

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»

Институт информатики, математики и электроники

Институт информатики и кибернетики

Кафедра конструирования и технологии электронных систем и устройств

Отчет по практической работе

«Расчет надёжности»

Выполнил:

студент группы: 6464-120303D

Пименова И.А.

Проверил: Сухачев К.И.

Самара 2022

## ЗАДАНИЕ

Рассчитать схему со следующими параметрами:

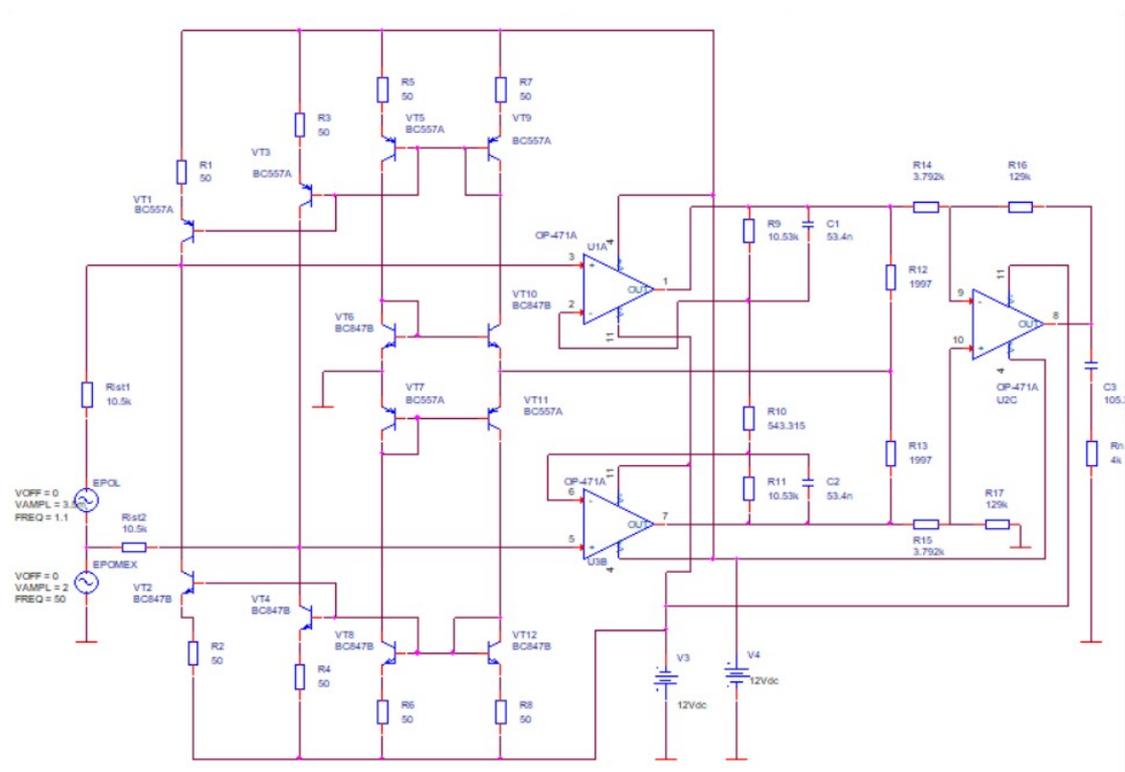


Рисунок 1 – Схема

Сделаем расчет надежности в программе Искра.

Искра

Система Информация Справка

Отсоединение

Список доступных электрорадиоэлементов

Тип ЭРЭ	Наименование ЭРЭ
конденсаторы	бумажные и металлобумажные
резисторы	с органическим диэлектриком
элементы коммутации	электролитические алюминиевые

Список ЭРЭ в РЭА схема

Наименование ЭРЭ	Обозначение	Количество	Коэффициент нагрузки
композиционные		20	1
транзисторы биполярные кремниевые, крс		12	1
пайка волной		105	1
печатный монтаж		105	1
Операционный усилитель		3	1
электролитические алюминиевые		4	1

Рисунок 2 – Список элементов

Искра

Система Информация Справка

Отсоединение

**Радиоэлектронная аппаратура**

Название РЗА:       Время эксплуатации, час:

Описание РЗА:

Примечание:

**Условия эксплуатации РЗА**

Условия эксплуатации (вибрация и удары):

Температура и влажность:

Высота, км. (атмосферное давление):

←   ←   →   →   +   -   ▲   ↻   ↺

**Результаты расчёта надёжности**

Интенсивность отказов, 1/час:

Среднее время безотказной работы, час:

Вероятность безотказной работы:

Рисунок 3- Расчет надежности с алюминиевыми конденсаторами  
 Для повышения надежности заменим алюминиевые конденсаторы на керамические.

Искра

Система Информация Справка

Отсоединение

**Список доступных электрорадиоэлементов**

Тип ЭРЭ	Наименование ЭРЭ
конденсаторы	слодяные
резисторы	керамические
элементы коммутации	бумажные и металлобумажные

**Список ЭРЭ в РЗА схема**      +      -      РЗА

Наименование ЭРЭ	Обозначение	Количество	Козфициент нагрузки
▶ композиционные		20	1
транзисторы биполярные кремниевые, крс		12	1
пайка волной		105	1
печатный монтаж		105	1
Операционный усилитель		3	1
керамические		4	1

Рисунок 4 – Список элементов

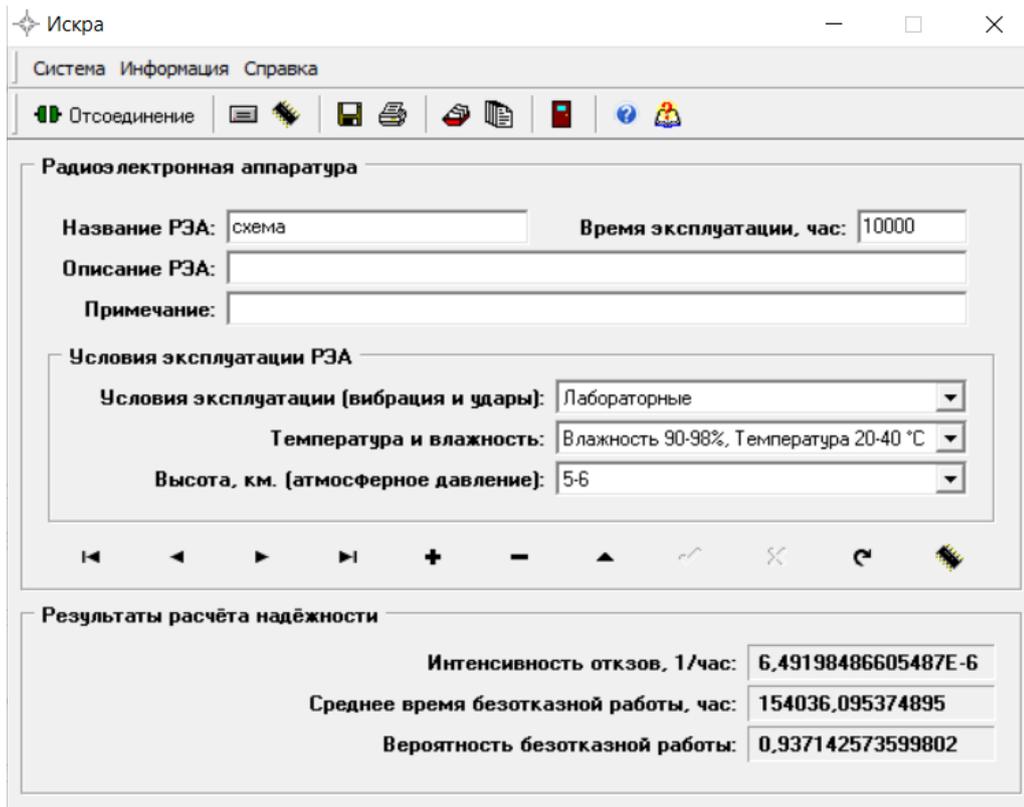


Рисунок 5 – Расчет надежности с керамическими конденсаторами

## РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ

Промоделируем нашу схему в OrCad 16.6. Для этого нарисуем схему на рисунке 1.

Тип анализа Time Domain.

Время анализа 1с.

Найдём мощности, выделяющиеся на резисторах и транзисторах, а также напряжения на конденсаторах.

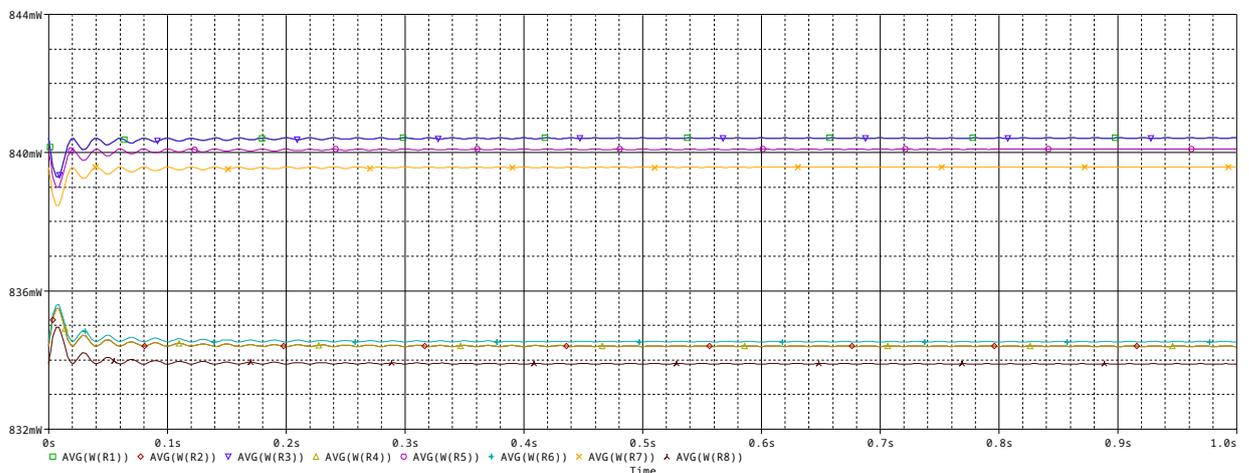


Рисунок 2 – Средние мощности на резисторах R1-R8

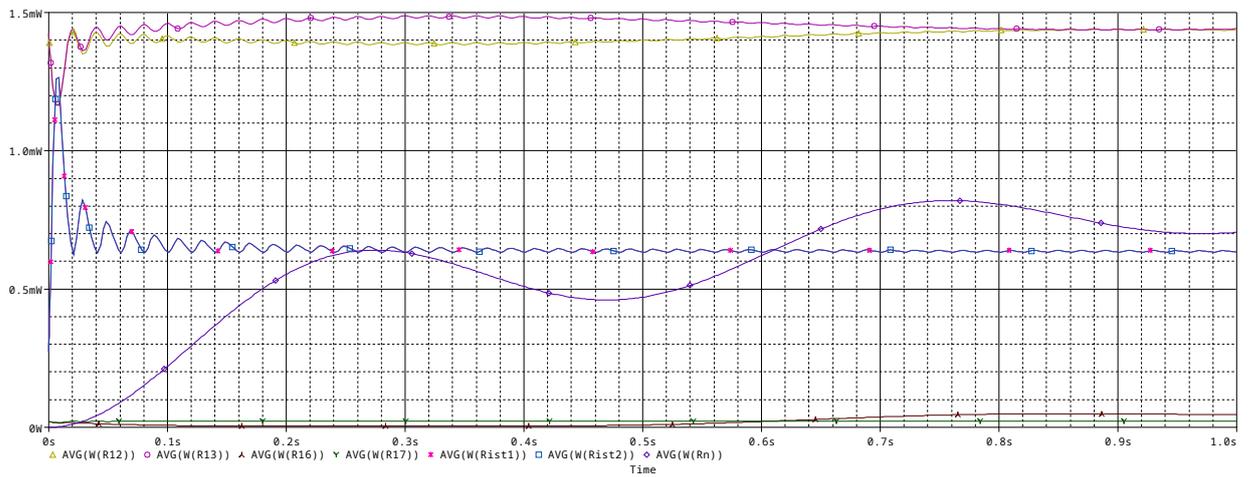


Рисунок 3 – Средние мощности на резисторах R12,R13,R16,R17,R1st1,R1st2,Rn

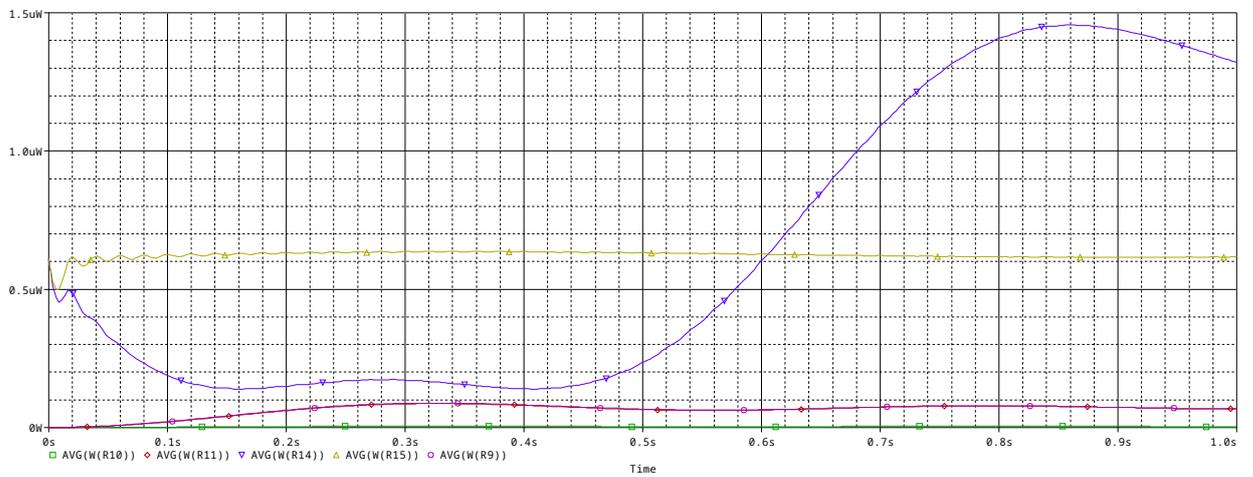


Рисунок 4 – Средние мощности на резисторах R9-R11,R14,R15

Также рассмотрим график с мощностями, выделяющимися на всех транзисторах.

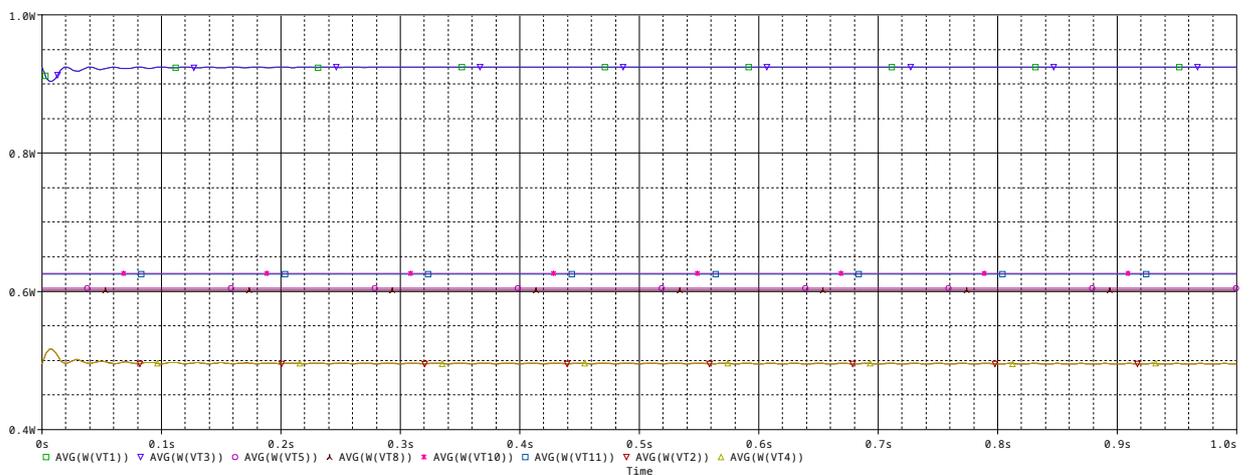


Рисунок 8 – Средняя мощность на транзисторах VT1-VT5,VT8,VT10,VT11

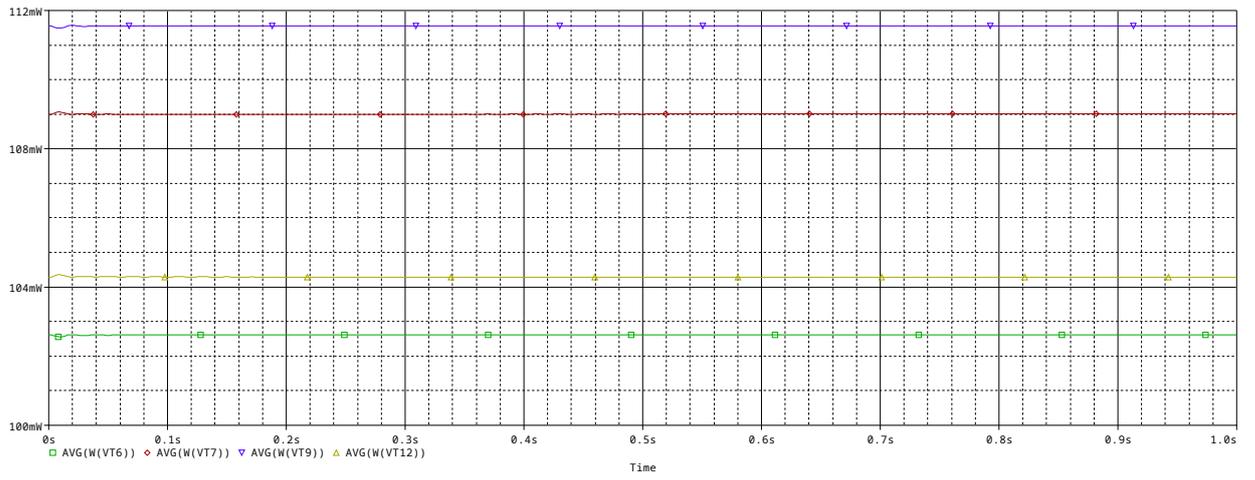


Рисунок 9 – Средняя мощность на транзисторах VT6,VT7,VT9,VT12

Напряжение на конденсаторах:

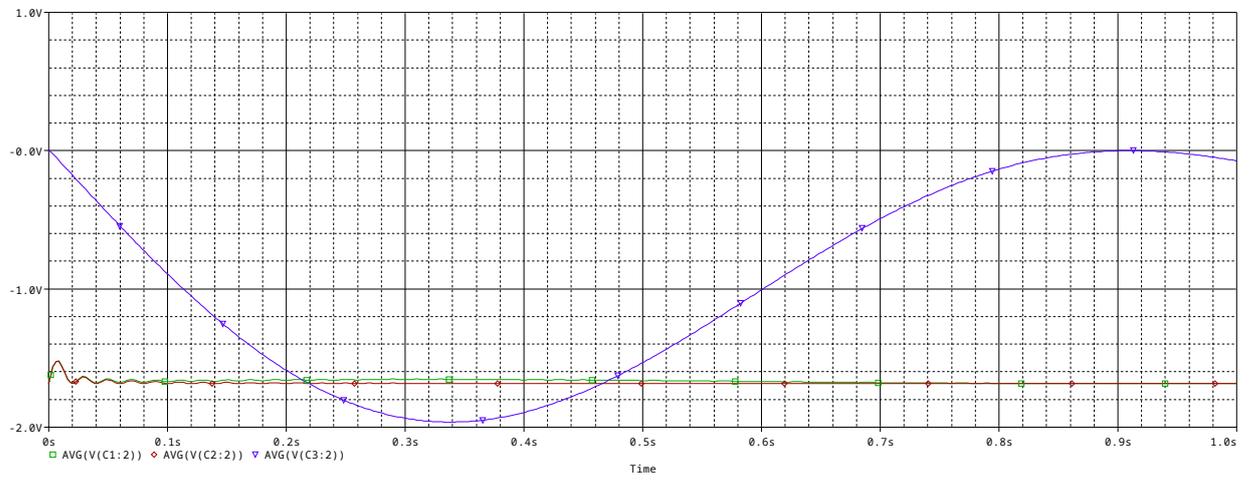


Рисунок 6 – Среднее напряжение на конденсаторах C1-C3

Составим таблицы параметров для элементов.

Мощность на резисторах, Вт		Мощность на транзисторах, Вт	
1	840,43м	1	924,64м
2	834,39м	2	495,33м
3	840,43м	3	924,64м
4	834,39м	4	495,33
5	840,11м	5	604,81м
6	834,53м	6	102,62м
7	839,57м	7	109,01м
8	883,88м	8	601,43м
9	66,96н	9	111,55м
10	3,45н	10	625,59м
11	66,9н	11	624,94м
12	1,437м	12	104,29м
13	1,441м	Напряжение на конденсаторах, В	
14	1,32мк	1	-1,69
15	617,33н	2	-1,69
16	45,06мк	3	-71,93м
17	21,05мк		
Rist1	633,95мк		
Rist2	633,95мк		
Rn	704.61мк		

Основываясь на этих данных, рассчитаем коэффициенты электрической нагрузки элементов и заполним таблицу.

$$K_n = \frac{F_{\text{раб}}}{F_{\text{ном}}}$$

$$F_{\text{ном C1-C3}} = 4\text{В}$$

$$F_{\text{ном бип тран}} = 0,5\text{Вт}$$

$$F_{\text{ном R1-R8}} = 1\text{Вт} \quad F_{\text{ном R9-R17, Rist1, Rist2, Rn}} = 0,05\text{Вт}$$

Группа элементов	Характеристика $F$	Группа элементов	Характеристика $F$
1. Резисторы	Рассеиваемая мощность	7. Тиристоры	Средний прямой ток, рассеиваемая мощность
2. Конденсаторы	Прикладываемое напряжение	8. Трансформаторы	Мощность
3. Варикапы подстроечные. Транзисторы, транзисторные сборки. Диоды СВЧ	Рассеиваемая мощность	9. Дроссели, катушки индуктивности	Ток подмагничивания или протекающий ток
4. Диоды, кроме стабилитронов, диодные сборки	Средний прямой ток	10. Реле	Коммутируемый ток
5. Полупроводниковые (ПП) знакосинтезирующие индикаторы, оптопары, ППИ излучатели	Средний прямой ток	11. Соединители (разъемы), элементы коммутации (переключатели, тумблеры, кнопки и т.п.)	Протекающий ток
6. Стабилитроны	Ток стабилизации, рассеиваемая мощность	12. Кабели, шнуры, монтажные провода	Плотность тока в проводе

Вычислим поправочные коэффициенты  $X_{0i}$  с помощью вспомогательных графиков.

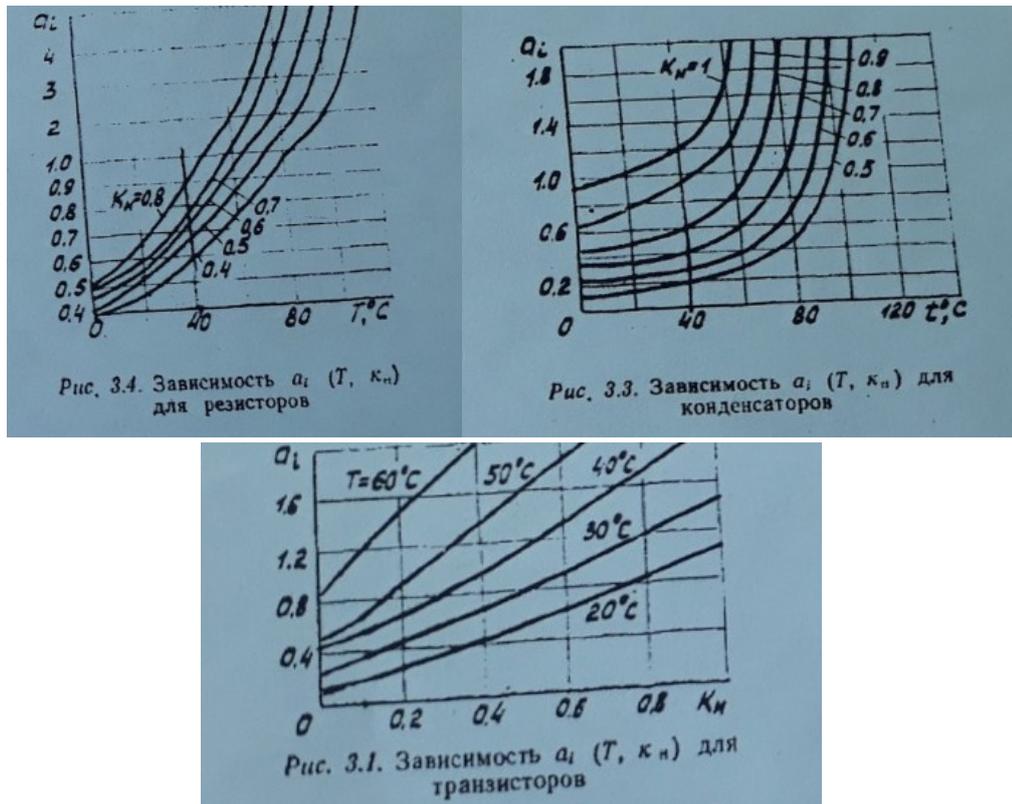


Рисунок 7 – Вспомогательные графики поправочных коэффициентов  $x_{0i}$

Тип Эл-та	Обозначение На схеме	Количество, n	$\lambda \cdot 10^{-6}$	$K_n$	$T_i, ^\circ\text{C}$	$X_{0i}$	$x_{0i} \lambda_i \cdot 10^{-6}$
Резистор плёночный	R <sub>1</sub>	1	0,0037	0,84	25	0,7	0,00259
	R <sub>2</sub>	1	0,0037	0,834	25	0,7	0,00259
	R <sub>3</sub>	1	0,0037	0,84	25	0,7	0,00259
	R <sub>4</sub>	1	0,0037	0,834	25	0,7	0,00259
	R <sub>5</sub>	1	0,0037	0,84	25	0,7	0,00259
	R <sub>6</sub>	1	0,0037	0,834	25	0,7	0,00259
	R <sub>7</sub>	1	0,0037	0,834	25	0,7	0,00259
	R <sub>8</sub>	1	0,0037	0,884	25	0,7	0,00259
	R <sub>9</sub>	1	0,0037	$1,3 \cdot 10^{-6}$	25	0,02	0,000074
	R <sub>10</sub>	1	0,0037	$6,9 \cdot 10^{-8}$	25	0,02	0,000074
	R <sub>11</sub>	1	0,0037	$1,3 \cdot 10^{-6}$	25	0,02	0,000074
	R <sub>12</sub>	1	0,0037	0,029	25	0,1	0,00037
	R <sub>13</sub>	1	0,0037	0,029	25	0,1	0,00037

	R <sub>14</sub>	1	0,0037	2,6*10 <sup>-5</sup>	25	0,5	0,00185
	R <sub>15</sub>	1	0,0037	1,2*10 <sup>-5</sup>	25	0,02	0,000074
	R <sub>16</sub>	1	0,0037	0,0009	25	0,6	0,00222
	R <sub>17</sub>	1	0,0037	0,00042	25	0,6	0,00222
	R <sub>ist1</sub>	1	0,0037	0,013	25	0,1	0,00037
	R <sub>ist2</sub>	1	0,0037	0,013	25	0,1	0,00037
	R <sub>n</sub>	1	0,0037	0,014	25	0,1	0,00037
Конденсатор керамический	C <sub>1</sub>	1	0,00099	0,423	25	0,16	0,000158
	C <sub>2</sub>	1	0,00099	0,423	25	0,16	0,000158
	C <sub>3</sub>	1	0,00099	0,018	25	0,01	9,9E-06
Транзистор BC557A	VT <sub>1</sub>	1	0,18	0,7	25	0,8	0,144
	VT <sub>2</sub>	1	0,18	0,99	25	1	0,18
	VT <sub>3</sub>	1	0,18	0,7	25	0,8	0,144
	VT <sub>4</sub>	1	0,18	0,99	25	1	0,18
	VT <sub>5</sub>	1	0,18	0,7	25	0,8	0,144
	VT <sub>6</sub>	1	0,18	0,205	25	0,3	0,054
Транзистор BC557B	VT <sub>1</sub>	1	0,18	0,218	25	0,3	0,054
	VT <sub>2</sub>	1	0,18	0,7	25	0,8	0,144
	VT <sub>3</sub>	1	0,18	0,223	25	0,3	0,054
	VT <sub>4</sub>	1	0,18	0,7	25	0,8	0,144
	VT <sub>5</sub>	1	0,18	0,7	25	0,8	0,144
	VT <sub>6</sub>	1	0,18	0,209	25	0,3	0,054
Печатная плата с МО		105	17*10 <sup>-6</sup>		25	51,6	0,09
Соединения пайкой волной		105	69*10 <sup>-6</sup>		25	51,6	0,37

Теперь найдём эксплуатационную интенсивность отказов модуля.

$$\sum n_i \lambda_i = 1,93 * 10^{-6}$$

Наработка на отказ:

$$T_0 = \frac{1}{1,93 * 10^{-6}} = 518724$$

Вероятность безотказной работы за время  $t_p = 10000$ ч

$$P(t_p) = e^{-\sum n_i \lambda_i * t_p} = 0,981$$

Гамма-процентная наработка до отказа при  $\gamma = 99\%$ :

$$T_\gamma = -T_0 \ln\left(\frac{\gamma}{100}\right) = 5213$$

Теперь проведем резервирование схемы. Так как в схеме нельзя выделить конкретного функционального узла, которому бы требовалось резервирование в отрыве от остальной части схемы, целесообразно будет произвести общее ненагруженное резервирование схемы с замещением.

Структурная схема реализации резервирования представлена на рисунке 8.

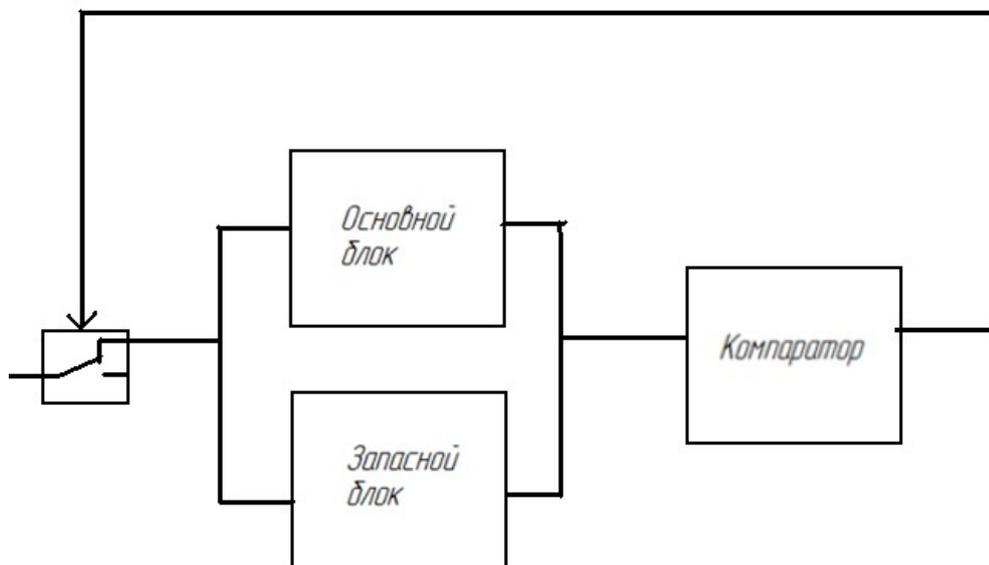


Рисунок 8 – Структурная схема резервирования схемы

В качестве управляемого ключа возьмем микросхему ADG419 (DA1). В качестве компаратора AD8561ANZ (DA2), быстродействующий компаратор напряжения с однополярным питанием.

Расчеты представлены в таблице

Тип Эл-та	Обозначение на схеме	n	$\lambda * 10^{-6}$	$K$	$\lambda$	$K_E$	$\lambda$	$K$	$K$	$n \lambda_i * 10^{-6}$
Управляемый ключ	DA <sub>1</sub>	1	0,00081 5	0,026	0,0 1	1	0,00 3	0,25	1	0,000815
Компаратор	DA <sub>2</sub>	1	0,00031 5				0,00 1			0,000315

В таблице  $\lambda_{кр}$  – интенсивность отказов ИМС, обусловленная кристаллом,  $\lambda_{кор}$  – интенсивность отказов ИМС, обусловленная корпусом,  $K_L$  – коэффициент, связанный с продолжительностью производства ИМС.

$$\lambda * 10^{-6} = (\lambda_{кр} K_i + \lambda_{кор} K_E) K_Q K_L$$

Найдём эксплуатационную интенсивность отказов модуля.

$$\sum n_i \lambda_i = 1,930613 * 10^{-6}$$

Наработка на отказ:

$$T_0 = \frac{1}{1,939613 * 10^{-6}} = 517970,1$$

Вероятность безотказной работы за время  $t_p = 10000$ ч

$$P(t_p) = P(t_p) \left(1 + \frac{t_p}{T_{0p}}\right)$$

$$P(t_p) = 0,981 \left(1 + \frac{10000}{517970,1}\right) = 0,99$$

Гамма-процентная наработка до отказа при  $\gamma = 99\%$ :

$$T_\gamma = -T_0 \ln\left(\frac{\gamma}{100}\right) = 5205,77$$

Вывод: в ходе работы была рассчитана надежность РЭА. Устройство может функционировать в течении 10000 часов с вероятностью безотказной работы 0,981. При проведении ненагруженного резервирования устройства с замещением вероятность безотказной работы изделия для того же времени функционирования возросла до 0,99.