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

Кафедра ССС

Методические указания и задания по дисциплине
«Транспортные проводные системы связи»
для студентов заочной формы обучения направление подготовки 11.03.02
Инфокоммуникационные технологии и системы связи.
Профиль (специализация) подготовки
«Оптические и проводные сети и системы связи»

5 семестр

Практическая работа

Составители: к.т.н., доц. В.И. Иванов

Рецензент: к.т.н., доц. А.В. Трошин

Самара, 2021

Задание на практическую работу включает в себя:

1.Расчет параметров надежности транспортной проводной системы связи

Исходные данные к контрольной работе приведены в табл.1. Они определяются последними цифрами номера студенческого билета. Исходные данные включают в себя: протяженность линейного тракта $L_т$, скорость передачи и тип оптического кабеля .

ЗАДАНИЕ 1

1. Рассчитать надежность ТПСС.

Таблица 1

Протяженность линейного тракта, $L_т$, 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

Надежность цифровой 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 ТПСС – это свойство волоконно-оптической линии обеспечивать возможность передачи требуемой информации с заданным качеством в течение определённого промежутка времени. ТПСС 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 ТПСС 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.

ТПСС 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… 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:

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

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…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:

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

где

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

λ_i — интенсивность отказов i – го элемента.

Среднее время безотказной работы системы равно

$$t_{ср.\ сист} = \frac{1}{\Lambda сист}$$

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

$$К_Г = \frac{t_{ср.сист}}{t_{ср.сист} + t_{в.сист}},$$

где

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

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

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

где

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

λ_i — интенсивность отказов i – го элемента.

Среднее время безотказной работы системы равно:

$$t_{ср.\ сист} = \frac{1}{\Lambda сист.}$$

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

$$К_Г = \frac{t_{ср.сист}}{t_{ср.сист} + t_{в.сист}},$$

где

$t_{в\ сист}$ - 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 (3) интенсивность отказов оптической линии передачи определяют:

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

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

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

L - протяженность оптической линии передачи.

Для аппаратуры SDH $\lambda_{каб}=5\cdot10^{-8}$ 1/ч, $\lambda_{орп}=4\cdot10^{-8}$ 1/ч, $\lambda_{нрп}=1\cdot10^{-8}$1/ч тогда интенсивность отказов проектируемой оптической линии передачи равна:

$\Lambda_{сист}=4\cdot10^{-8}\cdot0+1\cdot10^{-8}\cdot0+5\cdot10^{-8}\cdot1,6= 8\cdot10^{-6}$, 1/ч

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

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

$$t_{сист} = \frac{1}{0,8\cdot10^{-5}} = 12,5\cdot10^{4}$$

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):

$P_{сист}(t=24\text{ часа}) = \exp(-8\cdot10^{-6}\cdot24)= 0,9998;$

$P_{сист}(t=168\text{ часов}) = \exp(-8\cdot10^{-6}\cdot168)= 0,9986;$

$P_{сист}(t=720\text{ часов}) = \exp(-8\cdot10^{-6}\cdot720)= 0,9943;$

$P_{сист}(t=8760\text{ часов}) = \exp(-8\cdot10^{-6}\cdot8760)= 0,9323;$

По результатам расчётов построим график зависимости вероятности безотказной работы транспортной проводной системы связи от времени $P_{сист}$ (t), рис.1.

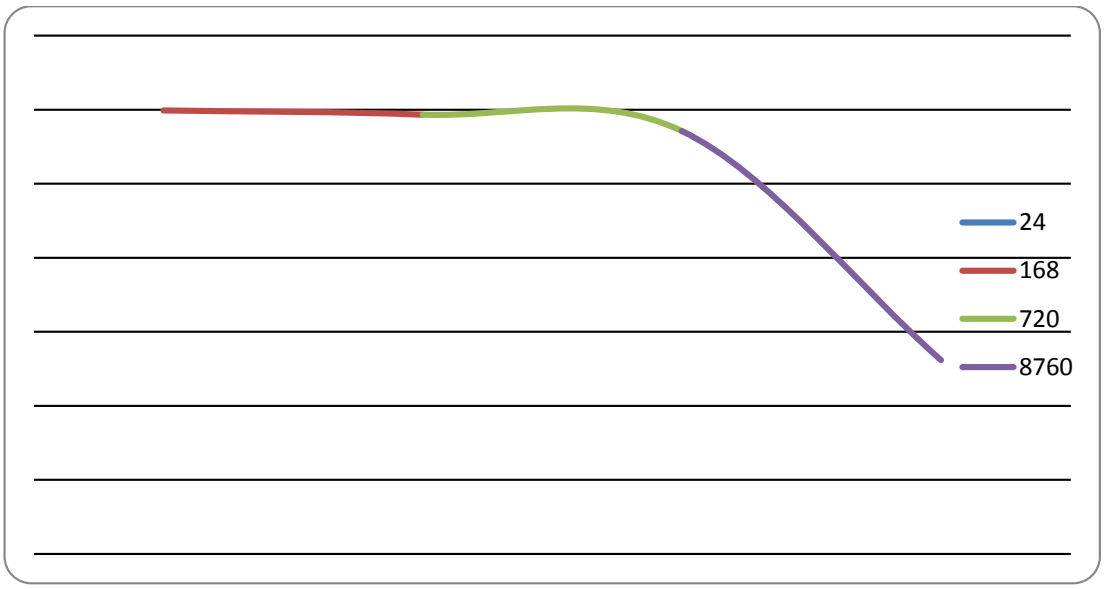


Рис. 1 - Вероятность безотказной работы

По формуле (5) рассчитаем коэффициент готовности оптической линии передачи, предварительно рассчитав среднее время восстановления связи:

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

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:

$$K_{Г} = \frac{t_{\text{сис}}}{\left(t_{\text{сис}} + t_{\text{в.сис}}\right)} \qquad (5)$$

$$K_{Г} = \frac{12{,}5 \cdot 10^{4}}{\left(12{,}5 \cdot 10^{4} + 0{,}051\right)} = 0{,}9959$$

Значения необходимых для расчётов параметров приведены в табл. 1

Таблица 1

Параметры надежности элементов ВОЛП

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

В результате получена ТПСС 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.

4. Литература

1. Крухмалев, В. В. Цифровые системы передачи [Текст]: учебное пособие для вузов / В. В. Крухмалев, В. Н. Гордиенко, А. Д. Моченов; ред. А. Д. Моченов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Горячая линия-Телеком, 2014. - 372 с.; 30экз. НТБ ПГУТИ.

2. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др.; Под ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь. 1995 Второе издание: М. Горячая линия-Телеком. 2003.

3. Иванов, В. И. Проектирование транспортных систем передачи [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Иванов ; ПГУТИ, - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3,94 Мб). - Самара : ПГУТИ, 2021. - 146 с. - Загл. с титул. экрана. - Режим доступа: http://elib.psuti.ru/Ivanov_proektirovanie_transportnyh_sistem_peredachi_uchebnoe_posobie_2 021.pdf