

# МСЭ-Т

# G.8263/Y.1363

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ  
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

(02/2012)

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

Аспекты передачи пакетов по транспортным сетям –  
Целевые показатели качества и готовности

СЕРИЯ Y: ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ  
ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ ПРОТОКОЛА  
ИНТЕРНЕТ И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

Аспекты протокола Интернет – Транспортирование

---

**Характеристики хронирования тактовых  
генераторов оборудования на основе  
пакетной передачи**

Рекомендация МСЭ-Т G.8263/Y.1363

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
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
Аспекты, касающиеся Ethernet поверх транспортного уровня	G.8000–G.8099
MPLS и аспекты транспортирования сообщений	G.8100–G.8199
<b>Целевые показатели качества и готовности</b>	<b>G.8200–G.8299</b>
Управление обслуживанием	G.8600–G.8699
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

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

## Характеристики хронирования тактовых генераторов оборудования на основе пакетной передачи

### Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.8263/Y.1363 изложены требования к устройствам хронирования, применяемым при синхронизации сетевого оборудования, которое работает в рамках функции взаимодействия (IWF) и других элементов сети, как это определено в Рекомендации МСЭ-Т G.8261/Y.1361. В настоящей Рекомендации определяются требования к тактовым генераторам оборудования на основе пакетной передачи.

### Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т G.8263/Y.1363	13.02.2012 г.	15-я	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11524">11.1002/1000/11524</a>

### Ключевые слова

Тактовый генератор, дрожание, синхронизация, дрейф.

---

\* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL: <http://handle.itu.int/>, после которого следует уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## 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 2016

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 Справочные документы .....	1
3 Определения.....	2
4 Сокращения и акронимы.....	2
5 Точность частоты.....	4
5.1 Ведомый тактовый генератор оборудования на основе пакетной передачи при частотной синхронизации.....	4
6 Генерация шума .....	4
6.1 PEC-S-F.....	5
7 Допуск на шум, обусловленный вариацией задержки пакетов.....	6
7.1 PEC-S-F.....	6
8 Фазовая характеристика длительного переходного состояния (удержание).....	7
8.1 PEC-S-F.....	7
9 Фазовая характеристика, обусловленная прерываниями пакетного хронирующего сигнала .....	8
10 Интерфейсы.....	8
Приложение А – Функциональная модель пакетного тактового генератора.....	9
Дополнение I – Допуск на шум, обусловленный вариацией задержки пакетов – методика тестирования .....	10
Дополнение II – Соображения относительно скорости передачи пакетов.....	11
Дополнение III – Соображения относительно постоянной времени PEC-S-F .....	12



### Характеристики хронирования тактовых генераторов оборудования на основе пакетной передачи

#### 1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации изложены минимальные требования к функциям хронирования пакетных ведомых тактовых генераторов, определенным в [ITU-T G.8265]. В ней поддерживается распределение сигналов частотной синхронизации при использовании пакетных методов передачи.

В настоящей Рекомендации предусматривается возможность надлежащего функционирования сети при хронировании пакетного ведомого тактового генератора от пакетного ведущего тактового генератора, как это определено в [ITU-T G.8265].

В настоящей Рекомендации основное внимание уделяется мобильным применениям, в частности, доставке сигналов частотной синхронизации для оконечных применений, например, базовых станций подвижной связи. В ней поддерживается архитектура, определенная в [ITU-T G.8265]. Другие применения подлежат дальнейшему исследованию.

В настоящей Рекомендации рассматриваются два различных сценария развертывания пакетного ведомого тактового генератора:

- пакетный ведомый тактовый генератор встроен в устройство, расположенное вместе с оконечным применением, показанным после соединения C1 на рисунке 3 [ITU-T G.8261.1].
- пакетный ведомый тактовый генератор встроен в оконечное применение, показанное после соединения C2 на рисунке 3 [ITU-T G.8261.1]. Этот второй случай подлежит дальнейшему исследованию в первой версии настоящей Рекомендации.

Другие сценарии развертывания пакетного ведомого тактового генератора подлежат дальнейшему исследованию.

В настоящей Рекомендации рассматриваются типы сетей, соответствующие сетям HRM-1 и HRM-2, определенным в [ITU-T G.8261.1].

ПРИМЕЧАНИЕ. – При длительных интервалах наблюдения ожидается, что PEC-S-F будет компенсировать влияние изменения температуры, и на выходе PEC-S-F будет линия с уклоном в одну миллиардную долю.

Сеть типа HRM-2 подлежит дальнейшему исследованию в первой версии настоящей Рекомендации. Другие типы сетей выходят за рамки сферы применения настоящей Рекомендации.

В настоящей Рекомендации определяются минимальные требования к пакетным ведомым тактовым генераторам. Данные требования применяются при нормальных условиях окружающей среды, определенных для оборудования.

Настоящая Рекомендация охватывает вопросы точности тактового генератора, допуска на шум, обусловленный вариацией задержки пакетов (PDV), характеристик удержания и генерации шума. Условия запуска (например, переменная полоса пропускания фильтра при запуске, период стабилизации и др.) подлежат дальнейшему исследованию.

#### 2 Справочные документы

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.810]	Recommendation ITU-T G.810 (1996), <i>Definitions and terminology for synchronization networks.</i>
[ITU-T G.811]	Recommendation ITU-T G.811 (1997), <i>Timing requirements at the outputs of primary reference clocks suitable for pliesochronous operation of international digital links.</i>
[ITU-T G.823]	Рекомендация МСЭ-Т G.823 (2000 г.), <i>Управление джиттером и блужданиями в цифровых сетях, которые основываются на иерархии 2048 кбит/с.</i>
[ITU-T G.824]	Рекомендация МСЭ-Т G.824 (2000 г.), <i>Управление фазовыми дрожаниями и блужданиями в цифровых сетях, которые основаны на иерархии 1544 кбит/с.</i>
[ITU-T G.8260]	Recommendation ITU-T G.8260 (2012), <i>Definitions and terminology for synchronization in packet networks.</i>
[ITU-T G.8261]	Recommendation ITU-T G.8261 (2008), <i>Timing and synchronization aspects in packet networks.</i>
[ITU-T G.8261.1]	Recommendation ITU-T G.8261.1 (2012), <i>Packet delay variation network limits applicable to packet based methods (Frequency synchronization).</i>
[ITU-T G.8265]	Recommendation ITU-T G.8265 (2010), <i>Architecture and requirements for packet-based frequency delivery.</i>
[ITU-T G.8265.1]	Recommendation ITU-T G.8265.1 (2010), <i>Precision time protocol telecom profile for frequency synchronization.</i>

### 3 Определения

Определения, касающиеся синхронизации, содержатся в [ITU-T G.810] и [ITU-T G.8260].

### 4 Сокращения и акронимы

Для целей настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы:

ATM	Asynchronous Transfer Mode		Асинхронный режим передачи
BS	Base Station	БС	Базовая станция
CBR	Constant Bit Rate		Передача битов с постоянной скоростью
CDMA	Code Division Multiple Access		Многостанционный доступ с кодовым разделением
CE	Customer Equipment		Оборудование пользователя
CES	Circuit Emulation Service		Услуга эмуляции каналов
DUT	Device Under Test		Тестируемое устройство
EEC	synchronous Ethernet Equipment Clock		Тактовый генератор оборудования синхронного Ethernet
ESMC	Ethernet Synchronization Messaging Channel		Канал обмена сообщениями синхронизации Ethernet
FDD	Frequency Division Duplex		Дуплекс с частотным разделением
FE	Fast Ethernet		"Быстрый" Ethernet
GE	Gigabit Ethernet		"Гигабитный" Ethernet
GPS	Global Positioning System		Глобальная система определения местоположения
GSM	Global System for Mobile communications		Глобальная система связи с подвижными объектами
HRM	Hypothetical Reference Model		Гипотетическая эталонная модель
IP DSLAM	IP Digital Subscriber Line Access Multiplexer		Мультиплексор доступа к цифровой абонентской линии на базе IP
IP	Internet Protocol		Протокол Интернет



IWF	Interworking Function		Функция взаимодействия
MAC	Medium Access Control		Управление доступом к среде передачи данных
M-CMTS	Modular Cable Modem Termination System		Модульная система завершения кабельного модема
METROE	METRO Ethernet		METRO Ethernet
MPEG	Moving Picture Experts Group		Группа экспертов по кинематографии
MRTIE	Maximum Relative Time Interval Error		Максимальная относительная погрешность временного интервала
MSAN	Multiservice Access Node		Многофункциональный узел доступа
MTIE	Maximum Time Interval Error		Максимальная погрешность временного интервала
NE	Network Element		Элемент сети
NTP	Network Time Protocol		Сетевой протокол синхронизации времени
OLT	Optical Line Termination		Оптическое линейное окончание
OTN	Optical Transport Network		Оптическая транспортная сеть
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	ПЦИ	Плещиохронная цифровая иерархия
PDV	Packet Delay Variation		Вариация задержки пакетов
PEC	Packet-based Equipment Clock		Тактовый генератор оборудования на основе пакетной передачи
PEC-S-F	Packet-based Equipment Clock – Slave – Frequency		Ведомый тактовый генератор оборудования на основе пакетной передачи при частотной синхронизации
PHY	Physical (layer)		Физический (уровень)
PNT	Packet Network Timing		Хронирование пакетной сети
PNT-F	PNT-Function		Функция PNT
PRC	Primary Reference Clock		Первичный эталонный тактовый генератор
PSC-A	Packet-based Service Clock-Adaptive		Адаптивный метод восстановления рабочего тактового сигнала оборудования на основе пакетной передачи
PSC-D	Packet-based Service Clock-Differential		Дифференциальный метод восстановления рабочего тактового сигнала оборудования на основе пакетной передачи
PSTN	Public Switched Telephone Network	КТСОП	Коммутируемая телефонная сеть общего пользования
PTP	Precision Time Protocol		Протокол точного времени
PTS	Packet Timing Signal		Пакетный хронизирующий сигнал
PTSF	Packet Timing Signal Fail		Пропадание пакетного хронизирующего сигнала
QL	Quality Level		Уровень качества
SASE	Stand Alone Synchronization Equipment		Автономное оборудование синхронизации
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
SEC	SDH Equipment Clock		Тактовый генератор оборудования СЦИ

SLA	Service Level Agreement	Соглашение об уровне обслуживания
Sntp	Simple Network Time Protocol	Простой сетевой протокол синхронизации времени
SRTS	Synchronous Residual Time Stamp	Синхронная дифференциальная временная отметка
SSM	Synchronization Status Message	Сообщение о статусе синхронизации
SSU	Synchronization Supply Unit	Блок синхронизации
STM	Synchronous Transfer Mode	Синхронный режим передачи
TCP	Transmission Control Protocol	Протокол управления передачей
TDD	Time Division Duplex	Дуплекс с временным разделением
TDEV	Time Deviation	Отклонение времени
TDM PW	TDM PseudoWire	Псевдопровод TDM
TDM	Time Division Multiplex	Мультиплексирование с временным разделением
ToD	Time of Day	Время суток
UI	Unit Interval	Единичный интервал
UTC	Coordinated Universal Time	Всемирное координированное время
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access	Широкополосный многостанционный доступ с кодовым разделением каналов

## 5 Точность частоты

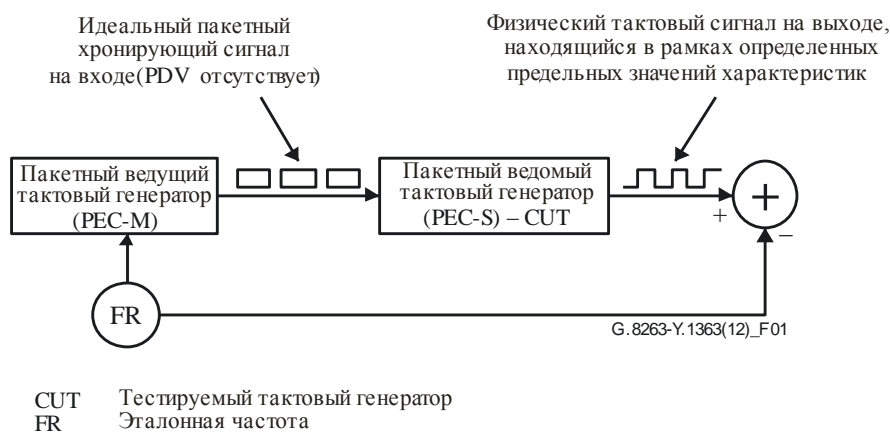
### 5.1 Ведомый тактовый генератор оборудования на основе пакетной передачи при частотной синхронизации

С условиях автономной работы погрешность частоты на выходе ведомого тактового генератора оборудования на основе пакетной передачи при частотной синхронизации (PEC-S-F) не должна превышать 4,6 миллионных долей по отношению к эталонному сигналу, прослеживаемому к тактовому генератору МСЭ-Т G.811.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Временной интервал для данной точности подлежит дальнейшему исследованию. Были предложены значения в один год и один месяц.

## 6 Генерация шума

Шум, генерируемый PEC-S, представляет собой величину фазового шума, создаваемого на выходе PEC-S при подаче на вход идеального эталонного пакетного хранирующего сигнала. На рисунке 1 изображена процедура тестирования:



**Рисунок 1 – Процедура тестирования на генерацию шума**

Следует отметить, что в соответствии с архитектурой, определенной в [ITU-T G.8265] (см. рисунок 1 [ITU-T G.8265]), ведомые тактовые генераторы оборудования на основе пакетной передачи при частотной синхронизации не являются каскадными, поэтому при наличии идеального эталонного сигнала на входе не потребуется указывать генерируемый шум, создаваемый на выходе тактового генератора. Действительно, требования, применимые к генерации шума, уже учтены в спецификациях, представленных в пункте 7 настоящей Рекомендации. Вместе с тем данная спецификация приведена для того, чтобы операторы сетей могли измерять шум, создаваемый PЕC-S-F в идеальных условиях, отдельно от сценариев, когда имеет место вариация задержки пакетов (PDV) (тестирование на допуск на шум, обусловленный PDV).

Максимальная погрешность временного интервала (МТИЕ) измеряется при помощи эквивалентного измерительного фильтра низких частот с полосой 10 Гц, с характеристикой первого порядка, при максимальном интервале дискретизации в 1/30 секунды.

## 6.1 PЕC-S-F

Если PЕC-S-F работает в режиме захвата, синхронизирован с эталонным сигналом, не имеющим вариации задержки пакетов, и его МТИЕ на выходе измерена с помощью того же самого эталонного сигнала, который используется пакетным ведущим тактовым генератором, создающим пакетный хронизирующий сигнал, то при постоянной температуре (в пределах  $\pm 1^\circ\text{K}$ ) МТИЕ должна иметь предельные значения, описанные в таблице 1.

**Таблица 1 – Дрейф, генерируемый (МТИЕ) PЕC-S-F при постоянной температуре**

Предельные значения МТИЕ (нс)	Интервал наблюдения $\tau$ (с)
1 000	$0,1 < \tau \leq 1\ 000$
$\tau$	$\tau > 1\ 000$ (Примечание)
ПРИМЕЧАНИЕ. – Максимальный применимый интервал наблюдения подлежит дальнейшему исследованию.	

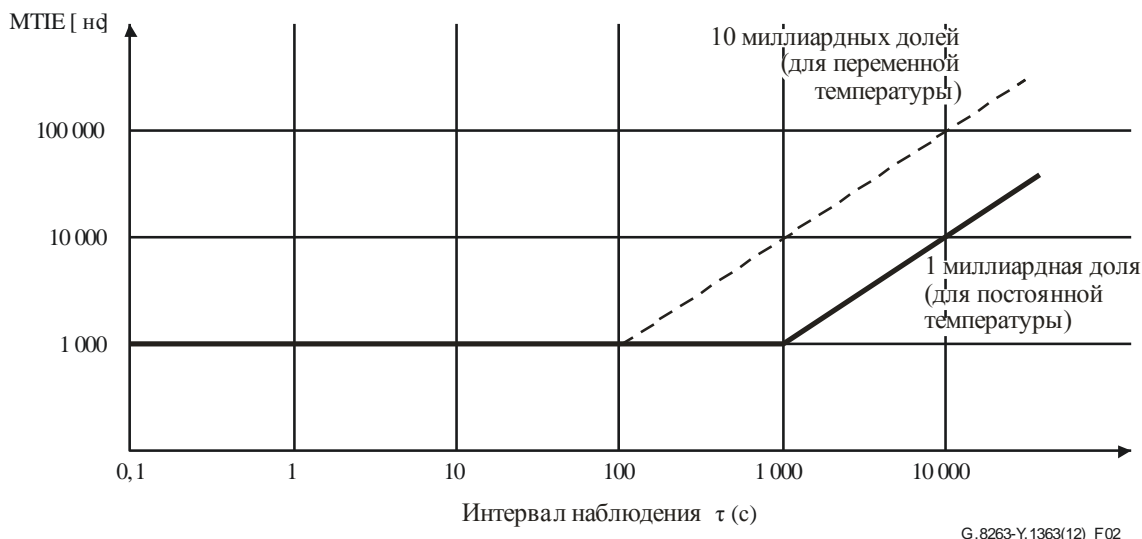
Результирующее требование показано сплошной линией на рисунке 2.

Для случаев, когда учитывается влияние температуры, допуск на общий вклад МТИЕ увеличивается на значения, приведенные в таблице 2.

**Таблица 2 – Дополнительный дрейф, генерируемый (МТИЕ) PЕC-S-F при температурном воздействии**

Дополнительный допуск на МТИЕ (нс)	Интервал наблюдения $\tau$ (с)
1 000	$0,1 < \tau \leq 100$
$10\ \tau$	$\tau > 100$ (Примечание)
ПРИМЕЧАНИЕ. – Максимальный применимый интервал наблюдения подлежит дальнейшему исследованию.	

Результирующие требования показаны пунктирной линией на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Дрейф, генерируемый (МТПЕ) ведомым тактовым генератором оборудования на основе пакетной передачи при частотной синхронизации (РЕС-S-F)**

ПРИМЕЧАНИЕ. – При длительных интервалах наблюдения ожидается, что РЕС-S-F будет компенсировать влияние изменения температуры, и на выходе РЕС-S-F будет линия с уклоном в одну миллиардную долю.

## 7 Допуск на шум, обусловленный вариацией задержки пакетов

### 7.1 РЕС-S-F

Допуск для РЕС-S-F на шум, обусловленный вариацией задержки пакетов (PDV), означает минимальный уровень шума, обусловленного задержкой пакетов, на входе РЕС-S-F. Он означает шум, присутствующий в пакетном хранирующем сигнале (PTS), который должен выдерживать РЕС-S-F.

Модель пакетного ведомого тактового генератора изображена на рисунке А.1. Передаточные функции РЕС-S-F определяют его свойства в части фильтрации шума PDV, присутствующего в пакетном хранирующем сигнале, и генерации тактовой частоты, прослеживаемой к входному хранирующему сигналу, обеспечиваемому пакетным ведущим тактовым генератором.

РЕС-S-F обязан выдерживать шум с предельными уровнями, указанными в пункте 8 [ITU-T G.8261.1] (Сетевые пределы PDV в точке С). При этих условиях выходной тактовый сигнал РЕС-S-F обязан:

- не приводить к активации сигнала, который не может быть использован PTSF (этот вопрос подлежит дальнейшему исследованию);
- не приводить к входу тактового генератора в режим удержания;
- удерживать тактовый сигнал в следующих заданных предельных значениях характеристик, в зависимости от применимого сценария использования:
  - предельные значения, определенные для случая 3 в пункте 7.2.2 [ITU-T G.8261.1], которые определены в эталонной точке D на рисунке 3 [ITU-T G.8261.1]; или
  - предельные значения, определенные для случая 2 в пункте 7.2.2 [ITU-T G.8261.1], которые определены в эталонной точке D на рисунке 3 [ITU-T G.8261.1]. Этот случай подлежит дальнейшему исследованию.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Указанные выше предельные значения применяются к РЕС-S-F, который является внешним по отношению к окончному применению (точка С1 на рисунке 3 [ITU-T G.8261.1]). Предельные значения, соответствующие окончному применению в точке Е на рисунке 3 [ITU-T G.8261.1] для случая РЕС-S-F, встроенного в окончное применение (точка С2 на рисунке 3 [ITU-T G.8261.1]), подлежат дальнейшему исследованию.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для конкретной скорости передачи пакетов, используемой в реальной реализации PEC-S-F, которая находится в пределах, определенных в [ITU-T G.8265.1], тактовый генератор обязан выдерживать PDV, создаваемую сетью, как это определено в [ITU-T G.8261.1]. Более конкретно, для HRM-1, описанной в [ITU-T G.8261.1], PEC-S-F обязан также удовлетворять спецификации выходных характеристик для конкретной скорости передачи пакетов, если только 1% пакетов хронизирующего сигнала, передаваемого пакетным ведущим генератором, находятся в рамках фиксированного кластера в 150 мкс, начиная с наименьшей задержки в каждом окне наблюдения длительностью 200 с.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Способ генерации пакетного хронизирующего сигнала (шаблона PDV), испытывающего шум с предельными значениями, определенными в пункте 8 [ITU-T G.8261.1], подлежит дальнейшему исследованию. Максимальная длительность тестового периода для целей тестирования допуска на PDV на входе подлежит дальнейшему исследованию. Возможные методики тестирования для сети HRM-1, описанной в [ITU-T G.8261.1], подлежат дальнейшему исследованию (см. Дополнение I к настоящей Рекомендации).

## 8 Фазовая характеристика длительного переходного состояния (удержание)

В случае если тактовый генератор PEC-S теряет все эталонные сигналы, он входит в режим удержания. В данном пункте описываются требуемые характеристики тактового генератора PEC-S при нахождении в этом режиме.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В данной спецификации для режима удержания применяется допущение об отсутствии сдвига частоты до входа в режим удержания. Другие случаи подлежат дальнейшему исследованию.

### 8.1 PEC-S-F

В принципе, для PEC-S-F, развернутого в соответствии с архитектурой MCЭ-T G.8265, отсутствуют требования по длительному удержанию. В этом случае ожидается, что при недостаточно высоком качестве сигнала на выходе PEC-S-F (например, потеряна прослеживаемость к PRC), выходной эталонный хронизирующий сигнал следует отключить, с тем чтобы окончательное применение могло войти в режим удержания.

Вместе с тем в некоторых случаях возможность отключения выходного эталонного хронизирующего сигнала может отсутствовать (например, эталонный хронизирующий сигнал передается в сигнале трафика 2048 кбит/с, как это имеет место в некоторых приложениях CES). В этих случаях для оповещения подключенного оборудования о потере прослеживаемости к первичному эталонному тактовому генератору (PRC) можно использовать сообщение SSM, если оно имеется, передаваемое в сигнале со скоростью 2048 кбит/с согласно [ITU-T G.704]. Другой вариант заключается в подаче управляющего аварийного сигнала для оповещения подключенного оборудования через уровень управления.

Если ни один из этих вариантов не возможен (например, окончательное применение не поддерживает SSM), то может потребоваться довольно длительное удержание. В этом случае применяется приведенная ниже спецификация для удержания.

Фазовая ошибка  $\Delta x$  на выходе PEC-S-F относительно его входа в момент потери эталонного сигнала не должна превышать в течение любого периода длительностью  $S$  секунд следующей предельной величины:

$$|\Delta x(S)| \leq \{a_1 + a_2\}S + 0,5 b S^2 + c \text{ [ns]}.$$

Производная  $\Delta x(S)$ , относительный сдвиг частоты, должна в течение любого периода длительностью  $S$  секунд соответствовать следующему:

$$|d(\Delta x(S))/dS| \leq \{a_1 + a_2 + bS\} \text{ [ns/s]}.$$

Вторая производная  $\Delta x(S)$ , относительный сдвиг частоты, должна в течение любого периода длительностью  $S$  секунд соответствовать следующему:

$$|d^2(\Delta x(S))/dS^2| \leq d \text{ [ns/s}^2\text{]}.$$

При применении вышеуказанных требований к производной  $\Delta x(S)$  и второй производной  $\Delta x(S)$  период  $S$  должен начинаться после завершения любого переходного состояния, связанного с входом в режим удержания.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. –  $a_1$  представляет первоначальный сдвиг частоты в условиях постоянной температуры ( $\pm 1$  К).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. –  $a_2$  учитывает изменение температуры после входа тактового генератора в режим удержания. Если температура не меняется, член  $a_2 S$  не должен учитываться в фазовой ошибке.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. –  $b$  представляет средний сдвиг частоты, вызванный износом. Это значение получается из типовых характеристик износа после 60 дней непрерывной работы. В связи с преобладанием температурного воздействия данное значение не предполагается измерять на ежедневной основе.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Сдвиг фазы  $c$  учитывает любое дополнительное смещение фазы, которое может произойти в переходном состоянии при входе в режим удержания.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. –  $d$  представляет максимальную временную скорость ухода частоты при постоянной температуре, допустимую в режиме удержания. Однако не требуется, чтобы  $d$  равнялось  $b$ .

Спецификации допустимой фазовой ошибки приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Спецификации характеристики переходного состояния в режиме удержания**

$a_1$ (нс/с)	1,0
$a_2$ (нс/с)	10
$b$ (нс/с <sup>2</sup> )	$1,16 \times 10^{-5}$
$c$ (нс)	150
$d$ (нс/с <sup>2</sup> )	$1,16 \times 10^{-5}$

## **9 Фазовая характеристика, обусловленная прерываниями пакетного хранирующего сигнала**

Фазовая характеристика, обусловленная прерываниями пакетного хранирующего сигнала, подлежит дальнейшему исследованию.

## **10 Интерфейсы**

Требования, приведенные в настоящей Рекомендации, относятся к эталонным точкам, которые могут находиться внутри элементов сети (NE), в которые встроен тактовый генератор, и как следствие, не всегда могут быть измерены или проанализированы пользователем. Таким образом, характеристики PEC-S-F определяются не в этих внутренних эталонных точках, а на внешних интерфейсах оборудования.

Для оборудования, в состав которого может входить PEC-S-F, входным интерфейсом синхронизации является Ethernet, где хранирующий сигнал передается на уровне пакетов.

Для оборудования, в состав которого может входить PEC-S-F, выходными интерфейсами синхронизации оборудования являются:

- интерфейсы 1544 кбит/с, соответствующие [ITU-T G.703];
- внешние интерфейсы 2048 кГц, соответствующие [ITU-T G.703];
- интерфейсы 2048 кбит/с, соответствующие [ITU-T G.703];
- интерфейсы синхронного Ethernet.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Характеристики этого интерфейса могут не соответствовать [ITU-T G.8262].

Нет необходимости в реализации всех указанных выше интерфейсов на всем оборудовании. Эти интерфейсы должны соответствовать требованиям, определенным в настоящей Рекомендации. Использование других интерфейсов подлежит дальнейшему исследованию.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Информация об интерфейсах синхронного Ethernet представлена в Дополнении III к [ITU-T G.8262].

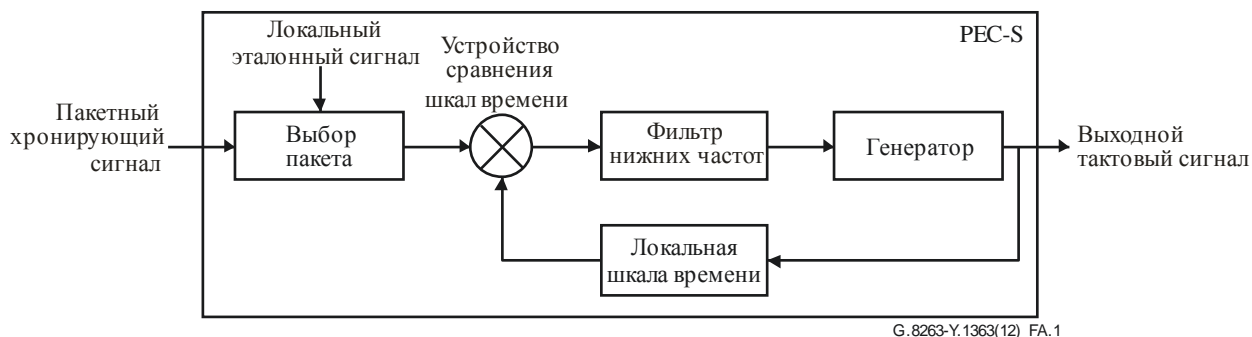
## Приложение А

### Функциональная модель пакетного тактового генератора

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В данном Приложении приводится описание функциональной модели.

На рисунке А.1 изображена функциональная модель ведомого тактового генератора оборудования на основе пакетной передачи при частотной синхронизации (РЕС-S-F). Пакетный хранимый сигнал обрабатывается с помощью алгоритма выбора пакетов, отбирающего пакеты, которые будут использованы для восстановления тактового сигнала. Информация о времени, передаваемая в выбранных пакетах, используется в качестве сигнала, подаваемого на вход устройства сравнения шкал времени, которое сравнивает главную и локальную шкалы времени. Разница между временем прихода и временем отправления может быть использована как сигнал ошибки для управления скоростью локального генератора, задающего локальную шкалу времени, так чтобы скорость течения времени в локальной шкале была такой же, как и в главной шкале. Локальный эталонный сигнал или другими словами "выходной тактовый сигнал" может поступать от стабильного генератора. На рисунке А.1 представлена функциональная модель, которая не предназначена для описания какого-либо конкретного варианта реализации. Какие-либо конкретные данные о реализации не входят в сферу применения настоящей Рекомендации.



**Рисунок А.1 – Функциональная модель ведомого тактового генератора оборудования на основе пакетной передачи при частотной синхронизации (РЕС-S-F)**

## **Дополнение I**

### **Допуск на шум, обусловленный вариацией задержки пакетов – методика тестирования**

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Методика тестирования для HRM-1, описанной в [ITU-T G.8261.1], подлежит дальнейшему исследованию.



## Дополнение II

### Соображения относительно скорости передачи пакетов

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В настоящей Рекомендации не требуется обеспечивать какую-либо конкретную скорость передачи пакетов для пакетного тактового сигнала.

В случае ведомого тактового генератора оборудования на основе пакетной передачи при частотной синхронизации (PES-F-S) применимым справочным документом является [ITU-T G.8265.1], где определено, что скорость передачи пакетов находится в интервале от одного пакета каждые 16 секунд до 128 пакетов в секунду. Не предполагается, что какая-либо конкретная реализация PES-S-F будет отвечать функциональным требованиям во всем этом интервале, и фактически используемое значение зависит от стабильности генератора, интенсивности трафика и типа сети, а также заданного применения.

Опыт показывает, что в целях удовлетворения требований, определенных в случае 3 пункта 7.2.2 [ITU-T G.8261.1], при работе в сети, аналогичной HRM-1 [ITU-T G.8261.1], для PES-S-F, определенного в настоящей Рекомендации, обычно используется скорость передачи пакетов свыше 1 пакета в секунду.

Выбор скорости передачи пакетов может существенно повлиять на требования к стабильности генератора.

Следует отметить, что скорость передачи пакетов, представляющая интерес в настоящей Рекомендации, является скоростью в условиях стабильного режима (режим запуска не входит в сферу применения).

## Дополнение III

### Соображения относительно постоянной времени PEC-S-F

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В настоящей Рекомендации не требуется обеспечивать какую-либо конкретную постоянную времени для пакетного тактового сигнала PEC-S-F. В данной Рекомендации требуется только соблюдение выходных рабочих характеристик, определенных в [ITU-T G.8261.1] (например, рисунок 4 [ITU-T G.8261.1]), в случае если входной шум, обусловленный PDV, который подается на PEC-S-F, находится в рамках сетевых пределов PDV, определенных в [ITU-T G.8261.1] (например, пункт 8 [ITU-T G.8261.1]).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Постоянная времени,  $\tau_c$ , связана с полосой пропускания фильтра системы ФАПЧ по уровню 3 дБ,  $f_{3db}$ , следующим соотношением:  $\tau_c = 1/(2\pi f_{3db})$ .

В отношении PEC-S-F были проведены исследования в соответствии с функциональной моделью пакетного ведомого тактового генератора, определенной в Приложении А к [ITU-T G.8263]. Они проводились на основе системы фазовой автоподстройки частоты с фильтром второго порядка с целью определения надлежащих значений постоянной времени. В этих исследованиях учитывались данные о PDV в соответствии с сетевым пределом, определенным в [ITU-T G.8261.1] для HRM-1.

Исследования показали, что для удовлетворения требований, приведенных на рисунке 4 [ITU-T G.8261.1], могут потребоваться значения постоянной времени, существенно превышающие значения для традиционных тактовых сигналов физического уровня (например, SEC/EEC) и составляющие порядка тысячи секунд и более.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Постоянная времени какой-либо конкретной реализации PEC-S-F также зависит от бюджета, отведенного на шум генератора, который главным образом связан с влиянием изменения температуры. Шум генератора, вызванный износом и влиянием окружающей среды, может, безусловно, ограничивать достижимые на практике характеристики PEC-S-F, и поэтому его следует принимать во внимание.

PEC-S-F выступает для входного шума в качестве фильтра нижних частот, а для шума генератора – в качестве фильтра верхних частот. Применительно к характеристикам того или иного генератора, выбор постоянной времени системы автоподстройки представляет собой компромисс между достижимым на практике ослаблением входного шума и проводимостью шума гетеродина.

Если требуемые характеристики PEC-S-F соответствуют требованиям, приведенным на рисунке 4 [ITU-T G.8261.1], то долгосрочный относительный сдвиг частоты выходного сигнала (т. е. измеренный на интервалах наблюдения свыше 1125 секунд), не должен превышать 16 миллиардных долей в применимых условиях входного шума и в применимых условиях окружающей среды на протяжении срока службы генератора.

Чтобы отделить влияние генератора от влияния входного шума можно предусмотреть использование двух конкретных рабочих условий: во-первых, что касается возможной постоянной времени PEC-S-F, влияние генератора можно обнаружить при использовании минимальных уровней входного шума; в этом случае для задания минимальных характеристик генератора можно использовать требуемый показатель, составляющий  $x$  миллиардных долей для долговременного относительного сдвига частоты. Далее можно выбрать постоянную времени PEC-S-F таким образом, чтобы долговременный относительный сдвиг частоты выходного сигнала оставался меньше  $(16-x)$  миллиардных долей в применимых условиях входного шума в рамках сетевых пределов PDV при использовании идеального генератора.

Следует отметить, что постоянная времени, представляющая интерес в настоящей Рекомендации и рассматриваемая в данном Дополнении, является постоянной времени в условиях стабильного режима (режим запуска не входит в сферу применения).

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y  
ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ  
ПРОТОКОЛА ИНТЕРНЕТ И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	
Общие положения	Y.100–Y.199
Услуги, приложения и промежуточные программные средства	Y.200–Y.299
Сетевые аспекты	Y.300–Y.399
Интерфейсы и протоколы	Y.400–Y.499
Нумерация, адресация и присваивание имен	Y.500–Y.599
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.600–Y.699
Безопасность	Y.700–Y.799
Рабочие характеристики	Y.800–Y.899
АСПЕКТЫ ПРОТОКОЛА ИНТЕРНЕТ	
Общие положения	Y.1000–Y.1099
Услуги и приложения	Y.1100–Y.1199
Архитектура, доступ, возможности сетей и административное управление ресурсами	Y.1200–Y.1299
<b>Транспортирование</b>	<b>Y.1300–Y.1399</b>
Взаимодействие	Y.1400–Y.1499
Качество обслуживания и сетевые показатели качества	Y.1500–Y.1599
Сигнализация	Y.1600–Y.1699
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.1700–Y.1799
Начисление платы	Y.1800–Y.1899
IPTV по СПП	Y.1900–Y.1999
СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ	
Структура и функциональные модели архитектуры	Y.2000–Y.2099
Качество обслуживания и рабочие характеристики	Y.2100–Y.2199
Аспекты обслуживания: возможности услуг и архитектура услуг	Y.2200–Y.2249
Аспекты обслуживания: взаимодействие услуг и СПП	Y.2250–Y.2299
Нумерация, присваивание имен и адресация	Y.2300–Y.2399
Управление сетью	Y.2400–Y.2499
Архитектура и протоколы сетевого управления	Y.2500–Y.2599
Пакетные сети	Y.2600–Y.2699
Безопасность	Y.2700–Y.2799
Обобщенная мобильность	Y.2800–Y.2899
Открытая среда операторского класса	Y.2900–Y.2999
БУДУЩИЕ СЕТИ	Y.3000–Y.3499
ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ	Y.3500–Y.3999

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

## 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