

Таким образом, разработан узел управления механизмом двери КЭЖ, позволяющий автоматизированно с минимальным шумом и временем работы её открыть или закрыть без участия человека.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-10162) в ТУСУРе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комнатнов М.Е. Камера для совместных климатических и электромагнитных испытаний электронных компонентов / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов // Техника радиосвязи. – 2014. – Т. 23, № 3. – С. 84–91.

2. Третьяков Т.И. Усовершенствование платы управления климатической экранированной ТЕМ-камеры / Т.И. Третьяков, П.А. Попов, А.А. Собко, М.Е. Комнатнов // Матер. междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2021». – Томск, 2021. – Ч. 1. – С. 229–231.

УДК 621.391.825

АНАЛИЗ ЧЕТЫРЕХСЛОЙНОГО ЗЕРКАЛЬНО-СИММЕТРИЧНОГО МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА В СИНФАЗНОМ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ РЕЖИМАХ

С.В. Власов, студент

*Научный руководитель Е.С. Жечев, ассистент каф. ТУ
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, Lukashinka12@gmail.com*

Выполнен анализ конструкции зеркально-симметричного модального фильтра. С помощью квазистатического подхода получены временные отклики для синфазного и дифференциального режимов включения. Выявлено, что исследуемая структура раскладывает сверхкороткий импульс на два импульса меньшей амплитуды в обоих режимах.

Ключевые слова: модальная фильтрация, помехозащитные устройства, квазистатическое моделирование, коэффициент передачи, дифференциальный режим, синфазный режим.

Современная радиоэлектронная аппаратура (РЭА) становится более восприимчивой к электромагнитным помехам из-за уменьшения размеров компонентов и увеличения плотности монтажа [1]. Особую опасность представляет сверхкороткий импульс (СКИ), способный обходить традиционные системы защиты. Для защиты от СКИ применяются устройства на основе технологии модальной фильтрации, в частности, модальные фильтры (МФ) [2]. Существует ряд подходов и методов, используемых для улучшения параметров МФ [3, 4]. Однако они обладают недостатками (низкая радиационная стойкость, малый

срок службы, отказ в работе при высоких напряжениях, недостаточное быстродействие и т.д.), ограничивающими область их применения. Ранее [5] анализировался зеркально-симметричный модальный фильтр (ЗС МФ), но он не исследовался для синфазных и дифференциальных режимов включения. Цель данной работы – выполнить такое исследование. Поперечное сечения ЗСМФ представлено на рис. 1.

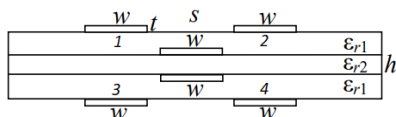


Рис. 1. Поперечное сечение ЗС МФ [5]

На рис. 2 представлены эквивалентные схемы ЗС МФ для синфазного и дифференциального режимов включения. Для моделирования использовалась система Advanced Design System (ADS).

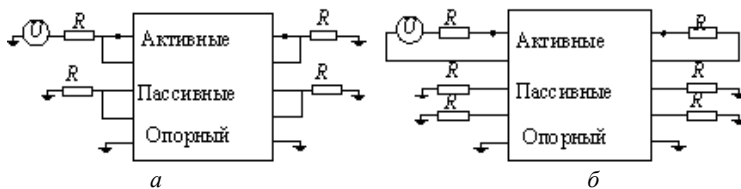


Рис. 2. Эквивалентные схемы включения ЗСМФ для синфазного (а) и дифференциального (б) режимов включения

Значения сопротивления R равно 50 Ом (см. рис. 2), а длина линии ЗС МФ принята 1 м. В качестве воздействующего импульса использовался СКИ с параметрами: амплитуда 1 В, длительности фронта, спада и плоской вершины – 0,1 пс. Геометрические параметры структуры: $s = 700$ мкм, $w = 1000$ мкм, $t = 35$ мкм, $h = 920$ мкм. При моделировании с потерями были учтены потери в диэлектрике с тангенсом диэлектрических потерь 0,025, а также потери в проводниках. Временные отклики для синфазного и дифференциального режимов представлены на рис. 3.

Из результатов моделирования без учета потерь видно, что для синфазного режима включения амплитуда сигналов составляет 244 и 221 мВ, а для дифференциального – 172 и 183 мВ. Время прихода первого и второго импульса для синфазного режима составляет 5,96 и 6,34 нс, а для дифференциального – 5,16 и 5,61 нс. Следовательно, разница задержек между первым и вторым импульсами для синфазного режима включения составляет 380 пс, а для дифференциального – 450 пс.

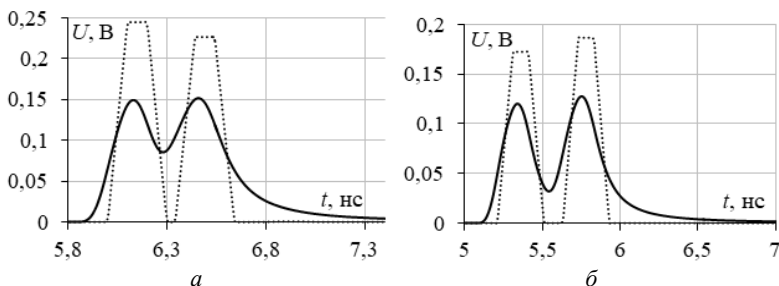


Рис. 3. Временные отклики для синфазного (а) и дифференциального (б) режимов включения ЗС МФ с учетом (—) и без учета (---) потерь

Из результатов моделирования с учетом потерь видно, что для синфазного режима амплитуда импульсов составляет 145 и 148 мВ, а для дифференциального – 117 и 125 мВ. Время прихода первого и второго импульсов для синфазного режима включения составляет 5,86 и 6,27 нс, а для дифференциального – 5,08 и 5,51 нс. Следовательно, разница задержек между первым и вторым импульсом для синфазного режима включения составляет 410 пс, а для дифференциального – 430 пс.

Таким образом, выполнено моделирование в системе ADS для синфазного и дифференциального режимов включения ЗС МФ. Получены временные отклики на воздействие СКИ, а также рассчитана разница задержек импульсов разложения.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Study and classification of potential IEMI sources / N. Mora, F. Vega, G. Lugrin, F. Rachidi, M. Rubinstein. // System and assessment notes. – 2014. – Vol. 41.
2. Gazizov A.T. UWB pulse decomposition in simple printed structures / A.T. Gazizov, A.M. Zabolotsky, T.R. Gazizov // IEEE Transactions on electromagnetic compatibility. – 2016. – Vol. 58, No. 4. – P. 1136–1142.
3. Заболоцкий А.М. Использование зеркальной симметрии для совершенствования модальной фильтрации // Доклады ТУСУР. – 2015. – № 2(36). – С. 41–44.
4. Zhechev Y.S. A modal filter with a parallel oscillatory circuit in a passive conductor / Y.S. Zhechev, V.P. Kosteletskii // TUSUR Scientific Session: Collection of selected papers – 2020. – No. 1-2. – P. 323–326.
5. Экспериментальные исследования зеркально-симметричного модального фильтра во временной и частотной областях / Е.С. Жечев, Е.Б. Черникова, А.О. Белоусов, Т.Р. Газизов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 2. – С. 162–179.