

факторами ЭСР. Из этого следует, что желательно прокладывать все внешние кабели под матами ЭВТИ и избегать незащищённых участков.

Полученные в процессе исследования значения помех можно также использовать для грубой оценки уровня помех наводимых в БКС, но для этого необходимо учитывать, что на реальных КА разности потенциалов электризуемых поверхностей могут быть меньше 20 кВ. Тогда напряжение наведённой помехи определяется по формуле

$$U = E \frac{C_2}{C_2 + C_1},$$

где U – напряжение помехи наведённой в кабеле, E – ЭДС источника помехи, C_1 – ёмкость между кабелем и пластиной заземления, C_2 – ёмкость между источником помехи и кабелем. Если конфигурация системы сохраняется, то C_1 , C_2 не изменяются.

УДК 621.78:629.7.05

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ, НАВЕДЁННЫХ В БОРТОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЯХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

А.В. Костин, В.С. Бозриков

г. Самара, «Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва»

Космическая техника развивается в сторону увеличения срока активного существования, расширения функциональных возможностей, снижение габаритов и массы. Такая тенденция привела к необходимости применения полупроводниковых приборов с высоким быстродействием. В отличие от электромагнитных реле, программных механизмов и полупроводниковых приборов с низких быстродействием они более чувствительны к помехам, вызванным различными явлениями (как природного, так и антропогенного характера). Одним из таких явлений природы является электризация космического аппарата (КА). В результате электризации неметаллизированные элементы конструкции заряжаются таким образом, что между ними образуются разности потенциалов [1-3]. Эти разности потенциалов достигают значений 20 кВ [3]. Последнее приводит к возникновению электростатических разрядов (ЭСР). ЭСР порождают импульсное электромагнитное поле, которое воздействует как на бортовую аппаратуру (БА), так и на бортовую кабельную сеть (БКС), вызывая наводки. Наводки в БКС также воздействуют на входы БА КА и

могут привести не только к сбоям, но и к необратимым отказам. Необратимый отказ БА может привести к потере КА.

Пагубное влияние наводок в БКС, вызванных ЭСР, можно ослабить, а в некоторых случаях исключить полностью. Для этого целесообразно использовать специальные электрические цепи, моделированию которых посвящена настоящая статья.

Было установлено, что наводки в БКС напоминают затухающее гармоническое колебание. Форма ЭДС наводки в кабеле представлена на рис. 1. Для проведения анализа использовалось специализированное программное обеспечение. Для анализа используем незащищённую двухпроводную линию, так как уровень наведённых помех в ней самый большой, это тоже было установлено экспериментально. Характеристики этой помехи следующие:

- Длительность переднего фронта огибающей по уровням 0,1 и 0,9 100 нс
- Длительность огибающей по уровню 0,1 1000 нс
- Амплитуда сигнала 280 В
- Частота заполнения 20...250 МГц

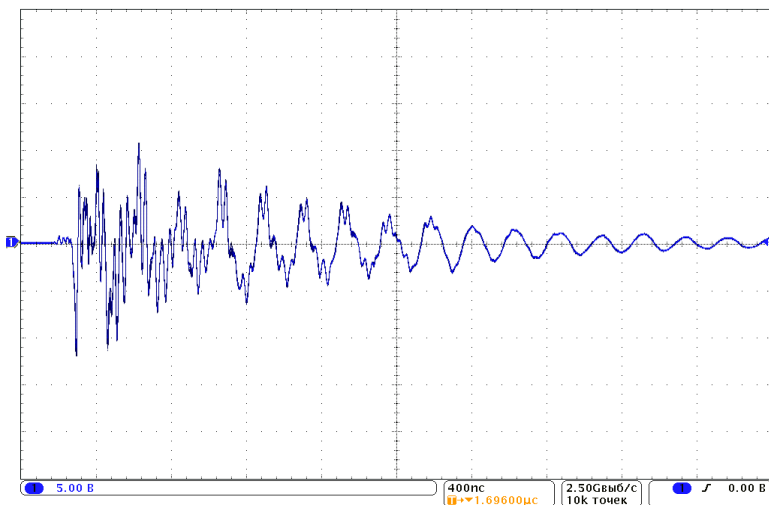


Рисунок 1 – Оциллограмма помехи в кабеле

На основании изложенных выше данных был сформирован сигнал с такими же параметрами. В докладе рассматриваются результаты моделирования RC фильтра и диодного ограничителя в условиях воздействия помехи в бортовых кабельных сетях космического аппарата, вызванной воздействием электростатического разряда и полезного сигнала.

Предложены основные методы повышения стойкости бортовой аппаратуры космических аппаратов к факторам электростатического разряда. Делаются выводы о возможности применения цепей с частотными фильтрами и диодными ограничителями для защиты входов бортовой аппаратуры космического аппарата от воздействия помех, вызванных электростатическим разрядом и необходимости и достаточности принятых мер по защите бортовой аппаратуры космических аппаратов от факторов электростатического разряда на этапе проектирования.

Установлено, что работать с полезным сигналом при воздействии помех невозможно. Поэтому необходимо принимать меры для защиты БКС (применение экранированных линий, витых пар), прокладывать БКС в местах, где ЭСР не будут происходить или их воздействие будет более слабым.

На первый взгляд, вопрос можно решить, если использовать волоконно-оптические кабели. Однако, оптоволокно - это изоляционный материал и в нём могут накапливаться заряды. Такие кабели нужно защищать от потока частиц. Экраны из алюминиевого сплава, защищающие от потока частиц могут достигать нескольких миллиметров [1]. У коаксиального кабеля экраном, как правило, служит плетёнка. Плетёнка значительно легче упомянутого экрана. А уровень помехи в БКС она снижает до единиц вольт (это тоже было установлено экспериментально). Поэтому, необходимо проводить глубокий анализ методов защиты от ЭСР, которые будут применяться при проектировании КА, причём это желательно делать при проработке внешнего облика.

Другим способом является применение программных и аппаратных методов защиты внутри БА (кроме фильтров и ограничителей). То есть, если пришла помеха, то сбой в работе БА не должен приводить к катастрофическим последствиям, ведь ЭСР происходят не очень часто. Или применять помехоустойчивые коды (с избыточностью информации). Стоит рассмотреть возможность применения корреляционных или цифровых фильтров.

Список использованных источников

1. NASA-HDBK-4002A Mitigating in-space charging effects guideline, NASA, 2011.

2. Новиков Л.С. Взаимодействие космических аппаратов с окружающей плазмой. Учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2006. – 120 с.

3. Соколов А.Б. Обеспечение стойкости бортовой аппаратуры космических аппаратов к воздействию электростатических разрядов. Диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва: МИЭМ, 2009.