

# ElectriCS — проектируем электрооборудование

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

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 связанных с ней документов. С помощью этой программы вы можете создавать принципиальные схемы, схемы подключений, перечень элементов и таблицы соединений. А также получать практически любые документы для заказов оборудования, монтажа, таблицы внешних соединений, статистические данные и данные 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.

Здесь нет смысла описывать все возможности новой версии программы, тем более что в большинстве своем они унаследованы от предыдущей и в свое время были описаны в журнале "САПР И ГРАФИКА". Ниже мы только рассмотрим структуру ElectriCS и поговорим о новых возможностях четвертой версии программы...

Прежде всего нам представляется важным детально осветить всю технологию проектных работ. Мы остановимся на том, как разработчикам видится процесс проектирования электрооборудования, положенный в основу программы. При этом 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 анализировать процесс проектирования, следует разобраться с подходами к разработке принципиальной схемы, являющейся основой всего проекта. Существует два представления прин-

ципальных схем (ЭЗ), различающихся 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 рис. 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 — на рис. 2.

Первый подход предусматривает последующую работу над проектом по определению конкретных связей и клеммных блоков, прорисовать которые 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, поскольку

ку сама шина может выступать в качестве провода и в то же время к ней могут подсоединяться другие провода). Прорисовываются 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.

О недостатках и преимуществах этих двух подходов спорить трудно. Выбор обуславливается видом производимой продукции, объемом конструкторских работ, традиционными подходами к проектированию и монтажу, а также условиями эксплуатации оборудования. Отметим только, что первый 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 конструктором продумана, сформировалось ее служебное назначение, прикинуты основные 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 формирования логики схемы решать множество черновых задач, а именно:

- определять графику УГО, как это принято по стандарту для конкретных типов электрических устройств;
- присваивать элементам схемы буквенно-позиционные обозначения (БПО);
- вводить обозначение маркировки входов/выходов в соответствии

с обозначениями выбранных устройств (иногда на принципиальных схемах маркировку входов/выходов не указывают);

- отслеживать количество используемых контактов в контактных группах реле;
- рисовать линии связи, обозначать их и 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

Когда принципиальная схема сформирована, следует этап определения типов аппаратов, устройств и проводов. Опытный конструктор уже в процессе разработки схемы представляет себе тип используемого оборудования. Эта информация пока откладывается у него в сознании и фиксируется на черновиках. Но вот наступает момент, когда требуется разработать перечень элементов, для чего 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.

Для конструктора одной из серьезных проблем является поддержка базы данных электрических устройств. Мы рады сообщить, что институт промышленного развития ("Информэлектро") начал работы по созданию баз электрических устройств на основе базы данных аппаратов ElectriCS. Это позволит пользователям получать и обновлять базы данных централизованно.

## Определение местоположения электрических устройств в изделии

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

Выполняя эту работу, конструктор:

- 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

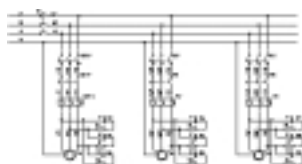


Рис 1. Пример принципиальной схемы, выполненной по первому подходу



Рис 2. Пример принципиальной схемы, выполненной по второму подходу



тор 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.

По ходу этой работы:

- 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

Требования ГОСТа предполагают два вида таблицы соединений. 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 разрабатывают для принципиальных схем, выполненных по второму подходу (как мы его описывали выше). Второй более подходит для обычной принципиальной схемы.

Параллельно с формированием таблицы соединений определяются типы проводов. Чуть позже мы рассмотрим эти операции подробнее.

## 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 опре-

деления только одного варианта связи из множества возможных. На самом деле если линия связи соединяет, к примеру, три шкафа (см. рис. 3), то по принципиальной схеме нельзя определить, как их соединить реальными "живыми" проводами (см. рис. 1). Здесь возможны три варианта. Конструктор должен выбрать только один и при этом не допустить "закольцовки" связи (вариант соединения справа на рисунке). Критерием выбора является заранее намеченная схема соединений. Конструктор уже представляет, как должны проходить трассы, образованные линиями связи, однако при этом может упускать из виду те связи, которые идут строго между двумя объектами, причем появляются 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 возникнуть связь между шкафом 1 и шкафом 3, которую никак иначе не протянешь, поскольку проявилась она в результате прокладки трассы между, скажем, 3-м, 4-м и 5-м шкафами. Поэтому либо могут вноситься 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, создаваемой по второму подходу (см. выше), то он фактически выполняет всю эту работу в уме. Позже ему придется только методично "вычислить" все провода, входящие в эти связи.

Определив трассы (пучки) проводов между шкафами, конструктор разделяет их по типу электрической связи, чтобы избежать на-

водок. 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 нефиксированных — 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.



Рис 3. Пример связи между тремя элементами схемы

Описанный подход к 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, 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. Исключение составляют некоторые виды электрических связей, для которых критично количество разрывов. К ним относятся, например, слаботочные цепи, идущие от датчиков. Кроме этого, применять клеммные блоки целесообразно не для всех панелей.

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 его 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 на разных предприятиях зачастую неодинаков. 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 в границах требований ГОСТа. Конструктор досконально знает назначение каждого документа, его структуру и прохождение по службам предприятия. Он старается выполнять документ,

максимально подчиняясь правилам его формализации, понятным всем. Но помимо перечня элементов и таблиц соединений (это предусмотрено для схемотехнической части проекта электрооборудования ГОСТом) 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.

Процедуры проектирования электрооборудования для отдельных предприятий могут несколько различаться, однако в основных этапах они безусловно остаются общими для всех. Следует еще раз отметить, что программный продукт ElectriCS разработан исходя из реализации вышеописанных процедур.

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

## Новая версия ElectriCS 4.0

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

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

В первую очередь конструктор видит программу управления проектом, которая осуществляет доступ ко всему инструментарию и



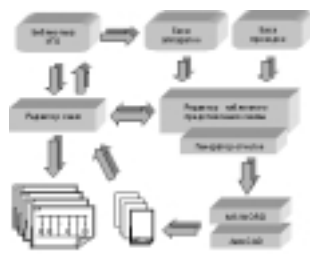


Рис 4. Структура программы ElectriCS

данным проекта. Здесь пересекаются все тропинки ElectriCS.

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

Условные графические обозначения (УГО) сохраняются в специализированной библиотеке, доступной 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 ElectriCS, 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, посредством которой осуществляют создание, хранение, поиск и выбор электрического устройства. База связана с табличным редактором, доступна и из среды AutoCAD.

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, 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 дает возможность создавать не только типовые документы, но и разрабатывать новые виды отчетов.

## Новая программа управления проектом

ElectirCS 4.0 получил новую программу управления проектом электрооборудования (см. рис. 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 того, в отдельную папку проекта выведены отчеты. Появилась папка для черновых разработок. Более совершенный интерфейс позволяет легко ориентироваться как в инструментарии программы, так и в файлах данных.

## Редактор схем

Мы упомянули, что в ElectriCS 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. Разработан ряд новых команд для рисования схем, модернизированы существующие.

Оформление схемы осуществляется средствами программы MechaniCS.

Выше мы много говорили о двух подходах к со-

зданию принципиальных схем, поэтому заметим, что программное обеспечение ElectriCS поддерживает оба варианта.

## Библиотека УГО

Переработана библиотека условных графических обозначений (см. рис. 6). Стало удобнее адаптировать ее для собственных нужд пользователя. Скажем, появилось окно последних использованных УГО. Начиная работать с библиотекой, конструктор через некоторое время получает быстрый доступ к тем УГО, которые он чаще использует. Плюс к тому, просто "перетянув" мышкой условные изображения, 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.

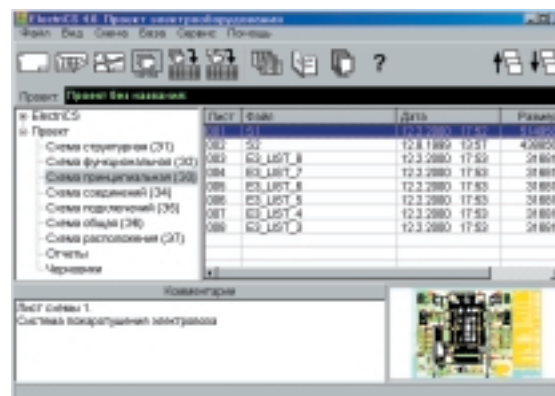


Рис 5. Система управления проектом электрооборудования

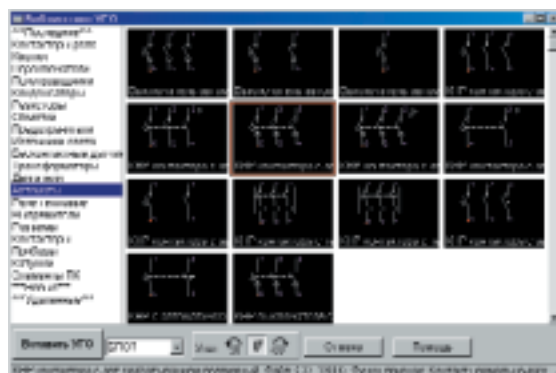


Рис 6. Библиотека УГО

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 должны зарегистрировать добавляемые УГО 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 тотчас получает необходимую графику. Ему остается сделать только дополнительные построения. Файл СПА сразу сохраняется в базе аппаратов.

## База аппаратов

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

Для каждого электрического устройства поддерживается текст обозначения, вводимый с помощью формулы заказа, условные графические обозначения, характеристики входов/выходов, чертеж схемы под-

ключения, чертежи устройства (виды и трехмерная модель), данные о поставщиках и поле для заметок. Для каждого же 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. Создан инструмент и для извлечения этих чертежей из среды AutoCAD, что 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 надо было затем вносить вручную для каждой линии связи, то сейчас появилась утилита, вычисляющая все возможные варианты внешних связей и предоставляющая конструктору выбрать те, 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 привя-

зывал к ним линии связи. В новой версии разработана утилита определения клеммных блоков для панелей, и конструктор может теперь добавлять клеммные блоки прямо в табличном редакторе, указывая, какие провода следует "протащить" 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 прежним принцип контроля: исправление ошибки лежит на совести конструктора. Другими словами, 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. Надеемся, что в новой версии ElectriCS нам удалось перекрыть диапазон схемотехнической части проекта. Мы будем продолжать работу по поддержке и развитию программы.

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

**Владимир Трушин,  
Юрий Чугишев**  
Consistent Software  
Тел.: (095) 913-2222  
E-mail: jura@csoft.ru

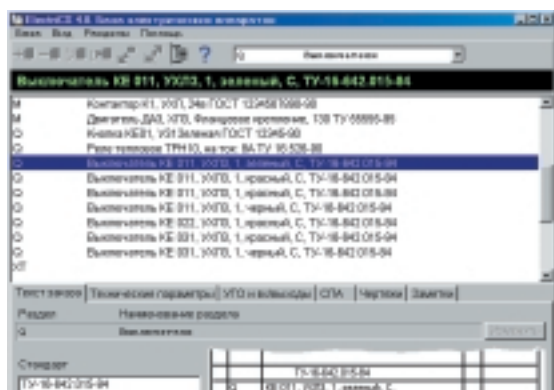


Рис 7. База аппаратов