

Государственный комитет по народному образованию СССР

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
технический университет им. Н. Э. Баумана

Чеканов А. Н., Резчикова Е. В., Носов В. И., Раевский С. К.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ЕЕ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

Лабораторная работа

Учебное пособие по курсу "Конструирование РСС"

Под редакцией Е. М. Парфенова

Москва

1991

Государственный комитет по народному образованию СССР

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
технический университет им. Н.Э. Баумана

Чеканов А.Н., Резчикова Е.В., Носов В.И., Раевский С.К.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ЕЕ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

Лабораторная работа

Учебное пособие по курсу "Конструирование РЭС"

Под редакцией Е.М. Парфенова

Москва

1991

Данное учебное пособие издается в соответствии с учебным планом. Рассмотрено и одобрено кафедрой ИУ-4 15.10.90 г. и методической комиссией факультета ИУ

Рецензент : д.т.н., профессор каф. ИУ-6 Овчинников В.А.

Содержание

	Стр.
1. Теоретическая часть работы	3
2. Порядок проведения работы	5
Литература	10

Редактор *Селин*

Корректор *Авдеев*

Заказ 1374 Объем 0,4 п.л. Тираж 300 /50/ экз.

Типография НИЭМИ 121471, Москва, ул. Верейская, дом 41

ЦЕЛЬ РАБОТЫ - ознакомление с методами определения собственных резонансных частот печатной платы /ячейки второго конструктивного уровня/.

ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАКЕТЫ для проведения эксперимента:

- лабораторная установка для испытания на вибрационное воздействие /рис. 1/;
- приспособление для крепления платы к столу вибростенда;
- печатные платы с точечным закреплением;
- печатные платы, закрепляемые по контуру;
- рамки для крепления печатных плат;
- крепежный набор /резьбовые втулки, винты, шпильки/;
- пьезоэлектрический датчик;
- измеритель амплитуды вибрации платы и основания /стола вибростенда или приспособления/.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

В современной радиоэлектронной радиоаппаратуре /РЭА/ основным конструктивным элементом модуля второго конструктивного уровня является печатная плата. Если аппаратура подвергается внешним вибрационным воздействиям, в печатных платах возникают вынужденные колебания, так как платы являются механическими резонаторами.

Одним из основных конструктивных параметров, характеризующих печатную плату, являются резонансные частоты, под которыми подразумевают собственные частоты изгибных колебаний. Если частота колебаний возмущающей силы совпадает с резонансной частотой платы, на ней возникают резонансные перегрузки, превосходящие во много раз внешнюю силу. Это приводит к отказам радиоэлементов, установленных на платах, так как вибрационные

перегрузки при резонансе могут превышать уровни, допустимые по техническим условиям /ТУ/ на радиоэлементы /рис.2/.

Численные значения собственных резонансных частот печатных плат зависят от конкретных особенностей конструкции: формы, размеров, материалов, условий закрепления и т.д.

При расчете печатная плата рассматривается как жесткая пластинка с определенными граничными условиями.

Хотя в реальных конструкциях печатная плата нагружена радиоэлементами, ее частота не будет существенно отличаться от вычисленной для пластинки /если масса радиоэлементов распределена по плате приблизительно равномерно/, так как уменьшение частоты от присоединенной массы радиоэлементов компенсируется увеличением частоты от повышения жесткости платы за счет крепления радиоэлементов.

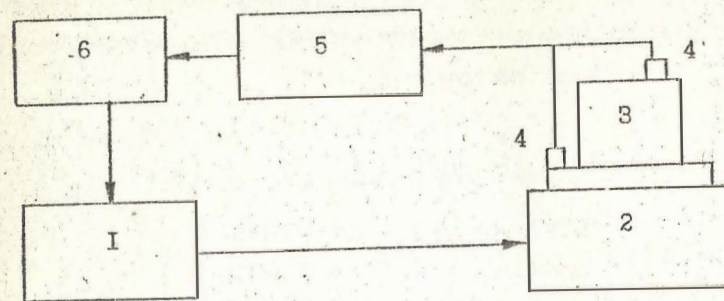
Граничные условия для плат выбираются в зависимости от реального закрепления печатной платы в блоке РЭА. Существует три типа идеальных классических граничных условий: 1-опертый край, 2-зашемленный край, 3-свободный край. Практика показывает, что если край платы находится в направляющих, то это закрепление можно считать опертым; если к этому имеется ограничение с торца платы, то закрепление считается зашемленным краем. Такие крайние условия характерны, например, для этажерочной компоновки блоков РЭА.

Для прямоугольных пластинок существует 21 вариант возможных комбинаций вышеперечисленных граничных условий по сторонам платы. Кроме того, печатные платы могут быть закреплены в точках по периметру платы, например, в четырех угловых точках.

Варианты закрепления плат, чаще всего применяемых в РЭА, приведены в таблице 1.

Печатная плата, как система с распределенными параметрами, имеет бесконечное число резонансных частот. Наиболее опасный резонанс, но при проектировании РЭА необходимо учитывать значи-

Схема испытаний аппаратуры на воздействие вибрации



1-задающий генератор; 2-вибратор; 3-испытуемый прибор; 4-измерительный датчик; 5-измерительная аппаратура; 6-автоматический регулятор уровня

Рис.1

Виброрежим работы ЭРЭ на печатной плате в блоке РЭА

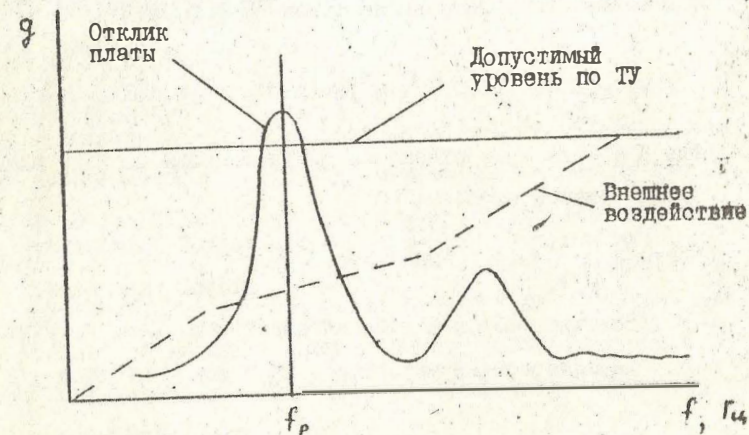


Рис.2

вать и высшие гармоники, если внешнее вибрационное воздействие представляет собой случайную вибрацию с широким спектром частот.

Собственные резонансные частоты платы, закрепленной по контуру, вычисляются по формуле

$$f_p = \frac{\lambda}{2\sqrt{a^2}} \sqrt{\frac{D}{\rho h}} ; \quad \lambda = \frac{a}{\beta} , \quad /1/$$

где β - размер меньшей стороны платы, м ;
 a - размер большей стороны платы, м ;
 ρ - плотность пластины кг·сек²/м⁴ ;
 D - цилиндрическая жесткость пластины, кг·м ;
 E - модуль упругости, кг/м² ;
 ν - коэффициент Пуассона / $\nu = 0,2+0,3$;
 h - толщина платы, м ;
 λ - частотный параметр или волновое число, соответствующее числу полуволн, укладываемых по стороне пластины; выбирается в зависимости от закрепления сторон, соотношения размеров сторон и номера гармоники колебаний по таблице 2 /для опертой платы/ и по таблице 3 /для защемленной платы/.

Собственные резонансные частоты плат, закрепленных в четырех точках по углам, определяются по формуле

$$f_p = \frac{\sqrt{h}}{2} \frac{1+K^2}{g^2} (n^2 K^2 + m^2) \sqrt{\frac{D}{\rho h}} ; \quad D = \frac{E h^3}{12(1-\nu^2)} , \quad /2/$$

где $K = \beta/a$ - отношение длины меньшей стороны платы к длине ее большей стороны;

$n = 1, \quad m = 1$ - для первой гармоники;

$n = 1, \quad m = 2$ - для второй гармоники.

Балочные формы колебаний пластинок здесь не учитываются.

Характеристики материалов печатных плат даны в ГОСТ 10316-

78 "Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. Общие технические условия" и ГОСТ 10292-74 "Стеклотекстолит конструкционный". Для расчетов выбираются числовые значения из таблицы 4.

2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Экспериментальное исследование плат, закрепленных по контуру.

Собрать макет печатной платы в требуемом конструктивном оформлении по контуру, закрепить на приспособлении и установить на стол вибростенда. Измерительный датчик установить на мастику или цинкрин в центре платы, задающий датчик крепить на стол вибростенда или приспособления. Подать на стол вибростенда гармоническую вибрацию небольшого уровня /около 2g/. При плавном прохождении диапазона частот найти резонансные пики платы и зафиксировать значения частот /на цифровом вольтметре/, на которых обнаружено максимальное усиление подаваемой вибрации. Отклик платы можно зафиксировать и при помощи самописца.

По формуле /1/ вычислить теоретические значения частот платы и сравнить с экспериментально полученными значениями.

2.2. Экспериментальное исследование плат, закрепленных в точках по четырем углам.

Собрать макет печатной платы с точечным креплением по углам и закрепить на столе вибростенда. Измерить значения резонансных частот платы по методике, примененной на первом этапе.

По формуле /2/ вычислить теоретическое значение частот 4-х опорной платы и сравнить с экспериментально полученными значениями. Построить спектры частот печатных плат. Оценить возможную виброустойчивость и вибропрочность радиоэлектронной аппаратуры, построенной с применением того или иного из исследованных конструктивов.

Таблица I

Варианты закрепления плат, применяемые в РЭА

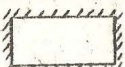

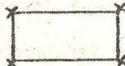
№ п/п	Эскиз закрепления	Наименование закрепления
1.		Защемленная по контуру
2.		Опертая по контуру
3.		Закрепленная в 4-х точках

Таблица 2

Характеристики платы, опертой по контуру

№ гармоник	b/a				
	0,4	2/3	1,0	1,5	2,5
1	$\lambda = 11,5$	14,3	19,7	32,1	71,6
2.	$\lambda = 16,2$	27,4	49,4	61,7	101,2

Таблица 3

Характеристики платы, защемленной по контуру

№ гармоник	b/a				
	0,4	2/3	1,0	1,5	2,5
1	$\lambda = 23,7$	27	36	60,8	147,8
2	$\lambda = 27,8$	41,7	73,4	93,9	173,9

Таблица 4

Характеристики материалов печатных

плат

Материал	h, мм	E, н/см ²	ν	ρ , г/см ³
СТ-1-35	1	2×10^5	0,15	2,00
	1,5	"	"	2,00
	2,0	"	"	1,8
	2,5	"	"	1,8
СТ-2-35	1,0	"	"	2,3
	1,5	"	"	2,12
	2,0	"	"	2,10
	2,5	"	"	2,00

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Методы защиты электронной аппаратуры от механических и акустических воздействий. Уч. пособие по курсу "Теоретические основы конструирования и надежности РЭА и ЭВА". Под ред. А.Н. Чекалова. М.: РИО МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1987.
2. Steinberg D.S. *Vibration analysis for electronic equipment*. New York, 1973.
3. Leissa A.W. *The Free Vibration of Rectangular Plates*. *J. of Sound a. Vibration*. vol. 31, 1973.