

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА РАБОТУ СЛОЖНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

При исследовании восприимчивости телекоммуникационных устройств и систем к воздействию электромагнитных помех (ЭМП) до недавнего времени больше внимания уделялось натурным испытаниям. Расчетные модели описывали влияние радиопомех на простейшие элементы: диоды, транзисторы, логические элементы (ЛЭ) [1]. Моделирование более сложных устройств сопряжено с рядом трудностей. Главная из них — секретность информации о параметрах элементов интегральных микросхем (ИМС). В работе [2] описаны результаты моделирования ИМС и отмечается, что для этого потребовались определённые данные от разработчиков, Получение такой информации не всегда возможно. Вторая трудность – значительная сложность вычислений при подробном описании ИМС.

При оценке восприимчивости блоков и устройств испытания проводятся с использованием ТЕМ-камеры. Затраты на такой эксперимент значительные и для их снижения требуется хотя бы предварительное расчетное моделирование влияния ЭМП на элементы и устройства. Это позволяет разработать оптимальную методику испытаний и значительно сократить затраты времени и средств. Очевидно, что оптимальным решением вопроса является уменьшение затрат за счёт схемотехнического моделирования влияния ЭМП на все устройство. В этом случае важным является создание библиотеки точных простейших моделей, описывающих влияние помех на элементы схемы, учитывающих их конструктивные особенности. Используя такую библиотеку для построения сложных моделей можно провести точную расчетную оценку восприимчивости всего устройства и прибегать к проведению эксперимента только на стадии испытаний.

Существует целый ряд программ схемотехнического моделирования, и практически все они созданы на основе программы SPICE, предназначенной для описания электрических цепей, расчета во временной и частотной областях и для анализа переходных процессов. Анализ известных подходов к моделированию микросхем показывает, что при расчёте удобнее разбивать модель на составные части: ядро, корпус, цепи питания и входные/выходные цепи. На основе упомянутых моделей была создана модель для расчетной оценки восприимчивости ИМС к ЭМП.

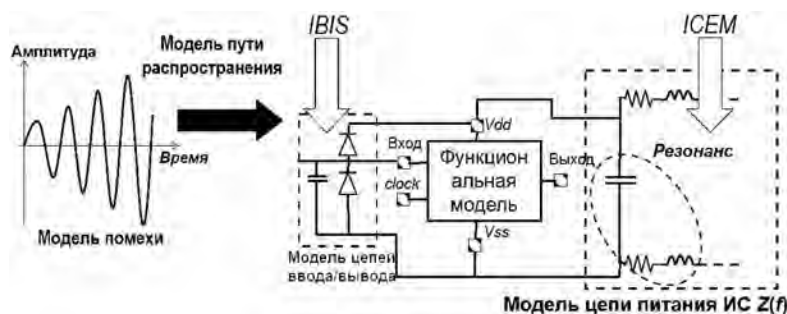


Рисунок 1 – Структура модели, используемой для моделирования восприимчивости ИМС к воздействию ВЧ помех

На рисунке 1 представлена общая структура предлагаемой модели. Для описания входных/выходных цепей используются IBIS модели. Они описывают в табличном виде входные и выходные вольтамперные характеристики ИМС, время нарастания и спада выходных сигналов, входное и выходное сопротивление микросхемы с учетом влияния параметров корпуса, паразитных емкостей и индуктивностей. IBIS модели не описывают ее внутреннее устройство и логику работы. Для контроля сбоев необходима функциональная модель, а также некоторый критерий сбоя, который зависит от конкретного приложения. Таким образом, нет необходимости в подробных данных о внутренней структуре микросхемы, что позволяет рассматривать её как чёрный ящик. За счет простоты моделей обеспечиваются в десятки раз меньшие затраты машинного времени при анализе переходных процессов по сравнению со SPICE моделями. ICSEM – это модель излучения микросхемы. Предназначена для моделирования излучения ЭМП на уровне печатных плат. В основе довода использовать фрагменты моделей электромагнитного излучения лежит принцип взаимности, который применительно к интегральным схемам заключается в том, что наибольшая восприимчивость микросхем к воздействию ЭМП наблюдается на частотах с максимальными уровнями паразитных излучений [3].

По описанной методике проведен расчет восприимчивости микросхемы КР1533ЛА3. Выделены модель входных/выходных цепей, построенная на основе IBIS модели, модель цепи питания, построенная по описанным в стандартах методикам, функциональная модель, которая представляет собой таблицу истинности и модель экспериментальной установки. Наиболее вероятным является воздействие ВЧ помехи по тем цепям ЛЭ, которые подключены непосредственно к выводам ИМС и к проводникам и шинам печатной платы. В данном случае помеха подавалась на вход ЛЭ. Результаты расчётов и экспериментальных исследований приведены на рисунке 2. Изображены среднестатистические значения порога восприимчивости (средняя кривая), а также их максимальные и минимальные значения.

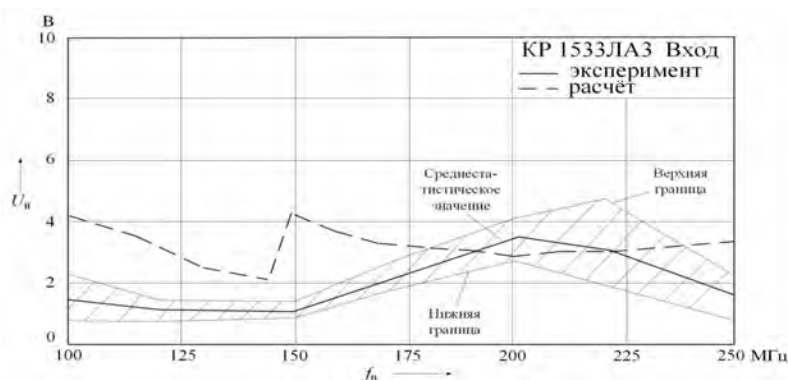


Рисунок 2 – Результаты моделирования и измерений порога восприимчивости ИМС КР1533ЛА3 по критерию «достоверного сбоя»

Полученные расчётные данные имеют хорошее качественное совпадение с результатами эксперимента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бригидин, А. М. Влияние электромагнитных помех на работоспособность полупроводниковых приборов и интегральных схем (обзор)/ А. М. Бригидин, Н. А. Титович и др. //Электронная техника. Сер. 8. Управление качеством, стандартизация метрология, испытания. Сер. 6. Материалы. Вып.1 (148), 1992. –С. 3-13.
2. Титович, Н. А. Моделирование воздействия радиопомех на логические элементы. / Н. А. Титович // 6-й международный симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии: материалы симпозиума – Санкт-Петербург, 2005. –С.220-223.
3. Титович Н.А., Теслюк В.Н. Совместное решение задач обеспечения электромагнитной совместимости и защиты информации. // XI Белорусско-российская научно-техническая конференция «Технические средства защиты информации», 5-6 июня 2013 г., Минск. Минск: БГУИР, 2013, с.78.