

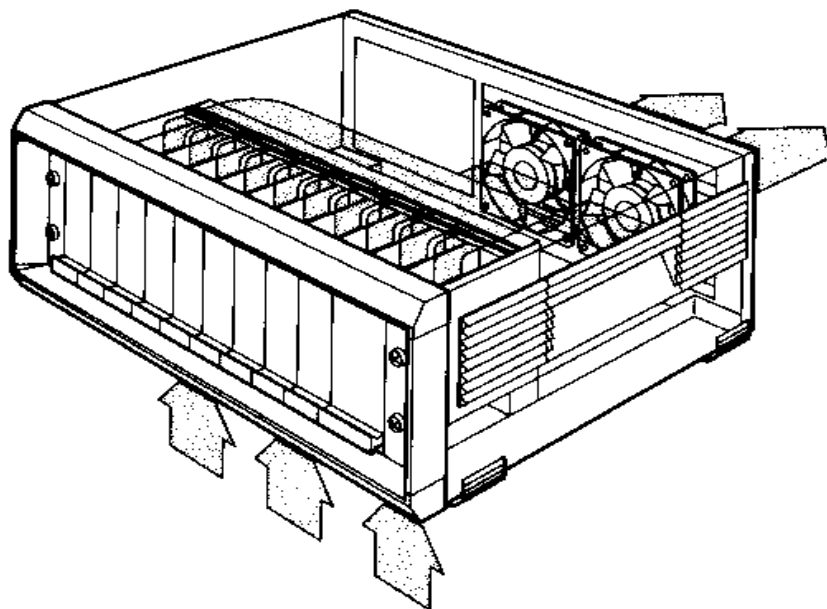


Кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры

А.К.Кондаков

РАСЧЕТ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ ПЕЧАТНОГО УЗЛА РЭС

Методическое пособие для выполнения практического занятия
для студентов радиотехнического факультета по дисциплине
«Основы конструирования и технологии производства
радиоэлектронных средств»



Томск 2012

1. Расчет собственной частоты печатного узла

Целью практического занятия является определение действующих на элементы печатного узла изделия РЭС внешних механических перегрузок, а также возникающих максимальных перемещений при действии вибрации и ударов.

Для оценки виброустойчивости необходимо выполнить расчёт собственной (резонансной) частоты платы функционального узла (ФУ) с установленными на ней электрорадиоэлементами. Собственная частота платы не должна попадать в диапазон частот, при которых эксплуатируется устройство, так как в этом случае наступает резонанс и может произойти отказ платы за счет нарушения целостности проводящего рисунка или выводов навесных элементов. Чаще всего этот дестабилизирующий диапазон внешних вибраций лежит в пределах от 1 до 100 Гц.

В качестве задания по расчету собственной частоты ФУ используется полученный в результате проектирования в системе P-CAD 2006 проект функционального печатного узла с соответствующими размерами и массой. Предполагаемое крепление печатного узла к основанию объекта установки – в 4-х точках по углам платы.

Порядок расчета включает в себя следующие пункты:

1. Определяется распределенная по площади платы масса по формуле

$$m'' = \frac{m}{a \cdot b}, \quad (1)$$

где: m^* - распределённая по площади платы масса, кг/м²;
 m - масса пластины платы с электрорадиоэлементами, кг;
 a, b - длина и ширина пластины платы, м.

2. Определяется цилиндрическая жесткость материала платы по формуле

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}, \quad (2)$$

где: E - модуль упругости материала пластины платы;
 h - толщина пластины;
 ν - коэффициент Пуассона материала платы.

Коэффициент Пуассона и модуль упругости выбирают в зависимости от материала основания пластины. Для стеклотекстолита, имеющего широкое применение в качестве основания конструкций печатных плат

$$E = 3,02 \cdot 10^{10} \text{ Па}, \quad \nu = 0,279.$$

3. Частоту собственных колебаний равномерно нагруженной пластины определяют по формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\alpha}{a \cdot b} \cdot \sqrt{\frac{D}{m''}}, \quad (3)$$

где: α - коэффициент, зависящий от способа крепления сторон пластины печатной платы к основанию объекта установки. К примеру, в случае крепления платы в 4-х точках $\alpha = 23,86$.

Таким образом, исходя из полученного значения частоты собственных колебаний, можно сделать вывод о том, что данная конструкция под влиянием вибрационных нагрузок не войдет в резонанс, если собственная частота колебаний не входит в диапазон частот внешних механических воздействий, заданных в техническом задании.

В качестве примера ниже приводится расчет собственной частоты печатного узла.

Исходные данные:

Масса печатного узла – $M_{ПУ} = 0,273$ кг.

Модуль упругости стеклотекстолита – $E = 30$ ГПа.

Размер платы: $a = 220$ мм, $b = 160$ мм, $h = 2$ мм.

Число точек крепления платы $n = 4$.

Диапазон частот внешнего воздействия $10 \dots 100$ Гц.

Собственную частоту пластины с распределенной нагрузкой и числом точек закрепления равным 4 можно рассчитать по формуле:

$$f = 0.159 \cdot K_{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{D}{m''} \cdot \frac{1}{a^2}},$$

где: K_{α} - коэффициент, зависящий от длины платы. Для четырех точек крепления коэффициент K_{α} находится по формуле:

$$K_{\alpha} = 22,37 \sqrt{1 + 0,48 \cdot a^2/b^2 + 0,19 \cdot a^4/b^4},$$

$$K_{\alpha} = 22,37 \sqrt{1 + 0,48 \cdot 220^2/160^2 + 0,19 \cdot 220^4/160^4} = 35.978$$

где a и b – длина и ширина платы;

$D = 0,09 E \cdot h^3$ - жёсткость платы,

h – толщина платы,

$m'' = G/a \cdot b$ - распределенная по площади масса, (G – масса платы с ЭРЭ).

Определяем жёсткость платы по формуле:

$$D = 0,09 \cdot E \cdot h^3,$$

$$D = 0,09 \cdot 30 \cdot 10^9 \cdot 0,002^3 = 21,6 \text{ Па} \cdot \text{м}^3.$$

Распределённая масса находится по формуле:

$$m'' = \frac{M_{ПУ}}{a \cdot b},$$

$$m'' = \frac{0,273}{0,22 \cdot 0,16} = 7,756 \text{ кг/м}^2.$$

Рассчитаем собственную резонансную частоту печатного узла:

$$f = 0,159 \cdot 35,978 \cdot \sqrt{\frac{21,6}{7,756} \cdot \frac{1}{0,22^2}} = 197,241 \text{ Гц}.$$

Рассчитанная резонансная собственная частота печатного узла в условиях реальной эксплуатации должна лежать за пределами диапазона воздействующих на печатный узел механических колебаний и ударов. При соблюдении этих условий гарантируется его надежное функционирование.

2 ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

2.1 Козлов В.Г., Кобрин Ю.П., Кондаков А.К. Основы проектирования электронных средств: Методическое пособие / Томск, ТУСУР, 2006г., 172 с.

2.2 Основы проектирования электронных средств. Общие принципы проектирования : учебное пособие / В. Г. Козлов, А. П. Бацула, Ю. П. Кобрин ; - Томск : ТУСУР, 2005. - 150 с.