

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

А. М. ЛАКОЗА, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск
В. П. КОСТЕЛЕЦКИЙ, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск
А. М. ЗАБОЛОЦКИЙ, д-р техн. наук, проф. каф. ТУ,
ТУСУР, Томск

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА НА ОСЛАБЛЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В СИНФАЗНОМ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ РЕЖИМАХ

Исследовано влияние расположения активных, пассивных и опорных проводников на амплитуды напряжений на выходе устройства защиты при воздействии помехового импульса длительностью 300 пс в синфазном и дифференциальном режимах. Наименьшие амплитуды на выходе модального фильтра составили 148 мВ в синфазном и 124 мВ в дифференциальном режиме при половине э.д.с. воздействия 500 мВ.

Современные тенденции миниатюризации электронного оборудования приводят к увеличению плотности монтажа. Как следствие, ухудшается электромагнитная совместимость. Требования по уменьшению габаритных размеров касаются и помехозащитных устройств, в том числе модальных фильтров (МФ), принципы работы которых основаны на модальных искажениях [1]. Поскольку для серийных устройств защиты необходимо обеспечивать ослабление помеховых импульсов как в дифференциальном, так и в синфазном режиме [2], а изменение структуры устройства на последних этапах производства связано с высокими затратами, требуются решения, позволяющие добиться улучшения защитных характеристик с минимальным вмешательством в конструкцию.

Цель работы – исследовать влияние расположения проводников нового МФ на амплитуду напряжений на выходе устройства защиты в синфазном и дифференциальном режимах.

Для поиска оптимальной конфигурации проводников МФ выполнено моделирование четырех видов поперечных сечений

(рисунок 1) в синфазном и дифференциальном режимах воздействия.

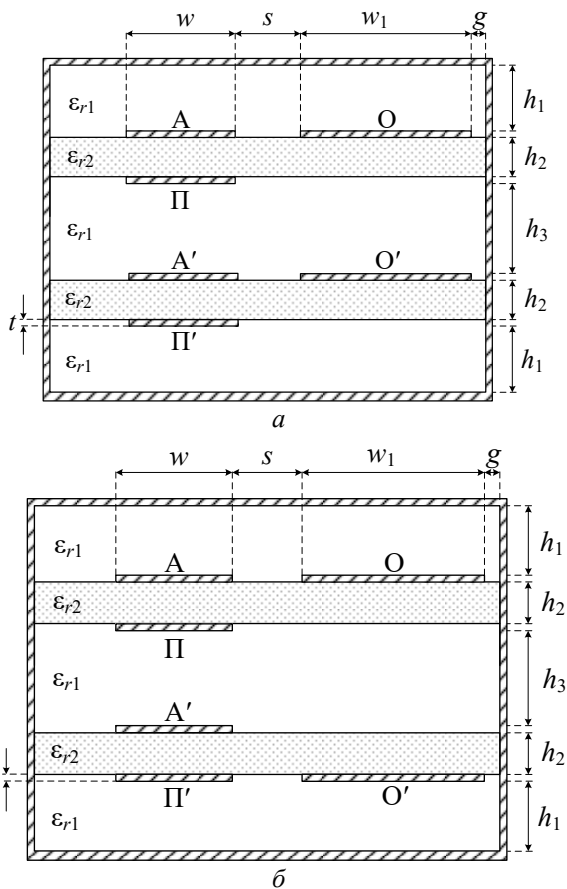


Рисунок 1 – Поперечные сечения структур МФ 1 (а),
 МФ 2 (б), МФ 3 (в) и МФ 4 (г)
 (начало, окончание см. на с. 136)

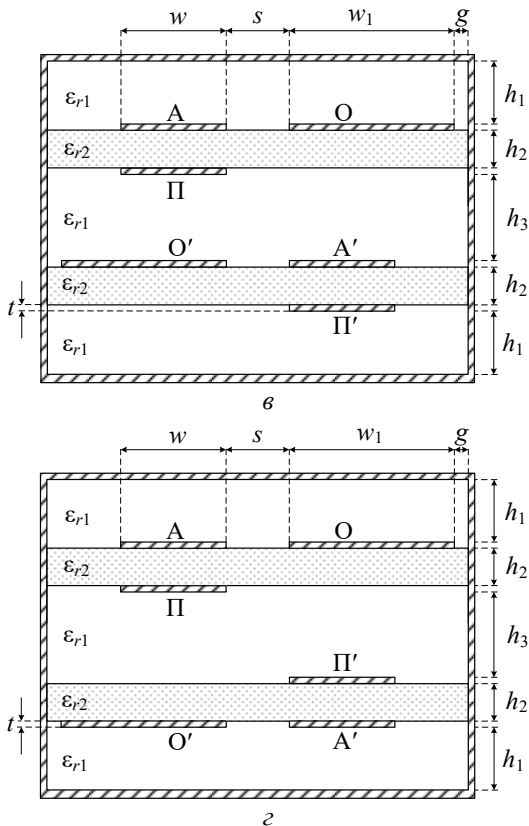
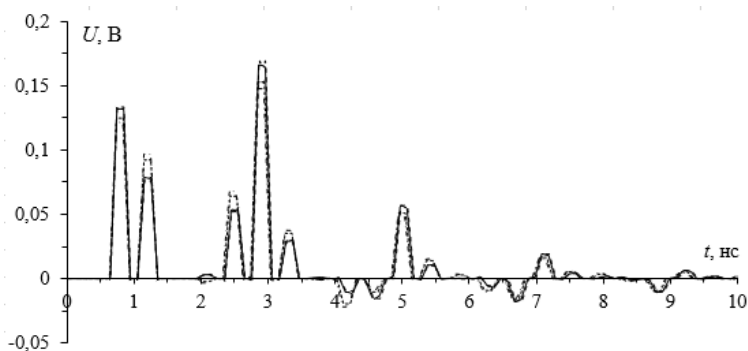


Рисунок 1 – Окончание (начало см. на с. 135)

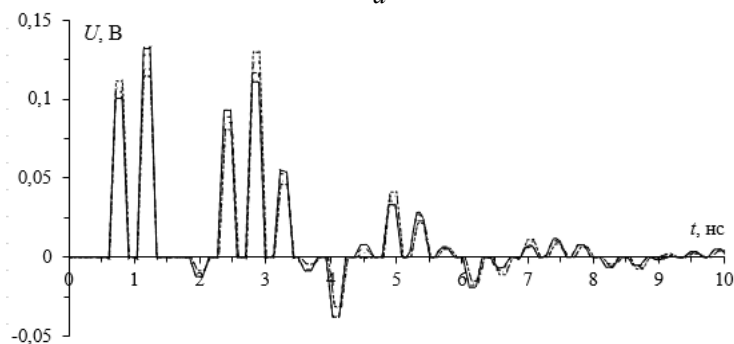
Данные МФ были отобраны после предварительного моделирования как показавшие наилучшие результаты. Предложена конструкция нового МФ, отличающаяся обеспечением ослабления в обоих режимах, однако она еще мало исследована [3]. В качестве тестового сигнала использован трапециевидный импульс с амплитудой э.д.с. $E_0 = 1$ В и длительностью 300 пс по уровню 0,5 [4]. Исследования проводились при следующих значениях параметров: $h_1 = 6$ мм, $h_2 = 4,3$ мм, $h_3 = 3$ мм, $w = 3$ мм, $w_1 = 6$ мм, $s = 0,5$ мм, $g = 4,2$ мм, $t = 0,035$ мм, $\epsilon_{r1} = 1$ и $\epsilon_{r2} = 4,7$. Длина исследуемых структур 110 мм. Внутренние сопротивления генератора $R_{Г}$ и нагрузки $R_{Н}$ 50 Ом.

Каждое поперечное сечение состоит из двух структур, содержащих два параллельных проводника (активный и пассивный) и дополнительный опорный проводник, а также электрический экран [4]. При моделировании предполагалось, что электрический экран соединен с опорными проводниками.

Вычисления выполнялись в системе TALGAT без учета потерь в диэлектриках [5]. Полученные временные отклики на выходе МФ в синфазном и дифференциальном режимах при воздействии сверхкороткого трапецевидного помехового импульса длительностью 300 пс представлены на рисунке 2, а амплитуды напряжения сведены в таблицу.



a



б

Рисунок 2 – Формы напряжения на выходе МФ 1 (—), МФ 2 (---), МФ 3 (-.-) и МФ 4 (···) в синфазном (*a*) и дифференциальном (*б*) режиме

Амплитуды напряжения (мВ) на выходе МФ в синфазном и дифференциальном режимах

Режим	Модальный фильтр			
	1	2	3	4
Синфазный	165	169	153	148
Дифференциальный	132	128	130	124

Из анализа данных таблицы и рисунка 2 следует, что в синфазном режиме для всех МФ амплитуда выходного напряжения определяется четвертым импульсом. В дифференциальном режиме для МФ 1 и МФ 2 она определяется вторым импульсом, а для МФ 3 и МФ 4 – четвертым. Амплитуды напряжения на выходе МФ 1 составили 165 мВ и 132 мВ для синфазного и дифференциального режима соответственно, для МФ 2, МФ 3 и МФ 4 аналогичные значения составили 169 и 128, 153 и 130, 148 и 124 мВ соответственно.

Таким образом, взаимное расположение проводников МФ оказывает существенное влияние на амплитуду выходного напряжения в синфазном и дифференциальном режимах. При прочих равных параметрах лучшим оказался МФ 4.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-70020.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gazizov, T.R., Zabolotsky, A.M. New approach to EMC protection //18th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility. 2007. P. 273–276.
2. Analysis and reduction of common-mode and differential-mode EMI noise in a Flyback switch-mode power supply (SMPS) / M. Miloudi, A. Bendaoud, H. Miloudi, S. Nemnich, H. Slimani // 20th Telecommunications Forum (TELFOR). 2012. P. 1080–1083.
3. Патент на изобретение 2748423 Российская Федерация. Плосковая структура, защищающая от сверхкоротких импульсов в дифференциальном и синфазном режимах / Костелецкий В.П., Заболотский А.М. № 2020126543. Заявл. 10.08.20; опубл. 25.05.21, Бюл. № 15.
4. ГОСТ 28213-89 (МЭК 68-2-27-87). Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Введ. 1990-03-01. М.: Стандартинформ, 2006.

5. Kuksenko, S.P. Preliminary results of TUSUR University project for design of spacecraft power distribution network: EMC simulation // Journal of physics: conference series. 2019. P. 1–7.

A. M. Lakoza, V. P. Kosteletskii, A. M. Zabolotsky

Influence of the arrangement of the conductors of the modal filter on the attenuation of an ultrashort pulse in the common and differential modes

The influence of the location of active, passive and reference conductors on the voltage amplitudes at the output of the protection device under the excitation of an interference pulse with a duration of 300 ps is investigated in the in-phase and differential modes. The lowest amplitudes at the output of the modal filter were 148 mV in common mode and 124 mV in differential modes with half of e.m.f. of 500 mV.

alexandrlakoza@mail.ru