

Библиотеки электронных компонентов АО «НПО «ЭРКОН»

Белков Игорь (belkov@erkon-nn.ru), **Еремеев Юрий** (remeev@erkon-nn.ru),
Малышев Илья (min@erkon-nn.ru)

При разработке радиоэлектронных средств (РЭС) используют системы автоматизированного проектирования, для которых необходимы различные электронные модели изделий. В статье описаны распространённые виды моделей, разрабатываемые на изделия, выпускаемые АО «НПО «ЭРКОН».

В настоящей статье использованы следующие термины и определения:

- электронный компонент (ЭК) – это законченное дискретное изделие, выполняющее в радиоэлектронных средствах определённый набор функций;
- электронная модель изделия – модель изделия, выполненная в компьютерной среде (введённое здесь определение распространяется на геометрические [1], электрические и иные параметры изделий);

Пример атрибутов для резисторов в САПР Delta Design

Наименование атрибута	Примечание
Доступность	«Да» «Нет»
ОКПД2	Классификатор
Категория качества	ОТК, ВП
Поверхностный монтаж	«Да» «Нет»
Максимальная температура эксплуатации	°С
Минимальная температура эксплуатации	°С
Рабочая (номинальная) температура эксплуатации	°С
Примечание	Дополнительная информация
Посадочное место	ПМ, созданное в этой библиотеке
Радиодеталь	Имя модели
Артикул	Артикул
ТУ	ТУ
Масса	Грамм
Рассеиваемая мощность	Ватт
Максимальное напряжение	Вольт
Токовый шум, мкВ/В	Число
ТКС	Число
Точность	Процент
Номинал	Ом
Максимальная частота диапазона для КСВН	Частота
КСВН	Число
Максимальная частота диапазона для КСВН2	Частота
КСВН2	Число
Гамма-процентная наработка до отказа	Число
Интенсивность отказов	Число
Доверительная вероятность	Число
Средний срок службы до списания (полный)	Число

трические [1], электрические и иные параметры изделий);

- поведенческая модель – имитационная модель изделия, описывающая функционирование (поведение) изделия;
- SPICE-модель – поведенческая модель, описывающая узлы, соединения и значения элементов схемы замещения электронного компонента;
- параметрическая модель – поведенческая модель электронных компонентов с характеристиками, зависимиыми от одного (или более) редактируемого параметра;
- общая модель – поведенческая модель в виде эквивалентной электрической схемы замещения или набора математических зависимостей, описывающих характеристики электронного компонента в схеме;
- поверхностная геометрическая модель (поверхностная модель) – трёхмерная геометрическая модель изделия, представленная множеством ограниченных поверхностей, определяющих в пространстве форму изделия [1];
- библиотека моделей – файл с набором электронных моделей, интегрируемый через интерфейс САПР;
- условное графическое обозначение (УГО) – образ электронного компонента или функциональной части изделия в среде проектирования, используемый в структурных, функциональных и принципиальных электрических схемах;
- контактная площадка – часть проводящего рисунка, обычно, но не исключительно, используемая для создания электрических соединений, прикрепления компонентов или и того и другого [2];
- стандартная контактная площадка – контактная площадка, размеры которой соответствуют стандартным

значениям для данного корпуса (типоразмера), указанным в соответствующих стандартах;

- оптимальная контактная площадка – контактная площадка, размеры которой учитывают конструктивные особенности компонента. Например, особенности подключения компонентов при выполнении определённых функций;
- посадочное место – комбинация контактных площадок, используемых для монтажа, соединения и контроля отдельных компонентов [2];
- посадочное место компонента – участок на печатной плате, который состоит из контактных площадок и проводников к дополнительным контактным площадкам для тестирования или к переходным отверстиям, которые ассоциируются с монтажом отдельного компонента [2].

В средах проектирования модели электронных компонентов для удобства применения объединены в библиотеки. Модели могут быть представлены символом на схеме (УГО), посадочным местом, трёхмерной визуализацией на плате (трёхмерной моделью) и SPICE-моделью для анализа. Один компонент – множество представлений и специальная модель для каждой области проектирования [3].

АО «НПО «ЭРКОН» выпускает пассивные электронные компоненты (резисторы, чип-индуктивности и специальные изделия) и разрабатывает их модели и библиотеки, включая УГО, посадочное место, трёхмерные и поведенческие модели. Библиотеки моделей адаптированы для применения в различных средах проектирования, таких как Delta Design.

В большинстве случаев в САПР УГО является связующим звеном, предоставляя доступ к основным свойствам и другим модельным реализациям. В зависимости от САПР с УГО могут быть связаны топологические посадочные места, Spice-модели, атрибуты.

Атрибуты – это набор параметров изделия (номинальные значения основных характеристик, допускаемые отклонения, параметры надёжности



Рис. 1. Варианты топологического подключения сверхнизкоомного резистора: а) подключение потенциальных проводников с внешней стороны КП; б) подключение потенциальных проводников с внутренней стороны КП

и т.д. (см. таблицу)). Атрибуты являются справочными данными компонента.

В зависимости от типа компонента атрибуты могут содержать более 30 параметров, в том числе характеристики надёжности, массу, номинальную температуру, КСВН, максимальную частоту.

При проектировании печатных плат необходима информация о монтаже компонентов: посадочном месте, расположении относительно других ком-

понентов и вспомогательных элементов (3D-модель).

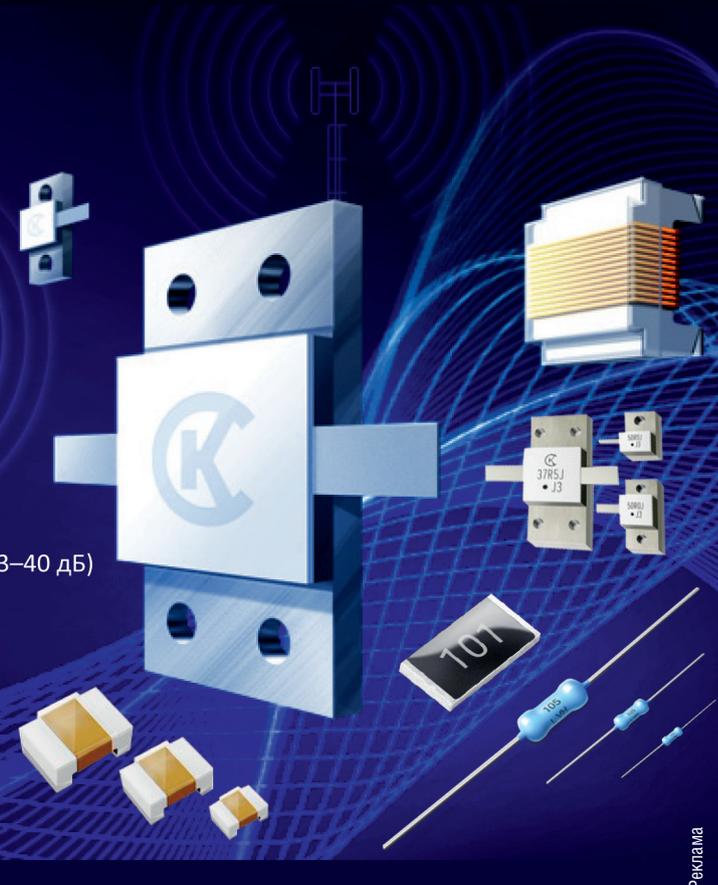
В современных САПР существует большое количество готовых посадочных мест и стандартных контактных площадок (КП) для компонентов. В них также интегрированы пользовательские инструменты для быстрой генерации КП. Однако при существующем разнообразии пассивных компонентов выделяются специализированные изделия, тре-

бующие КП специальной конфигурации.

Например, при использовании сверхнизкоомных резисторов типа P2-105 в цепях контроля тока важно учитывать конфигурацию топологии проводников печатной платы, так как она оказывает значительное влияние на возможность ошибки измерения. На рис. 1а и 1б приведены различные случаи постановки резисторов на плату. При подключении потенциальных проводни-



Акционерное общество
ЭРКОН
Научно-производственное объединение



ПРОИЗВОДСТВО, РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА ПОСТОЯННЫХ РЕЗИСТОРОВ, АТТЕНУАТОРОВ И ЧИП-ИНДУКТИВНОСТЕЙ

- Современная производственная база
- Высокое качество
- Индивидуальный подход к потребителю

НОВИНКИ

Аттенуатор (поглотитель) ПР1-25 (150 Вт, 500 Вт от 3–40 дБ)
 Резистор сверхвысокочастотный Р1-160 (до 40 ГГц)
 Мощный резистор Р1-170 (до 1000 Вт)

603104, г. Нижний Новгород, ул. Нартова, д. 6
 тел.: (831) 202-24-34 (многоканальный),
 (831) 202-25-52 (отдел продаж)
 e-mail: info@erkon-nn.com
 www.erkon-nn.ru

Реклама

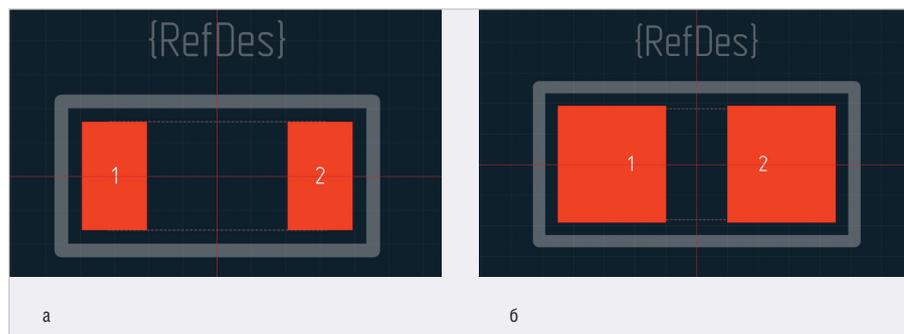


Рис. 2. Посадочное место: а) оптимальные КП; б) стандартные КП

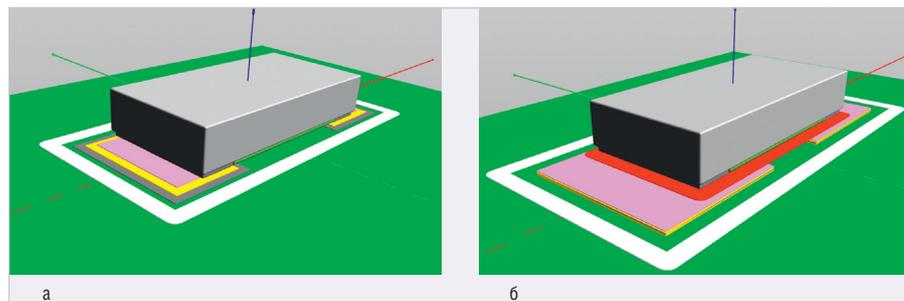


Рис. 3. 3D-модель установки резистора на различные контактные площадки: а) оптимальные КП; б) стандартные КП

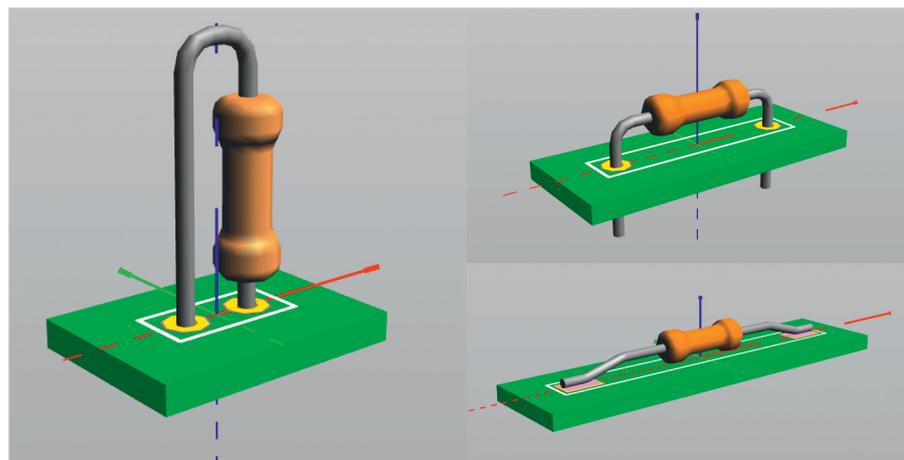


Рис. 4. Пример вариантов установки на печатную плату резисторов С2-36-0,125

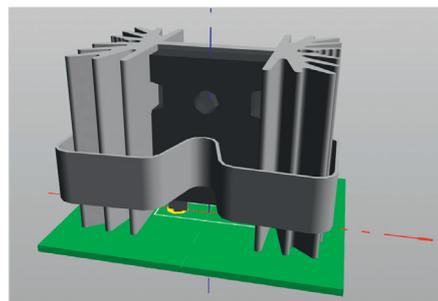


Рис. 5. 3D-визуализация резистора P2-108A с радиатором

ков с внутренней стороны КП ошибка измерений минимальна.

На рис. 2 показаны примеры реализации КП для резистора P2-105-0,75: оптимальные КП сформированы по топологическим размерам чип-

резистора с учётом того, что для минимизации ошибки измерений тока расстояние между КП должно соответствовать расстоянию между выводами резистора. Стандартные КП сгенерированы в соответствии с усреднёнными рекомендациями для компонентов данного типоразмера. На рис. 3 те же примеры представлены совместно с 3D-моделями резисторов. Такая визуализация позволяет наглядно верифицировать правильность монтажа компонента.

Размещение компонентов с использованием библиотеки посадочных мест позволяет выполнить предварительную компоновку. Чтобы учесть расположение компонента относительно соседних компонентов и эле-

ментов конструкции, необходимо использовать 3D-модели. При реализации моделей изделий АО «НПО «ЭРКОН» в библиотеках посадочных мест и соответствующих 3D-моделей учтены возможности различной установки (см. рис. 4). Размеры посадочных мест для компонентов разработаны с учётом рекомендаций соответствующих международных стандартов [2, 4, 5].

В качестве примера взаимодействия с соседними компонентами на рис. 5 представлена визуализация 3D-модели резистора P2-108A, установленного на стандартный радиатор. Из визуализации следует, что в данном случае размещение других компонентов рядом ограничено не только резистором, но и, в большей степени, радиатором.

Для решения задач функционального проектирования РЭС необходимы поведенческие модели. В отличие от УГО, посадочных мест и трёхмерных моделей, разработка которых не представляет принципиальных сложностей, хотя и требует знания конструкции компонента и определённых трудозатрат, создание адекватной поведенческой модели – сложная техническая задача. Для резисторов и катушек индуктивности, в зависимости от типа и задач при моделировании схем, поведенческие модели могут включать различные свойства компонента: волновые параметры рассеяния, температурный коэффициент сопротивления (ТКС), зависимость индуктивности от тока и т.д. Некоторые параметры компонентов могут значительно изменяться от особенностей монтажа (например, частотные параметры). Для таких случаев разрабатывают общие модели, учитывающие различные влияющие факторы. Модель описывает компоненты одного типа с различными характеристиками (сопротивление, габариты и т.д.) без изменения общей структуры, используя набор значений параметров схемы замещения или коэффициентов математических зависимостей.

В большинстве современных САПР реализация поведенческих моделей выполняется с использованием SPICE-симулятора. В качестве примера на рис. 6 приведён вариант использования поведенческой модели резистора P1-161-0,06 для расчёта изменения сопротивления от температуры.

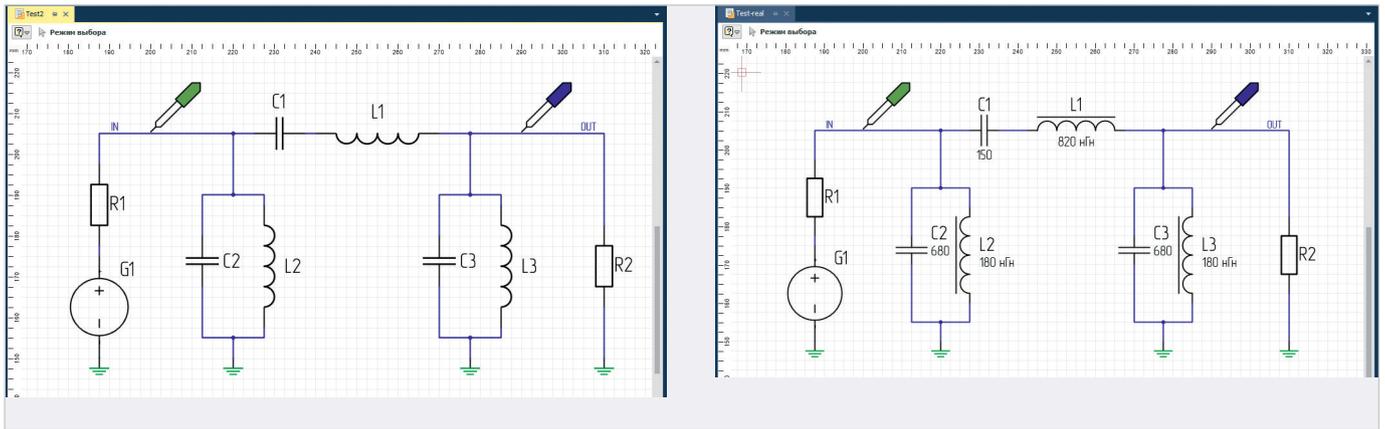


Рис. 6. Схема полосового фильтра: а) с идеализированными моделями индуктивностей; б) со SPICE-моделями чип-индуктивностей

При разработке поведенческих моделей в частотной области используют метод оптимизации, включающий в себя поиск коэффициентов – значений параметров элементов эквивалентной схемы, характеристики которой тождественны результатам измерений. Результаты измерений учитывают неидеальность компонента, которую модель учитывает в виде паразитных активных и реактивных элементов или прямых измерений.

На рис. 6 представлен пример проектирования схемы в частотной области с использованием программного продукта DeltaDesign [6]. В схеме использованы SPICE-модели идеализированной индуктивности, а также конденсаторов Murata и чип-индуктивностей КИК 2012 АО «НПО «ЭРКОН», учитывающие паразитные параметры компонентов. Сравнение результатов моделирования и измерений показано на рис. 8. Из сопоставления характеристик следует, что модели, учитывающие паразитные параметры, вносят существенную поправку при проектировании.

Формирование библиотек моделей является актуальной задачей. Это позволяет в удобной форме в рамках единой цифровой среды получить полное представление о компоненте: трёхмерной визуализации, посадочных местах и основных технических характеристиках в различных условиях применения.

Заключение

АО «НПО «ЭРКОН» разрабатывает различные виды моделей компонентов выпускаемых изделий, размещая их для использования в свободном доступе на официальном сайте www.erkon-nn.ru. Модели, в зависимости от типа ком-

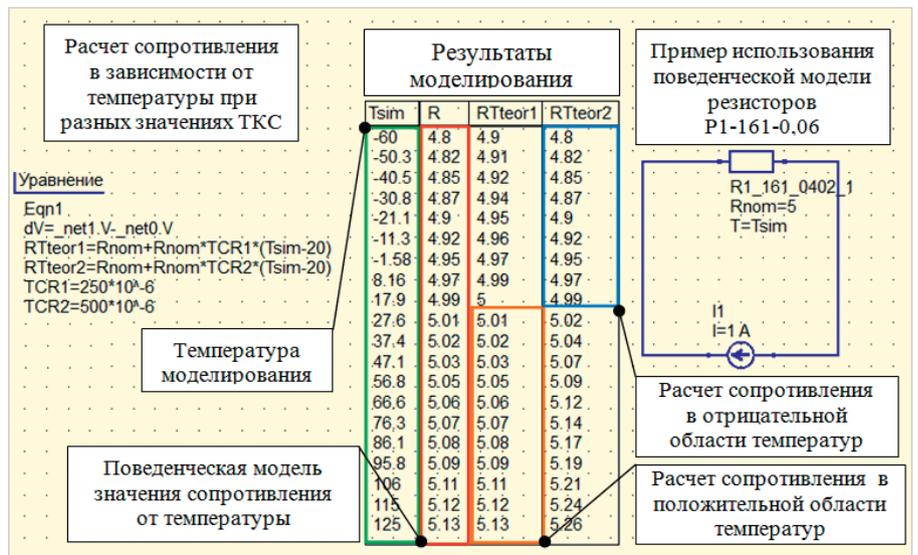


Рис. 7. Пример использования поведенческой модели в среде проектирования «QUCS»

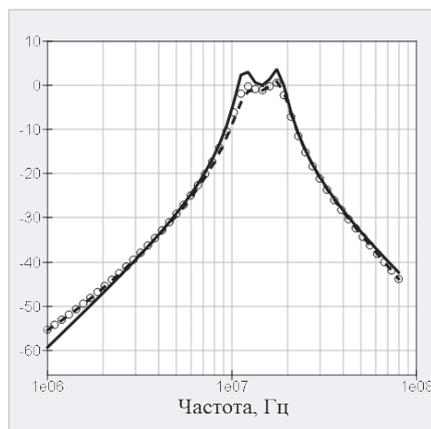


Рис. 8. Результаты моделирования и измерений амплитудно-частотной характеристики полосового фильтра: — — АЧХ фильтра с использованием идеализированных моделей индуктивностей; ---- — АЧХ фильтра с использованием SPICE-моделей чип-индуктивностей КИК 2012; ○○ — измеренная АЧХ фильтра

понента, содержат библиотеки моделей для САПР Delta Design, 3D-модели и поведенческие модели.

Литература

- ГОСТ 2.052-2015. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.
- ГОСТ Р МЭК 61188-5-1-2012. Печатные платы и печатные узлы. Проектирование и применение. Часть 5-1. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов).
- Норенков И.П., Маничев В.Б. Основы теории и проектирования САПР. – М.: ВШ, 1990.
- ГОСТ IEC 61188-5-2-2013. Печатные платы и печатные узлы. Проектирование и применение.
- IPC-7351A. Общие требования по конструированию контактных площадок и печатных плат с применением технологии поверхностного монтажа.
- ЭРЕМЕКС. Система аналогового моделирования Delta Design SimOne // URL: <https://www.eremex.ru/products/delta-design/simone/> (дата обращения: 03.08.2021).