

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Э. БАУМАНА

ФАКУЛЬТЕТ «РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА»  
КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»



ОТЧЕТ

К ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ ПО ОНТСМНС НА ТЕМУ

---

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ

---

*Выполнил:*

ПРОХОРОВ М.Д. РЛ6-82

*Руководитель:*

ДОЦ. ВЕТРОВА Н.А.

Москва, 2017

# Содержание

Введение . . . . .	3
1 Теоретическая часть . . . . .	4
1.1 Надёжность технических систем . . . . .	4
1.2 Виды резервирования . . . . .	4
1.2.1 Общее горячие резервирование . . . . .	5
1.2.2 Специальное горячие резервирование . . . . .	5
1.2.3 Специальное холодное резервирование . . . . .	5
2 Расчетная часть . . . . .	6
2.1 Исходная надежность системы . . . . .	6
2.2 Игра с параметрами системы . . . . .	6
2.3 Резервирование . . . . .	7
2.3.1 Общее горячие резервирование . . . . .	7
2.3.2 Специальное горячие резервирование . . . . .	8
2.3.3 Специальное холодное резервирование . . . . .	8
Заключение . . . . .	9

## Введение

Рассмотреть способы повышения надежности системы.

# 1 Теоретическая часть

## 1.1 Надёжность технических систем

Техническая система — объект, представляющий собой множество взаимосвязанных элементов, рассматриваемых в определённом контексте как единое целое и отделённых от окружающей среды.

Технический элемент — объект, для которого в рамках данного рассмотрения не выделяются составные части.

Структурная схема надёжности (ССН) — логическое и графическое представление объекта, отображающее, каким образом безотказность его блоков и их сочетаний влияют на безотказность объекта.

ССН представляет собой условную запись работоспособного состояния системы через работоспособность элементов этой системы. ССН может быть задана:

- а) аналитически;
- б) графически.

ССН должна:

- а) иметь физический смысл;
- б) достаточно просто описывать работоспособность системы;
- в) поддаваться алгоритмизации.

Виды ССН:

- а) ССН с основным соединением элементов (с последовательным соединением);
- б) ССН с резервным соединением элементов (присутствуют резервирующие элементы).

## 1.2 Виды резервирования

Выделяется 5 основных видов резервирования (целых крайностей):

- а) Общее горячие резервирование;
- б) Специальное горячие резервирование;
- в) Общее холодное резервирование;

- г) Специальное холодное резервирование;
- д) Скользящие холодное резервирование;

### 1.2.1 Общее горячие резервирование

$$P_{system}(t) = 1 - \prod_{i=1}^{m+1} \left( 1 - \prod_{j=1}^N P_{ij}(t) \right), \quad (1.1)$$

где  $m$  — кратность резервирования,

$N$  — количество элементов,

$P_{ij}$  — ВБР  $ij$  элемента  $N$ .

### 1.2.2 Специальное горячие резервирование

$$P_{system}(t) = \prod_{j=1}^N \left( 1 - \prod_{i=1}^{m+1} (1 - P_{ij}(t)) \right), \quad (1.2)$$

где  $m$  — кратность резервирования,

$N$  — количество элементов,

$P_{ij}$  — ВБР  $ij$  элемента  $N$ .

### 1.2.3 Специальное холодное резервирование

$$P_{system}(t) = \prod_{i=1}^N \left( e^{-\lambda_i t} \sum_{j=0}^m \frac{(\lambda_j t)^j}{j!} \right), \quad (1.3)$$

где  $m$  — кратность резервирования,

$N$  — количество элементов,

$\lambda_i$  — интенсивность отказа  $i$ -ого элемента.

## 2 Расчетная часть

### 2.1 Исходная надежность системы

Исходная схема имеет основное соединение, тогда ее ВБР с учетом эксп. закона надежности может быть рассчитана:

$$P_{InitSys} = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-\lambda t n}; \quad (2.1)$$

$$P_{InitSysMatlab} = \exp(-lmbd * numElem * t) = 0.05. \quad (2.2)$$

### 2.2 Игра с параметрами системы

Исходя из формулы 2.1 надежность системы можно повысить за счет 3ех параметров:

- а)  $\lambda$  – интенсивность отказов;
- б)  $t$  – время эксплуатации;
- в)  $n$  – количество элементов в схеме.

$$\lambda = \lg\left(\frac{1}{P}\right) \frac{1}{tn}; \quad (2.3)$$

$$t = \lg\left(\frac{1}{P}\right) \frac{1}{\lambda n}; \quad (2.4)$$

$$n = \lg\left(\frac{1}{P}\right) \frac{1}{\lambda t}. \quad (2.5)$$

В соответствии с этим можно высчитать значения параметров для достижения необходимого уровня надежности  $P_{min} = Pmin = 0.98$ .

$$lmbdDcrs = \log(1/Pmin)/t/numElem;$$

$$tDcrs = \log(1/Pmin)/numElem/lmbd;$$

$$numElemDcrs = \log(1/Pmin)/t/lmbd.$$

И оценить их расхождения и исходными значениями

$$lmbdRtn = lmbdDcrs/lmbd = 0.00673424;$$

$$tdltT = t - tDcrs = 993.266;$$

$$dltElmnts = numElem - numElemDcrs = 993.266.$$

Максимальное изменение интенсивности возможно лишь на один порядок. Разница во времени и количестве элементов не возможно, так как всего 1000ч работы и 1000 элементов.

Попробовав изменить все основные характеристики в 0.1 и 0.5 раз были полученные:

$$P_{0.1} = e^{-0.1 * \lambda * 0.1 * t * 0.1 * n} = 0.997004;$$

$$P_{0.5} = e^{-0.5 * \lambda * 0.5 * t * 0.5 * n} = 0.687289.$$

Первый вариант нам подходит, но уменьшение всего до 10% плохое решение. Найдем такой коэффициент, умножив на который все части мы получим необходимый уровень надежности:

$$P_k = e^{-k^3 \lambda t n} = P_{min}.$$

Решая данную систему в MATLAB получим, что  $k = 0.188841$  и параметры системы становятся:

а)  $\lambda = 5.66523e - 07;$

б)  $t = 188\text{ч};$

в)  $n = 188.$

Порядок интенсивности нас устраивает, но такое сильное изменение времени и количества элементов недопустимо.

## 2.3 Резервирование

### 2.3.1 Общее горячие резервирование

Рассмотрим случай, когда необходимо зарезервировать всю систему сразу. Найдем необходимую кратность такой системы из форм. 1.1. Решая в MATLAB уравнение:

$$P_{min} == 1 - (1 - \exp(-\lambda * numElem * t))^{m+1};$$

Получаем кратность равную 76, не экономично, но как вариант...

### 2.3.2 Специальное горячие резервирование

Рассмотрим случай, когда необходимо зарезервировать все элементы сразу. Найдем необходимую кратность такой системы из форм. 1.2. Решая в MATLAB уравнение:

$$1 - P_{min}^{1/numElem} == (1 - \exp(-lmbd * t))^{m+1};$$

получим кратность  $m = 0.860328$  меньше единицы, значит мы можем резервировать не все элементы, найдем тогда минимальное количество таких элементов решая систему в MATLAB:

$$P_{min} == \exp(-lmbd * t * (numElem - m)) * (1 - (1 - \exp(-lmbd * t))^2)^m;$$

и получим, что минимальное количество элементов, которое нужно зарезервировать  $n = 997$ .

Изучая данный метод на чувствительность к количеству элементов (например 500) и интенсивности отказов получим, что

- а) Если  $n = 500$  то необходимо зарезервировать 495;
- б)  $\lambda = 0.1\lambda$ . то необходимо зарезервировать 933;
- в)  $t = 0.9t$ . то необходимо зарезервировать 926;

### 2.3.3 Специальное холодное резервирование

Рассматривая аналогично холодное резервирование получим:

- а) Если  $n = 1000, m = 1$  то необходимо зарезервировать 995;
- б) Если  $n = 500$  то необходимо зарезервировать 495;
- в)  $\lambda = 0.1\lambda$ . то необходимо зарезервировать 933;
- г)  $t = 0.9t$ . то необходимо зарезервировать 926;



## Заключение

Сокращение сложности схемы, точности элементарной базы и сокращения элементарной базы не попадают в рамку разумного, так как требуют снижения аж до 80%, что невозможно.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что лучшими оказались специальный холодный и горячий типы резервирования. Общий горячий дает слишком большую кратность  $m = 75$ , в то время при специальном резервировании мы можем резервировать даже не все элементы.

При этом снижение интенсивности отказов элементарной базы на порядок значительно влияет на количество элементов, которых нужно резервировать. Количество элементов не дало существенного прироста эффективности резервирования. Время эксплуатации дало так же весомый вклад в купе со снижением интенсивности.