

функционирования в космосе на геостационарных, высокоэллиптических и геополярных орбитах. При этом определяются электрофизические свойства материалов, уровни зарядки, стойкость к воздействию ЭСР, электрическая совместимость материалов. В результате экспериментов разрабатываются рекомендации по аттестации, отбору и применению материалов и покрытий для предупреждения опасных последствий электризации КА.

Список использованных источников

1. Акишина А. И., Новиков Л. С. Электризация космических аппаратов. – М.: Знание, 1985. – 64 с., ил. – (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 3).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ УПРАВЛЯЮЩИХ ПЕРЕМЕННЫХ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Г.Х. Ирзаев
ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный
технический университет»,
г. Махачкала

Установление рациональных границ изменения технологичности конструкций радиоэлектронных средств (РЭС) с учетом особенностей их функционального назначения, эксплуатации, технического уровня является сложной и недостаточно разработанной к настоящему времени проблемой, решение которой позволит получить ощутимый экономический эффект для предприятий радиоэлектроники и приборостроения за счет снижения ресурсоемкости их изделий. Наиболее приемлемый уровень технологичности изделия может быть определен при решении оптимизационной задачи.

Отыскание оптимального по технологичности изделия возможно на всех этапах его проектирования, однако эффективнее задача оптимизации решается на самых ранних этапах разработки, так как при этом она может быть наиболее радикальной и требовать меньших экономических затрат [1, 2].

Постановка задачи. Имеем некоторый объект управления (РЭС), для которого определен его показатель технологичности S . Допустим, что

показатель является выпуклой и монотонной функцией управляющих переменных объекта управления $\bar{x} = \{x_j\}$, $j = \overline{1, n}$. Как показывает практика между показателем технологичности управляемого объекта и управляющими переменными, влияющими на этот показатель, отсутствуют явно выраженные функциональные зависимости, конкретные значения технологичности находятся по математической модели.

Пусть управляющие переменные объекта принимают значения из некоторой ограниченной области B n -мерного евклидова пространства $B \subset R^n$. Во всех точках области B определен $S(\bar{x})$, известны номинальные значения переменных $\bar{x}^0 = \{x_j^0\}$, $j = \overline{1, n}$ и соответствующее им значение показателя технологичности $S^0(\bar{x}^0)$.

Область допустимых вариаций управлений B^0 определим как множество возможных отклонений переменных от их номинальных значений $\bar{x}^0$, при которых показатель технологичности конструкции РЭС находится в заранее определенных ограничениях

$$\left| S(\bar{x}^0 + \Delta \bar{x}) - S^0(\bar{x}^0) \right| \leq \varepsilon, \quad (1)$$

где $\Delta \bar{x}$ — отклонения управляющих переменных от номинальных значений; ε — допуск на показатель технологичности объекта управления.

Сформулируем следующую постановку задачи: по известному допуску на показатель технологичности конструкции объекта управления необходимо найти область в пространстве управляющих (входных) переменных, во всех точках которой выполняются ограничения на показатель технологичности объекта управления. Использование алгоритмов обхода вдоль границы в сочетании с методами сечения и анализа чувствительности систем неоправдано из-за больших затрат вычислительных ресурсов. Поэтому для решения данной проблемы требуется разработка легко реализуемого на вычислительной технике метода определения области допустимых отклонений переменных.

Нахождение области допустимых отклонений управляющих переменных по известному допуску на показатель технологичности объекта управления. Если показатель технологичности некоторого объекта управления зависит от одной входной или управляющей

переменной, то номинальному значению переменной x^0 соответствует номинальное значение показателя технологичности S^0 . Производная $\partial S / \partial x$ в точке x^0 определяет тангенс угла наклона касательной к оси x . Тогда значение отклонения переменной определяется по формуле

$$\omega = \frac{\varepsilon}{\left| \partial S / \partial x \right|_{x=x^0}}. \quad (2)$$

Находим значения показателя технологичности S^+ и S^- в точках $x^0 + \omega$ и $x^0 - \omega$ соответственно. Если значение показателя технологичности находится в допустимых пределах, т.е. $|S^+ - S^0| \leq \varepsilon$ или $|S^- - S^0| \leq \varepsilon$, то допустимое отклонение переменной x от номинального значения x^0 находится в пределах от x^0 до $x^0 + \omega$ или от x^0 до $x^0 - \omega$ соответственно. Если же $|S^+ - S^0| > \varepsilon$ или $|S^- - S^0| > \varepsilon$, то значения отклонения управляющей переменной x от x^0 находим как $\frac{\varepsilon \omega}{|S^+ - S^0|}$ и $\frac{\varepsilon \omega}{|S^- - S^0|}$ соответственно.

Рассмотрим случай, когда число управляющих переменных, влияющих на технологичность объекта, равно n . Если выполняется ограничение (1) и функция S – выпуклая монотонная функция переменных, то достаточно, чтобы отклонения переменных $\Delta \bar{x}$ принимали значения из множества $\tilde{B} \subset B^0$, где $\tilde{B} = \{ \Delta \bar{x} \mid P \Delta \bar{x} \leq 1 \}$ [3]. В последнем выражении P – матрица размерности $2^n \times n$, строки которой образованы всеми возможными

заменами компонент вектора $p_1 = \left\{ \frac{1}{\eta_1}, \dots, \frac{1}{\eta_n} \right\}$ на компоненты вектора

$$p_k = \left\{ \frac{1}{\mu_1}, \dots, \frac{1}{\mu_n} \right\}, \text{ где } k = 2^n, \text{ а величины } \eta_j, \mu_j \text{ определяются}$$

следующими соотношениями:

$$\eta_j = \begin{cases} \omega_j = \frac{\varepsilon}{\left| \partial S / \partial x_j \right|_{\bar{x} = \bar{x}^0}}, & \text{если } |S_j^+ - S^0| \leq \varepsilon; \\ \frac{\varepsilon \omega_j}{|S_j^+ - S^0|}, & \text{если } |S_j^+ - S^0| > \varepsilon, \end{cases} \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} S_j^+ &= S(x_1^0, \dots, x_j^0 + \omega_j, \dots, x_n^0), \\ S_j^- &= S(x_1^0, \dots, x_j^0 - \omega_j, \dots, x_n^0), \\ j &= \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (4)$$

Для доказательства покажем, что $\tilde{B} \subset B^0$. Рассмотрим два множества :

$$\begin{aligned} A_1 &= \left\{ \Delta \bar{x} \left| S(\bar{x}^0 + \Delta \bar{x}) - S^0(\bar{x}^0) \geq -\varepsilon \right. \right\} \text{ и} \\ A_2 &= \left\{ \Delta \bar{x} \left| S(\bar{x}^0 + \Delta \bar{x}) - S^0(\bar{x}^0) \leq \varepsilon \right. \right\} \end{aligned}$$

пересечение которых $B^0 = A_1 \cap A_2$ определит все $\Delta \bar{x}$, для которых выполняется условие (1). Замкнутое полупространство

$$T_1 = \left\{ \Delta \bar{x} \left| \sum_{j=1}^n \frac{\partial S}{\partial x_j} \Delta \bar{x}_j \geq -\varepsilon \right. \right\}$$

полностью содержится в A_1 , так как

$$S(\bar{x}^0 + \Delta \bar{x}) - S^0(\bar{x}^0) \geq \sum_{j=1}^n \frac{\partial S}{\partial x_j} \Delta \bar{x}_j$$

в силу выпуклости $S(\bar{x})$. Тогда $\tilde{B} = A_2 \prod T_1$ – выпуклое подмножество множества B^0 . Покажем, что множество вершин $\bar{x}$ принадлежат выпуклому множеству

$$\tilde{B} = \{ \bar{x} = \bar{x}_\eta \cup \bar{x}_\mu \},$$

где $\bar{x}_\eta = \{ (x_1^0, \dots, x_{j-1}^0, x_j^0 + \eta_j, \dots, x_n^0), j = \overline{1, n} \}$,

$$\bar{x}_\mu = \{ (x_1^0, \dots, x_{j-1}^0, x_j^0 + \mu_j, \dots, x_n^0), j = \overline{1, n} \}.$$

Рассмотрим вершину

$$\bar{x}^* = (x_1^0, \dots, x_{j-1}^0, x_j^0 + \mu_j, \dots, x_n^0).$$

Пусть $S(\bar{x})$ – монотонно убывающая функция и $\eta_j = \omega_j$; тогда соответствующее $\Delta \bar{x}^*$ будет принадлежать T_1 по определению множества T_1 . Предположим, что $\Delta \bar{x}^* \notin \tilde{B}$, тогда $\Delta \bar{x}^* \notin A_2$, что противоречит условию монотонного убывания функции $S(\bar{x})$, следовательно, $\Delta \bar{x}^* \in \tilde{B}$.

Пусть $S(\bar{x})$ – монотонно возрастающая функция и $\eta_j = \frac{\varepsilon \omega_j}{|S_j^+ - S^0|}$, тогда

$$S(\bar{x}^0 + \Delta \bar{x}) - S^0(\bar{x}^0) \leq \frac{S(x_1^0, \dots, x_j^0 + \omega_j, \dots, x_n^0) - S^0(\bar{x}^0)}{\omega_j}, \quad (5)$$

в силу выпуклости $S(\bar{x})$, причем при $\bar{x} = \bar{x}^*$ правая часть

неравенства (5) равна ε , то есть $\Delta \bar{x}^* \in A_2$. Легко проверить, что $\Delta \bar{x}^* \in T_1$, следовательно, $\Delta \bar{x}^* \in \tilde{B}$.

Практическая реализация метода осуществлялась в ОАО «Концерн «КЭМЗ» при проектировании навигационных РЭС. При известном допуске на изменение технологичности конструкции изделия с использованием соотношений (2) – (4) были найдены области допустимых отклонений управляющих переменных, в качестве которых выступали технологическая себестоимость, проектная трудоемкость и материалоемкость конструкции. На стадиях проектирования и технологической подготовки производства изделия удалось оптимизировать значения перечисленных показателей (переменных) так, что они позволили удержать комплексную технологичность конструкции в пределах нормативных значений, тем самым сократить затраты всех видов ресурсов на реализацию проекта.

Список использованных источников

1.Ирзаев Г. Х. Система оценки согласованности конструкций радиоэлектронных средств с технологией предприятия-изготовителя на этапе освоения // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2010. – № 1(21). – С. 257-261.

2.Ирзаев Г. Х.. Разработка функциональной и организационной структур комплексной системы управления технологичностью промышленных изделий // Автоматизация процессов управления. – 2011. – № 4 (26). – С. 66-75.

3.Волкович В. Л., Волошин А. Ф., Горлова Т. М. Методы и алгоритмы автоматизированного проектирования сложных систем управления. – Киев: Наук. думка, 1984. -216 с.