

Влияние шлейфов между проводниками двух связанных линий передачи на значения дальней перекрестной помехи

М.С. Мурманский

Научный руководитель: к.т.н. Е.С. Жечев

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: mihailmurmanskii@gmail.com

The influence of fingers between conductors of two coupled transmission lines on the values of far-end crosstalk

M.S. Murmanskii

Scientific Supervisor: Ph.D Y.S. Zhechev

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk,
Lenin str. 40, 634050,

E-mail: mihailmurmanskii@gmail.com

***Abstract.** The influence of fingers on frequency and time characteristics of two coupled transmission lines is investigated. Electrodynamics simulation was performed in the frequency range from 10 MHz to 10 GHz. It is shown that the use of fingers reduces the value of far-end crosstalk. Also the use of fingers increases the cutoff frequency by 300 MHz. The frequency range in which the long-range crosstalk does not exceed -20 dB has increased by 310 MHz.*

***Keywords:** N-norms, far-end crosstalk.*

Введение

Для уменьшения значений дальней перекрестной помехи применяют различные способы и методы модификаций микрополосковых линий передачи. Так, например, используют близко расположенные проводники и витки схемы трассировки проводников в виде меандра [1]. Дополнительно к этому применяют утолщение паяльной маски и U-образные отводы на пассивной линии [2]. Так же, используют шлейфы между межсоединениями, которые изменяют собственные значения матриц электростатической и магнитной индукции, что приводит к уменьшению значений дальней перекрестной помехи [3]. Однако ранее не было исследовано влияние шлейфов между проводниками двух связанных линий передачи.

Таким образом цель данной работы – исследовать влияние шлейфов между проводниками двух связанных линий передачи на значения дальней перекрестной помехи во временной и частотной областях.

Экспериментальная часть

В качестве среды моделирования использована система квазистатического анализа TAlGAT [4]. В качестве объекта исследования выбрана структура из [1], состоящая из двух связанных линий передачи, свернутых в меандр. На рис. 1 представлены её используемые шлейфы, поперечное сечение и эквивалентная схема включения.

Параметры поперечного сечения: ширина проводников $w = 0,5$ мм, толщина проводников $t = 0,018$ мм, расстояние между проводниками $s = 0,15$ мм, расстояние между парами $d = 0,15$ мм, высота диэлектрической подложки $h = 0,25$ мм, общая длина проводников $l = 250$ мм. В качестве диэлектрической подложки использован СВЧ ламинат RO4350B с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon_r = 3,66$ и тангенсом угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta = 0,018$. Параметры используемых шлейфов: расстояние между шлейфами $s_1 = 0,05$ мм, ширина шлейфов $w_1 = 0,05$ мм, длина шлейфов $l_1 = 0,075$ мм.

Номиналы резисторов составили 50 Ом. В качестве помехового воздействия выбран Гауссов импульс с частотным спектром от 0 до 6 ГГц. Для анализа сигналов во временной области использованы N -нормы [5]. На рис. 2 представлен гауссов импульс во временной области и его спектральная плотность напряжения.

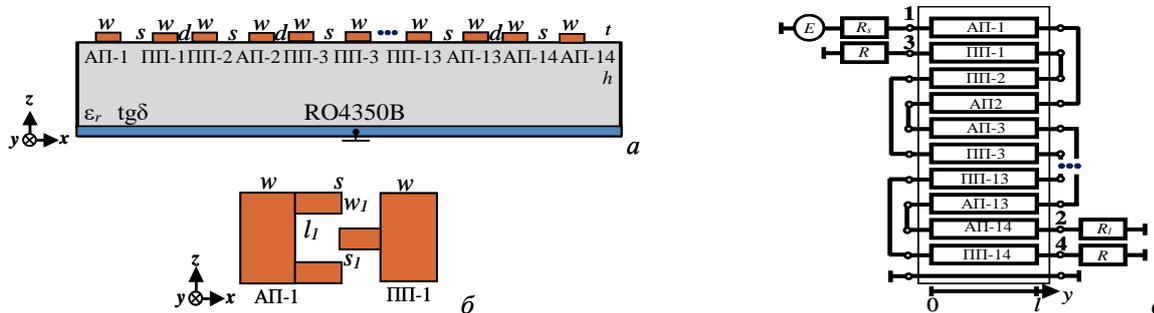


Рис. 1. Используемые шлейфы (а), поперечное сечение (б) и эквивалентная схема включения (в) исследуемой структуры

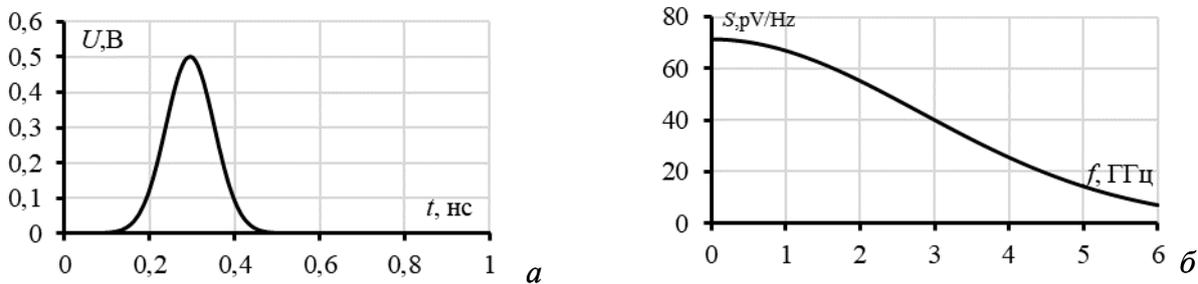


Рис. 2. Гауссов импульс во временной области (а) и его спектральная плотность напряжения (б)

Результаты

Выполнен анализ влияния шлейфов на частотные зависимости модулей коэффициентов передачи $|S_{21}|$ и $|S_{41}|$ (рис. 3).

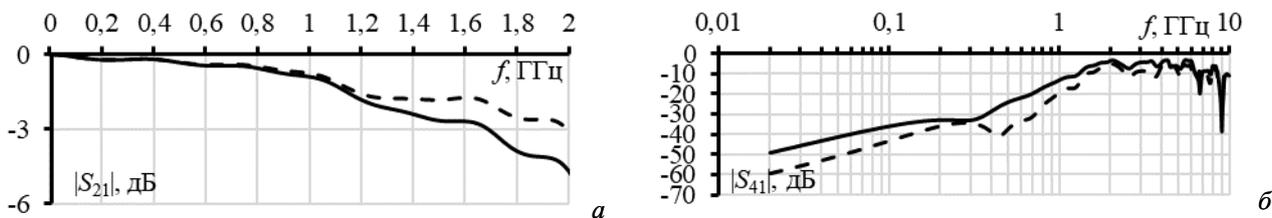


Рис. 3. Частотные зависимости $|S_{21}|$ (а) и $|S_{41}|$ (б) с использованием шлейфов (--) и без них (—)

Из рис.3а видно, что использование шлейфов увеличивает значение частоты среза с 1,7 до 2 ГГц. Из рис.3б видно, что использование шлейфов повышает диапазон частот в котором $|S_{41}|$ не превышает минус 20 дБ на 320 МГц. На рис. 4 показан временной отклик, вычисленный в порту 4 при использовании шлейфов и без них.

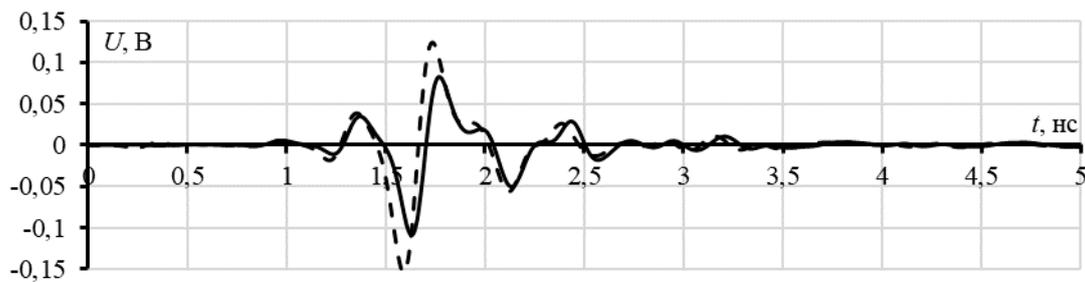


Рис. 4. Формы напряжения дальней перекрестной помехи при использовании шлейфов (--) и без них (—)

Из рис. 4 видно, что использование шлейфов позволяет снизить значение дальней перекрестной помехи во временной области с 1,52 до 0,109 В.

В табл. 1 приведены значения вычисленных N -норм временных откликов в 4 порту.

Таблица 1

Вычисленные значения N -норм временных откликов в 4 порту

Структура	N_1	$N_2 \cdot 10^9$	$N_3 \cdot 10^{-18}$	$N_4 \cdot 10^{-11}$	$N_5 \cdot 10^{-6}$
с шлейфами	0,109	2,276	5,315	4,806	1,442
без шлейфов	0,154	3,186	18,888	6,221	2,022

Из табл. 1 видно, что использование шлейфов позволяет уменьшить значение N_1 в 1,41 раза, а также ослабить значения N_2 в 1,39 раза, N_3 – 3,55 раз, N_4 в 1,294 раза и N_5 в 1,402 раза.

Заключение

Таким образом, использование шлейфов между проводниками двух связанных линий передачи позволяет уменьшить значение дальней перекрестной помехи в 4 порту в 1,41 раза. Выявлено, что использование шлейфов повышает диапазон частот в котором $|S_{41}|$ не превышает уровень минус 20 дБ на 330 МГц. Так же выявлено, что использование шлейфов увеличило частоту среза на 300 МГц.

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

Список литературы

1. Zhechev Y.S. Routing Technique for Microwave Transmission Lines to Ensure UWB Interference Immunity // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2023. – Vol. 71. – P.5304–5316.
2. Lin Z. Sensitivity Analysis of Local Soldermask and Coverlay in High Speed Transimission Lines for DDR5 Applications to Reduce FEXT // IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility & Signal/Power Integrity. – Reno: IEEE, 2020. – P. 586–590.
3. Ge J. High Performance Interconnects with Reduced Far-End Crosstalk for High-Speed ICs and Communication Systems // IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology. – 2023. – Vol. 13. – P. 1013–1020.
4. Kuksenko S.P., Gazizov T.R., Zabolotsky A.M., Ahunov R.R., Surovtsev R.S., Salov V.K. and Lezhnin E.V. New developments for improved simulation of interconnects based on method of moments // Proceedings of the 2015 International conference on modelling, simulation and applied mathematics. – Phuket: Atlantis Press, 2015. – P. 1–8.
5. Baum C.E. Norms and eigenvector norms // Math. Notes. – 1979. – Vol. 63. – P. 1–42.