

Одобрена Советом ФЭС

Кафедра ЛС и ИТС

Методическая разработка к лабораторной работе №35
**«Измерение параметров каналов системы WDM
с помощью глаз-диаграммы»**

Курс «Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах»
специальность «МТС» 201000

Составили:

д.т.н., проф. Бурдин В.А.
к.т.н., доц. Баскаков В.С.
к.т.н., доц. Бурдин А.В.
к.т.н., доц. Косова А.Л.

Редактор:

д.т.н., проф. Андреев В.А.

Рецензент:

проф. Иванов В.И.

Самара
2004 г.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Приобретение практических навыков измерения основных параметров каналов цифровых систем передачи на примере анализа глаз-диаграмм цифровых сигналов на выходе линейного тракта ВОЛП на входе оптического де-мультиплексора системы WDM.

2. ЛИТЕРАТУРА

- 2.1 Бакланов И.Г. Методы измерений в системах связи. М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999. – с. 196.
- 2.2 Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. М.: САЙРУС СИСТЕМС, 1999. – 671с.
- 2.3 Оптические системы передачи: Учебник для вузов / Б.В. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалев, В.Б. Витевский, А.И. Сазер, В.П. Ильичев; под ред. В.И. Иванова. – М.: Радио и связь. – 1994. – 224 с.
- 2.4 Гауэр Дж. Оптические системы связи: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 504 с.
- 2.5 Убайдуллаев Р.Р. Протяженные ВОЛС на основе EDFA // Lightwave russian edition. – 2003 – №1. – стр. 22 – 28.
- 2.6 DWDM Performance and Conformance Testing Primer / Tektronix. – 2001. – 62 p.
- 2.7 Стариков Н.С. Q-фактор: новый подход к анализу качества цифровых систем передачи // Метрология и измерительная техника в связи. – 2002. - №5. – стр. 17 – 18.
- 2.8 DWDM: Today's test equipment for tomorrow's DWDM communication systems / Acterna. – 2002.
- 2.9 Keiser G. Optical Fiber Communications. McGraw-Hill, 2000.
- 2.10 www.VPIphotonics.com

3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

- 3.1 Изучить методику измерения глаз-диаграммы.
- 3.2 Изучить основы анализа и идентификации глаз-диаграммы.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 4.1 Построение глаз-диаграммы. Методика измерения.
- 4.2 Идентификация глаз-диаграммы.
- 4.3 Поясните термин «джиттер передачи данных».
- 4.4 Что такое глубина модуляции?
- 4.5 Что такое «коэффициент ошибок»?
- 4.6 Поясните термин «Q-фактор».

4.7 Порядок измерения Q-фактора.

4.8 В чем заключаются преимущества и недостатки измерения коэффициента ошибок через определение Q-фактора, по сравнению с традиционными методами?

4.9 Идентификация маски (шаблона) глаз-диаграммы. Назначение и область применения.

4.10. Стандартные маски глаз-диаграммы.

5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

5.1 Данная лабораторная работа разработана на основе приложения к [2.9], включающего в себя цикл демонстрационных программ, представляющих собой, т.н. «страницы динамических данных» (Dynamic Data Sheets - DDSTM), созданных с помощью интерактивных систем, таких, как, например, VPItransmissionMakerTM компании VPIsystems Corp. [2.10]. В свою очередь, приложения DDSTM воспроизводятся с помощью программы VPIplayerTM [2.10].

Для разработки данной лабораторной работы использовалось приложение DDSTM к гл. 11 – 12 [2.9] «Dispersion Managed Sections». Указанная программа демонстрирует эффект ослабления влияния хроматической дисперсии на искажение оптического сигнала за счет применения волокон, компенсирующих дисперсию (DCF – Dispersion Compensating Fiber).

5.2 Программа VPIplayerTM [2.10] предназначена для воспроизведения многофункциональных программ DDSTM интерактивного имитационного моделирования VPI систем. VPIplayerTM обеспечивает два режима работы:

- Интерфейс пользователя – эта часть программы включает в себя общий вид моделируемой схемы, позволяет пользователю изменять заданные параметры отдельных компонентов и запускать непосредственно сам процесс имитационного моделирования (рис. 5.1).
- Визуализаторы или оболочки приборов – эта часть программы представляет результаты моделирования исследуемой схемы в виде определенных характеристик, которые отображаются на экране оболочек соответствующих приборов. Например, спектральная характеристика оптического сигнала отображается на экране анализатора оптического спектра (OSA). В состав визуализатора входит набор стандартных команд, необходимых для анализа полученной характеристики. Например: масштабирование, управление маркерами и пр.

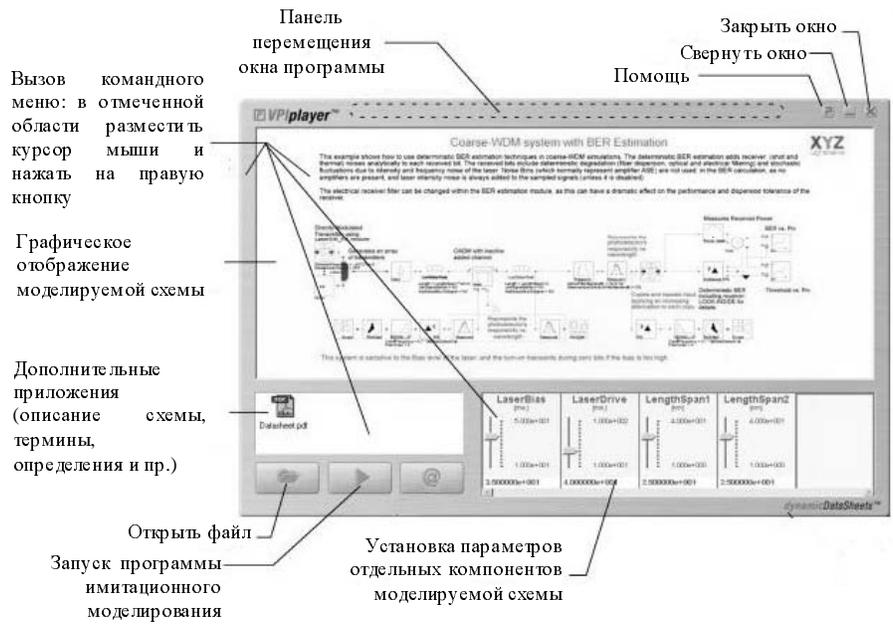


Рисунок 5.1. Интерфейс пользователя.

5.3 Установка параметров передачи компонентов схемы осуществляется следующим образом: необходимо подвести курсор к указателю на заданной шкале и, удерживая левую кнопку мыши, изменить его положение. Нажатие правой кнопки мыши в отмеченной области установки параметров вызывает команду «Set Default», последующее нажатие левой кнопки выполняет установку параметров по умолчанию.

5.4 Запуск процесса имитационного моделирования с последующим вызовом соответствующих визуализаторов осуществляется с помощью команды «Start Simulation» (рис. 5.1).

6. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

6.1 Данная лабораторная работа включает в себя анализ глаз-диаграммы одного из каналов 8-ми канальной системы WDM с частотным интервалом менее 50 ГГц и скоростью 10 Гбит/с в канале.

6.2 Структурная схема измерения глаз-диаграммы канала 8-ми канальной системы WDM представлена на рис. 6.1 и состоит из следующих компонентов: восемь источников оптического излучения (лазерные диоды - LD), 8-ми канальный оптический мультиплексор (MUX), оптические усилители (OA),

оптическое волокно (OB), волокно, компенсирующее дисперсию (DCF) и анализатор канала (Analyzer) [2.9].

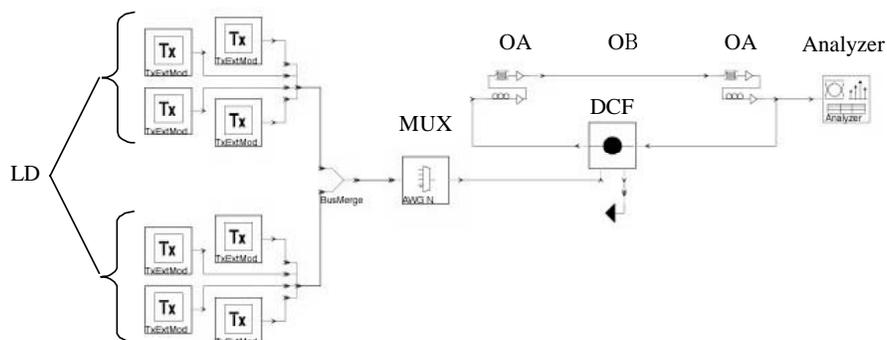


Рисунок 6.1. Схема измерений.

6.3 Перед запуском программы необходимо выполнить установку исходных данных (рис. 6.2): длину линейного тракта ВОЛП (SMFlength) 1...160 км, и коэффициент затухания OB (SMFattenuation) 0,2...0,4 дБ/км.

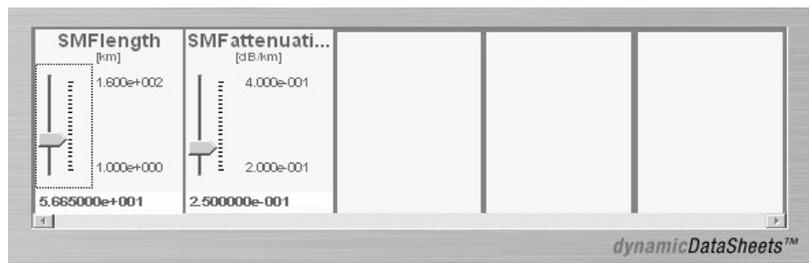


Рисунок 6.2. Исходные данные.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

7.1 Согласно номеру зачетной книжки, определить исходные данные (длина линии SMFlength, км, и коэффициент затухания SMFattenuation, дБ) к выполнению лабораторной работы по следующим формулам:

$$SMFlength = 160 - mn, \text{ км}, \quad (7.1.1)$$

$$SMFattenuation = 0,40 - 0,0n, \text{ дБ/км}, \quad (7.1.2)$$

где m и n – предпоследняя и последняя цифра номера зачетной книжки.

7.2 Выполнить установку исходных данных, запустить программу построения глаз-диаграммы первого канала 8-ми канальной системы WDM (см. п. 5.3, 5.4). По завершении программы автоматически появляется оболочка анализатора каналов в режиме анализатора оптического спектра (OSA), внешний вид которой представлен на рис. 7.1.

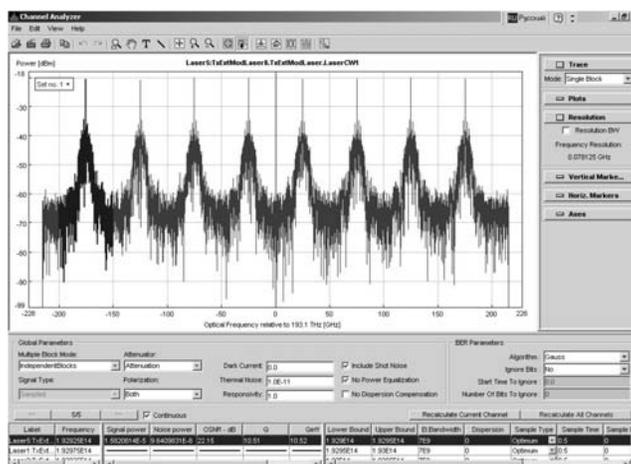


Рисунок 7.1. Внешний вид интерфейса анализатора каналов в режиме OSA.

7.3. Переключитесь в режим глаз-диаграммы, нажав клавишу «Eye» верхней панели управления (рис. 7.2). После этого общий вид интерфейса оболочки анализатора каналов в режиме глаз-диаграммы примет вид, представленный на рис. 7.3.



Рисунок 7.2. Включение режима глаз-диаграммы («Eye») анализатора каналов.

7.4. Для увеличения обзора исследуемой глаз-диаграммы отключите информационную таблицу расчета помехоустойчивости системы WDM отжав клавишу «Show/hide channel table panel» на верхней панели управления (рис. 7.4), после этого общий вид интерфейса оболочки анализатора каналов в режиме глаз-диаграммы примет вид, представленный на рис. 7.5.

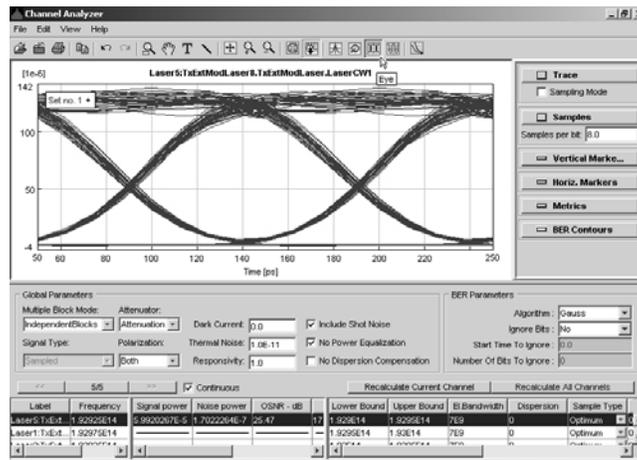


Рисунок 7.3. Внешний вид интерфейса анализатора каналов в режиме глаз-диаграммы «Eye».



Рисунок 7.4. Отключение информационной таблицы

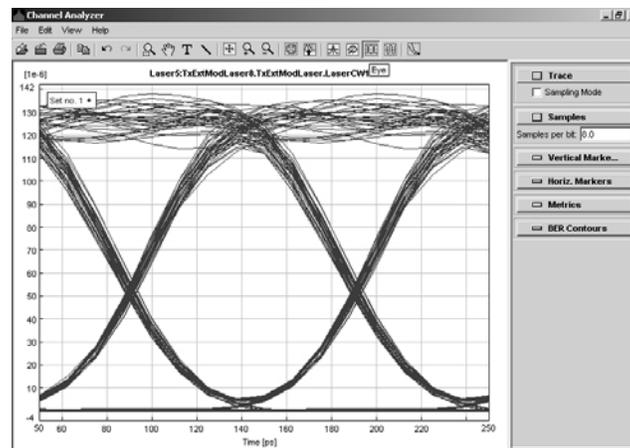


Рисунок 7.5. Внешний вид интерфейса оболочки анализатора каналов в режиме глаз-диаграммы «Eye» без информационной таблицы.

7.6 Предварительно, согласно схемам расстановки маркеров, представленным в Приложении 2, по полученной глаз-диаграмме выполните измерение перечисленных в табл. 7.1 энергетических параметров формы сигнала. Используйте операцию масштабирования, а также систему вертикальных/горизонтальных маркеров, управление которыми описано в п. 1, 2, 3 Приложения 1, соответственно. Измерение параметров, указанных в таблице 7.1, необходимо выполнить в точках исследуемой глаз-диаграммы $\varphi=\pi$, $\varphi=0$ и $\varphi=2\pi$ (рис. 7.4).

Таблица 7.1

№ п/п	Наименование параметра	Ед. изм.	Условное обозначение
1	Максимум амплитуды сигнала при передаче логической «1»	мВт	$E1_{\max}$
2	Минимум амплитуды сигнала при передаче логической «1»	мВт	$E1_{\min}$
3	Средняя мощность сигнала при передаче логической «1»	мВт	$E1$
4	Максимум амплитуды сигнала при передаче логического «0»	мВт	$E0_{\max}$
5	Минимум амплитуды сигнала при передаче логического «0»	мВт	$E0_{\min}$
6	Средняя мощность сигнала при передаче логического «0»	мВт	$E0$
7	Мощность сигнала по уровню 80% относительно $E1$	мВт	$E_{80\%}$
8	Мощность сигнала по уровню 20% относительно $E1$	мВт	$E_{20\%}$
9	Пороговый уровень принятия решения	мВт	E

Примечание.

Средняя мощность сигнала при передаче логической «1» оценивается как среднее арифметическое максимума $E1_{\max}$ и минимума $E1_{\min}$ амплитуды сигнала при передаче логической «1», соответственно:

$$E1 = \frac{E1_{\max} + E1_{\min}}{2}. \quad (7.6.1)$$

Аналогичным образом определяется и средняя мощность сигнала при передаче логического «0»:

$$E0 = \frac{E0_{\max} + E0_{\min}}{2}, \quad (7.6.2)$$

где $E0_{\max}$ и $E0_{\min}$ - максимум и минимум амплитуды сигнала при передаче логического «0», соответственно.

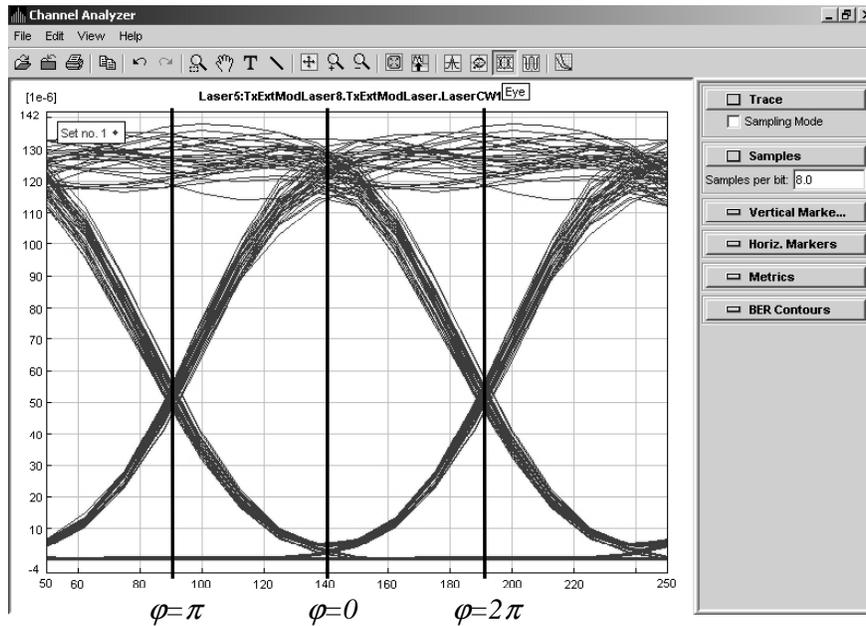


Рисунок 7.4. Точки глаз-диаграммы $\varphi=\pi$, $\varphi=0$ и $\varphi=2\pi$.

Мощность сигнала по уровню 80% $E_{80\%}$ определяется относительно средней мощности сигнала при передаче логической «1» $E1$:

$$E_{80\%} = 0,8 \cdot E1. \quad (7.6.3)$$

Соответственно, $E_{20\%}$ определяется относительно средней мощности сигнала при передаче логической «1» $E1$ по уровню 20%:

$$E_{20\%} = 0,2 \cdot E1. \quad (7.6.4)$$

Полученные результаты измерений сведите в табл. 7.2.

Таблица 7.2.

№ пп	Параметр	Ед. изм.	$\varphi=\pi$	$\varphi=0$	$\varphi=2\pi$
1	$E1_{\max}$	мВт			
2	$E1_{\min}$	мВт			
3	$E1$	мВт			
4	$E0_{\max}$	мВт			
5	$E0_{\min}$	мВт			
6	$E0$	мВт			
7	$E_{80\%}$	мВт			
8	$E_{20\%}$	мВт			
9	E	мВт			

7.7. Согласно схемам расстановки маркеров, представленным в Приложении 2, по полученной глаз-диаграмме выполните измерение перечисленных в табл. 7.3 параметров формы сигнала и характеристик самой глаз-диаграммы. Используйте операцию масштабирования, а также систему вертикальных/горизонтальных маркеров, управление которыми описано в п. 1, 2, 3 Приложения 1, соответственно.

Таблица 7.3

№ п/п	Наименование параметра	Ед. изм.	Условное обозначение
1	Интервал передачи символа	пс	T_S
2	Время нарастания фронта импульса по уровню 20% – 80%	пс	T_R
3	Время спада фронта импульса по уровню 80% – 20%	пс	T_F
4	Джиттер	пс	T_j
5	Раскрыв глаз диаграммы по амплитуде (высота зоны принятия решения)	мВт	E_{OH}
6	Раскрыв глаз диаграммы по времени (ширина зоны принятия решения)	пс	E_{OW}

Полученные в результате измерений параметры занесите в таблицу 7.4.

Таблица 7.4.

№ пп	Параметр	Ед.изм.	Значение
1	T_S	пс	
2	T_R	пс	
3	T_F	пс	
4	T_j	пс	
5	E_{OH}	мВт	
6	E_{OW}	пс	

Примечание.

При измерении T_R и T_S используйте значения $E_{20\%}$ и $E_{80\%}$ относительно E_I в точке глаз-диаграммы $\varphi=0$.

7.8. По результатам анализа глаз-диаграммы в точках $\varphi=\pi$, $\varphi=0$ и $\varphi=2\pi$ (рис. 7.4) рассчитайте параметры помехоустойчивости исследуемого канала системы WDM, перечисленные в таблице 7.5.

Таблица 7.5

№ п/п	Наименование параметра	Ед. изм.	Условное обозначение
1	Глубина модуляции (коэффициент гашения)	дБ	EX
2	Среднеквадратическое отклонение состояния логической «1»		σ_1
3	Среднеквадратическое отклонение состояния логического «0»		σ_0
4	Q-фактор		Q
5	Оптимальное значение порогового уровня принятия решения	мВт	E_{\min}
6	Коэффициент ошибок		BER

Результаты расчета сведите в таблицу 7.6.

Примечание.

Коэффициент гашения (EX – Extinction Ratio) является мерой оценки глубины модуляции источника оптического излучения передающего модуля ВОСП. EX является одной из составляющих, определяющих протяженность линейного тракта, обеспечивающей надежные передачу и прием сигнала. Глубина модуляции определяется как логарифм отношения средней мощности

сигнала при передаче логической «1» к средней мощности сигнала при передаче логического «0»:

$$EX = 10 \lg \left(\frac{E1}{E0} \right), \text{ дБ} \quad (7.8.1)$$

Таблица 7.6.

№ пп	Параметр	Ед. изм.	$\varphi=\pi$	$\varphi=0$	$\varphi=2\pi$
1	EX	дБ			
2	σ_1				
3	σ_0				
4	Q				
5	E_{\min}	мВт			
6	BER				

Q-фактор – это параметр, который непосредственно отражает качество сигнала цифровой СП. Существует определенная функциональная зависимость Q-фактора сигнала и измеряемого коэффициента ошибок BER. Q-фактор определяется путем статистической обработки результатов измерения амплитуды и фазы сигнала на электрической уровне, а именно – непосредственно по глаз-диаграмме. При этом выполняется построение функции распределения состояний «1» и «0», а для этих распределений, в предположении их Гауссовой формы, оцениваются математические ожидания состояний $E1$ и $E0$ и их среднеквадратические отклонения σ_1 и σ_0 . Q-фактор рассчитывается по следующей формуле:

$$Q = \frac{|E1 - E0|}{\sigma_1 + \sigma_0} \quad (7.8.2)$$

В данной работе среднеквадратические отклонения σ_1 и σ_0 определяются относительно максимального/минимального значения амплитуды сигнала при передаче «1» и «0», согласно правилу «трех сигма», в предположении Гауссовой формы распределения состояний «1» и «0»:

$$\sigma_1 = \frac{E1_{\max} - E1_{\min}}{6} \quad (7.8.3)$$

$$\sigma_0 = \frac{E0_{\max} - E0_{\min}}{6} \quad (7.8.4)$$

Оптимальное значение порогового уровня принятия решения E_{min} , при котором коэффициент ошибок BER принимает минимальное значение, также можно определить через Q-фактор:

$$E_{min} = \frac{E1\sigma_0 + E0\sigma_1}{\sigma_0 + \sigma_1} \quad (7.8.5)$$

При этом сам коэффициент ошибок BER определяется по следующей формуле:

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right) \approx \frac{1}{Q\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{Q^2}{2}\right), \quad (7.8.6)$$

где erfc – вспомогательная функция интеграла ошибок:

$$\operatorname{erfc}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} \exp\left(-\frac{\beta^2}{2}\right) d\beta. \quad (7.8.7)$$

Необходимо отметить, что приближенная формула расчета BER , справедливая при значениях аргумента erfc больше 3, иными словами, только при выполнении условия:

$$\frac{Q}{\sqrt{2}} > 3. \quad (7.8.8)$$

Если условие (7.8.8) не выполняется, необходимо применение точной формулы, использующей непосредственно саму вспомогательную функцию интеграла ошибок erfc .

7.9. Используя результаты анализа глаз-диаграммы, сведенные в табл. 7.2, 7.4 и 7.6, соответственно, зарисуйте в масштабе контур глаз-диаграммы исследуемого канала с отображением необходимых для последующего построения маски параметров. Пример подобного контура глаз-диаграммы представлен на рис. 7.5.

7.10. Согласно рекомендациям стандарта ITU-T G.957, представленным в Приложении 3, нанесите на построенную глаз-диаграмму маски (шаблоны), соответствующие уровням SDH STM-1, STM-4 и STM-16.

7.11. В выводах необходимо привести полученное значение BER , а также результаты анализа наложения масок (шаблонов) на исследуемую глаз-диаграмму.

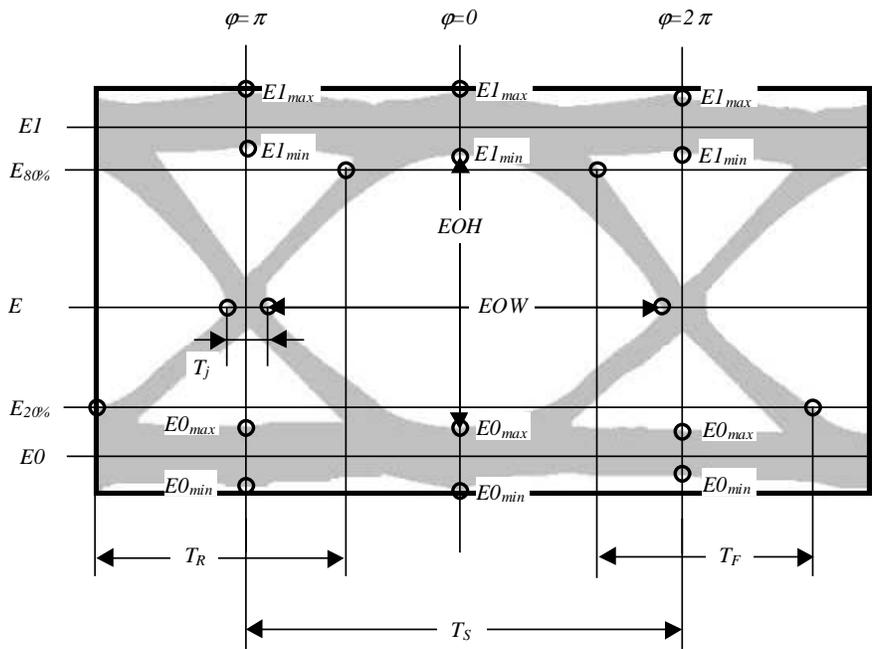


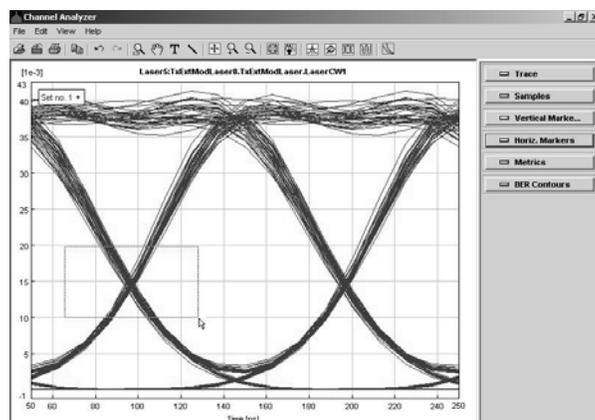
Рисунок 7.5. Построение контура глаз-диаграммы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

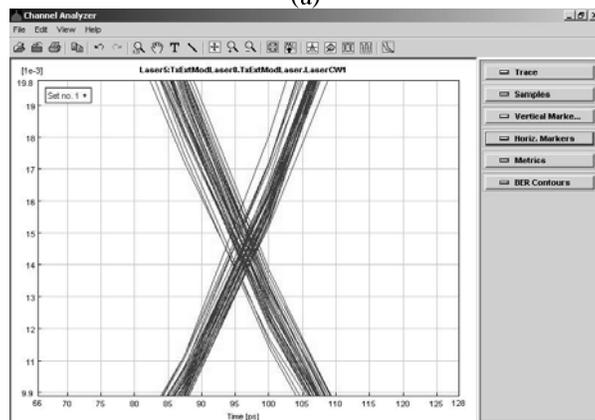
Основы работы с программным обеспечением оболочки анализатора каналов в режиме глаз-диаграммы

1. Масштабирование

Отдельный фрагмент глаз-диаграммы может быть увеличен следующим образом: удерживая левую кнопку мыши необходимо выделить рамкой исследуемый фрагмент (рис. 1 (а)). Затем, после того, как кнопка будет отпущена, увеличенный фрагмент выводится на дисплей (рис. 1 (б)). В свою очередь, нажав правую кнопку мыши, можно оперативно обратно перейти к общему виду спектральной характеристики.



(а)



(б)

Рисунок 1. Увеличение фрагмента спектральной характеристики OSA.

Увеличить/уменьшить масштаб характеристики также можно с помощью соответствующих кнопок на панели управления: увеличение (“Zoom In”, рис. 2 (а)), уменьшение (“Zoom Out”, рис. 2 (б)) и переключение на общий вид характеристики (“Fit All”, рис. 2 (в)).

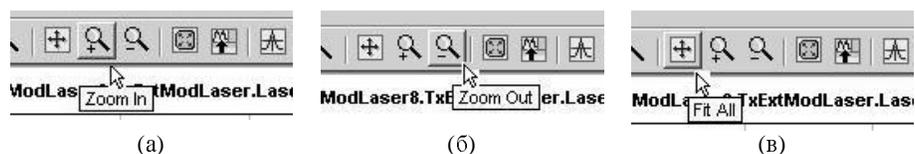


Рисунок 2. Панель управления. Режим масштабирования.

2. Управление вертикальными маркерами

Для управления вертикальными маркерами необходимо войти в меню «Vertical Markers» (рис. 2 (а)). Активизация одного из двух маркеров «А» - «В» осуществляется путем переключения между соответствующими одноименными закладками. Для включения маркера необходимо нажать клавишу «Create» (рис. 2 (а)), после чего на дисплее появляется соответствующий маркер, а в одноименном информационном поле отображается координата его текущего положения (время, с) (рис. 2 (б)).

Активизированный маркер можно перемещать по дисплею с помощью мыши, удерживая левую кнопку, либо используя клавиши управления движением маркера: «<<<», «>>>» - ускоренное перемещение и «<>», «><» - изменение положения маркера на одну точку дискретизации (рис. 2 (в)).

Перемещение маркеров «А» и «В» может осуществляться синхронно. Для этого необходимо установить флажок на позиции «Track» (рис. 2 (в)). Для отключения режима синхронного перемещения, соответственно, необходимо указанный флажок снять.

Удаление маркера осуществляется путем нажатия клавиши «Delete» (рис. 2 (в)).

В графе «Δ» отображаются значения разности координат положения маркеров «А» и «В», соответственно (рис. 2 (г)).

Относительно текущего положения активизированного маркера «А» или «В» в автоматическом режиме может быть выполнена оценка таких параметров, как коэффициент ошибок (BER), Q-фактор (Q), раскрыв глаз-диаграммы (Eye-opening). Для этого необходимо установить флажок в позиции «BER».

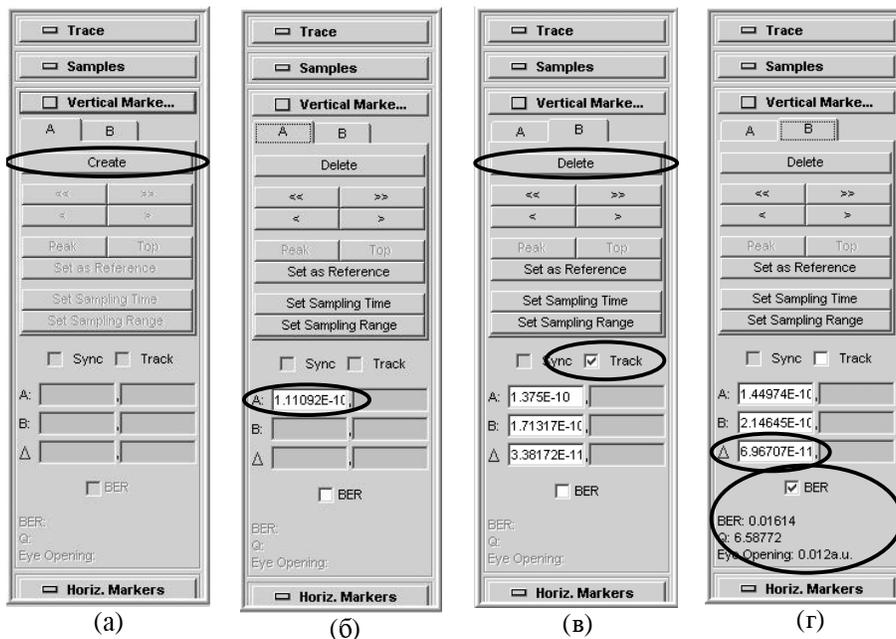


Рисунок 2. Управление вертикальными маркерами

3. Управление горизонтальными маркерами

Для управления горизонтальными маркерами необходимо войти в меню «Horiz Markers» (рис. 3 (а)). Активизация одного из двух маркеров «Н» - «I» осуществляется путем переключения между соответствующими одноименными закладками. Для включения маркера необходимо нажать клавишу «Create» (рис. 3 (а)), после чего на дисплее появляется соответствующий маркер, а в одноименном информационном поле отображается координата его текущего положения (мощность мВт) (рис. 3 (б)).

Активизированный маркер можно перемещать по дисплею с помощью мыши, удерживая левую кнопку.

В графе «Δ» отображаются значения разности координат положения маркеров «Н» и «I», соответственно (рис. 3 (в)).

Перемещение маркеров «Н» и «I» может осуществляться синхронно. Для этого необходимо установить флажок на позиции «Sync» (рис. 3 (г)). Для отключения режима синхронного перемещения, соответственно, необходимо указанный флажок снять.

Удаление маркера осуществляется путем нажатия клавиши «Delete» (рис. 3 (г)).

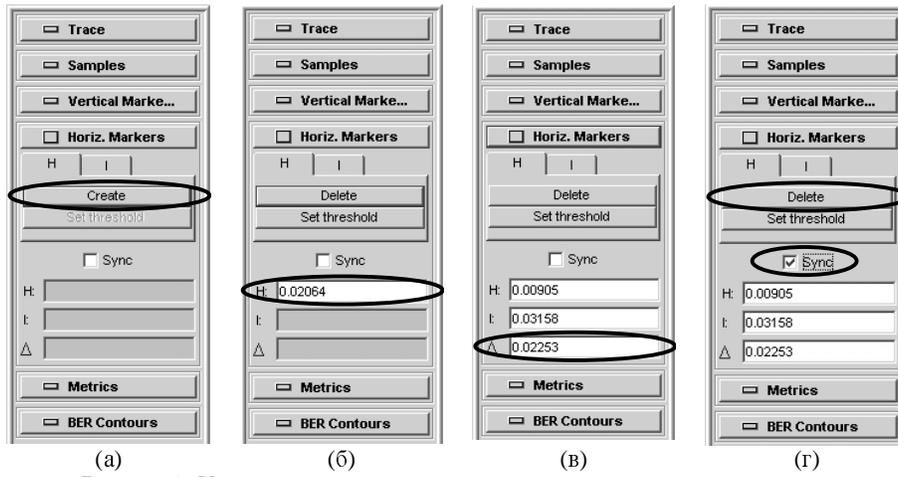


Рисунок 3. Управление горизонтальными маркерами.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Идентификация глаз-диаграммы

Глаз-диаграмма представляет собой результат многократного наложения битовых последовательностей с выхода генератора ПСП, отображаемый на экране осциллографа в виде диаграммы распределения амплитуды сигнала по времени. Пример глаз-диаграммы с указанием основных параметров представлен на рис. 1.

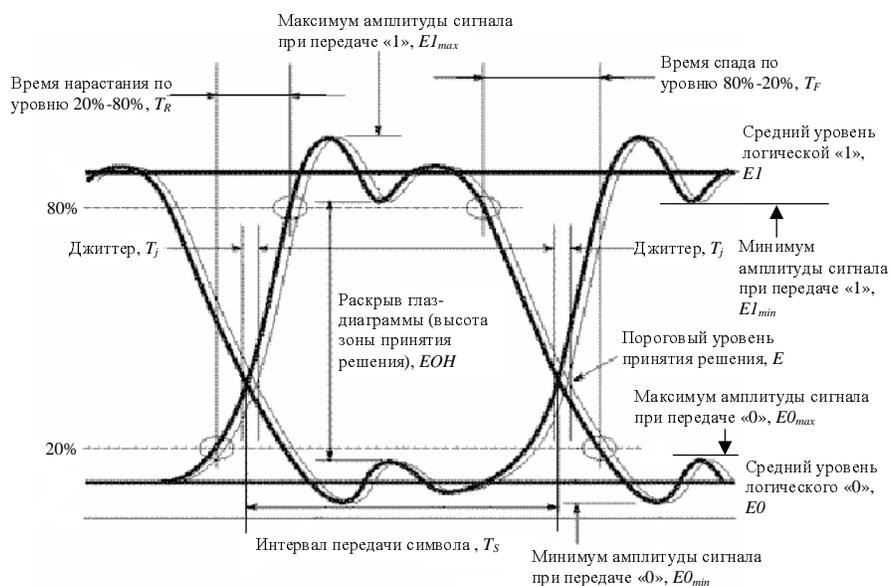


Рисунок 1. Идентификация глаз-диаграммы.

Расстановка маркеров при измерении энергетических характеристик сигнала по глаз-диаграмме в точках $\varphi=\pi$, $\varphi=0$ и $\varphi=2\pi$ представлена на рис. 2.

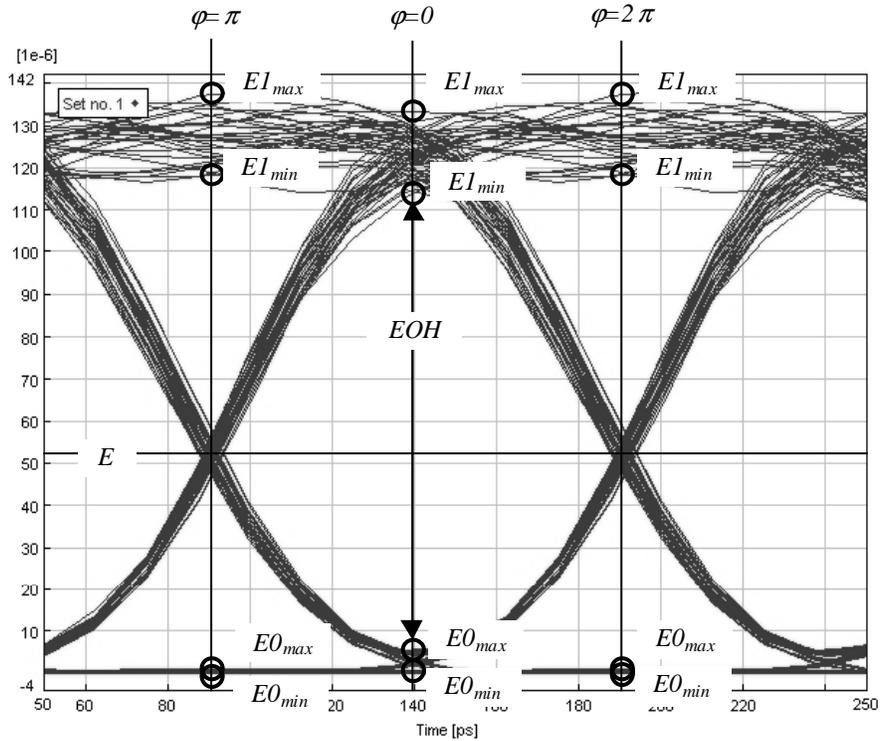


Рисунок 2. Измерение энергетических параметров

Эффекты уширения импульса, а также фазовое дрожание сигнала вызывают появление взаимных искажений между символами, что приводит к пересечению глаз-диаграммы с временной осью в разные промежутки времени. Максимальная ширина области пересечения с временной осью определяется как пиковое фазовое дрожание или джиттер передачи данных T_j . Джиттер измеряется обычно в единицах времени или как отношение к интервалу передачи символа T/T_s .

Расстановка маркеров при измерении параметров сигнала во временной области по глаз-диаграмме представлена на рис. 3.

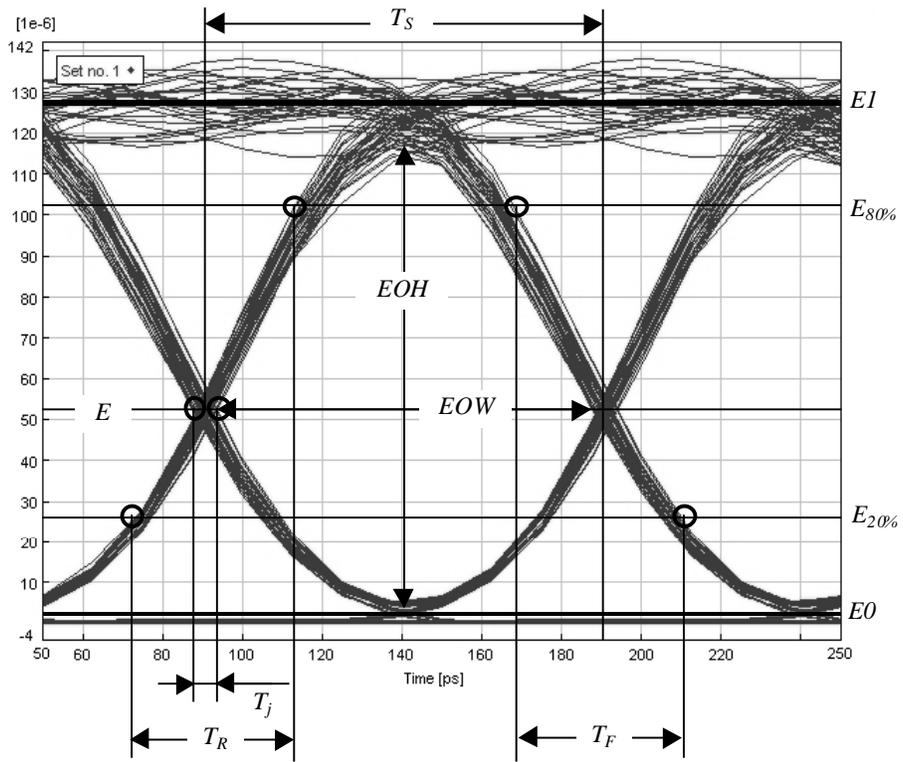


Рисунок 3. Измерение параметров во временной области.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

Маска глаз-диаграммы

При оценке качества передачи сигнала конкретной ЦСП заданного уровня цифровой иерархии (стандарта, спецификации) удобно использовать маску (шаблон) глаз-диаграммы. Маска глаз-диаграммы представляет собой некоторую эквивалентную зону принятия решения, границы которой строятся по заданным параметрам, соответствующим уровню тестируемой ЦСП.

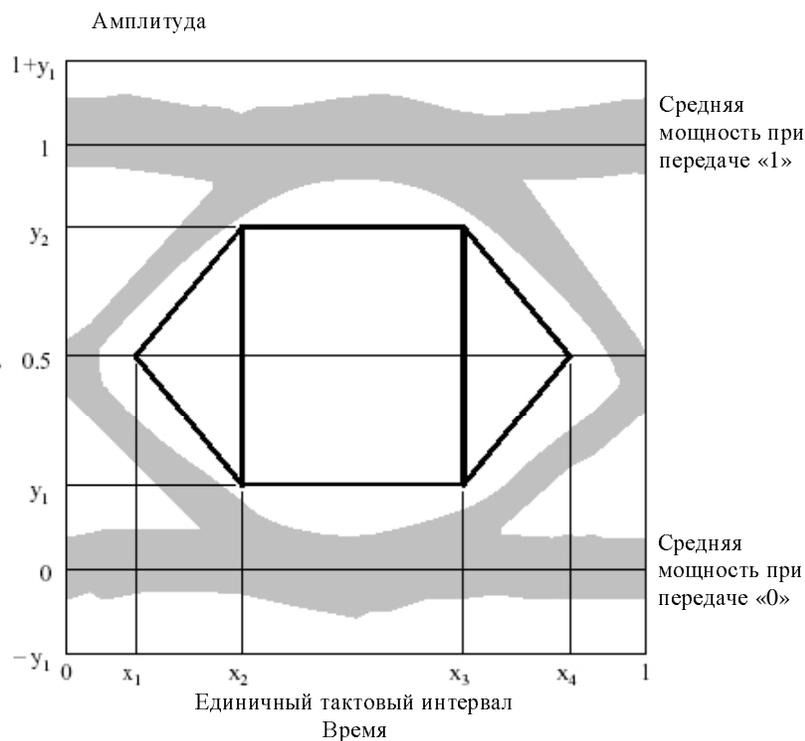


Рисунок 1. Наложение маски на глаз-диаграмму.

Тестирование выполняется следующим образом: заданная маска накладывается на реальную, полученную в результате измерений глаз-диаграмму (большинство современных цифровых анализаторов позволяют выполнить данную операцию). Если границы маски находятся внутри или совпадают с зоной раскрытия глаз-диаграммой, можно сделать вывод, о соответствии тес-

тируемой ЦСП показателям качества заданного уровня цифровой иерархии (BER, джиттер). В противном случае требуется проведение дополнительных мероприятий, уменьшающих искажения формы сигнала ЦСП при передаче по линейному тракту. При наложении маски на полученную глаз-диаграмму также учитывается не только соответствие раскрытия глаз-диаграммы, но и ограничения на максимальные отклонения от среднего уровня.

На рис.1 представлен результат наложения маски на заданную глаз-диаграмму, при этом значения по осям координат представлены в относительных единицах: по оси Y – относительно среднего значения мощности оптического излучения при передаче логической «1», по оси X – относительно единичного тактового интервала для соответствующего уровня SDH.

Параметры стандартной маски глаз-диаграммы для ЦСП SDH, согласно рекомендациям ITU-T G.957 представлены в таблице1:

Таблица 1.

	x_1/x_4	x_2/x_3	y_1/y_2	x_3-x_2
STM-1	0.15/0.85	0.35/0.65	0.20/0.80	-
STM-4	0.25/0.75	0.40/0.60	0.20/0.80	-
STM-16	-	-	0.25/0.75	0.2

Корректор Вяткина С.С.
Подписано в печать **.**.2004 Формат 60x84/16
Печать оперативная УС.п.л.-1,5 п.л. Уч.из.л. – 24 с.
Цена договорная. Тираж 150 экз.

Ротапринт ПГАТИ