

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

**Тема: «Расчет надежности радиоэлектронного
оборудования. Расчет необходимого ЗИП»**

Тема: «Расчет надежности радиоэлектронного оборудования. Расчет необходимого ЗИП»

Вопрос №1 «Расчет интенсивности отказов РЭО»

Вопрос №2 «Приближенный и полный расчет надежности РЭО»

Вопрос №3 «Расчет необходимого ЗИП»

Вопрос №1 «Расчет интенсивности отказов РЭО»

Надежность радиоэлектронного оборудования - свойство сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

Факторы надежности РЭО

СУБЪЕКТИВНЫЕ:

- выбор схемных и конструктивных решений на этапе проектирования;
- выбор элементов и материалов на этапе производства;
- организация технического обслуживания на этапе эксплуатации.

ОБЪЕКТИВНЫЕ

- климатические,
- метеорологические,
- биологические,
- механические и т.п.

Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования

Вопрос №1 «Расчет интенсивности отказов РЭО»

Интенсивность отказов λ - количественная характеристика надежности элементов

$$\lambda = K_{ун} \cdot K_{у} \cdot K_{н} \cdot \lambda_{о}$$

$K_{ун}$ - уровень надежности элементов;

$K_{у}$ - условия эксплуатации;

$K_{н}$ - режим работы и окружающей температуры;

$\lambda_{о}$ - время безотказной работы одного радиокомпонента

Вопрос №1 «Расчет интенсивности отказов РЭО»

Коэффициент уровня надежности элементов:

$K_{ун} = 100$ - для низконадежных элементов;

$K_{ун} = 10$ - для средненадежных элементов;

$K_{ун} = 1,0$ - для высоконадежных элементов;

Коэффициент условий эксплуатации:

$K_{у} = 2...5$ - для наземной аппаратуры, работающей в закрытых помещениях;

$K_{у} = 5...10$ - для наземной аппаратуры, работающей под открытым небом;

$K_{у} = 10...20$ - для судовой аппаратуры, работающей в закрытых помещениях;

$K_{у} = 20...40$ - для судовой аппаратуры, работающей под открытым небом;

Коэффициент режима работы и окружающей температуры:

$K_{н} = P/P_{ном}$ - для резисторов и полупроводниковых приборов;

$K_{н} = U/U_{ном}$ - для конденсаторов, где U и P - рабочее напряжение или мощность, а $U_{ном}$,

$P_{ном}$ - номинальные напряжение или мощность соответственно.

Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования

Вопрос №2 «Приближенный и полный расчет надежности РЭО»

Расчет надежности любого РЭО сводится обычно к определению времени наработки до первого отказа (T_0) и вероятности безотказной работы $P(t)$ по известным условиям эксплуатации.



Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования

Вопрос №2 «Приближенный и полный расчет надежности РЭО»

Таблица 2 Пример результатов расчета надежности условной аппаратуры

№ п/п	Наименование элемента	Количество элементов	$\lambda_0 * 10^{-8}$ (1/час)	K_n	$K_{ун}$	K_y	$N_1 * K_n * \lambda_0 * K_{ун} * K_y$ (1/час)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Резисторы постоянные непроволочные	350	4	0,5	10	10	$70000 * 10^{-8}$
	-/-						
18	Соединение пайкой	2000	0,02	1	10	10	$4000 * 10^{-8}$
19	ИТОГО:						$390227 * 10^{-8}$

- N_1 – количество однотипных элементов;
- λ_0 – время безотказной работы одного радиокомпонента;
- $K_{ун}$ - уровень надежности элементов;
- K_y - условия эксплуатации;
- K_n - режим работы и окружающую температуру.

Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования

Вопрос №2 «Приближенный и полный расчет надежности РЭО»

Суммарное время безотказной работы однотипных радиокомпонентов радиотехнического изделия определяется по формуле:

$$\lambda_{0m} = N_m \cdot K_{yn} \cdot K_n \cdot K_y \cdot \lambda_{0i} \cdot 10^{-8} \quad [1/час]$$

где $\sum_{a=1}^{m=17} \lambda_{0i}$ – суммарное время безотказной работы однотипных радиокомпонентов радиотехнического изделия; N_m – количество однотипных элементов; K_{yn} – т-поправочный коэффициент для средненадёжных элементов; K_n – поправочный коэффициент, учитывающий режим работы и окружающую температуру; K_y – поправочный коэффициент, учитывающий среду где размещена данная аппаратура; λ_{0i} – время безотказной работы одного однотипного радиокомпонента.

- определяем суммарное время безотказной работы с учётом всех радиокомпонентов радиотехнического изделия

$$\lambda_{общ} = \sum_{a=1}^{m=17} \lambda_{0i} = 390\,227 \cdot 10^{-8} [1/час] \approx 3,9 \cdot 10^{-3} [1/час].$$

Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования

9

Таблица 2 Результаты расчетов надежности условной аппаратуры при условиях эксплуатации
 $K_y = 10$ (для судовой аппаратуры, работающей в закрытых помещениях):

№ п/п	Наименование элемента	Количество элементов	$\lambda_0 \cdot 10^{-8}$ (1/час)	K_n	K_{un}	K_y	$N_1 \cdot K_n \cdot \lambda_0 \cdot K_{un} \cdot K_y$ (1/час)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Резисторы постоянные непроволочные	350	4	0,5	10	10	$70000 \cdot 10^{-8}$
2	Резисторы постоянные проволочные	25	2	0,8	10	10	$4000 \cdot 10^{-8}$
3	Резисторы переменные непроволочные	11	0,6	0,7	10	10	$462 \cdot 10^{-8}$
4	Конденсаторы керамические выше 1600 В	40	4	0,8	10	10	$12800 \cdot 10^{-8}$
5	Конденсаторы керамические до 1600 В	250	0,8	0,3	10	10	$6000 \cdot 10^{-8}$
6	Конденсаторы тонкопленочные с неограниченным диэлектриком	200	0,3	0,3	10	10	$1800 \cdot 10^{-8}$
7	Конденсаторы слюдяные	60	0,3	0,3	10	10	$540 \cdot 10^{-8}$
8	Конденсаторы электролитические	20	10	0,8	10	10	$16000 \cdot 10^{-8}$
9	Конденсаторы подстроечные	20	1	0,4	10	10	$800 \cdot 10^{-8}$
10	Транзисторы кремниевые	20	1	0,4	10	10	$800 \cdot 10^{-8}$
11	Транзисторы полевые кремниевые	10	30	0,4	10	10	$12000 \cdot 10^{-8}$
12	Диоды выпрямительные	30	1	0,3	10	10	$900 \cdot 10^{-8}$
13	Электровакуумные лампы (приемные)	20	100	0,6	10	10	$120000 \cdot 10^{-8}$
14	Реле	50	10	0,4	10	10	$20000 \cdot 10^{-8}$
15	Кинескопы цветные	1	1500	0,8	10	10	$120000 \cdot 10^{-8}$
16	Разъемы	10	0,05	0,1	10	10	$5 \cdot 10^{-8}$
17	Ламповые панели	10	0,3	0,4	10	10	$120 \cdot 10^{-8}$
18	Соединение пайкой	2000	0,02	1	10	10	$4000 \cdot 10^{-8}$
19	ИТОГО:						$390227 \cdot 10^{-8}$

Таблица 2 Результаты расчетов надежности условной аппаратуры при условиях эксплуатации $K_y = 10$ (для судовой аппаратуры, работающей в закрытых помещениях):

- среднее время наработки до первого отказа:

$$T_{\text{cp}} = T_0 = 1 / \lambda_{\text{общ}} \approx 256 [\text{час}].$$

- вероятность безотказной работы аппаратуры в течении времени

$$t_p \approx 200 \text{ ÷ } \text{дн}$$

$$P(t_p) = \exp\{-200 / 256\} = e^{-200/256} \approx 0,46.$$

Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования

Вопрос №3 «Расчет необходимого ЗИП»

Определение количества запасных радиоэлементов, необходимых для нормальной работы одного радиотехнического устройства в течение **одного года при 10-часовой работе в сутки.**

Время работы устройства $t_p = 365 \cdot 10 = 3650$ час.

По таблице 2 определим среднее время безотказной работы:

- для одного резистора:

$$T_{\text{ср. рез}} = 1 / \lambda_{0, \text{рез}} \cdot K_{\text{ун}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{н}} = 10^8 / 4 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,5 =$$

$$\approx 500\,000 \text{ [час];}$$

- для одной электровакуумной лампы (приемной):

$$T_{\text{ср. лампы}} = 1 / \lambda_{0, \text{лампы}} \cdot K_{\text{ун}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{н}} = 10^8 / 400 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,6 \approx 4\,167$$

$$\approx 4200 \text{ [час];}$$

- для одного цветного кинескопа:

$$T_{\text{ср. кин.}} = 1 / \lambda_{0, \text{кин}} \cdot K_{\text{ун}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{н}} = 10^8 / 120 \approx 8,33 \cdot 10^5 \text{ [час].}$$

Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования

Вопрос №3 «Расчет необходимого ЗИП»

Определение количества запасных радиоэлементов, необходимых для нормальной работы одного радиотехнического устройства в течение **одного года при 10-часовой работе в сутки.**

Для обеспечения надежной эксплуатации одного устройства в течение года потребуется:

- резисторов:

$$m_{\text{рез}} = t_p \cdot N_{\text{рез}} / T_{\text{ср рез}} = 18,25 \approx 19 \text{ шт.}$$

- электровакуумных ламп (приёмных):

$$m_{\text{ламп}} = t_p \cdot N_{\text{ламп}} / T_{\text{ср.л}} = 3650 \cdot 20 / 4200 \approx 17,38 \approx 18 \text{ шт.}$$

- цветных кинескопов :

$$m_{\text{кин.}} = t_p \cdot N_{\text{кин.}} / T_{\text{ср.кин}} = 3650 \cdot 1 / 8,33 \cdot 10^5 \approx 4,38 \cdot 10^{-3} \approx 1 \text{ шт.}$$

Таблица №1

Данные по интенсивности отказов элементной базы радиоэлектронной аппаратуры:

№ п/п	Наименование элементной базы радиоэлектронной аппаратуры	Время безотказной работы $\lambda_0=10^{-8}$ (1/час)
Конденсаторы		
1	Керамические до 1600 В	0,8
2	Керамические выше 1600 В	4
3	Тонкопленочные с неограниченным диэлектриком	0,3
4	Тонкопленочные с ограниченным диэлектриком	(1-40)
5	Слюдяные	0,3
6	Электролитические	(10-14)
7	Подстроечные	1
Резисторы		
8	Постоянные непроволочные	4
9	Постоянные проволочные	2
10	Переменные непроволочные	0,6
11	Переменные проволочные	0,7
12	Терморезисторы	0,8
13	Резисторные сборки	0,6

Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования

14

№ п/п	Наименование элементной базы радиоэлектронной аппаратуры	Время безотказной работы $\lambda_0=10^{-8}(1/\text{час})$
Диоды		
14	Выпрямительные	(1-4)
15	Импульсные	(1-4)
16	СВЧ	(20-100)
17	Варикапы	(2-6)
18	Стабилитроны	(0,3-1)
Транзисторы		
19	Биполярные кремниевые	1-6
20	Полевые кремниевые	10-100
21	Полевые арсенид-галлиевые	13
22	СВЧ	5-30
Излучатели		
23	Видимого диапазона	
24	Инфракрасного диапазона	
Интегральные микросхемы		
25	п/п цифровые	1-3
26	п/п аналоговые	2
27	Гибридные	2
28	Тиристоры кремниевые	7-30
29	Оптопары	5-20
30	Резонаторы кварцевые	1-10

№ п/п	Наименование элементной базы радиоэлектронной аппаратуры	Время безотказной работы $\lambda_0=10^{-8}$ (1/час)
Электроракуумные лампы		
31	Приемные	100
32	Генераторные и модуляторные	400-1600
33	Электронно-лучевые трубки	300-2000
34	Кинескопы ч/б	100-1000
35	Кинескопы цветные	1000-2000
Трансформаторы		
36	Питания	0,4
37	Преобразования	1
38	Согласования	0,2
39	Импульсные	0,1
40	Дроссели	0,2
Переключатели		
41	Галетные	8
42	Движковые	20
43	Микропереключатели	6
44	Тумблеры и кнопки	15
45	Реле	10
46	Герконы	2
47	Соединители	0,05-0,2
48	Ламповые панели	0,3
49	Предохранители	0,3-3
50	Держатели предохранителей	0,3
Монтаж (на одно соединение)		
51	Пайка	0,005-0,04

Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования

Таблица 2 Результаты расчетов надежности условной аппаратуры при условиях эксплуатации $K_y = 10$ (для судовой аппаратуры, работающей в закрытых помещениях):

№ п/п	Наименование элемента	Количество элементов	$\lambda_0 * 10^{-8}$ (1/час)	K_n	K_{un}	K_y	$N_1 * K_n * \lambda_0 * K_{un} * K_y$ (1/час)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Резисторы постоянные непроволочные	350	4	0,5	10	10	$70000 * 10^{-8}$
2	Резисторы постоянные проволочные	25	2	0,8	10	10	$4000 * 10^{-8}$
3	Резисторы переменные непроволочные	11	0,6	0,7	10	10	$462 * 10^{-8}$
4	Конденсаторы керамические выше 1600 В	40	4	0,8	10	10	$12800 * 10^{-8}$
5	Конденсаторы керамические до 1600 В	250	0,8	0,3	10	10	$6000 * 10^{-8}$
6	Конденсаторы тонкопленочные с неограниченным диэлектриком	200	0,3	0,3	10	10	$1800 * 10^{-8}$
7	Конденсаторы слюдяные	60	0,3	0,3	10	10	$540 * 10^{-8}$
8	Конденсаторы электролитические	20	10	0,8	10	10	$16000 * 10^{-8}$
9	Конденсаторы подстроечные	20	1	0,4	10	10	$800 * 10^{-8}$
10	Транзисторы кремниевые	20	1	0,4	10	10	$800 * 10^{-8}$
11	Транзисторы полевые кремниевые	10	30	0,4	10	10	$12000 * 10^{-8}$
12	Диоды выпрямительные	30	1	0,3	10	10	$900 * 10^{-8}$
13	Электровакуумные лампы (приемные)	20	100	0,6	10	10	$120000 * 10^{-8}$
14	Реле	50	10	0,4	10	10	$20000 * 10^{-8}$
15	Кинескопы цветные	1	1500	0,8	10	10	$120000 * 10^{-8}$
16	Разъемы	10	0,05	0,1	10	10	$5 * 10^{-8}$
17	Ламповые панели	10	0,3	0,4	10	10	$120 * 10^{-8}$
18	Соединение пайкой	2000	0,02	1	10	10	$4000 * 10^{-8}$
19	ИТОГО:						$390227 * 10^{-8}$

Таблица 3 Варианты для выполнения практической работы:

	Наименование элементной базы радиоэлектронной аппаратуры	Варианты контрольного задания по расчётно- графической работе с указанием количества элементов в схеме по контрольному заданию)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1 Керамические до 1600 В	35	53	27	31	40	42	38	29	45	47
	2 Керамические выше 1600 В	5	6	4	7	6	8	7	2	9	11
	3 Тонкоплёночные с неорган. диэлект.	21	22	32	24	32	34	26	36	31	24
	4 Тонкоплён. с органическим диэлект.	15	12	4	5	6	7	5	4	2	8
	5 Слюдяные	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	6 Электролитические	10	11	11	12	5	7	6	7	8	9
	7 Подстроечные	5	6	7	6	5	4	6	4	3	4
	8 Постоянные непроволочные	100	123	125	115	112	104	108	121	132	127
	9 Переменные непроволочные	7	10	13	14	9	6	4	8	3	2
	10 Переменные проволочные	2	-	4	1	-	1	4	3	2	-
	11 Постоянные проволочные	3	3	3	4	4	3	2	-	1	2
	12 Терморезисторы	11	7	5	3	6	5	3	2	8	4
	13 Резисторные сборки	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	14 Выпрямительные	12	16	16	12	16	12	12	16	12	15
	15 Импульсные	4	4	4	4	4	4	4	4	5	6
	16 СВЧ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17 Варикапы	6	6	6	8	8	8	6	6	6	6
	18 Стабилитроны	3	2	5	4	6	4	3	2	5	4
VT	19 Биполярные кремниевые (транзист)	45	50	52	57	47	49	54	53	59	60
	20 Полевые кремниевые	6	6	4	3	5	7	8	2	9	10

Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования

18

Таблица 3 Варианты для выполнения практической работы:

	Наименование элементной базы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VT	21 Полевые арсенидгалиевые	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22 СВЧ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23 Излучатели видимого диапазона	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	24 Излучатели инфракрасного диапаз.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25 Полупроводниковые цифровые	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
	26 Полупроводниковые аналоговые	6	6	6	6	7	7	8	8	5	4
	27 Гибридные	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	28 Тиристоры кремниевые	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	29 Оптопары	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30 Резонаторы кварцевые	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	31 Электровакуумные лампы (приёмн.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	32 Генераторные и модуляторные	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	33 Электронно-лучевые трубки	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	34 Кинескопы чёрно-белые	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	35 Кинескопы цветные	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	36 Питания	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	37 Преобразования	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	38 Согласования	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	39 Импульсные	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40 Дроссели	8	7	8	9	4	5	6	3	6	5

Конец материала занятия