

скорости переключения датчика, величина dT остаётся постоянной. Следовательно, постоянной будет также разница в длительности импульсов, формируемых заданной кодовой комбинацией.

Таким образом, использование в системах управления и контроля бинарных датчиков дифференциального типа позволяет повысить надёжность системы в целом за счёт устойчивости к воздействию внешних эксплуатационных факторов.

Список использованных источников

1. Гармаш В. Б. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении [Текст] / В. Б. Гармаш Ф. А. Егоров, Л. Н. Коломиец // Спецвыпуск «Фотон-Экспресс», 2005. - № 6. – С. 128 – 140.

2. Гиниятулин Н. И. Волоконно-оптические преобразователи информации [Текст] / Н. И. Гиниятулин – М.: Машиностроение, 2004. – 328 с.

3. Голубятников И. В.. Системы мониторинга сложных объектов [Текст] / И. В. Голубятников, В. А. Зеленский, В. Е. Шатерников – М.: Машиностроение, 2009. – 172 с.

4. Зеленский В. А. Волоконно-оптическая информационно-измерительная система на основе бинарных оптомеханических датчиков дифференциального типа [Текст] / В. А. Зеленский // Труды Международного симпозиума «Надёжность и качество». – Пенза. - 2009. - Т.1. - С. 35-37.

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВНУТРИ ОДНОРОДНЫХ ЭКРАНОВ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

А. В. Костин

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

В последнее время наблюдается бурное развитие электроники.

Увеличивается надёжность, срок службы, расширяются функциональные возможности радиоэлектронной аппаратуры. Всё это на фоне уменьшения габаритов и массы. Указанные общие тенденции не обходят стороной и бортовую аппаратуру (БА) космических аппаратов (КА). К сожалению, такая аппаратура не всегда стойкая к импульсным электромагнитным помехам, таким как электростатический разряд (ЭСР). Они возникают из-за электризации различных элементов конструкции КА. Чаще всего корпуса БА изготавливаются из металла и выполняют роль электромагнитных экранов.

При проведении теоретической оценки устойчивости БА к ЭСР необходимо определить поле внутри корпуса первой. Корпуса БА являются неоднородными. Под неоднородностями понимаются щели, отверстия и радиопрозрачные окна. Неоднородные электромагнитные экраны рассчитываются в два этапа. На первом этапе определяется поле внутри однородного экрана (поле, прошедшее сквозь стенки). На втором этапе определяют поле, прошедшее через неоднородности. Потом оба поля суммируются по принципу суперпозиции.

Оба этапа не могут быть рассмотрены в рамках одного доклада ввиду их объёмности. По этой причине в настоящих материалах рассматривается только расчёт поля внутри однородного экрана.

Автором настоящего доклада был проведён анализ методик определения электромагнитного поля (ЭМП) внутри однородных экранов и выбрана методика, которая справедлива для квазистационарного поля, поскольку даёт достаточно точный результат.

Проведённый анализ показывает, что условие квазистационарности выполняется для поля, созданного ЭСР и воздействующего на корпуса БА КА. Итак, рассмотрим суть упомянутого выше метода на примере электрического и магнитного полей. Под воздействием электрического

поля, например, составляющей $\vec{E}_y(t)$ (рис. 1, а), в гранях экрана, перпендикулярных последнему, происходит разделение свободных зарядов 1 и 1', 2 и 2', как это показано на рис. 1, б. Одновременно с этим заряды 1' перетекают и компенсируют 2. Результатом этих двух процессов является возникновение компенсирующего электрического поля $\vec{E}_{k,y}(t)$ внутри экрана, когда его левая грань заряжается отрицательно, а правая – положительно (рис. 1, в). Компенсирующее электрическое поле $\vec{E}_{k,y}(t)$,

направленное навстречу воздействию полю $\vec{E}_y(t)$ (рис. 1, в), обеспечивает защитный эффект экрана. Поле $\vec{E}_{e,y}(t)$ внутри экрана определяется формулой

$$\vec{E}_{e,y}(t) = \vec{E}_y(t) - \vec{E}_{k,y}(t). \quad (1)$$

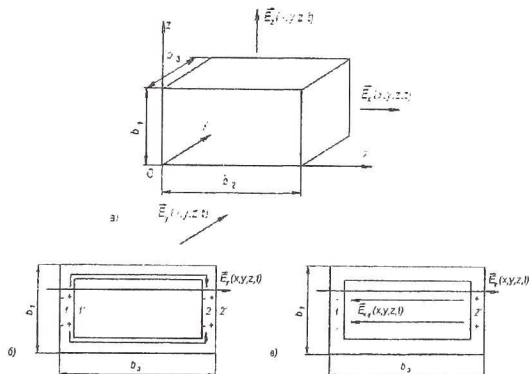


Рис.1. Воздействие электрического поля на электромагнитный экран

Если сказанное выше описать математически, то проекции вектора напряжённости поля внутри экрана можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} \dot{E}_{k,x}(p) &= \frac{p^2 C_x L_x + 1}{p^2 L_x C_x + p R_x C_x + 1} \dot{E}_x(p); \\ \dot{E}_{k,y}(p) &= \frac{p^2 C_y L_y + 1}{p^2 L_y C_y + p R_y C_y + 1} \dot{E}_y(p); \\ \dot{E}_{k,z}(p) &= \frac{p^2 C_z L_z + 1}{p^2 L_z C_z + p R_z C_z + 1} \dot{E}_z(p), \end{aligned} \quad (2)$$

где p – комплексная частота, R , L , C – активное сопротивление, индуктивность и ёмкость экрана, посчитанные для соответствующих проекций вектора электрического поля.

Под воздействием магнитного поля, например, составляющей $\vec{H}_x(t)$ (рис. 2), в грани перпендикулярной последней (торцевой грани) наводится ЭДС, которая, в свою очередь, вызывает ток $i_T(t)$. Этот ток

вызывает компенсирующее магнитное поле, направленное против воздействующего. Результирующее поле в торцевой грани, будет являться суперпозицией указанных выше полей. Затем результирующее поле взаимодействует с корпусом экрана, наводя в нём ЭДС. Последнее вызывает ток $i_K(t)$. Этот ток вызывает компенсирующее магнитное поле, направленное против результирующего. Поле внутри экрана будет являться суперпозицией результирующего и компенсирующего.

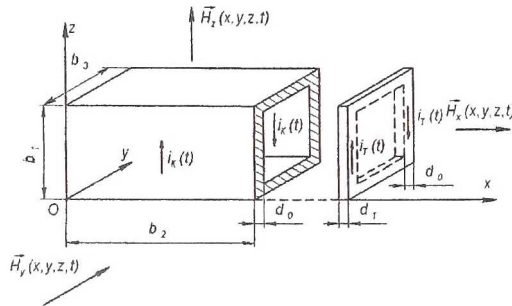


Рис. 2. Воздействие магнитного поля на электромагнитный экран

Если сказанное выше описать математически, то проекции вектора магнитной индукции поля внутри экрана $\dot{\vec{B}}_p(p)$ можно записать через составляющие вектора магнитной индукции воздействующего на экран поля $\dot{\vec{B}}(p)$ следующим образом:

$$\begin{aligned} \dot{B}_{p,x}(p) &= \frac{R_{K,x}}{R_{K,x} + L_{K,x}p} \cdot \frac{R_{T,x}}{R_{T,x} + L_{T,x}p} \dot{B}_x(p); \\ \dot{B}_{p,y}(p) &= \frac{R_{K,y}}{R_{K,y} + L_{K,y}p} \cdot \frac{R_{T,y}}{R_{T,y} + L_{T,y}p} \dot{B}_y(p); \\ \dot{B}_{p,z}(p) &= \frac{R_{K,z}}{R_{K,z} + L_{K,z}p} \cdot \frac{R_{T,z}}{R_{T,z} + L_{T,z}p} \dot{B}_z(p), \end{aligned} \quad (3)$$

где R_K, L_K – активное сопротивление и индуктивность корпуса экрана (участвуют в формировании тока $i_K(t)$), посчитанные для соответствующих проекций вектора магнитного поля, R_T, L_T – активное сопротивление и индуктивность торцевой грани экрана (участвуют в формировании тока $i_T(t)$), посчитанные для соответствующих проекций вектора магнитного поля.

С целью определения адекватности предложенного метода был

проведён эксперимент по определению магнитного поля внутри однородных экранов. Лабораторный генератор создавал одиночный импульс магнитного поля, описываемый выражением

$$H(t) = 258 \left(e^{-9,075 \cdot 10^4 t} - e^{-9,739 \cdot 10^6 t} \right), \frac{\text{А}}{\text{М}}. \quad (4)$$

Измерения проводились индукционным датчиком с последующим неполным интегрированием. Выражение (4) – это составляющая поля, параллельная оси соленоидальной катушки индукционного датчика в месте его установки без экрана.

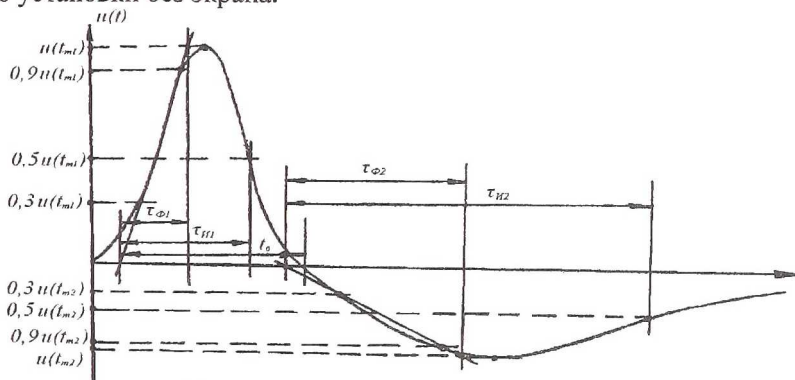


Рис.3. Форма импульса на выходе датчика

Затем датчик помещался в экран, и проводились измерения магнитного поля внутри трёх экранов (1,2 и 3). Экраны 1 и 2 были изготовлены из сплава АмГ 6 и представляли собой цилиндры диаметром 10 см и длиной 25 см. Толщина стенок экрана 1 была равна 0,4 мм. Толщина стенок экрана 2 была равна 2,5 мм. Экран 3 был изготовлен из сплава 30ХГСА и представлял собой форму параллелепипеда с длиной рёбер $b_1=15$ см, $b_2=3$ см, $b_3=5$ см. Толщина стенок экрана 1 была равна 0,1 мм. В табл. 1 представлена результаты расчёта и эксперимента.

Форма импульса на выходе датчика приведена на рис. 3. Расчётные значения получены в два этапа. Сначала рассчитывалось поле внутри экрана, затем – сигнал на выходе датчика.

Приведённые в табл. 1 расчётные и экспериментальные значения параметров выходного импульса индукционного датчика показывают достаточно высокую сходимость. Благодаря этому можно сделать вывод, что предложенная в настоящей статье методика расчёта электромагнитного поля внутри однородных экранов в условиях воздействия ЭСР вполне адекватна.

Таблица 1- Расчётные и экспериментальные данные

№ Экрана	$u(t_{mi}), \text{ мВ}$		$\tau_{\phi 1}, \text{ мкс}$		$\tau_{\text{III}}, \text{ мкс}$		$t_{O}, \text{ мкс}$		$\tau_{\phi 2}, \text{ мкс}$		$\tau_{\text{II2}}, \text{ мкс}$
	Расч.	Эксп.	Расч.	Эксп.	Расч.	Эксп.	Расч.	Эксп.	Расч.	Эксп.	Эксп.
1	510	660	2021	50	49	81	79	40	41	257	190
2	59	47	330	75	81	131	145	185	170	756	610
3	47	54	4060	141	144	280	250	190	115	860	690

ОПТИМИЗАЦИЯ НА БАЗЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

А. Д. Краснощеков, Д. В. Тройников
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет),
г. Самара

В экономике, промышленности, на транспорте существует достаточно широкий класс задач, сводящихся к управлению перемещением на сети большого числа дискретных объектов. В качестве дискретных элементов могут выступать партии поставок оборудования, ремонтные бригады, транспортные единицы (ТЕ), партии деталей с различной степенью незавершенной обработки и т.д. Сеть задается набором вершин и связывающих их коммуникаций (дорог, водных путей и т.д.). В рамках такой сети, называемой далее коммуникационной и отражающей технические возможности той или иной производственной системы, в процессе работы формируется оперативная сеть (поставок, перевозок), в пределах которой осуществляется перемещение дискретных объектов в течение интервала времени T .

По сравнению с коммуникационной сетью структура оперативной сети в процессе работы, как правило, претерпевает значительные изменения в результате отказа потребителей от поставок, непредставления