

ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ МЕР ЗАЩИТЫ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

А.В. Костин

ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара

В связи с бурной эволюцией электроники (применением полупроводниковой техники с высокой интеграцией) вновь остро встал вопрос о защите бортовой аппаратуры (БА) космических аппаратов (КА) от воздействий электростатических разрядов (ЭСР). Классической мерой является исключение разности потенциалов между электропроводящими элементами конструкции, все они соединяются между собой (металлизируются). Все электроизоляционные материалы тоже металлизуются путём нанесения токопроводящих покрытий. Эти меры больше призваны не защитить от ЭСР, а исключить его вовсе. Металлизировать все элементы конструкции КА удаётся не всегда и ЭСР возникают. ЭСР сопровождаются излучением электромагнитных волн, которые проникают через щели и отверстия внутрь корпусов БА и могут вызвать собой последней или даже отказы.

Для исключения воздействия электромагнитных волн приходится экранировать БА. Экранирование подразумевает использование электропроводных корпусов без щелей и отверстий, электропроводных (экранированных) соединителей. Если имеются отверстия в корпусах приборов, то они должны быть выполнены в виде лабиринтов, пройдя через которые электромагнитные волны существенно ослабляются.

Однако, вопрос о необходимости и достаточности (адекватности) принятых мер по защите от ЭСР остаётся открытым на этапе проектирования БА, и подтвердить правильность выбранных конструктивных решений можно только при натурных испытаниях системы. Если на этом этапе будет получен отрицательный результат, то возникнет необходимость доработки БА. Такие доработки вызывают дополнительные затраты и могут даже задержать сдачу изделия. Другое дело, если меры принятые для защиты от ЭСР избыточные. Это ведёт к удорожанию приборов, увеличению их массы и габаритов.

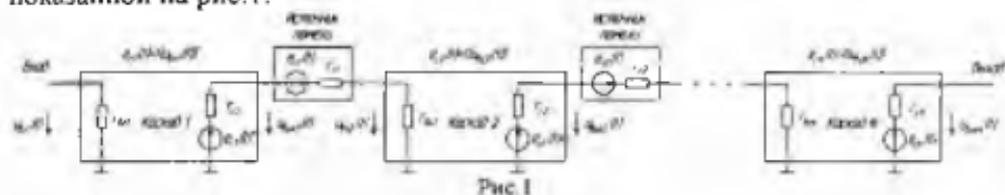
Всё это имеет место, так как отсутствует теоретическая методика оценки воздействия ЭСР на БА. Сегодня необходима такая методика, которая бы позволила оценить электромагнитное поле в полостях приборов (там, где имеются электрорадионизделия (ЭРИ)), провода, печатные проводники) с тем, чтобы определить:

1) возможность функционирования ЭРИ в оцененном электромагнитном поле;

2) уровни наведённых помех в печатных проводниках и проводах.

Что касается первого, то значения напряжённостей электрического и магнитного полей в месте установки того или иного ЭРИ сравниваются с его допустимыми величинами (по техническим условиям).

Что касается второго, то рассмотрим пример. Выделим произвольный фрагмент функциональной схемы, имеющий вид N четырёхполюсников, соединённых каскадно. Представим его в виде эквивалентной схемы показанной на рис. 1.



В каждом каскаде есть источник ЭДС $e_n(t)$ с внутренним сопротивлением r_n , который имитирует источник выходного сигнала каскада. Между каскадами включен источник $e_n(t)$, r_n , который имитирует помеху, наводимую в проводах или печатных проводниках соединяющих каскады. Здесь $u_{вх}(t)$ и $u_{вых}(t)$ - входные и выходные напряжения каскадов; $u_{вх1}(t)$ является входным напряжением прибора, а $u_{выхN}(t)$ является выходным напряжением прибора. Воспользовавшись математическим аппаратом теории цепей, можно найти выходной сигнал прибора

$$u_{вых}(t) = (f(u_{вх(i-1)}(t)) + e_{n(i-1)}(t)) \frac{r_{ex}}{r_{ex} + r_{in(i-1)} + r_{n(i-1)}}$$

где i - номер каскада ($i=1 \dots N$).

По полученному выходному сигналу можно судить о влиянии помехи на работу прибора. Аналогичное выражение можно записать для любого фрагмента функциональной схемы с разным количеством многополюсников соединённых любым образом.

Методики расчёта электромагнитного поля в полостях БА существуют, но к сожалению провести по ним расчёт не представляется возможным из-за отсутствия индивидуальных коэффициентов, необходимых для его осуществления. Электромагнитное поле в полостях БА можно определить если использовать математический аппарат электродинамики, а именно формулы типа Гюйгенса-Киргоффа, однако существует сложность в определении поверхностных токов. Таким образом, задача определения электромагнитного поля в полостях БА - основная и её предстоит решить для того, чтобы получить полноценную методику. Причём её можно решать не только аналитическим методом, но и использовать результаты эксперимента и даже специализированные программы для моделирования.

В свою очередь, методика, суть которой изложена выше, позволит оценить адекватность принятых мер защиты БА от ЭСР на этапе проектирования. Последнее позволит сэкономить колоссальные средства, как за счёт экономии массы, так и за счёт отсутствия необходимости доработки после натуральных испытаний.

ИССЛЕДОВАНИЕ АПЕРТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН МАЛОЙ ДЛИНЫ

В.Д. Паранин¹, М.В. Дашков²

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

² Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) нашли широкое применение в информационных системах: телекоммуникационных, вычислительных, промышленных [1,2]. В телекоммуникациях наиболее интенсивно используется инфракрасный диапазон длин волн 820-880, 980, 1260-1675 нм, что связано с минимальным коэффициентом затухания кварцевых оптических волокон в этой области, около 0,2 – 3,0 дБ/км [1-4]. Протяженность ВОЛС составляет от нескольких километров на городских сетях до сотен и тысяч километров на магистральных участках сетей связи. Промышленностью также освоен выпуск одно- и многомодовых волокон для ультрафиолетового и видимого диапазона длин волн [3, 4], однако высокий уровень затухания препятствует применению данного типа волокон в промышленных и телекоммуникационных системах. Наряду с системами на основе протяженных ВОЛС существуют системы, требующие передачи оптической энергии на относительно небольшие расстояния, порядка единиц – десятков метров. В качестве примера можно указать на бортовые информационно-управляющие системы [5], внешние электрооптические дифракционно-интерференционные модуляторы для источников оптического излучения [6, 7], технологические волоконные лазеры [8]. При таких длинах ВОЛС затухание в стандартных волокнах будет составлять не более 0,15 – 0,20 дБ в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. Это обстоятельство позволяет расширить возможности спектрального уплотнения канала, реализовать функциональные электрооптические элементы, интегрированные в ВОЛС. Данная работа направлена на экспериментальное исследование апертурных характеристик стандартных волокон инфракрасного диапазона при работе в видимом диапазоне длин волн, в частности на длинах волны 655..690 нм. Выбор рабочих длин волн обусловлен наличием известных зависимостей электрооптических