

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра информационных и автоматизированных производственных систем

Составители
И. В. Чичерин
Н. В. Фурман

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ С РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ

**Методические указания по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Диагностика и надежность
автоматизированных систем»**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления
подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов
и производств» в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2017

Рецензенты:

А. Н. Трусов – доцент кафедры информационных и автоматизированных производственных систем

Чичерин Иван Владимирович

Фурман Наталья Владимировна

Расчет показателей надежности систем с резервированием элементов: методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Диагностика и надежность автоматизированных систем» [Электронный ресурс]: для студентов по направлению подготовки бакалавров 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», очной формы обучения / сост. И. В. Чичерин, Н. В. Фурман; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2017. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 8 Мб; Windows 95; мышь. – Загл. с экрана.

Приведены теоретические материалы и задания для расчета систем с постоянным резервированием и резервированием замещением элементов.

© КузГТУ, 2017

© Чичерин И. В., Фурман Н. В.,
составление, 2017

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – изучение систем с резервированием элементов и приобретение практических навыков вычисления количественных показателей надежности систем с резервированием элементов.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В лабораторной работе анализ надежности систем при постоянном резервировании проводится при следующих допущениях:

- 1) для элементов справедлив экспоненциальный закон распределения;
- 2) показатели надежности устройств, переключающихся на резерв, не учитываются;
- 3) изделия рассматриваются как невосстанавливаемые.

Тогда вероятность отказа системы с постоянным резервом и с целой кратностью равна:

$$Q_c(t) = q_1(t)q_2(t)...q_{m+1}(t) = \prod_{i=1}^{m+1} q_i(t) \quad (1)$$

где $q_i(t)$ – вероятность отказа элемента системы, m – кратность резервирования.

Так как $P_c(t) = 1 - Q_c(t)$, то вероятность безотказной работы равна:

$$P_c(t) = 1 - \left[1 - \prod_{i=1}^n p_i(t) \right]^{m+1} \quad (2)$$

где $p_i(t)$ – вероятность безотказной работы элемента системы.

При экспоненциальном законе надежности, когда $p_i(t) = e^{-\lambda_i t}$:

$$P_c(t) = 1 - [1 - e^{-\lambda_0 t}]^{m+1} \quad (3)$$

$$T_c = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^m \frac{1}{i+1} = T_0 \sum_{i=0}^m \frac{1}{i+1} \quad (4)$$

где λ_0 – интенсивность отказов нерезервированной системы или любой из m резервных систем,

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i; \quad (5)$$

λ_i – интенсивность отказов одного элемента; T_0 – среднее время безотказной работы нерезервированной системы или любой из m резервных систем.

Если резервированные объекты неравнонадежны, то

$$P_c(t) = 1 - \prod_{i=0}^m q_i(t) = 1 - \prod_{i=0}^m [1 - p_i(t)] \quad (6)$$

где $q_i(t)$, $p_i(t)$ – вероятность отказов и вероятность безотказной работы в течение времени t i -го объекта.

При общем резервировании замещением с целой кратностью, при экспоненциальном законе надежности и ненагруженном состоянии резерва:

$$P_c(t) = e^{-\lambda_0 t} \sum_{i=0}^m \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!} \quad (7)$$

$$T_c = T_0(m+1) \quad (8)$$

где λ_0 , T_0 – интенсивность отказов и среднее время безотказной работы основного или нерезервированного объекта.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с формулами для вычисления количественных показателей надежности систем с резервированием элементов.

2. Решить задачи 1, 2 и 3, приведенные ниже, в соответствии с заданным вариантом.

Задача 1. Дана система, схема расчета надежности которой изображена на рисунке 1. Известно, что все элементы системы равнонадежны. Необходимо найти вероятность безотказной работы системы. Значение вероятностей безотказной работы элементов приведены в таблице 1.

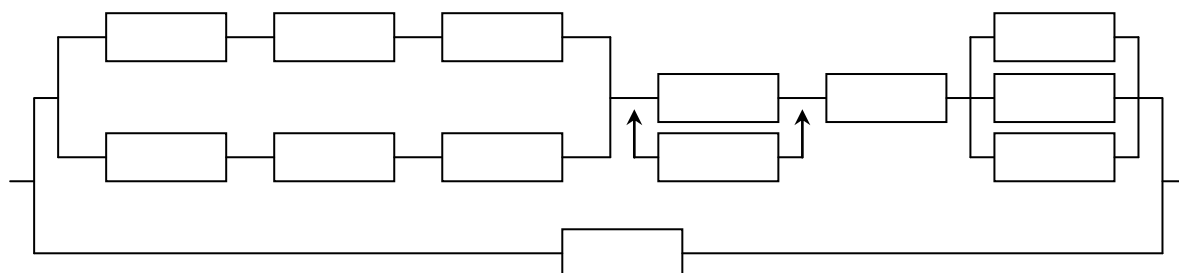


Рисунок 1. Схема расчета надежности

Таблица 1

Исходные данные для задачи 1

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| P | 0,69 | 0,68 | 0,67 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,9 |
| № варианта | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| P | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,8 |
| № варианта | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| P | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,72 | 0,71 | 0,7 |

Задача 2. Найти вероятность безотказной работы системы в момент времени 100 часов, схема расчета надежности которой изображена на рисунке 1. Значения интенсивности отказов элементов λ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Исходные данные для задачи 2

| | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $\lambda, 10^{-5} \cdot 1/\text{ч}$ | 6,2 | 7,3 | 5,6 | 9,4 | 7,4 | 4,1 | 0,2 | 6,9 | 1,7 | 5,3 |
| № варианта | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $\lambda, 10^{-5} \cdot 1/\text{ч}$ | 3,9 | 7,2 | 8,7 | 0,1 | 3,1 | 7,6 | 7 | 6,4 | 1,1 | 1,8 |
| № варианта | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| $\lambda, 10^{-5} \cdot 1/\text{ч}$ | 7,5 | 9,9 | 5,7 | 4 | 3,8 | 7,9 | 2,6 | 8,1 | 0,5 | 8,2 |

Задача 3. Система состоит из N равнонадежных элементов, средняя наработка до отказа элемента T . Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов системы. Основная и резервная системы равнонадежны. Необходимо найти среднюю наработку до отказа T_c системы и вероятность безотказной работы системы P_c в момент времени 100 часов в следующих случаях:

- а) нерезервированной системы;
- б) дублированной системы при постоянно включенном резерве;
- в) дублированной системы при включении резерва по способу замещения.

Таблица 3

Исходные данные для задачи 3

| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| N | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| T , ч | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 |
| № варианта | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| N | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| T , ч | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 |
| № варианта | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| N | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
| T , ч | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 500 | 600 | 700 | 800 |

3. Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое постоянное резервирование элементов?
2. Что такое резервирование замещением?
3. В каком состоянии могут находиться элементы при резервировании замещением?
4. Что такое общее резервирование?
5. Что такое раздельное резервирование?
6. Что такое скользящее резервирование?

7. Чему равна вероятность отказа системы с постоянным резервом и с целой кратностью?

5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов А. А. Надежность системы автоматического регулирования / А. А. Бессонов, А. В. Мороз. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1983. – 215 с.

2. Дружинин Г. В. Надежность автоматизированных систем. – Москва: Энергия, 1977. – 536 с.

3. Епифанов А. Д. Надежность автоматических систем. – Москва: Машиностроение, 1964. – 366 с.

4. Оценка эксплуатационной надежности комплектующих изделий по данным неоднородной информации / Г. С. Садыхов. – Москва: Знание, 1983. – 116 с.

5. Сотсков Б. С. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники: учеб. пособие для вузов по специальностям «Автоматика и телемеханика» и «Математические и счетно-решающие приборы и устройства». – Москва: Высшая школа, 1970.

6. Ястребецкий М. А. Надежность технических средств в АСУ технологическими процессами. – Москва: Энергоатомиздат, 1982. – 230 с.