

Ч.Л. ХОМУШКУ, инженер, магистрант каф. ТУ, ТУСУР, Томск
Р.Р. ГАЗИЗОВ, мл. науч. сотр., аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЭКСТРЕМУМОВ ПЕРЕКРЕСТНЫХ ПОМЕХ ОТ ДВУХСТОРОННЕГО ПРЕДНАМЕРЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ШИНЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Рассматриваются выявление и локализация перекрестных помех от источника преднамеренных воздействий вдоль проводников шины печатной платы. Получены максимумы перекрестной помехи амплитудой 0,4–1,4 кВ, а также ее локализация вдоль каждого из трех пассивных проводников.

Современные печатные платы (ПП) имеют тенденцию к минимизации внутренних компонентов, а также повышению плотности их монтажа. Это создает различные паразитные взаимовлияния, даже при протекании по проводникам только полезного сигнала. Тем не менее, часто появляются и помеховые сигналы, также негативно влияющие на функционирование ПП. Различные виды непреднамеренных помех довольно хорошо исследованы. Но представляет интерес выполнить моделирование шины ПП с применением источника преднамеренных воздействий, имитируя действия злоумышленника по выведению шины ПП из строя.

Для такого моделирования важны выявление и локализация сверхкоротких импульсов (СКИ), к которым относятся, в том числе, импульсы от источников преднамеренных воздействий, поскольку это позволит определить наиболее критичные места трассировки шины. Ранее было выполнено моделирование распространения СКИ в форме трапеции вдоль проводников шины ПП [1–3]. Затем для моделирования использовались сигналы от источников преднамеренных воздействий, но моделировалась одиночная меандровая линия из двух витков [4]. Однако исследования шины ПП при воздействии преднамеренных воздействий выполнено не было.

Цель работы – выполнить моделирование шины ПП для выявления и локализации перекрестных помех от источника преднамеренных воздействий.

В качестве исследуемой взята шина ПП, принципиальная схема которой изображена на рисунке 1. Крайние проводники шины ПП моделировались как активные, а остальные – пассивные. Тем самым имитировался довольно жесткий случай двухстороннего преднамеренного воздействия на центральные проводники. На рисунке 2 изображена форма импульса преднамеренного воздействия. Время нарастания 1 нс, вершины нет, время спада 6 нс. Амплитуда ЭДС 25 кВ. Для моделирования использовалась система компьютерного моделирования TALGAT [5].

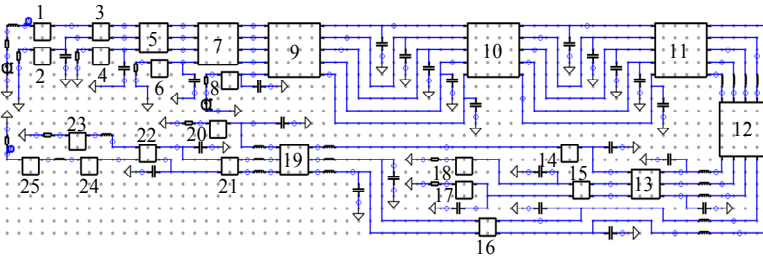


Рисунок 1. Принципиальная схема шины ПП

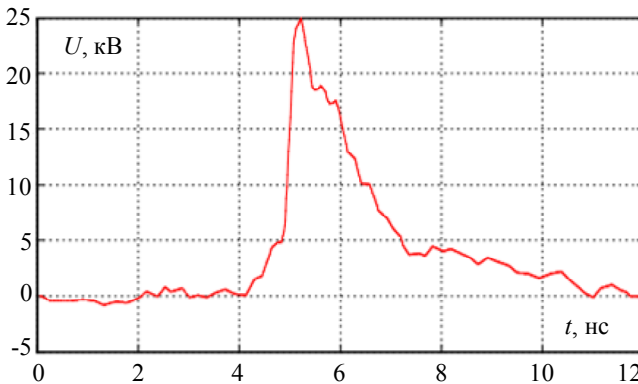


Рисунок 2. Форма импульса воздействия

Вдоль каждого проводника вычислены формы перекрестных помех, определена амплитуда входного напряжения ($U_{вх}$) и максимальная амплитуда напряжения (U_{max}). Результаты приведены в таблице. В процентах указана амплитуда перекрестной помехи относительно амплитуды сигнала в активном проводнике. В последней строке указана локализация максимума: сначала номер отрезка линии передачи (см. рисунок 1), а в скобках – номер сегмента вдоль ее проводников. Каждая линия передачи разделена на 20 сегментов.

Номер проводника	2	3	4
U_{max} , В	1354,6	402,3	925,5
$U_{вх}$, В	1322,2	401,6	923,7
%	9,68	2,87	6,61
Линия (сегмент)	7(20)	5(20)	9(20)

Далее приведены наиболее наглядные результаты, а именно формы напряжений с максимальным значением и их локализация для случая, где выявлены наибольшие превышения напряжения (рисунок 3,а). Локализация максимумов из рисунка 3 представлена на рисунке 4 (указана стрелкой).

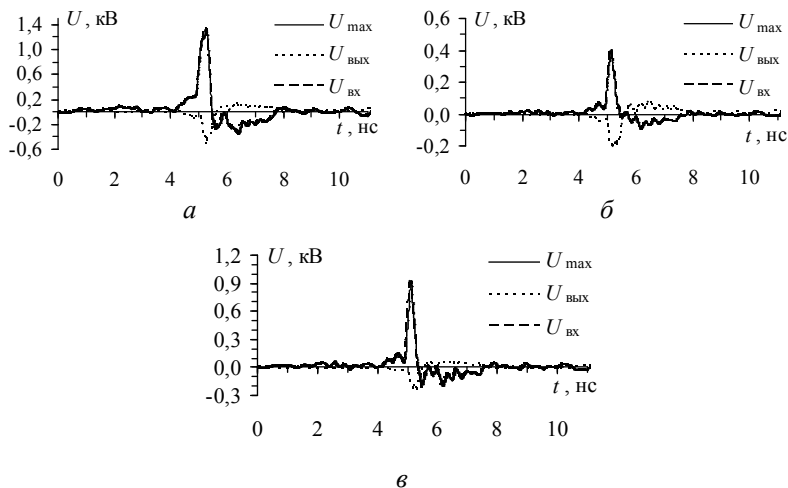


Рисунок 3. Формы перекрестных помех вдоль проводников: а – 2; б – 3; в – 4

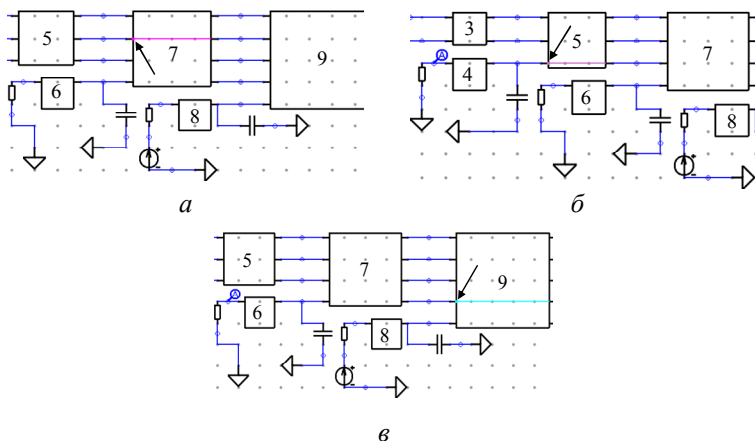


Рисунок 4. Локализация максимумов перекрестной помехи вдоль проводников: *а* – 2; *б* – 3; *в* – 4

В проводниках 3 и 4 выявлены локализованные в сегменте 20 линии передачи 5 и 9 максимумы перекрестных помех, составляющие 2,87 % и 6,61 % от амплитуды сигнала в активном проводнике. В проводнике 2 выявлен локализованный в сегменте 20 линии передачи 7 максимум перекрестной помехи, составляющий 9,68 % от амплитуды сигнала в активном проводнике.

Из полученных результатов видно, что максимумы перекрестных помех, полученные в пассивных проводниках, составляют менее 10 % от амплитуды сигнала в активном проводнике, но тем не менее, они имеют большие амплитуды (0,4–1,4 кВ).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417X0172.

ЛИТЕРАТУРА

1. Influence of ultrashort pulse duration on its peak values localization in PCB of spacecraft autonomous navigation system / R.R. Gazizov, A.M. Zabolotsky, T.T. Gazizov, A.O. Belousov // 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. Erlagol. Altai. 30 June – 4 July. 2017. P. 69–74.

2. Газизов Р.Р., Газизов Т.Т. Исследование локализации пиковых значений сигнала в печатной плате системы автономной нави-

гации // Инфокоммуникационные технологии. Т. 15, № 2. 2017. С. 170–178.

3. Gazizov R.R., Belousov A.O., Gazizov T.R. Influence of ultrashort pulse duration on localization of crosstalk peak values in PCB of spacecraft autonomous navigation system // International Siberian Conference on Control and Communications. Astana. 29–30 June 2017. P. 1–5.

4. Хомушку Ч.Л., Квасников А.А., Газизов Р.Р. Выявление и локализация экстремумов СКИ от источников преднамеренных воздействий в микрополосковой меандровой линии из двух витков // Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2018». 16–18 мая 2018. Т. 2. С. 270–273.

5. Квасников А.А., Куксенко С.П., Лежнин Е.В. Разработка подсистем графического интерфейса системы TALGAT // Материалы докл. XIII Междунар. науч.-практ. конф. «Электронные средства и системы управления» (ЭССУ). 29 ноября – 1 декабря 2017. Т. 2. С. 15–18.

Ch.L. Khomushku, R.R. Gazizov

Localization of crosstalk extreme points from double-sided of intentional exposure in the bus of the printed circuit board

Identification and localization of crosstalk extreme points from source of intentional excitations along the conductors of the bus of the real printed circuit board is considered. The crosstalk maximums amplitude of 0.4–1.4 kV, as well as its localization along each of three passive conductors are obtained.

khchl95@mail.ru
ruslangazizow@gmail.com