

ЛИТЕРАТУРА

1. Dai X. Implicit periodic strong reflection points of UWB Hilbert fractal time delay lines and the performance improvements / X. Dai, W. Feng, W. Che // IEEE Trans. Microw. Theory Techn. – Oct. 2022. – Vol. 70, No. 10. – P. 4376–4388.
2. Zhechev Y.S. et al. Routing Technique for Microwave Transmission Lines to Ensure UWB Interference Immunity // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2023. – Vol. 12, No. 71. – P. 5304–5316.
3. Electromagnetic Compatibility (EMC). – Part 1–5: High Power Electromagnetic (HPEM) Effects on Civil Systems // IEC. 61000-1-5. – Ed: IEC. – 2004.
4. Intel Agilex® 7 Device Family HighSpeed Serial Interface Signal Integrity Design Guidelines [Электронный ресурс]. – Сайт Intel: <https://device.report/manual/11296866> (дата обращения: 12.04.2024).
5. Baum C.E. Norms and eigenvector norms // Math. Notes. – 1979. – Vol. 63. – P. 1–42.

УДК 621.391.825

ВЛИЯНИЕ ЗАЗЕМЛЕННЫХ ЗАЩИТНЫХ ТРАСС НА ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИЕ СВОЙСТВА ДВУХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПАР

С.В. Власов, магистрант

*Научный руководитель Е.С. Жечев, доцент каф. СВЧуКР, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, Lukashinka12@gmail.com*

Представлены результаты моделирования характеристик двух связанных дифференциальных пар с защитными трассами и без них. Результаты показали, что применение защитных трасс ухудшают помехоподавляющие свойства, но уменьшает наведенное напряжение на вторую дифференциальную пару.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, дифференциальная пара, сверхширокополосная помеха.

Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) является ключевым аспектом в проектировании современных радиоэлектронных систем. Дифференциальные пары играют важную роль в передаче сигналов на высоких частотах, и их надежное функционирование в различных электромагнитных средах критично [1].

Для обеспечения ЭМС, в частности, защиты от различных видов помех применяют разнообразные технические решения, такие как TVS-диоды, варисторы, LC-фильтры и т.д. [2]. Эти меры направлены на защиту дифференциальных пар от разрядов статического электричества, перенапряжений, шумов и других внешних воздействий. Важно учитывать не только защиту от внешних помех, но и уменьшение

перекрестных помех между самими дифференциальными парами и другими элементами системы. Для защиты от перекрестных помех часто применяются защитные трассы с определенной геометрией и расположением на печатной плате [3].

Ранее не было проведено исследования влияния защитных трасс на помехоподавляющие свойства двух дифференциальных пар. Цель работы – выполнить анализ влияния защитных трасс на характеристики двух связанных дифференциальных пар.

На рис. 1 представлены поперечное сечение и эквивалентная схема включения двух дифференциальных пар.

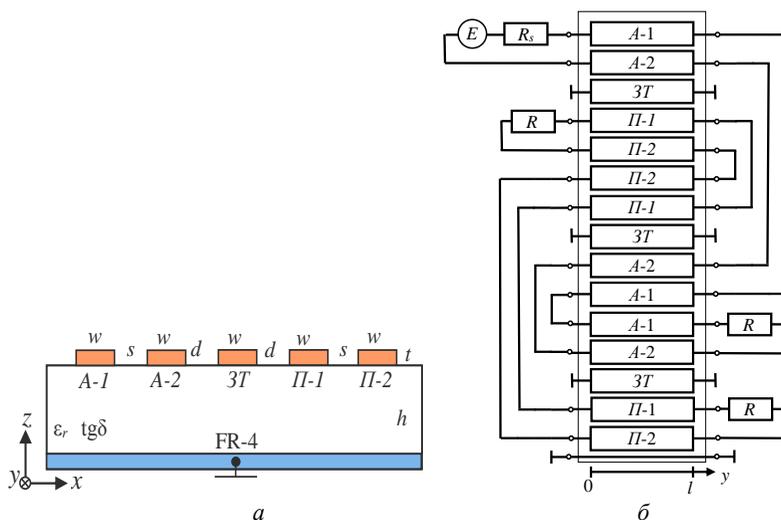


Рис. 1. Поперечное сечение (а) и эквивалентная схема включения (б) двух связанных дифференциальных пар

Геометрические параметры структуры: общая длина дифференциальных пар $l = 200$ мм, ширина проводников $w = 170$ мкм, расстояние между проводниками $s = 350$ мкм, расстояние между витками $d = 70$ мкм, толщина подложки $h = 101$ мкм, толщина проводников $t = 35$ мкм. Относительная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь подложки приняты равными $\epsilon_r = 4,5$ и $\text{tg}\delta = 0,025$. Структура согласована с трактом 100 Ом. На рис. 2 представлены временные отклики на выходе исследуемой структуры при воздействии сверхширокополосной (СШП) помехи без защитных трасс (3Т) и с их наличием.

Из рис. 2 видно, что без ЗТ-ослабления помехи больше. Максимальное значение амплитуды помехи на выходе исследуемой структуры без ЗТ составило 169 мВ, а с ЗТ – 234 мВ.

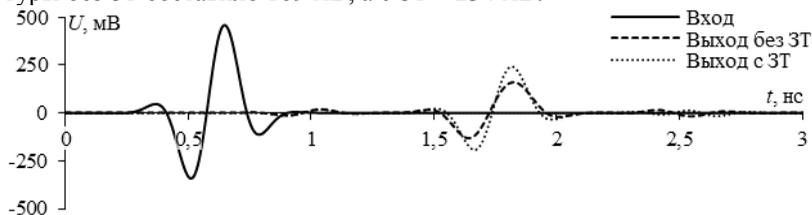


Рис. 2. Временной отклик на СШП-помеху

На рис. 3 представлены формы наведенного напряжения на входе и выходе второй дифференциальной пары при распространении СШП-помехи.

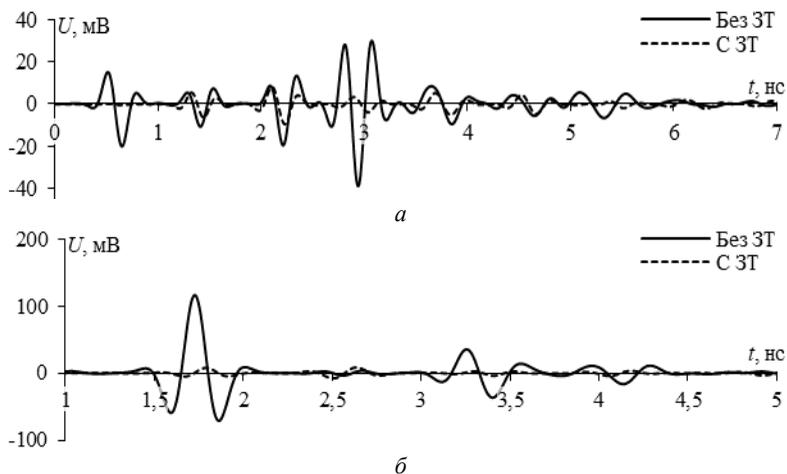


Рис. 3. Наведенное напряжение на входе (а) и выходе (б) второй дифференциальной пары при распространении СШП-помехи

Из рис. 3 видно, что при добавлении ЗТ уменьшается взаимное влияние (уменьшении амплитуды наведенного напряжения) как на входе, так и на выходе исследуемой структуры. Максимальная амплитуда напряжения помехи на входе без ЗТ составила 37 мВ, с ЗТ – 6,5 мВ, а на выходе – 116 и 9,1 мВ соответственно.

Выявлено, что, добавляя ЗТ, можно уменьшить взаимное влияние дифференциальных пар друг на друга. Но за счет этого ухудшатся

помехоподавляющие свойства. В будущих исследованиях планирует провести лабораторный эксперимент.

Исследование выполнено в рамках проекта FEWM-2024-0005 Минобрнауки России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Завалин И. Проблемы высокоскоростной передачи данных. Соединители стандарта VPX // Компоненты и технологии. – 2018. – № 3. – С. 22–24.

2. Effect of RF signals on TVS diode trigger voltage for ESD protection / G. Maghlakelidze, S. Marathe, W. Huang, J. Willemen, D. Pommerenke // IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility & Signal/Power Integrity (EMCSI). – 2020. – P. 194–199.

3. Скорняков И.А. Оценка влияния способов заземления защитной трассы связанной двухпроводной линии на перекрестные наводки // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР: матер. конф. «Научная сессия ТУСУР – 2021. – Томск: В-Спектр, 2021. – № 1-2. – С. 83–86.

УДК 621.391.825

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПАР С МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ

С.Р. Морозов, С.В. Власов, магистранты

*Научный руководитель Е.С. Жечев, доцент каф. СВЧиКР, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, pred11072@yandex.ru*

Представлены первые результаты моделирования характеристик двух связанных дифференциальных пар с модальным резервированием. Из полученных результатов видно, что связанные дифференциальные пары можно применять для уменьшения кондуктивных помех в цепях с модальным резервированием.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, дифференциальная пара, сверхширокополосная помеха, резервирование.

В современных электронных устройствах дифференциальные пары играют важную роль в передаче сигналов, и их надежное функционирование в различных электромагнитных средах критично [1]. Существует множество способов повышения функциональной безопасности [2], одним из которых является резервирование [3, 4]. Однако от воздействия электромагнитных помех (ЭМП) оно не защищает. Для борьбы с ЭМП может быть использована технология на основе модальной фильтрации [5]. Разработан подход, называемый модальным резервированием (МР). Его особенностью является реализация модальной фильтрации за счет использования сильной электромагнитной связи между основными и резервными проводниками [6]. Оpub-