

Министерство образования Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Ульяновский государственный технический университет

СЕТИ СВЯЗИ

Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 200900

Составитель С. В. Елягин

Ульяновск 2003

УДК 654 (076)
ББК 32.88я7
С 33

Рецензент канд. техн. наук, доцент кафедры 32 Ульяновского филиала военного университета связи А. И. Пятаков

Одобрено секцией методических пособий научно-методического совета университета

С 33 **Сети связи: Методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 200900/** Сост. С. В. Елягин. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 24 с.

Разработаны в соответствии с программой курса «Сети связи» и предназначены для студентов радиотехнического факультета, но могут использоваться и студентами других специальностей. Рассмотрены вопросы проектирования сети абонентского кабеля, сети SDH и сети Ethernet. Описаны правила работы имитатора локального терминала мультиплексора SMA-1.

Цикл лабораторных работ направлен на закрепление знаний студентов специальности «Сети связи и системы коммутации» по курсу «Сети связи». Сборник подготовлен на кафедре «Телекоммуникации».

УДК 654 (076)
ББК 32.88я7

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа № 1	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕЙ АБОНЕНТСКОГО КАБЕЛЯ	4
2. Лабораторная работа № 2	
ИЗУЧЕНИЕ ИМИТАТОРА ЛОКАЛЬНОГО ТЕРМИНАЛА МУЛЬТИПЛЕКСОРА SMA-1	9
3. Лабораторная работа № 3	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ SDH	12
4. Лабораторная работа № 4	
РАСЧЕТ СЕТИ ETHERNET И FAST ETHERNET	17
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	23

Лабораторная работа № 1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕЙ АБОНЕНТСКОГО КАБЕЛЯ

Цель работы: Изучение методов проектирования сетей абонентского кабеля.

1.1. Арифметический метод

Пусть абонентская матрица имеет размер $n \times m$. Каждая ячейка соответствует некоторой территории, а содержимое – числу источников нагрузки q_{ij} на этой территории.

Место расположения столбца (опорной станции) определяется таким образом, чтобы как слева, так и справа от него было примерно одинаковое количество источников нагрузки [1].

										Q_{z_i}	$\sum_{i=1}^l Q_{z_i}$	$\sum_{i=l}^m Q_{z_i}$	D_{z_l}	
	16		15	15				9	9	19	83	83	581	498
	10		17	15	12	9	9	12	9		93	176	498	322
	10	15	20	12	15	9	12	9	9		111	287	405	118
		24	15	16	19	9	9		15		107	394	294	100
			13	15	24	10		5			67	461	187	274
			15	15			10		20	21	81	542	120	422
		7	10			11			11		39	581	39	542
Q_{s_j}	36	46	105	88	70	48	40	35	73	40				
$\sum_{j=1}^k Q_{s_j}$	36	82	187	275	345	393	433	468	541	581				
$\sum_{j=k}^n Q_{s_j}$	581	545	499	394	306	236	188	148	113	40				
D_{s_k}	545	463	312	119	39	157	245	320	428	541				

Рис. 1.1. Определение места расположения станции арифметическим методом

Если обозначить сумму источников нагрузки в некотором столбце через Q_{s_j} , тогда для каждого столбца S_k можно записать модуль разности сумм источников нагрузки, суммируемых по столбцам, расположенным от него слева и справа, в следующем виде:

$$Ds_k = \left| \sum_{j=1}^k Qs_j - \sum_{j=k}^n Qs_j \right|. \quad (1.1)$$

Критерий выбора места расположения столбца имеет вид:

$$Ds_k \rightarrow \min. \quad (1.2)$$

Для выбора места расположения строки Z_l необходимо найти такую строку, для которой сверху и снизу будет примерно одинаковое количество источников нагрузки.

Модуль разности сумм источников нагрузки, суммируемых по строкам, расположенным сверху и снизу от строки Z_l

$$Dz_l = \left| \sum_{i=1}^l Qz_i - \sum_{i=l}^m Qz_i \right|. \quad (1.3)$$

Критерий выбора места расположения строки имеет вид:

$$Dz_l \rightarrow \min. \quad (1.4)$$

Полученные суммы по столбцам и строкам должны быть равны.

$$\sum_{j=1}^n Qs_j = \sum_{j=n}^1 Qs_j = \sum_{i=1}^m Qz_i = \sum_{i=m}^1 Qz_i. \quad (1.5)$$

1.2. Проектирование сетей абонентского кабеля путем минимизации затрат на линии (геометрический метод)

Геометрический метод учитывает не только множество источников и приемников информации, но и расходы на линию [1].

Для всех источников нагрузки, расположенных слева от столбца S_k определяется «горизонтальный» компонент расходов

$$As_{k \text{ сл}} = As_{k-1 \text{ сл}} + \sum_{j=1}^{k-1} Qs_j. \quad (1.6)$$

«Горизонтальный» компонент расходов для всех источников нагрузки, расположенных справа от столбца S_k ,

$$As_{k \text{ ср}} = As_{k+1 \text{ ср}} + \sum_{j=k+1}^n Qs_j. \quad (1.7)$$

Общие расходы на линию As_k получаются в виде сумм обоих компонентов:

$$As_k = As_{k \text{ сл}} + As_{k \text{ ср}}. \quad (1.8)$$

Аналогичные вычисления расходов на линию выполняются для источников нагрузки, расположенных сверху и снизу от строки z_l .

Критерий выбора места расположения столбца и строки тот же, что и в первом случае.

										Qz_i	$Az_k_{св}$	$Az_k_{сн}$	Az_k	
	16		15	15				9	9	19	83	0	1543	1543
	10		17	15	12	9	9	12	9		93	83	1045	1128
	10	15	20	12	15	9	12	9	9		111	259	640	899
		24	15	16	19	9	9		15		107	546	346	892
			13	15	24	10		5			67	940	159	1099
			15	15			10		20	21	81	1401	39	1440
		7	10			11			11		39	1943	0	1943
Qs_j	36	46	105	88	70	48	40	35	73	40				
$As_k_{сл}$	0	36	118	305	580	925	1318	1751	2219	2760				
$As_k_{сн}$	2469	1924	1425	1031	725	489	301	153	40	0				
As_k	2469	1960	1543	1336	1305	1414	1619	1904	2259	2760				

Рис. 1.2. Определение места расположения станции геометрическим методом

1.3. Влияние местных условий на оптимальное место расположения станции

В реальных условиях могут существовать причины (например, водные пространства, скалистый грунт, железнодорожные сооружения и т. д.), не позволяющие осуществлять прокладку трасс по желаемому маршруту. Рассмотрим правила вычисления перерасхода средств при обходе препятствия.

Порядок расчета следующий. Сначала определяют места расположения строк и столбцов при отсутствии препятствия. После этого вновь рассчитывают совокупные расходы на линию («горизонтальные» и «вертикальные» компоненты) для первоначальной ячейки абонентской матрицы и для всех смежных ячеек, учитывающих необходимые направления трасс [1].

Если на абонентской матрице существует участок действия препятствия, то, очевидно, что горизонтально расположенные препятствия могут вызывать только «горизонтальный» компонент, а вертикально расположенные – «вертикальный» компонент перерасхода затрачиваемых средств.

Если препятствие занимает нечетное количество столбцов $(1 + 2p)$ и ожидаемое место расположения опорной станции лежит выше препятствия, то получается перерасход на линию M_j , который может вычисляться по суммам источников нагрузки для столбцов ниже препятствия $Qs_{jн}$. Если ожидаемое место расположения узла лежит ниже препятствия, то определяющую роль играют суммы источников нагрузки для столбцов выше препятствия $Qs_{jв}$.

Если препятствие размещается на линии растровой сетки между строками h и $h + 1$, то для перерасхода M_j имеем:

$$M_{jв} = 2 \sum_{i=h+1}^n q_{ij}, \quad (1.9)$$

$$M_{jh} = 2 \sum_{i=1}^h q_{ij}. \quad (1.10)$$

Тогда общий перерасход

$$MA_j = \sum_{k=l-p}^{l+p} f_k M_k. \quad (1.11)$$

Табл. 1.1

Значения множителя f_k при условии, что длины препятствий соответствуют $(1 + 2p)$ длинам стороны квадрата растровой сетки и препятствие не длиннее 5 квадратов

Обозначение столбца	$l - 2$	$l - 1$	l	$l + 1$	$l + 2$
$l - 2$	$p - 1$				
$l - 1$	$p - 1$	p	p	p	$p - 1$
l	$p - 1$	p	$p + 1$	p	$p - 1$
$l + 1$	$p - 1$	p	p	p	$p - 1$
$l + 2$	$p - 1$				

Табл. 1.2

Значения множителя f_k при условии, что длины препятствий соответствуют $2p$ длинам стороны квадрата растровой сетки и препятствие не длиннее 5 квадратов

Обозначение столбца	$l - 2$	$l - 1$	l	$l + 1$	$l + 2$
$l - 2$	$p - 2$	$p - 2$	$p - 2$	$p - 2$	$p - 2$
$l - 1$	$p - 2$	$p - 1$	$p - 1$	$p - 1$	$p - 1$
l	$p - 2$	$p - 1$	p	p	$p - 1$
$l + 1$	$p - 2$	$p - 1$	p	p	$p - 1$
$l + 2$	$p - 2$	$p - 1$	$p - 1$	$p - 1$	$p - 1$

Пример. Рассмотрим исходную абонентскую матрицу. Отмеченное на рис. 1.3 препятствие содержит горизонтальный компонент перерасхода на линию по столбцам 4, 5 и 6. Поскольку схема должна ориентироваться на середину препятствия, то $l = 5$ (центральный столбец) и $p = 1$ ($1 + 2p = 3$, где 3 – длина препятствия). Поскольку препятствие занимает нечетное число ячеек, то используем табл. 1.1. По формулам (1.9) и (1.10), для столбцов 4, 5 и 6 и для $h = 4$ находим перерасход на линию. Результаты расчета занесем в табл. 1.3.

Перерасход на линию

Перерасход	Номер столбца		
	$k = 4$	$k = 5$	$k = 6$
$M_{jв}$	60	48	42
M_{jn}	116	92	54

$$MA_{4в} = pM_{4в} + pM_{5в} + pM_{6в} = 150,$$

$$MA_{5в} = pM_{4в} + (p+1)M_{5в} + pM_{6в} = 198,$$

$$MA_{6в} = pM_{4в} + pM_{5в} + pM_{6в} = 150,$$

$$MA_{4н} = pM_{4н} + pM_{5н} + pM_{6н} = 262,$$

$$MA_{5н} = pM_{4н} + (p+1)M_{5н} + pM_{6н} = 354,$$

$$MA_{6н} = pM_{4н} + pM_{5н} + pM_{6н} = 262.$$

Наличие препятствия приводит к тому, что оптимальное место расположения узла смещается в квадрат $A_{4,3}$.

Если препятствие занимает часть вертикальной линии растровой сетки, то аналогичные соображения справедливы для сумм строк, находящихся слева или справа от препятствия.

1.4. Задание к лабораторной работе

Самостоятельно сформировать абонентскую матрицу 7×10 . Выполнить расчет по пунктам 1.1 – 1.3. Препятствие расположить по горизонтали. Размер препятствия принять равным 5 ячейкам.

1.5. Контрольные вопросы

1. Как формируется абонентская матрица?
2. В чем заключается задача определения места районной АТС?
3. Перечислите и поясните факторы, влияющие на окончательный выбор места районной АТС.
4. Дайте классификацию сетей связи.
5. Раскройте понятие ВСС РФ.
6. Сформулируйте задачи сети доступа и транспортной сети.

$As_{k в}$	2469	1960	1543	1486	1503	1564	1619	1904	2259	2760	Qz_i	$Az_{k св}$	$Az_{k сн}$	Az_k
$MA_{k в}$				150	198	150								
M_{4H}	16		15	15				9	9	19	83	0	1543	1543
	10		17	15	12	9	9	12	9		93	83	1045	1128
	10	15	20	12	15	9	12	9	9		111	259	640	899
		24	15	16	19	9	9		15		107	546	346	892
			13	15	24	10		5			67	940	159	1099
			15	15			10		20	21	81	1401	39	1440
	M_{4B}	7	10			11			11		39	1943	0	1943
Qs_j	36	46	105	88	70	48	40	35	73	40				
$As_{k сл}$	0	36	118	305	580	925	1318	1751	2219	2760				
$As_{k сн}$	2469	1924	1425	1031	725	489	301	153	40	0				
As_k	2469	1960	1543	1336	1305	1414	1619	1904	2259	2760				
$MA_{кн}$				262	354	262								
$As_{кн}$	2469	1960	1543	1598	1659	1676	1619	1904	2259	2760				

Рис. 1.3. Определение места расположения станции при наличии препятствия

Лабораторная работа № 2

ИЗУЧЕНИЕ ИМИТАТОРА ЛОКАЛЬНОГО ТЕРМИНАЛА МУЛЬТИПЛЕКСОРА SMA-1

Цель работы: Изучение правил работы с локальным терминалом мультиплексора сети SDH.

Программа «Имитатор локального терминала» имитирует основные функции работы местного терминала мультиплексора SMA-1.

Мультиплексор SMA-1 обеспечивает следующий тракт мультиплексирования: AU4 - TUG3 - TU12.

2.1. Вход в программу

Window/ Configuration/ CasualOperator с последующим вводом пароля SDHMUX (заглавные буквы).

Выход из программы: Window/ Logout/ Exit. Далее Window/Exit Local Terminal

Меню верхнего уровня

<u>W</u> indow	<u>C</u> onfig	<u>S</u> tatus	<u>C</u> onnections	<u>A</u> larms	<u>P</u> rotection	Perfor <u>m</u> ance	<u>L</u> ogs	<u>H</u> elp
----------------	----------------	----------------	---------------------	----------------	--------------------	----------------------	--------------	--------------

2.2. Конфигурирование субблока SMA-1 (Config/ ShelfConfiguration)

Нажать левой кнопкой мыши на требуемую плату субблока. В появившемся окне выбрать Configure и желаемое оборудование. По окончании последовательно нажать Apply и Cancel.

В табл. 2.1 приведены обозначения плат субблока мультиплексора

Табл. 2.1

Обозначения плат субблока мультиплексора SMA-1

Позиция	Назначение
LWA (LWB)	Основная (резервная) линейные платы сигнала STM-1 западного направления
SA (SB)	Основной (резервный) коммутатор
T1-T4	Платы компонентных потоков
TP	Резервная плата компонентных потоков
CCA (CCB)	Основная (резервная) плата связи шлюзового мультиплексора
MC	Контроллер
AUX	Плата служебной связи
PSUA (PSUB)	Основной (резервный) источник питания

Табл. 2.2

Состав субблока мультиплексора SMA-1

Тип платы	Назначение
STM-1 Elec	Линейная плата 155 Мбит/с с электрическим интерфейсом
STM-1 OPT	Линейная плата 155 Мбит/с с оптическим интерфейсом (возможные длины волн: 1550 нм, 1300 нм, коротковолновая)
Tributary	Плата компонентных потоков 2, 34 или 140 Мбит/с
Switch	Плата коммутатора
Controller	Контроллер мультиплексора
Auxiliary	Служебная плата (EOW – плата служебной связи, AUX 9600 – плата для ввода информации с TCS-100 в заголовок STM-1 со скоростью передачи данных 9,6 кбит/с)
PSU	Блок питания
Comms	Плата связи, устанавливаемая в шлюзовой мультиплексор на позиции 412, 413 (в данной программе не реализовано)

Внимание!

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С МУЛЬТИПЛЕКСОРОМ SMA-1 И ПРАВИЛАМИ РАБОТЫ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАННОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЙ, ПРИВЕДЕННОЙ В ПУНКТАХ 2.3–2.6.

2.3. Выбор синхронизации (Config/ Sync)

2.3.1. Выбрать источники синхронизации /SyncSelect. Для этого:

- а) задать приоритеты пяти источников синхронизации;
- б) задать источники синхронизации для трех потребителей синхросигнала.

Замечание. Не допускается наличие одинаковых уровней приоритета. ExtTrib – это или внешний сигнал синхронизации, или сигнал синхронизации, выделяемый из входных компонентных потоков E1.

2.3.2. Выбрать входной компонентный поток E1(/TribPortSyncOrigin). Для этого выбрать номер платы, а в ней номер порта.

2.3.3. Выставить приоритеты для внешнего сигнала синхронизации ExtTrib:

- а) входной компонентный поток;
- б) первый внешний сигнал синхронизации;
- в) второй внешний сигнал синхронизации (/ExternalTribSync-Oridgin).

2.3.4. Определить режим работы при нарушении синхронизации (/SyncMode).

2.4. Коммутация трактов (Connections)

2.4.1. Установить соединение между заданными виртуальными контейнерами VC-12 входного линейного сигнала STM-1 и портами компонентных потоков.

2.4.2. Установить соединение между заданными виртуальными контейнерами VC-12 входного линейного сигнала STM-1 (западное направление) и виртуальными контейнерами VC-12 выходного линейного сигнала STM-1 (восточное направление).

2.4.3. Установить защиту заданного потока E1 в заданной компонентной плате.

Замечание. Резервируемый поток должен быть предварительно скомутирован на *входную* (выходную) линейную плату. При резервировании необходимо соединить резервируемый поток с *выходной* (входной) линейной платой.

2.5. Резервирование

2.5.1. Выполнить резервирование платы компонентных потоков. Установить в позицию 408 компонентную плату. На резервируемой плате нажать левую кнопку мыши. Выбрать 1:N Card Protection/ Enable (Disable).

2.5.2. Выполнить резервирование линейной платы (1+1 MSP).

2.5.3. Выполнить резервирование коммутатора (Switch Card Protections).

2.6. Установка шлейфов (Loopback)

2.6.1. Установить шлейфы на компонентные порты. На требуемой компонентной плате нажать левую кнопку мыши (Maintenance/ Loopback). На требуемых компонентных портах установить местный шлейф (Local Loopback, шлейф в сторону станции) и удаленный шлейф (Remote Loopback, шлейф в сторону линии).

2.6.2. Установить шлейфы линейных трактов STM-1 (Maintenance/ Loopback). Установить шлейф в сторону коммутатора (Loopback To Switch, выход на вход) и шлейф в сторону линии (Loopback To Line, вход на выход).

2.7. Контрольные вопросы

1. Перечислите и поясните основные режимы работы мультиплексора.
2. Что такое транспортная система SDH? Приведите структуру системы SDH.
3. Приведите и поясните структуру синхронного транспортного модуля STM-1.
4. Что называется виртуальным контейнером? Приведите типы виртуальных контейнеров.
5. Приведите и поясните схему группообразования STM-1 для первичных потоков E-1 и E-3.
6. Как выполняются кроссовые соединения в мультиплексоре?
7. Перечислите виды защиты трафика в сетях SDH.
8. Перечислите виды синхронизации в сетях SDH, а также типы приемников и источников синхросигналов в мультиплексоре.
9. Назовите виды тревожных сообщений, вырабатываемых мультиплексором SDH.

Лабораторная работа № 3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ SDH

Цель работы: Изучить основные правила проектирования сети SDH.

3.1. Техническое задание

- а) в районе построено 6 цифровых АТС. Используя технологию SDH, связать все станции в единую сеть;
- б) цифровые соединительные линии используют поток E-1;
- в) существующий сетевой трафик, пересчитанный на число каналов 2 Мбит/с, представлен в табл. 3.1 (таблицу заполнить своими данными);

г) часть каналов должна иметь 100% резервирование, они представлены в той же таблице, справа от основного трафика;

д) принять ячеистую топологию и рассчитать объем необходимого оборудования.

3.2. Этапы алгоритма решения

3.2.1. Выбор топологии.

3.2.2. Выбор требуемого уровня и числа мультиплексоров.

3.2.3. Выбор оборудования и номенклатуры сменных блоков.

3.2.4. Конфигурация мультиплексорных узлов и составление спецификации оборудования.

Табл. 3.1

Сетевой межстанционный трафик

<i>A</i>	<i>A</i>	65	12	45	9	75	15	20	5	10	6	
<i>B</i>	65	12	<i>B</i>	15	5	12	5	9	3	7	3	
<i>C</i>	45	9	15	5	<i>C</i>	8	6	4	1			
<i>D</i>	75	15	12	5	8	6	<i>D</i>			5	2	
<i>E</i>	20	5	9	3	4	1			<i>E</i>	3	0	
<i>F</i>	10	6	7	3			5	2	3	0	<i>F</i>	
Сумма	215	47	108	28	72	21	100	28	36	9	25	11

3.2.1. Выбор топологии

Рассмотрим две возможные топологии: кольцевую и ячеистую.

Кольцевая топология, объединяя все шесть станций в кольцо, требует использования мультиплексоров уровня STM-4 с суммарным потоком до 252 ($4 \times 63 = 252$) каналов 2 Мбит/с, так как общий поток по кольцу, определяемый максимальным потоком на одном из его участков, равен 212 каналов 2 Мбит/с (см. табл. 3.1 – поток через узел А). Преимуществом такого решения может быть резервирование всех, а не только требуемых, каналов.

Ячеистая топология может иметь вид, приведенный на рис. 3.1. Ячеистая сеть состоит из двух квадратных ячеек и содержит шесть узлов. Каждый из них соответствует мультиплексору уровня STM-N, установленному на цифровой АТС. В нашем случае в узлах А, В, С, D – мультиплексоры уровня STM-4, а в узлах Е и F – уровня STM-1 (потоки через узлы Е и F несут меньше 63 каналов).

Эта схема приводит к минимальному числу требуемых мультиплексоров различных уровней. Вопросы защиты решаются путем направления защищаемого канала по двум маршрутам с совпадающими конечными точками. Например, для маршрута $A \rightarrow B$ имеем резервный маршрут $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$. Такая схема защиты требует тщательного расчета числа потоков, проходящих по отдельным ветвям сети для того, чтобы убедиться, что суммарный поток не превышает возможности узлового мультиплексора.

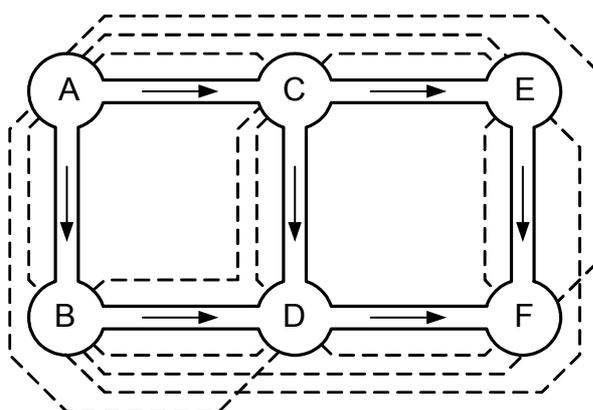


Рис. 3.1. Схема простой ячеистой сети SDN.

Стрелками показаны направления основных потоков в сегментах сети, пунктирными линиями – потоки данных согласно табл. 3.1

Рассмотрим эту проверку. Представим в виде рис. 3.1 все потоки из табл. 3.1 так, чтобы плотность потоков была по возможности одинаковая. Резервные маршруты следует выбрать в пределах одной ячейки.

Для построения *основного маршрута* выполним следующие операции:

а) выберем сегмент $i - j$ между двумя соседними узлами;

б) занесем в столбец $i - j$ значение потока от каждого узла;

в) определим суммарный основной поток данных от всех узлов через данный сегмент.

Для построения *резервного маршрута* выполним следующие операции:

а) выберем резервный маршрут $i - k - m - n - j$ для основного сегмента $i - j$;

б) занесем в столбцы $i - k$, $k - m$, $m - n$ и $n - j$ значение резервного потока через сегмент $i - j$.

После этого заполним табл. 3.2 (защищаемые потоки помечены буквой «р»).

Табл. 3.2

Основные и резервные потоки в сегментах ячеистой сети

A - B		A - C		B - D		C - D		C - E		D - F		E - F	
AB	65	AC	45	BD	12	CD	8	CE	4	DF	5	EF	3
AD	75	AE	20	BC	15	BC	15	AE	20	BF	7	BE	9
AC(p)	9	AF	10	BE	9	AB(p)	12	AF	10	BE	9	AF	10
BD(p)	5	AB(p)	12	BF	7	AC(p)	9	BE(p)	3	AE(p)	5	AE(p)	5
CD(p)	6	AD(p)	15	AD	75	AD(p)	15	BF(p)	2	AF(p)	6	BF(p)	3
AE(p)	5	BD(p)	5	AB(p)	12	BD(p)	5	DF(p)	2	CE(p)	1	CE(p)	1
AF(p)	6	CD(p)	6	AC(p)	9	CE(p)	1	EF(p)	0	EF(p)	0	DF(p)	2
BC(p)	5	BC(p)	5	CD(p)	6	DF(p)	2						
BE(p)	3	BE(p)	3	AE(p)	5	EF(p)	0						
BF(p)	3	BF(p)	3	AF(p)	6								
Сумма	182		124		156		67		41		33		33

3.2.2. Выбор требуемого уровня и числа мультиплексоров

Полученная табл. 3.2 подтверждает правильность выбора уровней мультиплексоров в узлах $A-F$ и может служить показателем эффективности использования коммутационной способности узлов. Число мультиплексоров уровня STM-4 – четыре, а уровня STM-1 – два.

3.2.3. Выбор оборудования и номенклатуры сменных блоков

Для конфигурации узлов, кроме топологии сети (рис. 3.2) и той информации, которая содержится в табл. 3.1 и табл. 3.2, нужно иметь номенклатуру функциональных сменных блоков. Для этого необходима привязка к оборудованию конкретного производителя, например, к оборудованию компании Nokia.

Номенклатура сменных блоков SDM компании Nokia:

- **2М** – компонентный интерфейсный блок 2 Мбит/с – интерфейсная карта на 16 портов 2 Мбит/с без терминального адаптера (ТА), функционирует только при наличии блока 2МТА (до трех карт 2М на одну карту 2МТА);
- **2МТА** – компонентный интерфейсный блок 2 Мбит/с – интерфейсная карта на 16 портов 2 Мбит/с с терминальным адаптером (ТА);
- **STM-1** – линейный оптический агрегатный блок 155 Мбит/с;
- **STM-1E** – линейный электрический агрегатный блок 155 Мбит/с;
- **STM-4** – линейный оптический агрегатный блок 622 Мбит/с;
- **SSW** – блок системного кросс-коммутатора – центральный блок кросс-коммутатора типа DXC-4/4/1 с эквивалентной емкостью коммутации $16 \times AU-4$ для коммутации VC-4, VC-12;
- **TSW1** – терминальный блок системного кросс-коммутатора – блок синхронизации AU-12 и AU-4 на входе для осуществления кросс-коммутации;
- **CU** – блок управления и синхронизации;
- **SPIU** – блок питания полки (кассеты);
- **SU** – блок обслуживания интерфейсов.

3.2.4. Конфигурация мультиплексорных узлов и составление спецификации оборудования

Каждый мультиплексор должен содержать следующие блоки: **SSW**, **CU**, **SPIU** и **SU**. Число блоков **STM-4**, **STM-1** и **TSW1** определяется потоками в сегментах сети (для уровня SDH-4 в мультиплексор устанавливается блок TSW1). Число блоков **2МТА** и **2М** определяется потоками из узла (табл. 3.1).

Например, для узла A :

Число потоков E-1 из узла A равно 215 (табл. 3.1). Следовательно, число компонентных плат **2М** равно четырнадцати ($215/16=13,43$). Поскольку в один мультиплексор возможно установить до четырех таких плат, то потребуются четыре блока мультиплексоров. Причем основной мультиплексор должен быть укомплектован тремя платами **STM-1** для связи с тремя субблоками, в которые устанавливаются компонентные платы **2М**.

Таким образом, в узел *A* установим:

- две платы **STM-4** (тип платы и их количество обозначим **STM-4(n)**), поскольку связь с соседними узлами осуществляется с помощью STM-4;
- **TSW1(2)**, т. к. в мультиплексоре будут установлены платы **STM-1**;
- **STM-1(3)**, для связи с тремя субблоками **STM-1**;
- **2МТА** и **2М(3)** (63 канала E-1).

Узлы *A1–A3* (см. табл. 3.3) совместно с блоком *A* позволят ввести 215 потоков E-1, соответственно 63, 63, 26 и 63 потока E-1.

Табл. 3.3

Состав оборудования узлов сети SDH

Узел	Состав оборудования SSW, CU, SPIU, SU +
<i>A</i>	STM-4(2), TSW1(2), STM-1(3), 2МТА и 2М(3)
<i>A1</i>	STM-1, 2МТА и 2М(3)
<i>A2</i>	STM-1, 2МТА и 2М(3)
<i>A3</i>	STM-1, 2МТА и 2М
<i>B</i>	STM-4(2), TSW1(2), 2МТА(2) и 2М(5)
<i>C</i>	STM-4(2), TSW1(2), STM-1, 2МТА(2) и 2М(3)
<i>D</i>	STM-4(2), TSW1(2), STM-1, 2МТА(2) и 2М(5)
<i>E</i>	STM-1(2), 2МТА и 2М(2)
<i>F</i>	STM-1(2), 2МТА и 2М

3.3. Контрольные вопросы

1. Проведите сравнение PDH и SDH.
2. Приведите и поясните основные виды топологий сети SDH.
3. Поясните взаимодействие узлов коммутации телефонной сети общего пользования при использовании технологии SDH.
4. Назовите существующие уровни SDH и объясните процесс формирования синхронного транспортного модуля STM-4.
5. Перечислите и поясните основные факторы, влияющие на длину регенерационного участка, построенного с использованием оптоволоконной линии связи.
6. Приведите основные способы увеличения скорости передачи данных в сетях связи, построенных с использованием оптоволоконных линий связи.

Лабораторная работа № 4

РАСЧЕТ СЕТИ ETHERNET И FAST ETHERNET

Цель работы: Проектирование сети Ethernet и Fast Ethernet.

4.1. Расчет сети Ethernet

Задача анализа сети Ethernet возникает при большой протяженности сети (диаметр > 2,5 км) и числе последовательно установленных повторителей больше двух [3].

Рассматривают две модели проектирования: *Модель 1* и *Модель 2*.

Если сеть удовлетворяет *Модели 1*, то сеть спроектирована верно. Если сеть не удовлетворяет *Модели 1*, то следует применить *Модель 2*, и если сеть будет удовлетворять *Модели 2*, то считают, что сеть спроектирована верно.

В *Модели 1* выделяют три условия, которым должна удовлетворять проектируемая сеть. Согласно первому условию (см. рис. 4.1) путь между двумя узлами может содержать:

- до пяти сегментов;
- до четырех повторителей;
- два трансивера;
- два трансиверных кабеля.

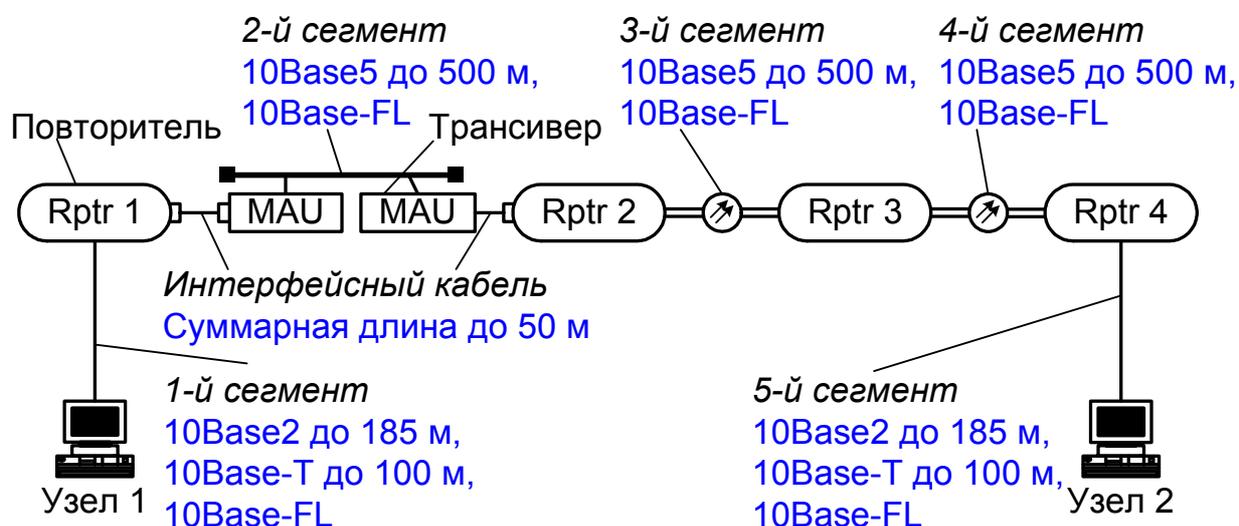


Рис. 4.1. Графическая интерпретация первого условия по *Модели 1*

Второе условие: если путь содержит пять сегментов и четыре повторителя, то в нем может быть до трех коаксиальных сегментов. Тогда длина волоконно-оптических сегментов может достигать 500 м.

Третье условие: если путь между двумя узлами состоит из трех повторителей и четырех сегментов, то длина волоконно-оптического участка между

повторителями не должна превышать 1000 м (см. рис. 4.2, а), а между повторителем и узлом – 400 м (см. рис. 4.2, б). При этом число коаксиальных сегментов может достигать четырех.



Рис.4.2. Максимальная длина волоконно-оптического участка по третьему условию

Повторитель (*RPTR*) необходим для объединения сегментов сети, восстановления формы сигналов, временных характеристик и регенерации преамбулы.

Трансивер (*MAU*) служит для подключения толстого коаксиального кабеля или волоконно-оптического кабеля.

При использовании *Модели 2* проверяются:

1. Задержка распространения сигнала на двойном пробеге *RTD*, которая не должна превышать максимально допустимой величины $RTD_{max} = 575$ ВТ при запасе надежности $SF = 5$ ВТ. Расчет *RTD* выполняют отдельно от узла *i* к узлу *j* и от узла *j* к узлу *i* по формуле:

$$RTD = base + RTDM \cdot L, \quad (4.1)$$

где *base* – задержка в сетевом элементе (узле, повторителе); *RTDM* – задержка на двойном пробеге в кабельном сегменте в 1 м; *L* – длина сегмента (следует отметить, что длина трансиверного кабеля уменьшается на 2 м от действительного значения).

2. Уменьшение межкадрового интервала *SVV*, которое должно быть не более 49 ВТ. Уменьшение межкадрового интервала происходит в повторителях в процессе регенерации преамбулы, ретрансляции кадров. Уменьшение задержки учитывается на начальном и среднем сегментах сети.

Табл. 4.1

Максимально допустимые задержки на устройствах Ethernet и кабельных сегментах

Тип сегмента	Max длина, м	<i>base</i> , ВТ			<i>RTDM</i> , ВТ/м
		Начальный сегмент	Средний сегмент	Конечный сегмент	
10Base5	500	11,75	46,5	169,5	0,0866
10Base2	185	11,75	46,5	169,5	0,1026
10Base-T	100	15,25	42	165	0,113
10Base-FL	2000	12,25	33,5	156,5	0,1
Трансиверный кабель	48 (+2)	–	–	–	0,102

Методику расчета рассмотрим на примере сети, приведенной на рис. 4.3.

Для участка между первым и вторым узлами имеем:

- число повторителей – четыре;
- число сегментов – пять;
- число трансиверов – два;
- длина трансиверного кабеля – 50 м;
- смешанных сегментов – три;

Следовательно, данный участок удовлетворяет *Модели 1*.

Для участка между первым и третьим узлами число трансиверов больше двух, следовательно, этот участок не удовлетворяет *Модели 1*. Поэтому необходимо воспользоваться *Моделью 2* для принятия решения о правильности проектирования сети.

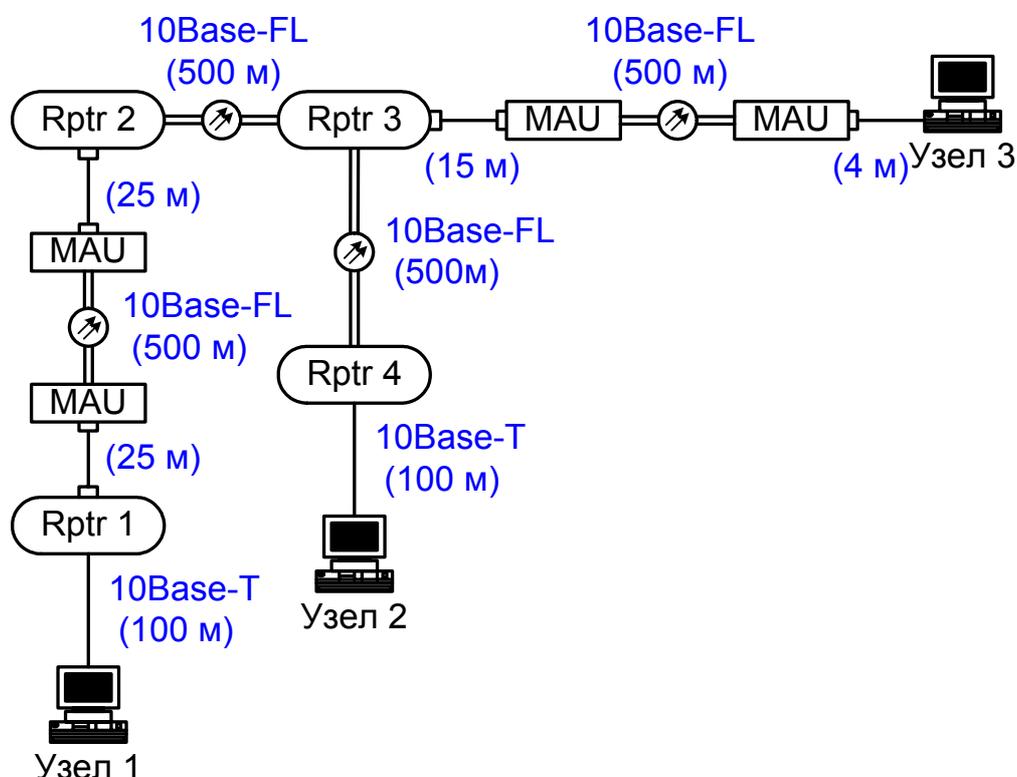


Рис. 4.3. Проектируемая сеть Ethernet

Выполним расчет задержки на двойном пробеге RTD между первым и вторым узлами. Результирующая формула будет содержать пять слагаемых (по числу сегментов), вычисляемых по формуле (4.1). Для первого сегмента $base = 15,25$ ВТ (поскольку он начальный, а тип сегмента 10Base-T), $RTDM = 0,113$ ВТ/м и $L = 100$. Используя формулу (4.1), следует выполнить аналогичный расчет для остальных четырех сегментов. Результаты вычислений всех возможных значений RTD приведены ниже.

$$RTD(1,2) = (15,25 + 0,113 \cdot 100) + ((50 - 2) \cdot 0,1026 + 33,5 + 0,1 \cdot 500) + \\ + (33,5 + 0,1 \cdot 500) + (33,5 + 0,1 \cdot 500) + (165 + 0,113 \cdot 100) = 458 \text{ ВТ}$$

$$RTD(2,1) = (15,25 + 0,113 \cdot 100) + (33,5 + 0,1 \cdot 500) + (33,5 + 0,1 \cdot 500) + \\ + ((50 - 2) \cdot 0,1026 + 33,5 + 0,1 \cdot 500) + (165 + 0,113 \cdot 100) = 458 \text{ ВТ}$$

$$RTD(1,3) = (15,25 + 0,113 \cdot 100) + ((50 - 2) \cdot 0,1026 + 33,5 + 0,1 \cdot 500) + \\ + (33,5 + 0,1 \cdot 500) + ((19 - 2) \cdot 0,1026 + 156,5 + 0,1 \cdot 500) = 407 \text{ ВТ}$$

$$RTD(3,1) = ((19 - 2) \cdot 0,1026 + 12,25 + 0,1 \cdot 500) + (33,5 + 0,1 \cdot 500) + \\ + ((50 - 2) \cdot 0,1026 + 33,5 + 0,1 \cdot 500) + (165 + 0,113 \cdot 100) = 412 \text{ ВТ}$$

$$RTD(2,3) = (15,25 + 0,113 \cdot 100) + (33,5 + 0,1 \cdot 500) + \\ + ((19 - 2) \cdot 0,1026 + 156,5 + 0,1 \cdot 500) = 318 \text{ ВТ}$$

$$RTD(3,2) = ((19 - 2) \cdot 0,1026 + 12,25 + 0,1 \cdot 500) + (33,5 + 0,1 \cdot 500) + \\ + (165 + 0,113 \cdot 100) = 324 \text{ ВТ}$$

Видно, что RTD не превышает 575 ВТ. Для окончательного принятия решения о правильности проектирования сети рассчитаем величину уменьшения межкадрового интервала SVV с учетом табл. 4.2.

Табл.4.2

Вносимое уменьшение межкадрового интервала

Тип сегмента	Начальный сегмент, ВТ	Средний сегмент, ВТ
10Base2, 10Base5	16	11
10Base-FL, 10Base-T	10,5	8

Расчет SVV выполняется путем суммирования значений вносимого уменьшения межкадрового интервала от начального и средних сегментов. При этом учитываются тип сегмента и его местоположение. Для участка сети между первым и вторым узлами имеется начальный сегмент 10Base-T, который вносит уменьшение межкадрового интервала в 10,5 ВТ и три сегмента 10Base-FL, дающие вклад по 8 ВТ. Поэтому результирующее значение $SVV(1,2) = 10,5 + 8 + 8 + 8 = 34,5$ ВТ. Аналогично выполним расчет для остальных сегментов.

$$SVV(2,1) = 10,5 + 8 + 8 + 8 = 34,5 \text{ ВТ},$$

$$SVV(1,3) = 10,5 + 8 + 8 = 26,5 \text{ ВТ}, \quad SVV(3,1) = 10,5 + 8 + 8 = 26,5 \text{ ВТ},$$

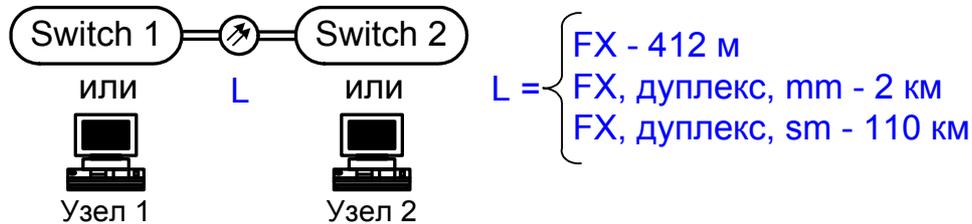
$$SVV(2,3) = 10,5 + 8 = 18,5 \text{ ВТ}, \quad SVV(3,2) = 10,5 + 8 = 18,5 \text{ ВТ}.$$

Анализ показывает, что SVV не превышает 49 ВТ. Следовательно, рассматриваемая сеть спроектирована верно.

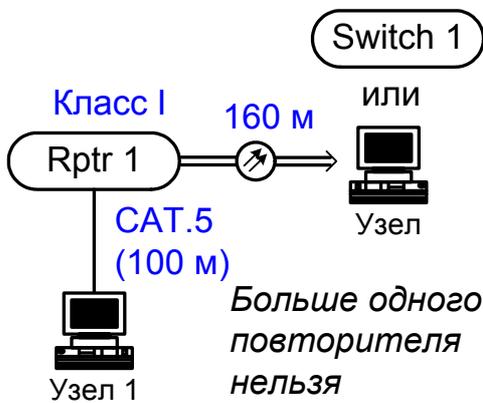
4.2. Расчет сети Fast Ethernet

Для сети Fast Ethernet также приняты две модели, которым должна соответствовать проектируемая сеть [3].

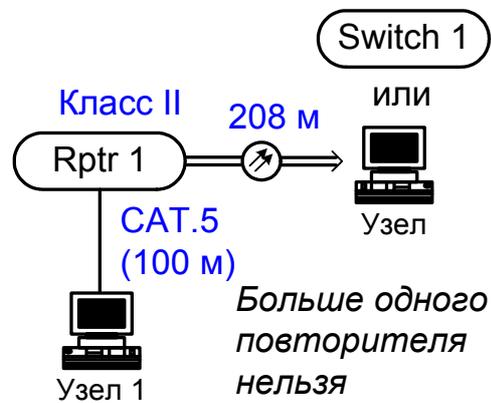
Модель 1 определяет четыре типовых схемы (см. рис. 4.4), на которых указываются типы сегментов и их предельные длины:



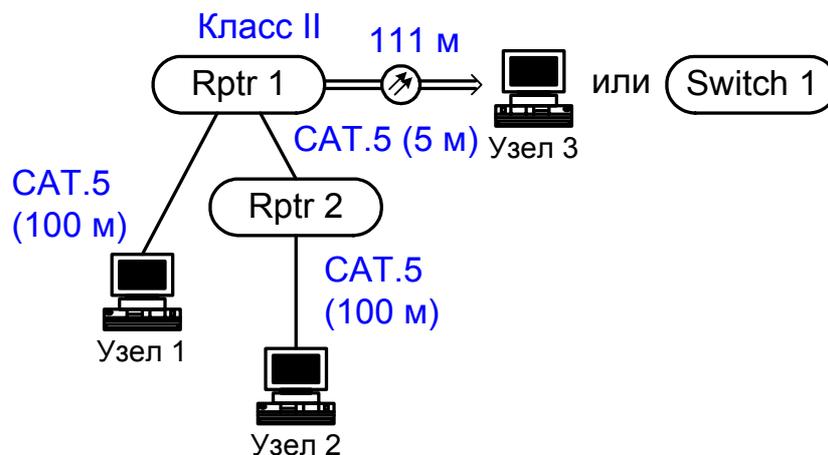
а) Модель 1А



б) Модель 1В



в) Модель 1С



г) Модель 1D

Рис. 4.4. Графическая интерпретация первого условия по Модели 1 для сети Fast Ethernet

Следует отметить, что все приведенные длины сегментов предельны. При установке на удаленном конце коммутатора с подключенными к нему рабочими станциями суммарная длина кабелей должна соответствовать приведенной в *Модели 1*.

Использование *Модели 2* заключается в вычислении задержки распространения сигнала на двойном пробеге RTD , последнее не должно превышать 512 ВТ.

Уменьшение межкадрового интервала SSV не рассчитывается, поскольку в сети имеется небольшое число повторителей.

Табл. 4.3

Максимально допустимые задержки на устройствах Fast Ethernet и кабельных сегментах

Устройство/ кабельный сегмент	Максимальная задержка на двойном пробеге, RTD_{max} , ВТ
Узел/ коммутатор	100 (суммарно для двух оконечных устройств)
Повторитель класса I	140
Повторитель класса II	92
Витая пара CAT.5 для 1 м	1,112
Оптоволокно для 1 м	1,0

Проверим с помощью *Модели 2* справедливость *Модели 1*.

Так в *Модели 1A* (см. рис. 4.4, а) имеется два узла с суммарной задержкой в 100 ВТ и оптоволоконный сегмент длиной 412 м с удельной задержкой в 1 ВТ. Кроме того, $RTD(1,2) = RTD(2,1) = 100 + 412 \cdot 1 = 512$ ВТ. Аналогично для остальных моделей:

Модель 1B: $RTD = 100 + 100 \cdot 1,112 + 140 + 160 \cdot 1 = 511,2$ ВТ.

Модель 1C: $RTD = 100 + 100 \cdot 1,112 + 92 + 208 \cdot 1 = 511,2$ ВТ.

Модель 1D: $RTD(1,2) = 100 + (100 + 100 + 5) \cdot 1,112 + 2 \cdot 92 = 511,96$ ВТ,

$RTD(1,3) = 100 + 100 \cdot 1,112 + 92 + 111 \cdot 1 = 414,2$ ВТ,

$RTD(2,3) = 100 + (100 + 5) \cdot 1,112 + 2 \cdot 92 + 111 \cdot 1 = 511,76$ ВТ.

Из приведенных расчетов видно, что значение RTD не превышает 512 ВТ.

Рассмотрим пример вычисления максимальной длины волоконно-оптического кабеля для сети по рис. 4.5.

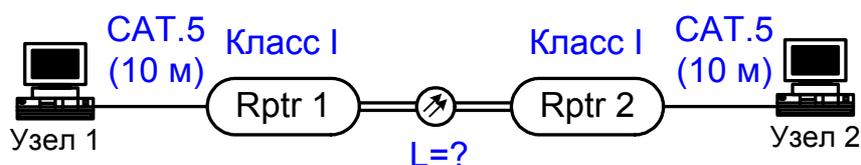


Рис. 4.5. Сеть Fast Ethernet

Составим по формуле (4.1) выражение для вычисления максимальной задержки распространения сигнала на двойном пробеге с учетом всех элементов сети, приведенной на рис. 4.5. Имеем:

$$RTD_{\max} = 100 + (10 + 10) \cdot 1,112 + 2 \cdot 140 + L \cdot 1 = 512 \text{ ВТ}$$

Из данного уравнения находим максимальную длину волоконно-оптического участка L , которая будет равна 109,8 м.

Задание: Самостоятельно составить сеть Ethernet, в которой должно быть не меньше пяти сегментов. Выполнить анализ сети по *Модели 1* и *Модели 2*.

4.3. Контрольные вопросы

1. Дайте понятие коллизии домена.
2. Объясните принцип протокола CSMA/CD.
3. Объясните назначение концентратора.
4. Объясните назначение коммутатора.
5. Приведите и поясните формат кадра Ethernet.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бесслер Р. Проектирование сетей связи: Справочник: Пер. с нем./ Р. Бесслер, А. Дойч. – М.: Радио и связь, 1988.
2. Слепов Н. Н. Синхронные цифровые сети SDH/ Н. Н. Слепов. – М.: Эко-трендз, 1999.
3. Убайдуллаев Р. Р. Волоконно-оптические сети/ Р. Р. Убайдуллаев. – М.: Эко-трендз, 1998.
4. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа связи. Т.2/ Б. С. Гольдштейн. – М.: Радио и связь, 2001.

Учебное издание

СЕТИ СВЯЗИ

Сборник лабораторных работ

Составитель **Елягин** Сергей Владимирович

Корректор М. В. Леонова

Подписано в печать 11.11.2003. Формат 60×84/16.

Бумага писчая. Печать трафаретная.

Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,10. Тираж 50 экз. Заказ
Ульяновский государственный технический университет,
432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32.

Типография УлГТУ, 432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32.