This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

هذه النسخة الإلكترونية (PDF) نتاج تصوير بالمسح الضوئي أجراه قسم المكتبة والمحفوظات في الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) نقلاً من وثيقة ورقية أصلية ضمن الوثائق المتوفرة في قسم المكتبة والمحفوظات.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

© International Telecommunication Union

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МККТТ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ КОМИТЕТ
ПО ТЕЛЕГРАФИИ И ТЕЛЕФОНИИ

СИНЯЯ КНИГА

ТОМ III – ВЫПУСК III.5

ЦИФРОВЫЕ СЕТИ, ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ

РЕКОМЕНДАЦИИ G.801 – G.961

IX ПЛЕНАРНАЯ АССАМБЛЕЯ
МЕЛЬБУРН, 14-25 НОЯБРЯ 1988 ГОДА

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МККТТ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ КОМИТЕТ
ПО ТЕЛЕГРАФИИ И ТЕЛЕФОНИИ

СИНЯЯ КНИГА

ТОМ III – ВЫПУСК III.5

ЦИФРОВЫЕ СЕТИ, ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ

РЕКОМЕНДАЦИИ G.801 – G.961

IX ПЛЕНАРНАЯ АССАМБЛЕЯ
МЕЛЬБУРН, 14-25 НОЯБРЯ 1988 ГОДА

ISBN 92-61-03354-7

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

© ITU

СОДЕРЖАНИЕ КНИГИ МККТТ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ПОСЛЕ IX ПЛЕНАРНОЙ АССАМБЛЕИ (1988 г.)

СИНЯЯ КНИГА

Том I

ВЫПУСК I.1 — Протоколы и отчеты Пленарной Ассамблеи. Перечень исследовательских комиссий и изучаемых вопросов.

ВЫПУСК I.2 — Пожелания и резолюции.
Рекомендации по организации и процедурам работы МККТТ (серия А).

ВЫПУСК I.3 — Термины и определения. Аббревиатуры и сокращения. Рекомендации по средствам выражения (серия В) и общей статистике электросвязи (серия С).

ВЫПУСК I.4 — Указатель Синей книги.

Том II

ВЫПУСК II.1 — Общие принципы тарификации — Таксация и расчеты в международных службах электросвязи. Рекомендации серии D (Исследовательская комиссия III).

ВЫПУСК II.2 — Телефонная служба и ЦСИС — Эксплуатация, нумерация, маршрутизация и подвижная служба. Рекомендации E.100—E.333 (Исследовательская комиссия II).

ВЫПУСК II.3 — Телефонная служба и ЦСИС — Качество обслуживания, управление сетью и расчет нагрузки. Рекомендации E.401—E.880 (Исследовательская комиссия II).

ВЫПУСК II.4 — Телеграфная и подвижная службы — Эксплуатация и качество обслуживания. Рекомендации F.1—F.140 (Исследовательская комиссия I).

ВЫПУСК II.5 — Телематические службы, службы передачи данных и конференц-связи — Эксплуатация и качество обслуживания. Рекомендации F.160—F.353, F.600, F.601, F.710—F.730. (Исследовательская комиссия I).

ВЫПУСК II.6 — Службы обработки сообщений и справочные службы — Эксплуатация и определение службы. Рекомендации F.400—F.422, F.500 (Исследовательская комиссия I).

Том III

ВЫПУСК III.1 — Общие характеристики международных телефонных соединений и каналов. Рекомендации G.101—G.181 (Исследовательские комиссии XII и XV).

ВЫПУСК III.2 — Международные аналоговые системы передачи. Рекомендации G.211—G.544 (Исследовательская комиссия XV).

ВЫПУСК III.3 — Среда передачи — Характеристики. Рекомендации G.601—G.654 (Исследовательская комиссия XV).

ВЫПУСК III.4 — Общие аспекты цифровых систем передачи; оконечное оборудование. Рекомендации G.700—G.795 (Исследовательские комиссии XV и XVIII).

ВЫПУСК III.5 — Цифровые сети, цифровые участки и цифровые линейные системы. Рекомендации G.801—G.961 (Исследовательские комиссии XV и XVIII).

Выпуск III.6 — Передача нетелефонных сигналов по линии. Передача сигналов звукового и телевизионного вещания. Рекомендации серий H и J (Исследовательская Комиссия XV).

Выпуск III.7 — Цифровая сеть с интеграцией служб (ЦСИС) — Общая структура и возможности служб. Рекомендации I.110—I.257 (Исследовательская Комиссия XVIII).

Выпуск III.8 — Цифровая сеть с интеграцией служб (ЦСИС) — Общие сетевые вопросы и функции, стыки «пользователь-сеть» в ЦСИС. Рекомендации I.310—I.470 (Исследовательская Комиссия XVIII).

Выпуск III.9 — Цифровая сеть с интеграцией служб (ЦСИС) — Межсетевые стыки и принципы технической эксплуатации. Рекомендации I.500—I.605 (Исследовательская Комиссия XVIII).

Том IV

Выпуск IV.1 — Общие принципы технической эксплуатации: техническая эксплуатация международных систем передачи и телефонных каналов. Рекомендации M.10—M.782 (Исследовательская Комиссия IV).

Выпуск IV.2 — Техническая эксплуатация международных телеграфных, фототелеграфных и арендованных каналов. Техническая эксплуатация международной телефонной сети общего пользования. Техническая эксплуатация морских спутниковых систем и систем передачи данных. Рекомендации M.800—M.1375 (Исследовательская Комиссия IV).

Выпуск IV.3 — Техническая эксплуатация международных каналов передачи звукового и телевизионного вещания. Рекомендации серии N (Исследовательская Комиссия IV).

Выпуск IV.4 — Требования к измерительному оборудованию. Рекомендации серии O (Исследовательская Комиссия IV).

Том V — Качество телефонной передачи. Рекомендации серии P (Исследовательская Комиссия XII).

Том VI

Выпуск VI.1 — Общие Рекомендации по телефонной коммутации и сигнализации. Функции и информационные потоки для служб в ЦСИС. Дополнения. Рекомендации Q.1—Q.118 bis (Исследовательская Комиссия XI).

Выпуск VI.2 — Требования к Системам Сигнализации №№ 4 и 5. Рекомендации Q.120—Q.180 (Исследовательская Комиссия XI).

Выпуск VI.3 — Требования к Системе Сигнализации № 6. Рекомендации Q.251—Q.300 (Исследовательская Комиссия XI).

Выпуск VI.4 — Требования к Системам Сигнализации R1 и R2. Рекомендации Q.310—Q.490 (Исследовательская Комиссия XI).

Выпуск VI.5 — Цифровые местные, транзитные, комбинированные и международные станции для интегральных цифровых сетей и смешанных аналого-цифровых сетей. Рекомендации Q.500—Q.554 (Исследовательская Комиссия XI).

Выпуск VI.6 — Взаимодействие систем сигнализации. Рекомендации Q.601—Q.699 (Исследовательская Комиссия XI).

Выпуск VI.7 — Требования к Системе Сигнализации № 7. Рекомендации Q.700—Q.716 (Исследовательская Комиссия XI).

Выпуск VI.8 — Требования к Системе Сигнализации № 7. Рекомендации Q.721—Q.766 (Исследовательская Комиссия XI).

Выпуск VI.9 — Требования к Системе Сигнализации № 7. Рекомендации Q.771—Q.795 (Исследовательская Комиссия XI).

Выпуск VI.10 — Цифровая абонентская система сигнализации № 1 (DSS 1), уровень звена данных. Рекомендации Q.920—Q.921 (Исследовательская Комиссия XI).

ВЫПУСК VI.11 — Цифровая абонентская система сигнализации № 1 (ЦАС 1), сетевой уровень, управление пользователь — сеть. Рекомендации Q.930—Q.940 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.12 — Сухопутная подвижная сеть общего пользования. Взаимодействие с ЦСИС и коммутируемой телефонной сетью общего пользования. Рекомендации Q.1000—Q.1032 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.13 — Сухопутная подвижная сеть общего пользования. Подсистема подвижного применения и стыки. Рекомендации Q.1051—Q.1063 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.14 — Взаимодействие со спутниковыми подвижными системами. Рекомендации Q.1100—Q.1152 (Исследовательская комиссия XI).

Том VII

ВЫПУСК VII.1 — Телеграфная передача. Рекомендации серии R. Оконечное оборудование телеграфных служб. Рекомендации серии S (Исследовательская комиссия IX).

ВЫПУСК VII.2 — Телеграфная коммутация. Рекомендации серии U (Исследовательская комиссия IX).

ВЫПУСК VII.3 — Оконечное оборудование и протоколы для телематических служб. Рекомендации T.0—T.63 (Исследовательская комиссия VIII).

ВЫПУСК VII.4 — Процедуры испытания на соответствие Рекомендациям по службе телетекс. Рекомендация T.64 (Исследовательская комиссия VIII).

ВЫПУСК VII.5 — Оконечное оборудование и протоколы для телематических служб. Рекомендации T.65—T.101, T.150—T.390 (Исследовательская комиссия VIII).

ВЫПУСК VII.6 — Оконечное оборудование и протоколы для телематических служб. Рекомендации T.400—T.418 (Исследовательская комиссия VIII).

ВЫПУСК VII.7 — Оконечное оборудование и протоколы для телематических служб. Рекомендации T.431—T.564 (Исследовательская комиссия VIII).

Том VIII

ВЫПУСК VIII.1 — Передача данных по телефонной сети. Рекомендации серии V (Исследовательская комиссия XVII).

ВЫПУСК VIII.2 — Сети передачи данных: службы и услуги, стыки. Рекомендации X.1—X.32 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.3 — Сети передачи данных: передача, сигнализация и коммутация, сетевые аспекты, техническая эксплуатация и административные положения. Рекомендации X.40—X.181 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.4 — Сети передачи данных: взаимосвязь открытых систем (ВОС) — Модель и система обозначений, определение служб. Рекомендации X.200—X.219 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.5 — Сети передачи данных: взаимосвязь открытых систем (ВОС) — Требования к протоколам, аттестационные испытания. Рекомендации X.220—X.290 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.6 — Сети передачи данных: взаимодействие между сетями, подвижные системы передачи данных, межсетевое управление. Рекомендации X.300—X.370 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.7 — Сети передачи данных: системы обработки сообщений. Рекомендации X.400—X.420 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.8 — Сети передачи данных: справочная служба. Рекомендации X.500—X.521 (Исследовательская комиссия VII).

Том IX — Защита от мешающих влияний. Рекомендации серии K (Исследовательская комиссия V). Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейных сооружений. Рекомендации серии L (Исследовательская комиссия VI).

Том X

Выпуск X.1 — Язык функциональных Спецификаций и Описаний (SDL). Критерии применения формальных Методов Описания (FDT). Рекомендация Z.100 с Приложениями A, B, C и E, Рекомендация Z.110 (Исследовательская Комиссия X).

Выпуск X.2 — Приложение D к Рекомендации Z.100: Руководство для пользователей SDL (Исследовательская Комиссия X).

Выпуск X.3 — Приложение F.1 к Рекомендации Z.100: Формальное определение SDL. Введение (Исследовательская Комиссия X).

Выпуск X.4 — Приложение F.2 к Рекомендации Z.100: Формальное определение SDL. Статическая семантика (Исследовательская Комиссия X).

Выпуск X.5 — Приложение F.3 к Рекомендации Z.100: Формальное определение SDL. Динамическая семантика (Исследовательская Комиссия X).

Выпуск X.6 — Язык МККТТ Высокого Уровня (CHILL). Рекомендация Z.200 (Исследовательская Комиссия X).

Выпуск X.7 — Язык человек — машина (MML). Рекомендации Z.301 — Z.341 (Исследовательская Комиссия X).

СОДЕРЖАНИЕ ВЫПУСКА III.5 СИНЕЙ КНИГИ

Рекомендации G.801—G.961

Цифровые сети, цифровые участки и цифровые линейные системы

Рек. №		Стр.
РАЗДЕЛ 8	— *Цифровые сети*	
8.0	**Общие аспекты цифровых сетей**	
G.801	Модели цифровой передачи	3
G.802	Взаимодействие между сетями, построенными на основе различных цифровых иерархий и законов кодирования речи	8
8.1	**Проектные нормы для цифровых сетей**	
G.810	Соображения по вопросам хронирования и синхронизации	13
G.811	Требования к хронированию на выходах первичных эталонных задающих генераторов, пригодных для обеспечения плезиохронной работы международных цифровых трактов	16
G.812	Требования к хронированию на выходах ведомых задающих генераторов, пригодных для обеспечения плезиохронной работы международных цифровых трактов	21
8.2	**Нормы качества и готовности**	
G.821	Характеристики ошибок в международном цифровом соединении, образуемом в цифровой сети с интеграцией служб	26
G.822	Нормы на частость управляемых проскальзываний в международном цифровом соединении	36
G.823	Нормирование дрожания и дрейфа фазы в цифровых сетях, основанных на иерархии 2048 кбит/с	38
G.824	Нормирование дрожания и дрейфа фазы в цифровых сетях, основанных на иерархии 1544 кбит/с	50
РАЗДЕЛ 9	— *Цифровые участки и цифровые линейные системы*	
9.0	**Общие положения**	
G.901	Общие соображения, касающиеся цифровых участков и цифровых линейных систем	57

9.1 Цифровые линейные участки с иерархическими скоростями, основанными на первичной скорости 1544 кбит/с

9.2 Цифровые участки с иерархическими скоростями, основанными на скорости 2048 кбит/с

G.921 Цифровые участки, основанные на иерархии 2048 кбит/с 59

9.3 Цифровые линейные системы передачи по кабелю на неиерархических скоростях

G.931 Цифровые линейные участки 3152 кбит/с 64

9.4 Цифровые линейные системы, обеспечиваемые с помощью носителей передачи с ЧРК

G.941 Цифровые линейные системы, обеспечиваемые с помощью носителей передачи с ЧРК . 66

9.5 Цифровые линейные системы

G.950 Общие соображения относительно цифровых линейных систем 69

G.951 Цифровые линейные системы, основанные на иерархии 1544 кбит/с и использующие кабели с симметричными парами 70

G.952 Цифровые линейные системы, основанные на иерархии 2048 кбит/с и использующие кабели с симметричными парами 77

G.953 Цифровые линейные системы, основанные на иерархии 1544 кбит/с и использующие кабели с коаксиальными парами 84

G.954 Цифровые линейные системы, основанные на иерархии 2048 кбит/с и использующие кабели с коаксиальными парами 89

G.955 Цифровые линейные системы, основанные на иерархии 1544 кбит/с и использующие волоконно-оптические кабели 101

G.956 Цифровые линейные системы, основанные на иерархии 2048 кбит/с и использующие волоконно-оптические кабели 109

9.6 Цифровой участок и цифровые системы передачи для абонентского доступа к ЦСИС

G.960 Цифровой участок для основного доступа к ЦСИС 116

G.961 Цифровая система передачи по металлическим местным линиям для основного доступа к ЦСИС 153

Дополнение № 15 Почти дифференциальный квазитроичный код (код ADQ) 271

Дополнение № 27 Помехи от внешних источников 271

Дополнение № 34 Температура в подземных контейнерах для установки регенераторов 272

Дополнение № 35 Руководящие указания по измерению дрейфа фазы 276

Дополнение № 36 Накопление дрожания и дрейфа фазы в цифровых сетях 285

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

В данном выпуске для краткости термин «Администрация» используется для обозначения как администрации электросвязи, так и признанной частной эксплуатационной организации.

ВЫПУСК III.5

Рекомендации G.801—G.961

ЦИФРОВЫЕ СЕТИ, ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ

ARCHIVES
U.I.T.
GENÈVE

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

РАЗДЕЛ 8

ЦИФРОВЫЕ СЕТИ

8.0 Общие аспекты цифровых сетей

Рекомендация G.801

МОДЕЛИ ЦИФРОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

(Малага-Торремолинос, 1984 г.)

МККТТ,

учитывая,

(a) что с помощью цифровых сетей образуются разнообразные соединения, которые требуют контроля качества передачи и других эксплуатационных параметров;

(b) что если не вести надлежащий контроль, то при определенных условиях снижение качества цифровой передачи вызывает неприемлемое ухудшение качества обслуживания;

(c) что различные сетевые эксплуатационные нормы должны быть распределены по элементам цифровой сети;

(d) что расчетные нормы на оборудование должны быть определены для отдельных цифровых элементов;

(e) что сети должны быть построены таким образом, чтобы обеспечивалось качество передачи, отвечающее требованиям различных служб (телефонных и нетелефонных) и, в частности, служб ЦСИС;

(f) что Администрациям необходимо изучать влияние на качество передачи возможного перераспределения участков с пониженным качеством в национальных сетях;

(g) что имеется необходимость проверки национальных правил на однозначное соответствие любым критериям снижения качества, которые могут быть рекомендованы МККТТ для национальных и международных систем;

(h) что необходимо выработать руководящие указания по использованию определенных цифровых элементов (например, спутниковых трактов, преобразователей кода, цифровых удлинителей, устройств размножения каналов и т. д.),

рекомендует,

чтобы при изучении снижения качества цифровой передачи и других эксплуатационных параметров применялись следующие модели сети и связанные с ними руководящие указания.

1 Введение

Модели цифровых сетей передачи представляют собой условные структуры с определенной длиной и построением, используемые при исследовании снижения качества цифровой передачи (например, ошибок в битах, дрожания и дрейфа фазы, времени распространения, готовности, проскальзывания и т. д.). Ввиду разнообразия возможных ситуаций на сети отдельные модели могут представлять лишь небольшую часть типичных реальных структур. Однако ограниченное число таких моделей (например, 2 или 3), взятых вместе, может быть достаточно репрезентативным, чтобы стать полезным инструментом для таких исследований.

Модели сети (в тех случаях, когда их можно применить):

a) физически отражают общую протяженность соединения, давая при этом некоторое представление о частоте возникновения таких соединений;

b) определяют границы между звеньями коммутации и звеньями передачи;

c) никак не отражают конкретные средства, реализующие передачу между звеньями коммутации (например, металлические, волоконно-оптические, радиолинии, спутники и т. д.);

d) подробно отражают способ доступа «пользователь/сеть» в местной сети (то есть доступа абонента к местной коммутационной станции);

e) учитывают всех возможных пользователей либо построены независимо от конкретных пользователей;

f) отражают использование дополнительных звеньев цифровой обработки, необходимых при определенных построениях сети (например, преобразователи А-μ, цифровые удлинители, преобразователи кода и т. д.).

Настоящая Рекомендация не касается электрического и физического окружения, в которых работают модели сети. Эти вопросы в настоящее время изучаются. При применении этих моделей сети к изучению частных случаев снижения качества цифровой связи (например, ошибки) возможны различные суждения относительно значения, в частности, электрического окружения.

2 Условное эталонное соединение (УЭС)

Цифровое УЭС представляет собой модель, на которой можно проводить исследования, относящиеся к общим эксплуатационным характеристикам, что дает возможность сформулировать стандарты и нормы. Изучение эксплуатационных характеристик ЦСИС начинается с рассмотрения полностью цифрового соединения 64 кбит/с. Так как общие сетевые эксплуатационные нормы по каждому эксплуатационному параметру должны соответствовать требованиям пользователей, то эти нормы должны в основном относиться к модели сети, которая отражает соединение очень большой протяженности. УЭС, показанное на рис. 1/G. 801, служит этой цели. Оно не отражает редкий худший вариант соединения, но направлено на то, чтобы охватить подавляющее большинство соединений для каждого случая. Более того, трудность определения всех возможных практических способов реализации соединения и нежелательность создания слишком большого числа вариантов естественно требуют, чтобы структура этого «стандартного УЭС» могла надлежащим образом видоизменяться для выполнения определенной задачи. Можно представить себе ситуацию, когда существуют многие сходные между собой УЭС, выполняющие частные функции, но во всех случаях они являются производными от «стандартного УЭС». Потенциальный рост числа УЭС препятствует их включению в настоящую Рекомендацию. Возможно, что любое отклонение от стандартного УЭС необходимо показывать в Рекомендации, относящейся к этому ухудшению эксплуатационного параметра. Например, см. Рекомендацию G.821. Они не предназначены для использования при проектировании систем передачи.

Разнообразие структур становится особенно очевидным, если сравнить страны средних размеров и большие страны, и поэтому ни одно УЭС не может охватить такие разные ситуации. В процессе распределения граница между национальными и международными частями не имеет существенного значения, так как в большинстве случаев качество каналов, составляющих обе части, одинаковое. Общая протяженность, напротив, считается существенной, а ее выбор независим от «размера страны». Соответственно уровень снижения качества, которое в действительности наблюдается на реальном соединении, считается удовлетворительным, если он соответствует уровню снижения качества, предусмотренного для УЭС самой большой протяженности, при должном учете различий в построении условного и реального соединений. Для большей части реальных соединений, образованных с помощью оборудования, спроектированного по Рекомендациям МККТТ, действительное качество будет, вероятно, существенно лучше. Соединения по МККТТ, которые превосходят УЭС самой большой протяженности либо по длине, либо по сложности, могут не иметь контролируемых уровней качества; однако маловероятно, чтобы их уровни снижения качества превосходили уровни для самого протяженного УЭС более чем в два раза, и расчетный запас, обеспечиваемый отдельными видами оборудования, может вполне довести снижение качества до уровня, укладывающегося в нормы МККТТ для полного соединения.

В приведенном выше определении УЭС не приняты во внимание следующие аспекты:

— особенности применения на море,

— полуавтоматические соединения (то есть ручное-автоматическое),

— обходная маршрутизация в случае отказов.

Для облегчения исследования на соединениях меньшей протяженности в Рекомендацию были включены два других УЭС для задания типичных уровней качества, которые, вероятно, будут достигнуты на часто реализуемых международных каналах. Эти УЭС представлены на рис. 2/G.801 и 3/G.801.

LE Местная коммутационная станция
PC Первичный центр
SC Вторичный центр
TC Третичный центр
ISC Международный коммутационный центр

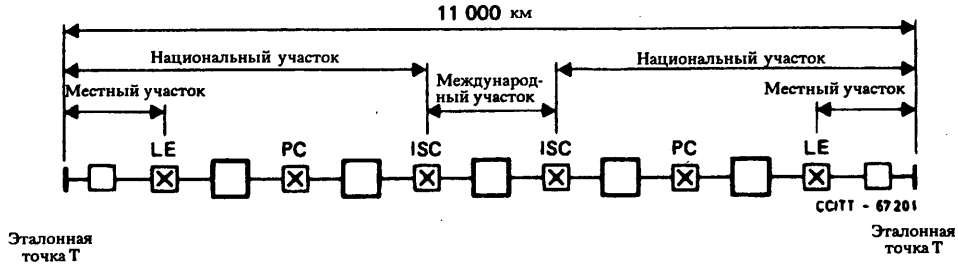
Цифровой тракт

Цифровая станция

Примечание.— Рекомендация I.411 (применима только к ЦСИС).

РИСУНОК 1/G.801

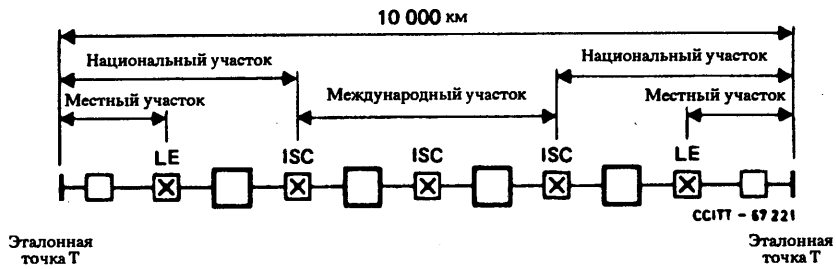
Стандартное цифровое условное эталонное соединение (наибольшая протяженность)



Примечание.— Пояснения смотри на рис. 1/G.801.

РИСУНОК 2/G.801

Стандартное цифровое условное эталонное соединение (умеренная протяженность)



Примечание.— Пояснения смотри на рис. 1/G.801.

РИСУНОК 3/G.801

Стандартное цифровое условное эталонное соединение (умеренная протяженность при расположении абонента вблизи международного коммутационного центра (МКЦ))

3 Условный эталонный цифровой тракт (УЭЦТ)

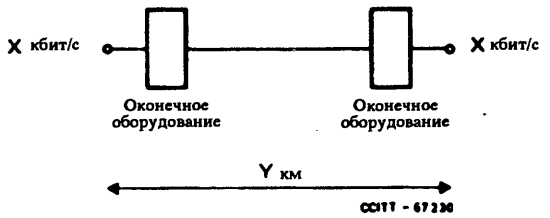
Чтобы облегчить изучение снижения качества цифровой передачи (например, ошибок по битам, дрожания и дрейфа фазы, проскальзываний, времени распространения при передаче), необходимо определить модели сети, содержащие комбинацию различных типов звеньев тракта передачи (например, систем передачи, устройств объединения каналов, устройств разъединения каналов, цифровых удлинителей, преобразователей кода). Такая модель именуется условным эталонным цифровым трактом (УЭЦТ). Конкретные значения протяженности УЭЦТ и его структура (количество, типы и порядок размещения оборудования) зависят от того, какой конкретный вид снижения качества является предметом изучения. Например, при анализе накопления фазового дрожания в сети в состав УЭЦТ надо включить как системы передачи, так и устройства объединения-разъединения каналов, чтобы учесть различные характеристики фазового дрожания, присущие этим типам оборудования. Кроме того, УЭЦТ может рассматриваться как составная часть УЭС, что позволяет распределить общие эксплуатационные нормы применительно к укороченной модели. Протяженности 2500 км считается подходящей для УЭЦТ.

Определение таких моделей является предметом дальнейшего изучения.

В Рекомендациях МККР для обозначения условного эталонного цифрового тракта иногда применяется английский термин «Hypothetical Reference Digital Path» (HRDP). Он равноценен английскому термину «Hypothetical Reference Digital Link» (см. определение 3005 в Рекомендации G.701).

4 Условный эталонный цифровой участок (УЭЦУ)

Чтобы провести нормирование характеристик систем передачи (то есть цифровых линейных и радиосистем) необходимо ввести понятие условного эталонного цифрового участка (УЭЦУ). Такая модель определена на рис. 4/G.801 для каждого уровня цифровых иерархий, определенных в Рекомендации G.702. Местами подключения на входе и выходе являются стыки, указанные в Рекомендации G.703 для иерархических скоростей. Протяженности выбирались так, чтобы они были характерны для цифровых участков реальных, находящихся в эксплуатации сетей и имели достаточно большую протяженность, чтобы позволить провести реалистичное нормирование характеристик цифровых радиосистем. Модель однородна в том смысле, что она не включает другого цифрового оборудования, такого как устройства объединения-разъединения каналов. Эта модель может быть составной частью УЭЦТ.



Примечание.— Значение «Y» зависит от применения сети. В настоящее время в качестве подходящих определены протяженности в 50 и 280 км (см. Рекомендацию G.921).

РИСУНОК 4/G.801

Условный эталонный цифровой участок

С УЭЦУ могут быть соотнесены следующие два вида требований к качеству передачи:

— сетевые эксплуатационные нормы (СЭН), которым должна удовлетворять реальная сеть;

— проектные нормы на оборудование (ПНО), которыми должен руководствоваться проектировщик систем, и которые учитывают конкретные среды и способы передачи.

Примечание 1.— Проектные нормы на оборудование, которые обычно содержатся в соответствующих рекомендациях по системам передачи и коммутации, сформулированы таким образом, чтобы обеспечить совместимость с соответствующими сетевыми эксплуатационными нормами.

Примечание 2.— Объяснение терминов «сетевая эксплуатационная норма» и «проектная норма на оборудование» дано в Рекомендации G.102.

Примечание 3.— Определение однородной модели с реальной протяженностью позволяет подготовить технические требования и провести приемо-сдаточные испытания при реальных эксплуатационных условиях.

Подобным же образом МККР и СМТТ определили модели, ориентированные на конкретные среды передачи и применения, для использования в своих исследованиях. Соответствующие модели описаны в следующих Рекомендациях:

— Рекомендация 502-2 (Проект). Условная эталонная цепь для передачи программ звукового вещания. (Наземные системы и системы, использующие стационарный спутник).

— Рекомендация 521-1. Условный эталонный цифровой тракт для систем, использующих цифровую передачу через стационарный спутник.

— Рекомендация 556. Условный эталонный цифровой тракт для радиорелейных систем телефонной связи.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.801)

Применение условных эталонных моделей при определении проектных норм на оборудование

Важной задачей использования условных эталонных моделей является облегчение распределения сетевых эксплуатационных норм по составляющим ее звеньям до того, как будут сформулированы проектные нормы на оборудование. На рис. А-1/G.801 в виде диаграммы представлен принятый в МККТТ подход к формулированию проектных норм на оборудование, позволяющий удовлетворительным образом достигнуть этой цели.

При таком подходе принимается во внимание тот факт, что может оказаться необходимым перейти от «стандартного УЭС» к более подходящему УЭС, которое лучше учитывает как использование, так и конкретный исследуемый эксплуатационный параметр сети. При использовании этого подхода упрощается формулирование правил использования определенных цифровых звеньев, таких как спутниковые линии, преобразователи кода, цифровые удлинители и т. д.

Национальным Администрациям рекомендуется разработать собственные модели сети, отражающие черты их развивающихся национальных цифровых сетей, причем так, чтобы соответствие национальной сети международным стандартам не могло вызывать никаких сомнений.

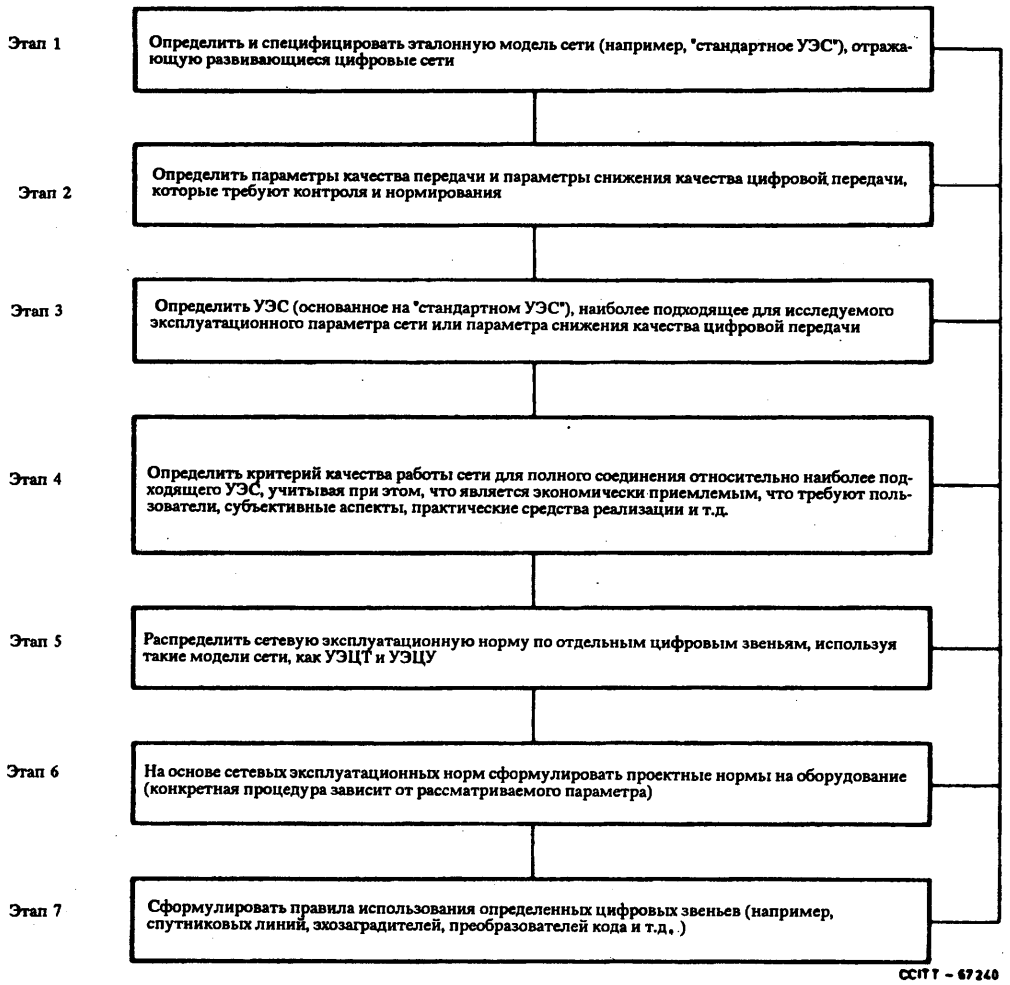


РИСУНОК A-1/G.801

Формулирование проектных норм на оборудование на основе использования моделей сети

Рекомендация G.802

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ СЕТЯМИ, ПОСТРОЕННЫМИ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ ЦИФРОВЫХ ИЕРАРХИЙ И ЗАКОНОВ КОДИРОВАНИЯ РЕЧИ

(бывшая Рекомендация G.722 тома III Желтой книги с дальнейшими изменениями)

1 Введение

Настоящая Рекомендация охватывает следующие аспекты взаимодействия между сетями передачи цифровой информации 64 кбит/с:

— закон кодирования и правило преобразования при взаимодействии между сетями, использующими различные законы кодирования, основанные на Рекомендациях G.711, G.721 и G.722;

— иерархия взаимодействия между сетями, построенными с использованием различных цифровых иерархий, основанных на Рекомендации G.702;

— правила взаимодействия между сетями, построенными с использованием различных иерархий и законов кодирования;

— взаимодействие между плезиохронными сетями, каждая из которых имеет независимую синхронизацию.

Настоящая Рекомендация применима также к цифровым сетям с интеграцией служб в части, касающейся обеспечения связи по каналам B, нормированным в Рекомендации I.412.

Примечание.— При нормировании в будущем каналов и их скоростей для обеспечения широкополосных служб ЦСИС от абонента до абонента, возможно, потребуется дополнительное нормирование правил взаимодействия, отличное от того, которое приводится ниже.

2 Термины и определения

Термины, используемые в настоящей Рекомендации, если они не определены ниже, объяснены в Рекомендациях G.701 и I.112.

2.1 операция z

Преобразование кодовой комбинации закона μ «00000000» (октет «все нули») в кодовую комбинацию закона μ «00000010», где «1» является седьмым битом в октете (см. Рекомендацию G.711).

Примечание.— Номер бита указывает на очередность по времени передачи символов при последовательной обработке.

2.2 преобразование систем группообразования 1,5/2 Мбит/с (ПСГ 1,5/2 Мбит/с)

Функция, реализующая:

1) окончание цифрового тракта, работающего со скоростью цифрового иерархического уровня 1544 кбит/с;
2) окончание цифрового тракта, работающего со скоростью цифрового иерархического уровня 2048 кбит/с;
3) новую расстановку каналов 64 кбит/с при сопряжении цифровых окончаний 1544 кбит/с и 2048 кбит/с.

Примечание.— Уровни иерархии и структуры циклов определены соответственно в Рекомендациях G.702 и G.704.

2.3 требования к плотности последовательности импульсов (ТППИ) при 1544 кбит/с

Минимальное требование, предъявляемое к цифровому сигналу 1544 кбит/с в целом, состоит в том, что между двумя последовательными битами «1» не должно быть более 15 битов «0» и что в среднем на каждые восемь битов должен приходиться по крайней мере один бит «1». Это требование вызвано построением ряда существующих систем (см. Рекомендацию G.703).

Кроме того, если по цифровому тракту 1544 кбит/с передается информация с октетной структурой, то к источнику октетов предъявляется требование, чтобы в каждом октете содержался по крайней мере один бит «1».

3 Возможность передачи по цифровому тракту 64 кбит/с без ограничений пропускной способности

Впервые вводимые в эксплуатацию цифровые системы передачи должны иметь возможность обеспечивать для цифровых трактов 64 кбит/с независимость от структуры последовательности битов. Эта возможность должна быть реализована, как только передача 64 кбит/с без ограничений пропускной способности сможет быть практически осуществлена.

Однако в течение переходного периода двусторонним соглашением может быть предусмотрена пропускная способность 56 кбит/с, независимая от структуры последовательности битов. (Важные ограничения, налагаемые на форматы данных, вырабатываемых оконечным оборудованием данных, приведены в Приложении A к настоящей Рекомендации.)

4 Преобразование между законами кодирования A и μ

4.1 *Закон кодирования для международного цифрового тракта*

По международным цифровым трактам между странами, применяющими различные законы кодирования ИКМ (закон A или закон μ), должны передаваться сигналы, кодированные в соответствии с законом A, определенным в Рекомендации G.711.

Если страны применяют один и тот же закон кодирования, то этот закон должен использоваться на цифровых трактах между ними.

4.2 *Правило преобразования*

Преобразование закон А/закон μ, необходимое для связи между странами, где приняты различные законы кодирования, должно производиться в соответствии с Рекомендацией G.711 страной, применяющей закон μ. Преобразование включает также инвертирование четных символов в кодовой комбинации закона А.

Примечание.— Выбор конкретного места в стране, применяющей закон μ, для осуществления функции преобразования является внутренним делом этой страны. Выбор зависит от структуры национальных цифровых сетей и предоставляется на усмотрение Администрации страны, где применяется закон μ.

4.3 *Управление функцией преобразования*

В коммутируемых сетях общего пользования управление включением/выключением функции преобразования должно производиться международной системой коммутации и осуществляться либо по принципу «от соединения к соединению», либо по принципу «во время соединения» в зависимости от того, какая категория обслуживания требуется по протоколу сигнализации.

Должна быть также предусмотрена возможность включения/выключения этой функции преобразования вручную и/или с терминала оператора на поканальной или полупостоянной основе. Такая возможность нужна для составления арендованных каналов, не проходящих через международную систему коммутации, или для тех случаев, когда международная система коммутации не в состоянии управлять этой функцией.

Примечание.— Порядок управления функцией преобразования при работе в рамках ЦСИС определен в Рекомендациях серий I.300 и I.500.

5 Иерархия взаимодействия

Международное взаимодействие между сетями, использующими различные цифровые иерархии, определенные в Рекомендации G.702, должно происходить на основе следующей иерархии взаимодействия:

2048 — 6312 — 44736 — 139264 кбит/с.

Однако при взаимодействии между сетями с различными цифровыми иерархиями, но с одинаковым первичным уровнем 1544 кбит/с могут применяться уровни, отличные от определенных выше уровней иерархии взаимодействия (например, 1544 кбит/с).

Примечание 1.— Национальные сети с первичным уровнем 1544 кбит/с могут предоставлять возможности для транзита международного трафика со скоростью 6312 кбит/с, составленного из трех сигналов 2048 кбит/с, или со скоростью 44736 кбит/с, содержащего двадцать один сигнал 2048 кбит/с. Эти сети обеспечивают независимость от структуры последовательности битов при 6312 и 44736 кбит/с, а, следовательно, и при 2048 кбит/с.

Примечание 2.— Структуры циклов для ступеней группообразования 2048 — 6312 кбит/с, 6312 — 44736 кбит/с и 44736 — 139264 кбит/с определены соответственно в Рекомендациях G.747, G.752 и G.755.

6 Правила взаимодействия

В соответствии с общими требованиями, приведенными в предыдущих разделах, установление международного цифрового соединения между сетями, использующими различные цифровые иерархии и различные законы кодирования речи, должно соответствовать правилам взаимодействия, указанным в таблице 1/G.802.

7 Передача сигнала 1544 кбит/с в составе определенного в Рекомендации G.704 цикла сигнала 2048 кбит/с

При аренде международных трактов допускается возможность передачи сигналов 1544 кбит/с посредством их специального размещения в составе сигналов 2048 кбит/с (при прямой связи). В Приложении В к настоящей Рекомендации определен способ такого размещения.

Примечание.— Не исключается возможность разработки специальных способов размещения сигналов 8448 или 34368 кбит/с в составе сигналов 44736 кбит/с.

8 Синхронизация международного цифрового тракта

8.1 *Тракты, не синхронизированные с национальными сетями*

В тех случаях, когда национальные сети с независимой синхронизацией соединяются между собой международным цифровым трактом, хронирование которого независимо от национальных сетей, этот тракт должен работать плезиохронно с точностью, определенной в Рекомендации G.811.

8.2 *Тракты, синхронизированные с сетью в стране, откуда исходит передача*

В тех случаях, когда национальные сети с независимой синхронизацией соединяются между собой международным цифровым трактом, хронирование которого синхронизировано с национальной сетью в стране, откуда исходит передача, плезиохронная работа должна осуществляться в стране приема.

ТАБЛИЦА 1/G.802

Правила взаимодействия

Тип информации	Речь или данные, передаваемые на тональных частотах						Неречевая информация		Информация сигнализации (примечание 1)	
Закон кодирования в ЭТВ (примечание 2) / Функция	ИКМ G.711		АДИКМ G.721		АДИКМ-РП G.722		------		------	
Сеть (примечание 3)	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
ПСГ 1,5/2 Мбит/с	–	X	–	X	–	X	–	X	–	X
Преобразование A/μ и μ/A	–	X	–	–	–	–	–	–	–	–
Операция Z	–	X (примечание 4)	–	X (примечания 4 и 5)	–	X (примечания 4 и 6)	–	X (примечание 4)	–	–
Преобразование кода	–	–	X	X	–	–	–	–	–	–

— Запрещено

X Может быть применено

Примечание 1.— Информация сигнализации передается по каналам, соединяющим международные коммутационные центры (МКЦ), без ограничений.

Примечание 2.— ЭТВ=Эталонная точка взаимодействия между сетью А и сетью В.

Примечание 3.— «А» — это сеть в стране, применяющей закон кодирования А и цифровую иерархию на основе 2048 кбит/с. «В» — это сеть в стране, применяющей закон кодирования μ и цифровую иерархию на основе 1544 кбит/с.

Примечание 4.— Операция Z в стране с законом μ должна применяться, если тракт в этой стране содержит системы передачи, которые должны соответствовать требованиям к плотности последовательности импульсов (ТППИ); в этом случае из-за ТППИ нельзя обеспечить возможность передачи без ограничений 64 кбит/с, и возможность независимой от структуры последовательности битов передачи ограничена 56 кбит/с.

Примечание 5.— Цифровые сигналы 32 кбит/с, которые представляют собой сигналы речи или тональные сигналы передачи данных, кодированные по алгоритму АДИКМ, определенному в Рекомендации G.721, не содержат кодового слова «0000» (см. Рекомендацию G.721). Это означает, что даже если в стране, применяющей закон μ, необходимо соблюдать ТППИ, эти сигналы не затрагиваются операцией Z, и при их передаче соблюдается прозрачность.

Примечание 6.— Сигналы 64 кбит/с, являющиеся переносчиком тональных сигналов с полосой от 50 до 7000 Гц, кодированных со скоростями 64, 56 и 48 кбит/с в соответствии с алгоритмом кодирования, определенным в Рекомендации G.722, не содержат октета «все нули» (см. Рекомендацию G.722). Это означает, что даже если в стране, применяющей закон μ, необходимо соблюдать ТППИ, эти сигналы не затрагиваются операцией Z, и при их передаче соблюдается прозрачность.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.802)

Особенности оконечного оборудования, предназначенного обеспечивать пропускную способность 56 кбит/с, независимую от структуры последовательности битов

В течение переходного периода по соглашению сторон может быть предусмотрена пропускная способность передачи 56 кбит/с, независимая от структуры последовательности битов. В этом случае для обеспечения пропускной способности передачи 56 кбит/с, независимой от структуры последовательности битов, необходимо, чтобы оконечное оборудование данных (ООД) выдавало каждый восьмой символ октета непременно в виде двоичной «1». Это должно быть сделано на обоих концах цифрового соединения, даже если на одной части этого соединения обеспечивается передача 64 кбит/с без ограничений пропускной способности. Если восьмой бит не будет выдан в виде двоичной «1», то в результате операции Z в стране, применяющей закон μ, любой октет «все нули» будет преобразован в «00000010».

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(к Рекомендации G.802)

Способ размещения сигнала 1544 кбит/с в составе определенного Рекомендацией G.704 цикла сигнала 2048 кбит/с

Ниже изложен способ размещения сигнала 1544 кбит/с, который может иметь или не иметь цикловую структуру, в составе определенного Рекомендацией G.704 цикла 2048 кбит/с с целью обеспечения аренды трактов 1544 кбит/с. Передача сигнала 1544 кбит/с является прозрачной, независимо от его расположения в цикле сигнала 2048 кбит/с.

193 бита произвольно выбранного участка сигнала 1544 кбит/с с продолжительностью 125 μс должны размещаться в составе определенного Рекомендацией G.704 цикла сигнала 2048 кбит/с следующим образом:

ВИ 0:	Сигнал цикловой синхронизации в соответствии с Рекомендацией G.704
ВИ 1 — 15 ВИ 17 — 25 Бит 1 в ВИ 26	193 следующих друг за другом бита сигнала 1544 кбит/с
ВИ 16, 27 — 31:	Резерв для возможного размещения дополнительной информации со скоростью до 384 кбит/с (примечание 2)

Примечание 1.— В случаях, когда передаче подлежит только сигнал 1544 кбит/с, хронирование передаваемого сигнала 1544 кбит/с (или 2048 кбит/с) должно производиться с помощью выделения частоты хронирования из принимаемого сигнала 2048 кбит/с (или 1544 кбит/с) (для каждого направления передачи).

Примечание 2.— В некоторых случаях, например, когда информация передается по резервным временным интервалам, система хронирования передаваемого сигнала должна иметь в качестве исходного источника национальный эталонный задающий генератор, соответствующий Рекомендации G.811. При этом потребуются буферные накопители, обеспечивающие проскальзывание цикла 125 μс.

Примечание 3.— Максимальная пропускная способность, предоставляемая оконечным пользователям для прозрачной передачи их информации, составляет 1536 кбит/с, а не 1544 кбит/с. В зависимости от национальных правил, операторы некоторых сетей могут предложить использовать часть содержащегося в сигнале 1544 кбит/с избытка в 8 кбит/с для целей контроля качества работы и соответствующей сигнализации.

8.1 Проектные нормы для цифровых сетей

Рекомендация G.810

СООБРАЖЕНИЯ ПО ВОПРОСАМ ХРОНИРОВАНИЯ И СИНХРОНИЗАЦИИ

(Мельбурн, 1988 г.)

1 Общие положения

Настоящая Рекомендация предоставляет информацию и дает общие указания относительно различных Рекомендаций по хронированию и синхронизации, а также знакомит с фундаментальными смежными вопросами.

2 Определения

первичный эталонный задающий генератор

Эталонный задающий генератор, который вырабатывает хронирующий сигнал с долговременным отклонением частоты не более, чем $1 \cdot 10^{-11}$, проверяемый по Всемирному координированному времени (UTC). Требования к первичным эталонным задающим генераторам приводятся в Рекомендации G.811.

Примечание 1.— Первичный эталонный задающий генератор может генерировать хронирующий сигнал, полностью автономный относительно других эталонных сигналов, или, напротив, первичный эталонный задающий генератор может не быть полностью автономным. В последнем случае он может непосредственно управляться от стандартных источников частоты и времени, устанавливаемых по UTC.

Примечание 2.— Первичный эталонный задающий генератор иногда именуется задающим генератором первого уровня (то есть задающим генератором высшего качества в сети).

узел синхронной сети

Географический пункт, где размещены один или более соединенных между собой комплектов синхронного цифрового оборудования.

транзитный узел

Узел синхронной сети, который соединен с другими узлами, но не имеет прямых соединений с абонентским оборудованием.

местный узел

Узел синхронной сети, который имеет прямые соединения с абонентским оборудованием.

ведомый задающий генератор

Задающий генератор, хронирующий выход которого синхронизируется по фазе хронирующим сигналом, получаемым от задающего генератора более высокого качества. Требования к ведомым задающим генераторам приводятся в Рекомендации G.812.

Примечание.— Ведомый задающий генератор высшего качества иногда именуется задающим генератором транзитного узла или задающим генератором второго уровня. Ведомый задающий генератор, который по качеству стоит на втором месте, иногда именуется задающим генератором местного узла или задающим генератором третьего уровня.

фазовое дрожание

Кратковременные изменения значащих моментов цифрового сигнала относительно их эталонных положений во времени.

фазовое дрожание хронирующих импульсов

Кратковременные изменения значащих моментов цифрового сигнала относительно их идеальных положений во времени (кратковременными считаются изменения, происходящие с частотой 10 Гц или более 10 Гц).

Фазовое дрожание стробирования

Кратковременные изменения расстояний между оптимальными моментами стробирования цифрового сигнала и извлекаемыми из него стробирующими импульсами.

дрейф фазы

Долговременные изменения значащих моментов цифрового сигнала относительно их идеальных положений во времени (долговременными считаются изменения, происходящие с частотой менее 10 Гц).

Примечание.— В рамках настоящей Рекомендации и последующих связанных с ней Рекомендаций это определение дрейфа фазы не включает изменения, вызванные отклонением частоты.

отклонение частоты

Долговременный сдвиг частоты хронирующего сигнала относительно идеальной частоты.

проскальзывание

Повторение или исключение группы символов в синхронной или плезиохронной последовательности двоичных символов в результате различия между скоростями считывания и записи в буферной памяти.

3 Описание компонентов изменений фазы

Изменение фазы обычно разделяют на три компонента: фазовое дрожание, дрейф фазы и изменение, вызванное отклонением частоты. Кроме того, источниками изменения фазы могут быть также нарушения непрерывности фазы, вызванные помехами от переходных процессов, таких как изменение маршрутизации в сети, автоматическое защитное переключение и т. д.

4 Снижение качества, вызываемое изменениями фазы

4.1 *Виды снижения качества*

4.1.1 *Ошибки*

Ошибки могут возникать в точках регенерации сигналов в результате смещения хронирующих сигналов относительно их оптимальных положений во времени.

4.1.2 *Снижение качества аналоговой информации, передаваемой с помощью цифрового кодирования*

Снижение качества аналоговой информации, передаваемой с помощью цифрового кодирования, может произойти в результате изменений фазы отсчетов, восстановленных цифроаналоговыми преобразователями, находящимися в конце соединительного пути. Это может оказать существенное воздействие на видеосигналы, передаваемые с помощью цифрового кодирования.

4.1.3 *Проскальзывания*

Проскальзывания возникают, когда буферная память (и/или другие устройства) не в состоянии обеспечить работу при различии фаз и/или частот входных и выходных сигналов в случаях, когда хронирование выходного сигнала не осуществляется посредством выделения хронирующих импульсов из входного сигнала. Проскальзывания могут быть управляемыми или неуправляемыми в зависимости от принятой системы управления проскальзываниями.

4.2 *Защита от снижения качества*

4.2.1 *Ошибки*

Нормы на фазовое дрожание как сети, так и оборудования вводятся с тем, чтобы фазовое дрожание не оказало воздействия на характеристики ошибок сети.

4.2.2 *Снижение качества аналоговых сигналов, передаваемых с помощью цифрового кодирования*

Нормы на фазовое дрожание призваны предоставить разработчикам оборудования необходимую информацию, чтобы они могли учесть при разработке оборудования ожидаемые уровни изменений фазы и не допустить неприемлемого снижения качества.

4.2.3 *Проскальзывания*

Проскальзывания могут возникать при асинхронном группообразовании и в различном синхронном оборудовании. При заданных нормированных уровнях изменений фазы число случаев проскальзывания в асинхронных мультиплексорах/демультиплексорах может быть сведено к минимуму надлежащим выбором параметров выравнивания фазы и буферной емкости мультиплексора/демультиплексора. В синхронном оборудовании число случаев проскальзывания может быть сведено к минимуму надлежащим выбором буферной емкости, равно как и жесткими требованиями к работе задающих генераторов.

Следует отметить, что невозможно исключить проскальзывания, если частоты входных и выходных хронирующих сигналов отличаются друг от друга. Эксплуатационные нормы на управляемые проскальзывания для международного соединения приведены в Рекомендации G.822.

Для сведения к минимуму проскальзываний могут быть использованы различные виды выравнивающего оборудования. В цифровых окончаниях целесообразно использовать следующие два вида выравнивающего оборудования:

— выравниватель циклов;

— выравниватель временны́х интервалов.

4.2.3.1 Если используется выравниватель циклов, то проскальзывание состоит в добавлении или исключении следующих друг за другом символов, составляющих цикл. В случае цикловых структур, определенных в Рекомендации G.704, проскальзывание может состоять из одного полного цикла. Важно, чтобы максимальная и средняя задержки, вносимые выравнивателем циклов, были как можно меньше, чтобы свести к минимуму запаздывание. Важно также, чтобы выравниватель циклов, после того как он произвел проскальзывание, был в состоянии вплоть до появления необходимости в следующем проскальзывании обеспечивать работу при дальнейших существенных изменениях во времени поступления сигналов цикловой синхронизации.

4.2.3.2 Если используется выравниватель временных интервалов, то проскальзывание состоит в добавлении или исключении восьми следующих друг за другом символов канального временного интервала в одном или нескольких каналах 64 кбит/с. Так как проскальзывания в различных каналах могут происходить в различное время, в коммутационном оборудовании потребуется принимать специальные меры для сохранения целостности последовательности октетов, которая необходима для служб, использующих несколько временных интервалов.

5 Цель нормирования изменений фазы

5.1 *Фазовое дрожание*

Требования к фазовому дрожанию, приведенные в Рекомендациях G.823 и G.824, подразделяются на две основные категории:

— норма на максимальное допустимое фазовое дрожание на выходах иерархических устройств стыка;

— норма на синусоидальное фазовое дрожание при испытаниях в напряженных условиях, призванная гарантировать, что входы смогут обеспечить работу при ожидаемых уровнях фазового дрожания в сети.

Дополнительные требования к фазовому дрожанию для отдельных видов оборудования можно найти в соответствующих Рекомендациях по оборудованию.

5.2 *Дрейф фазы и долговременное отклонение частоты*

Соответствующие требования к дрейфу фазы подразделяются на следующие категории:

i) максимальный допустимый дрейф фазы на выходах узлов синхронной сети;

ii) испытания в напряженных условиях, призванные гарантировать, что входы синхронного оборудования смогут обеспечить работу при ожидаемых уровнях дрейфа фазы в сети;

iii) нормы на дрейф фазы для первичных эталонных и ведомых задающих генераторов могут включать:

a) собственный выходной дрейф фазы при идеальных условиях;

b) собственный выходной дрейф фазы при автономной работе;

c) выходной дрейф фазы при испытаниях в напряженных условиях;

d) характеристика передачи дрейфа фазы.

Цель этих Рекомендаций состоит в том, чтобы установить предельные нормы не только для допустимого накопления дрейфа фазы в трактах передачи, но также и для накопления дрейфа фазы в трактах распределения синхронизации, образуемых при каскадном включении задающих генераторов.

6 Синхронизация сетей

6.1 *Режимы синхронизации*

Как правило, международные сети работают друг с другом в плезиохронном режиме.

Существуют следующие типы национальных сетей:

— полностью синхронизированные сети, управляемые одним или несколькими первичными эталонными задающими генераторами;

— полностью плезиохронные сети;

— смешанные сети, в которых синхронизируемые подсети управляются одним или несколькими первичными эталонными задающими генераторами, работающими плезиохронно по отношению друг к другу.

6.2 *Способы синхронизации сетей*

Существует два основных способа синхронизации задающих генераторов узлов:

— принудительная синхронизация;

— взаимная синхронизация.

При принудительной синхронизации имеется один первичный эталонный задающий генератор, который синхронизирует по фазе все остальные задающие генераторы. Синхронизация производится передачей хронирующего сигнала от одного задающего генератора к следующему. Могут быть образованы иерархии задающих генераторов, в которых некоторые задающие генераторы являются ведомыми по отношению к генераторам более высоких порядков и, в свою очередь, играют роль головных задающих генераторов для задающих генераторов более низкого порядка.

При системе взаимной синхронизации все задающие генераторы связаны друг с другом; иерархическая структура или единственный первичный эталонный задающий генератор в основу не положены.

В некоторых существующих системах синхронизации одновременно применены методы как принудительной, так и взаимной синхронизации.

Рекомендация G.811

ТРЕБОВАНИЯ К ХРОНИРОВАНИЮ НА ВЫХОДАХ ПЕРВИЧНЫХ ЭТАЛОННЫХ ЗАДАЮЩИХ ГЕНЕРАТОРОВ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЛЕЗИОХРОННОЙ РАБОТЫ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЦИФРОВЫХ ТРАКТОВ

(Мельбурн, 1988 г.)

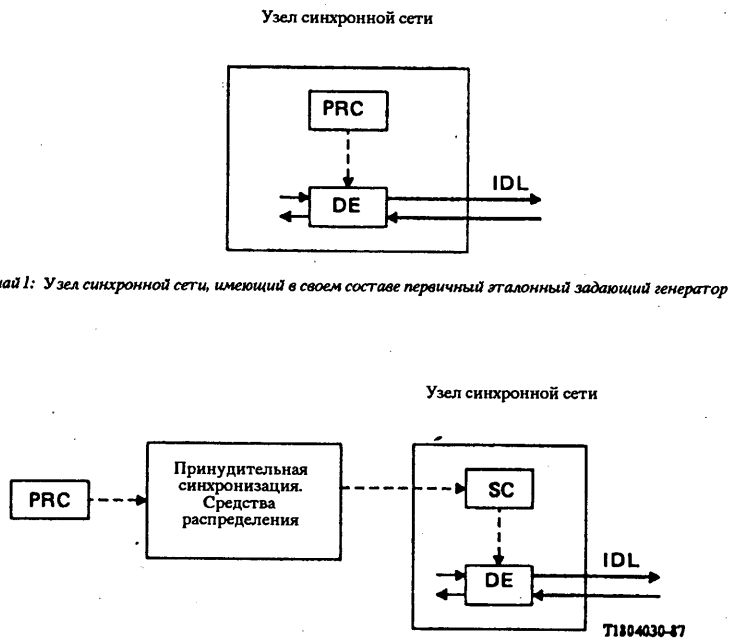
1 Общие положения

1.1 *Международные соединения и соображения по синхронизации сетей*

Национальные цифровые сети, которые могут иметь в своем составе разнообразные устройства синхронизации, как правило, соединяются между собой международными трактами, работающими плезиохронно. Международные коммутационные центры (МКЦ) соединяются между собой либо непосредственно, либо через один или несколько промежуточных МКЦ, как это обозначено в условном эталонном соединении (УЭС), представленном на рис. 1/G.801.

Международные соединения оканчиваются на синхронных узлах сети, которые могут быть, а могут и не быть территориально совмещены с первичным эталонным задающим генератором. Эти узлы сети могут быть оборудованы ведомыми задающими генераторами. Поэтому нормы на работу задающих генераторов узлов синхронной сети очень важны для обеспечения удовлетворительной работы плезиохронных международных цифровых трактов.

Рис. 1/G.811 иллюстрирует две альтернативные возможности обеспечения международных соединений, описанных выше.



a) Случай 1: Узел синхронной сети, имеющий в своем составе первичный эталонный задающий генератор

b) Случай 2: Узел синхронной сети, в состав которого входит ведомый задающий генератор

PRC — первичный эталонный задающий генератор
SC — ведомый задающий генератор
DE — цифровое оборудование (цифровые станции или цифровые мультиплексоры/демультиплексоры
IDL — международный цифровой тракт

Примечание.— Другие случаи подлежат дальнейшему изучению.

РИСУНОК 1/G.811

Международные соединения, оканчивающиеся на узлах синхронной сети

1.2 *Назначение настоящей Рекомендации*

Назначение настоящей Рекомендации состоит в том, чтобы определить требования к первичным эталонным задающим генераторам, способствовать пониманию связанных с ними требований по хронированию плезиохронной работы международных цифровых трактов и внести ясность в соотношение между требованиями к узлам синхронных сетей, к входящим в их состав эталонным задающим генераторам и к использованию спутниковых систем.

Администрации по своему усмотрению могут применять эту Рекомендацию к первичным эталонным задающим генераторам, не относящимся к числу используемых для международной связи.

1.3 *Взаимодействие между плезиохронным и синхронным режимами работы на международных соединениях*

Важно, чтобы Рекомендации по плезиохронному режиму работы не исключали возможности введения в дальнейшем международной синхронизации.

Когда в международной сети одновременно существуют плезиохронный и синхронный режимы работы, от узлов требуется, чтобы они обеспечивали оба режима работы. Поэтому важно, чтобы управляющие синхронизирующие воздействия не вызывали кратковременных отклонений частоты задающих генераторов, неприемлемых для плезиохронного режима работы. Величины кратковременных отклонений частоты должны соответствовать нормам, приведенным в § 2.2.

1.4 *Максимальная ошибка временного интервала и ее зависимость от отклонения частоты*

Максимальная ошибка временного интервала (МОВИ) представляет собой максимальный размах изменения времени запаздывания данного хронирующего сигнала, определяемый между двумя пиковыми отклонениями, относительно идеального хронирующего сигнала в течение определенного периода времени (рис. 2/G.811), то есть МОВИ (S) = max $x(t)$ — min $x(t)$ для всех t в пределах S.

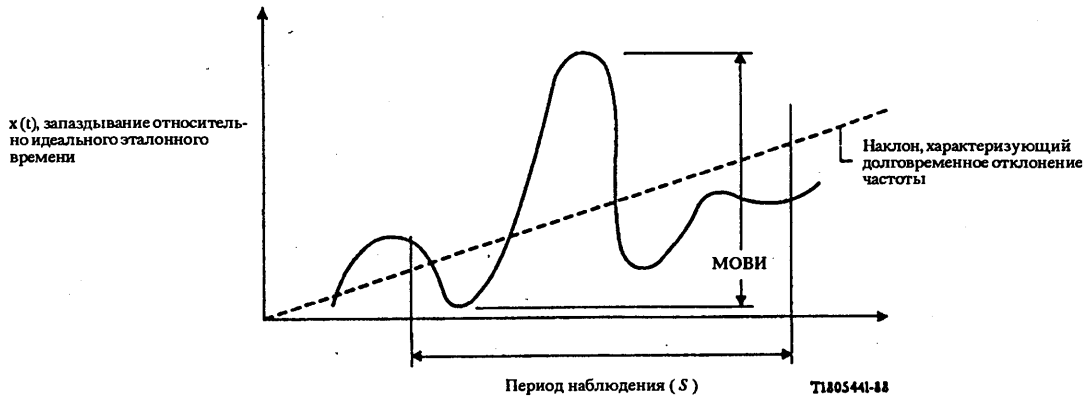


РИСУНОК 2/G.811

Определение максимальной ошибки временнóго интервала

Долговременное отклонение частоты ($\Delta f/f$) определяется как отношение МОВИ к периоду наблюдения S при возрастающем S.

Примечание.— Точное определение и измерение долговременного отклонения частоты задающих генераторов являются предметом дальнейшего изучения.

2 Долговременное отклонение частоты и стабильность фазы первичных эталонных задающих генераторов

Первичный эталонный задающий генератор управляет синхронизацией всей сети. Необходимо нормировать долговременное отклонение частоты и стабильность фазы первичного эталонного задающего генератора и дать руководство по вопросам, связанным с ухудшением качества работы и отказами оборудования. Определение первичного эталонного задающего генератора дано в Рекомендации G.810.

2.1 *Долговременное отклонение частоты*

Первичный эталонный задающий генератор должен быть рассчитан на долговременное отклонение частоты, не превышающее 1×10^{-11}, что примерно на два порядка больше, чем неточность Всемирного координированного времени (UTC). Поэтому Всемирное координированное время должно являться эталоном при определении долговременного отклонения частоты (см. Отчет МККР 898).

Следовательно, теоретическая долговременная средняя частота возникновения управляемых проскальзываний циклов или октетов (то есть расчетная частота проскальзываний при идеальных условиях, когда отсутствуют мешающие воздействия) в любом канале 64 кбит/с не выше, чем одно проскальзывание в 70 суток на один цифровой тракт (см. Рекомендацию G.822).

Примечание 1.— Некоторые Администрации, опираясь на современные достижения техники первичных эталонных задающих генераторов, предлагают, чтобы долговременное отклонение частоты первичного эталонного задающего генератора не превышало 7×10^{-12}.

Примечание 2.— Для соблюдения приведенной выше нормы в первичных эталонных задающих генераторах применима цезиево-лучевая техника.

2.2 *Стабильность фазы*

Стабильность фазы задающего генератора может быть выражена через изменения фазы, в которых можно выделить несколько компонентов:

— нарушения непрерывности фазы, вызванные помехами от переходных процессов;

— долговременные изменения фазы (дрейф фазы и изменения, вызванные отклонением частоты);

— кратковременные изменения фазы (фазовое дрожание).

Модель для описания фазовой стабильности первичных эталонных задающих генераторов представлена в приложении к настоящей Рекомендации.

2.2.1 *Нарушение непрерывности фазы*

Первичные эталонные задающие генераторы должны быть высоконадежными и по всей вероятности должны включать в свой состав дублирующее оборудование с целью обеспечения непрерывности выходного напряжения. Однако любое нарушение непрерывности фазы, вызванное внутренними операциями, проводимыми в задающем генераторе, должно приводить лишь к удлинению или укорочению тактового интервала, а скачок фазы при этом не должен превышать 1/8 единичного интервала на выходе задающего генератора. (Это относится к выходным сигналам 1544 кбит/с или 2048 кГц (см. § 4). Определение других стыков является предметом изучения.)

2.2.2 *Долговременные изменения фазы*

Максимальное допустимое долговременное изменение фазы на выходе первичного эталонного задающего генератора (как синусоидального, так и импульсного) выражается в МОВИ.

МОВИ в течение периода в S секунд не должна превышать следующих пределов:

a) 100S нс в интервале $0{,}05 < S \leqslant 5$

b) $(5S + 500)$ нс в интервале $5 < S \leqslant 500$

c) $(0{,}01S + X)$ нс при значениях $S > 500$.

Асимптота, обозначенная 10^{-11}, относится к долговременному отклонению частоты, определенному в § 2.1.

Значение X является предметом изучения. Временно рекомендовано принять X = 3000 нс. Некоторые Администрации рекомендуют принять значение, равное 1000 нс.

Примечание 1. — При измерениях долговременных изменений фазы рекомендуется применять фильтр нижних частот с полосой 10 Гц.

Примечание 2.— Рекомендация по МОВИ требует дальнейшего изучения.

Примечание 3.— Общие нормы приведены на рис. 3/G.811.

2.2.3 *Кратковременные изменения фазы*

У существующих в настоящее время задающих генераторов возможны определенные высокочастотные составляющие нестабильности фазы. Нормирование максимального допустимого кратковременного изменения фазы первичного эталонного задающего генератора, вызванного фазовым дрожанием, является предметом изучения.

3 Ухудшение качества работы первичного эталонного задающего генератора

Для достижения требуемой высокой надежности первичного эталонного задающего генератора требуется ввести избыточность, то есть включить в его состав несколько цезиево-лучевых генераторов, используя при этом в каждый данный момент выход лишь одного из них. Если частота задающего генератора существенно отличается от номинального значения, это должно быть обнаружено, а затем должно быть произведено переключение на исправный генератор. Это переключение следует производить до того, как будет превышена норма на МОВИ.

При современном состоянии техники качество работы первичного эталонного задающего генератора обычно с большим запасом укладывается в нормы, указанные на рис. 3/G.811

4 Стыки

Для выхода хронирующего сигнала следует предпочесть стык, соответствующий Рекомендации G.703, § 10, то есть стык на 2048 кГц. По соглашению между эксплуатационниками и изготовителями оборудования хронирующий сигнал может выдаваться также через различные другие физические стыки (например, сигнал первичной скорости 1544 кбит/с, 1 МГц, 5 МГц или 10 МГц).

5 Использование спутниковых систем в международной плезиохронной цифровой сети

Рекомендовано, чтобы тракт работал в плезиохронном режиме, используя источник высокой точности (1×10^{-11}) для хронирования спутниковой системы многостанционного доступа с временным разделением. Международные спутниковые тракты оканчиваются на узлах сети, хронирование которых происходит в соответствии с Рекомендациями G.823 и G.824.

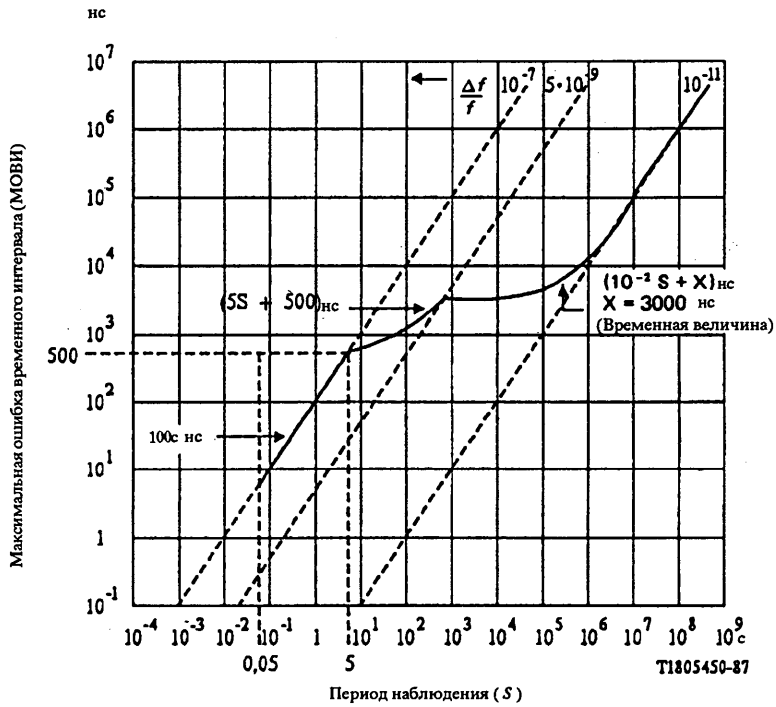


РИСУНОК 3/G.811

Зависимость максимально допустимой ошибки временного интервала (МОВИ), вызванной долговременным изменением фазы, от периода наблюдения S для первичного эталонного задающего генератора

6 Руководство по измерению дрожания и дрейфа фазы

Проверка дрожания и дрейфа фазы на соответствие нормам требует стандартной методики измерений для того, чтобы исключить неоднозначность при измерениях и при интерпретации и сравнении результатов измерений. Руководство по измерению дрожания и дрейфа фазы содержится в Дополнении № 3.8 (серия О) и в Дополнении № 35, которое расположено в конце данного выпуска.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.811)

Характеристика стабильности фазы первичного эталонного задающего генератора

Для характеристики первичных эталонных задающих генераторов можно воспользоваться следующей моделью для описания стабильности фазы. Пусть $x(t)$ представляет собой ошибку временного интервала задающего генератора, синхронизированного при $t = 0$ и после этого работающего автономно, независимо от Всемирного координированного времени. $x(t)$ может быть определен в виде

$$x(t) = y_0 t + \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + e(t);$$

где:

D — приведенный линейный уход частоты в единицу времени (старение);

y_0 — начальное отклонение частоты относительно Всемирного координированного времени;

$e(t)$ — случайный компонент ошибки.

Может быть произведена оценка стандартного отклонения $x(t)$, которое может быть использовано для характеристики нестабильности фазы.

$$\sigma_x(t) = \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + t\sqrt{\sigma_{y_0}^2 + \sigma_y^2(\tau = t)},$$

где:

σ^2_y — двухотсчетная дисперсия исходного отклонения частоты,

$\sigma^2_y(\tau)$ — двухотсчетная дисперсия Аллана, описывающая случайную нестабильность частоты задающего генератора.

Рекомендация G.812

ТРЕБОВАНИЯ К ХРОНИРОВАНИЮ НА ВЫХОДАХ ВЕДОМЫХ ЗАДАЮЩИХ ГЕНЕРАТОРОВ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЛЕЗИОХРОННОЙ РАБОТЫ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЦИФРОВЫХ ТРАКТОВ

(Мельбурн, 1988 г.)

1 Общие положения

1.1 *Назначение настоящей Рекомендации*

Назначение настоящей Рекомендации состоит в том, чтобы определить требования к ведомым задающим генераторам и способствовать пониманию связанных с ними требований по хронированию плезиохронной работы международных цифровых трактов.

Примечание.— По усмотрению Администраций настоящая Рекомендация может быть применена и к другим ведомым задающим генераторам, не относящимся к числу используемых для международной связи. Дополнение № 35 освещает вопрос о подходящем способе измерительного контроля задающего генератора на соответствие настоящей Рекомендации.

1.2 *Максимальная относительная ошибка временнóго интервала*

Для нормирования работы ведомых задающих генераторов целесообразно применить понятие максимальной относительной ошибки временного интервала (МООВИ). МООВИ аналогична МОВИ, определенной в Рекомендации G.811, с той разницей, что сравнение производится с практическим генератором высокой точности, а не со Всемирным координированным временем.

2 Стабильность фазы ведомых задающих генераторов

Стабильность фазы ведомого задающего генератора выражается через изменения фазы, в которых можно выделить несколько компонентов:

— нарушения непрерывности фазы, вызванные помехами от переходных процессов;

— долговременные изменения фазы (дрейф фазы и изменения, вызванные отклонением частоты);

— кратковременные изменения фазы (фазовое дрожание).

Модель для описания фазовой стабильности ведомых задающих генераторов представлена в Приложении А к настоящей Рекомендации.

2.1 *Нарушение непрерывности фазы*

В тех редких случаях, когда в ведомом задающем генераторе проводятся внутренние операции по испытаниям или по переоборудованию, должны выполняться следующие условия:

— изменение фазы в течение периода времени до 2^{11} ЕИ не должно превышать 1/8 от ЕИ;

— для периодов, превышающих 2^{11} ЕИ, изменение фазы на каждом участке 2^{11} ЕИ не должно превышать 1/8 ЕИ вплоть до достижения общей величины в 1 μс.

При этом ЕИ соответствует обратной величине скорости на стыке.

2.2 *Долговременные изменения фазы*

Требования к стабильности фазы ведомых задающих генераторов должны быть определены с учетом поведения задающего генератора в реальных условиях сети связи. Такие источники ухудшения качества, как фазовое дрожание, пакеты ошибок и аварийные простои, присущи средствам распределения сигналов хронирования. Приведенные ниже требования задаются, исходя из модели стабильности фазы ведомого задающего генератора, описанной в Приложении к данной Рекомендации. Эта модель характеризует фактические показатели работы задающего генератора, отражая при этом напряженные условия реальных сетей, при которых задающие генераторы должны работать с приемлемым качеством. Существуют три категории работы задающих генераторов, каждая из которых требует нормирования:

i) работа в идеальных условиях,

ii) работа в напряженных условиях,

iii) автономная работа.

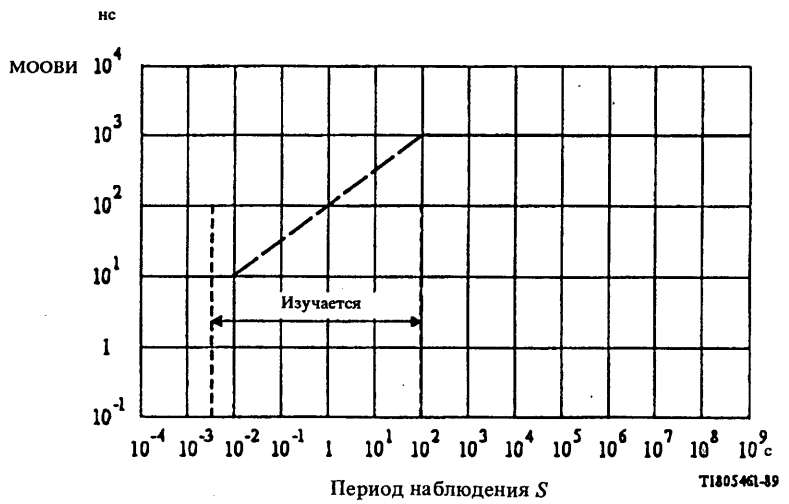
2.2.1 *Работа в идеальных условиях*

Эта категория отражает показатели работы задающего генератора в условиях, когда входной хронирующий эталонный сигнал (сигналы) не претерпевает (не претерпевают) каких-либо ухудшений качества.

МООВИ на выходе ведомого задающего генератора не должна в течение периода в S секунд превышать следующих временно установленных пределов:

1) $0{,}05 < S < 100$: для этого диапазона значений S требуется дополнительное изучение;
2) 1000 нс для $S \geqslant 100$.

Результирующая общая нормирующая характеристика представлена на рис. 1/G.812.



Примечание.— При измерениях долговременных изменений рекомендуется применять фильтр нижних частот с частотой среза 10 Гц и крутизной ската характеристики 20дБ/декаду.

РИСУНОК 1/G.812

Зависимость максимально допустимой относительной ошибки временного интервала (МООВИ), вызванной долговременными изменениями фазы, от периода наблюдения S для ведомого задающего генератора, работающего при идеальных условиях

2.2.2 *Работа в напряженных условиях*

Эта категория отражает фактические показатели работы задающего генератора, учитывающие воздействия реальных (напряженных) условий работы. Напряженные условия работы включают влияние фазового дрожания, защитного переключения и пакетов ошибок. В результате таких напряженных условий возникает ухудшение качества хронирования, рассматриваемое в Приложении к данной Рекомендации.

Требования, относящиеся к напряженным условиям работы, являются предметом изучения.

2.2.3 *Автономная работа*

Эта категория отражает показатели работы задающего генератора в тех редких случаях, когда ведомый задающий генератор перестает на значительный период времени получать эталонный сигнал.

МООВИ (см. § 1.2 и Рекомендацию G.811) на выходе ведомого задающего генератора в течение периода в S секунд не должна превышать следующих временно установленных пределов.

$$\text{При } S \geqslant 100 \text{ МООВИ}(S) = (aS + 1/2\ bS^2 + c) \text{ нс},$$

где для параметров a, b, c в таблице 1/G.812 предлагаются следующие временные значения (примечание 5):

ТАБЛИЦА 1/G.812

	Задающий генератор транзитного узла[a] (задающий генератор второго уровня)	Задающий генератор местного узла[a] (задающий генератор третьего уровня)
a	0,5 (примечание 1)	10,0 (примечание 3)
в	$1{,}16 \times 10^{-5}$ (примечание 2)	$2{,}3 \times 10^{-4}$ (примечание 4)
c	1000 (примечание 6)	1000 (примечание 6)

[a] Определения см. в Рекомендации G.810.

Примечание 1.— Соответствует начальному сдвигу частоты 5×10^{-10}.

Примечание 2.— Соответствует уходу частоты 1×10^{-9} в сутки.

Примечание 3.— Соответствует начальному сдвигу частоты 1×10^{-8}.

Примечание 4.— Соответствует уходу частоты 2×10^{-8} в сутки.

Примечание 5.— Влияние температуры: влияние изменений температуры окружающей среды на показатели работы ведомого задающего генератора в автономном режиме работы требует дальнейшего изучения.

Примечание 6.— Учитывает МООВИ, которые могли иметь место в начале автономной работы, а также влияние внутренней конфигурации и т. д. в задающем генераторе (и в распределителе хронирования, если он применяется). В любом случае необходимо, чтобы переход от «идеальной» к «автономной» работе был плавным.

Результирующие общие нормирующие характеристики представлены на рис. 2/G.812.

2.3 *Кратковременные изменения фазы*

При некоторых видах аппаратурного построения задающих генераторов возможны высокочастотные компоненты нестабильности фазы. Максимальное допустимое кратковременное изменение фазы ведомого задающего генератора, вызванное фазовым дрожанием, является предметом изучения.

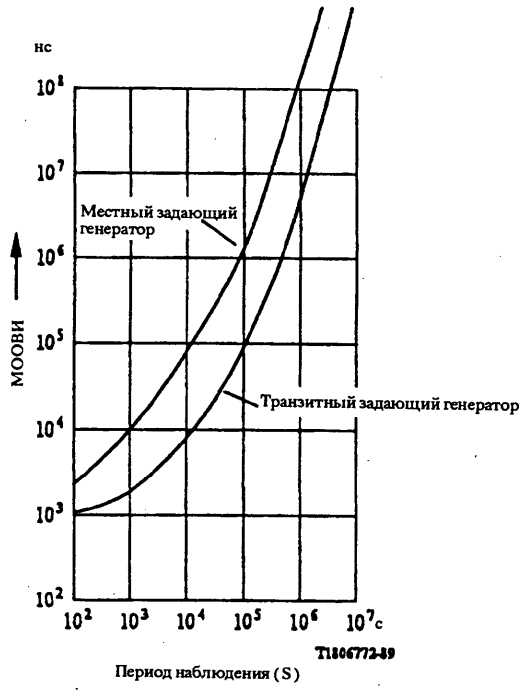


РИСУНОК 2/G.812

Зависимость максимально допустимой относительной ошибки временного интервала (МООВИ), вызванной долговременными изменениями фазы, от периода наблюдения S для ведомого задающего генератора, работающего в автономном режиме

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.812)

Характеристика стабильности фазы ведомого задающего генератора

А.1 Модель ведомого задающего генератора описывается следующим уравнением:

$$x(t) = y_{\text{смещ}} \cdot t + \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + e_{\text{фм}}(t) + \int_{\tau=0}^{\tau=t} e_{\text{чм}}(\tau)\, d\tau,$$

где

$x(t)$ представляет собой фазу (время) на выходе относительно входного эталонного сигнала (размерность-время);

$Y_{\text{смещ}}$ представляет собой незначительный остаточный сдвиг частоты, который может возникнуть из-за случаев сбоев входного эталонного сигнала (безразмерная величина);

D — представляет собой линейный компонент ухода частоты при автономной работе задающего генеработа (размерность-1/время);

$e_{фм}(t)$ — представляет собой компонент фазовой модуляции (ФМ) — фазовую модуляцию белым шумом, которая связана с кратковременной нестабильностью задающего генератора (размерность-время);

$e_{чм}(\tau)$ — представляет собой компонент частотной модуляции (ЧМ) — незначительную частотную модуляцию белым шумом, которая связана со сбоями входного эталонного сигнала (безразмерная величина).

Модель задающего генератора лучше всего объяснять, рассматривая три категории работы задающего генератора:

— работа в идеальных условиях;

— работа в напряженных условиях;

— автономная работа.

А.1.1 *Работа в идеальных условиях*

При коротких интервалах наблюдения вне полосы отслеживания схемы ФАПЧ стабильность выходного хронирующего сигнала определяется кратковременной стабильностью местного синхронизатора. Если нет сбоев эталонного сигнала, стабильность выходного хронирующего сигнала приобретает асимптотический характер процесса фазовой модуляции белым шумом по мере увеличения периода наблюдения для вхождения в полосу отслеживания ФАПЧ. Выходной сигнал задающего генератора можно рассматривать как результат наложения высокочастотного шума местного генератора на низкочастотную часть входного эталонного сигнала. При применении автоподстройки фазы высокочастотный шум должен быть ограничен, и при длительных периодах наблюдения он некоррелирован (является белым) относительно полосы автоподстройки фазы.

При идеальных условиях единственным отличным от нуля параметром модели является фазовая модуляция белым шумом.

А.1.2 *Работа в напряженных условиях*

При наличии прерываний стабильность выходного хронирующего сигнала приобретает характер процесса частотной модуляции белым шумом по мере увеличения периода наблюдения для вхождения в полосу отслеживания ФАПЧ. Наличие частотной модуляции белым шумом объясняется тем простым обстоятельством, что, как правило, сетевые задающие генераторы выделяют из эталонного сигнала времени временные интервалы, а не абсолютное время. Прерывание — это по сути своей короткий промежуток времени, в течение которого эталонный временной интервал отсутствует. После восстановления эталонного сигнала имеется некоторая неопределенность относительно истинного временного сдвига между местным задающим генератором и эталонным сигналом. При каждом прерывании от степени сложности установления фазы в задающем генераторе может наблюдаться несколько уровней остаточной фазовой ошибки. Имеется случайный компонент, некоррелированный от прерывания к прерыванию, что приводит к случайному блужданию фазы, то есть к частотной модуляции белым шумом.

В дополнение к частотной модуляции белым шумом прерывания могут приводить к сдвигу частоты задающего генератора относительно эталона. Этот сдвиг частоты ($Y_{смещ}$) является результатом смещения при установлении фазы после восстановления эталонного сигнала. Это принципиальный момент. Из-за этого явления в условиях реальной сети наблюдается некоторое накопление частотного смещения в цепочке задающих генераторов. Таким образом, задающие генераторы, управляемые одним и тем же эталонным задающим генератором, в действительности работают до некоторой степени плезиохронно.

Таким образом, при напряженных условиях отличными от нуля параметрами модели задающего генератора являются частотная модуляция белым шумом ($e_{чм}$) и сдвиг частоты ($Y_{смещ}$). Категория работы в напряженных условиях является реалистическим отражением того, что является «нормальной» работой задающего генератора.

А.1.3 *Автономная работа*

При автономной работе основными компонентами модели задающего генератора являются уход частоты (D) и начальный сдвиг частоты ($Y_{смещ}$). Уход частоты учитывает существенное старение, свойственное кварцевым генераторам. Начальный сдвиг частоты связан с присущими местному генератору особенностями установления частоты.

А.2 *Соотношение между моделью ведомого задающего генератора и ОВИ*

Полезно рассмотреть соотношение между моделью задающего генератора и ожидаемой ошибкой временного интервала (ОВИ). Для описания стохастической части модели задающего генератора предлагается использовать двухотсчетную дисперсию Аллана. Применительно к трем категориям работы справедливы следующие уравнения:

Идеальные условия

$$\sigma_{\text{ОВИ}} = \sqrt{3\sigma_{\tau}^{2}(\tau = t) \cdot t}$$

Напряженные условия

$$\sigma_{\text{ОВИ}} = \sqrt{\sigma_{\text{смещ}}^{2} + \sigma_{\tau}^{2}(\tau = t) \cdot t}$$

Автономная работа

$$\sigma_{\text{ОВИ}} = \left(\frac{D}{2}\right) t^{2} + \sqrt{\sigma_{\text{смещ}}^{2} + \sigma_{\tau}^{2}(\tau = t) \cdot t},$$

где

$\sigma_{\text{ОВИ}}$ представляет собой стандартное отклонение относительной ошибки временного интервала в выходном сигнале задающего генератора в сравнении с эталонным сигналом на протяжении времени наблюдения t;

$\sigma_{\tau}(\tau)$ представляет собой определенное по двум отсчетам стандартное отклонение, которое характеризует колебания частоты задающего генератора;

$\sigma_{\text{смещ}}$ характеризует определенное по двум отсчетам стандартное отклонение смещения частоты.

А.3 *Руководство по измерению дрожания и дрейфа фазы*

Для проверки соответствия дрожания и дрейфа фазы нормам требуется стандартная методика измерений, для того чтобы исключить неоднозначность при измерениях и при интерпретации и сравнении результатов измерений. Руководство по измерению дрожания и дрейфа фазы содержится в Дополнении № 35.

8.2 Нормы качества и готовности

Рекомендация G.821

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОШИБОК В МЕЖДУНАРОДНОМ ЦИФРОВОМ СОЕДИНЕНИИ, ОБРАЗУЕМОМ В ЦИФРОВОЙ СЕТИ С ИНТЕГРАЦИЕЙ СЛУЖБ

(Женева, 1980 г., с дальнейшими изменениями)

MKKTT,

учитывая,

(a) что как предполагается, в будущем службы связи будут основываться на концепции цифровой сети с интеграцией служб (ЦСИС);

b) что ошибки являются основным источником ухудшения качества, вызывая искажения речи в телефонных службах и приводя к потере или недостоверности информации или к снижению пропускной способности в службах типа передачи данных;

(c) что хотя, по всей вероятности, телефонные службы будут преобладать, ЦСИС призвана обеспечивать передачу информации для большого числа различных служб, и поэтому желательно иметь единые технические требования;

(d) что объяснение сетевых эксплуатационных норм и их связи с расчетными нормами дано в Рекомендации G.102,

рекомендует,

чтобы в рамках приведенных ниже применений и определений выполнялись требования, указанные в таблице 1/G.821 и последующих параграфах.

1 Область применения и определения

1.1 Эксплуатационные нормы приведены для каждого направления соединения 64 кбит/с, подключенного по способу коммутации каналов, которое используется для телефонной связи или в качестве «канала-носителя» для служб типа передачи данных.

1.2 В Рекомендации I.325 представлены эталонные конфигурации соединений ЦСИС, перечисленных в Рекомендации I.340. На рис. 1/G.821 приводится полностью цифровая условная эталонная конфигурация (УЭС), используемая для определения характеристик ошибок соединений 64 кбит/с с коммутацией каналов и для распределения качества по участкам соединения. УЭС охватывает общую протяженность в 27 500 км и является производным от стандартной условной эталонной конфигурации, представленной на рис. 1/G.801, и от эталонной конфигурации, представленной на рис. 3/I.325.

1.3 Эксплуатационная норма формулируется в терминах **параметров характеристик ошибок**, исходя из следующего определения для каждого параметра:

«Процент периодов усреднения с длительностью T_0 каждый, в течение которых коэффициент ошибок по битам ($K_{ош}$) превосходит пороговое значение. Процент определяется на временном интервале T_L, длительность которого много больше, чем T_0» (см. примечание 3 к таблице 1/G.821).

Следует отметить, что весь временной интервал (T_L) разбивается на две части, а именно: время, в течение которого соединение считается находящимся в состоянии готовности, и время, когда оно находится в состоянии неготовности (см. Приложение A).

Требования, относящиеся к допустимому проценту времени неготовности, составляют предмет отдельной Рекомендации.

1.4 При формулировании норм используются следующие коэффициенты ошибок и временные интервалы:

a) $K_{ош}$ менее $1 \cdot 10^{-6}$ в течение $T_0 = 1$ мин;

b) $K_{ош}$ менее $1 \cdot 10^{-3}$ в течение $T_0 = 1$ с;

c) нулевые ошибки в течение $T_0 = 1$ с (эквивалентно понятию свободных от ошибок секунд (СОС)).

Эти категории соответствуют категориям таблицы 1/G.821. При определении этих норм периоды неготовности соединения исключаются (см. Приложения A и B).

1.5 Эксплуатационные нормы призваны служить двум главным целям:

a) дать пользователям будущих национальных и международных цифровых сетей представление об ожидаемых характеристиках ошибок при реальных эксплуатационных условиях, облегчая тем самым планирование служб и проектирование оконечного оборудования;

b) создать основу для выработки эксплуатационных стандартов для оборудования и систем передачи, участвующих в образовании соединения в ЦСИС.

1.6 Эксплуатационные нормы являются компромиссом между желанием обеспечить потребности служб и необходимостью, создавая системы передачи, учитывать ограничения технического и экономического характера. Эксплуатационные нормы, хотя и выработаны с учетом требований различных служб, устанавливают единый уровень требований к качеству передачи.

Как было указано, эксплуатационная норма в отношении минут низкого качества [таблица 1/G.821 a)] основана на периоде усреднения длительностью в одну минуту. При таком периоде усреднения и исключении из расчета тех ошибок, которые возникают в течение сильно пораженных ошибками секунд этой минуты (см. таблицу 1/G.821, примечание 2), соединения с частыми пакетами ошибок могут охватываться этой частью общей нормы, но такие случаи до определенной степени регулируются нормой на сильно пораженные ошибками секунды [таблица 1/G.821 b)]. Однако имеются некоторые сомнения, достаточны ли эти нормы для надлежащей работы видеослужб реального времени со сравнительно длительным временем удержания соединения, и этот вопрос требует дальнейшего изучения.

1.7 Так как эксплуатационные нормы направлены на то, чтобы удовлетворить требования будущей цифровой сети, следует принять во внимание, что эти нормы не могут быть легко выполнены всем нынешним цифровым оборудованием и системами. Однако цель состоит в том, чтобы установить расчетные нормы на оборудование, совместимые с нормами данной Рекомендации. Эти вопросы в настоящее время являются предметом обсуждения в МККТТ и МККР.

Кроме того, признано необходимым, чтобы любая аппаратура, в каком бы месте сети ее ни устанавливали, была разработана в соответствии с более высокими стандартами, чем указано здесь, чтобы свести к минимуму возможность превышения полных норм на значительном числе реальных соединений.

1.8 Нормы относятся к соединению очень большой протяженности, и, учитывая, что бóльшая часть реальных международных соединений будет короче, предполагается, что значительная часть реальных соединений будет иметь более высокое качество, чем при предельных значениях, приведенных в § 2. С другой стороны, небольшой процент соединений будет иметь бóльшую протяженность, и в этом случае допуски, приведенные в данной Рекомендации, могут оказаться превышенными.

Примечание.— В настоящей Рекомендации управляемые проскальзывания, которые можно рассматривать как короткие пакеты ошибок, не включены в расчеты норм на характеристики ошибок. Поэтому пользователи должны иметь в виду, что измерения характеристик ошибок, включающие влияние управляемых проскальзываний, могут давать худшие результаты, чем те, которые вытекают из настоящей Рекомендации. Пользователям следует обратиться к Рекомендации G.822, в которой определены нормы на частость управляемых проскальзываний, для того чтобы руководствоваться ею при оценке возможного воздействия проскальзываний в конкретных случаях применения.

1.9 Нормы на характеристики ошибок, подробно изложенные в §§ 2 и 3 настоящей Рекомендации, относятся к соединению 64 кбит/с с коммутацией каналов (определенном в § 1.2). Однако можно считать, что в практических ситуациях эти нормы необходимо оценивать по измерениям, сделанным при более высоких скоростях.

Поэтому Приложение D определяет предварительные основы для оценки значения параметра характеристик ошибок при 64 кбит/с по измерениям, сделанным на первичной и более высоких скоростях.

2 Эксплуатационные нормы

Эксплуатационные нормы для международного соединения ЦСИС, оговоренные в §§ 1.1 и 1.2, показаны в таблице 1/G.821. Предполагается, что международные соединения в ЦСИС должны удовлетворять всем требованиям таблицы 1/G.821. Считается, что соединение не соответствует норме, если не выполнено любое из этих требований.

3 Распределение общих норм

Так как нормы, приведенные в § 2, относятся ко всему соединению, необходимо распределить их по частям соединения. В данном параграфе очерчены основные принципы и подходы к распределению эксплуатационных норм.

Общая концепция распределения предполагает применение двух слегка отличающихся подходов, один из которых применим к требованиям на минуты низкого качества и на пораженные ошибками секунды [см. классы a) и c)], а другой — к требованиям на сильно пораженные ошибками секунды [см. класс b)].

ТАБЛИЦА 1/G.821

Нормы на характеристики ошибок в международном соединении ЦСИС

Классификация эксплуатационных норм	Норма (примечания 3,5)
(a) (Минуты низкого качества) (примечания 1, 2)	Менее, чем для 10% одноминутных интервалов, допустим коэффициент ошибок больше, чем $1 \cdot 10^{-6}$ (примечание 4)
(b) (Сильно пораженные ошибками секунды) (примечание 1)	Менее, чем для 0,2% односекундных интервалов, допустим коэффициент ошибок больше, чем $1 \cdot 10^{-3}$
(c) (Пораженные ошибками секунды) (примечание 1)	Менее, чем для 8% односекундных интервалов, допустимы какие-бы то ни было ошибки (равноценно 92% безошибочных секунд)

Примечание 1.— Термины «минуты низкого качества», «сильно пораженные ошибками секунды» и «пораженные ошибками секунды» использованы в качестве удобной и краткой классификации эксплуатационных норм. Их использование не означает приемлемости или неприемлемости этого уровня качества.

Примечание 2.— Одноминутные интервалы, упомянутые в таблице 1/G.821 и в примечаниях (то есть периоды при $M > 4$ в Приложении B), получены после исключения времени неготовности и сильно пораженных ошибками секунд из общего времени и последующего последовательного группирования остальных секунд в блоки по 60 секунд. Базовые односекундные интервалы получают, исходя из фиксированного периода времени.

Примечание 3.— Временной интервал T_L, на котором определяются процентные нормы, не нормирован, так как этот период может зависеть от конкретного применения. Период порядка одного месяца предлагается в качестве стандартного периода.

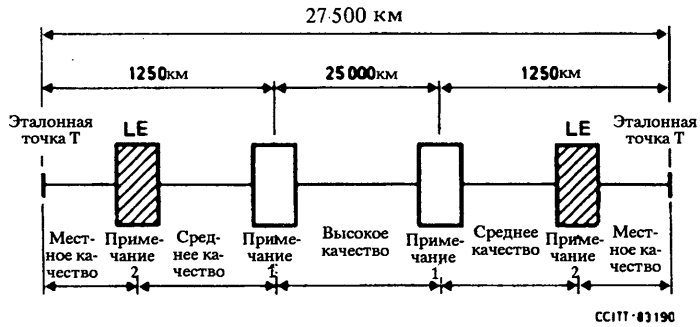
Примечание 4.— По практическим соображениям при 64 кбит/с минута, содержащая четыре ошибки (что соответствует коэффициенту ошибок $1{,}04 \times 10^{-6}$) не считается минутой низкого качества. Однако это не следует рассматривать как снижение нормы коэффициента ошибок $1 \cdot 10^{-6}$.

Примечание 5.— В Приложении B показано, как следует производить оценку качества всего соединения в целом.

3.1 *Основные принципы распределения*

Распределение основано на предполагаемом использовании систем передачи, качество которых соответствует одному из ограниченного числа классов.

Определены три различных класса качества, представляющие реальные цифровые двусторонние каналы и независимые от используемых систем передачи. Эти классы именуются классами «местного качества», «среднего качества» и «высокого качества», и их использование, как правило, зависит от местоположения в сети (см. рис. 1/G.821).



Примечание 1.— Нет возможности дать определение положению границы между участками среднего и высокого качества УЭС. Примечание 4 к таблице 2/G.821 содержит дополнительные разъяснения по этому вопросу.

Примечание 2.— LE означает местную коммутационную станцию или ее эквивалент.

РИСУНОК 1/G.821

Демаркационные точки качества канала при самом длинном УЭС

В основу распределения положены следующие основные принципы:

— при распределении норм по составным частям соединения распределению подлежит «% времени»;

— минуты низкого качества и пораженные ошибками секунды распределяются одинаковым образом [классы a), c)];

— пороговое значение коэффициента ошибок не является предметом распределения. Такой подход основан на предположении, что качество реальных каналов, составляющих часть УЭС (рис. 1/G.821), как правило, будет значительно выше, чем при пороговом значении минут низкого качества (см. примечание к § 3.1);

— ошибки, вносимые цифровыми коммутационными элементами или цифровым оборудованием группообразования, во внимание не принимаются, так как в сравнении с ошибками, вносимыми системами передачи, они пренебрежимо малы.

Предполагается, что указанная классификация качества различных частей соединения отражает положение на большей части реальных международных соединений. Администрации вправе использовать в пределах своих собственных сетей те системы передачи, которые они пожелают использовать, и эти собственные решения должны считаться вполне приемлемыми при условии, что качество национального участка в целом будет не хуже, чем оно было бы, если бы применялись стандартные решения МККТТ.

Следует отметить, что небольшой процент соединений будет иметь бóльшую протяженность, чем предусмотренные для УЭС длиной 27 500 км. Согласно определению избыточная протяженность соединения обеспечивается каналами высокого качества, и поэтому превышение общего допуска, предусмотренного настоящей Рекомендацией, пропорционально величине превышения протяженности участка 25 000 км. Администрациям следует иметь в виду, что, если бы при практической реализации можно было улучшить эксплуатационные пределы для различных классов, то частота возникновения подобных ситуаций значительно сократилась бы.

Примечание.— В наземных системах распределение норм на «минуты низкого качества» применительно к более мелким звеньям (например, условный эталонный цифровой участок) может потребовать распределения нормы коэффициента ошибок, а также распределения «% времени» в зависимости от расстояния. Этот вопрос подлежит дальнейшему изучению.

3.2 *Подход к вопросу о распределении норм на минуты низкого качества и пораженные ошибками секунды*

Распределение допустимого снижения качества, то есть 10% минут низкого качества и 8% пораженных ошибками секунд, представлено в таблице 2/G.821. Вытекающие отсюда сетевые эксплуатационные нормы даны в Приложении C.

ТАБЛИЦА 2/G.821

Распределение норм на минуты низкого качества и пораженные ошибками секунды для трех классов каналов

Класс канала	Распределение норм таблицы 1/G.821 на минуты низкого качества и пораженные ошибками секунды
Местное качество (с двух концов)	Общий допуск 15% на каждый конец (примечания 1, 4 и 5)
Среднее качество (с двух концов)	Общий допуск 15% на каждый конец (примечания 2, 4 и 5)
Высокое качество	40% (при протяженности 25000 км эквивалентно теоретическому качеству 0,0016% на км, но см. примечание к § 3.1) (примечания 3, 6 и 7)

Примечание 1.— Доля, приходящаяся на участок местного качества, рассматривается как общий допуск, то есть как допуск для этой части соединения, не зависящий от протяженности участка.

Примечание 2.— Доля, приходящаяся на участок среднего качества, рассматривается как общий допуск, то есть как допуск для этой части соединения, не зависящий от протяженности участка. Реальная протяженность участка соединения среднего качества в различных странах будет значительно различаться. Системы передачи этого класса отличаются различным качеством, подпадающим и под другие классы.

Примечание 3.— Доля, приходящаяся на участок высокого качества, делится по длине этого участка, что дает допуск на километр, который может быть использован для получения общего допуска для определенной модели сети (например, условный эталонный цифровой тракт). В практических целях планирования трактов в моделях сети вместо покилометрового распределения, нормированного в данной Рекомендации, могут использоваться допуски в тракте из расчета числа участков с номинальной длиной 280 км (нормированных в таблице 2/G.921). Для более длинных участков, не являющихся точным целым кратным 280 км, используется следующее высшее целое кратное значение.

Примечание 4.— Участки местного и среднего качества могут охватывать первые 1250 км соединения от эталонной точки Т (см. рис. 1/G.821) и далее по сети. Например, в больших странах эта часть соединения может доходить только до первичного междугородного узла, в то время как в малых странах она может доходить до вторичного, третичного междугородных узлов или до международного коммутационного центра (см. рис. 1/G.821).

Примечание 5.— Администрации вправе по своему усмотрению распределять общие допуски на участки соединения местного и среднего качества при условии соблюдения суммарного допуска на каждый конец соединения в размере 30%. Такой подход применим также для норм в отношении участков местного и среднего качества, приведенных в таблице 3/G.821.

Примечание 6.— Учитывая, что характеристики ошибок в спутниковой линии практически не зависят от расстояния, на одиночный спутниковый условный эталонный цифровой тракт, используемый на участке высокого качества УЭС, отводится общий допуск в 20% от допустимых норм на минуты низкого качества и пораженные ошибками секунды.

Примечание 7.— Если участок соединения высокого качества включает спутниковую систему, а остальная часть соединения этого класса превышает 12 500 км, или если участок высокого качества соединения, не использующего спутниковую систему, превышает 25 000 км, то допускается превышение норм данной Рекомендации. Предполагается, что образование таких соединений является сравнительно редким явлением, и изучение этого вопроса продолжается. Понятие эквивалентного спутникового расстояния (протяженность эквивалентной наземной трассы) является в этом отношении целесообразным; было отмечено, что можно ожидать значения в диапазоне от 10 000 до 13 000 км.

Примечание 8.— Для абонентских установок между эталонной точкой Т и оконечным оборудованием особых требований не приводится. Однако большое внимание должно быть уделено выбору абонентского оборудования, так как качество соединения в целом в большой степени зависит не только от качества работы сети, но и от качества оконечной установки.

3.3 *Подход к вопросу о распределении сильно пораженных ошибками секунд*

Полная норма 0,2% сильно пораженных ошибками секунд распределяется между классами каналов (то есть классами местного, среднего, высокого качества) следующим образом:

a) 0,1% распределяется между тремя классами каналов в тех же соотношениях, что и принятые для двух других норм. Это приводит к распределению, представленному в таблице 3/G.821.

ТАБЛИЦА 3/G.821

Распределение сильно пораженных ошибками секунд

Класс канала	Распределение норм на сильно пораженные ошибками секунды
Местное качество	Общий допуск 0,015% на каждый конец (примечание 5 к таблице 2/G.821)
Среднее качество	Общий допуск 0,015% на каждый конец (примечание 5 к таблице 2/G.821)
Высокое качество	0,04% (примечания 1, 2)

Примечание 1.— В системах передачи, относящихся к классу каналов высокого качества, каждый участок протяженностью в 2500 км не должен вносить более 0,004% сильно пораженных ошибками секунд.

Примечание 2.— Для спутникового УЭЦТ, относящегося к участку высокого качества, общий допуск составляет 0,02% сильно пораженных ошибками секунд (см. также примечание 6 к таблице 2/G.821).

b) Остальные 0,1% являются общим допуском для классов каналов среднего и высокого качества, учитывающим неблагоприятные условия на сети (худший месяц в году), иногда возникающие в системах передачи. Из-за вероятностного характера возникновения в международном соединении эффекта худшего месяца считается, что суммарной величине 0,1% соответствуют следующие допуски:

— 0,05% для 2500 км УЭЦТ радиорелелейных систем, которые могут быть использованы на участке соединения высокого и среднего классов;

— 0,01% для спутникового УЭЦТ (МККР продолжает изучение вопроса о сильно пораженных ошибками секундах в спутниковых системах, и эту величину, возможно, потребуется увеличить).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.821)

Время готовности и неготовности

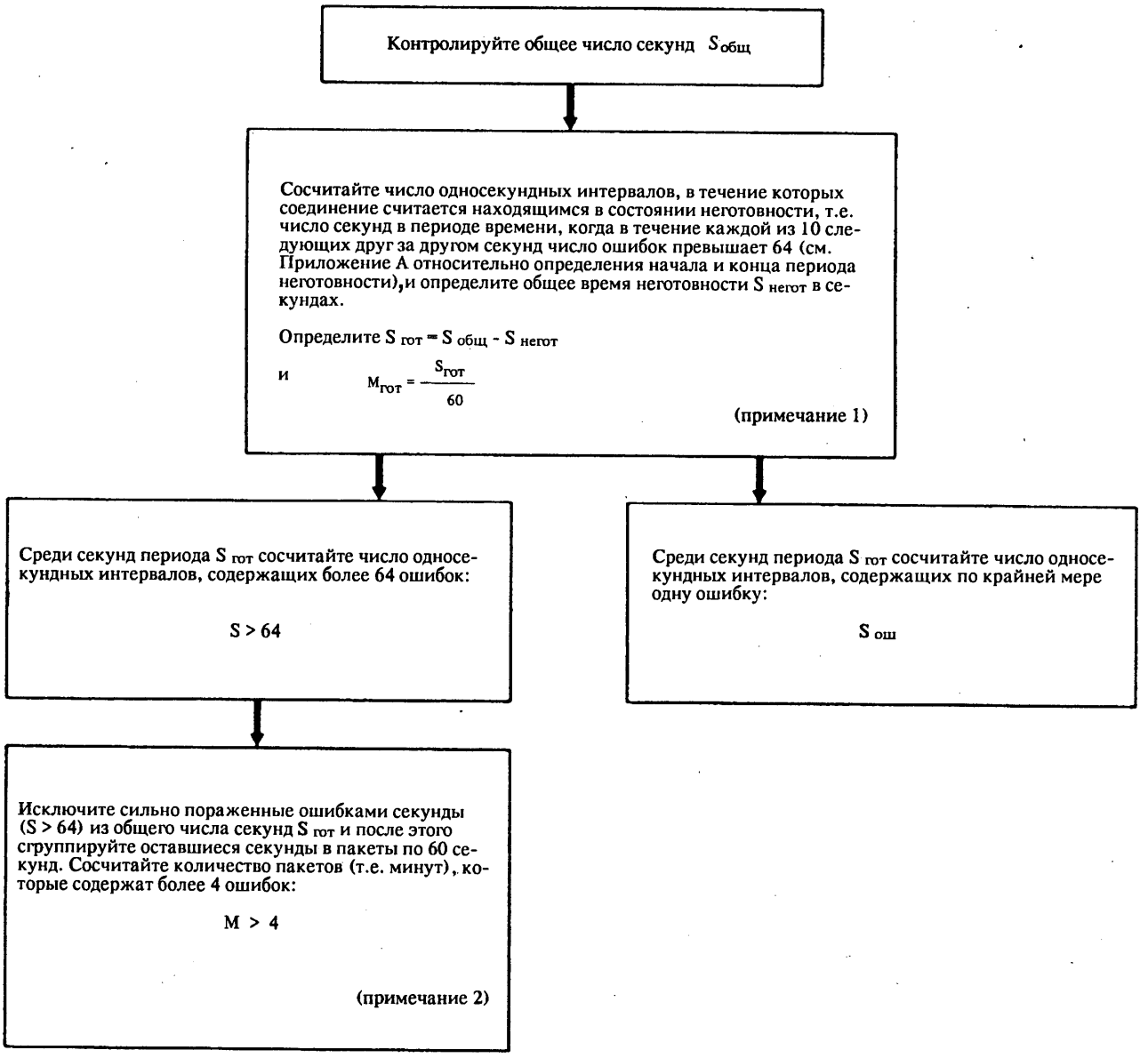
Отсчет времени неготовности начинается тогда, когда коэффициент ошибок по битам ($K_{ош}$) в каждую секунду превышает $1 \cdot 10^{-3}$ в течение десяти следующих друг за другом секунд. Эти десять секунд считаются временем неготовности. Новый отсчет времени готовности начинается с первой секунды из десяти следующих друг за другом секунд, в каждую из которых $K_{ош}$ меньше, чем 10^{-3}.

Определения, относящиеся к готовности, содержатся в Рекомендации серии Е.800.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(к Рекомендации G.821)

Руководство по интерпретации таблицы 1/G.821



Примечание 1.— Результат округляется до ближайшего более высокого целочисленного значения.

Примечание 2.— Последний пакет, который может быть неполным, рассматривается так, как если бы был полным, с применением к нему тех же правил.

Классификация эксплуатационных норм (см. таблицу 1/G.821)	Норма
(a)	$\frac{M > 4}{M_{гот}} < 10\%$
(b)	$\frac{S > 64}{S_{гот}} < 0{,}2\%$
(c)	$\frac{S_{ош}}{S_{гот}} < 8\%$

CCITT-85690

ПРИЛОЖЕНИЕ C

(к Рекомендации G.821)

Распределение норм между составными частями соединения

ТАБЛИЦА C-1/G.821

Распределение норм на % минут низкого качества и %пораженных ошибками секунд

Класс канала (см. рис. 1/G. 821)	Сетевые эксплуатационные нормы при 64 кбит/с	
	% минут низкого качества	% пораженных ошибками секунд
Местное качество	1,5	1,2
Среднее качество	1,5	1,2
Высокое качество	4,0	3,2

ПРИЛОЖЕНИЕ D

(к Рекомендации G.821)

Предварительные основы для оценки качества работы систем с более высокими скоростями

D.1 *Временное руководство*

Принимая во внимание необходимость во вре́менном руководстве, приведенные ниже формулы предлагаются еще до получения результатов дальнейшего изучения. Они могут быть использованы, чтобы дать нормированную оценку характеристик ошибок (применительно к параметрам 64 кбит/с, приведенным в настоящей Рекомендации). Следует отметить, что результаты измерений могут применяться только к тем скоростям, на которых было произведено измерение; это ограничение в особенности относится к определенным типам пакетного распределения ошибок. Поэтому оценка характеристик ошибок системы по этим формулам не гарантирует соответствия с настоящей Рекомендацией.

Для того, чтобы оценить характеристики ошибок, приведенные к скорости 64 кбит/с, то есть

— % пораженных ошибками секунд;

— % минут низкого качества;

— % сильно пораженных ошибками секунд,

по измерениям характеристик ошибок на первичной и более высокой скоростях, предлагаются следующие временные формулы.

D.1.1 *Пораженные ошибками секунды*

Процент пораженных ошибками секунд, приведенный к скорости 64 кбит/с, определяется по формуле

$$\frac{1}{j} \sum_{i=1}^{i=j} \left(\frac{n}{N}\right)_i \times (100\%),$$

где:

i) n — количество ошибок в i-ой секунде при скорости измерения;

ii) N — более высокая скорость, поделенная на 64 кбит/с;

iii) j = целому числу односекундных интервалов (исключая время неготовности) в течение всего периода измерений;

iv) отношение $\left(\frac{n}{N}\right)_i$ для i-ой секунды равно

$$\frac{n}{N}, \text{ если } 0 < n < N, \text{ или}$$

$$1, \text{ если } n \geqslant N.$$

D.1.2 *Минуты низкого качества (см. примечание 1)*

Процент минут низкого качества, приведенный к скорости 64 кбит/с, может быть взят непосредственно из измерений на первичной и более высоких скоростях, то есть X% минут низкого качества на первичной или более высоких скоростях соответствуют X% минут низкого качества на скорости 64 кбит/с.

D.1.3 *Сильно пораженные ошибками секунды (см. примечание 1)*

Процент сильно пораженных ошибками секунд, приведенный к скорости 64 кбит/с, может быть оценен по измерениям на первичной и более высоких скоростях следующим образом:

$$Y\% + Z\%,$$

где

Y — процент сильно пораженных ошибками секунд на скорости измерения,

Z — процент не сильно пораженных ошибками секунд на скорости измерения, вызвавших один или более раз потерю цикловой синхронизации на скорости измерения.

Примечание 1.— При вычислении коэффициента ошибок на скорости измерения (например, 10^{-6} для минут низкого качества) иногда могут получиться нецелочисленные значения ошибок в течение периода интеграции. В этом случае ближайшее целое число ошибок, превышающее расчетную величину, считается превышающим пороговое значение эксплуатационной нормы (например, 123 ошибки в минуту при скорости 2048 кбит/с, что соответствует коэффициенту ошибок большему, чем 10^{-6}, рассматриваются как минута низкого качества).

Примечание 2.— Чтобы обеспечить надлежащую работу

— высокоскоростных служб (например, ТВ);

— служб 64 кбит/с,

необходимо определить эксплуатационные требования к высокоскоростным (то есть свыше 64 кбит/с) системам. Хотя пока неясно, какая именно из этих служб предъявляет наиболее жесткие требования, представляется необходимым в обоих случаях определить эксплуатационные требования к высокоскоростным системам либо путем использования периода интеграции, гораздо более короткого, чем одна секунда, либо путем установления более жестких предельных значений для сильно пораженных ошибками секунд.

Для служб 64 кбит/с необходимость в более коротких периодах интеграции или в более жестких предельных значениях возникает в связи с работой оборудования разъединения каналов и, в частности, в связи с процессами выравнивания фазы и восстановления цикловой синхронизации при воздействии пакетов ошибок, гораздо более коротких, чем одна секунда. Например, ошибки, не приводящие на более высоких скоростях к сильно пораженным ошибками секундам, могут приводить к воздействиям, которые при скорости 64 кбит/с вызовут сильно пораженные ошибками секунды в результате потери цикловой синхронизации в устройствах группообразования более высоких порядков.

Библиография

[1] Рекомендация МККТТ *Нормы и рекомендации по качеству передачи,* том III, Рек. G.102.

НОРМЫ НА ЧАСТОСТЬ УПРАВЛЯЕМЫХ ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЙ В МЕЖДУНАРОДНОМ ЦИФРОВОМ СОЕДИНЕНИИ

(Женева, 1980 г., с дальнейшими изменениями)

1 Общие положения

В настоящей Рекомендации рассматриваются полные нормы на *частость управляемых проскальзываний октетов* в международном цифровом соединении 64 кбит/с. Нормы приводятся для различных эксплуатационных условий применительно к оценке качества соединения.

При соблюдении проектных условий работы узлов цифровой сети и в пределах установленных нормальных характеристик передачи можно считать, что в синхронной цифровой сети число проскальзываний равно нулю. Однако в условиях эксплуатации характеристики передачи могут выйти за пределы установленных норм, что может привести к ограниченному числу проскальзываний даже в синхронной сети.

При временной потере управления хронированием в какой-либо синхронной сети могут возникнуть дополнительные проскальзывания, что приведет к большему числу проскальзываний во всем соединении.

При плезиохронной работе число проскальзываний на международных трактах зависит от емкости буферной памяти и от точности и стабильности взаимодействующих национальных задающих генераторов тактовой частоты.

2 Область применения и соображения

2.1 Характеристики частости проскальзываний на полном цифровом соединении 64 кбит/с в ЦСИС должны удовлетворять требованиям телефонных и нетелефонных служб.

2.2 Нормы на частость проскальзываний в полном международном соединении формулируются применительно к стандартному цифровому условному эталонному соединению (УЭС), показанному на рис. 1/G.801 [1], протяженностью 27 500 км.

2.3 Предполагается, что международные коммутационные центры (МКЦ) соединены между собой международными трактами, работающими плезиохронно с использованием задающих генераторов, точность которых определена в Рекомендации G.811. При этом исходят из того, что одно проскальзывание в 70 суток на каждый плезиохронный участок между коммутационными станциями является максимальной теоретической частостью проскальзываний, если учитывать только те точности задающих генераторов, которые определены в Рекомендации G.811, и при условии, что тракты передачи и коммутационное оборудование функционируют в пределах проектных допусков.

2.4 В случае, если в состав соединения входят все 13 узлов, обозначенных в УЭС (Рекомендация G.801), и все эти узлы работают между собой плезиохронно, номинальная частость проскальзываний могла бы быть равна одному проскальзыванию в 70/12 дней, то есть одному проскальзыванию в 5,8 дней. Однако, так как на практике некоторые узлы в таком соединении могут быть частью одной и той же синхронной сети, то можно ожидать, что номинальная частость проскальзываний будет меньше. (Например, в случае, если национальные сети на каждом конце синхронные, номинальная частость проскальзываний в соединении составит одно проскальзывание в 70/4, то есть в 17,5 дней).

Примечание.— При этих расчетах исходят из числа международных участков, равного четырем.

2.5 В реальном полном международном соединении, в состав которого входят как международные, так и национальные участки, частость проскальзываний может значительно превышать величину, рассчитанную по числу n трактов плезиохронного взаимодействия между коммутационными станциями, из-за различий в построении оборудования и в условиях окружающей среды и эксплуатации на международных и национальных участках. К ним относятся:

a) конфигурация международной цифровой сети;

b) национальные способы организации управления хронированием;

c) дрейф фазы, вызванный очень сильными изменениями температуры;

d) эксплуатационные характеристики различных типов коммутаторов и трактов передачи (в том числе суточные изменения в спутниковой системе);

e) временные изменения в трактах передачи и трактах синхронизации (переоборудование сети, защитное переключение, ошибки персонала и т. д.).

Примечание.— Максимальное число n плезиохронных трактов между коммутационными станциями является предметом изучения.

2.6 Пороговое значение частости проскальзываний представляет собой приемлемый компромисс между требованиями на желаемое качество обслуживания и тем качеством работы, которое реально достижимо. Частости проскальзываний по категории b), превышающие этот порог, влияют на функционирование и могут привести к тому, что качество некоторых служб будет считаться низким. Чтобы быть уверенным в оценке качества функционирования, пороговое значение частости следует измерять на достаточно большом отрезке времени, чтобы зафиксировать значительное число проскальзываний. Предельная норма налагается на суммарное время превышения порога на отрезке времени длиной в один год. Эксплуатационные нормы должны представлять собой единый набор технических требований.

Проскальзывание является одним из нескольких факторов, вызывающих снижение качества цифрового соединения. Эксплуатационные нормы на частость проскальзываний октетов на международном соединении протяженностью 27 500 км или в соответствующем канале-носителе представлены в таблице 1/G.822. Для подтверждения того, что эти значения совместимы с другими нормами, например, с нормами в отношении характеристик ошибок, указанными в Рекомендации G.821, требуется дальнейшее изучение вопроса.

ТАБЛИЦА 1/G.822

Частость управляемых проскальзываний в международном соединении или канале-носителе со скоростями 64 кбит/с

Категория качества	Средняя частость проскальзываний	Доля времени (примечание 1)
(a) (примечание 2)	≤ 5 проскальзываний в 24 часа	> 98,9%
(b)	> 5 проскальзываний в 24 часа и ≤ 30 проскальзываний в час	< 1,0%
(c)	> 30 проскальзываний в час	< 0,1%

Примечание 1.— Суммарное время ≥ 1 года (y).

Примечание 2.— Предполагается, что частость проскальзываний, вызванных одной только плезиохронной работой, не превышает одного проскальзывания в 5,8 суток (см. § 2.4).

3 Распределение снижения качества

3.1 Вероятность того, что более одного участка сети окажутся пораженными выходящими за пределы норм проскальзываниями, одновременно воздействующими на любое данное соединение, мала. Это обстоятельство использовано при решении вопроса о распределении снижения качества.

3.2 Так как влияние проскальзываний, происходящих на различных участках соединения, различается по своей значимости в зависимости от типа службы и уровня затронутого трафика, распределение предусматривает более жесткие ограничения на проскальзывания, обнаруженные на международных и национальных транзитных станциях, и менее жесткие ограничения на небольших местных станциях.

3.3 Рекомендуемое распределение основано на разбиении норм на долю времени для категорий качества b) и c) (таблица 1/G.822). Предварительное распределение по различным частям УЭС представлено в таблице 2/G.822.

ТАБЛИЦА 2/G.822

Распределение эксплуатационных норм на управляемые проскальзывания

Часть УЭС по рис. 1/G.801[I]	Доля каждой из норм, указанных в таблице 1/G.822	Норма как доля общего времени	
		(b)	(c)
Международный транзитный участок	8,0%	0,08%	0,008%
Каждый национальный транзитный участок (примечание 2)	6,0%	0,06%	0,006%
Каждый местный участок (примечание 2)	40,0%	0,4%	0,04%

Примечание 1.— Участки УЭС определены на рис. 1/G.822. Они получены с помощью (но не идентичны) Рекомендации G.801.

Примечание 2.— Распределение между национальным транзитным участком и местным участком дано лишь для ориентации. Администрации вправе принять другое распределение при условии, что суммарная величина для каждого национального участка (местный плюс транзитный) не превышает 46%.

Примечание 3.— Уровни качества определены в таблице 1/G.822.

Примечание 4.— Общее время⩾1 года (y).

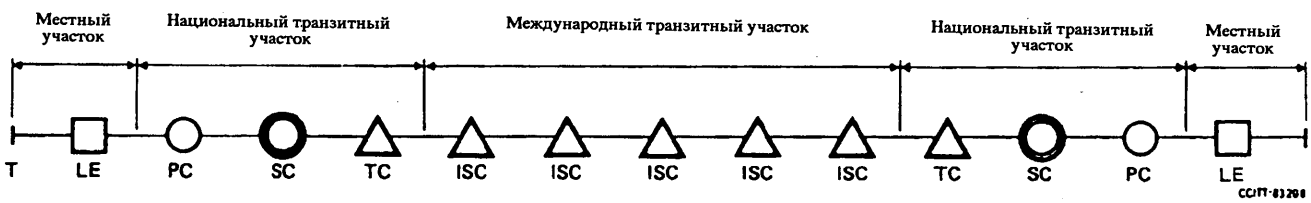


РИСУНОК 1/G.822

Разбиение УЭС для определения норм на проскальзывания

Библиография

[1] Рекомендация МККТТ *Модели цифровой передачи*, том III, Рек. G.801, рис. 1/G.801.

Рекомендация G.823

НОРМИРОВАНИЕ ДРОЖАНИЯ И ДРЕЙФА ФАЗЫ В ЦИФРОВЫХ СЕТЯХ, ОСНОВАННЫХ НА ИЕРАРХИИ 2048 кбит/с

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

МККТТ,

учитывая,

(a) что в цифровых сетях может возникать фазовое дрожание, которое определяется как кратковременные отклонения значащих моментов цифрового сигнала от их идеальных положений во времени;

(b) что если не принять надлежащих мер, то при определенных условиях может произойти такое накопление фазового дрожания, что могут возникнуть следующие ухудшения в работе:

i) возрастание вероятности внесения ошибок в цифровые сигналы в точках регенерации в результате смещения хронирующих сигналов относительно их оптимального положения во времени;

ii) внесение в цифровые сигналы неуправляемых проскальзываний из-за переполнения или истощения устройств памяти в некоторых типах оконечного оборудования, в состав которых входят буферные ЗУ и фазовые компараторы (например, в ослабителях фазового дрожания и некоторых устройствах цифрового группообразования);

iii) снижение качества передаваемой в цифровом виде аналоговой информации в результате фазовой модуляции импульсов выборки, восстановленных в цифроаналоговых преобразователях приемного конца соединения;

(c) что в отличие от других параметров снижения качества в сети фазовое дрожание можно уменьшить по величине посредством использования ослабителей фазового дрожания. В зависимости от размеров и сложности сетей может оказаться необходимым при определенных обстоятельствах использовать такие устройства;

(d) что дрейф фазы, который определяется как долговременные отклонения фазы значащих моментов цифрового сигнала от их идеальных положений во времени, может возникать в результате изменений времени распространения в среде передачи и в оборудовании;

(e) что необходимо обеспечить адаптацию к дрейфу фазы на входах цифрового оборудования, чтобы свести к минимуму управляемые и неуправляемые проскальзывания,

рекомендует

при планировании сетей и разработке оборудования пользоваться следующими руководствами и предельными значениями.

1 Нормирование фазового дрожания в цифровых сетях — основные принципы

Основные принципы нормирования фазового дрожания основаны на необходимости:

— рекомендовать допустимый максимум фазового дрожания в сети, который не должен быть превышен ни на одном иерархическом стыке;

— рекомендовать единую структуру для нормирования отдельных видов цифрового оборудования;

— обеспечить организации необходимой информацией и руководством для измерения и изучения накопления фазового дрожания при любой конфигурации сети.

2 Сетевые предельные нормы на максимальное выходное фазовое дрожание на любом иерархическом стыке

2.1 *Сетевые предельные нормы на фазовое дрожание*

В таблице 1/G.823 представлены максимальные допустимые уровни фазового дрожания на иерархических стыках в цифровой сети. Эти предельные нормы должны соблюдаться при всех эксплуатационных условиях и независимо от количества оборудования, включенного в тракт перед рассматриваемым стыком. Эти сетевые предельные нормы находятся в соответствии с минимальным допуском на фазовое дрожание, который должен обеспечиваться на всех входных точках оборудования.

В действующих сетях необходимо учитывать, что сигналы на стыке могут иметь фазовое дрожание, достигающее максимального допустимого для сети значения. Это особенно важно при проектировании оборудования, содержащего ослабители фазового дрожания, в которых это фазовое дрожание должно быть учтено вместе с любым дополнительным фазовым дрожанием, возникающим в системе до ослабителя. В случаях, когда максимально допустимая амплитуда фазового дрожания имеет место на стыке между двумя странами, принятие надлежащих исправляющих мер предоставляется на усмотрение национальных Администраций. Частое возникновение таких ситуаций маловероятно.

Схема измерения выходного фазового дрожания на цифровом стыке показана на рис. 1/G.823. Конкретные предельные нормы на фазовое дрожание и значения частот среза фильтров для различных иерархических уровней представлены в таблице 1/G.823. Частотные характеристики фильтров, используемых в составе измерительного оборудования, должны иметь спады крутизной 20 дБ/декаду. Соответствующее измерительное оборудование описано в Рекомендации O.171.

ТАБЛИЦА 1/G.823

Максимальное допустимое фазовое дрожание на иерархическом стыке

Значение параметра / Скорость (кбит/с)	Сетевая предельная норма		Полоса измерительного фильтра		
	B_1 полный размах, единичный интервал	B_2 полный размах, единичный интервал	Полосовой фильтр с нижней частотой среза f_1 или f_3 и верхней частотой среза f_4		
			f_1	f_3	f_4
64 (примечание 1)	0,25	0,05	20 Гц	3 кГц	20 кГц
2 048	1,5	0,2	20 Гц	18 кГц (700 Гц)	100 кГц
8 448	1,5	0,2	20 Гц	3 кГц (80 кГц)	400 кГц
34 368	1,5	0,15	100 Гц	10 кГц	800 кГц
139 264	1,5	0,075	200 Гц	10 кГц	3500 кГц

Примечание 1.— Только для сонаправленного стыка.

Примечание 2.— Значения частоты, указанные в скобках, относятся лишь к некоторым национальным стыкам.

Примечание 3.— ЕИ=единичный интервал:

для 64 кбит/с 1 ЕИ=15,6 μс
для 2048 кбит/с 1 ЕИ=488 нс
для 8448 кбит/с 1 ЕИ=118 нс
для 34 368 кбит/с 1 ЕИ=29,1 нс
для 139 264 кбит/с 1 ЕИ=7,18 нс.

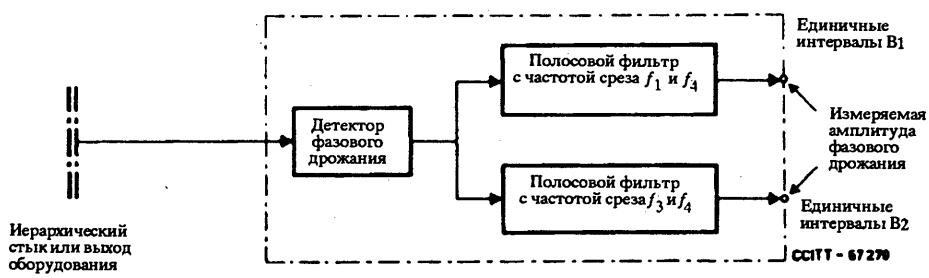


РИСУНОК 1/G.823

Схема измерения выходного фазового дрожания на иерархическом стыке или на выходе оборудования

Для систем, в которых выходной сигнал управляется от автономного задающего генератора (например, кварцевого генератора), в соответствующих требованиях к оборудованию могут быть более жестко определены значения фазового дрожания на выходе (например, для аппаратуры объединения-разъединения каналов Рекомендацией G.735 установлен максимальный полный размах выходного фазового дрожания, равный 0,05 ЕИ).

2.2 *Сетевые предельные нормы на дрейф фазы*

Сетевая предельная норма на дрейф фазы на любом иерархическом стыке определена не была. Значения дрейфа фазы, которые в значительной мере зависят от основных характеристик распространения в среде передачи и от старения компонентов схем задающего генератора (см. Рекомендацию G.811, § 3), могут быть предсказаны. Изучение показало, что, если на стыковых входах приемлем дрейф фазы в соответствии с допуском, приведенным в § 3.1.1, то частость проскальзываний, возникающих из-за превышения этого допуска, будет редкой. Для стыков сетевых узлов определены следующие предельные значения:

МОВИ (см. Рекомендацию G.811) за период в S секунд не должна превышать:

1) $S < 10^4$; эта область требует дальнейшего изучения;

2) $(10^{-2}\,S + 10\,000)$ нс; применимо при $S > 10^4$.

Примечание.— Вытекающие отсюда общие требования представлены на рис. 2/G.823.

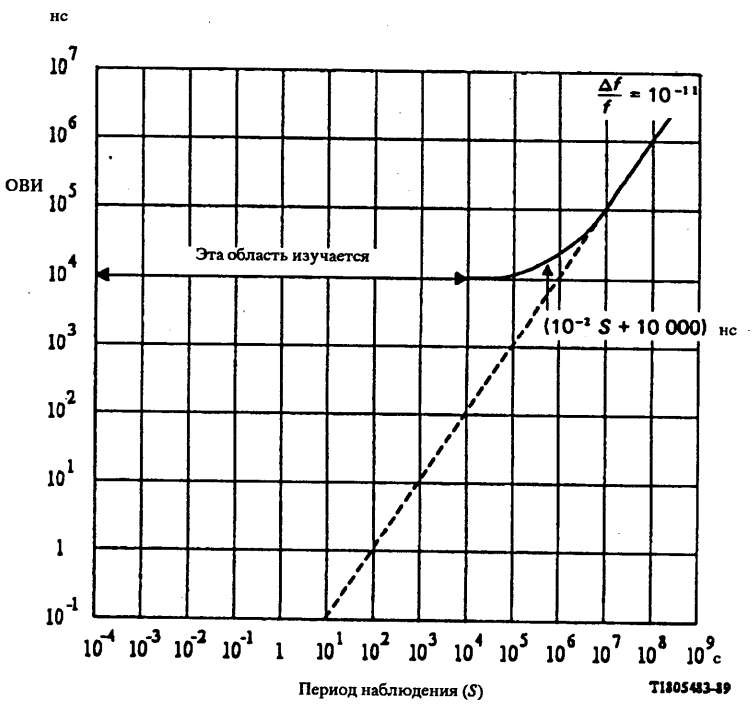


РИСУНОК 2/G.823

Зависимость максимально допустимой ошибки временного интервала (МОВИ) на выходе сетевого узла от периода наблюдения

2.3 *Соображения, касающиеся дрожания и дрейфа фазы в синхронизируемых сетях*

Предполагается, что в синхронной сети цифровое оборудование узлов будет выдерживать разрешенные отклонения фазы поступающего сигнала, а также дрейф и дрожание фазы, возникающие в устройстве передачи, то есть при нормальных условиях синхронизации проскальзывания происходить не будут. Необходимо, однако, учитывать, что в результате некоторого ухудшения качества работы, неисправностей, операций технического обслуживания и в других случаях относительная ошибка временного интервала (ОВИ) входящего сигнала относительно собственного хронирующего сигнала оконечного оборудования может превысить допуск на дрейф и дрожание фазы в оборудовании, что повлечет за собой управляемое проскальзывание.

На узлах, на которых оканчиваются тракты, соединяющие сети с независимой синхронизацией (или там, где в национальных сетях применяется плезиохронная работа), относительные ОВИ входящего сигнала относительно собственного хронирующего сигнала оконечного оборудования могут при определенных обстоятельствах превысить допуск на дрейф и дрожание фазы в оборудовании, в результате чего возникнет проскальзывание. Максимально допустимая средняя долговременная частость управляемых проскальзываний, возникающих при этом, определена Рекомендацией G.811, то есть одно проскальзывание в 70 суток.

3 Предельные нормы на фазовое дрожание цифрового оборудования

3.1 *Основные принципы нормирования*

Для различных видов цифрового оборудования должны быть предусмотрены три вида нормирования фазового дрожания:

3.1.1 *Допуск на дрожание и дрейф фазы на цифровых входах*

Чтобы гарантировать возможность подключения любого оборудования к любому рекомендованному иерархическому стыку сети, необходимо обеспечить, чтобы входы всех видов оборудования были способны выдерживать уровни фазового дрожания вплоть до максимальных сетевых предельных норм, определенных в таблице 1/G.823.

Для удобства измерения требуемый допуск формулируется на основе амплитуды и частоты синусоидального фазового дрожания, которое, модулируя цифровую испытательную последовательность, не должно вызывать существенного ухудшения в работе оборудования. Необходимо помнить, что условия испытаний сами по себе не призваны отражать тип фазового дрожания, который реально встречается в сети. Тем не менее испытание дает уверенность в том, что коэффициент добротности Q, характеризующий выделение тактовой частоты входной схемой оборудования, не слишком высок и, что там, где необходимо, обеспечивается достаточная емкость буферной памяти.

Таким образом, все цифровые входы оборудования должны быть в состоянии выдерживать цифровой сигнал, имеющий электрические характеристики, соответствующие требованиям Рекомендации G.703, но модулированный синусоидальными дрейфом и дрожанием фазы с амплитудно-частотной зависимостью, определяемой на рис. 3/G.823. В таблице 2/G.823 указаны предельные нормы для различных иерархических уровней.

В принципе эти нормы должны соблюдаться независимо от информационной структуры цифрового сигнала. Для измерительных целей эквивалентной структурой двоичного сигнала, модулированного фазовым дрожанием, должна служить псевдослучайная последовательность сигналов, определенная в таблице 2/G.823.

При определении этих предельных норм предполагалось, что явления дрейфа фазы преобладают на частотах ниже f_1, и многие виды оборудования передачи, такие как цифровые линейные системы и асинхронные устройства объединения-разъединения каналов, построенные с использованием методов выравнивания фазы, практически прозрачны для этих изменений фазы, происходящих с очень низкой частотой. Несмотря на это, определенные виды оборудования (например, цифровые коммутаторы и синхронная аппаратура объединения-разъединения каналов) не должны адаптироваться к изменениям фазы на своих входах. Требования при частотах ниже, чем f_1, не поддаются простой практической оценке, но при проектировании оборудования их нужно учитывать.

В отличие от той части шаблона между частотами f_1 и f_4, которая характеризует величину максимального допустимого в цифровой сети фазового дрожания, часть шаблона ниже частоты f_1 не имеет целью характеризовать максимально допустимый дрейф фазы, который может встретиться на практике. Ниже частоты f_1 шаблон определен таким образом, чтобы там, где необходимо, обеспечение соответствующей емкости буферной памяти на входе оборудования облегчало последнему выдерживать дрейф фазы, возникающий в большой части реального соединения.

Кратковременное изменение знака относительной ОВИ поступающего сигнала по отношению к собственному хронирующему сигналу оконечного оборудования вскоре после того, как произошло управляемое проскальзывание, не должно приводить к новому проскальзыванию. Во избежание такого проскальзывания оборудование должно быть спроектировано с надлежащим гистерезисом в отношении этого явления. Этот гистерезис должен составлять по крайней мере 18 μс.

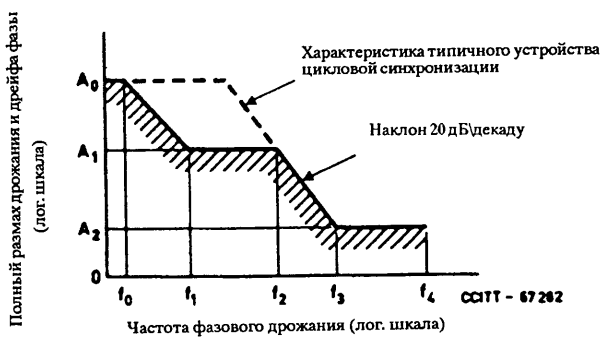


РИСУНОК 3/G.823

Нижний предел максимально допустимого входного дрожания и дрейфа фазы

ТАБЛИЦА 2/G.823

Значения параметров допусков на входное дрожание и дрейф фазы

Значение параметра / Цифровая скорость кбит/с	Полный размах в единичных интервалах			Частота					Псевдослучайный испытательный сигнал
	A_0	A_1	A_2	f_0	f_1	f_2	f_3	f_4	
64 Примечание 1	1,15 (18 μс)	0,25	0,05	$1{,}2 \times 10^{-5}$ Гц	20 Гц	600 Гц	3 кГц	20 кГц	$2^{11}-1$ (Рек. O.152)
2 048	36,9 (18 μс)	1,5	0,2		20 Гц	2,4 кГц (93 Гц)	18 кГц (700 Гц)	100 кГц	$2^{15}-1$ (Рек. O.151)
8 448	152 (18 μс)	1,5	0,2	$1{,}2 \times 10^{-5}$ Гц	20 Гц	400 Гц (10,7 кГц)	3 кГц (80 кГц)	400 кГц	$2^{15}-1$ (Рек. O.151)
34 368	*	1,5	0,15	*	100 Гц	1 кГц	10 кГц	800 кГц	$2^{23}-1$ (Рек. O.151)
139 264	*	1,5	0,075	*	200 Гц	500 Гц	10 кГц	3500 кГц	$2^{23}-1$ (Рек. O.151)

* Значения изучаются

Примечание 1.— Только для сонаправленного стыка.

Примечание 2.— Для внутренних стыков национальных сетей могут быть использованы значения частот (f_2 и f_3), предоставленные в скобках.

Примечание 3.— ЕИ=единичный интервал:

Для 64 кбит/с 1 ЕИ=15,6 μс
Для 2048 кбит/с 1 ЕИ=488 нс
Для 8448 кбит/с 1 ЕИ=118 нс
Для 34 368 кбит/с 1 ЕИ=29,1 нс
Для 139 264 кбит/с 1 ЕИ=7,18 нс.

Примечание 4.— Значение A_0 (18 μс) представляет относительное фазовое отклонение поступающего сигнала относительно собственного хронирующего сигнала, полученного с помощью эталонного задающего генератора. Абсолютное значение A_0 составляет на входе узла (то есть на входе оборудования) 21 μс в предположении, что максимальный дрейф тракта передачи между двумя узлами составляет 11 μс. Разница в 3 μс соответствует 3 μс допуска на долговременное отклонение фазы национального эталонного задающего генератора (Рекомендация G.811, § 3 c).

3.1.2 *Максимальное выходное фазовое дрожание в отсутствие входного фазового дрожания*

Необходимо ограничить величину фазового дрожания, создаваемого отдельными видами оборудования. Рекомендации, относящиеся к конкретным системам, определяют максимальные уровни фазового дрожания, которые могут возникать в отсутствие фазового дрожания на входе. Конкретные предельные нормы зависят от типа оборудования. Они должны соблюдаться независимо от информационной структуры цифрового сигнала. В любом случае нормы не превышают максимальных допустимых сетевых норм. Схема измерения выходного фазового дрожания показана на рис. 1/G.823.

3.1.3 *Характеристики передачи дрожания и дрейфа фазы*

Характеристики передачи фазового дрожания определяют зависимость отношения амплитуды выходного фазового дрожания к амплитуде входного фазового дрожания при заданной скорости передачи. Во многих случаях при наличии фазового дрожания на цифровом входе цифрового оборудования часть его передается на соответствующий цифровой выход. Многим типам цифрового оборудования присуще свойство ослаблять присутствующие на входе высокочастотные составляющие фазового дрожания. Для того, чтобы удерживать в надлежащих пределах фазовое дрожание в цифровом оборудовании, состоящем из однотипных каскадов, необходимо ограничить коэффициент передачи фазового дрожания. Характеристики передачи фазового дрожания для определенного вида цифрового оборудования могут быть измерены с использованием цифрового сигнала, модулированного синусоидальным фазовым дрожанием.

На рис. 4/G.823 представлена общая форма типичной характеристики передачи фазового дрожания. Значения уровней x и —y дБ и частот f_1, f_5, f_6 и f_7 можно найти в соответствующей Рекомендации.

Так как ширина полосы пропускания цепей сглаживания фазы в асинхронном цифровом оборудовании, как правило, превышает 10 Гц, то дрейф фазы входного сигнала может повториться на выходном сигнале практически без ослабления. Однако для некоторых видов цифрового оборудования (например, задающих генераторов узлов) необходимо, чтобы дрейф фазы на выходе по сравнению с дрейфом фазы на входе был значительно ослаблен. Рекомендации МККТТ по синхронному оборудованию окончательно определят предельные значения конкретных характеристик передачи дрейфа фазы.

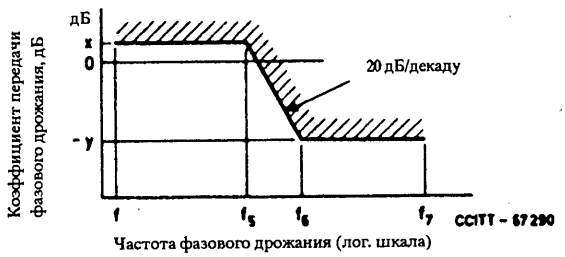


РИСУНОК 4/G.823

Типичные характеристики передачи фазового дрожания

3.2 *Цифровые участки*

Чтобы гарантировать, что предельная сетевая норма (§ 2) не будет превышена в цифровой сети, необходимо удерживать в надлежащих пределах фазовое дрожание, вносимое системами передачи.

Предельные нормы на фазовое дрожание цифровых участков представлены в Рекомендации G.921.

3.3 *Цифровые устройства объединения-разъединения каналов*

Предельные нормы на фазовое дрожание цифровых устройств объединения и разъединения каналов представлены в соответствующих Рекомендациях, касающихся оборудования.

4 Руководящие указания относительно измерений фазового дрожания

Измерения фазового дрожания разделяются на две четко различаемые категории:

— измерения, использующие не определенный заранее сигнал обмена, который в общем случае может рассматриваться как квазислучайный (как правило, применяются в условиях эксплуатации);

— измерения, использующие специальные испытательные последовательности (как правило, применяются в лабораторных и заводских условиях и при приемосдаточных испытаниях).

4.1 *Измерения, использующие не определенный заранее сигнал обмена*

Из-за квазислучайного характера фазового дрожания и его возможной зависимости от интенсивности обмена точные измерения полного размаха фазового дрожания в эксплуатируемых сетях следует производить на большом отрезке времени. Следует ожидать, что на практике, имея опыт работы с конкретными системами, будет возможно установить отклонения от нормы при измерениях на более коротком временном интервале, которые укажут на то, что допустимое предельное значение может оказаться превышенным при измерениях на более длительном интервале.

Сетевые предельные нормы, рекомендованные в § 2, определены таким образом, что вероятность превышения этих уровней очень мала. При реальном наблюдении этих величин для высокой степени уверенности в результатах измерений требуется неприемлемо длительный временной интервал. Учитывая это обстоятельство, может оказаться необходимым ввести меньшее, но связанное с упомянутым выше предельное значение, вероятность возникновения которого больше, что облегчит измерение на приемлемо коротком временном интервале. Эти вопросы являются предметом дальнейшего изучения.

4.2 *Измерения, использующие специальную испытательную последовательность*

Приняв, что характеристики фазового дрожания цифрового оборудования линейного тракта выгодно оценивать с использованием специальной псевдослучайной последовательности двоичных символов (ПСПДС), необходимо определить пределы, соответствующие условиям такого испытания. Хотя использование таких детерминированных испытательных сигналов чрезвычайно полезно при заводских и приемо-сдаточных испытаниях, результаты надо соотнести с эксплуатационной ситуацией, при которой информационная структура сигнала по всей вероятности будет более случайной (например, сигнал телефонного типа). Основываясь на практическом опыте, как правило, можно соотнести измерение, основанное на реальном обмене, с измерением, основанным на использовании ПСПДС, путем применения надлежащего поправочного коэффициента (Приложение А).

Использование ПСПДС при измерении фазового дрожания может иметь недостатки, связанные с тем, что для корректности измерения ПСПДС дожна иметь надлежащий спектральный состав в пределах полосы частот фазового дрожания измеряемой системы. В условиях, когда спектральный состав недостаточен, нужно использовать соответствующую поправку, чтобы измеренная величина имела смысл при сопоставлении с установленными предельными нормами. Этот вопрос является предметом дальнейшего изучения (Приложение А).

4.3 *Взаимодействие испытательного сигнала с устройствами обработки сигналов, входящими в состав систем передачи*

Введение в состав систем передачи дополнительных устройств обработки сигналов часто влияет на наблюдаемые характеристики фазового дрожания. Изучение показало, что передаваемый сигнал, особенно, если он псевдослучайный или имеет высокосложную структуру, проходя через цифровые скремблеры и преобразователи линейного кода вызывает интересные результаты, наблюдаемые как изменения характеристик этих устройств. Все результаты этого взаимодействия приводят к изменению статистических характеристик передаваемого сигнала, вызывая изменение чувствительного к структуре последовательности фазового дрожания, возникающего в каждом регенераторе. Типичным подтверждением этого является то, что последовательные измерения в системе передачи, включающей эти устройства, при которых во всех случаях используются идентичные испытательные сигналы, дают большой разброс значений полного размаха фазового дрожания и его среднеквадратичной амплитуды.

Изучение показало, что на наблюдаемые характеристики фазового дрожания влияют следующие факторы:

— соединения обратной связи как в генераторе испытательной последовательности ПСПДС, так и в скремблере системы передачи;

— число звеньев в генераторе испытательной последовательности ПСПДС и в скремблере системы передачи;

— наличие преобразователя кода в системе передачи.

Следовательно, при выборе испытательного сигнала для целей проверки оборудования на соответствие нормам следует принять во внимание следующие обстоятельства:

a) Не рекомендуется использовать генератор испытательной последовательности ПСПДС с периодом повторения, имеющим общие коэффициенты со скремблером, входящим в состав системы передачи.

b) Если требуется иметь случайный сигнал, нужно избегать одинакового построения генератора испытательной последовательности ПСПДС и скремблера системы передачи.

5 Накопление фазового дрожания в цифровых сетях

Разнообразие конфигураций сети не позволяет рассмотреть каждый возможный случай. При анализе определенной конфигурации сети необходимо использовать информацию о характеристиках фазового дрожания отдельных видов оборудования в сочетании с соответствующими моделями накопления фазового дрожания. Целью Приложения В является обеспечение организаций достаточной информацией, позволяющей провести такие оценки.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.823)

Использование псевдослучайной последовательности двоичных символов (ПСПДС) для измерения фазового дрожания в цифровых линейных, радио- и волоконно-оптических системах

А.1 *Соотношение между измерениями, использующими случайный обмен, и измерениями, использующими ПСПДС*

Часто бывает удобно имитировать случайный сигнал обмена, используя псевдослучайную последовательность двоичных символов (ПСПДС). Однако измерения фазового дрожания, использующие такой испытательный сигнал, имеют тенденцию давать слишком оптимистические значения по сравнению с аналогичным измерением, использующим сигнал обмена, информационная структура которого является в большей степени случайной. Это различие происходит оттого, что сигнал обмена, который, как правило, имеет недетерминированную природу, способен породить почти неограниченный диапазон амплитуд фазового дрожания, в то время как псевдослучайная по своей природе ПСПДС способна породить лишь конечный диапазон амплитуд фазового дрожания. На основе имеющегося эксплуатационного опыта был определен поправочный коэффициент, соотносящий оба вида измерений, однако чрезвычайно трудно определить его точное значение для каждой возможной практической ситуации. Его реальное значение зависит от многих взаимозависимых аспектов, таких как период измерения, протяженность системы, значение Q схемы выделения тактовой частоты, длины последовательности и наличия скремблеров. Чтобы соотнести измерение, использующее случайный обмен (проведенное на сравнительно коротком интервале), с определенной ПСПДС, необходимо использовать следующие поправочные коэффициенты, представляющие, по всей вероятности, хорошее практическое средство для большинства случаев:

— 1,5 при 2048 и 8448 кбит/с (при использовании ПСПДС вида $2^{15}-1$ в соответствии с Рекомендацией О.151);

— 1,3 при 34 368 и 139 264 кбит/с (при использовании ПСПДС вида $2^{23}-1$ в соответствии с Рекомендацией О.151).

Поэтому:

[Расчетная амплитуда фазового дрожания при передаче случайного сигнала (обмена) = поправочный коэффициент × Амплитуда фазового дрожания, измеренная с использованием ределенной ПСПДС]

А.2 *Спектральный состав ПСПДС*

По самой своей природе ПСПДС является периодической и поэтому характеризуется линейчатым энергетическим спектром со спектральными линиями, расставленными через регулярные интервалы. Для получения поддающегося интерпретации результата, при котором ошибка измерения приемлема, необходимо обеспечить, чтобы ПСПДС, используемая при измерении выходного фазового дрожания, имела надлежащий спектральный состав в пределах полосы частот фазового дрожания измеряемой системы. Ширину полосы фазового дрожания на выходе цепи цифровых регенераторов можно представить как функцию коэффициента добротности Q схемы выделения тактовой частоты и числа последовательно включенных регенераторов [1].

Тогда:

$$\text{Полоса частот фазового дрожания} = \frac{f_1}{Q \times n} \text{ [Гц] при больших } n,$$

где

f_1 — частота тактового сигнала, выделенного из поступающего сигнала схемой выделения тактовй частоты;

Q — коэффициент добротности одного регенератора;

n — число последовательно включенных регенераторов

и

$$\text{частота повторения ПСПДС} = \frac{f}{L}\ [\text{Гц}],$$

где

f — скорость передачи двоичных сигналов;

L — длина последовательности

Для получения надлежащего спектрального состава, частота повторения комбинации должна составлять величину, меньше, чем $\frac{1}{y}$ полосы фазового дрожания испытуемой системы. (Для определения значения y требуется дальнейшее изучение.)

Таким образом,

$$\frac{f}{L} \leqslant \frac{f_1}{y \times Q \times n}$$

и

$$L \geqslant y \times n \times Q \times \frac{f}{f_1}.$$

Примеры:

Для линейного кода B6ZS $f = f_1$ и $L \geqslant y \times n \times Q$.

Для безызбыточного четверичного линейного кода $\frac{f}{f_1} = \frac{2}{1}$ и $L \geqslant y \times n \times Q \times 2$.

Если в системе используется скремблер или преобразование кода (например, 4B3T), то это можно принять во внимание, чтобы уменьшить длину испытательной последовательности.

ПРИЛОЖЕНИЕ B

(к Рекомендации G.823)

B.1 *Накопление фазового дрожания в цифровых сетях*

B.1.1 *Соотношения, относящиеся к накоплению фазового дрожания в последовательных цепочках однородного цифрового оборудования*

B.1.1.1 *Цифровые линейные, радио- и волоконно-оптические системы*

При использовании этого типа оборудования накопление фазового дрожания в критической степени зависит от структуры передаваемого сигнала, физического построения устройства выделения тактовой частоты, наличия скремблера/дескремблера и т. д. Были определены некоторые соотношения, относящиеся к накоплению фазового дрожания.

а) *Последовательная цепочка однородных регенераторов*

Большинство используемых в настоящее время цифровых регенераторов обеспечивают полную регенерацию при собственном хронировании; это значит, что временные значащие моменты выходного сигнала восстанавливаются под управлением хронирующего сигнала, выделенного из поступающего информационного сигнала. Наиболее существенный вид фазового дрожания вызван несовершенством схем; из-за этого возникает фазовое дрожание, зависящее от структуры последовательности импульсов в передаваемом цифровом сигнале, которое называется структурно-зависимым фазовым дрожанием. Механизм возникновения фазового дрожания в регенераторе, который был обстоятельно изучен, связан главным образом с несовершенством схемы выделения тактовой частоты [2], [3] и [4].

Так как структурно-зависимое фазовое дрожание на регенеративных участках является преобладающим видом фазового дрожания в сети, обязательно следует рассмотреть, каким образом оно возникает. Применительно к фазовому дрожанию регенеративный повторитель является фильтром нижних частот, воздействующим на фазовое дрожание, присущее входному сигналу, но и сам он также создает фазовое дрожание, как если бы на его входе был включен дополнительный источник фазового дрожания. Если бы это дополнительное фазовое дрожание было по-настоящему случайным (в отличие от структурно-зависимого фазового дрожания), то совокупное среднеквадратичное фазовое дрожание J_N, присущее цифровому сигналу после N регенераторов, выражалось бы приближенным соотношением:

$$J_N \simeq J \times \sqrt[4]{N}, \tag{1}$$

где J представляет собой среднеквадратичное фазовое дрожание одиночного регенератора, вызванное некоррелированными источниками фазового дрожания. Предполагается, что фазовое дрожание, добавляемое на каждом регенераторе, некоррелировано.

Однако бóльшая часть добавляемого фазового дрожания структурно зависима, и, так как структура на каждом регенераторе одинакова, то можно предположить, что на каждом регенераторе в однородной цепи регенераторов добавляется одно и то же фазовое дрожание. Для этого случая можно показать, что низкочастотные компоненты фазового дрожания суммируются линейно, в то время как высокочастотные компоненты с ростом частоты все более и более ослабляются из-за воздействия низкочастотной фильтрации в цепи регенераторов. Если передается случайный сигнал, то среднеквадратичное фазовое дрожание J_N, присущее сигналу после N регенераторов, выражается следующим приближенным соотношением:

$$J_N = J_1 \times \sqrt{2N} \text{ при больших } N, \tag{2}$$

где J_1 представляет собой среднеквадратичное фазовое дрожание одиночного регенератора, порожденное структурно-зависимым механизмом [1].

Примечание 1.— На основе накопленного к настоящему времени эксплуатационного опыта можно говорить, что значения J_1 в диапазоне от 0,4 до 1,5% единичного интервала достижимы при применении приемлемых по стоимости устройств.

Примечание 2.— Реализация выделения тактовой частоты с использованием автоматической подстройки фазы вызывает несколько большую степень накопления, выражаемую приближенным соотношением:

$$J_N = J_1 \times \sqrt{2NA}, \tag{3}$$

где A — коэффициент, зависящий как от числа регенераторов, так и от коэффициента затухания при автоматической подстройке фазы. В данном случае последний параметр обычно выбирается таким, чтобы A в незначительной степени превышало единицу.

Примечание 3.— Реализация выделения тактовой частоты с использованием трансверсального поверхностного акустического фильтра дает степень накопления фазового дрожания, близкую к степени накопления при некоррелированных источниках фазового дрожания. Такое благоприятное накопление фазового дрожания получается благодаря присущей этому способу большой задержке, которая уменьшает корреляцию между выделенным тактовым сигналом и цифровым информационным потоком. Тем самым систематическое структурно-зависимое фазовое дрожание эффективным образом преобразуется в случайное и накапливается почти таким же образом, как и фазовое дрожание, произведенное некоррелированными источниками. Единственным побочным эффектом, который можно заметить, является незначительное ухудшение фазового дрожания стробирования. Такое благоприятное накопление фазового дрожания не обнаруживается при использовании поверхностных акустических резонаторов, так как характер их работы другой [9].

Примечание 4.— Регенераторы, использующие схемы, преобразующие структуру информационной последовательности, эффективным образом имитируют некоррелированные источники фазового дрожания, вызывающие несистематическое накопление фазового дрожания. Например, преобразование структуры, основанное на логическом сложении сигнала и его задержанной версии (последовательность Хаффмана), приводит к накоплению среднеквадратичного фазового дрожания примерно по закону корня четвертой степени от числа регенераторов [8].

Из равенств (1) и (2) можно сделать два важных вывода:

a) при возрастании числа регенераторов структурно-зависимое фазовое дрожание накапливается быстрее, чем структурно-независимое;

b) амплитуда фазового дрожания, образованного цепочкой регенераторов, по мере увеличения числа регенераторов неограниченно возрастает.

Фазовое дрожание, возникающее при случайной структуре цифровой последовательности, также имеет случайную природу с функцией распределения вероятностей, близкой к гауссовой. Следовательно, при данном среднеквадратичном значении (стандартная девиация) может быть рассчитана вероятность превышения любого полного размаха фазового дрожания. Для нормирования часто принимается отношение полного размаха фазового дрожания к его среднеквадратичному значению, лежащее в интервале от 12 до 15, вероятность превышения которого очень мала.

Напротив, когда передаваемый сигнал представляет собой две повторяющиеся комбинации, сменяющие друг друга с низкой частотой, фазовое дрожание представляет собой низкочастотную повторяющуюся волну с амплитудой, пропорциональной числу регенераторов. Это может привести к очень большим амплитудам фазового дрожания. В этих случаях полный размах фазового дрожания (J_{NP}) описывается следующим соотношением:

$$J_{NP} = d \times N, \tag{4}$$

где d представляет собой чувствительное к структуре фазовое дрожание (PSJ), образуемое одиночным регенератором, подвергаемым воздействию периодически сменяющихся комбинаций. Эта зависимость выведена в предположении, что частота повторения достаточно низкая, так что достигаются установившиеся состояния. Конкретное значение зависит от используемой комбинации.

При обычных эксплуатационных условиях такая ситуация маловероятна, так как передаваемый сигнал обычно представляет собой трафик, образованный некоторым числом различных источников (при первичной скорости в линии это может быть и не так) с добавлением сигнала цикловой синхронизации и сигналов управления выравниванием фазы и т. д. Более того, вероятность возникновения фиксированных структур может быть дополнительно уменьшена посредством использования цифровых скремблеров, которые воздействуют в направлении создания случайной структуры сигнала.

b) *Включенные последовательной цепочкой однородные цифровые линейные, радио- и волоконно-оптические системы, в состав которых входят скремблеры и ослабители фазового дрожания.*

Включение скремблеров/дескремблеров в цифровую линейную, радио- или волоконно-оптическую систему следует учитывать, когда такие однородные системы включены последовательной цепочкой. В таких случаях фазовое дрожание, вносимое в каждую систему, некоррелировано и поэтому суммируется по закону корня четвертой степени от числа последовательно включенных систем. Следовательно, среднеквадратичное фазовое дрожание J_M, присущее цифровому сигналу после M цифровых линейных, радио- или волоконно-оптических систем, определяется в соответствии со следующим приближенным соотношением:

$$J_M \simeq J_S \times \sqrt[4]{KM}, \tag{5}$$

где J_S — среднеквадратичное фазовое дрожание одиночной системы, а K — константа, значение которой лежит в интервале от 1 до 2. При больших значениях M $K = 2$.

Если в дополнение к скремблерам имеются ослабители фазового дрожания, накопление фазового дрожания может определяться тем же соотношением с тем отличием, что в этом случае значение J_S существенно меньше. В этих условиях среднеквадратичное фазовое дрожание J_S определяется в соответствии со следующим приближенным соотношением:

$$J_S \simeq 2N\,J\sqrt{\frac{f_c}{B}} \quad \text{для больших } N, \tag{6}$$

где J — среднеквадратичное фазовое дрожание от одиночного регенератора, N — число регенераторов в цепочке, f_c — частота среза ослабителя фазового дрожания и B — половина полосы одиночного повторителя $\left(B = \frac{W_0}{2Q}\right)$.

Примечание.— Правильность соотношений, приведенных в этом разделе, требует дальнейшего изучения. Особенно в том случае, когда применяются ослабители фазового дрожания, так как степень рандомизации, производимой скремблерами, длина которых обычно считается приемлемой, может быть недостаточной, для того чтобы гарантировать, что добавки к фазовому дрожанию в пределах полосы ожидаемых функций передачи фазового дрожания будут некоррелированы до такой степени, что суммирование по закону корня четвертой степени будет преобладающим.

B.1.1.2 *Оборудование объединения/разъединения каналов*

У оборудования этого типа единственным видом фазового дрожания, которое может существенным образом накапливаться, является изменяющееся низкочастотное фазовое дрожание «ожидания», которое может содержать составляющие с частотой в пределах полосы автоподстройки фазы устройства разделения каналов. Ожидается, что суммирование фазового дрожания «ожидания» будет происходить по закону $\sqrt[4]{N}$ и $\sqrt[2]{N}$, где N — число последовательно включенных пар устройств объединения/разъединения каналов [5, 6, 7].

Для вывода более точного соотношения требуется дальнейшее изучение вопроса.

B.2 *Руководство по практическому применению в цифровой сети соотношений по накоплению фазового дрожания*

(Эти вопросы требуют дальнейшего изучения.)

Библиография

[1] BYRNE (C. J.), KARAFIN (R. J.) and ROBINSON (D. R.): Systematic jitter in a chain of digital repeaters, *Bell System Technical Journal*, vol. 42, 1963.

[2] BENNETT (W. R.): Statistics of regenerative digital transmission, *Bell System Technical Journal*, vol. 37, 1958.

[3] ROWE (H. E.): Timing in a long chain of regenerative repeaters, *Bell System Technical Journal*, vol. 37, 1958.

[4] MANLEY (J. M.): Generation and accumulation of timing noise in PCM systems — An experimental and theoretical study, *Bell System Technical Journal*, vol. 48, 1969.

[5] DUTTWELLER (A. L.): Waiting time jitter, *Bell System Technical Journal*, vol. 51, No. 1, Jan. 1972, pp. 165—207.

[6] CHOW (P. E. K.): Jitter due to pulse stuffing synchronization, *IEEE Trans. On Communications*, COM-21, No. 7, July 1973, pp. 854—859.

[7] CLEOBURY (D. J.,): Characteristics of a digital multiplex equipment employing justification techniques, *IEE Conference on Telecommunication Transmission*, 1975, pp. 83—86.

[8] ZEGER (L. E.): The reduction of systematic jitter in a transmission chain with digital regenerators, *IEEE Transaction on Communications Technology*, COM—15(4), 1976.

[9] HIROSAKAI (B.): Jitter accumulation property in a regenerative repeater system with ASWF as a timing extracting filter, *NEC Research and Development*, No. 43, October 1976.

Рекомендация G.824

НОРМИРОВАНИЕ ДРОЖАНИЯ И ДРЕЙФА ФАЗЫ В ЦИФРОВЫХ СЕТЯХ, ОСНОВАННЫХ НА ИЕРАРХИИ 1544 кбит/с

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

МККТТ,

учитывая,

(a) что в цифровых сетях может возникать фазовое дрожание хронирующих импульсов и фазовое дрожание стробирования;

(b) что если не принять надлежащих мер, то при определенных условиях может произойти такое накопление фазового дрожания, что могут возникнуть следующие ухудшения в работе:

i) возрастание вероятности внесения ошибок в цифровые сигналы в точках регенерации в результате смещения хронирующих сигналов относительно их оптимального положения во времени;

ii) внесение в цифровые сигналы неуправляемых проскальзываний в результате переполнения или истощения устройств памяти в цифровом оборудовании, в состав которого входят буферные ЗУ и фазовые компараторы (например, в ослабителях фазового дрожания и некоторых устройствах цифрового группообразования);

iii) снижение качества передаваемой в цифровом виде аналоговой информации в результате фазовой модуляции импульсов выборки, восстановленных в цифроаналоговом преобразователе приемного конца соединения, что может сильно сказаться на представленных в цифровой форме видеосигналах;

(c) что в отличие от других параметров снижения качества в сети фазовое дрожание можно уменьшить по величине посредством использования ослабителей фазового дрожания, и в сложных сетях может оказаться необходимым использовать такие устройства;

(d) что дрейф фазы может возникать в результате изменений характеристик передачи среды и оборудования, включая нарушения при распределении эталонных сигналов синхронизации;

(e) что необходимо обеспечить адаптацию к дрейфу фазы на входах цифрового оборудования, чтобы свести к минимуму управляемые и неуправляемые проскальзывания,

рекомендует

при планировании сетей и разработке оборудования пользоваться следующими руководствами и предельными значениями.

1 Основные принципы нормирования дрожания и дрейфа фазы

Целью приводимого в настоящей Рекомендации подхода является сведение к минимуму в цифровых сетях тех ухудшений, которые вызваны дрожанием и дрейфом фазы. Данный подход охватывает следующее:

a) нормирование сетевых предельных значений, которые не должны быть превышены ни на одном иерархическом стыке;

b) единую структуру для нормирования отдельных видов цифрового оборудования;

c) информацию и руководство для предсказания и анализа накопления дрожания и дрейфа фазы при любой конфигурации сети, облегчения удовлетворительного контроля за снижением качества, вызванного этим накоплением, и для знакомства с характеристиками дрожания и дрейфа фазы в отдельных видах цифрового оборудования;

d) методологию измерений для облегчения точных и периодических измерений дрожания и дрейфа фазы.

Предложения по измерению рекомендуемых ниже параметров можно найти в Дополнении № 3.8 к Рекомендациям серии О (в отношении фазового дрожания) и в Дополнении № 35 (в отношении дрейфа фазы).

2 Сетевые предельные нормы на максимальное выходное фазовое дрожание на иерархических стыках и на дрейф фазы в узлах синхронной сети

2.1 *Сетевые предельные нормы на фазовое дрожание*

Нормирование максимально допустимых значений выходного фазового дрожания на иерархических стыках сети необходимо для обеспечения соединения звеньев цифровой сети (линейный участок, аппаратура группообразования, коммутационные станции) с целью образования цифрового тракта или соединения. Эти предельные нормы должны соблюдаться независимо от числа звеньев сети, включенных перед рассматриваемым стыком. Эти предельные нормы должны находиться в соответствии с минимальным допуском на фазовое дрожание, обеспечиваемым всеми видами оборудования, работающего на одном и том же иерархическом уровне.

В таблице 1/G.824 приведены предельные нормы на максимально допустимое выходное фазовое дрожание на иерархических стыках в цифровой сети. В случаях, когда максимально допустимая амплитуда фазового дрожания имеет место на стыке между двумя странами, принятие надлежащих исправляющих мер предоставляется на усмотрение национальных Администраций. Частое возникновение таких ситуаций маловероятно.

ТАБЛИЦА 1/G.824

Максимальное допустимое фазовое дрожание на иерархических стыках					
	Сетевая предельная норма (полный размах, ЕИ)		Полосовой фильтр с нижней частотой среза f_1 или f_3 и минимальной верхней частотой среза f_4		
Скорость (кбит/с)	B_1	B_2	f_1 (Гц)	f_3 (кГц)	f_4 (кГц)
1 544	5,0	0,1 (примечание)	10	8	40
6 312	3,0	0,1 (примечание)	10	3	60
32 064	2,0	0,1 (примечание)	10	8	400
44 736	5,0	0,1	10	30	400
97 728	1,0	0,05	10	240	1 000

ЕИ — единичный интервал.

Примечание.— Это значение требует дальнейшего изучения.

Для систем, в которых управление выходным сигналом осуществляется от автономного задающего генератора (например, кварцевого генератора), в требованиях к определенным типам оборудования могут быть более жестко определены значения выходного фазового дрожания (например, согласно Рекомендации G.743 среднеквадратичное значение выходного фазового дрожания в аппаратуре объединения-разъединения каналов не должно превышать 0,01 ЕИ).

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

Схема измерения выходного фазового дрожания на цифровом стыке показана на рис. 1/G.824. Конкретные предельные нормы на фазовое дрожание и значения частот среза фильтров представлены в таблице 1/G.824.

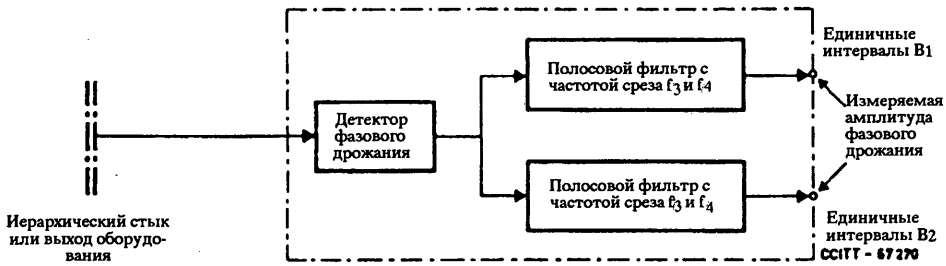


РИСУНОК 1/G.824

Схема измерения выходного фазового дрожания на иерархическом стыке или на выходе оборудования

2.2 *Сетевые предельные нормы на дрейф фазы*

Нормирование сетевого выходного дрейфа фазы в узлах синхронной сети необходимо для обеспечения удовлетворительных характеристик работы сети (например, проскальзывания, пакеты ошибок). Для узлов сети приводимые ниже предельные значения нормируются в предположении, что передаваемый по линии синхросигнал (которому присущи дрожание и дрейф фазы, отклонение частоты и другие виды ухудшения характеристик), несущий информацию хронирования, является неидеальным. Максимальная ошибка временного интервала (МОВИ) (см. Рекомендацию G.811) за период в S секунд не должна превышать:

1) $S < 10^4$; эта область требует дальнейшего изучения;

2) $(10^{-2} S + 10\,000)$ нс; применимо при $S > 10^4$.

Примечание.— Вытекающие отсюда общие требования представлены на рис. 2/G.824.

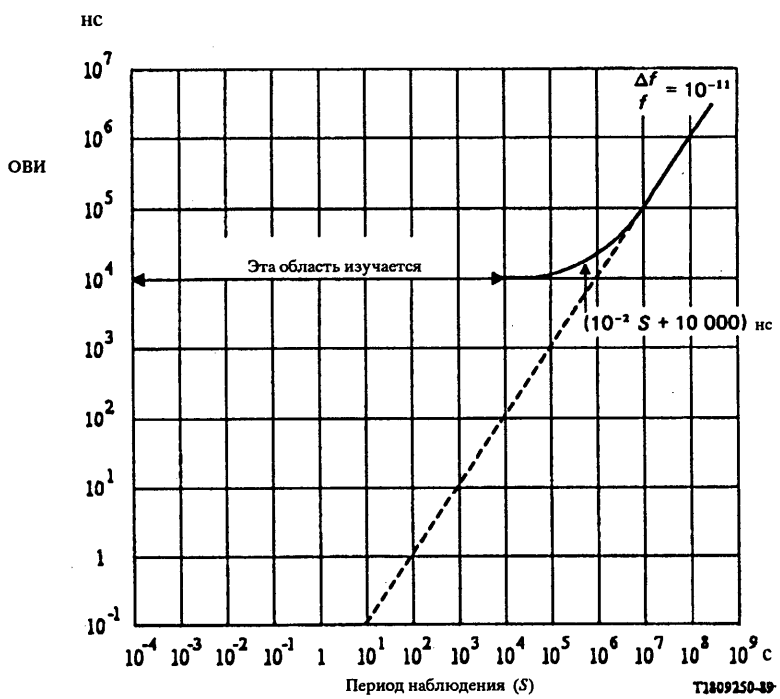


РИСУНОК 2/G.824

Зависимость максимально допустимой ошибки временного интервала (МОВИ) на выходе сетевого узла от периода наблюдения S

Необходимо провести дальнейшее изучение для определения количественной разницы в предельных нормах для транзитных и местных узлов. Кроме того, накопление дрейфа фазы в сетях тесно связано с требованиями к стабильности, содержащимися в Рекомендациях G.811, G.812 и Q.511.

3 Структура нормирования отдельных видов цифрового оборудования

3.1 *Основные принципы нормирования*

Нормирование дрожания и дрейфа фазы по своему существу зависит как от построения сети, так и от построения оборудования. Сетевые аспекты рассмотрены в § 2. Принципиальное значение при рассмотрении характеристик дрожания и дрейфа фазы в цифровом оборудовании имеют следующие параметры:

i) допустимые величины дрожания и дрейфа фазы на входе;

ii) доля этого входного дрожания и дрейфа фазы, проникающего на выход;

iii) величина дрожания и дрейфа фазы, вносимая оборудованием.

В задачу этого раздела входит создание основы для разработки таких требований к оборудованию, которые обеспечат совместимость различных видов оборудования сети с точки зрения характеристик дрожания и дрейфа фазы.

3.1.1 *Допуск на дрожание и дрейф фазы на входах*

Чтобы гарантировать удовлетворительную работу любого оборудования при его подключении к иерархическому стыку сети, входы оборудования должны быть способны выдерживать уровни выходного фазового дрожания сети вплоть до максимальных сетевых предельных норм, определенных в таблице 1/G.824. Нормирование допуска на входное фазовое дрожание в рамках одной Рекомендации, применимой ко всем категориям цифрового оборудования, гарантирует, что во всех элементах сети будет выдерживаться определенный минимальный допуск на фазовое дрожание. Допуск на фазовое дрожание на входе оборудования обычно нормируется посредством указания амплитуды синусоидального фазового дрожания, подача которой на различных частотах не вызывает определяющего ухудшения характеристик ошибок. Этот вид нормирования весьма привлекателен своей простотой, так как по нему очень просто проводить измерения с использованием обычного измерительного оборудования. Однако необходимо помнить, что сами по себе условия испытаний не призваны отражать тип фазового дрожания, реально встречающегося в сети. Поэтому для некоторых видов оборудования, возможно, необходимо нормировать дополнительные измерения допуска на фазовое дрожание, при этом обязательна ссылка на Рекомендацию, касающуюся данного отдельного вида оборудования.

В качестве минимального требования к допуску на фазовое дрожание для оборудования рекомендуется, чтобы все цифровые входы оборудования были способны выдерживать синусоидальные дрожание и дрейф фазы, определяемые рис. 3/G.824 и таблицей 2/G.824. Предельные нормы должны соблюдаться в условиях эксплуатации.

При определении указанных в таблице 2/G.824 требований для частот выше f_3 воздействие фазового дрожания стробирования схемы регистрации символов считается преобладающим. При проведении измерений на соответствие этим требованиям могут быть получены результаты, зависящие от окружения, и, как следствие, возникнет некоторая неоднозначность при их интерпретации. Требование должно быть учтено на стадии проектирования оборудования; в Дополнении № 3.8 (серия О) приводится руководство по проведению не зависимых от окружения измерений.

При определении этих требований воздействие дрейфа фазы считается преобладающим на частотах ниже f_1, и многие виды оборудования передачи, такие как цифровые линейные системы и асинхронные устройства объединения-разъединения каналов, построенные с использованием методов выравнивания фазы, практически прозрачны для этих изменений фазы, происходящих с очень низкой частотой. Однако на входах определенных видов оборудования (например, цифровые станции и синхронная аппаратура объединения-разъединения каналов) все же необходимо ослаблять эти изменения фазы. Приведенное в таблице 2/G.824 требование для частот ниже f_1 не поддается простой практической оценке, но при проектировании оборудования его нужно учитывать.

Допуск на дрейф фазы в оборудовании должен соответствовать сетевым предельным нормам на дрейф фазы, приведенным на рис. 2/G.824. Недостаточный допуск на дрейф фазы на входах синхронного оборудования может привести к управляемым или неуправляемым проскальзываниям в зависимости от используемого метода управления проскальзываниями.

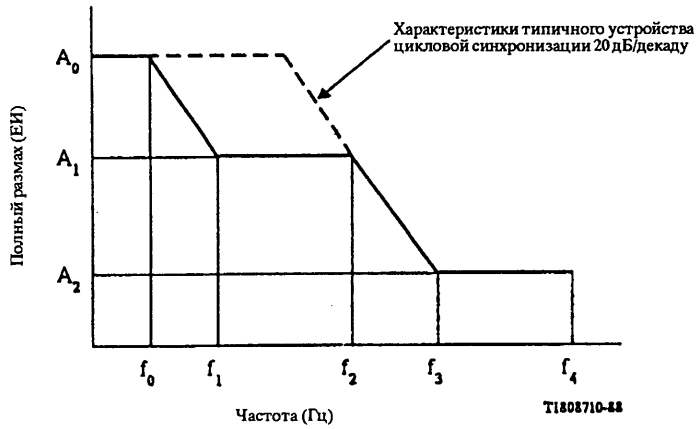


РИСУНОК 3/G.824

Шаблон полного размаха дрожания и дрейфа фазы, допускаемых на входе узла в цифровой сети
(Способ измерения — см. Дополнение № 3.8 (серия О) и Дополнение № 35)

ТАБЛИЦА 2/G.824

Допуск на дрожание и дрейф фазы на входах оборудования (временные значения) (примечание 1)

Скорость кбит/с	Фазовое дрожание (полный размах)			Частота					Испытательный сигнал
	A_0 (μс)	AI (ЕИ)	A2 (ЕИ)	f_0 (Гц)	f_1 (Гц)	f_2 (Гц)	f_3 (кГц)	f_4 (кГц)	
1 544	18 (примечание 2)	5,0	0,1 (примечание 2)	$1{,}2 \times 10^{-5}$	10	120	6	40	$2^{20} - 1$ (примечание 3)
6 312	18 (примечание 2)	5,0	0,1	$1{,}2 \times 10^{-5}$	10	50	2,5	60	$2^{20} - 1$ (примечание 2)
32 064	18 (примечание 2)	2,0	0,1	$1{,}2 \times 10^{-5}$	10	400	8	400	$2^{20} - 1$ (примечание 3)
44 736	18 (примечание 2)	5,0	0,1 (примечание 2)	$1{,}2 \times 10^{-5}$	10	600	30	400	$2^{30} - 1$ (примечание 2)
97 728	18 (примечание 2)	2,0	0,1	$1{,}2 \times 10^{-5}$	10	12 000	240	1000	$2^{23} - 1$ (примечание 2)

Примечание 1.— Необходимо всегда делать ссылку на требования к отдельным видам оборудования, с тем чтобы проверить, не предъявляются ли дополнительные требования к допуску на входное дрожание фазы.

Примечание 2.— Это значение требует дальнейшего изучения.

Примечание 3.— Нельзя допускать длинных цепочек нулей в испытательной последовательности в сетях, в которых не обеспечивается прозрачность для потока 64 кбит/с.

Примечание 4.— Значение A_0 (18 μс) представляет относительное фазовое отклонение поступающего сигнала относительно собственного хронирующего сигнала, полученного с помощью эталонного задающего генератора.

3.1.2 *Характеристики передачи дрожания и дрейфа фазы*

Характеристики передачи фазового дрожания определяют зависимость отношения амплитуды выходного фазового дрожания к амплитуде входного фазового дрожания при заданной скорости передачи. Во многих случаях при наличии фазового дрожания на цифровом входе цифрового оборудования часть его передается на соответствующий цифровой выход. Многим типам цифрового оборудования присуще свойство ослаблять присутствующие на входе высокочастотные составляющие фазового дрожания. В Рекомендациях МККТТ, относящихся к конкретным видам оборудования в конечном счете будут определены предельные значения для соответствующих конкретных характеристик передачи фазового дрожания. Для того, чтобы держать фазовое дрожание в надлежащих пределах в случаях, когда цифровое оборудование состоит из однотипных каскадов, необходимо ограничить значение коэффициента передачи фазового дрожания.

Так как ширина полосы пропускания цепей сглаживания фазы в асинхронном цифровом оборудовании, как правило, превышает 10 Гц, то дрейф фазы входного сигнала может повториться на выходном сигнале практически без ослабления. Однако для некоторых видов цифрового оборудования (например, задающих генераторов узлов) необходимо, чтобы дрейф фазы на выходе по сравнению с дрейфом фазы на входе был значительно ослаблен. Рекомендации МККТТ по синхронному оборудованию в конечном счете определят предельные значения конкретных характеристик передачи дрейфа фазы.

3.1.3 *Собственное дрожание и дрейф фазы*

Собственное дрожание и дрейф фазы определяются как выходное дрожание и дрейф фазы в отсутствие входного дрожания и дрейфа фазы. Для того, чтобы держать в надлежащих пределах накопление дрожания и дрейфа фазы в сети за счет последовательно включенных элементов сети, необходимо ограничивать величину собственного дрожания и дрейфа фазы, возникающих в отдельных видах цифрового оборудования. Предельные нормы на выходное дрожание и дрейф фазы для отдельных видов цифрового оборудования определены в соответствующих Рекомендациях МККТТ по оборудованию. Применяемые реальные предельные нормы зависят от типа оборудования.

3.2 *Цифровые линейные участки*

Чтобы гарантировать, что сетевая предельная норма (§ 2.1) не будет превышена в цифровой сети, необходимо управлять дрожанием и дрейфом фазы, вносимыми системами передачи.

Нормирование фазового дрожания для цифровых линейных участков будет в дальнейшем дано в Рекомендациях G.911—G.915.

3.3 *Цифровая аппаратура объединения-разъединения каналов*

Чтобы гарантировать, что сетевая предельная норма (§ 2.1) не будет превышена в цифровой сети, необходимо управлять дрожанием и дрейфом фазы, вносимыми системами передачи.

Нормирование фазового дрожания для цифровой аппаратуры объединения-разъединения каналов, использующей методы положительного выравнивания, приведено в Рекомендациях G.743 и G.752.

3.4 *Цифровые коммутационные станции*

Чтобы гарантировать, что сетевая предельная норма (которая будет определена в § 2.2) не будет превышена в цифровой сети, необходимо держать в надлежащих пределах характеристику передачи и образование дрожания и дрейфа фазы в цифровых коммутационных станциях.

Нормирование выходного дрейфа фазы в первичных эталонных задающих генераторах дано в Рекомендации G.811. Нормирование дрожания и дрейфа фазы для цифровых транзитных и местных станций дано в Рекомендации Q.541.

4 Накопление дрожания и дрейфа фазы в цифровых сетях

При разнообразии конфигураций сетей существует множество возможностей осуществления соединений. При анализе конкретной конфигурации сети необходимо использовать информацию, касающуюся характеристик фазового дрожания отдельных видов оборудования, вместе с соответствующими моделями накопления фазового дрожания. В Дополнении № 36 приводится информация, призванная помочь организациям в проведении таких оценок.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

РАЗДЕЛ 9

ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ

9.0 Общие положения

Рекомендация G.901

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ЦИФРОВЫХ УЧАСТКОВ И ЦИФРОВЫХ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

(Женева, 1980 г.; с дальнейшими изменениями)

1 Цифровые участки и цифровые системы

В настоящих Рекомендациях термин «цифровой участок» используется как общий термин для обозначения цифрового линейного участка и цифрового радиоучастка. Определение термина дано в Рекомендации G.701 (см. также рис. 1/G.701 и 2/G.960). Цифровые участки определяются как составные части цифровых трактов, работающих на определенных скоростях, и могут рассматриваться как «черные ящики». Рекомендуется, чтобы входы и выходы цифровых участков, используемых в условиях цифровой иерархии (сетевых условиях), были представлены в виде «стыков оборудования» (Рекомендация G.703 для иерархических скоростей или Рекомендация G.931 для неиерархических скоростей). Для цифровых участков, используемых для абонентского доступа к ЦСИС, «границы участка» находятся в эталонной точке T и в соответствующей эталонной точке V. Стыки «пользователь-сеть», которые могут быть организованы в эталонной точке T, определены в Рекомендациях серии I.400, а станционные стыки, которые могут быть организованы в эталонных точках V, определены в Рекомендациях серии Q.500. В Рекомендациях по цифровым участкам содержатся общие для сети требования, применимые к цифровым радиопередающим системам, цифровым системам передачи по металлическим и оптическим кабелям. Требования к качеству работы соотносятся с сетевыми эксплуатационными нормами.

Цифровые линейные и радиосистемы являются средствами создания цифровых участков. В Рекомендациях по цифровым линейным и радиосистемам для цифровых участков, работающих на данной скорости, могут быть рекомендованы конкретные средства и методы передачи. Требования к качеству работы цифровых линейных и радиосистем являются руководством для разработчиков систем (проектные нормы на оборудование); они могут быть соотнесены с условными эталонными цифровыми участками с определенной структурой.

Все цифровые линейные и радиосистемы, работающие на данной скорости передачи и предназначенные для использования в конкретной части сети, должны соответствовать характеристикам цифрового участка, пригодного для этого сетевого применения.

Требования к цифровым радиосистемам определены в Рекомендациях МККР.

2 Международные соединения

Для международных соединений МККТТ рекомендует:

1) в качестве предпочтительного решения для соединений на стыках оборудования, работающих на иерархических скоростях,— соединения, показанные на рис. 1a)/G.901 и 2a)/G.901;

2) в качестве решения второго уровня приоритетности для соединений на стыках оборудования, работающих на неиерархических скоростях,— соединения, показанные на рис. 2b)/G.901;

3) чтобы линейные стыки, изображенные на рис. 1b)/G.901 и 2c)/G.901, не использовались в качестве точек международного соединения.

Все параметры, необходимые для соединения на стыках оборудования, приводятся в той части Рекомендации, в которой рассматриваются «Характеристики цифровых линейных участков».

Под стыками оборудования в последующих Рекомендациях подразумеваются стыки, нормированные в Рекомендации G.703, которые могут относиться либо к соединениям непосредственно между оконечным оборудованием, либо к соединению на цифровом кроссе.

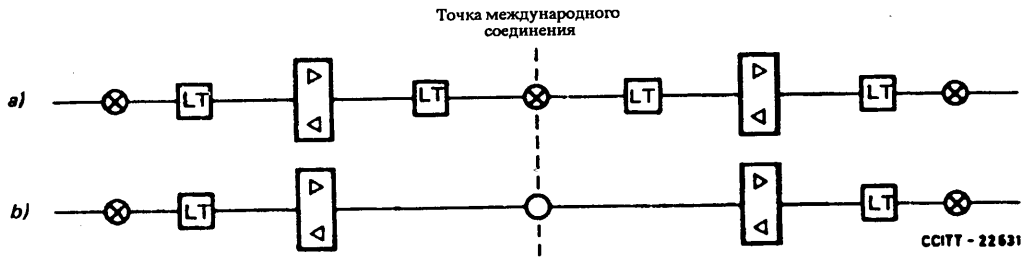


РИСУНОК 1/G.901

Возможные варианты соединения линейных систем передачи, работающих на иерархических скоростях

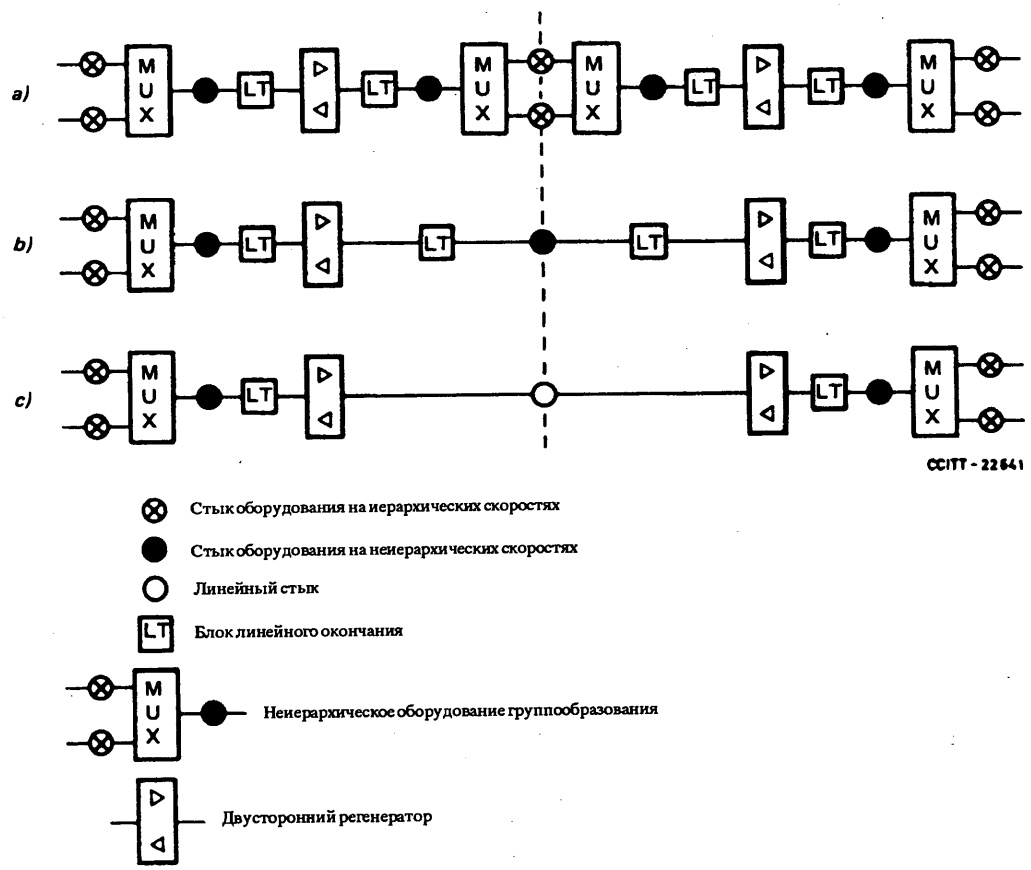


РИСУНОК 2/G.901

Возможные варианты соединения линейных систем передачи, работающих на неиерархических скоростях

3 Абонентский доступ к ЦСИС

Цифровые участки и цифровые линейные системы для абонентского доступа к ЦСИС рекомендуются конкретно для этих применений и не являются частью «цифровой иерархии». Тогда как другие Рекомендации по цифровым участкам и цифровым линейным системам являются симметричными (то есть линейные окончания выполняют одни и те же функции на обоих концах), Рекомендации по абонентскому доступу к ЦСИС являются несимметричными в отношении некоторых функций (например, хронирование по битам, хронирование октетов, активация/деактивация, электропитание, эксплуатация и техническое обслуживание). Это объясняется асимметрией, присущей распределительной сети местных линий, и различными требованиями, предъявляемыми станционными стыками к стыкам «пользователь—сеть».

Библиография

Рекомендация МККТТ *Эксплуатационные нормы передачи и Рекомендации*, том III, Рекомендация G.102.

9.1 Цифровые линейные участки с иерархическими скоростями, основанными на первичной скорости 1544 кбит/с

Рекомендации G.911—G.915 были исключены.

9.2 Цифровые участки с иерархическими скоростями, основанными на первичной скорости 2048 кбит/с

Рекомендация G.921

ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ, ОСНОВАННЫЕ НА ИЕРАРХИИ 2048 кбит/с

(Малага-Торремолинос, 1984 г; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

1 Характеристики цифровых участков

1.1 *Общие характеристики*

1.1.1 *Скорость передачи*

Цифровые участки, основанные на иерархии 2048 кбит/с, должны обеспечивать передачу сигналов с номинальными скоростями при допусках, указанных в таблице 1/G.921.

ТАБЛИЦА 1/G.921

Допуски на передаваемые сигналы

Номинальная скорость (кбит/с)	2048	8448	34 368	139 264
Допуск (частей на миллион)	50	30	20	15

Примечание.— Цифровые участки 2048 кбит/с могут при одном и том же окружении работать синхронно или плезиохронно.

1.1.2 *Особые свойства*

Цифровые участки, основанные на иерархии 2048 кбит/с, должны быть независимыми от структуры последовательности битов.

1.2 *Характеристики стыков*

Цифровые стыки должны соответствовать Рекомендации G.703.

1.3 *Эксплуатационные нормы*

Эксплуатационные требования (например, ошибки, фазовое дрожание и коэффициент готовности) нормируются по условному эталонному цифровому участку (УЭЦУ). Такая модель определена в Рекомендации G.801.

1.3.1 *Характеристики ошибок*

В зависимости от различных случаев применения на разных частях соединения, нормированных в Рекомендации G.821, в таблице 2/G.921 были определены различные классы качества участков.

1.3.2 *Фазовое дрожание*

Чтобы гарантировать, что сетевая предельная норма на фазовое дрожание (см. § 2 Рекомендации G.823) не будет превышена в цифровой сети, необходимо удерживать в надлежащих пределах фазовое дрожание, вносимое системами передачи.

1.3.2.1 *Введение*

Спецификация фазового дрожания относится к условным эталонным цифровым участкам (УЭЦУ), определенным в таблице 2/G.921.

Приведенные ниже предельные нормы были получены исходя из того, что только несколько цифровых участков могут быть соединены последовательно, и, кроме того, не учитывалось фазовое дрожание, источником которого является асинхронное оборудование группообразования. Однако при определенных реальных конфигурациях сети некоторые Администрации могут счесть необходимым иметь большее число последовательных участков наряду с большим количеством асинхронного цифрового оборудования. Для эффективного удержания фазового дрожания в надлежащих пределах в таких ситуациях может потребоваться соблюдение более строгих предельных норм и/или использование других средств сведения фазового дрожания к минимуму.

Все приведенные ниже предельные нормы для цифровых участков должны соблюдаться на всех участках независимо от длины и количества регенерационных усилителей.

Важно отметить, что предельные нормы должны соблюдаться независимо от передаваемого сигнала. В таких случаях выбор испытательной последовательности оставляется на усмотрение национальных Администраций. Необходимо принимать во внимание руководящие указания в отношении измерений, приведенные в § 4 Рекомендации G.823.

1.3.2.2 *Нижний предел допустимого входного фазового дрожания*

Необходимо соблюдать требования, приведенные на рис. 2/G.823 и в таблице 2/G.823.

Примечание.— Признается, что для линейного участка 2048 кбит/с и в реальных условиях наличия помех, возможно, придется уменьшить максимально допустимое входное фазовое дрожание в полосе частот f_3—f_4 (но сохраняя существующий наклон 20 дБ/декаду в полосе частот ниже f_3, в результате чего значение частоты f_2 станет несколько ниже). Учитывая то, что эти участки используются на самых низких уровнях сети и что реальные источники 2048 кбит/с имеют очень низкое выходное фазовое дрожание в полосе высоких частот (см. Рекомендации G.732, G.742 и Q.551), результирующее качество работы будет вполне удовлетворительным.

1.3.2.3 *Характеристики передачи фазового дрожания*

Максимальное усиление функции передачи фазового дрожания не должно превышать 1 дБ.

Примечание 1.— Нижний предел частоты должен быть как можно меньше с учетом ограничений измерительного оборудования. Значение порядка 5 Гц считается приемлемым.

Примечание 2.— Для линейных участков со скоростью 2048 кбит/с, соответствующих альтернативному варианту национального стыка (примечание 2 к таблице 2/G.823), допускается усиление фазового дрожания в 3 дБ.

ТАБЛИЦА 2/G.921

Классификация качества цифровых участков по характеристикам ошибок

Класс качества участка	Длина УЭЦУ (км) (см. рис. 4/G.801) (примечание 2)	Распределение норм (примечания 3, 4)	Используется при классах канала (см. рис. 1/G.821) (примечания 5, 6)
1	280	0,45%	Высокое качество
2	280	2%	Среднее качество
3	50	2%	Среднее качество
4	50	5%	Среднее качество

Примечание 1.— Не предполагается ограничивать ни один из классов качества какими-то определенными скоростями передачи. Возможность введения дополнительных вариантов (например, в отношении длины) требует дальнейшего изучения.

Примечание 2.— Указанные здесь значения длины участка — это те значения, которые определены в Рекомендации G.801. Предполагается, что они соответствуют максимальной длине реальных цифровых участков. Если реальный цифровой участок короче, норма на коэффициент ошибок (то есть процентная величина в третьей колонке) уменьшена не будет. Здесь учитывается, что:

— во многих линейных системах (особенно использующих медные пары проводов) большинство ошибок по битам возникает на концах системы;

— из экономических соображений системы связи на близкое расстояние могут проектироваться в расчете на больший коэффициент ошибок на километр, чем системы связи на дальнее расстояние.

Если имеется реальный цифровой участок большей протяженности (например, 450 км), то общая норма, отводимая на этот участок, должна соответствовать норме на целое число УЭЦУ (того же класса качества), суммарная протяженность которых по крайней мере такая же, как и протяженность реального участка (например, 2 × 280 км).

Примечание 3.— Величины в этой колонке являются частями от общего снижения качества (на скорости 64 кбит/с), нормированного в Рекомендации G.821, то есть от 8% пораженных ошибками секунд, от 10% минут низкого качества и от 0,1% сильно пораженных ошибками секунд, которые распределяются по тем же правилам, что и два других параметра.

Примечание 4.— Для получения данных относительно характеристик ошибок на скорости 64 кбит/с при измерении ошибок на первичной и более высоких скоростях следует пользоваться способом, описанным в Приложении D к Рекомендации G.821.

Приложение 5.— Может также использоваться на участке соединения более низкого качества, определенном на рис. 1/G.821.

Примечание 6.— Для того, чтобы учесть неблагоприятные условия распространения в радиосистемах, что было подробно рассмотрено в Рекомендации G.821, для 2500 км УЭЦТ радиорелейных систем, работающих на участке УЭС высокого и среднего качества, был введен дополнительный процент сильно пораженных ошибками секунд, равный 0,05%. Для участка 280 км это соответствует величине 0,0055%, которая должна быть добавлена к норме, отведенной для классов качества участка 1 и 2, применительно к сильно пораженным ошибками секундам.

Это приведет к появлению дополнительного допуска в 0,025% сильно пораженных ошибками секунд для части соединения среднего качества, если он целиком реализован с использованием радиоучастков класса 1. Когда часть сети среднего качества реализована с использованием смешанного соединения участков различных классов, то по усмотрению Администраций часть этого дополнительного допуска может быть отведена классам 3 и 4.

Принимая во внимание, что в § 3.3 b) Рекомендации G.821 предполагалось, что число радиоучастков в УЭС и возникновение эффекта худшего месяца носят вероятностный характер, возможно, необходимо учитывать вероятность одновременного возникновения эффекта худшего месяца на всех радиоучастках соединения. Статистическая модель, предназначенная для использования при планировании сети и оценке качества работы, с тем чтобы оценить согласованность данного соединения с общей нормой, содержащейся в Рекомендации G.821, находится в стадии изучения.

1.3.2.4 *Выходное фазовое дрожание в отсутствие фазового дрожания на входе*

Максимальный полный размах амплитуды фазового дрожания в отсутствие фазового дрожания на входе для любого возможного состояния сигнала не должен превышать предельную норму, приведенную в таблице 3/G.921.

ТАБЛИЦА 3/G.921

Максимальное выходное фазовое дрожание для цифрового участка в отсутствие фазового дрожания на входе

(Измерения проводятся в соответствии с методом, представленным на рис. 1/G.823)

Скорость (кбит/с)	Длина УЭЦУ (км)	Максимальное выходное фазовое дрожание для цифрового участка		Полоса частот измерительного фильтра		
		Предельные значения для низких частот (f_1-f_4), полный размах в единичных интервалах	Предельные значения для высоких частот (f_3-f_4), полный размах в единичных интервалах	Полосовой фильтр с нижней частотой среза f_1 или f_3 и верхней частотой среза f_4		
				f_1	f_3	f_4
2 048	50	0,75	0,2	20 Гц	18 кГц (700 Гц)	100 кГц
8 448	50	0,75	0,2	20 Гц	3 кГц (80 кГц)	400 кГц
34 368	50	0,75	0,15	100 Гц	10 кГц	800 кГц
34 368	280	0,75	0,15	100 Гц	10 кГц	800 кГц
139 264	280	0,75	0,075	200 Гц	10 кГц	3 500 кГц

Примечание.— Для стыков в пределах национальных сетей могут быть использованы значения частот (f_2 и f_3), указанные в скобках.

1.3.3 *Готовность*

Вопрос изучается.

Это требование к качеству будет определено с учетом Рекомендаций G.821, E.800 и Рекомендации 557 МККР.

1.4 *Состояния неисправности и соответствующие действия*

1.4.1 *Состояния неисправности*

На цифровых участках должна быть предусмотрена возможность обнаруживать следующие состояния неисправности.

1.4.1.1 *Отказ источника вторичного питания оконечного оборудования линейного тракта*

Примечание.— «Линейный» относится как к кабельному, так и радиорелейному оборудованию.

1.4.1.2 *Коэффициент ошибок* $> 1 \cdot 10^{-3}$

Соответствующие действия должны предприниматься, когда коэффициент ошибок оценивается как превышающий $1 \cdot 10^{-3}$. Следует использовать какую-либо форму проверок на постоянство параметров, чтобы с надлежащей уверенностью установить наличие состояния неисправности. В любом случае индикация аварии должна осуществляться через 500 мс после возникновения состояния неисправности; этот период включает обнаружение неисправности и время любой проверки на постоянство параметров.

Индикация аварии должна прекращаться, как только устанавливается с надлежащей уверенностью, что состояние неисправности исчезло.

1.4.1.3 *Пропадание сигнала в приемном оконечном оборудовании*

Примечание.— Обнаружение этого состояния неисправности требуется только в том случае, когда оно не приводит к индикации «коэффициент ошибок $> 1 \cdot 10^{-3}$».

1.4.1.4 *Потеря синхронизации при использовании алфавитных линейных кодов или дополнительных циклов*

Примечание.— Обнаружение этого состояния неисправности требуется только в том случае, когда оно не приводит к индикации «коэффициент ошибок $> 1 \cdot 10^{-3}$».

1.4.1.5 *Пропадание входного сигнала на стыке*

1.4.2 *Последующие действия*

Вслед за обнаружением состояния неисправности должны предприниматься соответствующие действия, нормированные в таблице 4/G.921.

ТАБЛИЦА 4/G.921

Состояния неисправности и соответствующие действия для цифровых участков, основанных на иерархии 2048 кбит/с

Оборудование	Состояние неисправности	Аварийная сигнализация, требующая эксплуатационного вмешательства		СИА к	
		срочная	несрочная (см. примечание)	Сторона линии	Сторона стыка
Оконечное оборудование линейного тракта	Отказ источника вторичного питания	да		если целесообразно	если целесообразно
Только сторона линии	Коэффициент ошибок $> 1 \cdot 10^{-3}$	да			да
	Потеря сигнала в приемном оконечном оборудовании	да			да
	Потеря синхронизации при использовании алфавитных линейных кодов или дополнительных стыков	да			да
Только сторона стыка	Потеря входного сигнала	да		да	

Примечание.— Что касается сетевых эксплуатационных норм, необходимы критерии активации несрочной аварийной сигнализации, требующей эксплуатационного вмешательства. По возможности они должны предусматриваться системами.

1.4.2.1 Индикация аварии, требующая срочного эксплуатационного вмешательства, выдаваемая для обозначения того, что качество работы находится ниже приемлемых норм и что на местах требуется вмешательство персонала.

Примечание.— Вопрос размещения и обеспечения любой визуальной и/или звуковой аварийной сигнализации, которая включается посредством индикации аварии, указанной выше в § 1.4.2.1, оставляется на усмотрение каждой отдельной Администрации.

1.4.2.2 СИА, подаваемый в сторону линии (см. примечания 1 и 2)

1.4.2.3 СИА, подаваемый в сторону стыка

Примечание 1.— Эквивалентным двоичным содержанием сигнала индикации аварии (СИА) является непрерывный поток единиц.

Примечание 2.— Скорость этого СИА должна находиться в пределах допусков, определенных в таблице 1/G.921.

Примечание 3.— В случае отказа источника питания СИА должен подаваться только в том случае, если это целесообразно.

1.4.3 *Временные требования для применения СИА*

В общем случае СИА должен передаваться сразу при обнаружении состояний неисправности, указанных в таблице 4/G.921, за исключением СИА при состоянии неисправности «коэффициент ошибок $> 1 \cdot 10^{-3}$»; в последнем случае следует соблюдать временные требования, приведенные в § 1.4.1.2.

Примечание.— Для чисто национальных цифровых участков и в случае наличия соглашения между участвующими странами для цифровых участков, пересекающих международные границы, может потребоваться вариант задержки передачи СИА до нескольких секунд, когда управление подачей СИА осуществляется посредством процесса контролирования пороговой величины по Рекомендации G.921, основанного на использовании параметра сильно пораженных ошибками секунд из Рекомендации G.821. В течение этих нескольких секунд в международных цифровых трактах могут появиться короткие аварийные сигналы, передаваемые в «нисходящем» направлении, которые направляются по чисто национальным цифровым участкам.

9.3 Цифровые линейные системы передачи по кабелю на неиерархических скоростях

Рекомендация G.931

ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ УЧАСТКИ 3152 КБИТ/С

(бывшая Рекомендация G.921 тома III Желтой книги)

1 Характеристики стыков

Цифровые стыки на скорости 3152 кбит/с должны соответствовать нормам на стыки, приведенным в Приложении А.

2 Нормы качества работы

2.1 *Характеристики ошибок*

Вопрос изучается.

2.2 *Фазовое дрожание*

2.2.1 *Нижний предел максимально допустимого фазового дрожания на входе*

Вопрос изучается.

2.2.2 *Максимальное фазовое дрожание на выходе*

Вопрос изучается.

2.2.3 *Максимальное фазовое дрожание на выходе в отсутствие фазового дрожания на входе*

Вопрос изучается.

2.2.4 *Функция передачи фазового дрожания*

Вопрос изучается.

2.3 *Готовность*

Вопрос изучается.

3 Состояния неисправности и последующие действия

Вопрос изучается.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.931)

Стык на скорости 3152 кбит/с

А.1 Соединения для передачи сигналов со скоростью 3152 кбит/с производятся на цифровом кроссе.

А.2 Скорость сигнала должна составлять 3152 кбит/с $\pm 30 \times 10^{-6}$.

А.3 Для каждого направления передачи должна быть использована одна симметричная скрученная пара проводов. Гнездо кросса для подключения пары, по которой на кросс подаются сигналы, называется входным гнездом.

Гнездо кросса для подключения пары, по которой сигналы уходят с кросса, называется выходным гнездом.

А.4 Измерительное сопротивление нагрузки — 100 Ом, активное.

А.5 Должен применяться биполярный код (ЧПИ). Чтобы обеспечить надлежащую информацию хронирования, минимальная плотность импульсов на любом участке, охватывающем 130 следующих друг за другом временных интервалов, должна составлять 1 импульс на 8 интервалов. При проектировании исходят из того, что долговременная плотность импульсов должна быть равна 0,5. Чтобы обеспечить в системах надлежащие характеристики фазового дрожания, схемы выделения хронирующей частоты должны иметь $Q = 1200 \pm 200$, что может быть реализовано на одном резонансном контуре.

А.6 Форма одиночного импульса, наблюдаемого на выходном или входном гнезде, должна соответствовать требованиям, приведенным в таблице А-1/G.931. На этом стыке нет необходимости иметь выброс импульса.

А.7 Во временном интервале, содержащем «0» (пробел), полный размах напряжения, вызываемого другими импульсами, которые соответствуют нормам, указанным в таблице А-1/G.931, не должно превышать 0,1 от максимальной амплитуды импульса.

ТАБЛИЦА А-1/G.931

Цифровой стык на скорости 3152 кбит/с

Месторасположение стыка		Цифровой кросс
Скорость		3152 кбит/с $\pm 30 \cdot 10^{-6}$
Пара(ы) в каждом направлении передачи		Одна симметричная скрученная пара
Код		Биполярный (ЧПИ)
Измерительное сопротивление нагрузки		100 Ом, активное
Характеристики импульса	Номинальная форма	Прямоугольная
	Номинальная амплитуда	3,0 В
	Ширина (на уровне 50% амплитуды)	159 ± 30 нс
	Время нарастания и спада (20—80% амплитуды)	≤ 50 нс (разность между временем нарастания и временем спада должна составлять 0 ± 20 нс)
Мощность сигнала, состоящего из одних «1» и измеренного в полосе частот 10 МГц		16,53 ± 2 дБм [отношение мощности положительных импульсов к мощности отрицательных импульсов должно составлять 0 ± 0,5 дБ]

9.4 Цифровые линейные системы, обеспечиваемые с помощью носителей передачи с ЧРК

Рекомендация G.941

ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ НОСИТЕЛЕЙ ПЕРЕДАЧИ С ЧРК

(Женева, 1980 г; с дальнейшими изменениями)

МККТТ,

учитывая,

(a) что имеется настоятельная необходимость в обеспечении средствами связи на дальние расстояния главным образом нетелефонных служб (например, передача данных, факсимильная связь, видеотелефония) для внутринационального использования и международного взаимодействия и что эти нетелефонные службы нуждаются в цифровой передаче с низкой и средней скоростью (например, первичные и вторичные иерархические уровни);

(b) что цифровые тракты связи на дальние расстояния начинают становиться доступными, но тем не менее всеобщее внедрение этих средств займет определенное время;

(c) что имеется возможность использовать для передачи цифрового потока аналоговые тракты с ЧРК, нормированные в Рекомендации G.211 [1], или частоты внутри или по всей полосе, используемой аналоговыми системами с ЧРК, определенными в разделе 3 Рекомендаций серии G, и что некоторые такие передачи уже реализованы,

рекомендует,

чтобы цифровые линейные системы, обеспечиваемые с помощью носителей передачи с ЧРК, удовлетворяли следующим требованиям:

1 Общие характеристики

Для передачи цифровых сигналов с помощью носителей передачи с ЧРК могут применяться два основных способа:

— первый способ состоит в использовании либо части, либо всей полосы, обычно занимаемой системами с ЧРК [передача данных в полосе тональных частот (ПДвПТЧ)],

— второй способ состоит в использовании полосы вне обычно занимаемой системами с ЧРК [передача данных вне полосы тональных частот (ПДвнеПТЧ)].

Международные соединения должны происходить на цифровых иерархических уровнях с использованием стыков, определенных в Рекомендации G.703.

Так как эти цифровые линейные системы передачи на носителях с ЧРК могут образовывать часть цифрового тракта, нормы качества работы, выраженные в нормах на коэффициент ошибок, фазовое дрожание и коэффициент готовности, должны находиться в соответствии с Рекомендациями раздела 9 Рекомендаций серии G по цифровым линейным участкам на соответствующих частотах.

Системы должны быть спроектированы таким образом, чтобы требования к качеству, приведенные в соответствующих Рекомендациях применительно к аналоговым каналам, по-прежнему выполнялись.

Администрации, предполагающие использовать в своих сетях цифровые линейные системы, обеспечиваемые носителями с ЧРК, должны обеспечить, чтобы на обоих концах тракта использовались совместимые друг с другом виды оборудования. Выбор систем, используемых на международных трактах, должен осуществляться по соглашению между заинтересованными Администрациями.

Применение цифровых линейных систем передачи, обеспечиваемых носителями передачи с ЧРК, для соединения между цифровыми и аналоговыми сетями описывается в Дополнении № 28.

2 Системы ПДвПТЧ

2.1 Характеристики систем ПДвПТЧ, обеспечивающих цифровую передачу на иерархических скоростях по аналоговым системам вч передачи, нормированы в Рекомендации G.211 [1].

Примечание.— Примеры иерархических цифровых линейных систем ПДвПТЧ приведены в Приложении А. Примеры цифровых линейных систем ПДвПТЧ, имеющих на аналоговых или цифровых стыках неиерархические уровни, приведены в Приложении В.

2.1.1 *Цифровой стык*

Цифровой стык системы ПДвПТЧ должен удовлетворять требованиям соответствующих разделов Рекомендации G.703.

2.1.2 *Аналоговый стык*

2.1.2.1 *Полоса частот*

Полоса частот сигнала ПДвПТЧ должна быть перемещена в полосу частот, определенную в § 1 Рекомендации G.211.

2.1.2.2 *Уровень мощности*

Относительный уровень мощности на кроссе должен удовлетворять требованиям соответствующих параграфов Рекомендации G.233.

Средний уровень мощности широкополосного сигнала в полосе частот, определенной в § 2.1.2.1, не должен превышать — $15+10 \log_{10} n$ дБм0, где n — общее число телефонных каналов в аналоговой системе, заменяемых цифровыми каналами.

Чтобы ограничить влияние перекрестной модуляции, уровень мощности каждого отдельного спектрального компонента в полосе частот, определенной в § 2.1.2.1, не должен превышать —10 дБм0.

2.1.3 *Помехи аналоговым сигналам со стороны сигнала ПДвПТЧ*

Суммарная мощность распределенных помех, вызванных сигналом ПДвПТЧ, измеренная в полосе 3,1 кГц, соответствующей телефонному каналу, на любом участке вне полосы частот, нормированной в § 1 Рекомендации G.211, должна быть меньше, чем —73 дБм0п.

Одиночная помеха тональной частоты должна быть меньше, чем — 73 дБм0.

2.1.4 *Характеристики системы ПДвПТЧ*

Характеристики, относящиеся к коэффициенту ошибок, фазовому дрожанию и коэффициенту готовности, должны удовлетворять нормам соответствующих Рекомендаций серии G.900.

2.2 *Характеристики аналогового тракта, используемого для передачи сигнала ПДвПТЧ*

Аналоговый тракт, используемый для передачи сигнала ПДвПТЧ, не должен включать более трех транзитных соединений. Может оказаться необходимым исключить некоторые позиции полосы сигнала ПДвПТЧ в аналоговой системе вч передачи.

Примечание.— В отношении таких характеристик, как частотные искажения затухания, фазовое дрожание и искажения группового времени прохождения, можно обратиться к Рекомендациям серии Н.

3 Системы ПДвнеПТЧ

3.1 *Характеристики систем ПДвнеПТЧ, обеспечивающих цифровую передачу 2048 кбит/с по аналоговым линейным системам с ЧРК, определенным в Рекомендациях G.332 [2], G.334 [3], G.344 [4], G.345 [5] и G.346 [6]*

3.1.1 *Цифровой стык*

Цифровой стык системы ПДвнеПТЧ должен удовлетворять § 6 Рекомендации G.703.

3.1.2 *Помехи аналоговому сигналу со стороны сигнала ПДвнеПТЧ*

Увеличение суммарной распределенной мощности помех, вызванных сигналом ПДвнеПТЧ, измеренное в любой полосе 4 кГц, не должно превышать 750 пВт0п при эталонной протяженности 2500 км (менее, чем 0,3 пВт0п/км).

Примечание.— Суммарная распределенная мощность помех в линии, когда по ней передаются аналоговые сигналы и сигналы ПДвнеПТЧ, не должна превышать 7500 пВт0п при эталонной протяженности 2500 км (менее, чем 3 пВт0п/км).

Уровень одиночной помехи тональной частоты не должен превышать — 70 дБм0.

3.1.3 *Характеристики систем ПДвнеПТЧ*

Характеристики, относящиеся к коэффициенту ошибок, фазовому дрожанию и коэффициенту готовности должны соответствовать Рекомендации G.921.

3.2 *Характеристики линейных систем с ЧРК, используемых для передачи сигнала ПДвнеПТЧ*

Для обеспечения прямого соединения при передаче сигналов ПДвнеПТЧ в системах с ЧРК, паразитные аналоговые сигналы в полосе частот сигнала ПДвнеПТЧ должны быть подавлены до подачи в точку соединения до уровня мощности —60 дБм0 в полосе 4 кГц.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.941)

Примеры иерархических систем ПДвПТЧ

Администрация	Цифровой стык	Аналоговый стык	Характеристики системы ПДвПТЧ
NTT	1544 кбит/с Рек. G.703, § 2	Третичная группа (812—2044 кГц)	Рек. G.911
ФРГ	2048 кбит/с Рек. G.703, § 6	Третичная группа (812—2044 кГц)	Рек. G.921
NTT	6312 кбит/с Рек. G.703, § 3	Третичная группа (812—2044 кГц)	Рек. G.912
ФРГ	8448 кбит/с Рек. G.703, § 7	Четверичная группа (8516—12 388 кГц)	Рек. G.921
Италия	8448 кбит/с Рек. G.703, § 7	Блок из 15 вторичных групп (312—4028 кГц)	Рек. G.921

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(к Рекомендации G.941)

Примеры систем, отличных от рекомендуемых в Рекомендации G.941
(см. примечание 1)

Администрация	Скорость (кбит/с)	Аналоговый стык	Расчетный коэффициент ошибок для регенерационного участка
Франция (см. примечание 2)	704	Вторичная группа (312—552 кГц)	10^{-8}
Нидерланды	2048	2 вторичных группы	10^{-8}

Примечание 1.— Модемы для передачи цифровых сигналов при 48—72 кбит/с или вдвое более высоких скоростях являются предметом Рекомендаций V.36 и V.37.

Примечание 2.— Цифровой стык этой аппаратуры ПДвПТЧ на скорости 2048 кбит/с соответствует § 6 Рекомендации G.703, а структура цикла — § 3.3.1 Рекомендации G.704. Из 32 временны́х интервалов эффективно используются лишь 11 (включая ВИ0), полезная скорость поэтому равна 10×64 кбит/с. Другие характеристики системы ПДвПТЧ соответствуют § 2 настоящей Рекомендации.

Библиография

[1] Рекомендация МККТТ *Состав тракта передачи*, том III, Рек. G.211.

[2] Рекомендация МККТТ *12 МГц-системы передачи по кабелю с нормализованными коаксиальными парами 2,6/9,5 мм*, том III, Рек. G.332.

[3] Рекомендация МККТТ *18 МГц-системы передачи по кабелю с нормализованными коаксиальными парами 2,6/9,5 мм*, том III, Рек. G.334.

[4] Рекомендация МККТТ *6 МГц-системы передачи по кабелю с нормализованными коаксиальными парами 1,2/4,4 мм*, том III, Рек. G.344.

[5] Рекомендация МККТТ *12 МГц-системы передачи по кабелю с нормализованными коаксиальными парами 1,2/4,4 мм*, том III, Рек. G.345.

[6] Рекомендация МККТТ *18 МГц-системы передачи по кабелю с нормализованными коаксиальными парами 1,2/4,4 мм*, том III, Рек. G.346.

9.5 Цифровые линейные системы

Рекомендация G.950

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ЦИФРОВЫХ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

1 Введение

Цифровые линейные системы являются средством обеспечения цифровых линейных участков. Рекомендации по цифровым линейным системам могут определять для цифровых линейных участков, работающих при данной скорости, конкретные средства и способы передачи (например, коаксиальный кабель, передача с регенерацией и т. д.). Требования к характеристикам цифровых линейных систем должны служить руководством для их проектировщиков и пользователей (проектные требования к оборудованию) и могут быть отнесены к условным цифровым трактам определенного состава.

Все цифровые линейные системы, использующие одно и то же средство при данной скорости, должны по характеристикам согласовываться с цифровым линейным участком, работающим с той же скоростью.

2 Общие требования к цифровым линейным системам

Нижеследующие общие требования относятся ко всем цифровым линейным системам на металлических парах кабелей и, если это при надлежащем толковании представляется возможным, также и к системам, использующим волоконно-оптические кабели.

2.1 *Условия окружающей среды*

2.1.1 *Климатические условия*

Данные по классификации возможных климатических воздействий на наземное оборудование можно найти в Публикациях МЭК серии № 721. Условия, относящиеся к подземному оборудованию, и дальнейшая подробная информация, относящаяся к наземному оборудованию, требуют дальнейшего изучения.

Примечание.— Дополнение № 34 содержит некоторую информацию относительно климатических условий в контейнерах подземных регенераторов.

2.1.2 *Содержание под избыточным давлением*

Регенераторы цифровых линейных систем могут работать в контейнерах, содержащихся под избыточным давлением.

2.1.3 *Защита от наведенных напряжений и токов, вызванных молнией, линиями электропередачи и т. д.*

Регенераторы, окончания линейного тракта и устройства питания должны быть защищены от наведенных напряжений и токов (вызванных молнией или другими источниками) в соответствии с Рекомендацией K.17.

Система должна быть физически защищена от указанных выше наведенных напряжений и токов таким образом, чтобы повреждения были исключены. Кроме того, на работе системы не должны неблагоприятно сказываться постоянно воздействующие наводимые напряжения и токи, хотя при определенных условиях можно допустить, чтобы выбросы напряжения вызывали помеху на время выброса.

Кроме того, руководство по этим вопросам содержится в Директивах МККТТ [1].

2.1.4 *Защита от помех со стороны других источников*

На работу цифровых линейных систем не должны заметно влиять помехи со стороны внутристанционных источников, таких как флюоресцентные лампы, электроинструменты, вентиляционные установки и т. д., и в особенности со стороны источников, вызывающих помехи импульсного типа. Необходимо также предотвратить ухудшение качества работы из-за воздействия помех со стороны передатчиков радиосвязи и радиовещания.

Примечание.— Дополнение № 27 содержит некоторую информацию о возможных мерах по ослаблению воздействия помех и о методах измерения помех.

2.1.5 *Помехи другим системам*

Не должно быть помех, вызванных проводимостью и излучением, для другой аппаратуры, служб радиосвязи и радиовещания. В частности, должна быть обеспечена возможность одновременной работы при использовании одного общего кабеля цифровых линейных систем с другими цифровыми или аналоговыми линейными системами. (Возможно, однако, потребуются некоторые ограничения при совместной работе различных линейных систем по кабелю с симметричными парами.)

Библиография

[1] Руководство МККТТ *Директивы по защите линий электросвязи от вредных воздействий со стороны линий электропередачи и электрофицированных железнодорожных линий*, МСЭ, Женева, 1988 г.

Рекомендация G.951

ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ИЕРАРХИИ 1544 КБИТ/С И ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ КАБЕЛИ С СИММЕТРИЧНЫМИ ПАРАМИ

(Малага-Торремолинос, 1984 г., изменена в Мельбурне, 1988 г.)

1 Общие положения

Настоящая Рекомендация охватывает линейные системы для передачи сигналов, основанных на иерархии 1544 кбит/с, по кабелям с симметричными парами, и включает системы, работающие на следующих скоростях:

1544 кбит/с,

3152 кбит/с,

6312 кбит/с.

2 Средства передачи

Система может работать на кабелях с симметричными парами, имеющих различные диаметры проводов и различные конструкции, включая те, что представлены в Рекомендациях G.611, G.612 и G.613.

3 Защита от помех от внешних источников

На цифровые линейные системы могут воздействовать помехи со стороны телефонных каналов, проходящих по тому же кабелю, и со стороны коммутаторов, если регенераторы устанавливаются в коммутационных центрах. Примерами возможных путей уменьшения этого типа помех являются уменьшение длины регенерационного участка, примыкающего к коммутационному центру, разделение пар, использование определенных линейных кодов и т. д.

4 Общие проектные характеристики

4.1 *Коэффициент готовности*

Норма на коэффициент готовности системы должна задаваться с учетом требования к коэффициенту готовности условного эталонного цифрового участка, изложенного в Рекомендации G.801.

4.2 *Надежность*

Значения средней наработки на отказ должны быть определены для линейной системы в целом, причем с учетом требований, относящихся к коэффициенту готовности.

4.3 *Коэффициенты помех от переходных влияний в регенераторе*

Коэффициенты помех от переходных влияний в регенераторе определены в Приложении А, в котором также представлены предлагаемые методы измерения. Коэффициенты помех от переходных влияний определяют качество работы цифровых регенераторов, на которые эти помехи воздействуют. Они являются функциями коэффициента ошибок, линейного кода линейной системы, характеристик кабеля, условий окружающей среды и затухания A_0 на регенерационном участке (при скорости, равной половине скорости линейной системы в бодах).

При коэффициенте ошибок, равном 10^{-x}, и при затуханиях $A_1 \leqslant A_0 \leqslant A_2$ коэффициенты помех от переходных влияний должны удовлетворять следующим требованиям:

a) Коэффициент помех от переходного влияния на ближнем конце $[R_N] \leqslant CA_0 + D$ *

b) Коэффициент помех от переходного влияния на дальнем конце $[R_F] \leqslant E$ *.

* Для параметров x, A_1, A_2, C, D и E не было возможным рекомендовать конкретные значения.

4.4 *Характеристики ошибок*

Проектные нормы на коэффициент ошибок отдельного регенератора должны учитывать сетевые эксплуатационные нормы, содержащиеся в Рекомендации G.821.

5 Проектные характеристики

5.1 *Тип питания*

Хотя МККТТ и не дает какой-либо рекомендации относительно использования определенной системы дистанционного питания для данной линейной системы на симметричных парах, на практике применяется только питание постоянным током по фантомным цепям двух симметричных пар системы.

Данная линейная система на кабеле с симметричными парами может подвергаться наводкам напряжения или тока, вызванным молниями, линиями электропередач, железными дорогами и т. д.

Необходимо принимать меры для защиты обслуживающего персонала от любой возможной опасности, вызванной нормальными рабочими напряжениями и токами дистанционного питания, а также наведенными напряжениями и токами.

Многие национальные Администрации издали подробные правила и инструкции, относящиеся к защите людей. Соблюдение этих правил и инструкций является в большинстве случаев обязательным. Кроме того, руководство по этим вопросам содержится в Директивах МККТТ [1].

Необходимо также принимать меры предосторожности для защиты оборудования от наведенных напряжений и токов. Поэтому оборудование должно быть спроектировано таким образом, чтобы оно выдерживало испытания, определенные в Рекомендации К.17 [2].

5.2 *Расстояние между регенераторами и заполнение кабеля*

Конкретные расстояния между регенераторами не могут быть рекомендованы, но общие соображения относительно проектирования систем содержатся в Приложении В к настоящей Рекомендации.

5.3 *Принципы технического обслуживания*

5.3.1 *Виды контроля и поиска неисправностей*

Может применяться контроль во время работы или поиск неисправностей в нерабочем состоянии.

5.3.2 *Состояния неисправности и последующие действия*

Состояния неисправности и последующие действия в этом разделе следует рассматривать как дополнительные к тем, что рекомендованы для цифровых линейных участков.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.951)

Определение и измерение коэффициентов помех от переходных влияний в регенераторах

А.1 *Определение*

a) Коэффициент помех от ПВБК $[R_N]$

$$[R_N] = [I_N] - [N_0]$$

$$I_N = \int_0^\infty \left|f/f_0\right|^{3/2} \left|E(f)\right|^2 P(f)\, df,$$

I_N — среднеквадратичное напряжение переходного влияния на ближнем конце (ПВБК), которое было бы вызвано в точке регистрации бита под воздействием одиночного мешающего регенератора, если бы затухание ПВБК на частоте, равной половине скорости линейной системы в бодах, составляло 0 дБ.

N_0 — среднеквадратичное мешающее напряжение ПВБК в точке регистрации бита, которое соответствует норме на коэффициент ошибок и величина которого зависит от параметров, воздействующих на процесс регистрации, и отражает то снижение качества, которое вызвано межсимвольными помехами и смещением пороговых уровней регистрации и моментов стробирования в точке регистрации регенератора относительно их оптимальных положений.

$E(f)$ — частотная характеристика корректора регенератора.

$P(f)$ — спектральная плотность мощности (односторонняя) линейного кода линейной системы.

f_0 — половина скорости линейной системы в бодах.

Величины в квадратных скобках даны в дБ, то есть

$[X] = 10 \log_{10}|X|$.

b) Коэффициент помех от ПВДК $[R_F]$

$$[R_F] = [I_F] - [N_0]$$

$$I_F = \int_0^\infty \left|f/f_0\right|^2 \left|E(f)\right|^2 \left|G(f)\right|^2 P(f)\, df,$$

I_F — среднеквадратичное напряжение переходного влияния на дальнем конце (ПВДК), которое было бы вызвано в точке регистрации бита под воздействием одиночного мешающего регенератора, если бы затухание ПВДК на частоте, равной половине скорости линейной системы в бодах, составляло 0 дБ.

N_0 — среднеквадратичное мешающее напряжение ПВДК в точке регистрации бита, которое соответствует норме на коэффициент ошибок и величина которого зависит от параметров, воздействующих на процесс регистрации, и отражает то снижение качества, которое вызвано межсимвольными помехами и смещением пороговых уровней регистрации и моментов стробирования в точке регистрации регенератора относительно их оптимальных положений.

$E(f)$, $P(f)$, f_0 — то же, что и в a),

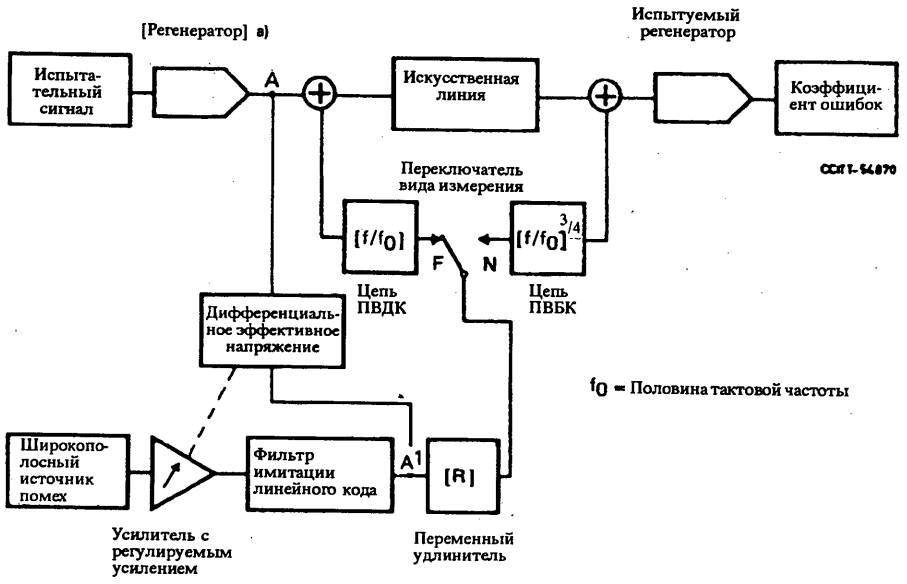
$G(f)$ — частотная характеристика кабеля.

A.2 *Измерение*

Метод a) непосредственно соотносится с определением коэффициента помех от переходного влияния и поэтому является эталонным методом измерения. Методы b) и c) представляют собой практически возможные альтернативные методы. При методе c) можно обойтись без использования селективного фильтра.

Метод a)

Коэффициент помех от ПВБК и коэффициент помех от ПВДК могут быть измерены при использовании схемы, представленной на рис. A-1/G.951, при нахождении переключателя вида измерения соответственно в положении N и F. Измерение сводится к приравниванию среднеквадратичных напряжений величинам A и A^1, установке на искусственной линии требуемого затухания A_0 и последующей регулировке переменного удлинителя, пока не будет достигнут требуемый коэффициент ошибок 10^{-x}. Тогда значение затухания удлинителя $[R]$ дБ равно коэффициенту помех от ПВБК или коэффициенту помех от ПВДК при требуемых A_0 и коэффициенте ошибок.



a) Регенератор в схеме можно и не предусматривать, если генератор испытательного сигнала обеспечивает необходимую форму импульса.

РИСУНОК A-1/G.951

Измерение коэффициентов помех от ПВБК и ПВДК

Метод b)

Коэффициент помех от ПВБК $[R_N]$ может быть измерен на основе использования «в ручном режиме» приборов для измерения отношения сигнал-шум на входе и с осуществлением внешних измерений селективным фильтром (см. рис. A-2/G.951). Измерение проводится следующим образом:

i) Установить в искусственной линии затухание 0 дБ и измерить селективным способом мощность сигнала $[S_0]$ дБм.

ii) Установить в искусственной линии требуемое затухание A_0, проводить регулировку переменного удлинителя, пока не будет достигнут требуемый коэффициент ошибок 10^{-x}, отключить испытательный сигнал и, используя селективный фильтр, измерить мощность помех $[P]$ дБм.

iii) Тогда для заданных A_0 и коэффициента ошибок $[R_N] = [S_0] - [P]$.

Примечание.— Влияние фазового дрожания задающего генератора, приводящее к ухудшению коэффициентов помех от ПВБК и ПВДК, следует измерять наложением надлежащего фазового дрожания на испытательный сигнал.

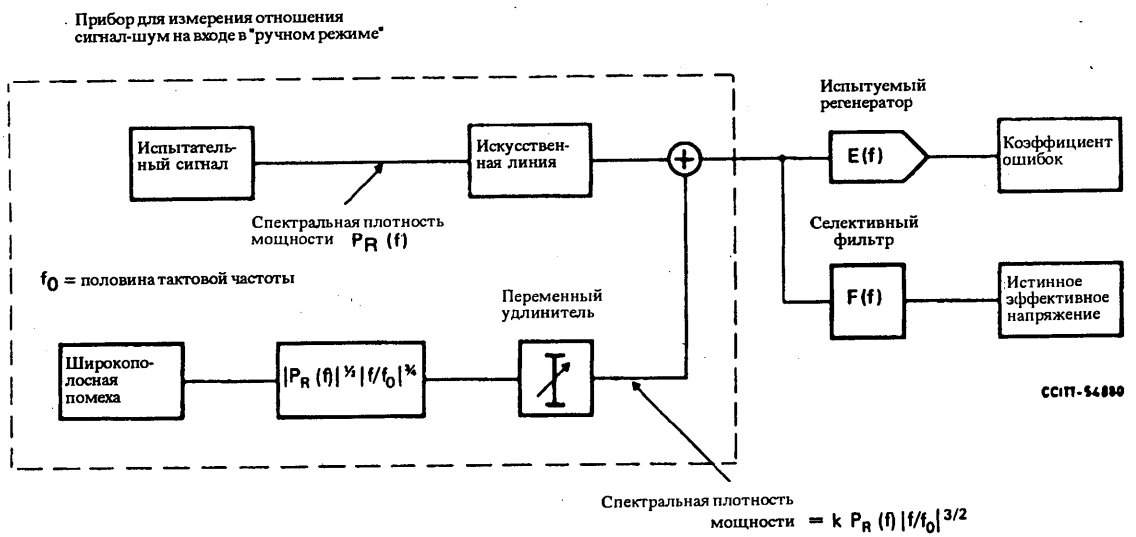


РИСУНОК A-2/G.951

Измерение коэффициента помех от ПВБК с использованием прибора для измерения отношения сигнал-шум на входе

Метод c)

Коэффициент помех от ПВБК $[R_N]$ может быть измерен на основе использования «в ручном режиме» приборов для измерения отношения сигнал-шум на входе при включении дополнительного переменного удлинителя между испытательным сигналом и искусственной линией, как показано на рис. A-3/G.951.

Измерение проводится следующим образом:

i) установить в искусственной линии затухание 0 дБ, а в дополнительном переменном удлинителе затухание A дБ;

ii) проводить регулировку усилителя с регулируемым усилением, пока уровень мощности на входе переменного удлинителя не станет равным $[Q1] - A$ дБ — уровню мощности на выходе искусственной линии;

iii) установить в искусственной линии затухание A дБ, а в дополнительном переменном удлинителе затухание 0 дБ;

iv) проводить регулировку переменного удлинителя, пока не будет достигнут требуемый коэффициент ошибок 10^{-x}. Величина затухания в удлинителе составляет $[\alpha N]$ дБ;

v) вычислить $[R_N] = [\alpha N] + A - [W_N]$,

$$\text{где} \quad [W_N] = 10 \log_{10} \left[\int_0^\infty P_R(f)\, df \Big/ \int_0^\infty \left| \frac{f}{f_0} \right|^{3/2} P_R(f)\, df \right],$$

где $P_R(f)$ — спектральная плотность мощности (односторонняя) линейного кода.

Было бы лучше получить W_N путем измерения. Конечно, величина W_N может быть также рассчитана по $P_R(f)$ линейного кода ЧПИ или HDB_3 в определенном диапазоне частот. Например, $W_N = -3{,}59$ дБ в диапазоне от 0 до 10 240 кГц.

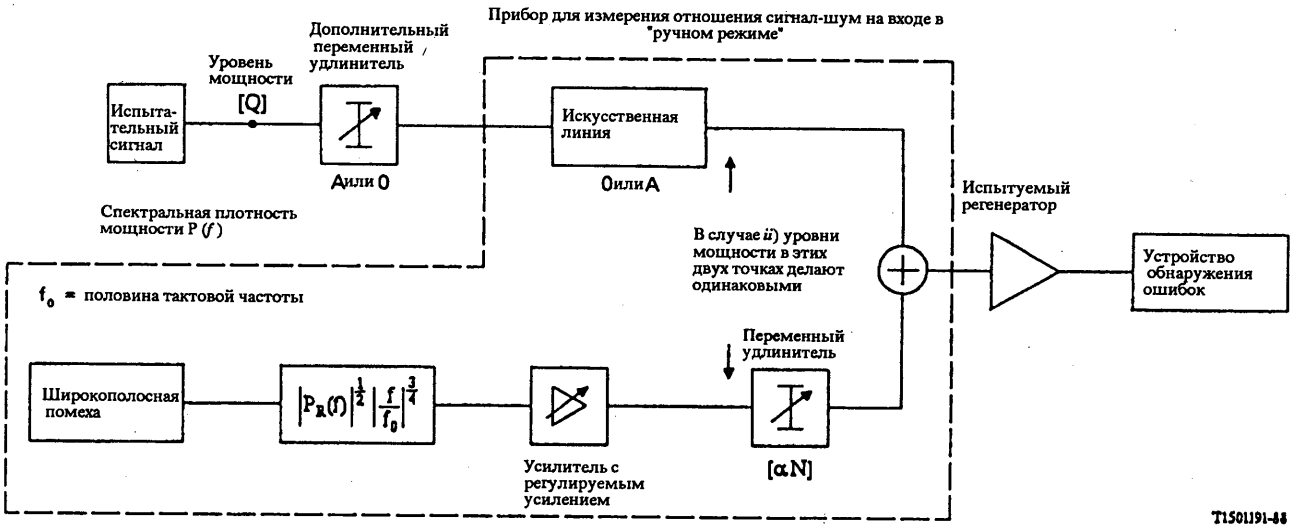


РИСУНОК A-3/G.951

Измерение коэффициента помех от ПВБК с использованием прибора для измерения отношения сигнал-шум на входе

ПРИЛОЖЕНИЕ B

(к Рекомендации G.951)

Руководящие указания, направленные на успешное достижение норм по характеристикам ошибок

B.1 Чтобы соблюсти сетевые эксплуатационные нормы (СЭН), необходимо учесть множество взаимосвязанных факторов. На рис. B-1/G.951 схематично представлено взаимодействие всех факторов, играющих роль в данном вопросе. Принципы, на основе которых составляются руководства по проектированию цифровых линейных систем, зависят от обстоятельств, с которыми сталкивается данная Администрация. Например, некоторые Администрации могут располагать кабелями с благоприятными характеристиками, но в то же время в их сетях могут наблюдаться значительные уровни помех, количественные показатели которых не поддаются учету (влияния сети). Поэтому Администрация должна оценить значимость каждого воздействия для своей сети и разработать руководящие указания по использованию кабелей, которые соответствовали бы требованиям к характеристикам ошибок цифровых линейных участков.

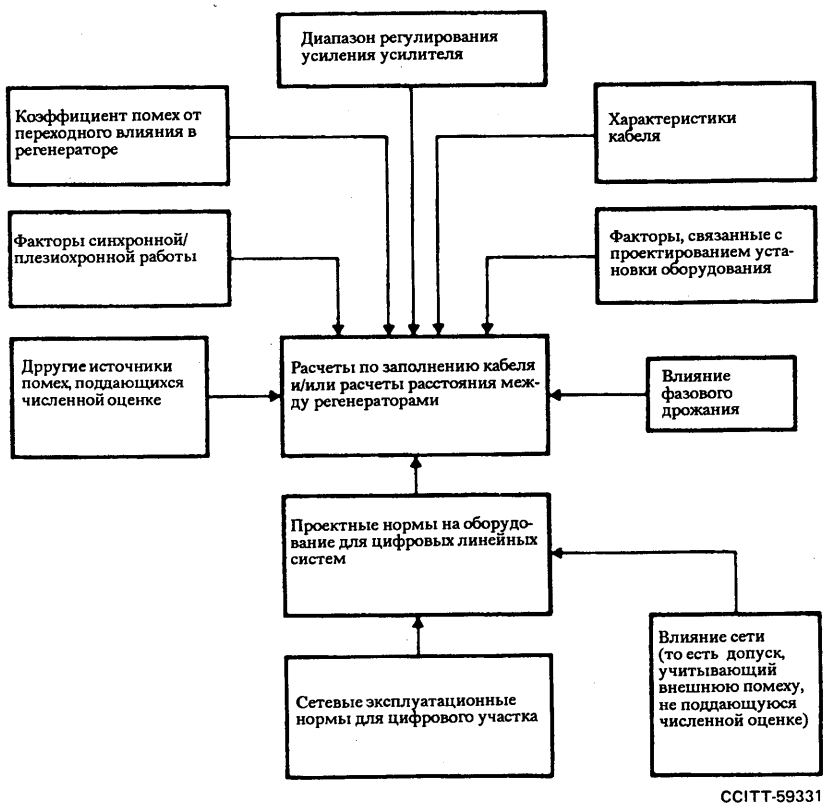


РИСУНОК B-1/G.951

Факторы, влияющие на характеристики ошибок цифровой линейной системы на симметричных парах

В нижеследующих примечаниях приведены некоторые важные соображения, относящиеся к формулированию руководящих указаний по проектированию установки системы.

Примечание 1.— При разработке руководящих указаний по использованию кабеля коэффициент помех от переходного влияния является единственным параметром, описывающим качество, присущее регенератору в условиях воздействия помех от переходного влияния. Этот параметр, основанный на средней спектральной плотности мощности суммарных помех от переходного влияния, дает полезную апроксимацию устойчивости системы к переходному влиянию от плезиохронных потоков данных и является точной мерой для синхронных потоков данных при условии, что фазы мешающих систем случайны. Он основан также на предположении, что данные, передаваемые по мешающим системам, являются случайными, и, следовательно, он не может применяться в случае повторяющихся последовательностей данных. Однако, в результате эффективного использования скремблеров, почти все последовательности данных оказываются случайными [3].

Примечание 2.— В окружении, свойственном эксплуатационным условиям, регенераторы могут быть подвержены воздействию других, в численном отношении трудно определимых, источников помех, которые могут вызывать ошибки. В некоторых случаях специфические механизмы воздействия помех удалось определить количественно, и надлежащие предельные значения и испытательные процедуры нашли отражение в национальных нормах. Эти аспекты в настоящее время изучаются МККТТ, и по мере накопления эксплуатационного опыта может оказаться возможным ввести дополнительные испытания, которые учитывают характер этих механизмов воздействия.

Примечание 3.— Максимальное использование кабеля должно основываться на соблюдении сетевых эксплуатационных норм. Для соблюдения этих норм Администрации могут использовать один из следующих подходов:

i) При условиях, когда Администрации в состоянии судить о значении «влияния сети», расчеты по заполнению кабеля должны основываться на норме, определенной путем исключения «влияния сети» из сетевой эксплуатационной нормы.

ii) При условиях, когда Администрации не в состоянии судить о значении влияния сети, расчеты по заполнению кабеля должны основываться на проектной норме на оборудование.

Примечание 4.— Использованиие линейного кода с уменьшенной скоростью следования символов обеспечивает более благоприятные (с точки зрения переходного затухания) окружающие условия, и это обстоятельство влияет на расчеты по заполнению кабеля.

Примечание 5.— При переходе с плезиохронного на синхронный режим работы сети некоторые связи за счет перекрестной наводки в кабеле и соотношения фаз задающих генераторов системы приводят к увеличению эксплуатационных запасов системы, тогда как другие приводят к снижению эксплуатационных запасов реальных систем на величину до 3 дБ максимально. Считается, что случаев с повышенным запасом больше, чем с пониженным, и поэтому нет необходимости вводить какой-либо дополнительный запас при переходе с плезиохронного на синхронный режим работы [3].

Скремблеры могут быть использованы для гарантии того, что помехи от нескольких идентичных повторяющихся последовательностей не превысят уровни, возникающие при случайных последовательностях.

Библиография

[1] Руководство МККТТ *Директивы по защите линий электросвязи от вредных воздействий со стороны линий электропередачи и электрифицированных железнодорожных линий*, МСЭ, Женева, 1988 г.

[2] Рекомендация МККТТ *Испытания дистанционно питаемых регенераторов, использующих твердотельные устройства, с целью проверки устройств защиты от внешний помех*, том IX, Рек. K.17.

[3] SMITH, B. M. and POTTER, P. G. [June 1986] — Design Criteria for Crosstalk Interference between Digital Signals in Multipair Cable, *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-34, No. 6.

Рекомендация G.952

ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ИЕРАРХИИ 2048 кбит/с И ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ КАБЕЛИ С СИММЕТРИЧНЫМИ ПАРАМИ

(Малага-Торремолинос, 1984г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

1 Общие положения

Настоящая Рекомендация охватывает цифровые линейные системы для передачи сигналов, основанных на иерархии 2048 кбит/с, по кабелям с симметричными парами и включает системы, работающие на следующих скоростях:

2 048 кбит/с

8 448 кбит/с

34 368 кбит/с.

Требования к общему качеству работы и к стыкам соответствующих цифровых линейных участков представлены в Рекомендации G.921.

2 Средства передачи

Система может работать на кабелях с симметричными парами, имеющих различные диаметры проводов и различные конструкции, включая те, что представлены в Рекомендациях G.611, G.612 и G.613.

Примечание.— Системы со скоростью 34 368 кбит/с следует эксплуатировать на кабелях высокого качества и, возможно, при использовании отдельного кабеля для каждого направления передачи.

3 Защита от помех от внешних источников

На цифровые линейные системы могут воздействовать помехи со стороны телефонных каналов, проходящих по тому же кабелю, и со стороны коммутаторов, если регенераторы устанавливаются в коммутационных центрах. Примерами возможных путей уменьшения этого типа помех являются уменьшение длины регенерационного участка, примыкающего к коммутационному центру, разделение пар, использование определенных линейных кодов и т. д.

4 Общие проектные характеристики

4.1 *Коэффициент готовности*

Норма на коэффициент готовности системы должна задаваться с учетом требования к коэффициенту готовности условного эталонного цифрового участка, определенного в Рекомендации G.801.

4.2 *Надежность*

Значения средней наработки на отказ должны быть определены для линейной системы в целом, причем с учетом требований, относящихся к коэффициенту готовности.

4.3 *Коэффициенты помех от переходных влияний в регенераторе*

Коэффициенты помех от переходных влияний в регенераторе определены в Приложении А, в котором также представлены предлагаемые методы измерения. Коэффициенты помех от переходных влияний определяют качество работы цифровых регенераторов, на которые эти помехи воздействуют. Они являются функциями коэффициента ошибок, линейного кода линейной системы, характеристик кабеля, условий окружающей среды и затухания A_0 на регенерационном участке (при скорости, равной половине скорости линейной системы в бодах).

При коэффициенте ошибок, равном 10^{-x}, и при затуханиях $A_1 \leqslant A_0 \leqslant A_2$ коэффициенты помех от переходных влияний должны удовлетворять следующим требованиям:

a) Коэффициент помех от ПВБК $[R_N] \leqslant CA_0 + D$*

b) Коэффициент помех от ПВДК $[R_F] \leqslant E$ *.

* Для параметров x, A_1, A_2, C, D и E не оказалось возможным рекомендовать конкретные значения.

Примеры значений, используемых некоторыми Администрациями для систем 2 Мбит/с, даны ниже:

Пример	x	A_1	A_2	C	D	E	Метод испытания
i	6	5	40	1,1	14,7	17,5	a
ii	7	10	40	1,0	19	—	b
iii	7	7	38	1,0	18	—	b

Примечание 1.— В примере ii используется фильтр с центральной частотой 1020 кГц и полосой 3,1 кГц.

Примечание 2.— Значения приведены без запаса, учитывающего фазовое дрожание.

4.4 *Характеристики ошибок*

Проектные нормы на коэффициент ошибок отдельного регенератора должны учитывать сетевые эксплуатационные нормы, содержащиеся в Рекомендации G.821.

5 Проектные характеристики

5.1 *Тип питания*

Хотя МККТТ и не дает какой-либо рекомендации относительно использования определенной системы дистанционного питания для данной линейной системы на симметричных парах, на практике применяется только питание постоянным током по фантомным цепям двух симметричных пар системы.

Данная линейная система на кабеле с симметричными парами может подвергаться наводкам напряжения или тока, вызванным грозовыми разрядами, линиями электропередач, железными дорогами и т. д.

Необходимо принимать меры для защиты обслуживающего персонала от любой возможной опасности, вызванной нормальными рабочими напряжениями и токами дистанционного питания, а также наведенными напряжениями и токами.

Многие национальные Администрации издали подробные правила и инструкции, относящиеся к защите людей. Соблюдение этих правил и инструкций является в большинстве случаев обязательным. Кроме того, руководство по этим вопросам содержится в Директивах МККТТ [1].

Необходимо также принимать меры предосторожности для защиты оборудования от наведенных напряжений и токов. Поэтому оборудование должно быть спроектировано таким образом, чтобы оно выдерживало испытания, определенные в Рекомендации К.17 [2].

5.2 *Расстояние между регенераторами и заполнение кабеля*

Конкретные расстояния между регенераторами не могут быть рекомендованы, но общие соображения относительно проектирования систем содержатся в Приложении В к настоящей Рекомендации.

5.3 *Принципы технического обслуживания*

5.3.1 *Виды контроля и поиска неисправностей*

Может применяться контроль во время работы или поиск неисправностей в нерабочем состоянии.

5.3.2 *Состояния неисправности и последующие действия*

Необходимо обнаруживать следующие состояния неисправности (в дополнение к тем, которые были определены в Рекомендации G.921 для соответствующих цифровых участков) и предпринимать соответственно следующие действия:

a) отказ дистанционного питания —
должен вырабатываться (если это целесообразно) сигнал аварийной сигнализации, требующей срочного эксплуатационного вмешательства;

b) превышение порогового уровня коэффициента ошибок —
этот уровень составляет $1 \cdot 10^{-5}$ для систем со скоростями 2048 кбит/с и 8448 кбит/с
и $1 \cdot 10^{-6}$ для систем с более высокими скоростями —

должен вырабатываться сигнал аварийной сигнализации, требующей несрочного эксплуатационного вмешательства, который указывает на снижение качества работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.952)

Определение и измерение коэффициентов помех от переходного влияния в регенераторах

A.1 *Определение*

a) Коэффициент помех от ПВБК $[R_N]$

$$[R_N] = [I_N] - [N_0]$$

$$I_N = \int_0^\infty \left|f/f_0\right|^{3/2} \left|E(f)\right|^2 P(f)\, df$$

I_N — среднеквадратичное напряжение переходного влияния на ближнем конце (ПВБК), которое было бы вызвано в точке регистрации бита под воздействием одиночного мешающего регенератора, если бы затухание ПВБК на частоте, равной половине скорости линейной системы в бодах, составляло 0 дБ.

N_0 — среднеквадратичное мешающее напряжение ПВБК в точке регистрации бита, которое соответствует норме на коэффициент ошибок и величина которого зависит от параметров, воздействующих на процесс регистрации, и отражает то снижение качества, которое вызвано межсимвольными помехами и смещением пороговых уровней регистрации и моментов стробирования в точке регистрации регенератора относительно их оптимальных положений.

$E(f)$ — частотная характеристика корректора регенератора

$P(f)$ — спектральная плотность мощности (односторонняя) линейного кода линейной системы.

f_0 — половина скорости линейной системы в бодах.

Величины в квадратных скобках даны в дБ, то есть

$[X] = 10 \log_{10}|X|$

b) Коэффициент помех от ПВДК $[R_F]$

$$[R_F] = [I_F] - [N_0]$$

$$I_F = \int_0^\infty \left|f/f_0\right|^2 \left|E(f)\right|^2 \left|G(f)\right|^2 P(f)\, df$$

I_F — среднеквадратичное напряжение помех переходного влияния на дальнем конце (ПВДК), которое было бы вызвано в точке регистрации бита под воздействием одиночного мешающего регенератора, если бы затухание ПВДК на частоте, равной половине скорости линейной системы в бодах, составляло 0 дБ.

N_0 — среднеквадратичное мешающее напряжение ПВДК в точке регистрации бита, которое соответствует норме на коэффициент ошибок и величина которого зависит от параметров, воздействующих на процесс регистрации, и отражает то снижение качества, которое вызвано межсимвольными помехами и смещением пороговых уровней регистрации и моментов стробирования в точке регистрации регенератора относительно их оптимальных положений.

$E(f)$, $P(f)$, f_0 — то же, что и в a),

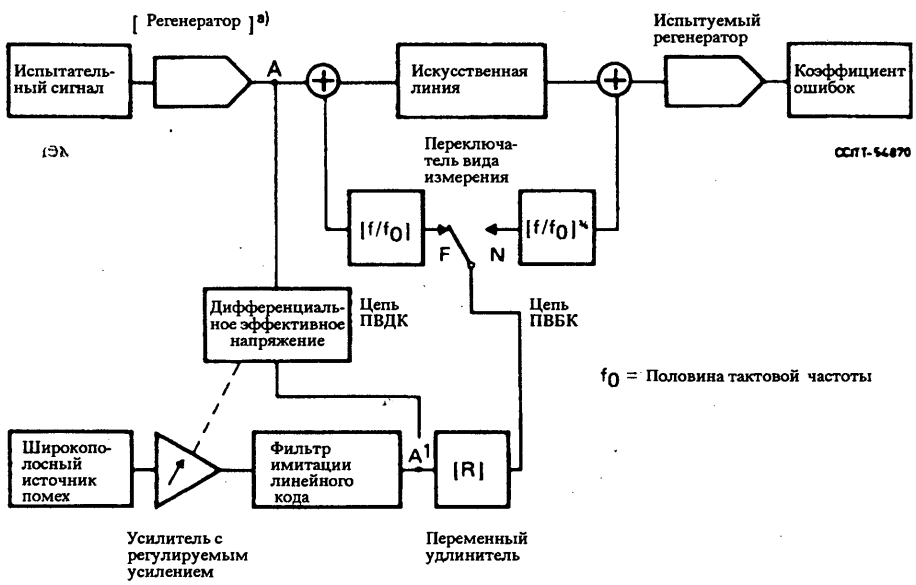
$G(f)$ — частотная характеристика кабеля.

A.2 *Измерение*

Метод a) непосредственно соотносится с определением коэффициента помех от переходного влияния и поэтому является эталонным методом измерения. Методы b) и c) представляют собой практически возможные альтернативные методы. При методе c) нет необходимости использовать селективный фильтр.

Метод a)

Коэффициент помех от ПВБК и коэффициент помех от ПВДК могут быть измерены при использовании схемы, представленной на рис. A-1/G.952, при нахождении переключателя вида измерения соответственно в положении N или F. Измерение сводится к приравниванию среднеквадратичных напряжений величинам A и A_1, установке на искусственной линии требуемого затухания A_0 и последующей регулировке переменного удлинителя, пока не будет достигнут требуемый коэффициент ошибок 10^{-x}. Тогда значение затухания удлинителя $[R]$ дБ равно коэффициенту помех от ПВБК или коэффициенту помех от ПВДК при требуемых A_0 и коэффициенте ошибок.



a) Регенератор в схеме можно и не предусматривать, если генератор испытательного сигнала обеспечивает необходимую форму импульса

РИСУНОК A-1/G.952

Измерение коэффициентов помех от ПВБК и ПВДК

Метод b)

Коэффициент помех от ПВБК $[R_N]$ может быть измерен на основе использования «в ручном режиме» приборов для измерения отношения сигнал-шум на входе и с осуществлением внешних измерений селективным фильтром (см. рис. A-2/G.952). Измерение проводится следующим образом:

i) Установить в искусственной линии затухание 0 дБ и измерить селективным способом мощность сигнала $[S_0]$ дБм.

ii) Установить в искусственной линии требуемое затухание A_0, проводить регулировку переменного удлинителя, пока не будет достигнут требуемый коэффициент ошибок 10^{-x}, отключить испытательный сигнал и, используя селективный фильтр, измерить мощность помех $[P]$ дБм.

iii) Тогда для заданных A_0 и коэффициента ошибок $[R_N] = [S_0] - [P]$.

Примечание.— Влияние фазового дрожания задающего генератора, приводящее к ухудшению коэффициентов помех от ПВБК и ПВДК, следует измерять наложением надлежащего фазового дрожания на испытательный сигнал.

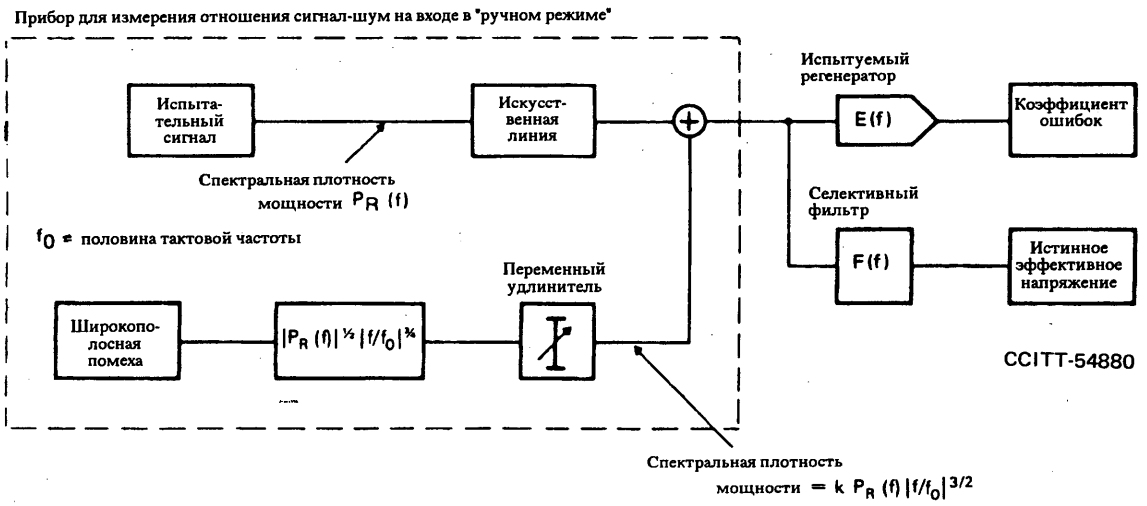


РИСУНОК A-2/G.952

Измерение коэффициента помех от ПВБК с использованием прибора для измерения отношения сигнал-шум на входе

Метод c)

Коэффициент помех от ПВБК $[R_N]$ может быть измерен на основе использования в «ручном режиме» приборов для измерения отношения сигнал-шум на входе при включении дополнительного переменного удлинителя между испытательным сигналом и искусственной линией, как показано на рис. A-3/G.952.

Измерение проводится следующим образом:

i) установить в искусственной линии затухание 0 дБ, а в дополнительном переменном удлинителе затухание A дБ;

ii) проводить регулировку усилителя с регулируемым усилением, пока уровень мощности на входе переменного удлинителя не станет равным $[Q1]$ — A дБ — уровню мощности на выходе искусственной линии;

iii) установить в искусственной линии затухание A дБ, а в дополнительном переменном удлинителе затухание 0 дБ;

iv) проводить регулировку переменного удлинителя, пока не будет достигнут требуемый коэффициент ошибок 10^{-x}. Величина затухания в удлинителе составляет $[\alpha N]$ дБ;

v) вычислить $[R_N] = [\alpha N] + A - [W_N]$,

$$\text{где } [W_N] = 10 \log_{10} \left[\int_0^\infty P_R(f)\, df \Big/ \int_0^\infty \left| \frac{f}{f_0} \right|^{3/2} P_R(f)\, df \right],$$

где $P_R(f)$ — спектральная плотность мощности (односторонняя) линейного кода.

Было бы лучше получить W_N путем измерения. Конечно, величина W_N может быть также рассчитана по $P_R(f)$ линейного кода ЧПИ или HDB_3 в определенном диапазоне частот. Например, $W_N = -3{,}59$ дБ в диапазоне от 0 до 10 240 кГц.

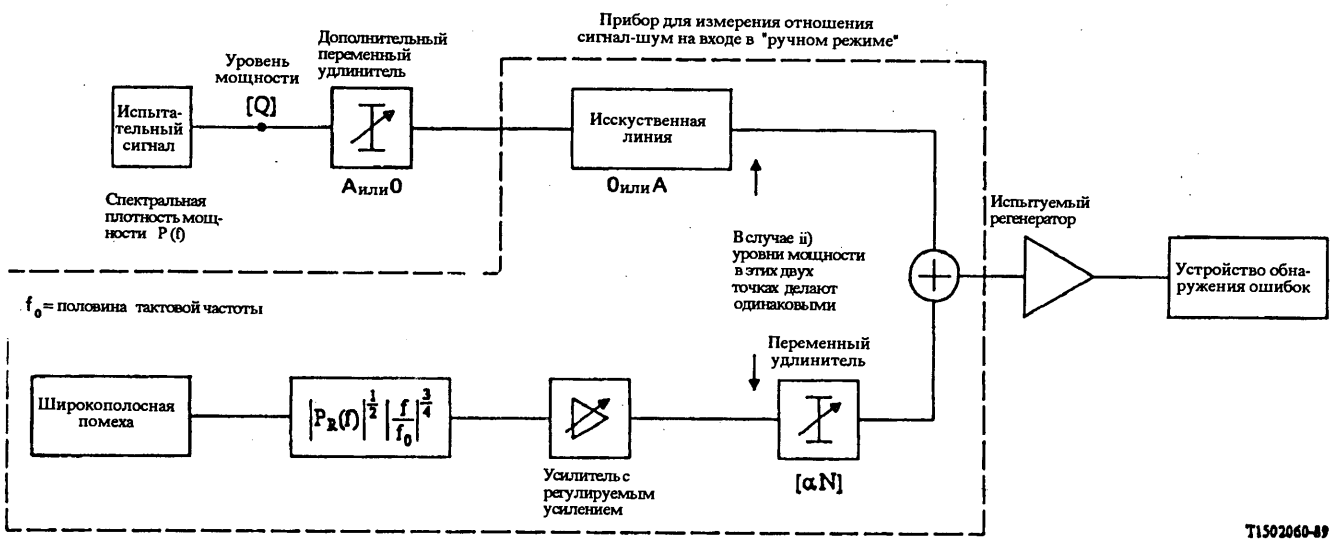


РИСУНОК A-3/G.952

Измерение коэффициента помех от ПВБК с использованием прибора для измерения отношения сигнал-шум на входе

ПРИЛОЖЕНИЕ B

(к Рекомендации G.952)

Руководящие указания, направленные на успешное достижение норм по характеристикам ошибок

B.1 Чтобы соблюсти сетевые эксплуатационные нормы (СЭН), необходимо учесть множество взаимосвязанных факторов. На рис. B-1/G.952 схематично представлено взаимодействие всех факторов, играющих роль в данном вопросе. Принципы, на основе которых составляются руководства по проектированию цифровых линейных систем, зависят от обстоятельств, с которыми сталкивается данная Администрация. Например, некоторые Администрации могут располагать кабелями с благоприятными характеристиками, но в то же время в их сетях могут наблюдаться значительные уровни помех, количественные показатели которых не поддаются учету (влияние сети). Поэтому Администрация должна оценить значимость каждого воздействия для своей сети и разработать руководящие указания по использованию кабелей, которые соответствовали бы требованиям к характеристикам ошибок цифровых линейных участков.

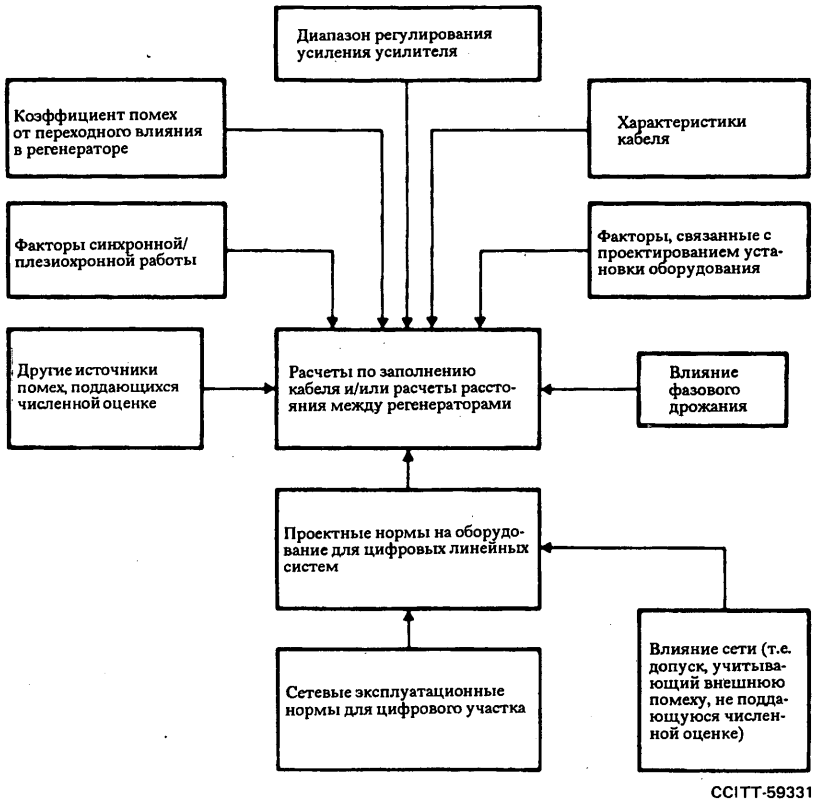


РИСУНОК B-1/G.952

Факторы, влияющие на характеристики ошибок цифровой линейной системы на симметричных парах

В нижеследующих примечаниях приведены некоторые важные соображения, относящиеся к формулированию руководящих указаний по проектированию установки системы.

Примечание 1.— При разработке руководящих указаний по использованию кабеля коэффициент помех от переходного влияния является единственным параметром, описывающим качество, присущее регенератору в условиях воздействия помех от переходного влияния. Этот параметр, основанный на *средней* спектральной плотности мощности суммарных помех от переходного влияния, дает полезную аппроксимацию устойчивости системы к переходному влиянию от плезиохронных потоков данных и является точной мерой для синхронных потоков данных при условии, что фазы мешающих систем случайны. Он основан также на предположении, что данные, передаваемые по мешающим системам, являются случайными и, следовательно, он не может применяться в случае повторяющихся последовательностей данных. Однако, в результате эффективного использования скремблеров, почти все последовательности данных оказываются случайными [3].

Примечание 2.— В окружении, свойственном эксплуатационным условиям, регенераторы могут быть подвержены воздействию других, в численном отношении трудно определимых, источников помех, которые могут вызывать ошибки. В некоторых случаях специфические механизмы воздействия помех удалось определить количественно, и надлежащие предельные значения и испытательные процедуры нашли отражение в национальных нормах. Эти аспекты в настоящее время изучаются МККТТ, и по мере накопления эксплуатационного опыта может оказаться возможным ввести дополнительные испытания, которые учитывают характер этих механизмов воздействия.

Примечание 3.— Максимальное использование кабеля должно основываться на соблюдении сетевых эксплуатационных норм. Для соблюдения этих норм Администрации могут использовать один из следующих подходов:

i) При условиях, когда Администрации в состоянии судить о значении «влияния сети», расчеты по заполнению кабеля должны основываться на норме, определенной путем исключения «влияния сети» из сетевой эксплуатационной нормы.

ii) При условиях, когда Администрации не в состоянии судить о значении влияния сети, расчеты по заполнению кабеля должны основываться на проектной норме на оборудование.

Примечание 4.— Использование линейного кода с уменьшенной скоростью следования символов обеспечивает более благоприятные (с точки зрения переходного затухания) окружающие условия, и это обстоятельство влияет на расчеты по заполнению кабеля.

Примечание 5.— При переходе с плезиохронного на синхронный режим работы сети некоторые связи за счет перекрестной наводки в кабеле и соотношения фаз задающих генераторов системы приводят к увеличению эксплуатационных запасов системы, тогда как другие приводят к снижению эксплуатационных запасов реальных систем на величину до 3 дБ максимально. Считается, что случаев с повышенным запасом больше, чем с пониженным, и поэтому нет необходимости вводить какой-либо дополнительный запас при переходе с плезиохронного на синхронный режим работы [3].

Скремблеры могут быть использованы для гарантии того, что помехи от нескольких идентичных повторяющихся последовательностей не превысят уровни, возникающие при случайных последовательностях.

Библиография

[1] Руководство МККТТ *Директивы по защите линий электросвязи от вредных воздействий со стороны линий электропередачи и электрифицированных железнодорожных линий*, МСЭ, Женева, 1988 г.

[2] Рекомендация МККТТ *Испытания дистанционно питаемых регенераторов, использующих твердотельные устройства, с целью проверки устройств защиты от внешних помех*, том IX, Рек. K.17.

[3] SMITH, B. M. and POTTER, P. G. [June 1986] — Design Criteria for Crosstalk Interference between Digital Signals in Multipair Cable, *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-34, No. 6.

Рекомендация G.953

ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ИЕРАРХИИ 1544 кбит/с И ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ КАБЕЛИ С КОАКСИАЛЬНЫМИ ПАРАМИ

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

1 Общие положения

Настоящая Рекомендация охватывает цифровые линейные системы для передачи сигналов, основанных на иерархии 1544 кбит/с, по кабелям с коаксиальными парами и включает системы, работающие на следующих скоростях:

44 736 кбит/с

97 728 кбит/с.

2 Средства передачи

Системы могут работать на коаксиальных парах, определенных в Рекомендациях серии G.620, в соответствии с таблицей 1/G.953.

ТАБЛИЦА 1/G.953

Средства передачи

Система (кбит/с)	Рекомендация по кабелям
44 736	G.623
97 728	G.623

3 Общие проектные характеристики

3.1 *Коэффициент готовности*

Норма на коэффициент готовности системы должна задаваться с учетом требования к коэффициенту готовности условного эталонного цифрового участка, определенного в Рекомендации G.801.

3.2 *Надежность*

Значения средней наработки на отказ должны быть определены для линейной системы в целом, причем с учетом требований, относящихся к коэффициенту готовности.

3.3 *Запас помехоустойчивости регенератора*

Запас помехоустойчивости регенератора, а также предлагаемый метод измерения определены в Приложении А. Запас помехоустойчивости является количественной характеристикой цифровых регенераторов на коаксиальных парах. Он зависит от коэффициента ошибок и затухания A_0 на регенерационном участке (на частоте, равной половине скорости линейной системы в бодах).

При коэффициенте ошибок, равном 10^{-7}, и при затухании $A_1 \leqslant A_0 \leqslant A_2$ запас помехоустойчивости должен отвечать следующим требованиям:

Запас помехоустойчивости $(M) \geqslant B + C(A_2 - A_0)$.

Не представляется возможным рекомендовать конкретные значения параметров A_1, A_2, B и C.

Примечание.— Влияние фазового дрожания хронирующих импульсов, приводящее к снижению запаса помехоустойчивости, следует измерять путем наложения соответствующего фазового дрожания на испытательный сигнал.

3.4 *Характеристики ошибок*

Проектная норма на коэффициент ошибок отдельного регенератора должна учитывать сетевые эксплуатационные нормы, содержащиеся в Рекомендации G.821.

4 Проектные характеристики

4.1 *Тип питания*

Хотя МККТТ и не дает какой-либо рекомендации относительно использования определенной системы дистанционного питания для данных линейных систем на коаксиальных парах, на практике применяется только питание постоянным током по внутренним проводникам двух коаксиальных пар системы.

Данные системы на коаксиальном кабеле могут подвергаться наводкам напряжения и тока, вызванным грозовыми разрядами, линиями электропередач, железными дорогами и т. д.

Необходимо принимать меры для защиты обслуживающего персонала от любой возможной опасности, вызванной нормальными рабочими напряжениями и токами дистанционного питания, а также наведенными напряжениями и токами.

Многие национальные Администрации издали подробные правила и инструкции, относящиеся к защите людей. Соблюдение этих правил и инструкций является в большинстве случаев обязательным. Кроме того, руководство по этим вопросам содержится в Директивах МККТТ [1].

Необходимо также принимать меры предосторожности для защиты оборудования от наведенных напряжений и токов. Поэтому оборудование должно быть спроектировано таким образом, чтобы оно выдерживало испытания, определенные в Рекомендации К.17 [2].

4.2 *Номинальное расстояние между регенераторами*

Рекомендации относительно конкретных расстояний между регенераторами отсутствуют, но на практике большинство Администраций придерживается номинальных значений, указанных в таблице 2/G.953:

ТАБЛИЦА 2/G.953

Номинальные расстояния между регенераторами

	Номинальное расстояние между регенераторами (км)
Система (кбит/с)	См. Рекомендацию G.623 по кабелям[a)]
44 736	–
97 728	4,5

[a)] Рекомендация G.623 относится к коаксиальным парам 2,6/9,5 мм.

4.3 *Принципы технического обслуживания*

4.3.1 *Виды контроля и поиска неисправностей*

Может применяться контроль во время работы или поиск неисправностей в нерабочем состоянии.

4.3.2 *Состояния неисправности и последующие действия*

Состояния неисправности и последующие действия следует рассматривать как дополнительные к тем, что рекомендованы для цифровых линейных участков.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.953)

Определение и измерение запаса помехоустойчивости регенератора

А.1 *Определение*

Запас помехоустойчивости m_n:

$$m_n = SNR/SNR_{ER} \qquad \text{(A-1)},$$

где:

$$SNR = SNR_{th} \cdot F(t, ER) \qquad \text{(A-2)}.$$

Произведение $SNR_{th} \cdot F(t, ER)$ может рассматриваться как действительное отношение сигнал-шум SNR, являющееся мерой качества работы регенератора.

SNR_{th} — теоретическое отношение сигнал-шум, определяемое параметрами системы, такими как выходной импульс, затухание на участке, коэффициент шума входного усилителя регенератора и т. д.

$F(t, ER)$ — коэффициент ослабления, обусловленный смещением относительно оптимального момента хронирования (включая фазовое дрожание) при полученном импульсе $S(t)$, межсимвольной помехе $I(t)$ и любой другой помехе, вызывающей искажение информационного сигнала (I_c).

Примечание.— Межсимвольная и другие помехи являются случайными процессами с ограниченными функциями распределения. «Средний» коэффициент ослабления зависит от коэффициента ошибок ER и применительно к троичному сигналу имеет вид:

$$F(t, ER) = \frac{S(t)}{S(0)} - 2\left\{\frac{I(t)}{S(0)} - \frac{I_c}{S(0)}\right\} \qquad \text{(A-3)},$$

где $S(0)$ — значение полученного импульса при $t = 0$, соответствующем максимальной амплитуде.

SNR_{ER} — отношение сигнал-шум, при котором коэффициент ошибок равен ER. Применительно к троичному сигналу зависимость между ER и SNR_{ER} определяется известным гауссовым распределением:

$$ER = \frac{4}{3} P[E] = \frac{4}{3\sqrt{2\pi}} \int_{SNR_{ER}}^{\infty} e^{-x^{1/2}}\, dx \qquad \text{(A-4)}.$$

А.2 *Вывод определений*

Запас помехоустойчивости может быть измерен посредством подачи сигнала внешней помехи. Для этой цели выводятся дополнительные необходимые для практического использования определения.

А.2.1 SNR_{ER} (предполагая коэффициент ошибок равным ER) может быть достигнут подачей на вход регенератора белого шума достаточной величины:

$$SNR_{ER} = \left\{\frac{N_T}{N_T + N_E}\right\} \cdot SNR \qquad \text{(A-5)},$$

где

N_T = тепловой шум в точке регистрации при нормальной работе.

N_E = средняя мощность внешнего шума в точке регистрации, вызывающая коэффициент ошибок ER.

Из (A-1) и (A-5) получаем запас помехоустойчивости M:

$$M = 20 \log m_n = 10 \log \left(1 + \frac{N_E}{N_T}\right) \tag{A-6}$$

$$N_E = N_0 \int_0^\infty |E(f)|^2 \, df \tag{A-7}$$

$$N_T = kT \int_0^\infty |E(f)|^2 F(f) \, df \tag{A-8}$$

N_0 = спектр мощности внешнего шума, наложенного на сигнал

$E(f)$ = функция передачи корректора регенератора

k, T = постоянная Больцманна и абсолютная температура

$F(f)$ = коэффициент шума усилителя корректора регенератора

A.2.2 При подаче синусоидального сигнала помехи можно получить второе определение m_n.

Эта помеха вызывает уменьшающийся коэффициент $F(t, ER)$, который может быть определен в виде:

$$F_d(t, ER) = SNR_{ER}/SNR_{th}.$$

Далее [в соответствии с (A-1) и (A-2)]

$$F(t, ER) = m_n \cdot SNR_{ER}/SNR_{th}.$$

После вычитания:

$$F(t, ER) - F_d(t, ER) = 2 \frac{I_s}{S(0)} - (m_n - 1) \, SNR_{ER}/SNR_{th},$$

где $I_s/S(0)$ представляет собой нормализованный сигнал помехи в точке регистрации.

После подстановки $SNR_{th} = S(0)/2\sqrt{N_T R_0}$ и некоторых преобразований получаем запас помехоустойчивости:

$$M = 20 \log 1 \cdot \left(\frac{I_s}{SNR_{ER} \cdot \sqrt{N_T R_0}} \right) \tag{A-9}$$

$$I_s = S_d \cdot |E(f_d)| \cdot a_c \tag{A-10}$$

S_d = величина сигнала помехи на входе регенератора

f_d = частота сигнала помехи

a_c = поправочный коэффициент, учитывающий влияние помехи на пиковый детектор автоматического корректора

R_0 = действительная часть волнового сопротивления кабеля.

A.3 *Измерения*

Метод A основан на определении, непосредственно связанном с запасом помехоустойчивости (A-6), и является поэтому эталонным методом измерения. Методы B и C являются альтернативными методами измерения.

Метод A (рис. A-1/G.953)

Значения N_E и N_T измеряют непосредственно в точке регистрации бита. Значение N_T измеряют в отсутствие как сигнала, так и вводимой извне помехи. При этих условиях автоматическая регулировка усиления (АРУ) корректора должна посредством внешней регулировки быть доведена до уровня, соответствующего затуханию кабеля. После восстановления сигнала уровень вводимой извне помехи регулируется таким образом, чтобы получить требуемый коэффициент ошибок. После этого отключают сигнал и измеряют уровень помехи ($N_T + N_E$), установив АРУ в такое же положение, как и при измерении N_T.

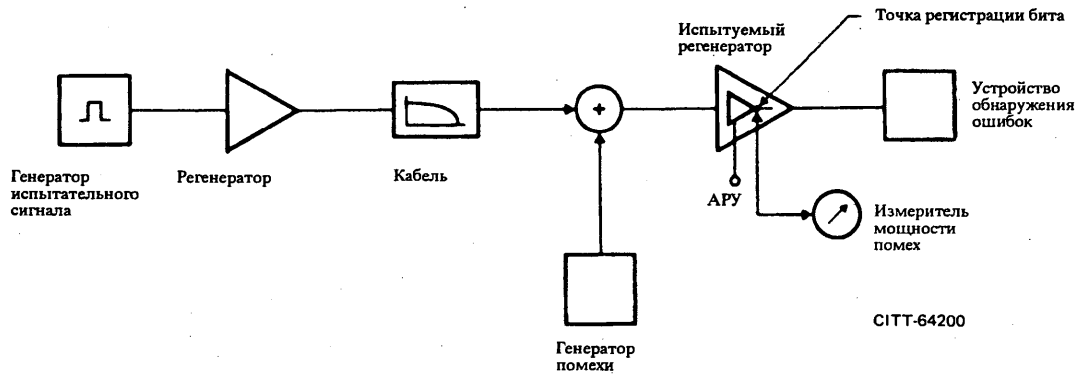


РИСУНОК A-1/G.953

Измерение запаса помехоустойчивости (метод A)

Метод B (рис. A-2/G.953)

При этом методе для измерения нет необходимости иметь доступ к точке регистрации бита. Уровень помехи, вводимой на входе для получения заданного коэффициента ошибок, измеряется непосредственно. Соответствующее значение, относящееся к точке регистрации бита, а также тепловой шум (N_T) оцениваются с помощью функции передачи и коэффициента шума усилителя корректора.

Примечание.— Как функцию передачи, так и коэффициент шума усилителя корректора следует вычислить и измерить на некоторой выборке регенераторов, прежде чем этот метод можно будет применить к конкретному типу регенератора.

Метод C (рис. A-2/G.953)

Этот метод подобен предыдущему методу (B) за исключением того, что в этом случае налагаемая помеха представляет собой синусоидальный сигнал. Этот подаваемый на вход сигнал, который должен вызвать определенный коэффициент ошибок, также определяется путем непосредственного измерения.

Соответствующая помеха в точке регистрации (I_S), равно как и напряжение теплового шума ($\sqrt{N_T R_0}$) оцениваются посредством функции передачи, коэффициента шума корректора и поправочного коэффициента a_c, которые необходимо определить.

Примечание 1.— Из (A-8) и (A-9) следует:

$$M = 20 \log (1 + S_d \cdot X/SNR_{ER}),$$

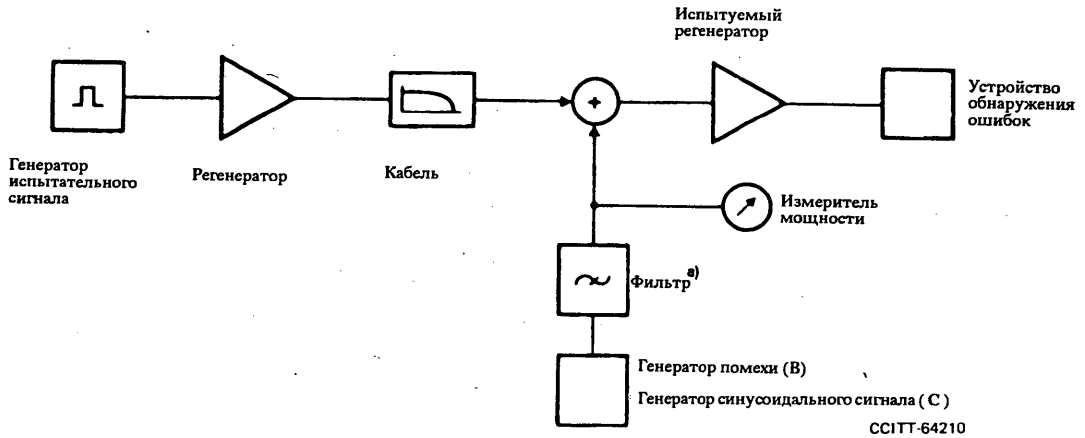
$$\text{где} \quad X = |E(f_d)| \cdot a_c/\sqrt{N_T R_0}$$

является неизвестным коэффициентом, который следует определить на основе измерений выборки регенераторов-прототипов, прежде чем этим методом можно будет воспользоваться применительно к конкретному типу регенератора.

С этой целью запас помехоустойчивости регенератора-прототипа следует измерять в соответствии с эталонным методом измерений (A).

Примечание 2.— Этот метод допускает наличие удлинителя на входе регенератора. В отличие от метода B нет необходимости вводить дополнительный фильтр в тракт ввода.

Примечание 3.— Максимально высокая точность измерения достигается при частоте помехи, близкой к частоте Найквиста.



[a)] При методе C может отсутствовать.

РИСУНОК A-2/G.953

Измерение запаса помехоустойчивости (методы B и C)

Библиография

[1] Руководство МККТТ *Директивы по защите линий электросвязи от вредных воздействий со стороны линий электропередачи и электрифицированных железнодорожных линий*, МСЭ, Женева, 1988 г.

[2] Рекомендация МККТТ *Испытания дистанционно питаемых регенераторов, использующих твердотельные устройства, с целью проверки устройств защиты от внешних помех*, том IX, Рек. K.17.

Рекомендация G.954

ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ИЕРАРХИИ 2048 кбит/с И ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ КАБЕЛИ С КОАКСИАЛЬНЫМИ ПАРАМИ

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

1 Общие положения

Настоящая Рекомендация охватывает цифровые линейные системы для передачи сигналов, основанных на иерархии 2048 кбит/с, по кабелям с коаксиальными парами и включает системы, работающие на следующих скоростях:

8 448 кбит/с

34 368 кбит/с

139 264 кбит/с

4 × 139 264 кбит/с

В случае системы 4 × 139 264 кбит/с цифровое линейное оборудование группообразования выполняет как функции объединения-разъединения четырех цифровых сигналов 139 264 кбит/с, так и функции передачи по линии. Подробная информация, относящаяся к принципам группообразования, приведена в Приложении B к настоящей Рекомендации.

Требования к общему качеству работы и к стыкам соответствующих цифровых линейных участков представлены в Рекомендации G.921.

2 Средства передачи

Системы могут работать на коаксиальных парах, определенных в Рекомендациях серии G.620, в соответствии с таблицей 1/G.954.

ТАБЛИЦА 1/G.954

Средства передачи

Система (кбит/с)	Рекомендация по кабелям
8 448	G.621; G.622
34 368	G.621; G.622; G.623
139 264	G.622; G.623
4 × 139 264	G.623

3 Общие проектные характеристики

3.1 *Коэффициент готовности*

Норма на коэффициент готовности системы должна задаваться с учетом требования к коэффициенту готовности условного эталонного цифрового участка, определенного в Рекомендации G.801.

3.2 *Надежность*

Значения средней наработки на отказ должны быть определены для линейной системы в целом, причем с учетом требований, относящихся к коэффициенту готовности.

3.3 *Запас помехоустойчивости регенератора*

Запас помехоустойчивости регенератора, а также предлагаемый метод измерения определены в Приложении А. Запас помехоустойчивости является количественной характеристикой цифровых регенераторов на коаксиальных парах. Он зависит от коэффициента ошибок и затухания A_0 на регенерационном участке (на частоте, равной половине скорости линейной системы в бодах).

При коэффициенте ошибок, равном 10^{-7}, и при затухании $A_1 \leqslant A_0 \leqslant A_2$ запас помехоустойчивости должен отвечать следующим требованиям:

Запас помехоустойчивости $(M) \geqslant B + C(A_2 - A_0)$.

Не представляется возможным рекомендовать конкретные значения параметров A_1, A_2, B и C.

Примечание.— Влияние фазового дрожания хронирующих импульсов, приводящее к снижению запаса помехоустойчивости, следует измерять путем наложения соответствующего фазового дрожания на испытательный сигнал.

Ниже приводятся примеры значений, используемых некоторыми Администрациями:

	A_1 (дБ)	A_2 (дБ)	B (дБ)	C
Системы 8 448 кбит/с	35	85	9	1
Системы 34 368 кбит/с	34 56 45	84 82 75	7,5 6 12	0,7 0,5 1
Системы 139 264 кбит/с	65 60	84 84	5,5 7,5	0,7 0,7 → 1

Примечание.— Значения даны без запаса, учитывающего фазовое дрожание.

3.4 *Характеристики ошибок*

Проектная норма на коэффициент ошибок отдельного регенератора должна учитывать сетевые эксплуатационные нормы, содержащиеся в Рекомендации G.821:

4 Проектные характеристики

4.1 *Тип питания*

Хотя МККТТ и не дает какой-либо рекомендации относительно использования определенной системы дистанционного питания для данных линейных систем на коаксиальных парах, на практике применяется только питание постоянным током по внутренним проводникам двух коаксиальных пар системы.

Данные системы на коаксиальном кабеле могут подвергаться наводкам напряжения или тока, вызванным грозовыми разрядами, линиями электропередач, железными дорогами и т. д.

Необходимо принимать меры для защиты обслуживающего персонала от любой возможной опасности, вызванной нормальными рабочими напряжениями и токами дистанционного питания, а также наведенными напряжениями и токами.

Многие национальные Администрации издали подробные правила и инструкции, относящиеся к защите людей. Соблюдение этих правил и инструкций является в большинстве случаев обязательным. Кроме того, руководство по этим вопросам содержится в Директивах МККТТ [1].

Необходимо также принимать меры предосторожности для защиты оборудования от наведенных напряжений и токов. Поэтому оборудование должно быть спроектировано таким образом, чтобы оно выдерживало испытания, определенные в Рекомендации K.17 [2].

4.2 *Номинальное расстояние между регенераторами*

Рекомендации относительно конкретных расстояний между регенераторами отсутствуют, но на практике большинство Администраций придерживается номинальных значений, указанных в таблице 2/G.954:

ТАБЛИЦА 2/G.954

Номинальные расстояния между регенераторами

Система (кбит/с)	Номинальное расстояние между регенераторами (км)		
	Рекомендация по кабелям [a)]		
	G.621	G.622	G.623
8 448	4,0	–	–
34 368	2,0	4,0 (примечание)	–
139 264	–	2,0	4,5 (примечание)
4 × 139 264	–	–	1,5

[a)] G.621 относится к коаксиальным парам 0,7/2,9 мм.
G.622 относится к коаксиальным парам 1,2/4,4 мм.
G.623 относится к коаксиальным парам 2,6/9,5 мм.

Примечание.— Одна из Администраций применяет номинальное расстояние между регенераторами 3 км.

4.3 *Принципы технического обслуживания*

4.3.1 *Виды контроля и поиска неисправностей*

Может применяться контроль во время работы или поиск неисправностей в нерабочем состоянии. Для скоростей, равных или превосходящих 139 264 кбит/с, рекомендуется применять контроль во время работы.

4.3.2 *Состояния неисправности и последующие действия*

Необходимо обнаруживать следующие состояния неисправности (в дополнение к тем, которые были определены в Рекомендации G.921 для соответствующих цифровых участков) и предпринимать соответственно следующие действия:

a) отказ дистанционного питания —

должен вырабатываться (если это целесообразно) сигнал аварийной сигнализации, требующей срочного эксплуатационного вмешательства.

b) превышение порогового уровня коэффициента ошибок —
этот уровень составляет $1 \cdot 10^{-5}$ для систем со скоростью 8448 кбит/с
и $1 \cdot 10^{-6}$ для систем с более высокими скоростями —

должен вырабатываться сигнал аварийной сигнализации, требующей несрочного эксплуатационного вмешательства, который указывает на снижение качества работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.954)

Определение и измерение запаса помехоустойчивости регенератора

A.1 *Определение*

Запас помехоустойчивости m_n:

$$m_n = SNR/SNR_{ER} \qquad \text{(A-1)},$$

где:

$$SNR = SNR_{th} \cdot F(t, ER) \qquad \text{(A-2)}.$$

Произведение $SNR_{th} \cdot F(t, ER)$ может рассматриваться как действительное отношение сигнал-шум SNR, являющееся мерой качества работы регенератора.

SNR_{th} — теоретическое отношение сигнал-шум, определяемое параметрами системы, такими как выходной импульс, затухание на участке, коэффициент шума входного усилителя регенератора и т. д.

$E(t, ER)$ — коэффициент ослабления, обусловленный смещением относительно оптимального момента хронирования (включая фазовое дрожание) при полученном импульсе $S(t)$, межсимвольной помехе $I(t)$ и любой другой помехе, вызывающей искажение информационного сигнала (I_c).

Примечание.— Межсимвольная и другие помехи являются случайными процессами с ограниченными функциями распределения. «Средний» коэффициент ослабления зависит от коэффициента ошибок ER и применительно к троичному сигналу имеет вид:

$$F(t, ER) = \frac{S(t)}{S(0)} - 2\left\{\frac{I(t)}{S(0)} - \frac{I_c}{S(0)}\right\} \qquad \text{(A-3)},$$

где $S(0)$ — значение полученного импульса при $t = 0$, соответствующем максимальной амплитуде.

SNR_{ER} — отношение сигнал-шум, при котором коэффициент ошибок равен ER. Применительно к троичному сигналу зависимость между ER и SNR_{ER} определяется известным гауссовым распределением:

$$ER = \frac{4}{3} P[E] = \frac{4}{3\sqrt{2\pi}} \int_{SNR_{ER}}^{\infty} e^{-x^{1/2}}\, dx \qquad \text{(A-4)}.$$

A.2 *Вывод определений*

Запас помехоустойчивости может быть измерен посредством подачи сигнала внешней помехи. Для этой цели выводятся дополнительные необходимые для практического использования определения.

A.2.1 SNR_{ER} (предполагая коэффициент ошибок равным ER) может быть достигнут подачей на вход регенератора белого шума достаточной величины:

$$SNR_{ER} = \left\{\frac{N_T}{N_T + N_E}\right\} \cdot SNR \qquad \text{(A-5)},$$

где

N_T = тепловой шум в точке регистрации при нормальной работе.

N_E = средняя мощность внешнего шума в точке регистрации, вызывающая коэффициент ошибок ER.

Из (А-1) и (А-5) получаем запас помехоустойчивости M:

$$M = 20 \log m_n = 10 \log \left(1 + \frac{N_E}{N_T}\right) \tag{A-6}$$

$$N_E = N_0 \int_0^{\infty} |E(f)|^2 \, df \tag{A-7}$$

$$N_T = kT \int_0^{\infty} |E(f)|^2 \, F(f) \, df \tag{A-8}$$

N_0 = спектр мощности внешнего шума, наложенного на сигнал

$E(f)$ = функция передачи корректора регенератора

k,T = постоянная Больцманна и абсолютная температура

$F(f)$ = коэффициент шума усилителя корректора регенератора

А.2.2 При подаче синусоидального сигнала помехи можно получить второе определение m_n.

Эта помеха вызывает уменьшающийся коэффициент $F(t, ER)$, который может быть определен в виде:

$$F_d(t, ER) = SNR_{ER}/SNR_{th}.$$

Далее [в соответствии с (А-1) и (А-2)]

$$F(t, ER) = m_n \cdot SNR_{ER}/SNR_{th}.$$

После вычитания:

$$F(t, ER) - F_d(t, ER) = 2 \frac{I_s}{S(0)} - (m_n - 1) \, SNR_{ER}/SNR_{th},$$

где $I_s/S(0)$ представляет собой нормализованный сигнал помехи в точке регистрации.

После подстановки $SNR_{th} = S(0)/2\sqrt{N_T R_0}$ и некоторых преобразований получаем запас помехоустойчивости:

$$M = 20 \log 1 \cdot \left(\frac{I_s}{SNR_{ER} \cdot \sqrt{N_T R_0}} \right) \tag{A-9}$$

$$I_s = S_d \cdot |E(f_d)| \cdot a_c \tag{A-10}$$

S_d = величина сигнала помехи на входе регенератора

f_d = частота сигнала помехи

α_c = поправочный коэффициент, учитывающий влияние помехи на пиковый детектор автоматического корректора

R_0 = действительная часть волнового сопротивления кабеля.

А.3 *Измерения*

Метод А основан на определении, непосредственно связанном с запасом помехоустойчивости (А-6), и является поэтому эталонным методом измерения. Методы В и С являются альтернативными методами измерения.

Метод A (рис. A-1/G.954)

Значения N_E и N_T измеряют непосредственно в точке регистрации бита. Значение N_T измеряют в отсутствие как сигнала, так и вводимой извне помехи. При этих условиях автоматическая регулировка усиления (АРУ) корректора должна посредством внешней регулировки быть доведена до уровня, соответствующего затуханию кабеля. После восстановления сигнала уровень вводимой извне помехи регулируется таким образом, чтобы получить требуемый коэффициент ошибок. После этого отключают сигнал и измеряют уровень помехи $(N_T + N_E)$, установив АРУ в такое же положение, как и при измерении N_T.

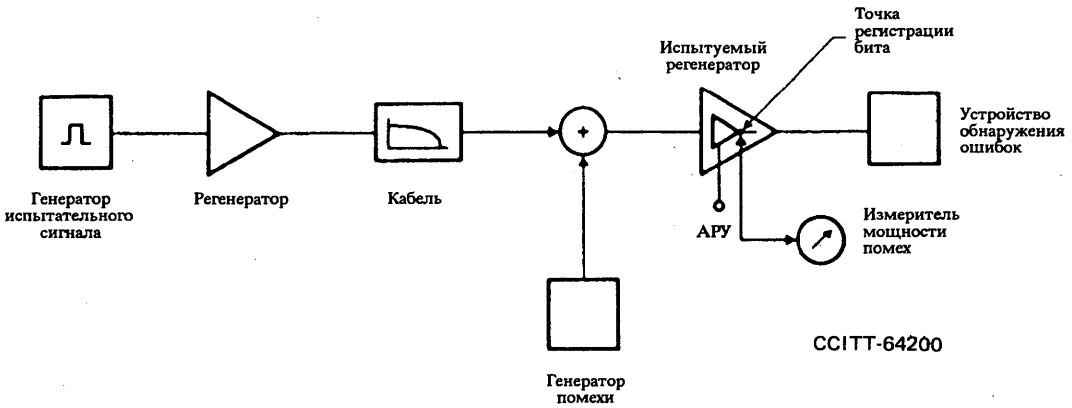


РИСУНОК A-1/G.954

Измерение запаса помехоустойчивости (метод A)

Метод B (рис. A-2/G.954)

При этом методе для измерения нет необходимости иметь доступ к точке регистрации бита. Уровень помехи, вводимой на входе для получения заданного коэффициента ошибок, измеряется непосредственно. Соответствующее значение, относящееся к точке регистрации бита, а также тепловой шум (N_T) оцениваются с помощью функции передачи и коэффициента шума усилителя корректора.

Примечание.— Как функцию передачи, так и коэффициент шума усилителя корректора следует вычислить и измерить на некоторой выборке регенераторов, прежде чем этот метод можно будет применить к конкретному типу регенератора.

Метод C (рис. A-2/G.954)

Этот метод подобен предыдущему методу (B) за исключением того, что в этом случае налагаемая помеха представляет собой синусоидальный сигнал. Этот подаваемый на вход сигнал, который должен вызвать определенный коэффициент ошибок, также определяется путем непосредственного измерения.

Соответствующая помеха в точке регистрации (I_s), равно как и напряжение теплового шума $(\sqrt{N_T R_0})$ оцениваются посредством функции передачи, коэффициента шума корректора и поправочного коэффициента a_c, которые необходимо определить.

Примечание 1.— Из (A-8) и (A-9) следует:

$$M = 20 \log (1 + S_d \cdot X/SNR_{ER}),$$

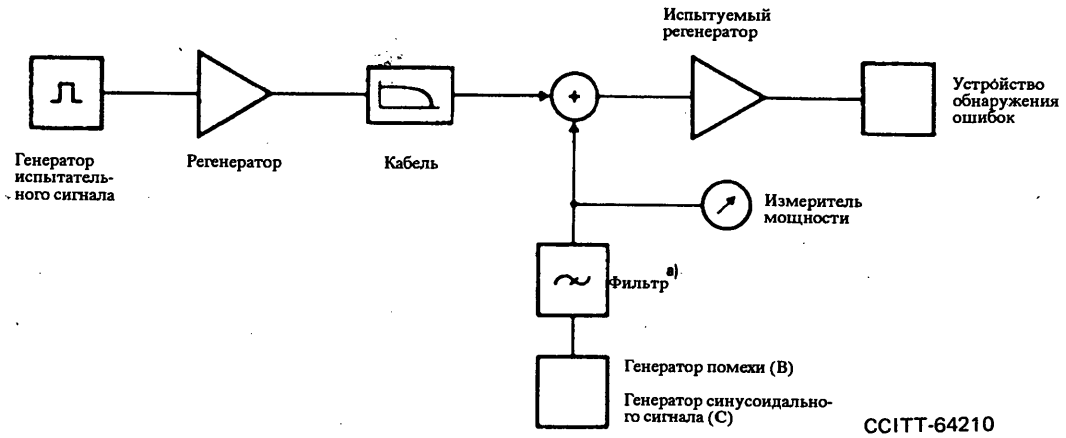
$$\text{где } X = |E(f_d) \cdot a_c/\sqrt{N_T R_0}$$

является неизвестным коэффициентом, который следует определить на основе измерений выборки регенераторов-прототипов, прежде чем этим методом можно будет воспользоваться применительно к конкретному типу регенератора.

С этой целью запас помехоустойчивости регенератора-прототипа следует измерять в соответствии с эталонным методом измерений (A).

Примечание 2.— Этот метод допускает наличие удлинителя на входе регенератора. В отличие от метода В нет необходимости вводить дополнительный фильтр в тракт ввода.

Примечание 3.— Максимально высокая точность измерения достигается при частоте помехи, близкой к частоте Найквиста.



a) При методе C может отсутствовать.

РИСУНОК A-2/G.954

Измерение запаса помехоустойчивости (методы B и C)

ПРИЛОЖЕНИЕ B

(к Рекомендации G.954)

Принципы цифрового группообразования для систем 4 × 139 264 кбит/с

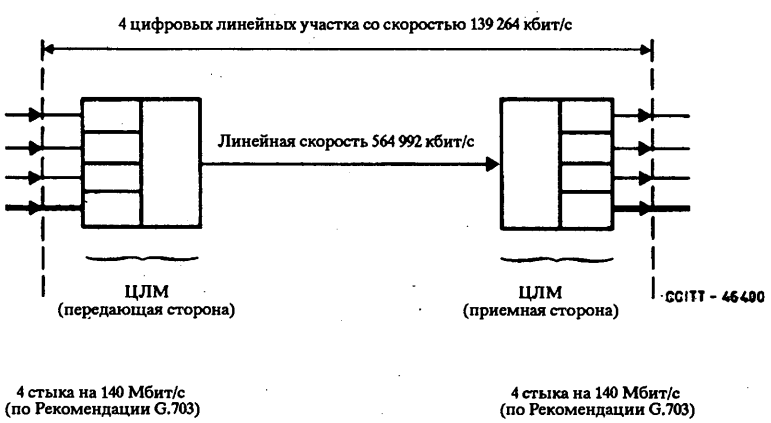


РИСУНОК B-1/G.954

Цифровой линейный мультиплексор/демультиплексор (ЦЛМ)

B.1 *Общие положения*

Цифровое группообразование основано на принципе положительного цифрового выравнивания и объединяет четыре парциальных цифровых потока по 139 264 кбит/с в один составной сигнал.

B.2 *Скорость*

Номинальная скорость равна 564 992 кбит/с. Допуск на отклонение от этой скорости составляет $\pm 15 \cdot 10^{-6}$.

B.3 *Структура цикла*

В таблице B-1/G.954 приведены:

— скорость парциальных цифровых потоков и их число,

— число битов в цикле,

— нумерация битов,

— распределение битов,

— цикловая синхрогруппа-сигнал цикловой синхронизации.

Примечание.— Возможные альтернативные структуры цикла с характеристиками, указанными в Приложении II, подлежат дальнейшему изучению.

B.4 *Потеря и восстановление цикловой синхронизации*

Считается, что цикловая синхронизация нарушена, если четыре следующих друг за другом сигнала цикловой синхронизации приняты на установленных для них временных позициях с ошибками.

После предполагаемого нарушения цикловой синхронизации для устройства цикловой синхронизации критерием восстановления синхронизации является обнаружение подряд трех сигналов цикловой синхронизации.

Устройство цикловой синхронизации, обнаружив один правильно принятый сигнал цикловой синхронизации и не обнаружив сигнала цикловой синхронизации в одном из двух последующих циклов, должно начать новый поиск сигнала цикловой синхронизации.

Примечание.— Так как нет строгой необходимости подробно определять алгоритм цикловой синхронизации, то можно использовать любой подходящий алгоритм, если получаемые при этом характеристики во всех отношениях не хуже, чем характеристики при описанном выше алгоритме.

ТАБЛИЦА B-1/G.954

Структура цикла группообразования 564 992 кбит/с

Скорость парциального цифрового потока (кбит/с)	139 264
Число парциальных цифровых потоков	4
Структура цикла	Номер бита
Сигнал цикловой синхронизации (содержание двоичных символов изучается) Биты парциальных цифровых потоков	*Группа I* 1—12 13—384
Служебные биты выравнивания C_{jn} (n = 1 – 5) (см. примечание) Биты парциальных цифровых потоков	*Группы II—VI* 1—4 5—384
Индикация удаленной аварии, зарезервировано для использования на национальном уровне Биты парциальных цифровых потоков, которые могут быть использованы для выравнивания Биты парциальных цифровых потсков	*Группа VII* 1—4 5—8 9—384
Длина цикла Число битов в парциальном цифровом потоке Максимальная скорость выравнивания в парциальном цифровом потоке Номинальный коэффициент выравнивания	2688 битов 663 бита 210 190 бит/с 0,4390

Примечание.— C_{jn} обозначает n-ый служебный бит выравнивания j-ого парциального цифрового потока.

B.5 *Способ группообразования*

Рекомендуется применять чередование в цикле битов парциальных цифровых потоков в порядке их нумерации и положительное цифровое выравнивание. Сигнал управления выравниванием должен быть распределенным и использовать биты C_{jn} (n=1, 2, 3, 4, 5) (см. таблицу B-1/G.954). Признаком положительного выравнивания является сигнал 11111, а признаком отсутствия выравнивания является сигнал 00000. При принятии решения рекомендуется применять мажоритарный метод.

В таблице B-1/G.954 приведена максимальная скорость цифрового выравнивания на один парциальный цифровой поток и номинальный коэффициент цифрового выравнивания.

B.6 *Фазовое дрожание*

B.6.1 Характеристики передачи фазового дрожания (изучаются).

B.6.2 Выходное фазовое дрожание парциального цифрового потока (изучается).

B.7 *Служебные разряды*

Первые четыре бита группы VII в цикле импульсов отведены для служебных функций. Первый из этих битов используется для индикации срочной аварийной сигнализации (см. таблицу C-1/G.954).

Примечание.— Возможное решение по построению скремблера и сигналов цикловой синхронизации приведено в Приложении I.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

(к Приложению B к Рекомендации G.954)

Возможное решение по построению скремблера и сигналов цикловой синхронизации для цифровой линейной системы со скоростью 4 × 139 264 кбит/с

I.1 *Скремблер со сбросом*

Предлагается использовать «скремблер со сбросом», то есть такой скремблер, который сбрасывается в начале каждого цикла. Преимущества такого скремблера [3] в сравнении с несинхронизированным или «самосинхронизирующимся» скремблером состоят в следующем:

— нет размножения ошибок,

— нет необходимости принимать дополнительные меры во избежание возникновения периодических выходных сигналов.

Если принять, что при входном сигнале «все 1» или «все 0» (например, сигнал СИА во всех четырех парциальных цифровых потоках) выходной сигнал не представляет собой в точности псевдослучайную последовательность вида 2^n — 1, а представляет собой почти случайную последовательность, вполне пригодную для целей выделения тактовой частоты на линии, то можно построить скремблер (рис. I-1/G.954), имеющий следующие дополнительные достоинства:

— Скремблер работает при скорости ≈ 141 Мбит/с. Четыре последовательности, сдвинутые друг относительно друга (A0, A2, A5 и A6), используются для скремблирования отдельных парциальных цифровых потоков T1 ... T4; затем эти четыре скремблированных сигнала (c, d, e, f) подвергаются временному уплотнению.

— Простые схемные решения, отсюда несложная реализация на используемых высоких скоростях и низкое потребление мощности.

— После сброса скремблер вырабатывает сигнал цикловой синхронизации.

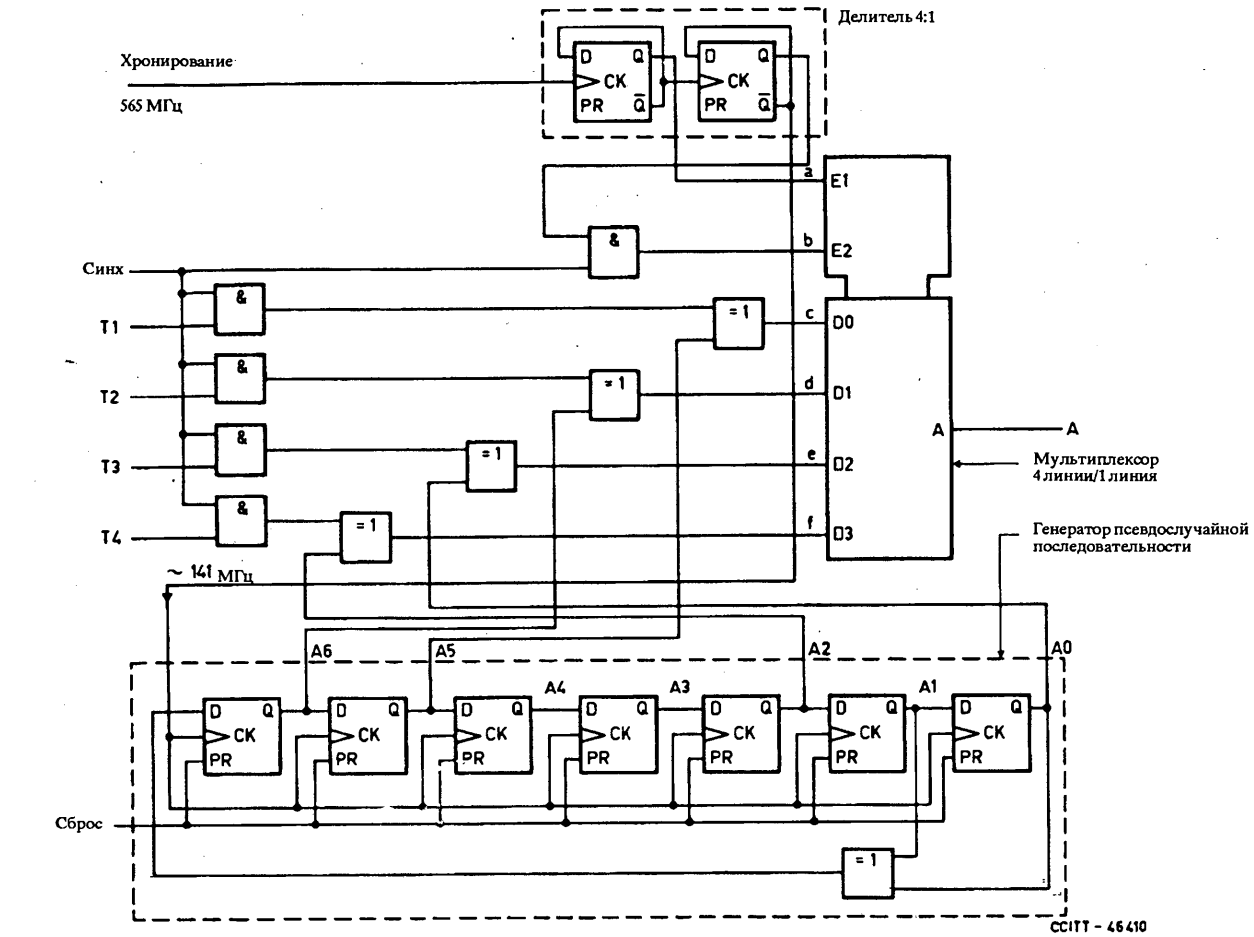
I.2 *Сигнал цикловой синхронизации*

В начале каждого цикла импульсов вырабатывается сигнал цикловой синхронизации

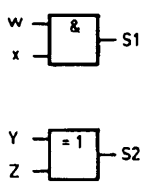
111110100000,

идентичный сигналу цикловой синхронизации на скорости 139 Мбит/с, определенному в Рекомендации G.751.

Возможность имитации сигнала цикловой синхронизации сигналами «все 0» или «все 1», даже если они и возникнут в любой комбинации в четырех парциальных цифровых потоках, исключена.



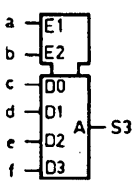
Символы



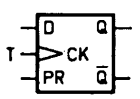
Таблицы истинности

w	x	S1
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Y	Z	S2
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0



a	b	S3
0	0	c
1	0	d
0	1	e
1	1	f



PR	T	D	Q
0	X	X	1
1	↑	a	a

Примечание.— T представляет собой тактовый сигнал. Переход к положительному уровню является активным переходом.

Время tn	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Сброс	Синх	Объединенный во времени выходной сигнал скремблера	A	
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	A5 A6 A5 A6	1 1 1 1	Кодовое слово цикловой синхронизации
1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	A5 A6 A5 A6	1 0 1 0	
2	0	0	1	1	1	1	1	1	0	A5 A6 A5 A6	0 0 $\overline{0}$ $\overline{0}$	
3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	A5 A6 A0 A2	T1 T2 $\overline{T3}$ $\overline{T4}$	Скремблированное
4	0	0	0	0	1	1	1	1	1	A5 A6 A0 A2	T1 T2 $\overline{T3}$ $\overline{T4}$	
5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	A5 A6 A0 A2	T1 T2 $\overline{T3}$ T4	
6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	A5 A6 A0 A2	T1 $\overline{T2}$ $\overline{T3}$ T4	
7	1	0	0	0	0	0	0	1	1	A5 A6 A0 A2	T1 $\overline{T2}$ T3 T4	
8	0	1	0	0	0	0	0	1	1	A5 A6 A0 A2	$\overline{T1}$ T2 T3 T4	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

РИСУНОК 1-1/G.954

Скремблер со сбросом и мультиплексор

ПРИЛОЖЕНИЕ II

(к Приложению B к Рекомендации G.954)

Возможные альтернативные структуры цикла группообразования

Возможны и другие структуры циклов группообразования на скорости 564 992 кбит/с, сохраняющие в парциальном цифровом потоке ту же структуру цикла, что и структура циклов группообразования, представленная в таблице I-1/G.954.

Эти альтернативные структуры циклов группообразования основаны на циклическом чередовании групп битов парциальных цифровых потоков. Такие методы группообразования могут иметь преимущества с точки зрения аппаратурной реализации, когда используются алфавитные линейные коды, такие как 6B4T. Объединение функций группообразования и преобразования линейного кода позволяет уменьшить скорость работы используемых для этого схем.

Оборудование, построенное на основе этих альтернативных структур цикла группообразования, при условии, что в нем принята такая же длина цикла группообразования, такое же число битов в парциальном цифровом потоке, такая же максимальная скорость цифрового выравнивания и такой же номинальный коэффициент выравнивания, обеспечивает то же качество работы сети, что и оборудование, использующее метод группообразования, описанный в основной части настоящей Рекомендации.

ПРИЛОЖЕНИЕ C

(к Рекомендации G.954)

Состояния неисправности и последующие действия в цифровых линейных системах со скоростью $4 \times 139\,264$ кбит/с

C.1 *Состояния неисправности*

Цифровая линейная система $4 \times 139\,264$ кбит/с должна обеспечивать обнаружение следующих неисправностей:

C.1.1 Отказ вторичного источника питания.

C.1.2 Отказ питания регенераторов.

C.1.3 Коэффициент ошибок $1 \cdot 10^{-3}$

Примечание.— Критерии для приведения в действие и для отключения индикации аварийной сигнализации изучаются.

C.1.4 Коэффициент ошибок $1 \cdot 10^{-6}$.

C.1.5 Пропадание входного линейного сигнала.

Примечание.— Обнаружение этого состояния неисправности требуется лишь тогда, когда это не приводит к индикации потери цикловой синхронизации.

C.1.6 Потеря цикловой синхронизации.

C.1.7 Потеря синхронизации линейного кодового слова при использовании алфавитных линейных кодов.

Примечание.— Обнаружение этого состояния неисправности требуется лишь тогда, когда это не приводит к индикации «коэффициент ошибок $1 \cdot 10^{-3}$».

C.1.8 Пропадание входного сигнала парциального цифрового потока.

C.1.9 Индикация удаленной аварии.

С.2 *Последующие действия*

Вслед за обнаружением состояния неисправности должны быть предприняты действия в соответствии с таблицей С-1/G.954.

ТАБЛИЦА С-1/G.954

Состояния неисправности и последующие действия

Оборудование	Состояния неисправности	Аварийная сигнализация, требующая эксплуатационного вмешательства		Передача индикации аварии на удаленное линейное оборудование группообразования	Передача СИА, см. § С.2	
		Срочная	Несрочная		на все парциальные цифровые потоки	на соответствующий временной интервал составного сигнала
Оборудование группообразования	Отказ вторичного источника питания	Да			Да, если это целесообразно	
	Отказ питания регенераторов	Да			Да, если это целесообразно	
Только приемная сторона линейного оборудования группообразования (см. рис. 2/G.901)	Коэффициент ошибок 1×10^{-3}	Да		Да	Да	
	Коэффициент ошибок 1×10^{-6}		Да			
	Пропадание входного сигнала	Да		Да	Да	
	Потеря цикловой синхронизации	Да		Да	Да	
	Потеря синхронизации линейного слова при использовании алфавитного линейного кода	Да		Да	Да	
	Обнаружение индикации удаленной аварии					
Только передающая сторона линейного оборудования группообразования (см. рис. 2/G.901)	Пропадание входного парциального сигнала	Да				Да

Примечание.— В данной таблице *Да* означает, что соответствующее данному состоянию неисправности действие должно быть предпринято. *Пустое место* в таблице означает, что соответствующее данному состоянию неисправности действие предпринимать не следует, если имеется только одна эта неисправность. Когда одновременно имеется более одного состояния неисправности, соответствующее действие должно быть предпринято, если *Да* в отношении этого действия указано по крайней мере для одного из этих состояний.

С.2.1 Выдача индикации аварии, требующей срочного эксплуатационного вмешательства, которая извещает о том, что качество передачи ниже приемлемых норм и что на месте требуется вмешательство персонала.

С.2.2 Выдача индикации аварии, требующей несрочного эксплуатационного вмешательства, которая извещает о снижении качества работы.

Примечание.— Вопрос размещения и обеспечения любой визуальной и/или звуковой аварийной сигнализации, приводимой в действие посредством индикации аварии, указанной выше в §§ С.2.1 и С.2.2, предоставляется на усмотрение Администраций.

С.2.3 СИА подается на все парциальные цифровые потоки (см. ниже примечания 1 и 2).

С.2.4 СИА подается на соответствующий временной интервал составного сигнала (см. ниже примечание 1).

С.2.5 Передача индикации аварии на удаленное оборудование группообразования.

Примечание 1.— Эквивалентным двоичным содержанием сигнала индикации аварии (СИА) является непрерывная последовательность единиц.

Примечание 2.— Скорость СИА должна находиться в пределах $\pm 15 \cdot 10^{-6}$ от номинальной скорости.

Библиография

[1] Руководство МККТТ *Директивы по защите линий электросвязи от вредных воздействий со стороны линий электропередачи и электрифицированных железнодорожных линий*, МСЭ, Женева, 1988 г.

[2] Рекомендация МККТТ *Испытания дистанционно питаемых регенераторов, использующих твердотельные устройства, с целью проверки устройств защиты от внешних помех*, том IX, Рек. K.17.

[3] МЮЛЛЕР (Г), Независимость от последовательности битов за счет использования скремблеров в цифровых системах связи, *Nachr. Techn. Z.*, том 27 (1974), стр. 475—479.

Рекомендация G.955

ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ИЕРАРХИИ 1544 КБИТ/С И ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

1 Общие положения

Настоящая Рекомендация охватывает цифровые линейные системы для передачи сигналов, основанных на иерархии 1544 кбит/с, по волоконно-оптическим кабелям и включает системы, работающие на следующих скоростях:

1 544 кбит/с
3 152 кбит/с
6 312 кбит/с
32 064 кбит/с
44 736 кбит/с
$n \times$ 44 736 кбит/с
97 728 кбит/с
4 $\times$ 97 728 кбит/с

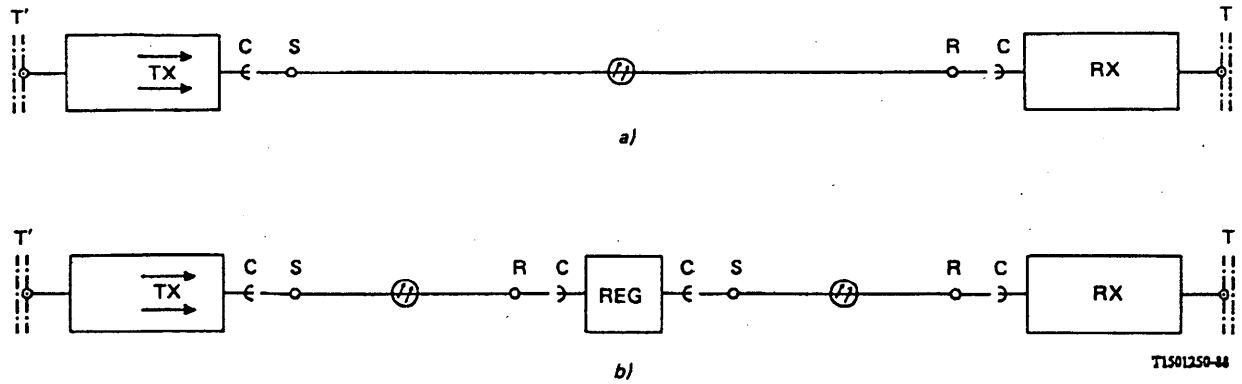
Цель настоящей Рекомендации состоит в обеспечении продольной совместимости элементарных кабельных участков различных цифровых линейных систем, то есть возможности устанавливать цифровые линейные системы, выпускаемые различными изготовителями, на одном волоконно-оптическом кабеле.

Для целей настоящей Рекомендации волоконно-оптические цифровые линейные системы могут быть представлены с помощью рис. 1/G.955. В системе могут отсутствовать промежуточные регенераторы (рис. 1a/G.955), может быть один промежуточный регенератор (рис. 1b/G.955) или несколько регенераторов в зависимости от построения системы и длины линий.

Настоящая Рекомендация охватывает требования к оборудованию, направленные на выполнение соответствующих эксплуатационных норм, определенных в Рекомендации G.821, при всех обычно рассматриваемых условиях работы. В любом случае Рекомендация G.821 считается основной эксплуатационной нормой для сети.

Прочие (синхронные оптические) иерархические скорости в настоящее время находятся в стадии рассмотрения. Для включения этих скоростей в настоящую Рекомендацию требуется дальнейшее изучение.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE



T, T' — стыки оборудования в соответствии с Рекомендацией G.703.

S — точка на оптическом волокне непосредственно после оптического соединителя (C) передатчика (TX) или регенератора (REG).

R — точка на оптическом волокне непосредственно перед оптическим соединителем (C) приемника (RX) или регенератора (REG).

Примечание.— Дополнительные соединители на кроссе (если он используется) рассматриваются как часть волоконного участка между точками S и R.

РИСУНОК 1/G.955

2 Тип средства передачи

В этих системах могут применяться многомодовые или одномодовые оптические волокна, определяемые соответственно в Рекомендациях G.651 или G.652. Работа может происходить на волнах 850, 1300 или 1550 нм или какой-либо другой волне в зависимости от используемых волокна и типа системы. Затухание, наиболее подходящее для работы при различных скоростях и длинах волн, выбирается Администрацией в соответствии с характеристиками организуемого участка и с данной Рекомендацией. Аналогичным образом затухание сростков и соединителей и кабельные допуски должны выбираться совместно с затуханием оптического волокна с целью достижения общего затухания, нормированного в § 4.

3 Системный допуск

Для целей настоящей Рекомендации общий системный допуск (рис. 1a/G.955) или допуск регенерационного участка (рис. 1b/G.955) подразделяется на две основные составляющие. Распределение этих допусков показано на рис. 2/G.955.

3.1 *Кабельный допуск (M_c)*

Кабельный допуск M_c охватывает допуски на:

i) будущие видоизменения конфигурации кабеля (дополнительные сростки, увеличение длины кабеля и т. д.);

ii) изменения характеристик волоконно-оптического кабеля, вызванные воздействием окружающей среды;

iii) ухудшение качества любого соединителя между точками S и R (если он предусмотрен).

3.2 *Допуск на оборудование (M_e)*

Допуск на оборудование M_e охватывает допуски, связанные с воздействием временных факторов и окружающей среды на характеристики оборудования (например, мощность ввода, чувствительность приемника, ухудшение качества соединителей в оборудовании).

Примечание 1.— Проектный допуск, который охватывает допуски на характеристики различных компонентов системы, не рассматривается, так как значения этих характеристик для наихудших случаев отражены в требованиях § 4.

Примечание 2.— Системный допуск определен применительно к пороговому значению коэффициента ошибок $1 \cdot 10^{-10}$, хотя по практическим соображениям измерение чувствительности приемника может производиться и при других пороговых значениях.

Примечание 3.— Принятый в настоящей Рекомендации подход, в основе которого лежит рассмотрение худшего случая, создает в системах эксплуатации дополнительный допуск, который следует рассматривать как допуск без конкретного предназначения.

4 Требования к системе

С точки зрения требований к системе оптический тракт регенерационного участка может быть представлен схемой, изображенной на рис. 2/G.955.

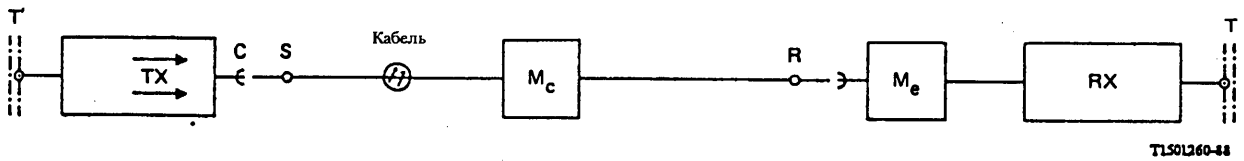


РИСУНОК 2/G.955

Минимальным требованием к типичным находящимся в продаже системам является требование, чтобы передатчик и приемник были построены так, чтобы характеристики ошибок, приведенные в § 4.2, достигались при оптическом тракте, определенном в §§ 4.6 и 4.7.

4.1 *Длина регенерационных участков*

Длина регенерационного участка, которая может быть обеспечена для определяемых в настоящей Рекомендации систем, зависит от характеристик волокна и конкретных возможностей приемо-передающего оборудования. Примеры приводятся в Приложениях А и В.

При многомодовых системах описание частотной характеристики в основной полосе с помощью только одной величины (ширины оптической полосы на уровне — 3 дБ) может оказаться недостаточным для определения пригодности волокна для данной системы. В некоторых случаях может потребоваться более подробное описание этой характеристики или описание импульсной характеристики. Кроме того, предполагается, что общая ширина оптической полосы на уровне — 3 дБ включает также модовые и хроматические составляющие.

Для одномодовых систем принципиальной характеристикой является то, что при данной длине участка расширение импульса происходит в меньшей степени, чем в многомодовых системах, при условии, что центральная длина волны лазера достаточно близка к длине волны нулевой дисперсии волокна.

Как правило, в одномодовых волоконно-оптических системах, использующих лазерные источники, работающие на номинальной скорости около или ниже, чем $6 \times 44\,736$ кбит/с, длина регенерационного участка бывает ограничена затуханием, а не дисперсией. При более высоких скоростях длина регенерационного участка может быть ограничена дисперсией. Поэтому желательно проверять, чем именно ограничена длина регенерационного участка — затуханием или дисперсией.

Системы с ограничением по затуханию: длина регенерационного участка, ограниченная по затуханию, может быть рассчитана на основе данных об усилении системы, о затухании, вносимом в совокупности соединителями и сростками, о затухании волокна на рабочей длине волны, о кабельных допусках и о дополнительном затухании, вызванном любым воздействием дисперсии (включая шум распределения мод).

Системы с ограничением по дисперсии: длина регенерационного участка, ограниченная по дисперсии, зависит от допускаемого приемником искажения импульса (например, вызванного спектральными характеристиками передатчика, шумом распределения мод и хроматической дисперсией волокна). Администрациям следует получить у поставщиков консультацию о вызванных дисперсией ограничениях длины для своих систем. Системы с ограничением по дисперсии требуют дальнейшего изучения.

4.2 *Характеристики ошибок*

Цифровые линейные системы, рассматриваемые в настоящей Рекомендации, предполагают максимальную длину регенерационного участка, соответствующую коэффициенту ошибок не хуже, чем $1 \cdot 10^{-10}$. Характеристики ошибок должны согласовываться с характеристиками всего тракта, приводимыми в Рекомендации G.821.

4.3 *Динамический диапазон приемника*

Динамический диапазон оптического приемника должен быть по крайней мере достаточным для обеспечения диапазона АРУ, обеспечивающего работу в условиях производственных допусков оборудования, температурных воздействий и старения. Желательно также, чтобы динамический диапазон приемника минимизировал необходимость в подсоединении к линии дополнительных удлинителей.

4.4 *Оптический источник*

Многомодовые системы в качестве источников излучения могут использовать либо лазеры, либо светодиоды. Одномодовые системы, как правило, применяют лазеры, хотя при некоторых скоростях могут использоваться и светодиоды. Одномодовые системы, использующие светодиоды, требуют дальнейшего изучения.

4.5 *Диапазон рабочих длин волн*

Номинальные длины волн 850 и 1300 нм предполагают возможность работы в любой точке диапазонов 820—910 нм и 1270—1330 нм соответственно при скоростях систем до номинальных скоростей, составляющих около $3 \times 44\,736$ кбит/с включительно. При скорости выше номинальной скорости, составляющей около $3 \times 44\,736$ кбит/с, диапазон 1300 нм сокращается до 1285 — 1330 нм. Диапазон вокруг 1550 нм является предметом исследования.

Примечание 1.— Для одномодовых систем, работающих в диапазоне 1300 нм, нижний предел длины волны определяется исходя из соображений, связанных с дисперсией и критической длиной волны, в то время как верхний предел длины волны — исходя из соображений, связанных с дисперсией и затуханием. В частности, следует отметить, что диапазон, указанный в настоящей Рекомендации, ограничен по сравнению с диапазоном дисперсии 1270—1340 нм, указанным в Рекомендации G.652, в связи с возможностью избыточного затухания, связанного с максимумом ионов — OH. Чтобы обеспечить удовлетворительную работу системы, критическая длина волны при самом коротком волокне одномодового первичного кабельного участка не должна превышать рабочую длину волны. Мода второго порядка (LP_{11}) должна испытать при прохождении по волокну достаточное затухание, так чтобы у детектора модовый шум и двухмодовая дисперсия были пренебрежимо малыми.

Примечание 2.— Определенные выше номинальные длины волн относятся к случаям использования светодиодов и продольных многомодовых лазеров. Продольные одномодовые лазеры подлежат дальнейшему изучению.

4.6 *Рекомендуемые допуски на оптический тракт многомодовых волоконно-оптических систем*

Допуски на оптические тракты между точками S и R даны в таблице 1/G.955 для многомодовых волоконно-оптических систем, использующих светодиоды или продольные многомодовые лазеры. Эти допуски включают кабельный допуск M_c и охватывают суммарное затухание и ширину оптической полосы на уровне 3 дБ. Эти допуски отражают худшие значения параметров, полученные в ходе текущей практики, которые могут быть допущены при проектировании данной системы. Компромиссы между шириной полосы, затуханием, дисперсией, кодированием и т. д. могут вызвать изменение этих параметров.

Расчет затухания между точками S и R должен проводиться с учетом изменения затухания оптического волокна в реальном диапазоне волн оптического источника.

4.7 *Рекомендуемые допуски на оптический тракт одномодовых волоконно-оптических систем*

Допуски на оптические тракты между точками S и R даны в таблице 2/G.955 для одномодовых волоконно-оптических систем, использующих светодиоды или продольные одномодовые лазеры. Эти допуски включают кабельный допуск M_c и охватывают суммарное затухание и дисперсию. Эти допуски отражают худшие значения параметров, полученные в ходе текущей практики, которые могут быть допущены при проектировании данной системы. Компромиссы между затуханием, дисперсией, кодированием и т. д. могут вызвать изменение этих параметров.

Расчет затухания между точками S и R должен проводиться с учетом изменения затухания оптического волокна в реальном диапазоне волн оптического источника.

ТАБЛИЦА 1/G.955

Рекомендуемые допуски на оптические тракты цифровых линейных систем на многомодовом оптическом волокне, соответствующие Рекомендации G.651 применительно к одиночному оптическому сигналу передачи

Номинальная скорость (кбит/с)	Номинальная длина волны (нм)	Вид источника	Допуски между S и R при коэффициенте ошибок 1×10^{-10}	
			Максимальное затухание (дБ)	Минимальная общая оптическая полоса на уровне -3 дБ (МГц)
6 312	850	Лазер	47	17
		Светодиод	34	17
	1300	Лазер	34	17
		Светодиод	21	17
32 064	850	Лазер	a)	a)
		Светодиод	a)	a)
	1300	Лазер	33	65
		Светодиод	a)	a)
44 736	850	Лазер	42	62
		Светодиод	29	62
	1300	Лазер	33	62
		Светодиод	21	62
2 × 44 736	850	Лазер	42	90
		Светодиод	a)	a)
	1300	Лазер	30	81
		Светодиод	a)	a)
97 728	850	Лазер	a)	a)
		Светодиод	a)	a)
	1300	Лазер	31	100
		Светодиод	a)	a)
3 × 44 736	850	Лазер	a)	a)
		Светодиод	a)	a)
	1300	Лазер	28	120
		Светодиод	a)	a)

a) Значения изучаются.

Примечание 1.— Приведенные в данной таблице значения относятся к видам источников излучения, не являющимся одномодовыми лазерами.

Примечание 2.— Другие соображения приводятся в § 4.1 (длина регенерационных участков).

ТАБЛИЦА 2/G.955

Рекомендуемые допуски на оптические тракты цифровых линейных систем на одномодовом оптическом волокне, соответствующие Рекомендации G.652 применительно к одиночному оптическому сигналу передачи

Номинальная скорость (кбит/с)	Номинальная длина волны (нм)	Вид источника	Допуски между S и R при коэффициенте ошибок 1×10^{-10}	
			Максимальное затухание (дБ)	Максимальная дисперсия (пс/нм)
44 736	1300	Лазер	32	Н/П
	1550	Лазер	a)	a)
2 × 44 736	1300	Лазер	28	Н/П
	1550	Лазер	a)	a)
97 728	1300	Лазер	31	a)
	1550	Лазер	a)	a)
3 × 44 736	1300	Лазер	28	Н/П
	1550	Лазер	a)	a)
4 × 44 736	1300	Лазер	26	Н/П
	1550	Лазер	a)	a)
6 × 44 736	1300	Лазер	26	(Примечание 2)
	1550	Лазер	a)	a)
4 × 97 728	1300	Лазер	28	(Примечание 2)
	1550	Лазер	a)	a)
9 × 44 736	1300	Лазер	26	(Примечание 2)
	1550	Лазер	a)	a)
12 × 44 736	1300	Лазер	24	(Примечание 2)
	1550	Лазер	a)	a)
18 × 44 736	1300	Лазер	24	(Примечание 2)
	1550	Лазер	a)	a)
24 × 44 736	1300	Лазер	24	(Примечание 2)
	1550	Лазер	a)	a)
36 × 44 736	1300	Лазер	23	(Примечание 2)
	1550	Лазер	a)	a)

a) Значения изучаются.

Н/П — не применяется.

Примечание 1.— Приведенные в данной таблице значения относятся к видам источников излучения, не являющимся продольными одномодовыми лазерами.

Примечание 2.— Длина регенерационных участков может ограничиваться дисперсией. Конкретные значения зависят от ряда факторов и требуют дальнейшего изучения. Другие соображения приводятся в § 4.1 (длина регенерационных участков).

4.8 *Системный допуск*

Кабельный допуск M_c и допуск на оборудование M_e зависят от характеристик системы и окружающих условий. Администрациям следует рассмотреть значения этих допусков совместно с поставщиками применительно к используемым системам и принципам технического обслуживания. Различные принципы технического обслуживания могут потребовать различия в допусках.

4.9 *Соображения относительно компромиссов*

Допуски на цифровые линейные системы, представленные в таблицах 1/G.955 и 2/G.955, направлены на определение минимальных требований к системам передачи с максимальными длинами участков. Однако для систем, не требующих доведения до максимума длины участков, может быть использовано оборудование с более экономичным построением. Параметры такого оборудования в целях компромисса могут отличаться от параметров, приведенных в таблицах 1/G.955 и 2/G.955.

Кроме того, может отпасть необходимость в дистанционном питании и дистанционном контроле промежуточных регенераторов.

4.10 *Спектральное уплотнение*

Требование к цифровым линейным системам, использующим методы спектрального уплотнения при работе в диапазоне одной и той же волны или в диапазонах разных волн, являются предметом изучения.

5 Электропитание

Устройства электропитания, если таковые имеются, требуют дальнейшего изучения.

6 Условия работы

См. Рекомендацию G.950.

7 Общие проектные данные

Вопрос находится в стадии изучения.

8 Принципы технического обслуживания

8.1 *Виды контроля и поиска неисправностей*

Может применяться контроль во время работы или поиск неисправностей в нерабочем состоянии. В случае отсутствия в оптическом кабеле подходящих металлических проводников контроль за промежуточным регенератором (там, где это целесообразно) должен обеспечиваться теми же двумя оптическими волокнами, которые используются для линейных систем, или другими волокнами в кабеле.

8.2 *Состояния неисправности и последующие действия*

Состояния неисправности и последующие действия должны быть дополнительными к тем, что рекомендованы для цифровых линейных участков. В системах с лазерами считается желательным иметь средства для обнаружения ухудшения качества работы лазера. Для этого состояния неисправности представляется целесообразным предусматривать индикацию аварии, требующей несрочного эксплуатационного вмешательства.

9 Соображения безопасности

В настоящее время в МЭК разрабатываются Рекомендации по использованию с соблюдением мер безопасности, техническому обслуживанию и эксплуатации волоконно-оптических систем связи, использующих лазеры или светодиоды с длинами волн на выходе от 400 нм до 3000 нм. Сюда входят рабочие диапазоны волн, определенные в § 4.5. Эти Рекомендации после завершения их разработки будут отражены в настоящей Рекомендации.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.955)

Пример расчета длины регенерационного участка для системы с лазерным источником на скорости 6 Мбит/с, работающей по многомодовому волокну на волне 850 нм

А.1 Длина регенерационного участка может быть рассчитана исходя из того, что на конце оптического тракта между точками S и R (см. рис. 2/G.955) суммарное затухание не должно превышать 47 дБ и общая полоса не должна быть менее 17 МГц. В нижеследующем примере предполагается почти равновесное распределение мод в точке S.

А.2 При применении систем с ограничениями по затуханию максимальная длина регенерационного участка может быть определена (в качестве примера и безотносительно к какой-либо конкретной ситуации) следующим образом:

— затухание оптических волокон при 850 нм		3,0 дБ/км
— затухание сростков		0,4 дБ/км
— кабельный допуск (M_c)		0,4 дБ/км
	Всего	3,8 дБ/км

Длина регенерационного участка 47/3,8 = 12,4 км.

Предполагается, что между точками S и R соединителей нет.

А.3 Что касается полосы пропускания, то чтобы получить такую длину регенерационного участка и при этом соблюсти общий предел 17 МГц, следует использовать волокна с полосой 106 МГц, если коэффициент сложения полос равен 0,75. Дополнительные сведения о расчете полосы элементарных кабельных участков можно найти в Рекомендации G.651.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(к Рекомендации G.955)

Пример расчета длины регенерационного участка для системы с лазерным источником на скорости 12 × 45 Мбит/с, работающей по одномодовому волокну на волне 1300 нм

В.1 Длина регенерационного участка может быть рассчитана исходя из того, что на конце оптического тракта между точками S и R (см. рис. 2/G.955 в тексте данной Рекомендации) суммарное затухание не должно превышать 28 дБ для систем, работающих в диапазоне волн от 1270 до 1330 нм.

В.2 С точки зрения затухания длина регенерационного участка может быть определена (в качестве примера и безотносительно к какой-либо конкретной ситуации) следующим образом:

— затухание оптического волокна при 1300 нм		0,40 дБ/км
— затухание сростков		0,15 дБ/км
— кабельный допуск (M_c)		0,15 дБ/км
	Всего	0,70 дБ/км

Длина регенерационного участка 28 дБ/0,7 дБ/км = 40 км.

Примечание 1.— Предполагается, что соединители между точками S и R отсутствуют.

Примечание 2.— В приведенном выше распределении затухания волокна для систем, работающих на волнах, отличных от 1300 нм, следует сделать поправку на изменение спектра затухания волокна.

В.3 Для систем, работающих на более высоких скоростях, длина регенерационного участка может быть ограничена дисперсией. Конкретный пример зависит от различных факторов (как в § 4.1) и требует дальнейшего изучения.

ЦИФРОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ИЕРАРХИИ 2048 КБИТ/С И ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

1 Общие положения

Настоящая Рекомендация охватывает цифровые линейные системы для передачи сигналов, основанных на иерархии 2048 кбит/с, по волоконно-оптическим кабелям и включает системы, работающие на следующих скоростях:

2 048 кбит/с

8 448 кбит/с

34 368 кбит/с

139 264 кбит/с

4×139 264 кбит/с (см. примечание).

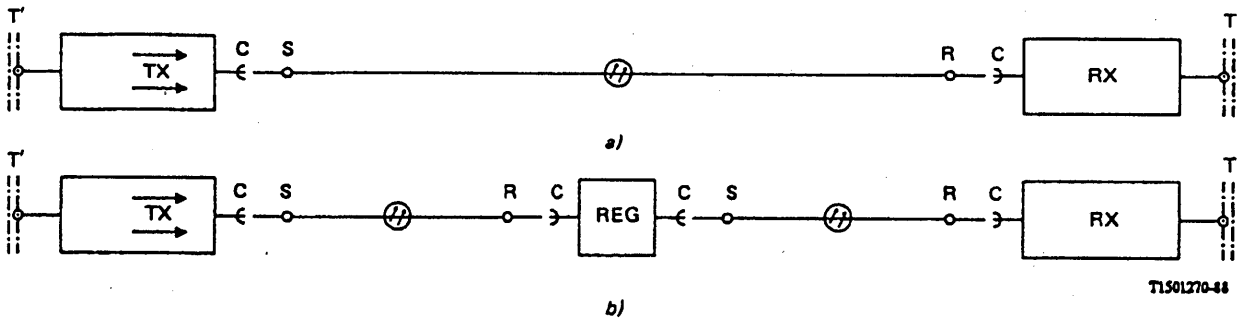
Примечание.— Системы с более высокими скоростями изучаются (в настоящее время изучаются скорости 1,2 Гбит/с и/или 2,4 Гбит/с).

Требования к общему качеству работы и к стыкам соответствующих цифровых линейных участков представлены в Рекомендациях серии G.921.

Цель настоящей Рекомендации состоит в обеспечении продольной совместимости элементарных кабельных участков различных цифровых линейных систем, то есть возможности устанавливать цифровые линейные системы, выпускаемые различными изготовителями, на одном волоконно-оптическом кабеле.

Для целей настоящей Рекомендации волоконно-оптические цифровые линейные системы могут быть представлены с помощью рис. 1/G.956. В системе могут отсутствовать промежуточные регенераторы (рис. 1a/G.956), может быть один промежуточный регенератор (рис. 1b/G.956) или несколько регенераторов в зависимости от построения системы и длины линий.

Настоящая Рекомендация охватывает требования к оборудованию, направленные на выполнение соответствующих эксплуатационных норм, определенных в Рекомендациях G.821 и G.921 при всех обычно рассматриваемых условиях работы. В любом случае Рекомендация G.821 считается основной эксплуатационной нормой для сети.



T, T'— стыки оборудования в соответствии с Рекомендацией G.703.

S — точка на оптическом волокне непосредственно после оптического соединителя (C) передатчика (TX) или регенератора (REG).

R — точка на оптическом волокне непосредственно перед оптическим соединителем (C) приемника (RX) или регенератора (REG).

Примечание.— Дополнительные соединители на кроссе (если он используется) рассматриваются как часть волоконного участка между точками S и R.

РИСУНОК 1/G.956

2 Тип средства передачи

В этих системах могут применяться многомодовые или одномодовые оптические волокна, определяемые соответственно в Рекомендации G.651 или G.652. Работа может происходить на волнах 850, 1300 или 1550 нм или какой-либо другой волне в зависимости от используемых волокна и типа системы. Затухание, наиболее подходящее для работы при различных скоростях и длинах волн, выбирается Администрацией в соответствии с характеристиками организуемого участка и с настоящей Рекомендацией. Аналогичным образом затухание сростков и соединителей и кабельные допуски должны выбираться совместно с затуханием оптического волокна с целью достижения общего затухания, нормированного в § 4.

3 Системный допуск

Для целей настоящей Рекомендации общий системный допуск (рис. 1a/G.956) или допуск регенерационного участка (рис. 1b/G.956) подразделяется на две основные составляющие. Распределение этих допусков показано на рис. 2/G.956.

3.1 *Кабельный допуск (M_c)*

Кабельный допуск M_c охватывает допуски на:

i) будущие видоизменения конфигурации кабеля (дополнительные сростки, увеличение длины кабеля и т. д.);

ii) изменения характеристик волоконно-оптического кабеля, вызванные воздействием окружающей среды;

iii) ухудшение качества любого соединителя между точками S и R (если он предусмотрен).

3.2 *Допуск на оборудование (M_e)*

Допуск на оборудование M_e охватывает допуски, связанные с воздействием временны́х факторов и окружающей среды на характеристики оборудования (например, мощность ввода, чувствительность приемника, ухудшение качества соединителей в оборудовании).

Примечание 1.— Проектный допуск, который охватывает допуски на характеристики различных компонентов системы, не рассматривается, так как значения этих характеристик для наихудших случаев отражены в требованиях § 4.

Примечание 2.— Системный допуск определен применительно к пороговому значению коэффициента ошибок $1 \cdot 10^{-10}$, хотя по практическим соображениям измерение чувствительности приемника может производиться и при других пороговых значениях.

Примечание 3.— Принятый в настоящей рекомендации подход, в основе которого лежит рассмотрение худшего случая, создает в системах эксплуатации дополнительный допуск, который следует рассматривать как допуск без конкретного предназначения.

4 Требования к системе

С точки зрения требований к системе оптический тракт регенерационного участка может быть представлен схемой, изображенной на рис. 2/G.956.

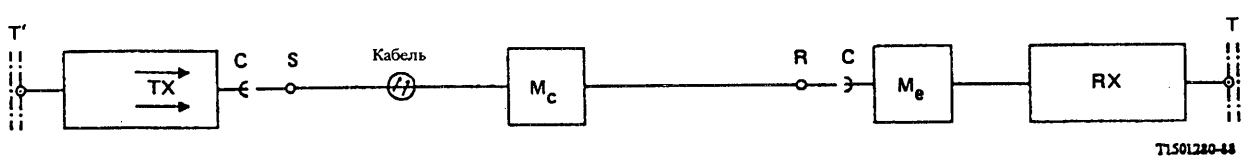


РИСУНОК 2/G.956

Минимальное требование, направленное на обеспечение максимальной длины участка, состоит в том, что передатчик и приемник должны быть построены так, чтобы требования к характеристикам ошибок, приведенным в § 4.2, выполнялись на оптических трактах, определенных в §§ 4.6 и 4.7.

4.1 *Длина регенерационных участков*

Длина регенерационного участка, которая может быть обеспечена при использовании систем, определенных в настоящей Рекомендации, связана с характеристиками волокна. Для систем с ограничением по затуханию длина регенерационного участка может быть рассчитана с учетом затухания сростков, кабельного допуска, затухания в волокне на рабочей длине волны, а также возможного наличия соединителей между S и R. Примеры приведены в Приложениях A и B.

4.2 *Характеристики ошибок*

Цифровые линейные системы, описанные в настоящей Рекомендации, должны обеспечивать характеристики ошибок в соответствии с «классом качества участка 1», определенным в Рекомендации G.921. Учитывая, что системы должны обеспечивать пороговое значение «минут низкого качества», равное по крайней мере $1 \cdot 10^{-6}$, и что будущие системы должны будут обеспечивать пороговое значение «минут низкого качества», равное $1 \cdot 10^{-7}$, передатчик и приемник должны быть построены так, чтобы при работе по оптическому тракту между точками S и R обеспечивался коэффициент ошибок не хуже, чем $1 \cdot 10^{-10}$, к которому относятся значения, представленные в таблице 1/G.956 для многомодовых волоконно-оптических систем и в таблице 2/G.956 для одномодовых систем.

4.3 *Динамический диапазон приемника*

Динамический диапазон оптического приемника должен быть по крайней мере достаточным для обеспечения диапазона АРУ, обеспечивающего работу в условиях производственных допусков оборудования, температурных воздействий и старения. Желательно также, чтобы динамический диапазон приемника минимизировал необходимость в подсоединении к линии дополнительных удлинителей.

4.4 *Оптический источник*

Многомодовые системы в качестве источников излучения могут использовать либо лазеры, либо светодиоды. Одномодовые системы, как правило, применяют лазеры, хотя при некоторых скоростях могут использоваться и светодиоды. Одномодовые системы, использующие светодиоды, требуют дальнейшего изучения.

4.5 *Диапазон рабочих длин волн*

Номинальные длины волн 850 и 1300 нм предполагают возможность работы в любой точке диапазонов 820—910 нм и 1270—1330 нм соответственно при скорости работы системы до 140 Мбит/с включительно. Для систем с номинальной скоростью 4 × 140 Мбит/с диапазон 1300 нм сокращается до 1285—1330 нм. Диапазон вокруг 1550 нм является предметом изучения.

Примечание.— Для одномодовых систем, работающих в диапазоне 1300 нм, нижний предел длины волны определяется исходя из соображений, связанных с дисперсией и критической длиной волны, в то время как верхний предел длины волны определяется исходя из соображений, связанных с дисперсией и затуханием. В частности следует отметить, что диапазон, указанный в настоящей Рекомендации, ограничен по сравнению с диапазоном дисперсии 1270—1340 нм, указанным в Рекомендации G.652, в связи с возможностью избыточного затухания, связанного с максимумом ионов-ОН. Чтобы обеспечить удовлетворительную работу системы, критическая длина волны при самом коротком волокне одномодового первичного кабельного участка не должна превышать рабочую длину волны. Мода второго порядка (LP_{11}) должна испытать при прохождении по волокну достаточное затухание, так чтобы у детектора модовый шум и двухмодовая дисперсия были пренебрежимо малыми.

4.6 *Требования к оптическому тракту многомодовых волоконно-оптических систем*

Допуски на оптические тракты между точками S и R даны в таблице 1/G.956 для многомодовых волоконно-оптических систем. Эти допуски включают кабельный допуск M_c и охватывают суммарное затухание и ширину оптической полосы на уровне 3 дБ.

Расчет затухания между точками S и R должен проводиться с учетом изменения затухания оптического волокна в реальном диапазоне волн оптического источника.

ТАБЛИЦА 1/G.956

Рекомендуемые допуски на оптические тракты цифровых линейных систем на многомодовом оптическом волокне, соответствующие Рекомендации G.651 применительно к одиночному оптическому сигналу передачи

Номинальная скорость (кбит/с)	Номинальная длина волны (нм)	Вид источника	Допуски между S и R при коэффициенте ошибок 1×10^{-10}	
			Максимальное затухание (дБ)	Минимальная общая оптическая полоса на уровне -3 дБ (МГц)
2 048	850	Лазер	51	10
		Светодиод	a)	10
	1300	Лазер	46	10
		Светодиод	30	10
8 448	850	Лазер	47	20
		Светодиод	a)	a)
	1300	Лазер	a)	a)
		Светодиод	a)	a)
34 368	850	Лазер	41	50
		Светодиод	a)	a)
	1300	Лазер	35	50
		Светодиод	22 b)	50
139 264	850	Лазер	35	100
		Светодиод	a)	a)
	1300	Лазер	27	100
		Светодиод	18 b)	100

a) Значения изучаются.

b) Временное значение.

Примечание 1.— Описание частотной характеристики в основной полосе с помощью только одной величины (ширины оптической полосы на уровне — 3 дБ) может оказаться недостаточным для того, чтобы определить, подходит ли волокно для данной системы. Для целей проектирования может быть принята квази-гауссова импульсная характеристика, но в некоторых случаях может потребоваться более подробное описание частотной характеристики волокна.

Примечание 2.— В случае систем со светодиодами предполагается, что оптическое волокно при значениях, приведенных в таблице, имеет номинальную числовую апертуру 0,20—0,21. Кроме того, предполагается, что суммарная оптическая полоса на уровне — 3 дБ (модовая + хроматическая) должна измеряться оптическим источником с максимальной шириной линии (полуширина) 60 и 100 нм с центрами на 850 и 1300 нм соответственно.

4.7 *Требования к оптическому тракту одномодовых волоконно-оптических систем*

Допуски на оптические тракты между точками S и R представлены в таблице 2/G.956 для одномодовых волоконно-оптических систем. Эти допуски включают кабельный допуск M_c и охватывают суммарное затухание и дисперсию.

Расчет затухания между точками S и R должен проводиться с учетом изменения затухания оптического волокна в реальном диапазоне волн оптического источника.

ТАБЛИЦА 2/G.956

Рекомендуемые допуски на оптические тракты цифровых линейных систем на одномодовом оптическом волокне, соответствующие Рекомендации G.652 применительно к одиночному оптическому сигналу передачи

Номинальная скорость (кбит/с)	Номинальная длина волны (нм)	Вид источника	Допуски между S и R при коэффициенте ошибок 1×10^{-10}	
			Максимальное затухание (дБ)	Максимальная дисперсия (пс/нм)
2 048	1300	Лазер	46	Н/П
	1550	Лазер	a)	a)
8 448	1300	Лазер	40	Н/П
	1550	Лазер	a)	a)
34 368	1300	Лазер	35	Н/П
	1550	Лазер	a)	a)
139 264	1300	Лазер	28 (Примечание 2)	300 (Примечание 3)
	1550	Лазер	a)	a)
4 × 139 264	1300	Лазер (Фабри-Перо)	24	120 (Примечание 1)
	1550	Лазер	a)	a)

a) Значения изучаются.

Н/П — не применяется.

Примечание 1.— Это значение обозначает максимально допустимую дисперсию для систем со скоростью 4 × 139 264 кбит/с на границах рабочего диапазона волн, определенного в пределах 1285—1330 нм. Поставщик системы должен учесть в оборудовании влияние шума распределения мод, хроматической дисперсии и т. д., связанных со спектральными характеристиками оптического источника. Для надежной работы систем может оказаться необходимым ограничить максимальную дисперсию на рабочей волне системы значением менее 100 пс/нм; это может быть достигнуто, если не допускать выхода рабочей волны системы из суженного диапазона, близкого к волне нулевой дисперсии.

Примечание 2.— Для систем, при использовании которых главной целью является доведение до максимума длины регенерационного участка, значения могут превышать 28 дБ (например, 31 дБ).

Примечание 3.— Это значение обозначает максимально возможную дисперсию для систем со скоростью 139 264 кбит/с на границе рабочего диапазона волн, определенного в пределах 1270—1330 нм. Для оптимизации построения системы может оказаться необходимым ограничить максимальную дисперсию на рабочей волне системы значением менее 300 пс/нм. Это может быть достигнуто, если не допускать выхода рабочей волны системы из суженного диапазона, близкого к волне нулевой дисперсии в волокне.

4.8 *Допуск на оборудование (M_e)*

Допуск на оборудование, определенный в § 3.2, зависит от характеристик системы, условий окружающей среды и от принципов технического обслуживания. Администрации должны будут выбрать совместно с поставщиком системы подходящее для ее конкретного применения значение.

Минимальный допуск 3 дБ считается подходящим для систем, использующих лазеры с температурной стабилизацией и детекторы, работающие в типовых стационарных условиях.

Большие допуски могут оказаться необходимыми в системах, использующих светодиоды или лазеры без температурной стабилизации, или в системах, работающих в уличных условиях.

4.9 *Системы, применяемые на коротких расстояниях*

Допуски для цифровых линейных систем, представленные в таблицах 1/G.956 и 2/G.956, направлены на определение минимальных требований к системам передачи с максимальной длиной участков. Однако для систем, в которых обеспечение максимальной длины участков не требуется, может быть использовано более экономичное оборудование. Параметры такого оборудования могут отличаться от параметров таблиц 1/G.956 и 2/G.956, что позволяет прибегать к компромиссам.

Кроме того, дистанционное питание и дистанционный контроль промежуточных регенераторов могут и не требоваться.

4.10 *Спектральное уплотнение*

Требования к цифровым линейным системам, использующим методы спектрального уплотнения при работе в диапазоне одной и той же волны или в диапазонах разных волн, являются предметом изучения.

5 Электропитание

Использование необслуживаемых регенерационных усилителей для волоконно-оптических систем обычно не требуется. Поэтому нет необходимости рекомендовать конкретную систему дистанционного питания.

В тех случаях, когда для конкретных применений необходимо дистанционное питание, следует использовать исключительно питание постоянным током.

В случаях местного питания достаточно предусмотреть напряжение постоянного тока.

Необходимо принять меры предосторожности для защиты обслуживающего персонала от всех возможных опасностей, вызванных нормальными рабочими напряжениями и токами дистанционного питания, а также наведенными напряжениями и токами. Необходимо принять надлежащие меры безопасности, чтобы обеспечить выполнение требований Рекомендации 479 МЭК при отклонениях от нормальных условий.

Необходимы также меры предосторожности для защиты оборудования от наведенных напряжений и токов.

Примечание.— Меры защиты от наведенных напряжений и токов требуют дальнейшего изучения. При изучении уместно учесть Рекомендации серии K.

6 Условия работы

См. Рекомендацию G.950.

7 Общие проектные данные

Вопрос находится в стадии изучения.

8 Принципы технического обслуживания

8.1 *Виды контроля и поиска неисправностей*

Может применяться контроль во время работы или поиск неисправностей в нерабочем состоянии. Для скоростей, равных или превышающих 139 264 кбит/с, рекомендуется применять контроль во время работы. В случае отсутствия в оптическом кабеле подходящих металлических проводников контроль за промежуточным регенератором (там, где это необходимо) должен обеспечиваться теми же двумя оптическими волокнами, которые используются для линейных систем.

8.2 *Состояния неисправности и последующие действия*

Необходимо обнаруживать следующие состояния неисправности (в дополнение к тем, которые были определены в Рекомендации G.921 для соответствующих цифровых участков) и предпринимать соответственно следующие действия:

a) отказ дистанционного питания (если оно используется) —
должен вырабатываться (если это целесообразно) сигнал аварийной сигнализации, требующей срочного эксплуатационного вмешательства;

b) превышение порогового уровня коэффициента ошибок —
этот уровень составляет $1 \cdot 10^{-5}$ для систем со скоростями 2048 и 8448 кбит/с
и $1 \cdot 10^{-6}$ для систем с более высокими скоростями;

должен вырабатываться сигнал аварийной сигнализации, требующей несрочного эксплуатационного вмешательства, который указывает на снижение качества работы.

Кроме того, в системах с лазерами считается желательным иметь средства для обнаружения ухудшения качества работы лазера. Для этого состояния неисправности представляется целесообразным предусматривать индикацию аварии, требующей несрочного эксплуатационного вмешательства.

9 Соображения безопасности

В настоящее время в МЭК разрабатываются Рекомендации по использованию с соблюдением мер безопасности, техническому обслуживанию и эксплуатации линейных систем на волоконно-оптических кабелях, работающих на длине волны от 400 до 3000 нм. Сюда входят рабочие диапазоны волн, определенные в § 4.5. Рекомендации после завершения их разработки будут отражены в настоящей Рекомендации.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.956)

Пример расчета длины регенерационного участка для системы с лазерным источником на скорости 34 Мбит/с, работающей по многомодовому волокну на волне 1300 нм

А.1 Длина регенерационного участка может быть рассчитана исходя из того, что на конце оптического тракта между точками S и R (см. рис. 2/G.956) суммарное затухание не должно превышать 35 дБ и общая полоса не должна быть менее 50 МГц. В нижеследующем примере предполагается почти равновесное распределение мод в точке S.

А.2 Что касается затухания, то длина регенерационного участка может быть определена (в качестве примера и безотносительно к какой-либо конкретной ситуации) следующим образом:

— затухание оптических волокон при 1300 нм		1,0 дБ/км
— затухание сростков		0,3 дБ/км
— кабельный допуск (M_c)		0,3 дБ/км
	Всего	1,6 дБ/км

Длина регенерационного участка 35/1,6 = 22 км

Предполагается, что между точками S и R соединителей нет.

Примечание.— Если затухание волокна на рабочей длине волны отличается от затухания на волне 1300 нм, то в приведенном выше распределении должен быть учтен соответствующий допуск.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(к Рекомендации G.956)

Пример расчета длины регенерационного участка для системы с лазерным источником на скорости 4 × 140 Мбит/с, работающей по одномодовому волокну на волне 1300 нм

В.1 Длина регенерационного участка может быть рассчитана исходя из того, что на конце оптического тракта между точками S и R (см. рис. 2/G.956 в тексте данной Рекомендации) суммарное затухание не должно превышать 24 дБ, а суммарная дисперсия не должна превышать 120 пс/нм для систем, работающих в диапазоне волн от 1285 до 1330 нм.

B.2 С точки зрения затухания длина регенерационного участка может быть определена (в качестве примера и безотносительно к какой-либо конкретной ситуации) следующим образом:

— затухание оптического волокна при 1300 нм		0,40 дБ/км
— затухание сростков		0,15 дБ/км
— кабельный допуск (M_c)		0,15 дБ/км
	Всего	0,70 дБ/км

Длина регенерационного участка 24/0,7 = 34 км.

Предполагается, что соединители между точками S и R отсутствуют.

Примечание.— В приведенном выше распределении затухания волокна для систем, работающих на волнах, отличных от 1300 нм, следует сделать поправку на изменение спектра затухания волокна.

B.3 С точки зрения дисперсии одномодовое волокно, описанное в Рекомендации G.652, отвечает требованию достижения такой длины регенерационного участка и суммарной предельной дисперсии 120 пс/нм. Если дисперсия в волокне должна быть ограничена 100 пс/нм, то для волокна с дисперсией, определенной в Рекомендации G.652, потребуется ограниченный диапазон волн 1293—1327 нм.

Раздел 9.6 Цифровой участок и цифровые системы передачи для абонентского доступа к ЦСИС

Рекомендация G.960

ЦИФРОВОЙ УЧАСТОК ДЛЯ ОСНОВНОГО ДОСТУПА К ЦСИС

(Мельбурн, 1988 г.)

1 Общие положения

1.1 *Назначение*

В настоящей Рекомендации приводятся характеристики цифрового участка для основного доступа к ЦСИС между стыком «пользователь-сеть» (в эталонной точке T, определенной в Рекомендации I.411) и местной коммутационной станцией (в эталонной точке V_1, определенной в Рекомендации Q.512), обеспечивающие создание рекомендованной канальной структуры 2B + D и требуемых дополнительных функций.

В настоящей Рекомендации, если нет других указаний, термин OO используется для обозначения функций оконечного уровня 1, выполняемых функциональными группами OO1, OA и CO2.

В тех случаях, когда OO обозначает функции оконечного уровня 1, выполняемые OO1, эталонные точки S и T в соответствии с рис. 2/I.411 совпадают.

Терминология, используемая в настоящей Рекомендации, весьма специфична и не содержится в соответствующих Рекомендациях по терминологии. Поэтому в Приложении B к настоящей Рекомендации представлены термины и определения, используемые в настоящей Рекомендации.

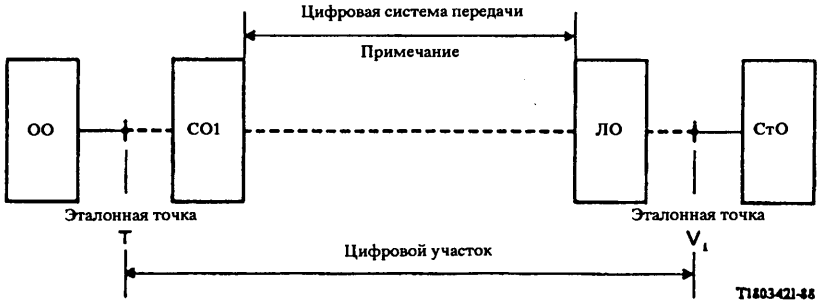
1.2 *Конфигурация*

На рис. 1/G.960 показаны границы цифрового участка на основе принятого определения цифровой системы. Понятие «цифровой участок» используется для того, чтобы можно было дать описание функций и процедур и чтобы определить сетевые требования.

Следует отметить, что эталонные точки T и V_1 не идентичны и, следовательно, цифровой участок несимметричен.

Понятие «цифровая система передачи» используется для описания характеристик конкретной основанной на определенной среде передачи реализации системы, обеспечивающей создание цифрового участка.

Примечание.— Эталонные точки T и V определены в Рекомендациях I.411 и Q.512.



СтО Станционное окончание
ЛО Линейное окончание
СО Сетевое окончание
ОО Оконечное оборудование

Примечание.— Под цифровой системой передачи подразумевается или линейная система, использующая металлические пары, оптические волокна, или система радиосвязи.

РИСУНОК 1/G.960

Границы цифрового участка и системы передачи

1.3 *Применение*

Цифровой участок основного доступа в соответствии с рис. 2/G.960 может быть использован для:

— непосредственного доступа к местной коммутационной станции (эталонная точка V_1);

— доступа через оборудование группообразования основного доступа (стык V_4) к местной коммутационной станции;

— доступа через концентратор основного доступа (стыкV_2) к местной коммутационной станции.

1.4 *Сокращения*

В настоящей Рекомендации используется ряд сокращений. Некоторые из них являются общепринятыми для эталонной конфигурации ЦСИС, в то время как другие введены специально для данной Рекомендации. Последние приводятся ниже:

C_{V1} — канал управления в эталонной точке V_1

ЦУ — цифровой участок

ФЭ — функциональный элемент, используемый между СтО и ЛО

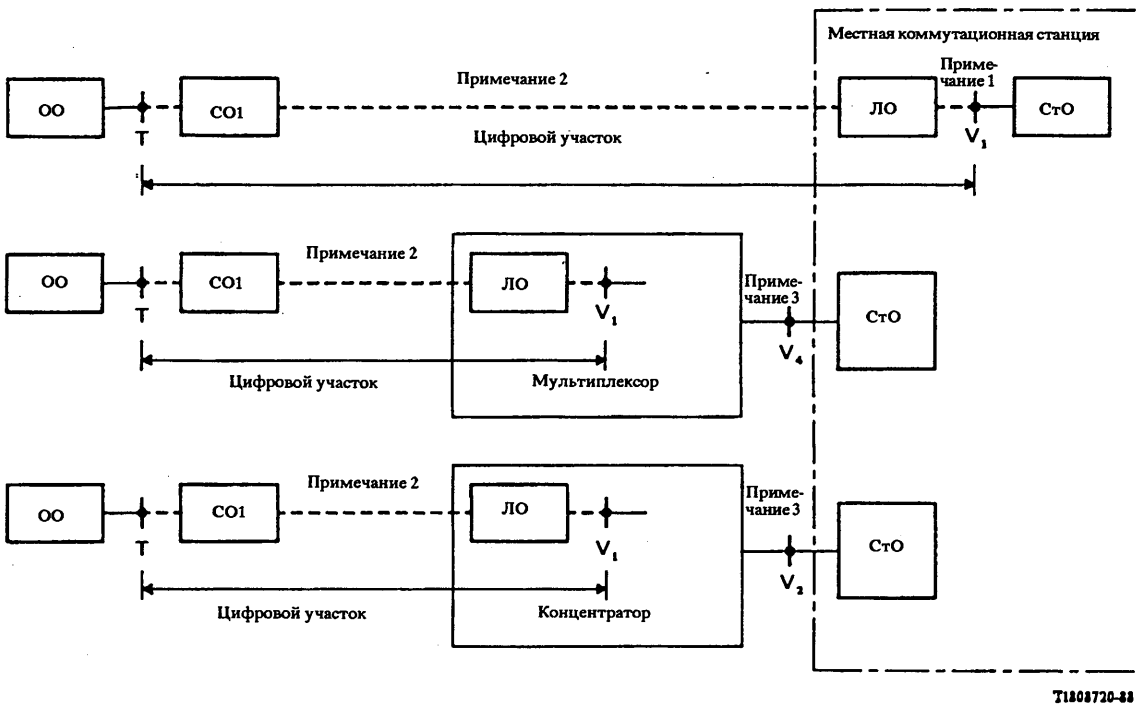
ИИН — информация индикации неисправности

ИНФО — элемент информации, определяемый на стыке «пользователь-сеть»

СИГ — сигнал между ЛО и СО1

2 Моделирование и связь между цифровым участком и СтО

Общая модель, представленная на рис. 3/G.960, описывает весь уровень 1 абонентского доступа к ЦСИС и примыкающие элементы и создает основу для описания функций, выполняемых цифровым участком, функций, выполняемых ОО, СтО и управлением системой, и того, как сгруппированы различные функции. В частности, согласно этой модели процедуры активации/деактивации и функции технического обслуживания, определенные в настоящей Рекомендации, не ограничиваются функциями, осуществляемыми цифровым участком, но включают также функции, относящиеся к уровню 1 СтО.



Примечание 1.— ЛО может быть объединено с СтО либо быть обособленным (входя или не входя при этом в состав местной коммутационной станции).

Примечание 2.— В случае цифрового участка, использующего цировую систему передачи на металлических парах, может быть предусмотрено применение одного регенератора.

Примечание 3.— Предусматриваются местный и удаленный варианты применения. В последнем случае между удаленным мультиплексором или концентратором и местной коммутационной станцией будет использоваться прозрачный тракт.

РИСУНОК 2/G.960

Применение цифрового участка

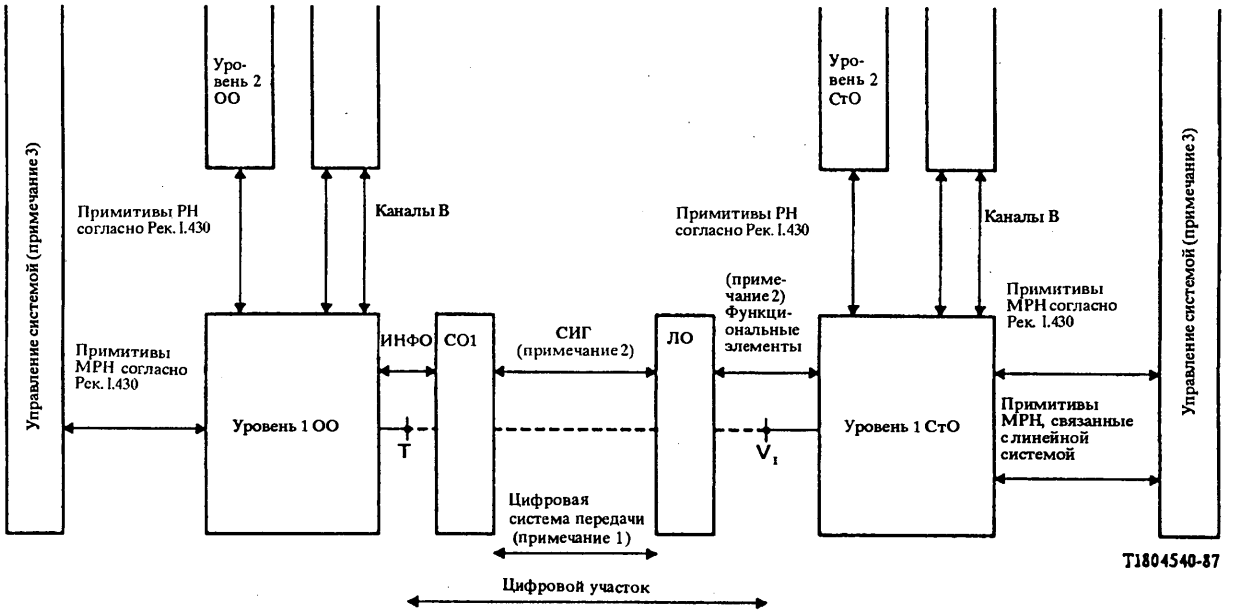
Эта модель включает процедуры с использованием примитивов между уровнем 1 СтО, уровнем 2 СтО и управлением системой:

i) взаимодействия согласно Рекомендациям I.430 — I.440/I.441 между уровнем 1 СтО и уровнем 2 СтО и между уровнем 1 СтО и управлением системой, основанные соответственно на примитивах PH и MPH, определенных в Рекомендации I.430. Эти взаимодействия обеспечивают выполнение функций, определенных в Рекомендациях I.440 и I.441;

ii) взаимодействия между уровнем 1 СтО и управлением системой для обеспечения функций, относящихся к цифровому участку, основанные на примитивах MPH.

Процедуры с использованием примитивов в пределах ОО соответствуют спецификации согласно Рекомендации I.430.

Настоящая модель не накладывает ограничений ни на устройства уровня 1 между ЛО и СО1 (это также применимо к удаленному доступу, показанному на рис. 2/G.960), ни на построение цифровых систем передачи.



Примечание 1.— Под цифровой системой передачи подразумевается или цифровая линейная система передачи, использующая металлические пары проводов, оптическое волокно, или система радиосвязи.

Примечание 2.— СИГ, ФЭ и примитивы относятся к обмену информацией. Они не предполагают ни конкретного кодирования, ни конкретной реализации. Некоторые из этих функций могут заканчиваться в ЛО и не проходить по цифровой системе передачи.

Примечание 3.— Термин «управление системой» соответствует как управлению системой, так и управлению уровнями, как это определено в Рекомендации Q.940.

РИСУНОК 3/G.960

Общая модель уровня 1 абонентского доступа к ЦСИС и примыкающие элементы

3 Функции

На рис. 4/G.960 представлены функции, которые должны обеспечиваться цифровым участком основного доступа.

3.1 *Канал B*

Эта функция обеспечивает для каждого направления передачи два независимых канала со скоростью 64 кбит/с для использования в качестве каналов B (определенных в Рекомендации I.412).

3.2 *Канал D*

Эта функция обеспечивает для каждого направления передачи один канал D со скоростью 16 кбит/с (определенный в Рекомендации I.412).

3.3 *Хронирование по битам*

Эта функция обеспечивает хронирование по битам (элементам сигнала), необходимое для того, чтобы приемное оборудование могло восстановить информацию из общего потока битов. Что касается эталонной точки V_1, функция хронирования по битам используется как для передаваемой, так и для принимаемой информации.

3.4 *Синхронизация октетов*

Эта функция обеспечивает синхронизацию октетов с частотой 8 кГц для каналов B.

Примечание 1.— Эти функции передаются по каналу C_{V1} через эталонную точку V_1.

Примечание 2.— Данная функция является необязательной.

Примечание 3.— Функции активации и деактивации относятся к работе цифрового участка и стыка «пользователь-сеть». Однако в целях соответствия Рекомендации I.430 они описываются как обособленные функции.

РИСУНОК 4/G.960

Функции цифрового участка

3.5 *Активация*

3.5.1 *Активация со стороны СтО*

Эта функция переводит все функции цифрового участка в нормальный режим работы и обеспечивает активацию стыка в эталонной точке T в соответствии с Рекомендацией I.430. При этом в расчет принимаются:

— режим сниженной мощности;

— первоначальное включение питания;

— состояние неисправности.

Процедуры и обмен информацией описаны в § 5 настоящей Рекомендации.

Активация должна быть возможна для такого состояния, которое позволяет выполнять действия по техническому обслуживанию цифрового участка даже в тех случаях, когда к эталонной точке T не подсоединено абонентское оборудование.

В случае, когда на цифровом участке основного доступа используется цифровая система передачи на металлической кабельной линии, может быть применен дополнительный режим работы для активации/деактивации, а именно активация/деактивация только цифрового участка. Этот режим не относится к числу обязательных.

3.5.2 *Запрос активации со стороны ОО*

Эта функция обеспечивает активацию цифрового участка и стыка в эталонной точке T согласно Рекомендации I.430.

Эти функции передаются по каналу C_{V1} (см. § 7).

3.6 *Деактивация*

Эта функция определяется с целью обеспечения возможности перевода стыка в эталонной точке T и цифрового участка в режим низкого потребления мощности. Процедуры и обмен информацией описаны в § 5 настоящей Рекомендации.

Деактивация должна проводиться только со стороны станции (СтО).

Эта функция передается по каналу C_{V1} (см. § 7).

3.7 *Электропитание*

Эта функция обеспечивает дистанционное питание СО1 и, как вариант, ОО через стык «пользователь-сеть» в соответствии с § 9 Рекомендации I.430.

3.8 *Эксплуатация и техническое обслуживание*

Эта функция обеспечивает требуемые действия и информацию, необходимую для эксплуатации и технического обслуживания цифрового участка, управляемого СтО в соответствии с определениями Рекомендации I.603.

Были определены четыре вида функций:

— команды, относящиеся к ЛО, регенератору или СО1;
— информация от ЛО, регенератора или СО1;
— индикация состояний неисправности;
— управление электропитанием цифрового участка.

Эти функции передаются по каналу C_{V1} (см. § 7).

4 Характеристики сети

4.1 *Готовность*

Определение готовности дано в Приложении А к Рекомендации G.821. Норма на готовность цифрового участка должна находиться в соответствии с требованием к готовности условного эталонного цифрового участка (см. Рекомендации G.801 и I.350).

4.2 *Время передачи сигнала*

Время передачи сигнала нормируется для каналов В и определяется как абсолютное время передачи сигнала между эталонными точками T и V_1 в каждом направлении передачи. Эта величина требует дальнейшего изучения. Необходимо учитывать соответствующие Рекомендации (например, время передачи сигнала, представляющего речь, должно быть учтено в качестве одного из компонентов требования к общей (из конца в конец) задержке сигнала, содержащегося в Рекомендации G.114).

4.3 *Характеристики ошибок*

Характеристики ошибок должны находиться в соответствии с требованиями, приведенными в Рекомендации G.821.

4.4 *Фазовое дрожание*

4.4.1 *Выходное/входное фазовое дрожание в эталонной точке T*

Требования определены в § 8 Рекомендации I.430.

4.4.2 *Фазовое дрожание в эталонной точке V_1*

Допустимые пределы входного фазового дрожания требуют дальнейшего изучения.

5 Активация/деактивация

5.1 *Функциональные возможности*

Цифровой участок обеспечивает для уровня 1 возможности сигнализации и необходимые процедуры, позволяющие:

5.1.1 *Абонентскому оборудованию на стороне пользователя эталонной точки T*

осуществить активацию уровня 1 стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке T и цифрового участка, если он еще не активирован.

5.1.2 *Оборудованию на сетевой стороне эталонной точки V_1.*

a) осуществить активацию

1) уровня 1 стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке Т и цифрового участка, если он еще не активирован (эта активация относится к управлению вызовом), или

2) только цифрового участка (эта активация относится к управлению конфигурацией доступа; эта возможность не является для сети обязательной);

b) осуществить деактивацию

1) уровня 1 стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке Т и цифрового участка или

2) только уровня 1 стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке Т.

Функциональные возможности, определенные в § 5.1.2 a) 2), позволяют осуществлять действия по техническому обслуживанию цифрового участка, которые не воздействуют на деактивированный стык «пользователь-сеть» в эталонной точке Т, и обеспечивают реализацию непрозрачного шлейфа 2. В некоторых применениях они, при необходимости, также позволяют перевести цифровой участок в режим, при котором обеспечивается полная пропускная способность в условиях, когда стык «пользователь-сеть» в эталонной точке Т остается деактивированным.

Процедуры активации и деактивации уровня 1 стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке Т находятся в соответствии с § 6.2 Рекомендации I.430. Эти процедуры основаны на наборе сигналов ИНФО, определенных в Рекомендации I.430 (таблица 2/I.430).

Процедуры в эталонной точке V_1 основаны на наборе функциональных элементов (ФЭ). Эти ФЭ определенным образом соотносятся с примитивами между уровнем 1 СтО и уровнем 2 СтО и между уровнем 1 СтО и управлением системой для активации или деактивации уровня 1 стыка «пользователь-сеть» в соответствии с § 6.2 Рекомендации I.430 и Рекомендациями I.440 и I.441. Средством для определения этих взаимодействий являются процедуры с использованием примитивов (см. рис. 5/I.430), основанные на наборе примитивов РН и МРН.

5.2 *Моделирование*

5.2.1 *Общие положения*

Модель процедур активации/деактивации представлена в § 2.

Признано, что активация/деактивация является процессом, протекающим между абонентским оборудованием и местной коммутационной станцией и требующим надлежащих функциональных возможностей на обоих концах. Модель, приведенная в § 2, включает функциональные блоки, относящиеся к активации/деактивации, и описывает примитивы, относящиеся к процедурам активации/деактивации.

5.2.2 *Разделение функций*

Рекомендация I.430 определяет сетевую сторону стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке Т как единый функциональный блок, который обеспечивает процедуры активации/деактивации уровня 1 в эталонной точке Т и процедуры с использованием примитивов на границе уровня 1 СтО и уровня 2 СтО и на границе уровня 1 СтО и управления системой. Этот блок включает функциональные группы СО1, ЛО и уровень 1 СтО.

Эта концепция описывается с помощью машины состояний, именуемой в Рекомендации I.430 машиной состояний G.

Для того чтобы описать соотношение между сигналами на стыке «пользователь-сеть» в эталонной точке Т и функциональными элементами в эталонной точке V_1, а также соотношение между функциональными элементами в эталонной точке V_1 и примитивами, определены две машины состояний. Одна из них — на цифровом участке (виртуальная машина состояний цифрового участка), другая — на сетевой стороне эталонной точки V_1 (виртуальная машина состояний уровня 1 СтО). Рис. 5/G.960 иллюстрирует этот подход.

В дополнение к примитивам, относящимся, по определению Рекомендаций I.430 и I.441, к управлению соединениями, рис. 5/G.960 вводит также новый набор примитивов, относящихся к управлению конфигурацией и управлению шлейфами. Разделение процедур активации/деактивации между двумя машинами состояний используется в целях простоты и точности описания. Машину состояний уровня 1 СтО следует рассматривать как виртуальную, не подразумевая какой-либо конкретной технической реализации.

Однако, чтобы реализовать абонентский доступ, виртуальная машина состояний цифрового участка подлежит дальнейшему разделению. Рис. 6/G.960 иллюстрирует разделение машины состояний цифрового участка на машину состояний СО1 (состояния СО) и машину состояний ЛО (состояния ЛО).

Машина состояний СО1 обеспечивает процедуры стыка «пользователь-сеть» в соответствии с Рекомендацией I.430 на основе ИНФО и взаимодействует с машиной состояний ЛО с помощью набора сигналов (СИГ), который должен быть обеспечен системой передачи по линии. Машина состояний ЛО взаимодействует с машиной состояний уровня 1 СтО с помощью набора функциональных элементов (ФЭ). Машина состояний уровня 1 СтО содержит те состояния, которые отражают состояние стыка в эталонной точке Т и цифрового участка с точки зрения местной коммутационной станции. Она обеспечивает уже определенные процедуры с использованием примитивов для предоставления служб уровню 2 СтО и управлению системой в соответствии с Рекомендацией I.430 и дополнительные процедуры с использованием примитивов для обеспечения функций, связанных с цифровым участком.

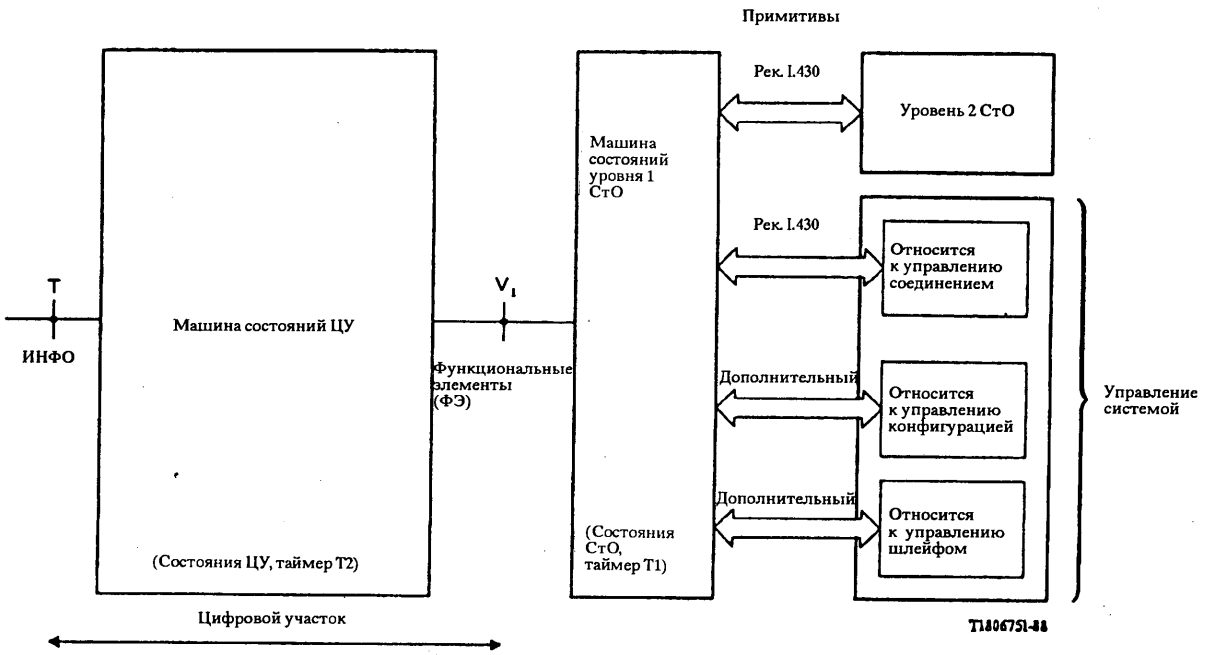


РИСУНОК 5/G.960

Машины состояний

Рисунок 6/G.960 содержит информацию для описания системы передачи, которое приведено в Рекомендации G.961.

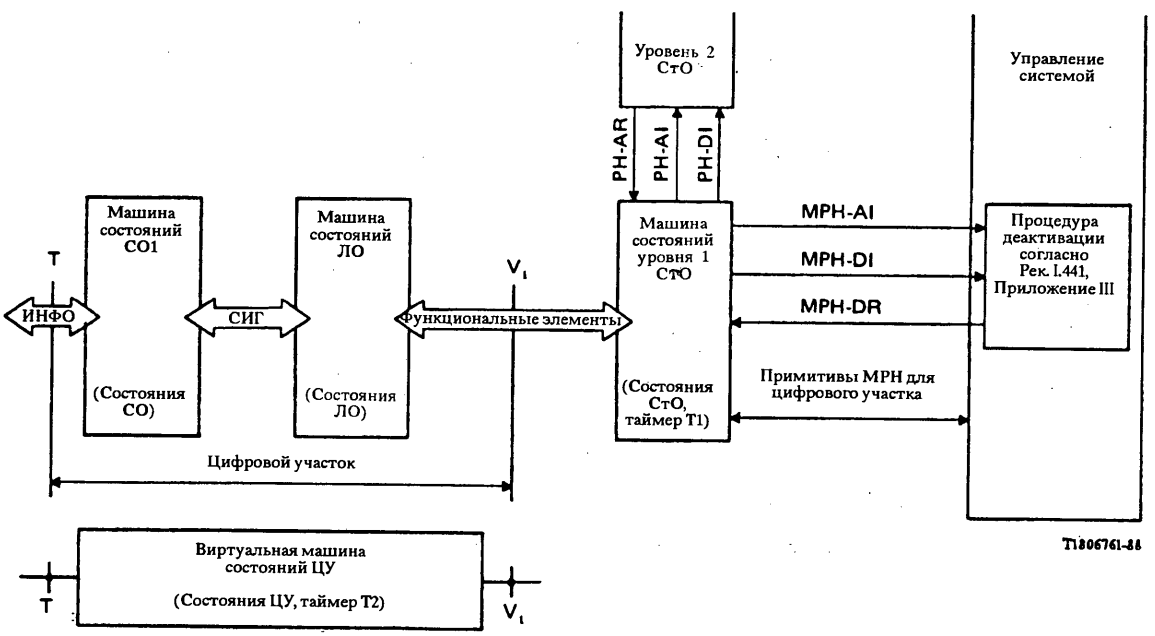


РИСУНОК 6/G.960

Разделение машины состояний ЦУ

5.2.3 *Место таймеров T1 и T2*

В нижеследующем описании машин состояний цифрового участка (ЦУ) и уровня 1 СтО таймер T1 будет привязан к уровню 1 СтО (машина состояний уровня 1 СтО), в то время как таймер T2 будет привязан к цифровому участку (машина состояний цифрового участка).

Привязка таймера T1 к уровню 1 СтО применяется для удобства описания, но он может быть реализован в любом другом месте, оставаясь, однако, функциональной частью СтО. Точное место таймера T2 на цифровом участке не влияет на описание машины состояний цифрового участка.

5.3 *Процедуры активации/деактивации*

Эти процедуры позволяют производить активацию/деактивацию стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке T. Активация может быть произведена любой стороной, в то время как деактивация — только сетью. Общие процедуры активации/деактивации можно разделить на три класса:

a) основные процедуры управления соединением для активации уровня 1 стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке T и цифрового участка, если он еще не активирован;

b) процедуры управления шлейфами;

c) процедуры управления конфигурацией.

5.3.1 *Основные характеристики процедур*

5.3.1.1 *Приоритет*

Приоритет определяет разрешение конфликта между запросами активации/деактивации, если они возникли одновременно.

Если имеет место конфликт между несовместимыми запросами активации/деактивации со стороны уровня 2 и системы управления, то он разрешается в машине состояний уровня 1 СтО, которая после этого передает на эталонную точку V_1 согласованный набор функциональных элементов (ФЭ). Таблица 1/G.960 показывает порядок приоритетов в машине состояний уровня 1 СтО.

ТАБЛИЦА 1/G.960

Порядок приоритета запросов в машине состояний уровня 1 СтО

Тип запроса	Порядок приоритета
Запрос деактивации	3 (высший)
Запрос шлейфа	2
Запрос активации управления соединением	1
Запрос со стороны СтО активации/деактивации только цифрового участка	0 (низший)

Если имеет место конфликт между несовместимыми запросами активации/деактивации со стороны СтО и со стороны пользователя, то он разрешается в машине состояний цифрового участка. Таблица 2/G.960 показывает порядок приоритетов в машине состояний цифрового участка.

ТАБЛИЦА 2/G.960

Порядок приоритета запросов в машине состояний ЦУ

Тип запроса	Порядок приоритета
Запрос со стороны СтО за исключением активации только цифрового участка	2 (высший)
Запрос активации управления соединением со стороны пользователя	1
Запрос со стороны СтО на активацию/деактивацию только цифрового участка	0 (низший)

5.3.1.2 *Управление системой*

Некоторые предположения, относящиеся к управлению системой, приведены в Приложении А.

5.3.1.3 *Шлейфы*

В случае применения прозрачного шлейфа 2 СО1 посылает циклы ИНФО 4 в направлении пользователя при эхоканале D, установленном в двоичный НУЛЬ.

При прозрачном шлейфе 1 СО1 (если оно способно осуществить активацию стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке Т) посылает циклы ИНФО 4 в направлении пользователя при эхоканале D, установленном в двоичный НУЛЬ или работающем нормально.

5.3.1.4 *Защита циклов уровня 2*

В соответствии с § 6.2.6.1 Рекомендации I.430, допускается время синхронизации ОО при приеме ИНФО 2 до 100 мс, более низкая временная граница не определена. Различие во времени синхронизации ОО при приеме ИНФО 2 влияет на предоставление входящего вызова в случае многотерминальных соединений уровня 1. ОО с самой быстрой реакцией извещает сеть, что доступ активирован и что сообщение, предлагающее входящий вызов (SETUP), может быть передано (ОО готово к приему сообщения), в то время как другие ОО еще не готовы к приему сообщения.

Это могло бы привести к тому, что ОО с медленной реакцией потеряют все или часть входящих сообщений (циклы уровня 2).

Механизм защиты требует дальнейшего изучения.

5.3.1.5 *Структура таблиц*

Как таблица переходов состояний цифрового участка, так и таблица переходов состояний уровня 1 СтО имеют такую структуру, что три класса процедур активации/деактивации, описанные в начале § 5.3, четко различаются между собой. Это позволяет реализовать только основную процедуру.

5.3.1.6 *Передача ИНФО 2*

В нижеследующих процедурах рассматриваются два различных внутренних события на цифровом участке, вызывающих передачу ИНФО 2:

a) система передачи синхронизируется в направлении от ЛО к СО1;

b) система передачи синхронизируется в обоих направлениях передачи (см. примечание 2, таблица 3/G.960).

5.4 *Описание таблиц перехода состояний*

5.4.1 *Описание таблицы перехода состояний цифрового участка*

5.4.1.1 *Состояния цифрового участка (состояния ЦУ)*

Ниже определяются состояния, в которых цифровой участок может оказаться в результате поступления сигналов ИНФО через эталонную точку Т, поступления функциональных элементов (ФЭ) через эталонную точку V_1 или в результате внутренних событий.

Состояния ЦУ классифицируются в соответствии с обеспечиваемыми ими функциями следующим образом:

i) состояния ЦУ 1.X для обеспечения функций в соответствии с Рекомендацией I.430;

ii) состояния ЦУ 2.X для обеспечения функций, относящихся к шлейфам (эти состояния дополняют состояния ЦУ 1.X);

iii) состояния ЦУ 3.X для обеспечения функций, относящихся к активации/деактивации только цифрового участка (эти состояния дополняют состояния ЦУ 1.X).

X обозначает определенное состояние для каждого режима. Некоторые значения X не используются в режимах 2 и 3, с тем чтобы ими можно было нужным образом воспользоваться.

5.4.1.1.1 Состояние ЦУ 1.0 (полностью деактивирован): В этом стабильном состоянии цифровой участок находится в нерабочем режиме, и если смотреть со стороны пользователя эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G1 согласно § 6.2.1.2.1 Рекомендации I.430.

5.4.1.1.2 Состояние ЦУ 1.1 (ожидание активации доступа): Это переходное состояние возникает, когда активация доступа была запрошена сетью (с помощью примитива РН-ЗАПРОС АКТИВАЦИИ или МРН-ЗАПРОС АКТИВАЦИИ) или пользователем (с помощью ИНФО 1 через эталонную точку Т), пока цифровой участок находился в состоянии ЦУ 1.0. Происходит процесс подготовки к работе, при котором на цифровом участке возникают условия, позволяющие передавать ИНФО 2 через эталонную точку Т. Если смотреть со стороны пользователя эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G1 согласно § 6.2.1.2.1 Рекомендации I.430.

5.4.1.1.3 Состояние ЦУ 1.2 (переходное состояние активации доступа): При вступлении в это переходное состояние сеть начинает передачу ИНФО 2 через эталонную точку Т, ожидая при этом, пока цифровой участок будет полностью синхронизирован и будет принят ИНФО 3. Если смотреть со стороны пользователя эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G2 в соответствии с § 6.2.1.2.2 Рекомендации I.430.

5.4.1.1.4 Состояние ЦУ 1.3 (цифровой участок полностью активирован): В этом переходном состоянии цифровой участок синхронизирован в обоих направлениях передачи, и сеть посылает ИНФО 2 через эталонную точку Т, ожидая при этом поступления ИНФО 3. Если смотреть со стороны пользователя эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G2 в соответствии с § 6.2.1.2.2 Рекомендации I.430. Это состояние наступает также, если в эталонной точке Т при нахождении в состоянии ЦУ 1.5 происходит потеря синхронизации.

5.4.1.1.5 Состояние ЦУ 1.5 (стык Т активирован): Это обычное активное стабильное состояние, при котором служба уровня 1 является доступной для более высоких уровней. Сеть посылает ИНФО 4 через эталонную точку Т, и если смотреть со стороны пользователя, то ее сетевая сторона находится в состоянии G3 в соответствии с § 6.2.1.2.3 Рекомендации I.430.

5.4.1.1.6 Состояние ЦУ 1.6 (ожидание деактивации доступа): Это переходное состояние наступает, если управление системой подало цифровому участку команду на деактивацию доступа. Если смотреть со стороны эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G4 в соответствии с § 6.2.1.2.4 Рекомендации I.430.

5.4.1.1.7 Состояние ЦУ 1.7 (переходное состояние деактивации доступа): В этом переходном состоянии стык в эталонной точке Т уже деактивирован. Происходит деактивация цифрового участка. Если смотреть со стороны пользователя эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G1 в соответствии с § 6.2.1.2.1 Рекомендации I.430.

5.4.1.1.8 Состояние ЦУ 1.8 (переходное состояние деактивации доступа): В этом переходном состоянии цифровой участок уже деактивирован. Происходит деактивация стыка в эталонной точке Т. Если смотреть со стороны пользователя эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G4 в соответствии с § 6.2.1.2.4 Рекомендации I.430.

5.4.1.1.9 Состояния ЦУ 2.X требуют дальнейшего изучения.

5.4.1.1.10 Состояние ЦУ 3.1 (ожидание активации только цифрового участка): Это переходное состояние возникает, когда сетью запрошена активация только цифрового участка (с помощью примитива МРН-ЗАПРОС АКТИВАЦИИ ЦИФРОВОГО УЧАСТКА, MPH-DSAR). Перед этим цифровой участок находился в состоянии ЦУ 1.0 или в процессе деактивации доступа. Если смотреть со стороны пользователя эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G1 в соответствии с § 6.2.1.2.1 Рекомендации I.430.

5.4.1.1.11 Состояние ЦУ 3.2 (переходное состояние активации цифрового участка): Это переходное состояние возникает, когда сетью была запрошена активация только цифрового участка (с помощью примитива МРН-ЗАПРОС АКТИВАЦИИ ЦИФРОВОГО УЧАСТКА, MPH-DSAR). Перед этим происходил процесс деактивации доступа. Если смотреть со стороны пользователя эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G4 в соответствии с § 6.2.1.2.4 Рекомендации I.430.

5.4.1.1.12 Состояние ЦУ 3.3 (активация только цифрового участка): В этом стабильном состоянии цифровой участок синхронизируется в обоих направлениях передачи, и управление системой извещено об этом посредством примитива МРН-ИНДИКАЦИЯ АКТИВАЦИИ ЦИФРОВОГО УЧАСТКА (MPH-DSAI). Сеть посылает ИНФО 0 через эталонную точку Т. Если смотреть со стороны пользователя эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G1 в соответствии с § 6.2.1.2.1 Рекомендации I.430.

5.4.1.1.13 Состояние ЦУ 3.4 (ожидание активации стыка): Это переходное состояние возникает, когда активация стыка была запрошена сетью (с помощью примитива РН-ЗАПРОС АКТИВАЦИИ или МРН-ЗАПРОС АКТИВАЦИИ) или пользователем (с помощью ИНФО 1 через эталонную точку Т), в то время как цифровой участок уже находился в активированном состоянии — состоянии ЦУ 3.3. Сеть незамедлительно передает ИНФО 2 через эталонную точку Т. Если смотреть со стороны пользователя эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G2 в соответствии с § 6.2.1.2.2 Рекомендации I.430.

5.4.1.1.14 Состояние ЦУ 3.6 (ожидание деактивации стыка): Это переходное состояние возникает, если управление системой выдало цифровому участку команду на деактивацию стыка в эталонной точке Т при сохранении активации участка. Если смотреть со стороны пользователя эталонной точки Т, то ее сетевая сторона находится в состоянии G4 в соответствии с § 6.2.1.2.4 Рекомендации I.430.

5.4.1.2 *Набор сигналов на стыке «пользователь-сеть» в эталонной точке Т*

Определение сигналов ИНФО содержится в § 6.2.2 Рекомендации I.430.

5.4.1.3 *Набор функциональных элементов в эталонной точке V_1*

Функциональные элементы представляют собой входные сигналы, действие которых прекращается, если произошло изменение состояния, даже если это нулевой переход (сохранение прежнего состояния), и которые больше не могут быть использованы для инициирования еще одного изменения состояния.

Определен следующий набор функциональных элементов, связанных с процедурами активации/деактивации:

— ФЭ 1 (ЛО ← СтО): запрос активации стыка в эталонной точке Т

— ФЭ 2 (ЛО → СтО): запрос на запуск таймера Т1 в уровне 1 СтО

— ФЭ 3 (ЛО → СтО): цифровой участок активирован

— ФЭ 4 (ЛО → СтО): стык «пользователь-сеть» в эталонной точке Т активирован или происходит работа по шлейфу

— ФЭ 5 (ЛО ← СтО): запрос деактивации цифрового участка и стыка в эталонной точке Т

— ФЭ 6 (ЛО → СтО): цифровой участок деактивирован, и стык в эталонной точке Т будет или был деактивирован

— ФЭ 7 (ЛО → СтО): индикация ошибки

— ФЭ 8 (ЛО ← СтО): запрос на активацию шлейфа 2

— ФЭ 9 (ЛО ← СтО): запрос на активацию шлейфа 1

— ФЭ 10 (ЛО ← СтО): запрос на активацию шлейфа 1А

— ФЭ 11 (ЛО ← СтО): запрос на перевод в состояние, при котором активируется только цифровой участок

5.4.1.4 *Определение процедур*

5.4.1.4.1 *Процедуры в эталонной точке Т стыка «пользователь-сеть»*

Цифровой участок обеспечивает процедуры в эталонной точке Т стыка «пользователь-сеть» в соответствии с § 6.2 Рекомендации I.430.

5.4.1.4.2 *Таблица изменений состояния цифрового участка*

Таблица изменений состояния цифрового участка (см. таблицу 3/G.960) определяет процедуры. Она включает действия, которые должны быть предприняты при различных событиях, происходящих при нахождении в данном состоянии (определение состояний см. в § 5.4.1.1). В частности, действия по обеспечению процедур активации/деактивации в эталонной точке Т в соответствии с Рекомендацией I.430 (последовательность сигналов ИНФО в соответствии с I.430). Процедуры работы по шлейфу требуют дальнейшего изучения.

ТАБЛИЦА 3/G.960

Таблица изменений состояния цифрового участка (машина состояний ЦУ)

Номер состояния	ЦУ 1.0	ЦУ 1.1	ЦУ 1.2 (примечание 2)	ЦУ 1.3 (примечание 2)	ЦУ 1.5	ЦУ 1.6	ЦУ 1.7 (примечание 3)	ЦУ 1.8 (примечание 3)
ИНФО передан	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 2	ИНФО 2	ИНФО 4	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0
ФЭ 1	ЦУ 1.1	na	na	na	na	ЦУ 1.1	ЦУ 1.1	ЦУ 1.1
ФЭ 5	na	Запуск T2 ЦУ 1.6	Запуск T2 ЦУ 1.6	Запуск T2 ЦУ 1.6	Запуск T2 ЦУ 1.6	na	na	na
Прием ИНФО 0 (примечание 1)	–	–	–	–	ФЭ 7 ЦУ 1.3	ЦУ 1.7	–	ЦУ 1.0
Прием ИНФО 0	ФЭ 2 ЦУ 1.1	–	–	–	/	–	ФЭ 2 ЦУ 1.1	–
Прием ИНФО 3	/	–	–	ФЭ 4 ЦУ 1.5	–	–	/	/
Потеря цикловой синхронизации в T (примечание 1)	/	–	–	–	ФЭ 7 ЦУ 1.3	–	/	/
Истечение времени таймера T2	–	–	–	–	–	ЦУ 1.7	–	ЦУ 1.0
Готов к передаче ИНФО 2	–	ЦУ 1.2	–	–	–	–	–	–
Цифровой участок полностью активирован	–	–	ФЭ 3 ЦУ 1.3	–	–	–	–	–
Цифровой участок полностью деактивирован	–	–	–	–	–	ФЭ 6 ЦУ 1.8	ФЭ 6 ЦУ 1.0	–

Состояния ЦУ в отношении шлейфов	ЦУ 3.1	ЦУ 3.2	ЦУ 3.3	ЦУ 3.4	ЦУ 3.6
ИНФО передан	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 2	ИНФО 0
ФЭ 1	ЦУ 1.1	na	ЦУ 3.4	na	ЦУ 3.4
ФЭ 5	ЦУ 1.7	ЦУ 1.6	ЦУ 1.7	–	ЦУ 1.6
Прием ИНФО 0 (примечание 1)	–	ЦУ 3.1	–	–	ЦУ 3.3
Прием ИНФО 0	ФЭ 2 ЦУ 1.1	–	ФЭ 2 ЦУ 3.4	–	–
Прием ИНФО 3	–	–	–	ФЭ 4 ЦУ 1.5	–
Потеря цикловой синхронизации в T (примечание 1)	–	–	–	/	–
Истечение времени таймера T2	–	ЦУ 3.1	–	–	ЦУ 3.3
Готов к передаче ИНФО 2	–	–	–	–	–
Цифровой участок полностью активирован	ФЭ 3 ЦУ 3.3	ФЭ 3 ЦУ 3.6	–	–	–
Цифровой участок полностью деактивирован	–	–	–	–	–

ТАБЛИЦА 3/G.960 (*продолжение*)

Номер состояния	ЦУ 1.0	ЦУ 1.1	ЦУ 1.2 (примечание 2)	ЦУ 1.3 (примечание 2)	ЦУ 1.5	ЦУ 1.6	ЦУ 1.7 (примечание 3)	ЦУ 1.8 (примечание 3)	Состояние ЦУ в отношении шлейфов	ЦУ 3.1	ЦУ 3.2	ЦУ 3.3	ЦУ 3.4	ЦУ 3.6
ИНФО передан	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 2	ИНФО 2	ИНФО 4	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0		ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 2	ИНФО 0
ФЭ 8														
ФЭ 9														
ФЭ 10														
ФЭ 11	ЦУ 3.1	–	–	Запуск T2 ЦУ 3.6	Запуск T2 ЦУ 3.6	ЦУ 3.2	ЦУ 3.1	ЦУ 3.1		na	na	na	Запуск T2 ЦУ 3.6	na

Примечание 1.— В случае приема ИНФО 0 или потери цикловой синхронизации в эталонной точке T в некоторых сетях ФЭ 7 в соответствии с Рекомендацией I.430 (см. примечание 3 к таблице 4/I.430) может не предусматриваться.

Примечание 2.— Если подача ИНФО 2 начинается, когда цифровой участок синхронизируется в обоих направлениях, то события «готов передавать ИНФО 2» и «цифровой участок полностью активирован» совпадают, и состояния ЦУ 1.2 и ЦУ 1.3 могут быть слиты воедино.

Примечание 3.— Состояния ЦУ 1. 7 и ЦУ 1.8 включены для того, чтобы отразить весь объем возможных процедур деактивации. Были рассмотрены три возможные реализации:

1) Последовательность событий («цифровой участок полностью деактивирован», «истечение времени таймера T2» или «прием ИНФО 0») не определена. Тогда следует рассмотреть оба состояния — ЦУ 1.7 и ЦУ 1.8.

2) Последовательность событий определена таким образом, что состояние «цифровой участок полностью деактивирован» всегда возникает после состояния «истечение времени таймера T2» или «прием ИНФО 0». Тогда следует рассматривать только состояние ЦУ 1.7.

3) Состояние «цифровой участок полностью деактивирован» всегда возникает до «истечения времени таймера T2» или «приема ИНФО 0». Тогда можно рассматривать прямой переход от состояния ЦУ 1.6 к состоянию ЦУ 1.0 при «истечении времени таймера T2» или «приеме ИНФО 0». Если этот случай имеет место, то цифровой участок должен обеспечить выдачу ФЭ 6.

— Состояние не изменяется, при возникновении события действие не производится.

/ Событие невозможно из-за внутренних причин или процедур «от равного к равному».

na Действие не производится; это событие может произойти или невозможно.

ФЭ.. Выдать функциональный элемент ФЭ.. через эталонную точку V_1.

ЦУ a.b. Установить состояние ЦУa.b.

5.4.2 *Описание таблицы изменений состояния уровня 1 СтО*

5.4.2.1 *Состояния уровня 1 СтО (состояния СтО)*

Ниже определены состояния, которые могут возникнуть для уровня 1 СтО в результате поступления функциональных элементов (ФЭ) через эталонную точку V_1, принятия служебных примитивов (примитивов PH и MPH) или внутренних событий.

Состояния СтО классифицируются в соответствии с обеспечиваемыми ими функциями следующим образом:

i) состояния СтО 1.X для обеспечения функций в соответствии с Рекомендацией I.430;

ii) состояния СтО 2.X для обеспечения функций, относящихся к шлейфам (эти состояния дополняют состояния СтО 1.X);

iii) состояния СтО 3.X для обеспечения функций, относящихся к активации/деактивации только цифрового участка (эти состояния дополняют состояния СтО 1.X).

5.4.2.1.1 Состояние СтО 1.0: Доступ (стык в эталонной точке T и цифровой участок) находится в устойчивом состоянии (деактивированном или активированном). Таймер T1 не запущен.

5.4.2.1.2 Состояние СтО 1.1: Инициирована активация для установления соединения. Таймер T1 запущен.

5.4.2.1.3 Состояние СтО 2.0: Доступ находится в состоянии шлейфа. Таймер T1 не запущен.

5.4.2.1.4 Состояние СтО 2.1: Выдан запрос шлейфа. Таймер T1 запущен.

5.4.2.1.5 Состояние СтО 3.0: Доступ находится в устойчивом состоянии. Активирован только цифровой участок, в то время как стык в эталонной точке T деактивирован или активирован. Таймер T1 не запущен.

5.4.2.1.6 Состояние СтО 3.1: Инициирована активация для установления соединения. Когда была запрошена активация стыка в эталонной точке T, цифровой участок уже был активирован. Таймер T1 запущен.

5.4.2.1.7 Состояние СтО 3.2: Это переходное состояние, которое возникает, когда запрашивается активация только цифрового участка. Таймер T1 запущен.

5.4.2.2 *Набор примитивов PH и MPH в СтО для обеспечения функций, определенных в Рекомендациях I.440 и I.441. Они относятся к управлению соединением.*

Набор этих примитивов определен в § 6.2.1 Рекомендации I.430 и § 4.1 Рекомендации I.441.

Примитив MPH-EI, используемый в настоящей Рекомендации, включает примитив MPH-EI, определенный в § 6.2.1.5 Рекомендации I.430. Кроме того, он извещает управление конфигурацией управления системой о состоянии ошибки, если не удалась активация или попытка работы по шлейфу (см. § 5.4.2.3).

5.4.2.3 *Набор примитивов MPH в СтО для обеспечения функций, связанных с цифровым участком*

Нижеприведенные примитивы позволяют цифровому участку перейти из одного режима во второй. В первом режиме доступна полная информационная пропускная способность цифрового участка независимо от состояния стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке T. Во втором режиме полная информационная пропускная способность цифрового участка доступна только при условии, что стык «пользователь-сеть» в эталонной точке T активирован или подлежит активации. Эти примитивы связаны с управлением конфигурацией.

i) MPH-ЗАПРОС АКТИВАЦИИ ЦИФРОВОГО УЧАСТКА (MPH-DSAR)
Примитив MPH-DSAR запрашивает у цифрового участка поддержание полной информационной пропускной способности независимо от состояния эталонной точки T. Управление конфигурацией должно предусматривать, чтобы этот примитив выдавался только тогда, когда доступ деактивирован.

ii) MPH-ИНДИКАЦИЯ АКТИВАЦИИ ЦИФРОВОГО УЧАСТКА (MPH-DSAI)
Примитив MPH-DSAI указывает на то, что цифровой участок находится в режиме, способном обеспечить полную информационную пропускную способность независимо от состояния стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке T.

iii) MPH-ЗАПРОС ДЕАКТИВАЦИИ ЦИФРОВОГО УЧАСТКА (MPH-DSDR)
Примитив MPH-DSDR используется для восстановления режима, при котором состояние цифрового участка управляется теми примитивами (PH-ЗАПРОС АКТИВАЦИИ или, при необходимости, MPH-ЗАПРОС АКТИВАЦИИ и MPH-ЗАПРОС ДЕАКТИВАЦИИ), которые используются для активации/деактивации стыка в эталонной точке T. Это включает деактивацию цифрового участка, если стык в эталонной точке T был ранее деактивирован. Управление конфигурацией должно предусматривать, чтобы этот примитив выдавался только тогда, когда стык в эталонной точке T деактивирован.

iv) MPH-ИНДИКАЦИЯ ДЕАКТИВАЦИИ ЦИФРОВОГО УЧАСТКА (MPH-DSDI)
Этот примитив обеспечивает службу подтверждения деактивации. Он выдается, когда цифровой участок полностью деактивирован. В зависимости от процедур деактивации стык в эталонной точке T уже деактивирован или еще не деактивирован.

v) MPH-ИНДИКАЦИЯ ОШИБКИ (MPH-EI)
Примитив MPH-EI используется для извещения управления системой, если активация или попытка работы по шлейфу не удались.

vi) MPH-ИНДИКАЦИЯ ПОДГОТОВКИ (MPH-AWI)
Этот примитив извещает управление сетевой стороной о том, что активация стыка в эталонной точке T запрошена со стороны пользователя. Он может быть использован СтО для отведения ресурсов, необходимых для обеспечения уровня 2.

Ниже приведены примитивы, связанные с функциями технического обслуживания, основанными на использовании шлейфов. Примитивы запроса активации включают активацию цифрового участка и, возможно, стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке T. Об образовании затребованного шлейфа инициатор запроса извещается с помощью примитива MPH-AI. Деактивация шлейфа запрашивается с помощью примитива MPH-DSDR или, при необходимости, MPH-DR.

MPH-L2AR: запрос активации шлейфа 2

MPH-L1AR: запрос активации шлейфа 1

MPH-L1AAR: запрос активации шлейфа 1A

Ниже приведены примитивы, используемые для испытаний, отличных от испытаний по шлейфу (испытание на непрерывность).

MPH-AR: запрос активации стыка в эталонной точке T и цифрового участка для целей испытания на непрерывность.

MPH-AI: индикация активации стыка в эталонной точке T и цифрового участка.

5.4.2.4 *Таблица перехода состояний уровня 1 СтО*

Таблица перехода состояний (таблица 4/G.960) определяет процедуры. Она включает действия, которые должны быть предприняты при различных событиях, происходящих при нахождении в данном состоянии (определение состояний см. в § 5.4.2.1). Она определяет взаимодействия с уровнем 2 СтО и управлением системой, необходимые для обеспечения процедур на стыке уровня в соответствии с Рекомендацией I.430 (последовательности примитивов PH и MPH в соответствии с I.430), и взаимодействия через стык уровня между уровнем 1 СтО и управлением системой для обеспечения функций, связанных с цифровым участком (определение соответствующих примитивов MPH см в § 5.4.2.3).

ТАБЛИЦА 4/G.960

Таблица перехода состояний уровня 1 СтО
(машина состояний уровня 1 СтО)

Состояние / Событие	СтО 1.0	СтО 1.1	СтО 2.0	СтО 2.1	СтО 3.0	СтО 3.1	СтО 3.2
PH-AR/ MPH-AR	Запуск T1 ФЭ 1 СтО 1.1	–	PH-DI –	PH-DI –	Запуск T1 ФЭ 1 СтО 3.1	–	Повторный запуск T1 ФЭ 1 СтО 3.1
MPH-DR	PH-DI ФЭ 5 –	|	ФЭ 5 СтО 1.0	|	PH-DI ФЭ 11 –	|	|
ФЭ 2	Запуск T1 MPH-AWI СтО 1.1	(Примечание 3) MPH-AWI –	/	–	Запуск T1 MPH-AWI СтО 3.1	(Примечание 3) MPH-AWI –	Повторный запуск T1 MPH-AWI СтО 3.1
Истечение времени таймера T1	/	MPH-EI СтО 1.0	/	MPH-EI СтО 1.0	/	MPH-EI СтО 3.0	MPH-EI СтО 1.0
ФЭ 3	(Примечание 4) MPH-DSAI –	MPH-DSAI –	Подлежит определению	Подлежит определению	(Примечание 4) MPH-DSAI –	MPH-DSAI –	Останов T1 MPH-DSAI СтО 3.0
ФЭ 4	(Примечание 4) MPH-AI –	Останов T1 PH-AI MPH-AI СтО 1.0	Подлежит определению	Останов T1 MPH-AI СтО 2.0	(Примечание 4) – –	Останов T1 PH-AI MPH-AI СтО 3.0	/
ФЭ 6	MPH-DSDI –	/	Подлежит определению	Подлежит определению	/	/	/
ФЭ 7	MPH-DI MPH-EI	/	Подлежит определению	Подлежит определению	MPH-DI MPH-EI	/	/
MPH-L2AR	Запуск T1 ФЭ 8 СтО 2.1	|	|	|	|	|	|
MPH-L1AR	Запуск T1 ФЭ 9 СтО 2.1	|	|	|	|	|	|
MPH-L1AAR	Запуск T1 ФЭ 10 СтО 2.1	|	|	|	|	|	|
MPH-DSAR (Примечание 1)	Запуск T1 ФЭ 11 СтО 3.2	(Примечание 2) СтО 3.1	|	|	|	|	|
MPH-DSDR (Примечание 1)	(Примечание 5) ФЭ 5 –	|	ФЭ 5 СтО 1.0	|	ФЭ 5 СтО 1.0	|	|

— — состояние не меняется, при возникновении событий действия не производятся.

| — событие невозможно по определению службы уровня 1.

/ — событие невозможно из-за внутренних причин или процедур «от равного к равному».

PH-AI	Выдача примитива PH-ИНДИКАЦИЯ АКТИВАЦИИ
PH-DI	Выдача примитива PH-ИНДИКАЦИЯ ДЕАКТИВАЦИИ
MPH-AWI	Выдача примитива MPH-ИНДИКАЦИЯ ПОДГОТОВКИ
MPH-AI	Выдача примитива MPH-ИНДИКАЦИЯ АКТИВАЦИИ
MPH-DI	Выдача примитива MPH-ИНДИКАЦИЯ ДЕАКТИВАЦИИ
MPH-DSDI	Выдача примитива MPH-ИНДИКАЦИЯ ДЕАКТИВАЦИИ ЦИФРОВОГО УЧАСТКА
MPH-EI	Выдача примитива MPH-ИНДИКАЦИЯ ОШИБКИ
ФЭ..	Выдача функционального элемента ФЭ.. через эталонную точку V_1
СтО ab	Переход в состояние СтО a.b

Примечание 1.— Примитивы MPH-DSAR и MPH-DSDR разрешены только тогда, когда эталонная точка T деактивирована. Управление должно удовлетворять этому требованию.

Примечание 2.— Это событие происходит в случае столкновения примитива MPH-DSAR с примитивом MPH-AWI (или с примитивом MPH-DSAI, если управление не реагирует на примитив MPH-AWI) на границе между уровнем 1 СтО и управлением. Это столкновение вызывается одновременными запросами активации только цифрового участка и активации доступа со стороны пользователя.

Примечание 3.— Это событие происходит в случае столкновения между функциональными элементами ФЭ 1 и ФЭ 2 в эталонной точке V_1. Это столкновение вызывается одновременными запросами активации стыка со стороны пользователя и со стороны сети.

Примечание 4.— Эти события происходят, если время таймера T1 истекает одновременно с выполнением задачи, на которую цифровой участок указывает уровню 1 СтО при помощи надлежащих функциональных элементов (ФЭ 3 и ФЭ 4). Такая ситуация бывает вызвана чрезмерным запаздыванием на цифровом участке. В некоторых случаях бывает выгодно выдать надлежащие примитивы, чтобы известить управление о состоянии абонентского доступа после индикации ошибки, которая была бы передана примитивом MPH-EI. Таким образом управление обеспечивается информацией для инициирования оптимальной процедуры восстановления.

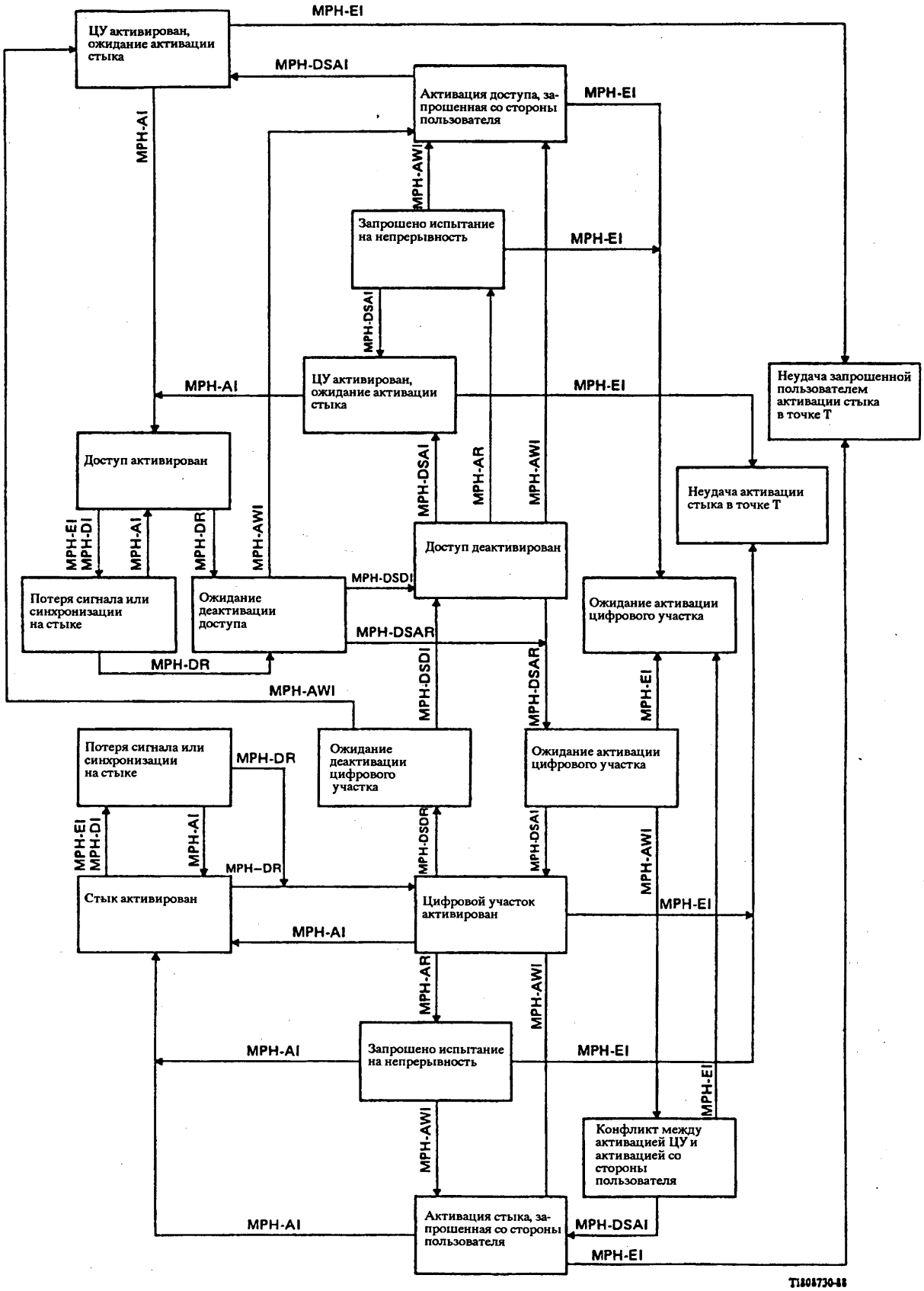
Примечание 5.— Это событие происходит, если время таймера T1 истекло и управление дает запрос на деактивацию вследствие приема примитива MPH-EI. Это восстановление представляется особенно полезным в случае чрезмерных запаздываний (см. примечание 4).

5.4.2.5 *Процедуры с использованием примитивов для обеспечения функций, определенных в Рекомендациях I.440 и I.441*

Последовательности примитивов PH и MPH, которые действуют соответственно между уровнем 1 СтО и уровнем 2 СтО и между уровнем 1 СтО и управлением системой для обеспечения функций, определенных в Рекомендациях I.440 и I.441, а также состояния уровня 1 СтО, воспринимаемые уровнем 2 СтО и управлением системой как результат передачи примитивов между элементами, определены в § 6.2.1.6 Рекомендации I.430.

5.4.2.6 *Процедуры с использованием примитивов для обеспечения функций, относящихся к цифровому участку*

Разрешенные последовательности примитивов MPH между уровнем 1 СтО и управлением системой для обеспечения функций, относящихся к цифровому участку, определены в диаграмме перехода состояний (рис. 7/G.960). Эта диаграмма перехода состояний определяет состояния уровня 1 СтО, которые управление системой воспринимает как результат передачи примитивов через соответствующий стык уровня.



Примечание.— Действия, которые надлежит предпринять при установлении состояний «потеря сигнала или синхронизации на стыке», «неудача активации цифрового участка», «неудача активации стыка в точке T» и «неудача запрошенной пользователем активации стыка в точке T», требуют дальнейшего изучения.

РИСУНОК 7/G.960

Истинные последовательности примитивов MPH и состояния уровня 1 СтО с точки зрения управления конфигурацией управления системой

5.5 *Время активации*

При активации со стороны пользователя время активации измеряется в эталонной точке T с момента инициирования передачи ИНФО 1 к стыку в эталонной точке T и до момента приема ИНФО 4 от цифрового участка.

При активации со стороны сети время активации определяется как промежуток между функциональным элементом 1 и функциональным элементом 4 в эталонной точке V_1.

Время активации определяется для цифрового участка, при активации которого на нем достигается величина коэффициента ошибок ниже, чем x (см. примечание 1).

5.5.1 *Максимальное время активации (см. примечание 2) при активации, происходящей немедленно вслед за деактивацией (без вмешательства какого-либо действия по образованию шлейфа или подключению питания) (см. примечание 4):*

Системы передачи по кабелю с металлическими парами

i) без регенератора: 300 мс

ii) с регенератором: 600 мс

5.5.2 *Максимальное время активации (см. примечание 2) при активации, происходящей после первой подачи питания на цифровой участок:*

i) без регенератора: 10 с

ii) с регенератором: 10 с

Примечание 1.— Точные условия испытаний требуют дальнейшего изучения.

Примечание 2.— Нормированное значение времени активации следует рассматривать как 95%-ное значение. Это означает, что для 95% совершенных активаций время активации должно быть меньше нормированного значения.

Примечание 3.— Значения учитывают время отклика ОО на передачу ИНФО 3 после приема ИНФО 2.

Примечание 4.— Поскольку таймер T1 в функциональном отношении является частью СтО, он может быть и физически реализован в СтО. В этом случае значение времени может быть установлено в соответствии с характеристиками системы передачи между СтО и цифровым участком, если он существует (например, в случае спутниковой системы передачи надо принимать в расчет значение 1000 мс).

6 Эксплуатация и техническое обслуживание

6.1 *Общие положения*

В данном параграфе описаны функции эксплуатации и технического обслуживания для цифрового участка основного доступа к ЦСИС. В настоящее время определены функции лишь для цифровой системы передачи на металлических линиях.

Функции эксплуатации, относящиеся к процедуре активации/деактивации определены в § 5.

Прочие предположения, относящиеся к управлению системой, приведены в Приложении A.

Функции технического обслуживания, определенные в Рекомендации I.603, обеспечивают возможность поддержания цифрового участка на уровне характеристик сети, приведенных в § 4 данной Рекомендации.

Должны быть обеспечены возможности для испытания и технического обслуживания цифрового участка в соответствии с Рекомендацией I.603 независимо от абонентского оборудования.

Основные возможности состоят в следующем:

a) управление средствами обеспечения технического обслуживания и испытаний;

b) контроль функциональных элементов для обеспечения информации по эксплуатации и техническому обслуживанию и индикации состояний неисправности;

c) средства связи для технического обслуживания.

6.2 *Средства управления*

6.2.1 *Шлейфы*

6.2.1.1 *Реализация шлейфов*

Расположение и характеристики шлейфов определены в Рекомендации I.603.

6.2.1.2 *Процедура образования шлейфа*

Управление шлейфами производится со стороны управления системой СтО.

Обычный запрос на активацию вызова не имеет приоритета перед запросом на образование шлейфов 1, 1a или 2.

Процедура работы по шлейфу всегда начинается с состояния деактивации цифрового участка.

Одной из возможных последовательностей является:

a) СтО вырабатывает команду на работу требуемого шлейфа;

b) СтО принимает MPH-AI;

c) СтО проводит испытание;

d) СтО вырабатывает команду разъединения;

e) СтО принимает MPH-DI.

6.2.2 *Переключение линий вспомогательного оборудования*

Функция обеспечивает управление переключениями в эталонной точке V_1:

a) переключение линии с ЛО на устройство измерения линии;

b) переключение линии с основного на резервное ЛО;

c) переключение ЛО для испытания СО1, расположенного в местной коммутационной станции.

Эта функция не является обязательной. Определение функции, варианты управления и процедуры требуют дальнейшего изучения.

6.2.3 *Управление функциями в СО1*

Эта функция дает возможность управления определенными внутренними функциями СО1 и требует дальнейшего изучения.

Примером такой функции может служить управление переключением с нормальной на сниженную мощность на стыке «пользователь-сеть».

6.2.4 *Запрос информации*

Эта функция позволяет СтО запрашивать от ЛО, регенератора и СО1 конкретные сообщения о состоянии.

6.2.5 *Включение/выключения питания линии*

Эта функция позволяет подключить питание к линии и может быть автоматически применена при приеме индикации отказа электропитания.

6.2.6 *Испытание на непрерывность*

Испытание на непрерывность описано в Рекомендации I.603.

Испытание на непрерывность управляется со стороны СтО и инициируется с помощью MPH-AR. Управление системой должно решать, когда считать испытание успешно завершенным (то есть после приема MPH-DSAI или MPH-AI). Если управление системой получает MPH-EI (истечение времени T1), результат испытания считается отрицательным. См. также Приложение A к настоящей Рекомендации.

6.3 *Контроль*

6.3.1 *Функции*

По участку контролируются следующие эксплуатационные состояния:

a) состояния неисправности;

b) устройства электропитания;

c) характеристики передачи.

6.3.2 *Аспекты реализации*

На цифровом участке должны быть предусмотрены возможности контроля (см. Рекомендацию I.603). Оперирование информацией и ее обработка зависят от способа реализации. Например:

a) использование регистров/счетчиков в функциональных группах, использование конкретных команд и ответов для формирования сообщений о состоянии;

b) передача информации на коммутационную станцию либо при возникновении состояния неисправности, либо на регулярной основе. Эта информация затем обрабатывается оборудованием за пределами цифрового участка.

6.3.3 *Состояния аномалии или неисправности и последующие действия*

6.3.3.1 *Состояния неисправности*

Примеры состояний неисправности:

i) чрезмерно высокий коэффициент ошибок;

ii) потеря сигнала на входе;

iii) потеря цикловой синхронизации;

iv) отказ электропитания.

Примечание.— Примером аномалии является ошибка передачи.

6.3.3.2 *Последующие действия*

Вслед за обнаружением состояния неисправности должны быть предприняты соответствующие действия, определенные в таблице 5/G.960.

Информация индикации неисправности (ИИН) автоматически передается от цифрового участка к СтО.

ТАБЛИЦА 5/G.960

Состояние неисправности и последующие действия

Оборудование	Состояния неисправности	Последующие действия		
		ИИН	Сигнал в V_1	Сигнал в Т
ЛО Линейная сторона	Чрезмерно высокий коэффициент ошибок (примечание 1) Потеря сигнала Потеря цикловой синхронизации	Да Да Да	НИ ФЭ 7 (примечание 4) ФЭ 7 (примечание 4)	НИ ИНФО (примечание 5) ИНФО (примечание 5)
СО Линейная сторона	Чрезмерно высокий коэффициент ошибок (примечание 1) Потеря сигнала Потеря цикловой синхронизации	Да Да Да	НИ Не применяется Не применяется	НИ ИНФО (примечание 5) ИНФО (примечание 5)
СО в Т	Потеря сигнала Потеря цикловой синхронизации	Да (примечание 3) Да (примечание 3)	ФЭ 7 (примечание 4) ФЭ 7 (примечание 4)	Не применяется (примечание 3) Не применяется
СО	Пропадание питания	Да (примечание 2)	НИ	ИНФО 0

НИ — Необходимо изучение

Примечание 1.— Если обработка происходит на цифровом участке.

Примечание 2.— Зависит от устройств электропитания, необязательно.

Примечание 3.— Необязательно.

Примечание 4.— Этот сигнал определен в § 5.

Примечание 5.— Вопрос, можно ли использовать существующий ИНФО, определенный в Рекомендации I.430, требует дальнейшего изучения.

6.3.4 *Контроль характеристик ошибок*

6.3.4.1 *Общие положения*

Необходимо обеспечить контроль характеристик ошибок цифрового участка и выдачу информации об этих характеристиках.

6.3.4.2 *Параметры ошибок*

Цифровой участок должен выдавать на СтО необходимую информацию, чтобы дать возможность СтО оценить параметры ошибок, определенные в Рекомендации G.821.

6.3.5 *Функции извещения о состоянии*

Функции извещения о состоянии охватывают информацию, которая относится к работе и характеристикам цифрового участка в целом. Информация может передаваться либо автоматически, либо по запросу от СтО.

Ниже приводится описание функций извещения о состоянии:

i) *Ошибки передачи*
Эта информация, полученная на цифровом участке, дает возможность СтО оценить характеристики ошибок передачи.

ii) *Состояние шлейфа 1*
Эта информация, выдаваемая ЛО, обозначает состояние шлейфа 1.

iii) *Состояние шлейфа 1А*
Эта информация, выдаваемая регенератором, обозначает состояние шлейфа 1А.

iv) *Состояние шлейфа 2*
Эта информация, выдаваемая СО1, обозначает состояние шлейфа 2.

v) *Состояние электропитания стыка «пользователь-сеть»*
Эта информация обозначает состояние электропитания стыка «пользователь-сеть» в эталонной точке Т, например, режим нормального или ограниченного электропитания.

vi) *Неисправность электропитания на стыке «пользователь-сеть»*
Эта информация указывает на отказ источника нормального или ограниченного питания.
Эта функция может быть разделена на два извещения.
Эта информация выдается по запросу СтО.

vii) *Перегрузка электропитания на стыке «пользователь-сеть»*
Эта информация указывает на то, что мощность, потребляемая от какого-либо источника, входящего в СО1, превосходит максимальную имеющуюся мощность.

Эта информация выдается по запросу СтО.

viii) *Информация индикации неисправности*
Эта информация передается автоматически при условиях, определенных в § 6.3.3.1.

ТАБЛИЦА 6/G.960

Функции извещения о состоянии

Функция	Место	Обязательная/ Необязательная
Ошибки передачи	ЛО РЕГ. СО	О Н Н
Состояние шлейфа 1 (примечание)	ЛО	О
Состояние шлейфа 1А (примечание)	РЕГ.	О
Состояние шлейфа 2 (примечание)	СО1	О
Состояние электропитания в эталонной точке Т	СО1	Н
Неисправность электропитания в эталонной точке Т	СО1	Н
Перегрузка по питанию в эталонной точке Т	СО1	Н
ИИН	ЛО	О
	РЕГ.	О
	СО	О

Примечание.— Эта информация может быть представлена косвенным образом (например, индикация активации).

6.3.6 *Функции извещения о состоянии, зависимые от системы*

Эти извещения о состоянии зависят от типа используемой цифровой системы передачи и требуют дальнейшего изучения.

Некоторые примеры конкретных систем представлены в таблице 7/G.960.

ТАБЛИЦА 7/G.960

Функции извещения о состоянии, зависимые от системы

Функция	Место
Состояние пробного линейного реле	ЛО
Состояние пробного реле ЛО	ЛО
Состояние удаленного выключателя питания	ЛО
Дистанционное электропитание	ЛО
Индуцированное перенапряжение на линии	ЛО
Состояние аномального тока	ЛО
Раскрыв «глаза», прием	ЛО
	РЕГ.
	СО1
Коэффициенты эхокомпенсации	ЛО
	РЕГ.
	СО1
Испытание батареи	СО

7 Канал управления C_{VI}

Этот канал управления обеспечивает для каждого направления передачи возможность передачи команд, информации извещения о состоянии и ИИН.

Хотя он и описывается как один канал, канал управления может быть реализован как некоторое число субканалов, использующих различные механизмы передачи (соответственно функциям). Хотя некоторые из функций, упомянутые в § 6, являются необязательными функциями, канал C_{V1} должен быть способен передать всю управляющую информацию, необходимую для их реализации.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.960)

Требования к управлению системой

А.1 *Введение*

Настоящая Рекомендация определяет требуемые функции цифрового участка и уровня 1 СтО. Для обеспечения правильной работы необходимо учесть предположения, сделанные относительно применяемых функций управления. Предполагается, что структура управления соответствует Рекомендации Q.940 МККТТ.

В настоящей Рекомендации проводится различие между управлением уровнем 1 СтО и управлением только системой. Если применяется термин «управление системой», то он относится как к управлению системой, так и к управлению уровнем, как определено в Рекомендации Q.940.

А.2 *Требования к управлению системой*

А.2.1 *Общие положения*

Управление системой не должно инициировать одновременно более одного действия в направлении уровня 1 СтО. Действие разграничивается примитивом, который выдается управлением системой, и соответствующим ему примитивом, который подтверждает выполнение задачи.

А.2.2 *Индикация ошибок*

Устройство управления учитывает последовательность примитивов до и после приема MPH-EI. На основе анализа последовательности примитивов управление системой может определить причину примитива MPH-EI (например, несостоявшаяся активация стыка, несостоявшаяся активация доступа, потеря синхронизации или сигнала на стыке в эталонной точке T).

В случае ошибки уровень 1 СтО должен известить об этом событии управление системой с помощью примитива MPH-EI. Управление системой должно принять решение, какие действия должны быть предприняты (например, удерживать или разорвать соединение, инициировать MPH-DR или MPH-DSDR).

А.2.3 *Работа по шлейфу*

Управление системой должно учитывать, что, когда уровень 1 СтО находится в режиме работы по шлейфу, он не выдает никаких примитивов в направлении уровня 2 СтО.

Если от уровня 2 СтО в направлении уровня 1 СтО в режиме работы по шлейфу будет послан примитив, то он не вызовет никакого отклика со стороны уровня 1 СтО.

Образование шлейфа инициируется управлением системой путем выдачи примитива MPH-LxAR, где x обозначает тип шлейфа (2, 1 или 1A).

Управление системой получает подтверждение об образовании шлейфов 1, 2 и 1A посредством примитивов MPH-AI. Управление системой должно быть в состоянии интерпретировать этот MPH-AI как подтверждение образования шлейфа, а не как обычную индикацию активации, на основе учета последовательности примитивов.

А.2.4 *Испытание на непрерывность*

Испытание на непрерывность инициируется управлением системой с помощью примитива MPH-AR. Управление системой должно решить, когда считать испытание успешно завершенным (то есть после приема MPH-DSAI или MPH-AI). Если управление системой получает MPH-EI (истечение времени T1), то результат испытания считается отрицательным.

Если испытание успешно завершено, управление системой перед выдачей MPH-DR должно проверить, завершен ли процесс установления соединения или имеется ли соединение в наличии.

А.2.5 *Информация, посылаемая в канал D во время работы по шлейфу*

Информация, выдаваемая в канал D не должна воспроизводить ни одну из последовательностей высокоуровневого управления каналом передачи данных. Однако управление системой вправе принять решение о передаче требуемой последовательности для определения места повреждения.

А.2.6 *Управление конфигурацией*

Управление системой должно гарантировать, что любому действию, относящемуся к управлению конфигурацией, может быть дан ход только в том случае, если эталонная точка T деактивирована.

ПРИЛОЖЕНИЕ B

(к Рекомендации G.960)

Словарь терминов, используемых в Рекомендациях I.430, I.431, G.960 и G.961

Введение

В настоящем Приложении дается словарь терминов и определений, относящихся к основному доступу и к доступу на первичной скорости в системе ЦСИС применительно к уровню 1.

Словарь охватывает круг вопросов, не выходящих за рамки Рекомендаций I.430, I.431, G.960 и G.961. Он предназначен для ясного понимания Рекомендаций и в течение следующего исследовательского периода будет пересматриваться с целью согласования с Рекомендациями, разрабатываемыми другими исследовательскими группами.

Небольшое число терминов данного Приложения дублируется в других Рекомендациях (например, в Рекомендации I.112 и/или в Рекомендации G.701). Ссылки на них даются в скобках для обеспечения соответствия между этими Рекомендациями в случае введения в будущем поправок (например, «полный шлейф {M.125}»). Если термин определен по-иному, но при этом сохранен смысл, ссылка дается как в следующем примере: «функциональная группа [{I.112, 419}]».

В Приложении используется принцип, согласно которому вслед за рекомендуемым термином приводится другой общеупотребительный термин, использование которого в данном смысле не рекомендуется. Например, «линия [шлейф]».

В тех случаях, когда в заведомо понятном контексте применяется сокращенный термин, то вслед за разговорной формой приводится его полная форма. Например, «оборудование группообразования, оборудование цифрового группообразования».

В параграфе B.7 содержится алфавитный перечень всех входящих в Рекомендацию терминов.

Параграф B.8 содержит схему, иллюстрирующую терминологию в целом.

В параграфе B.9 объясняются понятия «эталонная точка V», «стык V», «точка стыка».

B.1 *Общие термины*

101 основной доступ, доступ на основной скорости

Устройство доступа «пользователь-сеть», соответствующее структуре стыка, состоящей из двух каналов B и одного канала D. Скорость канала D при данном типе доступа составляет 16 кбит/с.

102 доступ на первичной скорости

Устройство доступа «пользователь-сеть» на первичных скоростях 1544 и 2048 кбит/с. Скорость канала D при этом типе доступа составляет 64 кбит/с. Типичные построения стыков на первичной скорости даны в Рекомендациях I.412 и I.431.

103 местная коммутационная станция, местная коммутационная станция ЦСИС

Станция, которая в дополнение к функциям коммутации обеспечивает абонентский доступ к ЦСИС через входящие в ее состав станционные окончания.

104 линейное окончание (ЛО)

Функциональная группа, выполняющая по крайней мере оконечные функции передачи и приема на одном конце цифровой системы передачи.

105 станционное окончание (СтО)

Функциональная группа, выполняющая с сетевой стороны в эталонной точке T по крайней мере функции уровней 2 и 3 стыка, соответствующего Рекомендации I.420.

Примечание 1.— Это определение может быть неправильным в тех случаях, когда в распределительной сети местных линий используются концентраторы или другое «интеллектуальное» оборудование.

Примечание 2.— СтО не олицетворяет функцию коммутации. В какой мере СтО обеспечивает обработку и управление вызовом, не определено.

106 сетевое окончание (СО)

Функциональная группа на сетевой стороне стыка «пользователь-сеть».

Примечание.— В Рекомендациях I.430 и I.431 «СО» используется для обозначения сетевых аспектов оконечного уровня 1 в функциональных группах СО1 и СО2.

107 **оконечное оборудование (ОО)**

Функциональная группа на абонентской стороне стыка «пользователь-сеть».

Примечание.— В Рекомендациях I.430 и I.431 «ОО» используется для обозначения оконечных аспектов оконечного уровня 1 в функциональных группах ОО1, ОА и СО2.

108 **функциональная группа** [{I.112, 419}]

Набор функций, которые могут быть выполнены одним видом оборудования.

Примечание 1.— Средства передачи не являются составной частью ни одной из функциональных групп.

Примечание 2.— Регенераторы, мультиплексоры и концентраторы представляют собой функциональные группы, не входящие в круг вопросов Рекомендации I.411.

109 **соединительный элемент доступа [абонентский доступ]** [{I.324}]

Оборудование, обеспечивающее соединение между функциональными группами и включающее станционное окончание и СО1. Термин должен дополняться указанием типа обеспечиваемого доступа, то есть:

— соединительный элемент основного доступа

— соединительный элемент доступа на первичной скорости.

110 **абонентское оборудование [абонентская установка]** [{I.324}]

Совокупность оборудования на абонентской стороне эталонной точки Т (то есть все ОА, ОО2, ОО1, СО2 и относящиеся к ним средства передачи). В случае многостанционного доступа абонентское оборудование включает все оборудование на абонентской стороне, относящееся к тем доступам, которые входят в состав многостанционного доступа.

Примечание 1.— Этот термин не предполагает, но и не ограничивает право собственности или ответственности за обеспечение оборудованием.

Примечание 2.— Использование термина «оборудование пользователя» не рекомендуется.

111 **абонентский доступ к ЦСИС**

Оборудование, обеспечивающее соединение всех функциональных групп, относящихся к одному или группе соединительных элементов соответствующего доступа (то есть абонентское оборудование и соединительный элемент доступа).

Примечание.— Этот термин не предполагает, но и не ограничивает право собственности или ответственности за обеспечение оборудованием.

112 **прямой доступ, соединительный элемент прямого доступа**

Конкретный соединительный элемент доступа, при помощи которого цифровой участок основного доступа или цифровой участок доступа на первичной скорости непосредственно подключаются к станционному окончанию соответственно в эталонной точке V_1 или V_3.

113 **удаленный доступ, соединительный элемент удаленного доступа**

Конкретный соединительный элемент доступа, при помощи которого цифровой участок подключается к станционному окончанию не непосредственно, а через мультиплексор или концентратор.

114 **эталонная точка** {I.112, 420}

Условная точка соединения двух неперекрывающихся функциональных групп.

Примечание.— Каждая эталонная точка обозначается буквой; например, эталонная точка Т.

115 **стык, физический стык** {I.112, 408; G.701, 1008}

Общая граница двух видов физического оборудования.

116 **стык «пользователь-сеть»** [стык «абонент-сеть»] {I.112, 409}

Стык, на котором применяются протоколы доступа и который находится в эталонной точке S или T.

117 **стык V**

Цифровой стык, который, как правило, совпадает с эталонной точкой V.

Примечание 1.— Конкретный стык V обозначается дополнительной цифрой.

Примечание 2.— Стыки V представляют собой внутренние стыки сети.

118 **эталонная точка V_1**

Эталонная точка V на сетевой стороне цифрового участка основного доступа, служащая для обеспечения одного основного доступа.

Примечание.— Стык V_1 является функциональной границей между станционным окончанием и линейным окончанием; он может быть или не быть реализован в виде физического стыка. Структура стыка V_1 образуется двумя каналами B, одним каналом D и каналом C_{V1}.

119 **эталонная точка V_2**

Эталонная точка V на сетевой стороне концентратора, служащая для обеспечения ряда основных доступов и/или доступов на первичной скорости.

120 **эталонная точка V_3**

Эталонная точка V на сетевой стороне цифрового участка доступа на первичной скорости, служащая для обеспечения одного доступа на первичной скорости.

121 **эталонная точка V_4**

Эталонная точка V на сетевой стороне мультиплексора, обеспечивающего несколько цифровых участков основного доступа.

B.2 *Цифровая передача*

201 **цифровой тракт, цифровой тракт передачи** [{I.112, 302; G.701, 3005}]

Совокупность средств цифровой передачи цифрового сигнала определенной скорости между определенными эталонными точками.

Примечание.— Цифровой тракт состоит из одного или нескольких цифровых участков и может иметь в своем составе либо мультиплексор, либо концентратор, но не коммутационное оборудование.

202 **тракт цифрового доступа**

Цифровой тракт между эталонной точкой T и эталонной точкой V (только при удаленном доступе).

203 **цифровой участок [участок]** [{G.701, 3007}]

Совокупность средств цифровой передачи цифрового сигнала определенной скорости между двумя следующими друг за другом эталонными точками. Термин должен быть дополнен обозначением типа обеспечиваемого доступа или обозначением стыка V на границах цифрового участка. Например:

— цифровой участок основного доступа;

— цифровой участок доступа на первичной скорости;

— цифровой участок V_x.

204 **границы цифрового участка**

Эталонные точки на ближнем и дальнем концах цифрового участка.

205 **цифровая система, цифровая система передачи [система]** [{G.701, 3014}]

Определенные средства, обеспечивающие создание цифрового участка.

Примечание.— Для конкретного типа системы этот термин может быть дополнен названием средства передачи, используемого в этой конкретной системе. Некоторые примеры:

— цифровая линейная система передачи;

— цифровая радиосистема;

— цифровая оптическая система передачи.

206 **метод передачи**

Метод, который используется в системе передачи для передачи и приема сигналов, проходящих через среду передачи.

207 **эхокомпенсация**

Метод передачи, используемый в цифровых системах передачи, при котором двунаправленная передача ведется одновременно по одной линии в одной и той же полосе частот. Для ослабления эхосигнала на ближнем конце необходим эхокомпенсатор.

208 **временно́е сжатие [пакетный режим]**

Метод передачи, используемый в цифровых системах передачи, при котором двунаправленная передача производится с помощью неперекрывающихся однонаправленных пакетов.

209 **оборудование группообразования, оборудование цифрового группообразования** [{G.701, 4017}]

Сочетание в одном месте цифрового оборудования объединения каналов и цифрового оборудования разделения каналов, работающих в противоположных направлениях передачи.

210 **статическое группообразование [фиксированное группообразование]**

Группообразование, при котором за каждым каналом жестко закреплены один или несколько временны́х интервалов группового потока.

211 **динамическое группообразование [статистическое группообразование]**

Группообразование, при котором информация сигнализации некоторых или всех каналов D закрепляется на статистической основе за меньшим числом временны́х интервалов группового потока, но остальные каналы закрепляются жестко.

212 **концентратор, цифровой концентратор**

Оборудование, содержащее средства для объединения в одном направлении передачи некоторого числа основных доступов и/или доступов на первичной скорости в меньшее число временны́х интервалов путем исключения незанятых каналов и/или исключения избыточности и имеющее средства для проведения соответствующего разделения в противоположном направлении передачи.

B.3 *Сигнализация*

301 **ИНФО**

Установленный сигнал уровня 1 с определенным значением и видом кодирования на стыке «пользователь-сеть» основного доступа.

302 **СИГ**

Сигнал, характеризующий обмен информацией уровня 1 между линейными окончаниями цифровой системы передачи для основного доступа.

303 **функциональные элементы (ФЭ)**

Сигнал, характеризующий функциональный обмен информацией уровня 1 на стыке V_1.

304 **канал управления; канал С [служебный канал]**

Дополнительная закрепленная пропускная способность, предусмотренная в эталонной точке или на стыке или транспортируемая цифровой системой передачи для обеспечения выполнения функций управления.

Примечание.— Канал управления в определенной эталонной точке, на определенном стыке или в определенном типе системы передачи обозначается соответствующим индексом. Например:

— канал C_{V1}: канал управления на стыке V_1

— канал C_L: канал управления в линии.

B.4 *Активация/деактивация*

401 **деактивация**

Функция, которая переводит систему или часть системы в нерабочий или частично рабочий режим, при которых потребление системой мощности может быть сокращено (режим низкого потребления мощности).

402 **активация**

Функция, которая переводит систему или часть системы, которая во время деактивации могла находиться в режиме низкого потребления мощности, в полностью рабочий режим.

403 **постоянная активация**

Активация системы или части системы, которая не будет деактивирована, даже если в полностью рабочем режиме нет необходимости.

404 **активация линии**

Функция, которая выдает команду на активацию цифровой линейной системы передачи, но которая может также вызывать активацию стыка «пользователь-сеть».

405 **активация исключительно только линии**

Функция, которая выдает команду на активацию исключительно только цифровой линейной системы передачи и не вызывает активации стыка «пользователь-сеть».

406 **одноступенчатая активация**

Вид активации, которая вызывает последовательность действий для активации цифровой линейной системы передачи и стыка «пользователь-сеть» с помощью одной команды.

407 **двухступенчатая активация**

Вид активации, которая инициируется одной командой, вызывающей последовательность действий для активации цифровой линейной системы передачи, и продолжается второй командой, которая вызывает последовательность действий для активации стыка «пользователь-сеть».

408 **одноступенчатая деактивация**

Деактивация цифровой линейной системы передачи и стыка «пользователь-сеть», вызываемая одной командой.

409 **деактивация исключительно только стыка «пользователь-сеть»**

Деактивация стыка «пользователь-сеть», при которой не происходит деактивации цифровой линейной системы передачи.

B.5 *Шлейфы*

501 **шлейф, цифровой шлейф** {M.125} **[испытательный шлейф]** [{I.112 G}]

Устройство, реализованное в виде части оборудования, с помощью которой двунаправленный тракт связи может быть соединен «на себя», так что вся или часть информации, содержащейся в цифровом потоке, передаваемом по тракту передачи, возвращается обратно по приемному тракту.

502 **вид шлейфа**

Характеристика шлейфа, которая определяет взаимосвязь между информацией, поступающей на вход шлейфа, и информацией, выходящей из шлейфа в противоположном направлении.

503 **полный шлейф** {M.125}

Физическое устройство уровня 1, которое оперирует на всем цифровом потоке. В точке образования шлейфа принятый цифровой поток возвращается на передающую станцию в неизменном виде.

Примечание.— Использование термина «полный шлейф» не связано с конкретной реализацией, так как такой шлейф может быть реализован при помощи активных логических элементов или управляемого дисбаланса дифсистемы и т. д. В точке управления доступными могут быть только информационные каналы.

504 **частичный шлейф** {M.125} **[шлейф на основе эха]**

Физическое устройство уровня 1, которое оперирует на одном или нескольких выделенных каналах группового потока. В точке образования шлейфа принятая цифровая последовательность, относящаяся к выделенному (ым) каналу (ам), возвращается на передающую станцию в неизменном виде.

505 **логический шлейф** {M.125}

Шлейф, который воздействует селективно на определенную информацию в выделенном канале или каналах и может вызвать определенное изменение возвращаемой шлейфом информации. Логические шлейфы могут быть применены на любом уровне в зависимости от конкретных установленных процедур технического обслуживания.

506 **точка шлейфа** [{M.125}]

Точное местоположение шлейфа.

507 **механизм управления шлейфом [механизм управления]** {M.125}

Средства, с помощью которых шлейф образуется и разбивается с точки управления шлейфом.

508 **точка управления шлейфом [точка управления]** {M.125}

Точка, с которой можно непосредственно управлять шлейфом. Точка управления шлейфом может получать запросы на образование шлейфа со стороны нескольких запрашивающих точек.

509 **точка запроса шлейфа** [{M.125}]

Точка, с которой производится запрос точки управления шлейфом на образование шлейфов.

510 **применение шлейфа** {M.125}

Этап технического обслуживания, на котором используется работа по шлейфу.

511 **сигнал прямого направления**

Сигнал, передаваемый за пределы точки шлейфа.

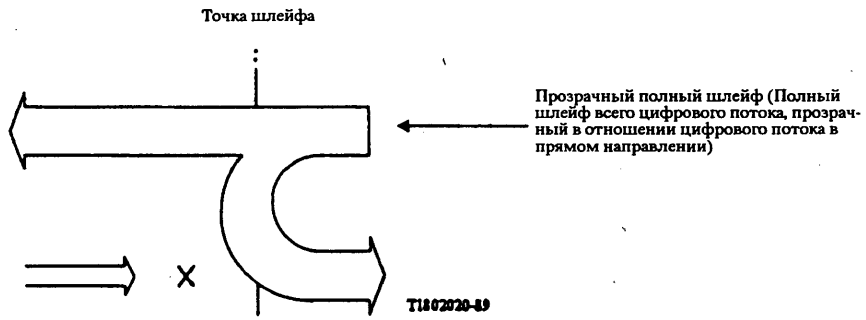
Примечание.— Сигнал прямого направления может быть определен или оставлен неспецифицированным.

512 **испытательная последовательность шлейфа** [{M.125}

Информация, передаваемая во время работы по шлейфу по каналу или каналам, направление которых должно быть изменено шлейфом.

513 **прозрачный шлейф** {M.125}

Прозрачным шлейфом называется шлейф, в котором сигнал, передаваемый за точку шлейфа (сигнал прямого направления), когда шлейф активирован, такой же, как и сигнал, принимаемый в точке шлейфа. См. рис. B-1/G.960.

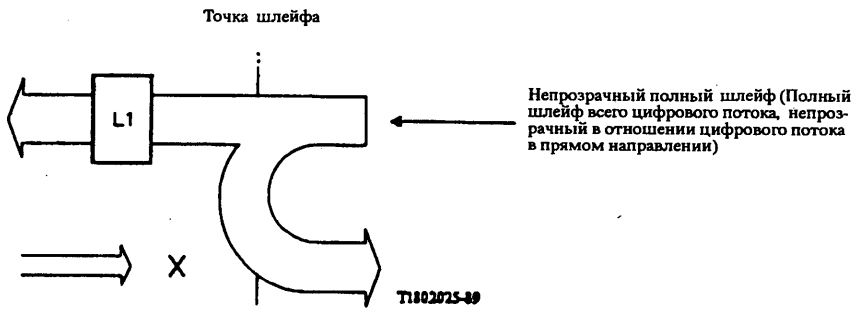


X — сигнал, запрещенный, чтобы избежать помехи проходящему шлейфом сигналу

РИСУНОК B-1/G.960

514 **непрозрачный шлейф** {M.125}

Непрозрачным шлейфом называется шлейф, в котором сигнал, передаваемый за точку шлейфа (сигнал прямого направления), когда шлейф активирован, не такой же, как сигнал, принимаемый в точке шлейфа. Сигнал прямого направления может быть определен или оставлен неспецифицированным. См. рис. B-2/G.960.



X — сигнал, запрещенный, чтобы избежать помехи проходящему шлейфом сигналу
L1 — устройство, которое изменяет или запрещает передаваемый сигнал

РИСУНОК B-2/G.960

601 **распределительная сеть местных линий**

Сеть кабелей и проводов, которая в данное время развернута между местной коммутационной станцией и помещениями абонентов.

602 **скрученная пара**

Линия или часть линии, каждый (изолированный) проводник которой скручен с другими проводниками для уменьшения влияния индукции электромагнитного поля рассеяния и/или электростатического поля.

Примечание.— Это определение относится также к скрученным четверкам с тем отличием, что в этом случае скручены между собой пары проводов.

603 **станционный кабель**

Кабель, составляющий часть распределительной сети местных линий, используемый на местной коммутационной станции между линейным окончанием и главным распределительным щитом.

604 **главный кабель**

Кабель, используемый в распределительной сети местных линий между главным распределительным щитом и точкой кроссовой коммутации.

605 **распределительный кабель**

Кабель, используемый в распределительной сети местных линий между точкой кроссовой коммутации и точкой распределения.

606 **инсталяционный кабель [абонентский кабель]**

Кабель или одиночная пара металлических проводов, используемые в точке распределения местных линий и в помещениях абонентов.

607 **отвод**

Неиспользуемый ненагруженный отрезок линии, Т-образно подключенный к абонентской линии для обеспечения гибкости при построении распределительной сети местных линий.

Примечание.— Отводы используются не во всех распределительных сетях местных линий.

608 **воздушная линия**

Пара подвешенных параллельно друг другу и часто неизолированных металлических проводов.

Примечание.— Воздушные кабели, общеупотребительные для связи между распределительными столбами и помещениями абонентов, не являются воздушными линиями.

609 **пупиновская катушка**

Элемент, используемый для изменения электрических характеристик линии в целях достижения сравнительно равномерного затухания в полосе тональных частот, но создающий при этом сравнительно высокое затухание за пределами этой полосы.

610 **переходное влияние**

Явление, при котором мешающий сигнал наводится на линию из-за связи с одной или несколькими другими линиями.

611 **внутрисистемное переходное влияние**

Переходное влияние между линиями одного и того же кабеля, по которым работают однотипные системы передачи.

612 **межсистемное переходное влияние**

Переходное влияние между линиями одного и того же кабеля, по которым работают системы передачи различных типов.

613 переходное влияние на ближнем конце (ПВБК)

Переходное влияние, которое вызвано связью в передатчике или около него.

614 **переходное влияние на дальнем конце (ПВДК)**

Переходное влияние, которое вызвано связью на самом дальнем от передатчика конце линии или около него.

615 **линия [шлейф]**

Среда передачи между двумя линейными окончаниями. Для характеристики к термину добавляется наименование вида используемой среды, например:

— металлическая линия: пара металлических (обычно медных) проводов,

— оптическая линия: одноволоконная (с двунаправленной передачей) или на паре волокон (с однонаправленной передачей по каждому из волокон).

616 **местная линия [абонентская линия]**

Индивидуальная линия, непрерывная между линейным окончанием (ЛО) и помещением абонента и проходящая по станционному, главному, распределительному и инсталяционному кабелям.

617 **цифровая местная линия**

Местная линия, используемая цифровой системой передачи.

Примечание.— Регенераторы не являются частью линии, но могут быть включены между двумя кабельными строительными участками.

616 [абонентская линия]
110 [абонентская установка]
109 [абонентский доступ]
111 абонентский доступ к ЦСИС
606 [абонентский кабель]
110 абонентское оборудование
402 активация
405 активация исключительно только линии
404 активация линии
502 вид шлейфа
611 внутрисистемное переходное влияние
608 воздушная линия
208 временно́е сжатие
604 главный кабель
204 границы цифрового участка
407 двухступенчатая активация
401 деактивация
409 деактивация исключительно только стыка «пользователь-сеть»
211 динамическое группообразование
101 доступ на основной скорости
102 доступ на первичной скорости
606 инсталяционный кабель
301 ИНФО
512 испытательная последовательность шлейфа
501 [испытательный шлейф]
304 канал С
304 канал управления
212 концентратор
104 линейное окончание (ЛО)
615 линия
505 логический шлейф
612 межсистемное переходное влияние
103 местная коммутационная станция
103 местная коммутационная станция ЦСИС
616 местная линия
206 метод передачи
507 [механизм управления]
507 механизм управления шлейфом
514 непрозрачный шлейф
209 оборудование группообразования
209 оборудование цифрового группообразования
406 одноступенчатая активация
408 одноступенчатая деактивация
107 оконечное оборудование (ОО)
101 основной доступ
607 отвод
208 [пакетный режим]
610 переходное влияние
613 переходное влияние на ближнем конце (ПВБК)
614 переходное влияние на дальнем конце (ПВДК)
503 полный шлейф
403 постоянная активация
510 применение шлейфа
513 прозрачный шлейф
112 прямой доступ
609 пупиновская катушка
601 распределительная сеть местных линий
605 распределительный кабель
106 сетевое окончание (СО)
302 СИГ
511 сигнал прямого направления
205 [система]
602 скрученная пара
304 [служебный канал]
109 соединительный элемент доступа
112 соединительный элемент прямого доступа
113 соединительный элемент удаленного доступа
105 станционное окончание (СтО)
603 станционный кабель
211 [статистическое группообразование]
210 статическое группообразование
115 стык
117 стык V
116 [стык «абонент-сеть»]
116 стык «пользователь-сеть»
509 точка запроса шлейфа
508 [точка управления]
508 точка управления шлейфом
506 точка шлейфа
202 тракт цифрового доступа
113 удаленный доступ
203 [участок]
115 физический стык
210 [фиксированное группообразование]
108 функциональная группа
303 функциональные элементы (ФЭ)
617 цифровая местная линия
205 цифровая система
205 цифровая система передачи
212 цифровой концентратор
201 цифровой тракт
201 цифровой тракт передачи
203 цифровой участок
501 цифровой шлейф
504 частичный шлейф
501 шлейф
615 [шлейф]
504 [шлейф на основе эха]
118 эталонная точка V_1
119 эталонная точка V_2
120 эталонная точка V_3
121 эталонная точка V_4
114 эталонная точка
207 эхокомпенсация

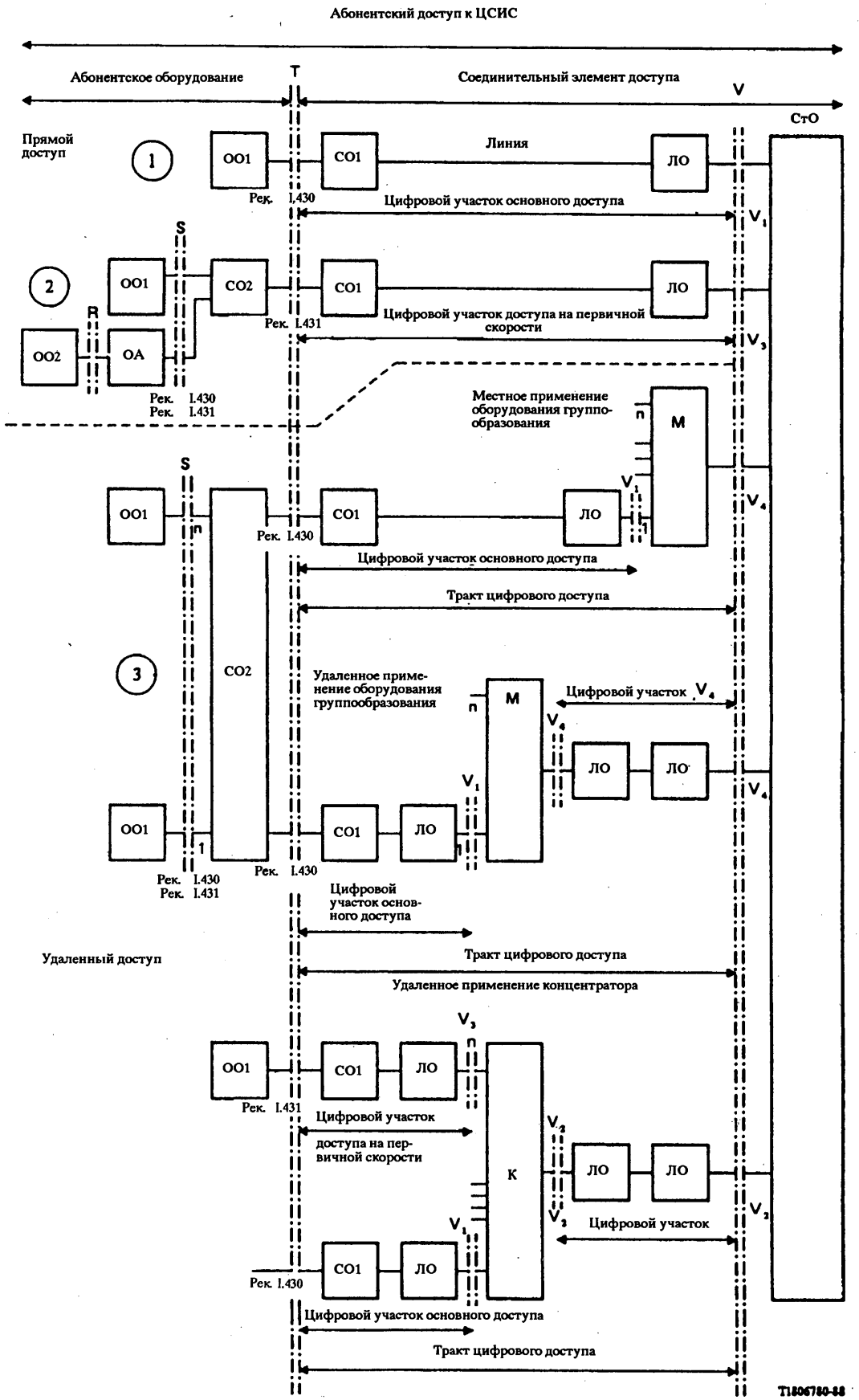


РИСУНОК B-3/G.960

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

B.9 *Пояснения к понятиям «эталонная точка V», «стык V» и «точка стыка»*

B.9.1 Эталонная точка V_1 и эталонная точка V_3 всегда находятся на сетевой стороне линейного окончания и допускают возможность индивидуальных (низкого порядка) доступов.

Для эталонной точки, когда она физически реализована в качестве стыка, требуется определить по крайней мере две точки стыка. См. рис. B-4/G.960.

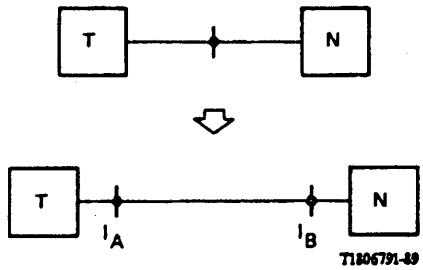


РИСУНОК B-4/G.960

B.9.2 *Точка стыка*

Одна из по крайней мере двух физических точек, связанных со стыком. Точки стыка обозначают конец средства передачи, которое обеспечивает стык, и могут представлять собой местоположение соединителей (если они используются).

Местоположение любого стыка может быть перемещено в удаленную точку посредством системы передачи при условии, что система передачи прозрачна для всех функций, передаваемых через стык. В этом случае потребуются две дополнительные точки стыка. См. рис. B-5/G.960.

Примечание.— Для некоторых конкретных стыков возможность введения системы передачи может быть ограничена требованиями к техническим характеристикам.

РИСУНОК B-5/G.960

B.9.3 Группа индивидуальных доступов может быть объединена с помощью оборудования группообразования или концентратора с целью создания доступа более высокого порядка (то есть V_2 или V_6 для стыков основного доступа более высокого порядка).

Стыки V могут быть реализованы только в эталонной точке V (между ЛО и СтО). См. рис. B-6/G.960.

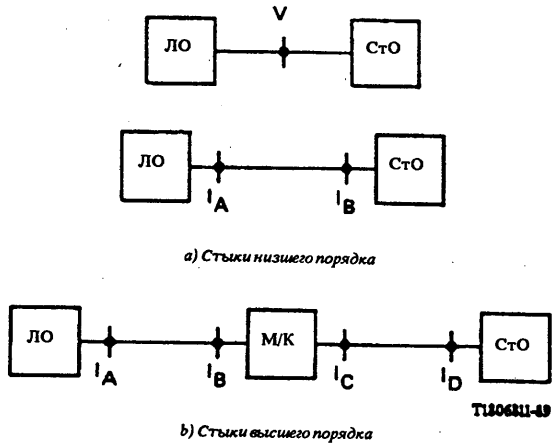
Такой подход находится в соответствии с Рекомендациями I.430 и I.431 в части использования точек стыка I_B и I_A:

— с используемой в настоящее время техникой моделирования;

— с используемой в настоящее время терминологией;

— с тем фактом, что эталонная точка S или T может обеспечиваться для целого ряда стыков (Рекомендации I.430/I.431);

— не противоречит Рекомендации Q.512.



M/K Мультиплексор или концентратор

Примечание.— I_B и I_A являются точками стыка, которые обеспечиваются на стыках V_1 или $V_3 \cdot I_C$ и I_D являются точками стыка, которые обеспечиваются на стыках V_2 или V_4.

РИСУНОК B-6/G.960

Рекомендация G.961

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ МЕСТНЫМ ЛИНИЯМ ДЛЯ ОСНОВНОГО ДОСТУПА К ЦСИС

(*Мельбурн, 1988 г.*)

I Общие положения

1.1 *Назначение*

Настоящая Рекомендация охватывает характеристики и параметры цифровой системы передачи на сетевой стороне СО1, которая образует часть цифрового участка для основного доступа к ЦСИС.

Система должна обеспечивать

— дуплексную

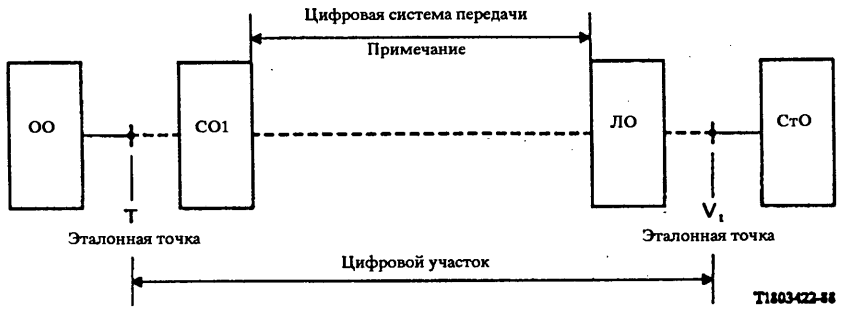
— независимую от структуры последовательности битов

передачу двух каналов B и одного канала D, определенных в Рекомендации I.412, и дополнительные функции цифрового участка, определенные в Рекомендации I.603, которые относятся к эксплуатации и техническому обслуживанию.

Терминология, используемая в настоящей Рекомендации, весьма специфична и не содержится в соответствующих терминологических Рекомендациях. Поэтому в Приложении B к Рекомендации G.960 приведен ряд терминов и определений, используемых в настоящей Рекомендации.

1.2 *Определение*

На рис. 1/G.961 показаны границы цифровой системы передачи относительно цифрового участка.



Примечание.— В настоящей Рекомендации под цифровой системой передачи подразумевается линейная система, использующая металлические линии. Может возникнуть необходимость в использовании одного промежуточного регенератора.

РИСУНОК 1/G.961

Цифровой участок и границы системы передачи

Понятие «цифровой участок» используется с тем, чтобы дать функциональное и процедурное описание и определение требований сети. Необходимо отметить, что эталонные точки T и V_1 не идентичны и поэтому цифровой участок не симметричен.

Понятие «цифровая система передачи» используется с тем, чтобы дать описание характеристик технической реализации системы, использующей конкретную среду передачи и направленной на обеспечение работы цифрового участка.

1.3 *Цели*

Учитывая, что цифровой участок между местной коммутационной станцией и абонентом является одним из решающих элементов для успешного осуществления ЦСИС, были сформулированы следующие требования, которые должны быть учтены при нормировании:

— соблюдение характеристик ошибок, определенных в Рекомендации G.960;

— работа по существующим двухпроводным непупинизированным линиям (исключая воздушные линии);

— использование для основного доступа к ЦСИС 100% кабельных пар без подбора пар, кабельных переустройств или устранения отводов, которые существуют во многих сетях;

— возможность доведения служб, обеспечиваемых основным доступом к ЦСИС, до большинства абонентов без использования регенераторов. В небольшом числе оставшихся случаев могут потребоваться специальные устройства;

— совместное с большинством существующих служб (как, например, телефония и передача данных в полосе тональных частот) использование общего кабеля;

— учет различных принятых на национальном уровне правил, касающихся электромагнитных помех;

— электропитание со стороны сети при нормальных условиях или условиях с ограничениями должно осуществляться через основной доступ там, где Администрация предоставляет эту возможность;

— способность обеспечения функций технического обслуживания.

1.4 *Сокращения*

В настоящей Рекомендации используется ряд сокращений. Некоторые из них относятся к числу общепринятых в эталонной конфигурации ЦСИС, в то время как другие введены специально для настоящей Рекомендации. Последние приводятся ниже:

КО — коэффициент ошибок

О — отвод

МСКРП — Международный специальный комитет по радиопомехам (сейчас часть МЭК)

КУ — канал управления линейной системы

ЭК — эхокомпенсация

ЭМП — электромагнитная помеха

ЦМЛ — цифровая местная линия

ЦСП — цифровая система передачи

ПВБК — переходное влияние на ближнем конце

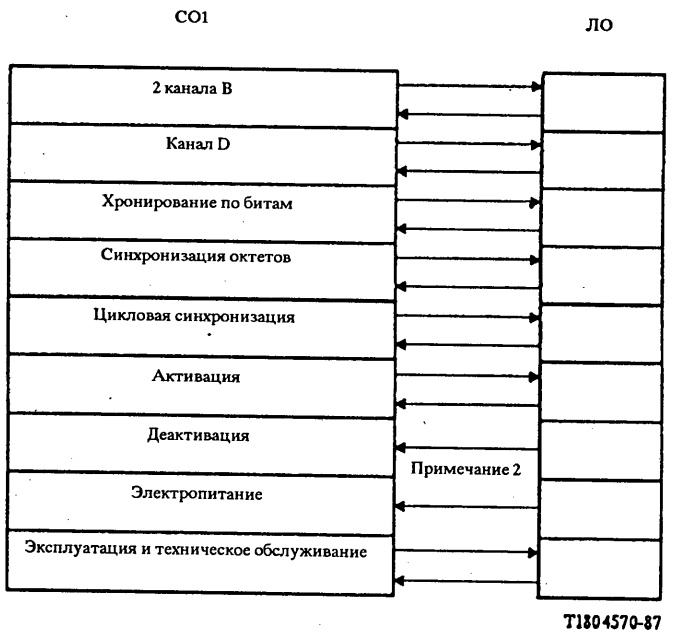
СЗМ — суммарное затухание по мощности

ВС — временное сжатие

ЕИ — единичный интервал

2 Функции

На рис. 2/G.961 представлены функции цифровой системы передачи на металлических местных линиях.



Примечание 1.— Должен быть предусмотрен необязательный вариант использования одного регенератора.

Примечание 2.— Эта функция не является обязательной.

РИСУНОК 2/G.961

Функции цифровой системы передачи

2.1 *Канал B*

Эта функция обеспечивает для каждого направления передачи два независимых канала 64 кбит/с, используемых в качестве каналов B (определенных в Рекомендации I.412).

2.2 *Канал D*

Эта функция обеспечивает для каждого направления передачи один канал D со скоростью 16 кбит/с (определенный в Рекомендации I.142).

2.3 *Хронирование по битам*

Эта функция обеспечивает хронирование по битам (по элементам сигнала), необходимое для того, чтобы приемное оборудование могло восстановить информацию из общего потока битов. Хронирование по битам для направления от СО1 к ЛО должно происходить на основе сигнала хронирования, полученного СО1 от ЛО.

2.4 *Синхронизация октетов*

Эта функция обеспечивает синхронизацию октетов с частотой 8 кГц для каналов B. Она вырабатывается на основе функции цикловой синхронизации.

2.5 *Цикловая синхронизация*

Эта функция дает возможность СО1 и ЛО восстановить каналы, уплотненные во времени.

2.6 *Активация со стороны ЛО или СО1*

Эта функция восстанавливает нормальное рабочее состояние цифровой системы передачи (ЦСП) между ЛО и СО1. Процедуры, необходимые для реализации этой функции, описаны в § 6 настоящей Рекомендации.

Активация со стороны ЛО может относиться только к ЦСП или к ЦСП плюс абонентское оборудование. В случае, если абонентское оборудование не подсоединено, ЦСП все равно может быть активирована.

Примечание.— Функции, необходимые для эксплуатации и технического обслуживания СО1 и одного регенератора (если он есть), а также для некоторых процедур активации/деактивации, объединены в одном средстве передачи вместе с каналами 2B+D. Этот канал именуется каналом CL.

2.7 *Деактивация*

Эта функция вводится, чтобы обеспечить возможность перевода СО1 и регенератора (если он есть) в режим низкого потребления мощности или уменьшить внутрисистемное переходное влияние на другие системы. Процедуры и обмен информацией описаны в § 6 настоящей Рекомендации. Деактивация может инициироваться только коммутационной станцией (СтО). См. примечание в § 2.6.

2.8 *Электропитание*

Эта необязательная функция обеспечивает дистанционное питание одного регенератора (если требуется) и СО1. Рекомендуется обеспечить ток обтекания контактов.

Примечание.— Обеспечение линейного питания стыка «пользователь-сеть» (нормального или ограниченного питания по определению Рекомендации I.430) является требованием некоторых Администраций.

2.9 *Эксплуатация и техническое обслуживание*

Эта функция обеспечивает рекомендованные действия и информацию, описанные в Рекомендации I.603.

Были определены следующие категории функций:

— команда на техническое обслуживание (например, управление замыканием шлейфа в регенераторе или СО1);
— информация технического обслуживания (например, ошибки в линии);
— индикация состояний неисправности;
— информация относительно питания в СО1.

См. примечание в § 2.6.

3 Среда передачи

3.1 *Описание*

Средой передачи, в которой должна работать цифровая система передачи, является распределительная сеть местных линий.

Распределительная сеть местных линий использует пары кабелей для обеспечения служб для абонентов.

В распределительной сети местных линий абоненты подсоединяются к местной коммутационной станции по местной линии.

Предполагается, что металлическая местная линия может обеспечить одновременную двунаправленную цифровую передачу между ЛО и СО1, необходимую для обеспечения основного доступа к ЦСИС.

Для упрощения обеспечения основного доступа к ЦСИС цифровая система передачи должна удовлетворительно работать по большинству металлических местных линий, не предъявляя к ним каких-либо специальных требований. Максимальное использование металлических местных линий достижимо при сведении требований ЦСИС к минимуму.

Ниже термин «цифровая местная линия» (ЦМЛ) используется для описания металлической местной линии, которая соответствует минимальным требованиям ЦСИС.

3.2 *Минимальные требования ЦСИС*

a) Отсутствие пупиновских катушек;
b) Отсутствие открытых проводов;
c) Когда имеются отводы, возможны некоторые ограничения. Типичные допустимые конфигурации отводов рассматриваются в § 4.2.1.

3.3 *Физические характеристики ЦМЛ*

Помимо выполнения минимальных требований ЦСИС ЦМЛ обычно состоит из одного или нескольких сращенных между собой участков из скрученных пар. В типичной распределительной сети местных линий эти участки скрученных пар находятся в различных типах кабелей, как показано на рис. 3/G.961.

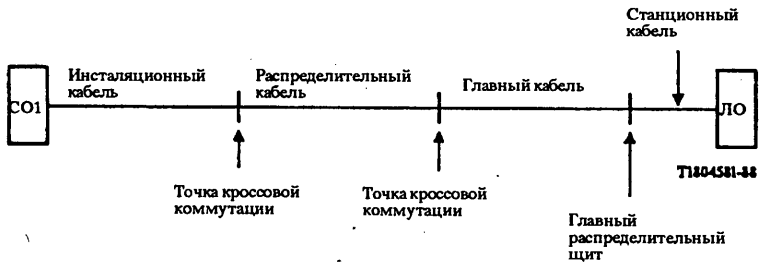


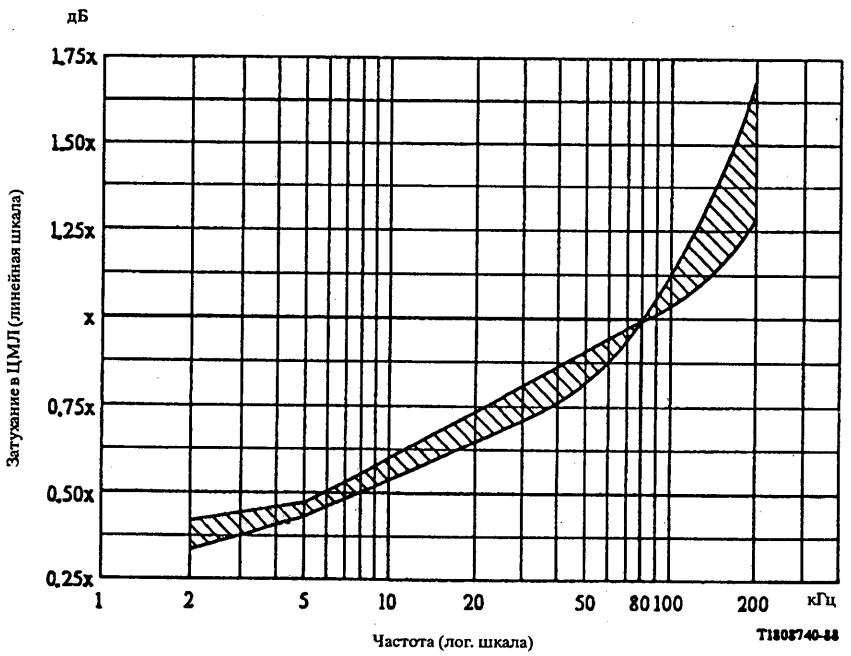
РИСУНОК 3/G.961

Физическая модель ЦМЛ

3.4 *Электрические характеристики ЦМЛ*

3.4.1 *Вносимое затухание*

ЦМЛ имеет нелинейную частотную характеристику вносимого затухания. Любая ЦМЛ с определенным сочетанием диаметров жил, без отводов и с вносимым затуханием *x* дБ при 80 кГц характеризуется типичной зависимостью вносимого затухания от частоты, представленной на рис. 4/G.961.



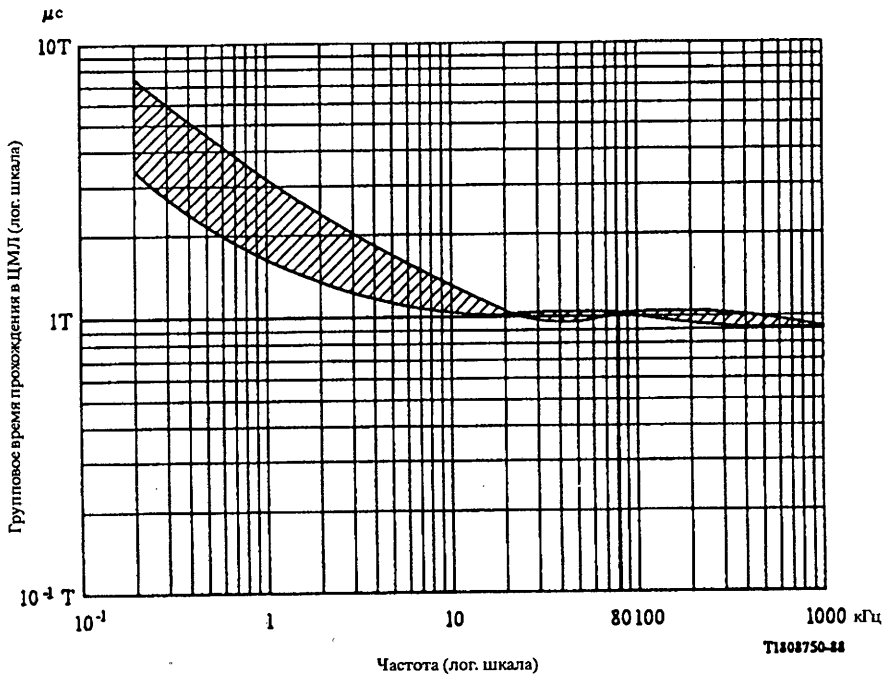
Примечание.— Максимальное значение *x* при 80 кГц находится в диапазоне от 37 до 50 дБ. Минимальное значение может быть близко к нулю.

РИСУНОК 4/G.961

Типичная характеристика вносимого затухания в отсутствие отводов

3.4.2 *Групповое время прохождения*

Типичная область значений группового времени прохождения в ЦМЛ как функция частоты показана на рис. 5/G.961.



Примечание.— Максимальное значение группового времени прохождения (T) в одном направлении находится при 80 кГц в интервале от 30 до 60 микросекунд.

РИСУНОК 5/G.961

Типичная характеристика группового времени прохождения

3.4.3 *Волновое сопротивление*

Типичные области значений действительной и мнимой составляющих волнового сопротивления скрученных пар в кабелях различного типа представлены на рис. 6/G.961.

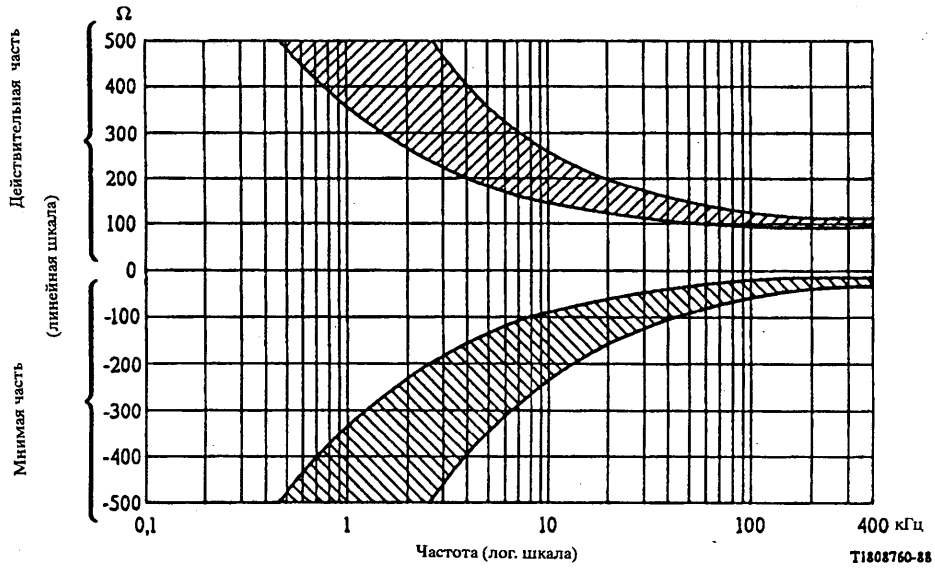


РИСУНОК 6/G.961

Типичные области значений действительной и мнимой частей волнового сопротивления

3.4.4 *Переходное влияние на ближнем конце (ПВБК)*

ЦМЛ характеризуется конечным переходным затуханием по отношению к другим парам того же кабеля. Суммарное затухание по мощности (СЗМ) для худшего случая ПВБК при 80 кГц изменяется в пределах от 44 до 57 дБ (см. § 4.2.2).

Области значений затухания ЦМЛ и СЗМ были нормированы независимо друг от друга. Однако нет необходимости в том, чтобы все точки обеих областей соблюдались одновременно. На рис. 7/G.961 дано комбинированное представление затухания ЦМЛ и СЗМ, определяющее общую область работы.

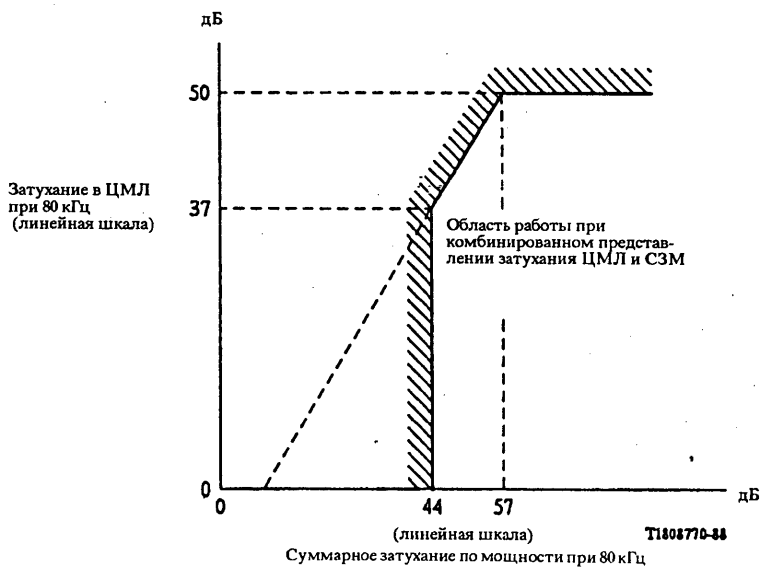


РИСУНОК 7/G.961

Область работы при комбинированном представлении затухания ЦМЛ и СЗМ

3.4.5 *Асимметрия относительно земли*

ЦМЛ имеет конечную асимметрию относительно земли. Асимметрия относительно земли оценивается по затуханию продольного перехода. Соответствующие наихудшему случаю значения представлены на рис. 8/G.961.

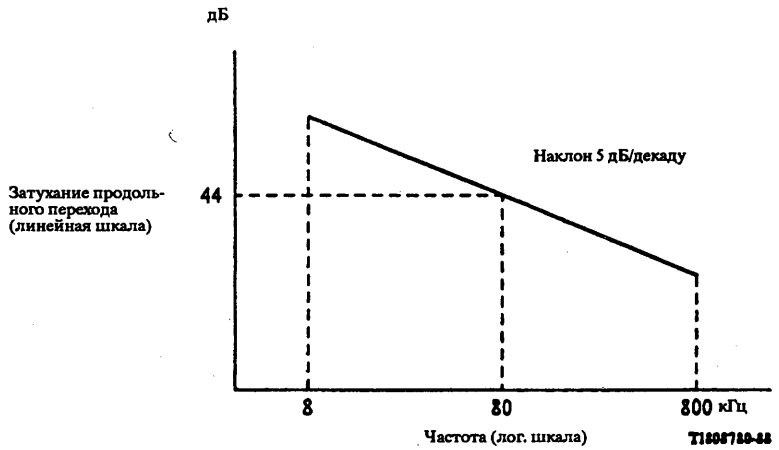


РИСУНОК 8/G.961

Зависимость затухания продольного перехода от частоты (для наихудшего случая)

3.4.6 *Импульсные помехи*

На ЦМЛ со стороны других систем, работающих по тому же кабелю, равно как и со стороны других источников, наводятся импульсные помехи.

4 Характеристики работы системы

4.1 *Требования к качеству работы*

Эксплуатационные предельные нормы для цифрового участка определены в § 4 Рекомендации G.960. Характеристики работы цифровой системы передачи должны быть таковы, чтобы эти эксплуатационные предельные нормы соблюдались. Для достижения этой цели цифровая система передачи должна проходить специальные лабораторные испытания характеристик работы, которые определены в последующих разделах.

4.2 *Измерения характеристик работы*

Лабораторные измерения характеристик работы конкретной цифровой системы передачи требуют следующей подготовки:

a) определение некоторого числа моделей ЦМЛ, которые представляли бы физические и электрические характеристики, встречающиеся в распределительных сетях местных линий;

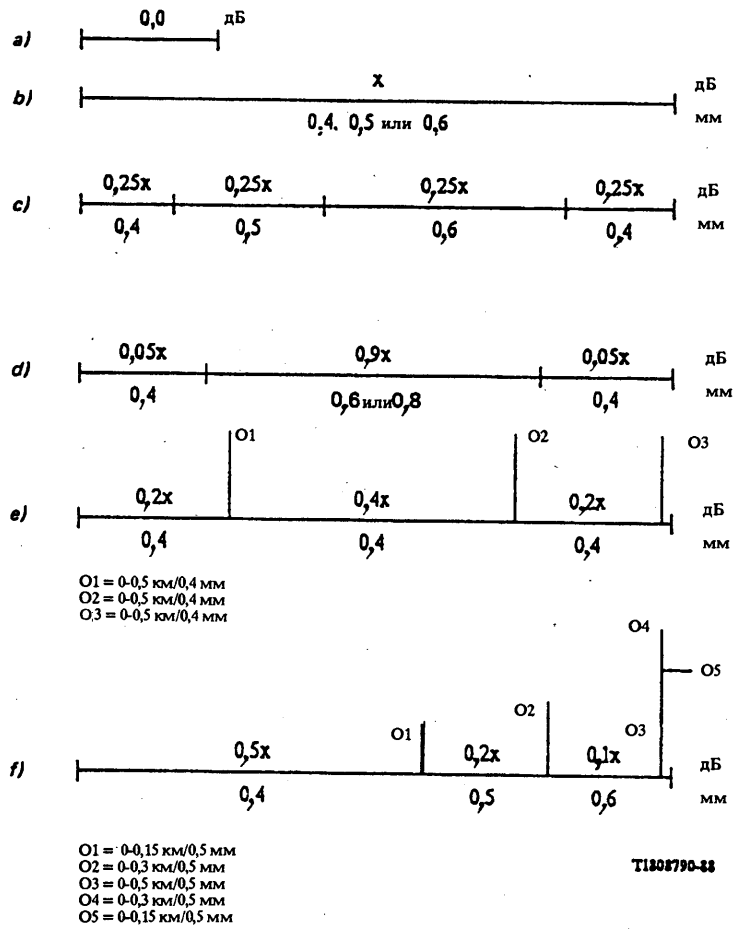
b) моделирование условий электрического окружения, вызванных конечной величиной переходного затухания по отношению к другим парам того же кабеля;

c) моделирование условий электрического окружения, вызванных импульсными помехами;

d) выработка требований к лабораторным испытаниям характеристик работы на их соответствие эксплуатационным предельным нормам, упомянутым в § 4.1.

4.2.1 *Физические модели ЦМЛ*

Для лабораторных испытаний характеристик работы цифровых систем передачи, обеспечивающих основной доступ к ЦСИС, требуются некоторые модели, представляющие различные ЦМЛ, которые могут встречаться в конкретной местной сети распределительных линий. Максимальное затухание для каждой модели выбирается в диапазоне от 37 до 50 дБ при 80 кГц таким образом, чтобы удовлетворить требования конкретной сети. Аналогичным образом длина отводов (O) выбирается в диапазоне, определенном на рис. 9/G.961.



Примечание 1.— Значение *x* изменяется в пределах от 37 до 50 дБ при 80 кГц.

Примечание 2.— Могут использоваться эквивалентные калибры. Например, 0,6 мм эквивалентно AWG 22. AWG обозначает американский калибр для проводов.

РИСУНОК 9/G.961

Физические модели ЦМЛ для лабораторных испытаний

4.2.2 *Моделирование внутрисистемного переходного влияния*

4.2.2.1 *Определение внутрисистемного переходного влияния*

Помехи от переходного влияния вызваны в общем случае конечной величиной затухания между парами одного и того же кабеля, особенно между физически смежными парами. Конечная величина затухания между парами приводит к тому, что доля сигнала, передаваемого по одной ЦМЛ (мешающая ЦМЛ), ответвляется в смежную ЦМЛ (ЦМЛ, испытывающая воздействие помехи). Эта доля называется помехой от переходного влияния. Считается, что переходное влияние на ближнем конце (ПВБК) является преобладающим видом переходного влияния. Внутрисистемное ПВБК или собственно ПВБК возникает, когда все мешающие друг другу пары кабеля используются для одной и той же цифровой системы передачи. Межсистемное ПВБК возникает, когда друг другу мешают пары, используемые для различных цифровых систем передачи. Определение межсистемного ПВБК не входит в задачу настоящей Рекомендации.

Помехи от внутрисистемного ПВБК, попавшие в ЦМЛ, испытывающую воздействие помех, из нескольких мешающих ЦМЛ, рассматриваются как помехи от одной эквивалентной мешающей ЦМЛ с частотной характеристикой переходного затухания, известной как СЗМ. Худший случай СЗМ, встречающийся в распределительной сети местных линий, определен на рис. 10/G.961. Предполагается, что все ЦМЛ нагружены на фиксированные сопротивления *Ro* Ом. Область возможных значений *Ro* — от 110 до 150 Ом.

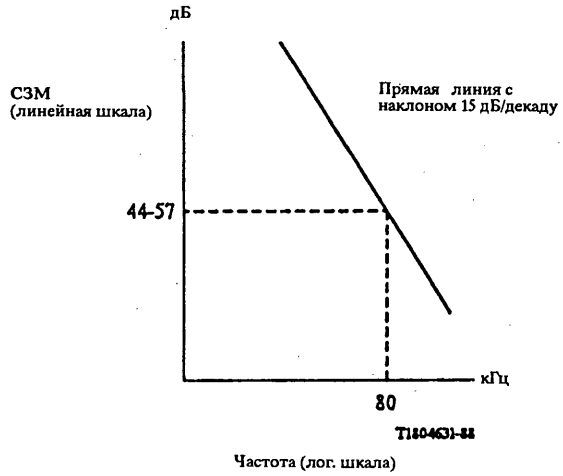


РИСУНОК 10/G.961

Худший случай суммарного затухания по мощности (СЗМ)

4.2.2.2 *Схема измерений*

Для испытаний характеристик работы цифровых систем передачи необходимо имитировать помехи от внутрисистемного ПВБК. Внутрисистемная помеха, попадающая в приемник ЦМЛ, испытывающей воздействие помехи, зависит от:

a) Энергетического спектра передаваемого цифрового сигнала. Энергетический спектр зависит от линейного кода и фильтра передачи.

b) Формирования спектра в соответствии с характеристикой СЗМ, представленной на рис. 10/G.961.

При испытании характеристик работы при помехах от внутрисистемного переходного влияния может быть использована схема измерений, представленная на рис. 11/G.961.

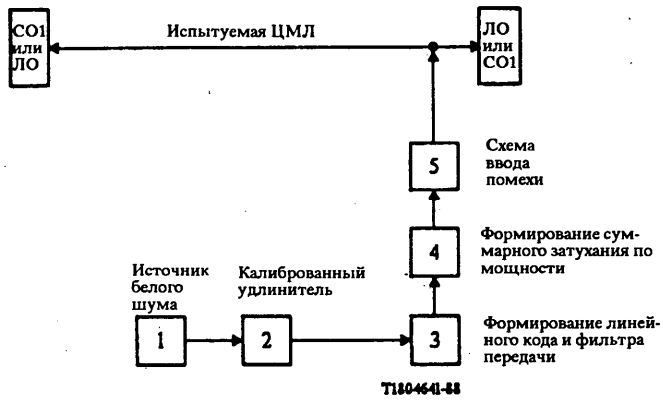


РИСУНОК 11/G.961

Имитирование и измерение помех от переходного влияния

Схема измерений, представленная на рис. 11/G.961, состоит из следующих элементов, описание которых приводится ниже:

a) Элемент 1 представляет собой источник белого шума с равномерной спектральной плотностью. От 100 Гц до 500 кГц спектральная характеристика плоская, затем идет спад с крутизной $\geqslant$ 20 дБ/декаду.

b) Элемент 2 представляет собой переменный удлинитель.

c) Элемент 3 представляет собой фильтр, который формирует энергетический спектр применительно к конкретному линейному коду и конкретному фильтру передачи.

d) Элемент 4 представляет собой фильтр, который формирует энергетический спектр в соответствии с характеристикой СЗМ, представленной на рис. 10/G.961.

e) Элемент 5 представляет собой схему ввода помехи, которая вводит имитированную помеху от переходного влияния в ЦМЛ, не нарушая при этом работы ЦМЛ. Поэтому схема ввода помехи должна иметь достаточно высокое выходное сопротивление по сравнению с величиной волнового сопротивления испытуемой ЦМЛ. Рекомендовано значение $\geqslant$ 4,0 кΩ в частотном диапазоне от 0 до 1000 кГц.

Элементы 3, 4 и 5 на рис. 11/G.961 отражают идею измерения. В зависимости от конкретной реализации не исключена возможность их объединения в одной схеме. Схема измерения, представленная на рис. 11/G.961, градуируется в следующем порядке:

a) Нагружая выход схемы 5 сопротивлением со значением $Ro/2$ Ом, измеряют истинное среднеквадратичное напряжение на нем в полосе частот от 100 Гц до более чем 500 кГц. Мощность, рассеиваемая в сопротивлении $Ro/2$, на 3 дБ выше, чем мощность, поступающая к приемнику испытуемой ЦМЛ.

b) Спектральная характеристика шума, измеренного на сопротивлении $Ro/2$, должна укладываться в допуска:

— $\pm$ 1 дБ для значений в пределах от 0 до 10 дБ ниже теоретического пика;

— $\pm$ 3 дБ для значений в пределах от 10 до 20 дБ ниже теоретического пика;

для измерений рекомендуется иметь разрешающую способность $\leqslant$ 10 кГц.

c) Пик-фактор напряжения шума на сопротивлении $Ro/2$ должен быть $\geqslant$ 4. Это в свою очередь определяет требования к динамическому диапазону схем, используемых при измерениях.

Имея нормированную отградуированную схему измерения, можно при испытании ЦМЛ ввести в нее внутрисистемную помеху от переходного влияния для худшего случая СЗМ. Уровень помехи может быть увеличен или уменьшен, чтобы определить положительный или отрицательный запас по характеристикам.

4.2.3 *Моделирование импульсных помех*

4.2.3.1 *Определение импульсных помех*

Энергия импульсных помех сосредоточена в коротких случайно распределенных во времени интервалах, в течение которых она достигает значительных уровней. В течение всего остального времени импульсные помехи пренебрежимо малы.

4.2.3.2 *Схема измерения*

На рис. 12/G.961 показана возможная схема измерения импульсных помех.

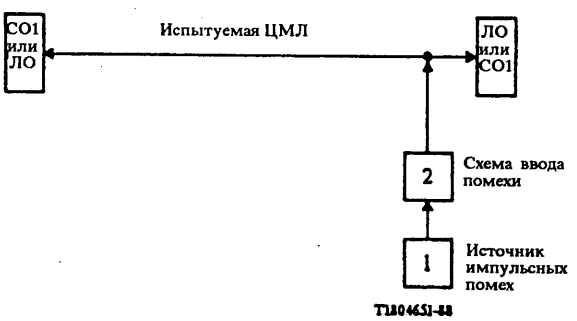


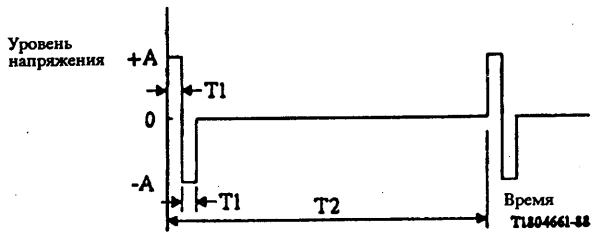
РИСУНОК 12/G.961

Имитирование и измерение импульсных помех

Вопрос построения источника импульсных помех, показанного на рис. 12/G.961, требует дальнейшего изучения. Ниже описываются два возможных класса сигналов импульсной помехи:

— белый шум с равномерной спектральной плотностью, равной 5—10 μВ/√Гц, и полосой, более чем в 4 раза превышающей частоту Найквиста рассматриваемой системы. Пик-фактор помехи должен быть > 4;

— помеха определенной формы, представленная на рис. 13/G.961.



A — пиковый уровень, временно установленный равным 100 мВ
T1 — ширина импульса, временно установленная равной 3 бодам
T2 — период ≥ T1

Примечание.— В некоторых распределительных сетях местных линий при необязательном выборе, ограниченном национальными рамками, измерение характеристик помех от переходного влияния считается достаточным для оценки рассматриваемой цифровой системы передачи. В таких случаях для защиты от импульсных помех предусматриваются соответствующие правила проектирования ЦМЛ.

РИСУНОК 13/G.961

Возможная форма сигнала, имитирующего импульсную помеху

4.2.4 *Испытания характеристик работы*

Необходимо провести пять видов испытаний, чтобы описать общие характеристики работы рассматриваемой цифровой системы передачи и определить ее пригодность для использования на распределительной сети местных линий, определенной в настоящей Рекомендации.

4.2.4.1 *Динамический диапазон*

Характеристики динамического диапазона определяют способность рассматриваемой цифровой системы передачи работать при изменении уровня принимаемого сигнала в широких пределах. Модели 1 и 2 ЦМЛ, представленные на рис. 9/G.961, имеют затухание, изменяющееся от очень низких (0 дБ) до очень высоких (37-50 дБ при 80 кГц) значений.

При испытаниях, проводимых с моделями 1 и 2 ЦМЛ (рис. 9/G.961), при контроле любого канала В в течение любого измерительного интервала продолжительностью 15 минут (временная норма) не должны наблюдаться ошибки.

Для определения вида последовательностей данных, которые должны использоваться при этих измерениях, требуются дальнейшие исследования.

4.2.4.2 *Защищенность от воздействия эхосигналов*

Остальные модели ЦМЛ, представленные на рис. 9/G.961, используются для испытания характеристик работы цифровых систем передачи при наличии отводов и/или изменений диаметра.

Для каждой модели при контроле любого канала В в течение любого измерительного интервала продолжительностью 15 минут (временная норма) не должны наблюдаться ошибки.

Для определения вида последовательностей данных, которые должны использоваться при этих измерениях, требуются дальнейшие исследования.

4.2.4.3 *Внутрисистемное переходное влияние*

При использовании схемы измерения переходного влияния, описанной в § 4.2.2.2, с вводом имитированной помехи от переходного влияния в каждую из моделей ЦМЛ, представленных на рис. 9/G.961, коэффициент ошибок по битам должен быть $\leqslant 10^{-6}$ (временная норма).

При проведении измерений коэффициента ошибок в канале B период измерений должен составлять по крайней мере 15 минут (временная норма).

Для каждой модели ЦМЛ определяют запас по характеристикам. Определение минимального положительного запаса по характеристикам должно стать предметом дальнейшего изучения. Это необходимо, чтобы учесть дополнительные потери в ЦМЛ, вызванные сростками и влиянием условий окружающей среды (например, изменением температуры).

Для определения вида последовательностей данных, которые должны использоваться при этих измерениях, требуются дальнейшие исследования.

4.2.4.4 *Импульсные помехи*

Вопрос требует дальнейшего изучения.

4.2.4.5 *Продольные напряжения, наводимые линиями электропередач*

Вопрос требует дальнейшего изучения.

5 Метод передачи

Система передачи предусматривает дуплексную передачу по 2-проводным металлическим местным линиям. Для обеспечения дуплексной передачи следует применять ЭХОКОМПЕНСАЦИЮ (ЭК) или ВРЕМЕННОЕ СЖАТИЕ (ВС). При использовании метода эхокомпенсации (рис. 14/G.961) эхокомпенсатор вырабатывает копию эхосигнала, вызываемого передаваемым сигналом, которая вычитается из совокупного принимаемого сигнала. Эхосигнал возникает из-за неточности балансировки дифсистемы и резких изменений сопротивления в линии.

При использовании метода ВС или «пакетного режима», представленного на рис. 15/G.961, передача сигналов по ЦМЛ осуществляется с разбивкой во времени (пакетами). Блоки битов (пакеты) посылаются попеременно в каждом направлении. В каждом оконечном приемопередатчике пакеты обрабатываются в буферных накопителях таким образом, чтобы поток битов на входе и выходе оконечного приемопередатчика аппаратуры ВС был непрерывным и имел скорость R. Скорость в линии должна превышать 2R, чтобы обеспечить свободный интервал между пакетами, необходимый для того, чтобы учесть время распространения сигналов и время переключения «передача/прием» (переключение Sn и Se на рис. 15/G.961).

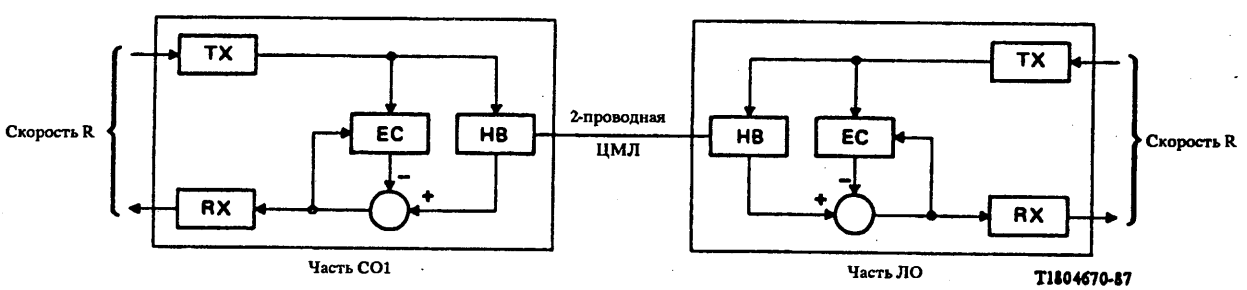
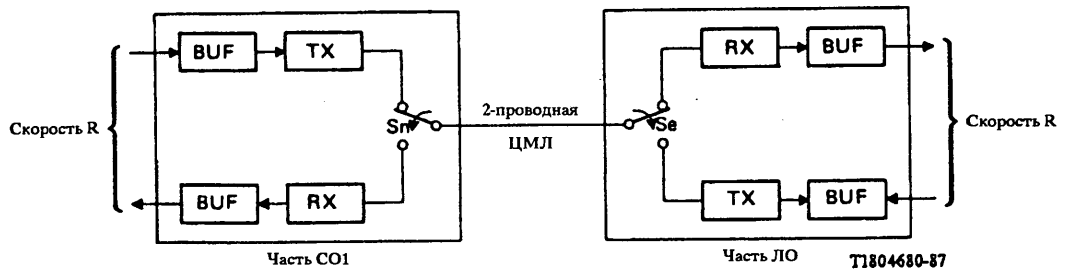


РИСУНОК 14/G.961

Функциональная схема метода эхокомпенсации



TX Передатчик
RX Приемник
EC Эхокомпенсатор
HB Дифсистема
BUF Буферный накопитель

РИСУНОК 15/G.961

Функциональная схема метода ВС

6 Активация/деактивация

6.1 *Общие положения*

Функциональные возможности процедуры активации/деактивации определены в Рекомендации G.960. Система передачи должна удовлетворять требованиям, определенным в Рекомендации G.960. В частности она должна обеспечить передачу сигналов, определенных в Рекомендации G.960, которые необходимы для осуществления процедур.

6.2 *Физическое представление сигналов*

Сигналы, используемые в цифровой системе передачи, выбираются в зависимости от системы. Они приведены в Приложении А и других приложениях к настоящей Рекомендации.

7 Эксплуатация и техническое обслуживание

7.1 *Функции эксплуатации и технического обслуживания*

Функции эксплуатации и технического обслуживания цифровой системы передачи, использующей для основного доступа к ЦСИС металлические местные линии, определены в Рекомендации G.960.

7.2 *Канал CL*

7.2.1 *Определение канала CL*

Этот канал организуется цифровой системой передачи в обоих направлениях передачи между ЛО и СО1. Он используется для передачи информации, относящейся к эксплуатации, техническому обслуживанию и активации/деактивации цифровой системы передачи и цифрового участка.

7.2.2 *Требования к каналу CL*

Вопрос требует дальнейшего изучения.

Минимальное число функций (необязательных или обязательных), которые должен обеспечивать канал CL, является предметом дальнейшего изучения.

7.3 *Режим передачи по трактам эксплуатации и технического обслуживания*

Вопрос требует дальнейшего изучения.

8 Электропитание

8.1 *Общие положения*

В этом разделе рассматриваются вопросы электропитания СО1, одного регенератора (если он требуется), а также обеспечения электроэнергией стыка «пользователь-сеть» в соответствии с Рекомендацией I.430 при нормальных условиях и условиях с ограничениями.

При использовании процедур активации/деактивации вводятся определения для режимов сниженного питания на СО1, на регенераторе (если он требуется) и на ЛО.

8.2 *Варианты электропитания*

Рассматриваются варианты электропитания при нормальных условиях и условиях с ограничениями. С этой целью условия ограничения питания вводятся при отказе энергоснабжения от сети переменного тока в месте расположения СО1.

a) Питание СО1 при нормальных условиях осуществляется с использованием одного из следующих вариантов:

— питание от сети переменного тока;

— дистанционное питание от сети (или через регенератор, если он требуется).

В обоих случаях СО1 может обеспечивать питанием стык «пользователь-сеть» в соответствии с Рекомендацией I.430. Энергия питания поступает от сети переменного тока или дистанционно от сети.

b) Питание СО1 при условиях с ограничениями, если оно предусмотрено, производится с использованием одного из следующих возможных источников:

— резервная батарея;

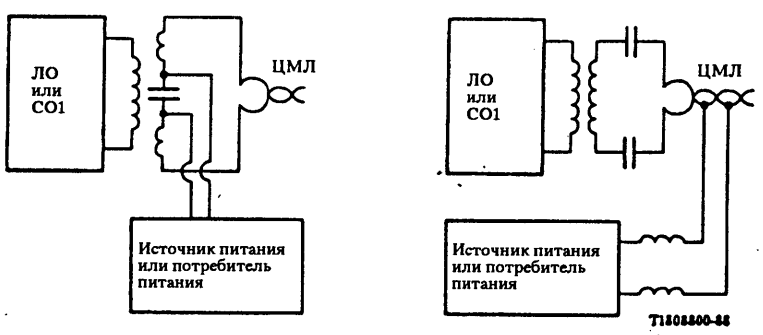
— дистанционное питание от сети (или через регенератор, если он требуется).

В обоих случаях СО1 может обеспечить питанием стык «пользователь-сеть» в соответствии с Рекомендацией I.430.

Варианты питания выбираются таким образом, чтобы выполнялись принятые на национальном уровне правила.

8.3 *Способы подачи и приема питания*

Возможны два способа подачи и приема питания. Они представлены на рис. 16/G.961.



a) Последовательные подача и прием питания

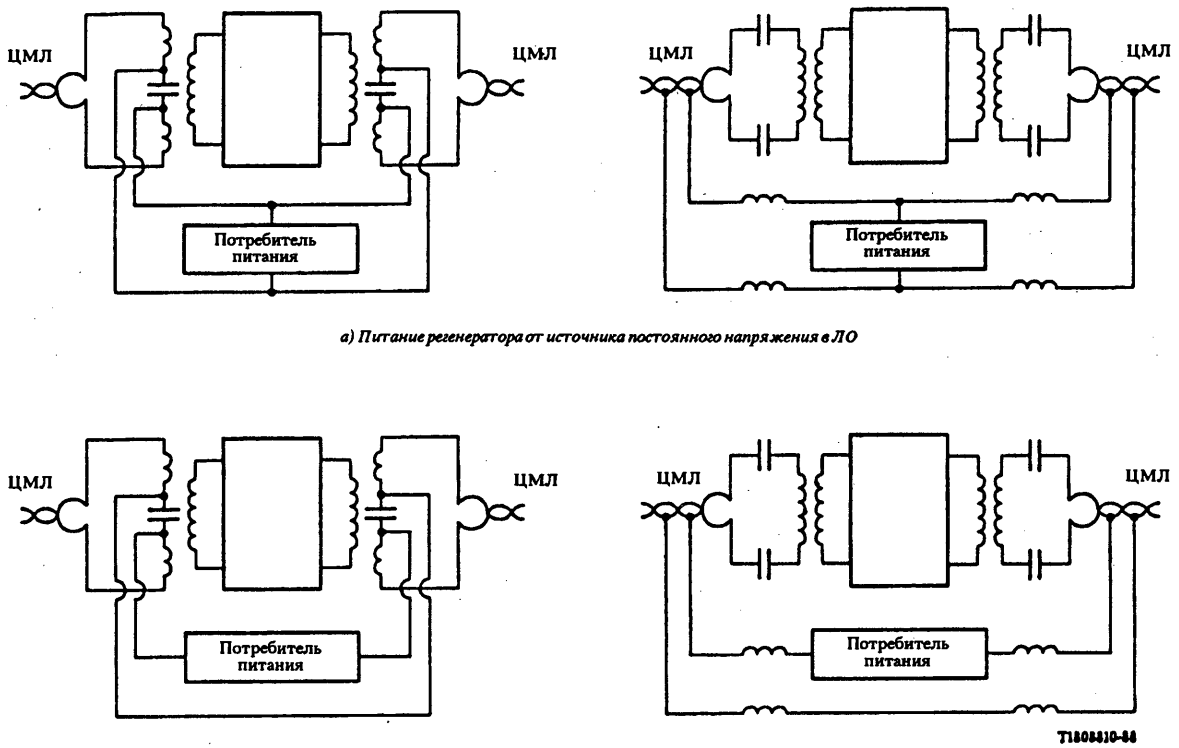
b) Параллельные подача и прием питания

РИСУНОК 16/G.961

Способы подачи и приема питания

Если на ЦМЛ, соединяющей ЛО и СО1, нет регенератора, то в каждом из представленных на рис. 16/G.961 случаев источником питания может быть либо источник постоянного напряжения с ограничением тока, либо источник постоянного тока с ограничением напряжения.

При наличии регенератора также применимы оба представленных на рис. 16/G.961 способа подачи и приема питания. Однако, когда в ЛО используется источник постоянного напряжения, прием питания на регенераторе осуществляется путем параллельного подключения к линиям ЦМЛ, а когда в ЛО используется источник постоянного тока, прием питания на регенераторе осуществляется путем последовательного подключения к линиям ЦМЛ. Соответствующие варианты представлены на рис. 17/G.961.



a) Питание регенератора от источника постоянного напряжения в ЛО

b) Питание регенератора от источника постоянного тока в ЛО

РИСУНОК 17/G.961

Питание регенератора

8.4 *Сопротивление ЦМЛ*

Этот параметр является индивидуальным параметром конкретной местной сети и поэтому не рассматривается в настоящей Рекомендации. Его максимальное значение зависит от выходного напряжения ЛО, потребления мощности в СО1 и в регенераторе (если он требуется) и способа подачи питания на стыке «пользователь-сеть».

8.5 *Ток обтекания контактов*

В СО1 должна быть предусмотрена нагрузка по постоянному току с тем, чтобы обеспечить наличие минимального тока обтекания контактов (его значение подлежит определению), включая режим сниженного питания или в случае местного питания СО1.

8.6 *Вопросы, относящиеся к ЛО*

В случае использования источника напряжения необходимо ограничение тока, а в случае использования источника тока — ограничение напряжения. Соответствующие значения должны выбираться с учетом соответствующих Публикаций МЭК и принятых на национальном уровне правил безопасности.

Кратковременная перегрузка по току питания считается допустимой (условие заряда конденсатора преобразователя постоянного тока в СО1).

8.7 *Требования к электропитанию СО1 и регенератора*

8.7.1 *Требования к электропитанию СО1*

a) активное состояние без подачи питания на стык «пользователь-сеть»: подлежит определению;

b) активное состояние, включая ограниченное питание стыка «пользователь-сеть», определенное в Рекомендации I.430: подлежит определению;

c) активное состояние, включая нормальное питание стыка «пользователь-сеть», определенное в Рекомендации I.430: подлежит определению;

d) режим сниженного питания: подлежит определению.

8.7.2 *Требования к электропитанию регенератора*

Вопрос подлежит дальнейшему изучению.

8.8 *Ограничения, касающиеся тока неустановившегося режима*

Скорость изменения тока, поступающего из сети на СО1 или регенератор, не должна превышать X мА/μс. Значение X подлежит определению.

9 Условия окружающей среды

9.1 *Климатические условия*

Климатограммы, относящиеся к работе оборудования СО1 и ЛО в защищенных и незащищенных от погодных воздействий местах, можно найти в Публикации МЭК 721-3. Выбор классов осуществляется национальной Администрацией.

9.2 *Защита*

9.2.1 *Изоляция*

Следует нормировать изоляцию между различными точками СО1:

— между линейным стыком и эталонной точкой Т;

— между линейным стыком или эталонной точкой Т и сетью переменного тока (в общем виде это определяется в Руководстве 105 МЭК и Публикации 950 МЭК, но требования, относящиеся к испытаниям, в разных странах могут отличаться друг от друга);

— между линейным стыком и защитным заземлением сети переменного тока.

9.2.2 *Защита от перенапряжения*

Для ЛО — в соответствии с Рекомендациями K.12, K.20.

Для СО1 — в соответствии с Рекомендациями K.12, K.21.

9.3 *Электромагнитная совместимость*

9.3.1 *Чувствительность, уровни помех, вызванных излучением и проводимостью, оборудования ЛО или СО1*

Эти вопросы находятся вне рамок настоящей Рекомендации. Следует обращаться к Публикации 22 МСКРП и принятым на национальном уровне правилам.

9.3.2 *Ограничение выходной мощности, поступающей в линию*

Из-за ограниченного затухания продольного перехода линии на высоких частотах и ограничения излучения в соответствии с Публикацией 22 МСКРП и национальными правилами выходная мощность должна быть ограничена. Конкретные значения выходят за рамки настоящей Рекомендации.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации G.961)

Общая структура приложения, касающегося электрических характеристик

А.О *Электрические характеристики*

Краткая общая характеристика цифровой системы передачи.

Примечание.— Содержание настоящего Приложения является руководством по составлению описания цифровых систем передачи и не призвано вводить ограничения для какой-либо из этих систем.

А.1 *Линейный код*

Для обоих направлений передачи применяется линейный код... Алгоритм кодирования...

А.2 *Скорость следования символов*

Скорость следования символов определяется линейным кодом, скоростью информационного потока и структурой цикла. Скорость следования символов равна... кбод.

А.2.1 *Требования по хронированию*

А.2.1.1 *Точность автономного задающего генератора СО1*

Допустимая неточность частоты автономного задающего генератора СО1 не должна превышать $\pm \ldots \cdot 10^{-6}$.

А.2.1.2 *Допустимая для ЛО неточность тактовой частоты*

СО1 и ЛО должны допускать работу при неточности тактовой частоты, поступающей от СтО, $\pm \ldots \cdot 10^{-6}$.

А.3 *Структура цикла*

Цикл содержит цикловую синхрогруппу, N раз по (2В + D) и канал CL.

Цикловая синхрогруппа	N раз по (2В + D)	Канал CL

А.3.1 *Длина цикла*

Число N интервалов (2В + D) в одном цикле составляет...

А.3.2 *Распределение битов в направлении ЛО — СО1*

Распределение битов представлено на рис. А-1/G.961.

ПОДГОТОВИТЬ ДЛЯ КАЖДОГО КОНКРЕТНОГО СЛУЧАЯ

РИСУНОК А-1/G.961

Распределение битов в направлении ЛО—СО1

A.3.3 *Распределение битов в направлении СО1 — ЛО*

Распределение битов представлено на рис. A-2/G.961.

ПОДГОТОВИТЬ ДЛЯ КАЖДОГО КОНКРЕТНОГО СЛУЧАЯ

РИСУНОК A-2/G.961

Распределение битов в направлении СО1—ЛО

A.4 *Цикловая синхрогруппа*

Цикловая синхрогруппа используется, чтобы распределить биты каналов 2B + D + CL. Однако она может быть также использована и для других функций.

A.4.1 *Цикловая синхрогруппа в направлении ЛО — СО1*

Код цикловой синхрогруппы имеет вид...

A.4.2 *Цикловая синхрогруппа в направлении СО1 — ЛО*

Код цикловой синхрогруппы имеет вид...

A.5 *Процедура цикловой синхронизации*

A.6 *Сверхцикл*

Для распределения битов канала CL в нескольких следующих друг за другом циклах может быть использована сверхцикловая структура. Начало сверхцикла определяется цикловой синхрогруппой. Общее число циклов в сверхцикле составляет...

A.6.1 *Сверхцикловая синхрогруппа в направлении СО1 — ЛО*

Сверхцикл опознается по...

A.6.2 *Сверхцикловая синхрогруппа в направлении ЛО — СО1*

Сверхцикл опознается по...

A.7 *Сдвиг между циклами ЛО — СО1 и СО1 — ЛО*

СО1 синхронизирует свой цикл с циклом, принятым с направления от ЛО к СО1, и передает свой цикл со сдвигом.

A.8 *Канал CL*

A.8.1 *Скорость*

A.8.2 *Структура*

A.8.3 *Протоколы и процедуры*

A.9 *Скремблирование*

Скремблирование применяется к каналам 2B + D; алгоритм скремблирования должен быть следующим:

— В направлении от ЛО к СО1

— В направлении от СО1 к ЛО.

A.10 *Активация/деактивация*

Описание процедуры активации/деактивации системы, включая варианты, которые обеспечиваются, и варианты, которые не обеспечиваются.

См. также Рекомендацию G.960, § 5.

A.10.1 *Сигналы, используемые для активации*

Перечень и определения используемых для активации/деактивации сигналов (СИГ).

— сигналы, используемые для пуска (CL недоступен);

— биты в канале CL при уже установившемся цикле.

A.10.2 *Определение внутренних таймеров*

A.10.3 *Описание процедуры активации* (использующее стрелочную последовательность для случая отсутствия ошибок)

— активация со стороны сети;

— активация со стороны пользователя.

A.10.4 *Таблица перехода состояний СО1 в зависимости от ИНФО, СИГ, внутренних таймеров*

Описание шлейфов и обеспечиваемых вариантов дается в таком виде, что легко определить минимальный вариант реализации.

A.10.5 *Таблица перехода состояний ЛО в зависимости от ФЭ, СИГ, внутренних таймеров*

Описание шлейфов и обеспечиваемых вариантов дается в таком виде, что легко определить минимальный вариант реализации.

A.10.6 *Время активации*

См. Рекомендацию G.960, §§ 5.5.1 и 5.5.2.

A.11 *Фазовое дрожание*

Допуски на фазовое дрожание вводятся для того, чтобы предельные нормы Рекомендации I.430 обеспечивались бы предельными нормами фазового дрожания в системе передачи на местных линиях. Предельные значения фазового дрожания, приведенные ниже, должны соблюдаться независимо от длины местной линии и от наличия одного регенератора при условии соблюдения характеристик среды передачи (см. §3). Предельные нормы должны соблюдаться независимо от структуры последовательности битов в каналах B, D и CL.

A.11.1 *Допуск на фазовое дрожание сигнала на входе СО1*

Эксплуатационные нормы СО1 должны соблюдаться при дрейфе/дрожании фазы с максимальными амплитудами (J_1, J_2), указанными на рис. A-3/G.961, для фазового дрожания с одиночными частотами в диапазоне от F_1 Гц до F_3 кГц ($F_3 = 1/4\ F_6$, F_6 = частота следования символов), наложенного на испытательный сигнал. Эксплуатационные нормы СО1 должны также соблюдаться при дрейфе фазы ... ЕИ (полный размах) за сутки при максимальной скорости изменения фазы ... ЕИ/час.

A.11.2 *Предельные значения фазового дрожания на выходе СО1*

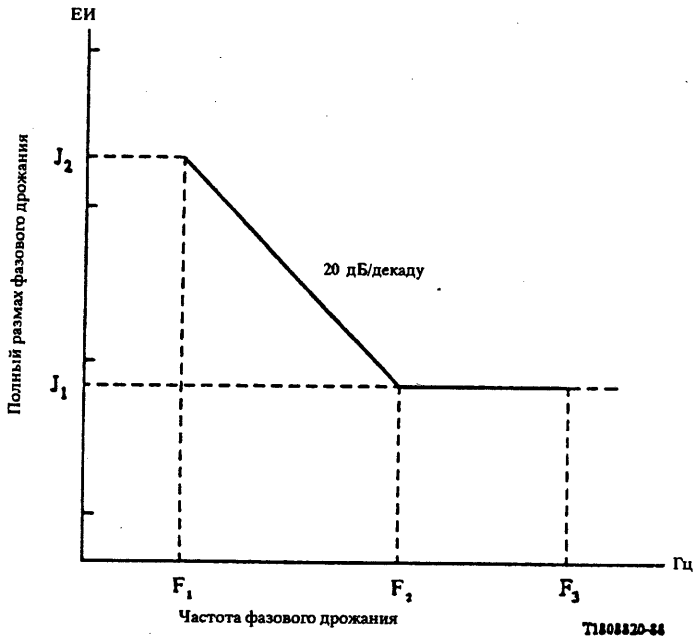
При определенном в § A.11.1 дрейфе/дрожании фазы, наложенном на входной сигнал СО1, фазовое дрожание сигнала, передаваемого от СО1 в направлении сети, должно соответствовать следующим требованиям:

a) Фазовое дрожание не должно превышать ... ЕИ (полный размах) и не должно достигать ... ЕИ (среднеквадратичное значение) при измерении с использованием фильтра верхних частот со спадом 20 дБ/декаду на частотах ниже $M \cdot F_2$ Гц ($M \geqslant 1$).

b) Фазовое дрожание сигнала на выходе относительно фазового дрожания сигнала на входе (сигнала от сети) не должно превышать ... ЕИ (полный размах) или ... ЕИ (среднеквадратичное значение) при измерении с использованием полосового фильтра со спадом 20 дБ/декаду на частотах выше $N \cdot F_2$ Гц ($N \geqslant 2$) и ниже $K \cdot F_k$ ($F_k \ll 1$).
Это требование предполагает, что на входной сигнал в соответствии с § A.11.1 наложено фазовое дрожание с одиночными частотами до F_2 Гц.

А.11.3 *Условия измерения фазового дрожания*

Из-за двунаправленной передачи по 2-проводной линии и из-за сильных межсимвольных помех в 2-проводной точке СО1 отсутствуют ярко выраженные перепады сигналов.



Примечание.— Предлагаются два решения:

a) В СО1 предусматривается измерительная точка для измерения фазового дрожания на сигнале, не пораженном помехами.

b) Стандартный приемопередатчик ЛО, включающий искусственную местную линию, определен в качестве измерительного прибора.

РИСУНОК А-3/G.961

Минимальный допуск на фазовое дрожание входного сигнала СО1

А.12 *Выходные характеристики передатчиков СО1 и ЛО*

Нижеследующие нормы предполагают, что сопротивление нагрузки равно ...

А.12.1 *Амплитуда импульса*

Номинальное пиковое значение самого большого импульса должно быть равно... В при допуске ± ... %.

А.12.2 Форма импульса

Форма импульса должна соответствовать шаблону на рис. ...

А.12.3 *Мощность сигнала*

Средняя мощность сигнала должна находиться между ... дБм и ... дБм.

А.12.4 *Спектр мощности*

Верхняя граница спектральной плотности мощности не должна выходить за границы шаблона на рис. ...

А.12.5 *Нелинейность сигнала передатчика*

Это мера отклонения от идеальных величин импульсов и нелинейности отдельных импульсов...

Метод измерения подлежит дальнейшему изучению.

A.13 *Окончание передатчика/приемника*

A.13.1 *Сопротивление*

Номинальное входное/выходное сопротивление соответственно в направлении СО1 или ЛО должно составлять ...

A.13.2 *Затухание отражения*

Затухание отражения должно быть больше, чем показано на шаблоне на рис. ...

A.13.3 *Затухание продольного перехода*

Минимальное затухание продольного перехода должно составлять:

.... кГц .... дБ

.... кГц .... дБ

ПРИЛОЖЕНИЕ I

(к Рекомендации G.961)

Электрические характеристики системы передачи MMS 43

I.1 *Линейный код*

Линейным кодом для каждого направления передачи является модифицированный код с контрольной структурой, преобразующий каждые 4 бита в 3 троичных символа с уровнями +, 0 или — (MMS 43). Алгоритм кодирования подробно иллюстрируется на рис. I-1/G.961. Следует иметь в виду, что номера в колонках для каждого из четырех алфавитов S1 ... S4 являются номерами алфавитов, которые подлежат использованию при кодировании следующего блока из 4 битов. Порядок обозначения битов и символов (слева направо) определяет последовательность их передачи или приема во времени.

	S1	S2	S3	S4
0001	0 – + 1	0 – + 2	0 – + 3	0 – + 4
0111	– 0 + 1	– 0 + 2	– 0 + 3	– 0 + 4
0100	– + 0 1	– + 0 2	– + 0 3	– + 0 4
0010	+ – 0 1	+ – 0 2	+ – 0 3	+ – 0 4
1011	+ 0 – 1	+ 0 – 2	+ 0 – 3	+ 0 – 4
1110	0 + – 1	0 + – 2	0 + – 3	0 + – 4
1001	+ – + 2	+ – + 3	+ – + 4	– – – 1
0011	0 0 + 2	0 0 + 3	0 0 + 4	– – 0 2
1101	0 + 0 2	0 + 0 3	0 + 0 4	– 0 – 2
1000	+ 0 0 2	+ 0 0 3	+ 0 0 4	0 – – 2
0110	– + + 2	– + + 3	– + + 2	– – + 3
1010	+ + – 2	+ + – 3	+ – – 2	+ – – 3
1111	+ + 0 3	0 0 – 1	0 0 – 2	0 0 – 3
0000	+ 0 + 3	0 – 0 1	0 – 0 2	0 – 0 3
0101	0 + + 3	– 0 0 1	– 0 0 2	– 0 0 3
1100	+ + + 4	– + – 1	– + – 2	– + – 3

Примечание.— Принимаемый троичный блок 000 декодируется в виде блока битов 0000.

РИСУНОК I-1/G.961

Код MMS 43

I.2 *Скорость следования символов*

Скорость следования символов равна 120 кбод.

I.2.1 *Требования по хронированию*

I.2.1.1 *Точность автономного задающего генератора СО1*

Допустимая неточность частоты автономного задающего генератора СО1 равна $\pm 100 \cdot 10^{-6}$

I.2.1.2 *Допустимая для ЛО неточность тактовой частоты*

Допустимая неточность тактовой частоты, обеспечиваемой на ЛО, равна $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

I.3 *Структура цикла*

Каждый цикл содержит цикловую синхрогруппу, информационную последовательность 2B + D и канал CL. Сверхциклы не используются.

I.3.1 *Длина цикла*

Длина каждого цикла составляет 120 троичных символов, что соответствует времени в 1 мс. Каждый цикл содержит 108 символов (что соответствует 144 битам), несущих информацию 2B + D.

I.3.2 *Распределение символов в направлении ЛО—СО1*

В направлении ЛО — СО1 120 символов каждого цикла используются следующим образом:

— Символы 1—84: 2B + D;

— Символ 85: канал CL;

— Символы 110—120: цикловая синхрогруппа.

I.3.3 *Распределение символов в направлении СО1 — ЛО*

В направлении СО1 — ЛО структура цикла идентична структуре цикла в направлении ЛО — СО1.

Цикл, передаваемый СО1, синхронизирован с циклом, принятым от ЛО.

I.4 *Цикловая синхрогруппа*

I.4.1 *Цикловая синхрогруппа в направлении ЛО — СО1*

Цикловая синхрогруппа в направлении ЛО — СО1 имеет вид:

+ + + — — — + — — + —

I.4.2 *Цикловая синхрогруппа в направлении СО1 — ЛО*

Цикловая синхрогруппа в направлении СО1 — ЛО имеет вид:

— + — — + — — — + + +

I.5 *Процедура цикловой синхронизации*

Система передачи считается находящейся в синхронизме, если цикловая синхрогруппа на протяжении 4 следующих друг за другом циклов обнаруживается на одних и тех же позициях. Синхронизация считается нарушенной, если в течение 60 ...200 следующих друг за другом циклов обнаруженное положение цикловой синхрогруппы не совпадает с ожидаемым положением.

I.6 *Сверхциклы*

Не используются.

I.7 *Сдвиг цикла на СО1*

Цикловая синхрогруппа, передаваемая СО1 в линию, выдается на 60 ± 1 символ (на 0,5 мс) позже, чем цикловая синхрогруппа, принимаемая на входе СО1 (отсчет по первым символам каждой из синхрогрупп).

I.8 *Канал CL*

I.8.1 *Скорость*

Скорость в канале CL (канале техобслуживания) равна 1 кбит/с.

I.8.2 *Структура*

Какая-либо определенная структура для прозрачных сообщений не специфицирована.

I.8.3 *Протоколы и процедуры*

Прозрачные сообщения в канале CL используют значения «0» и «—» символа CL линейного сигнала. Значения «0» и «+» используются для запроса шлейфа 2B + D в СО1 или в промежуточном регенераторе. Прозрачное использование канала CL может иметь приоритет перед этими командами на образование шлейфов.

I.9 *Скремблирование*

Для минимизации корреляции между принимаемыми и передаваемыми символами используется скремблирование. Скремблирование применяется лишь к каналам 2B +D.

Скремблирующие полиномы в направлении СО1 — ЛО и ЛО — СО1 отличаются друг от друга.

— В направлении ЛО — СО1: $1 \oplus x^{-5} \oplus x^{-23}$

— В направлении СО1 — ЛО: $1 \oplus x^{-18} \oplus x^{-23}$

где перед $\oplus$ обозначена сумма по модулю 2, а через x^{-k} обозначена скремблированная последовательность, сдвинутая на k тактовых интервалов.

I.10 *Активация/деактивация*

Активация/деактивация предусмотрена с целью обеспечения возможности работы в режиме сниженной мощности, в особенности при тех применениях, когда СО1 питается от ЛО через местную линию. Активация режима сниженной мощности может производиться с обоих концов с использованием посылок сигнала 7,5 кГц. В случаях совпадения запросов на активацию производится надлежащая обработка этих посылок по длительности и частоте повторения.

Процедуры на линейной системе обеспечивают проведение процедур в эталонной точке Т по управлению вызовом в соответствии с Рекомендацией I.430 и образование шлейфов 1 (в ЛО), 1А (в регенераторе) и 2 (в СО1) в соответствии с Рекомендацией I.603. Шлейфы прозрачны.

Таймер 1 и таймер 2, определенные в Рекомендации I.430, размещены следующим образом:

— таймер 1 в уровне 1 СтО или в СтО,

— таймер 2 в СО1.

Активация линейной системы для целей технического обслуживания, например, для контроля ошибок, возможна даже в том случае, когда в эталонной точке Т к стыку не подключено ОО.

Передача ИНФО 2 к стыку эталонной точки Т начинается при синхронизации линейной системы в направлении ЛО — СО1.

I.10.1 *Сигналы, используемые для активации*

Для обеспечения управления/индикации прохождения процесса активации/деактивации по местной линии используются следующие сигналы:

СИГ 0 — СО1 — ЛО и ЛО — СО1
Сигнала нет.

СИГ 1W — СО1 — ЛО
Сигнал подготовки (тон 7,5 кГц); подается на соответствующий элемент уровня 1 в местной коммутационной станции для извещения о том, что ему следует перейти в режим работы с полной мощностью и обеспечить активацию линейной системы и стыка в эталонной точке Т.
Этот сигнал используется также в качестве подтверждения подготовки при приеме СИГ 2W.

СИГ 2W — ЛО — СО1
Сигнал подготовки (тон 7,5 кГц); извещает СО1, что ему следует перейти в режим работы с полной мощностью и подготовиться к тому, чтобы воспринять синхронизацию от приходящего от ЛО сигнала.
Этот сигнал используется также в качестве подтверждения подготовки при приеме СИГ 1W.

СИГ 1 СО1 — ЛО
Сигнал, содержащий цикловую информацию для синхронизации приемника, входящего в состав ЛО. Он извещает ЛО, что СО1 синхронизировалось по СИГ 2.

СИГ 2 ЛО — СО1
Сигнал, содержащий цикловую информацию для синхронизации приемника, входящего в состав СО1.

СИГ 1А СО1 — ЛО
Сигнал, аналогичный СИГ 1, но без цикловой информации.

СИГ 3 СО1 — ЛО
Сигнал, содержащий цикловую информацию для синхронизации приемника, входящего в состав ЛО. Он оповещает СтО, что стык в эталонной точке Т синхронизирован в обоих направлениях передачи (за исключением случая шлейфа 2 и 1А).

СИГ 4Н ЛО — СО1
Сигнал, выдающий на СО1 команду обеспечить полную пропускную способность для передачи информации уровня 1 в обоих направлениях.

СИГ 4 ЛО — СО1
Сигнал, содержащий цикловую информацию и эксплуатационную информацию каналов В и D.

СИГ 5 СО1 — ЛО
Сигнал, содержащий цикловую информацию и эксплуатационную информацию каналов В и D.

СИГ 2-L2 ЛО — СО1
Сигнал, аналогичный СИГ 2, но включающий запрос шлейфа 2.

СИГ 4Н-L2 ЛО—СО1
Сигнал, выдающий на СО1 команду образовать шлейф 2 и обеспечить пропускную способность для передачи информации уровня 1 в направлении ЛО — ОО (прозрачный шлейф 2).

СИГ 4-L2 Сигнал, аналогичный СИГ 4, но включающий запрос шлейфа 2.

Все СИГ за исключение СИГ 1W и СИГ 2W являются непрерывными сигналами. Сигналы подготовки СИГ 1W и СИГ 2W посылаются лишь в течение определенного периода времени, но могут быть повторены, если отсутствует подтверждение о приеме. Повторение производится таким образом, чтобы обеспечивалось надлежащее взаимодействие с обычной процедурой активации.

Запросы на образование шлейфа передаются с использованием канала CL. Все остальные СИГ не нуждаются в канале CL.

Канал CL обеспечивается при всех СИГ, за исключением СИГ 0, СИГ 1W, СИГ 2W и СИГ 1А.

I.10.2 *Определение внутренних таймеров*

В таблицах перехода состояний и в функциональных диаграммах используются следующие внутренние таймеры:

Tn1 = 13 мс:	таймер, контролирующий повторение сигнала подготовки СИГ 2W от ЛО
T11 = 7 мс:	таймер, контролирующий повторение сигнала подготовки СИГ 1W от СО1
T12 = 1 мс:	таймер, определяющий длительность СИГ 4Н и СИГ 4Н-L2
T13 = 1 мс:	таймер, обеспечивающий, чтобы в условиях, когда нет неисправностей, PH-AI поступал сначала на ОО, а потом на ЛО/СтО. Этим достигается защита первого цикла уровня 2 (уровень 3 — сообщение SETUP) со стороны сети.
T14 = 12 мс:	таймер, используемый для того, чтобы начать передачу СИГ 2 при запросе шлейфа 1.
T15 = 0,1 ... 1 с:	таймер, контролирующий процедуру деактивации (внутри СтО).

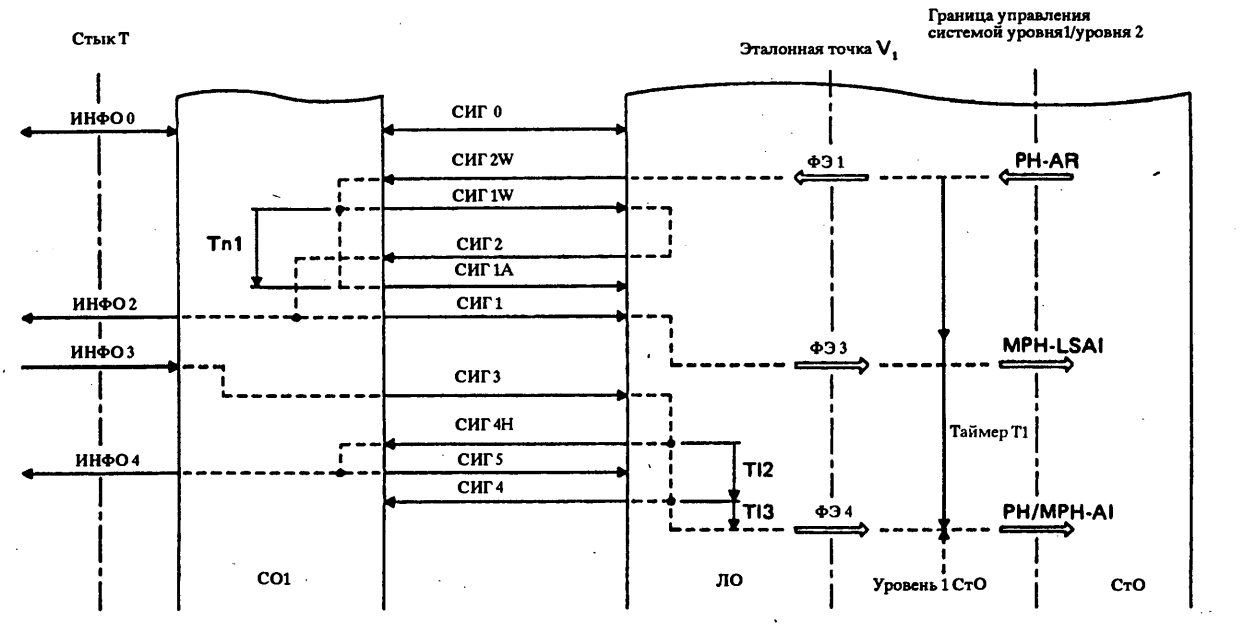
I.10.3 *Описание процедуры активации*

Рис. I-2/G.961 иллюстрирует процедуру активации/деактивации для ситуации, когда отсутствуют неисправности.

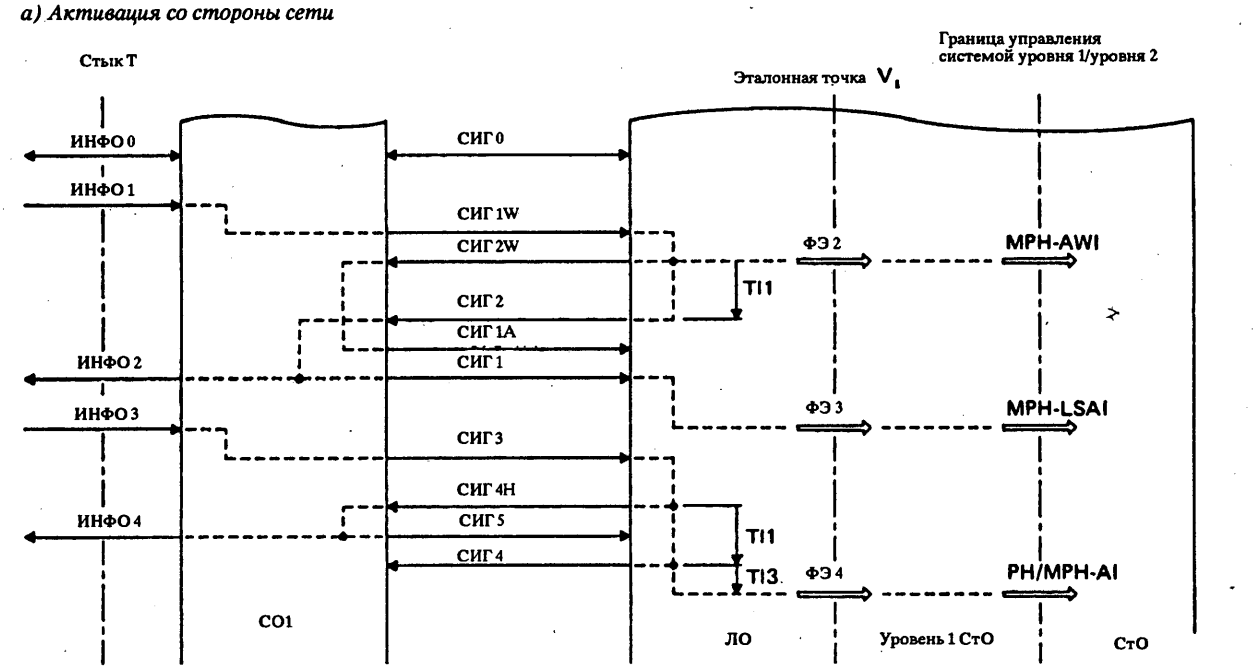
Таймер T1 (расположенный в уровне 1 СтО) и таймер T2 (расположенный в СО1) соответствуют Рекомендации I.430; функциональные элементы (ФЭ) определены в § 5.4.1.3 Рекомендации G.960, а примитивы — в §§ 5.4.2.2 и 5.4.2.3 Рекомендации G.960.

I.10.4 *Таблица перехода состояний СО1*

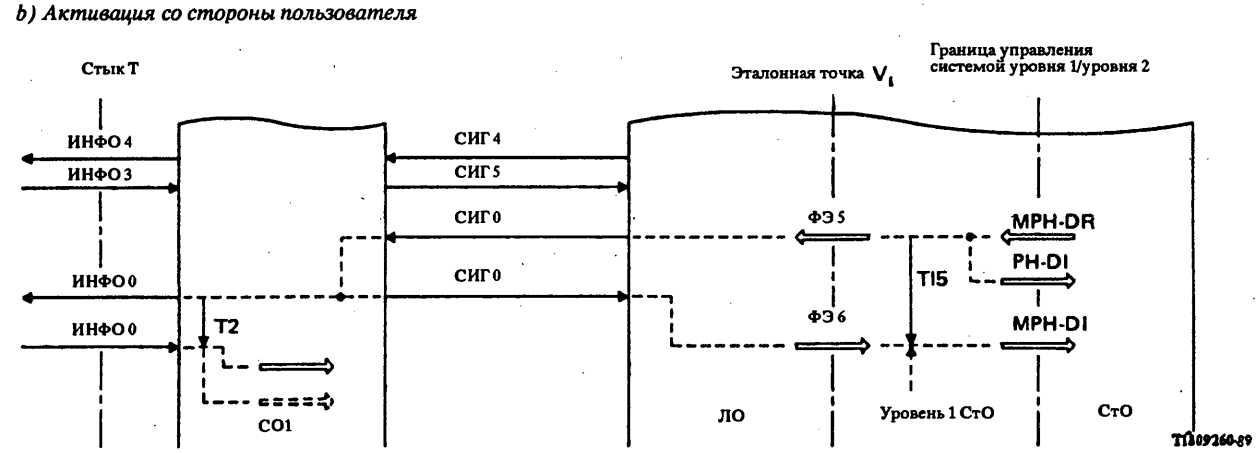
Таблица перехода состояний СО1 представлена в таблице I-1/G.961. Все ИНФО на стыке в эталонной точке Т соотносятся с сигналами СИГ линейной системы и наоборот.



a) Активация со стороны сети



b) Активация со стороны пользователя



c) Деактивация

РИСУНОК I-2/G.961

Процедуры активации/деактивации: функциональные диаграммы (ситуации отсутствия неисправностей)

ТАБЛИЦА I-1/G.961

Таблица перехода состояний СО1

Состояние	со 1.1	со 1.2	со 1.3	со 1.4	со 1.5	со 1.6	со 1.7	со 1.8	со 1.9	со 1.10	со 2.1	со 2.2
Передаваемый сигнал	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 2	ИНФО 2	ИНФО 4	ИНФО 0	ИНФО 2	ИНФО X (примечание 2)	ИНФО 2	ИНФО 4 (примечание 4)
Принимаемый сигнал	СИГ 0	СИГ 1W	СИГ 1W	СИГ 1A	СИГ 1	СИГ 3	СИГ 5	СИГ 0	СИГ 5	СИГ 0 (примечание 3)	СИГ 3	СИГ 5 (примечание 5)
ИНФО 0	–	–	–	–	–	–	со 1.9	со 1.1	–	–	–	–
ИНФО 1	со 1.2	–	–	–	–	–	/	–	–	/	–	/
ИНФО 3	/	/	/	/	со 1.6	–	–	–	со 1.7	/	–	–
СИГ 0	–	–	–	ST.T2; со 1.8	ST.T2; со 1.8	ST.T2; со 1.8	ST.T2; со 1.8	–	ST.T2; со 1.8	ST.T2; со 1.8	ST.T2; со 1.8	ST.T2; со 1.8
СИГ 2W	ST. TN1; со 1.3	со 1.4	/	/	/	/	/	–	/	/	/	/
СИГ 2	/	–	–	со 1.5	–	–	/	/	/	/	со 1.6 или -	/
СИГ 4H	/	/	/	/	/	со 1.7	–	/	/	/	со 1.7	/
СИГ 4	/	/	/	/	/	/	–	/	–	–	/	со 1.7
Истечение времени T2 (примечание 1)	–	–	–	–	–	–	–	со 1.1	–	–	–	–
Потеря синхронизации на стыке T	/	/	/	/	/	–	со 1.9	–	–	–	/	/
Потеря синхронизации линейной системы	/	/	/	/	со 1.10	со 1.10	со 1.10	/	со 1.10	–	со 1.10	со 1.10
Истечение времени внутреннего таймера TN 1	/	/	со 1.4	/	/	/	/	/	/	/	/	/

ТАБЛИЦА 1-1/G.961 (*продолжение*)

Состояние	СО 1.1	СО 1.2	СО 1.3	СО 1.4	СО 1.5	СО 1.6	СО 1.7	СО 1.8	СО 1.9	СО 1.10	СО 2.1	СО 2.2
Передаваемый сигнал / Принимаемый сигнал	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 2	ИНФО 2	ИНФО 4	ИНФО 0	ИНФО 2	ИНФО X (примечание 2)	ИНФО 2	ИНФО 4 (примечание 4)
	СИГ 0	СИГ 1W	СИГ 1W	СИГ 1A	СИГ 1	СИГ 3	СИГ 5	СИГ 0	СИГ 5	СИГ 0 (примечание 3)	СИГ 3	СИГ 5 (примечание 5)
СИГ 2-L2	/	–	–	СО 2.1	СО 2.1 или –	СО 2.1 или –	/	/	/	/	–	/
СИГ 4H-L2	/	/	/	/	/	СО 2.2	–	/	/	/	СО 2.2	–
СИГ 4-L2	/	/	/	/	/	/	СО 2.2	/	СО 2.2	СО 2.2	/	–

— Перехода состояний нет.

/ Невозможно в силу определения процедур физического уровня «от равного к равному» и по внутрисистемным причинам.

ST.Tx; COy Запуск таймера x; переход в состояние CO y.

Примечание 1.— Таймер T2 по определению Рекомендации I.430.

Примечание 2.— ИНФО X: сигнал без цикловой информации, то есть двоичные нули.

Примечание 3.— Разрешен любой другой сигнал, который вызывает индикацию ошибки на стороне ЛО, особенно сигнал потери цикловой синхронизации или чрезмерно высокого коэффициента ошибок.

Примечание 4.— Бит D-эхо определен как двоичный «0».

Примечание 5.— Каналы B и D повернуты шлейфом в сторону сети.

Используются следующие состояния:

СО 1.1 Деактивированное состояние (режим низкого потребления мощности). Сигнал не передается.

СО 1.2 СО1 при приеме со стороны пользователя ИНФО 1 посылает в направлении ЛО сигнал подготовки СИГ 1W и ожидает приема подтверждения сигнала подготовки СИГ 2W от ЛО.

СО 1.3 После приема сигнала подготовки СИГ 2W СО1 отвечает сигналом СИГ 1W и по истечении времени таймера Tn1 начинает передачу СИГ 1A, если только со стороны ЛО не будет принят новый сигнал подготовки СИГ 2W.

СО 1.4 После окончания процедуры подготовки СО1 ждет, пока СИГ 2 завершит синхронизацию приемника.

СО 1.5 Приемник со стороны сети синхронизирован. СО1 посылает СИГ 1 на ЛО и ИНФО 2 в сторону пользователя, чтобы вызвать активацию стыка эталонной точки Т. Оно ожидает приема ИНФО 3.

СО 1.6 Стык в эталонной точке Т синхронизирован в обоих направлениях передачи. СО1 посылает СИГ 3 на ЛО и ожидает приема СИГ 4H.

СО 1.7 СО1 полностью активно и посылает ИНФО 4 в сторону пользователя и СИГ 5 на ЛО. Каналы B и D находятся в рабочем состоянии.

СО 1.8 Ожидание состояния деактивации. СО1 посылает ИНФО 0 в сторону пользователя, чтобы деактивировать стык в эталонной точке Т, и СИГ 0 на ЛО. Оно ожидает приема ИНФО 0 или истечения времени таймера Т2, чтобы перейти в состояние СО 1.1.

СО 1.9 Это состояние возникает при пропадании сигнала или при потере цикловой синхронизации на стыке Т. В соответствии с примечанием 3 к таблице 4/I.430 сигнал индикации на ЛО не посылается.

СО 1.10 Это состояние возникает при потере цикловой синхронизации на стороне линии. Сигнал индикации посылается в сторону пользователя (ИНФО X) и в сторону сети (СИГ 0).

Следующие состояния обеспечивают активацию при запросе шлейфа 2:

СО 2.1 Приемник со стороны сети синхронизирован. СО1 посылает СИГ 3 на ЛО и ИНФО 2 в сторону пользователя (прозрачный шлейф). Оно ожидает приема СИГ 4H-L2 со стороны ЛО.

СО 2.2 СО1 полностью активно и посылает ИНФО 4 в сторону пользователя (прозрачный шлейф) и СИГ 5 на ЛО. Шлейф 2 установлен, и принимаемая информация 2B + D посылается на ЛО.

I.10.5 *Таблица перехода состояний ЛО*

Таблица перехода состояний ЛО представлена в таблице I-2/G.961. Сигналы СИГ в линейной системе соответствуют функциональным элементам (ФЭ) в эталонной точке V_1.

Используются следующие состояния:

ЛО 1.1 Деактивированное состояние. Сигнал не передается.

ЛО 1.2 После приема сигнала подготовки СИГ 1W ЛО отвечает сигналом СИГ 2W и по истечении времени таймера Т11 начинает передачу СИГ 2, если только от СО1 не будет принят новый сигнал подготовки СИГ 1W.

ЛО 1.3 ЛО после приема ФЭ 1 посылает сигнал подготовки СИГ 2W на СО1 и ожидает поступления от СО1 сигнала подтверждения подготовки СИГ 1W.

ЛО 1.4 ЛО посылает СИГ 2 на СО1 и ожидает приема СИГ 1 или СИГ 3 для синхронизации своего приемника. После того, как ЛО синхронизировалось и обнаружило СИГ 1, оно выдает ФЭ 3.

ЛО 1.5 Линейная система передачи синхронизирована в обоих направлениях передачи. ЛО находится в ожидании приема СИГ 3.

ЛО 1.6 Линейная система передачи и стык в эталонной точке Т синхронизируются в обоих направлениях передачи. ЛО посылает СИГ 4H вплоть до истечения времени таймера Т12.

ЛО 1.7 Полностью активное состояние. ЛО посылает СИГ 4 на СО1 и выдает ФЭ 4. Канал B и D находятся в полностью рабочем состоянии.

ЛО 1.8 Ожидание состояния деактивации. ЛО посылает СИГ 0 на СО1 для деактивации линейной системы передачи и стыка в эталонной точке Т. Оно ожидает приема СИГ 0 для перехода в состояние ЛО 1.1 и для выдачи ФЭ 6.

ТАБЛИЦА I-2/G.961

Таблица перехода состояний ЛО

Состояние	ло 1.1	ло 1.2	ло 1.3	ло 1.4	ло 1.5	ло 1.6	ло 1.7	ло 1.8	ло 2.1	ло 2.2	ло 2.3	ло 2.4
Передаваемый сигнал / Принимаемый сигнал	сиг 0	сиг 2W	сиг 2W	сиг 2	сиг 2	сиг 4H	сиг 4	сиг 0	сиг 2W	сиг 2	сиг 4H	сиг 4
ФЭ1	ло 1.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ФЭ 5	:	ло 1.8	ло 1.8	ло 1.8	ло 1.8	ло 1.8	ло 1.8	–	ло 1.8	ло 1.8	ло 1.8	ло 1.8
сиг 0	–	–	–	–	ФЭ 7; –	ФЭ 7; –	ФЭ 7; –	ФЭ 6; ло 1.1	–	–	–	–
сиг 1W	ST.TI1, ФЭ 2; ло 1.2	:	ло 1.4	/	/	/	/	–	–	/	/	/
сиг 1	/	/	/	ФЭ 3; ло 1.5	–	/	/	–	/	–	–	–
сиг 3	/	/	/	ST.TI2; ло 1.6	ST.TI2; ло 1.6	–	–	–	/	–	–	–
Истечение времени внутреннего таймера T11	–	ло 1.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Истечение времени внутреннего таймера T12	–	–	–	–	–	ФЭ 7; ло 1.4	–	–	–	–	ФЭ 4; ло 2.4	–
Потеря цикловой синхронизации линейной системы	/	/	/	/	ФЭ 7; –	ФЭ 7; –	ФЭ 7; –	–	/	/	/	/

ТАБЛИЦА I-2/G.961 (*продолжение*)

Состояние	ло 1.1	ло 1.2	ло 1.3	ло 1.4	ло 1.5	ло 1.6	ло 1.7	ло 1.8	ло 2.1	ло 2.2	ло 2.3	ло 2.4
Передаваемый сигнал / Принимаемый сигнал	сиг 0	сиг 2W	сиг 2W	сиг 2	сиг 2	сиг 4H	сиг 4	сиг 0	сиг 2W	сиг 2	сиг 4H	сиг 4
ФЭ 4	ST.T14; ло 2.1	–	ло 2.2 или –	ло 2.2 или –	ло 2.2 или –	–	–	ло 2.1	:	:	:	:
Истечение времени внутреннего таймера T 14	–	–	–	–	–	–	–	–	ло 2.2	–	–	–
Прием синхронизации по сигналу шлейфа	/	/	/	–	–	–	–	–	/	ST.T12; ло 2.3	–	–

— перехода состояния нет.

/ невозможно в силу определения процедур физического уровня «от равного к равному» или по внутрисистемным причинам.

: невозможно в силу определения физического уровня.

a, b; ЛОx — совершение действия/выдача сообщения a и b; переход в состояние ЛОx.

ST.T1x — запуск таймера T1x.

В случае запроса шлейфа 1 активация обеспечивается следующими состояниями:

ЛО 2.1 ЛО после приема ФЭ 9 выдает сигнал подготовки СИГ 2W на СО1 (прозрачный шлейф) и начинает передачу СИГ 2 по истечении времени таймера Т14.

ЛО 2.2 ЛО образовало шлейф 1 и синхронизирует свой приемник по возвращаемому шлейфом сигналу.

ЛО 2.3 ЛО выдает СИГ 4Н вплоть до истечения времени таймера Т12.

ЛО 2.4 ЛО полностью активно и выдает СИГ 4 на СО1 (прозрачный шлейф). Образуется шлейф 1.

Таблица перехода состояний ЛО не претерпевает изменений при запросах шлейфов 2 и 1А. Соответствующие сигналы управления передаются по каналам C_{V1} и CL.

I.10.6 *Время активации*

Определение времени активации см. в § 5.5 Рекомендации G.960.

a) Максимальное время активации, если активация происходит немедленно вслед за деактивацией:

— без регенератора: 210 мс

— с регенератором: 420 мс.

b) Максимальное время активации после первой подачи питания на линию:

— без регенератора: 1,5 с

— с регенератором: 3 с.

I.11 *Фазовое дрожание*

Допуски на фазовое дрожание должны обеспечивать, чтобы максимальная сетевая предельная норма на фазовое дрожание (см. Рекомендацию G.823) не была превышена.

Кроме того, соблюдение предельных норм, приведенных в Рекомендации I.430, должно обеспечиваться предельными нормами на фазовое дрожание в системах передачи местных линий.

Приводимые ниже предельные нормы на фазовое дрожание должны соблюдаться независимо от длины местной линии и от наличия регенераторов при условии соблюдения характеристик средств передачи, предусмотренных в § 3. Предельные нормы должны выдерживаться независимо от передаваемого сигнала. Вопрос о подходящей испытательной последовательности подлежит дальнейшему изучению (см. Рекомендацию G.823, § 4).

I.11.1 *Предельные нормы максимально допустимого фазового дрожания на входе*

Амплитуда фазового дрожания на входе СО1 не должна выходить за пределы шаблона на рис. I-3/G.961.

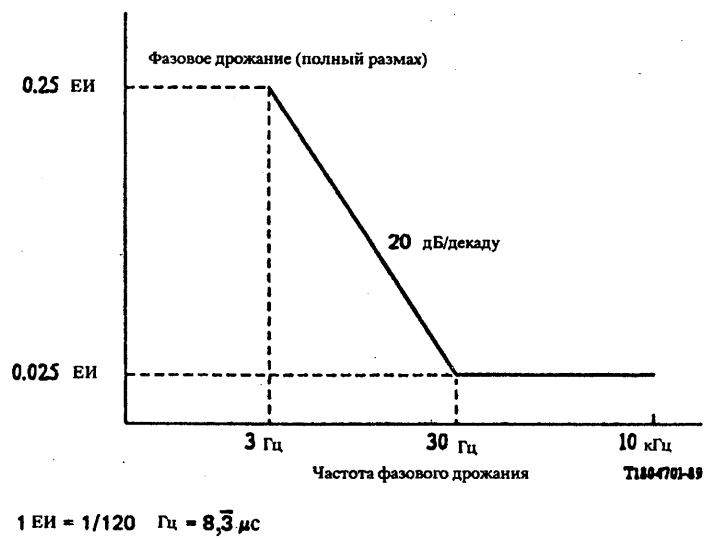


РИСУНОК I-3/G.961

Минимальный допуск на синусоидальное входное фазовое дрожание

I.11.2 *Фазовое дрожание на выходе СО1 в отсутствие фазового дрожания на входе*

При измерении фильтром верхних частот с частотой среза 30 Гц фазовое дрожание на выходе СО1 не должно превышать 0,02 ЕИ (полный размах). Без фильтра фазовое дрожание не должно превышать 0,1 ЕИ (полный размах).

I.11.3 *Фазовое дрожание, связанное с выделением тактовой частоты*

Фазовое дрожание на выходе СО1 должно с максимальным приближением повторять фазовое дрожание на входе. Следовательно, функция передачи фазового дрожания СО1 в полосе частот от 3 Гц до 30 Гц не должна выходить за пределы ± 1 дБ.

I.11.4 *Условия измерения фазового дрожания*

Вопрос подлежит дальнейшему изучению.

I.12 *Выходные характеристики передатчика*

I.12.1 *Амплитуда импульса*

Амплитуда передаваемого одиночного импульса должна лежать в пределах 2 В ± 0,2 В при сопротивлении нагрузки в 150 Ом.

I.12.2 *Форма импульса*

Форма передаваемого одиночного импульса должна соответствовать шаблону, представленному на рис. I-4/G.961.

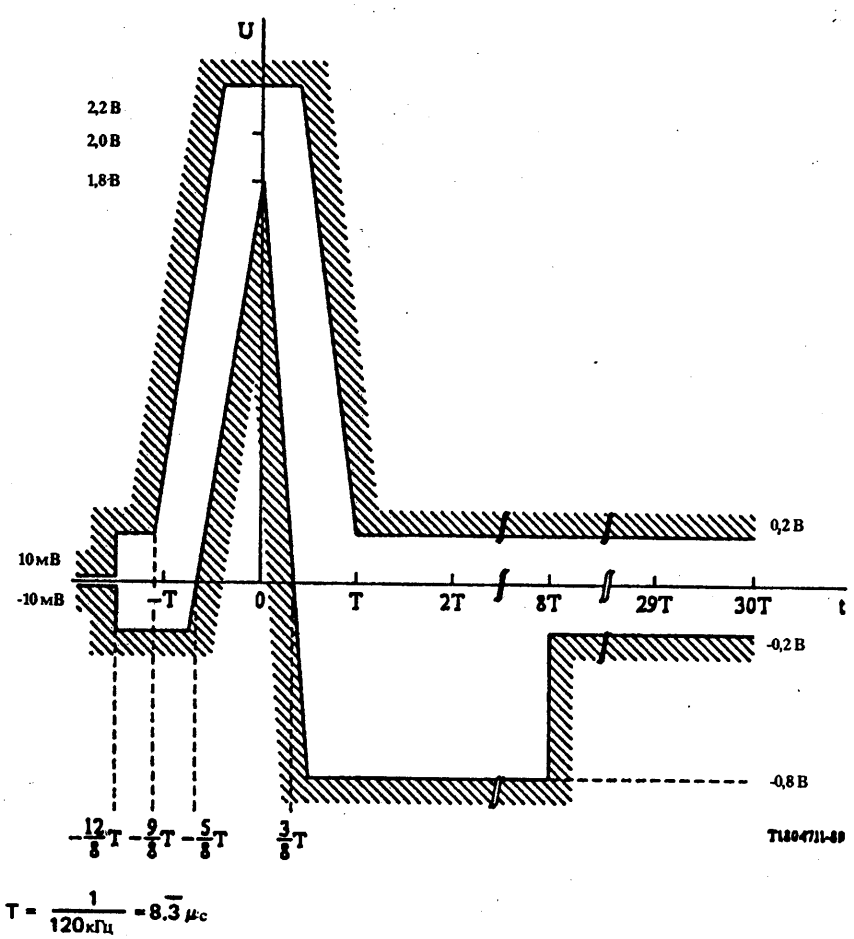


РИСУНОК I-4/G.961

Шаблон для передаваемого одиночного импульса

I.12.3 *Мощность сигнала*

Не определена.

I.12.4 *Спектр мощности*

Верхняя граница спектральной плотности мощности должна быть ограничена в соответствии с рис. I-5/G.961.

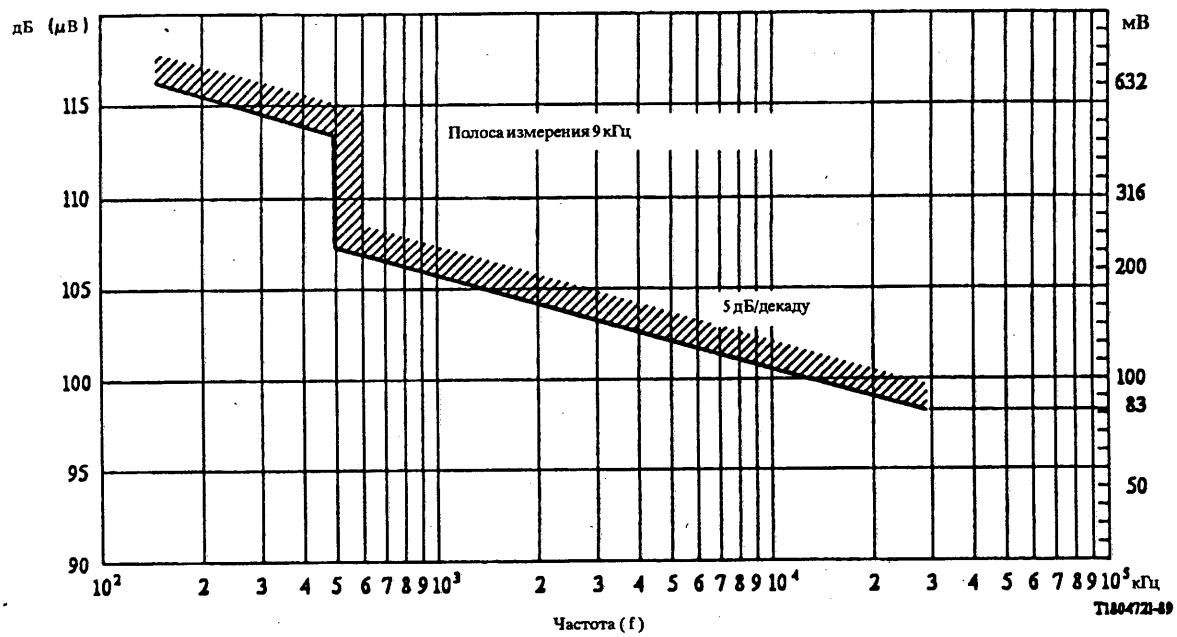


РИСУНОК I-5/G.961

Предельные значения передаваемого спектра мощности

I.12.5 *Нелинейность сигнала передатчика*

Не определена.

I.13 *Окончание передатчика/приемника*

I.13.1 *Сопротивление*

Номинальное выходное/входное сопротивление СО1 и ЛО должно равняться 150 Ом.

I.13.2 *Затухание отражения*

Затухание отражения при нагрузке 150 Ом $\pm$ 1%, измеренное для СО1 или ЛО, должно быть выше, чем предельные значения, приведенные на рис. I-6/G.961.

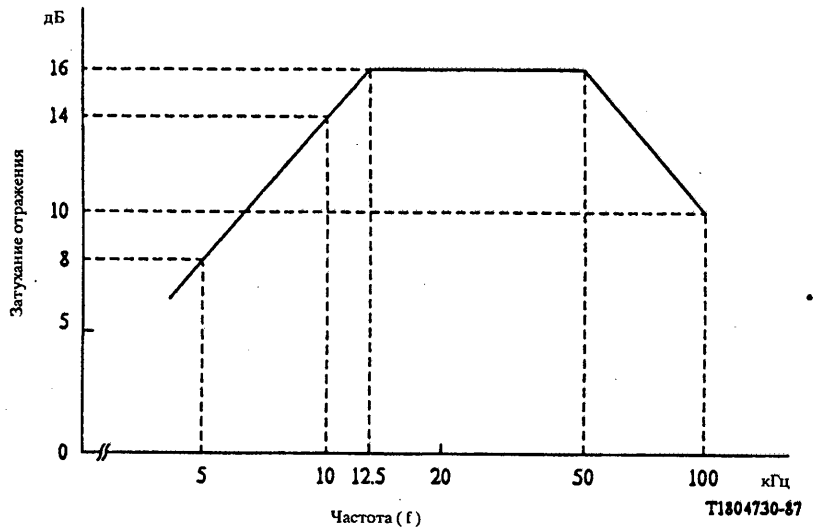


РИСУНОК I-6/G.961

Затухание отражения для СО1 и ЛО

I.13.3 *Затухание продольного перехода*

Затухание продольного перехода на линейном стыке ЛО и СО1 должно быть выше, чем предельные значения, приведенные на рис. I-7/G.961.

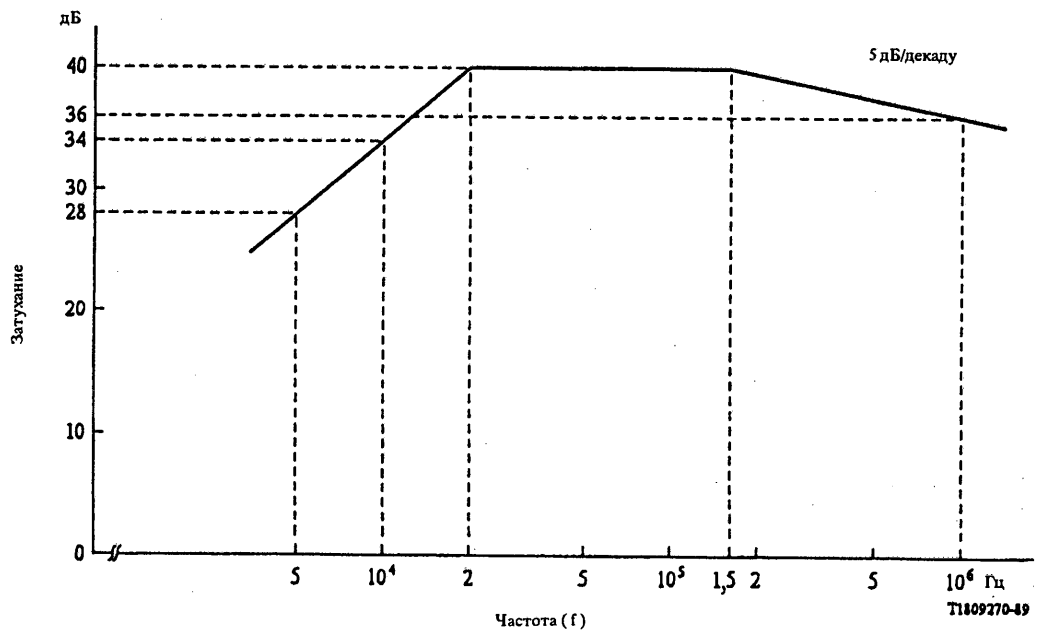


РИСУНОК I-7/G.961

Затухание продольного перехода

ПРИЛОЖЕНИЕ II

(к Рекомендации G.961)

Электрические характеристики системы передачи 2B1Q

II.1 *Линейный код*

Линейный код должен быть вида 2B1Q (2 двоичных, 1 четверичный). Это безызбыточный 4-уровневый код.

Последовательность битов, поступающая на СО1 со стыка в эталонной точке Т (или поступающая на ЛО с СтО), группируется попарно для преобразования каждой пары битов в один четверичный символ. На рис. II-1/G.961 показано соотношение между битами каналов B и D и четверичными символами. Перед кодированием последовательность битов каналов B и D преобразуется скремблером. Биты M_1—M_6 канала CL таким же образом группируются попарно, кодируются и преобразуются скремблером.

Время →									
Информация	B_1				B_2				D
Пары битов	$b_{11}b_{12}$	$b_{13}b_{14}$	$b_{15}b_{16}$	$b_{17}b_{18}$	$b_{21}b_{22}$	$b_{23}b_{24}$	$b_{25}b_{26}$	$b_{27}b_{28}$	d_1d_2
№ четверичного символа (соответствующий)	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7	q_8	q_9
Число битов	8				8				2
Число четверичных символов	4				4				1

b_{11} — первый бит октета B_1, принятый в эталонной точке Т.

b_{18} — последний бит октета B_1, принятый в эталонной точке Т.

b_{21} — первый бит октета B_2, принятый в эталонной точке Т.

b_{28} — последний бит октета B_2, принятый в эталонной точке Т.

d_1d_2 — последовательные биты канала D
(d_1 — первый бит пары, принятой в эталонной точке Т).

q_1 — 1-ый четверичный символ относительно начала данного 18-битового информационного поля 2B+D.

Примечание.— На основной цикл длительностью 1,5 мс приходится двенадцать 18-битовых полей 2B+D.

РИСУНОК II-1/G.961

Преобразование полей 2B + D в код 2B1Q

Каждая из следующих друг за другом пар скремблированных битов двоичной информационной последовательности преобразуется на выходе передатчика в четверичные символы в соответствии со следующим правилом:

Первый бит (знак)	Второй бит (величина)	Четверичный символ
1	0	+ 3
1	1	+ 1
0	1	− 1
0	0	− 3

В приемнике каждый четверичный символ преобразуется в пару битов в соответствии с этой же таблицей, но примененной в обратном порядке; далее последовательность подвергается дескремблированию, и из нее формируется последовательность битов каналов B и D и канала CL, содержащего биты M для технического обслуживания и других целей. Биты каналов B и D размещаются надлежащим образом путем применения в обратном порядке соотношения, показанного на рис. II-1/G.961.

II.2 *Линейная скорость в бодах*

Линейная скорость следования символов равна 80 кбод.

II.2.1 *Допустимая неточность хронирования*

II.2.1.1 *Допустимая неточность частоты задающего генератора CO1*

Допустимая неточность частоты автономного задающего генератора CO1 равна $\pm 100 \cdot 10^{-6}$.

II.2.1.2 *Допустимая для ЛО неточность тактовой частоты*

Допустимая неточность тактовой частоты, обеспечиваемой на ЛО, равна $\pm 5 \cdot 10^{-6}$.

II.3 *Структура цикла*

Цикл состоит из 120 четверичных символов, передаваемых в течение интервала времени с номинальной длительностью 1,5 мс. Каждый цикл состоит из цикловой синхрогруппы, информации 2B + D и канала CL (рис. II-2/G.961).

	← 1.5 мс →		
Цикл	ЦСГ/ИЦСГ	12 × (2B + D)	CL
Функция	Цикловая синхрогруппа	2B + D	Дополнительные
Число четверичных символов	9	108	3
Позиция четверичных символов	1-9	10-117	118-120
Число битов	18	216	6
Позиция	1-18	19-234	235-240

четверичный символ — четверичный символ = 1 бод.

—3, —1, +1, +3 — значения символов.

2B + D — информационный канал пользователя B_1,B_2 и D.

ЦСГ — цикловая синхрогруппа (9-символьный код) = +3 +3 —3 —3 —3 + 3—3 +3 +3.

ИЦСГ — инвертированная (или дополняющая) цикловая синхрогруппа = —3 —3 +3 +3 +3 —3+3 —3 —3.

CL — биты канала M M_1—M_6.

Примечание.— Циклы в направлении CO1-сеть сдвинуты относительно циклов в направлении сеть-CO1 на 60 ± 2 четверичных символа.

РИСУНОК II-2/G.961

Структура цикла системы передачи 2B1Q

II.3.1 *Длина цикла*

Число интервалов 2B +D в цикле равно 12. Каждый интервал содержит 18 битов.

II.3.2 *Распределение битов в направлении ЛО — СО1*

Распределение битов в циклах показано на рис. II-I/G.961 и II-2/G.961.

II.3.3 *Распределение битов в направлении СО1 — ЛО*

См. § II.3.2.

II.4 *Цикловая синхрогруппа*

Цикловая синхрогруппа используется для надлежащей расстановки каналов B, D и CL по битовым позициям. Она может быть также использована для тактовой синхронизации (синхронизация по бодам).

II.4.1 *Цикловая синхрогруппа в направлении ЛО — СО1*

Код цикловой синхрогруппы для всех циклов, кроме первого, в сверхцикле имеет вид:

$$\text{ЦСГ} = +3\ +3\ -3\ -3\ -3\ +3\ -3\ +3\ +3$$

Код цикловой синхрогруппы первого цикла в сверхцикле имеет вид инвертированной цикловой синхрогруппы (ИЦСГ):

$$\text{ИЦСГ} = -3\ -3\ +3\ +3\ +3\ -3\ +3\ -3\ -3$$

II.4.2 *Цикловая синхрогруппа в направлении СО1—ЛО*

См. § II.4.1.

II.5 *Процедура цикловой синхронизации*

Не определена.

II.6 *Сверхцикл*

Для размещения битов канала CL более, чем в одном цикле, используется сверхцикл. Начало сверхцикла задается инвертированной цикловой синхрогруппой (ИЦСГ). Число циклов в сверхцикле равно 8.

II.6.1 *Сверхцикловая синхрогруппа в направлении СО1—ЛО*

См. § II.4.1.

II.6.2 *Сверхцикловая синхрогруппа в направлении ЛО—СО1*

См. § II.4.1.

II.7 *Сдвиг между циклами ЛО—СО1 и СО1—ЛО*

СО1 синхронизирует передаваемые циклы с принимаемыми циклами (направление ЛО—СО1). Передаваемые циклы должны быть сдвинуты относительно принимаемых циклов на 60 ± 2 четверичных символа (то есть примерно на 0,75 мс).

II.8 *Канал CL*

II.8.1 *Скорость передачи*

Скорость в канале CL равна 4 кбит/с.

II.8.2 *Структура*

В сверхцикле сорок восемь битов, которые обозначаются как биты M, используются для канала CL.

Двадцать четыре бита на сверхцикл (2 кбит/с) отведено на внутренний эксплуатационный канал (ВЭК), который обеспечивает эксплуатационные потребности связи между сетью и СО1.

Двенадцать битов на сверхцикл (1 кбит/с) отведено для функции циклической проверки по избыточности (CRC).

Двенадцать битов на сверхцикл (1 кбит/с) отведено на другие функции и на резервные биты (рис. II-3/G.961).

		Синхронизация	2B + D	Биты $M_1 - M_6$ CL (дополнительные)					
	Позиции четверичных символов	1-9	10-117	118з	118в	119з	119в	120з	120в
	Позиции битов	1-18	19-234	235	236	237	238	239	240
№ сверхцикла	№ основного цикла	Цикловая синхрогруппа	2B + D	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
		ЛО— СО1							
A	1	ИЦСГ	2B + D	ВЭК$_{a1}$	ВЭК$_{a2}$	ВЭК$_{a3}$	АКТ	1	1
	2	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{дс}$	ВЭК$_{i1}$	ВЭК$_{i2}$	ДЕА	1	ПОДК
	3	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{i3}$	ВЭК$_{i4}$	ВЭК$_{i5}$	1	CRC_1	CRC_2
	4	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{i6}$	ВЭК$_{i7}$	ВЭК$_{i8}$	1	CRC_3	CRC_4
	5	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{a1}$	ВЭК$_{a2}$	ВЭК$_{a3}$	1	CRC_5	CRC_6
	6	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{дс}$	ВЭК$_{i1}$	ВЭК$_{i2}$	1	CRC_7	CRC_8
	7	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{i3}$	ВЭК$_{i4}$	ВЭК$_{i5}$	1	CRC_9	CRC_{10}
	8	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{i6}$	ВЭК$_{i7}$	ВЭК$_{i8}$	1	CRC_{11}	CRC_{12}
B, C, . . .									
		СО1 — ЛО							
1	1	ИЦСГ	2B + D	ВЭК$_{a1}$	ВЭК$_{a2}$	ВЭК$_{a3}$	АКТ	1	1
	2	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{дс}$	ВЭК$_{i1}$	ВЭК$_{i2}$	СП$_1$	1	ПОДК
	3	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{i3}$	ВЭК$_{i4}$	ВЭК$_{i5}$	СП$_2$	CRC_1	CRC_2
	4	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{i6}$	ВЭК$_{i7}$	ВЭК$_{i8}$	СОРП	CRC_3	CRC_4
	5	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{a1}$	ВЭК$_{a2}$	ВЭК$_{a3}$	ТПЗ	CRC_5	CRC_6
	6	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{дс}$	ВЭК$_{i1}$	ВЭК$_{i2}$	1	CRC_7	CRC_8
	7	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{i3}$	ВЭК$_{i4}$	ВЭК$_{i5}$	1	CRC_9	CRC_{10}
	8	ЦСГ	2B + D	ВЭК$_{i6}$	ВЭК$_{i7}$	ВЭК$_{i8}$	1	CRC_{11}	CRC_{12}
2, 3, . . .									

1 — резерв = бит, предусмотренный для будущего стандарта, установлен на «1».

ВЭК — внутренний эксплуатационный канал.
а — адресный бит;
дс — индикатор данные/сообщение;
i — информация (данные/сообщение).

ЦСГ — цикловая синхрогруппа.

ИЦСГ — инвертированная цикловая синхрогруппа.

з — бит знака (первый) в четверичном символе.

в — бит величины (второй) в четверичном символе.

АКТ — бит активации (во время активации установлен на «1»)

$СП_1$, $СП_2$ — биты состояния питания (устанавливаются на «0» при нарушениях питания).

СОРП — бит нахождения СО1 в режиме проверки (устанавливается на «0» при режиме проверки)

ТПЗ — бит исключительно только первичного запуска (устанавливается на «1» исключительно только при первичном запуске)

CRC — циклическая проверка по избыточности: охватывает 2B +D и M4
1 — наиболее значащий бит;
2 — следующий наиболее значащий бит;
и т. д.

ДЕА — бит деактивации (устанавливается на «0» для обозначения деактивации).

ПОДК — бит пакета ошибок на дальнем конце (устанавливается на «0» при ошибочном сверхцикле).

Примечание 1. — Сдвиг сверхцикла СО1 - сеть по отношению к сверхциклу сеть - СО1 составляет 60 ± 2 четверичных символа (примерно 0,75 мс). Все биты, кроме цикловой синхрогруппы, подвергаются скремблированию.

Примечание 2.— 8 основных циклов по 1,5 мс → сверхцикл 12 мс.

РИСУНОК II-3/G.961

Построение сверхцикла 2B1Q и распределение дополнительных битов

II.8.3 *Протоколы и процедуры*

Функции канала CL (биты M), определенные ниже, основаны на распределении битов в сверхцикле, представленном на рис. II-3/G.961.

II.8.3.1 *Функция контроля ошибок*

II.8.3.1.1 *Циклическая проверка по избыточности (CRC)*

Биты CRC — это биты M_5 и M_6 в циклах 3—8 сверхцикла. CRC представляет собой код обнаружения ошибок, который создается с помощью соответствующих битов в сверхцикле и вводится в последовательность битов передатчика. В приемнике значение CRC, расчет которых произведен на основе тех же битов, сравниваются со значениями CRC в принимаемой последовательности. Если эти CRC отличаются друг от друга, то, следовательно, в охватываемых контролем битах сверхцикла имеется по крайней мере одна ошибка.

II.8.3.1.2 *Алгоритм CRC*

Код циклической проверки по избыточности (CRC) следует рассчитывать с помощью полинома

$$P(x) = x^{12} \oplus x^{11} \oplus x^3 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1,$$

где

$\oplus$ = суммирование по модулю 2.

Один из методов образования кода CRC для заданного сверхцикла иллюстрируется на рис. II-4/G.961. В начале сверхцикла все ячейки регистра устанавливаются на «0». Затем биты сверхцикла, охватываемые CRC, записываются (в тактовые моменты) в формирователь CRC слева. В течение битов, не охватываемых CRC (ЦСГ, ИЦСГ, M_1, M_2, M_3, M_5, M_6), формирователь CRC остановлен, и ни в одной из ступеней не происходит изменения состояния. После того, как последний бит сверхцикла, охватываемый CRC, записан в ячейку 1 регистра, 12 ячеек регистра содержат код CRC следующего сверхцикла. Между этой точкой и началом следующего сверхцикла запись хранится в ячейках регистра для передачи в области CRC следующего сверхцикла. Следует обратить внимание на то, что бит CRC1 хранится в ячейке 12 регистра, CRC2 — в ячейке 11 и т. д.

Примечание.— Двоичные нули и единицы, поступающие со стыка в эталонной точке T, и соответствующие биты, поступающие от сети (через эталонную точку V_1), должны рассматриваться при расчете CRC соответственно как двоичные единицы и нули.

II.8.3.1.3 *Биты, охватываемые* CRC

Расчет битов CRC должен производиться по битам канала D, обоих каналов B и битов M_4.

II.8.3.2 *Прочие функции битов M*

Ряд операций приема-передачи и технического обслуживания производится с использованием битов M_4, M_5 и M_6 в сверхцикле. Эти биты определены в следующих параграфах.

II.8.3.2.1 *Бит пакета ошибок на дальнем конце (ПОДК)*

В каждом сверхцикле один бит отведен для передачи информации о пакете ошибок на дальнем конце (ПОДК). Бит ПОДК принимает значение «1», если в сверхцикле нет ошибок CRC, и «0», если в сверхцикле содержится ошибка CRC. Бит ПОДК должен быть введен в следующий доступный исходящий сверхцикл и передан обратно к источнику передачи. Биты ПОДК можно контролировать с целью определения качества работы приемника на дальнем конце.

II.8.3.2.2 *Бит активации*

В качестве бита активации используется бит M_4 первого цикла сверхциклов, передаваемых одним из приемопередатчиков. Бит активации используется как часть последовательности запуска, чтобы сообщить о готовности к продолжению связи на уровне 2 (см. § II.10.5).

II.8.3.2.3 *Бит ДЕА*

Бит ДЕА — это бит M_4 второго цикла сверхциклов, передаваемых от ЛО (см. § II.3 и рис. II-3/G.961). Бит ДЕА используется ЛО для того, чтобы сообщить СО1 о своем намерении произвести деактивацию (см. § II.10.1.5.2). Для обеспечения надежного обнаружения бита ДЕА при индикации намерения произвести деактивацию его соответствующее значение («0») должно быть передано в трех последовательных сверхциклах до окончания передачи сигнала.

II.8.3.2.4 *Биты состояния электропитания СО1*

Два бита в каждом сверхцикле (рис. II-3/G.961) должны использоваться для индикации состояния электропитания СО1. В таблице II-1/G.961 представлены значения битов состояния электропитания и соответствующие сообщения и определения.

СО1 должно обладать достаточным запасом накопленной энергии, чтобы передать индикацию критического состояния в течение по крайней мере 3 сверхциклов.

II.8.3.2.5 *Бит индикации режима проверки СО1*

В каждом сверхцикле, передаваемом от СО1 к ЛО, один бит (СОРП) (рис. II-3/G.961) должен использоваться для обозначения того, что СО1 находится в инициированном пользователем режиме проверки. СО1 считается находящимся в режиме проверки, когда канал D или один из каналов B участвует в местном акте технического обслуживания, инициированном пользователем. Находясь в режиме проверки, СО1 может быть недоступным для обслуживания либо неспособным произвести действия, запрошенные сообщениями ВЭК. Для индикации нормальной работы бит должен быть равен «1», а для индикации режима проверки — «0».

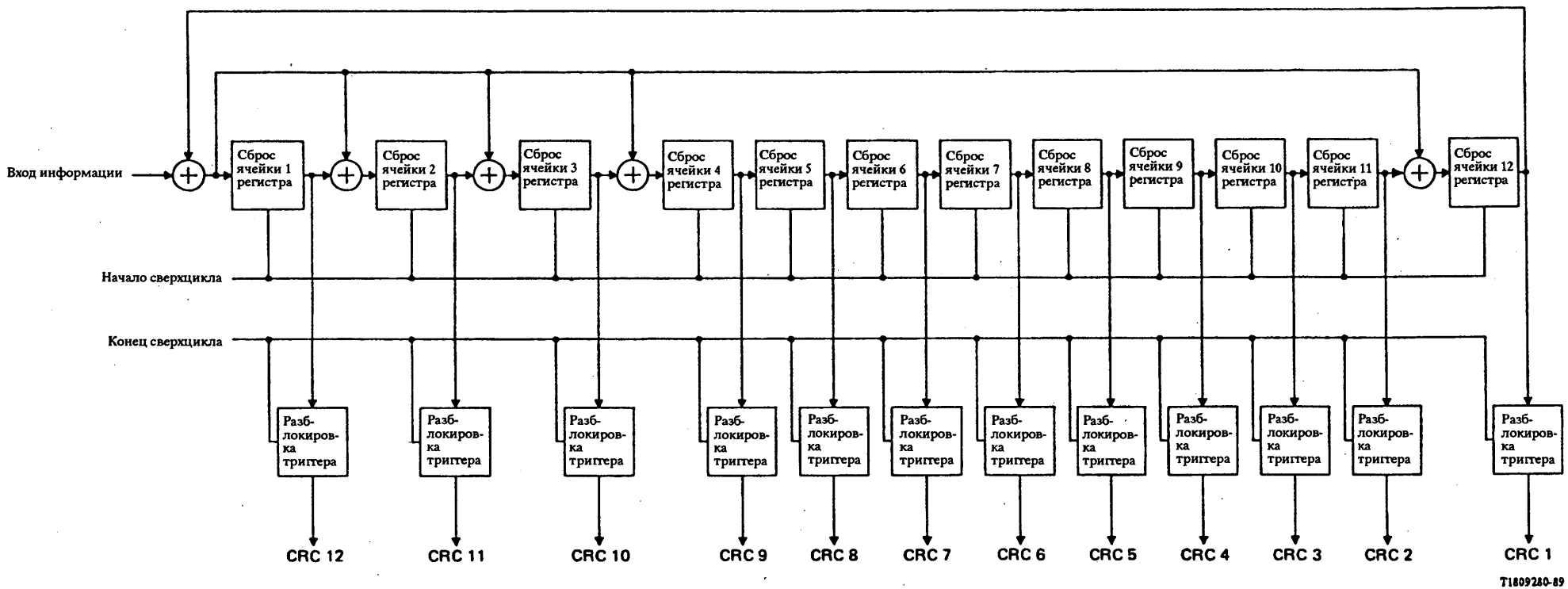


РИСУНОК II-4/G.961

Формирователь CRC-12

ТАБЛИЦА II-1/G.961

Значения битов состояния электропитания и соответствующие сообщения

Состояние СО1	Двоичные значения $сп_1$, $сп_2$	Определение
Все электропитание в норме	11	Первичные и вторичные источники питания в норме
Отсутствует вторичное электропитание	10	Первичное электропитание в норме, но вторичное электропитание на пределе, отказало или не предусмотрено
Отсутствует первичное электропитание	01	Первичное электропитание на пределе или отказало, вторичное электропитание в норме
Критическое состояние	00	Как первичное, так и вторичное электропитание на пределе или отказало. СО1 может вскоре прекратить нормальную работу.

II.8.3.2.6 *Бит исключительно только первичного запуска*

Битом ТПЗ является бит M_4 в пятом цикле сверхцикла, передаваемого СО1. Он служит для индикации возможностей запуска приемопередатчика СО1. Если СО1 имеет приемопередатчик исключительно только первичного запуска, определенный в пункте 4) § II.10, то этот быт устанавливается равным «1». В противном случае этот бит устанавливается в КС3 равным «0».

II.8.3.2.7 *Резервные биты*

Все биты из числа M_4, M_5 и M_6, если они не распределены иначе, резервируются для будущей стандартизации. Резервные биты перед скремблированием должны быть установлены на «1».

II.8.3.3 *Функции внутреннего эксплуатационного канала (ВЭК)*

В каждом сверхцикле двадцать четыре бита (2 кбит/с) отведено для внутреннего эксплуатационного канала (ВЭК), который обеспечивает эксплуатационные потребности связи между сетью и СО1.

II.8.3.3.1 *Цикл ВЭК*

Цикл ВЭК должен быть составлен из 12 битов, синхронных со сверхциклом:

Биты	3	1	8
Обеспечиваемые функции	Адресное поле	Индикатор информационных сообщений	Информационное поле

Трехбитовое адресное поле может использоваться для обеспечения адресов максимально для 7 точек. В рамки данной Рекомендации входит лишь спецификация адресов сообщений, предназначенных для СО1. Дополнительные адреса относятся к промежуточным элементам сети, в которых возможности доступа к системе расширяются с использованием транспортных систем.

Бит индикатора данные/сообщения должен быть установлен на «1» для индикации того, что информационное поле содержит эксплуатационное сообщение; он должен быть установлен на «0» для индикации того, что информационное поле содержит числовые данные. В информационном поле могут быть закодированы до 256 сообщений.

В каждом сверхцикле, содержащем все биты M_1, M_2 и M_3 (см. рис. II-3/G.961), должны передаваться точно два цикла ВЭК.

II.8.3.3.2 *Режим работы*

Протокол ВЭК функционирует в повторяющемся режиме команда/отклик. Три идентичных, надлежащим образом адресованных последовательных сообщения должны быть получены перед тем, как будет начато соответствующее действие. Каждый раз только лишь одно сообщение, управляемое сетью, может оставаться невыполненным (еще не подтвержденным) в ВЭК полного основного доступа.

Сеть должна постоянно посылать надлежащим образом адресованное сообщение. Чтобы вызвать желаемое действие в адресуемом элементе, сеть должна продолжать посылать сообщение, пока она не получит со стороны адресуемого устройства три идентичных следующих друг за другом цикла ВЭК, согласующихся с переданным циклом ВЭК. Когда сеть делает попытку активировать функцию ВЭК, автономные сообщения со стороны СО1 мешают подтверждению приема истинного сообщения ВЭК. Выдача со стороны СО1 и прием сетью трех идентичных, следующих друг за другом, надлежащим образом адресованных сообщений «не могу исполнить» являются для сети извещением о том, что СО1 не обеспечивает запрашиваемую функцию, после чего сеть может отказаться от своей попытки.

Адресованный элемент должен осуществлять действие тогда и только тогда, когда приняты три идентичных, следующих друг за другом и надлежащим образом адресованных цикла ВЭК, которые содержат сообщение, признанное адресованным элементом. СО1 должно отзываться на все принимаемые сообщения. Ответом должен быть эхосигнал от принятого цикла ВЭК в направлении сети, за исключением двух случаев, описываемых ниже. Любой ответ или эхосигнал от цикла ВЭК должен поступать в ближайшем доступном возвратном цикле ВЭК, который допускает задержку при обработке примерно 0,75 мс.

Если СО1 не признает сообщения в надлежащим образом адресованном цикле ВЭК, то вместо эхосигнала при третьем и всех последующих приемах одного и того же правильно адресованного цикла ВЭК, оно должно вернуть сообщение «не могу исполнить» в ближайшем доступном цикле ВЭК.

Если СО1 принимает циклы ВЭК с адресами, отличными от его собственного адреса (000), или циркулярный адрес (111), оно должно в ближайшем доступном цикле ВЭК вернуть в направлении сети цикл ВЭК, содержащий сообщение состояния удержания, и собственный адрес (СО1, адрес, 000).

В специфицированном протоколе не предусмотрены автономные сообщения СО1.

Все действия, инициируемые на СО1, должны быть блокирующимися, с тем чтобы многие действия, инициированные ВЭК, могли совершаться одновременно. Для разблокирования сеть должна передать отдельное сообщение.

II.8.3.3.3 *Адресование*

СО1 должно опознавать один из двух адресов — адрес СО1 и циркулярный адрес. Эти адреса имеют следующий вид:

	Узел	Адрес
	СО1	000
Циркуляр	(все узлы)	111

При посылке сообщения «не могу исполнить» СО1 должно использовать адрес 000.

II.8.3.3.4 *Определение требуемых функций ВЭК*

1) *Образовать шлейф 2B + D:* Эта функция дает СО1 указание образовать шлейф для возвращения к сети информационной последовательности пользователя 2B + D. Этот шлейф — полный и может быть прозрачным или непрозрачным, но в любом случае он будет продолжать обеспечивать достаточный уровень сигнала для подтверждения синхронизации ОО по отношению к СО1.

2) *Образовать шлейф канала B1 (или канала B2):* Эта функция дает СО1 указание образовать шлейф для возвращения к сети отдельного канала B. Шлейф отдельного канала B может обеспечить поканально возможность для технического обслуживания, не нарушая полностью связи с пользователем. Этот шлейф является прозрачным.

3) *Возврат к нормальному состоянию*: Назначение этого сообщения состоит в том, чтобы сбросить все невыполненные операции, управляемые ВЭК, и установить процессор ВЭК в исходное состояние.

4) *Уведомление «не могу исполнить»*: Это будет подтверждением того, что СО1 приняло сообщение ВЭК в качестве истинного, но что это сообщение отсутствует в меню СО1.

5) *Запрос искаженного CRC:* Это сообщение запрашивает передачу искаженного CRC в направлении сети, продолжающуюся до отмены с помощью сообщения «возврат к нормальному состоянию».

6) *Уведомление об искаженном CRC:* Это сообщение уведомляет СО1 о том, что со стороны сети будет передаваться умышленно искаженный CRC вплоть до его отмены, которая будет обозначена сообщением «возврат к нормальному состоянию».

7) *Состояние удержания*: Это сообщение посылает сеть, чтобы удержать процессор ВЭК СО1 и любые активные операции, управляемые ВЭК, в их состоянии на данный момент. Это сообщение может быть также выдано СО1 по направлению к сети для обозначения того, что СО1 принял цикл ВЭК с неправильным адресом.

II.8.3.3.5 *Коды требуемых функций ВЭК*

В таблице II-2/G.961 представлены коды каждой из функций ВЭК, определенных выше в § II.8.3.3.4.

ТАБЛИЦА II-2/G.961

Сообщения, необходимые для команды/ответа в режиме ВЭК

Сообщение	Код сообщения	Источник (и) и назначение (н)	
		Сеть	СО1
Образовать шлейф 2B + D	0101 0000	и	н
Образовать шлейф канала B_1	0101 0001	и	н
Образовать шлейф канала B_2	0101 0010	и	н
Запрос искаженного CRC	0101 0011	и	н
Уведомление об искаженном CRC	0101 0100	и	н
Возврат к нормальному состоянию	1111 1111	и	н
Состояние удержания	0000 0000	н/и	и/н
Уведомление «не могу исполнить»	1010 1010	н	и

Шестьдесят четыре сообщения ВЭК зарезервированы для нестандартных применений в следующих четырех блоках по 16 кодов в каждом (x — «1» или «0»): 0100 xxxx, 0011 xxxx, 0010 xxxx, 0001 xxxx. Все прочие коды, не определенные в таблице II-2/G.961 и не зарезервированные для нестандартных применений, зарезервированы для стандартизации в будущем. Так, 184 кода, относящиеся к адресам СО1 (000) и циркулярным адресам (111), могут быть использованы для будущей стандартизации: 256 полных кодов минус 8 кодов, определенных в таблице, минус 64 кода для нестандартных применений.

Примечание.— Резервирование кодов для нестандартных применений никоим образом не определяет их использование. Любое применение этих кодов не должно приходить в противоречие с протоколом ВЭК. СО1 и ЛО, использующие сообщения для нестандартных применений, возможно, не будут надлежащим образом работать совместно.

II.9 *Скремблирование*

Перед введением ЦСГ информационная последовательность в обоих направлениях передачи подлежит скремблированию на основе полинома 23-го порядка (см. рис. II-5/G.961).

В направлении ЛО — СО1 полином должен иметь вид

$$1 \oplus x^{-5} \oplus x^{-23},$$

где

$\oplus$ = суммирование по модулю 2.

В направлении СО1 — ЛО полином должен иметь вид

$$1 \oplus x^{-18} \oplus x^{-23},$$

где

$\oplus$ = суммирование по модулю 2.

Двоичная информационная последовательность восстанавливается в приемнике посредством преобразования скремблированной информации тем же полиномом, что и использованный в передатчике.

Примечание.— Двоичные «1» и «0», поступающие на приемник СО1 со стыка в эталонной точке Т или поступающие на обращенный в сторону ЛО приемопередатчик со стороны сети, должны представлять собой соответственно «1» и «0» на входе скремблера. Кроме того, во время передачи/приема цикловой синхрогруппы или инвертированной цикловой синхрогруппы состояние скремблера должно оставаться неизменным. (Предупреждение: Часто биты на входе представляют собой последовательность сплошных «1», например во время периода незанятости или во время запуска. При необходимости подвергнуть скремблированию сплошные «1» в начальном состоянии регистр сдвига скремблера не должен быть сплошь заполнен «1».)

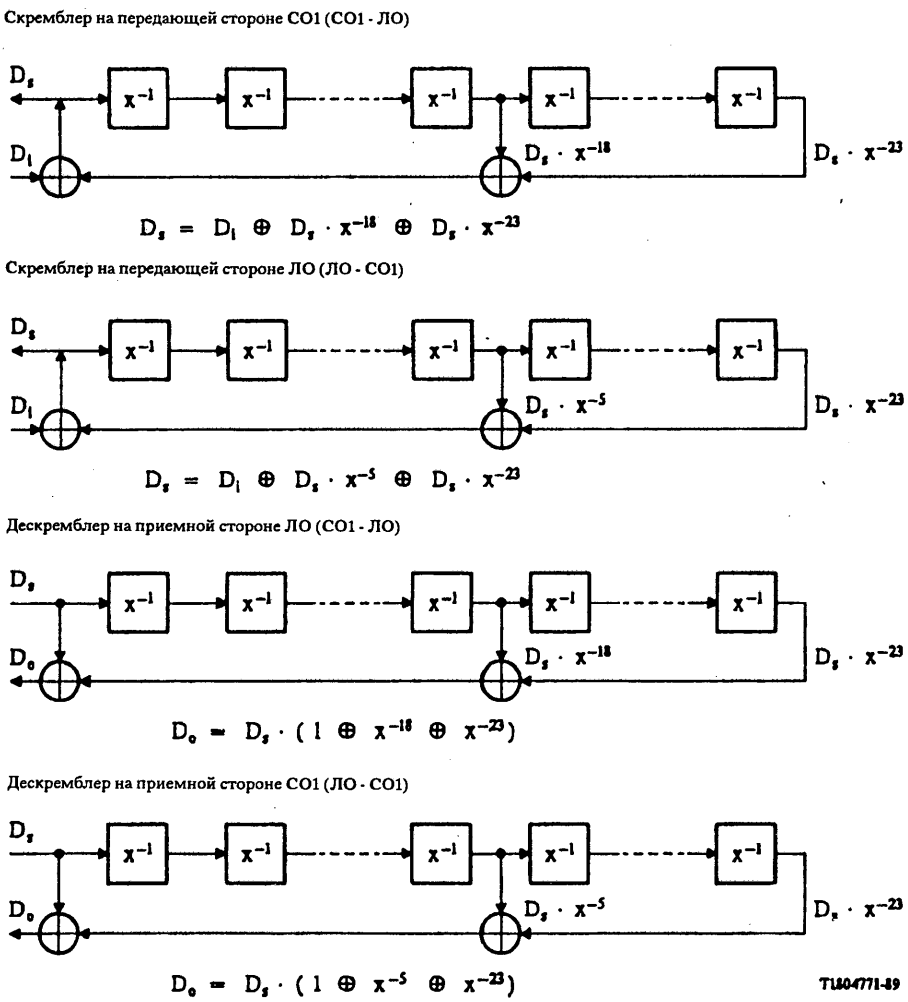


РИСУНОК II-5/G.961

Скремблер и дескремблер

II.10 *Активация/деактивация*

В данном разделе приводятся условия и примеры обеспечения запросов активации/деактивации, индикаторов активации и деактивации и индикаторов ошибок. Система передачи способна образовывать шлейфы, но последние не иллюстрируются примерами. Система передачи может быть также активирована без активации стыка в эталонной точке Т. Не предусмотрено специальных мер для обеспечения активации системы передачи без активации стыка в эталонной точке Т, но такая возможность и не исключена (например, посредством использования свободных битов канала CL).

Нижеследующие определения имеют целью пояснить приводимые ниже условия:

1) *Запуск*: Процесс характеризуется выдачей со стороны ЛО и со стороны СО1 последовательности сигналов. В результате запуска устанавливается режим «ведущий-ведомый», то есть происходит синхронизация приемников и предварительная настройка (тренировка) корректоров и эхокомпенсаторов, пока не будут созданы необходимые условия для дуплексной передачи.

2) *Вторичный запуск*: Процесс запуска, который относится к приемопередатчикам, отвечающим необязательным требованиям ко времени активации при вторичном запуске, после того как они уже были ранее синхронизированы и вслед за этим ответили на запрос деактивации. Вторичный запуск возможен только при условии, что не произошло изменений в характеристиках линии и оборудования. Приемопередатчики, отвечающие требованиям, относящимся ко вторичному запуску, называются приемопередатчиками вторичного запуска.

3) *Первичный запуск*: Процесс запуска, который относится к приемопередатчикам, которые либо не отвечают необязательным требованиям ко времени активации при вторичном запуске, либо не находились непрерывно в состоянии деактивации после запроса деактивации в направлении СО1. Первичный запуск относится также к случаю изменений характеристик линии или оборудования или характеристик того и другого. Первичный запуск должен всегда начинаться от состояния сброса.

4) *Исключительно только первичный запуск* (ТПЗ): Приемопередатчики СО1, которые не удовлетворяют необязательным требованиям ко времени активации при вторичном запуске (см. § II.10.6), называются приемопередатчиками исключительно только первичного запуска.

5) *Сброс:* Состояние сброса состоит из двух подсостояний: состояние сброса на приеме и состояние полного сброса. В других разделах настоящей Рекомендации термин «сброс» используется применительно к состоянию полного сброса.

   Сброс никак не сказывается на состоянии сходимости коэффициентов корректора или эхокомпенсатора приемопередатчика. Состояния сброса применимы как для приемопередатчиков исключительно только первичного запуска, так и для приемопередатчиков вторичного запуска.

   Для различных конкретных построений приемопередатчика состояния (или подсостояния) сброса могут реализоваться посредством различных и, возможно, многих внутренних состояний.

6) *Полный сброс:* Состоянием полного сброса называется состояние, при котором приемопередатчик обнаружил пропадание сигнала с дальнего конца и не ведет передачу (посылая сигнал в шлейф).

   Состояние полного сброса должно также устанавливаться вслед за включением питания.

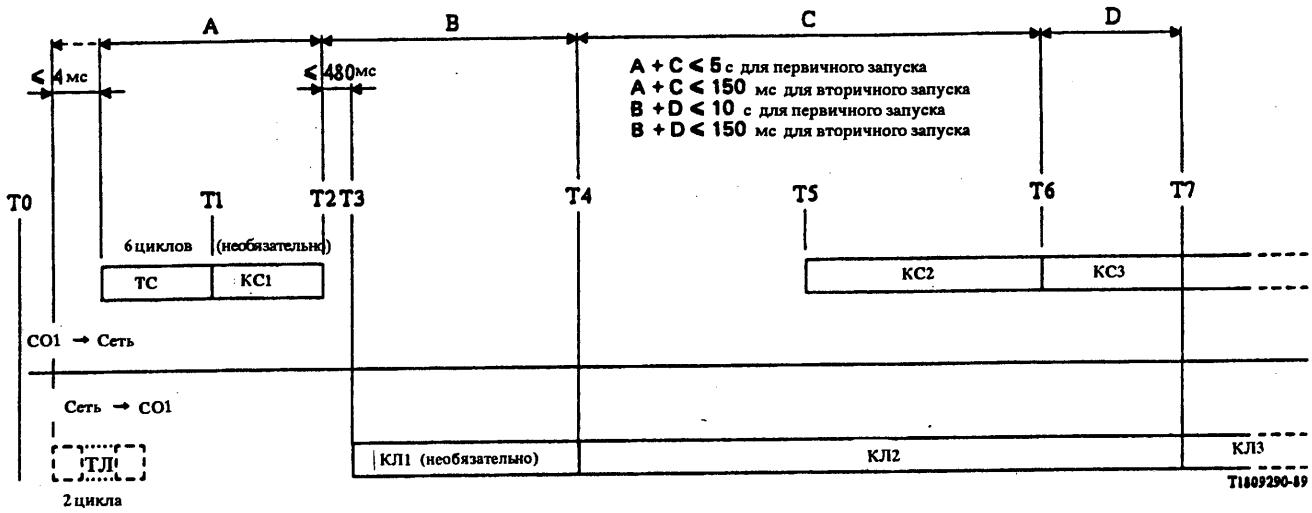
   Пока СО1 находятся в состоянии полного сброса, они могут начинать передачу только для того, чтобы запросить связь. При всех прочих условиях, при которых стык был деактивирован, СО1 должны оставаться пассивными, то есть они не должны начинать передачу какого-либо сигнала, пока СО1 не примет сигнал ТЛ от сети.

7) *Сброс на приеме:* Состояние сброса на приеме является переходным состоянием, при котором СО1 обнаружило пропадание сигнала с дальнего конца и не ведет передачу (посылая сигнал в шлейф) и, кроме того, не имеет возможности начать выдачу последовательности запуска (послать тон подготовки), но должно быть способно реагировать на последовательность запуска (обнаружить тон подготовки). СО1 должно оставаться в этом состоянии по крайней мере в течение 40 мс после обнаружения пропадания принимаемого сигнала, как это определено в §§ II.10.1.5.2 и II.10.2, после чего приемопередатчик должен быть переведен в состояние полного сброса.

II.10.1 *Сигналы, используемые для активации*

II.10.1.1 *Сигналы во время запуска*

Рис. II-6/G.961 определяет сигналы, вырабатываемые приемопередатчиками во время запуска. Эти сигналы относятся к обоим типам запусков, то есть к первичному и вторичному запускам. Во время запуска все сигналы на стыке должны состоять из последовательностей символов, форма которых определена в § II.12.2.



Временное описание события или состояния:

T0 — состояние сброса.
T1 — сеть и СО1 подготовлены.
T2 — СО1 прерывает передачу, обозначая, что СО1 готово к приему сигнала.
T3 — в ответ на окончание сигнала сеть начинает передавать сигнал в направлении СО1.
T4 — сеть начинает передавать КЛ2 в направлении СО1, обозначая, что сеть готова принимать КС2.
T5 — СО1 начинает передавать КС2 в направлении сети, обозначая, что СО1 приняло цикл с ЦСГ и обнаружило КЛ2.
T6 — СО1 приняло маркер сверхцикла и находится полностью в рабочем состоянии.
T7 — сеть приняла маркер сверхцикла и находится полностью в рабочем состоянии.

РИСУНОК II-6/G.961

Последовательность состояний при запуске приемопередатчика

Скремблер используется обычным образом для обработки сигналов, за исключением тонов подготовки (ТС и ТЛ). Например, на рис. II-7/G.961 представлены «1» в каналах B и D и дополнительные биты в сигнале КС1. Эти «1» подвергаются перед кодированием скремблированию, образуя на стыке на этих позициях случайную последовательность импульсов.

Все последовательности импульсов, если на рис. II-7/G.961 не оговорено противное, образуют циклы и сверхциклы в соответствии с нормальной структурой циклов, показанной на рис. II-1/G.961, II-2/G.961 и II-3/G.961, и все импульсы, за исключением цикловой синхрогруппы, представляют собой биты, подвергшиеся скремблированию. Сигналы ТС и ТЛ представляют собой тоны 10 кГц, образованные посредством повторения следующей комбинации символов, не подвергшихся скремблированию и не структурированных по циклам:

$$\ldots +3 +3 +3 +3 -3 -3 -3 -3 \ldots$$

II.10.1.2 *Скорость в линии во время запуска*

Во время запуска сеть должна выдавать символы с номинальной линейной скоростью при допуске, определенном в § II.2.1.2.

Скорость символов, выдаваемых СО1, должна быть равной 80 кбод$\pm 100 \cdot 10^{-6}$.

Сигнал	Цикловая синхрогруппа (ЦСГ)	Сверхцикл (ИЦСГ)	2B + D	M	Начало	Конец	Время (циклы)
ТС	± 3‡	± 3‡	± 3‡	± 3‡	†	†	6
КС1	Есть	Отсутствует	1	1	T1	T2	–
КС2	Есть	Отсутствует	1	1	T5	T6	–
КС3	Есть	Есть	Нормально +	Нормально	T6	•	–
ТЛ	± 3‡	± 3‡	± 3‡	± 3‡	†	†	2
КЛ1	Есть	Отсутствует	1	1	T3	T4	–
КЛ2	Есть	Есть	0	Нормально	T4	T7	–
КЛ3	Есть	Есть	Нормально +	Нормально	T7	•	–

‡ — структура тонов состоит из чередующихся четырех символов + 3 и четырех символов — 3 и не содержит цикловой синхрогруппы.

† — время начала и/или конца сигнала см. на рис. II-6/G.961 и в § II.10.1.3.

ТС, ТЛ — тоны, выдаваемые соответственно СО1 или ЛО (см. § II.10.1.1).

КСx, КЛx — комбинации импульсов, выдаваемые соответственно СО1 или ЛО.

Тx — обозначение относится к моментам перехода, определенным на рис. II-6/G.961.

Отсутствует — в колонке сверхцикла это обозначение означает, что вместо ИЦСГ передается ЦСГ.

Нормально — это означает, что биты M передаются по 2-проводной линии, как это требуется во время нормальной работы; например, передаются истинные биты CRC, биты ВЭК и индикаторные биты.

Нормально + — не считая образования шлейфа, биты 2B+D должны оставаться в предыдущем состоянии (КС2 или КЛ2) до тех пор, пока оба бита активации не укажут на полную прозрачность каналов B и D (то есть в КС3 и КЛ3 биты 2B+D должны оставаться соответственно в состояниях «1» и «0», пока на обоих концах ЦМЛ не будет достигнута прозрачность).

Сигналы КС3 и КЛ3 продолжаются бесконечно долго (или вплоть до деактивации).

РИСУНОК II-7/G.961

Определение сигналов, используемых в период запуска

II.10.1.3 *Последовательность запуска*

На рис. II-6/G.961 представлена последовательность сигналов на стыке, которые вырабатываются приемопередатчиком. На рис. II-7/G.961 определены точки перехода в последовательности. Дополнительную информацию о событиях на стыке в эталонной точке T читатель может получить в Рекомендации I.430.

II.10.1.4 *Подготовка*

Если приемопередатчики, отвечающие необязательным требованиям ко времени активации при вторичном запуске, или СО1 с исключительно только первичным запуском, обладающие необязательной возможностью инициирования запуска, находятся в состоянии сброса или в деактивном состоянии в результате реакции на запрос деактивации, любой из приемопередатчиков может инициировать запуск посредством выдачи тона, определенного на рис. II-7/G.961.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

II.10.1.5 *Индикаторы хода процесса*

II.10.1.5.1 *Активация*

В направлении СО — ЛО бит активации остается установленным на «0», пока абонентское оборудование не укажет на наступление готовности к передаче. Соответствующим действием в эталонной точке Т абонентского оборудования является прием сигнала ИНФО 3. Чтобы известить об этом развитии процесса, бит активации, выдаваемый СО1, устанавливается равным «1». В случае, если ИНФО 3 опережает моменты времени Т6 и Т7, указанное извещение о развитии процесса не должно влиять на дополнительные символы на стыке до момента Т6, когда дополнительные биты СО1 получают разрешение на нормальный вид и не могут быть обнаружены ЛО вплоть до момента Т7.

После события Т7 (рис. II-6/G.961) и после того, как бит активации, = «1» принят от СО1, ЛО устанавливает значение бита действия равным «1», чтобы сообщить о готовности к связи на уровне 2 (см. § II.8.3.2.2).

II.10.1.5.2 *Деактивация*

Приемопередатчики в активном состоянии, которые отвечают необязательным требованиям ко времени активации при вторичном запуске, должны прекратить передачу при приеме бита ДЕА (см. § II.8.3.2.3) и последующем пропадании принимаемого сигнала. Бит ДЕА, выдаваемый ЛО, должен быть установлен на «1» перед тем, как будет инициирована активация. ЛО должно известить о деактивации, установив значение ДЕА на «0».

ЛО должно посылать ДЕА = «0» в течение по крайней мере трех сверхциклов, прежде чем прекратить передачу. Оно должно прекратить передачу перед тем, как послать бит ДЕА в сверхцикле, следующем за сверхциклом, в котором бит ДЕА = «0» посылается в последний раз. В течение сверхциклов с ДЕА = «0» СО1 имеет время, чтобы подготовиться к деактивации. СО1 после обнаружения пропадания сигнала от ЛО должно прекратить передачу, перейти в состояние сброса при приеме и стать деактивным. Его время реакции на пропадание принимаемого сигнала должно быть таким, чтобы СО1 перешло в состояние сброса при приеме в течение 40 мс после того, как на его стыке пропал сигнал. Как указано в определениях, данных в начале § II-10, оно не должно инициировать передачу тона подготовки в течение по крайней мере 40 мс после того, как прекратит передачу, и после этого оно должно перейти в состояние полного сброса. ЛО должно перейти в состояние полного сброса после обнаружения пропадания принимаемого сигнала.

Приемопередатчики ЛО, не реализующие требования ко времени активации при вторичном запуске, должны непрерывно удерживать значение ДЕА равным «1».

II.10.2 *Таймеры*

Таймеры должны использоваться для определения моментов перехода в состояния сброса. В случае возникновения любого из следующих событий:

1) неуспех в завершении запуска в течение 15 с (вторичный или первичный запуск),

2) пропадание принимаемого сигнала более чем на 480 мс,

3) потеря синхронизации более чем на 480 мс,

приемопередатчик должен реагировать следующим образом: в случаях 1) или 3) он должен прекратить передачу, а потом при последующем обнаружении пропадания принимаемого сигнала перейти в состояние сброса на приеме. Время реакции приемопередатчика на пропадание сигнала [после того, как возникли условия 1) или 2)] должно быть таким, чтобы он перешел в состояние сброса на приеме и был способен реагировать на начало выработки тона подготовки приемопередатчиком дальнего конца не позднее, чем через 40 мс после того, как приемопередатчик дальнего конца прекратит передачу. В случае 2) приемопередатчик должен немедленно перейти в состояние сброса на приеме. Как определено в пункте 7) § II.10 приемопередатчик должен оставаться в состоянии сброса на приеме по крайней мере 40 мс, после чего он должен перейти в состояние полного сброса. Приемопередатчик может не инициировать передачу тона подготовки в состоянии сброса на приеме.

В случаях 2) и 3) условия относятся к приемопередатчикам после запуска, то есть после достижения сверхцикловой синхронизации (см. Т6 и Т7 на рис. II-6/G.961 соответственно для приемопередатчиков СО1 и ЛО).

Кроме того, СО1 должно перейти в состояние полного сброса, если сигнал не принят в течение 480 мс после прекращения передачи ТС или КС1 (если она выдается) (см. Т2 — Т3 на рис. II-6/G.961 и II-7/G.961).

II.10.3 *Описание процедуры активации*

II.10.3.1 *Активация со стороны абонентского оборудования*

Пока СО1 и ЛО остаются в деактивном состоянии, являющемся результатом приема и реакции на запрос деактивации, или пока они находятся в состоянии сброса, запрос активации со стороны абонентского оборудования вызывает передачу сигнала (тона) ТС от СО1 к ЛО. ЛО, приняв ТС, должно оставаться пассивным вплоть до обнаружения прекращения поступления сигнала от СО1. Остаток последовательности после этого выдается в соответствии с рис. II-6/G.961 и II-7/G.961. В случае попытки в это же время активации со стороны ЛО оно может без ущерба послать тон ТЛ во время тона ТС.

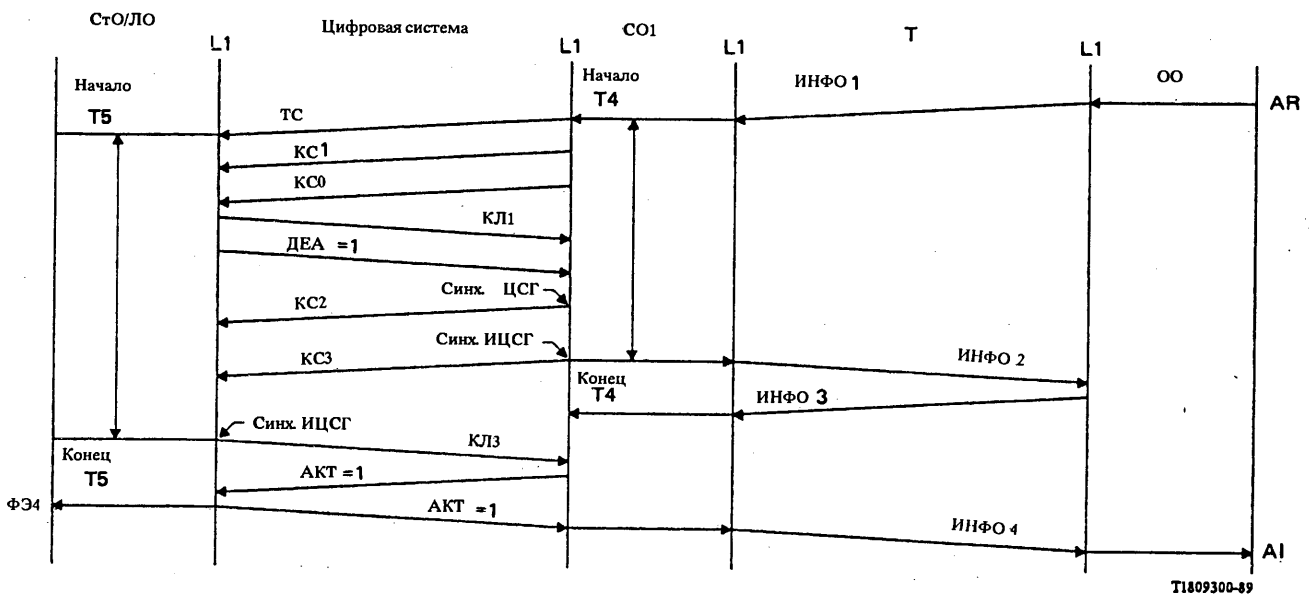
Находясь в состоянии сброса, СО1 может инициировать передачу только для запроса обслуживания. При всех прочих условиях, при которых система деактивирована, СО1 должно оставаться пассивным, то есть оно не должно начинать передавать какой бы то ни было сигнал, пока СО1 не получит сигнал ТЛ от ЛО.

II.10.3.2 *Активация со стороны сети*

Пока СО1 и ЛО находятся в деактивном состоянии вследствие приема запроса на деактивацию и реакции на него или пока они находятся в состоянии сброса, запрос активации со стороны ЛО вызывает передачу сигнала от ЛО к СО1. СО1, приняв ТЛ, отвечает выдачей ТС в течение 4 мс от начала ТЛ. Остальная последовательность выдается после этого в соответствии с рис. II-6/G.961 и II-7/G.961.

II.10.3.3 *Последовательность передачи сигналов*

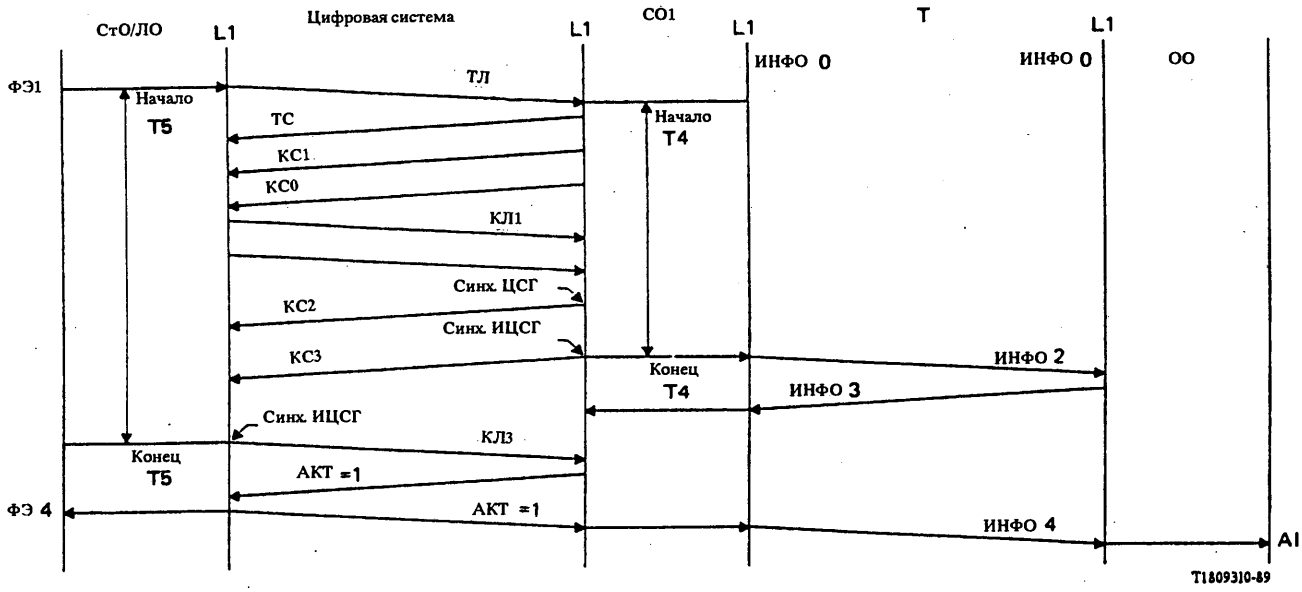
Примеры последовательности передачи сигналов для активации как оконечным, так и станционным оборудованием представлены на рис. II-8/G.961 и II-9/G.961.



Примечание.— ИНФО 3 и КЛ3 могут быть приняты СО1 теоретически в любом порядке.

РИСУНОК II-8/G.961

Активация, инициируемая оконечным оборудованием



Примечание.— ИНФО 3 и КЛ3 могут быть приняты СО1 теоретически в любом порядке.

РИСУНОК II-9/G.961

Активация, инициируемая коммутационной станцией

II.10.3.4 *Прозрачность*

Прозрачность передачи в обоих направлениях от СО1 обеспечивается после того, как СО1 достигнет полностью рабочего состояния (Т6), а бит активации от ЛО и бит ДЕА примут значение «1». Полностью рабочее состояние СО1 предполагает, что СО1:

1) получило хронирование по битам и цикловую синхронизацию от поступающего со стороны ЛО сигнала,

2) опознало маркер сверхцикла, поступающего от ЛО,

3) обеспечило полную сходимость коэффициентов эхокомпенсатора и корректора.

Прозрачность передачи в обоих направлениях от ЛО обеспечивается, когда ЛО:

1) достигает полностью рабочего состояния (Т7),

2) обнаруживает наличие маркера сверхцикла, поступающего от СО1,

3) принимает бит активации = «1» от СО1.

Полностью рабочее состояние ЛО предполагает, что ЛО:

1) получило синхронизацию по битам от поступающего со стороны СО1 сигнала, а также цикловую синхронизацию,

2) опознало маркер сверхцикла, поступающего от СО1,

3) обеспечило полную сходимость коэффициентов эхокомпенсатора и корректора.

После того как и ЛО, и СО1 достигли прозрачности в обоих направлениях, биты активации должны продолжать отражать состояние готовности ЛО и оконечного оборудования к связи на уровне 2. Бит активации в направлении ЛО — СО1 должен отражать состояние стороны стыка, обращенной к ЛО. Бит активации в направлении СО1 — ЛО должен отражать состояние стороны стыка, обращенной к СО1. Когда один из концов по какой-либо причине теряет готовность к связи на уровне 2 (например, терминал не вставлен в разъем), этот конец должен установить передаваемый им бит активации на «0». Изменение значения этого бита должно быть повторено по крайней мере в трех передаваемых друг за другом сверхциклах.

II.10.4 *Таблица перехода состояний CO1*

Таблица II-3/G.961 является примером таблицы перехода состояний CO1 в зависимости от ИНФО, СИГ и таймеров.

ТАБЛИЦА II-3/G.961

Таблица перехода состояний CO1 в зависимости от ИНФО, СИГ и таймеров

Событие	Название состояния	Питание выкл.	Полный сброс	Тревога	Тренировка ЭК	ЭК настроен	Синх. ЦСГ	Синх. ИЦСГ	Ожидание актив.	Активный	Ожидание деактив.	Авария	ОО без действует	Сброс на прм.
	Код состояния	CO0	CO1 (T0)	CO2	CO3 (T1)	CO4 (T2)	CO5 (T5)	CO6 (T6)	CO7	CO8	CO9	CO10	CO11	CO12
	Tx (примечание 6)	KC0 ИНФО 0	KC0 ИНФО 0	TC ИНФО 0	KC1 ИНФО 0	KC0 ИНФО 0	KC2 ИНФО 0	KC3 АКТ = 0 ИНФО 2	KC3 АКТ = 1 ИНФО 2	KC3 АКТ = 1 ИНФО 4	KC3 (примечание 7	KC0 ИНФО 0	KC3 АКТ = 0 ИНФО 2	KC0 ИНФО 0
Питание включено		CO1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Отказ питания		–	CO0	CO0	CO0	CO0	CO0	CO0	CO0	CO0	CO0	CO0	CO0	CO0
Принят в Т сигнал ИНФО 1 (примечания 1 и 2)		/	ST.T4 CO2	–	–	–	–	–	–	/	/	–	/	–
Принят в Т сигнал ИНФО 3 (примечания 1 и 3)		/	/	/	/	/	/	CO7	–	–	–	–	CO7	/
Принят в Т сигнал ИНФО 0 (примечания 1 и 4)		/	–	–	–	–	–	–	CO11	CO11	–	–	/	–
Конец тона ТС (9мс)		/	/	CO3	–	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Принят тон ТЛ		/	ST.T4 CO2	–	/	/	/	/	/	/	/	/	/	ST.T4 STP.T6 CO2
Эхокомпенсатор настроен		/	–	–	CO4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Синхронизация по основным циклам (ЦСГ)		/	/	/	/	CO5	–	–	–	–	–	–	–	–
Синхронизация по сверхциклам (ИЦСГ)		/	/	/	/	/	STP.T4 CO6	–	–	–	–	–	–	–
Принят ДЕА = 0 (примечание 6)		/	/	/	/	/	/	CO9	CO9	CO9	–	–	CO9	–
Принят АКТ = 0		/	/	/	/	/	/	–	–	CO7	–	–	–	–
Принят АКТ = 1 и ДЕА = 1		/	/	/	/	/	/	–	CO 8 AI	–	–	–	–	–
Потеря синхронизации (> 480 мс)		/	/	/	/	/	/	CO10	CO10	CO10	–	–	CO10	–
Пропадание сигнала (>480 мс)		/	/	/	/	ST.T6 CO1	ST.T6 CO12	ST.T6 CO12	ST.T6 CO12	ST.T6 CO12	/	/	ST.T6 CO12	–
Истечение времени таймера T4 (15с)		/	–	CO10	CO10	CO10	CO10	/	/	/	/	–	/	–
Пропадание сигнала (< 40 мс)		/	/	/	/	/	/	/	/	/	ST.T6 CO12	ST.T6 CO12	/	/
Истечение времени таймера T6 (40 мс)		/	–	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	CO1

Примечание.— Символы и сокращения см. в таблице II-4/G.961.

II.10.5 *Таблица перехода состояний ЛО*

Таблица II-4/G.961 является примером таблицы перехода состояний ЛО в зависимости от ФЭ, СИГ и таймеров.

ТАБЛИЦА II-4/G.961

Таблица перехода состояний ЛО в зависимости от ФЭ, СИГ и таймеров

Событие	Название состояния	Питание выкл.	Полный сброс	Тревога	Подготовка	Тренировка ЭК	ЭК настроен	Синх. ЦСГ	Синх. ИЦСГ	Активный	Тревога деактив.	Авария	Ожидание деактив.	Сброс на прм.
	Код состояния	ЛО0	ЛО1 (Т0)	ЛО2	ЛО3 (Т1)	ЛО4 (Т3)	ЛО5 (Т4)	ЛО6	ЛО7 (Т7)	ЛО8	ЛО9	ЛО10	ЛО11	ЛО12
	Тх	КЛ0	КЛ0	ЛО	КЛ0	КЛ1	КЛ2 ДЕА = 1 АКТ = 0	КЛ2 ДЕА = 1 АКТ = 0	КЛ3 ДЕА = 1 АКТ = 0	КЛ3 ДЕА = 1 АКТ = 1	КЛ3 ДЕА = 0 АКТ = 0	КЛ0	КЛ0	КЛ0
Питание включено		ЛО1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Отказ питания		–	ЛО0 ФЭ7	ЛО0 ФЭ7	ЛО0 ФЭ7	ЛО0 ФЭ7	ЛО0 ФЭ7	ЛО0 ФЭ7	ЛО0 ФЭ7	ЛО0 ФЭ7	ЛО0 ФЭ7	ЛО0 ФЭ7	ЛО0 ФЭ7	ЛО0
Запрос активации (ФЭ1)		/	ST.T5 ЛО2	–	–	–	–	–	–	/	/	–	–	–
Запрос деактивации (ФЭ5) (примечание 8)		/	–	–	–	–	–	–	ЛО9 ФЭ7	ЛО9	–	–	–	–
Конец тона ТЛ (3мс)		/	/	ЛО3	–	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Принят тон ТС		/	ST.T5 ЛО 3	–	–	/	/	/	/	/	/	/	/	ST.T5 STP.T7 ЛО3
Пропадание энергии сигнала		/	–	–	ЛО4	–	/	/	/	/	/	/	/	–
Эхокомпенсатор настроен		/	–	–	–	ЛО5	–	–	–	–	–	–	–	–
Синхронизация по основным циклам (ЦСГ)		/	/	/	/	/	ЛО6	–	–	–	–	–	–	–
Синхронизация по сверхциклам (ИЦСГ)		/	/	/	/	/	/	STP.T5 ЛО7	–	–	–	–	–	–
Принят АКТ = 0		/	/	/	/	/	/	/	–	ЛО7 ФЭ6,7	–	–	–	–
Принят АКТ = 1		/	/	/	/	/	/	/	ЛО8 ФЭ4	–	–	–	–	–
Потеря синхронизации (> 480 мс)		/	/	/	/	/	/	/	ЛО10 ФЭ7	ЛО10 ФЭ6,7	–	–	–	–
Пропадание сигнала (> 480 мс)		/	/	/	/	/	/	ST.T7 ЛО12 ФЭ7	ST.T7 ЛО12 ФЭ7	ST.T7 ЛО12 ФЭ6,7	–	/	/	/
Конец последнего сверхцикла с ДЕА = 0 (примечание 9)		/	/	/	/	/	/	/	/	/	ЛО11	/	/	/
Истечение времени таймера Т5 (15 с)		/	–	ЛО10 ФЭ7	ЛО10 ФЭ7	ЛО10 ФЭ7	ЛО10 ФЭ7	ЛО10 ФЭ7	/	–	/	–	/	/
Пропадание сигнала (< 40 мс)		/	–	/	/	/	/	/	/	/	/	ST.T7 ЛО12	ЛО1	–
Истечение времени таймера Т7 (40 мс)		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	ЛО1

Символы, сокращения и примечания к таблицам II-3/G.961 и II-4/G.961

— — ни изменений, ни действий.

/ — невозможная ситуация.

ФЭ1 — функциональный элемент — соответствует примитиву запроса активации — PH-AR.

ФЭ4 — функциональный элемент — соответствует примитиву индикации активации — PH/MPH-AI.

ФЭ5 — функциональный элемент — соответствует примитиву запроса деактивации — MPH-DR.

ФЭ6 — функциональный элемент — соответствует примитиву индикации деактивации — MPH-DI.

ФЭ7 — функциональный элемент — соответствует примитиву индикации ошибок.

СОn — перейти в состояние «СОn».

ЛОn — перейти в состояние «ЛОn».

ST.Tn — запуск таймера Tn.

STP.Tn — остановка таймера Tn.

КЛ0 — сигнал отсутствует.

Примечание 1.— Эти события инициируются матрицей конечного состояния (МКС) «G», определенной в Рекомендации I.430, и передаются с помощью сообщений к «СО» МКС.

Примечание 2.— Это условие действует как событие «запрос активации».

Примечание 3.— Это условие указывает на то, что информационный тракт пользователя (каналы 2B + D) в направлении ОО — СО1 прозрачен для информации пользователя.

Примечание 4.— Это условие указывает на то, что информационный тракт пользователя (каналы 2B + D) в направлении ОО — СО1 непрозрачен для информации пользователя.

Примечание 5.— Это событие имеет приоритет в сравнении с принятым битом активации = «0» для СО1 со вторичным запуском. Это событие может быть оставлено без последствий в случае СО1, нежелающих переходить в состояние деактивации (СО1 с исключительно только первичным запуском).

Примечание 6.— Хотя сигналы ИНФО в эталонной точке Т показаны как сигналы передачи в «СО» МКС, «СО» МКС не управляет этими сигналами непосредственно. Они включены лишь для информации.

Примечание 7.— Выходные сигналы в этом состоянии остаются независимыми от выходных сигналов во время предыдущего состояния (например, бит активации = «0», если предшествовало СО6 или СО11, или бит активации = «1», если предшествовало СО7 или СО8).

Примечание 8.— Это событие вызовет деактивацию СО1 независимо от того, является ли передатчик передатчиком исключительно только первичного запуска или передатчиком вторичного запуска.

Примечание 9.— Это событие должно происходить после приема по крайней мере трех сверхциклов. См. § II.10.1.5.2.

II.10.6 *Время активации*

ЛО и СО1 должны завершить процессы запуска, включая синхронизацию и тренировку корректоров вплоть до достижения рабочих характеристик, в течение следующих отрезков времени: приемопередатчики исключительно только первичного запуска должны достигнуть синхронизма за 15 с. Приемопередатчики, соответствующие необязательным требованиям ко времени активации при вторичном запуске, должны достигать синхронизма за 300 мс при вторичном запуске и за 15 с при первичном запуске. 15-секундная норма на время первичного запуска распределяется таким образом, чтобы на долю СО1 приходилось 5 с, а на долю ЛО — 10 с. При вторичном запуске норма на время запуска в 300 мс распределяется поровну между СО1 и ЛО, по 150 мс на каждое. Подробности см. на рис. II-6/G.961.

Примечание.— Норма 300 мс относится лишь к лабораторным испытаниям. При образовании реальных шлейфов во время эксплуатации таймер на 300 мс не участвует. (См. определения вторичного и первичного запусков в § II.10).

Как показано на рис. II-6/G.961, временные характеристики запуска охватывают отрезок времени от тона подготовки до T7 и не включают время для активации оконечного абонентского оборудования. Все временные отрезки активации относятся только к ЦМЛ и не относятся ко всему тракту абонентского доступа, в котором могут участвовать транспортные системы.

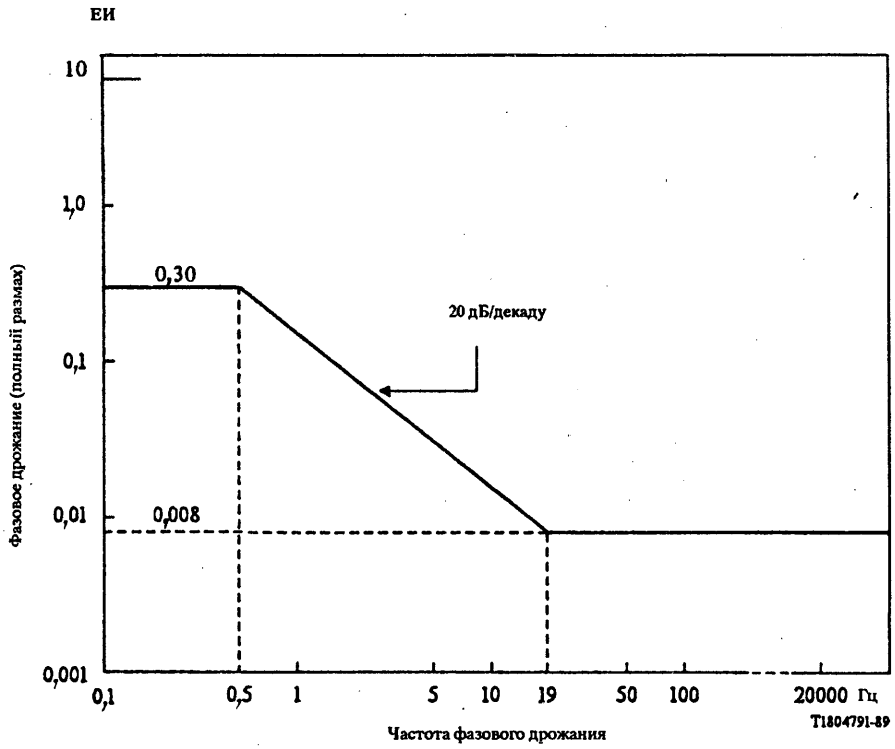
Примечание.— В Рекомендации G.960 дано значение 10 с. Это значение должно соблюдаться с вероятностью 0,95.

II.11 *Фазовое дрожание*

Для обеспечения выполнения требований Рекомендации I.430 к фазовому дрожанию, фазовое дрожание хронирующего сигнала, выделенного в задающем генераторе СО1, не должно выходить за пределы, указанные на рис. 9/I.430 и в § 8.3.1 Рекомендации I.430. Допуски на фазовое дрожание призваны гарантировать, что указанные в Рекомендации I.430 предельные нормы обеспечиваются предельными нормами на фазовое дрожание в системе передачи по абонентским линиям. Приведенные ниже предельные нормы фазового дрожания должны соблюдаться независимо от протяженности абонентской линии и наличия или отсутствия одного регенератора при условии соблюдения характеристик средств передачи. Предельные нормы должны соблюдаться независимо от передаваемого сигнала. В настоящей Рекомендации фазовое дрожание определено с использованием понятия единичного интервала (ЕИ) номинального сигнала 80 кбод (12,5 μс).

II.11.1 *Допуск на фазовое дрожание входного сигнала*

Эксплуатационные нормы СО1 должны обеспечиваться при максимальной величине дрейфа/дрожания фазы, указанной на рис. II.-10/G.961, для фазового дрожания с одиночными частотами в диапазоне от 0,1 Гц до 20 кГц, наложенного на испытательный сигнал со скоростью следования принимаемых символов 80 кбод$\pm 5 \cdot 10^{-6}$. СО1 должно также удовлетворять эксплуатационным нормам при дрейфе фазы до 1,44 ЕИ (полный размах) за сутки при максимальной скорости изменения фазы 0,06 ЕИ/час.



Примечание.— Единичный интервал (ЕИ) = 12,5 μс.

РИСУНОК II-10/G.961

Допустимое синусоидальное фазовое дрожание сигнала на входе СО1

II.11.2 *Предельные значения фазового дрожания сигнала на выходе СО1*

При определенном в § II.11.1 (с оговоренными исключениями) дрейфе/дрожании фазы, наложенном на входной сигнал СО1, фазовое дрожание сигнала, передаваемого от СО1 к ЛО, при скорости следования принимаемых символов 80 кбод $\pm$ 5 · 10^{-6} (§ II.2) должно удовлетворять следующим требованиям:

1) Фазовое дрожание не должно превышать 0,04 ЕИ (полный размах), а среднеквадратичное значение, измеренное фильтром верхних частот со спадом 6 дБ на октаву на частотах ниже 100 Гц, должно быть меньше 0,01 ЕИ.

2) Фазовое дрожание выходного сигнала (передаваемого к ЛО) относительно фазового дрожания входного сигнала, принимаемого от ЛО, не должно превышать 0,05 ЕИ (полный размах), а среднеквадратичное значение, измеренное полосовым фильтром со спадом 6 дБ на октаву на частотах выше 40 Гц и ниже 1,0 Гц, не должно превышать 0,015 ЕИ. (Следует отметить, что частота среза 1 Гц обеспечивает вычитание средней разности фаз сигналов на входе и выходе.) Приведенное требование относится к дрожанию фазы с одиночными частотами до 19 Гц, наложенному на входной сигнал в соответствии с § II.11.1.

3) Максимальное (пиковое) отклонение фазы выходного сигнала от его номинальной разности (среднее долговременное значение) с фазой входного сигнала (поступающего от ЛО) не должно превышать 0,1 ЕИ. Это требование применимо при нормальной работе, включая работу после вторичного запуска. (Следует отметить, что это означает, что в случае деактивации и последующей активации в соответствии с требованиями вторичного запуска средняя долговременная разность фаз выходного и входного сигналов должна оставаться по существу неизменной.)

II.11.3 *Условия измерения фазового дрожания*

Из-за двунаправленной передачи по 2-проводной линии и из-за сильной межсимвольной интерференции в 2-проводной точке СО1 отсутствуют ярко выраженные перепады сигналов.

Предполагаются два возможных решения:

1) В СО1 предусматривается измерительная точка для измерения фазового дрожания на сигнале без помехи.

2) Стандартный приемопередатчик ЛО, имеющий в своем составе искусственную линию передачи, используется как измерительный прибор.

II.12 *Выходные характеристики передатчиков СО1 и ЛО*

Нижеследующие нормы действительны при сопротивлении нагрузки 135 Ом (активное) в полосе частот от 0 Гц до 160 кГц.

II.12.1 *Амплитуда импульса*

Номинальное пиковое значение самого большого импульса должно быть равно 2,5 В (см. рис. II.11/G.961).

II.12.2 *Форма импульса*

Передаваемый импульс должен иметь форму, определяемую на рис. II-11/G.961. Импульсный шаблон для четырех четверичных символов может быть получен путем умножения нормализованного импульсного шаблона, представленного на рис. II-11/G.961, на 2,5 В, 5/6 В, — 5/6 В или — 2,5 В. Когда сигнал представляет собой структурированную по циклам последовательность символов с синхрогруппой и с равновероятными символами на всех остальных позициях, номинальная средняя мощность равна 13,5 дБм.

II.12.3 *Мощность сигнала*

Средняя мощность сигнала, представляющего собой структурированную по циклам последовательность символов с цикловой синхрогруппой и равновероятными символами на всех остальных позициях, должна находиться в пределах от 13,0 до 14,0 дБм в полосе частот от 0 Гц до 80 кГц.

II.12.4 *Спектральная плотность мощности*

Верхняя граница спектральной плотности мощности передаваемого сигнала должна соответствовать рис. II-12/G.961.

II.12.5 *Линейность передаваемых сигналов*

II.12.5.1 *Требования*

Это мера отклонения от идеальной высоты импульса и нелинейности отдельных импульсов. Передаваемые и принимаемые сигналы должны обладать достаточной линейностью, так чтобы остаточная среднеквадратичная нелинейность была по крайней мере на 36 дБ ниже среднеквадратичного значения сигнала на стыке.

Нормализованный уровень		Четверичные символы			
		+3	+1	−1	−3
A	0,01	0,025 В	0,00833 В	−0,00833 В	−0,025 В
B	1,05	2,625 В	0,8750 В	−0,8750 В	−2,625 В
C	1,00	2,5 В	5/6 В	−0,5/6 В	−2,5 В
D	0,95	2,275 В	0,79167 В	−0,79167 В	−2,275 В
E	0,03	0,075 В	0,025 В	−0,025 В	−0,075 В
F	−0,01	−0,025 В	−0,00833 В	0,00833 В	0,025 В
G	−0,12	−0,3 В	−0,1 В	0,1 В	0,3 В
H	−0,05	−0,125 В	−0,04167 В	0,04167 В	0,125 В

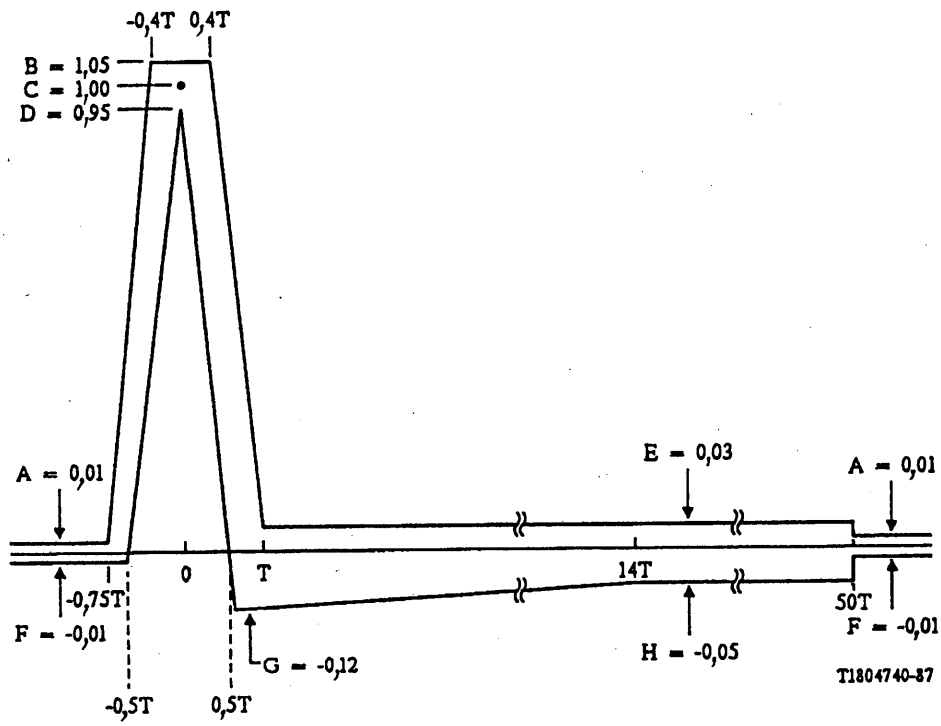


РИСУНОК II-11/G.961

Нормализованный выходной импульс СО1 или ЛО

II.12.5.2 *Способ измерения нелинейности*

При приемопередатчике (ЛО или СО1), нагруженном через шлейф нулевой длины на активное сопротивление 135 Ом, и при произвольной структуре двоичной последовательности напряжение с сопротивления нагрузки проходит через фильтр, подавляющий комбинационные помехи, дискретизируется по времени и преобразуется в цифровую форму ($V_{вых}$) с точностью не меньшей, чем 12-битовая комбинация (см. рис. II-13/G.961). Эти дискреты сравниваются с выходным сигналом настраиваемого линейного фильтра, на вход которого подается скремблированный, структурированный по циклам и линейно кодированный сигнал со входа передатчика. На схему вычитания оба сигнала могут подаваться как в цифровой, так и в аналоговой форме.

Цифровой сигнал на входе линейного фильтра (на рис. II-13/G.961 — «Вход четверичной информации») может рассматриваться как эталон линейности. Он может быть образован посредством приема не вносящим ошибок приемником (приемник без дескремблера) сигнала с выхода передатчика или посредством использования скремблированной информации со входа передатчика (если она имеется). Если дискреты на входе настраиваемого фильтра могут быть поданы в цифровом виде, то в дополнительном аналого-цифровом преобразователе нет необходимости. И в цифровом, и в аналоговом виде эти дискреты должны соотноситься как 3:1:—1:—3 с точностью не меньшей, чем 12-битовая комбинация.

Частота дискретизации в устройствах дискретизации и фильтрах может быть выше, чем скорость следования символов, и, как правило, она для высокой точности выбирается в несколько раз выше, чем скорость следования символов. В альтернативном случае частота дискретов может быть равна скорости следования символов, но при этом среднеквадратичные значения получают посредством усреднения по фазам всех дискретов относительно передаваемого сигнала.

Так как фильтр, подавляющий комбинационные помехи, устройство дискретизации и А/Ц-преобразователь на выходе передатчика могут вносить затухание или усиление, то в целях надлежащей градуировки необходимо на выходе фильтра определять $<V_{вых}^2>$, как это показано на рис. II-13/G.961, а не среднеквадритичное значение как таковое.

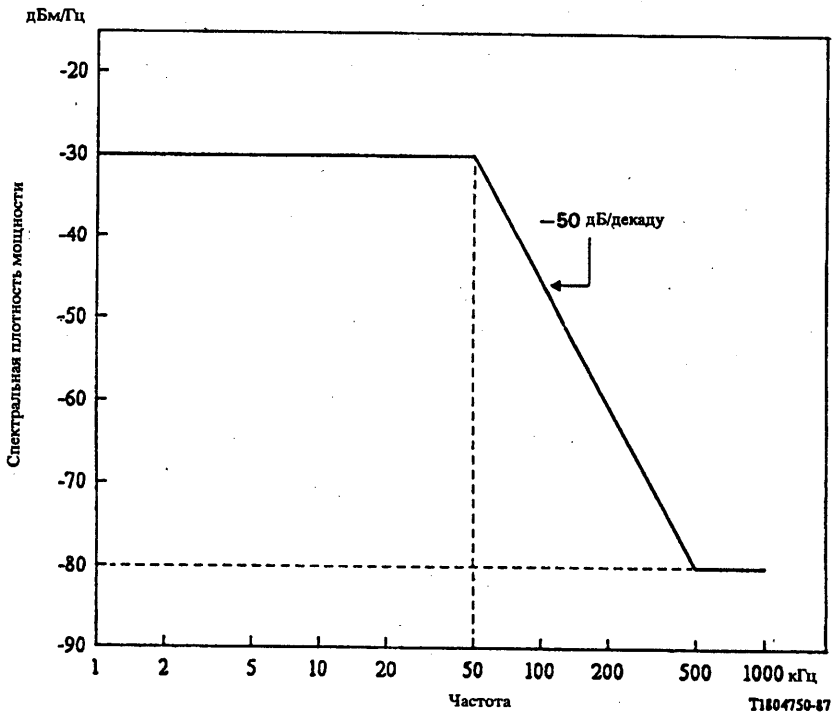


РИСУНОК II-12/G.961

Верхняя граница спектральной плотности мощности сигнала от СО1 к ЛО

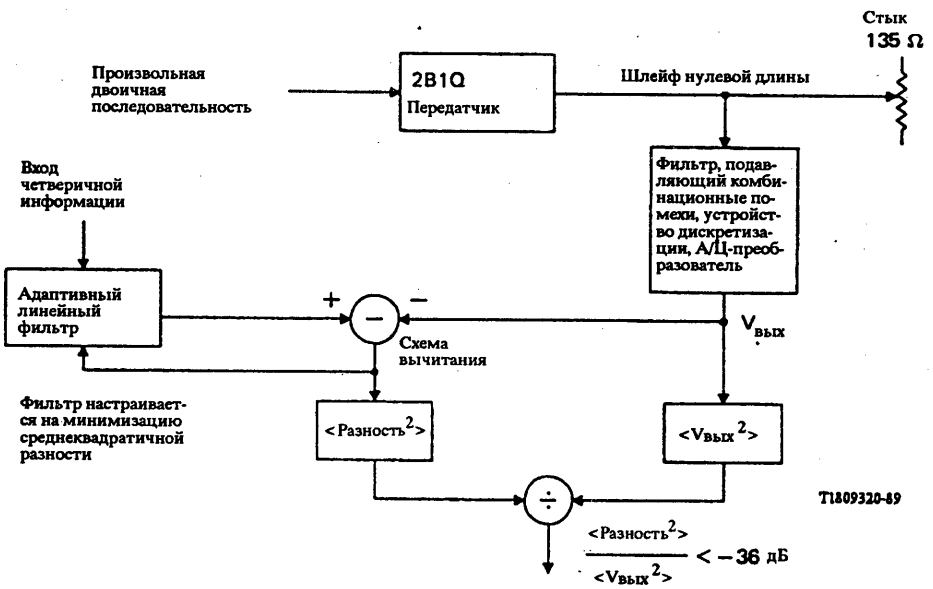


РИСУНОК II-13/G.961

Измерение нелинейности передатчика

II.13 *Окончание передатчика/приемника*

II.13.1 *Сопротивление*

Номинальное входное сопротивление на стыке в направлении СО1 должно быть равно 135 Ом.

II.13.2 *Затухание отражения*

Затухание отражения при нагрузке на 135 Ом и в полосе частот от 1 до 200 кГц должно соответствовать рис. II-14/G.961.

II.13.3 *Затухание продольного перехода*

II.13.3.1 *Продольная симметрия*

Продольная симметрия (сопротивления относительно земли) равна:

$$L_{CUM} = 20 \log \left| \frac{e_l}{e_m} \right| \text{ дБ},$$

где

e_l — приложенное продольное напряжение [относительно земли здания или земляной шины СО1 (зеленые провода)].

e_m — результирующее металлическое напряжение на нагрузочном сопротивлении 135 Ом.

Затухание асимметрии должно превышать 60 дБ при частотах до 4 кГц и 55 дБ при более высоких частотах (до 160 кГц).

На рис. II-15/G.961 представлена схема, определяющая способ измерения продольной симметрии. Для непосредственного использования этой схемы измерений необходимо, чтобы это измерение проводилось, когда на СО1 подано питание, но СО1 при этом бездействует (отсутствует передаваемый сигнал).

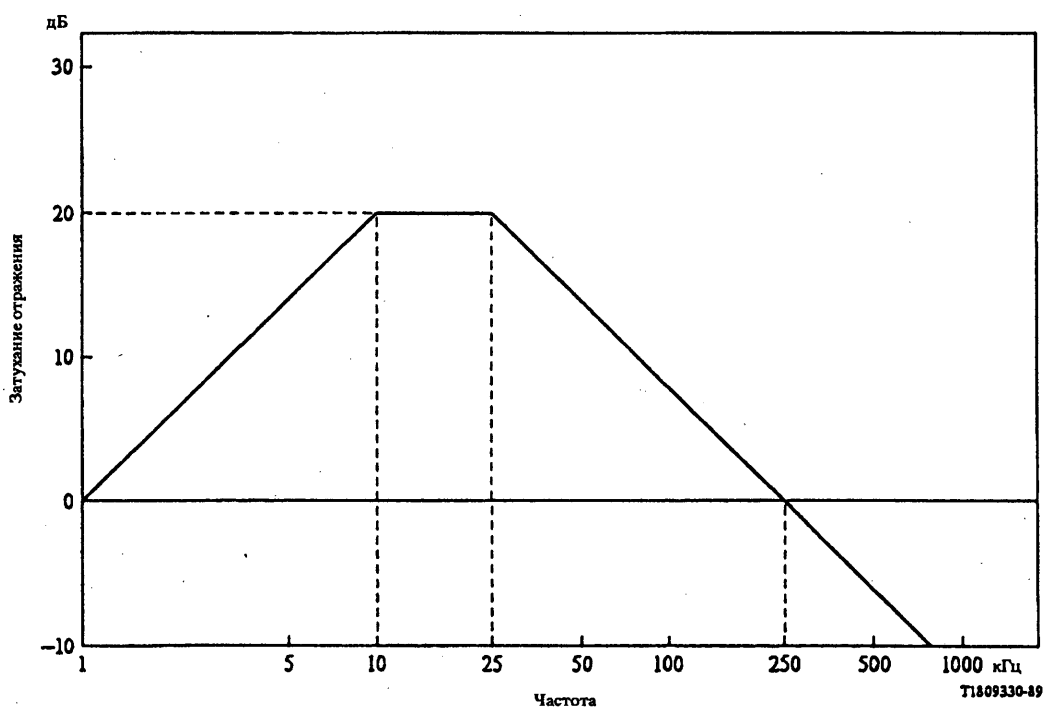
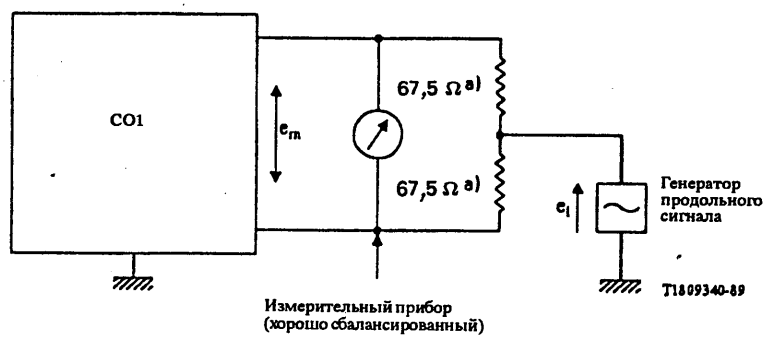


РИСУНОК II-14/G.961

Минимальное затухание отражения



a) Эти сопротивления должны обеспечивать согласованную нагрузку с допуском менее 0,03%.

РИСУНОК II-15/G.961

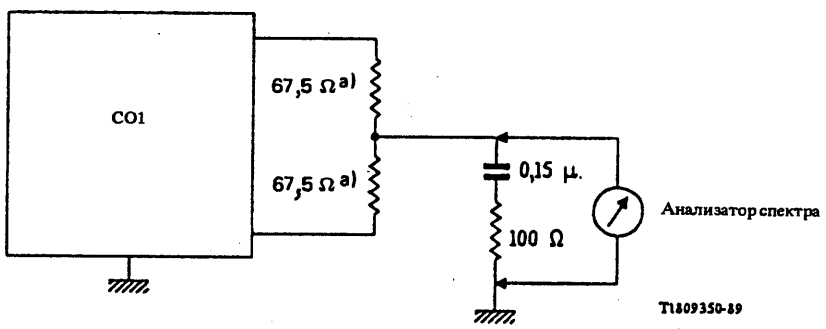
Способ измерения продольной симметрии

II.13.3.2 *Продольное выходное напряжение*

Среднеквадратичное значение продольной составляющей выходного сигнала CO1 в любой полосе 4 кГц и при усреднении в пределах любой одной секунды должно быть меньше, чем — 50 дБн в диапазоне частот от 100 Гц до 170 кГц, и меньше, чем — 80 дБн в диапазоне от 170 кГц до 270 кГц. Соблюдение этого предельного условия должно обеспечиваться при продольной нагрузке, равной или превышающей 100 Ом активного сопротивления, включенного последовательно с конденсатором 0,15 μФ.

На рис. II-16/G.961 представлена схема, определяющая способ измерения продольного выходного напряжения. Для непосредственного использования этой схемы необходимо, чтобы CO1 был в состоянии генерировать сигнал в отсутствие сигнала от ЛО.

При этих измерениях в качестве земли для отсчета принимается земля здания.



a) Эти сопротивления должны обеспечивать согласованную нагрузку с допуском менее 0,1%.

РИСУНОК II-16/G.961

Способ измерения продольного выходного напряжения

ПРИЛОЖЕНИЕ III

(к Рекомендации G.961)

Электрические характеристики системы передачи ЧПИ

III.0 *Общие положения*

Система обеспечивает дуплексную, прозрачную передачу двух каналов B 64 кбит/с и одного канала D 16 кбит/с, определенных в Рекомендации I.412. Двунаправленная передача по симметричным кабельным парам основана на методе эхокомпенсации. Дополнительная пропускная способность 16 кбит/с добавляется к групповому информационному потоку 144 кбит/с для обеспечения канала CL (для целей управления, контроля и технического обслуживания) и других трактов передачи.

Циклы передаваемого сигнала содержат цикловые синхрогруппы, которые включают период времени отсутствия линейного сигнала. Такой формат цикла позволяет при относительном сдвиге циклов в двух направлениях передачи, который меньше, чем нормированные в § III.7 значения, упростить выделение тактовой частоты, настройку линейного корректора и корректировку эхокомпенсатора.

III.1 *Линейный код*

Для обоих направлений передачи принят линейный код ЧПИ.

Двоичная последовательность битов преобразуется по следующему правилу:

— двоичная «1» передается отсутствием сигнала в линии,

— двоичный «0» передается попеременно в виде положительного или отрицательного импульса.

III.2 *Скорость следования символов*

Скорость следования символов определяется линейным кодом, скоростью информационной последовательности и структурой цикла. Скорость следования символов равна 160 кбод.

III.2.1 *Требования по хронированию*

III.2.1.1 *Точность автономного задающего генератора СО1*

Неточность частоты автономного задающего генератора СО1 не должна превышать $\pm 50 \cdot 10^{-6}$.

III.2.1.2 *Допустимая для ЛО неточность тактовой частоты*

СО1 и ЛО должны допускать работу при неточности тактовой частоты, поступающей от СтО, $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

III.3 *Структура цикла*

Цикл содержит цикловую синхрогруппу, 32 раза по (2B + D) и канал CL, а также вспомогательный и стоповый биты. В обоих направлениях передачи общая структура цикла имеет следующий вид:

Цикловая синхрогруппа	A	4 {8 (2B + D) + CL}	P

A — вспомогательный бит.

Бит A цикла используется для различения направлений передачи и для извещения посредством инвертирования полярности о правильности произведенной активации.

P — проверочный бит.

Бит P используется для того, чтобы сделать число двоичных «0» в цикле четным: он устанавливается равным «0» или «1» в зависимости от соответственно нечетности или четности числа «0» в цикле.

III.3.1 *Длина цикла*

Число интервалов (2B + D) в цикле равно 32, тогда как число битов CL равно 4.

III.3.2 *Распределение битов в направлении ЛО — СО1*

Распределение битов представлено на рис. III-1/G.961.

Позиция бита	Использование		
1-58	Цифровая синхрогруппа		
59	Вспомогательный бит		
60-67	Канал B1	Первый интервал (2B + D)	Первый блок [8 (2B + D) + CL]
68-75	Канал B2		
76-77	Канал D		
.			
.			
.			
.			
186-193	Канал B1	Восьмой интервал (2B + D)	
194-201	Канал B2		
202-203	Канал D		
204	Канал CL		
.			
.			
.			
.			
.			
492-493	Канал B1	Первый интервал (2B + D)	Четвертый блок [8 (2B + D) + CL]
494-508	Канал B2		
509-510	Канал D		
.			
.			
.			
621-628	Канал B1	Восьмой интервал (2B + D)	
629-636	Канал B2		
637-638	Канал D		
639	Канал CL		
640	Проверочный бит		

РИСУНОК III-1/G.961

Распределение битов в направлении ЛО — СО1

III.3.3 *Распределение битов в направлении СО1 — ЛО*

То же, что и в § III.3.2.

III.4 *Цикловая синхрогруппа*

Цикловая синхрогруппа используется для того, чтобы расставить каналы 2B + D + CL и биты A и P по надлежащим позициям. Она может также быть использована для выделения тактовой частоты, корректировки эхокомпенсатора и настройки линейного корректора.

III.4.1 *Цикловая синхрогруппа в направлении ЛО — СО1*

Цикловая синхрогруппа кодируется в виде 57 следующих друг за другом двоичных «1» (отсутствие сигнала в линии) и одного двоичного «0» (положительный импульс в линии).

III.4.2 *Цикловая синхрогруппа в направлении СО1—ЛО*

То же, что и в § III.4.1.

III.5 *Процедура цикловой синхронизации*

Процедура цикловой синхронизации должна быть следующей:

III.5.1 *Состояние 1: правильная цикловая синхронизация*

Для правильного установления состояния циклового синхронизма цикловая синхрогруппа, вспомогательный и проверочный биты должны быть три раза подряд правильно выделены.

III.5.2 *Состояние 2: предупреждение о возможности нарушения цикловой синхронизации*

Для установления состояния предупреждения о возможности нарушения цикловой синхронизации достаточно, чтобы цикловая синхрогруппа, вспомогательный и проверочный биты один раз не были обнаружены.

III.5.3 *Состояние 3: нарушение цикловой синхронизации*

Считается, что произошло нарушение цикловой синхронизации, если по критериям, оговоренным для состояния 1, результаты проверок восемь раз подряд оказываются отрицательными.

III.6 *Сверхцикл*

Для обеспечения возможности размещения битов канала CL в нескольких следующих друг за другом циклах может быть использована структура сверхцикла. Начало сверхцикла определяется содержанием канала CL в цикловой синхрогруппе, как описано в § III.6.1. Сверхцикл содержит 4 цикла.

III.6.1 *Сверхцикловая синхрогруппа в направлении СО1 — ЛО*

Сверхцикл выявляется посредством обнаружения битов канала CL. Канал CL синхронен с циклом, и началом сверхцикла считается подтверждение нечетности по четырем битам CL в цикле. В цикле имеется четыре бита CL, размещенные следующим образом:

Структура канала CL

I	I	I	O	Первый цикл
I	I	I	P	Второй цикл
I	I	I	P	Третий цикл
P	P	P	P	Четвертый цикл

Здесь через I обозначены информационные биты, через P и O — проверочные биты. Биты P четвертого цикла предназначены для вертикальной проверки предыдущих циклов, в то время как O служит для проверки на нечетность первого цикла. Проверка производится по двоичным «1». Первый цикл CL используется также для сверхцикловой синхронизации. При нарушении сверхцикловой синхронизации канал CL во внимание не принимается.

III.6.2 *Сверхцикловая синхрогруппа в направлении ЛО — СО1*

То же, что и в § III.6.1.

III.6.3 *Процедура сверхцикловой синхронизации*

Сверхцикловая синхронизация основана на правильном результате проверки (на нечетность или четность) в канале CL. Сверхцикловая синхронизация считается состоявшейся, когда четыре проверочных бита удовлетворяют условию по горизонтали (итог: нечетный, четный, четный, четный) и условию по вертикали (итог: четный (см. § III.6.1)). Если это условие для последовательности не соблюдается, то вырабатывается предупреждение о возможности нарушения сверхцикловой синхронизации и, если после этого правильное обнаружение по-прежнему не достигается, делается вывод о том, что произошло нарушение сверхцикловой синхронизации. Всего лишь при одном правильном обнаружении нужной последовательности система переходит из состояния нарушенной сверхцикловой синхронизации или из состояния предупреждения о возможности ее нарушения в состояние правильной сверхцикловой синхронизации.

III.7 *Сдвиг между циклами ЛО — СО1 и СО1 — ЛО*

СО1 должно синхронизировать свои циклы с циклами, принимаемыми с направления ЛО — СО1, и передавать свой цикл со сдвигом, нормированным в § III.7.1.

В ЛО сдвиг между циклами в обоих направлениях передачи не должен превышать значения, нормированного в § III.7.2.

III.7.1 *Соотношение между положениями циклов на входе и выходе СО1*

Первый бит каждого цикла, передаваемого от СО1 к ЛО, должен быть сдвинут на 583 такта (номинальное значение) относительно первого бита цикла, принятого от ЛО. Рис. III-2/G.961 иллюстрирует соотношение между позициями битов передаваемого и принимаемого циклов.

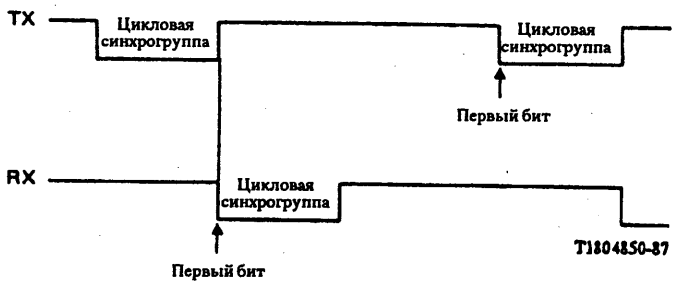


РИСУНОК III-2/G.961

Временнàя диаграмма СО1

III.7.2 *Соотношение между положениями циклов на входе и выходе ЛО*

Временной сдвиг между первым битом каждого цикла, передаваемого от ЛО к СО1, и первым битом каждого цикла, принимаемого от СО1, не должен превышать 583 + 13 тактов. На рис. III-3/G.961 показано соотношение между позициями битов передаваемого и принимаемого циклов.

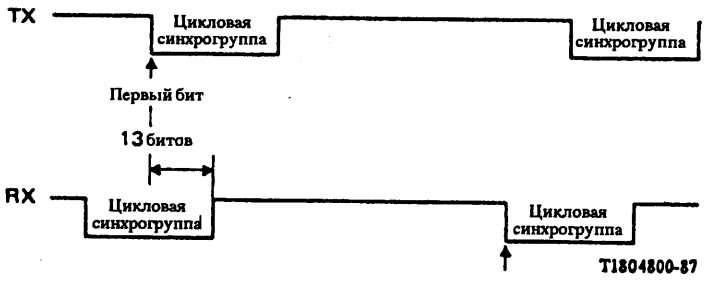


РИСУНОК III-3/G.961

Временнàя диаграмма ЛО

III.8 *Канал CL*

Канал CL должен использоваться для передачи информации для целей активации/деактивации, испытаний и технического обслуживания.

III.8.1 *Скорость передачи*

Скорость канала CL равна 1 кбит/с.

III.8.2 *Структура*

Подлежащая передаче информация разбивается на циклы по 16 бит (четыре четверки в сверхцикле). Каждый цикл в 16 кбит содержит:

— 9 информационных битов;

— 7 битов для проверок, обнаружения ошибок и сверхцикловой синхронизации.

Обозначая через I биты информации и через O и P биты проверки на нечетность и четность, получаем общую структуру цикла, представленную в § III.6.1.

III.8.2.1 *Характеристики канала CL*

Канал CL должен обладать следующими характеристиками:

При коэффициенте ошибок 10^{-3}

— вероятность ложного обнаружения цикла должна быть меньше, чем 10^{-10};

— вероятность необнаружения правильного цикла в течение 100 мс должна быть меньше, чем 10^{-10}.

III.8.3 *Протоколы и процедуры*

Сообщения, передаваемые по каналу CL, могут быть разбиты на две категории, а именно:

a) сообщения, относящиеся к процедуре активации/деактивации, и спонтанная передача информации техобслуживания, не запрошенной СтО.

b) вспомогательные сообщения для целей техобслуживания. Эти функции предполагают действия, которые могут быть инициированы только СтО и совершены только во время полностью активного состояния.

Сообщения категории a) используются в непрерывном режиме; это значит, что они передаются непрерывно по каналу CL, пока не наступит необходимость передать новое сообщение.

Сообщения этого типа допускают передачу как однобайтовой информации, так и многобайтовой информации.

Процедура, которая может быть инициирована только ЛО/СтО, должна быть следующей:

— ЛО/СтО посылает в непрерывном режиме первое сообщение, содержащее первый информационный байт. Первый информационный байт всегда содержит адрес аппаратуры назначения по направлению информационного потока (регенератор, СО1). Сообщение передается непрерывно, пока от аппаратуры назначения не будет принято сообщение с подтверждением.

— ЛО/СтО посылает таким же образом последующие сообщения, каждое из которых содержит один информационный байт. Каждое сообщение, посылаемое ЛО/СтО, подтверждается аппаратурой назначения.

— СтО/ЛО посылает сообщение об окончании передачи, которое подтверждается как всякое другое сообщение.

— Когда аппаратура назначения должна послать ответную информацию, процедура такая же, как указано выше. В этом случае нет необходимости обеспечивать адрес, так как аппаратурой назначения является ЛО/СтО.

III.9 *Скремблирование*

Скремблирование производится на каналах (2B + D + CL). В обоих направлениях передачи используется скремблирующий полином $1 \oplus x^{-9} \oplus x^{-11}$.

Во избежание образования длинных последовательностей «1» при скремблировании используется схема двухпороговой защиты.

На рис. III-4/G.961 и III-5/G.961 показаны соответственно схемы скремблирования и дескремблирования.

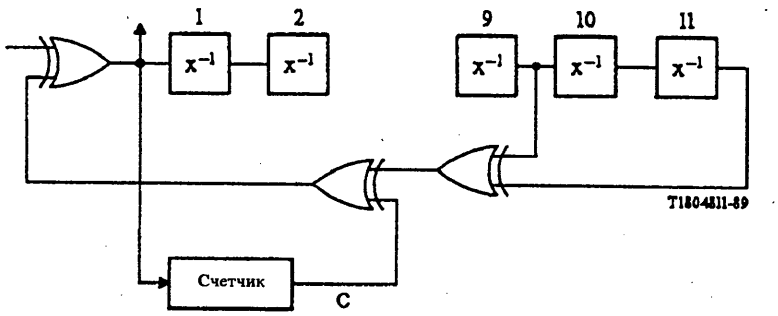


РИСУНОК III-4/G.961

Схема скремблирования

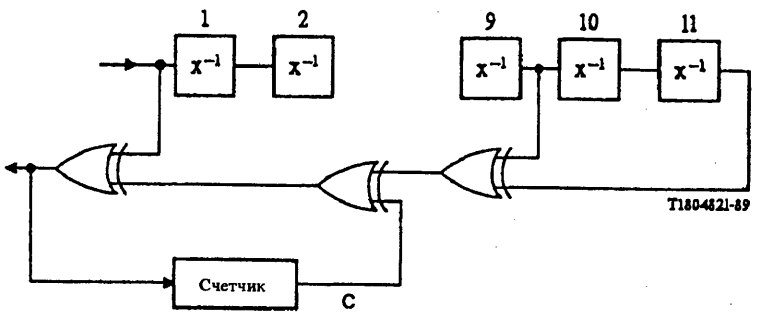


РИСУНОК III-5/G.961

Схема дескремблирования

Счетчик С увеличивает свои показания после каждой переданной «1» и сбрасывается при каждом переданном «0». Счетчик выдает «0» после передачи 16 следующих друг за другом «1» и устанавливает свой порог на 2, если на его вход снова поступит «1». В этом состоянии счетчик выдает «0» после каждых двух последовательно поступающих на его вход «1». После выдачи первого «0» пороговое значение изменяется и устанавливается равным 16.

III.10 *Активация/деактивация*

Основные правила, к которым сводится определение процедур активации/деактивации, могут быть подытожены следующим образом:

— В состоянии деактивации на линии нет сигнала.

— Во время активации посылаются надлежащие сигналы с целью ускорить настройку корректора, процесс тактовой и цикловой синхронизации и процесс корректировки эхокомпенсатора.

ЛО и СО1 взаимодействуют по принципу ведущий/ведомый, так что, даже если СО1 инициирует запрос активации, всегда только ЛО (при подтверждении со стороны СтО) принимает на себя инициативу продолжения процедуры и затем передачи.

Система обеспечивает активацию как системы передачи, так и стыка в эталонной точке Т, активацию только лишь системы передачи, стыка, деактивацию как системы передачи, так и стыка в эталонной точке Т или только лишь стыка в эталонной точке Т.

Возможны первичная и вторичная активация. Первичная активация вступает в действие после перехода из состояния выключенного в состояние включенного питания или после определенных действий по техническому обслуживанию. Первичный запуск относится к СО1 и ЛО, в памяти которых еще не накопилась информация о коэффициентах эхокомпенсатора или установке корректоров, так что ожидается длительный период активации. Вторичная активация имеет место тогда, когда в памяти ЛО и СО1 содержится полная информация о коэффициентах эхокомпенсатора и установке линейных корректоров, так что ожидается короткий период активации.

При режиме сниженного питания потребление мощности как ЛО, так и СО1 очень низкое, и в отсутствие линейного сигнала этот режим позволяет понизить средний расход питания со стороны коммутационной станции. Разумеется, некоторые части системы, особенно приемные участки, всегда активны, чтобы быть готовыми к приему запросов на активацию.

III.10.1 *Сигналы, используемые для активации*

III.10.1.1 *Сигналы, используемые для запуска (CL не доступен)*

Во время процедур активации/деактивации на линии между ЛО и СО1 происходит обмен следующими конкретными сигналами:

По направлению цифрового потока (ЛО → СО1)

ИНФО U0(IU0): На линии сигналов нет.

ИНФО U12(IU12): Тональная посылка 20 кГц. Этот линейный сигнал вырабатывается посредством 72-кратного повторения следующей комбинации из 8 линейных символов (+ + + + — — — —) каждые 8 мс. Тональная посылка передается полудуплексом.

ИНФО U22(IU22): Тональная посылка 80 кГц. Этот линейный сигнал вырабатывается посредством 291-кратного повторения комбинации из 2 линейных символов (+ —) каждые 8 мс. Тональная посылка передается полудуплексом.

ИНФО U4(IU4): Дуплексная передача. Линейный сигнал имеет ту же цикловую структуру полезного сигнала, но с установкой битов каналов B_1, B_2, D и CL на «0». Двоичный поток скремблируется с помощью псевдослучайной последовательности и кодируется по алгоритму ЧПИ. Второй бит в цикле устанавливается на «0».

ИНФО U6(IU6): Дуплексная передача рабочей информации по каналам B и D; канал CL используется для передачи информации по активации/деактивации уровня 1, испытаниям и техническому обслуживанию. Второй бит в цикле устанавливается на «1».

Против направления цифрового потока (СО1 → ЛО)

ИНФО U0 (IU0): На линии сигналов нет.

ИНФО U11 асинх: Тональная посылка 20 кГц. Этот линейный сигнал вырабатывается посредством 72-кратного повторения следующей комбинации из 8 линейных символов (+ + + + — — — —) каждые 16 мс. Тональная посылка передается полудуплексом.

ИНФО U11 синх: Тональная посылка 20 кГц. Этот линейный сигнал вырабатывается посредством 72-кратного повторения следующей комбинации из 8 линейных символов (+ + + + — — — —) каждые 8 мс. Тональная посылка передается полудуплексом с синхронизацией по IU12, поступающему от ЛО.

ИНФО U21(IU21): Тональная посылка 80 кГц. Этот линейный сигнал вырабатывается посредством 291-кратного повторения комбинации из 2 линейных символов (+ —) каждый 8 мс. Тональная посылка передается полудуплексом.

ИНФО U3 (IU3): Дуплексная передача. Линейный сигнал имеет ту же цикловую структуру полезного сигнала, но с установкой битов каналов B_1, B_2, D и CL на «0». Двоичный поток скремблируется с помощью псевдослучайной последовательности и кодируется по алгоритму ЧПИ. Второй бит в цикле устанавливается на «1».

ИНФО U5 (IU5): Дуплексная передача рабочей информации по каналам B и D; канал CL используется для передачи информации по активации/деактивации уровня 1, испытаниям и техническому обслуживанию. Второй бит в цикле устанавливается на «0».

III.10.1.2 *Биты в канале CL*

Биты I (см. § III.6.1) в каналах CL используются для передачи как команд на активацию/деактивацию, так и команд/отчетов для испытания и технического обслуживания, в то время как биты P и O используются для проверки (на четность или нечетность) и для обнаружения ошибок и соответственно кодируются. Ниже приведены лишь сигналы активации/деактивации, которыми обмениваются ЛО и СО1 и которые передаются по каналу CL.

Биты I канала CL от ЛО к СО1

000010001 ЗАПРОС АКТИВАЦИИ (AR)
Запрос на активацию всего уровня 1, активируются как система передачи, так и стык в эталонной точке T.

000001111 ЗАПРОС АКТИВАЦИИ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ (UAR)
Запрос на активацию одной только системы передачи. Как и в случае команды AR, процедура активации совершается автоматически. В случае, если стык в эталонной точке T активен, он подвергается деактивации.

000010011 ЗАПРОС АКТИВАЦИИ со ШЛЕЙФОМ 2(AR2)
Запрос на активацию со шлейфом 2 в СО1.

000000001 ЗАПРОС ДЕАКТИВАЦИИ (DR)
Запрос на деактивацию системы передачи. ЛО и СО1 производят процедуру деактивации автоматически.

Биты I канала CL от СО1 к ЛО

000001001 ПЕРЕСИНХРОНИЗАЦИЯ (RSY)
Индикация RSY подается на вход стыка T, когда синхронизация стыка в эталонной точке T нарушена и имеющаяся информация не является истинной.

000011001 ИНДИКАЦИЯ АКТИВАЦИИ (AI)
Процедура активации на стыке в эталонной точке T успешно завершена вплоть до оконечного оборудования, если AI находится в активном состоянии.

000011101 ИНДИКАЦИЯ АКТИВАЦИИ со ШЛЕЙФОМ 2 (AIL)
Установлено соединение по шлейфу 2 на стыке T. После команды ARL сигнал AIL служит подтверждением приема AI.

000001111 ИНДИКАЦИЯ АКТИВАЦИИ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ (UAI)
Система передачи активируется в СО1, и эта информация передается на ЛО/СтО. Стык в эталонной точке T не активируется.

III.10.2 *Описание внутренних таймеров*

Во время процедур активации/деактивации используются следующие таймеры:

— *Таймер A*: Этот таймер размещается в СО1. В нем предусмотрены два различных режима работы: во время процедуры активации его время отсчета равно 8 секундам, что является верхним пределом времени активации. Когда же активация достигнута, его время отсчета становится равным 500 мс для создания защитного времени для предотвращения нежелательных деактиваций, вызванных пропаданием сигнала или потерей цикловой синхронизации в направлении от ЛО.

— *Таймер 2*: Этот таймер размещается в СО1. Его время отсчета равно 50 мс и его цель состоит в предотвращении нежелательных реактиваций со стороны ОО.

III.10.3 *Описание процедуры активации*

III.10.3.1 *Описание процедуры активации со стороны ЛО*

На рис. III-6/G.961 стрелками иллюстрируется процедура активации, исходящей от СтО. Процедура активации запускается запросом на активацию (ФЭ1), поступающим от СтО. ЛО запускает процедуру выдачей ФЭ2 на СтО и передачей (IU12) в линию. При приеме (IU11) от СО1 ЛО передает (IU22) к СО1. (IU22) используется СО1 для настройки линейного корректора (только при первичных запусках), ускоренного выделения тактовой частоты и установки порогового значения регистрации ЧПИ. По окончании процедуры тренировки СО1 передает к ЛО (IU21). Этот СИГ используется ЛО для настройки линейных корректоров (только первичные запуски), выделения тактовой частоты и установки пороговых значений ЧПИ. Потом ЛО передает (IU4), который исполь-

зуется СО1 для корректировки эхокомпенсатора (короткий период тренировки для вторичных запусков, более длинный — для первичных). В конце этого периода тренировки СО1 посылает (IU3), который используется ЛО для тех же целей, что и оговоренный выше для СО1. Когда все периоды тренировки закончены, ЛО посылает (IU6) (эксплуатационные каналы B и D), в котором биты I канала CL служат для передачи команды ФЭ1. СО1 отвечает посредством (IU5) (эксплуатационные каналы B и D) с кодом ФЭ3 при помощи битов 1 канала CL, если стык в эталонной точке T неактивен, и потом посредством (IU5) с ФЭ4, когда стык в эталонной точке T активен.

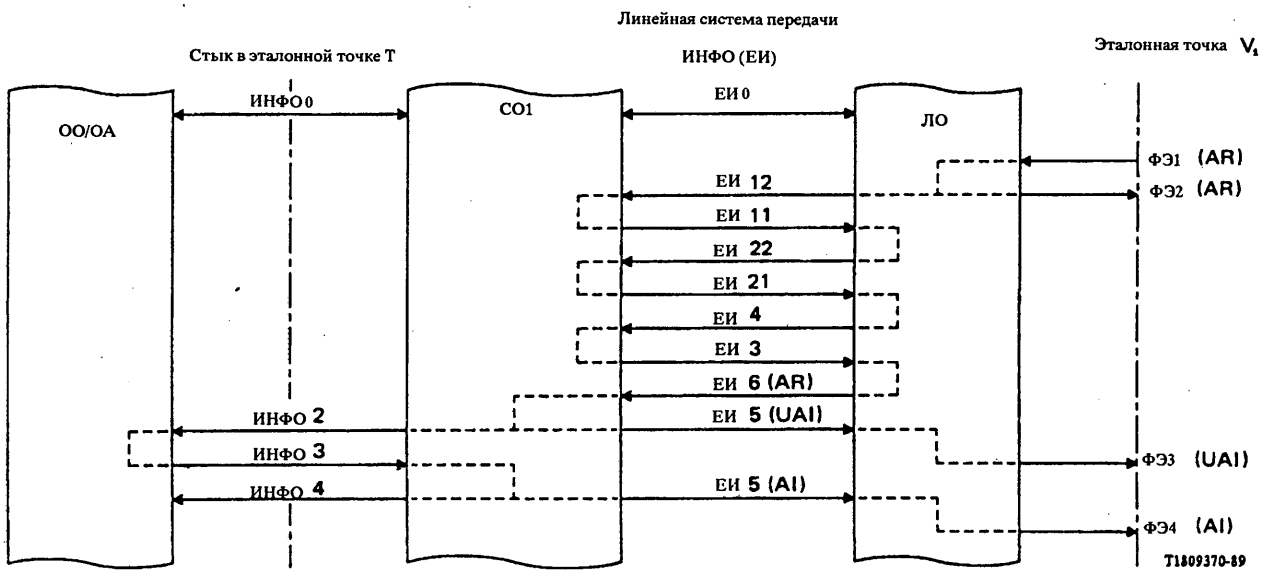


РИСУНОК III-6/G.961

Активация уровня 1 со стороны сети

III.10.3.2 *Описание процедуры активации со стороны СО1*

На рис. III-7/G.961 стрелками иллюстрируется процедура активации, исходящей со стороны пользователя. Процедура активации запускается запросом на активацию ИНФО1, поступающим от стыка в эталонной точке T. СО1 запускает процедуру передачей IU11асин в направлении ЛО. ЛО передает эту информацию в СтО с помощью ФЭ2 и ожидает, пока ФЭ1 от СтО продолжит процедуру активации. Если СтО дает подтверждение передачей ФЭ1, то процедура активации возобновляется и протекает так, как указано в § III.10.3.1.

III.10.3.3 *Описание процедуры деактивации*

Деактивация уровня 1 физически осуществима лишь при управлении полностью со стороны ЛО/СтО. Деактивации дается ход со стороны СтО посылкой ФЭ3 к ЛО. ЛО выдает (IU6) с командой DR с помощью битов I канала CL. СО1 посылает ИНФО 0 к стыку в эталонной точке T и (IU0) назад к ЛО. На рис. III-8/G.961 стрелками иллюстрируется процедура деактивации.

III.10.4 *Таблица перехода состояний СО1*

Подробности процедуры активации/деактивации в СО1 при различных ИНФО, СИГ и внутренних таймерах описаны в таблице III-1/G.961.

Шлейф 2 должен создаваться лишь при состоянии деактивации, и не должны быть возможны переходы от состояния шлейфа 2 к активному состоянию.

III.10.5 *Таблица перехода состояний ЛО*

Подробности процедуры активации/деактивации в ЛО при различных ИНФО, СИГ и внутренних таймерах описаны в таблице III-2/G.961.

Шлейф 1 должен создаваться лишь при состоянии деактивации, и не должны быть возможны переходы от состояния шлейфа 1 к активному состоянию. Шлейф 1 может быть прозрачным и непрозрачным. Возможно, что после шлейфа 1 потребуется продолжительная активация (первичный запуск), так как система могла утратить всю информацию о коэффициентах линейного корректора, эхокомпенсатора и т. п.

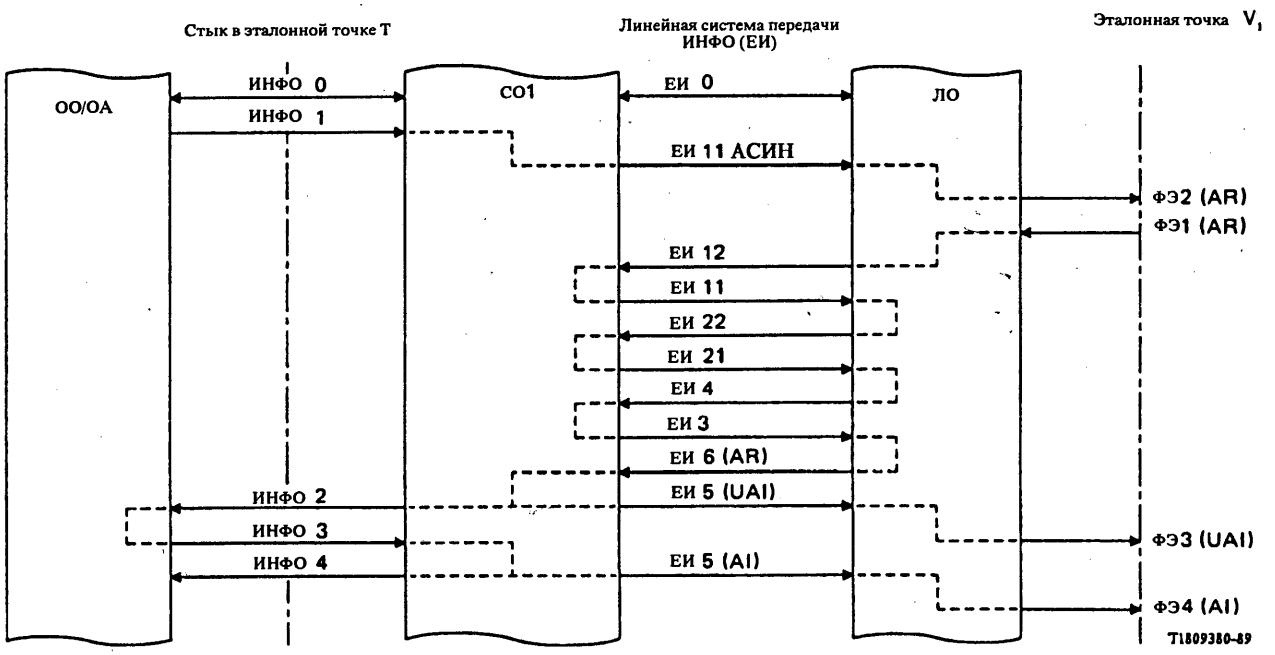


РИСУНОК III-7/G.961

Активация уровня 1 со стороны пользователя

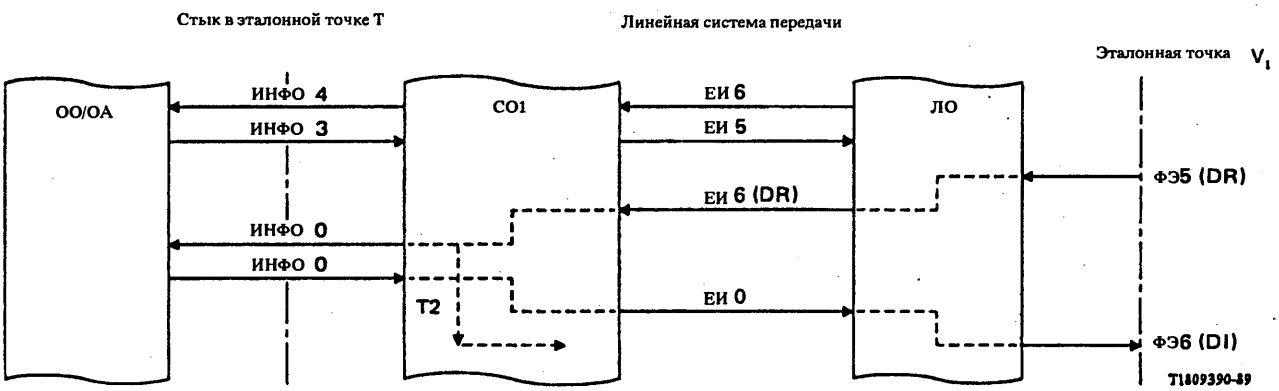


РИСУНОК III-8/G.961

Деактивация уровня 1

ТАБЛИЦА III-1/G.961

Таблица перехода состояний CO1 (матрица состояний CO)

	Состояние	CO1	CO2	CO3	CO4	CO5	CO6	CO7	CO8	CO9	CO10	CO11	CO12	CO13	CO14	CO15
	Название	Де-активация	Ожидание активации этап 1	Ожидание активации этап 2	Ожидание активации этап 3	Ожидание активации этап 4	Активна только линия	Ожидание активации стыка T	Активны стык T и линия	Потеря цик. син. в U в CO6	Потеря цик. син. в U в CO 8,9	Ожидание деактивации истеч. TA	Ожидание деактивации IU6 (DR)	Стык U активен, шлейф 2	Шлейф 2 активен	Потеря цик. син. в U, шлейф 2
	Сигналы Tx / Линия ИНФО	IU0	IU11 асин	IU11	IU21	IU3	IU5 + UAI в CL	IU5 + X в CL	IU5 + AI в CL	IU0	IU0	IU0	IU5 + X в CL	IU5 + UAI или RSY	IU5 + AI в CL	IU0
	Новое событие Rx / S/T	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 2	ИНФО 4	ИНФО 0	ИНФО X	ИНФО 0	ИНФО 0	ИНФО 2	ИНФО 4	ИНФО X
S/T	ИНФО 0	–	–	–	–	–	–	–	CO7	–	–	CO1	CO1	/ /	CO13	–
S/T	ИНФО 1	CO2	–	–	–	–	(примечание)	–	CO7	–	–	–	–	| |	| |	| |
S/T	ИНФО 2	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	CO14	–	–
S/T	ИНФО 3	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	CO8	–	/ /	–	–	–	/ /	–	–
S/T	Потеря цикл. синх. на стыке T	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	CO7	/ /	/ /	–	–	/ /	CO13	/ /
	Истечение времени таймера T2	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	CO1	CO1	/ /	/ /	/ /
	Истечение времени таймера TA	/ /	ST.T2 CO11	ST.T2 CO11	ST.T2 CO11	ST.T2 CO11	/ /	/ /	/ /	CO1	ST.T2 CO11	/ /	/ /	/ /	/ /	ST.T2 CO11
ЛИНИЯ	IU0	–	–	ST.TA	ST.TA	ST.TA	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ЛИНИЯ	IU12	CO3	CO3	–	ST.TA	ST.TA	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	–	–	/ /	/ /	/ /
ЛИНИЯ	IU22	/ /	/ /	Останов TA CO4	–	ST.TA	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	–	–	/ /	/ /	/ /
ЛИНИЯ	IU4	/ /	/ /	ST.TA	Останов TA CO5	–	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	–	–	/ /	/ /	/ /
ЛИНИЯ	IU6 + AR в CL	/ /	/ /	/ /	/ /	ОстановTA CO7	CO7	–	–	/ /	/ /	–	–	/ /	/ /	/ /
ЛИНИЯ	IU6 + UAR в CL	/ /	/ /	/ /	/ /	ОстановTA CO6	–	/ /	CO6	/ /	/ /	–	–	/ /	/ /	/ /
ЛИНИЯ	IU6 + AR2 в CL	/ /	/ /	/ /	/ /	ОстановTA CO13	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	–	–	–	–	/ /
ЛИНИЯ	IU6 + DR в CL	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	CO1	ST.T2 CO12	ST.T2 CO12	/ /	/ /	–	–	ST.T2 CO12	ST.T2 CO12	/ /
ЛИНИЯ	Потеря цикл. синх. на стыке U	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	ST.TA CO9	ST.TA CO10	ST.TA CO10	–	–	/ /	/ /	ST.TA CO15	ST.TA CO15	–
ЛИНИЯ	Восстановление цикл. синх. на стыке U	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	ОстановTA CO6	Останов TA CO7 или CO8	/ /	/ /	/ /	/ /	ОстановTA CO13 или CO14

Примечание. — Символы и сокращения см. в таблице III-2/G.961.

Таблица перехода состояний ЛО (матрица состояний ЛО)

Состояние	ЛО1	ЛО2	ЛО3	ЛО4	ЛО5	ЛО6	ЛО7	ЛО8	ЛО9	ЛО10	ЛО11	ЛО12	ЛО 13
Название	Деактивация	Ожидание активации	Ожидание активации, этап 1	Ожидание активации, этап 2	Ожидание активации, этап 3	Ожидание активации, этап 4	Активна только линия	Стык Т или шлейф 2 активен	Потеря цик.син. в U в ЛО8	Потеря цик.син. в U в ЛО7	Удал. инд. ошибки	Потеря цик.син. в U в ЛО 11	Ожидание деактив.
Сигналы Tx / Линия ИНФО	IU0	IU0	IU12	IU22	IU4	IU6 + ФЭ в CL	IU6 + ФЭ в CL	IU6 + ФЭ в CL	IU6 + ФЭ в CL	IU6 + ФЭ в CL	IU6 + ФЭ в CL	IU6 + ФЭ в CL	IU6 + ФЭ в CL
Новое событие Rx / V_1	ФЭ 6 (DI)	ФЭ 2 (AR)	ФЭ 2 (AR)	ФЭ 2 (AR)	ФЭ 2 (AR)	ФЭ 2 (AR)	ФЭ 3 (UAI)	ФЭ 4 (AI)	ФЭ 7 (RSY)	ФЭ 7 (RSY)	ФЭ 7 (RSY)	ФЭ 7 (RSY)	ФЭ принято от CL
ФЭ 1 (AR)	ЛО3	ЛО3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ФЭ 11 (UAR)	ЛО3	/ /	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ФЭ 9 (ARL)	ЛО4	/ /	/ /	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ФЭ 8 (AR2)	ЛО3	/ /	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ФЭ 10 (AR4)	ЛО3	/ /	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ФЭ 5 (DR)	–	–	ЛО1	ЛО1	ЛО1	ЛО1	ЛО13	ЛО13	ЛО1	ЛО1	ЛО13	ЛО1	–
IU11 асин.	ЛО2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
IU11	/ /	ЛО1	ЛО4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
IU21	/ /	ЛО1	–	ЛО5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
IU3	/ /	ЛО1	–	–	ЛО6	–	–	–	–	–	–	–	–
IU5 + UAI в CL	/ /	ЛО1	–	–	–	ЛО7	–	ЛО7	–	–	ЛО7	–	–
IU5 + AI в CL	/ /	ЛО1	–	–	–	ЛО8	ЛО8	–	–	–	ЛО8	–	–
IU5 + AR в CL	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	ЛО6	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
IU0	–	ЛО1	–	–	–	–	–	–	–	–	ЛО8	–	ЛО1
IU5 + RSY в CL	/ /	ЛО1	–	–	–	–	ЛО11	ЛО11	–	–	–	–	–
Потеря цикл. синх. на стыке U	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	ЛО10	ЛО9	–	–	ЛО12	–	ЛО1
Восстановление цикл. синх. на стыке U	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	ЛО8	ЛО7	/ /	ЛО11	/ /

V_1 — линия

Символы, сокращения и примечания к таблицам III-1/G.961 и III-2/G.961

/	— событие невозможно.
—	— перехода состояний нет.
|	— событие невозможно по определению связи на уровне 1.
ИНФО IU5 + X	— линейный сигнал с сообщением X в канале CL.
ИНФО IU6+X	— линейный сигнал с сообщением X в канале CL.
ST.T2	— запуск таймера T2.
ST.TA	— запуск таймера TA.
ИНФО U6+ФЭ	— линейный сигнал с сообщением в канале CL, связанный с ФЭ и стыком V1, поступающий от СтО1.

Примечание.— СО1 передает по каналу CL AR вместо UAI.

III.10.6 *Время активации*

Время активации при вторичном запуске должно быть меньше 300 мс.

Время активации при первичном запуске должно быть меньше 4 секунд.

III.11 *Фазовое дрожание*

Допуски на фазовое дрожание призваны гарантировать, что предельные нормы, указанные в Рекомендации I.430, обеспечиваются предельными нормами на фазовое дрожание в системах передачи на местных линиях. Приведенные ниже предельные значения фазового дрожания должны соблюдаться независимо от длины линии и от наличия одного регенератора при условии соблюдения характеристик среды передачи (см. § 3). Предельные нормы должны соблюдаться независимо от передаваемой по каналам B, D, и CL комбинации битов.

III.11.1 *Допуск на фазовое дрожание сигнала на входе СО*

Эксплуатационные нормы СО1 должны соблюдаться при дрейфе/дрожании фазы с максимальными амплитудами, указанными на рис. III-9/G.961, для фазового дрожания с одиночными частотами в диапазоне от 1 Гц до 40 кГц, наложенного на испытательный сигнал. Эксплуатационные нормы СО1 должны также соблюдаться при дрейфе фазы, равном 3 ЕИ (полный размах) за сутки при максимальной скорости изменения фазы 0,6 ЕИ/час.

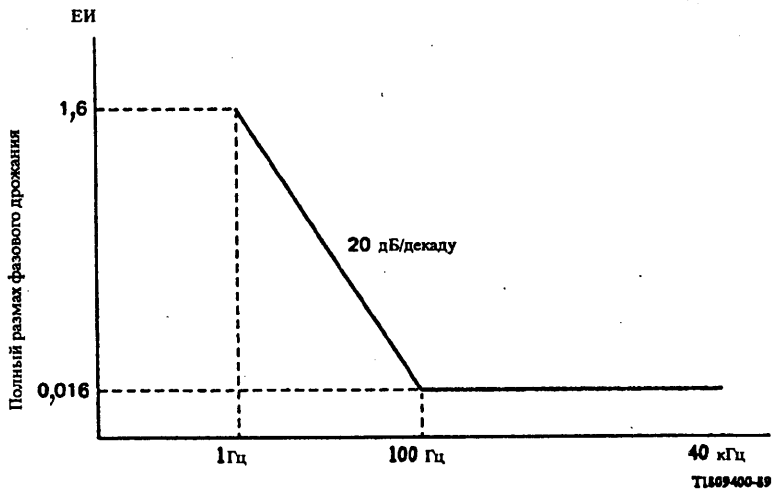


РИСУНОК III-9/G.961

Минимальный допуск на фазовое дрожание на входе СО1

III.11.2 *Предельное значение фазового дрожания на выходе СО*

При определенном в § III.11.1 дрейфе/дрожании фазы, наложенном на сигнал на входе СО1, фазовое дрожание сигнала, передаваемого от СО1 в направлении сети, должно соответствовать следующим требованиям:

a) фазовое дрожание не должно превышать 0,08 ЕИ (полный размах) и не должно достигать 0,02 ЕИ (среднеквадратичное значение) при измерении с использованием фильтра верхних частот со спадом 20 дБ/декаду на частотах ниже 100 Гц;

b) фазовое дрожание сигнала на выходе относительно фазы сигнала на входе (сигнала от сети) не должно превышать 0,08 ЕИ (полный размах) или 0,02 ЕИ (среднеквадратичное значение) при измерении с использованием полосового фильтра со спадом 20 дБ/декаду на частотах выше 200 Гц и ниже 0,1 Гц. Это требование предполагает, что на входной сигнал в соответствии с § III.11.1 наложено фазовое дрожание с одиночными частотами до 100 Гц.

III.11.3 *Условия измерения фазового дрожания*

Фазовое дрожание измеряется с использованием измерительных точек.

III.12 *Выходные характеристики передатчиков СО1 и ЛО*

Нижеследующие нормы предполагают, что сопротивление нагрузки равно 130 Ом.

III.12.1 *Амплитуда импульса*

Номинальная амплитуда (пиковое значение) самого большого импульса должна составлять 2 В при допуске ± 10%.

III.12.2 *Форма импульса*

Форма импульса должна соответствовать шаблону на рис. III-10/G.961.

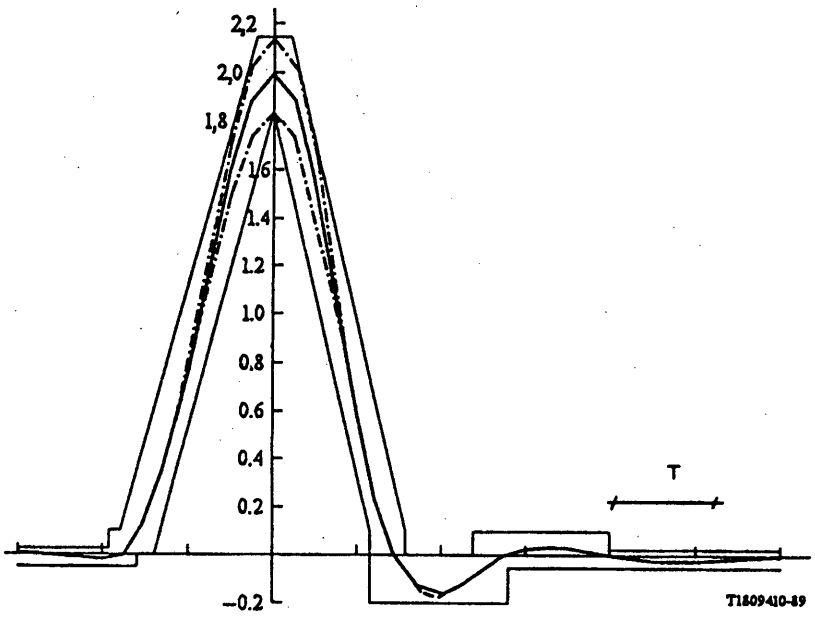


РИСУНОК III-10/G.961

Шаблон для передаваемого импульса

III.12.3 *Мощность сигнала*

Средняя мощность сигнала должна лежать в пределах от 8 до 9 дБм.

III.12.4 *Спектр мощности*

Верхняя граница спектральной плотности мощности должна определяться шаблоном на рис. III-11/G.961.

III.12.5 *Нелинейность сигнала передатчика*

Нелинейность сигнала передатчика должна быть меньше 1%.

III.13 *Окончание передатчика/приемника*

III.13.1 *Сопротивление*

Номинальное входное/выходное сопротивление в направлении соответственно СО1 или ЛО должно быть равно 130 Ом.

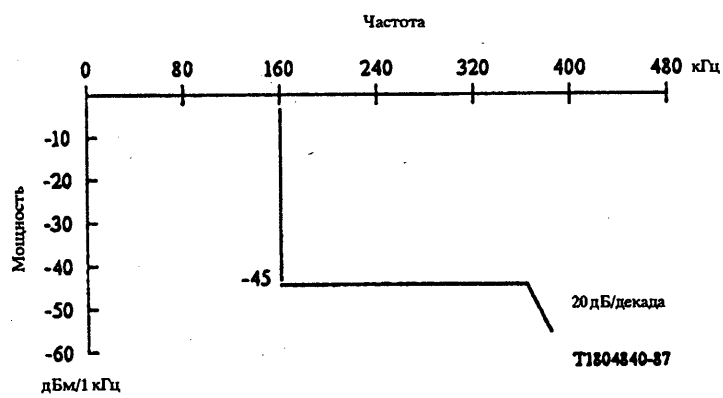


РИСУНОК III-11/G.961

Шаблон спектральной плотности передаваемой мощности

III.13.2 *Затухание отражения*

Затухание отражения, вызываемое несогласованностью нагрузки, должно превышать 11 дБ в полосе частот от 5 до 60 кГц и 16 дБ в полосе частот от 60 до 100 кГц.

III.13.3 *Затухание продольного перехода*

Минимальное затухание продольного перехода должно составлять:

— 45 дБ при частотах до 80 кГц;

— 40 дБ при частотах свыше 80 кГц.

ПРИЛОЖЕНИЕ IV

(к Рекомендации G.961)

Электрические характеристики системы передачи ЧПИ, использующей метод ВС

IV.1 *Линейный код*

Для обоих направлений передачи используется линейный код ЧПИ. Схема кодирования работает таким образом, чтобы двоичный «0» был представлен отсутствием сигнала в линии, в то время как двоичная «1» попеременно была представлена положительным и отрицательным импульсом.

IV.2 *Скорость следования символов*

Скорость следования символов определяется линейным кодом, скоростью информационного потока и структурой цикла. Скорость следования символов равна 320 кбод.

IV.2.1 *Требования по хронированию*

IV.2.1.1 *Точность автономного задающего генератора СО1*

Неточность частоты автономного задающего генератора СО1 не должна превышать $\pm 50 \cdot 10^{-6}$.

IV.2.1.2 *Допустимая для СО1 неточность тактовой частоты*

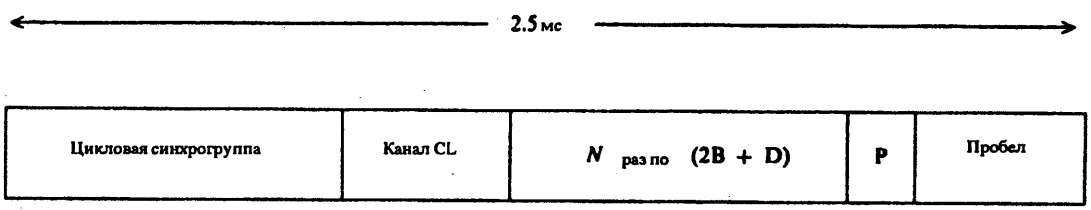
СО1 должно допускать работу при неточности тактовой частоты, поступающей от ЛО, $\pm 10 \cdot 10^{-6}$.

IV.2.1.3 *Допустимая для ЛО неточность тактовой частоты*

ЛО должно допускать работу при неточности тактовой частоты, поступающей от СтО, $\pm 10 \cdot 10^{-6}$.

IV.3 *Структура цикла*

Структура цикла содержит цикловую синхрогруппу, N раз по (2B + D) и канал CL.



P — проверочный бит: Бит P используется для того, чтобы сделать число двоичных «1» в цикле четным; его значение устанавливается равным «1» или «0», если число «1» в цикле соответственно четное или нечетное.

IV.3.1 *Длина цикла*

Число *N* интервалов (2B +D) в одном цикле равно 20.

IV.3.2 *Распределение битов в направлении ЛО — СО1*

Это распределение битов представлено на рис. IV-1/G.961.

IV.3.3 *Распределение битов в направлении СО1 — ЛО*

Это распределение битов представлено на рис. IV-2/G.961.

Позиции битов	1~8	9	10	11~13	14~16	XX (примечание)	YY (примечание)	ZZ (примечание)	VV (примечание)	377	378~800
Функции	Цикловая синхро-группа	Бит управления	Бит сверхцикла	Биты управления	Биты CRC	Канал B_1	Канал D	Канал B_2	Канал D	Проверочный бит	Пробел (нет линейного сигнала)
		Канал CL									

Примечание.— XX = (17 + 18n) до (24 + 18n), где n = 0~19

YY = 25 + 18n , где n = 0~19

ZZ = (26 + 18n) до (33 + 18n), где n = 0~19

VV = 34 + 18n , где n = 0~19

РИСУНОК IV-1/G.961

Распределение битов в направлении ЛО — СО1

Позиции битов	1 ~ 8	9	10	11 ~ 13	14 ~ 16	XX (примечание)	YY (примечание)	ZZ (примечание)	VV (примечание)	377	378 ~ 800
Функции	Цикловая синхро-группа	Информационный бит	Бит сверхцикла	Информационные биты	Биты CRC	Канал B_1	Канал D	Канал B_2	Канал D	Провероч-ный бит	Пробел (нет линей-ного сигнала)
		Канал CL									

Примечание.— XX = (17 + 18n) до (24 + 18n), где n = 0~19

YY = 25 + 18n, где n = 0~19

ZZ = (26 + 18n) до (33 + 18n), где n = 0~19

VV = 34 + 18n, где n = 0~19

РИСУНОК IV-2/G.961

Распределение битов в направлении СО1 — ЛО

IV.4 *Цикловая синхрогруппа*

Цикловая синхрогруппа используется для размещения битов каналов 2B + D + CL по предназначенным для них позициям. Она может, однако, быть использована и для других функций.

IV.4.1 *Цикловая синхрогруппа в направлении ЛО — СО1*

Код цикловой синхрогруппы имеет вид «100000M0»; M представляет собой чередующиеся от цикла к циклу биты «1/0».

IV.4.2 *Цикловая синхрогруппа в направлении СО1 — ЛО*

Код цикловой синхрогруппы имеет вид «1000000M»; M представляет собой чередующиеся от цикла к циклу биты «1/0».

IV.5 *Процедура цикловой синхронизации*

Процедура цикловой синхронизации определена следующим образом.

a) *Состояние циклового синхронизма*

Система передачи считается находящейся в состоянии циклового синхронизма, если цикловая синхрогруппа в течение трех следующих друг за другом циклов опознавалась на одних и тех же позициях.

b) *Потеря цикловой синхронизации*

Система передачи считается вышедшей из состояния синхронизма, если цикловая синхрогруппа не была обнаружена на установленных для нее в цикле позициях в течение шести циклов до обнаружения цикловой синхрогруппы на позиции цикла для 12 циклов.

IV.6 *Сверхцикл*

Для того чтобы обеспечить распределение битов канала CL в нескольких следующих друг за другом циклах, может быть использована структура сверхцикла. Начало сверхцикла определяется цикловой синхрогруппой. Общее число циклов в сверхцикле равно четырем.

IV.6.1 *Сверхцикловая синхрогруппа в направлении ЛО — СО1*

Сверхцикл опознается по биту сверхцикла в канале CL. Кодовая комбинация сверхцикловой синхрогруппы, которая состоит из битов сверхцикла в четырех следующих друг за другом циклах, имеет в состоянии циклового синхронизма вид «1000».

IV.6.2 *Сверхцикловая синхрогруппа в направлении СО1 — ЛО*

То же, что и в § IV.6.1.

IV.7 *Сдвиг между циклами ЛО—СО1 и СО1—ЛО*

СО1 синхронизирует свои циклы с циклами, принимаемыми с направления ЛО — СО1, и передает свой цикл со сдвигом. Соотношение позиций циклов на входе/выходе СО1 следующее. Первый бит каждого цикла, передаваемого от СО1 в направлении ЛО, должен быть сдвинут на 383 или 384 такта относительно первого бита цикла, принятого от ЛО.

IV.8 *Канал CL*

IV.8.1 *Скорость передачи*

Скорость в канале CL равна 3,2 кбит/с.

IV.8.2 *Структура*

a) 32 бита (3,2 кбит/с) отведены в сверхцикле для канала CL.

b) 4 бита (0,4 кбит/с) отведены для битов сверхцикла.

c) 16 битов (1,6 кбит/с) отведены в направлении ЛО — СО1 для функций технического обслуживания и эксплуатационного управления и в направлении СО1 — ЛО для функций технического обслуживания и эксплуатационной информации.

d) 12 битов (1,2 кбит/с) отведены для функции циклического контроля по избыточности (CRC).

IV.8.3 *Протоколы и процедуры*

Протоколы и процедуры технического обслуживания/эксплуатационного управления/информации определены ниже.

a) Режимы передачи с ориентацией по битам.

b) Режимы передачи непрерывны.

c) Опознание подтверждается приемом трех одинаковых битов в следующих друг за другом сверхциклах в условиях циклового синхронизма.

d) Посылки запроса управления выдаются в течение всего времени, пока опознается команда передачи.

e) Посылки запроса информации выдаются в течение всего времени, пока опознается событие, являющееся причиной передачи.

IV.9 *Скремблирование*

Скремблированию подвергаются каналы 2B + D в соответствии со следующим алгоритмом:

— в направлении ЛО — СО1: $x^9 \oplus x^5 \oplus 1$

— в направлении СО1 — ЛО: $x^9 \oplus x^5 \oplus 1$

IV.10 *Активация/деактивация*

Активация/деактивация определена в Рекомендации G.960, § 5. Применения, обеспечиваемые системой передачи, описаны ниже.

IV.10.1 *Сигналы, используемые для активации*

Используемые для активации/деактивации сигналы (СИГ) приведены ниже. Определены сигналы, используемые для запуска (когда биты канала CL не могут быть использованы), и биты канала CL (в уже установившихся циклах).

a) Сигналы, используемые для запуска (биты CL не могут быть использованы):

— СИГ 0 (СО1 — ЛО и ЛО — СО1): Отсутствие сигнала в линии.

— СИГ 1 (ЛО — СО1): Сигнал, который вызывает деактивацию линии и стыка в эталонной точке Т.

— СИГ 2 (СО1 — ЛО): Сигнал подготовки, имеющий целью вызвать переход уровня 1 ЛО в состояние полной мощности и обеспечить активацию линии и стыка в эталонной точке Т. Это происходит в результате приема сигнала ИНФО 1 в эталонной точке Т в случае активации со стороны пользователя. В случае активации со стороны сети этот сигнал используется также в качестве подтверждения подготовки при приеме сигнала СИГ 3.

— СИГ 3 (ЛО — СО1): Сигнал подготовки, имеющий целью вызвать переход уровня 1 СО1 в состояние полной мощности и подготовку к приему синхронизации от поступающего от ЛО сигнала. В случае активации со стороны пользователя этот сигнал используется также в качестве подтверждения подготовки при приеме сигнала СИГ 2.

— СИГ 4 (ЛО — СО1): Сигнал, содержащий информацию цикловой синхронизации и обеспечивающий синхронизацию приемника СО1.

— СИГ 5 (СО1 — ЛО): Сигнал, содержащий информацию цикловой синхронизации и обеспечивающий синхронизацию приемника ЛО. Он уведомляет ЛО, что СО1 синхронизировался от сигнала СИГ 4.

b) Биты в канале CL в уже установившихся циклах:

— СИГ 6 (ЛО — СО1): Сигнал, побуждающий СО1 обеспечить всю доступную пропускную способность передачи информации уровня 1 между СО1 и ЛО и побуждающий СО1 активировать стык Т передачей сигнала ИНФО 2 на эталонную точку Т.

— СИГ 7 (ЛО—СО1): Сигнал, который побуждает СО1 обеспечить всю доступную пропускную способность передачи информации уровня 1 между ОО и СтО посредством передачи сигнала ИНФО 4 на эталонную точку Т.

— СИГ 8 (СО1 — ЛО): Сигнал, который служит индикацией того, что стык в эталонной точке Т активирован, и который побуждает ЛО обеспечить всю доступную пропускную способность передачи информации уровня 1 между ОО и СтО. Он вызывается в результате приема сигнала ИНФО 3 на эталонной точке Т.

— СИГ 9 (ЛО — СО1): Сигнал, который побуждает СО1 обеспечить всю доступную пропускную способность передачи информации уровня 1 между СО1 и ЛО и побуждает СО1 к активации шлейфа 2.

— СИГ 10 (СО1 — ЛО): Сигнал, который служит индикацией того, что шлейф 2 в СО1 активирован, и который побуждает ЛО обеспечить всю доступную пропускную способность передачи информации уровня 1 между СО1 и СтО.

— СИГ 11 (ЛО — СО1 и СО1 — ЛО): Сигнал синхронизации, содержащий информацию цикловой синхронизации, и каналы 2B + D + CL.

— СИГ 12 (СО1 — ЛО): Сигнал, который служит индикацией того, что приемник на стороне стыка Т СО1 потерял цикловую синхронизацию.

— СИГ 13 (ЛО — СО1): Сигнал, который служит индикацией того, что приемник на линейной стороне ЛО потерял цикловую синхронизацию. Этот сигнал выполняет также функцию сигнала СИГ 4.

— СИГ 14 (СО1 — ЛО): Сигнал синхронизации, который содержит информацию цикловой синхронизации, и каналы 2B + D +CL; биты в каналах 2B + D оставляются неиспользованными.

Примечание.— Определение функционального элемента (ФЭ) в эталонной точке V дается в § 5.4 Рекомендации G.960. ФЭ, используемые для активации/деактивации, вновь перечислены в таблице IV-1/G.961.

ТАБЛИЦА IV-1/G.961

Назначение функциональных элементов, связанных с процедурами активации/деактивации

ФЭ	Направление	Назначение
ФЭ 1	СтО — ЛО	Запрос активации стыка в эталонной точке Т
ФЭ 5	СтО — ЛО	Запрос деактивации линии и стыка в эталонной точке Т
ФЭ 9	СтО — ЛО	Запрос активации шлейфа 1
ФЭ 8	СтО — ЛО	Запрос активации шлейфа 2
ФЭ 4	ЛО — СтО	Стык Т активирован или обеспечен шлейф
ФЭ 3	ЛО — СтО	Линия активирована
ФЭ 6	ЛО — СтО	Линия и стык в эталонной точке Т деактивированы
ФЭ 7	ЛО — СтО	Индикация ошибки
ФЭ 2	ЛО — СтО	Запрос на запуск таймера Т1 в уровне 1 СтО

IV.10.2 *Определение внутренних таймеров*

Таймер Т2 (см. Рекомендацию I.430, § 6) размещается в уровне 1 ЛО.

IV.10.3 *Описание процедуры активации*

a) Активация со стороны сети: см. рис. IV-3/G.961.

b) Активация со стороны пользователя: см. рис. IV-4/G.961.

c) Деактивация со стороны сети: см. рис. IV-5/G.961.

d) Активация шлейфа 2: см. рис. IV-6/G.961.

Примечание 1.— Активация только лишь линейной системы не предусматривается, если во время деактивированного состояния стыка в эталонной точке Т имеется полная пропускная способность передачи информации.

Примечание 2.— Непрозрачный шлейф 1 обеспечивается там, где в 2-проводной точке ЛО не передается линейный сигнал.

Примечание 3.— Непрозрачный шлейф 2 обеспечивается там, где ИНФО 0 передается от СО1 на стык в эталонной точке Т.

Примечание 4.— Регенератор не применим.

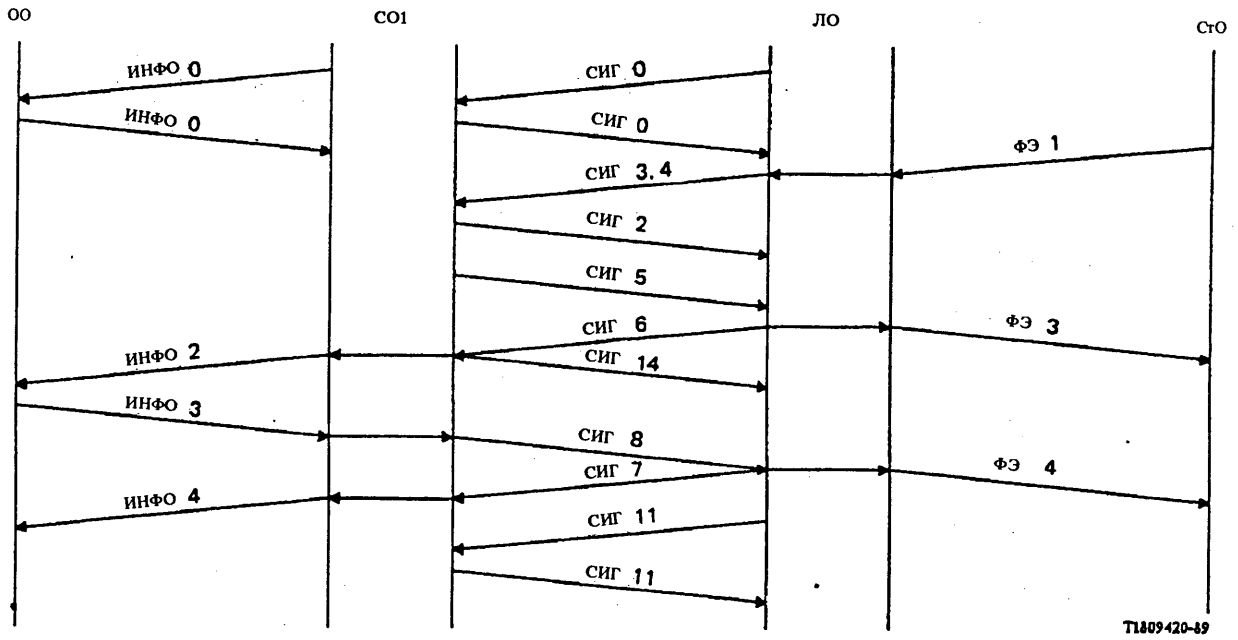


РИСУНОК IV-3/G.961

Активация со стороны сети

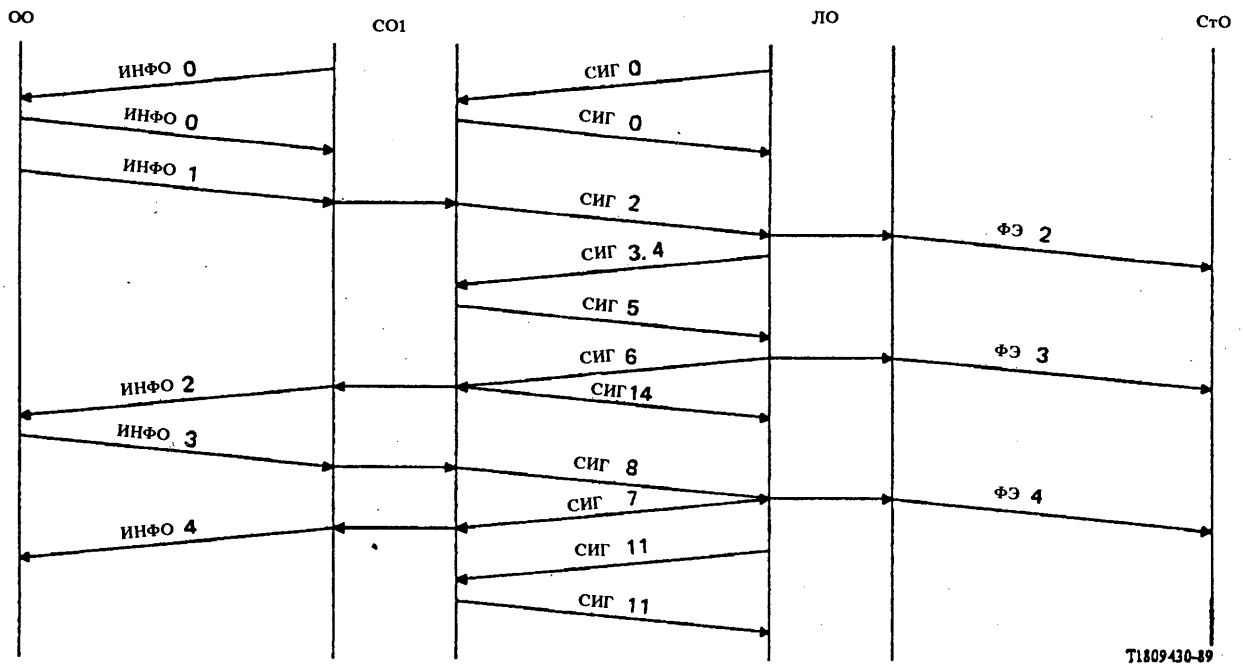


РИСУНОК IV-4/G.961

Активация со стороны пользователя

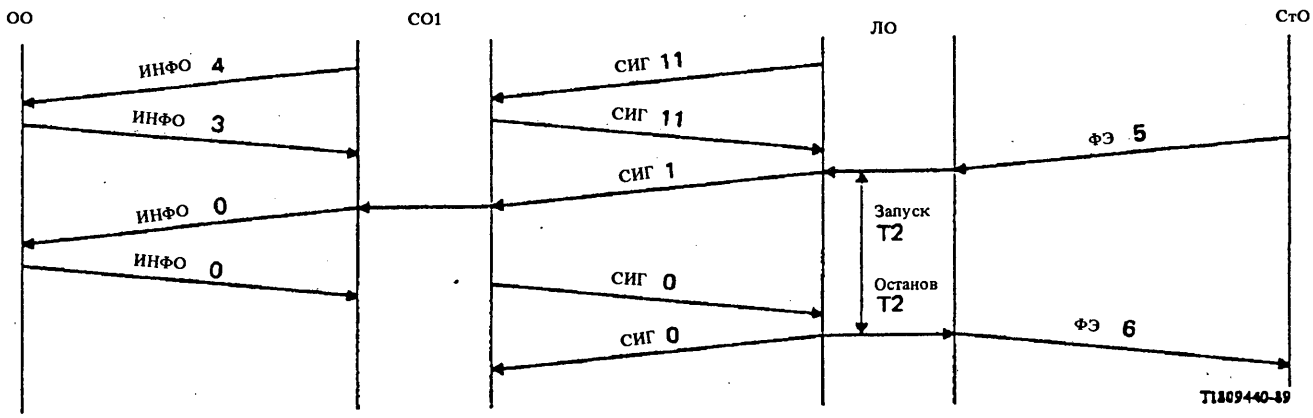


РИСУНОК IV-5/G.961

Деактивация со стороны сети

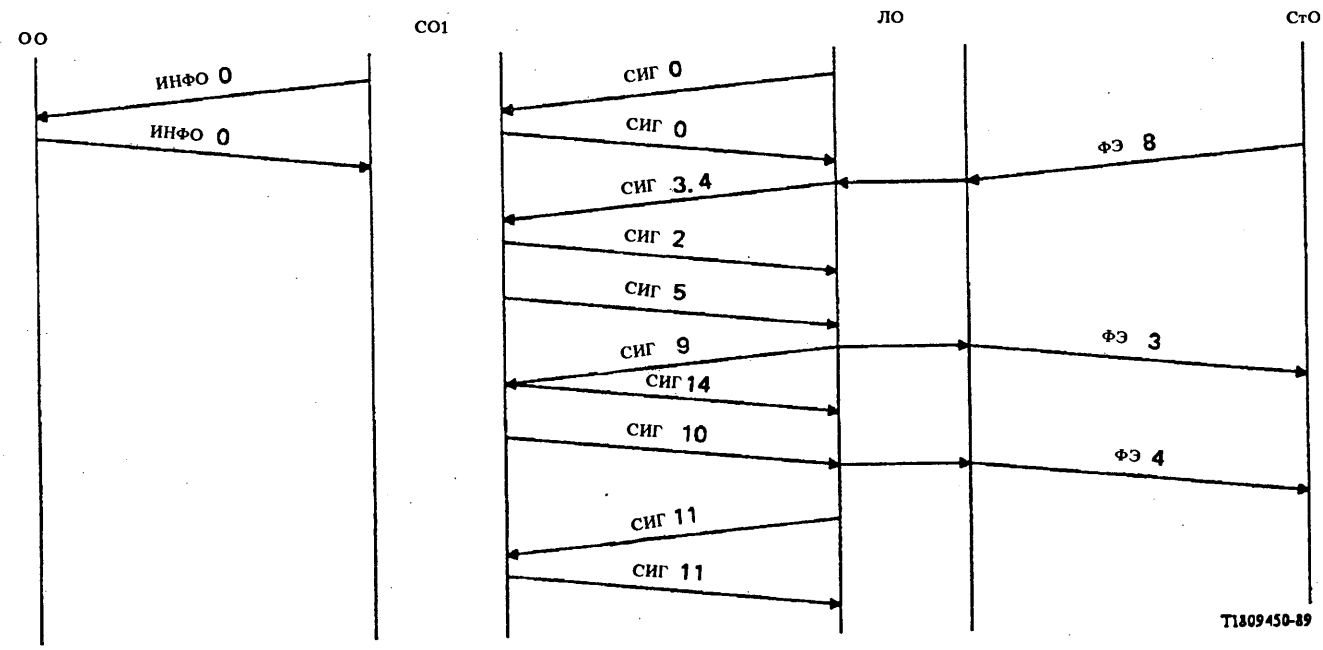


РИСУНОК IV-6/G.961

Активация шлейфа 2

IV.10.4 *Таблица перехода состояний СО1*

Таблица перехода состояний СО1 в зависимости от ИНФО и СИГ представлена в таблице IV-2/G.961.

IV.10.5 *Таблица перехода состояний ЛО*

Таблица перехода состояний ЛО в зависимости от ФЭ, СИГ и внутреннего таймера T2 представлена в таблице IV-3/G.961.

ТАБЛИЦА IV-2/G.961

Таблица перехода состояний СО1

Событие	Название состояния	Деактивный	Ожидание активации мощности	Ожидание активации линии на стороне СО1	Ожидание активации линии на стороне ЛО	Линия активна	Стык Т предактивен	Стык Т активен	Потеря цикловой синхронизации на стыке Т	Линия активна	Шлейф 2 активен
	Код состояния	со 1.0	со 1.1	со 1.2	со 1.3	со 1.4	со 1.5	со 1.6	со 1.7	со 2.1	со 2.2
	Тх	инфо 0	инфо 0	инфо 0	инфо 0	инфо 2	инфо 2	инфо 4	инфо 2	инфо 0	инфо 0
		сиг 0	сиг 2	сиг 2	сиг 5	сиг 14	сиг 8	сиг 11	сиг 12	сиг 14	сиг 10 сиг 11
сиг 1		/	со 1.0	со 1.0	со 1.0	со 1.0	со 1.0	со 1.0	со 1.0	со 1.0	со 1.0
сиг 3		со 1.2	со 1.2	–	–	/	/	/	/	/	/
Линия со стороны СО1 активна		/	/	со 1.3	–	–	–	–	–	–	–
сиг 6		/	/	/	со 1.4	–	–	–	–	–	–
сиг 7		/	/	/	/	/	со 1.6	–	–	/	/
сиг 9		/	/	/	со 2.1	/	/	/	/	–	–
сиг 13		/	/	/	–	со 1.3	со 1.3	со 1.3	со 1.3	со 1.3	со 1.3
Потеря цикловой синхронизации на стыке Т		/	/	/	/	/	со 1.7	со 1.7	–	/	/
Потеря цикловой синхронизации линии со стороны СО1		/	/	/	со 1.2	со 1.2	со 1.2	со 1.2	со 1.2	со 1.2	со 1.2
Прием ИНФО 1		со 1.1	–	–	–	–	/	/	/	–	–
Прием ИНФО 3		/	/	/	/	со 1.5	–	–	со 1.5	/	/
Шлейф 2 образован		/	/	/	/	/	/	/	/	со 2.2	–

/ — событие невозможно.

— — перехода состояний нет.

ТАБЛИЦА IV-3/G.961

Таблица перехода состояний ЛО

Событие	Название состояния	Деактивный	Ожидание активации линии	Линия активна	Стык Т активен	Ожидание деактивации	Потеря цикловой синхронизации линии	Ожидание активации линии	Линия активна	Шлейф 2 активен
	Код состояния Тх	ло1.0	ло 1.1	ло 1.2	ло 1.3	ло 1.4	ло 1.5	ло 2.1	ло 2.2	ло 2.3
		сиг 0	сиг 3 сиг 4	сиг 6	сиг 7 сиг 11	сиг 1	сиг 13	сиг 3 сиг 4	сиг 9	сиг 11
сиг 2		фэ 2 ло 1.1	–	–	/	/	–	–	/	/
Линия полностью активна		/	фэ 3 ло 1.2	–	–	–	фэ 3 ло 1.2	фэ 3 ло 2.2	–	–
сиг 8		/	/	фэ 4 ло 1.3	–	–	/	/	/	/
сиг 10		/	/	/	/	/	/	/	фэ 4 ло 2.3	–
Потеря цикловой синхронизации линии		/	/	фэ 7 ло 1.5	фэ 7 ло 1.5	–	–	/	фэ 7 ло 2.1	фэ 7 ло 2.1
сиг 12		/	/	/	фэ 7 ло 1.2	–	/	/	/	/
Истечение времени таймера Т2		/	/	/	/	ло 1.0	/	/	/	/
фэ 1		ло 1.1	/	/	/	/	/	/	/	/
фэ 5		/	ST.T2 ло 1.4	ST.T2 ло 1.4	ST.T2 ло 1.4	/	ST.T2 ло 1.4	ST.T2 ло 1.4	ST.T2 ло 1.4	ST.T2 ло 1.4
фэ 8		2.1	/	/	/	/	/	/	/	/

/ — событие невозможно.

— — перехода состояний нет.

IV.10.6 *Время активации*

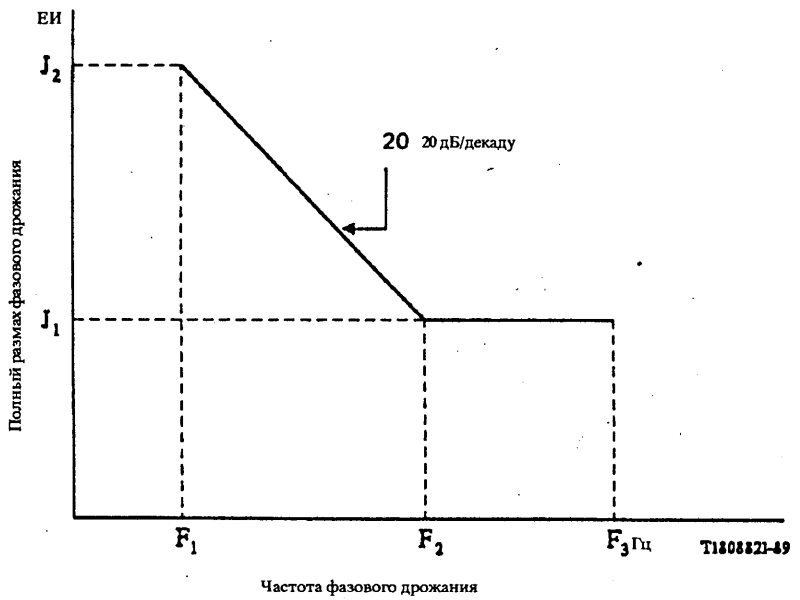
См. Рекомендацию G.960, §§ 5.5.1 и 5.5.2.

IV.11 *Фазовое дрожание*

Допуски на фазовое дрожание имеют целью гарантировать, что предельные нормы, указанные в Рекомендации I.430, обеспечиваются предельными нормами на фазовое дрожание в системе передачи на местных линиях. Приведенные ниже предельные значения фазового дрожания должны соблюдаться независимо от длины местной линии и от наличия одного регенератора при условии соблюдения характеристик среды передачи (см. § 3). Предельные нормы должны соблюдаться независимо от передаваемой по каналам B, D и CL комбинации битов.

IV.11.1 *Допуск на фазовое дрожание сигнала на входе СО1*

Эксплуатационные нормы СО1 должны соблюдаться при дрейфе/дрожании фазы с максимальными амплитудами, указанными на рис. IV-7/G.961, для фазового дрожания с одиночными частотами в диапазоне от 3 Гц до 80 кГц, наложенного на испытательный сигнал. Эксплуатационные нормы СО1 должны также соблюдаться при дрейфе фазы, равном 0,1 ЕИ (полный размах) за сутки при максимальной скорости изменения фазы 1,0 ЕИ/час.



$$1\ IU = \frac{1}{320\ \text{кГц}} = 3.125\ \mu\text{c}$$

F_1	F_2	F_3	J_1	J_2
3 Гц	30 Гц	80 кГц	0.1 ЕИ	1.0 ЕИ

РИСУНОК IV-7/G.961

Минимальный допуск на фазовое дрожание на входе СО1

IV.11.2 *Предельные значения фазового дрожания на выходе СО1*

При определенном в § IV.11.1 дрейфе/дрожании фазы, наложенном на сигнал на входе СО1, фазовое дрожание сигнала, передаваемого от СО1 в направлении сети, должно соответствовать следующим требованиям:

а) фазовое дрожание не должно превышать 0,1 ЕИ (полный размах) и не должно достигать 0,25 ЕИ (среднеквадратичное значение) при измерении с использованием фильтра верхних частот со спадом 20 дБ/декаду на частотах ниже 90 Гц;

b) фазовое дрожание сигнала на выходе относительно фазы сигнала на входе (сигнала от сети) не должно превышать 0,12 ЕИ (полный размах) или 0,025 ЕИ (среднеквадратичное значение) при измерении с использованием полосового фильтра со спадом 20 дБ/декада на частотах выше 90 Гц и ниже 0,3 Гц. Это требование предполагает, что на входной сигнал в соответствии с § IV.11.1 наложено фазовое дрожание с одиночными частотами до F_2 Гц.

IV.11.3 *Условия измерения фазового дрожания*

Из-за двунаправленной передачи по 2-проводной линии и из-за сильной межсимвольной интерференции в 2-проводной точке СО1 отсутствуют ярко выраженные перепады сигналов.

Примечание.— Предполагаются два возможных решения:

a) в СО1 предусматривается измерительная точка для измерения фазового дрожания на сигнале без помехи;

b) стандартный приемопередатчик ЛО, имеющий в своем составе искусственную линию передачи, используется как измерительный прибор.

IV.12 *Выходные характеристики передатчиков СО1 и ЛО*

Нижеследующие нормы предполагают, что сопротивление нагрузки равно 110 Ом.

IV.12.1 *Амплитуда импульса*

Номинальная амплитуда (пиковое значение) самого большого импульса должна составлять 6 В при допуске ± 10%.

IV.12.2 *Форма импульса*

Форма импульса должна соответствовать шаблону на рис. IV-8/G.961.

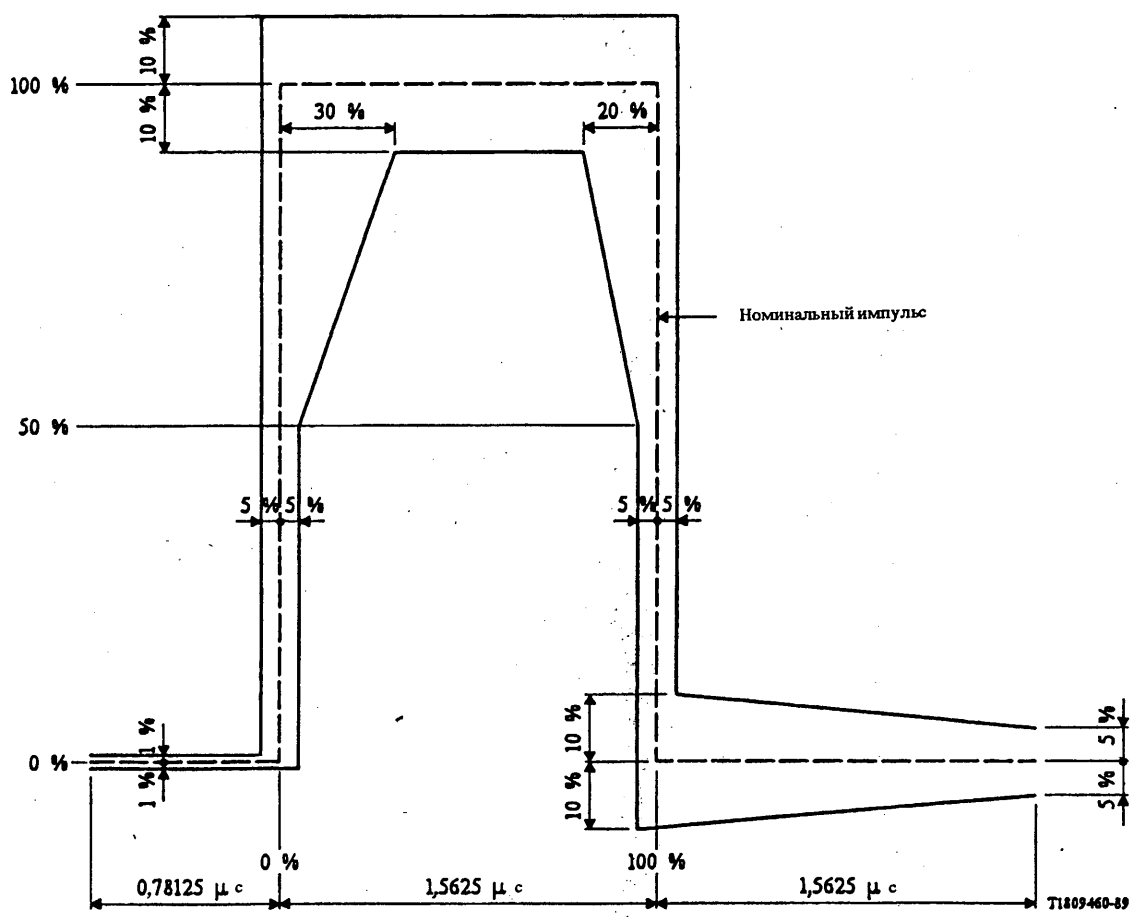


РИСУНОК IV-8/G.961

Шаблон импульса на выходе передатчика

IV.12.3 *Мощность сигнала*

Средняя мощность сигнала должна лежать в пределах от 14,5 до 17,1 дБм.

IV.12.4 *Спектр мощности*

Верхняя граница спектральной плотности мощности должна определяться шаблоном на рис. IV-9/G.961.

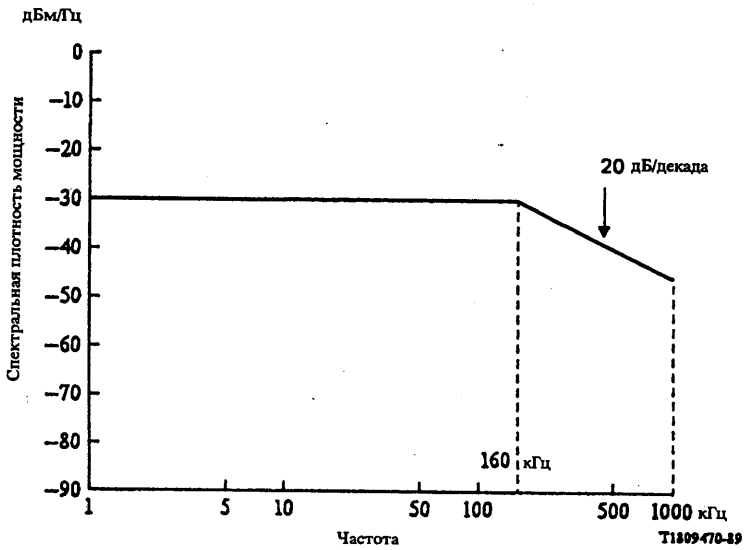


РИСУНОК IV-9/G.961

Верхняя граница спектральной плотности мощности сигнала

IV.12.5 *Нелинейность сигнала передатчика*

Это мера отклонения от идеальной величины импульсов и нелинейности отдельных импульсов.

Различие между величинами положительных и отрицательных импульсов должно быть меньше 5%.

Метод измерения подлежит дальнейшему изучению.

IV.13 *Окончание передатчика/приемника*

IV.13.1 *Сопротивление*

a) Номинальное входное сопротивление в направлении СО1 или ЛО соответственно должно быть равно 110 Ом.

b) Номинальное выходное сопротивление в направлении СО1 или ЛО соответственно должно быть меньше 30 Ом во время выдачи импульсов и равно 110 Ом в отсутствие импульсов.

IV.13.2 *Затухание отражения*

Затухание отражения должно превышать значения, определяемые шаблоном на рис. IV-10/G.961.

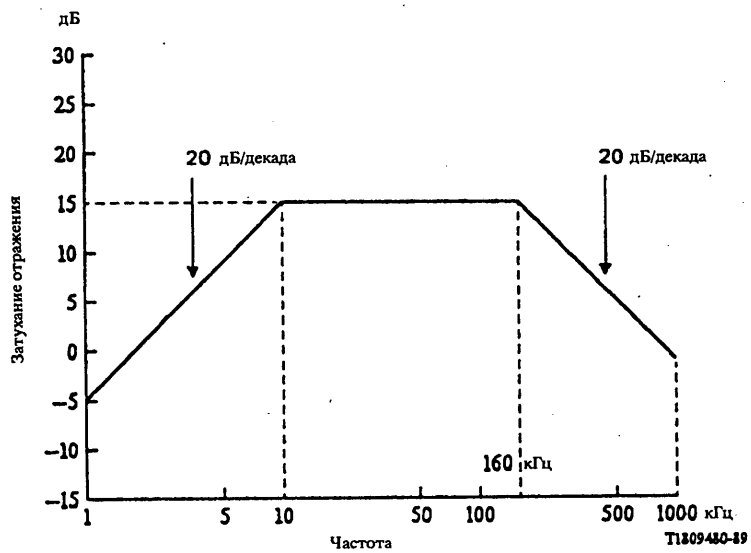


РИСУНОК IV-10/G.961

Минимальное затухание отражения

IV.13.3 *Затухание продольного перехода*

Минимальное затухание продольного перехода должно быть больше, чем значения, определяемые шаблоном на рис. IV-11/G.961.

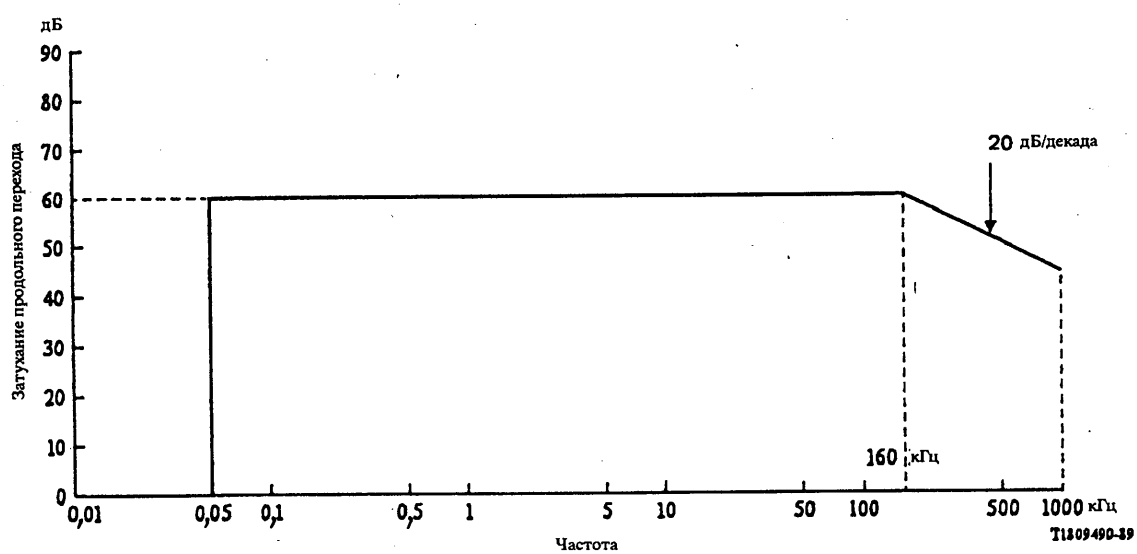


РИСУНОК IV-11/G.961

Минимальное затухание продольного перехода

ПРИЛОЖЕНИЕ V

(к Рекомендации G.961)

Цифровая линейная система для основного доступа к ЦСИС, использующая двоичный бифазный линейный код

V.0 *Электрические характеристики*

В настоящем приложении описывается прозрачная система передачи со скоростью 160 кбит/с, основанная на методе эхокомпенсации. При такой скорости передачи обеспечивается образование каналов B 64 кбит/с и одного канала D 16 кбит/с в соответствии с Рекомендацией I.412. Остающаяся пропускная способность 16 кбит/с позволяет передавать информацию цикловой синхронизации и информацию вспомогательного канала.

Скремблированию подвергается вся совокупность структурированной по циклам информации с использованием различных полиномов на станционном и абонентском концах. Линейный код образуется на основе бифазного кодирования. Кодированный сигнал проходит через фильтр и подается на линию со скоростью следования символов в 160 кбод. Переходы в символах бифазного сигнала позволяют выделить из информации тактовую частоту с незначительным фазовым дрожанием, и корректирование может быть осуществлено с помощью короткой структуры с решающей обратной связью. Двойная регистрация обеспечивает наилучшую защиту от остаточной межсимвольной помехи и остаточного эхосигнала и позволяет упростить приемник, отказавшись от требования применения АРУ в схеме регистрации.

V.1 *Линейный код*

Для обоих направлений передачи применяется бифазный линейный код. Алгоритм кодирования следующий.

Двоичный «0» передается отрицательным переходом в середине тактового периода.

Двоичная «1» передается положительным переходом в середине тактового периода.

Переходы на границах между тактовыми периодами имеют место, если следующие друг за другом биты одинаковы.

Кодированный двоичный сигнал после этого формируется фильтром с целью эффективного исключения высокочастотных компонентов.

V.2 *Скорость следования символов*

Скорость следования символов определяется линейным кодом, скоростью информационной последовательности и структурой цикла. Скорость следования символов равна 160 кбод.

V.2.1 *Требования по хронированию*

V.2.1.1 *Точность автономного задающего генератора СО1*

Допустимая неточность частоты автономного задающего генератора СО1 составляет $\pm 230 \cdot 10^{-6}$.

V.2.1.2 *Допустимая для ЛО неточность тактовой частоты*

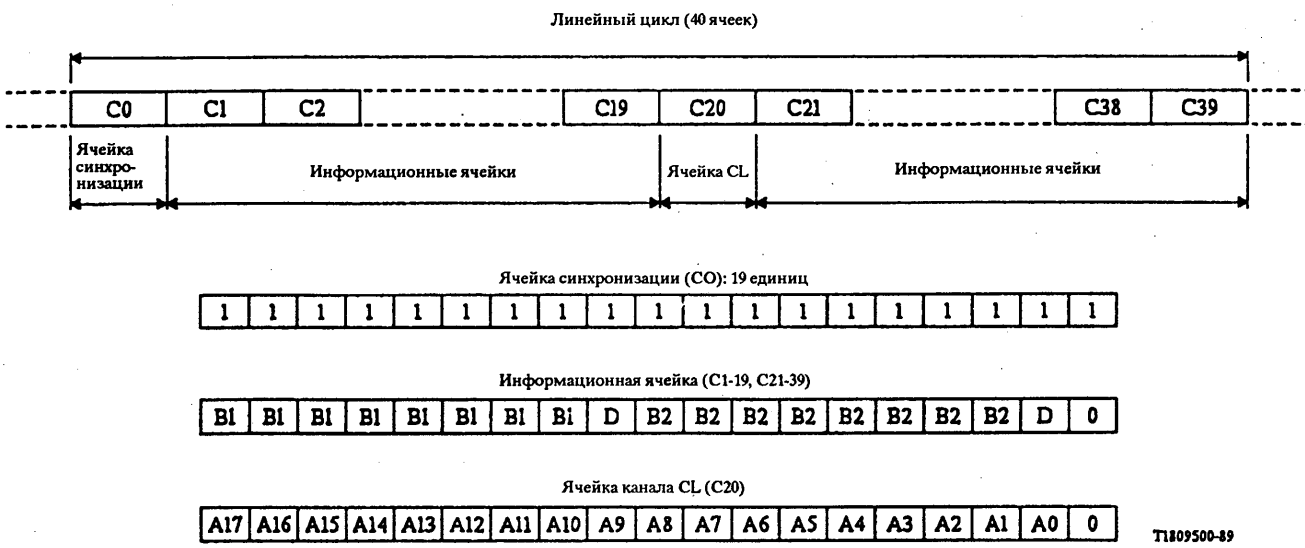
СО1 и ЛО должны допускать работу при неточности частоты, поступающей от СтО, равной $\pm 50 \cdot 10^{-6}$ (в соответствии с Рекомендацией G.703).

V.3 *Структура цикла*

Структура цикла содержит цикловую синхрогруппу, N раз по (2B + D) и канал CL.

Как показано на рис. V-1/G.961, линейный цикл определяется как 40 «ячеек» с C0 по C39, каждая из которых содержит 19 битов, следующих со скоростью передачи. Ячейка C0 содержит комбинацию цикловой синхронизации.

Ячейки C1 — C19 и C21 — C39 содержат абонентские каналы B_1, B_2 и D. Ячейка C20 содержит канал CL.



B1 — канал B1.
B2 — канал B2.
D — канал D.
A17-0 — канал CL.

Примечание.— Последовательность передачи слева направо.

РИСУНОК V-1/G.961

Структура цикла

V.3.1 *Длина цикла*

Из определенных структуры цикла и линейной скорости вытекает, что линейный цикл состоит из 760 битов и имеет длительность, равную 4,75 мс.

V.3.2 *Распределение битов в направлении ЛО — СО1*

Как определено в § V.3.

V.3.3 *Распределение битов в направлении СО1 — ЛО*

Как определено в § V.3.

V.4 *Цикловая синхрогруппа*

V.4.1 *Цикловая синхрогруппа в направлении ЛО — СО1*

Цикловая синхрогруппа размещается в ячейке C0 и состоит из 19 следующих друг за другом единиц, что является единственным случаем в последовательности битов в цикле. Для того чтобы это было гарантировано, бит 19 в ячейках C1 — C39 всегда устанавливается равным нулю.

V.4.2 *Цикловая синхрогруппа в направлении СО1 — ЛО*

Как определено в § V.4.1.

V.5 *Процедура цикловой синхронизации*

В поступающей на вход информационной последовательности надо вести поиск 20-битовой комбинации цикловой синхрогруппы, состоящей из 19 следующих друг за другом единиц, которой непосредственно предшествует ноль. «Цикловой синхронизм» определяется как правильный прием трех следующих друг за другом циклов, в которых комбинация цикловой синхронизации находится на надлежащих позициях в цикле.

V.5.1 *Контроль циклового синхронизма*

«Потеря циклового синхронизма» определяется как обнаружение в каждом из трех следующих друг за другом циклов одной или более ошибок в комбинации цикловой синхронизации. Контроль циклового синхронизма должен быть непрерывным.

V.5.2 *Определение полярности линии*

В СО1 предусмотрено автоматическое определение полярности линии. Таймер со временем отсчета 80 мс запускается от системы передачи только при переходе сигнала «обнаружение сигнала линии» из неактивного в активное состояние. Истечение времени таймера вызывает изменение полярности входящей и исходящей информации. После того как полярность линии определена, она удерживается в качестве начальной полярности для последующих операций обнаружения. Время работы таймера 80 мс выбрано с учетом времени вхождения системы передачи в установившийся режим работы плюс время вхождения в цикловой синхронизм.

Для того чтобы предотвратить появление ложной комбинации цикловой синхронизации в информационной последовательности, поступающей с линии обратной полярности, в каналах B_1, B_2 и D в направлении ЛО — СО1 во время этого этапа процедуры активации, до переключения на передачу рабочей информации, передаются сплошные единицы. Кроме того, по крайней мере одному биту вспомогательного канала во время процедуры активации также должно быть придано значение «1».

V.6 *Сверхцикл*

Сверхцикловой структуры нет.

V.7 *Сдвиг между циклами ЛО — СО1 и СО1 — ЛО*

Циклы ЛО — СО1 и СО1 — ЛО могут на СО1 быть в любом соотношении, но при этом от ЛО требуется, чтобы оно могло синхронизироваться при любом сдвиге принятых линейных циклов относительно переданных циклов.

V.8 *Канал CL*

Задачей канала CL является передача информации технического обслуживания, а также флажка «истинная информация» и «готов к информации».

V.8.1 *Скорость передачи*

Скорость в канале CL равна 3,8 кбит/с.

V.8.2 *Структура*

На рис. V-2/G.961 представлен формат канала CL в обоих направлениях (ЛО — СО1 и СО1 — ЛО), который подразделяется на поля следующих видов:

a) M3-0: 4-битовое поле для передачи «команды технического обслуживания» на удаленный терминал передачи. Код команды включает опознавательный номер терминала;

b) R3-0: 4-битовое поле для передачи «отклика технического обслуживания» к ЛО;

c) DV: Флажок «истинная информация», который указывает на то, что в направлении ЛО — СО1 каналы B_1, B_2 и D содержат рабочую информацию;

d) RFD: Флажок «готов к информации», который указывает на то, что в направлении СО1 — ЛО каналы B_1, B_2 и D содержат рабочую информацию;

e) D7-0: 8-битовое поле для передачи любой «информации технического обслуживания», которая связана с «откликом технического обслуживания»;

f) K4-0: 5-битовый код циклической проверки, который функционирует на основе использования вспомогательных битов ячеек с A17 по A5 включительно.

	A17	A16	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
к СО1	M3	M2	M1	M0	DV	X	X	X	X	X	X	X	X	K4	K3	K2	K1	K0	0

	A17	A16	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
к ЛО	R3	R2	R1	R0	RFD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	K4	K3	K2	K1	K0	0

T1809510-89

A17-0 — позиции битов в ячейке канала CL — см. рис. V-1/7.961.
M3-0 — команда технического обслуживания.
R3 — отклик технического обслуживания.
DV — флажок «истинная информация».
RFD — флажок «готов к информации».
D7-0 — информация технического обслуживания.
K4-0 — циклическая проверка.
X — неиспользуемый (передается единица).

РИСУНОК V-2/G.961

Формат канала CL

V.8.3 *Протоколы и процедуры*

Операции технического обслуживания основаны на повторяющемся протоколе команда/эхо-отклик. Операция технического обслуживания начинается непрерывной передачей от ЛО необходимой «команды технического обслуживания». Когда соответствующий терминал принимает опознанную в качестве истинной команду, она непрерывно посылается обратно к ЛО в качестве «отклика технического обслуживания», и в соответствии с командой производятся необходимые действия. Если команда затребовала какую-либо информацию, то последняя одновременно выдается в поле «информация технического обслуживания». Терминал продолжает выдавать отклик на команду и предоставлять любую необходимую информацию, пока он принимает надлежащие и опознанные в качестве истинных команды. Для откликов, которые не сопровождаются передачей информации, поле «информация технического обслуживания» не определено. ЛО считает операцию технического обслуживания завершенной, когда оно получает отклик, опознанный в качестве истинного, который соответствует переданной команде.

Шлейфы образуются на основе команд технического обслуживания, и информация об эксплуатационных характеристиках системы передачи возвращается посредством испытания поля информации технического обслуживания. Операции технического обслуживания могут совершаться, когда бы ни происходила активация цифрового участка.

V.8.4 *Защита от ошибок*

Биты канала CL от A17 до A0 включительно используются для работы устройства защиты от ошибок.

Процедура проверки достоверности состоит из двух этапов:

a) 5-битовый код циклической проверки по избыточности K4-0 функционирует на основе испытания битов канала CL с A17 по A5 включительно. Образующий полином кода имеет вид

$$g(x) = (1 \oplus x)(1 \oplus x \oplus x^4)$$

Это код Хэмминга, который обнаруживает и исправляет одиночную ошибку;

b) группа битов канала CL A17 — A5 признается достоверной только в случае, если они были успешно проверены/исправлены и если они надлежащим образом сочетаются с предыдущими двумя группами, которые были успешно проверены/исправлены. Следует отметить, что эти три группы не должны быть непременно взяты из следующих друг за другом линейных циклов.

V.9 *Скремблирование*

Вся информационная последовательность битов, структурированная по циклам, подвергается скремблированию следующим образом:

a) Полином скремблирования от СО1 к ЛО

$$1 \oplus x^{-14} \oplus x^{-15}$$

b) Полином скремблирования от ЛО к СО1

$$1 \oplus x^{-1} \oplus x^{-15}$$

(⊕=ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ)

V.10 *Активация/деактивация*

Один бит канала CL отводится для использования во время процедур активации и деактивации. Речь идет о передаче флажка «истинная информация» в направлении ЛО — СО1 и флажка «готов к информации» в направлении СО1 — ЛО. Эти биты не входят в описанный ниже протокол технического обслуживания и функционируют как простые незатребованные показания.

V.10.1 *Сигналы, используемые для активации/деактивации*

Для активации/деактивации используются следующие сигналы (СИГ):

Направление ЛО — СО1

Сигнал	Цикловая синхрогруппа	2B + D	M	DV	K
I0	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
I2	Нормальная	1	1	0	Нормальная
I4	Нормальная	Нормальная	Нормальная	1	Нормальная

Направление СО1 — ЛО

Сигнал	Цикловая синхрогруппа	2B + D	R	RFD	D0—D7	K
I0	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
I1	0	0	0	0	0	0
I31	Нормальная	0	1	0	Нормальная	Нормальная
I3	Нормальная	Нормальная	Нормальная	1	Нормальная	Нормальная

V.10.2 *Определение внутренних таймеров*

В ЛО расположены следующие таймеры:

— Таймер 2 (T2) предохраняет от непреднамеренной повторной активации со стороны ОО.

— Таймер A (TA) запускается, если при активном состоянии уровня 1 (LT4) принят СИГ I31, что указывает на попадание СИГ I3. Если после этого СИГ I3 не будет принят до истечения времени таймера A, то инициируется деактивация.

— Таймер B (TB) запускается после потери циклового синхронизма. Если цикловой синхронизм не будет восстановлен до истечения времени таймера B, то инициируется деактивация.

Продолжительность работы внутренних таймеров требует дальнейшего изучения.

V.10.3 *Описание процедур активации/деактивации*

Рис. V-3/G.961 (лист 1) иллюстрирует метод активации от сети. ЗАПРОС АКТИВАЦИИ PH вызывает передачу СИГ I2 от сети к СО1. СО1 входит в состояние обнаружения линейного сигнала, и устанавливается цикловая синхронизация. В этот момент СО1 посылает ИНФО 2 в направлении ОО и одновременно посылает СИГ I31 в направлении сети. В надлежащее время сеть входит в состояние синхронизма, и ОО отвечает на ИНФО 2 посредством ИНФО 3. СО1 извещает сеть об этом событии посредством выдачи СИГ I3. Результатом является ИНДИКАЦИЯ АКТИВАЦИИ в сети. Сеть отвечает выдачей в направлении СО1 СИГ I4. После приема этого сигнала СО1 посылает ИНФО 4 в направлении ОО, завершая таким образом процедуру активации.

Рис. V-3/G.961 (лист 2) иллюстрирует активацию со стороны пользователя. Этот процесс активации в основном подобен процессу активации со стороны сети, за исключением того, что начало процессу кладет ИНФО 1 от ОО. В этом случае СО1 запускает процесс выдачей СИГ I1 в направлении сети. Сеть входит в состояние обнаружения линейного сигнала. Сеть посылает СИГ I2 в направлении СО1. Начиная с этого момента процесс подобен описанному выше.

Рис. V-3/G.961 (лист 3) иллюстрирует метод деактивации. ЗАПРОС ДЕАКТИВАЦИИ прекращает передачу от сети к СО1 (СИГ I0). Обнаружив это, СО1 посылает СИГ I1 назад к сети, а ИНФО 0 в направлении ОО. ОО отвечает, посылая ИНФО 0 назад в СО1. Приняв его, СО1 прекращает передачу в направлении сети (СИГ I0). В сети это вызывает ИНДИКАЦИЮ ДЕАКТИВАЦИИ, и на этом процедура деактивации завершена.

Определения СИГ даны в V.10.1, а определения ИНФО см. в Рекомендации I.430.

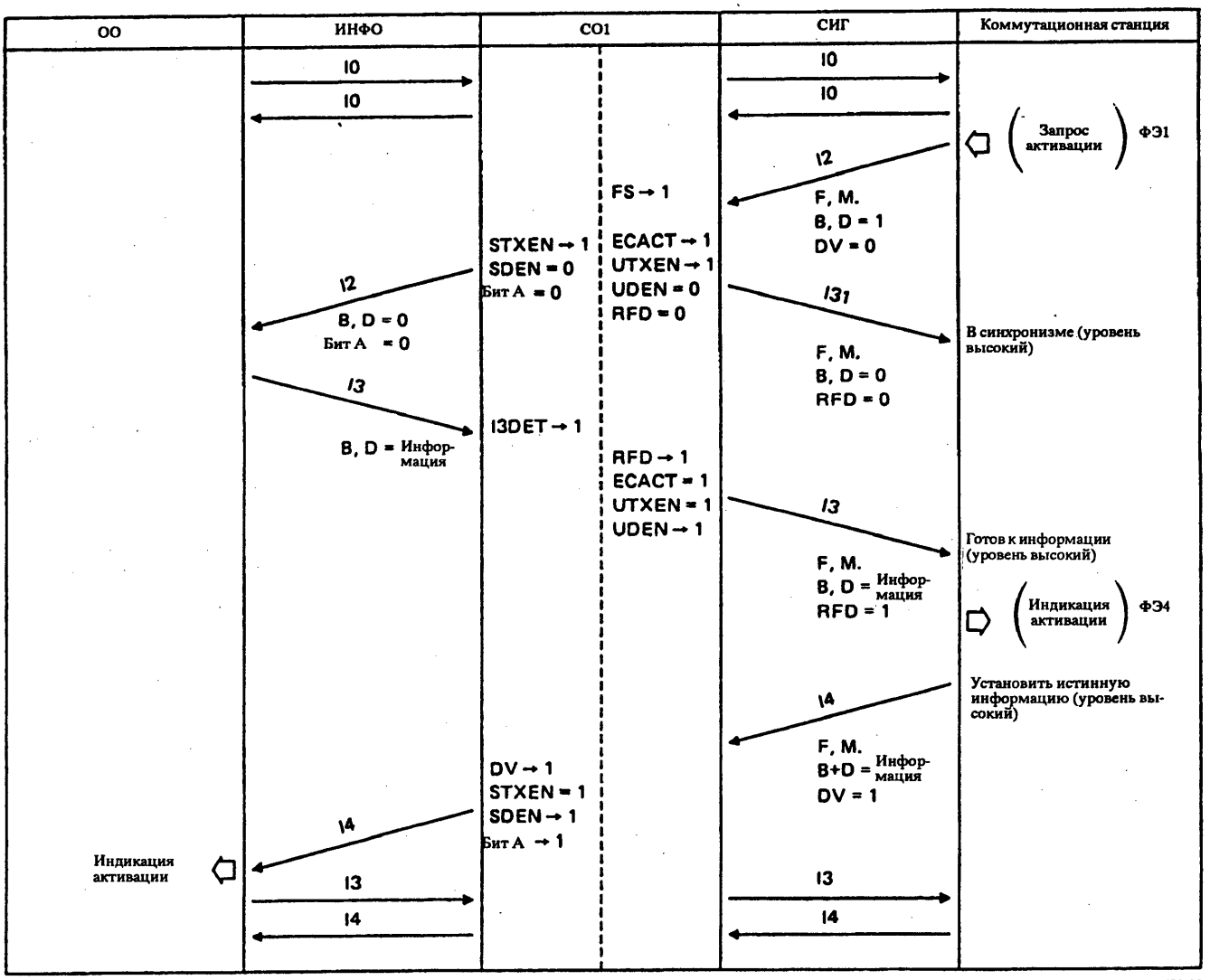


РИСУНОК V-3/G.961 (Лист 1)

Активация со стороны сети — активация, инициированная коммутационной станцией

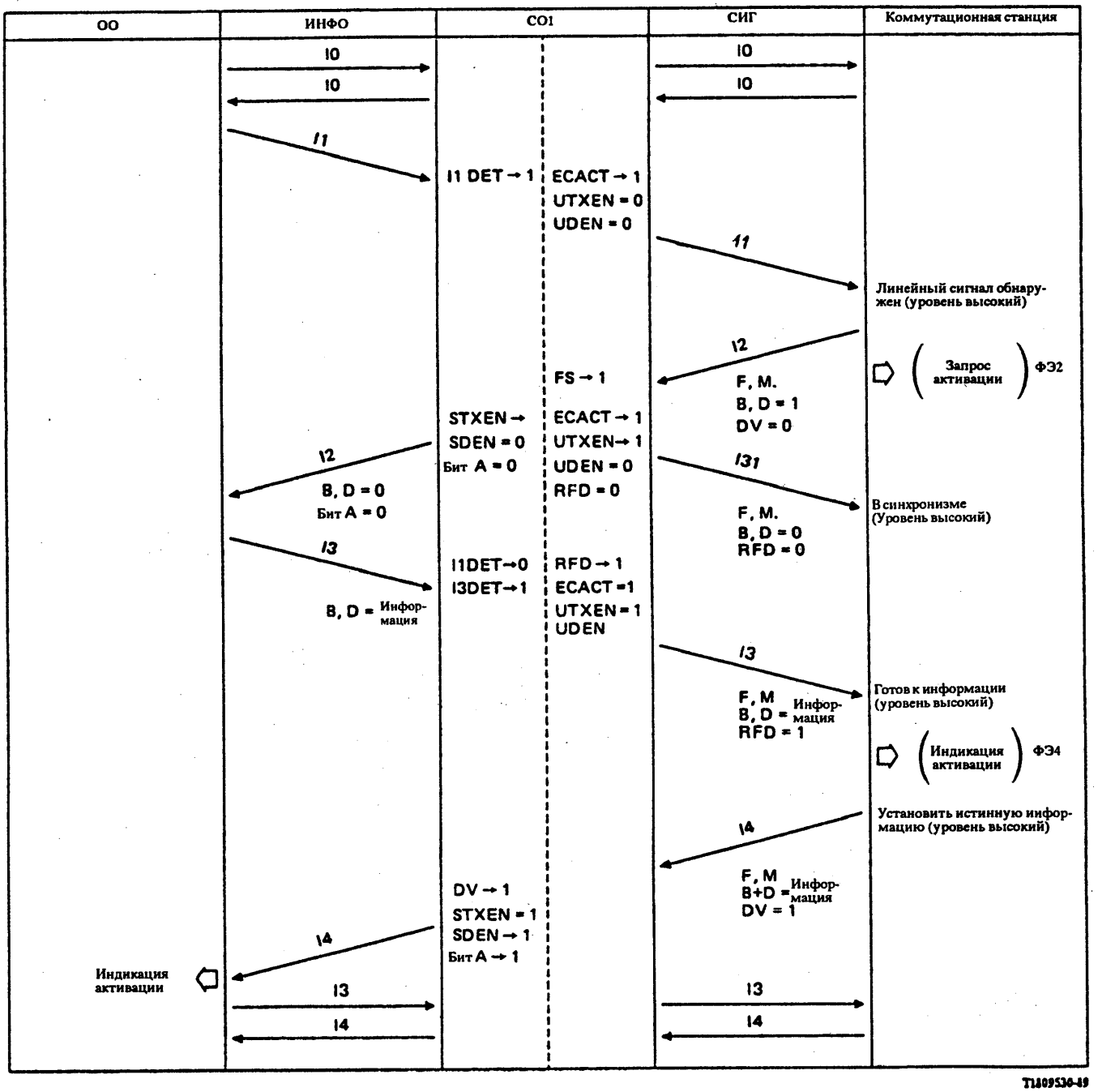


РИСУНОК V-3/G.961 (Лист 2)

Активация со стороны пользователя — активация, инициированная оконечным оборудованием

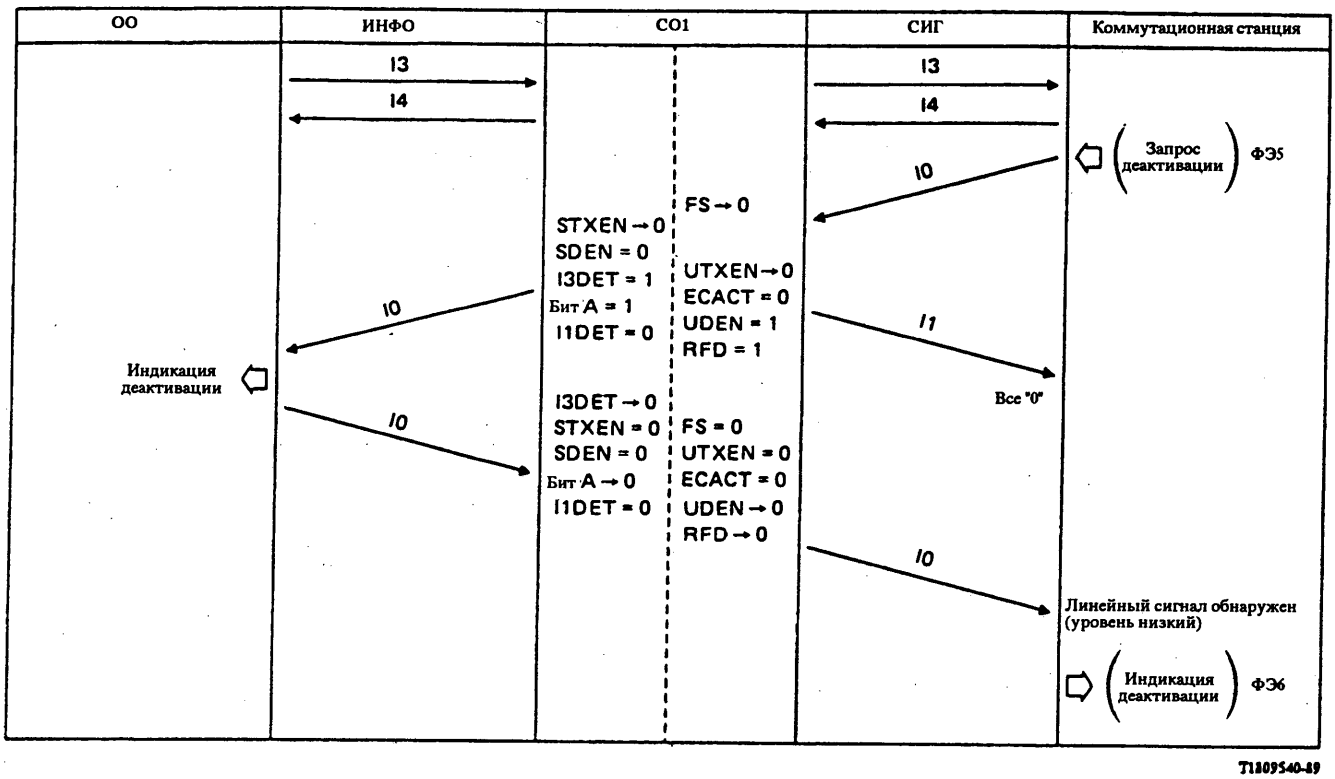


РИСУНОК V-3/G.961 (Лист 3)

Деактивация

V.10.4 *Таблица перехода состояний СО1 в зависимости от ИНФО, СИГ*

См. таблицу V-1/G.961.

V.10.5 *Таблица перехода состояний ЛО в зависимости от ФЭ, СИГ и внутренних таймеров*

См. таблицу V-2/G.961.

V.10.6 *Время активации*

Система передачи по металлическим кабельным парам.

Максимальное время активации, происходящей немедленно вслед за деактивацией (без помехи в результате образования в это время шлейфов или манипуляций с питанием):

a) без регенератора: 100 мс;

b) с регенератором: 200 мс.

Максимальное время активации, происходящей после первичного включения питания линии:

a) без регенератора: 200 мс;

b) с регенератором: 500 мс.

V.11 *Фазовое дрожание*

Допуски на фазовое дрожание имеют целью гарантировать, что предельные нормы, указанные в Рекомендации I.430, обеспечиваются предельными нормами на фазовое дрожание в системе передачи на местных линиях.

ТАБЛИЦА V-1/G.961

Таблица перехода состояний при активации/деактивации CO1

Состояния		CO1 Деактивно	CO2 Ожидание активации	CO3 Активация системы	CO4 Ожидание истинной информации	CO Активация уровня 1
События	СИГ передан	I0	I1	I31	I3	I3
СИГ принят	I0 Запрос деактивации	–	–	I0 CO1	I0 CO1	I0 CO1
	I2 (Запрос активации)	I2 CO3	I2 CO3	–	–	I2 CO3
	I4 (Информация истинная)	/	I2 CO3	/	I4 CO5	–
От OO	I0 (Индикация деактивации)	–	I0 CO1	–	– CO3	I2 CO3
	I1 (Запрос активации)	– CO2	–	/	/	/
	I3 (Индикация активации)	– CO2	–	– CO4	–	–

/ — переходов нет.

— — невозможно.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

ТАБЛИЦА V-2/G.961

Таблица перехода состояний при активации/деактивации ЛО

Состояния		ЛО1 Деактивно	ЛО2 Ожидание активации системы	ЛО3 Активация системы	ЛО4 Активация уровня 1	ЛО5 Потеря цикловой синхронизации	ЛО6 Ожидание активации
События	СИГ передан	I0	I2	I2	I4	(примечание)	I0
СИГ принят	I0 (Индикация деактивации)	—	—	ФЭ7 —	ФЭ7 —	—	ФЭ6 ЛО1
	I1 (Запрос активации)	ФЭ2 ЛО2	—	/	/	/	—
	I31 (Система активирована)	/	ФЭ3 ЛО3	—	Запуск ТА ЛО3	/	—
	I3 (Уровень 1 активирован)	/	/	Останов ТА ФЭ4 ЛО4	—	/	—
Внутреннее событие	Потеря цикловой синхронизации	/	/	Запуск ТВ ЛО5	Запуск ТВ ЛО5	/	—
	Восстановление цикловой синхронизации	/	/	/	/	Останов ТВ ЛО3	—
	Истечение времени таймера 2	—	—	—	—	—	ФЭ6 ЛО1
	Истечение времени таймера А	—	—	Запуск Т2 ФЭ7 ЛО6	—	—	—
	Истечение времени таймера В	—	—	—	—	Запуск Т2 ФЭ7 ЛО6	—
Функциональный элемент принят	ФЭ1	— ЛО2	/	/	/	/	— ЛО2
	ФЭ5	—	Запуск Т2 ЛО6	Запуск Т2 ЛО6	Запуск Т2 ЛО6	Запуск Т2 ЛО6	—

— — переходов нет.

/ — невозможно.

Примечание.— СИГ, переданный ЛО при потере цикловой синхронизации, не изменен по сравнению с передаваемым непосредственно перед потерей цикловой синхронизации (то есть I2 или I4).

Значения символов в таблицах V-1/G.961 и V-2/G.961

Состояния СО

СО1 — деактивированное

СО2 — ожидание активации

СО3 — система передачи активирована

СО4 — ожидание истинной информации

СО5 — уровень 1 активирован

Состояния ЛО

ЛО1 — деактивированное

ЛО2 — ожидание активации системы передачи

ЛО3 — система передачи активирована

ЛО4 — уровень 1 активирован

ЛО5 — потеря цикловой синхронизации

ЛО6 — ожидание индикации деактивации

ST.T2 — запуск таймера T2

STP.TA — останов таймера TA

Определения функциональных элементов такие же, как и в Рекомендации G.960.

V.11.1 *Допуск на фазовое дрожание сигнала на входе СО1*

Вопрос подлежит дальнейшему изучению.

V.11.2 *Предельные значения фазового дрожания сигнала на выходе СО1*

Вопрос подлежит дальнейшему изучению.

V.11.3 *Условия измерения фазового дрожания*

Вопрос подлежит дальнейшему изучению.

V.12 *Выходные характеристики передатчиков СО1 и ЛО*

Нижеследующие нормы относятся к сопротивлению нагрузки 140 Ом.

V.12.1 *Амплитуда импульса*

Номинальная пиковая амплитуда передаваемого импульса сигнала должна быть 1,6 В при допуске ± 5%.

V.12.2 *Форма импульса*

Форма импульса должна соответствовать рис. V-4/G.961.

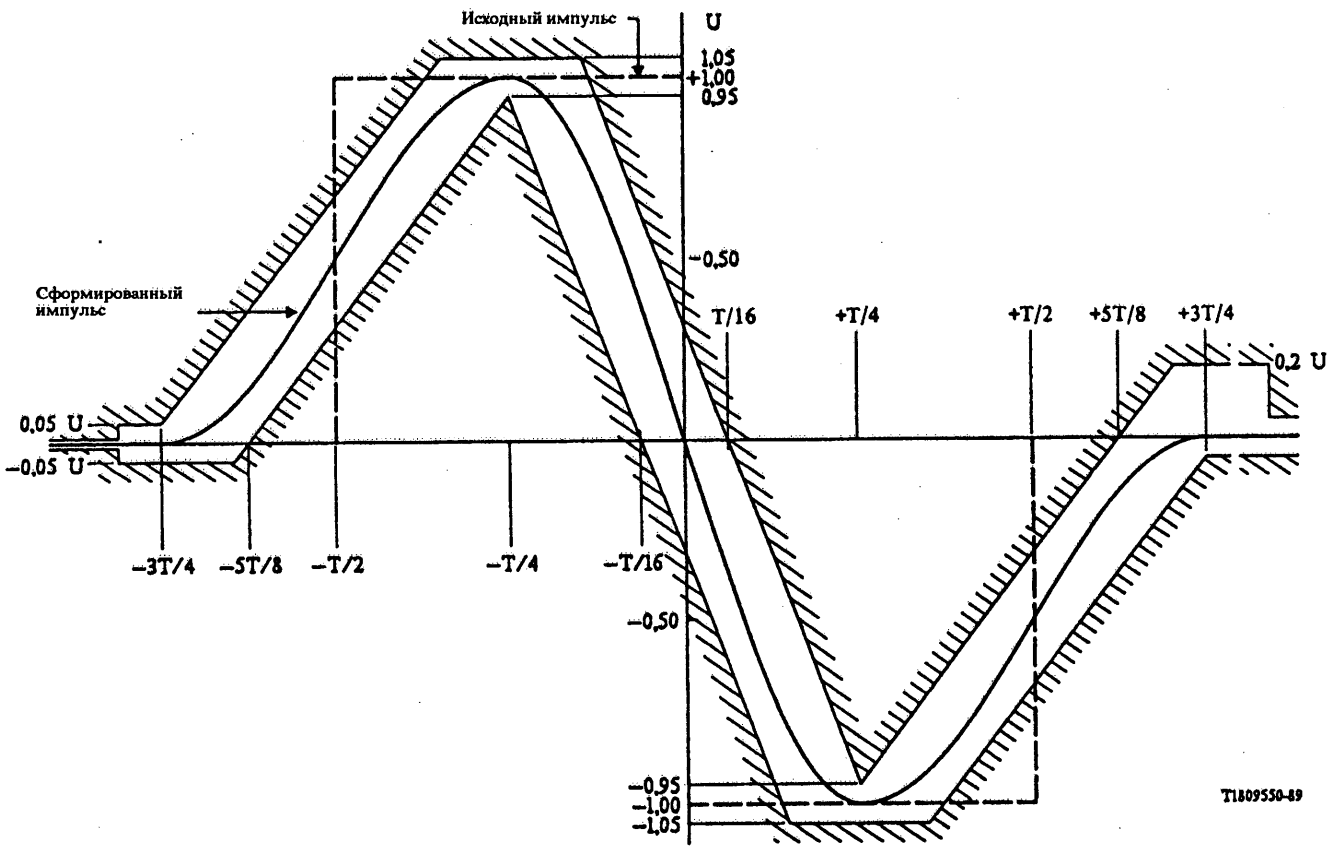


РИСУНОК V-4/G.961

Форма импульса

V.12.3 *Мощность сигнала*

Максимальная полная мощность передаваемого сигнала, усредненная за период любой одной секунды передачи в линию, должна быть равна + 10 дБм.

V.12.4 *Спектр мощности*

Верхняя граница спектральной плотности мощности, усредненной в течение любой одной секунды в любой полосе 3 кГц, должна ограничиваться в соответствии с шаблоном на рис. V-5/G.961.

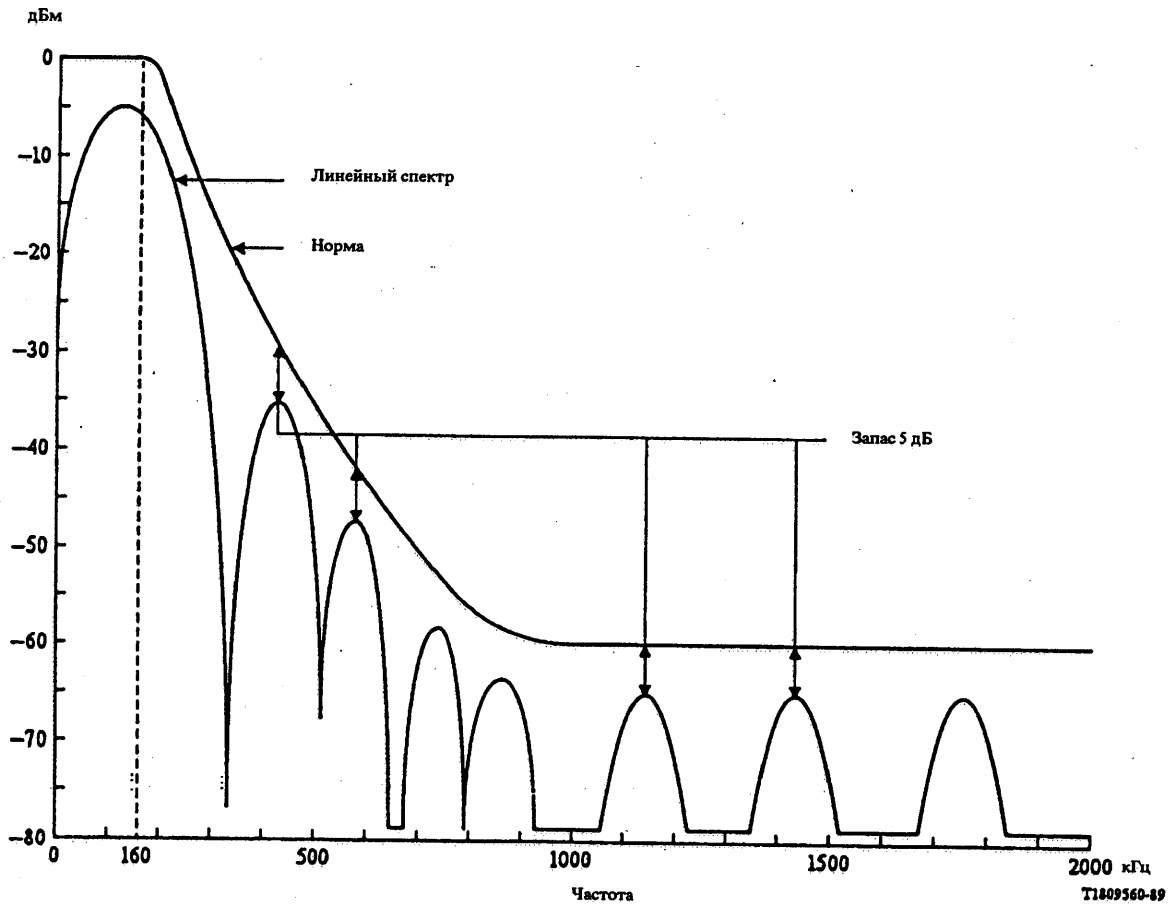


РИСУНОК V-5/G.961

Спектральная мощность линейного сигнала

V.12.5 *Нелинейность сигнала передатчика*

Это мера отклонения от идеальной высоты импульсов и нелинейности отдельных импульсов. Подлежит дальнейшему изучению.

V.13 *Окончание передатчика/приемника*

V.13.1 *Сопротивление*

Номинальное сопротивление при возбуждении линии для сигнала должно быть равно 140 Ом.

V.13.2 *Затухание отражения*

Затухание отражения при рассогласованности (относительно 140 Ом) должно превышать значения шаблона на рис. V-6/G.961.

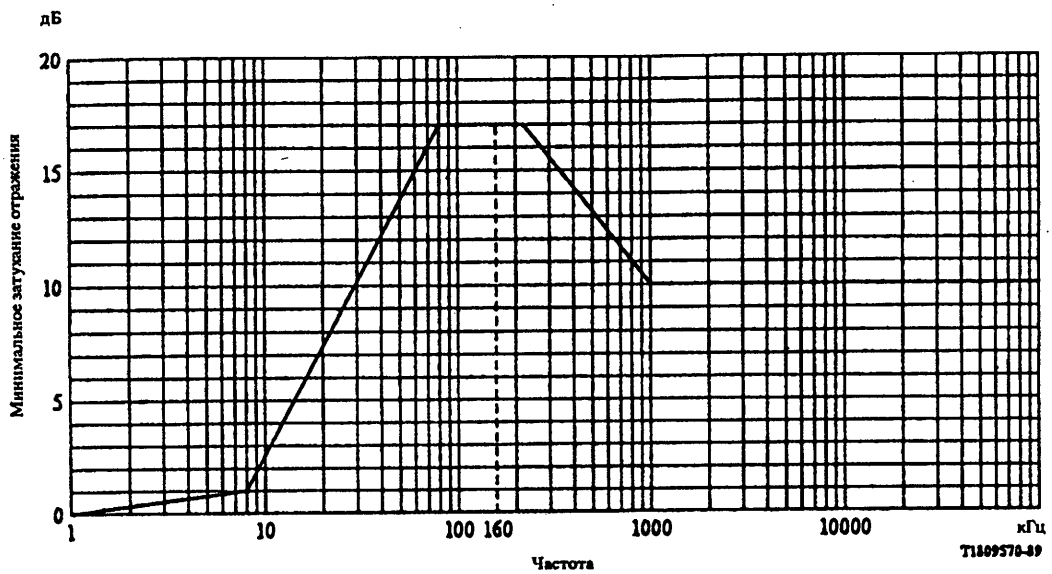


РИСУНОК V-6/G.961

Затухание отражения

V.13.3 *Затухание продольного перехода*

Это мера защищенности от продольных напряжений. В полосе частот от 100 Гц до 256 кГц затухание продольного перехода должно быть не менее 46 дБ. В полосе от 256 кГц до 4 МГц затухание продольного перехода должно быть не менее чем [46 — 40 $\log_{10}$ (f/256) дБ (где f — частота в кГц).

ПРИЛОЖЕНИЕ VI

(к Рекомендации G.961)

Система передачи для основного доступа, использующая линейный код SU32

VI.0 *Общие положения*

Линейный код по стандарту SU32 обеспечивает дуплексную прозрачную передачу двух каналов B 64 кбит/с и одного канала D 16 кбит/с по симметричным кабельным парам на основе метода эхокомпенсации. В дополнение к прозрачной передаче каналов 2B + D пропускная способность 5,3 кбит/с отводится для вспомогательного канала для функций CRC, управления, контроля и технического обслуживания. Последовательность битов кодируется для передачи с использованием высокоэффективного троичного блочного кода условия SU32 (заменяет код 3B2T), проходит через фильтр и передается в линию со скоростью 108 кбод. С целью стробирования символов на линейный код накладывается ортогональный хронирующий сигнал, который не снижает эффективности и не ухудшает характеристик линейного кода. Для цикловой синхронизации используется единственная по структуре синхрогруппа. Быстрая и надежная активация для раздельной тренировки эхокомпенсатора и корректора обеспечивается посредством процедуры двоичного подтверждения связи.

VI.1 *Линейный код*

Двоичная информация преобразуется в троичную форму с использованием линейного кода SU32. В основу этого кода положен фиксированный безусловный линейный код 3B2T, который модифицирован следующим образом. Каждая трехбитовая группа преобразуется в пару троичных символов и выдается для передачи, если только она не идентична с предыдущей парой переданных символов. Если же идентичность имеет место, то взамен передается неиспользуемая кодовая комбинация «00». Правило кодирования по способу SU32 представлено в таблице VI-1/G.961. В этой таблице самый левый по расположению бит является первым по времени на входе схемы кодирования. То же относится к символам на выходе схемы кодирования.

ТАБЛИЦА VI-1/G.961

Кодирование по способу SU32 (заменяет код 3B2T)

Двоичный вход	Троичный выход	Двоичный вход	Троичный выход
000	— —	100	0 —
001	— 0	101	+ —
010	— +	110	+ 0
011	0 +	111	+ +

Декодирование

Процесс декодирования принимаемого сигнала является обратным относительно процесса кодирования.

Допустимость инверсии полярности линии

Код симметричен, так что инверсия троичной информации приводит к инверсии декодированной двоичной информационной последовательности. Таким образом,исправление полярности в результате инверсного подсоединения кабеля может быть осуществлено как на скремблированной или нескремблированной двоичной информационной последовательности, так и на последовательности троичных символов. Исправление полярности как передачи, так и приема осуществляется на CO1.

VI.2 *Скорость следования символов*

Скорость следования символов определяется линейным кодом, скоростью битов в информационном потоке и структурой цикла. Скорость следования символов равна 108 кбод.

VI.2.1 *Допустимая неточность хронирования*

VI.2.1.1 *Точность автономного задающего генератора CO1*

Допустимая неточность частоты автономного задающего генератора CO1 должна быть равна $\pm 192 \cdot 10^{-6}$.

VI.2.1.2 *Допустимая неточность частоты автономного задающего генератора ЛО*

Автономный задающий генератор ЛО подстраивается по фазе под задающий генератор коммутационной станции при допустимой неточности частоты последнего $\pm 50 \cdot 10^{-6}$, обеспечивая таким образом совместную работу с любой аппаратурой, удовлетворяющей нормам Рекомендации G.703.

VI.3 *Структура цикла*

Имеется два состояния системы передачи: установившееся состояние и состояние настройки (тренировки). Структура цикла, описываемая в данном разделе, относится к установившемуся состоянию (передача информации).

Каналы B1, B2, D и CL образуют цикловую троичную структуру, исходя непосредственно из двоичных битов после прохождения их через скремблер. Таблица кодирования SU32 составлена так, чтобы исключить возможность возникновения определенных, единственным образом опознаваемых последовательностей кода, используемых для целей синхронизации.

Сверхцикл: сверхцикловая синхрогруппа и ее размещение

Сверхцикл длительностью 12 мс обозначается на каждом 16-ом цикле длительностью 3/4 мс путем замены символа CRC (№ 79) на троичный «0». Во всех остальных циклах этот символ имеет двоичное значение. Этот символ в сочетании с предшествующей ему цикловой синхрогруппой единственным образом определяет начало сверхцикла.

Формат сверхцикла

Сверхцикл состоит из шестнадцати циклов, по 81 троичному символу в каждом, с длительностью 0,75 мс.

6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_1	Канал CL_1
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_2	Канал CL_2
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_3	Канал CL_3
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_4	Канал CL_4
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_5	Канал CL_5
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_6	Канал CL_6
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_7	Канал CL_7
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_8	Канал CL_8
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_9	Канал CL_1
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_{10}	Канал CL_2
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_{11}	Канал CL_3
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_{12}	Канал CL_4
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_{13}	Канал CL_5
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_{14}	Канал CL_6
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	CRC_{15}	Канал CL_7
6 циклов 2B + D	Цикловая синхрогруппа	"0"	Канал CL_8

1 . . . . . 72, 73 . . . 78 . . . 79 . . . 80 81

< ———————————————— Цикл передачи 750 μс ————————————>

Структура сверхцикла длительностью 12 мс

Примечание.— Информация каналов B1, B2, D и CL подвергается скремблированию. Информация CRC и цикловая синхрогруппа не подвергаются скремблированию.

VI.3.1 *Длина цикла*

Каждый 81-символьный цикл длительностью 3/4 мс состоит из 6 интервалов (2B + D).

VI.3.2. *Распределение битов в направлении ЛО — СО1*

Порядок следования битов перед скремблированием представлен в нижеследующей таблице.

$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
CL_1	CL_2	CL_3																

Двоичная информация подвергается скремблированию в соответствии с § VI.9 и преобразовывается в символы троичного кода. После этого она группируется с образованием нижеследующего формата циклов.

T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
T_{13}	T_{14}	T_{15}	T_{16}	T_{17}	T_{18}	T_{19}	T_{20}	T_{21}	T_{22}	T_{23}	T_{24}
T_{25}	T_{26}	T_{27}	T_{28}	T_{29}	T_{30}	T_{31}	T_{32}	T_{33}	T_{34}	T_{35}	T_{36}
T_{37}	T_{38}	T_{39}	T_{40}	T_{41}	T_{42}	T_{43}	T_{44}	T_{45}	T_{46}	T_{47}	T_{48}
T_{49}	T_{50}	T_{51}	T_{52}	T_{53}	T_{54}	T_{55}	T_{56}	T_{57}	T_{58}	T_{59}	T_{60}
T_{61}	T_{62}	T_{63}	T_{64}	T_{65}	T_{66}	T_{67}	T_{68}	T_{69}	T_{70}	T_{71}	T_{72}
0	0	0	0	0	0	CRC	T_{73}	T_{74}			

VI.3.3 *Распределение битов в направлении СО1 — ЛО*

Структура цикла и порядок следования битов в направлении СО1 — ЛО идентичны тем, которые определены для направления ЛО — СО1 в § VI.3.2.

VI.4 *Цикловая синхрогруппа*

Цикловая синхрогруппа из шести троичных нулей, завершающаяся битом CRC_{15} (как показано выше в таблице), используется для определения границ цикла длительностью 0,75 мс. Следует отметить, что один раз в каждом сверхцикле троичный нуль заменяется проверочным битом CRC. Эта цикловая синхрогруппа уникальна и не может возникнуть как ложная комбинация в информационной последовательности 2B + D.

Определенная выше цикловая синхрогруппа одинакова в обоих направлениях передачи.

VI.5 *Процедура цикловой синхронизации*

Функция цикловой синхронизации определена в последовательности активации. Передача 2B + D не может быть начата до достижения циклового синхронизма. Первоначальный цикловой синхронизм считается достигнутым, когда совокупный итог правильно принятых 7-битовых цикловых синхрогрупп в сравнении с ошибочно принятыми превысит 4. В установившемся режиме работы этот совокупный результат сохраняется, но ограничен максимальной величиной 64. Информация о потере цикловой синхронизации передается, когда этот совокупный результат опускается ниже 2.

VI.6 *Сверхцикл*

Структура сверхцикла была описана в § VI.3 настоящего приложения, посвященном структуре цикла.

VI.7 *Сдвиг между циклами ЛО — СО1 и СО1 — ЛО*

К сдвигу между циклами ЛО — СО1 и СО1 — ЛО предъявление каких-либо конкретных требований не требуется.

VI.8 *Канал CL*

Внутренний эксплуатационный канал с защитой от ошибок (ВЭКЗ) со скоростью 4 кбит/с частично предназначен для выполнения функций контроля и технического обслуживания. Существенный резерв отведен в виде пропускной способности и битов неустановленного значения как для возможных в будущем сообщений, так и в расчете на возможные особые требования национальных администраций.

Защита этого канала от ошибок осуществляется с помощью 6-битовой проверки CRC и протокола взаимного контроля, который предусматривает повторение всех сообщений каждые 6 мс.

VI.8.1 *Скорость передачи*

Двадцать четыре бита в каждом сверхцикле (4 кбит/с) длительностью 6 мс отведены для внутреннего эксплуатационного канала с защитой от ошибок (ВЭКЗ). Он обеспечивает функции контроля и технического обслуживания между сетью и СО1 и имеет резервную пропускную способность для функций, определяемых пользователем. Кроме того, дополнительно предусмотрено 1,33 кбит/с для обеспечения обнаружения ошибок с помощью CRC15 и для синхронизации циклов длительностью 12 мс в каналах CL.

VI.8.2 *Структура*

В каждом цикле длительностью 12 мс по рабочему каналу передаются два следующих друг за другом сообщения по 24 бита в каждом. Каждое 24-битовое сообщение состоит из:

— 1 бит — готов к информации/информация истинная (R)

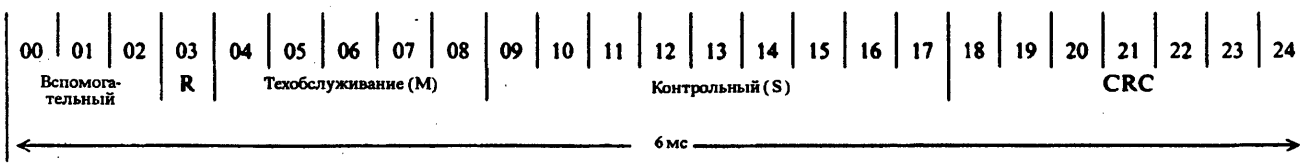
— 5 битов — канал техобслуживания (M)

— 9 битов — контрольный канал (S)

— 3 бита — предназначение не установлено (вспомогательный канал 500 бит/с)

— 6 битов — область циклической проверки по избыточности (CRC).

Структура канала CL имеет следующий вид:



VI.8.2.1 *Сообщения техобслуживания*

9 из 32 возможных сообщений-команд предназначены для передачи в направлении СтО — СО1. В качестве подтверждения в направлении СО1 — СтО возвращается сообщение, идентичное переданному.

Коды сообщений техобслуживания от СтО к СО1						
№	Сообщение	5-битовый код				
		M1	M2	M3	M4	M5
1	Нет шлейфа (нулевое сообщение)/убрать шлейф	1	1	1	1	1
2	Образовать шлейф B1 на СО1	1	1	0	1	1
3	Образовать шлейф B2 на СО1	1	0	1	1	1
4	Образовать шлейф B1 + B2 на СО1	1	0	0	1	1
5	Образовать шлейф B1 + B2 + D на СО1	1	0	0	0	1
6	Образовать шлейф B1 в регенераторе	0	0	1	1	1
7	Образовать шлейф B2 в регенераторе	0	1	0	1	1
8	Образовать шлеф B1 + B2 в регенераторе	0	1	1	1	1
9	Образовать шлейф B1 + B2 + D в регенераторе	0	1	1	0	1

Форматы сообщений контрольных субканалов

В каждом направлении передачи предусмотрено 9-битовое поле для передачи контрольной информации. Оно содержит 8-битовое поле информации/адреса и однобитовый флаг для обозначения того, содержит ли 8-битовое поле истинную информацию.

Коды контрольных сообщений-команд от СтО к СО1		
№	Контрольное сообщение и его предназначение	Стык S
1	Запроса контрольной информации нет	1 1111 1111
2	Значение АРУ на СтО	0 0000 0100
3	Закрытие "глаза" на СтО	0 0000 0101
4	Высота "глаза" на СтО	0 0000 0110
5	Число ошибок, обнаруженных CRC на СтО	0 0000 0111
6	Значение АРУ на СО1	0 0001 0000
7	Закрытие "глаза" на СО1	0 0001 0001
8	Высота "глаза" на СО1	0 0001 0010
9	Число ошибок, обнаруженных CRC на СО1	0 0001 0011
11	АРУ приемника регенератора со стороны ЛО	0 0000 1000
12	Закрытие "глаза" приемника регенератора со стороны ЛО	0 0000 1001
13	Высота "глаза" приемника регенератора со стороны ЛО	0 0000 1010
14	Число ощибок, обнаруженных CRC в приемнике регенератора со стороны ЛО	0 0000 1011
15	АРУ приемника регенератора со стороны СО1	0 0000 1100
16	Закрытие "глаза" приемника регенератора со стороны СО1	0 0000 1101
17	Высота "глаза" приемника регенератора со стороны СО1	0 0000 1110
18	Число ошибок, обнаруженных CRC в приемнике регенератора со стороны СО1	0 0000 1111

VI.8.3 *Протоколы и процедуры*

Канал техобслуживания используется для установления шлейфов с ЛО. Если принято свободное от ошибок сообщение техобслуживания и по нему выполнено действие, то это же сообщение возвращается обратно с СО1 к ЛО.

Контрольный канал предназначен для использования в качестве взаимоконтролируемой системы, в которой ЛО посылает команду до тех пор, пока не получит ожидаемого ответа. Используется разделяющее холостое сообщение из девяти «1». Все истинные сообщения и ответы на них устанавливают первый бит из 9 контрольных битов на «1». Таким образом, комбинация из 8 битов может быть с высокой достоверностью передана по этому каналу. Примером использования контрольного канала может служить передача от СО1 к ЛО информации о закрытии «глаза».

VI.8.4 *Характеристики канала CL*

При среднем коэффициенте ошибок в последовательности 144 кбит/с, равном 10^{-3}, и средней длине пакета ошибок, равной 10, имеют место следующие характеристики:

a) 99,8% всех сообщений будут переданы за время до 6 мс;

b) не более одного сообщения в час будет передано за время, превышающее 18 мс;

c) среднее число неправильно принятых сообщений составляет менее одного сообщения в час при максимальном времени исправления ошибки, равном 18 мс.

VI.9 *Скремблирование*

Двоичная информация каналов B1, B2, D и C подвергается скремблированию следующим образом:

a) От СО к ЛО скремблирующим полиномом

$$1 \oplus x^{-18} \oplus x^{-23} \text{ (где } \oplus \text{ обозначает «исключающее ИЛИ»)}$$

b) От ЛО к СО скремблирующим полиномом

$$1 \oplus x^{-5} \oplus x^{-23}$$

VI.10 *Активация/деактивация*

VI.10.1 *Сигналы, используемые для активации*

Рис. VI-1/G.961 иллюстрирует посредством функциональных элементов (ФЭ) и ИНФО последовательность действий по активации, инициированной СтО.

Рис. VI-2/G.961 иллюстрирует посредством функциональных элементов (ФЭ) и ИНФО последовательность действий по активации, инициированной пользователем.

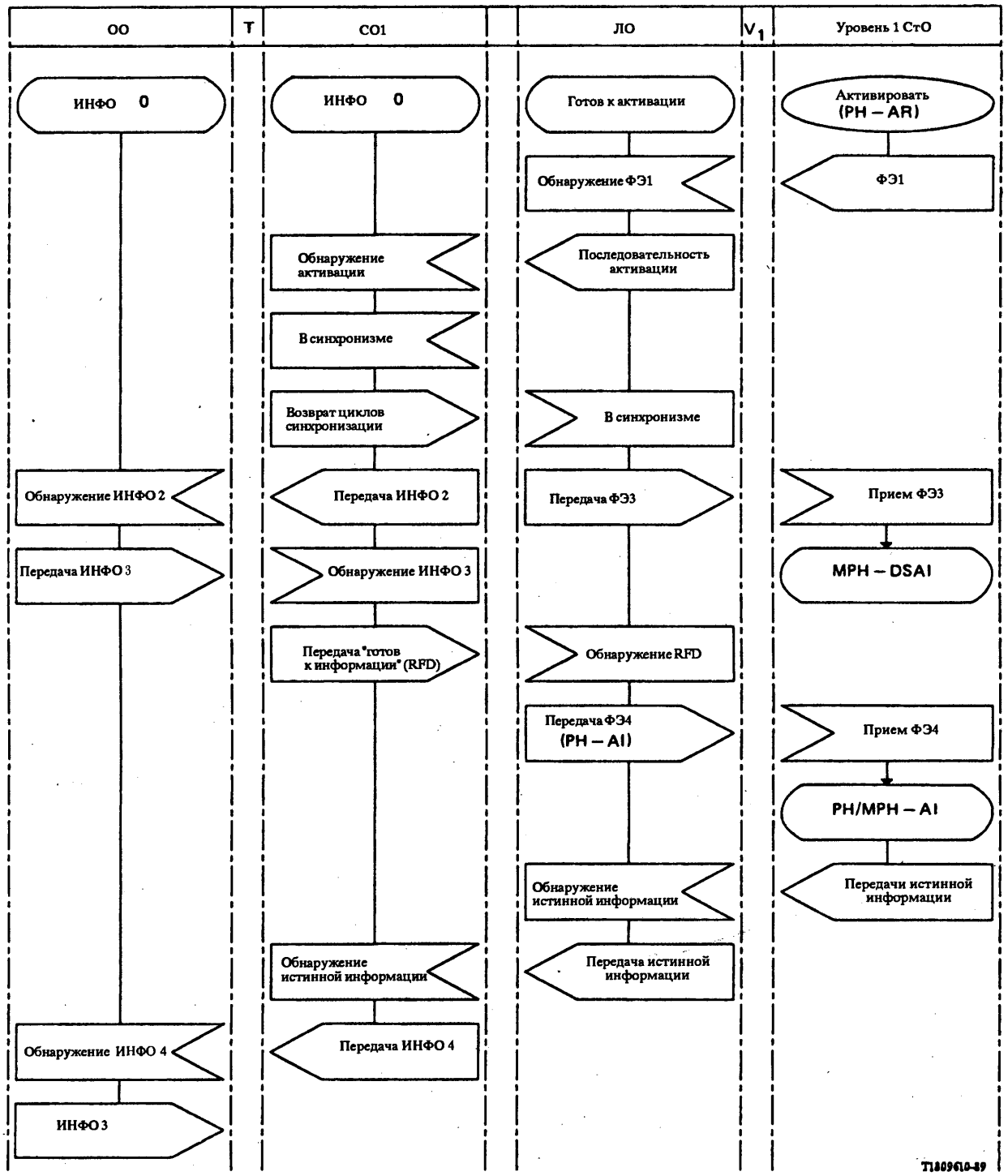


РИСУНОК VI-1/G.961

Активация со стороны сети

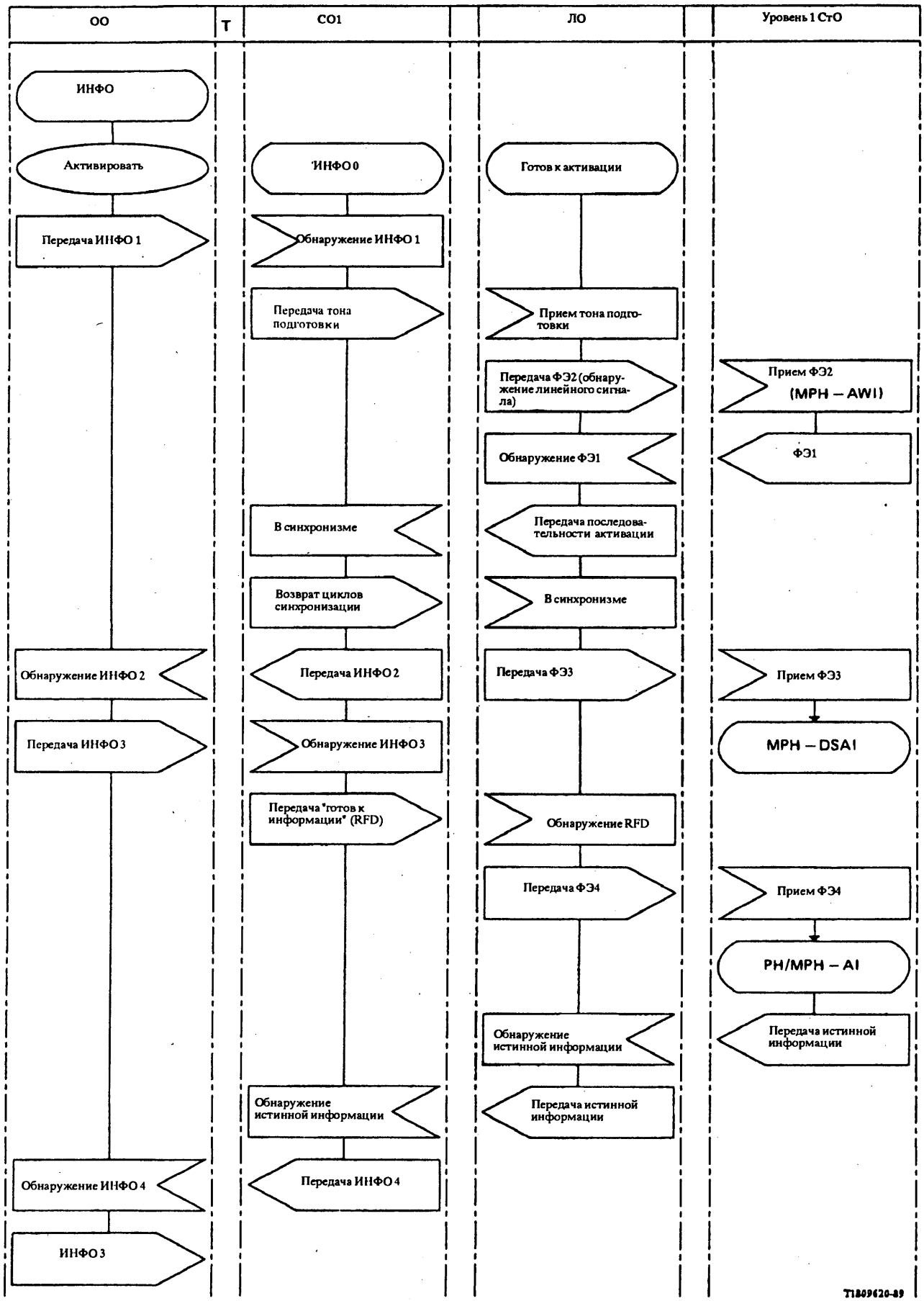


РИСУНОК VI-2/G.961

Активация со стороны пользователя

Определение функциональных элементов, состояний ЛО и СО, используемых в рисунках, иллюстрирующих активацию, и в таблицах перехода состояний данного приложения, приводится ниже.

	Определение ФЭ, ЛО и СО
	Функциональные элементы (ФЭ)
ФЭ1	Запрос на активацию стыка со стороны СтО.
ФЭ2	Линейный сигнал цифрового участка обнаружен.
ФЭ3	Цифровой участок активирован (находится в синхронизме).
ФЭ4	Сеть пользователя в эталонной точке Т активирована или образован шлейф.
ФЭ5	Запрос на деактивацию цифрового участка.
ФЭ6	Цифровой участок и стык в эталонной точке Т деактивированы.
ФЭ7	Индикация ошибки. (Потеря синхронизации или пропадание линейного сигнала.)
	Состояния СО1
СО1	СО1 готово к активации.
СО2	СО1 выдает последовательность тренировки цифрового участка.
СО3	СО1 находится в синхронизме с ЛО, и цифровой участок от ЛО до СО1 обеспечивает безошибочную передачу информации.
СО4	То же, что и состояние СО3, плюс синхронизация стыка в эталонной точке Т.
СО5	Информационный канал 2В + D, проходящий по цифровому участку и через эталонную точку Т, полностью работоспособен.
СО6	СО1 послало запрос на активацию к ЛО и ожидает ответа.
СО7	СО1 не активировано, но не готово к активации.
	Состояния ЛО
ЛО1	ЛО готово к активации.
ЛО2	ЛО выдает последовательность тренировки цифрового участка.
ЛО3	Цифровой участок правильно активирован и синхронизирован в обоих направлениях.
ЛО4	Как цифровой участок, так и стык в эталонной точке Т правильно активированы и синхронизированы.
ЛО5	Информационный канал 2В + D, проходящий по цифровому участку и через эталонную точку Т, полностью работоспособен.
ЛО7	ЛО прекратило передачу по цифровому участку и ожидает, пока исчезнут все линейные сигналы.

Откликом цифрового участка на запрос на активацию ФЭ1 со стороны СтО или на запрос на активацию ИНФО 1 со стороны ОО является передача по цифровому участку тона подготовки с частотой, равной четверти скорости следования символов (27 кГц).

В направлении СО1 — ЛО длительность этого тона подготовки не должна быть меньше, чем 32 полных цикла повторения комбинации + — — +. Длительность тона не должна превышать 10 мс.

В направлении ЛО — СО1 длительность тона подготовки не должна быть меньше, чем 32 полных цикла повторения комбинации + — — +. Длительность тона не должна превышать 10 мс.

VI.10.2 *Определение внутренних таймеров*

Номинальная длительность процедуры активации должна быть равна 120 мс (считая до момента, когда можно приступить к свободной от ошибок передаче структурированной по циклам информации).

В случае неудачи процедуры активации или в случае потери синхронизации либо на стыке в эталонной точке Т, либо в описываемой системе передачи, в СО необходим таймер, чтобы завершить действие. Этот таймер должен работать не более 65 мс, считая от момента потери синхронизации, а в случае активации — считая от момента, когда синхронизация должна была быть достигнута.

Использование таймера для обнаружения неудачи активации или потери синхронизации в направлении ЛО не является обязательным. Однако там, где нет внешнего контроля за процедурой деактивации двухпроводного окончания ЛО, следует применять таймер с продолжительностью времени отсчета, не превышающей 65 мс, считая от момента потери синхронизации или от момента, когда активация должна была быть достигнута.

VI.10.3 *Процедура активации*

В таблице VI-2/G.961 представлены последовательности тренировки, которые должны быть переданы в линию от ЛО и СО1. На ЛО производится измерение сдвигов путем отсчета числа тактов от конца передачи тона подготовки. На СО1 производится измерение сдвигов путем отсчета числа тактов с момента обнаружения конца тона подготовки. Для правильной работы необходимо, чтобы интервал времени между концом посылки тона подготовки, выдаваемого ЛО, до момента обнаружения конца тона подготовки на СО1 не превышал 32 бода.

ТАБЛИЦА VI-2/G.961

Последовательность тренировки при активации

Сдвиг (в бодах)	Длительность (в бодах)	Хронирующий сигнал ЛО	Информация ЛО	Хронирующий сигнал СО	Информация СО
0	64	Нет	Отсутствует	Нет	Отсутствует
64	512	Есть	Отсутствует	Нет	Отсутствует
576	512	Нет	Отсутствует	Есть	Отсутствует
1 088	512	Есть	Отсутствует	Нет	Отсутствует
1 600	512	Нет	Отсутствует	Есть	Отсутствует
2 112	4 096	Есть	ПСПДС	Нет	Отсутствует
6 208	32	Есть	Отсутствует	Нет	Отсутствует
6 240	4 064	Есть	Отсутствует	Нет	ПСПДС
10 304	(405) (Примечание 1)	Есть	Троичная (Примечание 1)	Нет	Отсутствует
10 709 (Примечание 1)	(405) (Примечание 2)	Есть	Троичная (Примечание 2)	Нет	Троичная (Примечание 2)

ПСПДС обозначает псевдослучайную последовательность двоичных символов (из 511 битов), образуемую на основе полинома $(1 \oplus x^{-4} \oplus x^{-9})$.

Примечание 1.— Передача троичной информации от ЛО к СО1 начиная с этого момента становится непрерывной. СО1 не возвращает обратно троичную информацию, пока оно не войдет в синхронизм, при этом цифру 405 бод и последующий сдвиг к следующему ряду следует рассматривать как ориентировочные для оценки нормальной длительности этого процесса.

Примечание 2.— Троичная передача от СО1 к ЛО предполагает, что свободная от ошибок передача и цикловой синхронизм в СО1 достигнуты. После того как ЛО войдет в синхронизм, может быть начата дуплексная передача (2B + D).

Условный шаг между вхождением СО1 в синхронизм и возвращением троичных данных введен для того, чтобы обеспечить механизм, с помощью которого можно в необходимых случаях достигнуть согласования между цикловыми синхрогруппами ЛО — СО1 и СО1 — ЛО.

VI.10.4 *Таблица перехода состояний СО*

См. таблицу VI-3/G.961.

ТАБЛИЦА VI-3/G.961

Таблица перехода состояний СО

	Состояние	СО1 Готов к активации	СО2 Тренировка	СО3 Ожидание Т	СО4 Ожидание истинной информации	СО5 Установившееся состояние	СО6 ОО активирован	СО7 Ожидание деактивации
	Сигнал, передаваемый к ОО	I0	I0	I2	I2	I4	I0	
	События							
Источник	Событие							
ЛО	Индикация активации [ФЭ1]	СО2	—	—	—	—	СО2	—
СО1	В синхронизме [ФЭ3]	/	СО3	—	—	—	/	—
ОО	ИНФО 3	/	/	СО4	—	—	/	—
СО1	Истинная информация	/	/	/	СО5	—	/	—
ОО	Индикация активации ИНФО 1	СО6	/	/	/	/	/	—
СО1	Потеря синхронизации [ФЭ3]	—	СО7	СО7	СО7	СО7	—	—
СО1	Отсутствие линейного сигнала в ЦС	—	—	—	—	—	—	СО1

— — изменений нет.

/ — невозможно.

[] — событие на удаленном источнике.

ЦС — цифровая система.

VI.10.5 *Таблица перехода состояний ЛО*

См. таблицу VI-4/G.961.

ТАБЛИЦА VI-4/G.961

Таблица перехода состояний ЛО

	Состояние	ЛО1 Готов к активации	ЛО2 Тренировка	ЛО3 Цифровой участок активен	ЛО4 Эталонная точка Т в синхронизме	ЛО5 Установившееся состояние		ЛО7 Ожидание деактивации
	Сигнал, передаваемый к ЦС	Не активен	Последовательность тренировки	Установившееся состояние	Установившееся состояние	Установившееся состояние		Не активен
	События							
Источник СтО (запрос активации)	Событие ФЭ1	ЛО2	/	/	/	/		–
ЛО	ЦС в синхронизме	/	ФЭ3 ЛО3	–	–	–		/
ЛО Активности линии нет ОЛС ⟶ Ложное	ФЭ2	/	–	–	–	–		ЛО1
СО1 Готов к информации	[ИНФО 3]	/	/	ФЭ4 ЛО4	–	–		/
ЛО Потеря синхронизации ЦС		/	ФЭ7 ЛО7	ФЭ7 ЛО7	ФЭ7 ЛО7	ФЭ7 ЛО7		–
СтО (запрос деактивации)	ФЭ5	/	ФЭ7 ЛО7	ФЭ7 ЛО7	ФЭ7 ЛО7	ФЭ7 ЛО7		–
СтО Истинная информация		/	/	/	ЛО5	–		–

— — изменений нет.

/ — невозможно.

[] — событие на удаленном источнике.

ОЛС — обнаружение линейного сигнала.

VI.10.6 *Время активации*

При всех допустимых комбинациях кабелей время первичного и вторичного запусков равно 120 мс ± 10 мс. Гарантированность и повторяемость этого времени активации является результатом определенной последовательности действий по активации, нормированной в настоящем стандарте SU32.

VI.11 *Фазовое дрожание*

Характеристики фазового дрожания должны быть достаточными, чтобы обеспечивать хронирование для функции передачи на стыке в эталонной точке T в соответствии с Рекомендацией I.430.

SU32 предусматривает ортогональный хронирующий сигнал, наложенный на информацию. Благодаря этому просто решается вопрос создания надежной цифровой схемы автоподстройки фазы с незначительным фазовым дрожанием.

VI.11.1 — VI.11.3

Подлежат дальнейшему изучению.

VI.12 *Выходные характеристики передатчика СО или ЛО*

VI.12.1 *Амплитуда импульса*

Номинальное пиковое значение (считая от нуля) амплитуды импульса должно быть равно 1,8 В. Допуск на эту пиковую амплитуду импульса должен быть таким, чтобы зависимость мощности и амплитуды сигнала от частоты соответствовала нормам § VI.12.

VI.12.2 *Форма импульса*

Форма импульса определяется импульсным шаблоном на рис. VI-3/G.961.

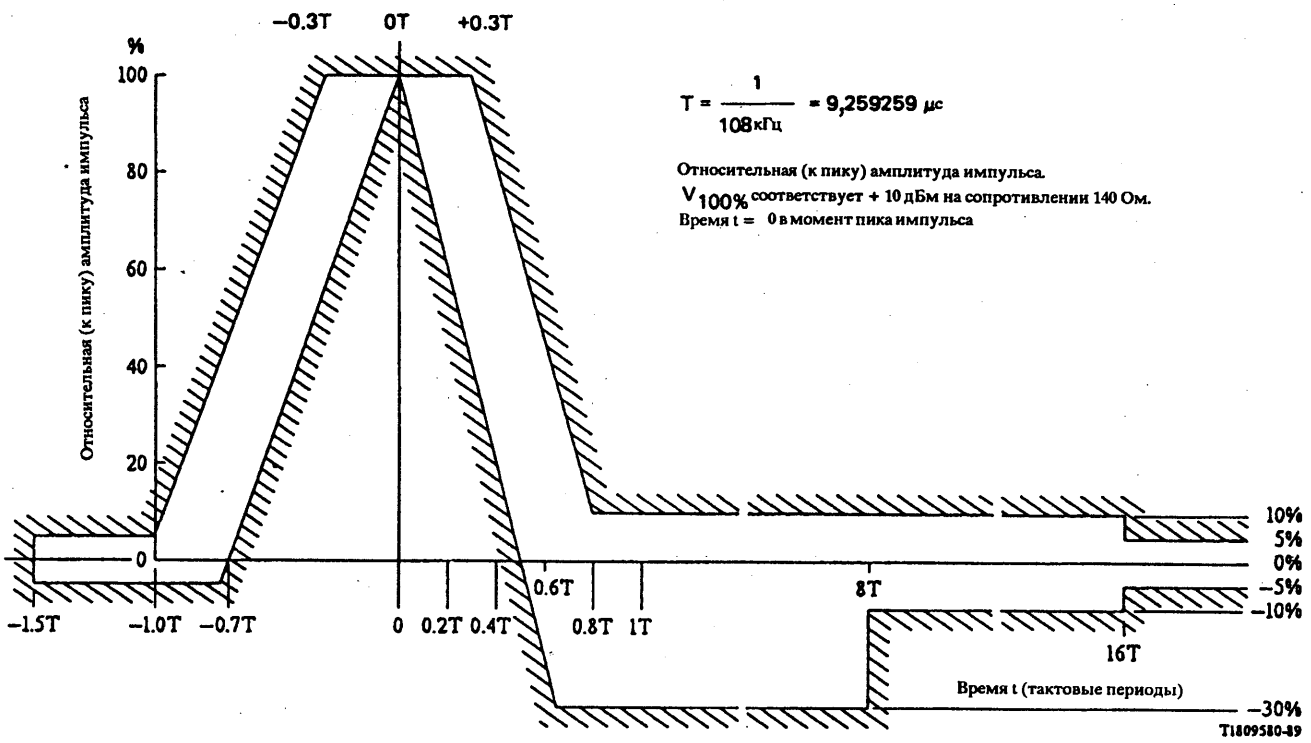


РИСУНОК VI-3/G.961

Шаблон одиночного импульса — форма импульса передатчика 108 кбод

VI.12.4 *Спектр мощности*

Спектр кода SU32 модифицирован (путем применения правила кода условия) по сравнению со случайной последовательностью троичных символов. Теоретический спектр мощности SU32 при использовании прямоугольных импульсов длительностью в полный такт и при трансформаторной связи представлен на рис. VI-4/G.961.

Предельные значения спектральной плотности передаваемой мощности представлены на рис. VI-5/G.961.

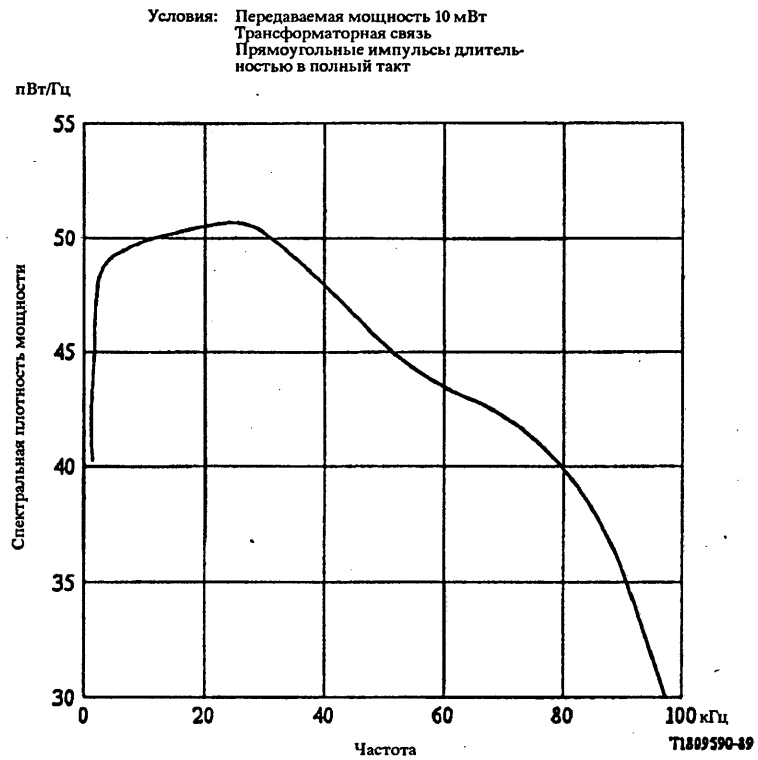


РИСУНОК VI-4/G.961

Спектральная плотность мощности в линии при использовании линейного кода SU32

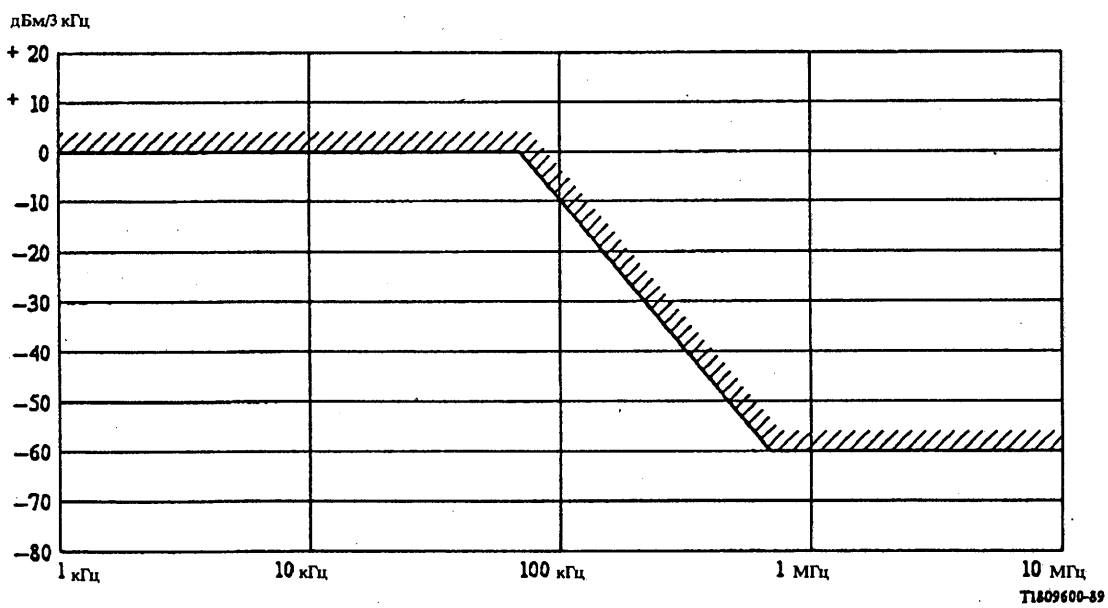


РИСУНОК VI-5/G.961

Норма на спектральную плотность передаваемой мощности

Уровни мощности

Сигналы, передаваемые в линию, должны при всех условиях работы и при активной нагрузке 140 Ом удовлетворять следующим требованиям:

a) максимальная совокупная передаваемая мощность при усреднении за любую одну секунду не должна превышать + 11 дБм;

b) максимальная передаваемая мощность при усреднении за любую одну секунду в любой полосе частот шириной 3 кГц, расположенной ниже 100 кГц, не должна превышать 0 дБм. Это предельное значение относится к частотам вплоть до нуля — постоянного тока (исключая питание);

c) рекомендуемая номинальная передаваемая мощность должна быть + 9,5 дБм при допуске ± 1 дБ.

VI.13 *Окончание передатчика/приемника*

VI.13.1 *Сопротивление*

Номинальное выходное/входное сопротивление в направлении СО должно быть 140 Ом. Номинальное выходное/входное сопротивление в направлении ЛО должно быть 140 Ом.

VI.13.2 *Затухание отражения*

Вопрос подлежит дальнейшему изучению.

VI.13.3 *Затухание продольного перехода*

Затухание продольного перехода в полосе от 100 Гц до 1,6-кратной частоты следования символов (fO) должно превышать 46 дБ. Для частоты 10 МГц $> f > 1{,}6f_0$ затухание продольного перехода должно превышать $46 - 40 \log (f/1{,}6f_0)$ дБ или 24 дБ (в зависимости от того, что больше).

Дополнение № 15

ПОЧТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ КВАЗИТРОИЧНЫЙ КОД (КОД ADQ)

(На это Дополнение есть ссылка в Рекомендации G.911; его можно найти на стр. 673 Выпуска III.3 *Оранжевой книги*, Женева, 1977 г.)

Дополнение № 27

ПОМЕХИ ОТ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ

(На это Дополнение есть ссылка в Рекомендациях G.221 и G.950; его можно найти на стр. 346 Выпуска III.2 или на стр. 390 Выпуска III.3 *Красной книги*, Женева, 1985 г.)

ТЕМПЕРАТУРА В ПОДЗЕМНЫХ КОНТЕЙНЕРАХ ДЛЯ УСТАНОВКИ РЕГЕНЕРАТОРОВ

(Мельбурн, 1988 г.)

(см. Рекомендацию G.950)

1 Общие положения

Настоящее Дополнение состоит из двух частей: А и В.

Часть А (источник: Федеративная Республика Германии) содержит сведения о температуре грунта, взятые из метеорологических источников большинства регионов мира, и представляет сезонные колебания как функцию от глубины залегания (в Федеративной Республике Германии).

Часть В (источник: Италия) содержит руководящие указания для расчета температуры грунта контейнера, зависящей, между прочим, от температуры атмосферы, глубины залегания и от рассеяния мощности оборудованием контейнера.

В обеих частях содержится также дополнительная информация общего характера, которая полезна как руководство при планировании.

2 Часть А

2.1 *Определение*

Ниже рассматриваются климатические условия, относящиеся к малогабаритным подземным контейнерам, не снабженным какими-либо средствами адаптации к определенным температурным условиям. Эти контейнеры при нормальной эксплуатации герметически закрыты и не требуют того, чтобы их открывали, например, для профилактического техобслуживания. Они могут эксплуатироваться с или без контроля, осуществляемого посредством наполнения контейнера газом под давлением; в них могут быть предусмотрены влагопоглотители.

2.2 *Температура в подземных контейнерах*

Температура в подземных контейнерах зависит от температуры окружающей почвы. Кроме того, на нее влияет рассеяние мощности оборудованием, установленным в контейнере.

Температура почвы на различных глубинах для большинства регионов мира хорошо известна [1]. На рис. 1 представлены сезонные колебания температуры почвы как функция долговременного среднего значения температуры почвы. Примеры изменения температуры во времени на протяжении 1 года представлены на рис. 2. Годовые минимальные и максимальные температуры в зависимости от глубины представлены на рис. 3. Представленные на рис. 2 и 3 примеры относятся только к определенному региону в Германии (Федеративная Республика) и к песчаной почве.

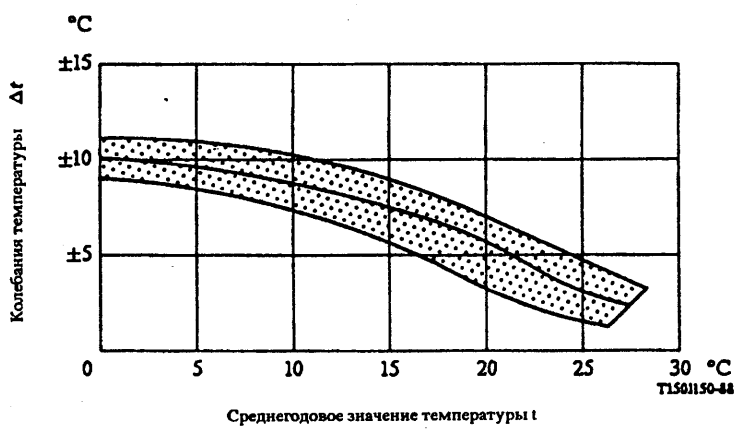


РИСУНОК 1

Зависимость прогнозируемого долговременного среднего значения температуры почвы *t* от ожидаемых годовых колебаний на глубине примерно 80 см

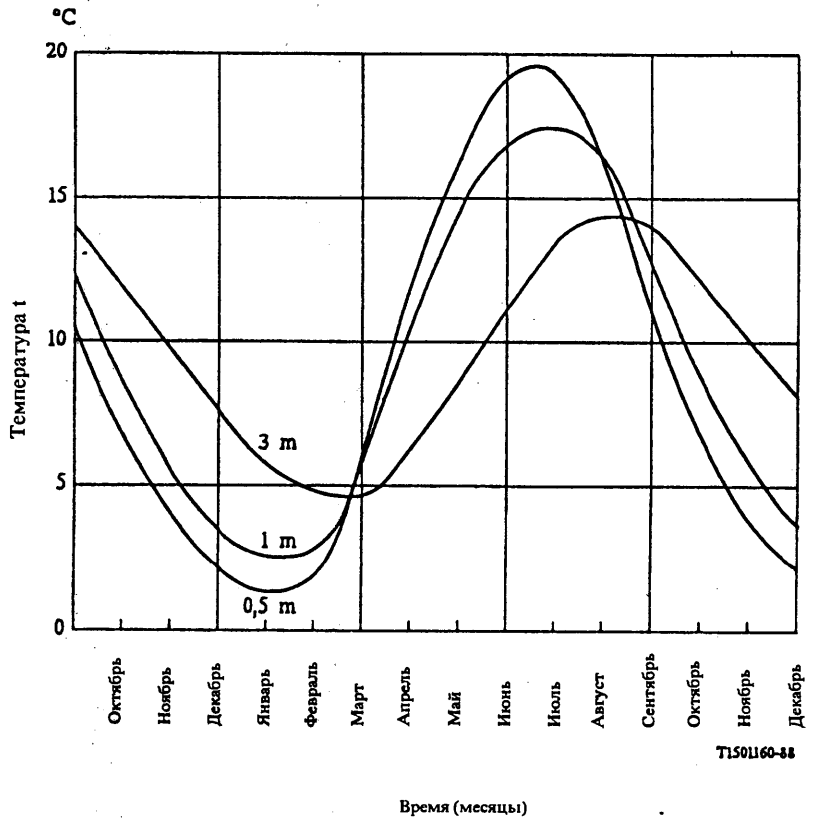
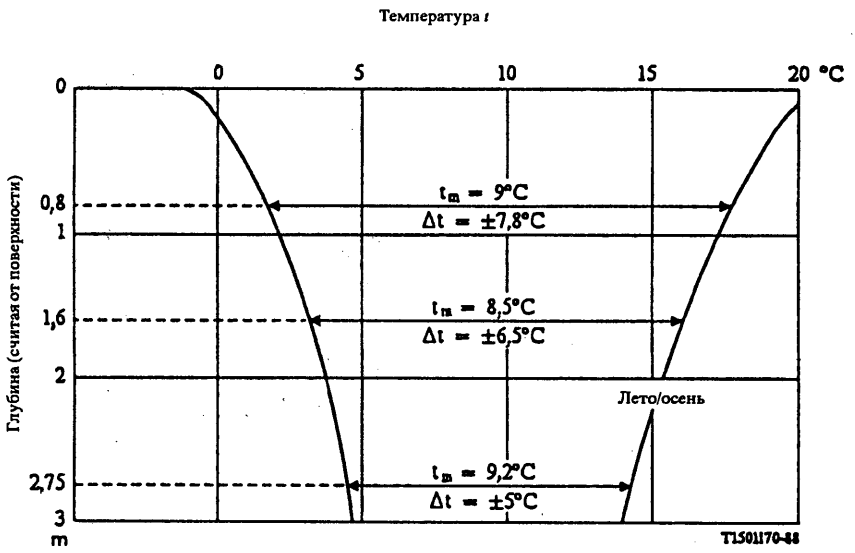


РИСУНОК 2

Сезонные изменения температуры почвы на глубинах 0,5 м, 1 м и 3 м (долговременные средние значения, песчаная почва в Германии (Федеративная Республика))



t_m Среднее годовое значение температуры почвы

Δ_t Максимальное годовое изменение температуры почвы, отнесенное к t_m

РИСУНОК 3

Максимальные и минимальные годовые значения температуры почвы в зависимости от глубины (долговременные средние значения, песчаная почва в Германии (Федеративная Республика))

Состав почвы имеет существенное влияние на температуру и ее изменение во времени. Следует отметить, что это изменение происходит медленно, причем скорость изменения зависит от состава почвы и от глубины.

Среднее значение температуры в контейнере такое же, как и почвы, если пренебречь возможным увеличением температуры благодаря теплу, выделяемому аппаратурой. Изменения температуры воздуха вызывают изменения температуры в контейнере, но с задержкой во времени и с уменьшенной амплитудой, которые зависят от конструкции контейнера.

2.3 *Заключение*

Температура в малогабаритных подземных контейнерах, например в контейнерах для установки регенераторов с дистанционным питанием, зависит от географического региона, состава почвы, глубины установки и от выделения тепла установленным в контейнере оборудованием.

Влажность внутри контейнера не зависит от внешних воздействий и при необходимости может поддерживаться в допусках с помощью надлежащих средств.

3 Часть B

3.1 *Температура в подземных контейнерах, содержащих аппаратуру с большим выделением тепла*

Температура в подземных контейнерах зависит от температуры окружающей почвы, ее состава и от количества тепла, выделенного аппаратурой.

3.1.1 Температура почвы на различных глубинах может быть либо измерена прямо на месте, либо вычислена, исходя из средней за сезон температуры данного места (на уровне земли) и с учетом удельного теплового сопротивления и термической диффузии почвы.

Кратковременные колебания, например суточные, по мере увеличения глубины резко уменьшаются и становятся пренебрежимо малыми на глубинах, превышающих 0,3 м, так что на большие глубины проникают лишь сезонные колебания.

Разумеется, такие колебания также ослабляются и происходят с запозданием в соответствии с глубиной и составом почвы.

3.1.2 Тепло, выделяемое аппаратурой в контейнере, передается через стенки контейнера окружающей почве, нарушая таким образом существующее температурное поле и создавая местный температурный градиент, который уменьшается по мере увеличения расстояния от стенок контейнера.

Для того чтобы оценить максимальную годовую температуру в контейнере, целесообразно посредством математического моделирования решать задачу распространения тепла при условиях, определяемых климатом в данном месте, характером почвы, потреблением мощности и т. д.

Соответствующие расчеты могут быть произведены на компьютере, что позволяет быстро исследовать, какое воздействие оказывают различные параметры.

В предельных случаях, то есть при плохих параметрах почвы, может оказаться целесообразным засыпать пространство вокруг контейнера веществом с хорошей теплопроводностью. Эффект от такого мероприятия может быть предварительно подтвержден расчетом на компьютере.

3.2 *Основные указания для проведения расчета*

Передача теплоты от атмосферы к почве описывается уравнением

$$T(y,t) = \mathrm{A} + \mathrm{B}\ \mathrm{e}^{-\gamma y} \sin\ (wt - \gamma y), \qquad (1)$$

где

A — среднее значение атмосферной температуры.

B — амплитуда температурного колебания на поверхности земли.

γ — коэффициент диффузии.

y — глубина.

Температура является функцией только времени и глубины, и изотермальные поверхности результирующего поля температур горизонтальны.

Мощность, выделяемая в контейнере, определяет тепловой поток на стенках контейнера и двумерное тепловое поле в почве.

Соответствующее уравнение имеет вид

$$c\zeta \frac{\delta T}{\delta t} - k\left(\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2}\right) = F(x,y,t), \qquad (2)$$

где

$F(x,y,t)$ учитывает наличие источников тепла в почве;

C — удельная теплота почвы;

ζ — плотность почвы;

k — теплопроводность почвы.

Задача может быть упрощена, если пренебречь величиной $\frac{\delta T}{\delta t}$.

В самом деле, температура почвы подвержена медленным изменениям, так что в течение короткого периода она может считаться постоянной.

Решив уравнение

$$-k\left(\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2}\right) = F(x,y) \qquad (3)$$

и подставив «исходное условие» (1) в качестве рассматриваемого времени, можно для определенного числа дискретных точек построить график распределения температуры в почве.

Температура по центральной линии контейнера рассчитывается на основе зависимостей по передаче теплоты при естественной конвекции на вертикальных стенках: $Nu = M.(C\bar{r} \cdot Pr)^N$, где Nu = число Нусельта; Gr = число Грасхофа; Pr = число Прандтла; M,N — эмпирически рассчитанные постоянные.

Пример полученного в результате расчета температурного поля представлен на рис. 4, на котором линии изотерм отображают рассчитанные компьютером значения температур.

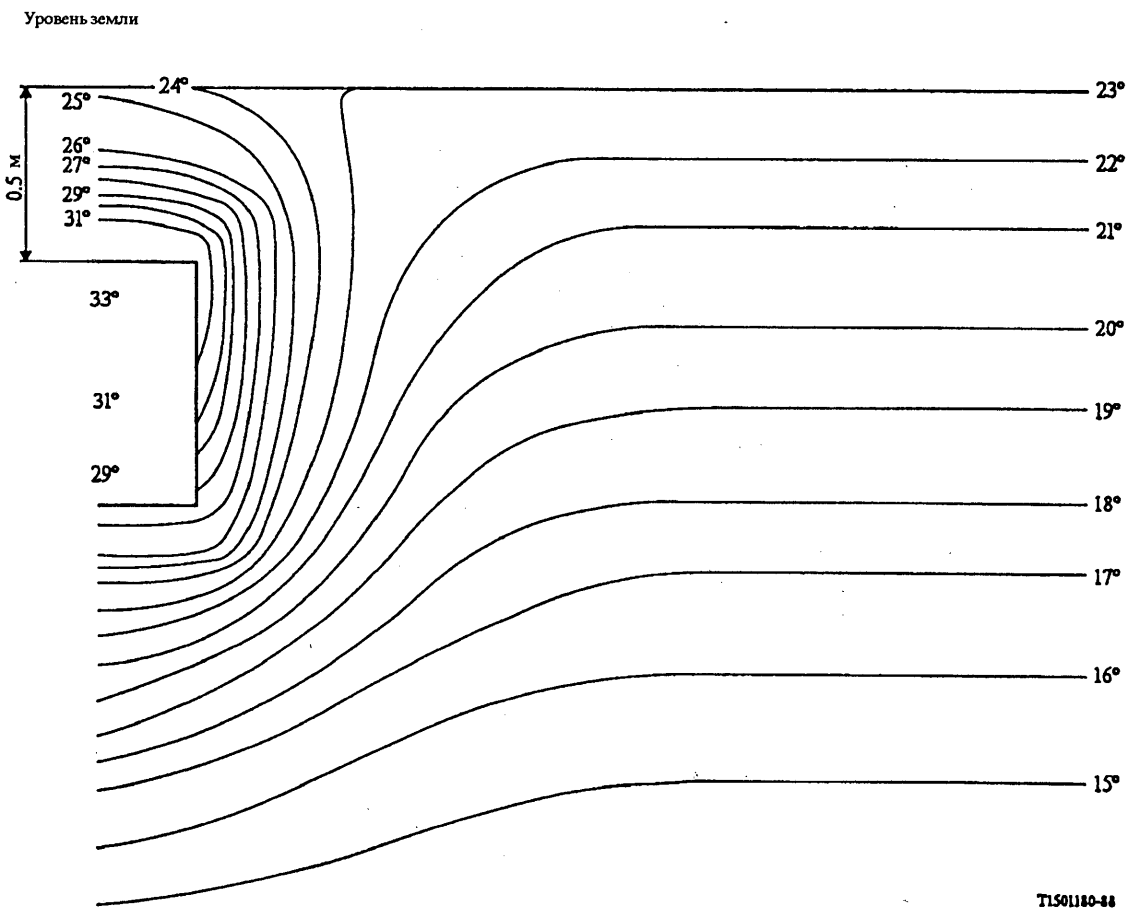


РИСУНОК 4

Пример расчетного температурного поля

3.3 *Заключение*

Температура в подземном контейнере зависит от климата в данном месте, типа почвы, глубины, времени года, тепла, выделяемого аппаратурой.

Математический анализ передачи теплоты позволяет оценить максимальную температуру в контейнере, учтя при этом влияние различных параметров.

Можно рассмотреть вопрос об использовании специального материала для засыпки и оценить результирующий эффект.

ТИП КОНТЕЙНЕРА: CAI/24

Установившееся значение температуры (° C)

Размеры контейнера (м) ∅ 0,85 высота 0,9

Рассеиваемая мощность (Ватт)	100
Месяц	8
Средняя температура в данном месте (° C)	12,7
Амплитуда изменений температуры (° C)	11,7
Теплопроводность почвы (Вт m^{-1} K^{-1})	0,44
Плотность почвы (кг · $м^{-3}$)	1550
Удельная теплота почвы (J $кг^{-1}$ K^{-1})	1255
Теплопроводность засыпного материала (Вт m^{-1} K^{-1})	0,8
Глубина засыпки (м)	0,4
Наружный радиус засыпки (м)	1,2

Ссылка

[1] JEN-HU-CHANG: Ground Temperature, *Blue Hill Meteorological Observatory, Harward University*, Vol.I, II — Hilton 86, Massachusetts, 1958.

Библиография

KREITH (F.): Principles of heat transfer, *Int. Textbook Co.*, Scranton Pa.

CARLSLAW JAEGER: Conduction of heat in solids, *Oxford Press.*

Дополнение № 35

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ДРЕЙФА ФАЗЫ

(Вклад США, на него имеются ссылки в Рекомендациях G.812 и G.824)

Методология измерения дрейфа фазы

Целью настоящего Дополнения является описание одного из методов контроля точности частоты задающих генераторов. Основные указания по измерению фазового дрожания содержатся в Дополнении № 38 серии O.

1 Измерение дрейфа фазы на выходе

1.1 *Ведомый задающий генератор*

Принцип измерения состоит в том, чтобы определить применительно к испытуемому ведомому задающему генератору значения параметров моделей, содержащиеся в приложении к Рекомендации G.812.

После того как значения этих параметров определены, может быть проведен контроль соответствия нормам, указанным в Рекомендации G.812.

Для надлежащего определения характеристик ведомого задающего генератора необходимо провести серию испытаний. В общем, эти испытания можно подразделить на три категории:

1) испытания при работе в идеальных условиях;

2) испытания при работе в напряженных условиях;

3) испытания при автономной работе.

1.1.1 *Скелетная схема измерений*

Целью испытания является оценка параметров описанной выше модели задающего генератора применительно к данному задающему генератору, подвергаемому испытанию. Построение скелетной схемы измерительной установки показано на рис. 1. Составные части и соединения между ними описываются ниже.

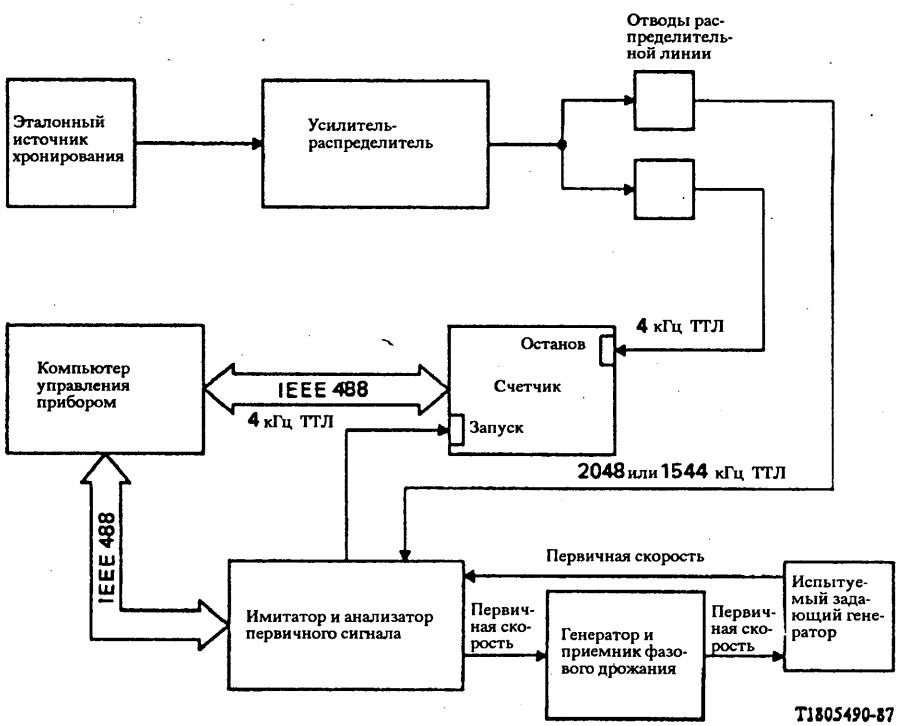


РИСУНОК 1

Скелетная схема измерений

1.1.1.1 *Эталонный задающий генератор*

Скелетная схема измерений составлена таким образом, чтобы обеспечить испытуемый задающий генератор эталонным цифровым сигналом первичной скорости, хронируемым высокостабильным эталонным генератором. При измерении критической является разность фазы (времени) испытуемого задающего генератора и эталонного генератора[1]. Таким образом, абсолютная точность эталонной частоты несущественна. Важно, чтобы кратковременная нестабильность эталонного генератора была мала, с тем чтобы была обеспечена незначительная величина шума при измерениях и незначительная ошибка, вызванная слежением за фоном, в контуре управления испытуемого задающего генератора.

---

[1] При испытаниях задающего генератора, работающего в автономном режиме, важны долговременная стабильность и дрейф эталонного генератора.

1.1.1.2 *Имитация цифрового сигнала*

Для испытания задающего генератора при работе в напряженных условиях испытательное устройство должно обеспечивать эталонный цифровой сигнал первичной скорости с ухудшенными показателями. Для этой цели используется имитатор и анализатор цифрового сигнала первичной скорости с возможностью внешней синхронизации. Для цифрового сигнала первичной скорости 1544 кГц[2)] используется хронирующий сигнал 1544 кГц, подаваемый на имитатор/анализатор для хронирования передачи. Сигнал 1544 кГц образуется с помощью усилителя-распределителя и отводов на линии синтезатора. Это распределительное устройство позволяет образовать многочисленные выходы хронирующих сигналов, синтезированных из входного сигнала 10 МГц, поступающего от эталонного генератора. Каждый отвод на линии используется в качестве выделенного синтезатора, вырабатывающего требуемый хронирующий сигнал. Фазовое дрожание на выходе синтезаторов должно быть меньше, чем 1000 пс эфф.

Имитатор ухудшения качества последовательности первичной скорости программируется через шину управления IEEE 488 с целью вызвать нарушения, приводящие к напряженным условиям работы задающего генератора. Цифровой сигнал первичной скорости после этого пропускается через генератор и приемник фазового дрожания. Генератор фазового дрожания используется для внесения в цифровой сигнал фонового фазового дрожания. По нескольким причинам важно имитировать реальный уровень фонового фазового дрожания. Во-первых, при перерывах связи, когда схема синхронизации пытается «перекрыть» время перерыва, фоновое фазовое дрожание может быть важнейшим источником ошибки подстройки фазы. Во-вторых, это позволяет оценить характеристики передачи фазового дрожания задающего генератора.

В устройстве генерирования фазового дрожания предусмотрен вход для внешнего сигнала, вызывающего фазовое дрожание. В качестве модулирующего сигнала используется белый шум с ограниченной полосой. Сигнал от источника белого шума проходит через однополюсный фильтр нижних частот с частотой среза 150 Гц на уровне 3 дБ. Главная цель применения фильтра нижних частот — избежать ошибок из-за высокочастотного фазового дрожания стробирования. Уровень фазового дрожания должен быть установлен таким образом, чтобы он реально отражал уровень фазового дрожания в сети. Важно, чтобы испытательное фазовое дрожание не было синусоидальным, так как определенные способы детектирования фазы весьма малочувствительны к синусоидальному фазовому дрожанию.

1.1.1.3 *Выделение выходного хронирующего сигнала*

Для испытания задающего генератора эталонный сигнал подается на его вход с выхода генератора фазового дрожания. Для того чтобы выделить выходной хронирующий сигнал задающего генератора, с устройства, управляемого испытуемым задающим генератором, снимается выходной сигнал первичной скорости. Этот цифровой сигнал подается на приемную часть имитатора и анализатора сигналов первичной скорости. В этом устройстве хронирующая частота приемника выделяется из передаваемого от генератора сигнала. Приемник выделяет из входного сигнала цикловой хронирующий сигнал 4 кГц и подает этот хронирующий сигнал на внешний вход. Этот хронирующий сигнал 4 кГц когерентен по фазе с выходным хронирующим сигналом испытуемого задающего генератора.

1.1.1.4 *Сбор данных о фазе-времени*

Для определения относительной ошибки фазы-времени выходного хронирующего сигнала 4 кГц в сравнении с эталонным хронирующим сигналом 4 кГц применяется счетчик. Этот хронирующий сигнал 4 кГц выдается усилителем-распределителем и синтезатором. Фазовое дрожание эталонного сигнала 4 кГц, вырабатываемого синтезатором, меньше 1000 пс. При проведении сравнения фаз на частоте 4 кГц диапазон определения изменения фазы составляет 250 μс. Если приняты меры, чтобы испытание началось около середины этого диапазона, то при любых испытаниях (кроме испытаний автономной работы) не должно возникнуть никаких трудностей, связанных с проскальзыванием цикла. Но и этот диапазон может быть расширен посредством компьютерного анализа полученных данных на выявление проскальзывания циклов.

В реальных условиях разрешающая способность при измерениях ограничена собственным фазовым дрожанием в счетчике, а также ошибками, связанными с работой триггера. Опыт показал, что указанное фазовое дрожание может быть при надлежащем монтаже кабелей и надлежащей установке уровня срабатывания триггеров ограничено максимальным пределом 100 пс эфф. Еще существеннее, что общий уровень фонового фазового дрожания может быть проверен перед испытанием, чтобы обеспечить надлежащее качество измерения. Для составных частей, используемых в конкретных описываемых системах, общие уровни фазового дрожания со значением 1000 пс эфф, как правило, достижимы. Это более чем достаточно для измерения уровней стабильности фазы задающих генераторов, которых можно реально ожидать.

[2)] Это относится аналогичным образом и к цифровому сигналу с первичной скоростью 2048 кГц.

1.1.1.1.5 *Сбор данных*

Для автоматизации измерительного процесса и сбора и анализа данных по фазе-времени следует использовать компьютер управления измерительным прибором. Компьютер управления сопрягается как со счетчиком, так и с имитатором и анализатором цифрового сигнала первичной скорости через шину IEEE 488.

Главная функция компьютера управления состоит в сборе данных о фазе-времени от счетчика. Контроллер прибора получает отсчет фазы-времени от счетчика через каждые 10 секунд. Счетчик программируется на усреднение 4000 отсчетов на интервале в 3 секунды и возвращение среднего значения контроллеру. Результирующая полоса измерений составляет 0,33 Гц. Данные по фазе-времени обрабатываются в реальном масштабе времени для получения текущих оценок дисперсии Аллана для интервалов наблюдения в 10, 100, 1000 и 10 000 секунд. На основе программы также производится расчет текущей оценки отклонения и ухода частоты.

1.1.1.6 *Анализ данных*

Целью анализа данных является оценка на основе данных параметров, относящихся к модели задающего генератора. По дисперсии Аллана можно определить наличие ожидаемых от модели составляющих осуществленной белым шумом ФМ или ЧМ. Оценка отклонения частоты характеризуется в модели членом $y_{смещ.}$, а оценка ухода частоты D является компонентом ухода частоты в модели.

1.1.2 *Основные способы и процедуры*

В этом параграфе описываются основные способы и процедуры проведения испытаний для трех режимов работы ведомого задающего генератора. В Приложении I приведены примеры этих испытаний с использованием конкретных измерительных данных.

1.1.2.1 *Работа в идеальных условиях*

Целью испытания в этих условиях является получение базовых метрических данных по характеристикам задающего генератора. Согласно модели нестабильность фазы задающих генераторов при идеальных условиях можно рассматривать как фазовую модуляцию белым шумом. Эта фазовая модуляция белым шумом должна быть незначительной, так как она характеризует наилучшие условия работы задающего генератора (исходя из нынешних требований к МООВИ она должна быть, несомненно, менее 1 μс). Ее следует измерять при наличии реальных уровней фазового дрожания, чтобы обеспечить приемлемую степень передачи фазового дрожания.

При описываемой стандартной испытательной процедуре ширина полосы измерения составляет 0,33 Гц. При некоторых построениях задающих генераторов между этой частотой среза 0,33 Гц и частотой среза 10 Гц, связанной с фазовым дрожанием, содержится существенный шум. Важно оценить фазовое дрожание в этой полосе. Этого можно достигнуть, разработав дополнительную измерительную программу для учета этих данных по быстрому дрейфу фазы.

1.1.2.2 *Работа в напряженных условиях*

Этот вид испытаний принципиально важен для надлежащей оценки задающих генераторов. Трудностью при этом виде испытаний является выбор надлежащих прерываний. Для некоторых задающих генераторов всякое событие, проявляющееся как сильно пораженная ошибками секунда, вызывает процесс подстройки фазы. В некоторых задающих генераторах всякий обрыв или ложный шумовой импульс создает помеху счетчику при детектировании фазы, вызвав ложный скачок фазы, который в зависимости от величины скачка может повлечь или не повлечь за собой подстройку фазы. С другой стороны, задающие генераторы могут быть спроектированы таким образом, чтобы они следили за позицией циклового импульса для извлечения информации о фазе. В таких задающих генераторах перерыв не должен непременно повлечь за собой подстройку фазы, если только в самом деле не произошло сдвига в позиции циклового импульса (например, случай защитного переключения).

Предлагается, чтобы при разовом испытании в напряженных условиях производилась имитация сильно пораженной ошибками секунды (СПОС) при кратковременных сбоях связи (100 мс) с частостью 10 СПОС в сутки и при входном фоновом фазовом дрожании. Обычно сбой такой длительности заставляет задающий генератор предпринять попытку подстройки фазы без переключения эталонных сигналов. Пример такого испытания в напряженных условиях представлен в следующем разделе и призван служить прояснению принципа и значения результатов.

При оценке задающего генератора должны быть рассмотрены также другие входные сигналы, характерные для напряженных условий работы.

— *Пакеты ошибок*: Пакет ошибок может быть имитирован без нарушения лежащего в его основе хронирующего сигнала. При этих условиях полезным было бы отсутствие подстройки фазы в задающем генераторе. Значение такого испытания возросло бы, если бы было установлено, что большинство пакетов ошибок вызвано подлинными информационными ошибками, а не нарушениями хронирования.

— *Скачок фазы*: Скачки фазы возникают при защитных переключениях, а также вызываются другими задающими генераторами. Скачки фазы представляют собой нарушения непрерывности фазы, которые влекут за собой коррекцию фазы или повторяются задающим генератором. В любом случае характеристики задающего генератора будут ухудшены. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

— *Перезапуск*: Перезапуск — это явление, относящееся к определенным задающим генераторам. Перезапуск возникает, когда задающий генератор из текущего состояния возвращается в исходное. В результате возникает эффект переходного процесса, который может быть значительным. Перезапуск не должен происходить во время нормальной работы задающего генератора, и поэтому нет необходимости включать его в общий план испытаний задающего генератора. Однако имеется необходимость в более четком понимании процесса и его контроле.

— *Скачки частоты*: Важно, чтобы задающие генераторы не следовали за эталонными сигналами, которые характеризуются большими скачками частоты. Однако способность обнаружить скачок частоты тесно связана с выбором полосы отслеживания схемы ФАПЧ задающего генератора. Решение проблемы зависит от того, в какой мере можно стандартизировать полосы отслеживания различных задающих генераторов в сети.

1.1.2.3 *Автономная работа*

При испытании в режиме автономной работы целью является оценка начального сдвига частоты ($y_{смещ.}$) и ухода частоты (D) в модели задающего генератора. Начальный сдвиг частоты зависит от точности оценки частоты в петле управления и от восприимчивости местного генератора к управляющему воздействию на его частоту. Важно, чтобы испытанию в режиме автономной работы предшествовала умеренно напряженная ситуация, чтобы выявить способность петли управления к точной оценке частоты.

Критическим обстоятельством при оценке ухода частоты кварцевых генераторов является то, что для получения статистически обоснованной оценки ухода частоты требуются многодневные периоды наблюдения. Это неприятная реальность, от которой нельзя уйти. Кроме того, надо обратить внимание на поддержание температурных условий во время испытаний. Это является предметом дальнейшего изучения.

1.2 *Первичный задающий генератор*

Этот раздел требует дальнейшего изучения.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

(к Дополнению № 35)

Примеры применения

В данном разделе представлены результаты применения некоторых испытательных процедур к двум задающим генераторам. Важно подчеркнуть, что эти два задающих генератора отличаются по внутреннему построению. Главным результатом испытаний является то, что были подтверждены эксплуатационные характеристики модели задающего генератора. Характеристики модели могут быть в сжатом виде сформулированы следующим образом:

1) При коротких периодах наблюдения вне полосы отслеживания ФАПЧ стабильность выходного хронирующего сигнала определяется кратковременной стабильностью временных характеристик местного синхронизирующего устройства.

2) В отсутствие прерывания эталонного сигнала стабильность выходного хронирующего сигнала рассматривается как процесс ФМ, осуществляемой белым шумом, когда период наблюдения увеличен, чтобы не выходить за полосу частот, отслеживаемых ФАПЧ.

3) При наличии прерываний стабильность выходного хронирующего сигнала может рассматриваться как процесс частотной модуляции белым шумом, когда период наблюдения увеличен, чтобы не выходить за полосу частот, отслеживаемых ФАПЧ.

4) При наличии прерываний выходной хронирующий сигнал может получить постоянный сдвиг частоты относительно эталонного сигнала. Это является результатом смещения при подстройке фазы при восстановлении эталонного сигнала.

Характерные результаты испытаний описываются ниже.

I.1 *Оценка местного задающего генератора*

Результаты, описанные в данном разделе, основаны на реальных эксплуатационных характеристиках.

I.1.1 *Испытания с входным сигналом первичной скорости при ненапряженных условиях*

Целью первого испытания была оценка выходного хронирующего сигнала при идеальном эталонном сигнале на входе. Эталонный сигнал первичной скорости на входе вырабатывается генератором, хронируемым от цезиевого эталонного генератора. Фазовое дрожание вне полосы отслеживания ФАПЧ уровня 3 значительно меньше 1 нс. Как правило, результат измерения счетчиком составляет 300 пс.

При этом испытании сигнал первичной скорости от имитатора и анализатора сигнала первичной скорости подавался в обход устройства измерения фазового дрожания непосредственно на синхронизатор. Испытание длилось 67 часов. Результаты представлены на рис. I-1. Корень квадратный из дисперсии Аллана представлен как функция времени наблюдения. К этому испытанию относятся результаты измерений, отмеченные треугольником.

Результаты испытаний согласуются с моделью. При времени наблюдения, находящемся за пределами полосы отслеживания данной ФАПЧ (менее 60 секунд), дисперсия Аллана указывала на наличие частотной модуляции белым шумом от местного кварцевого генератора. По мере увеличения времени наблюдения ФАПЧ отслеживает частоту эталонного сигнала, и шумовой процесс в пределе приобретает характер частотной модуляции белым шумом.

Фазовая модуляция белым шумом имеет среднеквадратичное значение 85 нс. Одним из компонентов этого шума является среднеквадратичная временна́я ошибка генератора за 60 с (полоса частот этой ФАПЧ равна 1/60 с). Кроме того, имеется компонент, вызванный разрешающей способностью фазового детектора. В цифровых шлейфах возникает явление выбега фазы по крайней мере на один такт в любом из направлений относительно номинальной позиции. Воздействие этого явления ослабляется, если фазовое дрожание на входе имеет величину порядка одного такта фазового детектора.

I.1.2 *Испытания с входным сигналом первичной скорости при напряженных условиях*

Это испытание проводится с целью имитировать поведение синхронизирующего устройства при напряженных условиях, возникающих в реальных сетях. При этом испытании имитатор и анализатор сигнала первичной скорости каждые 15 минут осуществлял программно-управляемый короткий перерыв. Время перерыва случайным образом изменялось в пределах от 10 до 100 мс по закону равномерного распределения вероятностей.

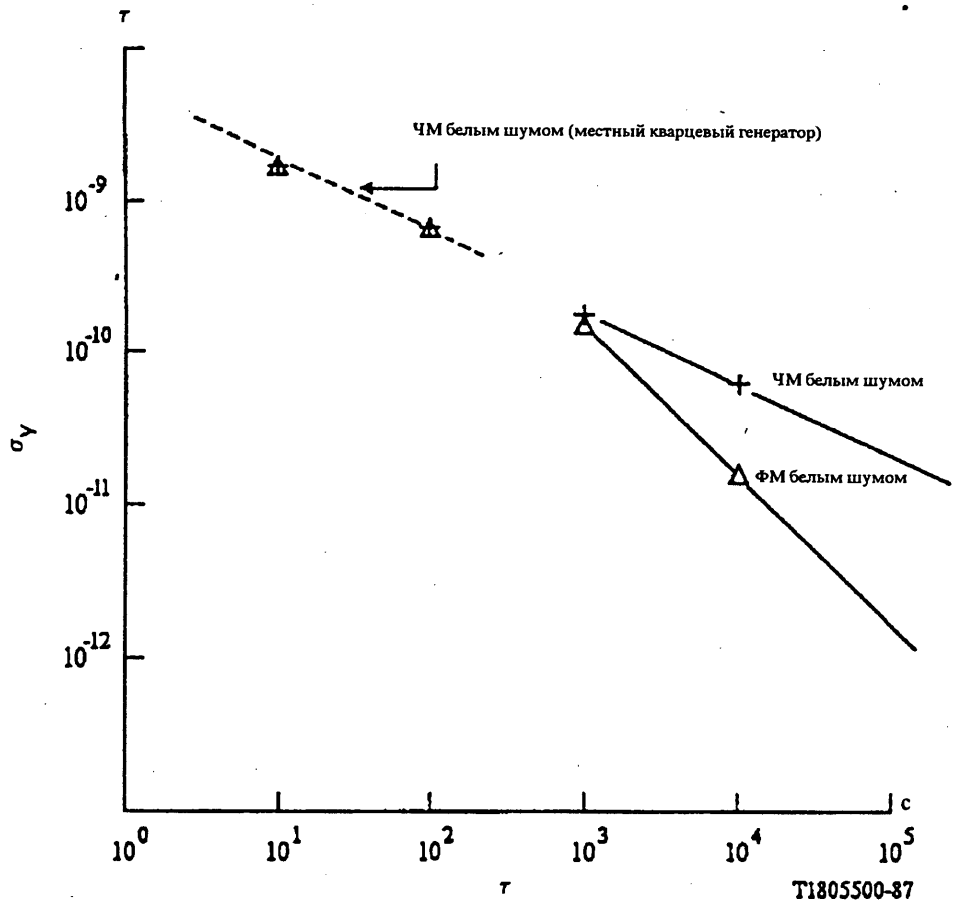
При этом испытании сигнал первичной скорости от имитатора и анализатора сигнала первичной скорости подавался непосредственно на синхронизирующее устройство в обход устройства измерения фазового дрожания. Испытание длилось 50 часов. Результаты представлены на рис. I-1. Квадратный корень из дисперсии Аллана представлен как функция времени наблюдения. К этому испытанию относятся результаты измерений, отмеченные знаком +.

I.1.2.1 *Результаты измерений дисперсии Аллана*

Результаты испытаний согласуются с моделью. При времени наблюдения, находящемся за пределами полосы отслеживания данной ФАПЧ (менее 60 с) дисперсия Аллана указывает на наличие частотной модуляции белым шумом от местного кварцевого генератора. По мере увеличения времени наблюдения в ФАПЧ каждые 900 с наблюдается нарушение непрерывности. Остаточная ошибка при подстройке фазы накапливается и вызывает случайное блуждание фазы (ЧМ белым шумом). Расчетная среднеквадратичная ошибка подстройки фазы на одно нарушение непрерывности составляет 180 нс.

I.1.2.2 *Систематический сдвиг частоты*

Данные по испытаниям в напряженных условиях говорят о статистически существенном сдвиге частоты. Сдвиг частоты при испытании длительностью 50 часов составил 3×10^{-11}. При условии, что имеет место ЧМ белым шумом, среднеквадратичная ошибка равна $1{,}5 \times 10^{-11}$. Эти величины отражают ошибку смещения при подстройке фазы в пределах от 15 до 45 нс. Такие ошибки подстройки фазы приводят к сдвигам частоты. Тем самым все задающие генераторы сети в некоторой степени работают плезиохронно. Если принять за худший случай десять нарушений непрерывности в сутки, то результирующий сдвиг частоты имеет порядок 10^{-12}.



Δ — чистый, без помех сигнал DS1, время наблюдения 240, 100 с

$\overline{\Upsilon}$ = 7E—13 ФМ белым шумом 148 нс/τ, $\tau > 10^3$, 85 нс — ежесуточная среднеквадратичная ошибка предсказания.

+ чистый 1544 кбит/с. 1 перерыв/15 мин, время наблюдения 180 000 с

$\overline{\Upsilon}$ = 3E—11 (1σ = 1,5E—11) ЧМ белым шумом 6E—9/$\sqrt{\tau}$, $\tau > 10^3$, 1,76 μс ежесуточная среднеквадратичная (180 нс среднеквадратичное/нарушение непрерывности) ошибка предсказания.

f_3 дБ = 1/60 с.

Интервал измерения τ_0 = 10 с. Полоса частот при измерении = 0,33 Гц.

РИСУНОК I-1

Пример задающего генератора местного узла

I.1.2.3 *Интерпретация результатов испытаний*

Для того чтобы получить понятную интерпретацию результатов испытаний в напряженных условиях, следует рассмотреть частость нарушений непрерывности. При проведении данного испытания частость нарушений непрерывности была равна 100 нарушениям в сутки. Это на порядок больше, чем то, что можно ожидать на реальных трактах с первичной скоростью. При данной конкретной ФАПЧ процесс возникновения ошибок при подстройке фазы от события к событию не коррелирован. Это можно подтвердить, проведя испытания при различных уровнях нарушения непрерывности. Полученные результаты указывали на среднеквадратичную ошибку 180 нс на одно нарушение непрерывности. При десяти нарушениях непрерывности в сутки результирующая ежесуточная среднеквадратичная ошибка составляет 570 нс.

I.2 *Оценка задающего генератора транзитного узла*

Результаты, описанные в данном разделе, основаны на реальных эксплуатационных характеристиках.

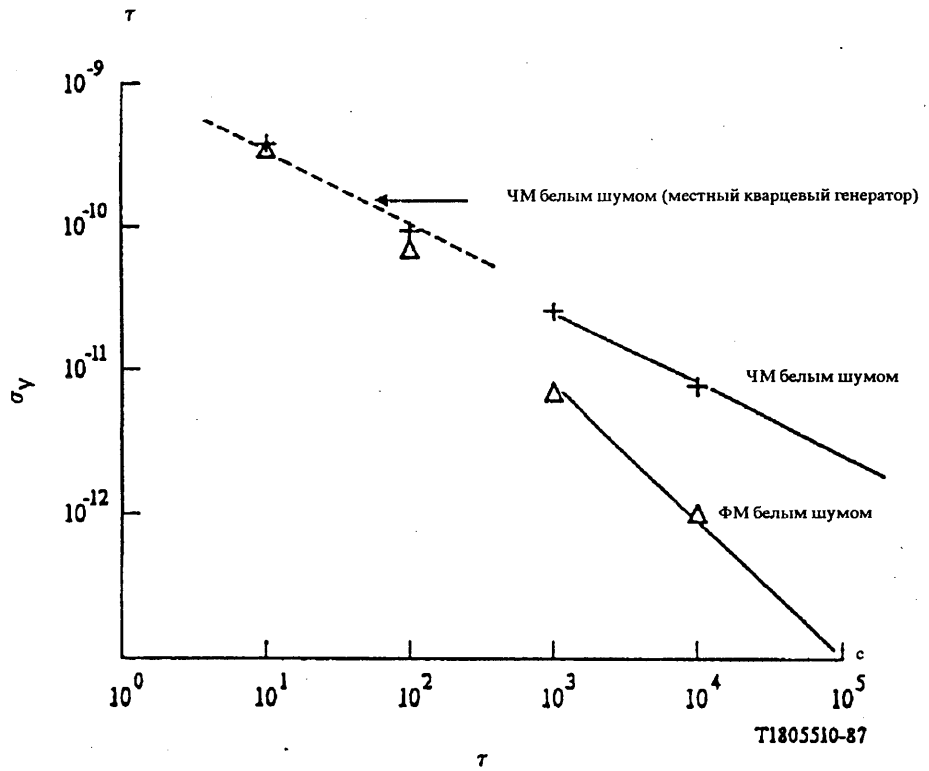
I.2.1 *Испытания с входным сигналом первичной скорости при ненапряженных условиях*

Целью первого испытания была оценка выходного хронирующего сигнала при идеальном эталонном входном сигнале. Эталонный входной сигнал первичной скорости выдается имитатором и анализатором первичной скорости, хронируемым от цезиевого эталонного генератора. Фазовое дрожание вне полосы отслеживания ФАПЧ уровня 3 намного меньше 1 нс. Как правило, результат измерения счетчиком составляет 300 пс.

В этом испытании устройство измерения фазового дрожания использовалось. Устройство измерения фазового дрожания получало сигнал фазового дрожания на свой модуляционный вход от внешнего источника. В качестве сигнала, вызывающего фазовое дрожание, был использован белый шум, ограниченный по полосе. Был использован однополюсный фильтр с частотой среза 150 Гц на уровне 3 дБ. Сигнал фазового дрожания был пропущен через фильтр нижних частот, чтобы предотвратить ошибки цикловой синхронизации, вызванные высокочастотным фазовым дрожанием стробирования. Внешний сигнал был отрегулирован таким образом, чтобы получить уровень фазового дрожания 1,5 μс (от пика до пика). Испытание длилось 23 часа. Результаты представлены на рис. I-2. Корень квадратный из дисперсии Аллана представлен как функция времени наблюдения. К данному испытанию относятся результаты измерений, отмеченные треугольником.

Результаты испытаний согласуются с моделью. Для времени наблюдения, выходящего за пределы полосы отслеживания данного ФАПЧ (менее 450 секунд), дисперсия Аллана указывала на ЧМ белым шумом, происходящую от местного кварцевого генератора. По мере увеличения времени наблюдения ФАПЧ отслеживает частоту эталонного сигнала, и шумовой процесс в пределе приобретает характер фазовой модуляции белым шумом.

Среднеквадратичная величина ФМ белым шумом равна 6 нс. Это исключительно хорошее значение, оно является результатом жесткого условия по постоянной времени ФАПЧ (450 секунд). В этом случае фазовое дрожание входного сигнала предотвращает скачки фронтов импульсов.



Δ — сигнал DS1[a)] без помех. Время наблюдения на входе 83 000 с
$\bar{\Upsilon} = +6E{-}13$ ФМ белым шумом $1E{-}8/\tau$, $\tau > 10^3$, 6 нс — ежесуточная среднеквадратичная ошибка предсказания.

\+ 1544 кбит/с[a)]. 1 перерыв/30 мин. Время наблюдения 253 800 с
$\bar{\Upsilon} = +6E{-}13$ ЧМ белым шумом $8E{-}10/\sqrt{\tau}$, $\tau > 10^3$, 235 нс ежесуточная среднеквадратичная ошибка предсказания.

f_3 дБ = 1/450 с.

a) 1,5 μс полоса частот полного размаха фазового дрожания = 150 Гц.

Интервал измерения $\tau_0 = 10$ с. Полоса частот при измерении = 0,33 Гц.

РИСУНОК I-2

Пример задающего генератора транзитного узла

I.2.2 *Испытания с входным сигналом первичной скорости при напряженных условиях*

Это испытание проводится с целью имитировать поведение синхронизирующего устройства при напряженных условиях, возникающих в реальных сетях. При этом испытании имитатор и анализатор сигнала первичной скорости каждые 30 минут осуществлял программно-управляемый короткий перерыв. Время перерыва случайным образом изменялось в пределах от 10 до 100 мс по закону равномерного распределения вероятностей.

В этом испытании устройство измерения фазового дрожания использовалось. Устройство измерения фазового дрожания получало сигнал фазового дрожания на свой модуляционный вход от внешнего источника. В качестве сигнала, вызывающего фазовое дрожание, был использован белый шум, ограниченный по полосе. Был использован однополюсный фильтр с частотой среза 150 Гц на уровне 3 дБ. Сигнал фазового дрожания был пропущен через фильтр нижних частот, чтобы предотвратить ошибки цикловой синхронизации, вызванные высокочастотным фазовым дрожанием стробирования. Внешний сигнал был отрегулирован таким образом, чтобы получить уровень фазового дрожания 1,5 μс (от пика до пика). Испытание длилось 70 часов. Результаты представлены на рис. I-2. Корень квадратный из дисперсии Аллана представлен как функция времени наблюдения. К данному испытанию относятся результаты измерений, отмеченные знаком «+».

I.2.2.1 *Результаты измерений дисперсии Аллана*

Результаты испытаний согласуются с моделью. При времени наблюдения, находящемся за пределами полосы отслеживания данной ФАПЧ (менее 450 сек), дисперсия Аллана указывает на наличие частотной модуляции белым шумом от местного кварцевого генератора. По мере увеличения времени наблюдения в ФАПЧ каждые 1800 с наблюдается нарушение непрерывности. Остаточная ошибка при подстройке фазы накапливается и вызывает случайное блуждание фазы (ЧМ белым шумом). Расчетная среднеквадратичная ошибка подстройки фазы на одно нарушение непрерывности составляет 34 нс. В образовании этой ошибки участвует фазовое дрожание входного сигнала первичной скорости. Алгоритм осуществляет усреднение по входу, что улучшает оценку ошибки при подстройке фазы.

I.2.2.2 *Систематический сдвиг частоты*

Данные по испытаниям в напряженных условиях говорят о статистически несущественном сдвиге частоты. Сдвиг частоты при испытании длительностью 70 часов составил 6×10^{-13}. При условии, что имеет место частотная модуляция белым шумом, среднеквадратичная ошибка равна $1{,}5 \times 10^{-12}$. При условии такой неопределенности нет никаких указаний на смещение в данных. В худшем случае смещение не должно превышать уровень неопределенности $1{,}5 \times 10^{-12}$.

I.2.2.3 *Интерпретация результатов испытаний*

Для того чтобы получить понятную интерпретацию результатов испытаний в напряженных условиях, следует рассмотреть частость нарушений непрерывности. При проведении данного испытания частость нарушений непрерывности была равна 48 нарушениям в сутки. Это в 5 раз больше, чем то, что можно ожидать на реальных трактах с первичной скоростью. При данной конкретной ФАПЧ процесс возникновения ошибок при подстройке фазы от события к событию не коррелирован, как следует из принципа работы ФАПЧ. Это можно подтвердить, проведя испытания при различных уровнях нарушения непрерывности. Полученные результаты указывали на среднеквадратичную ошибку 34 нс на одно нарушение непрерывности. При десяти нарушениях непрерывности в сутки результирующая ежесуточная среднеквадратичная ошибка составляет 100 нс.

I.3 *Пределы доверия дисперсии Аллана*

Дисперсия выборок (подобно дисперсии Аллана для выборок) имеет распределение «хи-квадрат». В соответствии с работой Дж. Барнса [1] доверительный интервал для дисперсии Аллана может быть определен для данного шумового процесса. При расчете дисперсии Аллана для выборок было использовано полное перекрытие интервалов запаздывания. Это является наиболее эффективным использованием данных. Однако будет неверным исходить из независимости перекрывающихся выборок при расчете доверительных интервалов. Это подробно описано в [1]. Для краткости были использованы методы расчета доверительных интервалов, описанные в [1].

При фазовой модуляции белым шумом 90%-ные коэффициенты доверия ограничены значениями от 0,9 до 1,1 при всех интервалах запаздывания вплоть до 10 000 и при времени наблюдения, равном одним суткам. При частотной модуляции белым шумом и при наблюдении в течение суток коэффициенты доверия были следующими. При интервале запаздывания в 1000 секунд нижняя граница равна 0,9, а верхняя — 1,2. При 10 000 коэффициенты доверия равны 0,75 и 1,5.

В качестве примера, объясняющего, что означают эти коэффициенты, рассмотрим составляющую частотной модуляции белым шумом на рис. I-2 (данные, отмеченные знаком +). При запаздывании в 10 000 секунд корень квадратный из дисперсии выборок равен 8×10^{-12}. 90%-ный доверительный интервал для истинной дисперсии ограничен коэффициентами доверия, умноженными на дисперсию выборок. Это приводит к тому, что корень квадратный из дисперсии Аллана лежит в пределах от $6{,}9 \times 10^{-12}$ до $9{,}8 \times 10^{-12}$ с доверительной вероятностью 90%.

Библиография

[1] BARNES (J. A.): Data Analysis and Confidence Intervals, *NBS Time and Frequency Seminar Notes*, chapter 6, August, 1986.

Дополнение № 36

НАКОПЛЕНИЕ ДРОЖАНИЯ И ДРЕЙФА ФАЗЫ В ЦИФРОВЫХ СЕТЯХ

(имеется ссылка в Рекомендации G.824)

В настоящем Дополнении описывается модель, которая использовалась для расчета накопления дрожания/дрейфа фазы в цифровых сетях, образованных последовательным включением цифровых регенераторов и асинхронного цифрового оборудования группообразования. Эта модель не учитывает других источников дрейфа фазы, например, из-за окружающей среды, из-за нарушений непрерывности распределения эталонных хронирующих сигналов и т. д.

1 Накопление дрожания и дрейфа фазы — Составляющая, вызванная цифровым регенератором

Наиболее широко используемая модель накопления дрожания/дрейфа фазы на регенераторах, приписываемая Чапману [1], рассматривает регенератор как линейную, инвариантную по отношению к сдвигу систему. Для расчета дрожания/дрейфа фазы после накопления в N последовательно включенных регенераторах собственное дрожание/дрейф фазы регенератора классифицируется при помощи понятий «случайных» и «систематических» составляющих. Модель Чамзаса по накоплению дрожания/дрейфа фазы регенератора [2] рассматривает влияние стохастических изменений в схемах повторного хронирования регенератора на накопление дрожания/дрейфа фазы. Результаты этого изучения показывают, что использование надлежащей *средней* характеристики передачи дрожания/дрейфа фазы в модели накопления для регенератора, идентичной кратко охарактеризованной выше модели, обеспечивает очень хорошую оценку накопления дрожания/дрейфа фазы, рассчитанную в предположении стохастических изменений в схемах повторного хронирования.

Используя модель Чапмана для цепочки из N *идентичных* регенераторов, приняв $H_1(j\omega)$ как характеристику передачи дрожания/дрейфа фазы для одного регенератора и дополнительно определив случайную и систематическую составляющие как соответственно полностью не коррелированную и коррелированную,

— спектральная плотность мощности случайной составляющей дрожания/дрейфа фазы имеет вид

$$\Phi_N^R(\omega) = \Phi_{i1}^R |H_1(j\omega)|^2 \frac{1 - |H_1(j\omega)|^{2N}}{1 - |H_1(j\omega)|^2}, \tag{1}$$

где Φ^R_{i1} является постоянной, внутриаппаратурного происхождения, случайной (независимой от структуры последовательности и плюс к тому зависимой от некоррелированной структуры последовательности) спектральной плотностью мощности дрожания/дрейфа фазы для одного регенератора.

— спектральная плотность мощности систематической составляющей дрожания/дрейфа фазы имеет вид

$$\Phi_N^S(\omega) = \Phi_{i1}^S |H_1(j\omega)|^2 \frac{|1 - H_1(j\omega)^N|^2}{|1 - H_1(j\omega)|^2}, \tag{2}$$

где Φ^S_{i1} является постоянной, внутриаппаратурного происхождения, систематической (коррелированной, зависимой от структуры) спектральной плотностью мощности дрожания/дрейфа фазы для одного регенератора. Φ^R_{i1} и Φ^S_{i1} могут быть рассчитаны по результатам измерений дрожания/дрейфа фазы, возникающих в регенераторе при воздействии коротких и длинных комбинаций, выдаваемых генератором испытательного сигнала, и на основе изучения корреляции.

Если в характеристике передачи дрожания/дрейфа фазы регенератора нет резких подъемов, систематическое дрожание/дрейф фазы накапливается гораздо быстрее, чем случайное дрожание/дрейф фазы [1], [4], [5]; поэтому случайными дрожанием/дрейфом фазы часто пренебрегают. Однако при большом числе регенераторов, у которых характеристики передачи дрожания/дрейфа фазы имеют резкие подъемы, в общем накоплении дрожания/дрейфа фазы может преобладать случайная составляющая.

2 Накопление дрожания/дрейфа фазы — Составляющая, вызванная асинхронным цифровым оборудованием группообразования

При входном дрожании/дрейфе фазы с гауссовым распределением со среднеквадратичной амплитудой σ и двусторонней спектральной плотностью мощности $\Theta_{бх}(f)$ нефильтрованные собственные дрожание/дрейф фазы, возникающие в оборудовании группообразования, определяются выражением [6].

$$\Phi_{вых}(f) = sinc^2 f \; rep \; \Phi_{вх}(f) + \sum_{n=1}^{x} \frac{p^2}{(2\pi n)^2}\left[\delta(f-n) + \delta(f+n)\right] + \sum_{n=1}^{x} \frac{sinc^2 f}{(2\pi n)^2}\left[rep\; Z_n(f-np) + rep\; Z_n(f+np)\right], \tag{3}$$

где $rep\; X(f) = \sum_{k=x}^{x} X(f-k)$

$$Z_n(f) = e^{-2\pi n\sigma}\left[\delta(f) + \sum_{k=1}^{x}\left[\frac{2\pi n}{k!}\right]^{2k} \underbrace{\Phi_{вх}(f) * \ldots * \Phi_{вх}(f)}_{k \text{ членов}}\right]$$

p — коэффициент выравнивания фазы оборудования группообразования.

f — частота дрожания/дрейфа фазы, нормализованная относительно максимальной частоты выравнивания фазы оборудования группообразования.

3 Метод комбинирования

Полагая, что накопление дрожания/дрейфа фазы от каждой составной части может быть моделировано фильтрованными гауссовыми случайными величинами, спектр мощности и среднеквадратичная амплитуда после каждой составной части[1] рассчитываются как накопление, вызванное предыдущими составными частями, в соответствии со следующими правилами [3]:

i) Спектр дрожания/дрейфа фазы на выходе цепочки регенераторов является суммой по мощности дрожания/дрейфа фазы, образованного регенераторами (уравнения [1] и [2]), и любого дрожания/дрейфа фазы на входе цепочки, надлежащим образом фильтрованного в соответствии с эквивалентной характеристикой передачи дрожания/дрейфа фазы. Так, при дрожании/дрейфе фазы на входе $\Theta_{вх}(\omega)$, дрожание/дрейф фазы на выходе $\Theta_{вых}(\omega)$ равно:

$$\Phi_{вых}(\omega) = \Phi_{i1}^{R}\,|H_1(j\omega)|^2\,\frac{1-|H_1(j\omega)|^{2y}}{1-|H_1(j\omega)|^2} + \Phi_{i1}^{S}\,|H_1(j\omega)|^2\,\frac{|1-H_1(j\omega)^N|^2}{|1-H_1(j\omega)|^2} + \Phi_{вх}(\omega)\,|H_1(j\omega)^N|^2 \tag{4}$$

ii) Спектр дрожания/дрейфа фазы на выходе устройства разделения каналов является суммой по мощности нефильтрованного собственного дрожания/дрейфа фазы оборудования группообразования и накопленного входного дрожания/дрейфа фазы высокой скорости, ослабленного воздействием характеристики передачи дрожания/дрейфа фазы устройства разделения каналов. Так, если $\Theta_{вх,1}(\omega)$ представляет нефильтрованное собственное дрожание/дрейф фазы оборудования группообразования, а $\Theta_{вх,2}(\omega)$ — накопленное входное дрожание/дрейф фазы высокой скорости, выходное дрожание/дрейф фазы $\Theta_{вых}(\omega)$ имеет вид

$$\Phi_{вых}(\omega) = \left\{\Phi_{вх,1}(\omega) + \frac{\Phi_{вх,2}(\omega)}{r^2}\right\}|G(j\omega)|^2, \tag{5}$$

где r является отношением выходной частоты оборудования группообразования к парциальной частоте, а $G(j\omega)$ представляет характеристику передачи дрожания/дрейфа фазы устройства разделения каналов.

---

[1] Последующие равенства справедливы как для одностороннего, так и двустороннего спектра мощности и соответствующих характеристик передачи.

4 Определение полного размаха дрожания/дрейфа фазы

Вероятность того, что дрожание/дрейф фазы превысит определенную пороговую амплитуду $|x|$ n раз в течение интервала времени $(t,\ t+\Delta t)$, может быть описана с помощью функции плотности распределения вероятности Пуассона [3].

$$Pr\left\{n(\pm x)\text{ crossings in }(t,t+\Delta t)\right\} = \frac{\{\overline{N(x)}\Delta t\}^n}{n!}\, e^{-\overline{N(x)}\Delta t}, \tag{6}$$

где $\overline{N(x)}$ является средним за секунду числом превышений порога $|x|$.

При гауссовом дрожании/дрейфе фазы и при двусторонней спектральной плотности мощности $\Theta(\omega)$, $\overline{N(x)}$ имеет вид [7]

$$\overline{N(x)} = N_0\, e^{-x^2\Omega\sigma^2},$$

$$\text{где}\qquad \sigma^2 = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\Phi(\omega)d\omega \tag{7}$$

$$N_0 = \frac{1}{\pi}\left\{\frac{\int_{-\infty}^{\infty}\omega^2\Phi(\omega)d\omega}{2\pi\sigma^2}\right\}^{1/2}$$

Вероятность того, что дрожание/дрейф фазы не превысит порог в течение интервала времени $(t,\ t+\Delta t)$, равна

$$1 - P_0 = e^{-\overline{N(x)}\Delta t} \tag{8}$$

Решая относительно порога, получим

$$|x| = \left\{2\sigma^2\ln\left[N_0\frac{\Delta t}{\ln\left(\frac{1}{1-P_\sigma}\right)}\right]\right\}^{1/2} \tag{9}$$

Если принять, что при каждом превышении порога может происходить нежелательное событие (ухудшение качества), среднее время между ухудшениями СВМУ может быть выражено как

$$СВМУ = \frac{1}{\overline{N(x)}} \tag{10}$$

Таким образом уравнение (9) может быть выражено как

$$|x| = \left\{2\sigma^2\ln(N_0\ СВМУ)\right\}^{1/2} \tag{11}$$

Библиография

[1] BYRNE (C. J.), KARAFIN (B. J.) and ROBINSON (D. B.) Jr.: Systematic Jitter in a Chain of Digital Regenerators, *Bell System Technical Journal*, November, 1983.

[2] CHAMZAS (C.) Accumulation of Jitter: A Stochastic Model, *AT&T Technical Journal*, Vol. 64, No. 1, January, 1985.

[3] BATES (R. J. S.): A model for Jitter Accumulation in Digital Networks, *Globecom' 83*, pp. 145—149, 1983.

[4] TRISCHITTA (P. R.): Jitter-Accumulation in Fiber Optic Systems, *Rutgers*, The State University of New Jersey, May, 1986.

[5] VARMA (E. L.) and WU (J.): "Analysis of Jitter Accumulation in a Chain of PLL Timing Recovery Circuits", *Proceedings of the IEEE Globecom*, Vol. II, pp. 653—657, 1982.

[6] DUTTWEILER (D. L): Waiting Time Jitter, *Bell System Technical Journal*, Vol. 51, No. 1, pp. 165—208, 1972.

[7] BENDAT (J. S.): Principles and Applications of Random Noise Theory, *Robert E. Krieger Publishing Company*, Hungtington, New York, 1977.

Printed in USSR • 1991 — ISBN 92-61-03354-7