

12-разрядного ЦАП. На ПП присутствуют контроль перегрузки по току и светодиодная индикация режимов работы.

Таким образом, разработана ПП, предназначенная для проведения измерений помехоэмиссии и помехоустойчивости отечественных МК согласно стандартам [1, 2]. Тем самым сделан вклад в импортозамещение.

Работа выполнена за счет проекта 8.9562.2017/БЧ Минобрнауки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Integrated Circuits. Measurement of Electromagnetic Emissions. Part 2: Measurement of Radiated Emissions, TEM Cell and Wideband TEM Cell Method, IEC 61967-2, First Edition, 2005.*

2. *Integrated Circuits. Measurement of Electromagnetic Immunity. Part 2: Measurement of Radiated Immunity, TEM Cell and Wideband TEM Cell Method, IEC 62132-2, First Edition, 2010.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОЙ ШИНЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

*С.А. Тернов, магистрант; М.Е. Комнатнов, м.н.с. каф. ТУ, к.т.н.
Томск, ТУСУР, stanislav.1995@mail.ru*

Силовая шина электропитания (СШЭП) (рис. 1) бортовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) космического аппарата (КА) разрабатывается АО «ИСС им. Решетнева» и является экспериментальным макетом для перспективных КА. Эта шина обеспечивает электропитание отдельных блоков КА суммарной мощностью до 20 кВт. Для уменьшения массы и габаритов КА необходимо интегрировать помехозащитные фильтры в СШЭП, исключив их из отдельных блоков КА. Однако СШЭП для перспективных КА может применяться не только для передачи электроэнергии, но и для передачи данных по технологии Power Line Communication (PLC) [1], а также выступать в виде помехозащитного фильтра.



Рис. 1. СШЭП бортовой РЭА КА

Цель работы – исследовать возможность создания интегрированных помехозащитных фильтров в СШЭП бортовой РЭА КА, с возможностью реализации технологии PLC.

Исходная конструкция СШЭП (рис. 2) выполнена из двух параллельных алюминиевых пластин шириной 11 мм и толщиной 5 мм (1). Зазор (2) в 2 мм между пластинами заполнен диэлектриком с $\varepsilon_r = 4,3$. Пластины покрыты слоем напыления 50 мкм с $\varepsilon_r = 20$ (3) и лаком ЭП-730 (4), толщиной 18–20 мкм, согласно ГОСТ 20824–81 [2]. Поверху намотана пленка толщиной 0,1 мкм с $\varepsilon_r = 2,3$ (5), а на пленку намотан экранирующий материал (ЛМAMС) для стекания электростатических зарядов (ЭСР).

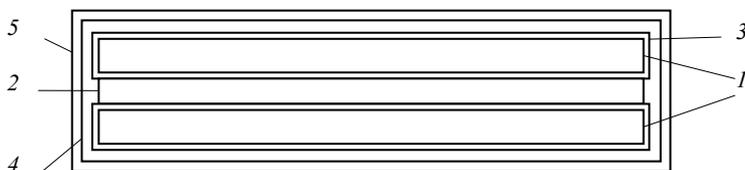


Рис. 2. Поперечное сечение СШЭП бортовой РЭА КА

В программе TALGAT выполнен квазистатический анализ без слоя ЛМAMС. Получены значения погонной емкости $C_0 = 246,15$ пФ/м и индуктивности $L_0 = 0,17$ мкГн/м, а также волновое сопротивление $Z_B = 26,15$ Ом. Также выполнен анализ влияния слоев СШЭП на Z_B , при этом происходило поочередное исключение одного из слоев структуры, исключение только пленки снижает Z_B на 1,58 Ом, исключение только лака – на 3,63 Ом, а исключение напыления – на 11,54 Ом. Таким образом, существенное влияние в Z_B СШЭП вносит напыление, которое повышает Z_B примерно в 2 раза, а его неучет ведет к снижению Z_B до 14,61 Ом.

При помощи электродинамического моделирования получена частотная зависимость модуля коэффициентов отражения $|S_{11}|$ и передачи $|S_{21}|$ в диапазоне частот до 3 ГГц.

Из рис. 3 видно, что максимальное значение $|S_{11}|$ возрастает от минус 40 дБ до минус 17 дБ, в диапазоне частот до 3 ГГц, а $|S_{21}|$ с ростом частоты убывает от 0 дБ до –1,5 дБ.

Для реализации помехозащитных фильтров и технологии PLC в СШЭП, необходимо добиться требуемой частотной зависимости $|S_{21}|$ (рис. 4). Для PLC частота поднесущей 30 МГц. Предполагается реализовать PLC основываясь на схемной модели СШЭП. Создана приближенная схемная модель СШЭП (рис. 5), которая состоит из каскадно соединенных двух Г-образных контуров и двух параллельных контуров.

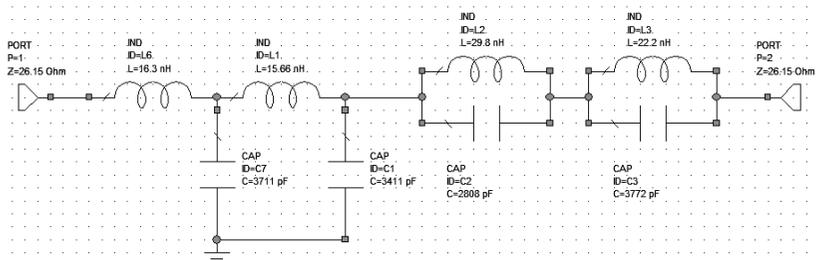
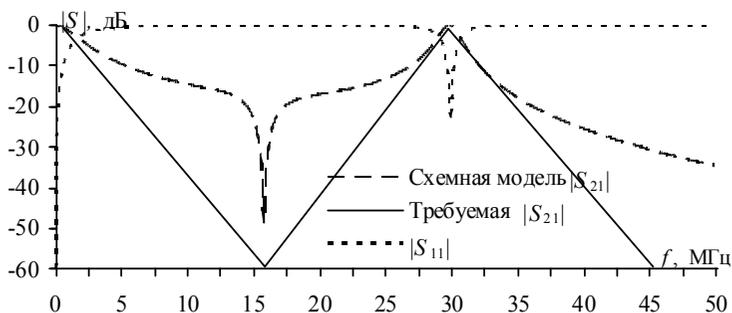
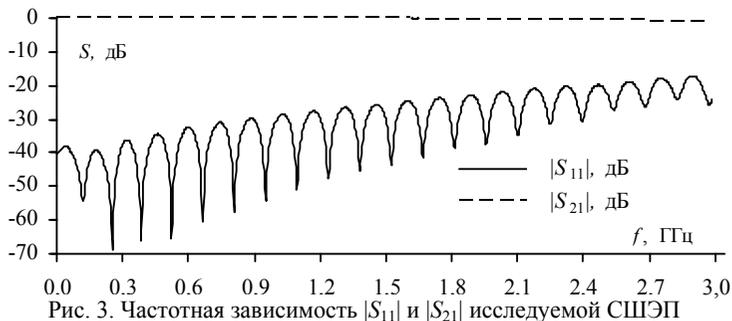


Рис. 5. Схемная модель СШЭП для реализации технологии PLC

Таким образом, выполнены квазистатический анализ и электродинамическое моделирование СШЭП РЭА КА в диапазоне частот до 3 ГГц. Максимальное значение $|S_{11}|$ не превышает -17 дБ при $Z_B = 26,15$ Ом. Предложена простая схемная модель реализации технологии PLC в СШЭП бортовой РЭА КА.

Работа выполнена за счет проекта 8.9562.2017/БЧ Минобрнауки Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Degauique P.* Power-Line communication: channel characterization and modeling for transportation systems // IEEE Vehicular Technology Magazine. – 2015. – Vol. 10, Iss. 2. – PP. 28–37.
2. *ГОСТ 20824–81.* Лак ЭП-730. – СПб.: ООО «Гамма индустриальные краски», 2012. – 2 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАДЕРЖКИ НЕЧЕТНОЙ МОДЫ С ПОМОЩЬЮ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ОБЛАСТИ СВЯЗИ ПРОВОДНИКОВ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА

Р.Р. Хажибеков, магистрант каф. ТУ

Томск, ТУСУР, r300994@mail.ru

Для защиты радиоэлектронной аппаратуры от сверхкороткого импульса (СКИ) предложены устройства защиты – модальные фильтры (МФ), основанные на технологии модальной фильтрации [1]. Принцип работы МФ основан на использовании явления модального разложения импульсного сигнала в многопроводных линиях передачи из-за разности задержек мод. В работе [1] представлены результаты исследований, показывающие влияние неоднородного диэлектрического заполнения связанной линии на разность задержек мод. Однако разность задержек мод можно изменить за счет применения периодического профиля области связи – пилообразного или ступенчатого [2]. В таких структурах увеличивается длина пути нечетной моды по сравнению с четной, поскольку токи нечетной моды вытесняются к внутренним краям проводников в области связи, а токи четной моды – к внешним.

Цель работы – исследовать влияние периодического профиля области связи проводников на изменение задержки нечетной моды МФ.

Для исследования используется структура МФ из FR-4 [1, 3] (рис. 1, а), ширина проводников 0,5 мм, толщина 85 мкм, толщина материала 0,4 мм. Сопротивление резисторов, установленных в начале и конце активного и пассивного проводников, равно 100 Ом. При исследовании используется электродинамическое моделирование [4]. В качестве входного воздействия используется импульсный сигнал длительностью 300 пс и амплитудой 10 В (рис. 2).

Результаты моделирования для исходной структуры МФ длиной 2 м представлены на рис. 3. Видно, что задержка для нечетной моды составила 7,5 нс, а для четной – 10,8 нс.