Лекция 11. Системы связи плезиохронной и синхронной цифровой иерархии

11.1 Системы связи плезиохронной и синхронной цифровой иерархии

Системы связи для соединительных линий первичной цифровой иерархии E1.

Необходимость передачи по волоконно-оптическим линиям связи одного или нескольких сигналов в виде цифровых потоков со скоростью 2048 кбит/с - довольно частое явление. Это могут быть местные или объектовые сети связи, или ответвления от зоновой или магистральной линии в какой-либо объект или небольшой населенный пункт, находящийся от этой линии на значительном расстоянии (до 100...150 км). Для таких случаев отечественные предприятия и зарубежные фирмы производят соответствующее оборудование.

В Государственном научно-исследовательском институте связи (ЦНИИС) было разработано оборудование - линейный оптический терминал ЛОТ-1Ц1, предназначенный для передачи цифрового потока уровня E1 по оптическому кабелю. Структурная схема терминала представлена на рисунке 6.1, где: 1,7 - аппаратура группового каналообразования "КЕДР", 2 - блок преобразования цифрового потока DC1 - HDB3 в электрический цифровой сигнал в бифазном коде или CM1, 3 - оптический передающий модуль, 4 - блок контроля параметров передающего и приемного оптических модулей, 5 - приемный оптический модуль, 6 - блок преобразования линейного кода в код HDB3.

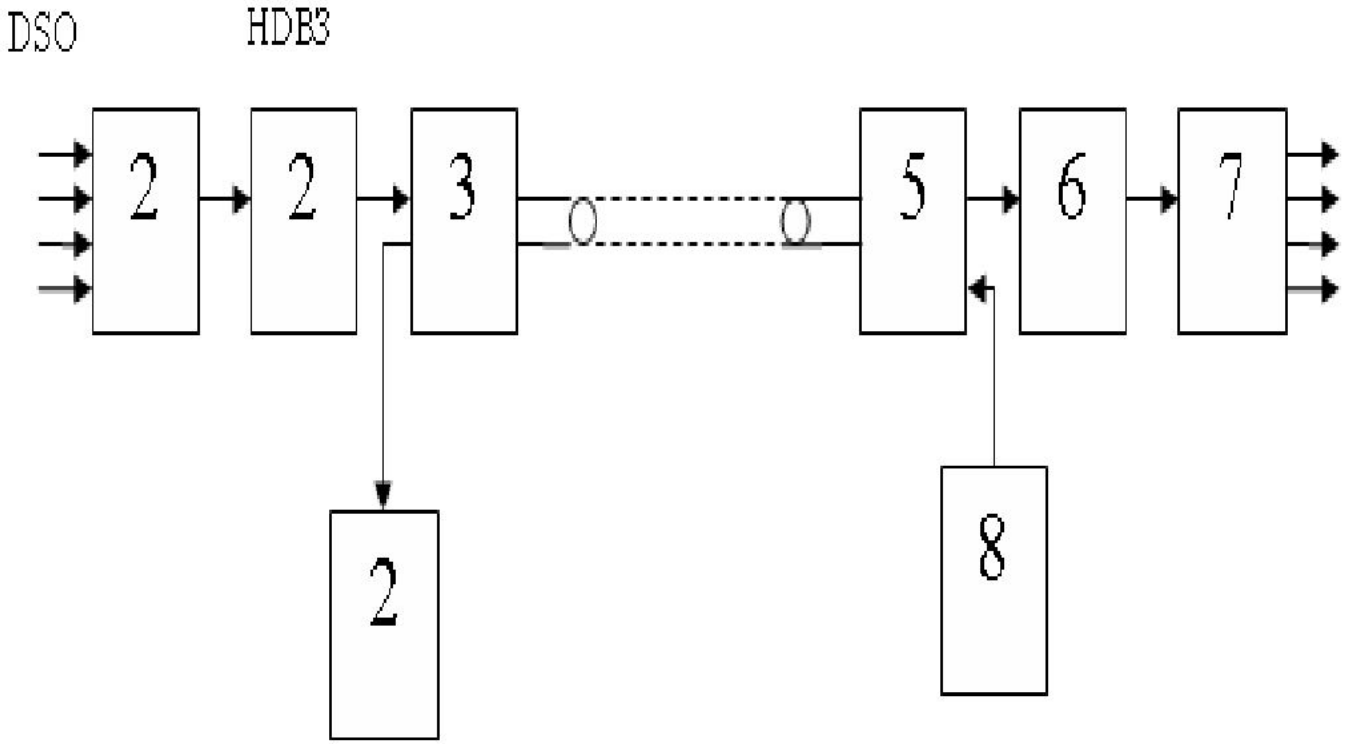

Рисунок 6.1 - Структурная схема линейного оптического терминала ЛОТ-1Ц1

Отличительной особенностью этого оборудования является наличие бло контроля параметров 4. Этот блок позволяет контролировать следующи параметры: выходную оптическую мощность на выходе оптического разъема мкВт; входную оптическую мощность, приходящую на фотоприемник, нВт; то накачки лазера, мА. Кроме того, контролируется напряжение питания всег терминала (60 В). Контроль производится визуально с помощью 4-значног цифрового индикатора, размещенного на передней панели блока 4.

Производится также оптический терминал ЛОТ-2Ц, предназначенный для передачи двух цифровых потоков со скоростями 2048 кбит/с по одному оптическому одномодовому волокну на двух длинах волн - 1300 и 1550 нм. Оптический кабель в ЛОТ-Щ1 и ЛОТ-21Д подключается с помощью оптических шнуров типа "пачкорд" посредством оптических разъемов FC.

Конструктивно ЛОТ-1Ц1 и Л ОТ-2Ц выполняются в одном из двух вариантов:

- первый вариант имеет модульное исполнение и может размещаться в стандартном 19-ти дюймовом ETS1;
- второй вариант приспособлен для работы с. канала образующей аппаратурой и выполнен в стандартном блоке оборудования "КЕДР" с размерами 240x292x240 мм.

Отечественной промышленностью производится также оборудование Т-31 (производство предприятия АО НПП РОТЕК), предназначенное для потока DS1 цифрового сигнала со скоростью 2048 кбит/ с. На рисунке 6.2 представлена функциональная схема этого оборудования.

Рисунок 6.2 - Функциональная схема оборудования Т-31 (РОТЕК)

Основные технические характеристики модели Т-31: рабочая длина волны 1300 нм; энергетический потенциал 42 дБ; среда передачи - одномодовое волокно; тип оптического разъема - FC; скорость передачи 2048 кбит/с; тип кода на электрических стыках соответствует рекомендациям ITU-T G. 703. Конструктивно модель может быть выполнена в нескольких вариантах: А1 - стоечный 19", А2 - стоечный СКУ (унифицированный стоечный каркас), А4 - на-, стенный, Электрическое питание модели Т-31 осуществляется в трех О" вариантах: напряжение постоянного тока от -43 до -72 В или от -21 !д до -27 В и напряжение переменного тока 220 В ±10%, 50 Гц ±5%.

Описанные типы отечественного оборудования (как ЛОТ-1Ц1 и ЛОТ-2Ц, так Т-31) выполнены с использованием современных электронных тронных и квантово-оптических элементов (полупроводниковых лазеров и фотодиодов) и на основе современных технологий.

Системы связи вторичной цифровой плезиохронной иерархии Е2.

В 80-х годах в Советском Союзе была разработана и производилась аппаратура волоконно-оптических систем передачи "Соната-2", предназначенная для использования на городских сетях в качестве соединительных линий между узлами связи. Эта аппаратура позволяет по одной паре оптических волокон (многомодовых) передавать в обе стороны 120 телефонных каналов в цифровом информационном потоке со скоростью 8,448 Мбит/с.

На рисунке 6.3 представлена обобщенная структурная схема системы связи "Соната-2", где 1 и 7 - блоки аналого-цифрового оборудования ИКМ-30,2,6 - мультиплексор, или блок вторичного временного группообразования (ВВГ), 3, 5 –0-2), 4 - стойка промежуточного линейного счетоводного тракта.

Блок аналого-цифрового оборудования 1 состоит из 4-х ячеек, каждая из которых из 30-ти первичных цифровых потоков DSO (64 кбит/ с) формирует один цифровой информационный поток в двоичном коде уровня DS1 - HDB3. Далее четыре таких потока поступают на входы мультиплексора 2, формирующего цифровой поток уровня DS2 также в коде HDB3, который в свою очередь поступает на вход СОЛСТ-0-2. Сигнал DS2 является в данном случае стыковым. В блоке 3 (СОЛСТ-0-2) он поступает на ячейку ПК, задача которой - преобразование двоичного цифрового потока DS2 из кода HDB3 в линейный код СМ1. С выхода ячейки ПК электрический сигнал в коде СМ1 подается на вход передающего оптического модуля ПОМ, в котором он преобразуется в оптический цифровой поток в том же коде СМ1. Оптический поток с помощью оптического разъема "Лист-Х" подключается к оптическому кабелю. В состав блока СОЛСТ-0-2, кроме указанных ячеек, входят также устройства, выполняющие следующие функции: контроль линейного оборудования стойки, контроль линейного тракта, служебная связь.

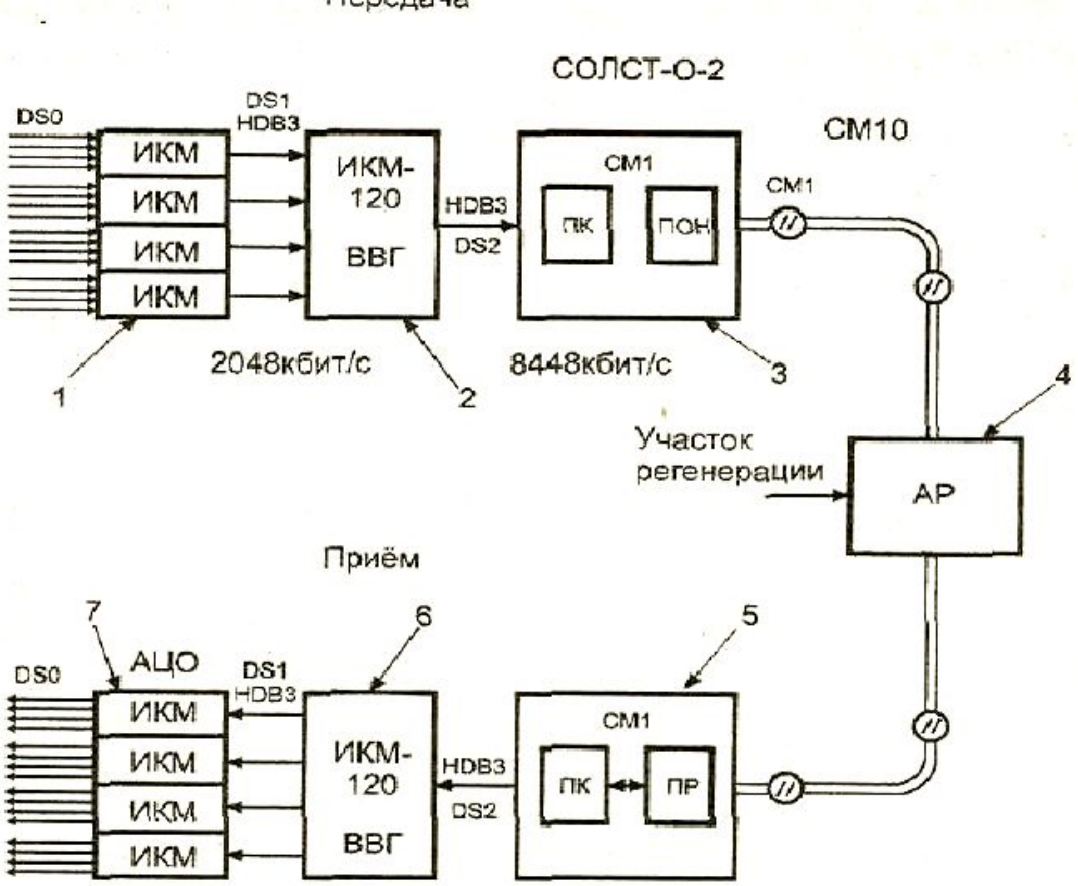

Рисунок 6.3 - Обобщенная структурная схема аппаратуры «Соната-2»

Для соединительных линий на городских телефонных сетях, кроме аппаратуры "Соната-2", выпускалось также оборудование ИКМ-120-5. Это оборудование, как и "Соната-2", обеспечивало передачу 120 каналов в цифровом потоке со скоростью 8,448 Мбит/с, по оптическому кабелю. Аппаратура производилась в двух вариантах: КЛТ-26, в котором оптический передающий модуль работал на длине волны 850 нм, и КЛТ-24 - на длине, волны 1300 нм.

Для передачи 120 телефонных каналов в цифровом потоке со скоростью 8,448 Мбит/с производилась и аппаратура "Сопка-2", предназначенная для работы во внутризоновых сетях. По структурной схеме, устройствам телеконтроля и служебной связи эта аппаратура мало, чем отличалась от "Сонаты-2" и ИКМ-120-5. В настоящее время эти системы устарели и не производятся. Но поскольку в ряде мест они продолжают работать, целесообразно их кратко рассмотреть. Более подробное описание приведенных систем дано в работах .

В настоящее время отечественной промышленностью выпускается аппаратура для передачи по одномодовому оптическому волокну сигналов вторичной цифровой плезиохронной иерархии Е2 - ОЛТ-025 (завод "Морион", г. Пермь) и Т-41 (АО НПП РОТЕК). Эта аппаратура производится на современном технологическом уровне, в ней применены современные электронные и квантово-оптические элементы, обладающие большим ресурсом и высокой надежностью. Конструктивно аппаратура выполнена в нескольких вариантах: А.1-(стоечный 19"), А2 (стоечный СКУ), А4 (настенный). В таблице 6.1 приведены основные технические характеристики описанных выше систем связи "Соната-2", ИКМ-120-5, "Сопка-2", ОЛТ-025 и Т-41.

Таблица 6.1

	Тип аппаратуры				
Основные технические данные аппаратуры	«Соната-2»	ИКМ-120-5	«Соната-2»	ОЛТ-025 завод «МОРИОН» г. Пермь	Т-41 АОНПП РОТЕК
Длина волны излучения, нм	850	850 (КЛТ-26) 1300 (КЛТ-24)	1300	1300 КЛТ-021	1200-1335
Уровень средней оптической мощности на выходном оптическом разъеме, дБм	0	0	-7	0±3	0±3
Число телефонных каналов	120	120	120	120	120
Тип линейного кода	СМ1	МСМ1	5В6В	СМ1	СМ1
Скорость передачи сигнала на сты ке ВВГ, Мбит/с	8,448	8,448	8,448	8,448	8,448
Скорость передачи линейного сигнала, Мбит/с	16,896	-	10,138	-	-
Энергетический потенциал, дБ, не менее	50	50 (КЛТ-26) 37 (КЛТ-24)	47	42	40
Коэффициент ошибок на выходе тракта максимальной протяженности не более	10^{-8}	10^{9}	$2*10^{-8}$	10^{-9}	10^{-9}

Системы связи третичной цифровой плезиохронной иерархии Е3.

Для внутризоновых сетей кроме аппаратуры "Сопка-2", производилась также аппаратура "Сопка-3", предназначенная для передачи 480 телефонных каналов в двоичном цифровом потоке со скоростью 34,368 Мбит/с. Эта аппаратура, как и "Сопка-2", в настоящее время устарела, но еще продолжает работать, вследствие чего целесообразно ее кратко рассмотреть.

Структурная схема этой системы отличается от аппаратуры "Сопка-2" практически только тем, что на мультиплексор - формирователь потока со скоростью 34,368 Мбит/с поступает не 4, а 16 цифровых потоков 2,048 Мбит/с в коде HDB3. Аппаратура адаптирована для подключения к оптическому кабелю типа ОЗКГ-1,0/0,7 - 4х4. Этот кабель выполнен на основе градиентных многомодовых волокон с затуханием 0,7... 1,5 дБ/км на длине волны 1300 им. Максимальная длина линии 100 км, длина регенерационного участка 30 км. Остальные технические характеристики системы приведены в таблице 6.2. Питание аппаратуры стандартное: -60 или -24 В. Размеры стоек: 2600х120х225 мм - оконечное оборудование, 1188х1080х1050 мм - промежуточное.

В настоящее время в России производится оборудование такого же назначения, что и "Сопка-3", с использованием современных технологий и более совершенных электронных и квантово-оптических элементов.

Компания АО НПП РОТЕК (Москва) производит аппаратуру Т-51 и Т-316. Модель Т-51 предназначена для передачи по многомодовому или одномодовому оптическому кабелю цифрового потока Е3, а модель Т-316 позволяет по таким же оптическим кабелям передавать от 1 до 16 потоков DS1 (2,048 Мбит/с). На рисунке 6.3 представлена структурная схема системы связи Т-316.

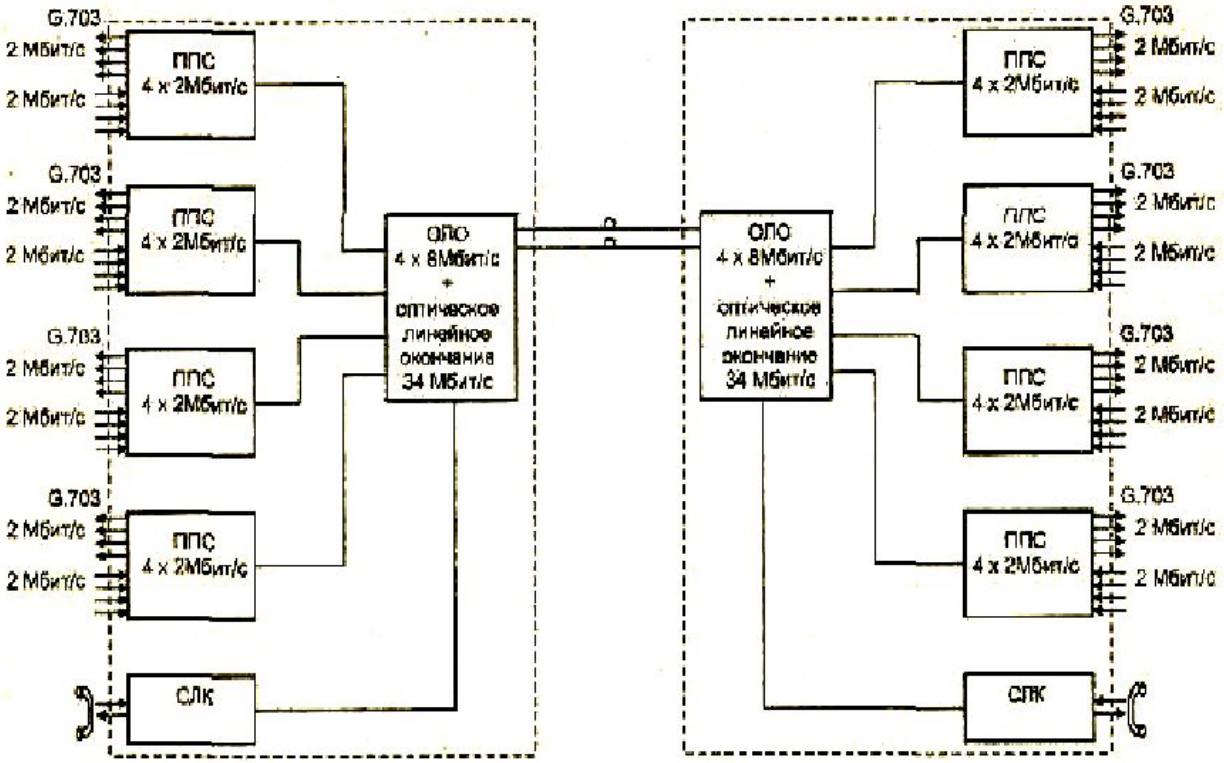

Рисунок 6.3 - Структурная схема связи Т-316

Аппаратура модели Т-316 включает в себя следующие блоки: 4 мультиплексора ППС, каждый из которых из четырех входных потоков DS1 [E1] формирует один цифровой поток Е2 на передаче и выполняет обратную функцию на приеме. Далее 4 потока Е2 поступают на входы блока ОЛО. Этот блок состоит из мультиплексора, формирующего из четырех потоков Е2 один цифровой информационный поток Е3 (34 Мбит/с), и устройства оптического линейного окончания, который на передаче осуществляет операцию преобразования электрического сигнала цифрового потока Е3 в коде HDB3 в линейный код, после чего электрический сигнал преобразуется в оптический (на передаче). На приеме соответствующие блоки выполняют обратные операции. Блок СЛК предназначен для организации служебной связи. Основные технические параметры аппаратуры модели Т-316 представлены в таблице 6.2.

АО НГШ РОТЕК, кроме модели Т316, выпускает вариант Т-316(21Е1). Это оборудование предназначено для передачи по ВОЛС цифрового двоичного потока со скоростью 51,84 Мбит/с. Такая скорость является результатом мультиплексирования 21-го потока первичной иерархии Е1 и может быть интегрирована в сети СЦИ. Системы со скоростью передачи 51,84 Мбит/с обозначают как STM-0. В состав оборудования входит система контроля состояния линии, установка внутренних и внешних шлейфов как по потокам Е1, так и по потоку 51,84 Мбит/с. Кроме того, в данной модели предусмотрено два телефонных канала служебной связи и канал RS-232 для контроля и управления удаленным оборудованием (возможно давление по ЛВС через интерфейс (ETHERNET), Структурная схема этой модели оборудования представлена на рисунке 6.4.

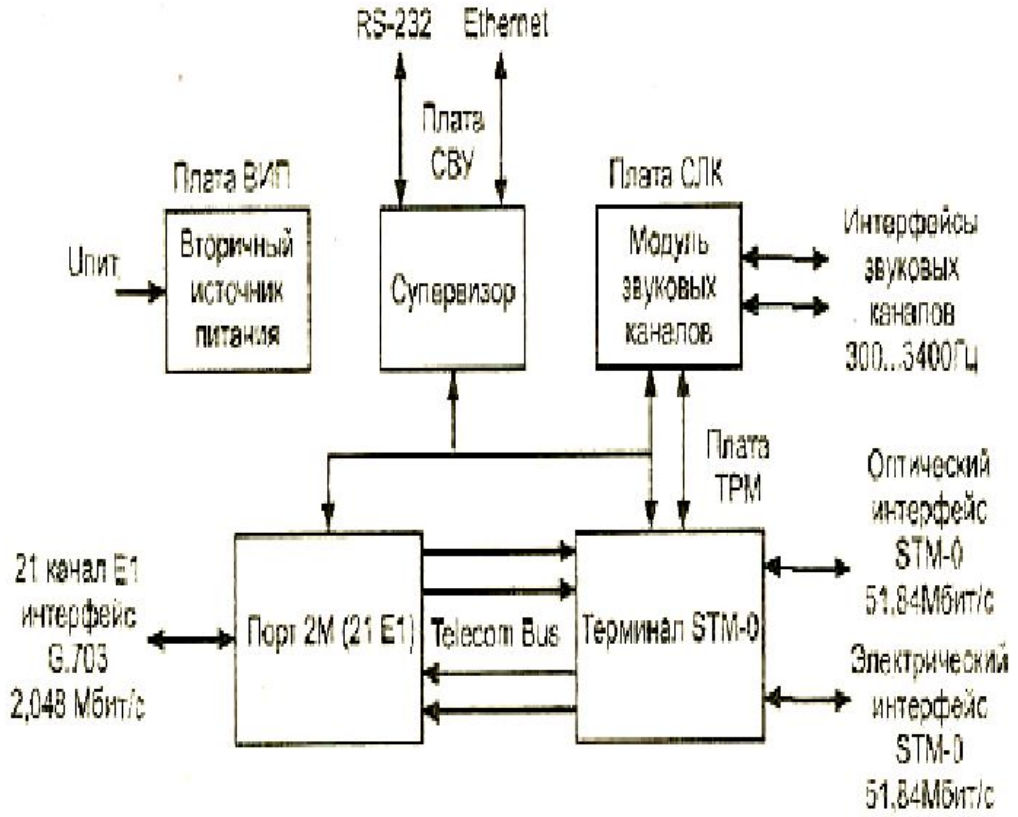

Рисунок 6.4 - Конфигурация оборудования для передачи 21 потока цифровых сигналов уровня E1

Конструктивно модель выполняется в двух вариантах. Вариант Е2/1 - точное исполнение в виде съемных элементов (рисунок 6.5). Благодаря такому исполнению обеспечивается установка блоков в любые стойки или шкафы, выполненные по стандарту МЭК. Блок имеет следующие габариты: 482x88x240 мм (с элементами крепления к стойке 19"). Второй вариант конструкции - А2, модульное исполнение. С помощью съемных элементов он обеспечивает установку блоков в унифицированные стоечные каркасы, соответствующие ГОСТ 26577-85. Габариты данной конструкции с элементами крепления к стойке СКУ следующие: 600x396x215 мм.

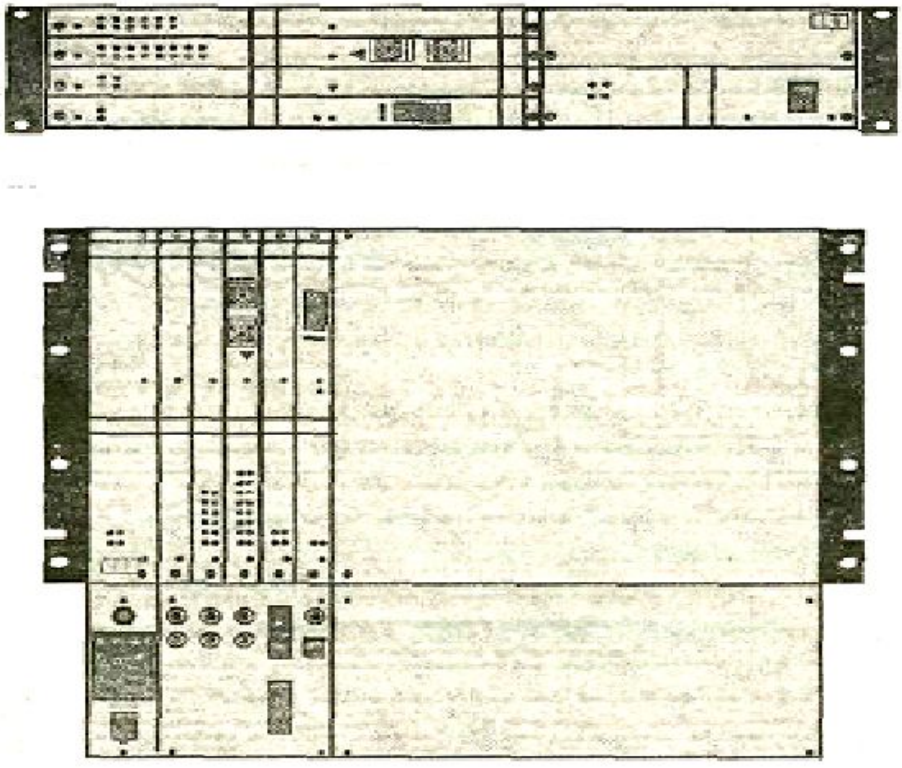

Рисунок 6.6 - Конструктивное исполнение Т-316
(Блочный вариант, модульный вариант)

Кроме перечисленных выше, отечественная промышленность (ОАО "Морион", г. Пермь) производит оборудование третичного группообразования с оптическими линейными интерфейсами и сервисными каналами ОТЛС-31. Это оборудование имеет то же назначение, что и оборудование производства АО НПП РОТЕК, а именно: для организации межстанционной связи, а также для внутризоновой и межрайонной связи по оптическому кабелю. Оборудование позволяет с помощью соответствующих мультиплексоров объединять 16 цифровых первичных потоков Е1 или 4 потока Е2 в один цифровой третичный поток Е3. Предусмотрены режимы вставки или выделения каналов (add/drop). Конструкция модели ОТЛС-31 соответствует Europuc "special" 19" по стандарту МЭК 297. Оборудование ОТЛС-31 имеет каналы служебной связи и телеконтроля, и предусмотрена подсистема контроля с управлением. Структурная схема оборудования представлена на рисунке 6.7.

На каждой стороне линии связи оборудование в линейном оптическом тракте имеет две платы оптического интерфейса ЛТ (передача и прием) с электрическим интерфейсом по G.703 ITU-T и оптическим интерфейсом (разъем FC) с линейным кодом NR2 со скремблированием, благодаря которому скорость передачи по линии возрастает до 35,84 Мбит/с. Электрические входы (интерфейсы) плат ЛТ через плату КТ (устройство резервирования) подключены к плате группообрзования АМ, представляющей собой мультиплексор на передаче или демультиплексор на приеме 16Е1 или 4Е2.

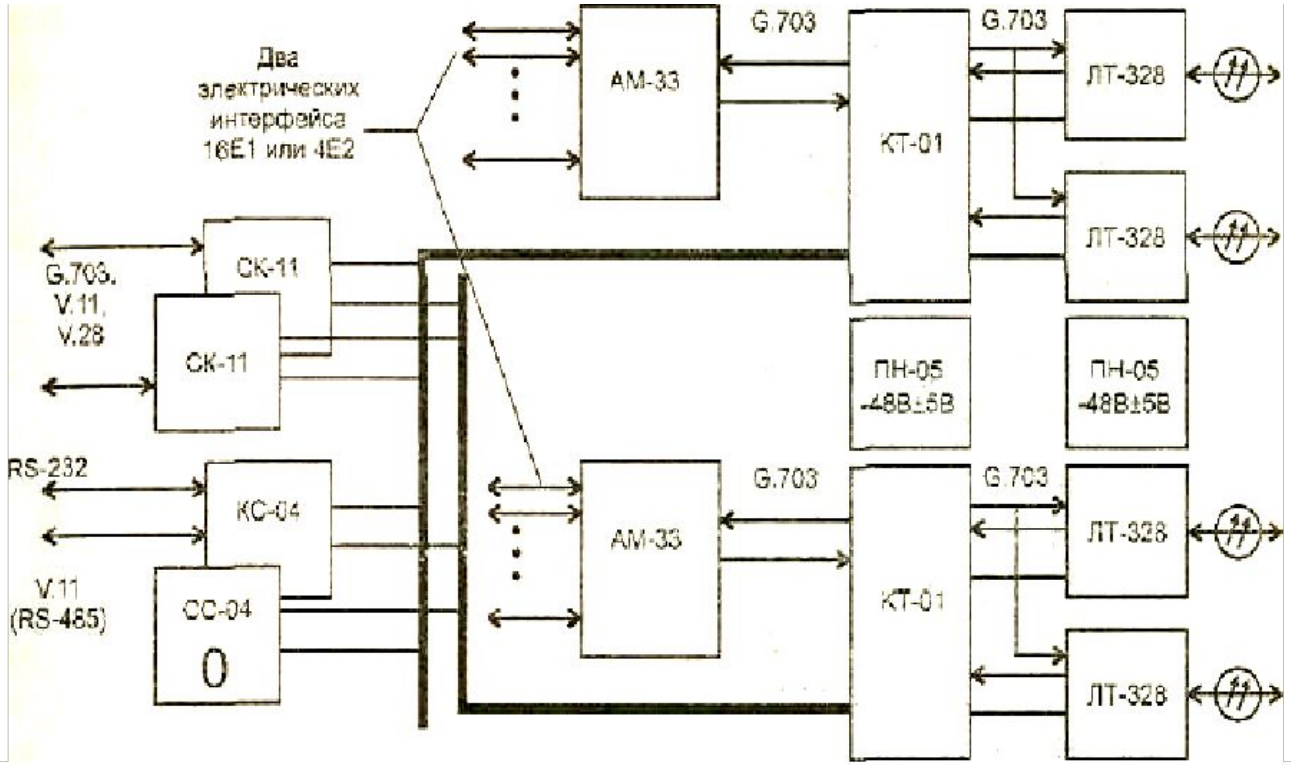

Рисунок 6.7 - Структурная схема блока ОТЛС-31

Плата КТ (устройство резервирования) предназначена для вставки (стаффинга) или выделения в линейный сигнал (или из линейного сигнала) дополнительных каналов за счет увеличения стандартной третичной скорости 34,368 Мбит/с до 35,84 Мбит/с.

Платы СК, КС и СС с помощью указанных выше дополнительных каналов взаимодействуют с устройство КТ через две 2М-шины.

Блок КС снабжен интерфейсами RS-232 и RS-485, первый из которых предназначен для подключения персонального компьютера для контроля за состоянием данного блока и удаленными блоками. Кроме того, дополнительные каналы используются для организации служебной связи (блок СС).

Основные технические данные оборудования Т316 (РОТЕК) и ОТЛС-31 (МОРИОН) представлены в таблице 6.3.

В последние несколько лет на сетях связи России, в том числе и на городских, широкое распространение получает зарубежное оборудование плезиохронной цифровой иерархии, особенно для уровней Е2, Е3 и Е4. Довольно интенсивно внедряется компактное мультиплексное и оптическое линейное оборудование PLE2-140 компании PHILIPS. Это оборудование имеет ориентированную на пользователя конфигурацию структурной схемы с небольшим числом блоков. Кроме основных устройств мультиплексирования, преобразования стыковых кодов в линейный и оптических линейных модулей, в состав оборудования входят устройства, выполняющие функции контроля и управления сетью без перерыва связи, устройства служебной связи и нескольких сервисных каналов с разными скоростями передачи. Оборудование позволяет осуществлять передачу по оптическому кабелю информационных цифровых потоков со скоростями 2,048 Мбит/с, 8,448 Мбит/с, 34,368 Мбит/с и 140 Мбит/с. Для этого имеются соответствующие блоки с одинаковыми соединителями, благодаря чему они взаимозаменяемы. В оборудовании предусмотрены линейные оптические окончания с маломощными или мощными полупроводниковыми лазерами в передающих модулях, высокоэффективными фотодиодами в приемных модулях, которые снабжены оптическими соединителями FC/PC. На рисунке 6.8 представлен внешний вид стойки оборудования PLE2-140.

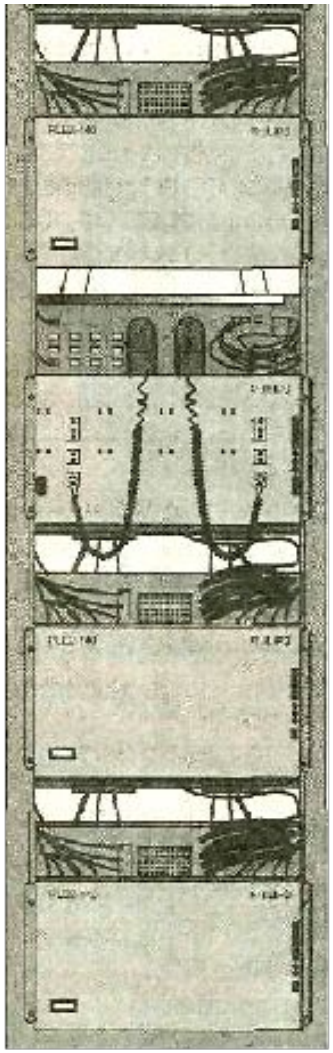

Рисунок 6.8 - Внешний вид аппаратуры PLE2-140

Компания PHILIPS выпускает также оборудование LS34S/CXOF - представляющее собой модульную систему на скорость передачи 34,368 Мбит/с для симметричных и оптических кабелей. Это оборудование предназначено для передачи сигналов третичной цифровой иерархии Е3 и может быть применено в местных и магистральных сетях связи. В состав оборудования входят устройства для локализации и анализа повреждений и неисправностей с помощью персонального компьютера, а также блок служебной связи с возможностью избирательного вызова.

Аналогичное по назначению и техническим характеристикам оборудование производит фирма LGIC (Южная Корея) - оконечное устройство волоконно-оптической линии связи STARMUX-34F. Это оборудование позволяет передавать по оптическому кабелю оптические цифровые информационные потоки со скоростью 8,448 Мбит/с или 34,368 Мбит/с. В состав оборудования входят устройства местного или удаленного контроля, управления и диагностики работы системы. На рисунке 6.9 представлен внешний вид STARMUX-34F.

Основные технические параметры перечисленных зарубежных систем (PLE2-140, LS34S/CX/OF, STARMUX-34F) приведены в таблице 6.4

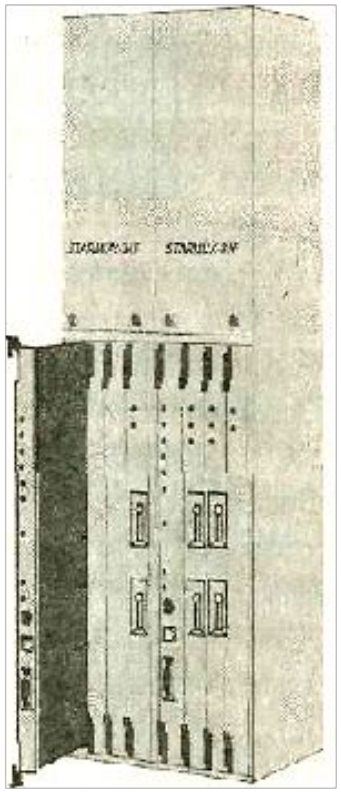

Рисунок 6.9 - Внешний вид аппаратуры STARMUX-34F

Таблица 6.4

Основные технические требования	Тип аппаратуры						
	"Сопка-3"	Т-316 (РОТЕ К)	Т-316 21Е1 (РОТЕК)	ОТЛС-31 "МОРИОН"	PLE2-140 PHILIPS	LS34S/140 PHILIPS	STARMUX34 F Ю. Корея
Длина волны излучения, нм	1200...1300	1300 (1500)	1280...-1335 1335		1300	1300 или1550	1300
Уровень средней оптической выходном разъеме, дБм	-7...0	-3...0				-11. ..0 -1...0 -1...0	-15+1,5...0 -12+3...0
Число каналов, т. ч.	480		480	180	480	480	480
Тип линейного кода				NRZ со скрем-блером	5В6В+1В	5В6В, модифицир ован-ный	
Скорость передачи каналов на стыке ВВГ, Мбит/с	34,368	34,368	34,368	34,368	34,368	34,368	34,368
Скорость передачи линейного сигнала, Мбит/с	41	34,368	51,84	35,840	41,856	41,856	41,2.-41,6
Энергетический потенциал, дБ, не менее	38	36	29	40	40	40	40
Коэффициент ошибок на выходе тракта максимальной протяженности, не более	2.10^{-8}	10^{-8}	10^{-8}	10^{-10}	10^{-10}	10^{-10}	10^{-10}
Минимальная принимаемая оптическая мощность при коэффициенте ошибок 10^{-8}, дБм	-45			-46	-41	-41	-41

Системы связи цифровой плезиохронной иерархии Е4.

Для передачи информационного потока цифровой плезиохронной иерархии уровня Е4 отечественной промышленностью производилась аппаратура "Сопка-4". В настоящее время она не производится, но продолжает работать в некоторых местах, в связи, с чем информация о ней может быть полезной. Более современную аппаратуру для передачи такого же числа телефонных каналов (1920) разработало предприятие ОАО "Морион" - STM-1 для передачи по оптическому волокну цифрового информационного потока 155.52 Мбит/с.

Аппаратура "Сопка-4" обеспечивает передачу 1920 телефонных каналов или любой другой информации в дискретном виде с помощью цифрового оптического сигнала по одномодовому волокну на максимальное расстояние до 830 км. При этом длина волны излучения должна быть 1300 нм, а затухание в волокне не более 0,7 дБ/км.

Среди зарубежных компаний, производящих аппаратуру аналогичного назначения, можно назвать компанию PHILIPS, которая упоминалась выше при описании аппаратуры уровня Е3. Это вариант той же аппаратуры PLE2-140, который предназначен для передачи информации со скоростью 140 Мбит/с также по одномодовому волокну.

Основные технические характеристики аппаратуры "Сопка-4" и "Сопка-4М" приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5

Параметр	«Сопка-4»	«Сопка-4М»
Число стандартных каналов ТЧ	1920	1920х4
Скорость передачи ЦСП, Мбит\с	140	140х4
Линейный код	10В1Р1R	10В1Р1R
Тип приемника излучения	ЛДФ	ЛДФ
Тип оптического волокна	ООВ	ООВ
Длина волны, мкм	1,3	1,55
Тип источника излучения	ЛД	ЛД
Энергетический потенциал, дБм	38	38
Затухание ОВ, дБм/км	0,7	0,3
Максимальная длина регенерационного участка, км	30	70
Рекомендуемый оптический кабель	ОМЗКГ	ОКЛ