

эксплуатационному напряжению пробоя $y = \frac{U_t}{U_0}$, то можно рассчитать

среднее время до наступления отказа:

$$\bar{t}_{\text{кз}} = \frac{(1-y)^2 \cdot d_0}{D_0 \cdot \alpha^2} \cdot \exp\left(\frac{E_\alpha}{kT}\right)$$

Аналогично можно представить соответствующие механизмы отказов, в основе которых лежит диффузия металла по поверхности.

В докладе приведены расчётные значения времени наработки на отказ для различных исходных данных.

УДК 621.382

МЕТОД ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОМЕХ, ВЫЗВАННЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМИ РАЗРЯДАМИ, В ЦЕПЯХ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

А.В. Костин, В.С. Бозриков, Е.С. Калинин
Самарский университет, г. Самара

История борьбы с негативными проявлениями электризации космических аппаратов (КА) в процессе штатной эксплуатации насчитывает более 30 лет [1]. Однако, на сегодняшний день эта проблема обострилась особенно. Это связано с тем, что бортовая аппаратура (БА) КА, несмотря на все преимущества, которые приобрела в процессе своей эволюции, стала более чувствительной к электромагнитным помехам. Сам процесс электризации не вызывает электромагнитных помех. Однако, результатом процесса электризации, очень часто, является электростатический разряд (ЭСР). Последний вызывает импульсные электромагнитные поля, спектр которых весьма широк [2]

Исследование воздействия таких помех на БА КА является непростой задачей, причём, как теоретическое, так и экспериментальное. Теоретическое исследование требует построение сложных математических моделей, и как следствие, существенных вычислительных ресурсов. Кроме того, необходимо проверять построенные математические модели на практике, ибо только она является критерием истины. Таким образом, проводить экспериментальные исследования необходимо. Также, при проведении экспериментов возникает ряд трудностей связанных как с высокой стоимостью экспериментов, так и со сложностью решения технических задач.

В работе [3] изложена достаточно простая методика измерения помех в электрических цепях БА КА. Внутри специального макета, имитирующего корпус БА, устанавливаются антенны в форме

электрических цепей (см. рис.1). Антенны подключаются к контрольно-измерительной аппаратуре (КИА) при помощи коаксиального кабеля. Специализированным испытательным оборудованием имитируется воздействие ЭСР на макет БА.

Одним из существенных недостатков этой методики является влияние КИА на результаты измерения. КИА вносит сопротивление в цепь, в которой производится измерение напряжения. Для исключения этого эффекта можно применить математическую обработку результатов измерения или пойти на усложнение и удорожание эксперимента, применив вместо коаксиальной – оптическую линию передач. Настоящая статья посвящена первому способу, как наиболее доступному и дешёвому.

Рассмотрим эквивалентную электрическую схему экспериментальной установки. Любую антенну можно представить, как источник ЭДС \dot{E}_a с некоторым комплексным внутренним сопротивлением \dot{Z}_a (см. рис. 1). \dot{E}_a и \dot{Z}_a искомые величины. Кабель можно представить в виде эквивалентной схемы с сосредоточенными параметрами [4]: погонной индуктивности проводов L_1 , погонного активного сопротивления R_1 , погонной ёмкости между проводами C_1 и погонной проводимости потерь в изоляции G_1 .

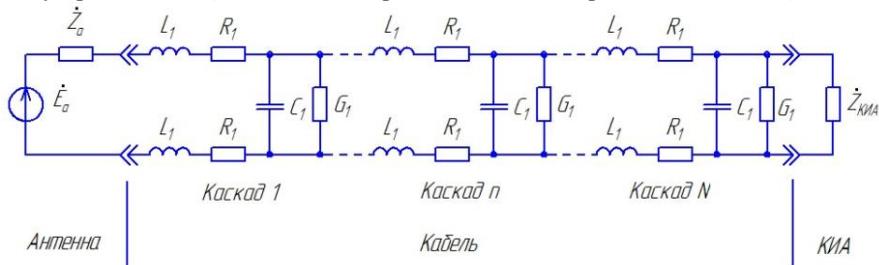


Рис. 1. Эквивалентная электрическая схема измерительной установки

Полученные значения \dot{E}_a , \dot{Z}_a можно использовать для расчётов помех на входе реальных устройств подключенных к антенне. Если эти устройства нелинейные, то следует перейти от спектрального метода к расчётам во временной области. Расчёт во временной или спектральной области будет достаточно непростым и исключительно численным. Об этом говорит сложная форма напряжения на выходе кабеля (см. рис.3). Он потребует вычислительных ресурсов, хотя и не очень больших. Достаточно будет персонального компьютера. Таким образом, можно получить уровень помехи в реальных цепях БА КА сравнительно простым способом, не используя чрезвычайно дорогостоящее оборудование.