

между потенциалами в центре и на поверхности эквивалентного электрода становится пренебрежимо малой. Следовательно, результаты расчетов методом эквивалентных электродов и методом поточечной коллокации будут различаться на незначительную величину. Но, в отличие от метода поточечной коллокации, соотношения (3) и (4) метода эквивалентных электродов имеют одинаковую математическую форму. Это облегчает реализацию метода эквивалентных электродов на ЭВМ.

Выполненные на ЭВМ расчеты распределения линейных плотностей зарядов эквивалентных электродов в полосковой линии показали:

- погрешность расчета потенциала в контрольной точке на проводнике линии связи по ранее рассчитанной плотности зарядов электродов составила единицы процентов;
- указанная погрешность медленно убывает с ростом густоты сетки;
- погрешность расчета потенциала на экранирующих плоскостях незначительна (порядка 0,01 В) и почти не убывает с ростом густоты сетки.

Результаты расчетов позволяют сделать вывод, что метод эквивалентных электродов расчета параметров полосковой линии частного вида может использоваться в конструкторской практике.

УДК 656.25

МЕТОДИКА ИМИТАЦИИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ КОМПОНЕНТОВ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ В ПАКЕТЕ PSPICE

А. А. КОРОЛЁВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В последнее время микроэлектронные системы стали все чаще применяться в системах управления ответственными технологическими процессами, таких как управление движением поездов, химическое производство, авиационные системы и др. К таким системам предъявляются дополнительные требования по обеспечению функциональной безопасности, то есть к способности системы не подвергать опасности человеческую жизнь, экономику и окружающую среду при возникновении в ней неисправностей.

Численные показатели функциональной безопасности являются очень малыми величинами. Учитывая относительно небольшое количество таких систем, подтвердить эти показатели статистическими методами практически невозможно. В связи с этим основным способом подтверждения соответствия микроэлектронных систем требованиям функциональной безопасности являются испытания и моделирование поведения системы при отказах элементов. Такой подход регламентирован международными (IEC 61508), европейскими (EN 50126, EN 50129), российскими (ОСТ 32.146, ОСТ 32.41) и белорусскими (РД РБ БЧ 19.055, РД РБ БЧ 19.057) нормативными документами.

В данных нормативных документах определен следующий алгоритм анализа соответствия системы требованиям функциональной безопасности.

Определяется перечень учитываемых неисправностей элементов, который формируется на основе соответствующих документов.

Каждая неисправность из перечня последовательно вносится в схему, и выполняется анализ поведения системы по следующим критериям:

- нарушение условий безопасности классифицируется как опасный отказ;
- регистрация неисправности и блокировка системы классифицируется как защитный отказ;
- остальные случаи классифицируются как маскируемый отказ, допускающий накопление неисправностей и требующий дальнейшего анализа.

Выполняется расчет вероятности возникновения кратных неисправностей и, в случае если эта вероятность больше допустимой, имитируются кратные неисправности. (На практике двукратные неисправности имитируются всегда, трехкратные – только в случае накопления отказов или при возникновении зависимых отказов).

Система считается выдержавшей испытания, если не обнаружено ни одного опасного отказа.

Как видно из алгоритма, при проведении анализа необходимо вносить различные неисправности в структуру устройства. Имитация неисправностей на реальном устройстве (например, переключателями) затруднительна, так как этот способ очень затратен в виду разрушающего характера испытаний. Поэтому одним из основных способов анализа является компьютерное моделирование в пакетах *PSpice*.

Внесение отказов в схему производится вручную. Это приводит к появлению ряда сложностей и проблем. Большое количество элементов и значительное число видов неисправностей для каждого элемента приводит к тому, что анализ занимает длительное время. Значительная часть работы имеет рутинный характер, что приводит к повышению вероятности человеческой ошибки.

В связи с этим возникает необходимость автоматизации анализа устройств на безопасность. Для решения этой задачи необходимо в первую очередь создать обобщенную методику внесения неисправностей элементов в описание электрической схемы.

При анализе возможностей входного языка *Pspice* выявлены следующие возможные способы внесения изменений в описание электрической схемы, влияющие тем или иным образом на правильность ее функционирования и, таким образом, имитирующие неисправности компонентов схемы:

- включение в схему описания нового компонента;
- изменение параметров модели компонента, если он описан в виде встроенной модели;
- изменение параметров макромодели компонента;
- включение нового компонента в описание макромодели данного компонента;
- изменение параметров моделей компонентов, входящих в состав макромодели данного компонента.

Таким образом, общая методика внесения неисправностей элементов в описание электрической схемы включает в себя 7 методов:

- 1) включение в схему описания нового компонента между 2 узлами данного компонента, либо между одним узлом данного компонента и произвольным узлом схемы (параллельное включение компонента или включение без разрыва цепи);
- 2) включение в схему описания нового компонента в разрыв цепи между узлом данного компонента и узлом схемы (последовательное включение компонента или включение с разрывом цепи);
- 3) изменение параметров модели компонента;
- 4) изменение параметров макромодели компонента;
- 5) изменение параметров моделей компонентов, входящих в состав макромодели данного компонента;
- 6) включение описания нового компонента в описание макромодели данного компонента между двумя внутренними узлами макромодели (параллельное включение компонента в макромодель);
- 7) включение описания нового компонента в описание макромодели данного компонента в разрыв цепи между узлом вложенного компонента и узлом макромодели (последовательное включение компонента в макромодель).

Комбинируя эти методы, можно имитировать большинство неисправностей элемента, включенных в перечень, независимо от сложности этого элемента.

УДК 621.395

РАСШИРЕНИЕ СПЕКТРА УСЛУГ АБОНЕНТАМ ЖАТС

В. О. МАТУСЕВИЧ, Е. С. БЕЛОУСОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Эффективная работа железной дороги, как и любого учреждения с территориально распространенной инфраструктурой и большим числом персонала, невозможна без оперативной связи, которая является важной составляющей безопасности.

На ЖАТС Гомельской дистанции сигнализации и связи насчитывает 2048 абонентов (по данным на апрель 2010 г.), из них только 390 абонентов, что составляет 19 %, имеют возможность пользоваться услугами междугородних разговоров через сеть РУП "Белтелеком". При этом в последнее время нагрузка в данном направлении неуклонно растет. Та же картина наблюдается на всех узлах связи железной дороги Республики Беларусь.