

УДК 621.325

Н.В. ДЖЕНЮК, А.А. СЕРКОВ

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

ПРИНЦИПЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ЗАЩИТЫ МЕЖДУ СОСТАВЛЯЮЩИМИ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрены вопросы защиты сложных систем. Предложено использование концепции многоступенчатой послойной защиты, предварительно группируя участки размещения аппаратуры с одинаковыми характеристиками чувствительности.

сложная система, электромагнитные поля, уровни повреждений, послойная защита.

Введение

С внедрением чувствительных к перегрузкам электронных схем актуальными стали проблемы их защиты как от непосредственного влияния помехо-несущих электромагнитных полей (ЭМП), так и наведенных токов и напряжений. В настоящее время основной элементной базой являются интегральные микросхемы, работающие с сигналами, уровень мощности которых составляет $10^{-3} \dots 10^{-8}$ Вт. Это привело к значительному снижению стойкости радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) к действию электрических перегрузок, в том числе импульсных токов и напряжений, наводимых в кабельных линиях и фидерных трактах. Причем, РЭА, размещенное в корпусе – экране и, как правило, нечувствительное к внешним ЭМП, с подключением соединительных кабелей теряют свои свойства.

Таким образом, **целью статьи** является разработка подходов к распределению функции защиты в сложных системах.

Основная часть

Методы и техника защиты от повреждений, вызываемых электромагнитными помехами, предназначены для обеспечения высокой надежности работы РЭА в зонах распространения ЭМП грозовых разрядов и в непосредственной близости от мощных радиолокационных установок. При этом основными

методами защиты являются экранировка, оптимальное пространственное размещение и заземление отдельных частей, а также применение устройств, препятствующих перенапряжению в наиболее критических местах.

Современные радиоэлектронные системы и комплексы относятся к сложным системам, которым присущи следующие черты. Это наличие общей задачи и цели функционирования для всей системы; возможность разделения системы на группы наиболее тесно взаимодействующих элементов, которые составляют подсистемы и имеют свое специальное назначение и цель функционирования; наличие иерархической структуры связей подсистем и иерархии критериев качества функционирования всей системы, а также наличие самоорганизации системы, наличие большого количества обратных связей и стойкости к внешним и внутренним помехам. В зависимости от уровня сложности системы диапазон средних значений интенсивности отказов находится в широких пределах. В качестве примера в табл. 1 приведены средние значения интенсивности отказов устройств различного уровня сложности [1].

Однако в случае мощного импульсного электромагнитного воздействия, для оценки защищенности систем используют экспериментальные данные об уровнях энергии, вызывающие повреждения и/или деградацию радиоэлементов действием электромагнитного поля. При таком энергетическом подходе

сопоставляют энергию, рассеиваемую на элементе с ее пороговым значением, приводящим к необратимому отказу данного элемента. В табл. 2 приведены некоторые уровни повреждений радиоэлементов действием электромагнитных полей [2, 3].

Таблица 1

Средние значения интенсивности отказов

№ п/п	Виды устройств и элементов	Интенсивность отказов $\lambda \cdot 10^{-6}$ /час.
1.	Аппаратура наведения ракетного комплекса	286
2.	Командно-измерительный комплекс ракетного комплекса	250
3.	Специализированная вычислительная система космического корабля, в составе которой включено 13000 интегральных микросхем	40
4.	Полусумматор на полупроводниковых приборах	39
5.	Полусумматор на интегральных микросхемах	0,85
6.	Транзисторы, диоды германиевые	0,3
7.	Диоды кремниевые	0,2
8.	Интегральные гибридные схемы в составе 15...30 элементов	0,1
9.	Конденсаторы керамические	0,1
10.	Резисторы проволочные	0,06
11.	Резисторы угольные	0,045
12.	Соединение пайкой	0,004

Зная характеристики чувствительности аппаратуры можно осуществить рациональный подход к разработке требований эффективной защиты от деструктивных воздействий, проникающих через защитные устройства, например, экраны, фильтры и т.д. При этом, используя выражения по оптимальному соотношению количества защитных и рабочих элементов [4] появляется возможность определения необходимого количества и вида защитных устройств, а выбор методов защиты целесообразно проводить применительно к конкретной аппаратуре с учетом ее функционального назначения.

Результат анализа электромагнитной обстановки внутри РЭА позволяет установить границы зон с одинаковой обстановкой или чувствительностью аппаратуры. Границы зон, как правило, устанавливаются в соответствии с главными геометрическими размерами системы. При этом следует руководствоваться принципом обеспечения одинакового уровня затухания электромагнитных помех по всем каналам ее проникновения в защищаемую радиоэлектронную систему.

Таблица 2

Уровни повреждений радиоэлементов действием электромагнитных полей

№ п/п	Класс изделий	Энергия, Дж	
		Дегра-ция параметров > 10%	Структурные повреждения
1.	Катушки индуктивности	$10^{-2} \dots 10^{-1}$	> 1
2.	Электровакuumные и газоразрядные устройства	$10^{-3} \dots 10$	> 10^2
3.	Резисторы: - проволочные; - металлопленочные; - композиционные	$10^{-4} \dots 10^2$ $10^{-4} \dots 10^{-2}$ $10^{-4} \dots 1$	> 10^3 > 10^{-1} > 10
4.	Емкости: - пленочные; - танталовые	$10^{-4} \dots 10^{-3}$ $10^{-6} \dots 1$	> 10^{-2} > 10
5.	Диоды полупроводниковые: - выпрямительные и стабилитроны; - сигнальные, лавинные, туннельные; - СВЧ – диоды	$10^{-4} \dots 1$ $10^{-6} \dots 10^{-2}$ $10^{-8} \dots 10^{-4}$	> 10 > 10^{-1} > 10^{-3}
6.	Тиристоры	$10^{-5} \dots 10^{-1}$	> 1
7.	Транзисторы: - высокой и средней мощности; - малой мощности	$10^{-5} \dots 10^{-2}$ $10^{-7} \dots 10^{-4}$	> 10^{-1} > 10^{-3}
8.	Интегральные микросхемы и логические элементы ЭВМ	$10^{-8} \dots 10^{-4}$	> 10^{-3}

Концепция послойной защиты предполагает осуществления последовательного экранирования для защиты аппаратуры с наибольшей чувствитель-

ностью. Послойную защиту следует образовывать чередованием зон и средств защиты, отделяющих внешнюю обстановку от защищаемой аппаратуры. При этом необходимо, чтобы каждая конкретная зона чувствительности аппаратуры находилась внутри зоны с конкретной электромагнитной обстановкой.

Организация защиты РЭА от действия мощных импульсных наведенных токов и напряжений также требует использования многоступенчатой защиты. В связи с тем, что через защитные устройства могут протекать импульсные токи с величинами до нескольких килоампер, пропускная способность их для каждой из ступеней должна быть разной. Так для первой ступени защиты она должна находиться в диапазоне 1...4 кА, для второй – 100...200А, а для третьей – 10...20А при длительности импульса наводки в 5мС. В противном случае защитные устройства могут разрушиться от действия импульсных токов и не выполнить функции элемента защиты. Так разрядники, применяемые для защиты антенн, входных цепей приемо-передающих трактов, высокочастотных линий связи, условно можно разделить по величине напряжения срабатывания на три основные группы. Эта классификация определяется уровнем напряжения рабочих сигналов, передаваемых по защищаемым цепям. Для аппаратуры связи нижний предел первой группы (80В) определяется максимальным уровнем напряжения индукторного вызова, второй (120В) – напряжением питания телеграфных цепей, третьей (500В) – напряжением цепи дистанционного питания.

Выводы

Основным принципом реализации функции защиты между составляющими сложной системы

является энергетический подход с послойной защитой внутренних зон от действия помех электромагнитных полей. Использование принципа многоступенчатой защиты также предпочтительно использовать для защиты от наведенных токов и напряжений на межблочных линиях связи отдельных функциональных узлов защищаемой системы. Во всех случаях следует руководствоваться принципом равнопрочности – обеспечение одинакового уровня затухания помехи по всем каналам ее проникновения в защищаемую РЭА.

Литература

1. Голикевич Т.А. Прикладная теория надежности: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа», 1977. – 380 с.
2. Кравченко В.И. Грозозащита радиоэлектронных средств: Справочник. – М.: «Радио и связь», 1991. – 420 с.
3. Рикетс Л.У., Бриджес Дж. Э., Майлетта Дж. Электромагнитный импульс и методы защиты: Пер. с англ. / Под ред. Н.А. Хина. – М.: Атомиздат, 1979. – 264 с.
4. Серков А.А., Дженюк Н.В. Методы обеспечения живучести систем на ранних стадиях проектирования при деструктивных внешних воздействиях. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. –2007. – № 8 (27). – С. 43-47.
5. Шевель Д.М. Электромагнитная безопасность. К.: ВЕК+, К.: НТИ, 2002. – 188 с.

Поступила в редакцию 22.01.2008

Рецензент: д-р физ-мат. наук, И.В. Яковенко, научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «Молния», Харьков.