

УДК 629.783

## РАСЧЁТ МАКСИМАЛЬНОЙ АМПЛИТУДЫ ПОМЕХОВОГО СИГНАЛА, ВЫЗВАННОГО ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ РАЗРЯДОМ

Брагин В. В., Сёмкин Н. Д.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С. П. Королёва (национально исследовательский университет), г. Самара

Одним из видов воздействия электростатических разрядов (ЭСР) на космические аппараты (КА) являются паразитные поля и токи, негативно влияющие на работоспособность радиоэлектронных систем. В конструкции современного КА можно выделить следующие основные узлы, которые необходимо рассматривать с целью определения возможных механизмов воздействия электризации: негерметичный приборный отсек с находящейся в его объёме бортовой аппаратурой (БА) и бортовой кабельной сетью (БКС); панели солнечной батареи; электронные блоки и БКС, расположенные на внешней поверхности приборного отсека (принимающие и передающие антенны, аппаратура ориентации и стабилизации, телеконтроля, поворота антенн).

Основными путями проникновения паразитных полей и токов в электронные схемы бортовой радиоэлектронной аппаратуры являются нарушения в экранирующей оболочке, образованной корпусами приборного отсека и блоков, а также кабельными экранами.

Воздействие ЭСР на БА целесообразно разбить на три категории в зависимости от уровня влияния и механического воздействия. Во-первых, это электромагнитное излучение (ЭМИ), источником которого является плазменный канал разряда. Во-вторых, помеховый сигнал в электронных схемах БА может наводиться за счёт паразитных индуктивных связей. В-третьих, это протекание непосредственно по элементам конструкции КА, а также электрическим цепям и электронным схемам импульсного тока. Наиболее критичным для бортовой радиоэлектронной аппаратуры механизмом воздействия является протекание импульсного тока [1].

В рамках электротехнической модели был проведён расчёт уровней помеховых сигналов, в которой элементами служат паразитные ёмкостные связи между электрической цепью, токопроводящим корпусом КА и диэлектрическим покрытием, а также ёмкость между токопроводящими жилами электрической цепи.

Из эквивалентной схемы (рис. 1) пиковое значение помехового сигнала, наводимого на полезной нагрузке при разряде в корпус и цепь, определяется уравнениями (1) и (2), соответственно:

$$U_{Rmax} = \frac{C_2 C_3 - C_1 C_4}{(C_1 + C_3)(C_2 + C_4 + C_3) + C_4 C_3} U_C(0); \quad (1)$$

$$U_{Rmax} = \frac{C_4(C_1 + C_2 + C_3) + C_2 C_3}{(C_4 + C_5)(C_1 + C_2 + C_3) + C_2(C_1 + C_3)} U_C(0), \quad (2)$$

где  $C_1, C_2$  – паразитные ёмкости, образованные проводами и корпусом КА;  $C_3, C_4$  – паразитные ёмкости, образованные проводами и диэлектриком;  $C_5$  – паразитная ёмкость, образованная проводами;  $U_C(0)$  – напряжение на ёмкости до разряда.

Ёмкость КА определяется путём триангуляции его поверхности и составления матрицы собственных ёмкостей [2]. Для снижения уровня помех в БКС КА применяются экраны. В этом случае на эквивалентной схеме параллельно ёмкостям  $C_1$  и  $C_2$  появится ёмкость  $C_3$ , образованная кабельным экраном и токопроводящей жилой. Учитывая, что  $C_{1,2} \sim C_3$ , получим:

- при разряде в корпус:

$$U_{Rmax} = \frac{2(C_2 C_3 - C_1 C_4)}{(2C_1 + C_3)(2C_2 + C_4 + C_5) + C_4 C_5} U_C(0), \quad (3)$$

- при разряде в цепь:

$$U_{Rmax} = \frac{C_4}{2C_2+C_4+C_5} U_C(0), \quad (4)$$

- при разряде в корпус для случая, если жила заземлена:

$$U_{Rmax} = \frac{C_4}{2C_2+C_4+C_5} U_C(0). \quad (5)$$

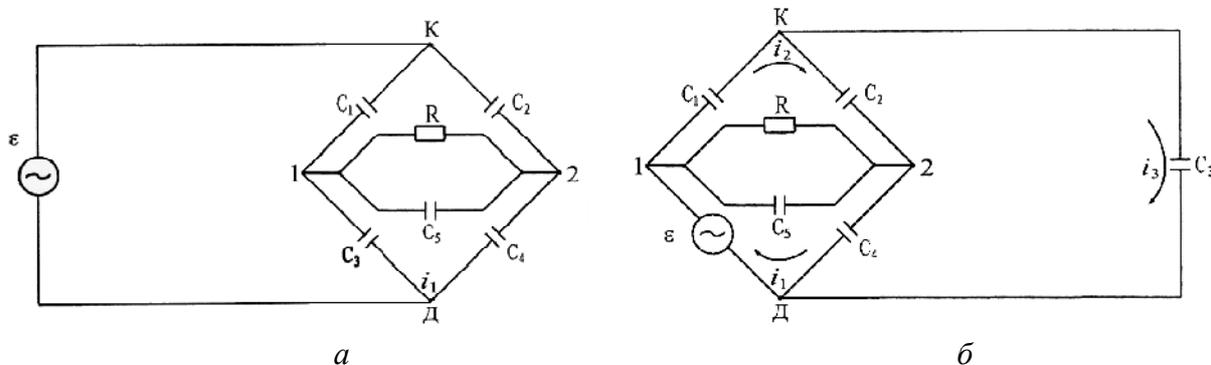


Рис. 1. Эквивалентная схема воздействия помехового сигнала:  
а) при разряде в корпус КА; б) при разряде в цепь

Полученная модель позволяет оценить максимальную амплитуду помехового сигнала, так как выявлено, что она является основным влияющим фактором на работоспособность БА. Модель для описания временной зависимости помехового сигнала не разрабатывалась.

#### Библиографический список

1. Новиков Л. С. Электризация космических аппаратов в магнитосферной плазме [Текст]/ Л. С. Новиков, В. Н. Милев, К. К. Крупников, А. А. Маклецов//Модель Космоса. – Восьмое издание. – Том 2. – Москва. – 2007.
2. Брагин В. В. Расчёт собственной ёмкости плоских элементов конструкции космического аппарата [Текст]/ В. В. Брагин, Р. А. Помельников, Н. Д. Сёмкин// Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2014. – Т. 17. – № 4. – С. 81-85.