Международный союз электросвязи

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

L.1310

(08/2014)

СЕРИЯ L: ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ИКТ, ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, ЭЛЕКТРОННЫЕ ОТХОДЫ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ; КОНСТРУКЦИЯ, ПРОКЛАДКА И ЗАЩИТА КАБЕЛЕЙ И ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИНЕЙНО-КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Показатели энергоэффективности и методы измерения для оборудования электросвязи

Рекомендация МСЭ-Т L.1310

ITU-T

Международный союз электросвязи

Рекомендация МСЭ-Т L.1310

Показатели энергоэффективности и методы измерения для оборудования электросвязи

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т L.1310 содержится определение процедур испытания, методик и способов измерения показателей энергоэффективности, необходимых для оценки энергоэффективности оборудования электросвязи.

Показатели и методы измерения энергоэффективности определены для сетевого оборудования электросвязи и оборудования для создания небольших сетей.

Эти показатели позволяют сравнивать оборудование одного класса, например оборудование, использующее одинаковые технологии.

Сравнение оборудования разных классов не относится к сфере применения настоящей Рекомендации.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т L.1310	06.11.2012 г.	5-я	11.1002/1000/11639
2.0	МСЭ-Т L.1310	22.08.2014 г.	5-я	11.1002/1000/12205
3.0	МСЭ-Т L.1310	29.07.2017 г.	5-я	11.1002/1000/13284

Ключевые слова

Энергоэффективность, методика, показатели.

* 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 не получил извещения 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 2017

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	1
	3.1 Термины, определенные в других документах	1
	3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации	1
4	Сокращения и акронимы	2
5	Соглашения по терминологии	4
6	Определения показателей	4
	6.1 Общие положения	4
	6.2 Иерархия энергоэффективности	4
	6.3 Энергоэффективность, пропорциональная нагрузке	5
	6.4 Устойчивость показателей к ошибкам	5
	6.5 Показатели при модульном исполнении оборудования	5
7	Общая методика испытаний	6
	7.1 Параметры окружающей среды для проведения испытаний	6
	7.2 Параметры электросети	6
	7.3 Требования к методике измерений	6
8	Формат протоколов испытаний	7
9	Оборудование для систем DSLAM, MSAN, GPON, GEPON	7
	9.1 Показатели для оборудования DSLAM, MSAN, GPON, GEPON	7
	9.2 Методика испытаний оборудования для широкополосного доступа	8
10	Технологии беспроводного доступа	8
	10.1 Показатели для технологий беспроводного доступа	9
	10.2 Методики испытаний для технологий беспроводного доступа	9
11	Маршрутизаторы, Ethernet-коммутаторы	9
	11.1 Показатели для маршрутизаторов и Ethernet-коммутаторов	9
	11.2 Методики испытаний для маршрутизаторов и пакетных коммутаторов (Ethernet, MPLS и т. д.)	11
12	Показатель энергоэффективности устройств для небольших сетей	11
	12.1 Показатели устройств для небольших сетей	11
	12.2 Методики испытаний устройств для небольших сетей	11
13	Транспортные мультиплексоры и коммутаторы WDM/TDM/OTN	12
	13.1 Показатели для транспортных мультиплексоров и коммутаторов WDM/TDM/OTN	12
	13.2 Методики испытаний для транспортных мультиплексоров и коммутаторов WDM/TDM/OTN	12
14	Оборудование для конвергированных пакетных оптических сетей	12
	14.1 Показатели оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей	12
	14.2 Методики испытания оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей	12

Стр.

Приложение A – Показатели и методики измерения для оборудования конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями как передачи пакетных сигналов, так и сигналов TDM 13

A.1 Описание оборудования 13

A.2 Показатели энергоэффективности 15

A.3 Методика измерения 16

Приложение B – Показатели и методики измерения для оборудования конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями передачи пакетных сигналов, сигналов TDM и сигналов WDM 18

B.1 Описание оборудования 18

B.2 Показатели энергоэффективности 19

B.3 Методика измерения 21

Дополнение I – Альтернативные показатели для технологий беспроводного доступа 24

I.1 Сетевое оборудование DSLAM и MSAN 24

I.2 Сетевое оборудование GPON OLT 25

I.3 Сетевое оборудование GEPON OLT 25

Дополнение II – Альтернативные показатели для маршрутизаторов и коммутаторов 26

II.1 Маршрутизаторы и коммутаторы с поддержкой спящего режима (режима готовности) 26

II.2 Методика измерений 27

II.3 Маршрутизаторы и коммутаторы с поддержкой заданных режимов энергопотребления 27

Библиография 28

Введение

В общем смысле энергоэффективность определяется как отношение двух различных значений энергопотребления, связанных с одной и той же функциональной единицей (отношение полезной работы (энергии) к полной работе (энергии)). Это определение не может напрямую применяться к системам электросвязи, поскольку не учитывает измеряемые характеристики оборудования, относящиеся к электросвязи.

Следовательно, в контексте настоящей Рекомендации энергоэффективность определяется как отношение между определенной функциональной единицей какого-либо оборудования (то есть полезной работой, выполняемой оборудованием электросвязи) и энергопотреблением этого оборудования. Например, если заданы время передачи и ширина полосы частот, более энергоэффективной считается система электросвязи, способная передавать больший объем данных (в битах) с наименьшими затратами энергии (в джоулях).

Таким образом необходимо определить показатели, с помощью которых можно оценить характеристики оборудования по отношению к его энергопотреблению.

Определение показателей целесообразно проводить на основе измерения не энергопотребления, а мощности, учитывая, что обе величины связаны временнóй зависимостью.

Рекомендация МСЭ-Т L.1310

Показатели энергоэффективности и методы измерения для оборудования электросвязи

1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяются принципы и концепции, связанные с показателями и методами измерения энергоэффективности для сетевого оборудования электросвязи.

Кроме того, в настоящей Рекомендации определяются принципы и концепции, связанные с показателями и методами измерения энергоэффективности в отношении оборудования для создания небольших сетей в жилых помещениях и на малых предприятиях.

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.

[ATIS-0600015.02.2009] ATIS-0600015.02.2009, *Energy Efficiency for Telecommunication Equipment: Methodology for Measurement and Reporting – Transport Requirements*.

[ATIS-0600015.03.2013] ATIS-0600015.03.2009, *Energy Efficiency for Telecommunications Equipment: Methodology for Measurement and Reporting for Router and Ethernet Switch Products*.

[ETSI ES 203 215] ETSI ES 203 215 V1.2.1 (2011), *Environmental Engineering (EE) Measurement Methods and Limits for Power Consumption in Broadband Telecommunication Networks Equipment*.

[ETSI TS 102 706] ETSI TS 102 706 V1.3.1 (2013-07), *Environmental Engineering (EE) Measurement method for energy efficiency of wireless access network equipment*.

[ISO 14040] ISO 14040:2006, *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*.

[ISO/IEC 17025] ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.

3 Определения

3.1 Термины, определенные в других документах

Отсутствуют.

3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

В настоящей Рекомендации определяются следующие термины.

3.2.1 активный режим (active mode): Режим работы оборудования небольших сетей, в котором подключены все порты (WAN и LAN) и существует по меньшей мере одно подключение Wi-Fi (при наличии функции Wi-Fi).

3.2.2 энергия (energy): Способность выполнять работу. В системах электросвязи, где основным источником энергии является электричество, энергия измеряется в джоулях.

3.2.3 функциональная единица (functional unit) (на основе [ISO 14040]): Единица, представляющая характеристики исследуемой системы. Например, для транспортного оборудования функциональная единица − это объем передаваемой информации, расстояние, на которое она передается, и скорость передачи в гигабитах в секунду (Гбит/с). В ряде случаев данным термином обозначается полезная выходная мощность или работа.

3.2.4 режим ожидания (idle mode): Для оборудования небольших сетей этот термин означает то же, что и активный режим, однако в этом случае трафик пользовательских данных не используется, хотя и готов к использованию (U1 для маршрутизаторов). При этом трафик не нулевой, поскольку присутствуют служебный трафик и трафик поддержки протоколов.

3.2.5 режим пониженного энергопотребления/спящий режим (low power (sleep) mode): Для оборудования небольших сетей этот термин означает состояние, в которое переходит устройство после выявления отсутствия активности пользователей в течение заданного периода времени. В этом состоянии энергопотребление снижается. В данном режиме порты LAN, управляемые пользователем, не подключены; функция Wi-Fi активна, однако ни один клиент не подключен. Порт WAN может быть неактивным. Устройство включается повторно при обнаружении подключения со стороны пользовательского порта или устройства.

3.2.6 устройство для небольших сетей (small networking device): Сетевое устройство, обладающее фиксированной аппаратной конфигурацией и предназначенное для работы в домашних, внутренних или небольших офисных сетях. Количество портов такого устройства не превышает 12. Устройство может обладать функциями беспроводной связи. Беспроводная связь не считается портом.

4 Сокращения и акронимы

В данной Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы:

AC	Alternating Current	Переменный ток
ADSL2+	Asymmetric Digital Subscriber Line 2 transceiver extended bandwidth	Приемопередатчик асимметричной цифровой абонентской линии с расширенной полосой
BSC	Base Station Controller	Контроллер базовой станции
BTS	Base Transceiver Station	Базовая приемо-передаточная станция
CDMA	Code Division Multiple Access	Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов
DC	Direct Current	Постоянный ток
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	Мультиплексор доступа к цифровой абонентской линии
EDGE	Enhanced Data for GSM Evolution	Повышение скорости передачи данных для развития GSM
EER	Energy Efficiency Rating	Показатель энергоэффективности
GEPON	Gigabit Ethernet Passive Optical Network	Гигабитная пассивная оптическая сеть Ethernet
GPON	Gigabit Passive Optical Network	Гигабитная пассивная оптическая сеть
GSM	Global System for Mobile Communications	Глобальная система подвижной связи
HSPA	High Speed Packet Access	Высокоскоростной пакетный доступ
IF	Interface	Интерфейс
IMIX	Internet MIX traffic	Интернет-трафик MIX

LAN	Local Area Network	Локальная сеть
LTE	Long Term Evolution	Технология долгосрочного развития
MAC	Media Access Control	Управление доступом к среде передачи
MPLS	Multiprotocol Label Switching	Многопротокольная коммутация с использованием меток
MSAN	Multiservice Access Node	Многофункциональный узел доступа
NNI	Network-Network Interface	Интерфейс сеть–сеть
OADM	Optical Add-Drop Multiplexer	Оптический мультиплексор ввода-вывода
OC	Optical Carrier	Оптическая несущая
OLT	Optical Line Termination	Оконечное оборудование оптической линии
ONT	Optical Network Termination	Оконечное оборудование оптической сети
OTN	Optical Transport Network	Оптическая транспортная сеть
OTU	Optical Transport Unit	Оптический транспортный блок
OXC	Optical Cross Connect	Оптический кросс-коммутатор
P2P	Point-to-Point	Связь пункта с пунктом
PF	Power Factor	Коэффициент мощности
PON	Passive Optical Network	Пассивная оптическая сеть
PONIF	Passive Optical Network Interface	Интерфейс пассивной оптической сети
POTS	Plain Old Telephone Service	Традиционная аналоговая телефонная служба
PSU	Power Supply Unit	Блок питания
ROADM	Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer	Реконфигурируемый оптический мультиплексор с функцией ввода-вывода
RBS	Radio Base Station	Базовая станция радиосвязи
RNC	Radio Network Controller	Контроллер радиосети
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Синхронная цифровая иерархия
SONET	Synchronous Optical Network	Синхронная оптическая сеть
STM	Synchronous Transport Module	Синхронный транспортный модуль
SW	Switch	Коммутатор
TDM	Time Division Multiplex	Временно́е разделение каналов
TEER	Telecommunications Energy Efficiency Ratio	Коэффициент энергоэффективности оборудования электросвязи
UNI	User Network Interface	Интерфейс пользователь–сеть
VDSL2	Very high bit rate Digital Subscriber Line	Сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия
WAN	Wide Area Network	Глобальная сеть

WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access	Широкополосный многостанционный доступ с кодовым разделением каналов
WDM	Wavelength Division Multiplexing	Мультиплексирование с разделением по длине волны
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Всемирная функциональная совместимость для микроволнового доступа

5 Соглашения по терминологии

В настоящей Рекомендации термином "энергопотребление" описывается преобразование потребляемой энергии в функциональную единицу и потери в системах электросвязи.

С практической точки зрения предполагается, что устройства в составе систем электросвязи функционируют как отдельные объекты. При этом показатели служат для оценки общей эффективности использования энергии, потребляемой устройством электросвязи в целом.

В настоящей Рекомендации термином "энергоэффективность" описывается способность системы электросвязи сводить к минимуму потери энергии. В этом же смысле может использоваться термин "эффективность использования мощности".

6 Определения показателей

6.1 Общие положения

Показатель энергоэффективности обычно определяется как отношение между функциональной единицей и энергией, требуемой для вырабатывания функциональной единицы; чем выше значение этого показателя, тем выше энергоэффективность оборудования.

В качестве альтернативы может применяться обратный показатель – энергия, деленная на функциональную единицу.

В следующих разделах содержатся подробные описания показателей и методик измерения для различного оборудования электросвязи.

Показатель энергоэффективности (EER) обычно определяется как функциональная единица, деленная на используемую энергию. Для различных видов оборудования существуют собственные определения показателя EER.

6.2 Иерархия энергоэффективности

Показатель энергоэффективности может определяться на уровне сети, уровне оборудования/системы и на уровне компонентов. В настоящей Рекомендации обязательными считаются лишь показатели на уровне оборудования/системы; показатели на уровне компонентов приведены только в качестве рекомендованных и не являются обязательными.

Показатели на уровне сети в настоящее время находятся на стадии изучения.

6.2.1 Энергоэффективность на уровне сети

Показатели на уровне сети используются для оценки энергоэффективности всей сети или ее части (например, сети доступа оператора). Обычно они используются в целях оценки параметров сети для внутренних нужд оператора либо в целях соблюдения требований по воздействию на окружающую среду. В контексте настоящей Рекомендации уровень сети рассматривается как показатель, охватывающий не только отдельно взятые устройства, но и сети электросвязи, состоящие из разнообразного взаимодействующего оборудования.

6.2.2 Энергоэффективность на уровне оборудования/системы

Показатели на уровне оборудования/системы используются главным образом для сравнения оборудования электросвязи, использующего одни и те же технологии. Они служат для оценки общих характеристик энергоэффективности на уровне оборудования/системы, которые с точки зрения измерения рассматриваются как единый модуль или единый объект.

6.2.3 Энергоэффективность на уровне компонентов

Показатели на уровне компонентов могут использоваться при проектировании, разработке и производстве энергоэффективного оборудования. В данном случае каждое устройство рассматривается как открытый модуль и оцениваются характеристики энергоэффективности его отдельных компонентов. Измерение и оценка энергоэффективности и энергопотребления каждого компонента оборудования позволяют определять слабые места и критически важные компоненты системы с точки зрения энергосбережения. Следует иметь в виду, что, если не рассматривать показатели данного типа в контексте общей энергоэффективности оборудования, это может привести к недостаточно эффективной оптимизации.

6.3 Энергоэффективность, пропорциональная нагрузке

Существуют классы оборудования электросвязи (например, коммутаторы с временным разделением каналов (TDM)), для которых функциональная единица является постоянной и не изменяется на этапе активного использования.

Однако многие устройства электросвязи работают в условиях переменной нагрузки, при этом измеренное значение функциональной единицы может колебаться в зависимости от потребностей пользователей.

В идеале устройства электросвязи должны обеспечивать возможность сокращения энергопотребления пропорционально производимой функциональной единице. Однако решение этой задачи связано с определенными трудностями и требует наличия технической возможности для определения периодов неактивного использования и принятия соответствующих мер.

В настоящей Рекомендации EER определен как взвешенный, пропорциональный нагрузке показатель, что позволяет использовать такую техническую возможность (при ее наличии).

6.4 Устойчивость показателей к ошибкам

Достоверное сравнение показателей оборудования возможно лишь в том случае, если измерение показателей проводится в строгом соответствии с документацией МСЭ-Т и упомянутыми документами по стандартизации.

В тех случаях, когда полноценное применение настоящей Рекомендации невозможно по техническим причинам (например, методы измерений для новых технологий еще не разработаны или представляют трудности), значение показателя может быть заявлено производителем. Такого рода заявленные показатели должны быть четко определены и отделены от значений, полученных при помощи стандартных методик измерений.

6.5 Показатели при модульном исполнении оборудования

Оборудование для электросвязи, как правило, выпускается как в фиксированном, так и в модульном формфакторах. В последнем случае оборудование электросвязи может быть скомпоновано разными способами, что может повлиять на показатели энергоэффективности. В настоящей Рекомендации предлагается использовать следующий подход к модульной конструкции:

1) Измерение показателей для модульных систем электросвязи следует проводить с использованием самых распространенных настроек и конфигураций. Помимо показателей следует указывать используемую конфигурацию оборудования электросвязи.

2) Показатели для другого оборудования электросвязи могут быть получены на основе показателей, измеренных для частичных конфигураций. Эта методика приведена в описании соответствующих процедур измерений (например, в [ATIS-0600015.02.2009], это называется модульный метод, а в [ETSI ES 203 215] – альтернативный метод).

7 Общая методика испытаний

7.1 Параметры окружающей среды для проведения испытаний

7.1.1 Температура

Температура окружающей среды при определении характеристик оборудования должна составлять 25 ºC ± 3 ºC. Перед началом проведения испытаний оборудование должно быть подключено к сети или работать при этой температуре воздуха в течение как минимум трех часов. Температура окружающей среды не должна изменяться до окончания испытаний.

Для проверки энергоэффективности некоторых типов оборудования при более высоких или более низких температурах могут потребоваться дополнительные измерения. Подробная информация содержится в спецификациях на конкретное оборудование.

7.1.2 Влажность

Измерения должны проводиться при относительной влажности 30–75%.

7.1.3 Атмосферное давление

Атмосферное давление в месте установки оборудования при проведении испытаний должно находиться в пределах 860–1060 гПа. Не допускается наличие направленных воздушных потоков, за исключением постоянно действующих систем вентиляции помещения и охлаждения центра обработки данных и стоек для оборудования.

7.2 Параметры электросети

7.2.1 Напряжение в сети постоянного тока

Напряжение электропитания оборудования в сети постоянного тока должно находиться в диапазоне от –55,5 В до –52,5 В (–54 ± 1,5 В).

7.2.2 Напряжение и частота в сети переменного тока

Допустимое отклонение от номинала напряжения активных входных цепей, подключенных к оборудованию, составляет ±5%, а отклонение заданной частоты ±1%. Если оборудование работает с различными номинальными значениями напряжения, измерение должно проводиться для одного из заданных номинальных значений.

Внешний адаптер переменного/постоянного тока (HC/DC) считается неотъемлемой частью оборудования.

ПРИМЕЧАНИЕ. – МСЭ-Т разрабатывает Рекомендации по адаптерам переменного/постоянного тока; адаптер переменного/постоянного тока должен соответствовать требованиям этих Рекомендаций (если применимо).

7.3 Требования к методике измерений

Активные цепи электропитания должны быть оборудованы ваттметрами (амперметрами) с точностью не ниже ±1% от фактического уровня мощности. Ваттметр, установленный в цепи переменного тока, должен учитывать поправку на коэффициент мощности (PF); в противном случае коэффициент мощности должен быть указан в протоколе измерений. Расчеты энергопотребления производятся на основе ряда усредненных показаний, снятых в процессе измерения. Ваттметр должен выдавать не менее 100 равномерно распределенных показаний за каждый полный цикл измерений.

Используемые измерительные приборы должны проходить калибровку в уполномоченных государственных метрологических организациях, срок проведения калибровки должен соблюдаться, а допустимая погрешность измерений должна находиться в пределах ±1%:

1) Источники питания испытываемого оборудования должны быть способны выдавать мощность, как минимум в 1,5 раза превышающую максимально допустимую мощность, потребляемую этим оборудованием.

2) Разрешающая способность измерительных приборов (вольтметров, амперметров и анализаторов мощности) должна быть не ниже 0,5%. Измерительные приборы переменного тока должны иметь следующие минимальные характеристики:

i) минимальная частота дискретизации при оцифровке – 40 кГц;

ii) минимальная полоса пропускания входной цепи – 80 кГц;

iii) способность точного считывания форм сигнала с коэффициентом амплитуды не менее 5;

iv) коррекция и передача сведений по коэффициенту мощности.

8 Формат протоколов испытаний

В настоящей Рекомендации не содержится конкретных требований к форматам протоколов. Общие требования к протоколам испытаний приведены в [ISO/IEC 17025].

Однако следует отметить, что результаты, полученные по данной методике, должны быть воспроизводимыми. В связи с этим протокол должен содержать следующий минимальный набор данных (помимо результатов измерений как таковых):

- все версии программного обеспечения, модели плат, а также конфигурации оборудования, применяемые в процессе испытаний. Должны быть указаны все команды, применяемые в отношении оборудования для статической реконфигурации или динамических запросов в процессе испытаний;
- генератор трафика/измерительный прибор, фактическое напряжение в цепях электропитания и параметры внешней (окружающей) среды в месте проведения испытаний;
- должны быть подробно описаны параметры испытаний, в том числе топология, выбор структуры нагрузки и действия в процессе испытаний в пределах возможных вариантов.

9 Оборудование для систем DSLAM, MSAN, GPON, GEPON

9.1 Показатели для оборудования DSLAM, MSAN, GPON, GEPON

В данном разделе определены показатели на уровне оборудования для следующих систем: мультиплексор доступа к цифровой абонентской линии (DSLAM), многофункциональный узел доступа (MSAN), гигабитная пассивная оптическая сеть (GPON) и гигабитная пассивная оптическая сеть Ethernet (GEPON). В частности, в данном разделе рассматриваются:

- оборудование DSLAM;
- оборудование MSAN;
- оконечное оборудование оптических линий (OLT) GPON и GEPON.

Для указанных типов оборудования наиболее широко применяется показатель P_{port}, который задает количество портов при фиксированной нагрузке в качестве функциональной единицы.

Предполагается, что данный показатель относится к полностью укомплектованной конфигурации оборудования с учетом линейных плат, работающих по одной и той же технологии (например, все платы приемопередатчиков асимметричной цифровой абонентской линии с расширенной полосой (ADSL2+), все платы сверхвысокоскоростных цифровых абонентских линий (VDSL2), все платы GPON, все платы традиционных аналоговых телефонных служб (POTS)). Кроме того, такие линейные платы должны относиться к одному профилю/состоянию.

Характеристики оборудования с линейными платами, работающими в разных профилях/состояниях, должны определяться на основе различных значений показателей для каждого профиля/состояния:

$$P_{\text{port}} = P_{\text{EQ}}/N_{\text{ports}} \quad [\text{Вт/порт}], \tag{9-1}$$

где:

P_{EQ}: мощность (в ваттах) полностью укомплектованного проводного сетевого оборудования, все линейные платы которого работают в конкретном профиле/состоянии (например, все абонентские линии VDSL2 в состоянии L0, все абонентские линии ADSL2+ в состоянии L2);

N_{ports}: максимальное количество портов, которое обслуживает испытываемое оборудование, используемое в сетях широкополосной связи.

9.2 Методика испытаний оборудования для широкополосного доступа

В данном разделе описываются процедуры измерений для технологий фиксированного широкополосного доступа.

9.2.1 Сетевое оборудование DSLAM и MSAN

Во всем, что касается методики испытаний, а также конфигурации и настройки оборудования, должна применяться методика, приведенная в пункте 5.2 [ETSI ES 203 215]. При этом изменения, внесенные в общие условия проведения измерений, представлены в разделе 7 настоящей Рекомендации.

9.2.2 Сетевое оборудование GPON OLT

Во всем, что касается методики испытаний, а также конфигурации и настройки оборудования, должна применяться методика, приведенная в пункте 5.2 [ETSI ES 203 215]. При этом изменения, внесенные в общие условия проведения измерений, представлены в разделе 7 настоящей Рекомендации.

9.2.3 Сетевое оборудование GEPON OLT

В сетях OLT скорость передачи данных равна 1 Гбит/с как для интерфейса сеть–сеть (NNI), так и для пассивной оптической сети (PON), а для коэффициента нагрузки используются следующие три параметра:

1) коэффициент нагрузки 100% – состояние с непрерывным потоком 64-байтовых кадров;
2) коэффициент нагрузки 50% – состояние с потоком 512-байтовых кадров в течение 50% времени;
3) коэффициент нагрузки 0% – состояние, при котором поток кадров отсутствует.

Кроме того, при установлении коэффициента нагрузки должен использоваться коэффициент нагрузки, указанный стороной ввода данных (NNI или интерфейс пользователь–сеть (UNI)), см. рисунок 9-1.

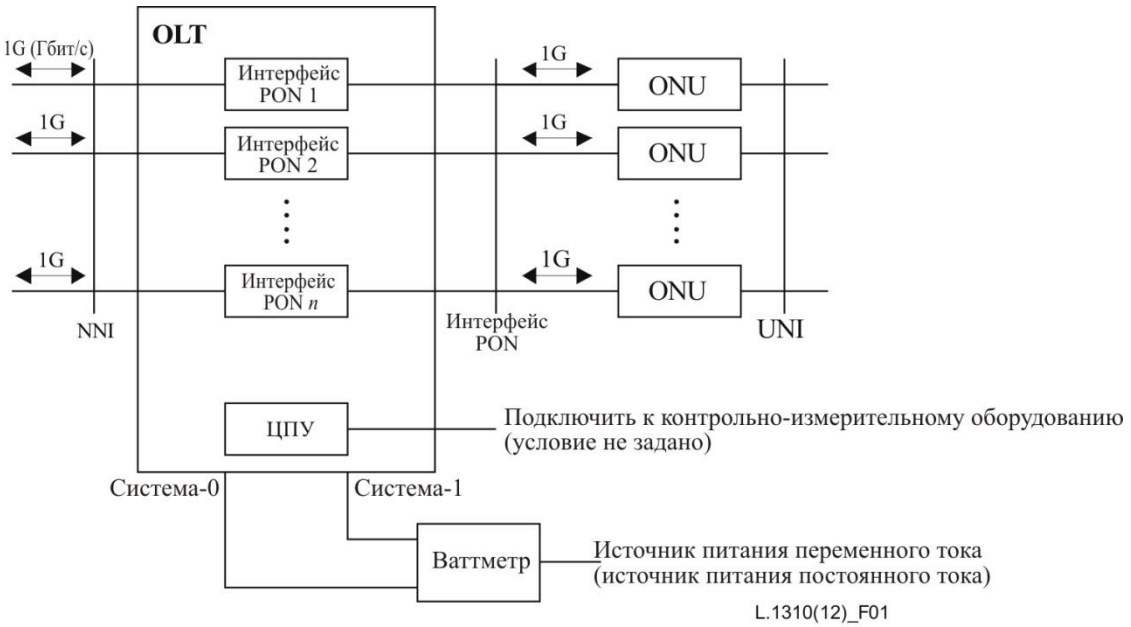


Рисунок 9-1 – Описание оборудования GEPON OLT

$$P_{EQ} = (\text{Мощность при нагрузке 100\%} + \text{Мощность при нагрузке 50\%} + \text{Мощность при нагрузке 0\%})/3. \quad (9\text{-}2)$$

10 Технологии беспроводного доступа

К технологиям беспроводного доступа относятся следующие технологии радиодоступа: глобальная система подвижной связи (GSM)/повышение скорости передачи данных для развития GSM (EDGE), многостанционный доступ с кодовым разделением каналов (CDMA), широкополосный CDMA (WCDMA), всемирная функциональная совместимость для микроволнового доступа (WiMAX) и технология долгосрочного развития (LTE).

Сеть беспроводного доступа состоит из нескольких элементов – базовой станции радиосвязи (RBS), контроллера и т. д.

RBS – это сетевой компонент, который обслуживает один или несколько секторов и связан радиочастотными (РЧ) беспроводными интерфейсами с подвижными станциями, а также проводными или оптическими интерфейсами с инфраструктурой беспроводного доступа (контроллер базовой станции (BSC), контроллер радиосети (RNC) или объект управления мобильностью). В контексте настоящей Рекомендации RBS может представлять собой базовую приемо-передаточную станцию (BTS) (в системах GSM/EDGE и cdma2000), узел NodeB (в системе WCDMA/высокоскоростного пакетного доступа (HSPA)), узел eNodeB (в системе LTE) или базовую станцию (в системе WiMAX). Функциональный блок контроллера RBS соединен интерфейсами с базовой сетью или симулятором базовой сети.

Поскольку энергопотребление RBS преобладает в общем энергопотреблении сети беспроводного доступа, в настоящей Рекомендации рассматривается принцип расчета энергоэффективности RBS, учитывающий только энергопотребление RBS при определении суммарной мощности беспроводных сетей доступа.

В настоящей Рекомендации рассматривается только показатель для RBS.

Однако поскольку функциональные блоки, которые являются внешними по отношению к RBS в базовой сети, могут повлиять на мощность RBS и "полезную единицу", их также следует принимать во внимание.

Для профиля использования RBS определены режимы низкой, средней и высокой нагрузки. Режимы ожидания и максимальной нагрузки не рассматриваются по следующим причинам.

- Режим ожидания в сетях радиосвязи редко используется на практике. Как минимум RBS передает пилотный и радиовещательный сигналы.
- Сети, как правило, проектируются таким образом, чтобы не допускать максимальной нагрузки, которая может достигаться всего несколько раз в течение года. Если пиковая нагрузка возникает часто, оператор сети производит модернизацию в целях увеличения пропускной способности.
- Испытания дополнительных режимов приводят к усложнению процесса и увеличению времени тестирования. При этом они не дают какой-либо важной дополнительной информации и не оказывают существенного влияния на среднее энергопотребление.

10.1 Показатели для технологий беспроводного доступа

Показатели для станций RBS определяются в зависимости от покрытия или объема трафика и описаны в [ETSI TS 102 706].

В [ETSI TS 102 706] приведено описание методов измерения независимого трафика и зависимых показателей, которые называются статическим и динамическим методами измерения соответственно.

10.2 Методики испытаний для технологий беспроводного доступа

Во всем, что касается методики испытаний, а также конфигурации и настройки оборудования, должна применяться методика, приведенная в [ETSI ES 102 706]. При этом изменения, внесенные в общие условия проведения измерений, представлены в разделе 7 настоящей Рекомендации.

11 Маршрутизаторы, Ethernet-коммутаторы

11.1 Показатели для маршрутизаторов и Ethernet-коммутаторов

Показатели, принятые для маршрутизаторов и коммутаторов, зависят от общей пропускной способности оборудования. Описание общей пропускной способности, топологий испытаний и шаблонов трафика приведено в [ATIS-0600015.03.2013].

В данном разделе рассматривается оборудование, относящееся к категориям маршрутизаторов для сетей предприятий, поставщиков услуг и филиалов, а также Ethernet-коммутаторов.

Предлагается следующий показатель:

$$\text{EER} = T_i/P_w \quad [\text{Мбит/с/Вт}], \tag{11-1}$$

где:

T_i : взвешенная пропускная способность;

P_w : взвешенная мощность (коэффициент энергопотребления);

$$T_i = a \times T_{u1} + b \times T_{u2} + c \times T_{u3}; \tag{11-2}$$

$$P_w = a \times P_{u1} + b \times P_{u2} + c \times P_{u3}, \tag{11-3}$$

где:

(a, b, c) : относительные взвешенные значения для уровней использования, где $a + b + c = 1$; см. таблицы 11.1 и 11.2;

(P_{u1}, P_{u2}, P_{u3}) : мощность, измеренная при соответствующих уровнях использования;

(T_{u1}, T_{u2}, T_{u3}) : пропускная способность, измеренная при соответствующих уровнях использования; см. таблицы 11.1 и 11.2.

Таблица 11.1 – Определения классов, параметры расчета EER и профилей нагрузки для маршрутизаторов

Класс	**Выборочное использование**	**Процент использования при измерении энергии, u1, u2, u3**	**Весовые множители a, b, c**	**Профиль трафика простого IMIX**
Маршрутизатор доступа	1−3%	0, 10, 100	a = 0,1; b = 0,8; c = 0,1	(IPv4)
Граничный маршрутизатор	3−6%	0, 10, 100	a = 0,1; b = 0,8; c = 0,1	IPv4/6/MPLS
Магистральный маршрутизатор	20−30%	0, 30, 100	a = 0,1; b = 0,8; c = 0,1	IPv4/6/MPLS

Таблица 11.2 – Определения классов, параметры расчета EER и профилей нагрузки для Ethernet-коммутаторов

Класс	**Выборочное использование**	**Процент использования при измерении энергии, u1, u2, u3**	**Весовые множители a, b, c**	**Профиль трафика простого IMIX, одноадресная передача**
Доступ	1−3%	0, 10, 100	a = 0,1; b = 0,8; c = 0,1	Ethernet
Высокоскоростной доступ	5−8%	0, 10, 100	a = 0,1; b = 0,8; c = 0,1	Ethernet
Распределение/ агрегирование	10−15%	0, 10, 100	a = 0,1; b = 0,8; c = 0,1	Ethernet
Базовая сеть	15−20%	0, 30, 100	a = 0,1; b = 0,8; c = 0,1	Ethernet
Центр обработки данных	12−18%	0, 30, 100	a = 0,1; b = 0,8; c = 0,1	Ethernet

Полное описание методики испытаний приведено в [ATIS-0600015.03.2013]. Весовые множители a, b, c заданы в [ATIS-0600015.03.2013] с учетом среднего распределения трафика в течение дня.

11.2 Методики испытаний для маршрутизаторов и пакетных коммутаторов (Ethernet, MPLS и т. д.)

Во всем, что касается методики испытаний, а также конфигурации и настройки оборудования, должна применяться методика, приведенная в [ATIS-0600015.03.2009]. При этом изменения, внесенные в общие условия проведения измерений, представлены в разделе 7 настоящей Рекомендации.

12 Показатель энергоэффективности устройств для небольших сетей

12.1 Показатели устройств для небольших сетей

Для устройств, работающих в домашних/внутренних или небольших офисных сетях, приняты следующие показатели:

$$\mathrm{EER} = \frac{0{,}35T\mathrm{idle} + 0{,}5T\mathrm{lowpower} + 0{,}15T\mathrm{Maximum}}{0{,}35P\mathrm{idle} + 0{,}5P\mathrm{lowpower} + 0{,}15P\mathrm{Maximum}} \quad (\text{Мбит/с/Вт}). \qquad (12\text{-}1)$$

Для интерфейсов с пропускной способностью T, для которых расстояние является критичным, этот показатель определяется следующим образом:

$$T = 0{,}5(T_{20\%\ \text{от максимального расстояния}} + T_{80\%\ \text{от максимального расстояния}}). \qquad (12\text{-}2)$$

Пропускная способность – для оборудования, работающего в небольших сетях, это максимальная скорость передачи данных без потерь между портами глобальной сети (WAN) и локальной сети (LAN) во входящем направлении.

Скорость линии – для оборудования, работающего в небольших сетях, это максимально возможное количество переданных/принятых битов.

Мощность должна усредняться по интервалу 5 минут, измерения проводятся каждые 30 секунд. В режиме ожидания IP-переброска должна осуществляться через пользовательский интерфейс.

12.2 Методики испытаний устройств для небольших сетей

Эталонная методика, которую следует использовать для измерения максимальной пропускной способности, представлена в пункте 6.4.1 [ATIS-0600015.03.2013] для конфигураций сеть/линия вверх и доступ/линия вниз.

Согласно пункту 6.5 [ATIS-0600015.03.2009] методика испытаний выглядит следующим образом.

Этап 1. Определение характеристик

Измерения на оборудовании для небольших сетей должны проводиться методом, описанным в пункте 6.5.1 [ATIS-0600015.03.2013].

Этап 2. Полная нагрузка

Измерения на оборудовании для небольших сетей должны проводиться методом, описанным в пункте 6.5.2 [ATIS-0600015.03.2009].

Этап 3. Эксплуатационная нагрузка

Данный этап, указанный в [ATIS-0600015.03.2013], неприменим к оборудованию для небольших сетей.

Этап 4. Нагрузка в режиме ожидания

Измерения на оборудовании для небольших сетей должны проводиться методом, описанным в пункте 6.5.3 [ATIS-0600015.03.2009].

Этап 5. Пониженное энергопотребление (спящий режим)

Режим пониженного энергопотребления активируется в зависимости от конкретной реализации системы. Измерение и регистрация мощности производятся в течение 15 минут после активации режима; затем вычисляется средняя мощность, которая используется в уравнении 12-1.

Способ активации спящего режима (например, путем отключения порта LAN) определяется производителем оборудования.

Условия активации фиксируются в протоколе испытаний.

13 Транспортные мультиплексоры и коммутаторы WDM/TDM/OTN

13.1 Показатели для транспортных мультиплексоров и коммутаторов WDM/TDM/OTN

Показатели для транспортного оборудования (кроме радиооборудования СВЧ-диапазона) приведены в [ATIS-0600015.02.2009].

13.2 Методики испытаний для транспортных мультиплексоров и коммутаторов WDM/TDM/OTN

Во всем, что касается методики испытаний, а также конфигурации и настройки оборудования, должна применяться методика, приведенная в [ATIS-0600015.02.2009]. При этом изменения, внесенные в общие условия проведения измерений, представлены в разделе 7 настоящей Рекомендации.

14 Оборудование для конвергированных пакетных оптических сетей

14.1 Показатели оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей

Показатели оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями передачи пакетных сигналов и сигналов TDM, описаны в Приложении A.

Показатели оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями передачи пакетных сигналов, сигналов TDM и сигналов, мультиплексированных с разделением по длине волны (WDM), описаны в Приложении B.

14.2 Методики испытания оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей

14.2.1 Методики испытания оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями передачи пакетных сигналов и сигналов TDM

Во всем, что касается методики испытаний, а также конфигурации и настройки оборудования, должна применяться методика, приведенная в Приложении A. При этом изменения, внесенные в общие условия проведения измерений, представлены в разделе 7.

14.2.2 Методики испытания оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями передачи пакетных сигналов, сигналов TDM и сигналов WDM

Во всем, что касается методики испытаний, а также конфигурации и настройки оборудования, должна применяться методика, приведенная в Приложении B. При этом изменения, внесенные в общие условия проведения измерений, представлены в разделе 7.

Приложение A

Показатели и методики измерения для оборудования конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями как передачи пакетных сигналов, так и сигналов TDM

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

A.1 Описание оборудования

Оборудование для конвергированных пакетных оптических сетей I типа – это разновидность транспортного оборудования, которое транспортирует (коммутирует) различные виды сигналов, как, например, пакетные сигналы и сигналы TDM.

Данные типы сигналов имеют следующие определения.

Пакетные сигналы – сигналы, включающие адрес управления доступом к среде передачи (MAC-адрес), ретранслируемый через уровень 2 взаимодействия открытых систем ИСО (уровень канала передачи данных), либо IP-адрес, ретранслируемый через уровень 3 взаимодействия открытых систем ИСО (уровень сети), либо метку с данными маршрутизации.

Сигналы TDM – сигналы TDM, например сигналы синхронного транспортного модуля (STM)-n/OC-n/оптического транспортного блока (OTU)-n, определенные в синхронной цифровой иерархии (SDH)/синхронной оптической сети (SONET)/оптической транспортной сети (OTN), а также аналоговые сигналы, транспортирующие изображения или голосовые данные по телефонным линиям.

Сфера применения настоящей Рекомендации должна охватывать следующие четыре модели конфигурации.

Модель I – конфигурация, в которой сигналы TDM и пакетные сигналы в обоих направлениях коммутируются независимо друг от друга.

Модель II – конфигурация, в которой некоторые сигналы TDM преобразуются в пакеты и коммутируются через пакетный коммутатор либо некоторые пакетные сигналы депакетируются и коммутируются через коммутатор TDM.

Модель III – конфигурация, в которой все сигналы TDM преобразуются в пакетные сигналы и коммутируются через пакетный коммутатор.

Модель IV – конфигурация, в которой все пакетные сигналы депакетируются и коммутируются через коммутатор TDM.

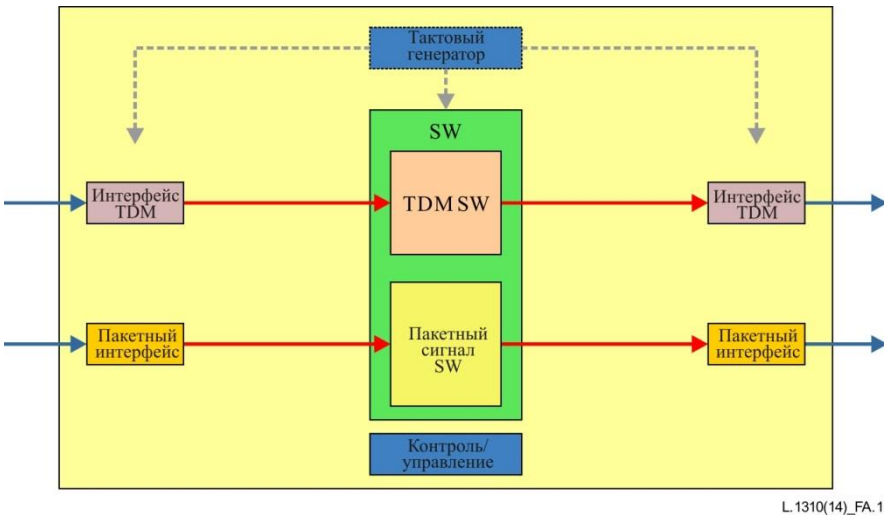


Рисунок A.1 – Конфигурация оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей I типа (модель I)

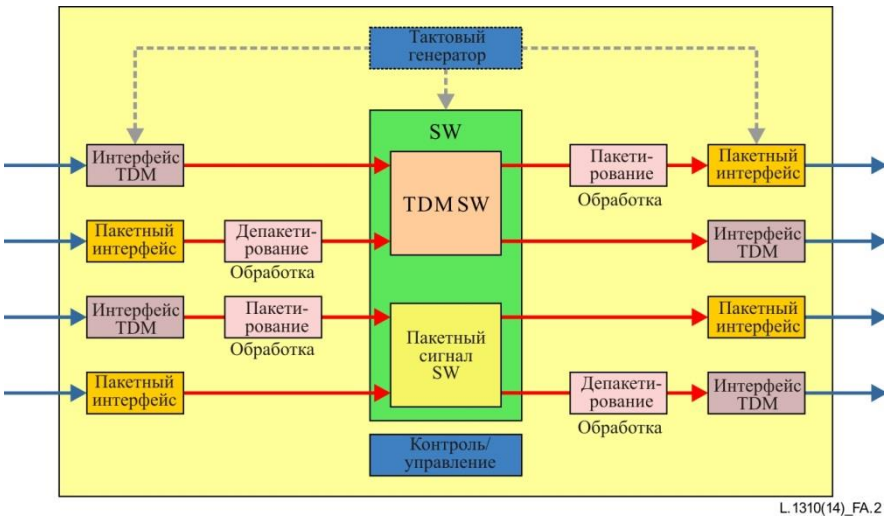


Рисунок A.2 – Конфигурация оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей I типа (модель II)

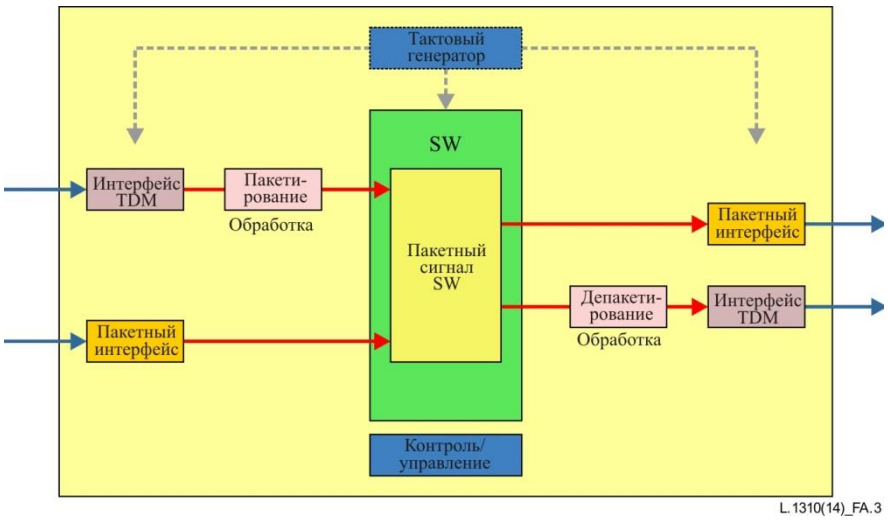


Рисунок A.3 – Конфигурация оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей I типа (модель III)

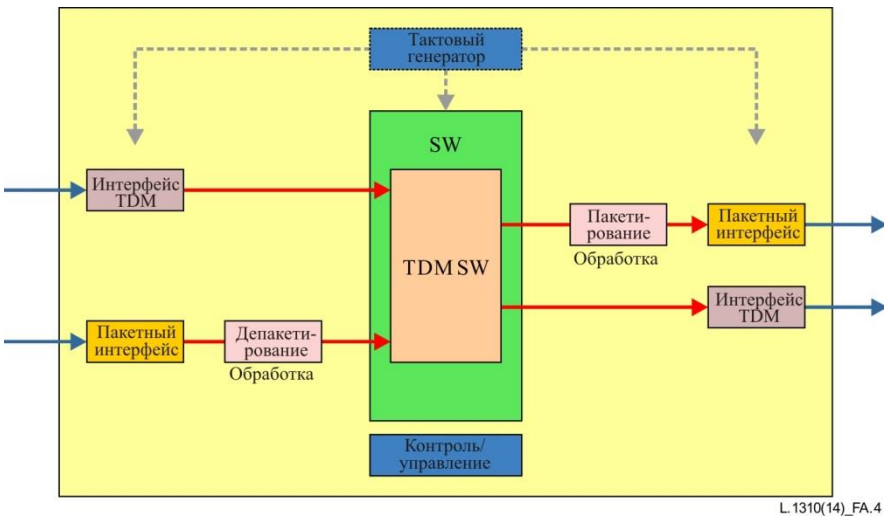


Рисунок A.4 – Конфигурация оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей I типа (модель IV)

A.2 Показатели энергоэффективности

Показатели для оборудования конвергированных пакетных сетей должны отражать максимальную пропускную способность на единицу среднего энергопотребления.

Альянсом по решениям в отрасли электросвязи (ATIS) определены следующие показатели (коэффициент энергоэффективности оборудования электросвязи (TEER)) для транспортного оборудования:

$$\mathrm{TEER}_{\mathrm{CERT}} = D_{\mathrm{TEER}}/P_{\mathrm{TEER\text{-}CERT}}$$

$$= \Sigma Di/\{(P_{\mathrm{CERT\text{-}0}} + P_{\mathrm{CERT\text{-}50}} + P_{\mathrm{CERT\text{-}100}})/3\}, \qquad \text{(A-1)}$$

где:

$\mathrm{TEER}_{\mathrm{CERT}}$: сертифицированный TEER, измеренный в заданной конфигурации;

D_{TEER} : общая скорость передачи данных (бит/с);

$P_{\mathrm{TEER\text{-}CERT}}$: измеренное энергопотребление (Вт);

Di : скорость передачи данных (бит/с) через заданный интерфейс i;

$P_{\mathrm{CERT\text{-}0}}$: измеренное энергопотребление (Вт) при нулевом использовании трафика передачи данных;

$P_{\mathrm{CERT\text{-}50}}$: измеренное энергопотребление (Вт) при 50%-ном использовании трафика передачи данных;

$P_{\mathrm{CERT\text{-}100}}$: измеренное энергопотребление (Вт) при 100%-ном использовании трафика передачи данных.

Карты интерфейса оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями передачи пакетных сигналов и сигналов TDM, добавляются в зависимости от объема использования данных. Следовательно, в общем случае

$$(P_{\mathrm{CERT\text{-}0}} + P_{\mathrm{CERT\text{-}50}} + P_{\mathrm{CERT\text{-}100}})/3 \fallingdotseq (P_{\mathrm{CERT\text{-}0}} + P_{\mathrm{CERT\text{-}100}})/2. \qquad \text{(A-2)}$$

Таким образом фактическое значение показателя $\mathrm{TEER}_{\mathrm{CERT}}$ для оборудования конвергированных пакетных оптических сетей определяется следующим образом:

$$\mathrm{TEER}_{\mathrm{CERT}} = \Sigma Di/\{(\mathrm{P}_{\mathrm{CERT\text{-}0}} + \mathrm{P}_{\mathrm{CERT\text{-}100}})/2\}$$

$$= \text{Максимальная пропускная способность/Среднее энергопотребление.} \qquad \text{(A-3)}$$

a) Максимальная пропускная способность оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей I типа

$$= \sqrt{,\left(A^2 + B^2\right)/2}\,, \qquad \text{(A-4)}$$

где:

A : максимальная пропускная способность (Гбит/с) функций передачи пакетных сигналов

(Быстродействие порта (Гбит/с) × Количество портов × Количество слотов);

B : максимальная пропускная способность (Гбит/с) функций передачи сигналов TDM

(Быстродействие порта (Гбит/с) × Количество портов × Количество слотов).

b) Среднее энергопотребления оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей I типа

$$= (P_{\mathrm{idle}} + P_{\mathrm{max}}) / 2, \qquad \text{(A-5)}$$

где:

P_{idle} : энергопотребление (Вт) всего оборудования с нулевой пропускной способностью канала передачи данных, минимальной конфигурацией компонентов и тракта;

P_{max} : энергопотребление (Вт) всего оборудования в процессе основной передачи сигнала с максимальной конфигурацией компонентов.

Показатель для оборудования конвергированных пакетных оптических сетей I типа определяется следующим образом:

$$\text{EER} = \sqrt{,\left(A^2 + B^2\right)/2} \,/\{(P_{\text{idle}} + P_{\max})/2\}. \qquad \text{(A-6)}$$

A.3 Методика измерения

В данном разделе описываются процедуры измерений для оборудования конвергированной оптической сети I типа.

a) Интерфейс

i) Выбор интерфейса

Выберите интерфейс, в котором пропускная способность линии передачи, рассчитанная при помощи следующей формулы, будет максимальной для сигналов TDM и/или пакетных сигналов.

Пропускная способность линии передачи: Быстродействие порта (Гбит/с) × Количество портов × Количество слотов.

ii) Шаблоны комбинаций функций

При использовании интерфейса TDM и интерфейса пакетной передачи измерения проводятся с выбором настраиваемого шаблона на стороне интерфейса сеть–сеть (NNI) или интерфейса пользователь–сеть (UNI) из вариантов, приведенных ниже:

- TDM (NNI), TDM (UNI);
- TDM (NNI), пакетный (UNI);
- пакетный (NNI), TDM (UNI);
- пакетный (NNI), пакетный (UNI).

Выберите шаблон, обеспечивающий максимальную пропускную способность для сигналов TDM/пакетных сигналов соответственно.

iii) Интерфейс при измерении конфигурации $P_{\max}$

Используя интерфейс, выбранный в пункте i), настройте конфигурацию с максимальным количеством слотов/максимальным количеством портов.

iv) Интерфейс при измерении конфигурации P_{idle}

Используя интерфейс, выбранный в пункте i), настройте конфигурацию с одним слотом/одним портом ввода-вывода.

Для кольцевых структур следует проводить настройку с односторонним трактом или преобразовать результаты измерения применительно к конфигурации один слот/один порт.

v) Конфигурация для резервирования

Спецификация интерфейса отсутствует. При использовании интерфейса следует рассчитывать пропускную способность линии передачи с резервным интерфейсом в качестве части основного блока.

Спецификация для общих компонентов отсутствует (должна быть предусмотрена возможность работы без общих компонентов).

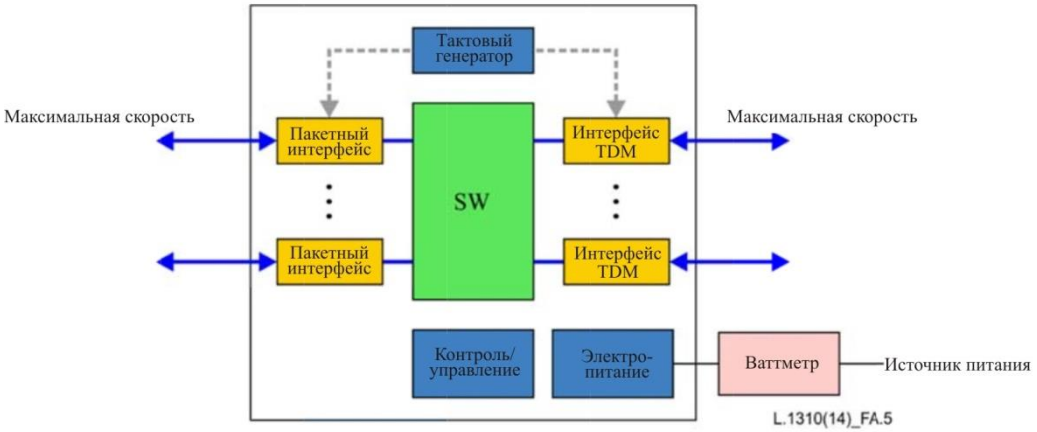


Рисунок A.5 – Пример максимальной конфигурации компонентов для измерения P_{max}

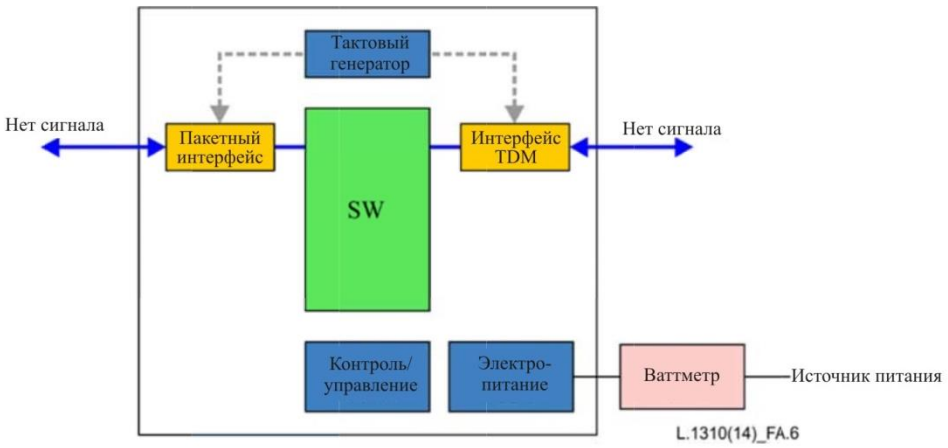


Рисунок A.6 – Пример минимальной конфигурации компонентов и тракта для измерения P_{idle}

b) Нагрузка канала передачи

i) Нагрузка канала передачи при измерении P_{max}

Максимальная скорость передачи данных при конфигурации с максимальной пропускной способностью.

ii) Нагрузка канала передачи при измерении P_{idle}

Состояние без передачи сигнала при минимальной конфигурации трактов с минимальной пропускной способностью.

c) Параметры окружающей среды для проведения испытаний

Параметры окружающей среды определены в разделе 7.

d) Тестовое напряжение

Тестовое напряжение определено в разделе 7.

e) Количество измеряемого оборудования

Не существует указаний относительно количества измеряемого оборудования, однако если проводится испытание нескольких устройств, следует указывать среднее значение.

f) Количество измерений

Не существует указаний относительно количества измерений, однако если измерения проводятся неоднократно, следует указывать среднее значение.

g) Точность измерений

Не установлена.

Приложение B

Показатели и методики измерения для оборудования конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями передачи пакетных сигналов, сигналов TDM и сигналов WDM

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

B.1 Описание оборудования

Оборудование для конвергированных оптических сетей II типа – это разновидность транспортного оборудования, которое транспортирует (коммутирует) различные виды сигналов, как, например, пакетные сигналы, сигналы TDM и сигналы WDM.

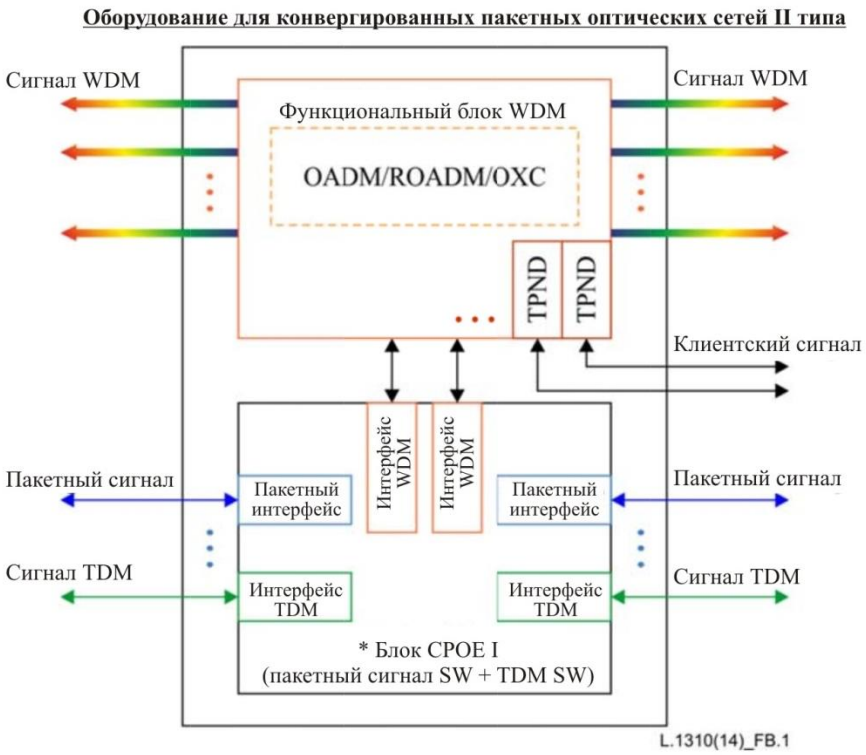
Данные типы сигналов имеют следующие определения.

Пакетные сигналы – сигналы, включающие MAC-адрес, ретранслируемый через уровень 2 взаимодействия открытых систем ИСО (уровень канала передачи данных), либо IP-адрес, ретранслируемый через уровень 3 взаимодействия открытых систем ИСО (уровень сети), либо метку с данными маршрутизации.

Сигналы TDM – сигналы TDM, например STM-n/OC-n/OTU-n, определенные в SDH/SONET/OTN, а также аналоговые сигналы, транспортирующие изображения или голосовые данные по телефонным линиям.

Сигналы WDM – сигналы WDM, мультиплексирующие множественные оптические сигналы с разной длиной волны.

Сфера применения настоящего Приложения должна охватывать следующую модель конфигурации.



*CPOE I – оборудование для конвергированных пакетных оптических сетей I типа.

Рисунок B.1 – Конфигурация оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей II типа

Оборудование для конвергированных пакетных оптических сетей II типа может состоять из нескольких устройств, представляющих собой оборудование для конвергированных пакетных оптических сетей I типа.

B.2 Показатели энергоэффективности

Показатели для оборудования конвергированных пакетных оптических сетей должны отражать максимальную пропускную способность на единицу среднего энергопотребления.

ATIS определил следующие показатели (TEER) для транспортного оборудования:

$$\begin{aligned} \mathrm{TEER}_{\mathrm{CERT}} &= D_{\mathrm{TEER}}/P_{\mathrm{TEER\text{-}CERT}} \\ &= \Sigma Di/\{(P_{\mathrm{CERT\text{-}0}} + P_{\mathrm{CERT\text{-}50}} + P_{\mathrm{CERT\text{-}100}})/3\}, \end{aligned} \qquad \text{(B-1)}$$

где:

$\mathrm{TEER}_{\mathrm{CERT}}$: сертифицированный TEER, измеренный в заданной конфигурации;

D_{TEER} : общая скорость передачи данных (бит/с);

$P_{\mathrm{TEER\text{-}CERT}}$: измеренное энергопотребление (Вт);

Di : скорость передачи данных (бит/с) через заданный интерфейс i;

$P_{\mathrm{CERT\text{-}0}}$: измеренное энергопотребление (Вт) при нулевом использовании трафика передачи данных;

$P_{\mathrm{CERT\text{-}50}}$: измеренное энергопотребление (Вт) при 50%-ном использовании трафика передачи данных 50%;

$P_{\mathrm{CERT\text{-}100}}$: измеренное энергопотребление (Вт) при 100%-ном использовании трафика передачи данных 100%.

Карты интерфейса оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями передачи пакетных сигналов, сигналов TDM и сигналов WDM, добавляются в зависимости от объема использования данных. Следовательно, в общем случае:

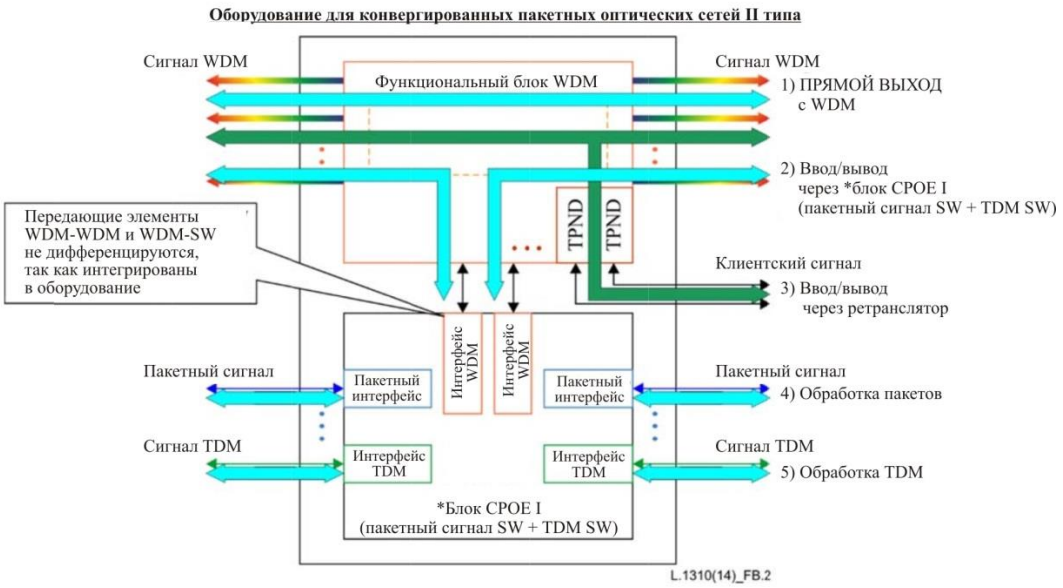
$$(P_{\mathrm{CERT\text{-}0}} + P_{\mathrm{CERT\text{-}50}} + P_{\mathrm{CERT\text{-}100}})/3 \fallingdotseq (P_{\mathrm{CERT\text{-}0}} + P_{\mathrm{CERT\text{-}100}})/2. \qquad \text{(B-2)}$$

Таким образом фактическое значение показателя $\mathrm{TEER}_{\mathrm{CERT}}$ для оборудования конвергированных пакетных оптических сетей с функцией передачи сигналов WDM определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \mathrm{TEER}_{\mathrm{CERT}} &= \Sigma Di/\{(P_{\mathrm{CERT\text{-}0}} + P_{\mathrm{CERT\text{-}100}})/2\} = \\ &= \text{Максимальная пропускная способность/Среднее энергопотребление.} \end{aligned} \qquad \text{(B-3)}$$

a) Максимальная пропускная способность оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей II типа.

Шаблон трафика оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей.



*CPOE I – оборудование для конвергированных пакетных оптических сетей I типа.

Рисунок B.2 – Определение пропускной способности оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей II типа

Таблица B.1 – Характеристики трафика оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей, используемые в расчетах пропускной способности

Трасса	Пропускная способность для расчета показателя качества	Примечания
1) Передается как WDM (без изменений)	–	Не учитывается, так как энергопотребление компонентов OADM/ROADM/OXC невелико
2) Ввод/вывод из WDM в пакетный сигнал SW/TDM SW	Пропускная способность сигнала WDM (C) × Скорость ввода/вывода (α)	
3) Ввод/вывод из WDM в приемопередатчик	–	Не учитывается, так как не является основной функцией оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей II типа
4) Участок обработки пакетных сигналов	Пропускная способность пакетного сигнала (A)	
5) Участок обработки сигналов TDM	Пропускная способность сигнала TDM (B)	

где:

A : максимальная пропускная способность (Гбит/с) функций передачи пакетных сигналов (Быстродействие порта (Гбит/с) × Количество портов × Количество слотов);

B : максимальная пропускная способность функции TDM (Гбит/с) (Быстродействие порта (Гбит/с) × Количество портов × Количество слотов);

C : максимальная пропускная способность функции WDM (Гбит/с) (Быстродействие порта (Гбит/с) × Количество портов × Количество слотов);

α : скорость ввода/вывода функции WDM.

Скорость ввода/вывода изменяется в зависимости от статуса режима работы; максимальная пропускная способность оборудования задана для $\alpha = 1$.

В целях максимального использования функций оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей II типа конфигурацию оборудования следует настраивать таким образом, чтобы трафик сигналов WDM, поступающий на оборудование для конвергированных пакетных оптических сетей I типа, был максимальным, а для величин *A, B, C* и α была верна формула $C \times \alpha = A + B$.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Дополнительная информация по формулам приведена в [b-Ecology Guideline].

- Максимальная пропускная способность оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями передачи пакетных сигналов, сигналов TDM и WDM:

$$\text{Максимальная пропускная способность} = \sqrt{[\{A^2 + B^2 + (C \times \alpha)^2\}/3]}. \qquad \text{(B-4)}$$

Вместе с тем если функции передачи пакетных сигналов или сигналов TDM не поддерживаются, то применяются следующие формулы:

- максимальная пропускная способность оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями передачи пакетных сигналов и сигналов WDM:

$$\text{Максимальная пропускная способность} = \sqrt{[\{A^2 + (C \times \alpha)^2\}/2]}; \qquad \text{(B-5)}$$

- Максимальная пропускная способность оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей, обладающего функциями передачи сигналов TDM и сигналов WDM:

$$\text{Максимальная пропускная способность} = \sqrt{[\{B^2 + (C \times \alpha)^2\}/2]}. \qquad \text{(B-6)}$$

b) Среднее энергопотребление оборудования для конвергированных пакетных оптических сетей II типа:

$$= (P_{idle} + P_{max})/2, \qquad \text{(B-7)}$$

где:

P_{idle} : энергопотребление (Вт) всего оборудования с нулевой пропускной способностью канала передачи данных, минимальной конфигурацией компонентов и тракта (участок WDM – длина одной волны, максимальная частота (ex: 1 волна × 100 Гбит/с));

P_{max} : энергопотребление (Вт) всего оборудования в процессе основной передачи сигнала с максимальной конфигурацией компонентов (участок WDM – полная длина волны, максимальная частота (ex: 80 волн × 100 Гбит/с)).

Измерение среднего энергопотребления должно производиться на основе энергопотребления при конфигурации с максимальной пропускной способностью линии передачи.

Показатель для оборудования конвергированных пакетных оптических сетей II типа определяется следующим образом:

$$\text{EER} = \sqrt{[\{A^2 + B^2 + (C \times \alpha)^2\}/3]} \,/\{(P_{\text{idle}} + P_{\text{max}})/2\}. \qquad \text{(B-8)}$$

B.3 Методика измерения

В данном разделе описываются процедуры измерений для оборудования конвергированных оптических сетей II типа.

a) Интерфейс

i) Выбор интерфейса

Выберите интерфейс, в котором пропускная способность участка WDM ($C \times \alpha$) эквивалентна сумме пропускной способности участков пакетной передачи и TDM ($A + B$) и по мере возможности вводятся/выводятся сигналы WDM.

ii) Шаблоны комбинаций функций

При использовании интерфейса TDM, интерфейса пакетной передачи и интерфейса WDM измерения проводятся с выбором настраиваемого шаблона на стороне NNI/UNI из вариантов, приведенных ниже:

- WDM (NNI), TDM и пакетный (UNI);
- WDM (NNI), TDM (UNI);
- WDM (NNI), пакетный (UNI).

iii) Интерфейс при измерении конфигурации P_{max}

Используя интерфейс, выбранный в пункте i), настройте конфигурацию с максимальной пропускной способностью.

iv) Интерфейс при измерении конфигурации P_{idle}

Используя интерфейс, выбранный в пункте i), настройте конфигурацию, включающую один тракт с участком WDM.

v) Конфигурация для резервирования

При настройке конфигурации для резервирования спецификация интерфейса отсутствует. При настройке конфигурации для резервирования рассчитайте показатель качества с резервным интерфейсом в качестве части основного блока.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Пропускная способность функций передачи сигналов TDM и пакетных сигналов максимальна, и все сигналы WDM могут быть введены/выведены.

Рисунок B.3 – Пример максимальной конфигурации компонентов для измерения P_{max}

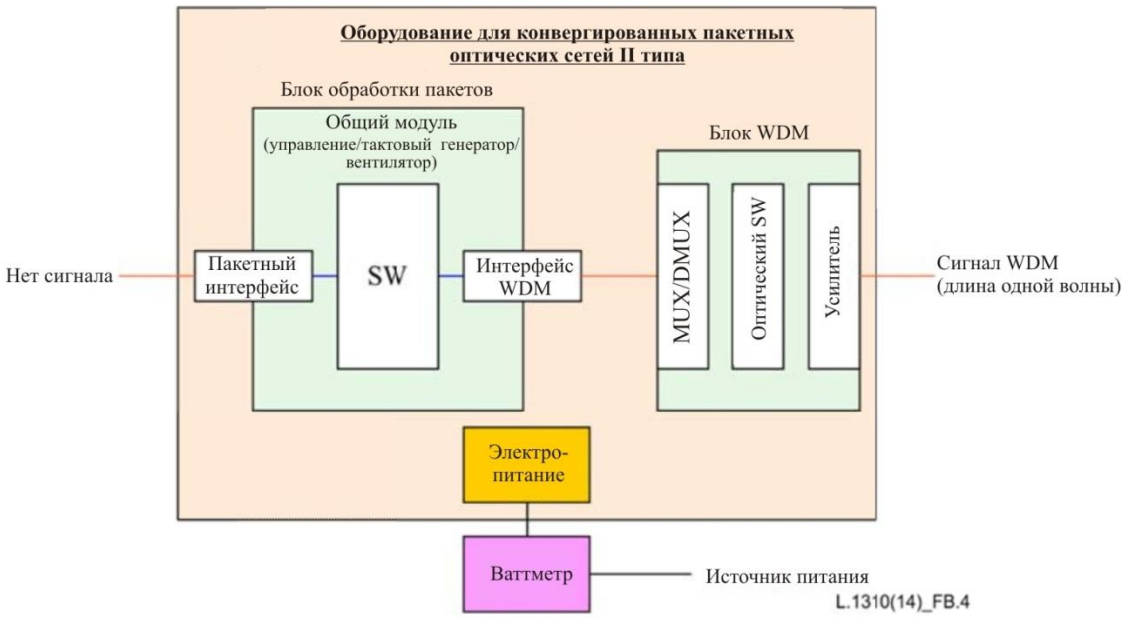


Рисунок B.4 – Пример минимальной конфигурации компонентов и тракта для измерения P_{idle}

b) Нагрузка канала передачи

i) Нагрузка канала передачи при измерении P_{max}

Максимальная пропускная способность при максимальной конфигурации.

ii) Нагрузка канала передачи при измерении P_{idle}

Состояние без передачи сигнала при минимальной конфигурации трактов с минимальной пропускной способностью.

c) Параметры окружающей среды для проведения испытаний

Параметры окружающей среды определены в разделе 7.

d) Тестовое напряжение

Тестовое напряжение определено в разделе 7.

e) Количество испытываемого оборудования

Не существует указаний относительно количества измеряемого оборудования, однако если проводится испытание нескольких устройств, следует указывать среднее значение.

f) Количество измерений

Не существует указаний относительно количества измерений, однако если измерения проводятся неоднократно, следует указывать среднее значение.

g) Точность измерений

Не установлена.

Дополнение I

Альтернативные показатели для технологий беспроводного доступа

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В данном Дополнении описывается альтернативный показатель, применимый для технологий беспроводного доступа (включая MSAN, DSLAM, GPON OLT и GEPON OLT).

EER – данный показатель задает максимальную скорость передачи данных на выходе линии для разных режимов трафика в качестве функциональной единицы (переменная нагрузка → показатель, связанный с трафиком):

$$\mathrm{EER}_{avg} = T_{OSavg}/P_{avg} \quad [\text{Мбит/Вт}], \tag{I-1}$$

где:

T_{OSavg} : скорость передачи данных на выходе абонентской линии; это взвешенная скорость передачи данных для абонента (в Мбит/с) широкополосного сетевого оборудования в возможных (при условии их реализации) различных рабочих состояниях (L0, L2, L3):

$$T_{OSavg} = aT_{OS1} + bT_{OS2} + cT_{OS3}; \tag{I-2}$$

P_{avg} : взвешенное энергопотребление (в ваттах) широкополосного сетевого оборудования на линию в возможных (при условии их реализации) различных состояниях:

$$P_{avg} = aP_1 + bP_2 + cP_3 \quad [\text{Вт}], \tag{I-3}$$

где:

(a, b, c) : весовые коэффициенты, выбранные таким образом, что $(a + b + c) = 1$;

P_1, P_2, P_3 : результаты измерения мощности (в ваттах) полностью укомплектованного широкополосного сетевого оборудования, работающего в различных режимах трафика, как описано ниже.

I.1 Сетевое оборудование DSLAM и MSAN

Мощность этого оборудования измеряется при фиксированной длине шлейфа, определенной для всех технологий.

В значениях параметров *a, b, c* учтено распределение трафика в течение суток.

Эти значения заданы с учетом распределения трафика, указанного в [ETSI ES 203 215].

P_1, P_2, P_3 − результаты измерения мощности (в ваттах) полностью укомплектованного широкополосного сетевого оборудования, работающего в состояниях L0, L2 и L3 (соответственно), полученные при условиях, определенных в пункте 9.2.1.

Значения приведены в таблице I.1; они зависят от режима энергопотребления оборудования.

Таблица I.1 – Определение весовых множителей для DSLAM и MSAN

Режим энергопотребления	**Весовые множители *a, b, c***
L0, L2, L3	a = 0,15; b = 0,06; c = 0,79
L0, L2	a = 0,2; b = 0,8; c = 0
L0	a = 1; b = 0; c = 0

Весовые множители *a, b, c* получены из таблицы B.1 Приложения B [ETSI ES 203 215] с учетом среднесуточного распределения трафика.

I.2 Сетевое оборудование GPON OLT

Для оборудования GPON OLT показатель EER отображает количество транспортируемого трафика на каждый ватт мощности при полностью укомплектованной конфигурации.

Поскольку мощность стандартной аппаратуры OLT не связана напрямую с длиной оптоволоконного кабеля, нет необходимости определять эталонную длину оптоволоконного кабеля:

$$\text{EER} = (\text{Скорость потока битов на порт})/P_{\text{port}} \quad [\text{Гбит/Вт}], \qquad \text{(I-4)}$$

где:

скорость потока битов на порт – скорость нисходящего потока данных, выраженная в Гбит/с;

P_{port} – энергопотребление соответствующего компонента оборудования (в ваттах).

I.3 Сетевое оборудование GEPON OLT

Для оборудования GEPON OLT показатель EER отображает количество доступных портов на каждый ватт мощности при полностью укомплектованной конфигурации.

Для OLT следует использовать частное от деления среднего энергопотребления OLT (при полном монтаже), измеренного с использованием постоянного входного напряжения (если применяется источник питания постоянного тока) или переменного входного напряжения (если применяется источник питания переменного тока), на общее количество линий (Общее количество портов интерфейса (IF) × Количество ветвей PON):

$$\text{EER} = \text{Общее количество портов интерфейса}/\text{Средняя мощность} \quad [\text{линия/Вт}], \qquad \text{(I-5)}$$

где:

Средняя мощность = (Мощность при 100%-ной нагрузке + Мощность при 50%-ной нагрузке + + Мощность при нулевой нагрузке)/3.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Показатель количества абонентских линий может быть получен путем умножения определенного EER на количество ветвей (например, 32).

Дополнение II

Альтернативные показатели для маршрутизаторов и коммутаторов

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В данном Дополнении приведен ряд альтернативных показателей для маршрутизаторов и коммутаторов.

II.1 Маршрутизаторы и коммутаторы с поддержкой спящего режима (режима готовности)

Данный показатель применим только к маршрутизаторам и коммутаторам, способным переходить в спящий режим.

Предлагается следующий показатель:

$$\text{EER} = T_i/P_i \quad [\text{Мбит/с/Вт}], \tag{II-1}$$

где:

$$P_i = c \times P_{\max} + b \times P_{\text{typical}} + a \times P_{\text{idle}} + d \times P_{\text{sleep}} \quad [\text{Вт}]; \tag{II-2}$$

T_i : взвешенная пропускная способность;

$$T_i = c \times T_{\max} + b \times T_{\text{typical}} + a \times T_{\text{idle}}; \tag{II-3}$$

($T_{\max}$, T_{typical} , T_{idle}) : пропускная способность, измеренная при соответствующих уровнях использования,

где:

$P_{\max}$: мощность при максимальной нагрузке трафика в реальном времени; в данном случае максимальная нагрузка трафика определяется как максимальная скорость без потерь, эквивалентная 100%-ной нагрузке (u_3 в [ATIS-0600015.03.2013]);

P_{typical} : мощность при стандартной нагрузке трафика в реальном времени; в данном случае стандартная нагрузка трафика определяется как 30%-ная или 10%-ная нагрузка в зависимости от типа оборудования (u_2 в [ATIS-0600015.02.2009]);

P_{idle} : мощность в режиме ожидания в реальном времени; в данном случае режим ожидания определяется при нулевой нагрузке (u_1 в [ATIS-0600015.02.2009]);

P_{sleep} : мощность в спящем режиме не в реальном времени, применимая только к оборудованию с функцией спящего режима;

c : весовой множитель для состояния максимальной нагрузки в реальном времени;

b : весовой множитель для стандартной нагрузки трафика в реальном времени;

a : весовой множитель для нагрузки трафика в режиме ожидания в реальном времени;

d : весовой множитель для спящего режима не в реальном времени:

$a + b + c + d = 1$.

Значения параметров a, b, c, d приведены в таблице II.1 для маршрутизаторов и в таблице II.2 для коммутаторов. Параметры получены на основе данных, содержащихся в [ATIS-0600015.03.2013] (добавлено новое состояние − спящий режим, соответствующий весовому множителю d), с учетом среднесуточного распределения трафика.

Значения a, b, c и d должны быть подтверждены данными; спящий режим/режим готовности может поддерживаться ограниченным числом сетевых устройств, но только при отсутствии сетевых подключений к устройству. Для данной группы маршрутизаторов/коммутаторов предполагаемый трафик близок к трафику в режиме ожидания.

Таблица II.1 – Определение весовых коэффициентов для маршрутизаторов

Класс	Выборочное использование	Процент использования при измерении энергии, *u*1, *u*2, *u*3	Весовые множители *a, b, c, d*
Маршрутизатор доступа с поддержкой спящего режима	1–3%	0, 10, 100	*a* = 0,15; *b* = 0,25; *c* = 0,15; *d* = 0,45

Таблица II.2 – Определение весовых коэффициентов для коммутаторов

Класс	Выборочное использование	Процент использования при измерении энергии, *u*1, *u*2, *u*3	Весовые множители *a, b, c, d*
Коммутатор доступа с поддержкой спящего режима	1–3%	0, 10, 100	*a* = 0,15; *b* = 0,25; *c* = 0,15; *d* = 0,45

II.2 Методика измерений

Методика измерений должна соответствовать [ATIS-0600015.02.2009], за исключением данных, приведенных в разделе 7, и спящего режима, описанного ниже.

Измерение мощности в спящем режиме

Зарегистрируйте среднюю входную мощность в течение 15 минут. При этом каждый порт устройства должен функционировать в спящем режиме 20 минут.

II.3 Маршрутизаторы и коммутаторы с поддержкой заданных режимов энергопотребления

Определения

Режим энергопотребления (power state) – режим работы с сокращенной производительностью и пониженным энергопотреблением. Режим энергопотребления является фиксированным и не зависит от трафика. Переключение между режимами энергопотребления не происходит мгновенно и может вызвать задержку, во время которой возможна потеря избыточного трафика.

Рабочий цикл – период действия каждого из режимов энергопотребления (в течение дня, недели и т. д.).

EE_{NRT} – энергоэффективность оборудования без регулировки трафика в реальном времени (заданные режимы энергопотребления).

Для расчета EE_{NRT} определяются три точки измерения, которые могут соответствовать различным режимам энергопотребления испытываемого устройства (UUT):

1) S0 – полная производительность;

2) S1 – 30%-ная производительность;

3) S2 – 10%-ная производительность.

Шаблон рабочего цикла определяется как фрагмент времени, в течение которого можно добиться планируемых уровней трафика. Уровень 0 используется для 55% времени рабочего цикла, уровень 2 – для 25%, а уровень 3 – для 20% времени рабочего цикла:

$$EE_{NRT} = (0{,}55T_{S0} + 0{,}25T_{S1} + 0{,}2T_{S2})/(0{,}55P_{S0} + 0{,}25P_{S1} + 0{,}2P_{S2}) \quad [\text{Гбит/с/Вт}], \qquad \text{(II-3)}$$

где:

T_{S0}, T_{S1}, T_{S2} : пропускная способность в трех точках измерения;

P_{S0}, P_{S1}, P_{S2}: мощность в трех точках измерения.

Библиография

[b-Ecology Guideline] Ecology Guideline For the ICT Industry (Version 5).
http://www.tca.or.jp/information/pdf/ecoguideline/guideline_eng_5.pdf

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия A	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Принципы тарификации и учета и экономические и стратегические вопросы международной электросвязи/ИКТ
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	**Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; 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, а также соответствующие измерения и испытания
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 межсетевого протокола, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи

Отпечатано в Швейцарии
Женева, 2017 год