

ЛИТЕРАТУРА

1. Кечиев Л.Н. Экранирование радиоэлектронной аппаратуры: инженерное пособие. – М.: Грифон, 2019. – 720 с.
2. Hillebercht T. Prediction of Frequency Dependent Shielding Behavior for Ground Via Fences in Printed Circuit Boards / T. Hillebercht, D. Dahl, C. Schuster // 2019 IEEE 23rd Workshop on Signal and Power Integrity (SPI). – 18–21 June 2019.
3. Wang T. The Isolation Effectiveness of Ground Via Stitches in High-Speed Board Design / T. Wang, R. Yaghmai, B. Brecht // 2018 IEEE Symposium on Electromagnetic Compatibility, Signal Integrity and Power Integrity (EMC, SI & PI). – 30 July – 3 Aug. – 2018.

УДК 621.391

МОДАЛЬНЫЙ ФИЛЬТР С LC-ЗВЕНЬЯМИ В ПАССИВНОМ ПРОВОДНИКЕ

Д.Б. Иванов, студент; Е.С. Жечев, ассистент

*Научный руководитель Е.С. Жечев, ассистент каф. ТУ
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, daniil992011@gmail.com*

Представлены результаты моделирования модального фильтра с LC-звеньями и без них в системе ADS без учета потерь. Получены частотные и временные отклики для рассматриваемых структур.

Ключевые слова: модальный фильтр, сверхкороткий импульс, моделирование в ADS.

Для современной радиоэлектронной аппаратуры большую опасность представляют сверхкороткие импульсы (СКИ). Такие импульсы обычно имеют очень высокую амплитуду напряжения, малую длительность и широкий спектр [1].

Одним из способов борьбы с СКИ является применение модальных фильтров (МФ), которые работают на основе явления модального разложения в неоднородной диэлектрической среде [2]. Двухпроводный МФ, поперечное сечение и схема подключения которого представлены на рис. 1, является простейшим устройством, работающим на этом явлении. По своим характеристикам данный МФ близок к фильтру нижних частот.

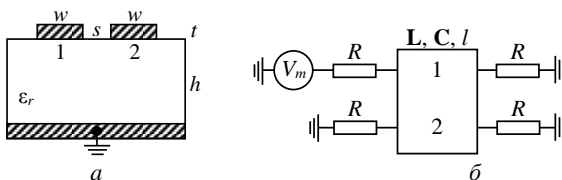


Рис. 1. Поперечное сечение (а) и схема включения (б) двухпроводного МФ

Для улучшения характеристик МФ могут применяться различные подходы и методы. Между тем, каскадное соединение LC-фильтров и МФ может значительно уменьшить максимальное напряжение на выходе активного проводника [3] при минимальных затратах. Таким образом, цель данной работы – исследовать характеристики модального фильтра с LC-звеньями в пассивном проводнике.

К пассивному проводнику исходного МФ подключались однозвенные LC-фильтры, рассчитанные на частоту 144 МГц. Номиналы LC-фильтра составили: $L = 23$ нГн, $C = 56$ пФ. При этом рассмотрено два варианта их подключения: только к ближнему концу и на обоих концах (рис. 2). Моделирование двухпроводного МФ проводилось в системе автоматизированного проектирования Advanced Design System. Параметры структуры составили: $w = 500$ мкм, $s = 140$ мкм, $t = 35$ мкм, $h = 260$ мкм, $\epsilon_r = 4$, $l = 1000$ мм.

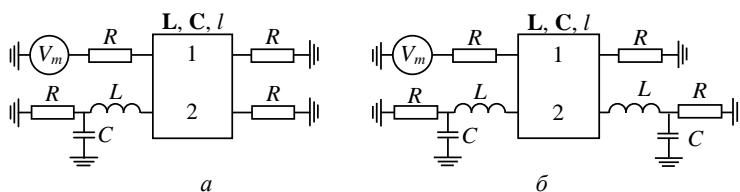


Рис. 2. Схемы подключения однозвенных LC-фильтров к двухпроводному МФ: только к ближнему концу (а), на обоих концах (б)

Результаты моделирования МФ с различными вариантами подключения однозвенных LC-фильтров представлены на рис. 3 и 4. Частотная зависимость $|S_{21}|$ получена в диапазоне от 0 до 2 ГГц. В качестве СКИ использован трапецеидальный импульс со следующими параметрами: ЭДС 1 В, длительности фронта, спада и плоской вершины по 100 пс.

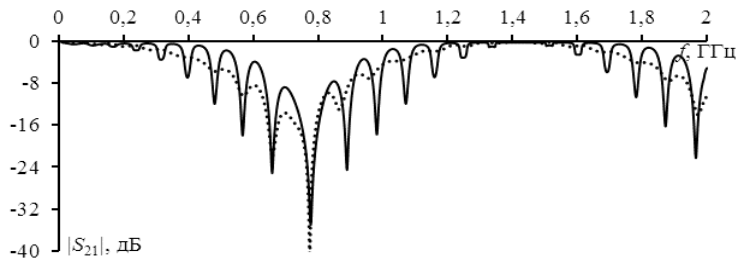


Рис. 3. Частотная зависимость $|S_{21}|$ для схем подключения МФ с LC-фильтрами на ближнем конце (...); обоих концах пассивного проводника (—)

Результаты моделирования МФ с использованием LC-фильтра на ближнем конце пассивного проводника показали, что минимальная

амплитуда импульсов после разложения составляет 0,23 В. В случае когда LC-звенья подключены на оба конца пассивного проводника, амплитуды импульсов составляют 0,21 и 0,29 В.

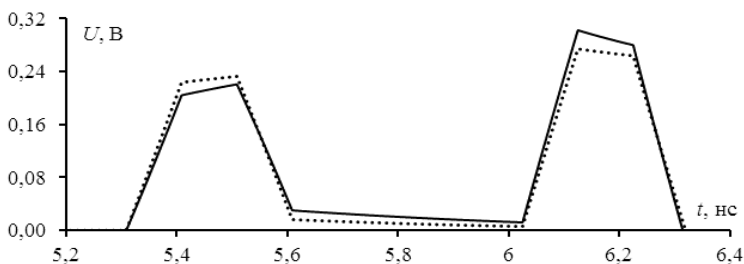


Рис. 4. Отклик на СКИ, полученный для схем подключения МФ с LC-фильтрами на ближнем конце (...); обоих концах пассивного проводника (—)

Включение LC-звена в цепь с пассивным проводником МФ не даёт особых результатов, данные звенья необходимо включать в цепь активного проводника.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FEWM-2022-0001).

ЛИТЕРАТУРА

1. Заболоцкий А.М. Электромагнитная совместимость: модальные технологии: учеб. пособие / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов. – Томск: Изд-во ТУСУР. – 2018. – 132 с.
2. Белоусов А.О. Многопроводная микрополосковая линия как модальный фильтр для защиты от сверхкоротких импульсов / А.О. Белоусов, Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий // Доклады ТУСУР. – 2015. – № 3(37). – С. 124–128.
3. Zhechev Y.S., Kosteletskii V.P. A modal filter with a parallel oscillatory circuit in a passive conductor // Сб. избран. статей научной сессии ТУСУР. – 2020. – № 1-2. – С. 323–326.

УДК 519.688

СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОГРАММНЫХ БИБЛИОТЕК ПОСТРОЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ СЕТОК

Д.М. Мочалов, студент; Д.В. Ключин, магистрант
Научный руководитель С.П. Куксенко, проф. каф. ТУ, д.т.н.
Проект ГПО ТУ-1502. Вычислительная ЭМС
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, dm_mochalov@tu.tusur.ru

Представлены результаты сравнительного анализа производительности программных библиотек построения расчетных сеток CGAL