

3. Газизов Р.Р., Заболоцкий А.М., Орлов П.Е. Локализация максимумов сигнала в многопроводных линиях передачи печатных плат с помощью системы TALGAT // Докл. ТУСУРа. – 2015. – № 4(38). – С. 153–156.

4. Газизов Р.Р., Заболоцкий А.М., Газизов Т.Т. Исследование распространения сверхкороткого импульса в микрополосковой С-секции при изменении зазора между связанными проводниками // Докл. ТУСУРа. – 2016. – № 1 (19). – С. 79–82.

5. Газизов Р.Р., Газизов Т.Т. Исследование локализации пиковых значений сигнала в печатной плате системы автономной навигации // Инфокоммуникационные технологии. – 2017. – Т. 15, №2. – С. 170–178.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ TVS-СБОРКИ НА ЯВЛЕНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В ОТРЕЗКАХ ДВУХПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ**

*А.О. Губин, магистрант каф. ТУ*

*Научный руководитель А.М. Заболоцкий, проф., д.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, nzrv1955@bk.ru*

Современное общество во многом стало зависеть от всевозможных радиоэлектронных средств (РЭС), в том числе и средств вычислительной техники. При этом возникает высокий риск потери информации или управления над важными объектами инфраструктуры из-за влияния электромагнитных воздействий на РЭС. Одной из частых причин возникновения критических ситуаций, связанных с нарушением качества функционирования РЭС, может стать электромагнитное воздействие по сети электропитания [1].

Известно явление модального разложения и последующего восстановления импульса (РПВИ) [2]. Суть этого явления заключается в том, что до защитного прибора (ЗП), включенного между сигнальным и общим проводниками, опасный импульс может разложиться в линии передачи на импульсы меньшей амплитуды из-за различия скоростей распространения мод. В качестве защитного прибора могут использоваться TVS-диоды и их сборки, они обычно используются для защиты сетевых и вычислительных систем и размещаются на входе разъема или на входе чувствительных компонентов интегральной схемы. Тогда напряжение на ЗП будет ниже порога его срабатывания, и он не выполнит свою функцию, а затем произойдет восстановление импульсов в исходный из-за одновременного прихода мод к концу отрезка.

Цель работы – выполнить моделирование влияния TVS-сборки на явление разложения и восстановления сверхкороткого импульса в отрезках двухпроводных линий передачи.

На рис. 1 представлена схема, состоящая из двух отрезков двухпроводных линий передачи, последовательно включенных отрезка 1 и отрезка 2, являющегося антиподом первого [3]. В качестве источника воздействия используется генератор импульсов в форме трапеции (с равными временами фронта, плоской вершины и спада) с амплитудой ЭДС 1000 В. Длительность импульса по уровню 0,5 равна 200 пс, значения сопротивлений  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 60$  Ом. Результаты моделирования представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что исходный импульсный сигнал в конце отрезка 1 делится на два импульса (V2) и их амплитуды в 2,2 и 2,6 раза меньше амплитуды исходного сигнала. В конце отрезка 2 наблюдается восстановление импульса (V3).

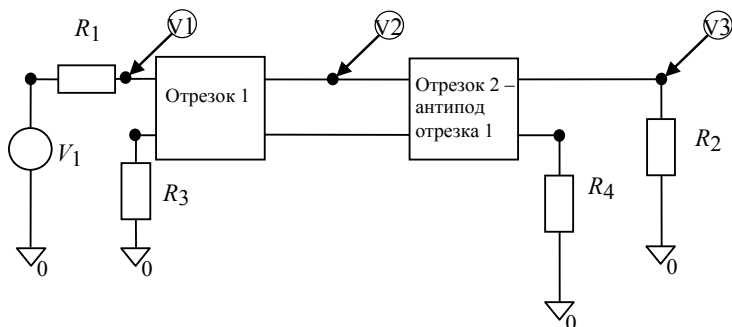


Рис. 1. Эквивалентная схема, состоящая из двух отрезков двухпроводных линий передачи

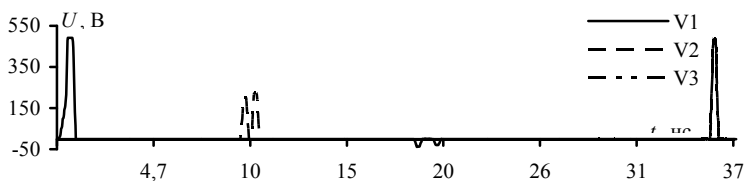


Рис. 2. Формы напряжения в активном проводнике для схемы на рис. 1

Далее был включен защитный прибор на стыке двух отрезков между активным и общим проводниками (рис. 3). В качестве защит-

ного прибора использовалась TVS-сборка. Результаты моделирования представлены на рис. 4.

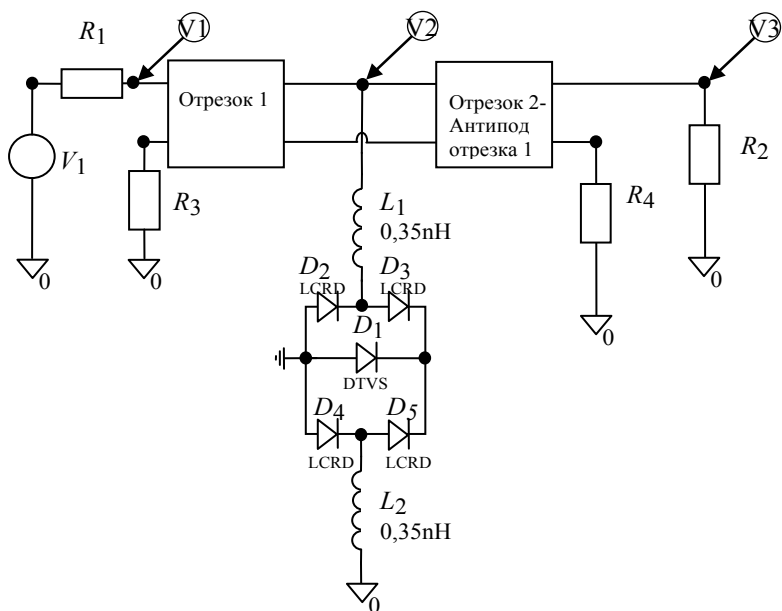


Рис. 3. Эквивалентная схема, состоящая из двух отрезков двухпроводных линий передачи и TVS-сборки

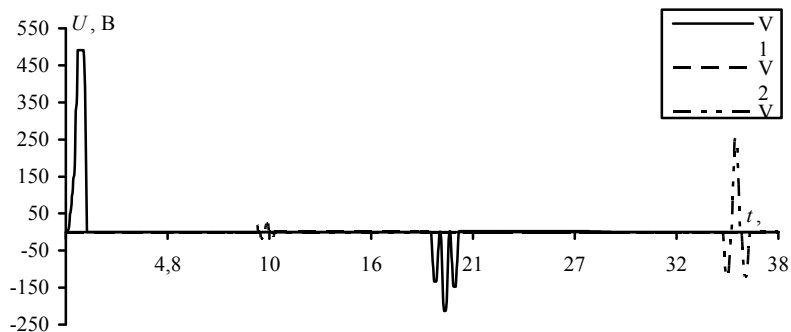


Рис. 4. Формы напряжения в активном проводнике для схемы на рис. 3

Видно, что исходный импульсный сигнал на стыке двух отрезков делится на два импульса (V2), а их амплитуды в 14,2 и 12,3 раза меньше амплитуды исходного сигнала. В конце отрезка 2 наблюдает-

сы импульс ( $V_3$ ) амплитудой в 1,3 раза меньше амплитуды исходного сигнала.

Таким образом, получено, что добавление TVS-сборки приводит к уменьшению амплитуды сигнала в конце второго отрезка в 1,3 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гизатуллин Р.М., Гизатуллин З.М. Помехоустойчивость и информационная безопасность вычислительной техники при электромагнитных воздействиях по сети электропитания. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. – 142 с.

2. Заболоцкий А.М., Газизов Т.Р., Калимулин И.Ф. Новые решения для обеспечения электромагнитной совместимости бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата. – Томск: Изд-во ТУСУРа, 2016. – 288 с.

3. Модальный фильтр с TVS-сборкой для защиты сети FastEthernet / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов, И.Е. Сомотин // Доклады ТУСУРа. – 2010. – № 2(22), ч. 2. – С. 160–163.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩЕГО ФИЛЬТРА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

*И.П. Ромашов, Р.Р. Хажибеков, студенты*

*Научный руководитель А.М. Заболоцкий, профессор, д.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, sagittariusigor@mail.ru*

В настоящее время в большинстве устройств постоянного тока используются импульсные блоки питания (ИБП). ИБП могут быть как внешними, так и встроенными. Эти устройства являются источниками интенсивных электромагнитных помех. Так как сигналы представляют собой периодическую последовательность импульсов, их спектры могут занимать диапазон частот шириной в несколько мегагерц. Также ИБП восприимчивы к влиянию внешних электромагнитных помех. В связи с этими недостатками возникает необходимость в подавлении помех, которые они генерируют и наводят в сеть питания, и защите их от внешних помех. Для этих целей используют фильтры подавления электромагнитных помех, или помехоподавляющие фильтры.

Цель данной работы – моделирование помехоподавляющего фильтра блока питания персонального компьютера.

На рис. 1 представлена фотография фильтра блока питания персонального компьютера (ПК). Этот фильтр работает как в прямом, так и обратном направлении и ослабляет как входящие, так и исходящие помехи. Конденсаторы  $C_{Y1}$ ,  $C_{Y1}$  и дроссель  $L_Y$  подавляют синфазные помехи, которые воздействуют на изоляцию проводов относительно