

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

Кафедра автоматической электросвязи

А.Ю. Гребешков

**Синтез и оценка показателей
надежности схем резервирования аппаратных
средств телекоммуникационных систем**

Методические указания к лабораторным работам
по подготовке дипломированных специалистов по специальности
10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных
систем»
профиль «Защита информации в системах связи и управления»

Самара
2017

УДК 004.3;004.03

ББК

Г79

Рекомендовано к изданию методическим советом ПГУТИ,
протокол № 75 от 12.05.2017 г.

Рецензент

Заведующий кафедрой «Системы связи» ФГБОУ ВО ПГУТИ
д.т.н., профессор Васин Н.Н.

Гребешков А.Ю.

Г79 Синтез и оценка показателей надежности схем резервирования аппаратных средств телекоммуникационных систем.

Методические указания к лабораторным работам по специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», профиль «Защита информации в системах связи и управления» [Текст] / А. Ю. Гребешков. – Самара: ПГУТИ, 2017. – 28 с.

Методические указания разработаны в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки специалиста 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» (профиль «Защита информации в системах связи и управления») и предназначены для студентов дневного и заочного отделений факультета Телекоммуникаций и радиотехники по дисциплине «Аппаратные средства телекоммуникационных систем».

© ФГБОУ ВО ПГУТИ, 2017

© А.Ю. Гребешков, 2017

Содержание

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ТЕМА «СИНТЕЗ И ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ СХЕМОЙ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ»	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ТЕМА «СИНТЕЗ И ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СХЕМОЙ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ».....	10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. ТЕМА «СИНТЕЗ И ОЦЕНКА ЗНАЧЕНИЙ НАДЕЖНОСТИ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ СО СМЕШАННОЙ СХЕМОЙ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ».....	15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ТЕМА «СИНТЕЗ И ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ С ДРОБНОЙ КРАТНОСТЬЮ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ И ПОСТОЯННО ВКЛЮЧЕННЫМ РЕЗЕРВОМ»	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. ТЕМА «КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ ПО ТЕМАМ ЛАБОРАТОРНО–ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ №2,№3,№4» ...	25

Лабораторная работа №1. Тема «Синтез и оценка показателей надежности аппаратных средств с последовательной схемой резервирования»

1. Цель лабораторной работы

Изучение вопросов организации и методов обеспечения надежности аппаратных средств с использованием последовательной схемы дублирования элементов в телекоммуникационных системах.

2. Учебная литература

1. Гребешков А.Ю. Техника микропроцессорных средств в коммутации: Учебник для вузов.– Самара, ПГУТИ, 2011 – 392 с.

2. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем: учеб. пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.

3. Подготовка к занятию

1. Изучить рекомендованную литературу.
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

4. Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «надежность».
2. Что такое «явный отказ оборудования»?»
3. Какие события образуют полную группу событий?
4. Что такое экспоненциальное распределение?
5. В чем состоит задача резервирования?

5. Порядок выполнения работы

1. Ответить на контрольные вопросы по указанию преподавателя.
2. Получить у преподавателя индивидуальное контрольное задание.
3. Выполнить индивидуальное контрольное задание.
4. Представить преподавателю для проверки задание в письменном виде.

6. Содержание отчета

1. Индивидуальное контрольное задание с описанием решения.

7. Индивидуальное задание

Рассчитать вероятность безотказной работы схемы на рис. 1.1 при последовательном резервировании аппаратных средств (число элементов $n=8$).

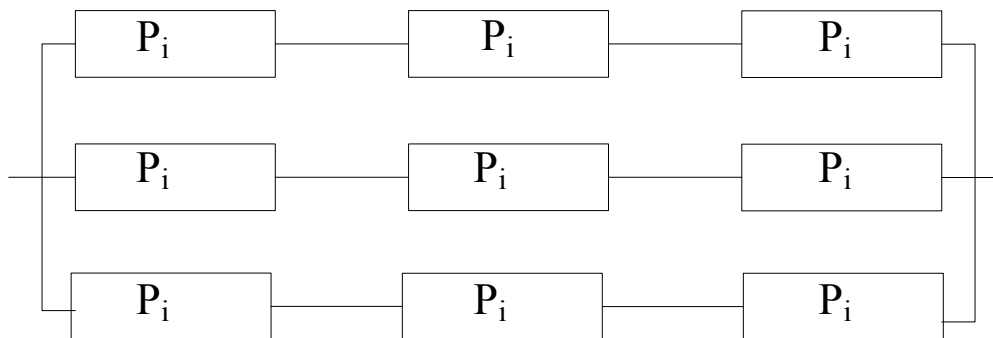


Рис. 1.1 – Схема последовательного (общего) резервирования аппаратных средств телекоммуникационных систем

Исходные данные взять из табл. 1.1 в соответствии с требуемым вариантом.

В табл. 1.1 приняты следующие обозначения: m – кратность резервирования;

P_i — вероятность безотказной работы i -го элемента, $i = 1, 2, 3, \dots, 8$.

Таблица 1.1

Но- мер ва- ри- ан- та	m	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
1	3	0,8	0,9	0,7	0,6	0,5	0,8	0,8	0,9
2	4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,9	0,5	0,7
3	2	0,8	0,8	0,9	0,5	0,8	0,9	0,8	0,8
4	3	0,6	0,6	0,7	0,8	0,5	0,5	0,6	0,8
5	3	0,5	0,6	0,5	0,5	0,9	0,7	0,8	0,6
6	4	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5	0,9	0,8
7	2	0,5	0,5	0,9	0,7	0,5	0,6	0,5	0,6
8	3	0,5	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,8	0,9
9	4	0,6	0,7	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5
0	2	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	0,8	0,5	0,9

8. Методические указания к индивидуальному заданию

Надежность в целом определяется как свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования (ГОСТ 27.002–89).

Под отказом понимается случайное событие, нарушающее работоспособность управляющего комплекса.

Различают самоустраняющийся отказ или однократный отказ, устраняемый незначительным вмешательством оператора (инженера по эксплуатации), перемежающийся отказ – многократно возникающий самоустраняющийся отказ одного и того же характера, а также явный

отказ – отказ, обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования в процессе применения управляющего комплекса по назначению.

Существует также критический отказ – отказ средства связи в целом или его компонента, тяжесть последствий которого в пределах данного анализа признана недопустимой и требует принятия специальных мер по снижению вероятности данного отказа и/или возможного ущерба, связанного с его возникновением (согласно ГОСТ 27.310–95). Принято, что критический отказ наступает при полном отказе 50% аппаратных средств телекоммуникационных систем.

Основными параметрами надежности для невосстанавливаемых изделий являются интенсивность отказов λ , вероятность безотказной работы за время t , $P(t)$, среднее время работы до отказа T :

$$\lambda \approx \frac{m}{N \cdot t} \quad (1.1)$$

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (1.2)$$

$$T = \int_0^{\infty} P(t) dt = \frac{1}{\lambda}, \quad \text{где} \quad (1.3)$$

m – число единиц оборудования, отказавших за время t ,

N – число исправных единиц оборудования на начало промежутка времени t .

Формулы (1.1) – (1.3) применяется для экспоненциального распределения времени работы до отказа, где λ – параметр этого распределения. Это предположение используется далее в настоящем занятии. Параметр λ определяет долю (а не количество) изделий, отказавших в единицу времени. В качестве единицы времени обычно принимают один час.

Одним из основных способов повышения надёжности телекоммуникационных систем является резервирование – способ обеспечения надежности объекта за счет использования дополнительных средств и (или) возможностей, избыточных по отношению к минимально необходимым для выполнения требуемых функции. Различают два вида резервирования: общее и раздельное (поэлементное, параллельное).

Пусть элементы аппаратных средств телекоммуникационных представляют собой последовательную систему, где отказ любого элемента приводит к отказу системы в целом. Элементы включаются последовательно, один за другим и формируют контур резервирования.

Здесь резервируется весь контур, т.е. все последовательно соединенные аппаратные средства.

В итоге в схеме появляется избыточность, вызванная появлением резерва (см. рис. 1.2).

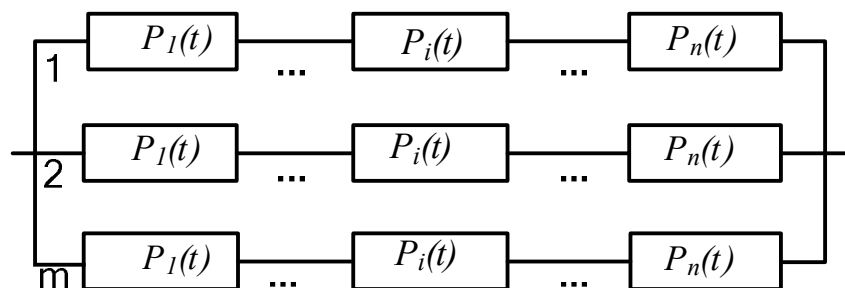


Рис. 1.2 – Блок-схема общего (последовательного) резервирования аппаратных средств телекоммуникационных систем

Вероятность безотказной работы схемы на рис. 1.2 оценим для предельного случая, когда полностью отсутствует возможность замены вышедшего из строя элемента из ЗИП или ремонт элемента в разумные сроки (24 часа) невозможен. Пусть отказ одного элемента не зависит от отказа другого элемента; при этом отказавший элемент рассматривается

как полностью неработоспособный, т.е. не имеет место перемежающийся отказ, когда элемент периодически выдаёт сигнал сбоя, а потом временно переходит в работоспособное положение. Тогда вероятность безотказной работы $P_{общее}(t)$ схемы на рис. 1.2 оценивается по формуле (1.4):

$$P_{общее}(t) = 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^n p_i(t)\right)^m, \quad (1.4)$$

где

n – число элементов (управляющих устройств, процессоров);

m – число контуров (параллельных элементов) резервирования;

$P_i(t)$ – вероятность безотказной работы отдельного i -го элемента в m -ном контуре за время t .

Лабораторная работа №2. Тема «Синтез и оценка показателей надежности аппаратных средств с параллельной схемой резервирования»

1. Цель лабораторной работы

Изучение вопросов организации и методов обеспечения надежности аппаратных средств с использованием параллельной схемы резервирования элементов в телекоммуникационных системах.

2. Учебная литература

1. Гребешков А.Ю. Техника микропроцессорных средств в коммутации: Учебник для вузов.– Самара, ПГУТИ, 2011 – 392 с.
2. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем: учеб. пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.

3. Подготовка к занятию

1. Изучить рекомендованную литературу.
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

4. Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «надежность».
2. Что такое «перемежающийся отказ оборудования»?
3. В чем состоит преимущество последовательной схемы резервирования?
4. В чем состоит недостаток параллельной схемы резервирования?
5. Какая из схем резервирования предпочтительна для технической эксплуатации телекоммуникационных систем?

5. Порядок выполнения работы

1. Ответить на контрольные вопросы по указанию преподавателя.
2. Получить у преподавателя индивидуальное контрольное задание.
3. Выполнить индивидуальное контрольное задание.
4. Представить преподавателю для проверки задание в письменном виде.

6. Содержание отчета

1. Индивидуальное контрольное задание с описанием решения.

7. Индивидуальное задание

Рассчитать вероятность безотказной работы схемы на рис. 2.1 аппаратных средств при параллельном (раздельном) резервировании элементов (число элементов $n=8$).

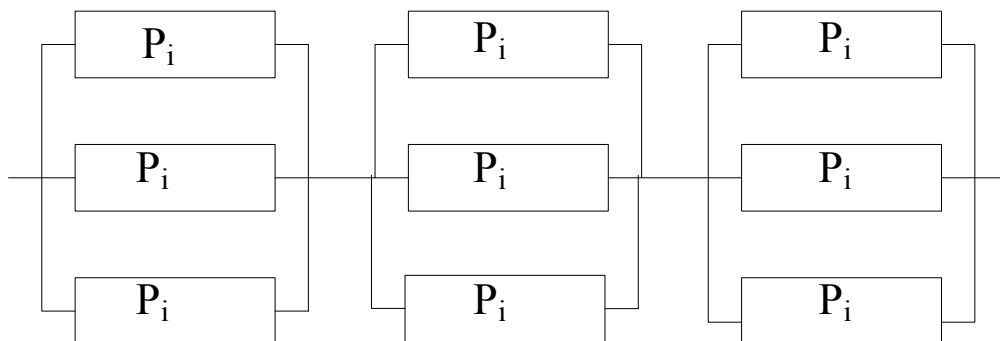


Рис. 2.1 – Схема параллельного (раздельного) резервирования аппаратных средств телекоммуникационных систем

Исходные данные взять из табл. 2.1 в соответствии с требуемым вариантом. В табл. 2.1 приняты следующие обозначения:

m - кратность резервирования;

P_i - вероятность безотказной работы i -го элемента, $i = 1, 2, 3, \dots, 8$.

Таблица 2.1

Но- мер ва- ри- ан- та	m	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
1	3	0,8	0,9	0,7	0,6	0,5	0,8	0,8	0,9
2	4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,9	0,5	0,7
3	2	0,8	0,8	0,9	0,5	0,8	0,9	0,8	0,8
4	3	0,6	0,6	0,7	0,8	0,5	0,5	0,6	0,8
5	3	0,5	0,6	0,5	0,5	0,9	0,7	0,8	0,6
6	4	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5	0,9	0,8
7	2	0,5	0,5	0,9	0,7	0,5	0,6	0,5	0,6
8	3	0,5	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,8	0,9
9	4	0,6	0,7	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5
0	2	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	0,8	0,5	0,9

8. Методические указания к индивидуальному заданию

Надежность в целом определяется как свойство объекта (управляющего комплекса) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования (ГОСТ 27.002–89).

Основными параметрами надежности для невосстанавливаемых изделий являются интенсивность отказов λ , вероятность безотказной работы за время t , $P(t)$, среднее время работы до отказа T :

$$\lambda \approx \frac{m}{N \cdot t} \quad (2.1)$$

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.2)$$

$$T = \int_0^{\infty} P(t) dt = \frac{1}{\lambda}, \quad \text{где} \quad (2.3)$$

m – число единиц оборудования, отказавших за время t ,

N – число исправных единиц оборудования на начало промежутка времени t .

Формулы (2.1) – (2.3) применяется для экспоненциального распределения времени работы до отказа, где λ – параметр этого распределения. Это предположение используется далее в настоящем занятии. Параметр λ определяет долю (а не количество) изделий, отказавших в единицу времени. В качестве единицы времени обычно принимают один час.

Одним из основных способов повышения надёжности систем является резервирование – способ обеспечения надёжности объекта за счет использования дополнительных средств и (или) возможностей, избыточных по отношению к минимально необходимым для выполнения требуемых функции. Различают два вида резервирования: последовательное (общее) и параллельное (поэлементное).

Значительно эффективнее, чем последовательная схема резервирования выглядит схема с параллельным (раздельным) резервированием наиболее критически важных компонентов.

При раздельном резервировании резервируются отдельные части телекоммуникационных систем, например отдельные процессоры, каналы ввода/вывода, элементы памяти и общесистемные шины (см. рис. 2.2).

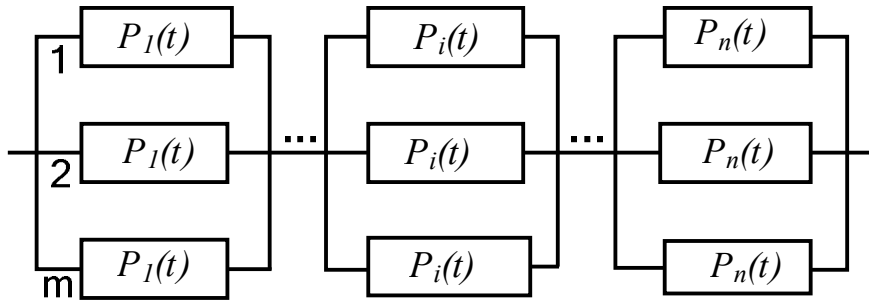


Рис. 2.2. – Блок-схема параллельного (раздельного) резервирования элементов телекоммуникационных систем

В случае отказа одного элемента его функции выполняет дублирующий элемент без существенной потери качества связи или производительности телекоммуникационной системы.

В этом случае вероятность безотказной работы системы $P_{разд}(t)$, определяется по формуле :

$$P_{разд}(t) = \prod_{i=1}^n [1 - (1 - p_i(t))^m]. \quad (2.4)$$

Расчеты по индивидуальному заданию проводить с точностью до третьего десятичного знака справа от запятой.

**Лабораторная работа №3. Тема «Синтез и оценка значений
надежности аппаратных средств со смешанной схемой
резервирования»**

1. Цель лабораторной работы

Изучение вопросов организации и методов обеспечения надежности аппаратных средств с использованием смешанной схемы резервирования элементов в телекоммуникационных системах.

2. Учебная литература

1. Гребешков А.Ю. Техника микропроцессорных средств в коммутации: Учебник для вузов.– Самара, ПГУТИ, 2011 – 392 с.
2. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем: учеб. пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.

3. Подготовка к занятию

1. Изучить рекомендованную литературу.
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

4. Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «резервирования».
2. Какая схема дублирования более надежна для случая явного отказа и без возможности ремонта компонент управляющего комплекса?
3. В чем состоит достоинство и недостаток решения с резервированием компонентов телекоммуникационной системы?
4. Что такое «неявный отказ оборудования»?
5. Какие события являются независимыми?

6. Порядок выполнения работы

1. Ответить на контрольные вопросы по указанию преподавателя.
2. Получить у преподавателя индивидуальное контрольное задание.
3. Выполнить индивидуальное контрольное задание.
4. Представить преподавателю для проверки задание в письменном виде.

7. Содержание отчета

1. Индивидуальное задание с описанием решения.

8. Индивидуальное задание

Схема для расчета надежности системы представлена на рис. 3.1, где также приведены интенсивности отказов элементов λ .

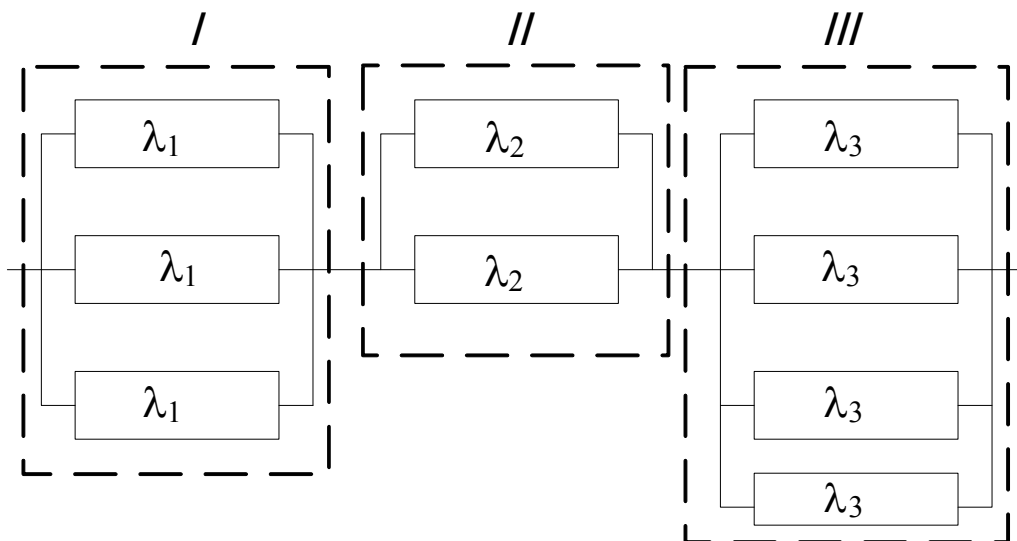


Рис. 3.1. – Схема смешанного резервирования аппаратных средств телекоммуникационных систем

Принято, что резерв пассивный, невосстанавливаемый, с неизменной нагрузкой. Требуется рассчитать вероятность безотказной работы системы $P_{сист}(t)$, аналогичной на рис. 3.1, для исходных данных в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Показатель	Вар. 0	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 4	Вар. 5	Вар. 6	Вар. 7	Вар. 8	Вар. 9
Кол-во грп.	2	3	3	2	3	3	2	2	3	2
Кол-во элементов в 1 грп.	2	1	3	3	2	3	3	4	2	1
Кол-во элементов в 2 грп.	3	2	2	1	2	2	3	2	3	4
Кол-во элементов в 3 грп.	0	3	2	0	2	1	0	0	2	0
λ_1	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$
λ_2	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-6}$
λ_3		$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-3}$		$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$			$5 \cdot 10^{-4}$	
t	100	200	1000	500	800	300	700	1000	1200	400

Примечание. Грп. – сокр. от «Группа».

8. Методические указания к индивидуальному контрольному заданию

Схема примера для расчета надежности системы представлена на рис. 3.2, где также приведены интенсивности отказов элементов λ .

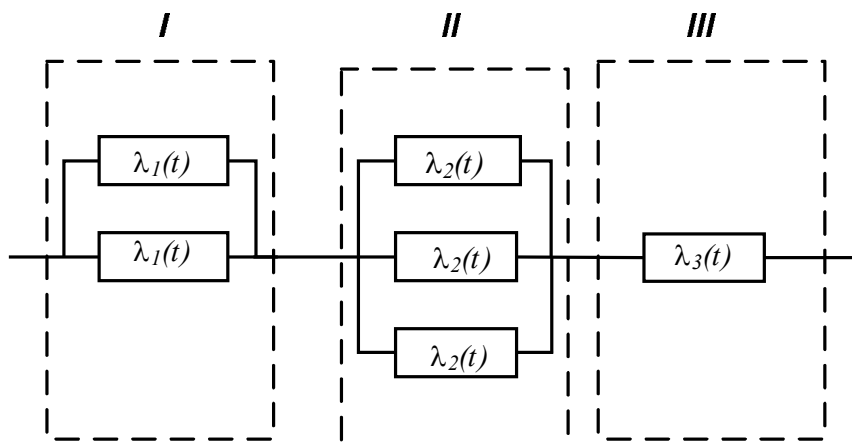


Рис. 3.2 – Схема раздельного резервирования с различным числом резервируемых элементов в блоках телекоммуникационных систем

Принято, что резерв пассивный, с неизменной нагрузкой. Требуется рассчитать вероятность безотказной работы системы $P_{сист}(t)$ если известно время $t = 100$ часов. Для резервированных систем с «простым» (последовательным) соединением блоков имеем:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t).$$

Тогда при равнонадежных устройствах и экспоненциальным распределением наработки на отказ в случае общего резервирования вероятность безотказной работы схемы в целом на рис. 3.2 будет равна:

$$P_{сист}(t) = p_I(t) \times p_{II}(t) \times p_{III}(t).$$

Считаем, что вероятность безотказной работы единичного элемента по прежнему равна $P_i(t) = e^{-\lambda_i t}$.

Применяя формулу (2.4) последовательно для каждого блока I, II, III, получим следующие выражения (примечание – на подстрочный (примечание – подстрочный индекс i у времени t записывать как t_i :

$$P_I(t_i) = 1 - \left(1 - e^{-\lambda_1 t_i}\right)^2,$$

$$P_{II}(t_i) = 1 - \left(1 - e^{-\lambda_2 t_i}\right)^3,$$

$$P_{III}(t_i) = 1 - 1 + e^{-\lambda_3 t_i} = e^{-\lambda_3 t_i}.$$

$$P_{сист}(t_i) = \left[1 - \left(1 - e^{-2 \cdot 10^{-3}}\right)^2\right] \cdot \left[1 - \left(1 - e^{-10^{-4}}\right)^3\right] e^{-10^{-2}} =$$

$$= \left[1 - (1 - 0,98)^2\right] \cdot \left[1 - (1 - 1)^3\right] \cdot 0,98 \cong 0,98.$$

Тогда :

$$P_{сист}(100) = 0,98.$$

Лабораторная работа №4. Тема «Синтез и оценка показателей надежности аппаратных средств с дробной кратностью резервирования и постоянно включенным резервом»

1. Цель лабораторной работы

Изучение вопросов организации и методов обеспечения надежности аппаратных средств с использованием схемы с дробной кратностью резервирования аппаратных средства в телекоммуникационных системах.

2. Учебная литература

1. Гребешков А.Ю. Микропроцессорные системы и программное обеспечение в средствах связи: Учебное пособие. Гриф МГУП. – Самара, ПГУТИ, 2009. – 298 с.:илл.

2. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем: учеб. пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.

3. Подготовка к занятию

1. Изучить рекомендованную литературу.
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

4. Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «кратность резервирования».
2. Какая схема резервирования более надежна в случае невозможности ремонта компонентов телекоммуникационных систем?
3. В чем состоит достоинство и недостаток решения с кратным резервированием компонентов телекоммуникационных систем?
4. Какие показатели ухудшаются в связи с появлением в схеме избыточных элементов по отношению к штатному количеству?

5. Порядок выполнения работы

1. Ответить на контрольные вопросы по указанию преподавателя.
2. Получить у преподавателя индивидуальное контрольное задание.
3. Выполнить индивидуальное контрольное задание.
4. Представить преподавателю для проверки задание в письменном виде.

6. Содержание отчета

1. Индивидуальное контрольное задание с описанием решения.

7. Индивидуальное задание

Пусть телекоммуникационная система состоит из l управляющих устройств, номинальная производительность каждого из которых w миллионов операций в секунду.

Штатная работ возможна, если электронная управляющая система обеспечивает производительность не менее w_{min} .

Определить вероятность штатной (безаварийной) работы электронной управляющей системы $P_{сист}$ за t_i часов, а также среднее время безотказной работы $m_{тс}$, если интенсивность выхода из строя управляющего устройства, УУ, λ_0 согласно таблице 4.1.

Таблица 4.1

Показатель	Вар. 0	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 4	Вар. 5	Вар. 6
l	3	4	3	2	4	2	3
W	150	200	170	230	190	250	220
w_{min}	280	580	330	200	370	240	410
λ_0	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$
t_i	600	700	800	900	650	750	850

Показатель	Вар. 7	Вар. 8	Вар. 9
l	4	3	4
W	170	180	140
w_{min}	500	350	400
λ_0	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$
t_i	950	1000	1100

8. Методические указания к индивидуальному контрольному заданию

Пусть многопроцессорный управляющий комплекс содержит l одинаковых процессоров, h из которых обладают мощностью, достаточной для обеспечения штатной производительности управляющего комплекса (см. рис. 4.1). Тогда получается, что число $l-h$ процессоров являются избыточными.

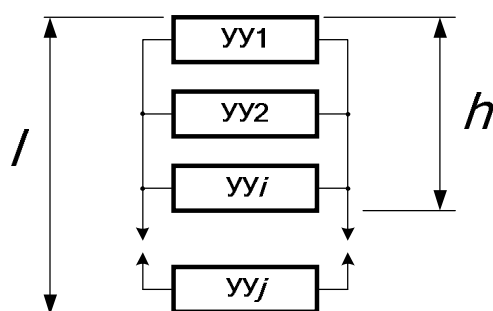


Рис. 4.1 – Схема обеспечения надежности телекоммуникационной системы для резервирования с дробной кратностью и постоянно включенным (нагруженным) резервом

В нормальном режиме работы избыточные процессоры, как правило, работают в режиме разделения нагрузки с основными процессорами. Это так называемый случай нагруженного резерва. При этом резервные процессоры в любой момент времени могут на 100% заменить отказавший основной (базовый) процессор. Другими словами, если бы процессоры загружались на 100%, их число можно было бы уменьшить, но при этом ни о каком резервировании говорить не приходилось бы. Если «избыточный» процессор полноценно заменяет любой из основных в случае отказа последнего, то реализуется т.н. «плавающее» резервирование. Примером плавающего резервирования является случай « $n+1$ », где n – количество рабочих компонент, 1 – количество резерва.

Разновидностью такого резервирования является кратное резервирование с постоянно включенным резервом (в случае, если отказавший процессор не ремонтируется или не заменяется из ЗИПа за приемлемое время, например за 24 часа).

Для нормальной работы схемы на рис. 4.1, например, для обеспечения заданной производительности управляющего комплекса в ЧНН, необходимо, чтобы исправными были не менее чем h процессоров. Кратность резервирования такой системы m равна $m = (l - h)/h$. Вероятность безотказной работы системы $P_{сист}(t)$ на рис. 4.1 составит величину:

$$P_{сист}(t) = \sum_{i=0}^{l-h} C_l^i p_0^{l-i}(t) \sum_{j=0}^i (-1)^j C_i^j p_0^j(t) \quad (4.1)$$

где

$$C_l^i = \frac{l!}{i!(l-i)!} \quad (4.2)$$

Для рассматриваемого случая также можно определить среднее время (математическое ожидание) работы системы до отказа T , которое

составляет величину:

$$T = \int_0^{\infty} P_{сист}(t) dt \approx \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^{l-h} \frac{1}{h+i}, \quad (4.3)$$

где

λ_0 – интенсивность отказов отдельного компонента (процессора).

При $l-h = 2..3$ наработка на отказ управляющего комплекса будет приближаться к границе физического срока службы.

С другой стороны, постоянное наличие явно избыточных процессоров (резервирующих компонентов) приводит к увеличению стоимостных показателей системы.

В этом случае вариант $n+1$ является разумным компромиссом по соотношению «стоимость–эффективность». Примером резервирования « $n+1$ » в процессоре CP113с являются процессоры VAR_M-VAR_S .

Лабораторная работа №5. Тема «Проведение контрольных экспериментов и расчетов»

1. Цель лабораторной работы

Проведение контрольных экспериментов синтеза и расчетов по темам лабораторных работ №2, №3, №4.

2. Учебная литература

1. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем: учеб. пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.

3. Подготовка к занятию

1. Изучить рекомендованную литературу.
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

4. Контрольные вопросы

1. Для чего используется резервирование?
2. В чем отличие общего от отдельного резервирования?
3. Для чего применяется отдельное резервирование?
4. В чем преимущество резервирования с дробной кратностью?

5. Порядок выполнения работы

1. Ответить на контрольные вопросы по указанию преподавателя.
2. Получить у преподавателя индивидуальное контрольное задание.
3. Выполнить индивидуальное контрольное задание.
4. Представить преподавателю для проверки задание в письменном виде.

6. Содержание отчета

1. Индивидуальное контрольное задание с описанием решения.

7. Индивидуальное контрольное задание

Распределение вариантов индивидуальных контрольных заданий см. таблицу 5.1.

Таблица 5.1

№№ варианта	Последняя цифра студенческого билета
1	0,2,9
2	1,3,8
3	4,7
4	5,6

Контрольное задание №1.

Определить вероятность безотказной работы устройства $P_{\text{сист}}(t)$ за время t_i , если интенсивность λ_0 выхода из строя и время t_i составляют (см. таблицу 5.2):

Таблица 5.2

Наименование показателя	Вариант1	Вариант2	Вариант3	Вариант4
λ_0	$1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$
t_i	5000	1000	4000	800

Вероятность выхода из строя распределена по экспоненциальному закону. Насколько изменится $P_{\text{сист}}(t)$ за время t_i если будет подключено параллельно всего 3 таких устройства?

Контрольное задание №2.

Определить вероятность безотказной работы системы, приведённой на рис. 5.1.

Параметры схемы получить из таблицы 5.3.

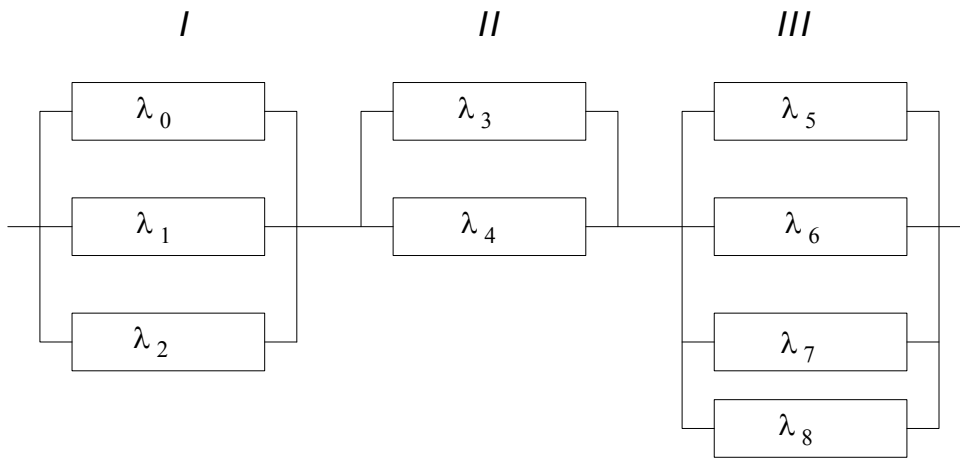


Рис. 5.1 – Схема резервирования для контрольного задания №2

Таблица 5.3.

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Кол-во элементов в I грп	3	3	3	3
Кол-во элементов в II грп.	2	1	2	1
Кол-во элементов в III грп	1	2	1	2
λ_0	$1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
λ_1	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$
λ_2	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-5}$
$\lambda_3 = \lambda_4$	$6 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-5}$
$\lambda_5 = \lambda_6 = \lambda_7 = \lambda_8$	$6 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$
t_i	300	500	400	600

Контрольное задание №3.

Электронная управляющая система состоит из l управляющих устройств номинальная производительность каждого из которых w миллионов операций в секунду. Штатная работа возможна, если система управления обеспечивает мощность не менее w_{\min} млн. операций в секунду. Определить среднее время безотказной работы $m_{тс}$, если интенсивность выхода из строя управляющего устройства λ_0 (см. таблицу 5.4) и рис. 4.1.

Таблица 5.4.

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
l	5	6	5	6
w	10	8	12	9
w_{\min}	25	30	26	44
$\lambda_0, 1/\text{час}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$

