

**Изучение комплекса
оборудования оптических
мультисервисных
транспортных сетей «ВОЛГА»
от компании T8**

Лабораторно-практическое занятие.
Время изучения 2 часа

Цель работы и порядок выполнения

- 1 Изучить конструкции и характеристики оборудования «ВОЛГА» и отдельных компонентов. Варианты комплектации оконечных и промежуточных станций.
- 2 В соответствии с заданием построить схему организации связи участка оптической транспортной сети с применением оборудования "ВОЛГА».
- 3 Составить ответы на контрольные вопросы.

Список литературы для самостоятельного изучения

- 1 DWDM системы: научное издание / В. Н. Листвин, В. Н. Трещиков. – М. : Наука, 2013. – 300 с.
- 2 DWDM системы. Каталог продукции компании T8. www.t8.ru 2014-2016г.
- 3 Фокин В.Г. Когерентные оптические сети. Учебное пособие. Издание «СибГУТИ», 2015. - 371 с.
- 4 Фокин В.Г. Когерентные оптические сети. Учебное пособие. Издание «ЛАНЬ» СПб, 2016. - 440 с.
- 5 Фокин В.Г. Оптические мультиплексоры OADM/ROADM и коммутаторы PXC в мультисервисной транспортной сети. Учебное пособие. Издание «СибГУТИ», 2011. - 205 с.
- 6 Фокин В.Г., Ибрагимов Р.З. Оптические системы с терабитными и петабитными скоростями передачи. Издание «СибГУТИ», 2016.- 153 с.
- 7 Фокин В.Г. Проектирование оптической мультисервисной транспортной сети. Учебное пособие. Издание «СибГУТИ», 2009. – 206 с.

Содержание отчёта

- 1 Цель работы
- 2 Конструкции оборудования DWDM (4 варианта) и их возможности по передаче информационных потоков.
- 3 Возможности мультиплексоров ROADM
- 4 Возможности транспондеров и мукспондеров
- 5 Схема организации связи
- 6 Схема соединений в оборудовании оконечной станции
- 7 Ответы на контрольные вопросы

Назначение оборудования «ВОЛГА» (оптической платформы)

- Оборудование предназначено для гибкого построения оптических транспортных сетей с плотным спектральным мультиплексированием DWDM и пропускной способностью от 100Гбит/с до 5Тбит/с и более в паре стандартных волоконных световодов на дистанциях от 500км до 4000км без регенерации и компенсации дисперсии в оптических каналах. Приёмники оптических сигналов в каналах на скорости 40/100Гбит/с выполнены с когерентным гомодинным преобразованием.
- Оборудование может применяться для построения магистральных, внутризоновых и местных (типа «МЕТРО», т.е. сетей крупных городов - мегаполисов) транспортных сетей высокой пропускной способности и гарантированной защиты соединений.
- Может поддерживать конфигурации сетей: точка-точка; линейная цепь; кольцевые варианты; ячейки с кроссовой коммутацией.
- Поддерживает концентрацию информационных потоков 155Мбит/с; 1Гбит/с; 2,5Гбит/с; 10Гбит/с в потоки 40/100Гбит/с одного оптического канала.

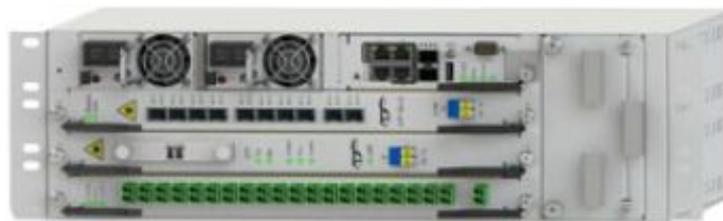
Варианты конструктивных исполнений платформы «ВОЛГА»: отличаются вертикальным (10U) и горизонтальным (6U, 3U, 1U) расположением сменных слотов (плат оборудования) и их количеством (13, 7, 3, 1), U – типовой размер по вертикали



Стандартная 10U платформа на 13 слотов



6U платформа на 7 слотов



Компактное и недорогое 3U решение на 3 слота

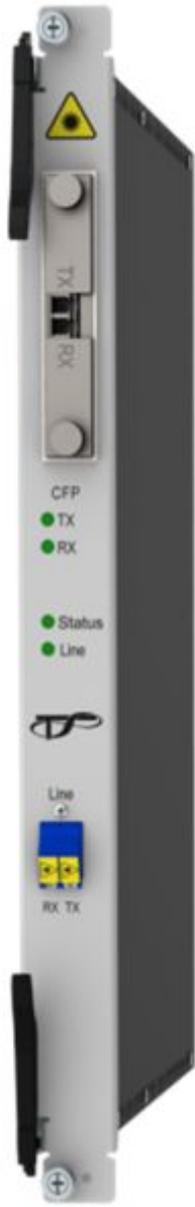


Решение 1U для малых пространств

Возможности платформы на универсальных слотах (блоках аппаратуры: мультиплексоров, транспондеров, усилителей и т.д.)

- 1 Передача до 96 каналов DWDM до 100 Гбит/с в каждом. Также возможно использование модуля 400G с двумя оптическими несущими в канале 100 ГГц на дистанции до 500 км.
- 2 Передача клиентских потоков SDH, OTN и Ethernet: 100G: 100GE, OTU4; 40G: STM-256, OTU3; 10G: 10GBE, STM-64, OTU2, FC; <2,5G: GBE, STM-1/4/16, OTU1.
- 3 Транспондеры и мукспондеры-агрегаторы для передачи трафика в формате OTN OTU1/2/3/4. Поддержка упреждающей коррекции ошибок FEC, в том числе SuperFec (25%) и SoftFec (18-22%) по рек. G.975.
- 4 Гибкость и резервирование: 1+1 и add/drop, ROADM – гибкий вывод каналов для апгрейда сети и резервирование 1+1 на скоростях 2.5, 10G – 2 линейных интерфейса. Агрегаторы 10x10G, 4x10G, 4x2,5G, 8x1GE. Блоки BS – оптическое резервирование дорогих интерфейсов 40 и 100G.
- 5 Благодаря применению WSS ROADM 1X2, 1X4, 1X9, различным типам агрегаторов и блоков резервирования, платформа отлично подходит для создания сложных топологий сети с 1+1, кольцевым и MESH (смешанным) резервированием. Высокоскоростные оптические и электронные переключатели, высокоскоростная обработка сигнала в 100G транспондерах позволяют обеспечить переключение на резервный канал менее чем за 50 мс.
- 6 Малошумящие EDFA-усилители и предусилители, рамановские усилители с выходным уровнем мощности до 33дБм, усилители рамановского типа с удаленной накачкой (ROPA).
- 7 Система сетевого управления «Фрактал» обеспечивает полный контроль и управление элементами сети вне зависимости от её масштаба и сложности. Графическая оболочка «Фрактал» и встроенный Web-интерфейс обеспечивает удобную удаленную работу настройку элементов платформы «Волга».
- 8 Дублированные блоки питания двух типов: DC 36–72 В либо AC 220 В. Энергопотребление не более 1200 Вт. Шасси (поддон, корзина, субрек) и моноблоки высотой 1/3/6/10U и глубиной 300 мм для установки в стойку 19/21" (размерность в дюймах).

Транспондер TS100E предназначен для передачи клиентского сигнала 100GE в DWDM-канале 100 Гбит/с с SoftFec

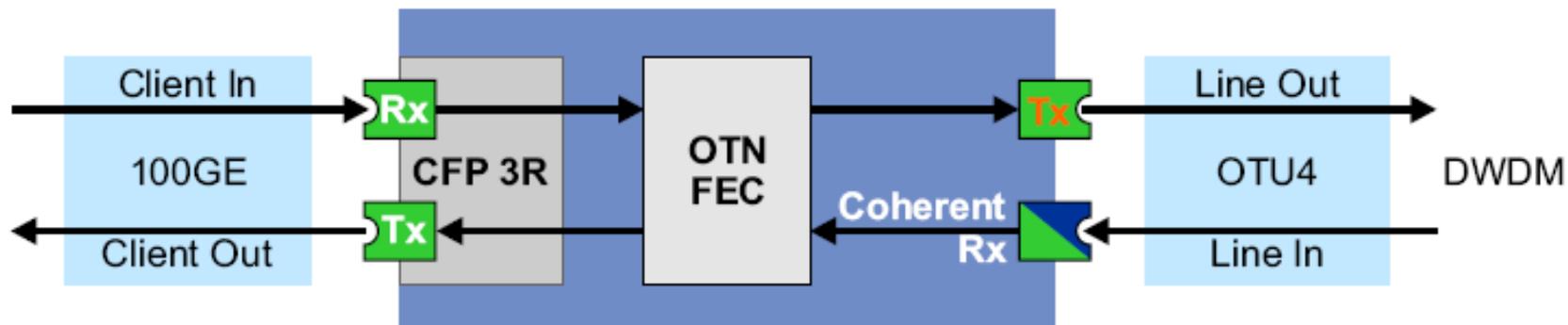


ВОЗМОЖНОСТИ:

- Передача клиентского сигнала 100 Gigabit Ethernet
- Поддержка клиентских протоколов средствами модулей CFP: L4 (4x25G) и SR10 (10x10G)
- Линейный оптический интерфейс OTU4, 120 Гбит/с
- Когерентный формат модуляции DP-QPSK
- Перестраиваемый в C-диапазоне лазер до 96 каналов с шагом 50 ГГц
- Коррекция ошибок SoftFEC (18-22% избыточности кадра OTU)
- Автоматическая коррекция дисперсии до 70 000 пс/нм
- Допустимое отношение OSNR_T ≥ 12,5 дБ (в полосе 0,1 нм, BER ≤ 10⁻¹²)

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ

- Транспондер TS-100E производит 3R-регенерацию и конвертацию в OTN клиентского оптического сигнала 100 Gigabit Ethernet, передает данные в линию в формате OTN OTU4 и использует мощные алгоритмы коррекции ошибок SoftFEC.
- Передача данных осуществляется на стабилизированной длине волны в соответствии с частотной сеткой DWDM. Перестраиваемый по длине волны лазер позволяет организовывать в C-диапазоне до 96 DWDM-каналов с шагом 50 ГГц. На приемной стороне производится когерентное гомодинное детектирование сигнала с последующей цифровой обработкой и восстановлением потока 100 Gigabit Ethernet.



Структура транспондера TS100E

Оптические характеристики

Параметр	Значение
Линейный интерфейс, скорость передачи в линии / нагрузка	OTU4, 120 / 103 Гбит/с
Выходная мощность	-5 ... 0 дБм
Диапазон рабочих длин волн передатчика	1528,7–1567,1 нм
Чувствительность приемника (BER=10 ⁻¹²)	-18 дБм
Перегрузка приемника (BER=10 ⁻¹²)	0 дБм
OSNR _T (0,1 нм, BER=10 ⁻¹²)	12,5 дБ

Агрегирующий транспондер (мукспондер) MS100E-T10 предназначен для передачи 10 клиентских сигналов 10GE в DWDM-канале 100 Гбит/с с SoftFec

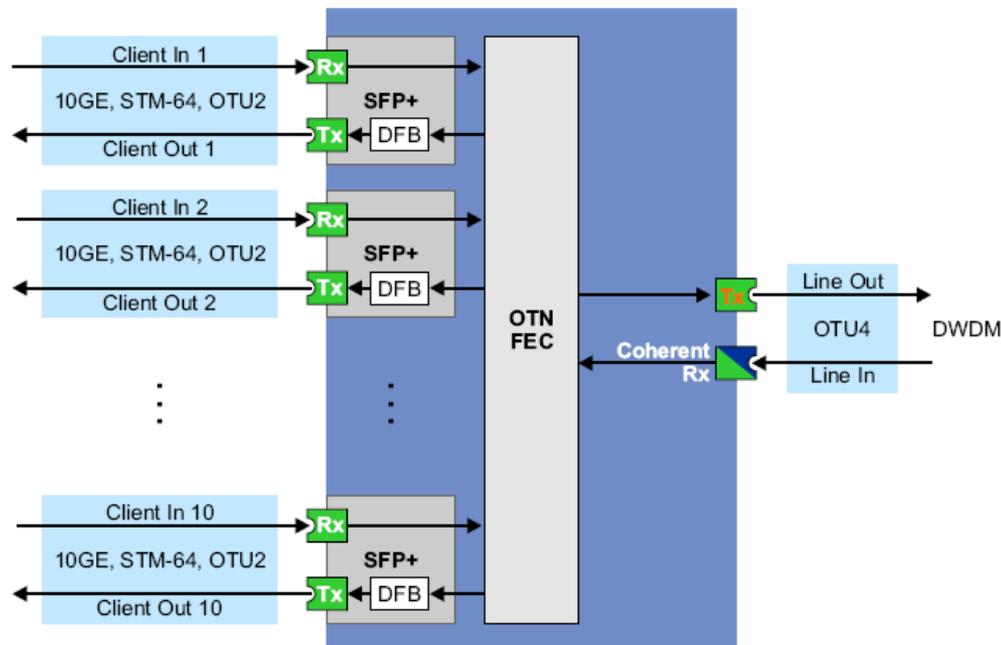


ВОЗМОЖНОСТИ :

- Передача 10-ти клиентских сигналов:
- 10GE, STM-64, OTU2, Fiber Channel
- Линейный интерфейс OTU4, 120 Гбит/с
- Когерентный формат модуляции DP-QPSK
- Перестраиваемый в C-диапазоне лазер
- До 96 каналов с шагом 50 ГГц
- Коррекция ошибок SoftFEC
- Автоматическая коррекция дисперсии до 70 000 пс/нм
- $OSNR_T \geq 12,5$ дБ (0,1 нм, $BER \leq 10^{-12}$)

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ :

- Агрегирующий транспондер (мукспондер) MS-100E-T10 объединяет 10 клиентских сигналов 10 Гбит/с и передает их в одном 100G DWDM-канале. Изменять тип клиентского протокола можно в любом из 10 каналов без остановки линейного трафика.
- Мукспондер выполняет 3R-регенерацию, преобразует данные в формат OTN OTU4 и использует мощный алгоритм коррекции ошибок SoftFEC. Передача данных осуществляется на стабилизированной длине волны в соответствии с частотной сеткой DWDM. Перестраиваемый по длине волны лазер позволяет организовывать в C-диапазоне до 96 DWDM-каналов с шагом 50 ГГц.



Структура мукспондера MS100E-T10

Оптические характеристики

Параметр	Значение
Линейный интерфейс, скорость передачи в линии / нагрузка	OTU4, 120 / 103 Гбит/с
Выходная мощность	-5 ... 0 дБм
Диапазон рабочих длин волн передатчика	1528,7–1567,1 нм
Чувствительность приемника (BER=10 ⁻¹²)	-18 дБм
Перегрузка приемника (BER=10 ⁻¹²)	0 дБм
OSNR _T (0,1 нм, BER=10 ⁻¹²)	12,5 дБ

Агрегирующий транспондер MS100E-IB. Решение Infiniband для коммуникационных систем и дата-центров с SoftFEC

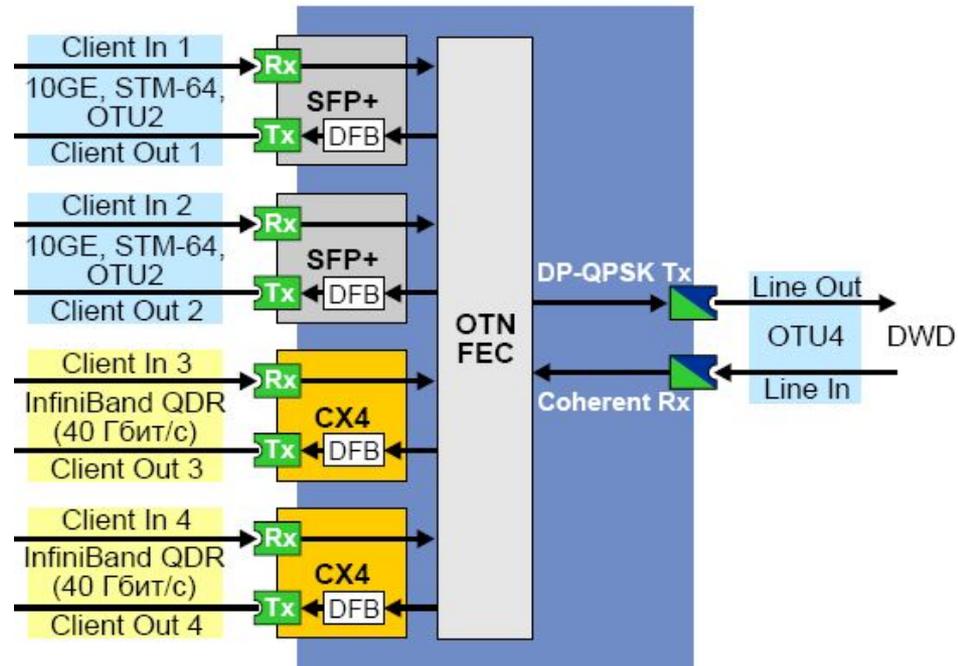
ВОЗМОЖНОСТИ

- Клиентские интерфейсы Infiniband QDR, 40G QDR, 10GE
- Линейный OTU4, 120 Гбит/с
- Когерентный формат модуляции DP-QPSK
- Коррекция ошибок Soft FEC 15%
- Перестраиваемый в C - диапазоне лазер
- До 96 каналов с шагом 50 ГГц
- Автоматическая коррекция дисперсии до 70000 пс/нм
- OSNR_T ≥ 12,5 дБ

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ :

- Мультиплексор MS-100E-IB объединяет 2 клиентских интерфейса InfiniBand QDR 40 Гбит/с и два универсальных клиентских интерфейса 10 Гбит/с и передает их в одном 100G DWDM-канале. Интерфейс InfiniBand – один из перспективных для локальных сетей ЦОД, суперкомпьютерных приложений, облачных технологий. Тип клиентской нагрузки (по интерфейсам 10G) можно изменять без остановки линейного трафика. Мультиплексор выполняет 3R-регенерацию, преобразует данные в формат OTN OTU4 и использует SoftFEC. Передача данных осуществляется на стабилизированной длине волны в соответствии с частотной сеткой DWDM.





Структура мукспондера MS-100E-IB

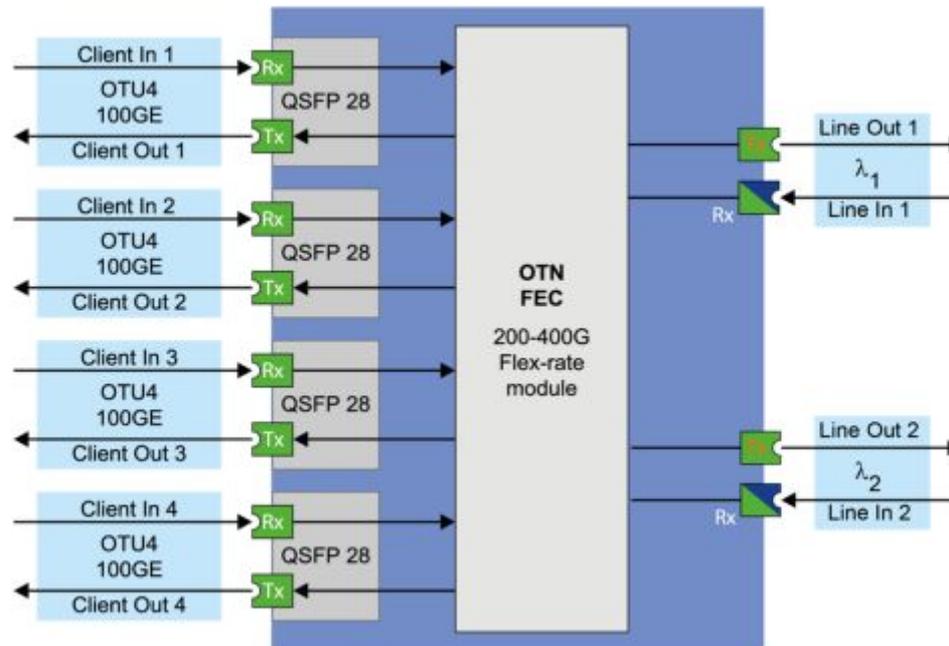
Оптические характеристики

Параметр	Значение
Линейный интерфейс, скорость передачи в линии / нагрузка	OTU4, 120 / 103 Гбит/с
Выходная мощность	-5 ... 0 дБм
Диапазон рабочих длин волн передатчика	1528,7–1567,1 нм
Чувствительность приемника (BER=10 ⁻¹²)	-18 дБм
Перегрузка приемника (BER=10 ⁻¹²)	0 дБм
OSNR _T (0,1 нм, BER=10 ⁻¹²)	12,5 дБ

Агрегирующий транспондер MS-400E

- Передача 4 x 100 Гбит/с клиентских сигналов по двум каналам 2 x DP-16QAM
- Передача до 4x клиентских сигналов: 100GE (103.125 Гбит/с) или OTU4 RS FEC (111.81 Гбит/с)
- Когерентный формат передачи 2xDP-16QAM
- Коррекции ошибок SD-FEC 15% и 25%
- Перестраиваемый в C-диапазоне лазер
- Агрегирующий транспондер (мультиплексор) сочетает в себе четыре 100 Гбит/с клиентских канала и передает их в два DWDM канала. MS-400E передает данные в OTN формате с использованием коррекции ошибок SD-FEC. Лазер с изменяемой конфигурацией в соответствии с ITU-T 100 ГГц позволяет организовать до 48 DWDM каналов 400 Гбит/с в C-диапазоне и сетке 100 ГГц. Поддерживает дифференциальный и абсолютный фазовый формат модуляции для всех режимов работы. Поддерживает передачу каналов 100G PM-QPSK, 150G PM-8QAM или 200G PM-16QAM.

Агрегирующий транспондер MS-400E. Конструкция и схема



Агрегирующий транспондер MS-400E. Характеристики

Параметр	Значения		
Линейный интерфейс	(1 или 2) x 100Гбит/с	(1 или 2) x 150Гбит/с	2 x 200Гбит/с
Клиентский интерфейс	(1 или 2) x 100GE	3 x 100GE	(1,2,3 или 4) x 100GE
Диапазон рабочих длин волн передатчика	1528.7–1567.1 нм		
Чувствительность приемника (BER=10 ⁻¹²)	-18 дБм		
Перегрузка приемника (BER=10 ⁻¹²)	0 дБм		
Выходная мощность	-10 ... +2.5 дБм		
OSNR _T (0,1 нм, BER=10 ⁻¹²)	10,2 дБ	14,7 дБ	18,1 дБ
Формат модуляции 25% OH SD-FEC	DP-QPSK	DP-8QAM	DP-16QAM
Автоматическая коррекция дисперсии	± 70 нс/нм	± 30 нс/нм	± 30 нс/нм
Потребляемая мощность не более	150 Вт		

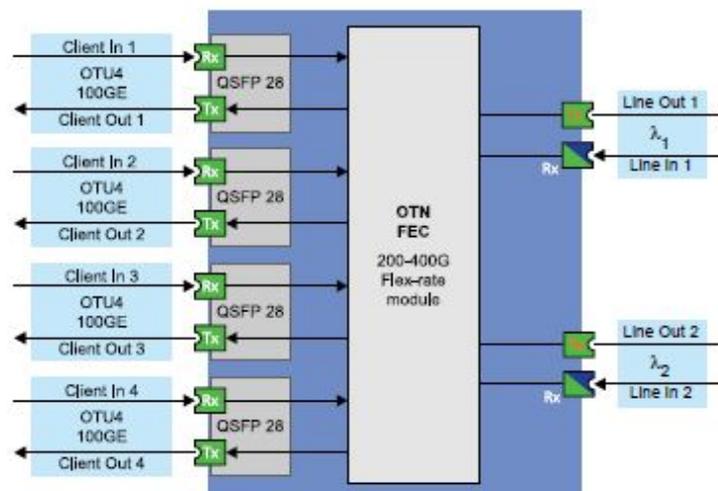
Агрегирующий транспондер MS-400E. Вариант на 6 режимов

Передача до 4 x 100 Гбит/с клиентских сигналов в 2 x 200 Гбит/с или 1 x 400 Гбит/с



- Передача до 4 клиентских сигналов 100GE или OTU4 RS FEC
- Коррекции ошибок Soft-FEC 15% и 20%
- Перестраиваемый в С-диапазоне лазер
- Автоматическая коррекция дисперсии до ± 70 нс/нм
- $OSNR_T$ от 10,2 дБ (0,1 нм, BER = 10^{-12})

Блок поддерживает передачу по двум длинам волн по 200 Гбит/с или по одной 400 Гбит/с. MS-400E передает данные в OTN формате с использованием коррекции ошибок Soft-FEC. Лазер с перестройкой длины волны с шагом 12,5 ГГц позволяет организовать до 96 DWDM каналов 400 Гбит/с в С-диапазоне и сетке 100 ГГц.



Агрегирующий транспондер MS-400E. Вариант на 6 режимов

Характеристики

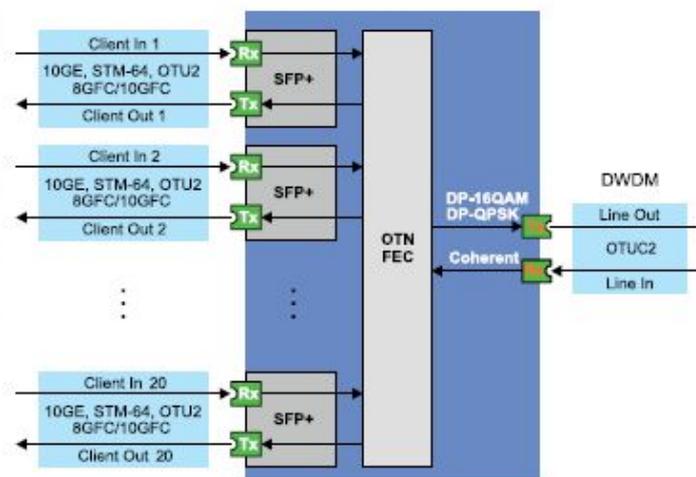
Линейный интерфейс	Режим работы					
	2 x 100 Гбит/с	2 x 150 Гбит/с	2 x 200 Гбит/с	1 x 200 Гбит/с	1 x 300 Гбит/с	1 x 400 Гбит/с
Количество интерфейсов	2	2		1	1	1
Тип интерфейса	LC/UPC			LC/UPC		
Формат модуляции	DP-QPSK	DP-8QAM	DP-16QAM	DP-QPSK	DP-16QAM	DP-32QAM
Автомат. коррекция дисперсии	до ± 70 нс/нм	до ± 30 нс/нм		от -35 до +226,5 нс/нм	до ± 35 нс/нм	до $\pm 17,5$ нс/нм
Диапазон длин волн	1528,7-1567,1 нм			1528,7-1567,1 нм		
OSNR _T (0.1 нм, BER= 10^{-12})	10,3 дБ	15 дБ	10,2 дБ	14,5	19,8	24,7
FEC	Soft-FEC 15%, Soft-FEC 20%			Soft-FEC		
Выходная мощность (BER= 10^{-12})	-10...+2,5 дБм			- 9 ... + 4 дБм		
Чувствительность приемника	-18 дБм			-13 дБм		
Перегрузка приемника	0 дБм			+5 дБм		
Клиентский интерфейс						
Количество	2	3	4	2	3	4
Тип интерфейса	QSFP28			QSFP28		
Стандарт интерфейса	100GE, OTU4			100GE, OTU4		
Потребляемая мощность	150 Вт			110 Вт		

Агрегирующий транспондер MS-200E



- Передача до 20 клиентских сигналов
- Когерентный формат передачи DP-16QAM
- Коррекция ошибок Soft-FEC 20%
- Перестраиваемый в C-диапазоне лазер
- Автоматическая коррекция дисперсии до ± 55 нс/нм
- $OSNR_T = 18,1$ дБ (0,1 нм, BER = 10^{-12})

Агрегирующий транспондер (мультиплексор) передает клиентские каналы в один DWDM-канал. MS-200E передает данные в OTN формате с использованием коррекции ошибок Soft-FEC 20%. Перестраиваемый по длине волны лазер позволяет организовать DWDM канал 200 Гбит/с в C-диапазоне с шагом 50 ГГц. Поддерживает передачу каналов в режиме 200G DP-16QAM. Блок имеет служебный канал ESC внутри служебных заголовков OTN OTU4 на рабочей длине волны мультиплексора.



Исполнение MS-200E-DT10

Агрегирующий транспондер MS-200E

Характеристики

Линейный интерфейс	Исполнение
	MS-200E-DT10
Количество интерфейсов	1
Тип интерфейса	LC/UPC
Стандарт интерфейса	OTUC2
Формат модуляции	DP-16QAM
Автомат. коррекция дисперсии	до ± 55 нс/нм
Диапазон длин волн	1528,7-1567,1 нм
OSNR _r (0.1 нм, BER= 10^{-12})	18,1 дБ
FEC	Soft-FEC 20%
Выходная мощность (BER= 10^{-12})	+1...+5 дБм
Чувствительность приемника	-18 дБм
Перегрузка приемника	0 дБм
Клиентский интерфейс	
Количество	20
Тип интерфейса	SFP+
Стандарт интерфейса	10GE, STM-64, OTU2, OTU2e, 8/10/16GFC
Потребляемая мощность	270 Вт

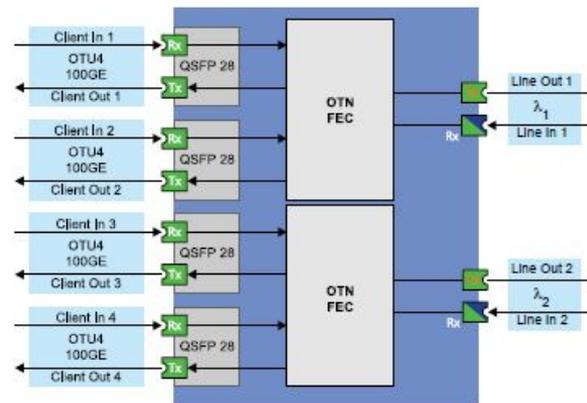
Агрегирующий транспондер TD-200E

Передача до 4 клиентских сигналов по двум каналам 200 Гбит/с с Soft-FEC или HD-FEC



- Передача до 4 клиентских сигналов
- Экономичное решение для организации канала 200Гбит/с
- Перестраиваемый в С-диапазоне лазер
- $OSNR_T$ от 11 дБ (0,1 нм, BER = 10^{-12})
- Низкое энергопотребление

Блок поддерживает несколько вариантов агрегации: 4x100G клиента в 2x200G DP-16QAM линии, 2x100G клиента в 1x200G DP-16QAM линию. Перестраиваемый по длине волны лазер позволяет организовать до двух каналов 200 Гбит/с в С-диапазоне с шагом 50 ГГц. Блок использует совершенный формат модуляции DP-QPSK или DP-16QAM. Используется гибкий формат передачи OTN OTUC2v или OTU4v. Клиентский интерфейс блока: QSFP28, что позволяет снизить затраты на организацию каналов связи.



Агрегирующий транспондер TD-200E

Характеристики

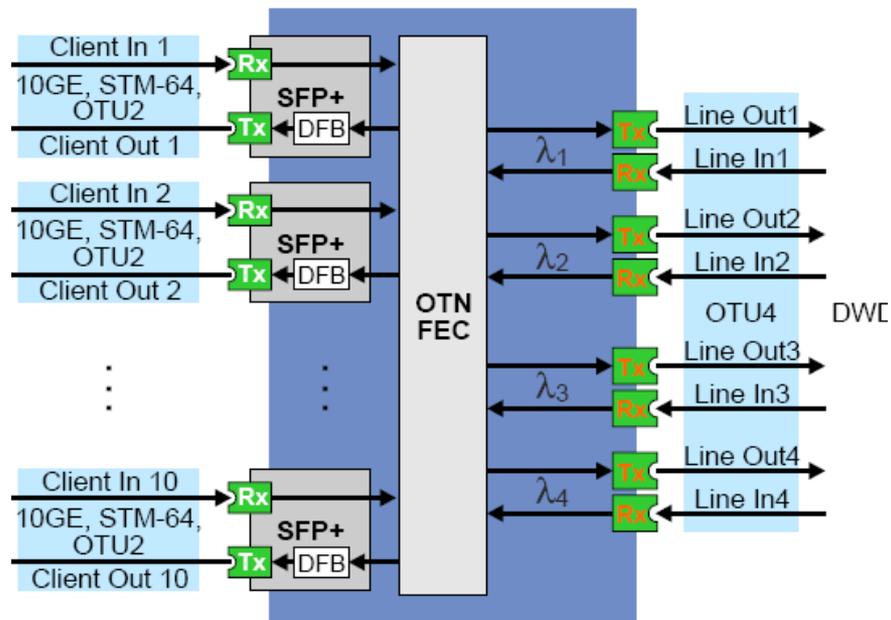
Линейный интерфейс	Режим работы			
	1 x 100 Гбит/с	2 x 100 Гбит/с	1 x 200 Гбит/с	2 x 200 Гбит/с
Количество интерфейсов	1	2	1	2
Тип интерфейса	LC/UPC			
Стандарт интерфейса	OTU4v	OTU4v	OTUC2v	OTUC2v
Формат модуляции	DP-QPSK, DP-dQPSK		DP-16QAM	
Автомат. коррекция дисперсии	до ± 40 нс/нм		до ± 10 нс/нм	
Диапазон длин волн	1528.7–1567.1 нм			
OSNR _T (0.1 нм, BER=10 ⁻¹²)	11 дБ		18 дБ	
FEC	SD-FEC 20% + HD-FEC 7%			
Выходная мощность (BER=10 ⁻¹²)	-1...+1 дБм			
Чувствительность приемника	-18 дБм			
Перегрузка приемника	0 дБм			
Клиентский интерфейс				
Количество	1	2	2	4
Тип интерфейса	QSFP28			
Стандарт интерфейса	100GE, OTU4			
Потребляемая мощность	90 Вт	150 Вт	100 Вт	180 Вт

Агрегирующий транспондер MS100E-T10-SH. Передача 10 клиентских сигналов 10 Гбит/с на расстояние до 50 км

ВОЗМОЖНОСТИ:

- Линейный OTU4, скорость в линии 4 DWDM-канала по 28 Гбит/с
- Формат модуляции ODB (Optical Duobinary)
- Коррекция ошибок: ITU-T G.709 FEC 7% и фирменный High Gain FEC 7%
- Четыре лазера, независимо перестраиваемых в C-диапазоне
- До 96 каналов с шагом 50 ГГц
- Диапазон оптимальной дисперсии в линии 0 ± 500 пс/нм
- OSNR_T $\geq 16,5$ дБ (High Gain FEC)
- OSNR_T $\geq 19,6$ дБ (ITU-T G.709 FEC)
- ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ:
 - Агрегирующий транспондер (мультиплексор) MS-100E-T10-SH объединяет 10 клиентских интерфейсов 10 Гбит/с в четырех потоках по 28 Гбит/с. Тип клиентского протокола (по интерфейсам 10G) можно изменять без остановки линейного трафика. Мультиплексор выполняет 3R-регенерацию, преобразует данные в формат OTN OTU4. Имеется два альтернативных алгоритма коррекции ошибок: стандартный ITU-T G.709 FEC 7% и proprietary High Gain FEC 7%. Поток OTN OTU4 100G передается в линию в виде четырех инверсно-мультиплексированных потоков, каждый с учетом FEC имеет скорость 28 Гбит/с.





Структура мукспондера MS-100E-T10-SH

Оптические характеристики

Параметр	Значение
Линейный интерфейс, скорость передачи в линии / нагрузка	OTU4, 4 потока x 28 Гбит/с
Выходная мощность	3±2 / 5,5 дБм
Диапазон рабочих длин волн передатчика	1529–1562 нм (для каждого потока)
Чувствительность приемника (BER=10 ⁻¹²)	-18 дБм
Перегрузка приемника (BER=10 ⁻¹²)	0 дБм
OSNR _T (0,1 нм, BER=10 ⁻¹²)	16,5 дБ (High Gain FEC 7%) 19,6 дБ (ITU-T G.709 FEC 7%)

Агрегирующий транспондер MS-D100EQ

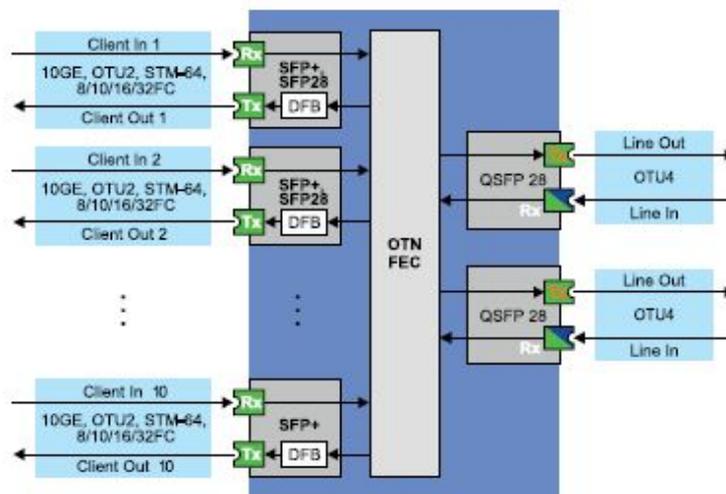
Резервирование 1+1 канала 100 Гбит/с для 10 клиентских сигналов



- Передача до 10 клиентских сигналов
- Возможность 1+1 резервирования для линейных и кольцевых сетей
- Экономичное решение благодаря QSFP28 или когерентных CFP2

Агрегирующий транспондер MS-D100EQ-T10 передает до 10 клиентских сигналов в двух каналах формата OTU4. Реализована возможность резервирования линейного интерфейса 100Гбит/с по схеме 1+1. Блок имеет служебный канал ESC внутри служебных заголовков OTN OTU4 на рабочей длине волны мукспондера. В качестве клиентских интерфейсов используются оптические модули SFP+ (до 10 портов с поддержкой 10GbE, STM-64, OTU-2, 8/10/16GFC) и модули SFP28 для реализации протокола 32GFC (до 3 портов в режиме 1+1, до 6 портов в режиме 2 x 100Гбит/с).

Характеристики линейного интерфейса могут отличаться от приведенных в таблице, определяются установленным оптическим модулем.



Агрегирующий транспондер MS-D100EQ

Характеристики

Линейный интерфейс	Исполнение 1+1 или 2 канала	
Количество интерфейсов	2	
Тип интерфейса	QSFP28	CFP2
Стандарт интерфейса	OTU4	
Формат модуляции	NRZ	DP-DQPSK
Автомат. коррекция дисперсии	нет	до ± 40 нс/нм
Диапазон длин волн	LR4 CWDM	1 x 1528.7 – 1567.1 нм перестраиваемая
OSNR _T (0.1 нм, BER=10 ⁻¹²)	-	11.4 дБ
FEC	FEC G.709	SD-FEC 15%
Выходная мощность (BER=10 ⁻¹²)	- 0.6...+ 4 дБм	- 15...+ 1 дБм
Чувствительность приемника	- 8.4 дБм	- 22 дБм
Перегрузка приемника	+ 4 дБм	+ 1 дБм
Потребляемая мощность	110 Вт	140 Вт

Клиентский интерфейс для любого исполнения	SFP+	SFP28
Количество	10	3 (1 x 100 Гбит/с), 6 (2 x 100 Гбит/с)
Стандарт интерфейса	10GE, OTU2, STM-64, 8/10/16GFC	32GFC

Транспондер TS-40E. Передача клиентских сигналов 40 Гбит/с STM-256 в DWDM-канале с SuperFEC

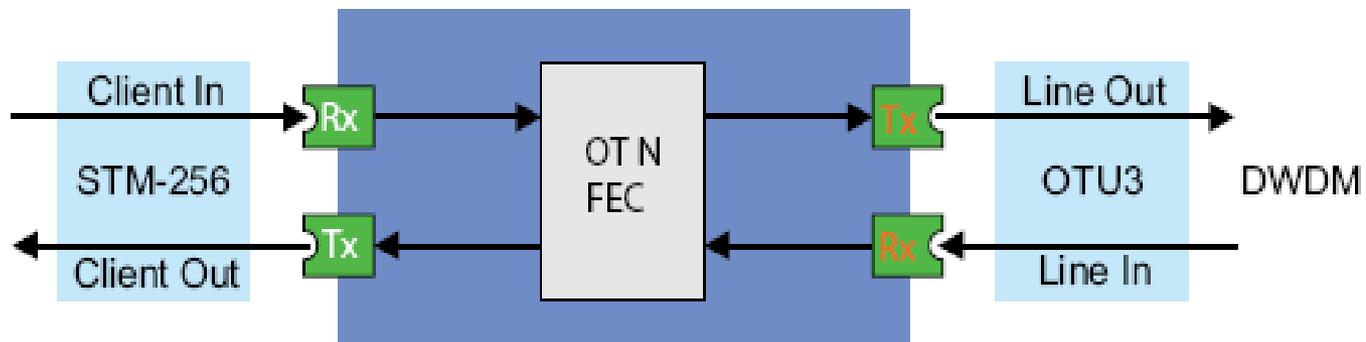


ВОЗМОЖНОСТИ:

- Передача клиентских сигналов SDH STM-256
- Линейный интерфейс OTU3, 43 Гбит/с
- Формат модуляции Coherent DP-QPSK
- Перестраиваемый в C-диапазоне лазер
- До 96 каналов с шагом 50 ГГц
- Коррекция ошибок Super-FEC G.975 I.7
- Автоматическая коррекция дисперсии до 50000 пс/нм
- OSNRT $\geq 9,0$ дБ (0,1 нм, BER = 10^{-12})

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ:

- Транспондер TS-40E производит 3R-регенерацию и конвертацию в OTN клиентского оптического сигнала 40 Гбит/с SDH STM-256, передает данные в формате OTN OTU3(43 Гбит/с) и использует мощный алгоритм коррекции ошибок Super-FEC G.975 I.7. Передача данных осуществляется на стабилизированной длине волны в соответствии с частотной сеткой DWDM. Перестраиваемый по длине волны лазер позволяет организовывать в C-диапазоне до 96 DWDM-каналов с шагом 50 ГГц.



Структура транспондера TS-40E

Оптические характеристики

Параметр	Значение
Линейный интерфейс, скорость передачи	OTU3, 43 Гбит/с
Выходная мощность	-1 ... +6 дБм
Диапазон рабочих длин волн передатчика	1528–1565 нм
Чувствительность приемника (BER=10 ⁻¹²)	-10 дБм
Перегрузка приемника (BER=10 ⁻¹²)	+3 дБм

Агрегирующий транспондер MS-40E-Q10. Передача 4 клиентских сигналов 10 Гбит/с в DWDM-канале с SuperFEC

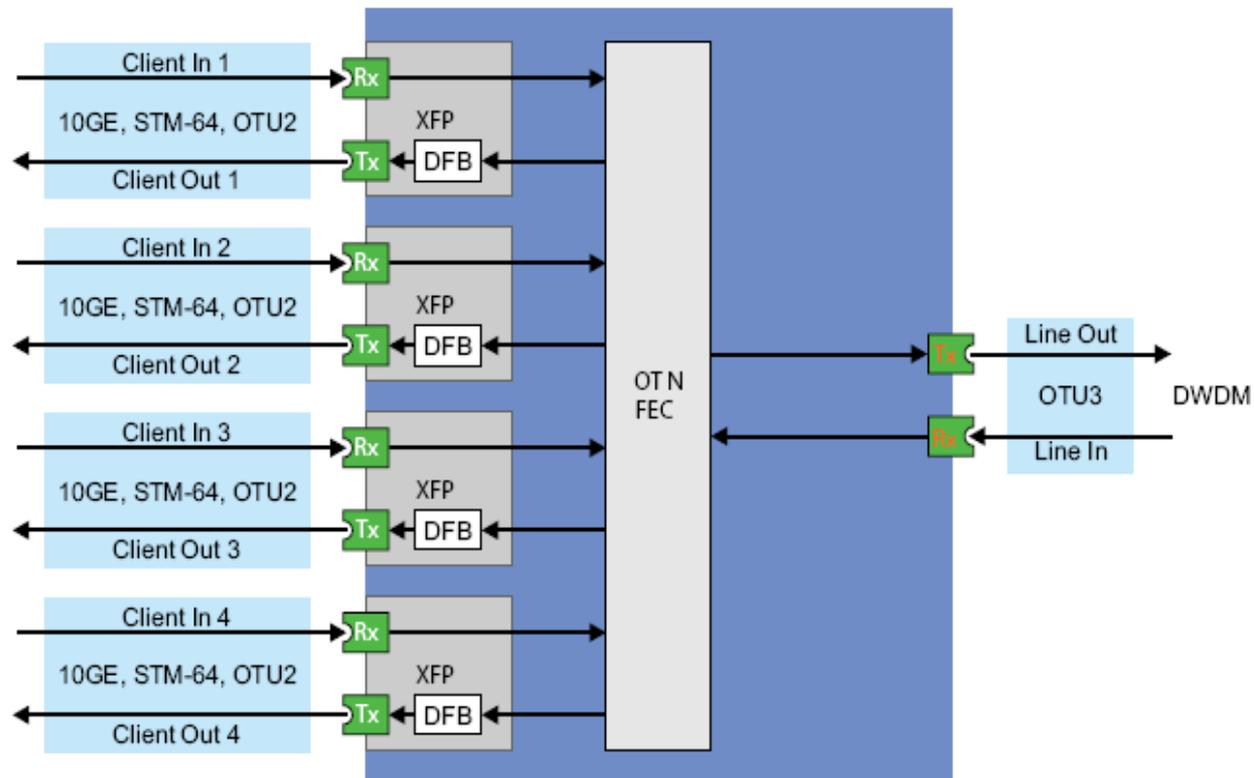
ВОЗМОЖНОСТИ:

- Передача 4-х клиентских сигналов 10GE, STM-64, OTU2
- Линейный интерфейс OTU3, 43 Гбит/с
- Формат модуляции, Coherent DP-QPSK
- Перестраиваемый в C-диапазоне лазер
- До 96 каналов с шагом 50 ГГц
- Коррекция ошибок Super-FEC G.975 I.7
- Автоматическая коррекция дисперсии
- $OSNR_r \geq 9,0$ дБ (0,1 нм, BER = 10^{-12})
- Автоматическая коррекция дисперсии до 50000 пс/нм
- Выходная мощность от -1 дБм до +3 дБм

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ:

- Агрегирующий транспондер (мукспондер) MS-40E-Q10 объединяет 4 клиентских сигнала 10 Гбит/с и передает их в одном DWDM-канале 40G. Изменять тип клиентской нагрузки можно в любом из 4 каналов без остановки линейного трафика. MS-40E выполняет 3R-регенерацию, преобразует данные в формат OTN OTU3 (43 Гбит/с) и использует мощный алгоритм коррекции ошибок Super-FEC G.975 I.7. Передача данных осуществляется на стабилизированной длине волны в соответствии с частотной сеткой DWDM. Перестраиваемый по длине волны лазер позволяет организовывать в C-диапазоне до 96 каналов с шагом 50 ГГц.





Структура мукспондера MS-40E-Q10

Оптические характеристики

Параметр	Значение
Линейный интерфейс, скорость передачи	OTU3, 40 Гбит/с
Выходная мощность	-1 ... +3 дБм
Диапазон рабочих длин волн передатчика	1528–1565 нм
Чувствительность приемника (BER=10 ⁻¹²)	-10 дБм
Перегрузка приемника (BER=10 ⁻¹²)	+3 дБм

Транспондер TO-10. Передача 8-ми или 4-х клиентских сигналов по 10 Гбит/с

ВОЗМОЖНОСТИ:

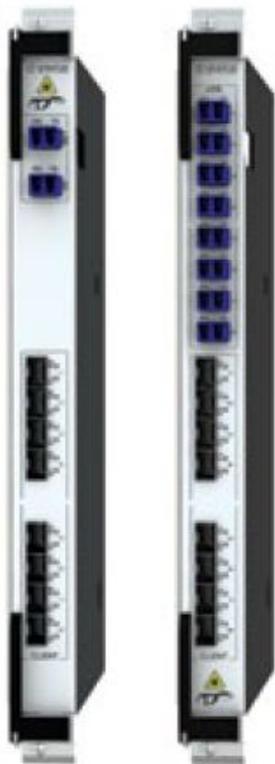
- Клиентские интерфейсы STM-64, 10GE, OTU2
- Опционально поддержка Fibre Channel 1/2/4/8/10 GFC
- Встроенный или внешний DWDM-мультиплексор
- Возможность резервирования линии
- До восьми DWDM-каналов 10G
- Резервирование блоков питания
- Канал управления на выделенной длине волны

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ:

Транспондеры позволяют организовать до 8 дуплексных DWDM-каналов. Аппаратура производит 3R-регенерацию сигнала, преобразование в спектральные каналы и опционально их объединение в групповой DWDM-сигнал с помощью встроенного оптического мультиплексора. В то же время допустимы решения без встроенных мультиплексоров, а мультиплексирование DWDM-каналов осуществляет внешний мультиплексор. Перестраиваемые по длинам волн во всем C-диапазоне лазеры позволяют создавать более гибкие решения. Устройства TO-10 и TO-10M со стороны клиентских интерфейсов оснащаются четырьмя или восемью модулями SFP+ на скорость 10 Гбит/с.

Технические характеристики

- Число клиентских каналов: 4 или 8
- Число линейных направлений: 1 или 2 (резервирование 1+1)
- Дальность передачи до 80 км
- Два установленных блока питания: 36–72В DC
- Энергопотребление до 60 Вт
- Сетевая система управления «Фрактал»



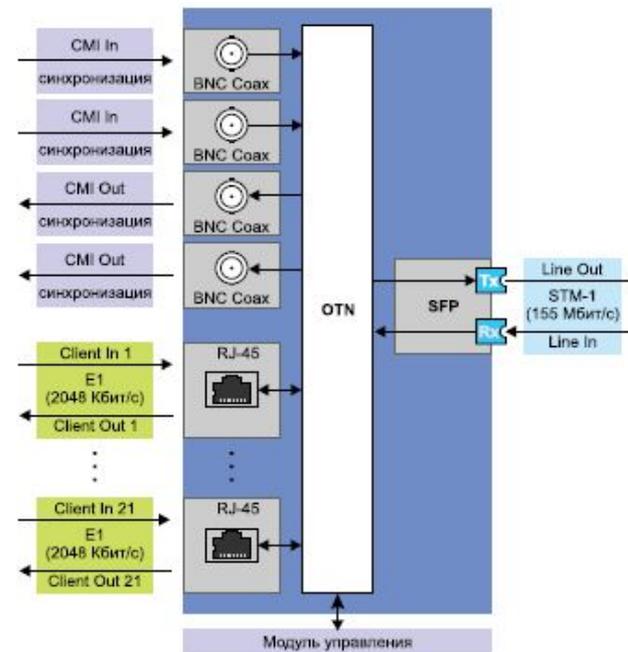
Агрегатор MS-1S -21E1

Передача 21 клиентского интерфейса E1 в канале STM-1



- Передача клиентских сигналов E1
- Линейный интерфейс STM-1
- Внутренняя или внешняя синхронизация

Агрегатор каналов E1 предназначен для мультиплексирования двадцати одного потока в формате E1 (2048 Кбит/с) в формат SDH STM-1. Каждый порт устройства работает в full-duplex режиме. Подключение клиентских каналов E1 к устройству осуществляется посредством разъемов RJ-45. Синхронизацию сигналов можно осуществлять по двум входам (2048 кГц) и двум выходам (2048 кГц), в соответствии рекомендации G.703/13. Возможна синхронизация по линейному сигналу STM-1, по клиенту E1 и от внутреннего генератора.



Агрегатор MS-1S -21E1

Характеристики

Линейный интерфейс	Исполнение
	MS-1S-21E
Количество интерфейсов	1
Тип интерфейса	SFP
Стандарт интерфейса	STM1
Формат модуляции	NRZ
Автомат. коррекция дисперсии	нет
Диапазон длин волн	определяется установленным модулем
OSNR _r (0.1 nm, BER=10 ⁻¹²)	определяется установленным модулем
FEC	нет
Выходная мощность	определяется установленным модулем
Чувствительность приемника	определяется установленным модулем
Перегрузка приемника	определяется установленным модулем
Клиентский интерфейс	
Количество	21
Тип интерфейса	RJ45
Стандарт интерфейса	E1
Потребляемая мощность	20 Вт

МАРКИРОВКА ТРАНСПОНДЕРОВ

Расшифровка маркировки:

- TQ - - D10- - Mxx- - B - - DP - - 40 - - S1 -

- TQ - **TD** - два транспондера

TQ - четыре транспондера

TO - восемь транспондеров

- D10 - **10** - до 10 Гбит/с на канал

D10 - до 10 Гбит/с на канал,
резервирование 1+1 OLP

- Mxx - **Mxx** - встроенный MUX/DEMUX

пусто - без встроенного мультиплексора

- B - **B** - разрыв в линейном тракте, с оптическими
разъемами для подключения внешних усилителей

V - встроенный перестраиваемый аттенюатор

пусто - в линию идет сигнал с транспондера

- DP - **DP** - 2 x SFP+; **QP** - 4 x SFP+; **OP** - 8 x SFP+

- 40 - **40, 80** - расстояние в км

- S1 - **S1** - передача в линию по одному волокну
(устройство 1)

S2 - передача в линию по одному волокну
(устройство 2)

пустое - передача в линию по паре волокон

Транспондер TD-10E. Передача клиентских сигналов 10 Гбит/с в DWDM-канале с SuperFEC

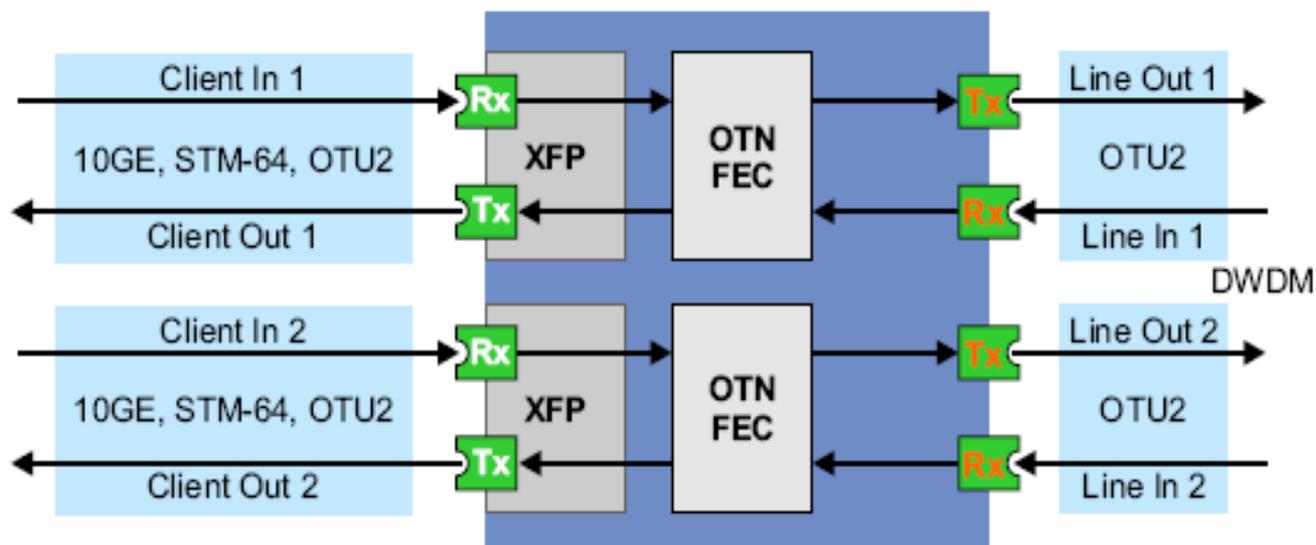


ВОЗМОЖНОСТИ:

- Передача 1/2 клиентских сигналов 10GE, STM-64, OTU2
- Линейный интерфейс OTN OTU2
- SuperFEC G.975 I.7 с избыточностью до 25% либо FEC G.709
- Перестраиваемый в C-диапазоне лазер
- До 96 каналов с шагом 50 ГГц
- Возможность 1+1 резервирования для линейных и кольцевых DWDM-систем
- $OSNR_T \geq 9,0$ дБ (0,1 нм, BER = 10^{-12})

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ:

Сдвоенный транспондер TD-10 производит 3R-регенерацию клиентского оптического сигнала 10 Гбит/с и передает в оптический DWDM-канал. Перестраиваемый по длине волны лазер позволяет организовывать в C-диапазоне до 96 каналов с шагом 50 ГГц. Транспондер TD-10 не использует алгоритмы коррекции ошибок. Транспондер TD-10F использует алгоритм коррекции ошибок стандарта FEC G.709. Транспондер TD-10E использует алгоритм коррекции ошибок SuperFEC стандарта ITU G.975 I.7.

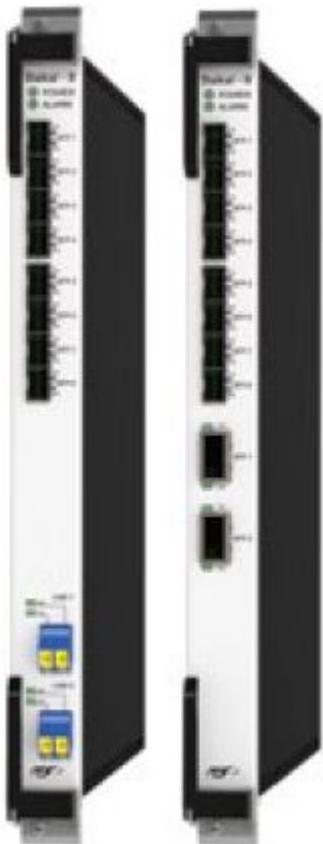


Исполнение TD-10

Оптические характеристики

Параметр	TD-10	TD-10F	TD-10E
Скорость линейного интерфейса		11,10 Гбит/с	
Стандарты клиентских интерфейсов		10GE, STM-64, OTU2	
Выходная мощность		< +4 дБм	
Диапазон рабочих длин волн передатчика		1528–1565 нм	
Чувствительность приемника станд./повышенная		-24 дБм	
Перегрузка приемника		-5 ... -3 дБм	
Стандарт коррекции ошибок	отсутствует	FEC G.709	SuperFEC ITU G.975 I.7

Мультиплексор - агрегатор MS-D10E. Передача до 8 клиентских сигналов в DWDM-канале OTU2 с SuperFEC

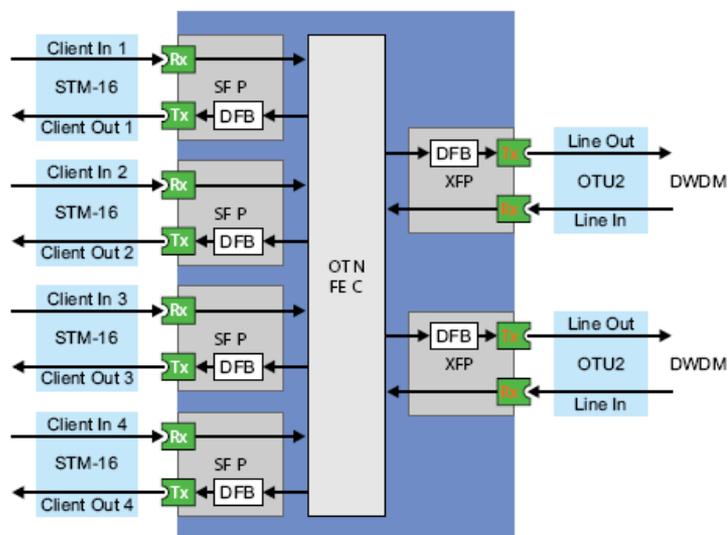


ВОЗМОЖНОСТИ:

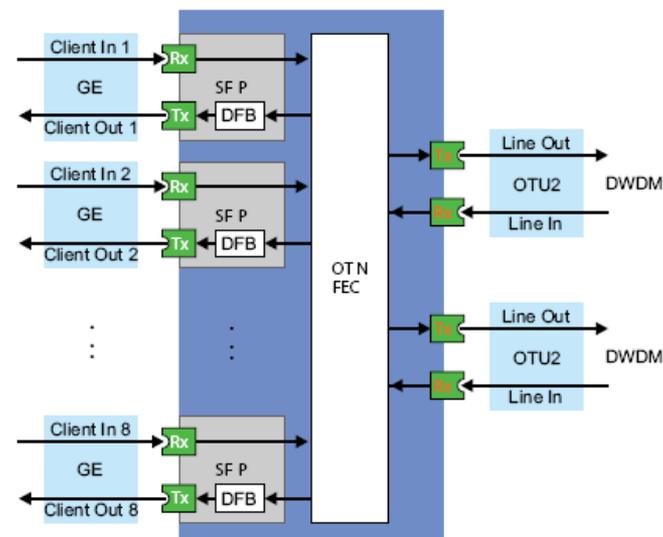
- Передача клиентских сигналов GE, SDH STM-1/4/16
- Агрегация 4xSTM-16, 8xGE или сочетание каналов
- с суммарной полосой до 10 Гбит/с
- Линейный интерфейс OTN OTU2, 10,7 Гбит/с
- Коррекция ошибок SuperFEC G.975 I.7 или G.709
- Оптический линейный выход в виде DWDM XFP-модуля или перестраиваемый лазер в C-диапазоне
- До 96 каналов с шагом 50 ГГц
- Два линейных порта XFP или C-BAND tunable

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ:

Блок агрегатора MS-10FX объединяет 8 клиентских потоков Gigabit Ethernet, 4 клиентских потока SDH STM-16 или произвольное сочетание каналов в один линейный поток OTN OTU2, 10,7Гбит/с. Агрегатор выполняет 3R-регенерацию сигнала и осуществляет коррекцию ошибок G.709 или SuperFEC G.975. Линейный интерфейс агрегатора выполнен в виде XFP-модуля или в виде перестраиваемого оптического лазера.



Исполнение MS-D10FX-Q3F/01



Исполнение MS-D10F-Q3F/01

Оптические характеристики

Параметр	MS-D10FX-01	MS-D10F-Q3E
Линейный интерфейс, скорость передачи	2*OTU2, 10,7 Гбит/с	
Количество клиентских интерфейсов	8	4/8
Стандарты клиентских интерфейсов	GE/STM-4	4*(STM-16/OTU1 или 2*GE, STM-4)

Транспондер TD-3. Передача клиентских сигналов до 2,67 Гбит/с в DWDM-канале

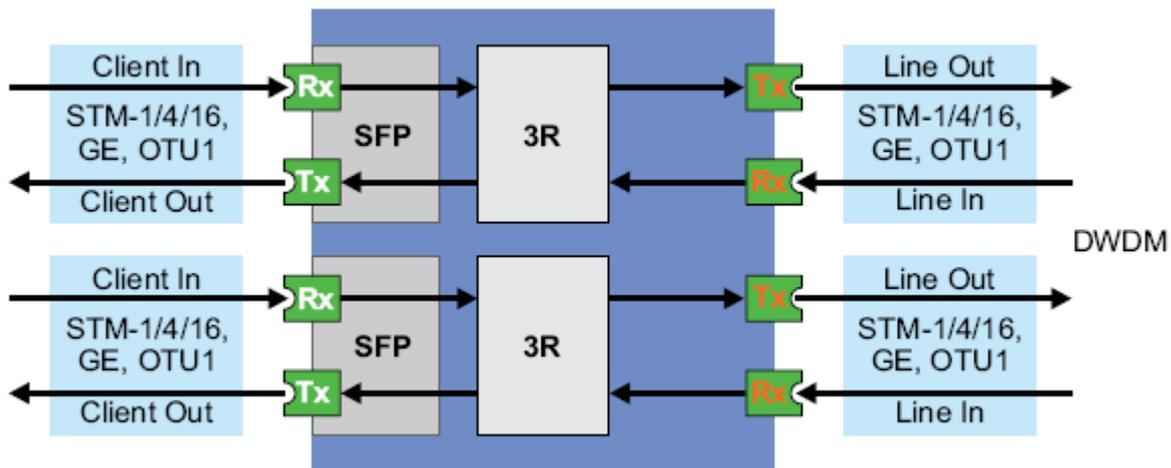


ВОЗМОЖНОСТИ:

- Передача клиентских сигналов GE, STM-1/4/16, OTU1
- До двух транспондеров в одном блоке
- Перестраиваемый лазер в C-диапазоне
- До 96 каналов с шагом 50 ГГц

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ:

Сдвоенный транспондер TD-3F производит 3R-регенерацию клиентского оптического сигнала и преобразует длину волны в оптический DWDM-канал. Транспондеры прозрачно пропускают клиентские сигналы в форматах STM-1/4/16, GE и другие сигналы с полосой от 0,1 до 2,67 Гбит/с.



Структура сдвоенного транспондера TD-3

Оптические характеристики

Параметр	TD-3F
Скорость линейного интерфейса	0,1–2,67 Гбит/с
Стандарты клиентских интерфейсов	GE, SDH STM-1/4/16, STM-1/4/16 FEC
Выходная мощность	-2; +3,5 дБм
Диапазон рабочих длин волн передатчика	1528–1565 нм
Чувствительность приемника стандартная/повышенная	-18дБм
Перегрузка приемника	+0 дБм

Мукспондер - агрегатор MD-D3FS. Передача 2 клиентских каналов GE в DWDM-канале OTU1 с SuperFEC

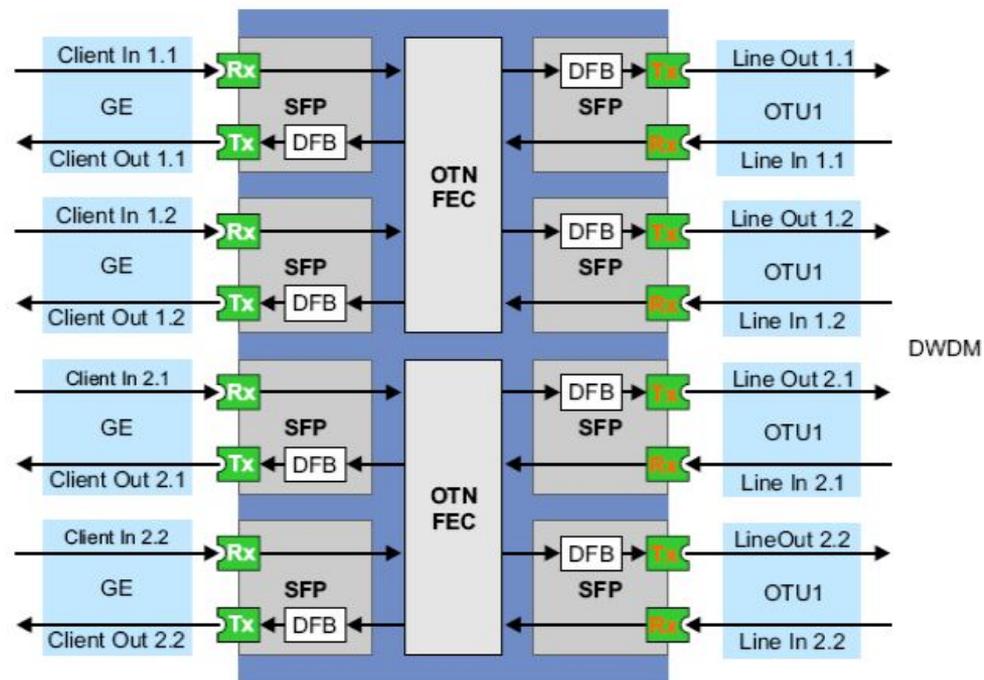


ВОЗМОЖНОСТИ:

- Передача клиентских сигналов GE
- Линейный интерфейс OTN OTU1, 2,67 Гбит/с
- Резервирование линейного интерфейса
- Удобен для организации 1+1 и кольцевого резервирования
- Коррекция ошибок FEC G.709
- Два агрегатора в одном блоке

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ:

Блок агрегатора MD-D3FS объединяет 2 клиентских потока Gigabit Ethernet в линейный поток OTN OTU1. Агрегирующий транспондер выполняет 3R-регенерацию и осуществляет коррекцию ошибок FEC G.709. Два агрегатора скомпонованы в одном блоке. Линейный интерфейс агрегатора выполнен в виде SFP модуля. Для передачи данных через DWDM-сеть может быть установлен DWDM SFP.



Структура агрегатора MD-D3FS

Оптические характеристики

Параметр	MD-D3FS-S3/D1
Скорость передачи линейного интерфейса	2,67 Гбит/с OTU1
Количество клиентских интерфейсов	4
Стандарты клиентских интерфейсов	GE, STM-1/4/16

Блоки управления и служебной связи CM-2G-3F. Контроль и управление блоками «Волга», а также для организации коммутируемых соединений в сети управления оборудованием DWDM



- Блок управления + Ethernet Switch - CM-2G-3F имеет 2 порта SFP GE для оптических служебных каналов, 3 порта 10/100Base-T. Обеспечивает управление блоками установленными в шасси.
- Блок управления в режиме реального времени контролирует оборудование DWDM «Волга» и передает информацию в сетевую систему управления.
- Служебные Ethernet-коммутаторы служат для построения сети служебной связи. 2 порта SFP используются для организации выделенных служебных каналов на скорости GE. 3 порта 10/100Base-T служат для организации: голосовой VoIP связи, работы локальных терминалов, объединения нескольких платформ, подключения метрологического оборудования. Коммутаторы поддерживают стандарт RSTP для разрешения конфликтов сети в кольцевых и сложных структурах.

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ CM-2G-3F

Основные характеристики

Параметр	CM-2G-3F
Число портов SFP GE	2
Число портов 10/100Base-T	3
Коммутационная матрица	Неблокируемая коммутация
Таблица MAC-адресов	8000 записей
Скорость передачи	10 Мбит/с – 1 Гбит/с
Буфер данных	1 МБ
Поддерживаемые протоколы	STP, RSTP
Соответствие стандартам	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3z, ANSI/IEEE 802.3, IEEE 802.1d-2004
Поддержка управления	Поддержка протокола SNMP

Оптические волоконные усилители EA и RA. Линейка оптических усилителей включает в себя предусилители, бустеры и линейные эрбиевые усилители (EA), а также рамановские усилители (RA) мощностью до 2 Вт

ВОЗМОЖНОСТИ:

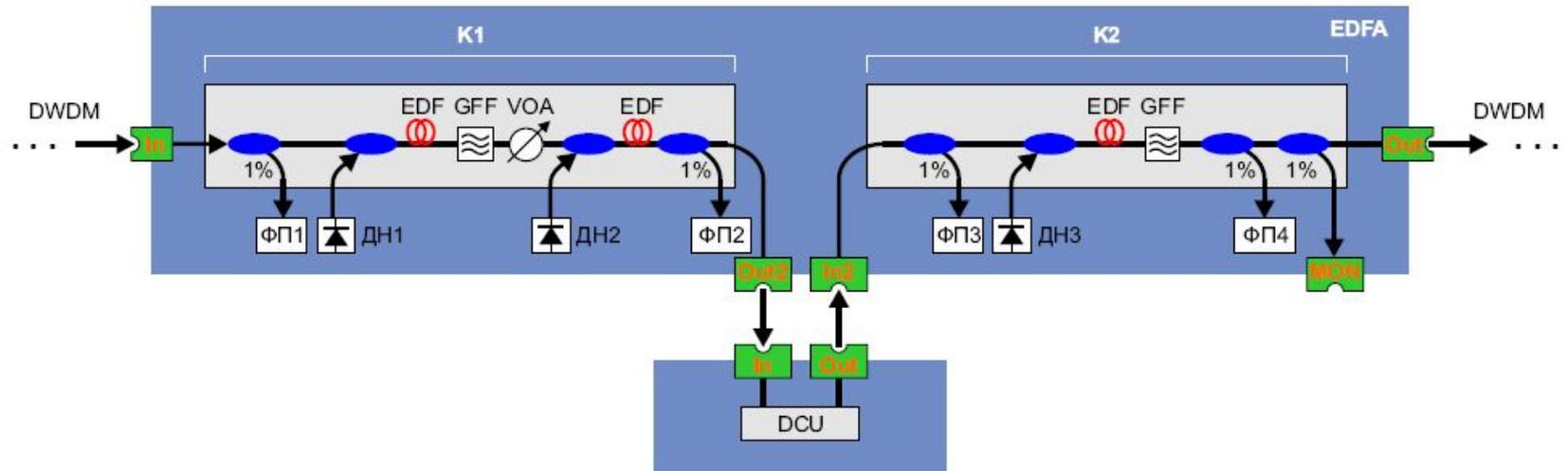
- 1, 2 и 3-х каскадные усилители EDFA
- Контроль переходных процессов при добавлении каналов
- Низкий шум-фактор
- Равномерный спектр усиления в C-диапазоне
- Рамановские усилители с мощностью накачки до 2 Вт (33 дБм)
- Режимы стабилизации выходной мощности и коэффициента усиления

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ:

Эрбиевые усилители увеличивают мощность оптических сигналов без оптоэлектронного преобразования. Блоки усилителей имеют от одного до трех каскадов усиления. Предусмотрена возможность межкаскадного доступа для подключения компенсаторов дисперсии. Использование фильтров GFF обеспечивает равномерный спектр усиления в C-диапазоне. Использование встроенного управляемого аттенюатора позволяет регулировать коэффициент усиления.



Функциональная схема трехкаскадного усилителя EDFA



Оптические характеристики

Параметр	Линейные и предварительные усилители СЗ-диапазона
Спектральный диапазон	1528–1565 нм
Выходная мощность	10–25 дБм
Число каскадов усиления	1–3
Число выравнивающих GFF фильтров	1–2
Спектральная неравномерность на 10 дБ усиления	0,5 дБ
Диапазон регулировки мощности	0–10 дБ

Технические характеристики EDFA

№	Параметр	Обоз-нач.	Мин.	Тип.	Макс.	Ед. изм.
1	Тип усилителя		DWDM			
2	Поляризация		случайная			
3	Максимальная выходная оптическая мощность ($P_{in}=0$ дБм, $\lambda=1550$ нм) - EA-16 - EA-18 - EA-20 - EA-23	$P_{out\ max}$			+16 +18 +20 +23	дБм

Технические характеристики EDFA (продолжение)

	- EA-25				+25	
4	Диапазон входной оптической мощности	P_{in}	-25	0	+10	дБм
5	Спектральный диапазон - С3	λ	1528		1565	нм
6	Оптимальный коэффициент усиления*	G_{op}	11		18	дБ
7	Спектральная неравномерность ($G=G_{op}$) - С3 с GFF фильтром ($\lambda=1529-1564$ нм)	$\Delta G_{op}/G_{op}$		1		дБ/ дБ
8	Шум-фактор ($P_{in}=0$ дБм, $\lambda=1550$ нм) - стандартный (без межкаска. доступа)	NF		6.1	10	дБ
9	Нестабильность выходной мощности: - долговременная (за 8 час), - кратковременная (за 60 сек)	$\Delta P(t)$			5.0 2.5	%
10	Входная, выходная развязка		35			дБ
11	Входные, выходные обратные потери	RL	35			дБ
12	Поляризационная модовая дисперсия ($P_{in}=0$ дБм)	PMD		0.7	1.5	пс
13	Поляризационная чувствительность ($P_{in}=0$ дБм, $\lambda=1550$ нм)	PDG			0.3	дБ
14	Остаток мощности накачки на входе и выходе ($P_{in}=0$ дБм, $\lambda=1550$ нм)				-30	дБм

Технические характеристики EDFA (продолжение)

Энергопотребление						
16	Напряжение питания				+12,+3.3	В
17	Максимальная суммарная потребляемая мощность				20	Вт
Другие параметры						
18	Коэффициент отражения от входов и выходов				-27	
19	Масса				0.95	кг
20	Габаритные размеры, ШИР×ВЫС×ДЛИНА				24×297×350	мм

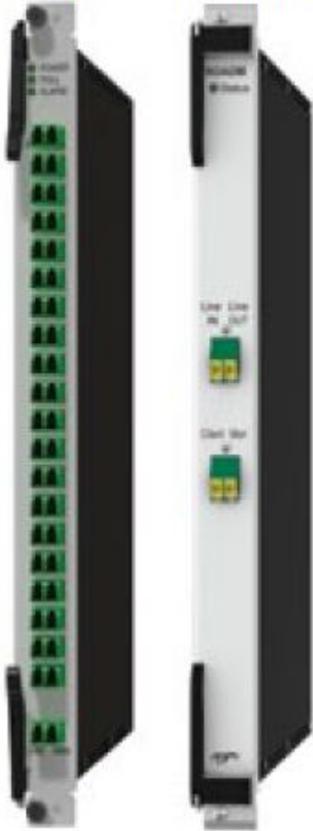
* Оптимальный коэффициент усиления G_0 задается отдельно для каждого усилителя.

Электропитание изделия осуществляется через внутреннюю шину шасси от двух блоков питания PS в режиме «горячего» резервирования.

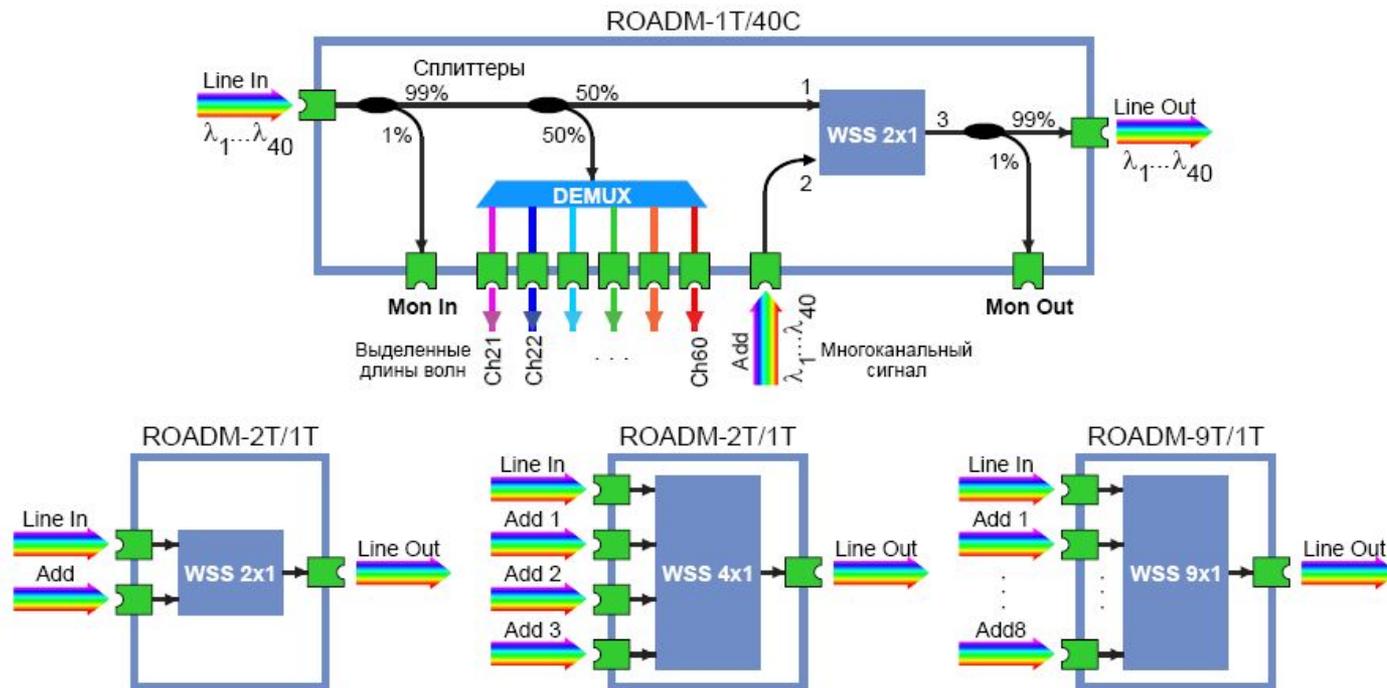
Потребляемая мощность – не более 20 Вт.

Перестраиваемые мультиплексоры ROADM. Гибкий вывод каналов для апгрейда сети и резервирования

ROADM Эквалайзер



- Перестраиваемые мультиплексоры ROADM-1T/40C и ROADM-xT/1T ($x=2,4,9$) предназначены для гибкого перенаправления оптических каналов на крупных сетевых узлах терминирувания и кросс-коммутации. Мультиплексор ROADM-1T/40C предназначен для выделения отдельных оптических каналов из входного линейного DWDM-сигнала, а также селективное добавление клиентских каналов в выходной линейный DWDM-сигнал. Мультиплексоры ROADM-xT/1T ($x=2,4,9$) предназначены для выборочного объединения каналов из соответственно двух, четырех и девяти входных линейных DWDM-сигналов в один выходной DWDM-сигнал.
- Оптический эквалайзер имеет один DWDM-вход и один DWDM-выход. Все мультиплексоры осуществляют поканальную регулировку мощности сигнала встроенными оптическими аттенюаторами через сетевую систему управления. На всех блоках ROADM реализован механизм WSS резервирования, который позволяет по сигналу системы управления, перестроить путь оптического канала по другому маршруту. Данная технология позволяет выполнять резервирование высокоскоростных каналов 100G и 40G с минимальными затратами. Время перестройки маршрута составляет менее 40 секунд.



Структуры ROADM для промежуточной станции

Оптические характеристики

Параметр ROADM	1T/40C	2T/1T	4T/1T	9T/1T
Интервал между каналами	100 ГГц		50 ГГц	
Число каналов входных/ выходных	40 / 40	96×2 / 96	96×4 / 96	96×9 / 96
Диапазон частот	192,10...196,00 ГГц		191,30...196,05 ТГц	
Потери в канале Line In – Line Out	10 дБ	6,5 дБ		7,5 дБ
Потери в канале, состояние «add»	6,5 дБ	6,5 дБ		7,5 дБ
Потери в канале, состояние «drop»	9,5 дБ	---	---	---
Потери в канале, состояние «blocked»	44 дБ			40 дБ
Диапазон регулировки аттенюатора		15 дБ		
Шаг перестройки аттенюатора		0,1 дБ		
Время переключения канала		250 мс		
Время переключения аттенюатора		≤ 50 мс		

Компактная 100G DWDM-система 10*10 Гбит/с. Передача 10 клиентских сигналов 10 Гбит/с в DWDM-канале 100 Гбит/с с SoftFec



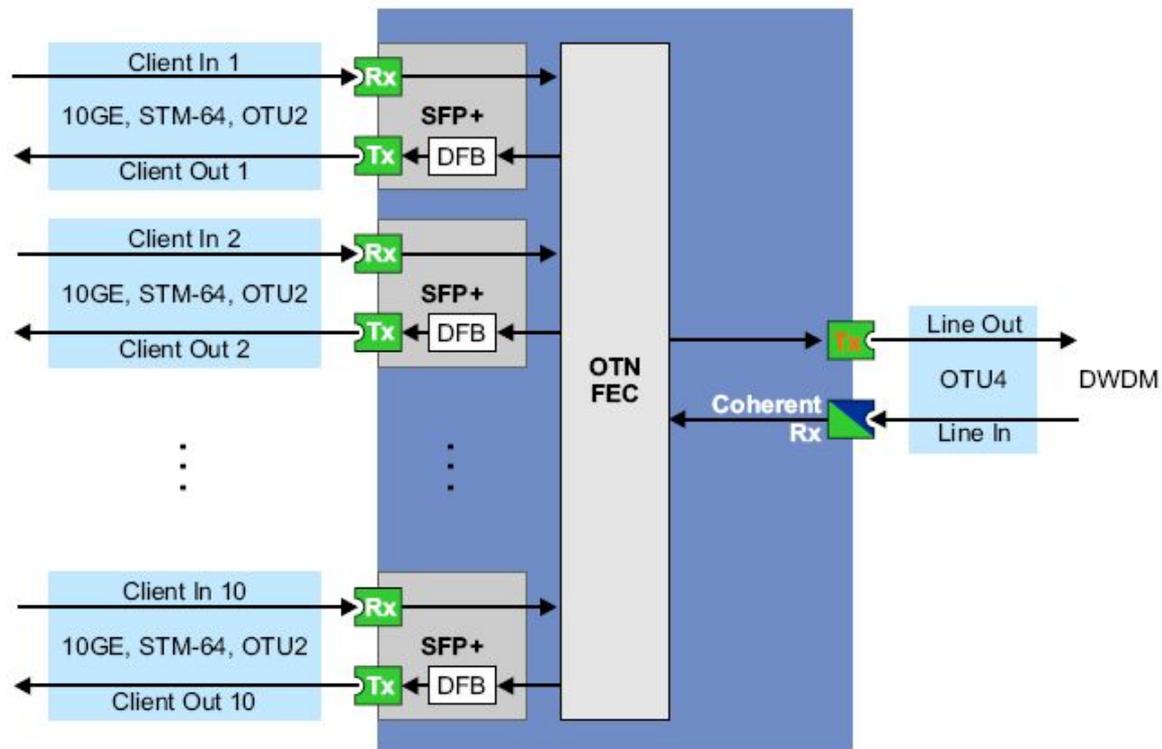
Компактная 100G DWDM-система 10*10 Гбит/с. Передача 10 клиентских сигналов 10 Гбит/с в DWDM-канале 100 Гбит/с с SoftFec

ВОЗМОЖНОСТИ:

- Передача 10-ти клиентских сигналов 10GE, STM-64, OTU2, Fiber Channel
- Линейный интерфейс OTU4, 120 Гбит/с
- Когерентный формат модуляции DP-QPSK
- Перестраиваемый в C-диапазоне лазер
- До 96 каналов с шагом 50 ГГц
- Коррекция ошибок SoftFEC
- Автоматическая коррекция дисперсии до 70000 пс/нм
- OSNRT = 12,5 дБ (0,1 нм, BER = 10⁻¹²)

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ:

Система V1-MS-100E-T10 объединяет 10 клиентских сигналов 10 Гбит/с и передает их в одном 100G DWDM-канале. Изменять тип клиентского протокола можно в любом из 10 каналов без остановки линейного трафика. Мукспондер выполняет 3R-регенерацию, преобразует данные в формат OTN OTU4 и использует мощный алгоритм коррекции ошибок SoftFEC. Передача данных осуществляется на стабилизированной длине волны в соответствии с частотной сеткой DWDM. Перестраиваемый по длине волны лазер позволяет организовывать в C-диапазоне до 96 DWDM-каналов с шагом 50 ГГц.



Структура компактной системы DWDM

Оптические характеристики

Параметр	Значение
Линейный интерфейс, скорость передачи в линии / нагрузка	OTU4, 120 / 103 Гбит/с
Выходная мощность	-5 ... 0 дБм
Диапазон рабочих длин волн передатчика	1528,7–1567,1 нм
Чувствительность приемника (BER=10 ⁻¹²)	-18 дБм
Перегрузка приемника (BER=10 ⁻¹²)	0 дБм
OSNR _T (0,1 нм, BER=10 ⁻¹²)	12,5 дБ

Компактная DWDM-система 8 каналов по 10 Гбит/с. Передача 8-ми клиентских сигналов по 10 Гбит/с



Компактная DWDM-система 8 каналов по 10 Гбит/с. Передача 8-ми клиентских сигналов по 10 Гбит/с

ВОЗМОЖНОСТИ:

- Клиентские интерфейсы STM-64, 10GE, OTU2
- Опционально поддержка Fibre Channel 1/2/4/8/10 GFC
- Встроенный или внешний DWDM-мультиплексор
- Возможность резервирования линии
- До восьми DWDM-каналов 10G
- Резервирование блоков питания
- Канал управления на выделенной длине волны
- Компактный моноблок 1U, 19"

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ:

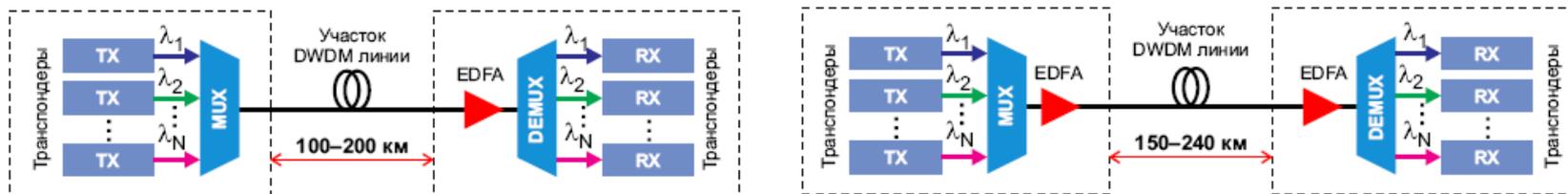
Система позволяет организовать до 8 дуплексных DWDM-каналов. Аппаратура производит 3R-регенерацию сигнала, преобразование в спектральные каналы и их объединение в групповой DWDM-сигнал с помощью встроенного (либо внешнего) оптического мультиплексора. В состав устройства входят: каналообразующий блок DWDM, блок управления, два блока питания и блок вентиляторов. Перестраиваемые по длинам волн во всем C-диапазоне лазеры позволяют создавать более гибкие решения. Устройства V1-TQ-10Mxx-QP и V1-TO-10Mxx-OP со стороны клиентских интерфейсов оснащаются соответственно четырьмя и восемью модулями SFP+ на скорость 10 Гбит/с.

Технические характеристики:

- Число клиентских каналов: 4 или 8
- Число линейных направлений: 1 или 2 (резервирование 1+1)
- Дальность передачи до 80 км
- Два блока питания: 36–72В DC
- Энергопотребление до 60 Вт
- Сетевая система управления «Фрактал»
- Блок управления оснащен коммутатором Ethernet, 2 x SFP GE, 3 x RJ-45 Fast Ethernet

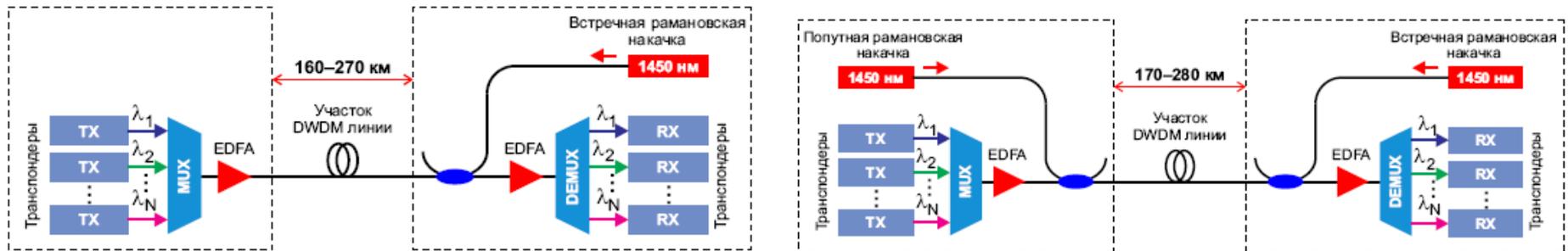
Варианты применения оборудования ВОЛГА: протяженные оптические линии с оптическим усилением (усилители эрбиевые)

Наиболее экономичны решения с эрбиевыми усилителями (EDFA). Одновременное использование усилителя мощности и предусилителя позволяет передать 16 оптических каналов на расстояние до 220 км и 40 каналов на расстояние до 200 км.



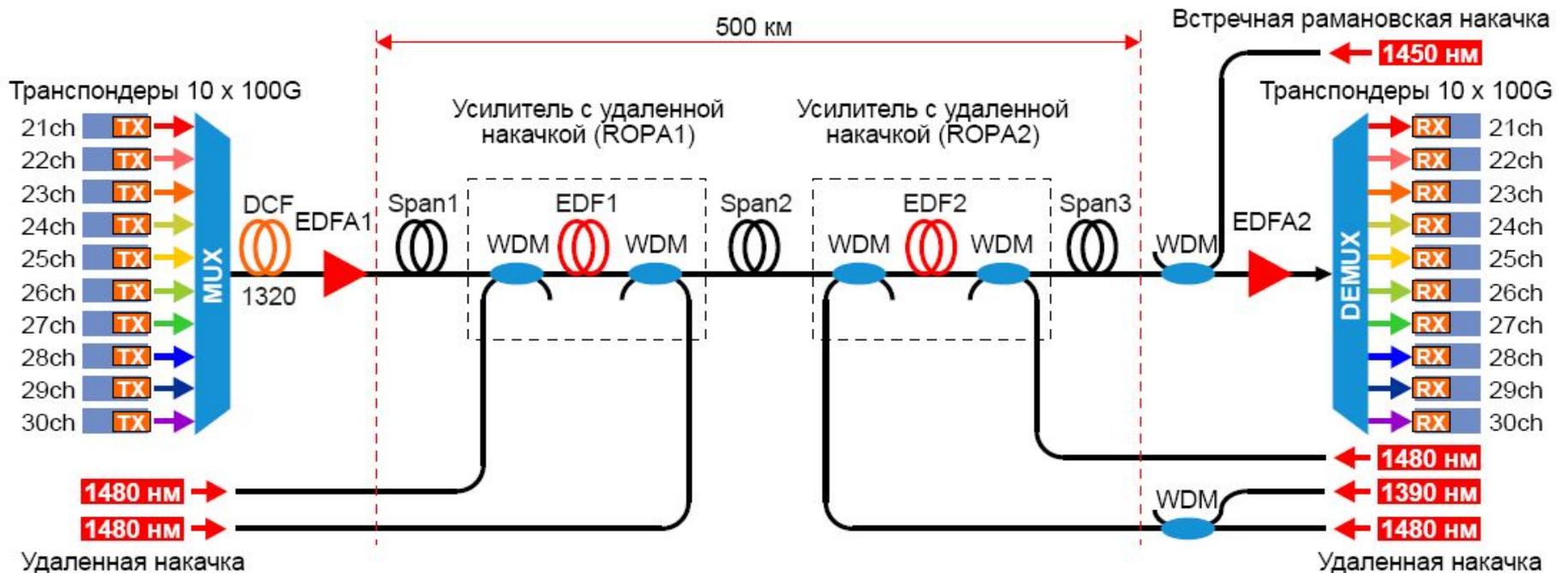
Варианты применения оборудования ВОЛГА: протяженные оптические линии с оптическим усилением (усилители Рамана)

Использование блоков Рамановских усилителей в дополнение к усилителям EDFA передачи и приема позволяет организовать передачу оптических каналов на длину пролета 250–350 км в системах до 16 оптических каналов. При длине пролета 250 км возможна передача 40 каналов.



Варианты применения оборудования ВОЛГА: протяженные оптические линии с оптическим усилением (усилители ROPA)

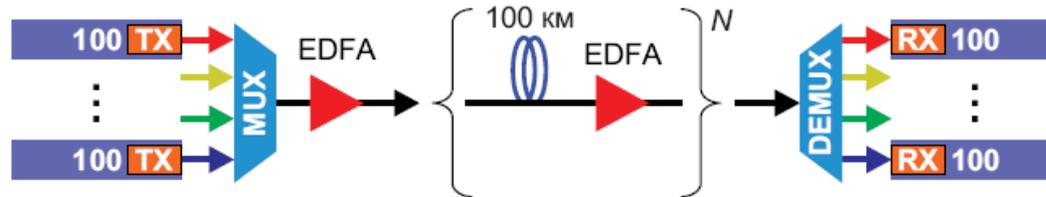
Сверхдлинные участки DWDM линии. Используется технология ROPA (remote optical pumped amplifier) – удаленная накачка волокна, легированного эрбием (EDF). Накачка осуществляется по отдельному волокну. В лаборатории «Т8» успешно прошли испытания системы передачи 10*100 Гбит/с каналов в сверхдлинной однопролетной волоконно-оптической DWDM-линии. Дальность передачи составила 500 км, что является отраслевым мировым рекордом на однопролетном участке.



Многопролетные DWDM-линии с когерентными транспондерами TS-100E и MS-100E-T10. Благодаря использованию формата DP-QPSK и коррекции ошибок на основе алгоритмов мягкого принятия решений SoftFEC с избыточностью 15% достигнуто рекордно низкое значение требуемого OSNR в транспондерах 100 Гбит/с, равное 12,5 дБ. Упрощенная схема односторонней передачи.

Новое поколение когерентных DWDM-систем без компенсации дисперсии

Использование когерентных транспондеров снимает необходимость установки на линии компенсаторов дисперсии. Компенсация дисперсии осуществляется в приемнике транспондера при цифровой обработке сигнала.



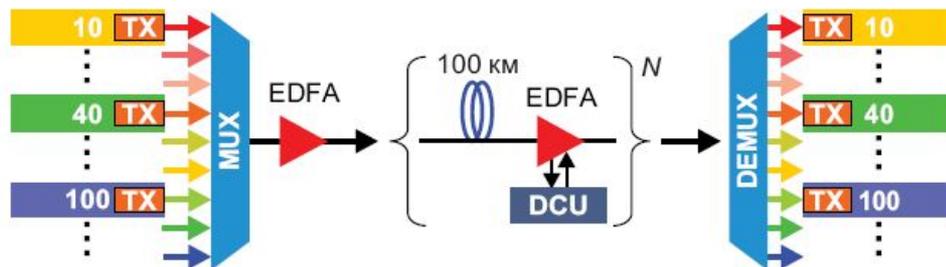
Обозначение

100 – Когерентные 100G транспондеры TS-100E, MS-100E-T10

Многопролетные DWDM-линии с когерентными транспондерами TS-100E и MS-100E-T10 (упрощенная схема односторонней передачи)

Транспондеры 100G в традиционных линиях связи с компенсацией дисперсии

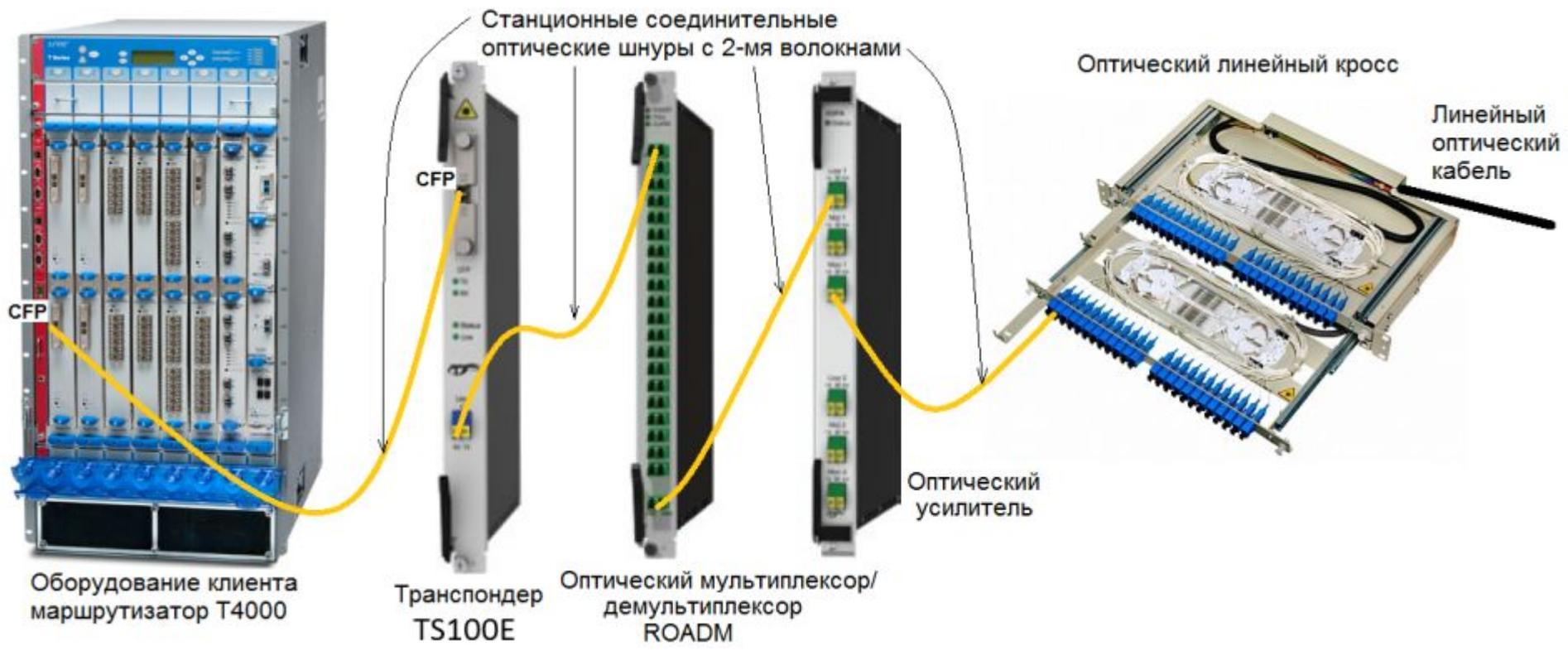
В действующих линиях связи используются компенсаторы дисперсии, установленные в промежуточных усилительных пунктах. Нарращивание пропускной способности наиболее экономично проводить постепенно, путем замены части DWDM-каналов на более скоростные. В течение значительного времени возможно сосуществование каналов с разной скоростью и разными форматами модуляции: 10G NRZ, 40G DPSK, 100G DP-QPSK. В таких конфигурациях необходимо использовать периодическую компенсацию дисперсии. В «Т8» проведены исследования работоспособности каналов 100G в линиях с компенсацией дисперсии и разнородными каналами. При передаче на расстояние 1600 км запас по OSNR составил 7,5 дБ.



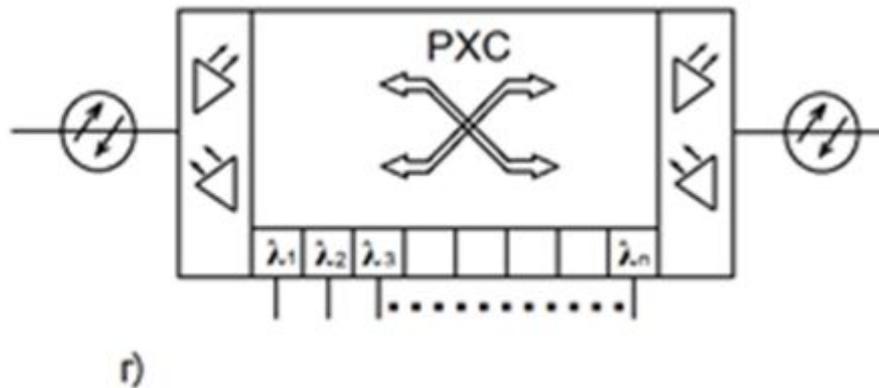
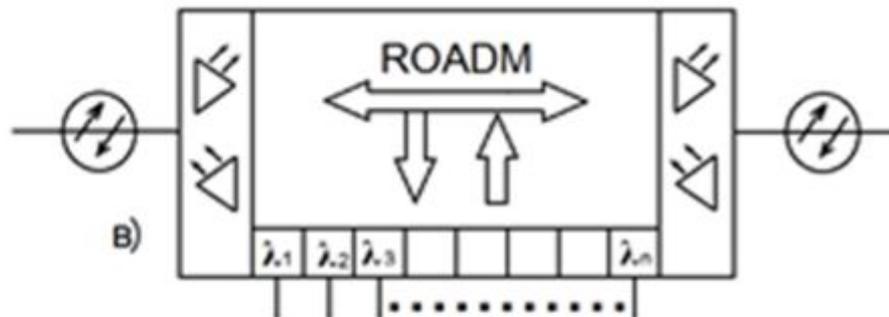
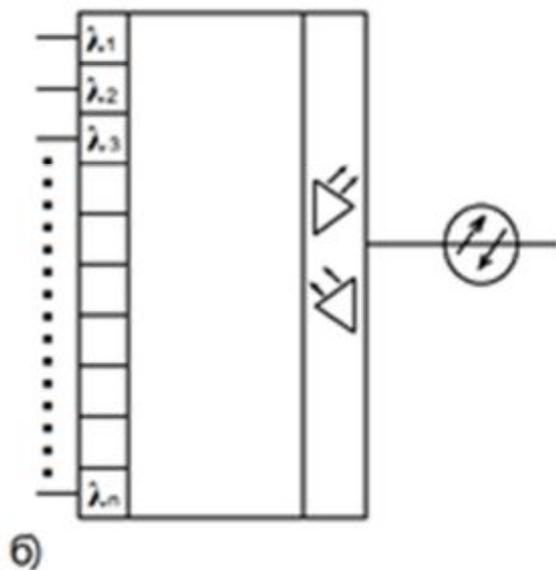
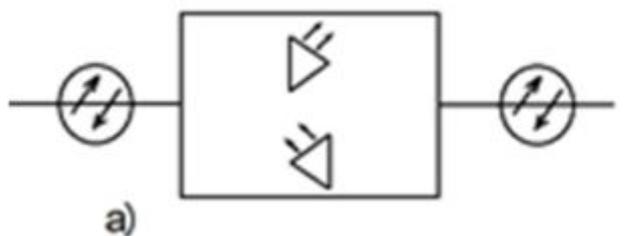
Обозначения

- 10** – 10G транспондеры TD-10, MS-10FX
- 40** – 40G транспондеры TS-40E, MS-40E-Q10
- 100** – Когерентные 100G транспондеры TS-100E, MS-100E-T10
- DCU** – Компенсатор дисперсии

Схема соединений оборудования DWDM T8 с оборудованием клиента транспортной оптической сети



Примеры обозначений для схем организации связи в проектах оптических сетей: а) оптический усилитель (два направления передачи по отдельным волокнам); б) терминальный оптический мультиплексор (транспондер, мультиплексор, усилитель); в) ROADM; г) ROADM с функциями кроссовой оптической коммутации PXC



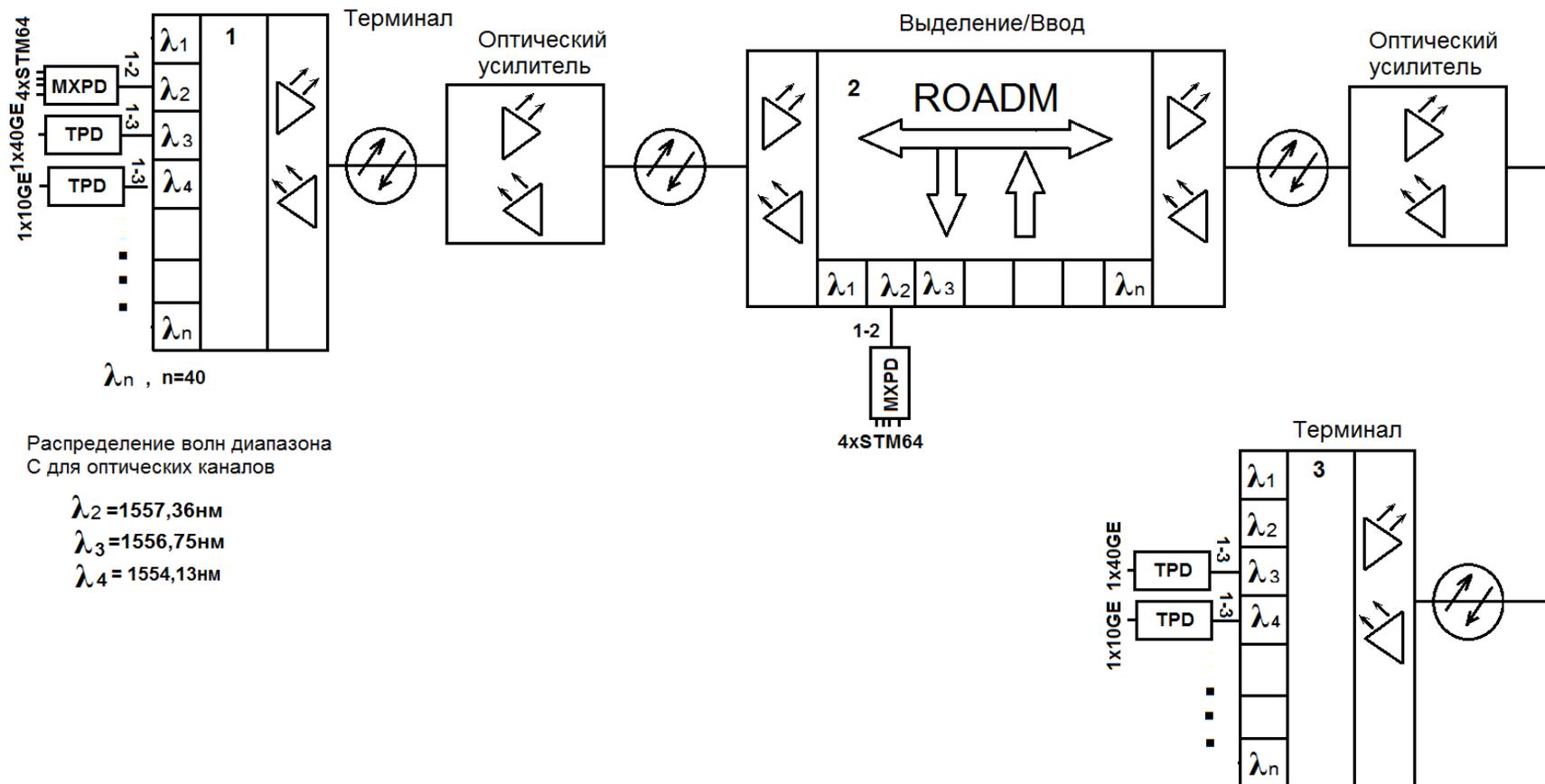
Развитие технологий DWDM компанией Т8

- 2013г – 250 каналов 100 Гбит/с с сеткой 33ГГц, 25 Тбит/с в C+L или 13 Тбит/с в C – полосе
- 2014г – Nyquist WDM, до 400 каналов 100 Гбит/с с сеткой 25 ГГц, 40 Тбит/с в C+L или 20 Тбит/с в C- полосе. Оптические суперканалы 1 Тбит/с – 10X100Гбит/с
- 2015/2016 г – 2XDP-16QAM 400Гбит/с, до 40 Тбит/с в C- полосе, дальнейшее расширение до 80 Т в C+L
- В перспективе модуль на скорость 25,6 Тбит/с

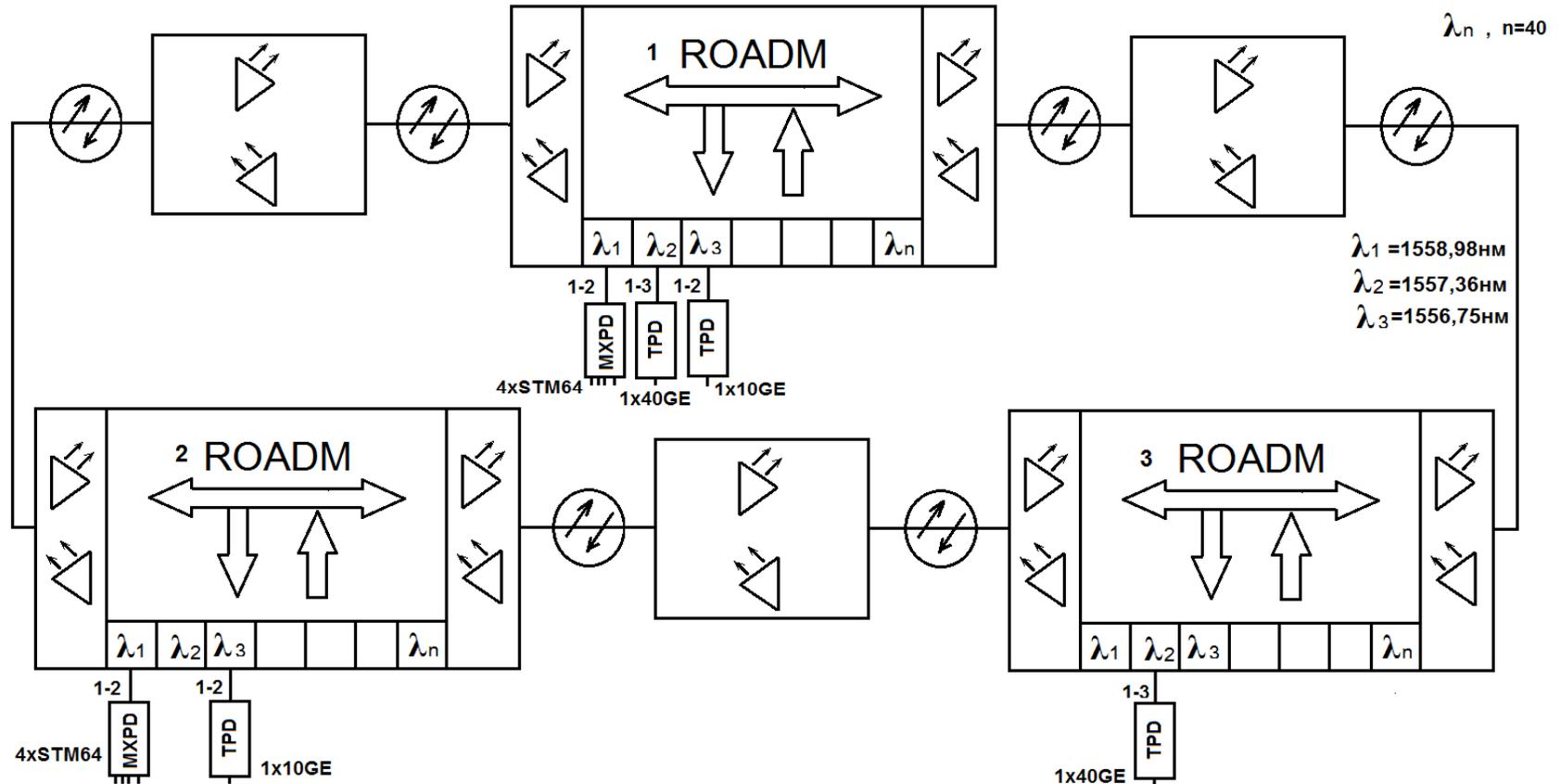
Задание: составить схему организации связи оптической транспортной сети с оборудованием Т8 ВОЛГА, предусмотрев комплектацию по варианту. Для каждой станции (оконечной, промежуточной) указать число транспондерных/мукспондерных карт(блоков), оптических усилителей, корзин под оборудование и оптических кроссов.

Параметры	Вариант соответствует последней цифре номера студ. билета или пароля									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Структура физической сети и число мультиплексоров термин/ввода-вывода (ROADM)	Линейн цепь	Кольцо	Линейн Цепь	Кольцо	Линейн цепь	Кольцо	Линейн цепь	Линейн Цепь	Кольцо	Линейн цепь
	2/2	0/5	2/3	0/4	2/3	0/5	2/2	2/4	0/4	2/3
Число и нагрузки оптических каналов по направлениям										
1-2	1×100Гб/с	1×400	1×100	4×STM256	10×10GE	4×100G	4×2,5Гб/с	4×100G	2×100G	8×10GE
1-3	4×10 Гб/с	1×40	10×10	2×100Гб/с	4×STM64	7×STM16	3×100Гб/с	8×STM16	5×10Гб/с	2×STM64
1-4	8×10 Гб/с	1×200	4×10	8×1GE	1×100G	9×1GE	10×STM64	10×1GE	11×10Гб/с	3×100G
1-5	-	2×100	1×200	-	12×1GE	2×40GE	-	4×40GE	-	16×1GE
1-6	-	-	-	-	-	-	-	1×400	-	-
Число оптических усилителей в секциях мультиплексирования	1	1	1	2	3	0	1	1	2	3

Пример упрощенной схемы организации связи в линейной оптической сети с различными спектральными каналами DWDM



Пример упрощенной схемы организации связи в кольцевой оптической сети с различными спектральными каналами DWDM



Контрольные вопросы по оборудованию ВОЛГА

(составьте краткие ответы по существу вопросов и занесите их в отчёт)

1. Сколько вариантов конструктивных исполнений имеет платформа ВОЛГА?
2. Чем отличаются варианты конструктивных исполнений?
3. Сколько спектральных каналов DWDM может поддерживать платформа ВОЛГА?
4. Какие клиентские интерфейсы поддерживает платформа ВОЛГА?
5. Чем обеспечивается гибкость и резервирование в платформе ВОЛГА?
6. Какой формат модуляции и вид детектирования поддерживается в блоке TS100E?
7. Почему блок TS100E может работать на одной из 96 волн?
8. Что особенного в приёмнике блока TS100E?
9. Какой энергетический потенциал у блока MS-400E?
10. Какое предельное значение OSNR у блока MS-400E?
11. Чем принципиально отличаются блоки MS100E-T10 от TS100E?
12. В чём особенности блоков MS100E-IB?
13. Чем принципиально отличаются блоки MS100E-T10-SH от MS100E-T10?
14. С какой целью в состав оборудования ВОЛГА включают блок CM-2G-3F?
15. Какие виды оптических усилителей предусмотрены в платформе ВОЛГА?
16. Сколько спектральных каналов можно выделять и вводить через ROADМ в платформе ВОЛГА?
17. Каких характеристик оборудования необходимы для выполнения оценочных расчётов диаграммы уровней оптического канала и расчётов OSNR?
18. Что должно отображаться на схеме организации связи в оптической сети?
19. Что входит в состав оптической секции мультиплексирования?
20. Какие виды оборудования оптической сети создают помехи в оптических каналах?