

Международная академия наук высшей школы
Академия наук высшей школы Российской Федерации
Сибирская академия наук высшей школы
Бурятский, Красноярский, Кузбасский, Новосибирский,
Омский, Томский научные центры САН ВШ
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-27-2021)

27-я международная
научно-практическая конференция

16 ноября 2021 г.
г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ
(материалы конференции)

Томск
Издательство ТУСУРа
2021

М. А. САМОЙЛИЧЕНКО, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск

ВЛИЯНИЕ ЭКРАНА НА РАЗЛОЖЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРАХ НА ДВУХСТОРОННЕЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

На примере двух модальных фильтров (МФ) рассматривается влияние экрана на разложение сверхкороткого импульса. Моделируется МФ с четырьмя опорными проводниками (по краям МФ на внешних слоях) и с удалением двух диагональных опорных проводников. Показано, что с увеличением расстояния до экрана разность погонных задержек мод становится меньше для двух МФ. Кроме того, амплитуда первого импульса уменьшается, а второго – увеличивается. Выявлено большее влияние экрана в МФ без двух проводников. Вычислены подтверждающие временные отклики.

Вследствие перехода к цифровым устройствам проблема электромагнитной совместимости особенно обостряется: под воздействием помех электроника может срабатывать ложно, а также выходить из строя. Особенно опасны широкополосные помехи, которые обычно возникают в виде отдельных импульсов или их последовательности. Частным случаем таких помех являются сверхкороткие импульсы (СКИ) [1], которые вызывают повреждение или разрушение радиоэлектронных устройств. Поэтому защита от электромагнитных помех очень актуальна.

Простым средством подавления СКИ являются новые защитные устройства, называемые модальными фильтрами [2]. Их действие достигается за счет разложения СКИ на моды, каждая из которых распространяется со своей задержкой. Особый интерес представляют МФ на двухсторонних печатных платах (ПП). Они просты в реализации и обеспечивают хорошее подавление СКИ вне зависимости от количества проводников в МФ [3]. Поэтому необходимо исследование влияния экрана на разложение СКИ в таких МФ. Так, ранее оценивалось влияние соединения опорных проводников с помощью экрана в МФ на двухсторонней

ПП [4]. Рассматривались две структуры МФ: с четырьмя опорными проводниками (по краям МФ на внешних слоях) и с удалением двух диагональных опорных проводников. Показано, что соединение опорных проводников между собой с помощью экрана фактически устраняет их влияние, а выполнять функцию опорных проводников может экран. Однако не исследовано влияние расстояния от проводников до экрана на разложение СКИ. Цель данной работы – выполнить такое исследование.

Поперечные сечения МФ и схема включения приведены на рисунке 1.

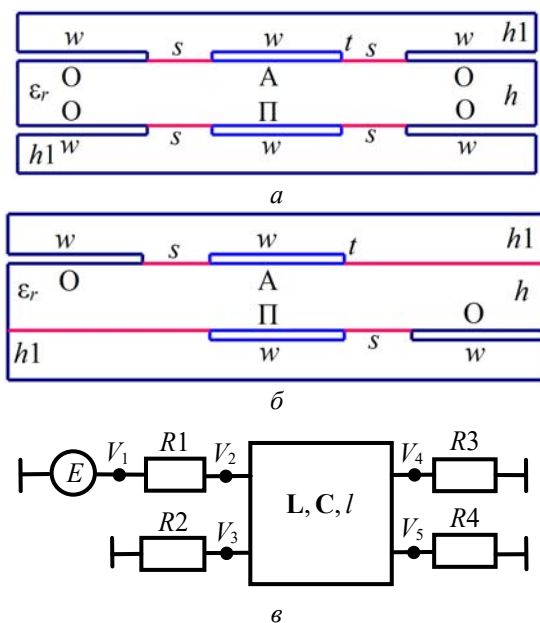


Рисунок 1 – Поперечные сечения МФ со всеми опорными проводниками (а), без двух диагональных проводников (б) и схема включения МФ (в) (проводники: О – опорный, П – пассивный, А – активный)

Детальное описание моделируемых структур дано в [4] и здесь опускается. Моделирование выполнялось при одинаковых параметрах для двух МФ: $t = 35$ мкм, $w = 1500$ мкм,

$s = 500$ мкм, $h = 500$ мкм, $\epsilon_r = 4,5$ при длине МФ 1 м. Расстояние от проводников до экрана $h1$ изменяли от 0,5 до 10 мм с шагом 0,5 мм. Вычисление параметров и форм сигнала выполняли с помощью квазистатического подхода в системе TALGAT [5]. Потери в проводниках и диэлектриках не учитывались.

Зависимости погонных задержек мод τ_i и амплитуд импульсов U_i на выходе МФ приведены на рисунке 2. Видно, что при увеличении $h1$ значения τ_1 и τ_2 становятся больше для обоих МФ. Однако разность погонных задержек мод становится меньше. Так, для МФ со всеми проводниками при $h1=0,5$ мм $\tau_2 - \tau_1 = 1,84$ нс/м; при $h1=10$ мм $\tau_2 - \tau_1 = 1,77$ нс/м, а для МФ без диагональных проводников разность погонных задержек мод составляет 1,92 нс/м и 1,82 нс/м соответственно. При $h1 > 3$ мм τ_i почти перестает изменяться для обоих МФ, т.е. влияние экрана на разложение СКИ почти отсутствует. Для обоих МФ с увеличением $h1$ уменьшается U_1 и увеличивается U_2 . Однако из-за того что первая (быстрая) мода распространяется преимущественно в воздухе, изменение $h1$ больше влияет на U_1 .

Также большее влияние на U_1 наблюдается в МФ без двух диагональных проводников (из-за отсутствия двух опорных проводников первая мода больше распространяется в воздухе). При $h1 > 5,5$ мм амплитуды импульсов почти выравнены ($U_1=0,423$ В и $U_2=0,421$ В). На U_2 (амплитуда второй моды, которая распространяется преимущественно в диэлектрике) изменение $h1$ влияет незначительно. Так, при $h1 > 2,5$ мм U_2 не изменяется (для обоих МФ $U_2=0,421$ В). На рисунке 3 показаны примеры результатов моделирования форм напряжения на входе и выходе МФ.

Таким образом, на примере двух МФ показано влияние экрана на разложение СКИ. При увеличении расстояния от проводников до экрана $h1$ значения погонных задержек мод τ_1 и τ_2 увеличиваются, однако их разность уменьшается. При отдалении экрана от проводников амплитуда первого импульса уменьшается, а второго – увеличивается. Наибольшее влияние происходит на амплитуду первой моды. Большее влияние на амплитуду U_1 наблюдается в МФ без двух диагональных проводников.

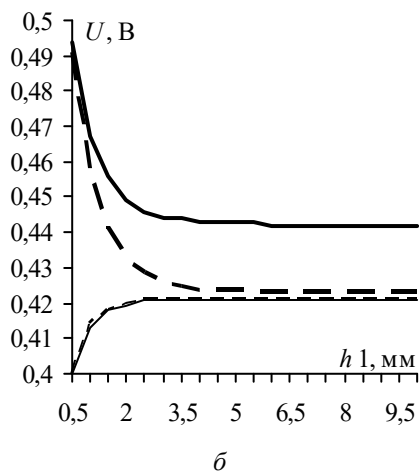
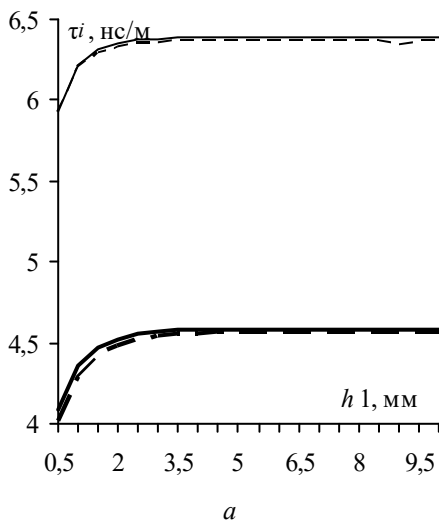


Рисунок 2 – Зависимости τ_1 (—), τ_2 (---) от h_1 (а)
и U_1 (—), U_2 (---) от h_1 (б) для МФ со всеми проводниками
и τ_1 (- -), τ_2 (- -) от h_1 (а) и U_1 (- -), U_2 (- -) от h_1 (б)
для МФ без диагональных проводников

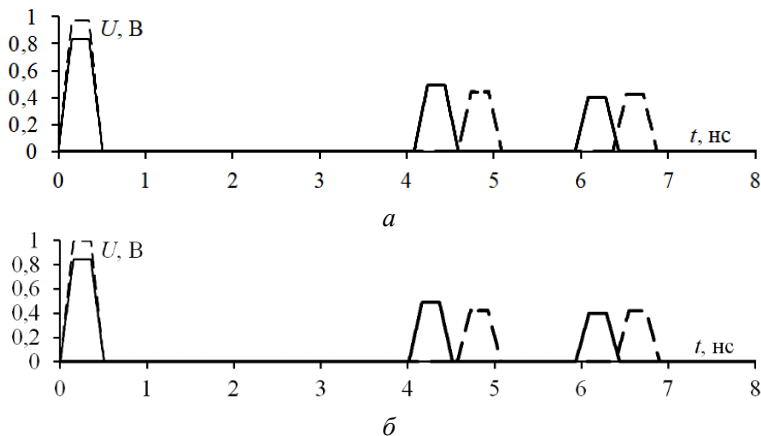


Рисунок 3 – Формы напряжения на входе МФ при $h_1=0,5$ мм (—), $h_1=10$ мм (---) и выходе МФ при $h_1=0,5$ мм (—), $h_1=10$ мм (— —) для МФ со всеми диагональными проводниками (а) и без них (б)

При $h_1 > 3$ мм погонные задержки мод и амплитуды импульсов для двух МФ перестают изменяться. Это показывает, что влияние экрана (при таких параметрах МФ) становится минимальным. Необходимо более детальное исследование влияния экрана на разложение СКИ в МФ на двухсторонней ПП.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90033.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гизатуллин, З.М., Набиев, И.И., Нуриев, М.Г. Помехоустойчивость электронных средств при воздействии наносекундных электромагнитных импульсов по сети питания // Техника и технология: Новые перспективы развития. 2014. № 12. С. 107–110.
2. Gazizov, A.T., Zabolotsky, A.M., Gazizova, O.A. New printed structures for protection against UWB pulses // Proc. 16th International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices, Erlagol, Russia. 2015. P. 120–122.
3. Самойличенко, М.А. Модальные фильтры для защиты от сверхкоротких импульсов: исследование возможностей эффективного использования в двусторонних печатных платах // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 4. С. 58–71.

4. Самойличенко, М.А. Экранированный модальный фильтр на двухсторонней печатной плате // Материалы XVII международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления», Томск, Россия. 2021 (принята к публикации).

5. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. 2015. № 2(36). С. 45–50.

M. A. Samoylichenko

Influence of the screen on the decomposition of the ultrashort pulse in modal filters on a double-sided printed circuit board

On the example of two modal filters (MF) the influence of the screen on the decomposition of a ultrashort pulse is considered. The MF is considered with four reference conductors (along the edges of the MF on the outer layers) and with the removal of two diagonal reference conductors. An increase in the distance from the conductors to the screen is investigated It is shown that as the distance increases, the difference in per-unit-length mode delays becomes smaller for the two MFs In addition, the amplitude of the first pulse decreases and the second increases. A greater influence of the screen in the MF without two conductors was revealed. Time responses have been calculated and shown.

1993mary2011@mail.ru