

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ТРЕХПРОВОДНЫХ МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ ГЕНЕТИЧЕСКИМИ АЛГОРИТМАМИ

И.В. Дмитренко, магистрант каф. ТУ;

Т.Т. Газизов, директор Института прикладной информатики

ТГПУ, к.т.н.

Томск, ТУСУР, ilyadmitren@mail.ru

В настоящее время повышается интерес к новым методам и средствам ослабления излучаемых эмиссий для бортовой аппаратуры (БА) космических аппаратов (КА). К последним предъявляются такие требования, как радиационная, вибрационная устойчивость, малые массогабаритные показатели, простота и низкая стоимость. В этой связи представляют интерес пассивные устройства, в частности на основе многосвязных полосковых структур с неуравновешенной связью [1]. К таким устройствам можно отнести и модальные фильтры (МФ). Исследованы разные структуры МФ: с торцевой связью, с активным и пассивным проводниками на одной стороне подложки и опорным на другой (треугольного), с лицевой связью [2]. Поперечные сечения показаны на рис. 1. Показано [3, 4], что, используя МФ, можно существенно снизить уровень кондуктивных, а значит, и излучаемых эмиссий на определенной частоте. Длина отрезка зависит от частоты, на которой происходит подавление, и от разности погонных задержек мод, определяемой поперечным сечением МФ:

$$l = \frac{1}{2f|\tau_e - \tau_o|}.$$

Таким образом, меняя поперечное сечение МФ, можно увеличить разность погонных задержек, тем самым уменьшив длину отрезка. Ранее оптимизировались структуры с торцевой связью и треугольная, в более узком диапазоне изменяемых параметров [5]. Несимметричная структура с лицевой связью не оптимизировалась.

Цель работы – оптимизация параметров трех указанных МФ для получения максимальной разности погонных задержек мод.

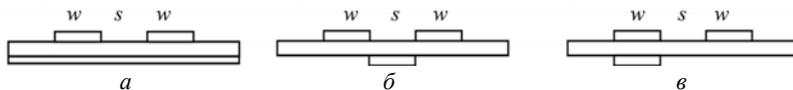


Рис. 1. Поперечные сечения исследуемых структур:

a – с торцевой связью; *б* – треугольная; *в* – с лицевой связью

Оптимизация проводилась в системе TALGAT [6] при следующих параметрах поперечного сечения: толщина диэлектрика $h = 250$ мкм; толщина проводника $t = 105$ мкм; относительная диэлек-

трическая проницаемость $\epsilon_r = 5,4$; тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta = 0,025$. Ширина проводников w и расстояние между проводниками s менялись в диапазонах 0,1–9 и 0,1–6 мм соответственно. Результаты приведены в таблице и представлены графически на рис. 2.

Результаты оптимизации для трех структур при разном количестве особей и поколений

		<i>N</i> – номер запуска; <i>O</i> – количество особей; <i>П</i> – количество поколений								
		Торцевая			Треугольная			Лицевая		
<i>O, П</i>	<i>N</i>	<i>w, мм</i>	<i>s, мм</i>	$\Delta\tau, \text{нс/м}$	<i>w, мм</i>	<i>s, мм</i>	$\Delta\tau, \text{нс/м}$	<i>w, мм</i>	<i>s, мм</i>	$\Delta\tau, \text{нс/м}$
3, 10	1	0,267	7,206	0,299	0,256	0,949	1,285	5,857	8,491	4,267
	2	0,903	2,205	0,508	0,141	1,443	1,416	5,886	8,178	4,260
	3	0,197	2,98	0,572	0,197	2,979	1,351	5,379	8,896	4,269
	4	0,79	2,367	0,268	0,157	1,533	1,369	5,974	8,938	4,283
	5	0,224	1,813	0,66	0,429	1,789	1,038	5,071	7,693	4,228
10, 10	1	0,106	1,936	0,906	0,156	0,325	1,358	5,878	8,989	4,283
	2	0,114	1,509	0,951	0,102	1,188	1,551	5,94	8,964	4,284
	3	0,395	2,459	0,431	0,124	1,128	1,489	5,917	8,569	4,27
	4	0,156	1,567	0,821	0,1	1,056	1,569	5,166	8,967	4,265
	5	0,142	1,554	0,858	0,119	1,266	1,49	5,82	8,892	4,279
10, 30	1	0,102	1,759	0,954	0,101	0,677	1,573	5,898	8,838	4,279
	2	0,126	1,674	0,884	0,109	0,734	1,549	5,937	8,988	4,281
	3	0,101	1,543	0,996	0,1	0,947	1,576	5,999	8,989	4,285
	4	0,107	1,593	0,963	0,102	0,837	1,573	5,989	8,989	4,285
	5	0,107	1,516	0,975	0,104	0,579	1,555	5,97	8,968	4,284
10, 100	1	0,101	1,501	1,005	0,1	0,764	1,579	5,996	8,999	4,286
	2	0,112	1,5	0,961	0,101	0,683	1,574	5,991	8,996	4,285
	3	0,101	1,531	0,997	0,1	0,801	1,578	5,987	8,995	4,285
	4	0,101	1,509	1,003	0,1	0,749	1,579	5,988	8,998	4,286
	5	0,1	1,504	1,006	0,1001	0,877	1,578	5,992	8,994	4,285

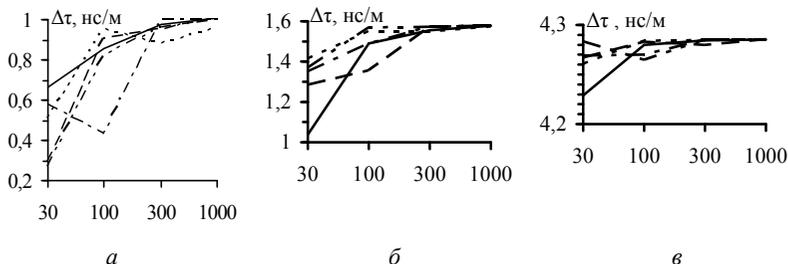


Рис. 2. Зависимость разности погонных задержек от числа вычислений (*O*П*) после оптимизации (запуски: 1 (---); 2 (—); 3 (---); 4 (---); 5 (—)) поперечных сечений структур:

a – с торцевой связью; *б* – с треугольной; *в* – с лицевой связью

Таким образом, в работе найдены максимальные разности, сходимость результатов подтверждает это. В сравнении с ручным подбором удалось добиться увеличения разности погонных задержек мод на 12% для структуры с торцевой связью, на 41% – с треугольной, на 36% – с лицевой связью в сравнении с параметрами, подобранными вручную [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Малютин Н.Д.* Многосвязные полосковые структуры и устройства на их основе. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1990. – 164 с.
2. *Заболоцкий А.М.* Модальные фильтры для защиты бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата / А.М. Заболоцкий, Т.Р. Газизов. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 151 с.
3. *Дмитренко И.В., Заболоцкий А.М.* Анализ частотного отклика модальных фильтров для подавления излучаемых эмиссий бортовой аппаратуры космического аппарата // Доклады ТУСУРа. – 2015. – № 4(38). – С. 151–153.
4. *Дмитренко И.В., Газизов Т.Т.* Анализ частотного отклика двухкаскадных модальных фильтров для подавления излучаемых эмиссий бортовой аппаратуры космического аппарата // Матер. науч-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР», Томск, 25–27 мая 2016 г. – Томск: В-Спектр, 2016. – С. 304–307.
5. *Самотин И.Е.* Устройства защиты вычислительной техники и систем управления путем модального разложения импульсов помех в кабельных и полосковых структурах: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2011. – 199 с.
6. *Kuksenko S.P., Gazizov T.R., Zabolotsky A.M. et al.* New developments for improved simulation of interconnects based on method of moments // Advances in Intelligent Systems Research. Proc. of the 2015 Int. Conf. on Modeling, Simulation and Applied Mathematics (MSAM-2015). – Phuket, Thailand, August 23–24, 2015. – PP. 293–301.

ПОДГОТОВКА РАБОЧИХ ПРОГРАММ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ ДЛЯ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН МАГИСТЕРСКИХ ПРОГРАММ ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

М.А. Зуева, магистрант каф. ТУ
Томск, ТУСУР, zueva_ria@mail.ru

Английский язык является важной составляющей в жизни современного человека. Сегодня английский язык имеет статус официального языка общения в деловом мире, особенно в сфере информационных технологий. Преподавание на английском языке актуально в связи с глобализацией образования, необходимостью обеспечения студенческой мобильности, а также увеличением требований на рынке труда к техническим специалистам и повышением их конкурентоспо-