

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ В ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ НА ПОГОННЫЕ ЗАДЕРЖКИ МОД

*М.А. Самойличенко, магистрант каф. ТУ;
Т.Т. Газизов, к.т.н., директор Института прикладной
информатики ТГПУ
Томск, ТУСУР, 1993mary@mail.ru*

Для современного общества характерна насыщенность электрическим, электронным и радиоэлектронным оборудованием. Данное оборудование при работе создает электромагнитные помехи. Особо опасны кондуктивные помехи, подаваемые по проводникам. В качестве источников кондуктивных помех используются сверхкороткие импульсы (СКИ) [1]. В результате действия таких помех возникают различные нарушения в работе оборудования, приводящие к выводу его из строя, авариям и сбоям. Последствия их могут быть катастрофическими для населения и окружающей среды. Все это вызывает необходимость совершенствования защиты.

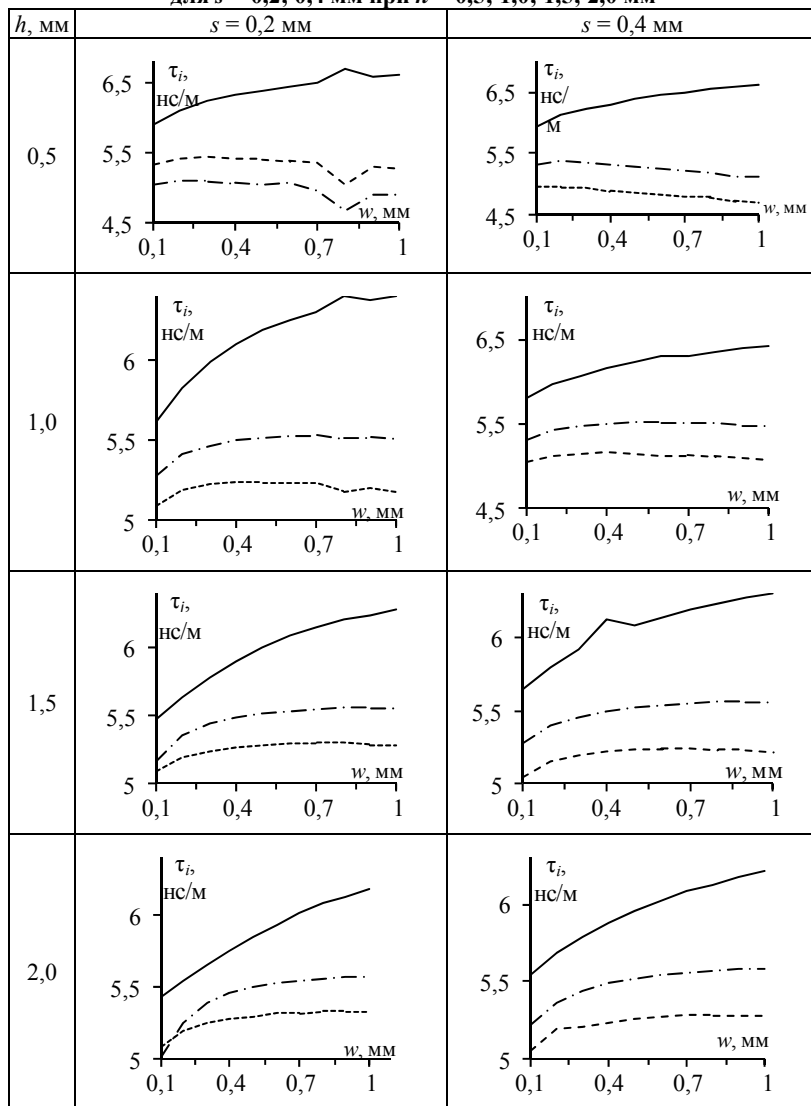
Новым средством защиты от СКИ, использующим модальные искажения [2], являются модальные фильтры (МФ). Ранее исследованы МФ с лицевой связью [3] и на основе гибкого печатного кабеля [4], но у них есть недостатки. Поэтому актуален поиск новых устройств защиты. Так, в ходе предварительных исследований было предложено расположить пассивный проводник МФ в вырезе опорной плоскости [5]. Показано, что такой МФ имеет перспективы дальнейшего исследования, так как амплитуда на выходе в 3 раза меньше, чем на входе. Найдено оптимальное значение сопротивлений на концах структуры, при котором импульсы на выходе МФ имеют одинаковую амплитуду, являющуюся минимальной амплитудой общего сигнала [6]. Однако влияние параметров МФ на погонные задержки мод не исследовано. Между тем оно важно для улучшения характеристик МФ. Цель работы – выполнить такое исследование.

Вычисление параметров выполнялось в статическом приближении с помощью программного продукта TALGAT [7].

Поперечное сечение исследуемой структуры представлено на рис. 1, где ϵ_r – относительная диэлектрическая проницаемость, w – ширина полигонов, w_1 и t – ширина и толщина сигнального проводника соответственно, h – толщина диэлектрика, s – расстояние между проводниками. Значения параметров: $t = 18$ мкм, ширина проводников $w = w_1$ менялась в диапазоне от 0,1 до 1 мм, $h = 0,5; 1,0; 1,5; 2$ мм, $s = 0,2; 0,4$ мм. Диэлектрическим материалом выбран стеклотекстолит

($\varepsilon_r = 5$) из-за его широкого применения для печатных плат и дешевизны. Полученные результаты представлены в таблице.

Зависимости τ_1 (-), τ_2 (- -), τ_3 (- · -) от w
 для $s = 0,2; 0,4$ мм при $h = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0$ мм



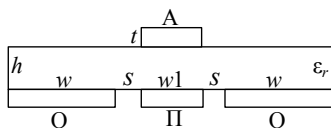


Рис. 1. Поперечное сечение МФ.
Проводники: О – опорный, П – пассивный,
А – активный

Анализ данных из таблицы показывает наличие нефизичных экстремумов (причина которых связана с погрешностями моделирования). Однако везде явно выражены три моды в смысле различия значений их погонных задержек. При этом значение погонной задержки одной из мод всегда существенно выше второй и третьей, значения которых имеют тенденцию к сближению, особенно выраженную при $s = 0,2$ мм и $h = 2,0$ мм. Тем не менее результаты показывают, что для увеличения разности погонных задержек мод надо увеличивать s и w , а также уменьшать h .

Моделирование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-01232) в ТУСУРе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сахаров К.Ю. Исследование функционирования локальной вычислительной сети в условиях воздействия сверхкоротких электромагнитных импульсов / К.Ю. Сахаров, А.А. Соколов, О.В. Михеев и др. // Технологии ЭМС. – 2006. – №3 (18). – С. 36–45.
2. Газизов Т.Р. Исследование модальных искажений импульсного сигнала в многопроводных линиях с неоднородным диэлектрическим заполнением / Т.Р. Газизов, А.М. Заболоцкий, О.М. Кузнецова-Таджибаева // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2004. – Т. 11, № 11. – С. 18–22.
3. Gazizov A.T., Zabolotsky A.M., Gazizov T.R. UWM pulse decomposition in simple printed structures // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2016. – Vol. 58, No. 4. – PP. 1136–1142.
4. Долганов П.Е., Газизов Т.Р., Заболоцкий А.М. Использование гибкого печатного кабеля для защиты бортовой аппаратуры космических аппаратов от высокочастотных кондуктивных помех // Авиакосмическое приборостроение. – 2012. – №7. – С. 18–27.
5. Самойличенко М.А. Моделирование модального фильтра с пассивным проводником в опорной плоскости / М.А. Самойличенко, Т.Т. Газизов // Матер. науч.-техн. конф. «Научная сессия ТУСУР–2016»: в 6 т. – Т. 2. – Томск, В-Спектр. – 2016. – С. 325–327.
6. Самойличенко М.А. Разложение сверхкороткого импульса в модальном фильтре с пассивным проводником в опорной плоскости / М.А. Самойличенко, Т.Т. Газизов // Матер. науч.-техн. конф. «Электронные средства и системы управления». – 2016. – Т. 2. – С. 222–224.
7. Куксенко С.П. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Том. гос. ун-та систем упр. и радиотехники. – 2015. – №2 (36). – С. 45–50.