

# ВЫЯВЛЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЭКСТРЕМУМОВ СКИ ОТ ИСТОЧНИКОВ ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В МИКРОПОЛОСКОВОЙ МЕАНДРОВОЙ ЛИНИИ ИЗ ДВУХ ВИТКОВ

*Ч.Л. Хомушку, студент; А.А. Квасников, магистрант  
Научный руководитель Р.Р. Газизов, аспирант каф. ТУ  
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, ruslangazizow@gmail.com*

Выявление и локализация экстремумов сигнала в многопроводных линиях передачи (МПЛП) важны, поскольку их результаты полезны для обеспечения электромагнитной совместимости, что особенно актуально при разработке и анализе современной радиоэлектронной аппаратуры [1].

Ранее были разработаны методика и программный комплекс по выявлению и локализации экстремумов сигнала в МПЛП [2], а также выполнены исследования по выявлению и локализации экстремумов сверхкороткого импульса (СКИ) в форме трапеции [3], а также при воздействии электростатического разряда [4]. Однако другие типы сигналов не были использованы. Между тем существует большое разнообразие форм сигналов, порождаемых источниками преднамеренных воздействий [5].

Цель данной работы заключается в исследовании выявления и локализации экстремумов ряда СКИ, порождаемых источниками преднамеренных воздействий.

В качестве тестовой схемы взята микрополосковая меандровая линия из двух витков, исследованная в работе [2]. Формы и параметры СКИ взяты из [5] и реализованы в системе компьютерного моделирования TALGAT, которая и была использована в работе. В работе использовано 4 типа СКИ.

Формы напряжений первого СКИ в отрезках линии представлены на Рис. 1, а результаты локализации его экстремумов – на Рис. 2.

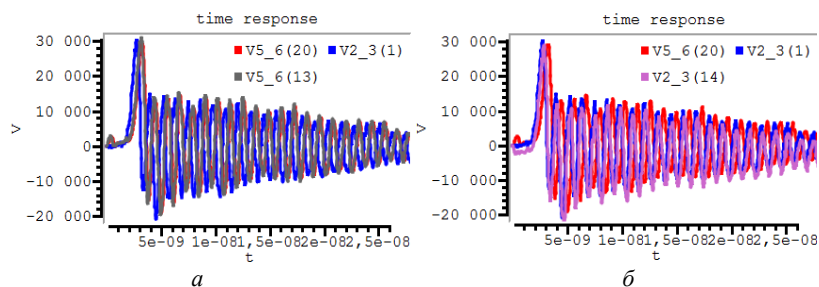


Рис. 1. Формы напряжений с максимальным (а) и минимальным (б) значением

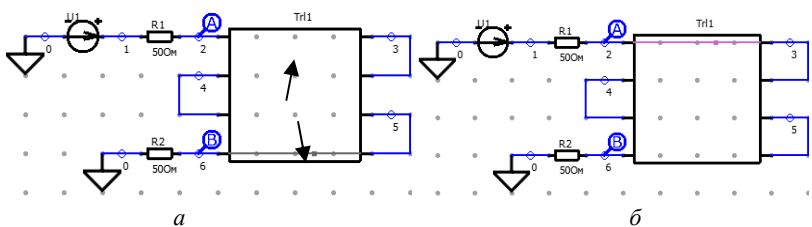


Рис. 2. Локализация максимума (а) и минимума (б) напряжений на принципиальной схеме

Выявлен максимум напряжения, на 4,03% превышающий амплитуду сигнала на входе, который равен 31,2 кВ. Максимум выявлен в сегменте 13 (из 20) четвертого полувитка, также выявлен минимум напряжения, равный – минус 22,1 кВ, локализованный в сегменте 14 первого полувитка меандровой линии.

Формы напряжений второго СКИ представлены на Рис. 3, а результаты локализации его экстремумов – на Рис. 4.

Выявлен максимум напряжения, на 8,9% превышающий амплитуду сигнала на входе, который равен 12,8 кВ в сегменте 18 четвертого полувитка, также выявлен минимум напряжения, равный –912 В, локализованный в сегменте 15 третьего полувитка меандровой линии.

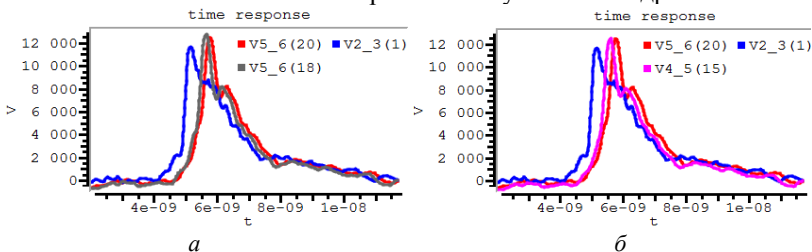


Рис. 3. Формы напряжений с максимальным (а) и минимальным (б) значениями

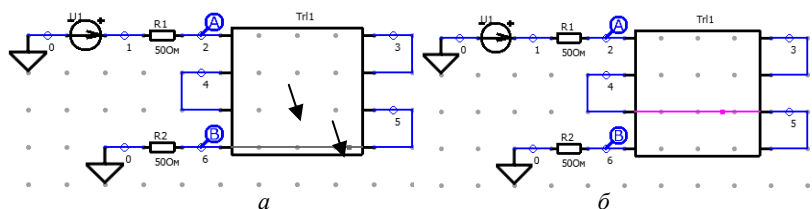


Рис. 4. Локализация максимума (а) и минимума (б) напряжений на принципиальной схеме

Формы напряжений третьего СКИ представлены на Рис. 5, а результаты локализации его экстремумов – на Рис. 6.

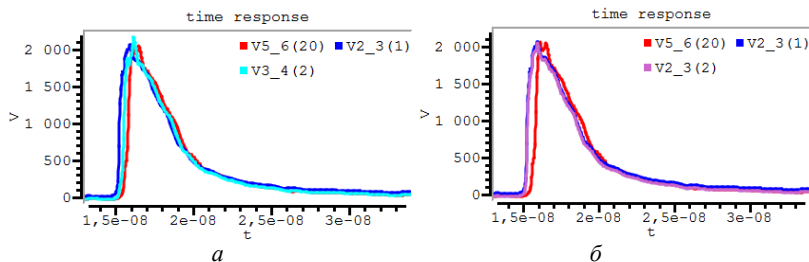


Рис. 5. Формы напряжений с максимальным (а) и минимальным (б) значениями

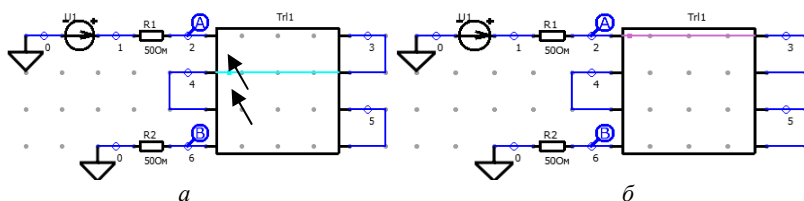


Рис. 6. Локализация максимума (а) и минимума (б) напряжений на принципиальной схеме

Выявлен максимум напряжения, на 4,3% превышающий амплитуду сигнала на входе, который равен 2167 В и локализован в сегменте 2 второго полувитка, также выявлен минимум напряжения, равный минус 54 В, локализованный в сегменте 2 первого полувитка меандровой линии.

Формы напряжений четвертого СКИ представлены на Рис. 7, а результаты локализации его экстремумов – на Рис. 8.

В сегменте 1 четвертого полувитка выявлен максимум напряжения, на 6,9% превышающий амплитуду сигнала на входе, который равен 574 В, также выявлен минимум напряжения, равный минус 17 В, локализованный в сегменте 18 второго полувитка меандровой линии.

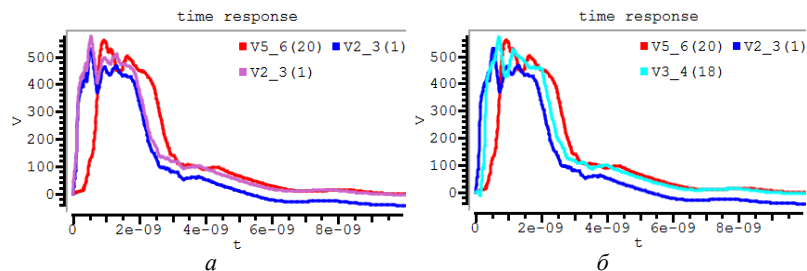


Рис. 7. Формы напряжений с максимальным (а) и минимальным (б) значениями

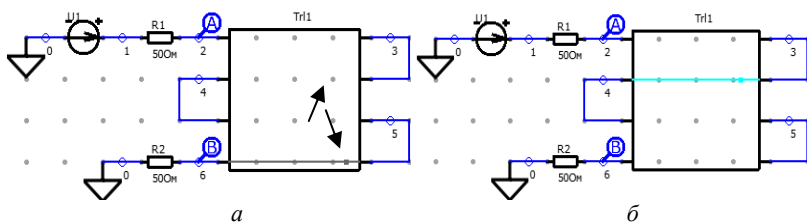


Рис. 8. Локализация максимума (а) и минимума (б) напряжений на принципиальной схеме

В результате проведенной работы видно, что локализация экстремумов СКИ не постоянна: они находятся как в разных сегментах, так и на разных проводниках. Наибольшее превышение амплитуды наблюдается для второго СКИ (на 8,9%). Далее целесообразно выполнить моделирование распространения этих СКИ в более сложной структуре, например в шине реальной печатной платы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417 X0172.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Paul C. Analysis of Multiconductor Transmission Lines. – New York, NY: Wiley, 2007. – 821 p.
2. Газизов Р.Р. Методика и алгоритмы для выявления и локализации экстремумов сигнала в многопроводных линиях передачи // Системы управления, связи и безопасности. – 2017. – №4. – С. 1–14. – URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-04/01-Gazizov.pdf>
3. Газизов Р.Р., Заболоцкий А.М., Орлов П.Е. Локализация максимумов сигнала в многопроводных линиях передачи печатных плат с помощью системы TALGAT // Докл. Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2015. – № 4(38). – С. 153–156.
4. Gazizov R.R. Simulation of ESD effects on PCB bus of spacecraft autonomous navigation system // Proc. of IEEE 2017 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON) (Novosibirsk, Akademgorodok, Russia, 18–24 Sep. 2017).
5. Mora N., Vega F., Lugin G., Rachidi F., Rubinstein M. Study and Classification of Potential IEMI Sources // System Design and Assessment Notes. – 2014. – No. 41. – 92 p.