

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЯЧЕЕК ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ С ТОЧЕЧНЫМ КРЕПЛЕНИЕМ

П.В.Кутровский, Е.Н.Талицкий

ВЛГУ

В данной статье описано получение математической модели для точечно-закрепленных ячеек электронной аппаратуры.

При эксплуатации электронной аппаратуры (ЭА) на подвижных объектах возникают резонансные колебания ячеек ЭА. Перегрузки на электро-радиоэлементы при этом возрастают в десятки раз, что приводит к отказам ЭА. Для устранения резонансных колебаний часто применяют частотную отстройку, заключающуюся в выведении спектра собственных частот колебаний (СЧК) ячеек за верхнюю границу диапазона воздействующих вибраций. Для этого необходимо определить первую СЧК ячеек, рассчитываемую по формуле [1, 2]

$$f_0 = \frac{\pi}{2} \left(\frac{i^2}{a^2} + \frac{j^2}{b^2} \right) \sqrt{\frac{D}{m}},$$

где a, b – длина и ширина прямоугольной печатной платы; D – цилиндрическая жесткость; m – масса единицы площади платы; i, j – число полуволн изгиба в направлениях длины и ширины платы.

Для расчета первой СЧК принимают $i=j=1$. В работе [3] показано, что это справедливо только для расчета квадратных или близких к ним по форме прямоугольных плат. Уже при отношении сторон $a/b > 2$ ошибка в определении первой СЧК может превышать 50%. Причем получается завышенное значение частоты, что может привести к ошибочным выводам с точки зрения частотной отстройки. Там же, показано, что на основе вычислительного эксперимента, проведенного с использованием системы конечно-элементного анализа (СКЭА) “ANSYS” можно подобрать такие значения j , при которых ошибка в определении f_{01} не будет превышать нескольких процентов.

В дальнейшем на основе данных вычислительного эксперимента была создана математическая модель параметра j в зависимости от соотношения сторон a/b и площади платы S , так как на основе проведения натурального эксперимента с использованием электродинамического вибростенда ВЭДС-200А было определено, что именно эти параметры влияют на величину j .

Таким образом, на основе метода Брандона можно записать

$$j(a/b, S) = Af(a/b)f(S),$$

где A – некоторый коэффициент, $f(a/b)$ – функция, зависящая только от соотношения сторон платы, а $f(S)$ – от её площади.

На основе обработки данных вычислительного эксперимента последовательно было определено, что

$$j(a/b) = 1,23 - 0,33 \frac{a}{b}, \quad f(S) = 1,41 - 25,46S + 289,43S^2, \quad A = 1,01.$$

Вычислительный эксперимент проводился для плат площадью от 100 до 500 см² и отношением сторон a/b от 1 до 2. Таким образом, формула для расчета первой СЧК будет иметь вид

$$f_{01} = \frac{\pi}{2} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{\left[1,01 \left(1,23 - 0,33 \frac{a}{b} \right) (1,41 - 25,46S + 289,43S^2) \right]^2}{b^2} \right) \sqrt{\frac{D}{m}}.$$

В таблице приведены результаты расчета по этой формуле и натуральных испытаний, проведенных для нескольких плат. Характеристики материала определялись экспериментально и равнялись: $E = 2,88 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$, $\rho = 2,45 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Таблица

| Исходные данные | | | | Эксперимент | расчет | | |
|-------------------|------|------|------|-------------|--------|--------|------|
| S см ² | a, м | b, м | a/b | f экс, Гц | j | f, Гц | % |
| 162 | 0,18 | 0,09 | 2 | 104 | 0,62 | 100,36 | 3,63 |
| 117 | 0,13 | 0,09 | 1,44 | 187 | 0,88 | 198,54 | 5,81 |
| 165 | 0,15 | 0,11 | 1,36 | 132 | 0,84 | 132,88 | 0,66 |
| 270 | 0,18 | 0,15 | 1,2 | 75 | 0,79 | 75,29 | 0,38 |
| 100 | 0,1 | 0,1 | 1 | 270 | 1,08 | 278,71 | 3,12 |

Погрешность расчета не превысила 6% по сравнению с экспериментальными данными.

Литература

1. ОСТ 4Г 0.010.009-84. Модули электронные первого и второго уровней радиоэлектронных средств. Конструирование
2. Steinberg D.S. Vibrations analysis for electronic equipment. – New York, 1973. – 456р.
3. Кутровский П.В., Талицкий Е.Н. О расчете собственных частот колебаний прямоугольных ячеек электронной аппаратуры. // Проектирование и технология электронных средств. Владимир -2006. - №4.