



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

**МСЭ-Т**

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ  
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

**G.666**

(07/2005)

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

Характеристики среды передачи – Характеристики  
оптических компонентов и подсистем

---

**Характеристики компенсаторов ПМД и  
приемники с компенсацией ПМД**

Рекомендация МСЭ-Т G.666

---

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	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.649
Волоконно-оптические кабели	G.650–G.659
<b>Характеристики оптических компонентов и подсистем</b>	<b>G.660–G.699</b>
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
ETHERNET И АСПЕКТЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ СООБЩЕНИЙ	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.666**

### **Характеристики компенсаторов ПМД и приемники с компенсацией ПМД**

#### **Резюме**

В настоящей Рекомендации содержатся параметры и определения для устройств, обеспечивающих компенсацию поляризационной модовой дисперсии (ПМД), необходимую для осуществления передачи и детектирования оптических сигналов в системе с высоким уровнем ПМД, которая в противном случае стала бы причиной появления недопустимых уровней перерывов в работе системы. Описываются одно- и многоканальные линейные компенсаторы ПМД, а также одно- и многоканальные приемники с компенсацией ПМД. С информацией о схемах испытаний и вариантах реализации можно ознакомиться в предоставляемых для сведения дополнениях.

#### **Источник**

Рекомендация МСЭ-Т G.666 была утверждена 14 июля 2005 года. 15-й Исследовательской комиссией (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации А.8.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи. 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.

Всемирная ассамблея по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяет 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 носит добровольный характер. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (например, для обеспечения возможности взаимодействия или применимости), и соответствие данной Рекомендации достигается в случае выполнения всех этих обязательных положений. Для выражения необходимости выполнения требований используется синтаксис долженствования и соответствующие слова (такие, как "должен" и т. п.), а также их отрицательные эквиваленты. Использование этих слов не предполагает, что соблюдение положений данной Рекомендации является обязательным для какой-либо из сторон.

## ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на то, что практическое применение или реализация этой может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, обоснованности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, отстаиваются ли они членами МСЭ или другими сторонами вне процесса подготовки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для реализации этой Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что это может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ.

© ITU 2005

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без письменного разрешения МСЭ.

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>Стр.</b>
1 Область применения .....	1
2 Ссылки .....	1
2.1 Нормативные ссылки .....	1
2.2 Ссылки для сведения .....	2
3 Определения .....	2
4 Сокращения .....	2
5 Эталонные конфигурации .....	3
5.1 Линейные КПМД .....	3
5.2 Приемники с КПМД .....	4
6 Параметры компенсаторов ПМД (КПМД) .....	4
Дополнение I – Измерения параметров компенсаторов ПМД (КПМД) .....	8
I.1 Измерение параметров для приемников КПМД .....	8
I.2 Измерение параметров для линейных КПМД .....	10
Дополнение II – Реализация одно- и многоканальных приемников с КПМД .....	10
II.1 Реализация одноканальных приемников с КПМД .....	10
II.2 Реализация многоканальных приемников с КПМД .....	11



## Характеристики компенсаторов ПМД и приемники с компенсацией ПМД

### 1 Область применения

В настоящей Рекомендации содержатся параметры и определения для устройств, обеспечивающих компенсацию поляризационной модовой дисперсии (ПМД), необходимую для осуществления передачи и детектирования оптических сигналов в системе с высоким уровнем ПМД. Описанные устройства с компенсацией ПМД включают как одно-, так и многоканальные приложения. В настоящей Рекомендации определяются требования и ключевые параметры для компенсаторов ПМД (КПМД) первого и более высокого порядков и включены динамические характеристики ПМД. В настоящей Рекомендации проводится различие между линейными КПМД и приемниками с КПМД, которые могут включать как электрические, так и оптические формы компенсации ПМД.

### 2 Ссылки

#### 2.1 Нормативные ссылки

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие источники 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 источники могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания рекомендаций и других ссылок, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент рекомендаций МСЭ-Т публикуется регулярно. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус рекомендации.

- ITU-T Recommendation G.650.2 (2005), *Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable.*
- Рекомендация МСЭ-Т G.652 (2005 г.), *Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля.*
- ITU-T Recommendation G.653 (2003), *Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.*
- Рекомендация МСЭ-Т G.654 (2004 г.), *Характеристики одномодового оптического волокна и кабеля со смещенной дисперсией и отсечкой.*
- ITU-T Recommendation G.655 (2003), *Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.*
- Рекомендация МСЭ-Т G.656 (2004 г.), *Характеристики волокна и кабеля с ненулевой дисперсией для широкополосной оптической передачи.*
- ITU-T Recommendation G.661 (1998), *Definition and test methods for the relevant generic parameters of optical amplifier devices and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.662 (2005), *Generic characteristics of optical amplifier devices and subsystems.*
- Рекомендация МСЭ-Т G.665 (2005 г.), *Типовые характеристики Рамановских усилителей и Рамановских усилительных подсистем.*
- Рекомендация МСЭ-Т G.671 (2005 г.), *Характеристики передачи оптических компонентов и подсистем*
- ITU-T Recommendation G.694.1 (2002), *Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid.*

## 2.2 Ссылки для сведения

- Рекомендации МСЭ-Т серии G – Дополнение 39 (2003 г.), *Рассмотрение вопросов расчета и проектирования оптических систем.*

## 3 Определения

В настоящей Рекомендации определяются следующие термины:

**3.1 вектор ДГЗ первого порядка:** Вектор ДГЗ первого порядка  $\vec{\Omega}(\omega)$  определяется как  $\vec{\Omega}(\omega) = \tau \vec{q}$  с дифференциальной групповой задержкой (ДГЗ)  $\tau$  и основным состоянием поляризационного вектора  $\vec{q}$  в пространстве Стокса, являющимся единичным вектором.

**3.2 скорость изменения ДГЗ:** "Скорость изменения ДГЗ" определяется как производная ДГЗ по времени, т. е.  $\left| \frac{\partial \tau}{\partial t} \right|$ , и измеряется в пс/мс.

**3.3 скорость вращения поляризации:** "Скорость вращения поляризации" (СВП) является абсолютной величиной временного изменения вектора Стокса  $\vec{S}$ , т. е.  $PRS = \left| \frac{\partial \vec{S}}{\partial t} \right|$ , и измеряется в рад/мс.

**3.4 ПМД второго порядка:** ПМД второго порядка (ПМДВП) определяется через  $ПМДВП = \vec{\Omega}_\omega = \tau_\omega \vec{q} + \tau \vec{q}_\omega$ . Это производная вектора ДГЗ первого порядка по оптической частоте  $\omega$ . ПМДВП состоит из двух членов, а именно  $\tau_\omega \vec{q}$  и  $\tau \vec{q}_\omega$ . Первый член  $\tau_\omega \vec{q}$  представляет собой член зависимой от поляризации хроматической дисперсии (ЗПХД), тогда как  $\tau \vec{q}_\omega$  является так называемым членом деполяризации, который описывает единичный вектор вращения основного состояния поляризации (ОСП) по частоте (на центральной частоте сигнала). Соответствующие значения этих величин задаются следующим образом: значение ПМДВП =  $|\vec{\Omega}_\omega|$ , значение деполяризации =  $|\tau \vec{q}_\omega|$ , значение ПХД =  $|\tau_\omega|$ .

**3.5 ухудшение ООСШ из-за ДГЗ:** Оптический сигнал, который находился под воздействием ДГЗ, требует большего ООСШ на приемнике для достижения КОБ =  $10^{-12}$ , чем оптический сигнал, который не был затронут ДГЗ (т. е. ДГЗ = 0), если допустить, что в обоих случаях мощность на входе приемника была одинаковой. Это различие в ООСШ называется ухудшением ООСШ из-за ДГЗ.

**3.6 чувствительность приемника с КПМД:** Значение средней принимаемой мощности в точке МРІ-Р для достижения конкретного КОБ. Оно должно соблюдаться для всех состояний входной поляризации в случае худшего передатчика, но не должно соблюдаться при ухудшениях оптических трактов, не связанных с ПМД.

## 4 Сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

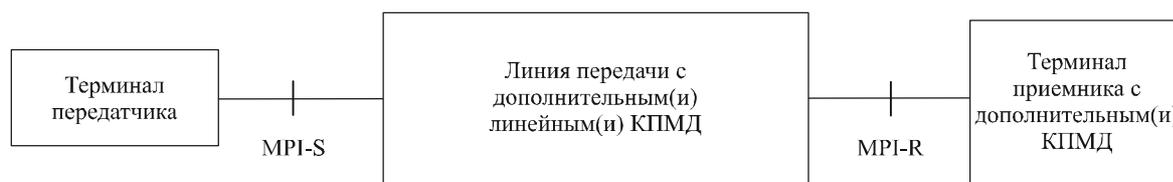
КОБ	Коэффициент ошибок по битам
ДМ	Демультимплексор
ДГЗ	Дифференциальная групповая задержка
ЛКПМД	Линейный компенсатор поляризационной модовой дисперсии
М-ЛКПМД	Многоканальный линейный компенсатор поляризационной модовой дисперсии
М-КПМД-Пр	Многоканальный приемник с компенсацией поляризационной модовой дисперсии
МРІ	Интерфейс основного тракта

M	Мультиплексор
NRZ	Без возврата к нулю
OY	Оптический усилитель
O-Э-O	Оптически-электрически-оптическое (преобразование)
OOCШ	Отношение оптический сигнал к шуму
ЗПХД	Зависимая от поляризации хроматическая дисперсия
ЗПП	Зависимые от поляризации потери
ПМД	Поляризационная модовая дисперсия
КПМД	Компенсатор поляризационной модовой дисперсии
КПМД-Пр	Приемник с компенсацией поляризационной модовой дисперсии
RZ	Возврат к нулю
O-ЛКПМД	Одноканальный линейный компенсатор поляризационной модовой дисперсии
O-КПМД-Пр	Одноканальный приемник с компенсацией поляризационной модовой дисперсии
ПМДВП	ПМД второго порядка
WDM	Мультиплексирование с разделением по длине волны

## 5 Эталонные конфигурации

Компенсаторы ПМД (КПМД) предназначены для использования в оптических системах передачи с целью снижения ухудшений сигнала, вызванных ПМД.

Общая конфигурация системы передачи с компенсатором(ами) ПМД показана на рисунке 5-1. Она состоит из передающего терминала, приемного терминала и линии передачи между ними с дополнительным(и) линейным(ыми) компенсатором(ами) ПМД. Одноканальная система включает одноканальные передатчик и приемный терминал, тогда как в случае многоканальной системы используются многоканальные передатчик и приемный терминал. Приемный терминал может также включать дополнительные функции и в этом случае называется "приемником с КПМД". В следующих пунктах проводится отличие оптических линейных КПМД (ЛКПМД) от приемников с КПМД. Контроль и управление (если имеют место) включено в черный ящик.



G.666\_F5-1

**Рисунок 5-1/G.666 – Общая конфигурация системы передачи с компенсаторами ПМД (КПМД)**

### 5.1 Линейные КПМД

Линейные КПМД имеют оптический вход и порт оптического выхода, и внутри линейного КПМД O-Э-O преобразование не осуществляется. Одноканальный линейный КПМД (O-ЛКПМД) может работать с одноканальным оптическим сигналом, тогда как многоканальный линейный КПМД (M-ЛКПМД) сконструирован для многоканального оптического сигнала. Оба типа схематически изображены на рисунках 5-2 и 5-3, соответственно.



Рисунок 5-2/G.666 – Эталонная конфигурация одноканального линейного КПМД (О-ЛКПМД)



Рисунок 5-3/G.666 – Эталонная конфигурация многоканального линейного КПМД (М-ЛКПМД)

## 5.2 Приемники с КПМД

В случае приемника с КПМД (КПМД-Пр) функция КПМД встроена в приемный терминал. Существует ряд вариантов в отношении того, как реализовать приемники с КПМД. Одноканальные приемники с КПМД отличаются от многоканальных приемников с КПМД.

Функциональная схема одноканального приемника КПМД (О-КПМД-Пр) показана на рисунке 5-4. Одноканальный оптический сигнал поступает в приемный терминал в эталонной точке MPI-R. В этой точке выполняется функция КПМД, и затем происходит детектирование сигнала. С подробностями реализации в одноканальных приемниках с КПМД (например, оптико-электрических) можно ознакомиться в Дополнении 2.



Рисунок 5-4/G.666 – Эталонная конфигурация одноканального приемника с КПМД

Многоканальный приемник с КПМД схематически представлен на рисунке 5-5. Многоканальный оптический сигнал поступает в приемный терминал в эталонной точке MPI-R. Там он либо проходит в КПМД перед тем, как поступить в демультиплексор (ДМ) и приемники Пр отдельных оптических каналов, либо непосредственно проходит через демультиплексор, где все приемники являются КПМД-Пр. С дополнительными подробностями реализации можно ознакомиться в п. II.2.

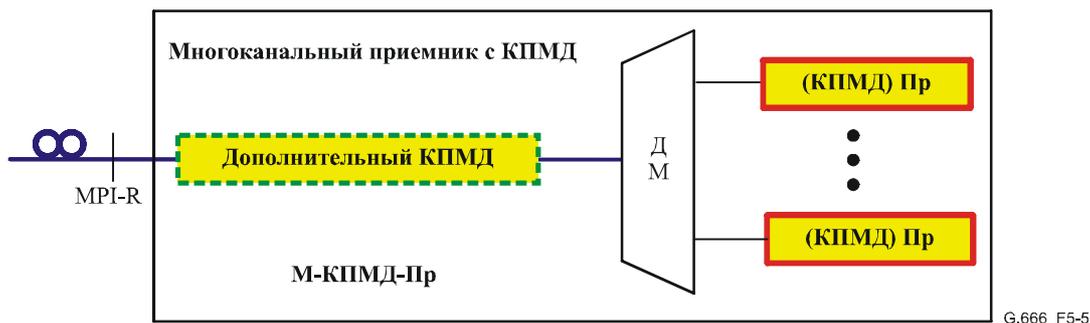


Рисунок 5-5/G.666 – Эталонная конфигурация многоканального приемника с КПМД (М-КПМД-Пр)

## 6 Параметры компенсаторов ПМД (КПМД)

В этом пункте представлены параметры КПМД. Некоторые параметры применяются ко всем типам КПМД и сведены в таблицу 1-6. С дополнительными параметрами, применяемыми для отдельных типов КПМД, можно ознакомиться в приведенных ниже таблицах 6-2–6-5.

**Таблица 6-1/G.666 – Общие параметры, применяемые ко всем типам КПМД**

Параметры	Эталонная точка	Единица измерения	Примеры (только для пояснения конкретных приложений)
<b>Тип волокна</b>			
Тип волокна на линии	MPI-S → R <sub>S</sub> или MPI-S → R <sub>M</sub> или MPI-S → MPI-R	–	G.652.D, G.653, G.654, G.655, G.656
<b>Параметры, имеющие отношение к оптической мощности</b>			
Минимальная общая входная мощность	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	дБм	
Максимальная общая входная мощность	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	дБм	
Максимальный коэффициент отражения на входном порте	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	дБ	
Зависимый от поляризации коэффициент отражения	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	дБ	
<b>Характеристики оптического сигнала</b>			
Минимальная скорость в битах	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	Гбит/с	
Максимальная скорость в битах	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	Гбит/с	
Формат модуляции (или "формат сигнала")	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	–	"любой формат", "только NRZ", "NRZ и RZ"
<b>Независимые от поляризации параметры предыдущего оптического тракта</b>			
Минимальное значение накопленной хроматической дисперсии	MPI-S → R <sub>S</sub> или MPI-S → R <sub>M</sub> или MPI-S → MPI-R	пс/нм	
Максимальное значение накопленной хроматической дисперсии	MPI-S → R <sub>S</sub> или MPI-S → R <sub>M</sub> или MPI-S → MPI-R	пс/нм	
<b>Параметры поляризации на входном порте</b>			
Максимальная средняя ДГЗ на входе	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	пс	
Максимальная мгновенная ДГЗ на входе	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	пс	
Максимальная скорость вращения поляризации	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	рад/мс	
Максимальная скорость изменения ДГЗ	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	пс/мс	
Максимальная величина ЗПХД	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	пс <sup>2</sup>	
Максимальная величина деполяризации	R <sub>S</sub> или R <sub>M</sub> или MPI-R	пс <sup>2</sup>	

**Таблица 6-2/G.666 – Параметры, применяемые к одноканальному линейному КПМД (О-ЛКПМД)**

Параметры	Эталонная точка	Единица измерения	Примеры (только для пояснения конкретных приложений)
<b>Общие оптические параметры единичного канала</b>			
Номинальная центральная оптическая частота	$R_S$	ТГц	
Максимальная девиация центральной частоты	$R_S$	ТГц	
<b>Параметры, имеющие отношение к оптической мощности</b>			
Минимальные вносимые потери (включая дополнительный блок ОУ)	$R_S \rightarrow S_S$	дБ	
Максимальные вносимые потери (включая дополнительный блок ОУ)	$R_S \rightarrow S_S$	дБ	
Максимальное отклонение вносимых потерь	$R_S \rightarrow S_S$	дБ	
Коэффициент шума (если используется блок ОУ)	$R_S \rightarrow S_S$	дБ	
Зависимые от поляризации потери (ЗПП)	$R_S \rightarrow S_S$	дБ	
<b>Параметры поляризации, имеющие отношение к выходному порту (Примечание 1)</b>			
Максимальная средняя выходная ДГЗ (Примечание 2)	$S_S$	пс	
Максимальная мгновенная выходная ДГЗ (Примечание 2)	$S_S$	пс	
Максимальная величина ПМДВП (Примечание 2)	$S_S$	пс <sup>2</sup>	
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для обеспечения сквозной совместимости между линейными КПМД и оптическими приемниками могут понадобиться дополнительные параметры.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эти параметры должны соблюдаться для входной ПМД в рамках пределов, указанных в разделе "параметры поляризации на входном порте" таблицы 6-1.</p>			

**Таблица 6-3/G.666 – Параметры, применяемые к многоканальному линейному КПМД (М-ЛКПМД)**

Параметры	Эталонная точка	Единица измерения	Примеры (только для пояснения конкретных приложений)
<b>Общие оптические параметры для случая многих каналов</b>			
Максимальное число каналов	$R_M$	–	
Номинальные центральные частоты каналов	$R_M$	ТГц	191,9 + 0,2 м, м = 0–19
Разнос каналов	$R_M$	ТГц	200
Максимальная девиация центральной частоты	$R_M$	ТГц	
<b>Параметры, имеющие отношение к оптической мощности</b>			
Минимальная входная мощность канала	$R_M$	дБм	
Максимальная входная мощность канала	$R_M$	дБм	
Минимальные вносимые потери канала (включая дополнительный блок ОУ)	$R_M \rightarrow S_M$	дБ	
Максимальные вносимые потери канала (включая дополнительный блок ОУ)	$R_M \rightarrow S_M$	дБ	
Максимальное отклонение вносимых потерь канала	$R_M \rightarrow S_M$	дБ	
Коэффициент шума (если используется блок ОУ)	$R_M \rightarrow S_M$	дБ	
Зависимые от поляризации потери (ЗПП)	$R_M \rightarrow S_M$	дБ	

**Таблица 6-3/G.666 – Параметры, применяемые к многоканальному линейному КПМД (М-ЛКПМД)**

Параметры	Эталонная точка	Единица измерения	Примеры (только для пояснения конкретных приложений)
<b>Параметры поляризации, применяемые к каждому каналу, имеющему отношение выходному порту (Примечание 1)</b>			
Максимальная средняя выходная ДГЗ (Примечание 2)	$S_M$	пс	
Максимальная мгновенная выходная ДГЗ (Примечание 2)	$S_M$	пс	
Максимальная величина ПМДВП (Примечание 2)	$S_M$	пс <sup>2</sup>	
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для обеспечения сквозной совместимости между линейными КПМД и оптическими приемниками могут понадобиться дополнительные параметры. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эти параметры должны соблюдаться для входной ПМД в рамках пределов, указанных в разделе "параметры поляризации на входном порте" таблицы 6-1.			

**Таблица 6-4/G.666 – Параметры, применяемые к одноканальному приемнику с КПМД (О-КПМД-Пр)**

Параметры	Единица измерения	Примеры (только для пояснения конкретных приложений)
<b>Общие оптические параметры единичного канала</b>		
Номинальная центральная оптическая частота	ТГц	
Максимальная девиация центральной частоты	ГГц	
<b>Параметры одноканальной системы передачи</b>		
Максимальное ухудшение ООСШ из-за ДГЗ	дБ	
Минимальная чувствительность приемника с КПМД	дБм	

**Таблица 6-5/G.666 – Параметры, применяемые к многоканальному приемнику с КПМД (М-КПМД-Пр)**

Параметры	Единица измерения	Примеры (только для пояснения конкретных приложений)
<b>Общие оптические параметры для случая многих каналов</b>		
Максимальное число каналов	–	
Номинальные центральные частоты каналов	ТГц	$191,9 + 0,2 m$ , $m = 0-19$
Разнос каналов	ГГц	200
Максимальная девиация центральной частоты	ГГц	
<b>Параметры, имеющие отношение к оптической мощности</b>		
Минимальная входная мощность канала	дБм	
Максимальная входная мощность канала	дБм	
<b>Параметры многоканальной системы передачи, применяемые к каждому каналу</b>		
Максимальное ухудшение ООСШ из-за ДГЗ	дБ	
Минимальная чувствительность приемника с КПМД	дБм	

## Дополнение I

### Измерения параметров компенсаторов ПМД (КПМД)

В настоящем Дополнении рассматриваются подходы к измерению параметров компенсаторов ПМД. Схема испытаний должна содержать линию передачи с возможностями настройки ПМД (следовательно, включая волокно передачи и эмулятор ПМД), соединенную с КПМД и испытательным оборудованием для измерения характеристик КПМД.

Существует две различные категории компенсаторов ПМД, а именно приемники с КПМД и линейные КПМД. Приемники с КПМД включают О-КПМД-Пр и М-КПМД-Пр. Линейные КПМД включают О-ЛКПМД и М-ЛКПМД. Общий подход к измерению параметров для этих КПМД показан ниже.

#### I.1 Измерение параметров для приемников КПМД

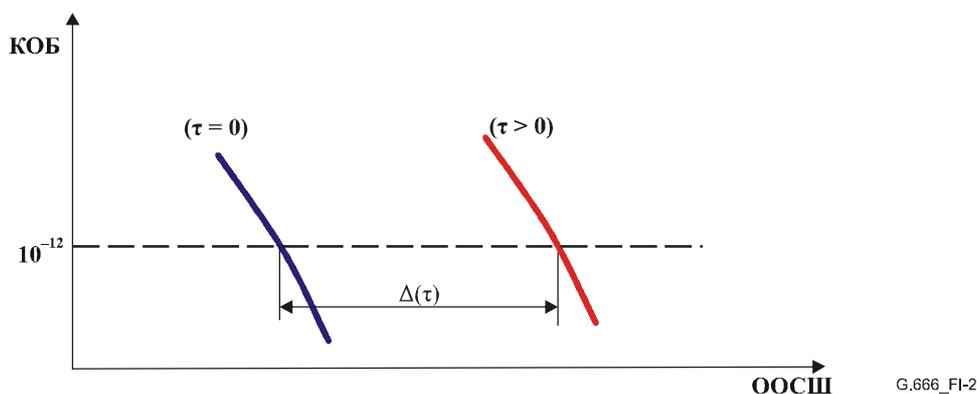
Общая схема испытаний для измерения параметров приемников с КПМД показана на рисунке I.1. С целью упрощения предполагается наличие одноканального передатчика и приемного терминала. Одноканальный оптический сигнал проходит линию передачи, которая содержит настраиваемый эмулятор ПМД и оптический источник шума. Дополнительные оптические компоненты (не показанные здесь) используются для обеспечения постоянной оптической входной мощности в эталонной точке MPI-R перед приемником с КПМД.



Рисунок I.1/G.666 – Общая схема для измерения параметров приемников с КПМД

Для изменения ухудшения ООСШ по отношению к ДГЗ эмулятор ПМД первого порядка подстраивают к значениям ДГЗ на интервале ДГЗ  $0 \leq \tau \leq \tau_{\max}$ , где  $\tau$  обозначает дифференциальную групповую задержку (ДГЗ), а  $\tau_{\max}$  является пределом ПМД первого порядка, которую приемник должен выдерживать.

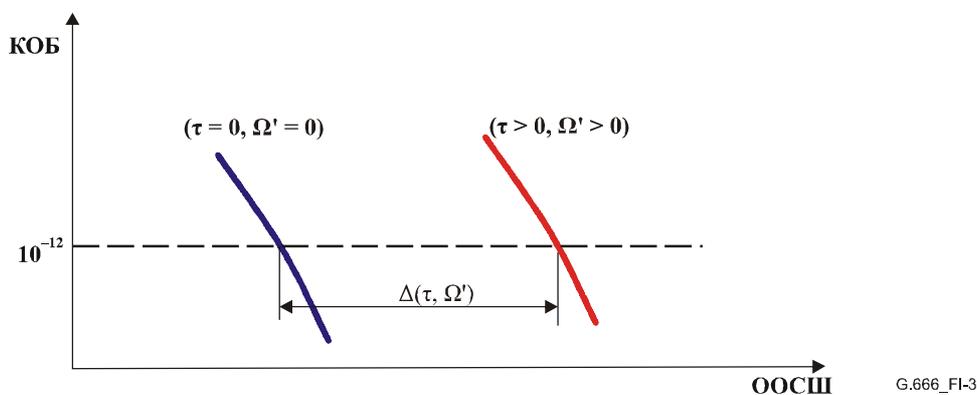
КОБ измеряется в зависимости от ООСШ (при сохранении постоянной оптической входной мощности  $P_{in}$  в MPI-R). Кривая КОБ при значении  $\tau > 0$  может быть смещена по отношению к кривой КОБ при нулевой ПМД (например, при  $\tau = 0$ ). Графическое представление этого поведения показано на рисунке I.2. Ухудшение между состоянием поляризации с ДГЗ  $\tau$  и нулевым состоянием ДГЗ ( $\tau = 0$ ), возникающее под влиянием ПМД при КОБ =  $10^{-12}$ , обозначено как  $\Delta(\tau)$ .



**Рисунок I.2/G.666 – Графическое представление КОБ в зависимости от ООСШ для нулевого и ненулевого ДГЗ  $\tau$**

Комплект измерительного оборудования, показанный на рисунке I.1, может быть также использован для измерения ухудшения ООСШ по отношению ДГЗ и ПМДВП. В этом случае используется эмулятор ПМД второго порядка. Этот эмулятор может быть подстроен на любую пару значений  $(\tau, \Omega')$  на интервале ДГЗ  $0 \leq \tau \leq \tau_{\max}$  и интервале ПМДВП  $0 \leq \Omega' \leq \Omega'_{\max}$ , где  $\tau$  обозначает дифференциальное групповое запаздывание (ДГЗ),  $\Omega' = |\bar{\Omega}'_{\omega}|$  обозначает величину ПМДВП, причем  $\bar{\Omega}'_{\omega}$  является производной вектора ПМД первого порядка  $\bar{\Omega}(\omega)$ , а  $\tau_{\max}$  и  $\Omega'_{\max}$  являются пределами ПМД первого и второго порядков, которую приемник должен выдерживать.

Тот же принцип применяется в случае, показанном на рисунке I.2. Однако кривые КОБ измеряются как функция двух параметров ПМД, а именно ДГЗ и ПМДВП. Графическое представление этого поведения показано на рисунке I.3.



**Рисунок I.3/G.666 – Графическое представление КОБ в зависимости от ООСШ для нулевого и ненулевого ДГЗ  $\tau$  и ПМДВП  $\Omega'$**

КОБ измеряется в зависимости от ООСШ (а не от оптической входной мощности) в эталонной точке МР1-Р по следующей причине: обычно ПМД становится проблемой при очень высоких скоростях передачи данных (от 10 Гбит/с) и больших длинах оптически прозрачных линий. Другими словами, ПМД обычно становится проблемой в многопролетных системах передачи, которые (по определению) включают оптические усилители (ОУ). ООСШ является основным ограничением таких многопролетных систем из-за накопления шума ОУ. Минимальное ООСШ, допустимое для системы, задается минимальным ООСШ в отсутствие любых искажений, вызванных ПМД, и дополнительным ухудшением  $\Delta(\tau, \Omega')$  под воздействием ДГЗ и ПМДВП. Дополнительное ухудшение  $\Delta(\tau, \Omega')$  в дБ представляется величиной, на которую можно улучшить ООСШ при наличии ПМД для поддержания требуемого КОБ.

## I.2 Измерение параметров для линейных КПМД

Общая схема испытаний для измерения параметров линейных КПМД показана на рисунке I.4.

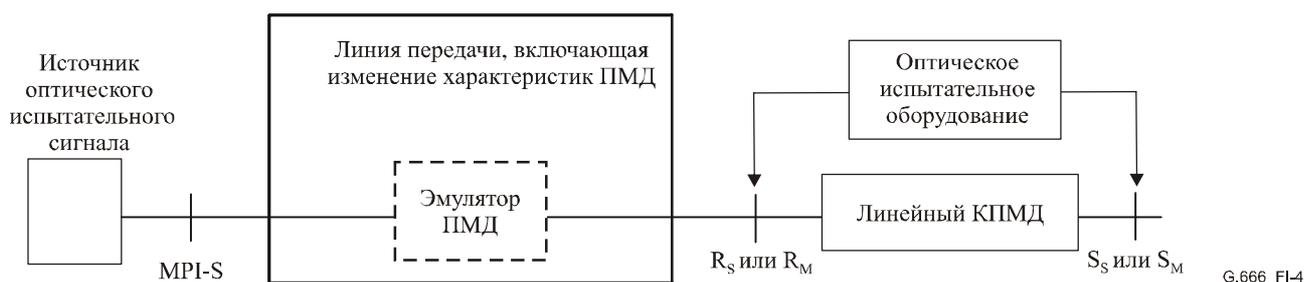


Рисунок I.4/G.666 – Общая схема для измерения параметров линейных КПМД

В случае линейных КПМД измеряются только оптические параметры на входе и на выходном порте линейного КПМД. КОБ не измеряется.

## Дополнение II

### Реализация одно- и многоканальных приемников с КПМД

#### II.1 Реализация одноканальных приемников с КПМД

Реализация одноканальных приемников с КПМД (как показано в общем виде на рисунке 5-4) может быть осуществлена с помощью различных схем аппаратного исполнения. Одним из вариантов является одноканальный линейный КПМД (О-ЛКПМД), представленный на рисунке II.1 вместе с традиционным приемником. Перед тем как поступить в приемник, оптический сигнал после эталонной точки MPI-R проходит через оптический КПМД. Дополнительная петля обратной связи, показанная на рисунке II.1 штриховой линией, позволяет КПМД работать в оптимизированном режиме.

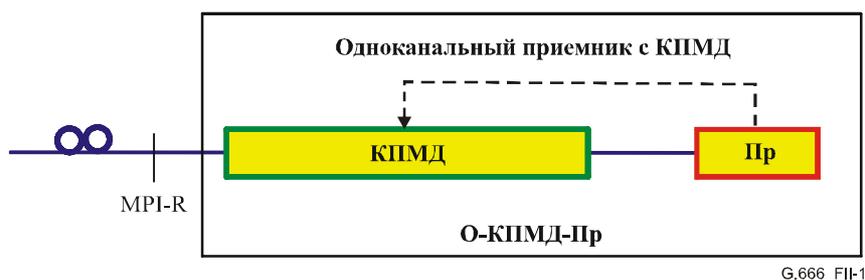


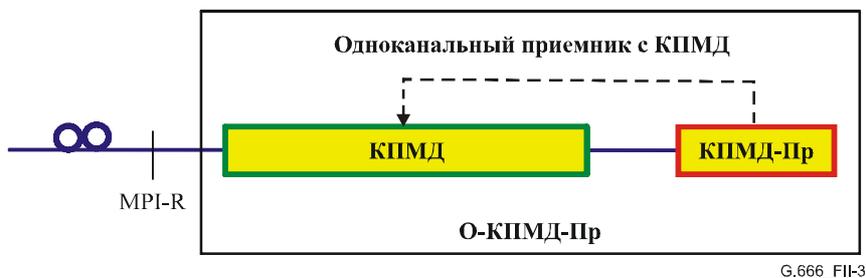
Рисунок II.1/G.666 – Реализация варианта А одноканального приемника с КПМД (О-КПМД-Пр)

Альтернативной реализацией является использование приемника, включающего электрический КПМД, как показано на рисунке II.2. Никаких дополнительных оптических устройств для компенсации ПМД не используется. Вместо них достижение функции КПМД внутри приемника осуществляется электрическими способами.



**Рисунок П.2/G.666 – Реализация варианта В одноканального приемника с КПМД (О-КПМД-Пр)**

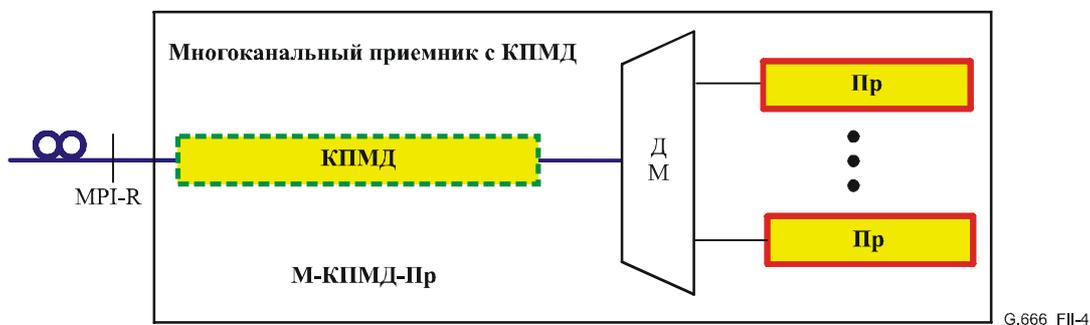
Возможно также сочетание двух перечисленных выше реализаций, как показано на рисунке П.3.



**Рисунок П.3/G.666 – Реализация варианта С одноканального приемника с КПМД (О-КПМД-Пр)**

## П.2 Реализация многоканальных приемников с КПМД

По аналогии с изложенным в п. П.1 существует три варианта реализации многоканальных приемников с КПМД, что поясняется на рисунках П.4–П.6. Вариант А включает оптический КПМД, расположенный перед демультиплексором с обычными приемниками. В варианте В используются только приемники с КПМД. В варианте С применяется сочетание оптического КПМД, расположенного перед демультиплексором, и приемников с КПМД.



**Рисунок П.4/G.666 – Реализация варианта А многоканального приемника с КПМД (М-КПМД-Пр)**

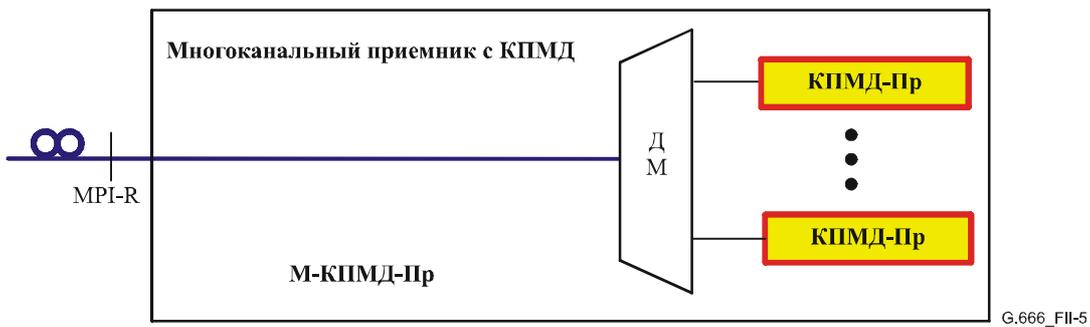


Рисунок II.5/G.666 – Реализация варианта В многоканального приемника с КПМД (М-КПМД-Пр)

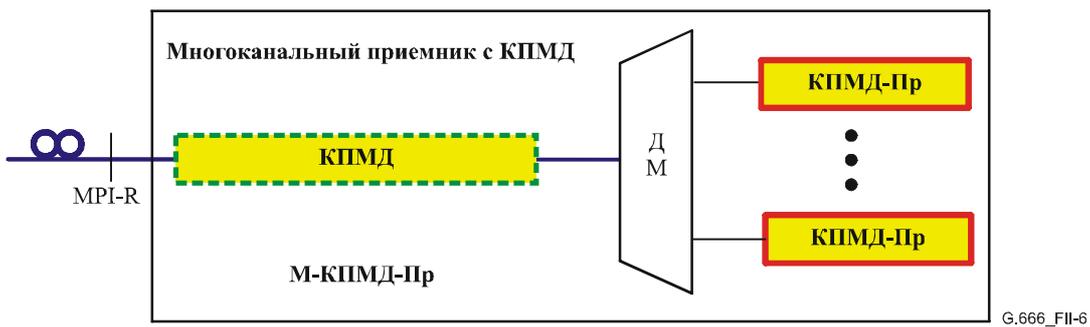


Рисунок II.6/G.666 – Реализация варианта С многоканального приемника с КПМД (М-КПМД-Пр)



## 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
<b>Серия G</b>	<b>Системы и среда передачи, цифровые системы и сети</b>
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	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
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 межсетевых протоколов и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи