

11. Денисенко В.В. Топологическое преобразование источников тока в цепи с источниками напряжения (прямое и дуальное) // Методы и средств аналоговой и цифровой обработки информации. – Таллин: АН ЭССР, 1988. – С. 164-169.
12. Денисенко В.В. Частично-дуальное топологическое преобразование электрических цепей // Электронное моделирование. – 1987, №1. – С. 90-93.
13. Денисенко В.В. Топологический синтез обратимых электронных цепей // Электронное моделирование. – 1988, №3. – С. 22-27.

УДК 658.512.2.011.5

**В.В. Лисяк, Н.К. Лисяк**

### **ОБЗОР ЕВРОПЕЙСКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР РЭА**

В обзоре рассмотрено программное обеспечение (ПО) в области САПР радиоэлектронной аппаратуры европейских производителей (кроме России), которое имеет хождение в России на 2008 год и информацию о котором можно найти в открытой печати. На рис.1 показаны доли участия основных стран производителей ПО САПР в мировом производстве. Как видно из диаграммы основным производителем ПО являются США, а доля европейских стран вместе с Россией составляет примерно 11%.

Примерное распределение стран основных производителей САПР в области радиоэлектроники по доли их участия в мировом производстве САПР. На диаграмме учтена только область радиоэлектроники. По производству САПР в других областях применения возможно другое распределение.

Несомненным лидером являются США, чей столбик вынуждены ограничить по высоте.

Ниже приводится краткий обзор программного обеспечения САПР радиоэлектроники Великобритании, Германии, Бельгии, Дании и Грузии.

#### **Программные продукты САПР РЭА Великобритании**

**CircuitWorks** (Производитель: Priware Limited, Великобритания) [2].

Программа предназначена для конвертации данных из OrCAD, PCAD, Protel и других программ проектирования электронных схем в трехмерные модели SolidWorks и является двухсторонним транслятором данных в формате IDF между системами проектирования печатных плат и SolidWorks.

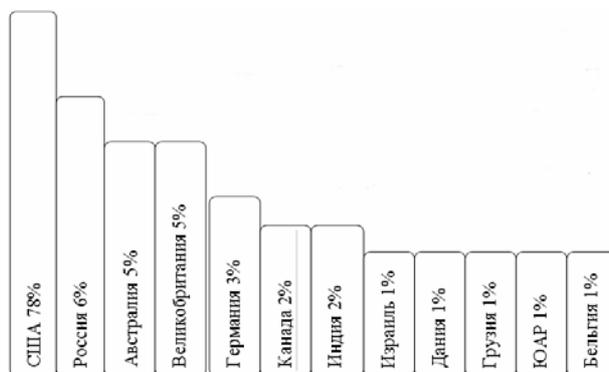


Рис. 1. Доли участия стран в мировом производстве САПР РЭА

Программа производит чтение IDF-файла (промышленный стандарт для обмена данными между ECAD-системами) и создает на его основе в SolidWorks трехмерную модель (печатная плата и элементы). Кроме того, предоставляется возможность создавать IDF-файлы, оптимизированные для работы со следующими программами: PCAD, CADENCE Allegro; Mentor Graphics, OrCAD, PADS-peb, Veribest. Дополнительно реализованы функции:

- ◆ чтения файлов PADS-peb в их формате;
- ◆ записи файлов Zuken-Redac Cadstar в формат IDF.

**CR-5000** (Производитель Zuken, Великобритания) [3].

Программа используется для проектирования печатных плат высокой сложности и обеспечивает сквозной цикл проектирования. На схеме могут быть заданы различные наборы параметров, в т.ч. рекомендуемая топология цепи, приоритетные слои трассировки, ограничения на длину и ширину проводников.

Проект печатной платы может быть условно разбит на отдельные части, трассировка которых будет выполняться разными разработчиками параллельно. При этом полностью поддерживается целостность проекта, а также все функции связи с редактором схем. Программа СК-5000 включает четыре основных части:

- ◆ Board Designer – мощный редактор печатных плат;
- ◆ Board Producer – модуль подготовки проектов к производству;
- ◆ Layout Tool – средства подготовки библиотек элементов;
- ◆ System Designer – система ввода проектов, включающая редактор принципиальных схем.

Программа Board Designer может быть использована совместно с различными системами проектирования, но максимальная ее эффективность достигается в связке со штатным модулем разработки принципиальных схем System Designer. Последний обеспечивает обмен данными со средствами предварительного размещения компонентов и поддерживает их группировку, слой размещения, а также различные атрибуты.

Для System Designer и Board Designer используется единый менеджер файлов, автоматически запускающий нужное приложение.

**Easy-PC** (Производитель: Number One Systems Великобритания) [4].

Программа предназначена для разработки печатных плат, включая моделирование смешанных аналого-цифровых схем с использованием алгоритма SPICE. Поддерживается обмен данными с программой Easy-PC через стандартный список соединений. Настройка типов анализа также выполняется внутри программы Easy-PC.

В состав программы входит обширный набор библиотек SPICE-моделей.

Посредством программы Stockit контролируются применяемые в проекте материалы и управляются проектные данные на уровне списков используемых материалов. Программа позволяет обрабатывать складские базы данных и генерировать списки покупных изделий по разным производителям и поставщикам. Поддерживается многопользовательский доступ и разделение прав доступа, что позволяет организовать обработку данных в рамках предприятия.

**Hot-Stage** (Производитель: Zuken, Великобритания) [3].

Программа используется для исследования целостности сигналов и электромагнитной совместимости при проектировании печатных плат.

В программе реализованы следующие возможности:

- ◆ Hot-Stage EMI – полное тестирование платы на наличие электромагнитных помех.

- ◆ Hot-Stage Engineer – модуль, позволяющий определять ограничения до того, как будет создана физическая реализация проекта.
- ◆ Hot-Stage PI (Power Integrity) – анализ цепей питания, расчет импедансов, анализ коммутационных помех, моделирование электромагнитного излучения, оценка качества работы развязывающих конденсаторов.
- ◆ Hot-Stage Prototype – полный набор средств анализа и моделирования.
- ◆ Hot-Stage Realise – модуль анализа физической реализации, включая возможности моделирования и температурного анализа.
- ◆ Hot-Stage Route и Hot-Stage Place & Route – модули трассировки или одновременного размещения и трассировки с использованием «интеллектуального» анализатора полей и алгоритмов расчета задержек.
- ◆ Hot-Stage Scenario – технологический модуль, как виртуальная записная книжка с калькулятором в виде надстройки над редактором схем. Модуль поддерживает функции анализа вариантов, моделирования и ввода ограничений без необходимости указания физических данных корпуса.
- ◆ Hot-Stage Verify – мощная среда посттопологической верификации проекта с возможностями моделирования, рассмотрения различных сценариев, проверки DRC механических правил проектирования и выделение изменений.

**P.R.Editor XR** (Производитель: Zuken, Великобритания) [3].

Программа предназначена для автоматического размещения компонентов и автотрассировки проводников на печатных платах и выполняет проектирование печатных плат, многомодульных микросхем с учетом электромагнитной совместимости, а также температурных и механических ограничений.

Размещение компонентов и трассировка выполняются одновременно с использованием единого графического Microsoft Windows-интерфейса. Учитываются все ограничения проекта на этапе создания общей топологии.

В программе имеется набор интегрированных интерактивных инструментов. Программа P.R.Editor XR интегрирована с программой Hot-Stage. Это позволяет создавать качественные топологии с соблюдением всех требований к целостности сигналов при минимальном числе сигнальных слоев. Интеграция предоставляет возможность использовать специальные алгоритмы прокладки дифференциальных пар и экранирующих проводников. Дифференциальные пары трассируются с учетом допустимого рассогласования в длинах проводников и зазора между ними с целью обеспечения заданного импеданса.

Дополнительная встроенная функция Thermal Check позволяет выполнять тепловой анализ на любом этапе процесса размещения.

#### Программные продукты САПР РЭА Германии

**Wave Wizard** (Производитель: MICIAN GmbH, Германия) [5].

Программа предназначена для синтеза, оптимизации и моделирования согласованных СВЧ-устройств на основе прямоугольных и круглых волноводов.

Программа интегрирует в себе большинство наиболее эффективных методов электромагнитного моделирования.

Применяется для расчета СВЧ-устройств, в т.ч.:

- ◆ двухмодовые фильтры с настроечными винтами, фильтры Кауэра;
- ◆ дуплексеры и мультиплексеры на основе ответвителей;
- ◆ изгибы волноводов (срезанных, компенсированных, непрерывных);
- ◆ коаксиальные волноводные фильтры;
- ◆ кольцевые ответвители, двойные и петлевые волноводные тройники;

- ◆ комбинированные и встречно-штыревые фильтры;
- ◆ компактные и гибридные переходы;
- ◆ компенсированные Т-образные соединения;
- ◆ конусообразные рупорные антенны с щелевыми решетками;
- ◆ ответвители со связью по широкой или боковой стенке и различными видами отверстий, а также ответвители электрического и магнитного типов, петлевые зонды, коаксиально-волноводные переходы (КВП);
- ◆ поляризаторы и ребристые фильтры;
- ◆ преобразователи основных типов волн, широкополосные и шестипортовые преобразователи;
- ◆ резонаторные фильтры, фильтры с закругленными диафрагмами, металлическими вставками и штырями;
- ◆ схемы питания мультипортовых антенн (решеток), делителей мощности, фазовращателей и трансформаторов;
- ◆ фильтры на основе решетчатых и гребенчатых волноводов;
- ◆ фильтры на связанных резонаторах.

**E3.series (E3.CADdy)** (Производитель: CIM-TEAM Inc., Германия) [6].

Программа предназначена для проектирования в области электротехники и автоматики. Применяется для проектирования электрических соединений в автоматических системах управления, разработке панелей и пультов управления, для разводки схем кабельных и жгутовых соединений, печатных плат.

К областям применения системы относятся авиастроение; автомобильная промышленность; машиностроение; производство технологического оборудования; судостроение; электронная промышленность.

E3.CADdy включает следующие прикладные модули:

- ◆ E3.cable (Кабель) – разводка проводных и кабельных соединений.
- ◆ E3.logic (Компоновка) – проектирование схем печатных плат.
- ◆ E3.panel (Панель) – проектирование монтажных панелей и шкафов с выполнением внутренней разводки.
- ◆ E3.schematic (Схема) – разработка электротехнического проекта.
- ◆ E3.viewer (Просмотрщик) – просмотр документов и схем.

Имеется интеграция с другими специализированными программами.

**LPKF Программы** (Производитель: LPKF Laser & Electronics AG, Германия) [7].

Программы предназначены для проектирования печатных плат и управления станками с ЧПУ при производстве печатных плат.

Производитель разрабатывает системы и технологию для решения актуальных задач в области производства печатных плат и микроэлектроники. Фирма была основана в 1976 году. В начале 90-х годов она расширила спектр выпускаемой продукции разработкой лазерных систем для производства печатных плат и микроэлектроники.

С каждым фрезерно-сверлильным станком LPKF предоставляет полный пакет программного обеспечения для управления станком и обработки данных из программы проектирования печатных плат.

LPKF BoardMaster – программное управление автоматической передачи данных. Графический интерфейс пользователя отображает как извлеченные из CircuitCAM параметры фрезерования и сверления, так и данные в формате HP-GLTM из любой другой системы автоматического проектирования.

LPKF CircuitCAM PSB – высокоэффективная автоматизированная производственная система. Контроль данных производства, редактирование, модификация,

создание повторных структур, проверка различных производственных допусков, генерация заземляющих слоев, текстов в шрифтах True Type и линий контурной фрезеровки. Возможности конвертации, например, преобразование AutoCADTM в формат Cerber.

LPKF CircuitCAM lite – обрабатывает данные, полученные непосредственно из программы проектирования печатных плат производителя. После автоматического импортирования списка апертур и инструментов, считываются файлы Cerber и NC-Drill и результат отображается на экране.

В пакете LPKF поставляется программа макетирования печатных плат Pulsonix. Программа Pulsonix рекомендуется для плат среднего уровня сложности и включает редактор схем многолистовых проектов, редактор печатных плат, средства автоматической и полуавтоматической трассировки, смешанного аналого-цифрового моделирования.

### Программные продукты САПР РЭА Бельгии, Дании и Грузии

**ELECTRA** (Производитель: KONEKT SPRL, Бельгия) [1].

Программа предназначена для проектирования печатных плат и представляет собой адаптивный, бессеточный автотрассировщик, применяемый при проектировании в большинстве популярных систем проектирования, и использующий традиционный shape-based алгоритм.

Обмен данными с системами проектирования осуществляется через стандартный промышленный формат DSN, а описание стратегии трассировки через DO-файл. Результаты трассировки возвращаются в редактор плат через файлы RTE и SES. Программа имеет четыре конфигурации в зависимости от количества обрабатываемых слоев:

- ◆ ROUTE 2L – один или два сигнальных слоя;
- ◆ ROUTE 4L – до четырех сигнальных слоев;
- ◆ ROUTE 6L – до шести сигнальных слоев;
- ◆ ROUTE UL – до 256 сигнальных слоев.

Все конфигурации не имеют никаких ограничений на количество обрабатываемых выводов, внутренних слоев питания и заземления, а также поддерживают расширенный набор правил проектирования и возможности изгибов проводников под углом 45 градусов.

Программа создана группой специалистов, ранее работавших на компанию Cooper & Chyan Technologies (разработчики программы SPECCTRA) и после поглощения ее компанией Cadence организовавших в 1998 году собственную фирму KONEKT.

Первая коммерческая версия программы вышла в октябре 2003 года.

**PCschematic ELautomation** (Производитель: DpS CAD-center ApS, Дания).

Программа PCschematic ELautomation [9] представляет собой систему проектирования и создания комплекта технической документации в области электротехники. Программа работает в среде Microsoft Windows.

В процессе черчения электрической схемы создается список соединений, в котором отслеживаются сложившиеся электрические цепи и их атрибуты. Затем информация из созданного списка соединений используется для формирования перекрестных и сигнальных ссылок, генерации отчетной документации в виде различных списков деталей, компонентов.

Среди возможностей программы:

- ◆ генерация графических планов клеммных и кабельных соединений;
- ◆ генерация и обновление сигнальных и перекрестных ссылок;

- ◆ замена символов (УГО) на электросхемах;
- ◆ контроль ошибок проектирования;
- ◆ нумерация проводников;
- ◆ обновление списков и перечней проекта;
- ◆ поддержка правил создания монтажных и однолинейных электросхем;
- ◆ размещение линий соединяющих проводников;
- ◆ управление маркировкой проводников в кабелях;
- ◆ установка адресов входов и выходов ПУ.

В программе предлагается база данных по электрокомпонентам ведущих производителей (ABB, AEG, DANFOSS, SIEMENS и проч.), содержащая около 11000 номенклатурных номеров.

**EMC Studio** (Производитель: EMCos, Грузия) [8].

Программа предназначена для моделирования электромагнитной совместимости при проектировании в радиоэлектронике и является системой анализа электромагнитной совместимости и перекрестных искажений в металлических конструкциях (самолетах, кораблях и автомобилях).

EMC Studio предлагает средства моделирования и анализа электромагнитной совместимости при проектировании средств передвижения с наличием в образце более чем 20 антенн, множества сигналов, перекрывающих РЧ-диапазон, стартера мотора, требующего пусковой ток более 1000 А.

Другие программные продукты:

- ◆ EM-Solvers – интегрированные решения в области электродинамических и электростатических трехмерных задач.
- ◆ Harness Studio – визуализация и контроль кабельных соединений. Позволяет интегрировать электрические и механические данные различных систем проектирования в один интерфейс. Средства обработки геометрии систем кабелей.
- ◆ ReMesh – высокоскоростная система регенерации сетки разбиения.
- ◆ Комплекс программ электродинамического моделирования компании EMCos основан на методе моментов.

Предлагается комплексное решение в области электромагнитной совместимости при проектировании современных средств передвижения, с учетом влияния внешних источников (коммутаторов, плат сбора данных, мобильных телефонов) на электронные системы, взаимного влияния и излучения электронных устройств.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://www.electrade.ru>; <http://www.konect.com>
2. <http://www.solidworks.ru>; <http://www.priware.com>
3. <http://www.cadstarworld.ru>; <http://www.zuken.com>
4. <http://www.eltm.ru>; <http://www.numberone.com>
5. <http://www.eltm.ru>; <http://www.mician.com>
6. <http://www.e3.caddy.ru>; <http://www.cim-team.com>
7. <http://www.lpkf.ru>; <http://www.lpkf.de>
8. <http://www.rodnic.ru>; <http://www.emcos.com>
9. <http://www.eltm.ru>; <http://www.dps.dk>
10. Латышев П.Н. Каталог САПР. – М.: САЛОН-ПРЕСС, 2006.