

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего профессионального образования
«Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»

Кафедра СС
(наименование кафедры)

Методические указания к выполнению практического задания
по дисциплине «Многоканальные телекоммуникационные
системы»

Разработал доц., к.т.н. Иванов В.И.

Самара

2014

Излагаются методические указания по выполнению практического задания по дисциплине «**Многоканальные телекоммуникационные системы**», вопросы и задачи для самоконтроля, задания к контрольной работе и методические рекомендации по их выполнению.

Вариант контрольной работы определяется студентом по предпоследней и последней цифрам студенческого билета.

Текст каждого задания вместе с вариантом и исходными данными приводят в пояснительной записке на отдельной, как правило, первой странице.

Решения задач обязательно сопровождаются необходимыми пояснениями и ссылками на литературу, использованную при выполнении соответствующего задания, список которой приводят в конце контрольной работы. В сроки, установленные учебным графиком (но не позже первого дня начала лабораторно-экзаменационной сессии), контрольная работа представляется на рецензирование.

Все исправления и дополнения, сделанные студентом по замечаниям рецензента, выносят на поля в том месте, где обнаружены ошибки, заданы вопросы или сделаны замечания. Допущенные к защите контрольные работы предъявляют на экзамене или зачете, где и происходит их защита.

Для успешной защиты контрольной работы необходимо:

- внести исправления по замечаниям рецензента, ответить (письменно или устно в зависимости от требований рецензента) на поставленные вопросы;
- уметь полностью объяснить ход решения задач, обосновать правильность использования расчетных формул, понимать смысл входящих в них величин и символов, их размерность.

Изучение дисциплины «**Многоканальные телекоммуникационные системы**» базируется на обеспечивающих курсах: информатика, физика, физические основы электроники, теория вероятностей и математическая статистика, теория электрических цепей, общая теория связи, цифровая обработка сигналов, основы построения инфокоммуникационных систем и сетей, направляющие системы электросвязи, метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях

Список литературы

Основная литература

1. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов /Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Г.Н., и др. Под редакцией В.И. Иванова. - М.: Горячая линия – Телеком, 2003, - 232 с.: ил.
2. Волоконно-оптические системы передачи. Учебное пособие для вузов /В.И. Иванов, Л.В. Адамович/- Казань: ЗАО «Новое знание.- 2012.- 123 с.: ил.
3. Спектральное уплотнение ВОЛС. Учебное пособие для вузов /В.И. Иванов/- Казань: ЗАО «Новое знание.- 2012.- 224 с.: ил.
4. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. – 2-е изд., испр. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 424 с: ил.

Дополнительная литература

1. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов.- М: Горячая линия -Телеком, 2005.-416 с.: ил.
2. Оптические кабели связи российского производства. Справочник./ Воронцов А.С., Гурин О.И., Мифтахетдинов С.Х., Никольский К.К., Питерских С.Э. -М.: Эко - Трендз,

ЗАДАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

и методические указания к их выполнению

Целью контрольной работы является расчет надежности МТС и полный ответ на один из вопросов.

Исходные данные к контрольной работе приведены в табл.1. Они определяются двумя последними цифрами номера студенческого билета. Исходные данные включают в себя: протяженность линейного тракта L_r , скорость передачи (табл.2) и тип оптического кабеля (табл.3).

ЗАДАНИЕ 1

1. Рассчитать надежность ВОЛП.

Таблица 1

Протяженность линейного тракта, L_r , км	400	500	300	700	600	550	450	600	300	350
Скорость передачи, Мбит	2		8.5		34		140		622	
Тип оптического кабеля	ОЗКГ -1-0,7	ОЗКГ -1-1,0	ОКЛ- 01- 03/3,5	ОКЛ- 01- 03/2,0	ОЗКГ -1-1,5	ОЗКГ -1-0,7	ОКЛ- 01- 03/3,5	ОКЛ- 01- 03/2,0	ОКЛ- 01- 03/3,5	ОКЛ- 01- 03/2,0
	Варианты									
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99

Значения необходимых для расчётов параметров приведены в таблице 2

Таблица 2 – Параметры надежности элементов ВОЛП (МТС)

Наименование элемента	ОРП (ОП)		Оптический кабель
	PDH	SDH	
λ , 1/час.	$1 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$ на 1 км
t_B , ч.	0,5	0,1	5,0

Надежность оптической линии передачи

1 Термины и определения по надежности

Под надежностью элемента (системы) понимают его способность выполнять заданные функции с заданным качеством в течение некоторого промежутка времени в определённых условиях. Изменение состояния элемента (системы), которое влечёт за собой потерю указанного свойства, называется отказом. Надёжность работы ВОЛП – это свойство волоконно-оптической линии обеспечивать возможность передачи требуемой информации с заданным качеством в течение определённого промежутка времени. ВОЛП в общем случае может рассматриваться как система, состоящая из двух совместно работающих сооружений – линейного и станционного. Каждое из этих сооружений при определении надёжности может рассматриваться как самостоятельная система. В теории надёжности используются следующие понятия: отказ-повреждение ВОЛП с перерывом связи по одному, множеству или всем каналам связи; неисправность – повреждение, не вызывающее закрытия связи, характеризуемое состоянием линии, при котором значения одного или нескольких параметров не удовлетворяют заданным нормам; среднее время между отказами (наработка на отказ) – среднее время между отказами, выраженное в часах; среднее время восстановления связи – среднее время перерыва связи, выраженное в часах; интенсивность отказов – среднее число отказов в единицу времени (час); вероятность безотказной работы – вероятность того, что в заданный интервал времени не возникнет отказ; коэффициент готовности – вероятность нахождения линии передачи в исправном состоянии в произвольно выбранный момент времени; коэффициент простоя – вероятность нахождения линии передачи в состоянии отказа в произвольно выбранный момент времени.

Многоканальные ТКС относятся к восстанавливаемым системам, в которых отказы можно устранять.

Одно из центральных положений теории надёжности состоит в том, что отказы рассматривают в ней как случайные события. Интервал времени от момента включения элемента (системы) до его первого отказа является случайной величиной, называемой временем безотказной работы. Интегральная функция распределения этой случайной величины, представляющая собой вероятность того, что время безотказной работы будет менее t , обозначается $q(t)$ и имеет смысл вероятности отказа на интервале $(0 \dots t)$. Вероятность противоположного события – безотказной работы на этом интервале – равна

$$P(t) = 1 - q(t)$$

Удобной мерой надёжности элементов и систем является интенсивность отказов $\lambda(t)$, представляющая собой условную плотность вероятности отказа в момент времени t , при условии, что до этого момента отказов не было. Между функциями $\lambda(t)$ и $P(t)$ существует взаимосвязь:

$$P(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right]$$

В период нормальной эксплуатации (после приработки, но ещё до того, как наступит физический износ) интенсивность отказов примерно постоянна $\lambda(t) \approx \lambda$.

В этом случае:

$$P(t) = \exp (-\lambda t)$$

Таким образом, постоянной интенсивности отказов, характерной для периода нормальной эксплуатации, соответствует экспоненциальное уменьшение вероятности безотказной работы с течением времени.

Среднее время безотказной работы находят как математическое ожидание случайной величины:

$$t_{cp} = \lambda \int t \exp (-\lambda t) dt, = 1/\lambda$$

Оценим надёжность некоторой сложной системы, состоящей из множества разнотипных элементов. Пусть $P_1(t)$; $P_2(t)$; ... $P_n(t)$ - вероятности безотказной работы каждого элемента на интервале времени $(0 \dots t)$, n - число

элементов в системе. Если отказы отдельных элементов происходят независимо, а отказ хотя бы одного элемента ведёт к отказу всей системы (такой вид соединения элементов называется последовательным), то вероятность безотказной работы системы в целом равна произведению вероятностей безотказной работы отдельных её элементов:

$$P_{\text{сист}} = \prod_{i=1}^n P_i(t) = \prod_{i=1}^n \exp(-\lambda_i \cdot t) = \exp(-\Lambda_{\text{сист}} \cdot t) , \quad (1)$$

где

$\Lambda_{\text{сист}} = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ — интенсивность отказов системы;

λ_i — интенсивность отказов i – го элемента.

Среднее время безотказной работы системы равно

$$t_{\text{ср. сист}} = \frac{1}{\Lambda_{\text{сист}}}$$

К числу основных характеристик надёжности восстанавливаемых элементов и систем относится коэффициент готовности:

$$K_{\Gamma} = \frac{t_{\text{ср. сист}}}{t_{\text{ср. сист}} + t_{\text{в. сист}}} ,$$

где

$t_{\text{в. сист}}$ - среднее время восстановления элемента (системы).

Коэффициент готовности соответствует вероятности того, что элемент (система) будет работоспособен в любой момент времени.

$$P_{\text{сист}} = \prod_{i=1}^n P_i(t) = \prod_{i=1}^n \exp(-\lambda_i \cdot t) = \exp(-\Lambda_{\text{сист}} \cdot t) , \quad (2)$$

где

$\Lambda_{\text{сист}} = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ — интенсивность отказов системы;

λ_i — интенсивность отказов i – го элемента.

Среднее время безотказной работы системы равно:

$$t_{\text{ср. сист}} = \frac{1}{\Lambda_{\text{сист}}}.$$

К числу основных характеристик надёжности восстанавливаемых элементов и систем относится коэффициент готовности:

$$K_{\Gamma} = \frac{t_{\text{ср.сист}}}{t_{\text{ср.сист}} + t_{\text{в.сист}}},$$

где

$t_{\text{в.сист}}$ - среднее время восстановления элемента (системы).

Коэффициент готовности соответствует вероятности того, что элемент (система) будет работоспособен в любой момент времени.

4.2 Расчёт параметров надёжности

В соответствии с выражением (4.3) интенсивность отказов оптической линии передачи определяют:

$$\Lambda_{\text{сист}} = \lambda_{\text{орп}} \cdot n_{\text{орп}} + \lambda_{\text{нрп}} \cdot n_{\text{нрп}} + \lambda_{\text{каб}} \cdot L, \quad (3)$$

где $\lambda_{\text{орп}}$, $\lambda_{\text{каб}}$, $\lambda_{\text{нрп}}$ - интенсивности отказов соответственно ОРП (ОП), НРП и одного километра кабеля;

$n_{\text{нрп}}$, $n_{\text{орп}}$ - количество соответственно ОРП (ОП), $n_{\text{орп}}=0$; $n_{\text{нрп}}=0$;

L - протяженность оптической линии передачи.

Для аппаратуры SDH $\lambda_{\text{каб}}=5 \cdot 10^{-8}$ 1/ч, $\lambda_{\text{орп}}=4 \cdot 10^{-8}$ 1/ч, $\lambda_{\text{нрп}}=1 \cdot 10^{-8}$ 1/ч тогда интенсивность отказов проектируемой оптической линии передачи равна:

$$\Lambda_{\text{сист}} = 4 \cdot 10^{-8} \cdot 0 + 1 \cdot 10^{-8} \cdot 0 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 1,6 = 8 \cdot 10^{-6}, \text{ 1/ч}$$

Среднее время безотказной работы оптической линии передачи определяют по формуле (4.4).

$$t_{\text{ср.сист}} = \frac{1}{\Lambda_{\text{сист}}} \quad (4)$$

$$t_{\text{сист}} = \frac{1}{0,8 \cdot 10^{-5}} = 12,5 \cdot 10^4$$

Рассчитаем вероятность безотказной работы в течение заданного промежутка времени по формуле (4.5) для $t_1=24$ часа (сутки), $t_2=168$ часов (неделя), $t_3=720$ часов (месяц), $t_4=8760$ часов (год):

$$P_{\text{сист}}(t=24 \text{ часа}) = \exp(-8 \cdot 10^{-6} \cdot 24) = 0,9998;$$

$$P_{\text{сист}}(t=168 \text{ часов}) = \exp(-8 \cdot 10^{-6} \cdot 168) = 0,9986;$$

$$P_{\text{сист}}(t=720 \text{ часов}) = \exp(-8 \cdot 10^{-6} \cdot 720) = 0,9943;$$

$$P_{\text{сист}}(t=8760 \text{ часов}) = \exp(-8 \cdot 10^{-6} \cdot 8760) = 0,9323;$$

По результатам расчётов построим график зависимости вероятности безотказной работы оптической линии передачи от времени $P_{\text{сист}}(t)$:

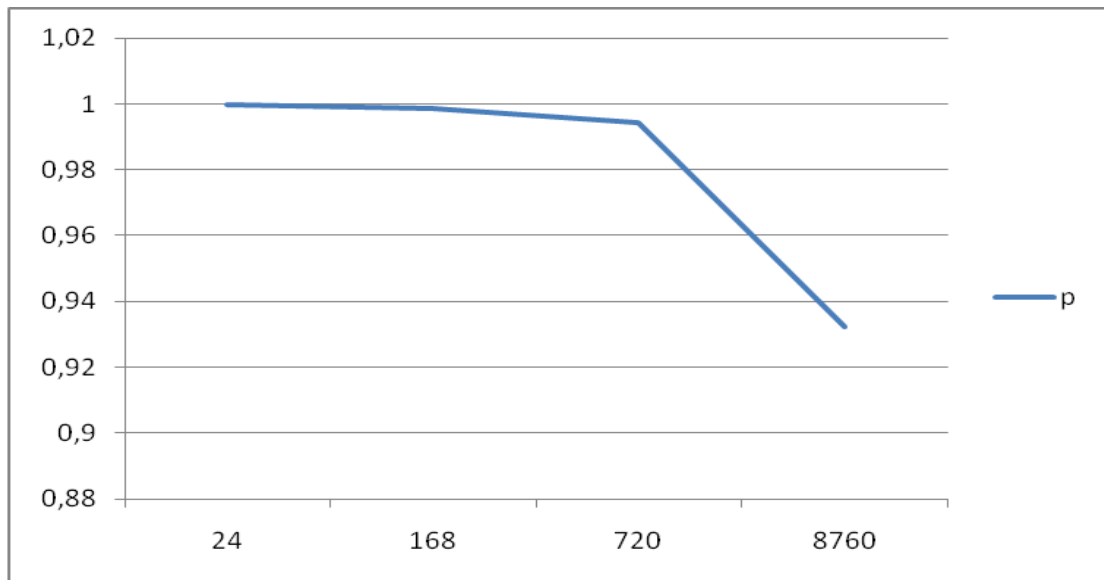


Рисунок 1 - Вероятность безотказной работы

По формуле (4.5) рассчитаем коэффициент готовности оптической линии передачи, предварительно рассчитав среднее время восстановления связи:

$$t_{\text{в.сист}} = \frac{(\lambda_{\text{орп}} \cdot n_{\text{орп}} \cdot t_{\text{в.орп}} + \lambda_{\text{каб}} \cdot L \cdot t_{\text{в.каб}})}{\Lambda_{\text{сист}}} \text{ ч,}$$

где

$t_{\text{в.орп}}$ – время восстановления ОРП (ОП),

$t_{\text{в.каб}}$ – время восстановления кабеля.

Для аппаратуры SDH $t_{\text{в.орп}}=0,1$ ч, $t_{\text{в.каб}}=5$ ч, тогда среднее время восстановления связи для проектируемой линии передачи будет равно:

$$t_{\text{в.сист}} = \left[\frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 0,1 + 5 \cdot 10^{-8} \cdot 1,6 \cdot 5}{8 \cdot 10^{-6}} \right] = 0,051 \text{ ч}$$

Коэффициент готовности проектируемой оптической линии передачи будет равен:

$$K_r = \frac{t_{\text{сис}}}{(t_{\text{сис}} + t_{\text{в.сис}})} \quad (1.5)$$

$$K_r = \frac{12,5 \cdot 10^4}{(12,5 \cdot 10^4 + 0,051)} = 0,9959$$

В результате получена ВОЛП (МТС) с достаточной надежностью, которая может выполнять возложенные на нее функции; хотя при этом следует учитывать, что с увеличением времени эксплуатации, растет вероятность выхода ее из строя.

Задание 2

Ответить на следующие вопросы.

(Варианты выбираются по номеру студента в списке группы)

1. Назвать особенности PDH.
2. Основы структуры PDH сигнала.
3. Описать структуру цикла PDH сигнала (в системе CEPT).
4. ANSI/CEPT битовые скорости.
5. Мультиплексирование/демультиплексирование PDH сигнала.
6. Объяснить понятия и особенности SDH.
7. Объяснить преобразование PDH сигнала в сигнал SDH (STM - 1).
8. Объяснить функции указателей.
9. Назвать заголовки компонентов и их функции.
10. Понятие - "Синхронная телефонная сеть". Битовые скорости SDH согласно ITU-T.
11. Структура цикла сигнала STM-1.
12. Байтовый способ мультиплексирования SDH сигналов.
13. Синхронизация STM-1 циклов.
14. Оптический линейный код в SDH.
15. Описать процесс включения ATM компонентов в STM-1
16. "Размещение" 140 Мбит/с сигнала в контейнере C-4. Включение контейнера C-4 в

модуль STM-1.

17. "Размещение" 34 Мбит/с сигнала в контейнере C-3.
18. Включение трёх контейнеров C-3 в виртуальный контейнер VC-4.
19. Вставка VC-4 в STM-1.
20. "Размещение" 2 Мбит/с сигнала в контейнере C-12.
21. Образование мультиконтейнера VC-12.
22. Образование нагрузочных модулей .
23. Вставка виртуального контейнера VC-4 в STM-1.
24. Структура и содержание АТМ фрагмента.
25. "Размещение" АТМ фрагментов в контейнере C-4.
26. Ввод контейнера C-4 в модуль STM-1.

Принцип спектрального уплотнения. Структурная схема

- 32.Преимущества технологии спектрального уплотнения
- 33.Технология DWDM. Схема. Принцип работы
- 34.Основные требования к узлам оборудования DWDM.
35. Основные узлы технологии DWDM: оптические усилители, транспондеры, оптические мультиплексоры. Схемы. Принцип работы. Д.Н.
- 36.Технология CWDM. Схема. Принцип работы
- 37.Основные требования к узлам оборудования CWDM
- 38.Сравнение технологий DWDM и CWDM. Область применения
- 39.История, состояние и перспективы развития волоконно-оптических систем передачи (МТС).

.