatiCS 2011 — разрабатывать КИПиА просто и эффективно. Часть 4. Выбор характеристик технических средств // САПР и графика. 2012. № 11.
4. Целищев Е.С., Глязнецова А.В. Методы достижения максимальной эффективности применения САПР при разработке проектов АСУТП // Автоматизация в промышленности. 2013. № 9.

Интегрированный контроль состояния помогает предотвращать простои и повреждение критически важного оборудования

Новая интегрированная система контроля состояния позволяет производителям использовать преимущества интегрированной архитектуры компании Rockwell Automation, а не применять разрозненные устройства контроля для анализа текущего состояния оборудования, прогнозирования возможных неисправностей и защиты от повреждения критически важного оборудования. Интеграция систем контроля состояния оборудования в управляющую архитектуру с помощью стандартных протоколов сети Ethernet TCP/IP Ethernet/IP позволяет проявить беспрецедентную гибкость при проектировании КИП машин и обеспечить их эффективное производство.

Системы мониторинга Dynamix 1444, используемые в основном в качестве систем защиты оборудования с вращательным и возвратно-поступательным движением, контролируют критически важные рабочие параметры в режиме реального времени. Кроме того, они обеспечивают эксплуатирующий и обслуживающий персонал информацией, необходимой для оценки текущего состояния оборудования и выполнения планово-профилактического обслуживания.

Для защиты оборудования устройства Dynamix 1444 измеряют и контролируют критически важные динамические и геометрические параметры, а также обеспечивают выполнение соответствующих действий с точностью, надежностью и качеством, соответствующими промышленным и государственным стандартам.

Для общего контроля состояния системы мониторинга Dynamix 1444 обладают уникальными возможностями об-

работки сигналов и измерения, предоставляя пользователям средства обнаружения и идентификации неисправностей и оценки состояния промышленного оборудования всех классов. Кроме того, полученную информацию можно передавать в базы данных производственной площадки или всего предприятия для архивирования и анализа. Вооружившись этой информацией, инженеры смогут выполнять соответствующие операции технического обслуживания, например, заменять изношенные компоненты до того, как они выйдут из строя, и защищать производственные процессы и оборудование, одновременно снижая затраты на техническое обслуживание.

Тесное взаимодействие между системами контроля состояния и управления позволяет производителям активнее использовать свои инвестиции в системы визуализации и информационные системы для повышения производительности изготовителей оборудования и конечных пользователей, а также снижения совокупной стоимости владения. Например, ПО Studio 5000 от Rockwell Software позволяет программировать и поддерживать системы контроля состояния в той же среде разработки, которая используется для систем управления.

Системы мониторинга Dynamix серии 1444 рассчитаны на эксплуатацию при температуре -25...70 °С и с напряжением питания 18...32 В. Они рассчитаны на использование во взрывоопасных средах и соответствуют морским стандартам по ударным нагрузкам и вибрациям.

[Http://www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)