

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВОСПРИИМЧИВОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

Учреждение образования «Белорусский Государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

Постоянное усложнение радиоэлектронных устройств (РЭУ) и повышение степени интеграции интегральных микросхем (ИМС) с одной стороны, а также повышение уровней мощностей источников электромагнитных помех (ЭМП) и развитие средств радиоэлектронной борьбы с другой, выдвинули сегодня на первый план задачу уменьшения восприимчивости элементной базы, в особенности полупроводниковых приборов (ПП) и ИМС, к воздействию помех. Решение этой задачи позволит снизить затраты по обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС) и обеспечению надежной работы в сложной помеховой обстановке в 100 и более раз /1/. Исследования восприимчивости элементов схем, в частности ПП и ИМС, к воздействию ВЧ и СВЧ помех были начаты в 70-х годах в связи с проблемами, возникшими при эксплуатации специальной техники. Результаты первых испытаний влияния радиопомех на характеристики и параметры ПП и ИМС достаточно подробно изложены в /1, 2/. Большой объем исследований по этой тематике был проведен сотрудниками Минского радиотехнического института (в настоящее время БГУИР) /3/. Новый импульс данные исследования получили в наше время /4/, что обусловлено не только требованиями обеспечения безопасной эксплуатации промышленного оборудования, транспорта, систем связи, бытовой техники, но и дальнейшим развитием специальных систем радиопротиводействия.

Конечным результатом данной работы является создание апробированных методик проведения испытаний элементной базы на восприимчивость к воздействию ЭМП, и справочных пособий, позволяющих разработчикам максимально учитывать вопросы ЭМС уже на начальной стадии проектирования, т.е. при выборе ПП и ИМС. Первые справочные пособия по восприимчивости отдельных групп ПП, ИМС и РЭУ были составлены в 90-х годах. В дальнейшей работе предстоит преодолеть некоторую несогласованность в подходах при проведении исследований. Одним из важнейших вопросов является выбор критериев оценки восприимчивости РЭУ к воздействию ЭМП. Важно, чтобы критерий был достаточно универсальным, характеризовался изменением основных справочных параметров ПП и ИМС, и в то же время охватывал максимальное количество групп РЭУ.

При испытаниях простейших диодов (р-п-переходов) и транзисторов анализировалось изменение вольт-амперных характеристик при воздействии ВЧ и СВЧ помех. Результаты некоторых экспериментальных и расчетных исследований представлены на рисунке 1. Очевидно, что для разработчиков РЭУ наиболее информационным является приращение тока ΔI за счет детектирования

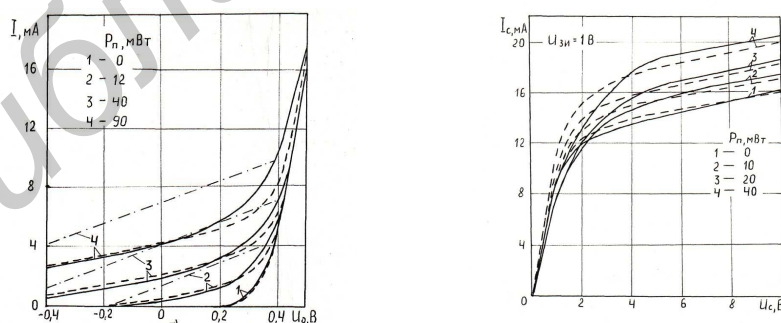


Рисунок 1 - Экспериментальные и расчетные изменения тока I диода Д9А и тока стока I_c транзистора КР305Е при воздействии ЭМП с частотой 400 МГц.

р-п-переходом огибающей помехи. Анализ показывает, что наибольшие значения ΔI приходятся на участок с максимальной нелинейностью. При сравнении восприимчивости транзисторов изменения вольт-амперных характеристик (ВАХ) сравнивать неудобно. Поэтому для биполярных транзисторов (БТ) в качестве обобщенного критерия удобнее всего выбрать степень снижения коэффициента

передачи по току h_{21} , а для полевых (ПТ) - степень уменьшения крутизны характеристики S (рис. 2). Оба параметра являются классификационными в большинстве справочников.

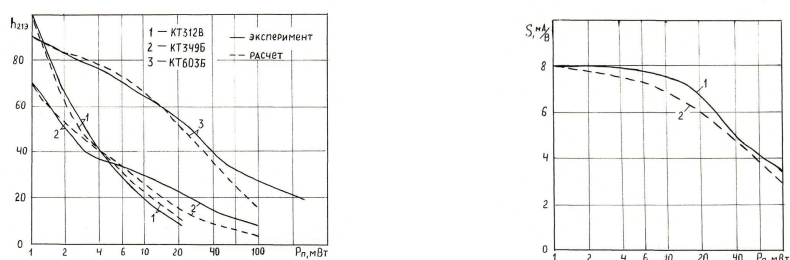


Рисунок 2 - Экспериментальные и расчетные зависимости изменения коэффициента h_{21} БТ и крутизны S ПТ КП305И от уровня поглощенной мощности ЭМП с частотой 450 МГц,

При испытаниях ИМС проводился анализ изменения простейших логических элементов (ЛЭ), так и более сложных ИМС (рис. 3). Изменение переходной характеристики (ПХ) ЛЭ наглядно характеризует изменение уровней логических нуля и единицы, происходящих под действием ЭМП, однако не отражает изменения динамических параметров - времени задержки при включении и выключении. Поэтому испытания цифровых микросхем любой сложности лучше проводить по критерию измерения уровня ЭМП, вызывающего недопустимое отклонение одного из четырех выходных параметров.

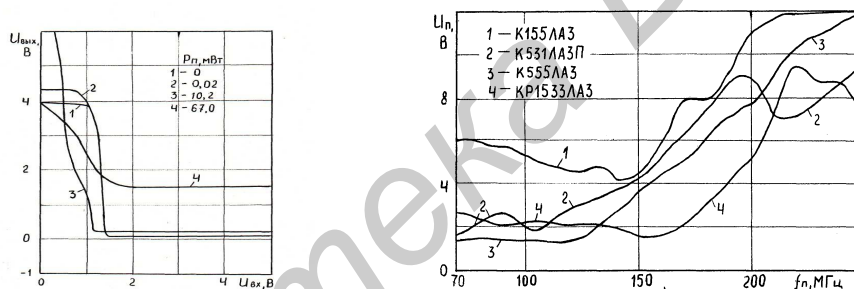


Рисунок 3 - Изменение ПХ ИС К155АА3 при воздействии ЭМП с частотой 95 МГц и зависимости порогов восприимчивости ТТЛ и ТТЛШ логических элементов И-НЕ от частоты ЭМП, измеренные по критерию недопустимого отклонения одного из четырех параметров.

Испытания аналоговых ИМС и отдельных РЭУ также удобнее проводить по критерию измерения уровня ЭМП, вызывающего недопустимое изменение одного или нескольких выходных классификационных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бригидин А.М., Титович Н.А., Кириллов В.М., Юсов Ю.П., Листопад Н.И., Ясюля Г.И. Влияние электромагнитных помех на работоспособность полупроводниковых приборов и интегральных схем (обзор) // Электронная техника. Вып.1(148), 1992. –С. 3- 13.
2. Mardiguian M. A. Handbook Series on Electromagnetic Interference and Compatibility. Volume 5. Electromagnetic Control in Components and Devices. – Interference Control Technologies, Virginia, 1988.
3. Титович Н.А., Ползунов В.В. Исследование восприимчивости полупроводниковых приборов к воздействию электромагнитных помех // Журнал «Доклады БГУИР», 2015, №1, с.114-118.
4. Авдеев В.Б., Авдеева Д.В., Бердышев А.В. Обоснование требований к средствам защиты электронной аппаратуры от террористических электромагнитных атак // Информационное противодействие угрозам терроризма: Технологический институт Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Южный федеральный университет" в г. Таганроге. №16, 2011. –С.11-16.