

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Трофимов А.В., канд. техн. наук, МЭИ (ТУ)

Электрические станции и подстанции представляют собой сложные технические объекты, состоящие из множества взаимосвязанных компонентов. Их проектирование требует значительного времени и ведется коллективами, состоящими из большого количества различных специалистов. Повышение производительности труда является одной из важнейших задач, необходимость решения которой декларируется на государственном уровне. Эффективное решение задач проектирования (повышение качества проектов и производительности труда проектировщиков) становится возможным только за счет использования средств автоматизированного проектирования (САПР).

Часто под автоматизацией проектирования понимается лишь выпуск проектной документации в среде универсального графического редактора (наиболее распространен АвтоКад). Но использование компьютера в качестве автоматизированного кульмана для подготовки отдельных чертежей не дает большого эффекта. Значительного повышения производительности можно добиться при использовании специализированных САПР.

В данной статье рассматривается методика автоматизированного проектирования вторичных цепей электроустановок, реализованная в рамках САПР цепи вторичной коммутации [1, 2].

По назначению оборудование электрических установок разделяют на две группы: первичные и вторичные цепи. Оборудование первичных электрических цепей принимает непосредственное участие в производстве, преобразовании и передаче электрической энергии. К оборудованию первичных цепей относятся генераторы, трансформаторы, электродвигатели и т.д. Под оборудованием вторичных электрических цепей понимают оборудование, при помощи которого производится управление первичным оборудованием, автоматизация его работы и контроль в процессе эксплуатации. К вторичному оборудованию относят контрольно-измерительные приборы, реле защиты и автоматики (включая микропроцессорные средства), аппараты управления и сигнализации, контрольные кабели и др.

Для оборудования первичных электрических цепей электрической станции (подстанции) разрабатывается своя схема управления, защиты, необходимой автоматики и сигнализации. Выполнение вторичных цепей и их подключение к устройствам электроустановок осуществляется по чертежам-схемам электрических соединений вторичных цепей. По назначению схемы делятся на принципиальные (полные) и соединений (монтажные). Принципиальные схемы определяют полный состав аппаратов и связей между ними и дают детальное представление о принципах работы установки. Монтажные схемы показывают соединения составных частей установки и определяют провода, жгуты, кабели, которыми осуществляются эти соединения.

При проектировании вторичных цепей ведется разработка большого количества схемотехнических и конструкторских документов. Требования к составу и форме документации на вторичные цепи определяются отраслевыми документами и государственными стандартами. На рисунке показаны основные виды документов и последовательность их разработки.

Принципиальные электрические схемы, отражающие принципы работы оборудования являются основой для разработки всех видов документов. По заданию, содержащему принципиальные схемы, общие виды, схемы соединения рядов зажимов для нетиповых низковольтных комплектных устройств (НКУ), заводом осуществляются изготовление и поставка комплектных устройств. Схемы кабельных связей и кабельные журналы отражают номенклатуру, длины, трассы прокладки и адреса привязки кабелей. Схемы подключения рядов зажимов определяют непосредственное подключение жил кабелей к рядам зажимов устройств.

Следует отметить высокую сложность схем и, соответственно, большой объем проектной документации. Так, в одном из проектов для общестанционного трансформатора ТЭЦ количество листов принципиальных схем составляло более 30 (формата А1, А2), количество устройств (шкафы, панели) — более 50, количество соединяющих их кабелей — более 150. Для каждого устройства выпускаются схемы подключения



рядов зажимов, а для нетиповых дополнительно — задание заводу (принципиальные схемы, общие виды, ряды зажимов).

Проект на электроустановку в соответствии со схемой первичных соединений разделяется на монтажные единицы (МЕ): генераторы, трансформаторы, линии, электродвигатели собственных нужд. Для каждой МЕ разрабатывается свой набор принципиальных электрических схем цепей вторичной коммутации.

Конструктивно вторичные цепи МЕ реализуются с помощью аппаратов, размещенных в различных устройствах (панелях, шкафах, на пультах и пр.). Конкретные устройства могут содержать аппаратуру, относящуюся как к только одной монтажной единице, так и к нескольким МЕ. Соединение аппаратов, расположенных в разных НКУ, осуществляется с помощью кабелей. Соединение аппаратов, расположенных в одном НКУ, осуществляется с помощью проводов. Провода могут объединяться в жгуты (например, идущие от рядов зажимов к аппаратам) или выполняться в виде отдельных перемычек. Чтобы разделить внутренние цепи НКУ, реализуемые на щитовых заводах, и внешние, реализуемые монтажными организациями, используются ряды зажимов. Для формирования кабельных связей важной информацией является место установки НКУ, так как это определяет направления кабельных трасс.

Логика работы схемы формируется с помощью элементов аппаратов, обеспечивающих различные функции (закрывающий или размыкающий контакт, катушка реле, пакет переключателя и прочие). Включение элемента в нужную цепь осуществляется через контакты аппарата, к которым он подключен.

По сути дела, если иметь данные по всем контактам, участвующим в схемах, то можно говорить о возможности автоматизированного формирования монтажной

документации. Эти данные должны включать: номер контакта; позиционное обозначение аппарата; принадлежность аппарата к НКУ и монтажной единице; марку цепи, к которой подключен контакт.

Фактически все эти данные есть на принципиальной схеме и, если рассматривать упрощенно, то можно сказать, что:

- если все контакты с одинаковой маркой цепи расположены в одном НКУ, то они соединяются перемычками с такой маркой;

- если несколько контактов с одинаковой маркой цепи расположены в разных НКУ, то эти НКУ соединяются кабелем, содержащим жилу с такой маркой, и один из контактов в каждом НКУ выводится на ряд зажимов.

Понятно, что такое решение без учета конструктивных особенностей всех составляющих проекта будет далеко не оптимальным. Оптимизация проектных решений осуществляется в ходе разработки монтажных схем.

Базовой информацией является компоновка оборудования вторичных цепей (шкафов, панелей) по помещениям (распределительные устройства, оперативный и неоперативный контуры щитов управления и др.).

Компоновка аппаратов внутри устройств определяется при разработке схем общего вида. Для создания этого документа необходима информация о габаритах аппаратов и конструкции устройства. По результатам компоновки появляются сведения о размещении аппаратов (точки вставки), на основе которых может формироваться оптимальная последовательность соединения проводов каждой цепи.

Информация о последовательности соединения хранится в базе данных и является основой для создания монтажно-коммутационных схем.

Для рядов зажимов должны храниться сведения о последовательности и типах клемм, о подключаемых к клеммам кабелях.

Информация о кабелях должна содержать сведения об их типах и длинах, направлениях, марках прокладываемых цепей.

Важной особенностью схемотехнической документации является многократное присутствие одной и той же информации в различных документах. Так, например, проставленная на принципиальной схеме марка цепи, соединяющей различные устройства, затем проставляется:

- в соответствующих клеммах рядов зажимов всех соединенных устройств (как в задании завода, так и на схемах присоединений);

- в соответствующих кабелях на схемах кабельных связей;

- у контактов всех аппаратов, подключенных к этой цепи, на монтажно-коммутационной схеме.

То есть, если соединены только два аппарата на различных НКУ, то марка цепи присутствует на чертежах еще в пяти местах. Аналогичная ситуация с номерами контактов.

Многократное участие информации в разных документах при ручном проектировании приводит к большому объему рутинной работы и является одним из

основных источников ошибок. Так как процесс проектирования является итерационным, то внесение изменений в один документ требует переработки большого количества взаимосвязанных документов. Средства автоматизации, которые обеспечили бы однократный ввод данных в документах-первоисточниках и их автоматическую прорисовку в зависимых документах, обеспечивают возможность существенного повышения эффективности и качества процесса проектирования.

С другой стороны, требования к монтажной документации строго регламентированы нормативными документами, что позволяет формировать ее с высокой степенью автоматизации, проводить корректировку автоматически. Использование средств автоматизации позволяет изменить сам процесс проектирования. Так, проектировщик может сосредоточиться только на разработке первичных документов (принципиальные схемы и общие виды нетиповых НКУ), а затем быстро получить зависимые документы на основе хорошо проработанных данных из единственного источника. Кроме того, изменения в документы могут вноситься автоматически, исключая ошибки.

Процесс проектирования схемотехнической документации может быть разделен на следующие проектные процедуры.

I. Разработка принципиальных электрических схем. Состоит из следующих проектных операций.

I.1. Прорисовка фрагментов схем, связанных с типовыми устройствами (шкафы присоединений, панели защит).

Входные данные: типовые схемы, схемы аппаратов, библиотека условных графических обозначений (УГО).

Алгоритмы: инженерный опыт, алгоритмы прорисовки схем.

Выходные данные: принципиальные схемы, информация о соединенных контактах.

I.2. Разработка нетиповых фрагментов принципиальных схем.

Входные данные: схемы аппаратов, библиотека УГО.

Алгоритмы: инженерный опыт, алгоритмы прорисовки схем.

Ограничения: работоспособность схемы.

Связанные операции: I.3.

Выходные данные: принципиальные схемы, информация о соединенных контактах.

I.3. Выбор аппаратов нетиповых устройств.

Входные данные: списки аппаратов схем, баз данных аппаратов.

Алгоритмы: инженерный опыт, алгоритмы поиска данных.

Ограничения: соответствие технических характеристик аппаратов техническому заданию.

Выходные данные: списки аппаратов с техническими характеристиками.

I.4. Распределение аппаратов по нетиповым комплектным устройствам.

Входные данные: списки аппаратов.

Алгоритмы: инженерный опыт, алгоритмы оценки загрузки устройств по габаритам аппаратов и аппаратам,

алгоритмы оценки количества связей между аппаратами и НКУ по данным принципиальной схемы.

Целевые функции: минимизация кабельных связей и количества НКУ.

Ограничения: возможности размещения аппаратов на металлоконструкциях и подключения кабелей.

Связанные процедуры: II.

Выходные данные: списки аппаратов, распределенных по комплектным устройствам.

I.5. Формирование перечня аппаратов.

Входные данные: списки аппаратов.

Алгоритмы: формирование перечня аппаратов.

Выходные данные: чертеж перечня аппаратов.

II. Разработка схем общего вида нетиповых комплектных устройств. Состоит из следующих проектных операций.

II.1. Выбор металлоконструкции.

Входные данные: чертежи металлоконструкций.

Алгоритмы: выбор или формирование чертежа.

Выходные данные: чертеж металлоконструкции.

II.2. Отбор размещаемых аппаратов.

Входные данные: списки аппаратов с габаритами, списки контактов схемы.

Алгоритмы: группировка аппаратов в соответствии с правилами размещения на металлоконструкции и количеством связей между аппаратами.

Выходные данные: сгруппированные списки аппаратов.

II.3. Размещение аппаратов по монтажным площадям.

Входные данные: сгруппированные списки аппаратов.

Алгоритмы: инженерный опыт, вычерчивание аппаратов, размещение УГО на чертеже.

Выходные данные: чертеж общего вида в масштабе, информация о взаимном расположении аппаратов.

III. Разработка принципиальных схем нетиповых НКУ. Состоит из следующих проектных операций.

III.1. Просмотр принципиальных схем монтажных единиц и отбор фрагментов схем проектируемого НКУ.

Входные данные: принципиальные схемы МЕ, списки аппаратов.

Алгоритмы: отбор фрагментов схем и размещение на чертеже, отбор аппаратов.

Выходные данные: чертеж принципиальной схемы НКУ с перечнем аппаратов.

III.2. Добавление клемм на принципиальную схему НКУ для разработки рядов зажимов. (Выполняется, если принципиальная схема МЕ начерчена без клемм).

III.3. Отбор аппаратов из перечня и выпуск перечня для НКУ.

Входные данные: списки аппаратов.

Алгоритмы: отбор аппаратов НКУ, формирование чертежа.

Выходные данные: чертеж перечня аппаратов НКУ.

IV. Разработка схем соединения рядов зажимов и монтажно-коммутационных схем нетиповых НКУ. Состоит из следующих проектных операций.

IV.1. Анализ цепей принципиальной схемы НКУ, распределение клемм по ряду в соответствии с нормативными документами,

Входные данные: списки клемм принципиальной схемы, правила размещения цепей в ряду зажимов.

Алгоритмы: распознавание и классификация марок цепей, распределение клемм по ряду зажимов и выбор типов клемм в соответствии с марками цепей.

Выходные данные: ряд зажимов (упорядоченный список клемм).

IV.2. Формирование последовательности соединения контактов аппаратов для каждой цепи.

Входные данные: списки контактов принципиальной схемы, данные о размещении аппаратов на общем виде.

Алгоритмы: формирование последовательности соединения клемм и контактов аппаратов в соответствии с марками цепей.

Целевая функция: минимальная длина проводов.

Выходные данные: последовательность соединения контактов.

IV.3. Доработка ряда зажимов (корректировка расположения следования клемм, добавление резервных клемм и колодок).

IV.4. Формирование выходных документов.

Входные данные: списки контактов принципиальной схемы, ряды зажимов, последовательность соединения (провода).

Алгоритмы: автоматическое вычерчивание схем.

Выходные данные: чертежи рядов зажимов и монтажных схем.

V. Разработка схем кабельных связей и кабельных журналов. Состоит из следующих проектных операций.

V.1. На основе анализа принципиальных схем выявление цепей, соединяющих аппараты, расположенных в разных устройствах.

Входные данные: списки контактов принципиальной схемы.

Алгоритмы: отбор марок цепей и соединяемых ими устройств.

Выходные данные: список марок цепей и соединяемых ими устройств.

V.2. Формирование кабелей на основе марок цепей с учетом кабельных трасс и взаимного расположения устройств.

Входные данные: список марок цепей и соединяемых ими устройств, данные о размещении устройств.

Алгоритмы: формирование последовательности соединения устройств в соответствии с марками цепей.

Целевая функция: минимальная длина кабелей.

Выходные данные: адресная часть кабельного журнала и списки марок, проходящих в кабелях.

V.3. Определение длин и типов кабелей.

V.4. Формирование выходных документов.

VI. Разработка схем подключения.

Входные данные: схемы рядов зажимов подключаемого устройства, схемы кабельных связей.

Алгоритмы: отбор кабелей, подключаемых к рассматриваемому устройству, подключение кабелей к клеммам в соответствии с марками цепей, подключение транзитных кабелей на резервных клеммах, формирование чертежей.

Выходные данные: чертежи схем подключения.

При ручном проектировании эти процедуры реализуются последовательно и практически автономно. При автоматизированном проектировании работа осуществляется в едином информационном пространстве с алгоритмической поддержкой, обеспечивающей автоматическое формирование монтажной документации. Это позволяет существенно снизить трудозатраты на разработку проектной документации, уменьшить вероятность появления ошибок, повысить качество выпускаемых документов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брызгалов Ю.Н., Трофимов А.В. Автоматизированная подготовка и ведение документации на вторичные цепи электроустановок. — Электрические станции, 1997, № 4.

2. Брызгалов Ю.Н., Новиков А.А., Трофимов А.В. Автоматизированное проектирование электротехнических устройств в среде САПР цепей вторичной коммутации электроустановок. — ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность, 2004, № 6.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

РАСЦЕНКИ на размещение рекламы в журнале

ЭЛЕКТРО

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА • ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Тарифы на размещение рекламы указаны в рублях
Вся реклама полноцветная (печатается в 4 краски)

Обложка 2-я	полоса	19000
Обложка 3-я	полоса	17000
Основная часть блока (формат А4)		
Разворот (2 полосы)		25000
1/1 полосы		14000
3/4 полосы		11000
1/2 полосы		9000
1/4 полосы		6000
1/8 полосы		3000
1/16 полосы		1500
строчная информация		300

Предложения по размещению рекламы
на страницах журнала направлять по адресу:
107023, Москва,

**Электrozаводская ул. 21, «Электrozавод»,
Редакция журнала ЭЛЕКТРО**

**Справки по телефонам:
(495) 152-56-55, (495) 777-82-01,
факс (495) 777-82-11**