

ElectriCS – проектируем электрооборудование

В журнале «САПР И ГРАФИКА» (№ 6 за 1999 год) в статье «ЭЛЕКТРИК + AutoCAD = электротехнический проект» был впервые представлен САПР электрооборудования «Электрик» 3.0. Программа вызвала большой интерес специалистов. Поэтому, узнав о выходе новой версии программы, мы попросили ее разработчиков рассказать о ней.

Владимир Трушин

Начну с того, что прежнее название программы «САПР «ЭЛЕКТРИК» изменилось. Программа стала распространяться фирмой Consistent Software под торговой маркой ElectriCS.

Напомним, что ElectriCS - это программа проектирования электрических схем изделий на предприятиях машиностроительной отрасли. ElectriCS предназначен для выполнения схемотехнической части проекта и документов, связанных с ней. С помощью этой программы вы можете создавать принципиальные схемы, схемы подключений, перечень элементов и таблицы соединений. Имеется возможность получения практически любых документов для заказов оборудования, монтажа, таблиц внешних соединений, статистических данных, данных для финансовых расчетов.

В состав ElectriCS входит модуль MechaniCS (прежнее название - «модуль «ЧЕРТЕЖНИК»), который позволяет выполнять чертежи по ЕСКД и поддерживает библиотеку типовых элементов чертежей.

Нет смысла в журнальной статье описывать все возможности новой версии программы, тем более, что они в большинстве своем унаследованы от предыдущей и были описаны в свое время в журнале «САПР И ГРАФИКА». Во второй части статьи мы только рассмотрим структуру ElectriCS и поговорим о новых возможностях четвертой версии программы.

А сейчас нам представляется важным детально осветить всю технологию проектных работ. Мы остановимся на видении разработчиками процесса проектирования электрооборудования, положенном в основу программы. При этом мы рассмотрим основные этапы и попытаемся проанализировать все рутинные операции конструктора. Описываемые этапы отнюдь не следуют строго друг за другом. Они выполняются параллельно, а зачастую результаты более поздних работ заставляют возвращаться к началу всего процесса проектирования.

Два подхода к принципиальной схеме

Прежде чем начать анализ процесса проектирования, следует разобраться с подходами в разработке принципиальной схемы, являющейся основой всего проекта. Существует два представления принципиальных схем (ЭЗ), различающихся разным способом обозначения линий электрических связей.

В первом случае линия связи указывает электрические связи одного потенциала между *несколькими* элементами схемы. Одна линия связи может связывать *несколько* аппаратов. Такая схема показывает только *логику* связей и не раскрывает конкретную ее реализацию в виде «живых проводов». К примеру, если линии связи проходят по трем контактам, то электрическую связь можно реализовать тремя вариантами соединений. Пример такой схемы показан на рисунке 1.

Во втором представлении принципиальной схемы линия связи указывает связь строго между двумя элементами схемы. По существу, линия связи в такой схеме однозначно соответствует «живому» проводу. Пример этой схемы показан на рисунке 2.

При первом подходе предусматривается последующая работа над проектом по определению конкретных связей и по определению клеммных блоков, которые прорисовать в схеме этого типа практически невозможно.

При втором подходе схема уже включает в себя детально проработанные связи. Это означает, что в ней прорабатываются специфичные для принципиальной схемы элементы, такие как кабели, шины (своеобразный элемент схемы, так как сама шина может выступать в качестве провода и в то же время к ней могут подсоединяться другие провода). Прорисовываются в такой схеме и клеммы. Такую схему иногда выполняют в качестве второго этапа проектирования, после проработки логики схемы в обычной принципиальной схеме, но при этом первоначальную схему не оформляют как обязательный конструкторский документ.

Трудно спорить о недостатках и преимуществах этих двух подходов. Выбор обуславливается видом производимой продукции, объемом конструкторских работ, традиционными подходами к проектированию и монтажу и условиями эксплуатации оборудования. Отметим только, что первый

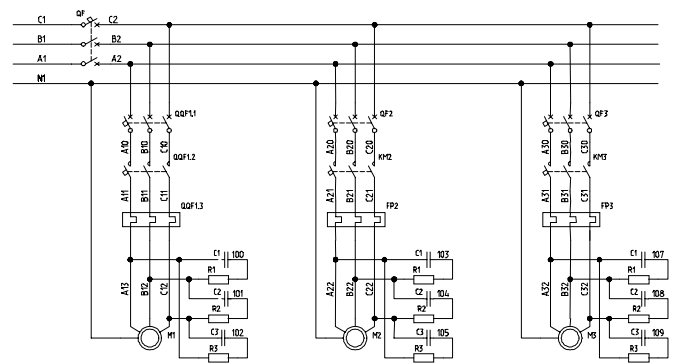


Рис. 1.

подход дает лучшее представление о логике работы схемы в целом. Второй - более ориентирован на монтажные и ремонтные работы.

Разработка принципиальной схемы

После того, как электрическая принципиальная схема продумана конструктором, сформировалось ее служебное назначение, прикинуты основные ее параметры, начинается процесс создания схемы. На этом этапе используются условные графические обозначения (УГО) электрических элементов, отрисовываются линии связи. Казалось бы, все просто, но конструктору приходится, помимо формирова-

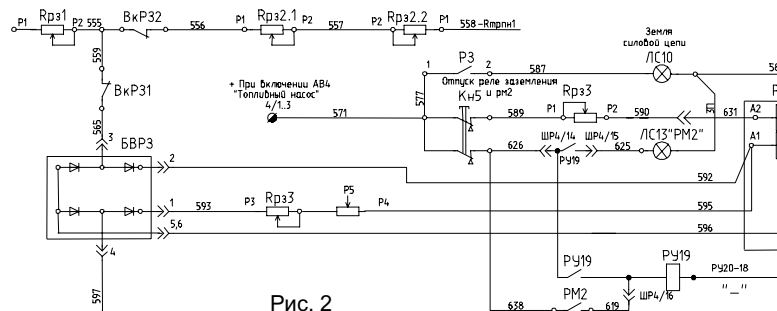


Рис. 2

ния логики схемы, решать множество черновых задач, а именно:

- определять графику УГО, как это принято по стандарту для конкретных типов электрических уст-

- ройств;
- присваивать элементам схемы буквенно-позиционные обозначения (БПО);
- вводить обозначение маркировки входов/выходов в соответствии с обозначениями выбранных устройств (иногда маркировку входов/выходов не указывают на принципиальных схемах);
- отслеживать количество используемых контактов в контактных группах реле;
- рисовать линии связи и обозначать их. При этом следить, чтобы обозначения не повторялись;
- формировать контактные группы и адреса катушек;
- при необходимости создавать функциональные группы;
- проставлять зоны чертежа схемы;
- рисовать дополнительные элементы схемы и делать поясняющие надписи;
- заполнять основную надпись;
- корректировать положение элементов на схеме для улучшения ее читаемости.

Все эти операции выполняются параллельно.

Определение электрического оборудования схем

После того, как принципиальная схема сформирована, начинается этап определения типов аппаратов, устройств и типов проводов. Опытный конструктор уже в процессе разработки схемы представляет себе тип используемого оборудования. Эта информация пока откладывается у него в уме и фиксируется на черновиках. Но вот наступает момент, когда требуется разработать перечень элементов. Для этого необходимо окончательно определиться с оборудованием, рассортировать его по стандартам, буквенно-позиционным обозначениям и функциональным группам. Иногда перечень элементов выполняется для отдельных частей изделия. В этом случае конструктор должен определить местоположение устройств на оборудовании.

Таким образом, при разработке перечня выполняются следующие операции:

- осуществляется поиск информации по видам электрооборудования;
- формируется текст обозначения для каждого изделия;
- подсчитывается число одинаковых изделий;
- формируется перечень элементов на принципиальной схеме или в виде самостоятельного документа. Иногда требуется выполнить перечень элементов для отдельной части оборудования.

(Одной из серьезных проблем для конструктора является поддержка базы данных электрических устройств. Мы рады сообщить вам, что институт промышленного развития («Информэлектро») начал работы по проекту по созданию баз данных электрических устройств на основе базы данных аппаратов ElectricCS. Это позволит пользователям получать и обновлять базы данных централизованно).

Определение местоположения электрических устройств в изделии

На определенном этапе работ требуется определить местоположение устройств, которые расставляют на панели и в шкафы. (Названия «шкаф» и «панель» здесь условные. Они отмечают только названия уровней расположения оборудования в оболочках). Могут существовать отдельно стоящие устройства. В свою очередь, панели могут находиться в шкафах или размещаться отдельно. Конечно, существует и более глубокая вложенность, но в большинстве случаев достаточно трех уровней: устройство, панель, шкаф.

В процессе этой работы конструктор выполняет следующие операции:

- определяет оболочки (панели и шкафы);
- определяет положение панелей в шкафах;
- составляет списки устройств для каждой оболочки;
- определяет порядок расположения устройств и оболочек относительно друг друга.

Разработка схемы соединений (подключений)

На схеме соединений (Э4) или схеме подключений (Э5) конструктор указывает примерное расположение элементов (аппаратов) на панели и формирует линии связи с адресами подключений около каждого входа/выхода. Иногда на схеме вместо линий связи создают таблицу подключений. Наиболее трудоемкой операцией является определение адресов подключений.

В некоторых случаях адреса подключений не формируются, а на схеме подключений выполняется таблица соединений.

В процессе этой работы выполняют следующие операции:

- изображают элементы на схеме соединений (Э4) или схеме подключений (Э5);
- определяют адреса подключений для каждого входа/выхода и наносят их на схему;
- проставляют зоны чертежа схемы;
- при необходимости разрабатывают и помещают на схему таблицу соединений;
- рисуют дополнительные элементы схемы и делают поясняющие надписи;
- заполняют основную надпись;
- корректируют положение элементов на схеме для улучшения ее читаемости.

Таблица соединений

Таблица соединений по требованиям ГОСТ может быть двух видов. В первом виде описывается каждый провод схемы с указанием, откуда он идет и куда поступает. Во втором - для каждой линии связи указывается список устройств, по которым она проходит.

Первый документ обычно выполняют для принципиальных схем, выполненных по второму подходу (как мы это описывали выше). Второй более подходит для обычной принципиальной схемы.

Параллельно с формированием таблицы соединений определяются типы проводов. Более подробно эти операции рассмотрены ниже.

Определение связей между устройствами и оболочками

Конструктор определяет списки электрических связей различных устройств, входящих в электрооборудование. Если он работает с обычной принципиальной схемой, то становится важен момент определения только одного варианта связи из множества возможных. На самом деле, если линия связи соединяет, к примеру, три шкафа (см. рисунок 3), то по принципиальной схеме нельзя определить как их соединить реальными «живыми» проводами (см. рисунок 1). Здесь возможно три варианта. Конструктор должен выбрать только один, и при этом не должен не допустить «закольцовки» связи (вариант соединения справа на рисунке). Критерием выбора является заранее намеченная схема соединений. Конструктор уже представляет, как долж-

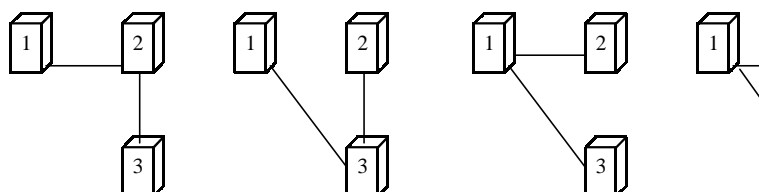


Рис.3 Возможные варианты реализации электрической связи между тремя объектами. Последний рисунок отображает «закольцовку» связи.

ны проходить трассы, образованные линиями связи. Однако при этом он может упускать из виду те связи, которые идут строго между двумя объектами, причем появляются они только в результате выбора связей между другими шкафами.

К примеру, конструктор решил, что трассы должны пройти между шкафом 1 и шкафом 2, шкафом 2 и шкафом 3. Однако, может проявиться связь между шкафом 1 и шкафом 3, которую никак иначе не протянешь, потому что она появилась в результате прокладки трассы между, скажем 3, 4 и 5 шкафами. Поэтому могут вноситься либо корректировки в схему внешних соединений, либо такие связи транзитно пропускаются через шкафы (в нашем примере через шкаф 2). Задача усложняется тем, что в анализе участвуют сразу несколько десятков, а то и сотен, электрических связей проходящих не только через анализируемые на данный момент шкафы.

После определения внешних связей появляется возможность определить клеммные блоки, которые «развязывают» провода, проходящие через «границу» панелей.

Если конструктор работает с принципиальной схемой, создаваемую по второму подходу (см. выше), то он фактически выполняет всю эту работу у себя в уме. В дальнейшем ему придется только методично «вычислить» все провода, входящие в эти связи.

После определения трасс (пучков) проводов между шкафами конструктор разделяет их по типу электрической связи, чтобы избежать наводок. Иногда требуется разделить провода на отдельные трассы из технологических соображений.

Итак, при определении внешних связей конструктор выполняет следующие операции:

- определяет провода, входящие в анализируемые связи;
- намечает схему прокладок трасс;
- окончательно формирует схему прокладок трасс;
- разбивает «пучки» проводов на трассы по типам электрической связи и по технологическим соображениям;
- обозначает трассы, определяется с их конструктивным исполнением;
- при необходимости формирует таблицы соединений между оболочками.

Определение типов проводов

Тип провода выбирается, исходя из расчетов и справочных данных на оборудование, технологических соображений и требований, касающихся снижения номенклатуры. Конструктор старается разделить связи по их служебным назначениям: цепи управления, слаботочные цепи, силовые линии связи и т. д. При этом у опытного проектировщика вырабатывается типовой подход к определению марок проводов. Наиболее частый подход таков: скажем, проводам цепей управления для внутрипанельных связей назначается одна марка, для межпанельных – другая (или, в другой терминологии, для фиксированных проводов – одна, для не фиксированных – другая). Это повторяют для каждого типа электрической связи. Таким образом, определив служебные назначения электрических цепей, конструктор формализует выбор типа провода. Естественно, иногда по технологическим и другим соображениям приходится отступать от этого правила.

Описанный подход по подбору проводов не совсем понятен конструкторам, которые используют второй подход к проектированию принципиальной схемы. Она менее формализована для этого способа. Здесь удобнее назначать марку провода прямо в принципиальной схеме. И конструктор фактически делает это на черновиках, оформляя окончательный вариант в таблице соединений.

Итак, для определения типов проводов конструктор выполняет следующие операции:

- проводит необходимые расчеты или использует справочные данные для определения сечений проводов;
- определяет типы электрических связей;
- определяет типы проводов;

Иногда эти операции выполняются уже на этапе разработки принципиальной схемы.

Клеммные блоки

Как уже говорилось выше, после определения внешних связей необходимо определить клеммные блоки. Эта операция требуется в случае использования обычных принципиальных схем. При панельном монтаже для стационарного оборудования подбор блоков хорошо формализуется. Все «уходящие» с панели провода должны быть «пропущены» через клеммы. Таким образом, обеспечивается технологичность монтажных и ремонтных работ. Исключением являются некоторые виды электрических связей, для которых критично количество разрывов. К ним относятся, например, слаботочные цепи, идущие, к примеру, от датчиков. Кроме этого, не для всех панелей целесообразно применять клеммные блоки.

Клеммные блоки подбираются в зависимости от сечения проводов и конструктивных особенностей панели. При определении необходимого числа клемм на клеммном блоке учитывается число допустимых проводов, «сажаемых» на одну клемму. При превышении этого числа формируется перемычка и провода перебрасываются на соседние клеммы. В итоге конструктор выполняет следующие операции:

- определяет провода, «уходящие» с панели, и группирует их по типам электрических связей, сечениям и местоположению;
- определяет необходимое число клемм для каждой группы проводов;
- подбирает клеммные блоки по количеству клемм и в соответствии с конструкцией панели;
- определяет перемычки на клеммных блоках;
- формирует буквенно-позиционные обозначения клеммных блоков;
- рисует клеммные блоки на схеме соединений;
- вносит клеммные блоки в перечень элементов и таблицы соединений.

Наконечники проводов

Хотя определение наконечников проводов и не относится к схемотехническому этапу проекта, мы рассматриваем их в связи с тем, что данные по типам наконечников безусловно нужны, и формировать таблицы, в которых они описываются, удобнее именно на этом этапе. (Часто наконечники вносят в таблицу соединений или формируют на них отдельный документ).

Наконечники проводов выбираются в зависимости от геометрических характеристик клеммы устройства и сечения провода. Зачастую на выбор влияет и месторасположение устройства, когда приходится менять конструкцию наконечника. Конструктор старается максимально сократить номенклатуру применяемых наконечников.

Выходная документация

Формат конструкторских документов часто отличается на разных предприятиях. Добавляются новые графы, широко трактуется понятие «сортировка» (особенно в таблицах соединений), иногда в документах применяют даже специальную символику (например, обозначения клемм). При этом документы остаются соответствующими ГОСТу. Конструктор досконально знает назначение каждого документа, его структуру и прохождение по службам предприятия. Он старается выполнять документ, максимально подчиняясь правилам его формализации, понятные всем. Но помимо предусмотренных для схемотехнической части проекта электрооборудования ГОСТом перечня элементов и таблиц соединений, конструктору приходится разрабатывать специализированные таблицы для трасс, отчеты для монтажных работ, финансовые отчеты, вести подсчет содержания драгоценных металлов, делать статистические выборки по маркам проводов и кабелей, типу аппаратуры, наконечникам проводов и т. п.

Изложенные процедуры проектирования электрооборудования для отдельных предприятий могут несколько отличаться, однако в основных этапах они безусловно присущи всем. Следует еще раз отметить, что программный продукт ElectricCS разработан исходя из реализации выше-рассмотренных процедур.

Мы рассмотрели основные операции процесса проектирования электрооборудования. К сожалению, невозможно в журнальной статье описать более подробно каждую из операций, были опущены и некоторые важные стороны работы конструктора. Так, мы совершенно не касались организации процесса проектирования группой разработчиков, не рассматривали обслуживание проекта электрооборудования в процессе производства и эксплуатации оборудования, не были рассмотрены вопросы привязки операций к требованиям ГОСТ. Все это мы постараемся раскрыть в следующих наших публикациях по технологии проектирования электрооборудования.

Новая версия ElectricCS 4.0

Четвертая версия ElectricCS выходит в марте-апреле 2000 года. В ней сохранились все возможности предыдущей версии и появились новые. Программа стала работать с AutoCAD 2000. Расширилась область ее применения.

Прежде чем рассказать о новшествах программы познакомимся с ее структурой (см. рисунок 4).

В первую очередь конструктор видит программу управления проектом, которая осуществляет доступ ко всей инструментарию и данным проекта. Здесь пересекаются все тропинки ElectricCS.

Средствами редактора схем, который работает в среде AutoCAD 2000, разрабатывается принципиальная схема (Э3), являющаяся основой всего проекта. Редактор схем позволяет создавать и схемы подключений.

Условные графические обозначения (УГО) сохраняются в специализированной библиотеке. Она доступна из редактора схем и из базы аппаратов.

В процессе создания принципиальной схемы конструктор транслирует ее данные в базу проекта – табличное представление схемы. Редактор таблиц – центральный инструмент ElectricCS – ядро программы. Средствами редактора схем создается только графическое представление схемы, а в редакторе таблиц формируется весь проект в целом. Здесь создается перечень элементов, формируются списки панелей и шкафов, осуществляется расстановка устройств, выполняется трассировка проводов и определяются внешние связи. Информационные потоки из табличного редактора поступают обратно в редактор схем для формирования контактных групп и адресов катушек, маркировки входов/выходов, создания схемы подключений и т.д.

Вся информация по электрическим устройствам сохраняется в базе аппаратов. Она позволяет осуществлять создание, хранение, поиск и выбор электрического устройства. База связана с табличным редактором, доступна и из среды AutoCAD.

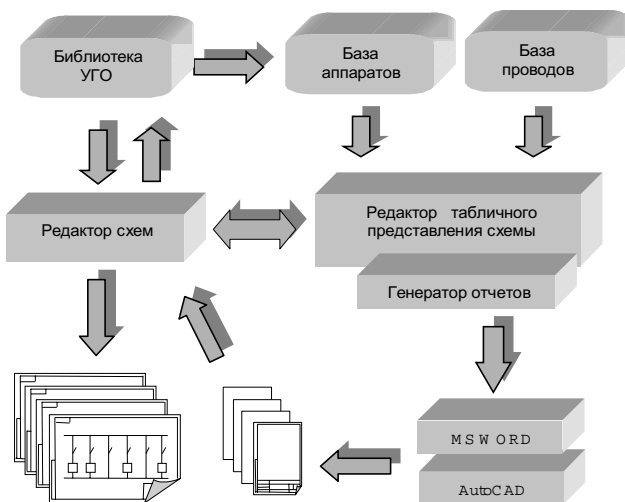
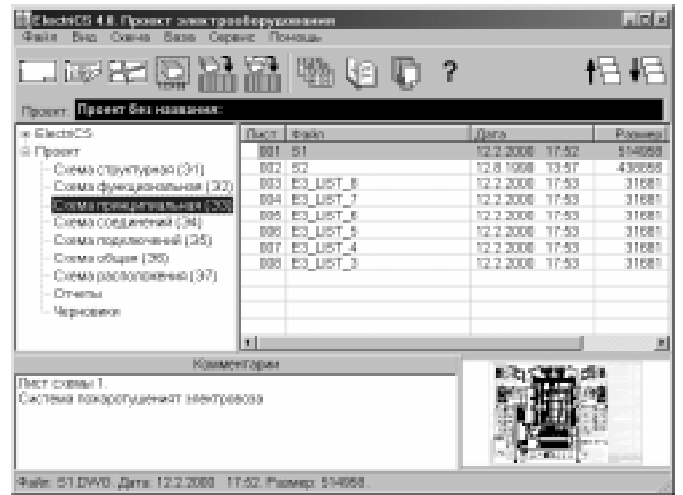


Рис. 4.



Генератор отчетов позволяет подготовить выходную документацию проекта. (Если в табличном редакторе информация по проекту только готовится, то в генераторе отчетов она преобразуется в файлы, готовые к печати). Отчеты создаются в виде обычных текстовых файлов, в виде документов редактора MS WORD и в виде простейшего формата DAT, который можно использовать для построения таблиц в AutoCAD средствами модуля MechanICS или сторонними программами. Генератор отчетов позволяет создавать не только типовые документы, но и разрабатывать новые виды отчетов.

Новая программа управления проектом

ElectricCS 4.0 получил новую программу управления проектом электрооборудования (см. рисунок 5). Прежде всего она теперь поддерживает файлы не только принципиальной схемы и схемы подключений, но и весь ряд возможных схем от «Э1» до «Э7». Кроме этого, в отдельную папку проекта выведены отчеты. Появилась папка для черновых разработок. Более совершенный интерфейс позволяет легко ориентироваться как в инструментари программы, так и в файлах данных.

Редактор схем

Выше мы упоминали о том, что в ElectricCS появилась возможность поддерживать структурные (Э1) и функциональные (Э2) схемы, общие схемы (Э6) и схемы расположения (Э7). Однако основными остаются принципиальные схемы, схемы соединений (Э4) и схемы подключений (Э5), которые связаны с табличным представлением схемы (базой проекта), на основе которого создаются выходные документы.

Рисование схем осуществляется в среде AutoCAD 2000.

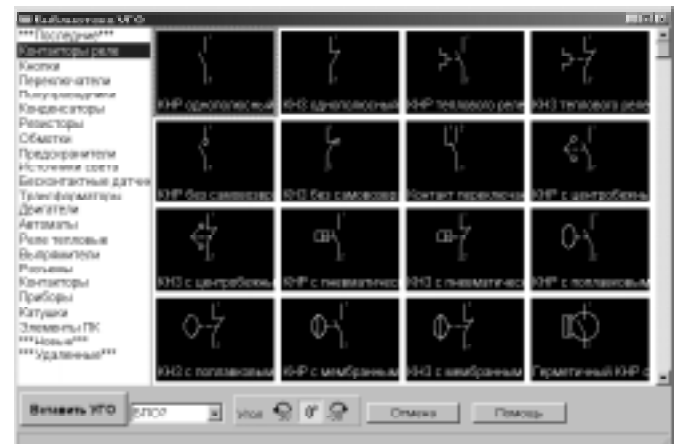
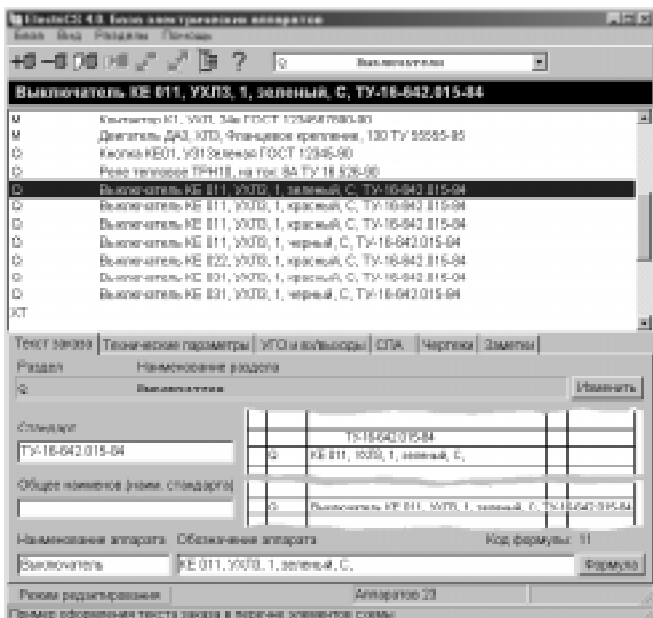


Рис. 5.



Разработан ряд новых команд для рисования схем, модернизированы существующие.

Оформление схемы осуществляется средствами программы MechaniCS.

В первой части статьи мы много говорили о двух подходах к созданию принципиальных схем, поэтому заметим, что программное обеспечение ElectriCS поддерживает оба варианта принципиальных схем.

Библиотека УГО

Была переработана библиотека условных графических обозначений (см. рисунок 6). Стало удобнее адаптировать ее для собственных нужд. Скажем, появилось окно последних используемых условных графических обозначений (УГО). Конструктор, начиная работать с библиотекой, через некоторое время получает быстрый доступ к тем УГО, которые он чаще использует. Кроме этого, простым «перетягиванием» мышкой условных изображений он может сформировать необходимые подразделы библиотеки таким образом, чтобы они были всегда у него под рукой.

Введена возможность сразу, без выхода из библиотеки, задать буквенно-позиционное обозначение и угол поворота УГО.

Так же, как и в предыдущей версии, разрешено создавать УГО прямо в принципиальной схеме.

Изменен подход к кодировке условных обозначений. Теперь пользователи имеют возможность обозначать собственные УГО, начиная с определенного номера. Если же они хотят, чтобы базы аппаратов от сторонних разработчиков были совместимы с их библиотекой УГО, то они должны добавляемые УГО регистрировать у разработчиков ElectriCS.

Схема подключения

Расширены возможности команды создания схемы подключения электрического устройства (аппарата) (СПА). Теперь, помимо ручного создания блока СПА, введена возможность полуавтоматического создания СПА из базы аппаратов. После того, как конструктор указал из каких условных обозначений состоит устройство и ввел маркировку его входов/выходов, он загружает средствами базы аппаратов AutoCAD и сразу получает необходимую графику. Ему остается сделать только дополнительные построения. Файл СПА сразу сохраняется в базе аппаратов.

База аппаратов

Была полностью переработана база аппаратов (см. рисунок 7). Если в прежней версии она поддерживалась в СУБД СТП (СУБД стандартов предприятия), то сейчас разработана специализированная СУБД электрических устройств.

Для каждого электрического устройства поддерживается текст обозначения, вводимый с помощью формулы за-

за, условные графические обозначения, характеристики входов/выходов, чертеж схемы подключения, чертежи устройства (виды и трехмерная модель), данные о поставщиках и поле для заметок. Для каждого устройства можно задать до 20 технических характеристик, в том числе и таких, как стоимость. Новый механизм формулы заказа позволяет быстро формировать его обозначение. Есть инструменты для копирования как отдельных, так и всех полей записи одного устройства, в поля другого. Все это резко ускоряет процесс расширения базы аппаратов.

База аппаратов поддерживает не только данные схемотехнического проекта, но и чертежи аппаратуры для вставки их в сборочные чертежи. Есть инструмент и для извлечения этих чертежей из среды AutoCAD. Это позволяет переходить к разработке сборочных чертежей средствами AutoCAD или программами сторонних разработчиков.

Табличное представление схемы

Редактор табличного представления схемы был расширен двумя новыми утилитами.

Определение внешних связей

Если в предыдущей версии ElectriCS внешние связи определялись автоматически по жесткому алгоритму, и все коррективы затем надо было вносить вручную для каждой линии связи, то сейчас появилась утилита, вычисляющая все возможные варианты внешних связей и предоставляющая конструктору выбрать те из них, которые ему необходимы. С помощью утилиты конструктор может создавать транзитные связи для случаев, когда необходимо отказаться от некоторых «неудобных» трасс.

Определение клеммных блоков

В предыдущей версии ElectriCS для определения клеммных блоков конструктор был вынужден создавать неучтенный лист принципиальной схемы, на котором рисовал клеммные блоки и привязывал к ним линии связи. В новой версии была разработана утилита определения клеммных блоков для панелей. Конструктор теперь может добавлять клеммные блоки прямо в табличном редакторе, указывая, какие провода следует «протаскивать» через клеммы. Утилита работает и в автоматическом режиме, выбирая клеммные блоки по сечению проводов и по требуемому количеству клемм.

Проверка ошибок

Увеличился список проверяемых ошибок. Введен контроль за внешними трассами. Например, отслеживаются даже такие ошибки, как двойное прохождение провода по трассе вместо организации связи в пределах одной панели.

В новой версии остался прежний принцип контроля: исправление ошибки лежит на совести конструктора. Т.е. конструктор может продолжать работу, игнорируя сообщения об ошибке. Работоспособность программы при этом не нарушается. Такой подход представляется нам более гибким и логичным.

Заключение

Разработчики программы ставят своей задачей автоматизировать весь технологический процесс проектных работ в области разработок электрооборудования. Мы надеемся, что в новой версии ElectriCS нам удалось перекрыть диапазон схемотехнической части проекта. Мы будем продолжать свою работу по поддержке и развитию программы.

Остается неизменным подход разработчиков к максимальной открытости структуры базы данных проекта. Мы понимаем, что подходы проектирования электрооборудования на предприятиях различных отраслей машиностроения могут отличаться, поэтому мы строим такую систему, которую можно без лишних затрат адаптировать под конкретные требования наших партнеров.