

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

**Московский институт электроники и математики
национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»**

**Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана**

Новые информационные технологии в автоматизированных системах

Материалы восемнадцатого научно-практического семинара

Москва 2015

УДК 621.38
ББК 32.81
Н - 76

Н - 76 Новые информационные технологии в автоматизированных системах: материалы восемнадцатого научно-практического семинара. – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2015. – 652 с.

ISBN 978-5-94506-335-8

ISSN 2227-0973

Содержит материалы, представленные к рассмотрению на научно-практический семинар “Новые информационные технологии в автоматизированных системах”.

Представляет интерес для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов и студентов, работающих по указанным научным направлениям.

ISBN 978-5-94506-335-8

УДК 621.38
ББК 32.81

© ИПМ им. М.В. Келдыша, 2015



Published under CC BY-SA license

Исследование параметров электрорадиоизделий для проведения уточненной оценки ресурса на примере высокочастотных дросселей

Королев П.С., Иванов И.А., Полесский С.Н.

Национальный Исследовательский Университет «Высшая школа экономики»
domopavel@rambler.ru, i.ivanov@hse.ru, spolessky@hse.ru

Аннотация. В работе анализируются данные из технических условий (ТУ) на соответствие ГОСТ по внешним воздействующим факторам на примере дросселей высокочастотных для дальнейшего расчета показателей долговечности, а именно гамма-процентного ресурса, в основу расчета которого положена методика прогнозирования показателей долговечности электрорадиоизделий (ЭРИ) с учетом условий эксплуатации и времени хранения.

Ключевые слова: долговечность, надежность, дроссель, гамма-процентный ресурс, электрорадиоизделие, минимальная наработка.

1 Введение

Статья написана в рамках научного проекта (№ 15-05-0029), выполненного при поддержке Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2015 г.

На сегодняшний день в мире стоит острый вопрос надежности радиоэлектронных средств, обеспечение которой невозможно без анализа отдельных электрорадиоизделий. Среди ряда показателей, характеризующих изделие можно выделить долговечность. Данный показатель зависит от ряда внешних воздействующих факторов (температура, давление, влажность, вибрация и др.). В свою очередь долговечность характеризуется ресурсом, наиболее важный вклад в оценку которого вносит коэффициент жесткости условий эксплуатации K_z , а также время хранения T_{xp} при расходовании ресурса. В технических условиях при указании показателей долговечности, значение K_z усредняют или принимают равным для всех режимов эксплуатации [Справочник, 2006], T_{xp} часто вообще не учитывают несмотря на то, что перечисленные характеристики в значительной степени влияют на оценку минимальной наработки $T_{н.м.}$, а также гамма-процентного ресурса $T_{p,\gamma}$ отдельных ЭРИ и радиоэлектронных средств в целом.

2 Определение групп эксплуатации ЭРИ по ТУ и ГОСТ

Технические условия на электрорадиоизделия составляются, как правило, без указания класса аппаратуры. Определение группы эксплуатации возможно только путем анализа допустимых механических, климатических и прочих воздействий и соотнесение их с классификацией

по ГОСТ [ГОСТ РВ 20.39.304-98]. Анализ технических условий различных ЭРИ показал, что точное соответствие между данными ТУ и ГОСТ отсутствует, что приводит к необходимости выбора нескольких групп эксплуатации, соответствующих значениям физических воздействий по ТУ.

Рассмотрим дроссель высокочастотный типа ДМ по ТУ [ГИО.477.002ТУ] и ГОСТ [ГОСТ РВ 20.39.304-98]. Составим таблицу, в которой отразим факторы и параметры, а также стадии и группы эксплуатации, заданные в ТУ и ГОСТ (см. таблицу 1).

Таблица 6. Характеристики воздействующих факторов

Синусоидальная вибрация			Диапазон частот, [Гц]	Ампл-да ускор-я, [м·с ² (g)]				
		ТУ	1-2500	200 (20)				
		ГОСТ				Стадия эксплуатации	Группа эксплуатации	
			5-2000	100 (10)	1.3, 2.1	5.1-5.4		
			1-2000	100 (10) 150 (15)	3	6.1-6.4 6.5-6.7		
Акустический шум			Диапазон частот, [Гц]	Уровень звук-го давл-я, [дБ]				
		ТУ	50-10000	140				
		ГОСТ				Стадия эксплуатации	Группа эксплуатации	
			150-10000	150	1.3-2.1	5.1-5.4		
			50-100	130	3	6.1-6.7		
				150	2	6.1, 6.5-6.7		
				160		6.2		
170	6.3-6.4							
Механический удар	Одиночного воздействия			Пиковое ударное ускорение, [м·с ⁻² (g)]	Пиковое ударное ускор-е, [м·с ⁻² (g)]			
			ТУ	10000 (1000)	0.2-1			
			ГОСТ				Стадия эксплуатации	Группа эксплуатации
				1500 (150)	0.3-1	1.3, 2.1, 2.3, 2.5-2.8	5.1-5.4	
				по ТЗ		1	6.1-6.7	
				50000- 800000 (5000-8000)		2	6.1-6.4, 6.6	
				600-1300 (60-130)			6.5	
	1500 (150)	6.7						

	Многократного воздействия		Пиковое ударное ускорение, [м·с ⁻² (g)]	Длит-ть действия, [мс]		
		ТУ	1500 (150)	1-3		
		ГОСТ			Стадия эксплуатации	Группа эксплуатации
			50 (5)	2-10	1.2	5.1-5.4
			150 (15)	5-10		1.1, 1.3
	Линейное ускорение		[м·с ⁻² (g)]			
		ТУ	1000 (100)			
ГОСТ				Стадия эксплуатации	Группа эксплуатации	
		150 (15)		1.3, 2.1	5.1-5.4	
Атмосферное давление	Пониженное		Значение при эксплуатации, [Па (мм. рт. ст.)]			
		ТУ	6.7·10 ⁹ (5)			
		ГОСТ			Стадия эксплуатации	Группа эксплуатации
			12000 (90)		1.2	5.1-5.4
			47000 (350)		1.3, 2.1-2.8	5.1
			47000 (300)			5.2
			1.3·10 ⁻⁴ (10 ⁻⁶)		1.3, 2.1, 2.2, 2.3	5.3
			1.3·10 ⁻⁷ (10 ⁻⁹)		2.4, 2.5	
			1.3·10 ⁻¹¹ (10 ⁻¹³)		1.3, 2.2-2.5	5.4
			по ТЗ		2.6-2.8	5.3-5.4
			8000 (60)		1-3	6.1, 6.2, 6.4, 6.5
			670 (5)			6.3
			12000 (90)			6.6, 6.7
			60000 (450)			1.1, 1.3
	Повышенное		Значение при эксплуатации, [Па (мм. рт. ст.)]			
		ТУ	294000			
		ГОСТ			Стадия эксплуатации	Группа эксплуатации
			13000		1.1-2.8	6.1
			31000			6.2
			по ТЗ		2.6-2.8	6.3-6.4
		Температура	Пониженная		Рабочая, [°C]	
ТУ	-60					
ГОСТ				Стадия эксплуатации	Группа эксплуатации	
	-10			1.3, 2	5.1, 5.2	
	-50				5.3	
	-150				5.4	

			-50	1-3	6.1-6.3, 6.5-6.7	
			-40		6.4	
			5		1.1, 1.3	
		Повышенная		Рабочая, [°C]		
	ТУ		100			
	ГОСТ				Стадия эксплуатации	Группа эксплуатации
			40	1.3, 2	5.1, 5.2	
			50		5.3	
			120		5.4	
			55	1-3	6.1-6.3, 6.5-6.7	
			50		6.4	
			40		1.1, 1.3	
	Изменение		Рабочая, [°C]			
		ТУ	от -60 до 100			
		ГОСТ			Стадия эксплуатации	Группа эксплуатации
			от -50 до 5	1.2, 1.3, 2	5.1-5.4	
			от - 10 до 40		5.1, 5.2	
			от - 50 до 50		5.3	
			от - 150 до 125		5.4	
			от - 50 до 50	1.1		
			от - 50 до 60	1.3		
Повышенная влажность воздуха		Относительная влажность при температуре, °C 35, [%]				
	ТУ	98				
	ГОСТ			Стадия эксплуатации	Группа эксплуатации	
		100	1-3	6.1-6.7		

Анализ таблицы 1 позволяет сказать, что в ТУ значения механических и климатических параметров соответствуют нескольким группам и стадиям эксплуатации, а именно 1.1, 1.3, 5.1-5.4, 6.1-6.7. Например, значения параметра пониженной температуры соответствует всем рассматриваемым группам эксплуатации, кроме 5.4, но группа 5.4 учитывается, попадая в диапазон механического фактора – синусоидальная вибрация.

В результате проведенных исследований, сформирована таблица значений коэффициентов эксплуатации (K_e) для всех групп эксплуатации, приведенных выше. Значения K_e приведены в справочнике [Справочник, 2006].

В таблице 2 приведены значения коэффициента жесткости условий эксплуатации K_j для дросселей, перекрывающие вышеперечисленные группы для того, чтобы выбрать максимальный.

Коэффициент K_3 выбирается максимальным, чтобы дать уточненную расчетную оценку ресурса с учетом максимального режима и режима применения.

Таблица 2. Значения коэффициента жесткости условий эксплуатации K_3 для дросселей

Значения K_3 по группам аппаратуры ГОСТ РВ 20.39.304-98			
1.1	1.3-1.10	5.1, 5.2	5.3, 5.4
1	18	1	4

Из таблицы 2 видно, что группы эксплуатации 6.1-6.7 не анализировались, т.к. значения K_3 для этого класса аппаратуры не приведено.

На основании таблицы 2 максимальным будет $K_3 = 18$.

Так как в ТУ указывается либо $T_{н.м}$, либо $T_{р.γ}$, то согласно статье [Жаднов, 2013] гамма-процентный ресурс $T_{р.γ}$ ЭРИ можно преобразовать в минимальную наработку $T_{н.м}$ и наоборот по следующему выражению:

$$T_{н.м} = \frac{(1-0,15 \cdot \chi_{0,999})}{(1-0,15 \cdot \chi_{\gamma})} \cdot T_{р.γ}, \quad (1)$$

где $\chi_{0,999}$ – квантиль нормального распределения для вероятности 0,999; χ_{γ} – квантиль нормального распределения для вероятности γ .

Для уточненной оценки ресурса ЭРИ, исходя из [ГОСТ 27.003-90], необходимо учитывать изнашивание и старение, т.е. учитывать изменение коэффициента $T_{хр}$ при расходовании ресурса. Поэтому $T_{р.γ}^{ут}$ (уточненный) нужно оценивать по следующему выражению:

$$T_{р.γ}^{ут} = \frac{T_{р.γ}^{ТУ} \cdot (\prod_i K_i^{ТУ} \cdot K_3^{ТУ})}{\prod_i K_i \cdot K_3^{прим} \cdot K_{из}} \text{ или} \quad (2)$$

$$T_{р.γ}^{ут} = \frac{(1-0,15 \cdot \chi_{\gamma}) \cdot T_{н.м}^{ТУ} \cdot (\prod_i K_i^{ТУ} \cdot K_3^{ТУ})}{(1-0,15 \cdot \chi_{0,999}) \cdot \prod_i K_i \cdot K_3^{прим} \cdot K_{из}}, \quad (3)$$

где $T_{р.γ}^{ТУ}$ – гамма-процентный ресурс, указанный в ТУ; $T_{н.м}^{ТУ}$ – минимальная наработка, указанная в ТУ; $K_3^{ТУ}$ – коэффициент жесткости условий эксплуатации, выявленный в результате анализа ТУ и ГОСТ (максимальный); $\prod_i K_i$ – поправочные коэффициенты (K_p – коэффициент режима и $K_{пр}$ – коэффициент приемки и др. в максимально допустимых режимах по ТУ или в условия применения); $K_3^{прим}$ – коэффициент жесткости условий эксплуатации для применения аппаратуры в нужных условиях; $K_{из}$ – коэффициент интенсивности эксплуатации.

3 Заключение

В ходе исследования ТУ [ГИ0.477.005ТУ] дросселя типа ДМ и ГОСТ [ГОСТ РВ 20.39.304-98] был установлен факт того, что и значение минимальной наработки, и гамма-процентного ресурса для каждой группы эксплуатации не будет постоянным в силу того, что при их расчете

учитывается коэффициент жесткости условий эксплуатации, принимающий конкретное значение для каждой группы, а также время хранения, где учитывается старение и изнашивание ЭРИ.

В заключение хочется отметить, что при разработке технических условий на электрорадиоизделие, необходимо указывать условия применения ЭРИ для конкретной группы эксплуатации.

В дальнейшем предполагается разработать программу, позволяющую при вводе данных различных факторов (механических, климатических и др.) определять перечень групп эксплуатации ЭРИ, которые охватывает параметры из ТУ, что позволит снизить временные затраты на обеспечение показателей надежности.

Список литературы

[Жаднов, 2013] Жаднов В.В. Расчетная оценка показателей долговечности электронных средств космических аппаратов и систем // Надежность и качество сложных систем. 2013. № 2. С. 65-73.

[ГОСТ 27.003-90] ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности.

[ГОСТ РВ 20.39.304-98] ГОСТ РВ 20.39.304-98. КСОТТ. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам.

[ГИО.477.005ТУ] ГИО.477.005ТУ. Технические условия. Дроссели высокочастотные типа ДМ.

[Справочник, 2006] Справочник. Надежность электрорадиоизделий, 2006.

Проектирование аппаратуры

Анализ методов определения показателей долговечности электронных средств по справочным данным <i>Жаднов В.В.</i>	289
Оценка средней наработки до отказа при частых срабатываниях <i>Артюхов А.А.</i>	295
Исследование параметров электрорадиоизделий для проведения уточненной оценки ресурса на примере высокочастотных дросселей <i>Королев П.С., Иванов И.А., Полесский С.Н.</i>	298
Разработка модуля импорта данных карт рабочих режимов для программ расчета надежности <i>Кулыгин В.Н., Полесский С.Н.</i>	304
Синтез систем обеспечения тепловых режимов радиоэлектронной аппаратуры <i>Громов И.Ю., Кожевников А.М.</i>	311
Программирование методов расчета картины растекания токов по поверхности космических аппаратов <i>Борисов Н.И., Востриков А.В., Жадов А.Д., Колтунова В.Э.</i>	317
Моделирование процессов радиационной электризации нанопроводящих диэлектриков космических аппаратов <i>А.Е. Абрамешин, М.Д. Азаров, А.Е. Пожидаева</i>	325
Помехи в длинных линиях связи и цепях питания <i>Бочкарева А.В.</i>	335
Верификация скорости нарастания выходного напряжения макромодели операционного усилителя <i>Костенников С.И., Тумковский С.Р.</i>	339
Проблема моделирования радиоэлектронных средств как целостности <i>Лемешко Н.В., Захарова С.С.</i>	345
Метод моделирования сертификационных испытаний радиоэлектронных средств по эмиссии излучаемых радиопомех <i>Лемешко Н.В., Захарова С.С.</i>	353
Устройство мониторинга температуры транспортируемых объектов <i>Ю.И. Гудков, С.Н. Сафонов, А.Л. Тув</i>	362
Обзор программ для расчета мощности блока питания ЭВМ <i>Шишкин Ф. Д., Трусов В. А., Баннов В. Я.</i>	366
Анализ известных волоконно-оптических датчиков давления и технологий их изготовления <i>Бростилов С.А., Бростилова Т.Ю.</i>	370
Программа расчета параметров системы пассивной амортизации электронных средств <i>Лысенко А.В., Юрков Н.К., Затылкин С.В.</i>	376
Устройство для исследования влияния инерционной и деформационной составляющей внешнего вибрационного воздействия <i>Затылкин А.В., Голушко Н.В., Ольхов Д.В.</i>	380
Лабораторный стенд для термоциклирования электронных средств <i>Затылкин А.В., Кособоков А.С., Сухова Ю.С.</i>	384
Лабораторный стенд экспонирования фоторезиста на печатных платах <i>Володин П.Н., Наумова И.Ю. Баннов В.Я.</i>	389
Методика индикации резонансных частот электронных средств	393

Под редакцией
Галактионова Владимира Александровича

Научное издание

Материалы восемнадцатого научно-практического семинара
“Новые информационные технологии в автоматизированных системах”

ISBN 978-5-94506-335-8

