

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.698.3

(02/2012)

СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Характеристики среды передачи и оптических
систем – Характеристики оптических систем

**Многоканальные приложения, использующие
DWDM при помощи затравочного сигнала,
с одноканальными оптическими
интерфейсами**

Рекомендация МСЭ-Т G.698.3

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G
СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	G.600–G.699
Общие положения	G.600–G.609
Симметричные кабельные пары	G.610–G.619
Наземные коаксиальные кабельные пары	G.620–G.629
Подводные кабели	G.630–G.639
Оптические системы в свободном пространстве	G.640–G.649
Волоконно-оптические кабели	G.650–G.659
Характеристики оптических компонентов и подсистем	G.660–G.679
Характеристики оптических систем	G.680–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	G.8000–G.8999
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Рекомендация МСЭ-Т G.698.3

Многоканальные приложения, использующие DWDM при помощи затравочного сигнала, с одноканальными оптическими интерфейсами

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.698.3 представлены значения оптических параметров для интерфейсов физического уровня в системах, использующих плотное мультиплексирование с разделением по длине волны (DWDM) при помощи затравочного сигнала, которые предназначены, в первую очередь, для общегородских приложений. Приложения определяются с использованием параметров оптических интерфейсов и их значений для одно- и многоканальных интерфейсов многоканальных оптических систем с DWDM при помощи затравочного сигнала, применяемых в приложениях для связи пункта с пунктом. В настоящей Рекомендации используется архитектура системы, включающая головной узел, к которому через "черное звено" подключено оборудование оконечного узла (ТЕЕ). В головном узле, помимо источника затравочного сигнала, расположен комплект передатчиков и приемников, а также оптический мультиплексор/демультиплексор (OD/OM). Для соединения головного узла с пассивным OD/OM используется одно двунаправленное волокно. Соединение между OD/OM и удаленным ТЕЕ также является двунаправленным. На оконечном узле все передатчики используют затравочный сигнал для настройки на требуемую длину волны. В первоначальную версию настоящей Рекомендации включены приложения, использующие DWDM при помощи затравочного сигнала, со скоростью 1,25 Гбит/с и частотным разнесом каналов, равным 100 ГГц.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия
1.0	МСЭ-Т G.698.3	13.02.2012 г.	15-я

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" ("shall") или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" ("must"), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2015

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения	1
2 Ссылки.....	1
3 Термины и определения	2
3.1 Термины, определенные в других документах	2
3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации	2
4 Сокращения и акронимы	2
5 Классификация оптических интерфейсов.....	3
5.1 Приложения.....	3
5.2 Эталонные точки.....	3
5.3 Система условных обозначений.....	4
5.4 Интерфейсы в эталонных точках MPI-S _M , MPI-R _M , S _S и R _S	5
6 Поперечная совместимость	5
7 Определения параметров.....	6
7.1 Общая информация	7
7.2 Интерфейс в точке S _S или точке MPI-S _M	7
7.3 Параметры оптического тракта от точки MPI-S _M до точки R _S или от точки S _S до точки MPI-R _M	10
7.4 Интерфейс в точке R _S или точке MPI-R _M	11
8 Значения параметров	12
9 Соображения в отношении оптической безопасности	14
Дополнение I – Расчет частот каналов за пределами сетки	15
Библиография	16

Рекомендация МСЭ-Т G.698.3

Многоканальные приложения, использующие DWDM при помощи затравочного сигнала, с одноканальными оптическими интерфейсами

1 Сфера применения

Цель настоящей Рекомендации заключается в обеспечении оптического интерфейса для реализации поперечно совместимых систем, использующих плотное мультиплексирование с разделением по длине волны (DWDM) при помощи затравочного сигнала, которые предназначены, в первую очередь, для общегородских приложений

В настоящей Рекомендации путем применения метода "черного звена" определены и представлены значения параметров оптических интерфейсов приложений, использующих DWDM при помощи затравочного сигнала, для связи пункта с пунктом (при максимальном расстоянии передачи, составляющем около 40 км) на одномодовых оптических волокнах.

Приложения, содержащие усилители в пределах "черного звена", выходят за рамки сферы применения данной Рекомендации.

В настоящей Рекомендации представлено описание систем, использующих DWDM при помощи затравочного сигнала, которые включают следующие характеристики:

- частотный разнос каналов: 100 ГГц;
- битовая скорость в канале связи: до 1,25 Гбит/с.

Спецификации организованы в соответствии с прикладными кодами.

2 Ссылки

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие справочные документы содержат положения, которые путем ссылок на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие справочные документы могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других справочных документов, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- [ITU-T G.652] Рекомендация МСЭ-Т G.652 (2005 г.), *Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля*
- [ITU-T G.664] Рекомендация МСЭ-Т G.664 (2006 г.), *Процедуры и требования к обеспечению оптической безопасности оптических транспортных систем*
- [ITU-T G.671] Рекомендация МСЭ-Т G.671 (2009 г.), *Характеристики передачи оптических компонентов и подсистем*
- [ITU-T G.691] Рекомендация МСЭ-Т G.691 (2006 г.), *Оптические интерфейсы для одноканальных STM-64 и других систем СИ с оптическими усилителями*
- [ITU-T G.694.1] Рекомендация МСЭ-Т G.694.1 (2002 г.), *Спектральные сетки для применения технологии WDM: сетка длин волн технологии DWDM*
- [ITU-T G.698.1] Рекомендация МСЭ-Т G.698.1 (2009 г.), *Многоканальные приложения, в которых используется DWDM, с одноканальными оптическими интерфейсами*
- [ITU-T G.709] Рекомендация МСЭ-Т G.709/Y.1331 (2003 г.), *Интерфейсы оптической транспортной сети (OTN)*
- [ITU-T G.957] Рекомендация МСЭ-Т G.957 (2006 г.), *Оптические интерфейсы для оборудования и систем, относящихся к синхронной цифровой иерархии*

- [ITU-T G.959.1] Рекомендация МСЭ-Т G.959.1 (2008 г.), *Интерфейсы физического уровня оптической транспортной сети*
- [IEC 60825-1] IEC 60825-1 (2007), *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*
- [IEC 60825-2] IEC 60825-2 (2010), *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*

3 Термины и определения

3.1 Термины, определенные в других документах

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в других документах:

3.1.1 Термины, определенные в [ITU-T G.671]:

- вносимые потери в канале (channel insertion loss);
- разнос каналов (channel spacing);
- плотное мультиплексирование с разделением по длине волны (dense wavelength division multiplexing) (DWDM);
- дифференциальная групповая задержка (differential group delay);
- отражательная способность (reflectance);
- неравномерность (ripple).

3.1.2 Термины, определенные в Рекомендации [ITU-T G.694.1]:

- сетка частот (frequency grid).

3.1.3 Термины, определенные в Рекомендации [ITU-T G.709]:

- полностью стандартизированный OTUk (completely standardized OTUk).

3.1.4 Термины, определенные в Рекомендации [ITU-T G.957]:

- совместное проектирование (joint engineering);
- чувствительность приемника (receiver sensitivity);
- поперечная совместимость (transverse compatibility).

3.1.5 Термины, определенные в Рекомендации [ITU-T G.959.1]:

- оптический трибутарный сигнал (optical tributary signal);
- оптический трибутарный сигнал класса NRZ1.25G (optical tributary signal class NRZ1.25G).

3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

Настоящая Рекомендация не содержит определений каких-либо терминов.

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

BER	Bit Error Ratio	Коэффициент ошибок по битам
BLS	Broadband Light Source	Широкополосный источник света
DOP	Degree of Polarization	Степень поляризации
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing	Плотное мультиплексирование с разделением по длине волны
MPI-R _M	Multichannel reference point at the head-end aggregate input	Многоканальная эталонная точка на агрегатном входе головного узла
MPI-S _M	Multichannel reference point at the head-end aggregate output	Многоканальная эталонная точка на агрегатном выходе головного узла

MWS	Multi-Wavelength Source	Многоволновой источник
NA	Not Applicable	Не применяется
NRZ	Non-Return to Zero	Без возврата к нулю
OD	Optical Demultiplexer	Оптический демультиплексор
OM	Optical Multiplexer	Оптический мультиплексор
OTUk	Completely standardized optical channel transport unit – k	Полностью стандартизированный транспортный блок оптического канала k
RIN	Relative Intensity Noise	Относительный шум интенсивности
R _s	Single-channel reference point at the DWDM network element tributary output	Одноканальная эталонная точка на трибутарном выходе элемента сети с DWDM
SLED	Super-luminescent Light Emitting Diode	Суперлюминесцентный светодиод
S _s	Single-channel reference point at the DWDM network element tributary input	Одноканальная эталонная точка на трибутарном входе элемента сети с DWDM
TEE	Tail-End Equipment	Оборудование оконечного узла
WDM	Wavelength Division Multiplexing	Мультиплексирование с разделением по длине волны

5 Классификация оптических интерфейсов

5.1 Приложения

В настоящей Рекомендации представлены параметры физического уровня и их значения для одноканальных интерфейсов многоканальных оптических систем, использующих DWDM при помощи затравочного сигнала, в физических приложениях для связи пункта с пунктом. Эти системы с DWDM предназначены, в первую очередь, для применения в городских сетях и для широкого круга клиентов, услуг и протоколов.

В настоящей Рекомендации применен способ составления спецификации с использованием метода "черного звена", который означает, что параметры оптического интерфейса для чисто оптических (одноканальных) трибутарных сигналов определены на уровне оборудования оконечного узла (ТЕЕ). Представлены дополнительные спецификации для таких параметров "черного звена", максимальное затухание, хроматическая дисперсия, неравномерность и поляризационная модовая дисперсия. Этот метод обеспечивает возможность поперечной совместимости в одноканальной точке с использованием прямой конфигурации мультиплексирования по длине волны, а также поперечной совместимости в многоканальной точке головного узла, как показано на рисунке 5-1.

В настоящей Рекомендации рассматриваются только те приложения с DWDM, в которых "черное звено" не содержит оптических усилителей.

5.2 Эталонные точки

На рисунке 5-1 показана совокупность эталонных точек, которые определены в настоящей Рекомендации.

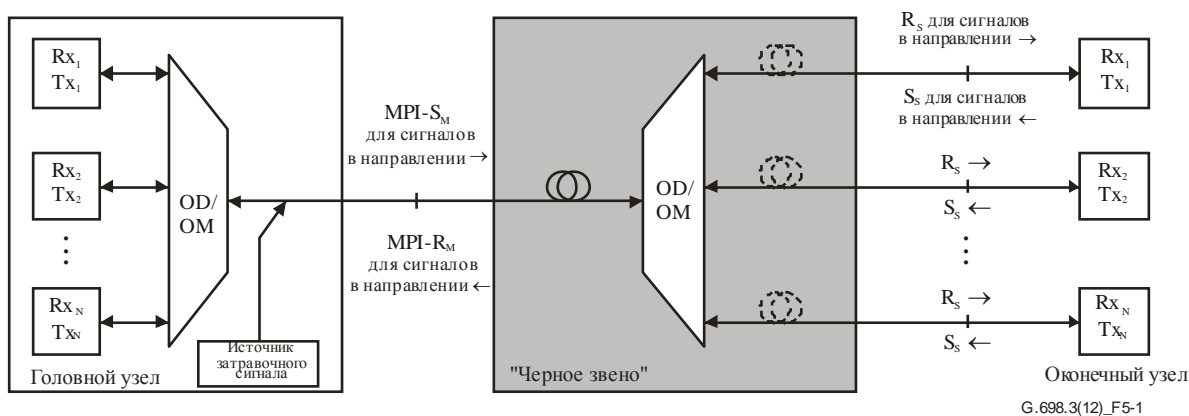


Рисунок 5-1 – Эталонная диаграмма

Архитектура системы включает головной узел, к которому через "черное звено" подключено ТЕЕ. В головном узле, помимо источника затравочного сигнала, расположен комплект передатчиков и приемников, а также OD/OM. Источник затравочного сигнала может быть реализован несколькими способами, включая использование волокна, легированного эрбием, которое активируется лучом накачки, суперлюминесцентных светодиодов (SLED) или многоволновых лазерных источников. Для соединения головного узла с пассивным OD/OM используется одно двунаправленное волокно. Соединение между OD/OM и удаленным ТЕЕ также является двунаправленным. Считается, что OD/OM входит в состав "черного звена". "Черное звено" не содержит оптических усилителей. На оконечном узле все передатчики используют затравочный сигнал для настройки на требуемую длину волны.

На рисунке 5-1 и 5-2 определены следующие эталонные точки:

- MPI-S_M – многоканальная эталонная точка на агрегатном выходе головного узла;
- MPI-R_M – многоканальная эталонная точка на агрегатном входе головного узла;
- S_S – одноканальная эталонная точка на выходе ТЕЕ;
- R_S – одноканальная эталонная точка на входе ТЕЕ.

В интерфейсе MPI-S_M многоканальные сигналы данных и широкополосный затравочный сигнал передаются головным узлом.

В интерфейсе R_S в направлении ТЕЕ проходят два типа одноканальных сигналов: сигнал данных и затравочный сигнал для настройки передачи в направлении оконечный узел – головной узел.

В интерфейсе S_S одноканальный сигнал передается ТЕЕ, длина волны которого настроена на входящий затравочный сигнал.

В интерфейсе MPI-R_M многоканальный сигнал принимается головным узлом.

5.3 Система условных обозначений

Прикладной код идентифицирует сеть, реализацию и характеристики архитектуры приложения.

Обозначение прикладного кода составляется следующим образом:

SDcW-ytz,

где:

- SD**: указатель приложений, использующих DWDM при помощи затравочных сигналов;
- c**: разнос каналов в ГГц.
- W**: буква, обозначающая дальность пролета. В данной версии настоящей Рекомендации единственным используемым значением является:

- S:** обозначает малую протяженность;
- y:** обозначает наивысший поддерживаемый класс оптического трибутарного сигнала. В данной версии настоящей Рекомендации единственным используемым значением является:
- 0:** обозначает класс NRZ 1,25G;
- t:** обозначает конфигурацию, которая поддерживается прикладным кодом. В данной версии настоящей Рекомендации единственным используемым значением является:
- D:** обозначает, что "черное звено" не содержит оптических усилителей;
- z:** обозначает типы волокон. В данной версии настоящей Рекомендации единственным используемым значением является:
- 2:** обозначает волокно MCЭ-Т G.652.

5.4 Интерфейсы в эталонных точках MPI-S_M, MPI-R_M, S_S и R_S

Интерфейсы, представленные в таблицах 8-1–8-2, предназначены для обеспечения возможности поперечной совместимости в одноканальных и многоканальных интерфейсах на входных/выходных точках звена (OM, волокно и OD), использующего DWDM при помощи затравочного сигнала, как показано на рисунке 5-1.

Дополнительные требования, имеющие отношение к поперечной совместимости, представлены в пункте 6.

Прикладные коды, составленные в соответствии с системой условных обозначений в пункте 5.3, сведены в таблицу 5-1.

Приложение	Малая протяженность (S)
Тип волокна	MCЭ-Т G.652
Класс оптического трибутарного сигнала NRZ 1,25G	SD100S-0D2

В настоящей Рекомендации приложения, в которых не используются усилители, определены в таблицах 8-1–8-2.

6 Поперечная совместимость

В настоящей Рекомендации определены параметры, предназначенные для обеспечения возможности использования поперечно совместимых (то есть поставленных разными изготовителями) линейных систем в приложениях для связи пункта с пунктом, в одноканальных эталонных точках S_S и R_S, а также многоканальных эталонных точках MPI-S_M и MPI-R_M систем, использующих DWDM при помощи затравочного сигнала, в методе "черного звена".

Одноканальные эталонные точки S_S и R_S предназначены для обеспечения поперечной совместимости многочисленных трибутарных интерфейсов TEE систем, использующих DWDM при помощи затравочного сигнала. В этом случае парные передатчик (Tx λ_i) и приемник (Rx λ_i) трибутарного сигнала могут быть поставлены различными изготовителями. Аналогичным образом, многоканальные эталонные точки MPI-S_M и MPI-R_M предназначены для обеспечения поперечной совместимости "черного звена" и оборудования головного узла. Таким образом, TEE, "черное звено" и оборудование головного узла не обязательно являются одинаковыми.

Возможность поперечной совместимости (совместимости систем разных изготовителей) обеспечивается в эталонных точках MPI-S_M – R_S и S_S – MPI-R_M систем в методе "черного звена", использующих DWDM при помощи затравочного сигнала, которые имеют один и тот же прикладной код.

Сосуществование трибутарных интерфейсов с различными прикладными кодами в пределах одного "черного звена" является вопросом совместного проектирования. Следует принимать надлежащие меры, в частности в отношении важнейших параметров интерфейсов, которые должны быть

согласованы, например выходной мощности в точке S_S и входной мощности в точке $MPI-R_M$, битовой скорости/линейного кодирования в точке S_S и битовой скорости/линейного кодирования в точке $MPI-R_M$ и т. д.

7 Определения параметров

Параметры в таблице 7-1 определены в интерфейсных точках, а определения представлены в следующих ниже пунктах.

Таблица 7-1 – Параметры физического уровня для приложений, использующих DWDM при помощи затравочного сигнала

Параметр	Единицы измерения	Определен в Таблице 8-1	Определен в Таблице 8-2
Общая информация			
Минимальный разнос каналов	ГГц	Пункт 7.1.1	Пункт 7.1.1
Битовая скорость/линейное кодирование оптического трибутарного сигнала	–	Пункт 7.1.2	Пункт 7.1.2
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	Пункт 7.1.3	Пункт 7.1.3
Тип волокна	–	Пункт 7.1.4	Пункт 7.1.4
Интерфейс в точке S_S или точке $MPI-S_M$			
Максимальная средняя выходная мощность в канале	дБм	Пункт 7.2.1	Пункт 7.2.1
Минимальная средняя выходная мощность в канале	дБм	Пункт 7.2.1	Пункт 7.2.1
Минимальная центральная частота	ТГц	Пункт 7.2.2	Пункт 7.2.2
Максимальная центральная частота	ТГц	Пункт 7.2.2	Пункт 7.2.2
Максимальная спектральная амплитуда	ГГц	Пункт 7.2.3	
Минимальный коэффициент гашения в канале	дБ	Пункт 7.2.4	Пункт 7.2.4
Маска для глазковой диаграммы	–	Пункт 7.2.5	Пункт 7.2.5
Тип источника затравочного сигнала		Пункт 7.2.6	
Максимальная спектральная плотность мощности затравочного сигнала	дБ/нм	Пункт 7.2.7	
Минимальная спектральная плотность мощности затравочного сигнала	дБ/нм	Пункт 7.2.7	
Максимальная средняя выходная мощность затравочного сигнала в канале	дБм	Пункт 7.2.7	
Минимальная средняя выходная мощность затравочного сигнала в канале	дБм	Пункт 7.2.7	
Максимальная длина волны затравочного сигнала	нм	Пункт 7.2.8	
Минимальная длина волны затравочного сигнала	нм	Пункт 7.2.8	
Максимальная степень поляризации затравочного сигнала	%	Пункт 7.2.9	
Оптический тракт от точки $MPI-S_M$ до точки R_S или от точки S_S до точки $MPI-R_M$			
Максимальные вносимые потери в канале	дБ	Пункт 7.3.1	Пункт 7.3.1
Минимальные вносимые потери в канале	дБ	Пункт 7.3.1	Пункт 7.3.1
Максимальная неравномерность	дБ	Пункт 7.3.2	Пункт 7.3.2
Минимальная половина ширины канала	ГГц		Пункт 7.3.3
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	Пункт 7.3.4	Пункт 7.3.4
Минимальные оптические возвратные потери в точке $MPI-S_M$ или точке S_S	дБ	Пункт 7.3.5	Пункт 7.3.5
Максимальная дискретная отражательная способность между точками $MPI-S_M$ и R_S или между точками S_S и $MPI-R_M$	дБ	Пункт 7.3.6	Пункт 7.3.6

Таблица 7-1 – Параметры физического уровня для приложений, использующих DWDM при помощи затравочного сигнала

Параметр	Единицы измерения	Определен в Таблице 8-1	Определен в Таблице 8-2
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	Пункт 7.3.7	Пункт 7.3.7
Максимальные межканальные перекрестные помехи в точке R_S	дБ	Пункт 7.3.8	
Интерфейс в точке R_S или точке MPI-R_M			
Максимальная средняя входная мощность в канале	дБм	Пункт 7.4.1	Пункт 7.4.1
Минимальная средняя входная мощность в канале	дБм		Пункт 7.4.1
Максимальная средняя входная мощность затравочного сигнала в канале	дБм	Пункт 7.4.2	
Минимальная средняя входная мощность затравочного сигнала в канале	дБм	Пункт 7.4.2	
Максимальный относительный шум интенсивности	дБн/Гц		Пункт 7.4.3
Чувствительность приемника	дБм	Пункт 7.4.4	
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм		Пункт 7.4.5
Максимальный штраф оптического тракта	дБ	Пункт 7.4.6	Пункт 7.4.6
Максимальная отражательная способность приемника или элемента оптической сети	дБ	Пункт 7.4.7	Пункт 7.4.7

7.1 Общая информация

7.1.1 Минимальный разнос каналов

Это минимальная номинальная разница по частоте между двумя соседними каналами. Все возможные допуски для реальных частот рассмотрены в пункте 7.2.3.

7.1.2 Битовая скорость/линейное кодирование оптических трибутарных сигналов

Класс NRZ 1.25G оптического трибутарного сигнала применяется к непрерывным цифровым сигналам с линейным кодированием без возврата к нулю, передаваемым с номинальной скоростью от 622 Мбит/с до 1,25 Гбит/с.

7.1.3 Максимальный коэффициент ошибок по битам

Максимальный коэффициент ошибок по битам определен, как в [ITU-T G.698.1].

7.1.4 Тип волокна

В настоящее время единственным типом одномодового оптического волокна является тот, который определен в [ITU-T G.652].

7.2 Интерфейс в точке S_S или точке MPI-S_M

7.2.1 Максимальная и минимальная средняя выходная мощность в канале

Средняя выходная мощность в каждом оптическом канале в эталонной точке MPI-S_M является средней мощностью псевдослучайной последовательности данных, вводимой в "черное звено". Она задается как диапазон (максимум и минимум), для того чтобы предусмотреть некоторую оптимизацию по затратам и чтобы учесть поправки на работу в стандартных условиях эксплуатации, на ухудшение состояния соединителей, на измерительные допуски и на эффекты старения.

Средняя выходная мощность в каждом оптическом канале в эталонной точке S_S является средней мощностью псевдослучайной последовательности данных, вводимой через "черное звено", которая измеряется в точке MPI-S_M с поправкой на минимальное значение вносимых потерь реального "черного звена" в диапазоне частот плюс/минус минимальная половина ширины канала

от номинальной центральной частоты канала. Она задается как диапазон (максимум и минимум), для того чтобы предусмотреть некоторую оптимизацию по затратам и чтобы учесть поправки на работу в стандартных условиях эксплуатации, на ухудшение состояния соединителей, на измерительные допуски и на эффекты старения.

7.2.2 Минимальная и максимальная центральная частота

Центральная частота является номинальной частотой одиночного канала, на которой с помощью линейного кода NRZ модулируется цифровая кодированная информация конкретного оптического канала.

Центральные частоты всех каналов в направлении оконечный узел – головной узел находятся на сетке частот для минимального разнеса каналов, приведенного в [ITU-T G.694.1]. Центральные частоты всех каналов в направлении головной узел – оконечный узел находятся не на сетке частот для минимального разнеса каналов, приведенного в [ITU-T G.694.1], а определяются свободной спектральной областью циклического устройства OD/DM.

Номинальные центральные частоты всех каналов должны быть больше или равны минимальной центральной частоте и меньше или равны максимальной центральной частоте.

Следует заметить, что значение c (скорость света в вакууме), которое должно быть использовано для преобразования между частотой и длиной волны, составляет $2,99792458 \times 10^8$ м/с.

7.2.3 Максимальная спектральная амплитуда

Максимальная спектральная амплитуда определена, как в [ITU-T G.698.1].

7.2.4 Минимальный коэффициент гашения в канале

Минимальный коэффициент гашения в канале определена, как в [ITU-T G.698.1].

7.2.5 Маска для глазковой диаграммы

Определение и пределы для этого параметра в направлении головной узел – оконечный узел приведены в [ITU-T G.959.1].

В направлении оконечный узел – головной узел общие характеристики формы импульсов передатчика, включая время нарастания, время спада, выброс на фронте импульса, отрицательный выброс перед фронтом импульса и "звон", которые должны контролироваться для предотвращения чрезмерного ухудшения чувствительности приемника, определяются в виде маски для глазковой диаграммы передатчика в эталонной точке S_S .

Параметры, определяющие маску для глазковой диаграммы передатчика TEE, показаны на рисунке 7-2. Для данной "долевой" маски должно соблюдаться приемлемое отношение количества образцов, находящихся внутри обведенной зоны, к количеству образцов за ее пределами ("доля попаданий").

Испытательный комплект и допуски для фильтров определены для STM-64 в Приложении А к [ITU-T G.691].

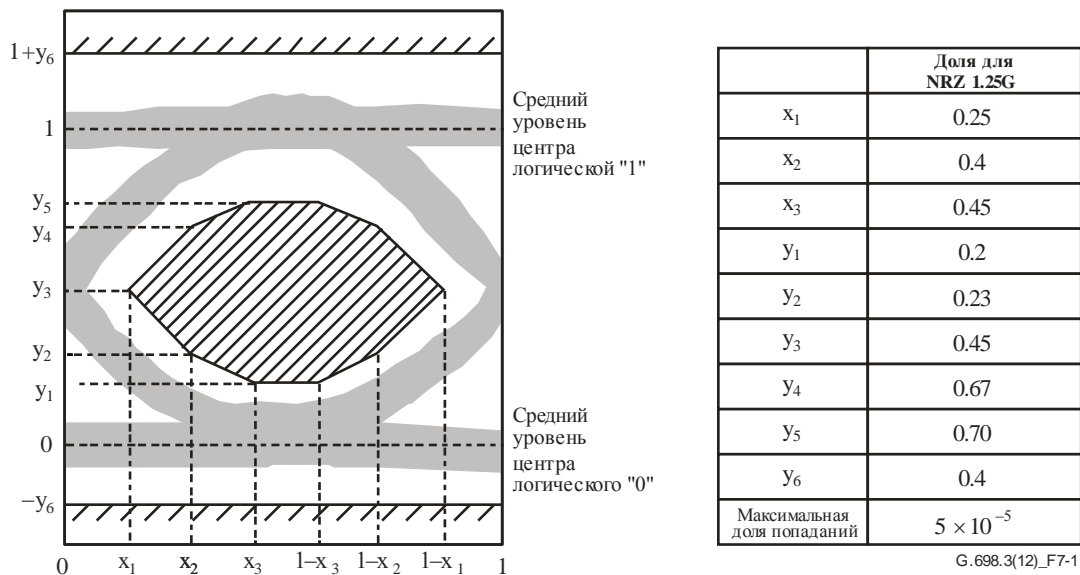


Рисунок 7-1 – Маска для глазковой диаграммы в направлении оконечный узел – головной узел

7.2.6 Тип источника затравочного сигнала

Источник затравочного сигнала расположен в головном узле. Возможные источники затравочного сигнала делятся на две категории: BLS и MWS. Такие источники, как волокно, легированное эрбием, которое активируется лучом накачки, и суперлюминесцентные светодиоды (SLED) относятся к категории широкополосных источников света. Источник BLS должен соответствовать параметрам максимальной и минимальной спектральной плотности мощности затравочного сигнала. Многоволновые источники (MWS), создающие отдельную линию на канал, должны соответствовать параметрам максимальной и минимальной средней выходной мощности затравочного сигнала в канале.

7.2.7 Максимальная и минимальная спектральная плотность мощности и мощность затравочного сигнала

Для широкополосного источника света (BLS) спектральная плотность мощности затравочного сигнала определяется как средняя мощность затравочного сигнала на нанометр ширины полосы в интерфейсе MPI-S_M. Она задается как диапазон (максимум и минимум), для того чтобы предусмотреть некоторую оптимизацию по затратам на источник и чтобы учесть поправки на работу в стандартных условиях эксплуатации, на ухудшение состояния соединителей, на измерительные допуски и на эффекты старения. Ширина полосы по разрешению при измерении должна составлять от одного до двух минимальных разносов канала. При любой ширине полосы измерения, отличной от 1 нм, в измеренное значение мощности следует внести поправку на ширину полосы по разрешению при измерении.

Для многоволнового источника (MWS) максимальная и минимальная средняя выходная мощность затравочного сигнала в каждом оптическом канале в эталонной точке MPI-S_M является средней мощностью, вводимой в "черное звено". Она задается как диапазон (максимум и минимум), для того чтобы предусмотреть некоторую оптимизацию по затратам и чтобы учесть поправки на работу в стандартных условиях эксплуатации, на ухудшение состояния соединителей, на измерительные допуски и на эффекты старения.

7.2.8 Максимальная и минимальная длина волны затравочного сигнала

Максимальная и минимальная длина волны затравочного сигнала определяет диапазон длин волн, в пределах которого должны выполняться другие требования к затравочному сигналу.

7.2.9 Максимальная степень поляризации затравочного сигнала

Степень поляризации (DOP) – это количественный параметр, который используется для описания поляризованной доли оптического сигнала. Она задается отношением мощности поляризованной части сигнала к общей мощности. Совершенно поляризованный сигнал имеет DOP, равную 100%, а

совершенно неполяризованный сигнал имеет DOP, равную 0%. Сигнал, который поляризован частично, и поэтому может быть представлен суперпозицией поляризованной и неполяризованной составляющих, имеет DOP в интервале от 0% до 100%. Данный параметр должен соблюдаться для каждого канала при использовании эталонного фильтра, как определено в Приложении В к [ITU-T G.959.1].

7.3 Параметры оптического тракта от точки MPI-S_M до точки R_S или от точки S_S до точки MPI-R_M

7.3.1 Минимальные и максимальные и вносимые потери в канале

Минимальные и максимальные вносимые потери в канале в направлении головной узел – оконечный узел определены в [ITU-T G.698.1].

Для направления оконечный узел – головной узел вносимые потери в канале определены в [ITU-T G.671]. Для любого оптического канала – это минимальное (или максимальное) снижение оптической мощности между входным и выходным портами "черного звена" для этого канала в диапазоне частот плюс/минус минимальная половина ширины канала от центральной частоты канала.

В качестве спецификации вносимых потерь приняты значения для наихудшего случая, которые включают потери, вызываемые парой OM/OD, сращиваниями, соединителями, оптическими аттенуаторами (если таковые используются) или другими пассивными оптическими устройствами, и любой дополнительный запас на кабель, с тем чтобы учесть поправки на:

- 1) будущие модификации конфигурации кабеля (дополнительные сращивания, увеличенная длина кабеля и т. д.);
- 2) изменения показателей работы волоконного кабеля из-за факторов окружающей среды; и
- 3) ухудшения состояния любых соединителей, оптических аттенуаторов или других пассивных оптических устройств между точками S_S и MPI-R_M, если таковые используются.

7.3.2 Максимальная неравномерность

Максимальная неравномерность в направлении головной узел – оконечный узел определена в [ITU-T G.698.1].

Для направления оконечный узел – головной узел неравномерность (устройства с DWDM) определена в [ITU-T G.671]. Она применяется ко всему "черному звену" от эталонной точки S_S до эталонной точки MPI-R_M. Для любого оптического канала – это разница размаха во вносимых потерях между входным и выходным портами "черного звена" для этого канала в диапазоне частот плюс/минус минимальная половина ширины канала от номинальной центральной частоты канала. Это поясняется на рисунке 7-2.

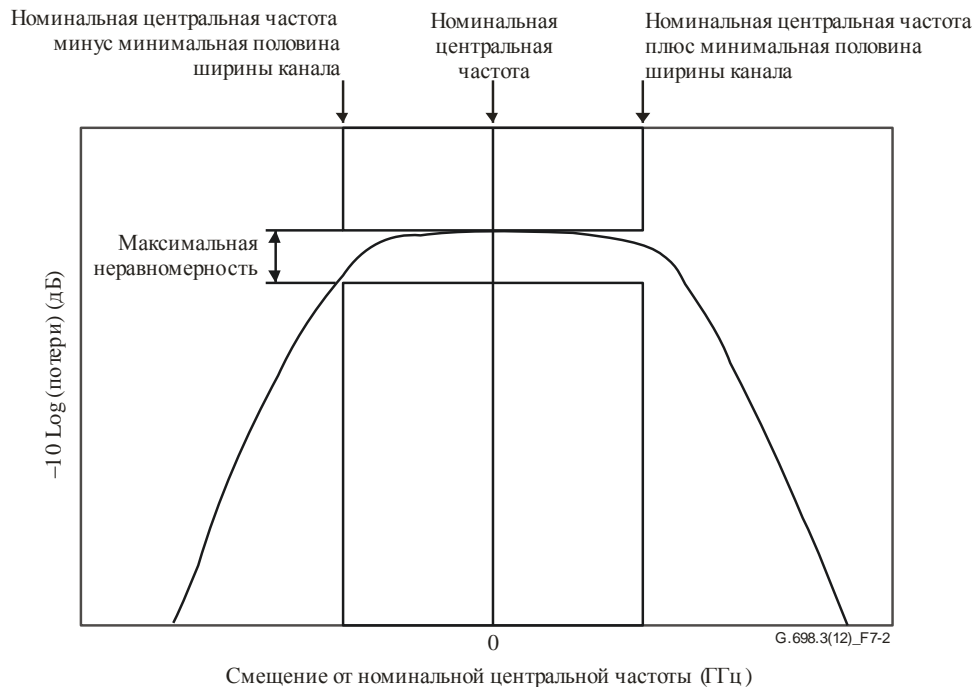


Рисунок 7-2 – Иллюстрация максимальной неравномерности в направлении оконечный узел – головной узел

7.3.3 Минимальная половина ширины канала

Данный параметр определяет диапазон частот, в котором должны соблюдаться спецификации вносимых потерь в канале и неравномерности в направлении оконечный узел – головной узел. См. пункты 7.3.1 и 7.3.2.

7.3.4 Максимальная хроматическая дисперсия

Максимальная хроматическая дисперсия определена, как в [ITU-T G.698.1].

7.3.5 Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S_M или точке S_S

Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S_M или точке S_S определены, как в [ITU-T G.698.1].

7.3.6 Максимальная дискретная отражательная способность между точками MPI-S_M и R_S или между точками S_S и MPI-R_M

Максимальная дискретная отражательная способность между точками MPI-S_M и R_S или между точками S_S и MPI-R_M определена, как в [ITU-T G.698.1].

7.3.7 Максимальная дифференциальная групповая задержка

Максимальная дифференциальная групповая задержка определена, как в [ITU-T G.698.1].

7.3.8 Максимальные межканальные перекрестные помехи

Максимальные межканальные перекрестные помехи определены, как в [ITU-T G.698.1].

7.4 Интерфейс в точке R_S или точке MPI-R_M

7.4.1 Максимальная и минимальная средняя входная мощность в канале

Максимальное и минимальное значение средней мощности псевдослучайной последовательности данных, принятой в точке R_S или точке MPI-R_M для достижения определенного максимального BER прикладного кода.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Минимальная средняя входная мощность в канале в точке MPI-R_M должна быть больше минимальной эквивалентной чувствительности на величину максимального штрафа оптического тракта.

7.4.2 Максимальная и минимальная средняя входная мощность затравочного сигнала в канале

Входная мощность затравочного сигнала в канале – это средняя мощность принимаемого затравочного сигнала в точке R_s . Она задается как диапазон (максимум и минимум), для того чтобы предусмотреть некоторую оптимизацию по показателям и затратам и чтобы учесть поправки на работу в стандартных условиях эксплуатации, на ухудшение состояния соединителей, на измерительные допуски, потери в волокне и на эффекты старения.

7.4.3 Максимальный относительный шум интенсивности

Относительный шум интенсивности (RIN) определяется как отношение амплитудного шума оптического источника к средней оптической мощности, создаваемой этим источником. Единицей измерения RIN является дБн/Гц. Эта величина измеряется с помощью эталонного фильтра, как определено в Приложении В к [ITU-T G.959.1], при этом все упоминания о максимальной спектральной амплитуде заменяются на минимальную половину ширины канала.

7.4.4 Чувствительность приемника

Чувствительность приемника определена, как в [ITU-T G.698.1].

7.4.5 Минимальная эквивалентная чувствительность

Минимальная эквивалентная чувствительность определена, как в [ITU-T G.959.1].

7.4.6 Максимальный штраф оптического тракта

Максимальный штраф оптического тракта определен, как в [ITU-T G.698.1].

7.4.7 Максимальная отражательная способность приемника или элемента оптической сети

Максимальная отражательная способность приемника определена, как в [ITU-T G.698.1].

Максимальная отражательная способность элемента оптической сети определена, как в [ITU-T G.959.1].

8 Значения параметров

Параметры физического уровня и их значения даны в таблицах 8-1 и 8-2.

Таблица 8-1 – Параметры физического уровня и их значения для класса NRZ 1,25G приложений с разносом каналов в 97,15 ГГц (головной узел – оконечный узел)

Параметр	Единица измерения	SD100S-0D2
Общая информация		
Минимальный разнос каналов	Гц	97,15
Битовая скорость/линейное кодирование оптического трибутарного сигнала	–	NRZ 1,25G
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10^{-12}
Тип волокна	–	МСЭ-Т G.652
Интерфейс в точке S_s или точке MPI-S_m		
Максимальная средняя выходная мощность в канале	дБм	–7
Минимальная средняя выходная мощность в канале	дБм	–13
Минимальная центральная частота	ТГц	186,143
Максимальная центральная частота	ТГц	190,70905
Максимальная спектральная амплитуда	Гц	± 20
Минимальный коэффициент гашения в канале	дБ	10

Таблица 8-1 – Параметры физического уровня и их значения для класса NRZ 1,25G приложений с разносом каналов в 97,15 ГГц (головной узел – оконечный узел)

Параметр	Единица измерения	SD100S-0D2	
		BLS	MWS
Маска для глазковой диаграммы	–	Доля для NRZ 10G согласно [ITU-T G.959.1]	
Тип источника затравочного сигнала		BLS	MWS
Максимальная спектральная плотность мощности затравочного сигнала	дБ/нм	4	–
Минимальная спектральная плотность мощности затравочного сигнала	дБ/нм	–0,5	–
Максимальная средняя выходная мощность затравочного сигнала в канале	дБм	–	1
Минимальная средняя выходная мощность затравочного сигнала в канале	дБм	–	–4
Максимальная длина волны затравочного сигнала	нм		1566
Минимальная длина волны затравочного сигнала	нм		1527
Максимальная степень поляризации затравочного сигнала	%		10
Оптический тракт от точки MPI-S_M до точки R_S			
Максимальные вносимые потери в канале	дБ		14
Минимальные вносимые потери в канале	дБ		3
Максимальная неравномерность	дБ		2
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм		883
Минимальные оптические возвратные потери в точке MPI-S _M	дБ		32
Максимальная дискретная отражательная способность между точками MPI-S _M и R _S	дБ		–35
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс		Не применяется
Максимальные межканальные перекрестные помехи	дБ		–15
Интерфейс в точке R_S			
Максимальная средняя входная мощность в канале	дБм		–10
Максимальная средняя входная мощность затравочного сигнала в канале	дБм		–2
Минимальная средняя входная мощность затравочного сигнала в канале	дБм		–18
Чувствительность приемника	дБм		–28
Максимальный штраф оптического тракта	дБ		1
Максимальная отражательная способность приемника	дБ		–27

Таблица 8-2 – Параметры физического уровня и их значения для класса NRZ 1,25G приложений с разносом каналов в 97,15 ГГц (оконечный узел – головной узел)

Параметр	Единицы измерения	SD100S-0D2
Общая информация		
Минимальный разнос каналов	ГГц	100
Битовая скорость/линейное кодирование оптического трибутарного сигнала	–	NRZ 1,25 G
Максимальный коэффициент ошибок по битам	–	10 ⁻¹²
Тип волокна	–	G.652
Интерфейс в точке S_s		
Максимальная средняя выходная мощность в канале	дБм	2,5
Минимальная средняя выходная мощность в канале	дБм	–2,5
Минимальная центральная частота	ТГц	191,5
Максимальная центральная частота	ТГц	196,2
Минимальный коэффициент гашения в канале	дБ	10
Маска для глазковой диаграммы	–	Доля для NRZ 1,25G
Оптический тракт от точки S_s до точки MPI-R_m		
Максимальные вносимые потери в канале	дБ	14
Минимальные вносимые потери в канале	дБ	3
Максимальная неравномерность	дБ	2
Минимальная половина ширины канала	ГГц	20
Максимальная хроматическая дисперсия	пс/нм	773
Минимальные оптические возвратные потери в точке S _s	дБ	32
Максимальная дискретная отражательная способность между точками S _s и MPI-R _m	дБ	–35
Максимальная дифференциальная групповая задержка	пс	н/д
Интерфейс в точке MPI-R_m		
Максимальная средняя входная мощность в канале	дБм	–0,5
Минимальная средняя входная мощность в канале	дБм	–16,5
Максимальный относительный шум интенсивности	дБн/Гц	–111
Минимальная эквивалентная чувствительность	дБм	–18,5
Максимальный штраф оптического тракта	дБ	2,0
Максимальная отражательная способность элемента оптической сети	дБ	–27

9 Соображения в отношении оптической безопасности

Соображения в отношении оптической безопасности изложены в [ITU-T G.664], [IEC 60825-1] и [IEC 60825-2].

Дополнение I

Расчет частот каналов за пределами сетки

(Это Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Для решеток на основе массива волноводов (AWG) характерна периодичность частот, маршрутизируемых от общего порта к заданному выходному порту. Такая периодичность называется свободной спектральной областью (FSR). FSR обычно определяется для центрального канала AWG. В связи с изменением разноса каналов в соседних полосах, FSR меняется в зависимости от номера выходного порта, как показано на рисунке I.1, где разнос каналов $\Delta f_L < \Delta f_C < \Delta f_S$.

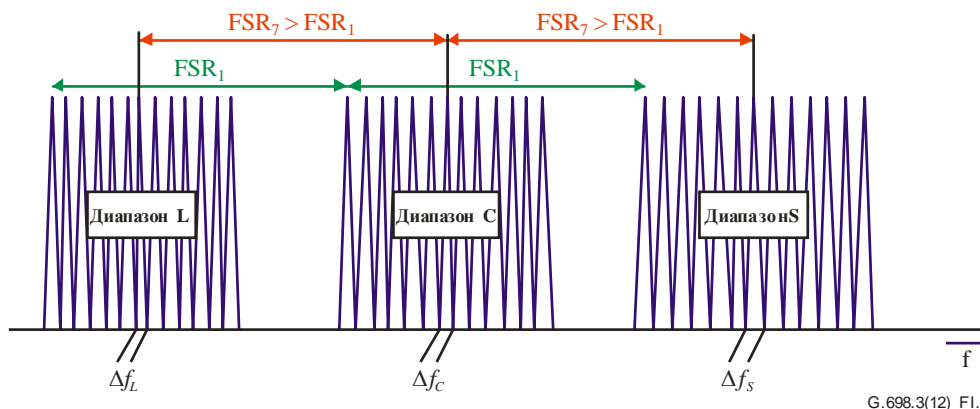


Рисунок I.1 – Иллюстрация FSR и разноса каналов в циклической AWG

Опорный канал M -го порядка определен на частоте $f_{0,M} = 193,9 \text{ ТГц} + M \times \text{FSR}$. M – положительное или отрицательное целое число, включая 0. Центральная частота n -го канала при рефракции M -го порядка для номинального разноса каналов CS , который (линейно) меняется с изменением порядка рефракции, определяется по формуле:

$$f_{n,M} = 193,9 \text{ ТГц} + M \times \text{FSR} + n \times CS,$$

где n – положительное или отрицательное целое число, включая 0. В связи с ограниченной спектральной областью рефракции каждого порядка величина n ограничена. В настоящей Рекомендации для прикладных кодов с разносом каналов в 100 ГГц используется $-24 \leq n \leq 23$. FSR, используемая в настоящей Рекомендации, соответствует значению в 5425,4 ГГц, измеренному в каналах с номинальными частотами 193,9 ТГц и 188,4746 ТГц.

Основной опорный канал определен по центру рефракции порядка $M = 0$ на частоте $f_{0,0} = 193,9 \text{ ТГц}$. В настоящей Рекомендации используется рефракция нулевого порядка (0) для направления оконечный узел – головной узел и минус первого (-1) порядка в направлении головной узел – оконечный узел. Поэтому опорный канал -1 порядка находится на частоте $f_{0,-1} = 188,4746 \text{ ТГц}$. Если исходить из минимального разноса каналов в 100 ГГц, минимальная центральная частота в направлении оконечный узел – головной узел соответствует $f_{-24,0} = 191,5 \text{ ТГц}$, а максимальная центральная частота соответствует $f_{23,0} = 196,2 \text{ ТГц}$. Если исходить из минимального разноса каналов в 97,15 ГГц (то есть $CS (M = -1)$), минимальная центральная частота в направлении головной узел – оконечный узел соответствует $f_{-24,-1} = 186,143 \text{ ТГц}$, а максимальная центральная частота соответствует $f_{23,-1} = 190,70905 \text{ ТГц}$.

FSR ($n = 0$) зависит от относительной разности показателей преломления материала, используемого при изготовлении решетки AWG. Значение FSR ($n = 0$) = 5425,4 ГГц основано на относительной разности показателей преломления, равной 1,5%.

Библиография

- [b-ITU-T G-Suppl.39] Рекомендация МСЭ-Т серии G – Добавление 39 (2008 г.), *Рассмотрение вопросов расчета и проектирования оптических систем.*

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Оконечное оборудование, субъективные и объективные методы оценки
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи