



Международный союз электросвязи

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.993.1

Изменение 1
(03/2003)

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

Цифровые участки и системы цифровых линий –
Сети доступа

Основы построения сверхвысокоскоростных
цифровых абонентских линий

**Изменение 1: Новое Приложение F:
Местные требования к функционированию
в одной связной среде с DSL TCM-ISDN,
как определено в Добавлении III
к Рекомендации МСЭ-Т G.961**

Рекомендация МСЭ-Т G.993.1 (2001) – Изменение 1

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G

СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.500–G.599
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМЫ ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
Общие положения	G.900–G.909
Параметры волоконно-оптических кабельных систем	G.910–G.919
Цифровые участки с иерархическими скоростями на основе скорости 2048 кбит/с	G.920–G.929
Системы цифровых линий для передачи в кабеле с неиерархическими скоростями	G.930–G.939
Системы цифровых линий, создаваемые транспортными передачами FDM	G.940–G.949
Системы цифровых линий	G.950–G.959
Цифровые участки и цифровые системы передачи для абонентского доступа к ЦСИС	G.960–G.969
Волоконно-оптические подводные кабельные системы	G.970–G.979
Системы оптических линий для местных сетей и сетей доступа	G.980–G.989
Сети доступа	G.990–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ АСПЕКТЫ И АСПЕКТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ПОЛЬЗОВАТЕЛЮ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.7000–G.7999
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.8000–G.8999

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

Рекомендация МСЭ-Т G.993.1

Основы построения сверхвысокоскоростных цифровых абонентских линий

Изменение 1

Новое Приложение F: Местные требования к функционированию в одной связной среде с DSL TCM-ISDN, как определено в Добавлении III к Рекомендации МСЭ-Т G.961

Резюме

Данное Изменение содержит подробный текст Приложения F к Рекомендации МСЭ-Т G.993.1 (2001), посвященной местным требованиям к функционированию в одной связной среде с DSL TCM-ISDN, как определено в Добавлении III к Рекомендации МСЭ-Т G.961.

Источник

Изменение 1 к Рекомендации МСЭ-Т G.993.1 утверждена 16 марта 2003 года 15-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2001–2004 гг.) в соответствии с процедурой Рекомендации МСЭ-Т А.8.

ПРЕДИСЛОВИЕ

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

Всемирная ассамблея по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяет темы для изучения Исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

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

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

ПРИМЕЧАНИЕ

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

Соответствие положениям данной Рекомендации является добровольным делом. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (для обеспечения, например, возможности взаимодействия или применимости), и тогда соответствие данной Рекомендации достигается в том случае, если выполняются все эти обязательные положения. Для выражения требований используются слова "shall" ("должен", "обязан") или некоторые другие обязывающие термины, такие как "must" ("должен"), а также их отрицательные эквиваленты. Использование таких слов не предполагает, что соответствие данной Рекомендации требуется от каждой стороны.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

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

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

© МСЭ 2004

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

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Новое Приложение F: Местные требования к функционированию в одной связной среде с DSL TCM-ISDN, как определено в Добавлении III к Рекомендации МСЭ-Т G.961	1
F.1 План распределения частот и маски спектральной плотности мощности (PSD).....	1
F.2 Разветвитель служб и электрические характеристики	5
F.3 Проверка шлейфов и источников перекрестных помех	28

Рекомендация МСЭ-Т G.993.1

Основы построения сверхвысокоскоростных цифровых абонентских линий

Изменение 1

Новое Приложение F: Местные требования к функционированию в одной связной среде с DSL TCM-ISDN, как определено в Добавлении III к Рекомендации МСЭ-Т G.961

F.1 План распределения частот и маски спектральной плотности мощности (PSD)

F.1.1 План распределения частот

План распределения частот должен быть согласован с планом распределения частот А, заданным в Приложении А. В DS1, US1, DS2 и US2 могут быть реализованы подгруппы, состоящие, по крайней мере, из одной полосы частот входящего потока и одной исходящей полосы частот исходящего потока.

F.1.2 Маски PSD передаваемого сигнала

F.1.2.1 Система VDSL, работающая в диапазоне частот выше полосы частот POTS

Для VDSL используются частоты, лежащие выше 138 кГц. Использование полосы частот, лежащих между 25 кГц и 138 кГц, оставлено для дальнейшего изучения, и ниже определен вариант, в котором не используется эта полоса частот.

Номинальное значение PSD -60 дБм/Гц во всем диапазоне частот полосы передачи. Маска PSD определяет ограничение спектральной плотности мощности передачи и задает его на $3,5$ дБ больше номинальной PSD в дБм/Гц. Требования к PSD заданы в таблице F.1 для передатчика VTU-O (входящий поток) и в таблице F.2 для передатчика VTU-R (исходящий поток) и должны измеряться в точке интерфейса U, определенной на рисунке 5-2, где точка интерфейса U соответствует порту LINE, определенному на рисунке F.1.

Другие маски PSD оставлены для дальнейшего изучения, включая опцию повышенной PSD.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – PSD VDSL изучается в настоящее время в основном тексте данной Рекомендации. В этом приложении задается PSD полного "плоского" сигнала передачи с -60 дБм/Гц в качестве широко распространенного значения PSD.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 – Требования к PSD полосы частот задерживания, заданные в этом приложении, соответствуют требованиям, приведенным в 6.2.2. Требования, приведенные в этом приложении, относятся также к внешним полосам частот, лежащим ниже $0,138$ МГц и выше 12 МГц, за исключением того, что переходная полоса $0,018$ МГц ($= 0,138$ МГц $- 0,12$ МГц) задана на частоте разделения полос, равной $0,138$ МГц.

Таблица F.1/G.993.1 – Требования к PSD передачи VTU-O (VDSL выше полосы POTS)

Обозначение полосы	Полоса частот f [МГц]	Ограничение макс. PSD (маска PSD) [дБм/Гц]	Ограничение макс. мощности в скользящем окне 1 МГц [дБм]	Ограничение средней широкополосной мощности [дБм]
	$0 < f < 0,12$	-120	–	8,4
	$0,12 \leq f \leq 0,138$	$-60 + (50 / 0,018) \times (f - 0,138)$	–	
DS1	$0,138 < f < 3,75$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	–	
	$3,75 \leq f \leq 3,925$	$-80 - (20 / 0,175) \times (f - 3,75)$	–	
	$3,925 < f < 5,025$	-100	-50	
	$5,025 \leq f \leq 5,2$	$-80 + (20 / 0,175) \times (f - 5,2)$	–	

Таблица F.1/G.993.1 – Требования к PSD передачи VTU-O (VDSL выше полосы POTS)

Обозначение полосы	Полоса частот f [МГц]	Ограничение макс. PSD (маска PSD) [дБм/Гц]	Ограничение макс. мощности в скользящем окне 1 МГц [дБм]	Ограничение средней широкополосной мощности [дБм]
DS2	$5,2 < f < 8,5$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	–	8,4
	$8,5 \leq f \leq 8,675$	$-80 - (20 / 0,175) \times (f - 8,5)$	–	
	$8,675 < f < 30$	–100	–52	
	$30 \leq f < \infty$	–120	–	–

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Все измерения PSD и мощности произведены на нагрузке 100 Ом.
 ПРИМЕЧАНИЕ 2 – Максимальная PSD должна измеряться с полосой разрешения, равной 10 кГц.
 ПРИМЕЧАНИЕ 3 – Максимальная мощность в скользящем окне 1 МГц измеряется с полосой разрешения, равной 1 МГц.
 ПРИМЕЧАНИЕ 4 – Требования к PSD полосы задерживания соответствуют требованиям, приведенным в 6.2.2, исключая переходную полосу ниже 138 кГц.

Таблица F.2/G.993.1 – Требования к PSD передачи VTU-R (VDSL выше полос POTS и ISDN)

Обозначение полосы	Полоса частот f [МГц]	Ограничение макс. PSD (маска PSD) [дБм/Гц]	Ограничение макс. мощности в скользящем окне 1 МГц [дБм]	Ограничение средней широкополосной мощности [дБм]	
	$0 < f < 0,12$	–120	–	7,0	
	$0,12 \leq f < 0,225$	–110	–		
	$0,225 \leq f < 3,575$	–100	–		
	$3,575 \leq f \leq 3,75$	$-80 + (20 / 0,175) \times (f - 3,75)$	–		
US1	$3,75 < f < 5,2$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	–		
	$5,2 \leq f \leq 5,375$	$-80 - (20 / 0,175) \times (f - 5,2)$	–		
	$5,375 < f < 8,325$	–100	–52		
	$8,325 \leq f \leq 8,5$	$-80 + (20 / 0,175) \times (f - 8,5)$	–		
US2	$8,5 < f < 12$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	–		
	$12 \leq f \leq 12,175$	$-80 - (20 / 0,175) \times (f - 12)$	–		
	$12,175 < f < 30$	–100	–52		
	$30 \leq f < \infty$	–120	–		–

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Все измерения PSD и мощности произведены на нагрузке 100 Ом.
 ПРИМЕЧАНИЕ 2 – Максимальная PSD должна измеряться с полосой разрешения, равной 10 кГц.
 ПРИМЕЧАНИЕ 3 – Максимальная мощность в скользящем окне 1 МГц измеряется с полосой разрешения, равной 1 МГц.
 ПРИМЕЧАНИЕ 4 – Требования к PSD для полосы задерживания соответствуют требованиям, приведенным в 6.2.2.

Ф.1.2.2 Система VDSL, работающая в области частот, расположенной выше полосы DSL TCM-ISDN

Для VDSL используются частоты, лежащие выше частоты 640 кГц. Частоты, лежащие ниже частоты 320 кГц, используются для DSL TCM-ISDN, а частоты между 320 кГц и 640 кГц используются для защитной полосы.

Номинальное значение PSD –60 дБм/Гц используется во всем диапазоне частот полосы передачи. Маска PSD определяет ограничение спектральной плотности мощности передачи и задает его на 3,5 дБ больше номинальной PSD в дБм/Гц. Требования к PSD заданы в таблице F.3 для передатчика VTU-O (входящий поток) и в таблице F.2 для передатчика VTU-R (исходящий поток) и должны измеряться в точке интерфейса U, определенной на рисунке 5-2, где точка интерфейса U соответствует порту LINE, определенному на рисунке F.1.

Таблица F.3/G.993.1 – Требования к PSD передачи VTU-O (VDSL выше полосы DSL TCM-ISDN)

Обозначение полосы	Полоса частот f [МГц]	Ограничение макс. PSD (маска PSD) [дБм/Гц]	Ограничение макс. мощности в скользящем окне 1 МГц [дБм]	Ограничение средней широкополосной мощности [дБм]
	$0 < f < 0,12$	-120	-	8,1
	$0,12 \leq f < 0,225$	-110	-	
	$0,225 \leq f < 0,465$	-100	-	
	$0,465 \leq f \leq 0,640$	$-60 + (40 / 0,175) \times (f - 0,64)$	-	
DS1	$0,640 < f < 3,75$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$3,75 \leq f \leq 3,925$	$-80 - (20 / 0,175) \times (f - 3,75)$	-	
	$3,925 < f < 5,025$	-100	-50	
	$5,025 \leq f \leq 5,2$	$-80 + (20 / 0,175) \times (f - 5,2)$	-	
DS2	$5,2 < f < 8,5$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$8,5 \leq f \leq 8,675$	$-80 - (20 / 0,175) \times (f - 8,5)$	-	
	$8,675 < f < 30$	-100	-52	
	$30 \leq f < \infty$	-120	-	

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Все измерения PSD и мощности произведены на нагрузке 100 Ом.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 – Максимальная PSD должна измеряться с полосой разрешения, равной 10 кГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 – Максимальная мощность в скользящем окне 1 МГц измеряется с полосой разрешения, равной 1 МГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 – Требования к PSD для полосы задерживания соответствуют требованиям, приведенным в 6.2.2.

Другие маски PSD оставлены для дальнейшего изучения, включая опцию повышенной PSD.

ПРИМЕЧАНИЕ – Требования к PSD для полосы задерживания, заданные в этом приложении, соответствуют приведенным в 6.2.2. Требования в этом приложении относятся также к внешним полосам частот, лежащим ниже 0,64 МГц и выше 12 МГц.

Ф.1.2.3 Система VDSL с функцией уменьшения PSD в области частот, лежащих ниже 1,104 МГц

Требования к уменьшению PSD заданы в таблице F.4 для передатчика VTU-O (входящий поток) и должны измеряться в точке интерфейса U, определенного на рисунке 5-2, где точка интерфейса U соответствует порту LINE, определенному на рисунке F.1.

ПРИМЕЧАНИЕ – Требования к PSD для полосы задерживания, заданные в 6.2.2, применены в этом приложении к функции уменьшения PSD на частотах ниже 1,104 МГц.

Таблица F.4/G.993.1 – Требования к PSD передачи VTU-O (VDSL с функцией уменьшения PSD на частотах ниже 1,104 МГц)

Обозначение полосы	Полоса частот f [МГц]	Ограничение макс. PSD (маска PSD) [дБм/Гц]	Ограничение макс. мощности в скользящем окне 1 МГц [дБм]	Ограничение средней широкополосной мощности [дБм]
	$0 < f < 0,12$	-120	-	7,8
	$0,12 \leq f < 0,225$	-110	-	
	$0,225 \leq f < 0,850$	-100	-	
	$0,850 \leq f \leq 1,104$	$-60 + (40 / 0,254) \times (f - 1,104)$	-	
DS1	$1,104 < f < 3,75$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$3,75 \leq f \leq 3,925$	$-80 - (20 / 0,175) \times (f - 3,75)$	-	
	$3,925 < f < 5,025$	-100	-50	
	$5,025 \leq f \leq 5,2$	$-80 + (20 / 0,175) \times (f - 5,2)$	-	
DS2	$5,2 < f < 8,5$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$8,5 \leq f \leq 8,675$	$-80 - (20 / 0,175) \times (f - 8,5)$	-	
	$8,675 < f < 30$	-100	-52	
	$30 \leq f < \infty$	-120	-	

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Все измерения PSD и мощности произведены на нагрузке 100 Ом.
 ПРИМЕЧАНИЕ 2 – Максимальная PSD должна измеряться с полосой разрешения, равной 10 кГц.
 ПРИМЕЧАНИЕ 3 – Максимальная мощность в скользящем окне 1 МГц измеряется с полосой разрешения, равной 1 МГц.
 ПРИМЕЧАНИЕ 4 – Требования к PSD для полосы задерживания соответствуют требованиям, приведенным в 6.2.2. Требования к PSD полосы задерживания применимы также для переходной полосы частот ниже 1,104 МГц.

F.1.2.4 "Полосы заграждения" при передаче

Как определено в 6.2.4, должна существовать возможность снижения номинальной PSD передачи меньше -80 дБм/Гц внутри одного или более любительских радиодиапазонов. Определение минимального числа "полос заграждения" оставлено для дальнейшего изучения. Любительские радиодиапазоны приведены в таблице F.5, в которой содержится несколько разных распределений диапазонов частот из тех, что приведены в таблице 6-2.

Может быть реализована "полоса заграждения" при передаче, перекрывающая несколько любительских радиодиапазонов и образованная путем объединения близко расположенных соседних радиодиапазонов как из таблицы 6-2, так и из таблицы F.5.

Таблица F.5/G.993.1 – Любительские радиодиапазоны

Номер	Начало полосы [МГц]	Конец полосы [МГц]
01	1,810	1,825
02	1,9075	1,9125
03	3,500	3,575
04	3,747	3,754
05	3,791	3,805
06	7,000	7,100
07	10,100	10,150
08	14,000	14,350

Таблица F.5/G.993.1 – Любительские радиодиапазоны

Номер	Начало полосы [МГц]	Конец полосы [МГц]
09	18,068	18,168
10	21,000	21,450
11	24,890	24,990
12	28,000	29,700

F.2 Разветвитель служб и электрические характеристики

F.2.1 Введение

В F.2.2 приведены требования для разветвителя POTS, подходящие для Японии. VDSL, использующая частоты со 138 кГц по 12 МГц, обеспечивает возможность совместного функционирования с POTS в одной и той же паре проводов, используя разветвитель POTS.

В F.2.3 приведены требования для ISDN, подходящие для Японии. VDSL, использующая частоты с 640 кГц по 12 МГц, обеспечивает возможность совместного функционирования с DSL TCM-ISDN или POTS в одной и той же паре проводов, используя разветвитель ISDN.

F.2.2 Разветвитель POTS

F.2.2.1 Общее определение

Требования к разветвителю POTS, подходящие для Японии для использования с ADSL (Рекомендации МСЭ-Т G.992.1 и G.992.3), использующей частоты с 25 кГц по 1,104 МГц, приведены в E.4/G.992.3, где разветвитель, установленный на конце стороны VTU-R, называется удаленным разветвителем POTS, а разветвитель, установленный на конце стороны VTU-O, называется разветвителем POTS CO.

Требования к разветвителю POTS, подходящие для Японии, для использования с VDSL, использующей частоты со 138 кГц по 12 МГц, приведены в этой Рекомендации. Разветвитель POTS содержит функцию фильтра нижних частот (LPF), и эта функция может быть реализована внутри модема VTU-x, где x = R или O, или вне модема. В каждом из случаев должны выполняться все требования, приведенные ниже. Функция фильтра верхних частот (HPF) является частью VTU-R и VTU-O, и специфические требования к ней не определены, как в случае Рекомендаций МСЭ-Т, относящихся к ADSL.

F.2.2.2 Требования

Разветвитель POTS, разработанный для использования с VDSL, должен соответствовать требованиям, заданным в вышеупомянутом приложении E.4/G.992.3 для частот от постоянного напряжения до 1,104 МГц. Кроме того, разветвитель POTS также должен соответствовать требованиям для частот с 1,104 МГц до 12 МГц, как задано ниже.

- 1) Затухание фильтра нижних частот (LPF) разветвителя POTS (т. е. разность затуханий, измеренных с вставкой и без вставки LPF) должно быть больше 55 дБ на частотах с 1,104 МГц до 12 МГц. Этот метод проверки определен на рисунках E.26/G.992.3 и E.27/G.992.3, где должны быть установлены подходящие величины C и L (напр., $C \geq 0,2$ мкФ и $L \geq 5$ мГн) для проверяемой полосы частот.
- 2) Остаточное затухание, вызванное нагрузкой LPF разветвителя POTS, должно быть меньше 1,5 дБ на частотах с 1,104 МГц до 12 МГц. Метод проверки определен на рисунках E.28/G.992.3 и E.29/G.992.3, где должны быть установлены подходящие величины C и L (напр., $C \geq 0,2$ мкФ и $L \geq 5$ мГн) для проверяемой полосы частот.
- 3) Затухание несогласованности, вызванное нагрузкой LPF разветвителя POTS, должно быть больше 12 дБ по сравнению с эталонным полным сопротивлением 100 Ом на частотах с 1,104 МГц до 12 МГц. Этот метод проверки определен на рисунке E.30/G.992.3.

- 4) Продольная симметрия разветвителя POTS должна быть больше 40 дБ на частотах с 1,104 МГц до 12 МГц. Этот метод проверки определен на рисунках E.31/G.992.3 и E.32/G.992.3, где должны быть установлены подходящие величины C и L (напр., $C \geq 0,2$ мкФ и $L \geq 5$ мГн) для проверяемой полосы частот.

F.2.3 Разветвитель ISDN

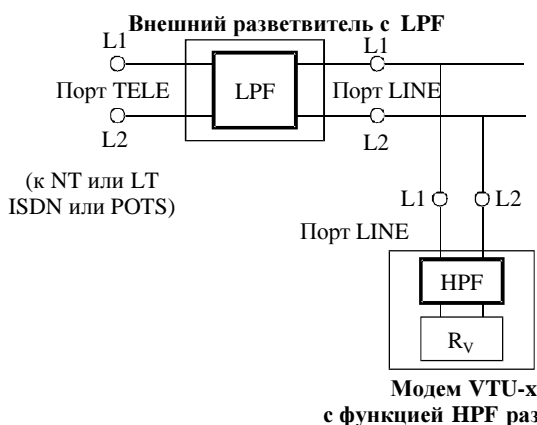
Требования к разветвителю ISDN для использования с VDSL, использующей частоты с 640 кГц по 12 МГц, задаются в этом пункте, где ISDN – это DSL TCM-ISDN. Заданные в этом пункте электрические характеристики разветвителя ISDN поддерживают как DSL TCM-ISDN, так и POTS как службы, функционирующие одновременно с VDSL.

F.2.3.1 Место включения функций LPF и HPF разветвителя

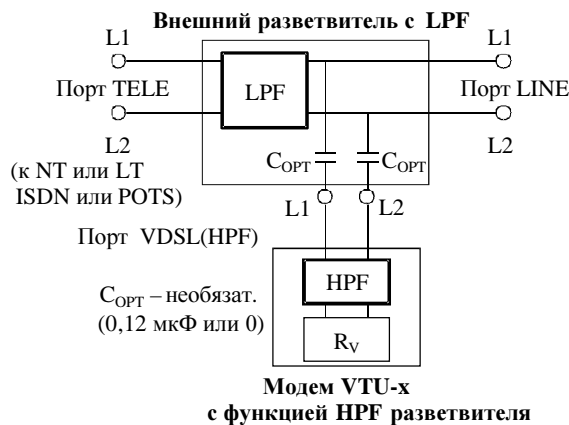
Задаются требования к разветвителям ISDN, один из которых установлен на конце стороны VTU-R, а другой – на конце стороны VTU-O. Эти требования одни и те же для разветвителей на концах обеих сторон. Функции разветвителя включают функцию фильтра нижних частот (LPF) и функцию фильтра верхних частот (HPF). Каждая функция может быть реализована внутри модема VTU-x, где x = R или O, или вне его. Возможные случаи внутренней или внешней реализации показаны на рисунке F.1. В каждом случае должны выполняться все заданные требования.

На рисунке F.1 R_V представляет окончное полное сопротивление функции приемопередатчика в модеме VTU-x, и в F.2.3.2.3 оно определено для использования в проверке. Каждый порт разветвителя имеет два вывода, L1 и L2. Порт LINE должен быть подключен к линии (2-проводная пара). Порт TELE должен быть подключен к NT (функция "сетевое окончание") или к LT (функция "линейное окончание") ISDN или POTS. Порт VDSL(HPF) должен быть подключен к модему VTU-x с функцией HPF разветвителя. Порт VDSL(R_V) должен быть подключен к модему VTU-x без функций LPF и HPF разветвителя.

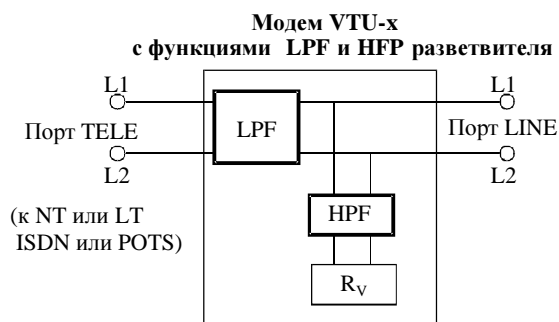
Показанный на рисунке F.1 b) $C_{\text{орт}}$ в типе J1_{орт} – емкость 0,12 мкФ, развязывающая по постоянному току, служащая для защиты ISDN или POTS от нарушений подачи постоянного тока в двухпроводной паре между разветвителем с внешним LPF и модемом VTU-x. Оснащение $C_{\text{орт}}$ разветвителя с внешним LPF является необязательным.



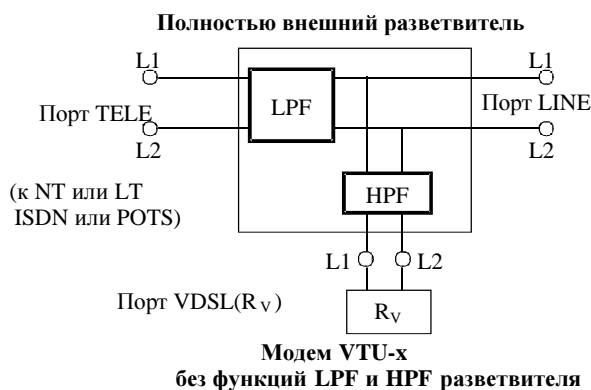
а) Тип J1: Внешний разветвитель с LPF



б) Тип J1_{опт}: Внешний разветвитель с LPF



в) Тип J2: Полностью внутренний разветвитель с LPF и HPF



д) Тип J3: Полностью внешний разветвитель с LPF и HPF

G.993.1AMD1_F01

Рисунок F.1/G.993.1 – Место функций LPF и HPF разветвителя ISDN

F.2.3.2 Общие определения

F.2.3.2.1 Проверяемая полоса частот

Для проверки используются три полосы частот.

- Частоты голосовой полосы: Пост. ток и с 0,2 кГц до 4,0 кГц ($0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 4,0 \text{ кГц}$)
- Частоты полосы ISDN: Пост. ток и с 4,0 кГц до 320 кГц ($4,0 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$)
- Частоты полосы VDSL: С 640 кГц до 12 МГц ($640 \text{ кГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$)

Частоты, лежащие между 320 кГц и 640 кГц ($320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$), являются защитной полосой. В защитной полосе специфические требования не определены, и для защитной полосы проверка не производится. Однако ожидается, что LPF и HPF в защитной полосе функционируют нормально.

F.2.3.2.2 Проверка на одном конце

Проверка на одном конце выполняется для разветвителя каждой стороны, конца стороны VTU-R или конца стороны VTU-O. Требования, приведенные в F.2.3, относятся к разветвителю одного конца.

F.2.3.2.3 Определение R_v , используемого в проверке

R_v определено как окончное полное сопротивление функции приемопередатчика в модеме VTU-x, служащее для создания возможности проверки разветвителя независимо от фактической реализации модема VTU-x.

R_V для голосовой полосы и полосы ISDN должно быть ZHP, как показано на рисунке F.2. Значение открытого полного сопротивления R_V также используется при проверке голосовой полосы и полосы ISDN для имитации случая, когда модем VTU-x не подключен к линии и к линии через разветвитель подключена только POTS или NT/LT ISDN.

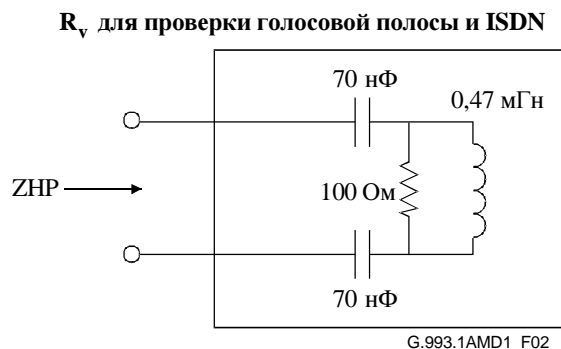


Рисунок F.2/G.993.1 – Определение ZHP как R_V для проверки голосовой полосы и полосы ISDN

R_V для проверки полосы VDSL должно быть чисто активным сопротивлением 100 Ом.

Следует отметить, что R_V также представляет максимально допустимую входную емкость функции приемопередатчика в модеме VTU-x. Требования приведены в F.2.3.6.

F.2.3.3 Требования к сигналу

F.2.3.3.1 Требования к сигналу постоянного тока (DC)

Разветвитель обеспечивает нормальную подачу постоянного напряжения и тока, вводимого в линию со стороны АТС (СО) для целей дистанционного питания и технического обслуживания. Разветвитель также обеспечивает нормальную работу вызывного сигнала POTS.

F.2.3.3.1.1 Напряжение постоянного тока

Разветвитель обеспечивает нормальную подачу постоянного напряжения на выходы L1 и L2, определенные ниже, подаваемого на порты TELE и LINE разветвителя. Требования должны также учитываться в портах VDSL(HPF) и VDSL(R_V) для защиты от случайного соединения линии.

POTS: от 0 В до (± 53 В)

ISDN: от 0 В до (± 63 В)

Техническое обслуживание: ± 120 В (максимум 10 с)

F.2.3.3.1.2 Постоянный ток

Разветвитель обеспечивает нормальную подачу постоянного тока на L1 и L2, определенные ниже, подаваемого в порты TELE и LINE разветвителя. Требования должны также учитываться в портах VDSL(HPF) и VDSL(R_V) для защиты от случайного соединения линии.

POTS: от 0 мА до 130 мА

ISDN: от 0 мА до (39 мА $\pm 3,9$ мА)

F.2.3.3.1.3 Вызывной сигнал POTS

Разветвитель обеспечивает нормальное функционирование вызывного сигнала POTS, определенного ниже, подаваемого на порты TELE и LINE разветвителя. Требования должны также учитываться в портах VDSL(HPF) и VDSL(R_V) для защиты от случайного соединения линии.

Частота вызывного сигнала: от 15 Гц до 20 Гц

Вызывное перем. напряжение (наложенное на пост. напряжение): макс. 83 В_{действ.}

Постоянное напряжение: макс. 53 В

Ф.2.3.3.2 Требования к сигналу постоянного тока

Разветвитель должен обеспечивать нормальное функционирование служебных линейных сигналов, определенных ниже.

Ф.2.3.3.2.1 Сигнал POTS

Частота: от 0,2 кГц до 4,0 кГц
Уровень: макс. +3 дБм (600 Ом)
Звуковой сигнал: +36 дБм (600 Ом) частотой 400 Гц

Ф.2.3.3.2.2 Сигнал ISDN

Линейная скорость передачи: 320 кБод

Линейный код: AMI (Alternate Mark Inversion – кодирование с чередованием полярности элементов)

Форма импульса: $6 V_{op}$ (+20% и –10%) (110 Ом)
50% ($\pm 10\%$) тарификационный импульс прямоугольной формы с LPF 2-го порядка на $f_c = 640$ кГц

Ф.2.3.3.2.3 Сигнал VDSL

Частота: от 640 кГц до 12 МГц
Уровень: макс. +20 дБм (100 Ом)

ПРИМЕЧАНИЕ – Максимальный уровень сигнала +20 дБм относится к нормам Японии и не соответствует спецификациям PSD VDSL, определенным в Ф.1.

Ф.2.3.4 Требования устойчивости к перегрузкам по току и напряжению

Разветвитель стороны VTU-О, который устанавливается в помещениях клиентов, должен соответствовать требованиям и процедурам проверки, заданным в Рекомендации МСЭ-Т К.21. Разветвитель стороны VTU-О, который устанавливается в помещениях клиентов или может быть установлен на АТС, должен соответствовать требованиям и процедурам проверки, заданным в Рекомендациях МСЭ-Т К.20 и К.21.

Внешние разветвители, показанные в типах J1, J1_{opt} и J3 на рисунке Ф.1, не должны быть оборудованы никакими соединяющими с землей выводами, служащими в качестве защитных средств от перегрузок по току и напряжению, напр., земля корпуса (FG) или земля защиты от грозы (LG). Внешний разветвитель должен быть устойчив к перегрузкам по току и напряжению без подключения каких-либо заземлений.

Ф.2.3.5 Требования по постоянному току к разветвителю

Ф.2.3.5.1 Требование устойчивости к постоянному току

Сопротивление по постоянному току L1–L2 между выводами L1 и L2 части LPF разветвителя в порте LINE, накоротко соединенном с портом TELE, и наоборот, должно быть меньше или равно 10 Ом.

Ф.2.3.5.2 Требования к сопротивлению изоляции по постоянному току

Ф.2.3.5.2.1 Сопротивление изоляции по постоянному току в дифференциальном режиме

Сопротивление изоляции по постоянному току L1–L2 между выводами L1 и L2 части LPF разветвителя в любом из портов при открытых других портах, если они существуют, должно быть больше 10 МОм.

Сопротивление изоляции по постоянному току L1–L2 между выводами L1 и L2 части HPF разветвителя в любом из портов при открытых других портах, если они существуют, должно быть больше 10 МОм.

Ф.2.3.5.2.2 Сопротивление изоляции по постоянному току в общем режиме

Сопротивление изоляции по постоянному току между любыми выводами L1 или L2 и наружным корпусом внешнего разветвителя при всех открытых портах должно быть больше или равно 10 МОм

для внешних разветвителей, показанных в типах J1, J1_{opt} и J3 на рисунке F.1. Следует отметить, что оснащение выводами FG или LG внешних разветвителей не разрешается.

Сопrotивление изоляции между любыми выводами L1 или L2 и землей при всех открытых портах должно быть больше или равно 10 Мом для модемов VTU-х, показанных в типах J1, J1_{opt}, J2, и J3 на рисунке F.1, где землей может быть вывод FG или LG модема, если он существует, или главный ввод переменного или постоянного тока модема.

F.2.3.6 Требования к емкости разветвителя

F.2.3.6.1 Емкость дифференциального режима

Максимально допустимые входные емкости для R_v частей LPF и HPF, показанных на рисунке F.1, заданы индивидуально, в зависимости от типов разветвителей, приведенных на рисунке F.1. Входные емкости для каждой из частей должны быть такими, как показано далее. LPF и HPF – это две схемы портов, и входная емкость определена как емкость между выводами L1 и L2 любого порта при открытых других портах. R_v представляет максимально допустимую входную емкость функции приемопередатчика в модеме VTU-х. Емкость C_{орт} величиной 0,12 мкФ в типе J1_{opt} на рисунке F.1 исключена в следующих конкретных значениях.

Часть LPF: макс. 50 нФ (от пост. тока до 30 Гц)

Часть HPF: макс. 40 нФ (от пост. тока до 30 Гц)

Часть R_v: макс. 35 нФ (от пост. тока до 30 Гц)

Максимально допустимые входные емкости для каждого типа, показанные на рисунке F.1, приводятся в последующих пунктах.

F.2.3.6.1.1 Тип J1

- Внешний разветвитель с LPF:
Емкость L1–L2 между выводами L1 и L2 в порте LINE при открытом порте TELE, и наоборот, должна быть меньше или равна 50 нФ, что соответствует части LPF, равной 50 нФ.
- Модем VTU-х с функцией HPF разветвителя:
Емкость L1–L2 между выводами L1 и L2 в порте LINE должна быть меньше или равна 75 нФ, что равно сумме части HPF, равной 40 нФ, и части R_v, равной 35 нФ.

F.2.3.6.1.2 Тип J1_{opt}

- Внешний разветвитель с LPF:
Емкость L1–L2 между выводами L1 и L2 при открытом порте VDSL(HPF), в порте LINE при открытом порте TELE, и наоборот, должна быть меньше или равна 50 нФ, что соответствует части LPF, равной 50.
- Модем VTU-х с функцией HPF разветвителя:
Емкость L1–L2 между выводами L1 и L2 в порте VDSL(HPF) должна быть меньше или равна 75 нФ, что равно сумме части HPF, равной 40 нФ, и части R_v, равной 35. Следует отметить, что входная емкость становится равной 33 нФ ($= 75 // (120 / 2)$ нФ), когда включена емкость C_{орт}, равная 0,12 мкФ.

F.2.3.6.1.3 Тип J2

- Модем VTU-х с функциями LPF и HPF разветвителя:
Емкость L1–L2 между выводами L1 и L2 в порте LINE при открытом порте TELE, и наоборот, должна быть меньше или равна 125 нФ, что соответствует сумме части LPF, равной 50 нФ, части HPF, равной 40 нФ, и части R_v, равной 35 нФ.

Ф.2.3.6.1.4 Тип J3

- Полностью внешний разветвитель с LPF и HPF:
Емкость L1–L2 между выводами L1 и L2 в любом порте при открытых других портах должна быть меньше или равна 90 нФ, что соответствует сумме части LPF, равной 50 нФ, и части HPF, равной 40 нФ.
- Модем VTU-х без функций LPF и HPF разветвителя:
Емкость L1–L2 между выводами L1 и L2 в порте VDSL(R_v), в порте LINE при открытом порте TELE, и наоборот, должна быть меньше или равна 35 нФ, что соответствует части R_v, равной 35 нФ.

Ф.2.3.6.2 Емкость общего режима

Емкость между любым выводом L1 или L2 и наружным корпусом внешнего разветвителя при всех открытых портах должна быть меньше или равна 1,0 нФ для внешних разветвителей, показанных в типах J1, J1_{опт} и J3 на рисунке F.1. Следует отметить, что оснащение выводами FG или LG внешних разветвителей не разрешается.

Емкость между любым выводом L1 или L2 и землей при всех открытых портах должна быть меньше или равна 1,0 нФ для модемов VTU-х, показанных в типах J1, J1_{опт}, J2 и J3 на рисунке F.1. Здесь земля может быть выводом FG или LG модема, если он существует, или главным вводом напряжения переменного или постоянного тока модема.

Ф.2.3.7 Требования к характеристикам по переменному току разветвителя

Требования к характеристикам по переменному току частей LPF и HPF разветвителя задаются в этом пункте. Обычно LPF и HPF подключаются к концу одной и той же пары проводов, и это вызывает взаимное влияние, которое описывается ниже.

На характеристики сигнального тракта LPF влияет HPF, выступающий как нагрузка, когда голосовой сигнал и сигнал ISDN проходят через LPF. Далее это ухудшение из-за HPF называется "влиянием нагрузки от HPF". И наоборот, на характеристики сигнального тракта HPF влияет LPF, выступающий как нагрузка, когда сигнал VDSL проходит через HPF. Далее это ухудшение из-за LPF называется "влиянием нагрузки от LPF".

Поэтому требования к характеристикам сигнального тракта LPF должны выполняться при нагрузке от HPF и без нее; и наоборот, требования к характеристикам сигнального тракта HPF должны выполняться при нагрузке от LPF и без нее.

Соответствующие методы проверки характеристик по переменному току для разветвителя приведены в F.2.3.8.

Ф.2.3.7.1 Требования к характеристикам сигнального тракта LPF и к влиянию нагрузки от LPF

Требования к характеристикам по переменному току части LPF разветвителя задаются в этом пункте. Требования заданы для характеристик сигнального тракта LPF и для влияния нагрузки от LPF. В этом пункте задано как влияние нагрузки от LPF на сигнальный тракт VDSL, так и отдельное влияние нагрузки от LPF без подключения HPF. Влияние нагрузки от LPF на сигнальный тракт VDSL с подключением HPF задано в F.2.3.7.2.

Ф.2.3.7.1.1 Требования к остаточному затуханию LPF

Остаточное затухание части LPF разветвителя, обозначаемое ниже как $LS(f)$ дБ на f кГц, должно иметь приведенные ниже значения.

- 1) Голосовая полоса (характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от HPF и без нее)

$$f = 1,0 \text{ кГц:} \quad -1,0 \text{ дБ} \leq LS(1 \text{ кГц}) \leq +1,0 \text{ дБ}$$

$$0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 3,4 \text{ кГц:} \quad -1,0 \text{ дБ} \leq \{LS(f) - LS(1 \text{ кГц})\} \leq +1,0 \text{ дБ}$$

$$3,4 \text{ кГц} < f \leq 4,0 \text{ кГц:} \quad -1,5 \text{ дБ} \leq \{LS(f) - LS(1 \text{ кГц})\} \leq +1,5 \text{ дБ}$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – $\{LS(f) - LS(1 \text{ кГц})\}$ обозначает изменение остаточного затухания в дБ на f кГц относительно затухания на частоте 1 кГц.

- 2) Полоса ISDN (характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от HPF и без нее)
 $4,0 \text{ кГц} < f \leq 160 \text{ кГц}$: $LS(f) \leq 1,0 \text{ дБ}$
 $160 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$: $LS(f) \leq \{1,0 + 3,01 \times \log_2 (f/160)\} \text{ дБ}$ (где f в кГц)
- 3) Защитная полоса
 $320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$: Не задано
- ПРИМЕЧАНИЕ 2 – Предлагаемые требования для защитной полосы – $42,14 \times \log_2 (f/320) \text{ дБ} \leq LS(f)$ (где f в кГц) для подавления проникновения в приемник VDSL помехи от передаваемого сигнала TCM-ISDN, особенно на частоте 480 кГц.
- 4) Полоса VDSL (характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от HPF)
 $640 \text{ кГц} \leq f < 932 \text{ кГц}$: $42,14 \times \log_2 (f/320) \text{ дБ} \leq LS(f)$ (где f в кГц)
 $932 \text{ кГц} \leq f \leq 6,0 \text{ МГц}$: $65,0 \text{ дБ} \leq LS(f)$
 $6,0 \text{ МГц} < f \leq 12 \text{ МГц}$: $55,0 \text{ дБ} \leq LS(f)$

Ф.2.3.7.1.2 Требования к абсолютной групповой задержке LPF

Абсолютная групповая задержка части LPF разветвителя, обозначаемая ниже как $GD(f)$ мкс на f кГц, должна иметь приведенные далее значения.

- 1) Голосовая полоса (характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от HPF и без нее)
Миним. $[GD(f) \{0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 4,0 \text{ кГц}\}] \leq 150 \text{ мкс}$
 $0,2 \text{ кГц} \leq f < 0,6 \text{ кГц}$: $GD(f) - GD(f_x) \leq 250 \text{ мкс}$
 $0,6 \text{ кГц} \leq f \leq 3,2 \text{ кГц}$: $GD(f) - GD(f_x) \leq 200 \text{ мкс}$
 $3,2 \text{ кГц} < f \leq 4,0 \text{ кГц}$: $GD(f) - GD(f_x) \leq 250 \text{ мкс}$
- ПРИМЕЧАНИЕ – Миним. $[GD(f) \{0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 4,0 \text{ кГц}\}]$ обозначает минимальную абсолютную групповую задержку для частот с 0,2 кГц до 4,0 кГц, а частота f_x кГц определена как частота, на которой имеет место минимальная абсолютная групповая задержка. $GD(f) - GD(f_x)$ обозначает увеличение в микросекундах (мкс) на частоте f кГц относительно минимальной абсолютной групповой задержки на частоте f_x кГц.
- 2) Полоса ISDN (характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от HPF и без нее)
 $4,0 \text{ кГц} < f \leq 160 \text{ кГц}$: $GD(f) \leq 3,125 \text{ мкс}$
 $160 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$: $GD(f) \leq 3,125 \times \{1,0 + 2,0 \times \log_2 (f/160)\} \text{ мкс}$ (где f в кГц)
- 3) Защитная полоса
 $320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$: Не задано
- 4) Полоса VDSL
 $640 \text{ кГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$: Не задано

(задается как характеристики сигнального тракта HPF с нагрузкой от LPF и без нее)

Ф.2.3.7.1.3 Требования к затуханию несогласованности LPF

Затухание несогласованности части LPF разветвителя, обозначаемое ниже как $RL(f)$ дБ на f кГц, должно иметь значения, приведенные далее. Определение $RL(f)$ в терминах комплексного полного сопротивления приведено ниже.

$$RL(f) = -20 \times \log_{10} [Abs\{Zref(jf) - Zin(jf)\} / \{(Zin(jf) + Zref(jf))\}] \text{ дБ},$$

где $Zin(jf)$ – измеренное комплексное входное полное сопротивление, а $Zref(jf)$ – эталонное комплексное полное сопротивление, и $Zref(jf)$ зависит от проверяемой полосы.

- 1) Голосовая полоса (характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от HPF и без нее)

$0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 1,5 \text{ кГц}$:	$11,0 \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$
$1,5 \text{ кГц} < f \leq 2,0 \text{ кГц}$:	$10,0 \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$
$2,0 \text{ кГц} < f \leq 3,4 \text{ кГц}$:	$9,0 \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$
$3,4 \text{ кГц} < f \leq 4,0 \text{ кГц}$:	Не задано
- 2) Полоса ISDN (характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от HPF и без нее)

$4,0 \text{ кГц} < f < 10 \text{ кГц}$:	$\{15,0 - 6,02 \times \log_2(10/f)\} \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$ (где f в кГц)
$10 \text{ кГц} \leq f \leq 160 \text{ кГц}$:	$15,0 \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$
$160 \text{ кГц} < f \leq 220 \text{ кГц}$:	$\{15,0 - 6,02 \times \log_2(f/160)\} \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$ (где f в кГц)
$220 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$:	Не задано
- 3) Защитная полоса

$320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$:	Не задано
---	-----------
- 4) Полоса VDSL (влияние нагрузки от LPF на характеристики сигнального тракта HPF)

$640 \text{ кГц} \leq f < 1,28 \text{ МГц}$:	$\{12,0 - 6,02 \times \log_2(1280/f)\} \leq \text{RL}(f)$ (где f в кГц)
$1,28 \text{ МГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$:	$12,0 \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$

Ф.2.3.7.1.4 Требования к продольной симметрии LPF

Продольная симметрия части LPF разветвителя, обозначаемая ниже как $\text{LB}(f)$ дБ на f кГц, должна иметь значения, приведенные далее. Определение $\text{LB}(f)$ приведено ниже.

$$\text{LB}(f) = -20 \times \log_{10} \{V_m(f)/V_t(f)\} \text{ дБ},$$

где $V_t(f)$ – напряжение, вводимое в общем режиме от источника постоянного напряжения, а V_{emf} (электродвижущая сила) является выходным напряжением при отсутствии нагрузки. $V_m(f)$ – измеренное напряжение в дифференциальном режиме, который был преобразован из общего режима в дифференциальный.

- 1) Голосовая полоса (характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от HPF и без нее)

$0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 3,4 \text{ кГц}$:	$58,0 \text{ дБ} \leq \text{LB}(f)$
$3,4 \text{ кГц} < f \leq 4,0 \text{ кГц}$:	Не задано
- 2) Полоса ISDN (характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от HPF и без нее)

$50 \text{ Hz} \leq f < 150 \text{ кГц}$:	$60,0 \text{ дБ} \leq \text{LB}(f)$
$150 \text{ кГц} \leq f \leq 250 \text{ кГц}$:	$63,0 \text{ дБ} \leq \text{LB}(f)$
$250 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$:	$\{63,0 - 6,02 \times \log_2(f/250)\} \text{ дБ} \leq \text{LB}(f)$
- 3) Защитная полоса

$320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$:	Не задано
---	-----------
- 4) Полоса VDSL (влияние нагрузки от LPF на характеристики сигнального тракта HPF)

$640 \text{ кГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$:	$46,0 \text{ дБ} \leq \text{LB}(f)$
--	-------------------------------------

Ф.2.3.7.2 Требования к характеристикам сигнального тракта HPF и влиянию нагрузки от HPF

Требования к характеристикам по переменному току части LPF разветвителя задаются в этом пункте. Требования заданы для характеристик сигнального тракта HPF и влияния нагрузки от HPF. В этом пункте задано как влияние нагрузки от HPF на сигнальные тракты голоса и ISDN, так и отдельное влияние нагрузки от HPF без подключения LPF. Влияние нагрузки от LPF на сигнальные тракты голоса и ISDN с подключением LPF определено в Ф.2.3.7.1.

Ф.2.3.7.2.1 Требования к вносимому затуханию НРФ

Вносимое затухание части НРФ разветвителя, обозначенное ниже как $LS(f)$ дБ на f кГц, должно иметь значения, приведенные далее.

- 1) Голосовая полоса (характеристики сигнального тракта НРФ с нагрузкой от LPF)
 $0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 4,0 \text{ кГц}$: $50,0 \text{ дБ} \leq LS(f)$
- 2) Полоса ISDN (характеристики сигнального тракта НРФ с нагрузкой от LPF)
 $4,0 \text{ кГц} < f < 20 \text{ кГц}$: $50,0 \text{ дБ} \leq LS(f)$
 $20 \text{ кГц} \leq f \leq 200 \text{ кГц}$: $60,6 \text{ дБ} \leq LS(f)$
 $200 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$: $36,1 \times \log_2(640/f) \text{ дБ} \leq LS(f)$ (где f в кГц)
- 3) Защитная полоса
 $320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$: Не задано
ПРИМЕЧАНИЕ – Предлагаемые требования для защитной полосы – $36,1 \times \log_2(640/f) \text{ дБ} \leq LS(f)$ (где f в кГц) для подавления мешающего проникновения в приемник VDSL помехи от передаваемого сигнала TCM-ISDN, особенно на частоте 480 кГц.
- 4) Полоса VDSL (характеристики сигнального тракта НРФ с нагрузкой от LPF и без нее)
 $640 \text{ кГц} \leq f < 1,28 \text{ МГц}$: $LS(f) \leq 4,5 - 3,01 \times \log_2(f/640) \text{ дБ}$ (где f в кГц)
 $1,28 \text{ МГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$: $LS(f) \leq 1,5 \text{ дБ}$

Ф.2.3.7.2.2 Требования к абсолютной групповой задержке НРФ

Абсолютная групповая задержка части НРФ разветвителя, обозначенная ниже как $GD(f)$ мкс на f кГц, должна иметь значения, приведенные далее.

- 1) Голосовая полоса
 $0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 4,0 \text{ кГц}$: Не задано
(задается как характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от НРФ и без нее)
- 2) Полоса ISDN
 $4,0 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$: Не задано
(задается как характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от НРФ и без нее)
- 3) Защитная полоса
 $320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$: Не задано
- 4) Полоса VDSL (задается как характеристики сигнального тракта LPF с нагрузкой от НРФ и без нее)
 $640 \text{ кГц} \leq f < 1,28 \text{ МГц}$: $GD(f) \leq 1,0 \times \{3,0 - 2,01 \times \log_2(f/640)\} \text{ мкс}$ (где f в кГц)
 $1,28 \text{ МГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$: $GD(f) \leq 1,0 \text{ мкс}$

Ф.2.3.7.2.3 Требования к затуханию несогласованности НРФ

Затухание несогласованности части НРФ разветвителя, обозначенного ниже как $RL(f)$ дБ на f кГц, должно иметь значения, приведенные далее. Определение $RL(f)$ в терминах полного комплексного сопротивления приведено ниже.

$$RL(f) = -20 \times \log_{10} [Abs\{Zref(jf) - Zin(jf)\} / \{(Zin(jf) + Zref(jf))\}] \text{ дБ},$$

где $Zin(jf)$ – результаты измерения комплексного входного полного сопротивления, а $Zref(jf)$ – комплексное эталонное полное сопротивление.

- 1) Голосовая полоса (влияние нагрузки от HPF на характеристики сигнального тракта LPF)

$0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 1,5 \text{ кГц}$:	$11,0 \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$
$1,5 \text{ кГц} < f \leq 2,0 \text{ кГц}$:	$10,0 \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$
$2,0 \text{ кГц} < f \leq 3,4 \text{ кГц}$:	$9,0 \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$
$3,4 \text{ кГц} < f \leq 4,0 \text{ кГц}$:	Не задано
- 2) Полоса ISDN (влияние нагрузки от HPF на характеристики сигнального тракта LPF)

$4,0 \text{ кГц} < f < 10 \text{ кГц}$:	$\{ 15,0 - 6,02 \times \log_2 (10/f) \} \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$ (где f в кГц)
$10 \text{ кГц} \leq f \leq 160 \text{ кГц}$:	$15,0 \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$
$160 \text{ кГц} < f \leq 220 \text{ кГц}$:	$\{ 15,0 - 6,02 \times \log_2 (f/160) \} \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$ (где f в кГц)
$220 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$:	Не задано
- 3) Защитная полоса

$320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$:	Не задано
---	-----------
- 4) Полоса VDSL (характеристики сигнального тракта HPF с нагрузкой от LPF и без нее)

$640 \text{ кГц} \leq f < 1,28 \text{ МГц}$:	$\{ 12,0 - 6,02 \times \log_2 (1280/f) \} \leq \text{RL}(f)$ (где f в кГц)
$1,28 \text{ МГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$:	$12,0 \text{ дБ} \leq \text{RL}(f)$

Ф.2.3.7.2.4 Требования к продольной симметрии HPF

Продольная симметрия части HPF разветвителя, обозначенная ниже как $\text{LB}(f)$ дБ в f кГц, должна иметь значения, приведенные ниже. Определение $\text{LB}(f)$ приведено ниже.

$$\text{LB}(f) = -20 \times \log_{10} \{ V_m(f) / V_t(f) \} \text{ дБ} ,$$

где $V_t(f)$ – напряжение, вводимое в общем режиме от источника постоянного напряжения, а V_{emf} (электродвижущая сила) является выходным напряжением при отсутствии нагрузки. $V_m(f)$ – измеренные напряжения в дифференциальном режиме, который был преобразован из общего режима в дифференциальный.

- 1) Голосовая полоса (влияние нагрузки от HPF на характеристики сигнального тракта LPF)

$0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 3,4 \text{ кГц}$:	$64,0 \text{ дБ} \leq \text{LB}(f)$
$3,4 \text{ кГц} < f \leq 4,0 \text{ кГц}$:	Не задано
- 2) Полоса ISDN (влияние нагрузки от HPF на характеристики сигнального тракта LPF)

$50 \text{ Hz} \leq f < 150 \text{ кГц}$:	$66,0 \text{ дБ} \leq \text{LB}(f)$
$150 \text{ кГц} \leq f \leq 250 \text{ кГц}$:	$69,0 \text{ дБ} \leq \text{LB}(f)$
$250 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$:	$\{ 69,0 - 6,02 \times \log_2 (f/250) \} \text{ дБ} \leq \text{LB}(f)$
- 3) Защитная полоса

$320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$:	Не задано
---	-----------
- 4) Полоса VDSL (характеристики сигнального тракта HPF с нагрузкой от LPF и без нее)

$640 \text{ кГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$:	$40,0 \text{ дБ} \leq \text{LB}(f)$
--	-------------------------------------

Ф.2.3.8 Метод проверки характеристик по переменному току разветвителя

Конфигурации схемы проверки и режимы проверки характеристик по переменному току разветвителя заданы в этом пункте. Приведенные в этом пункте конфигурации схемы проверки позволяют проверять части LPF и HPF разветвителя независимо от типов разветвителей, показанных на рисунке Ф.1.

Методы проверки характеристик сигнального тракта LPF с нагрузкой от HPF и без нее и отдельное влияние нагрузки от LPF без подключения HPF заданы в Ф.2.3.8.1.

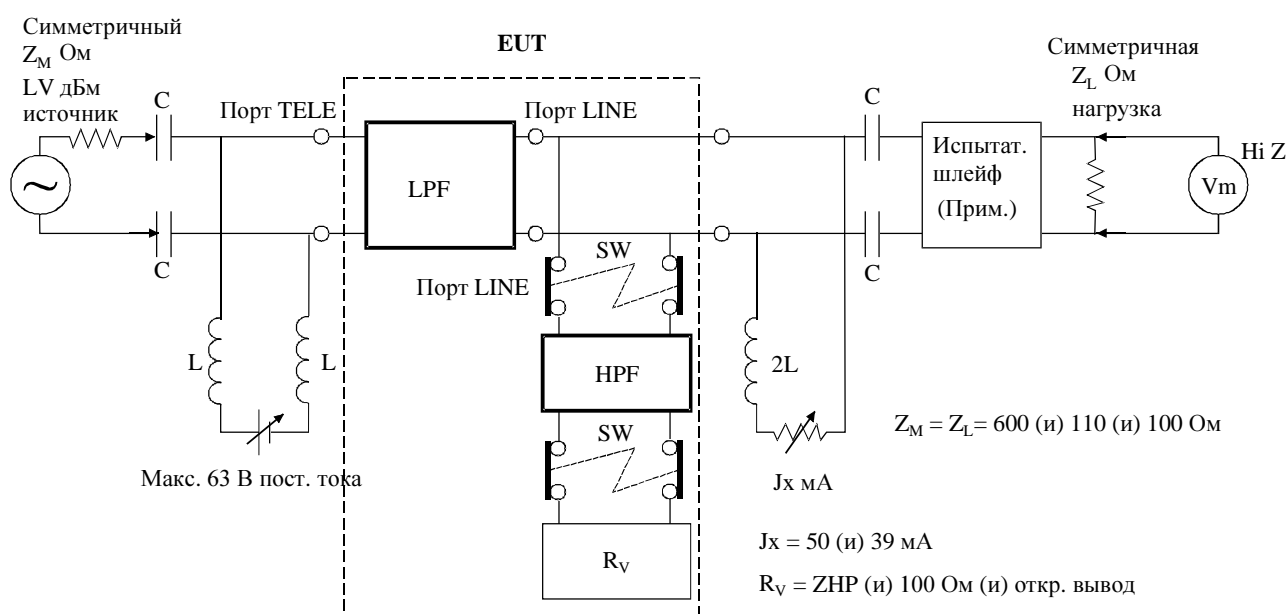
Методы проверки характеристик сигнального тракта HPF с нагрузкой от LPF и без нее и отдельное влияние нагрузки от HPF без подключения LPF заданы в F.2.3.8.2.

F.2.3.8.1 Метод проверки характеристик сигнального тракта LPF и влияния нагрузки от LPF

Конфигурации схемы проверки и режимы проверки характеристик по переменному току части LPF разветвителя заданы в этом пункте. Требования, которые должны выполняться при проверке, заданы в F.2.3.7.1.

F.2.3.8.1.1 Проверка вносимого затухания и абсолютной групповой задержки LPF

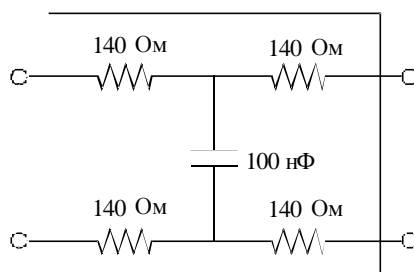
Схема проверки приведена на рисунке F.3. Должно измеряться вносимое затухание и абсолютная групповая задержка от источника Z_M Ом до окончательной нагрузки Z_L Ом с включением и без включения проверяемого оборудования (EUT) с уровнем LV дБм во всех режимах нагрузки HPF. Испытательный шлейф, показанный на рисунке, используется только для проверки голосовой полосы и приведен на рисунке F.4. "Нулевой" шлейф используется для проверки полосы ISDN и VDSL.



ПРИМЕЧАНИЕ – Испытательный шлейф используется только для проверки полосы голоса. Нулевой шлейф используется для проверки полос ISDN и VDSL.

G.993.1AMD1_F03

Рисунок F.3/G.993.1 – Схема проверки вносимого затухания и абсолютной групповой задержки LPF



G.993.1AMD1_F04

Рисунок F.4/G.993.1 – Испытательный шлейф голосовой полосы (приблизительно 2 км)

Все возможные режимы проверки определены как для нагрузки от HPF, хотя режимы нагрузки от HPF зависят от типов разветвителей, показанных на рисунке F.1. Поэтому определенные ниже режимы могут включать неприменимые случаи, которые невозможно проверить для некоторых

типов, реализованных на практике. Даже для этих типов LPF как часть разветвителя выполняет все требования во всех режимах, определенных ниже.

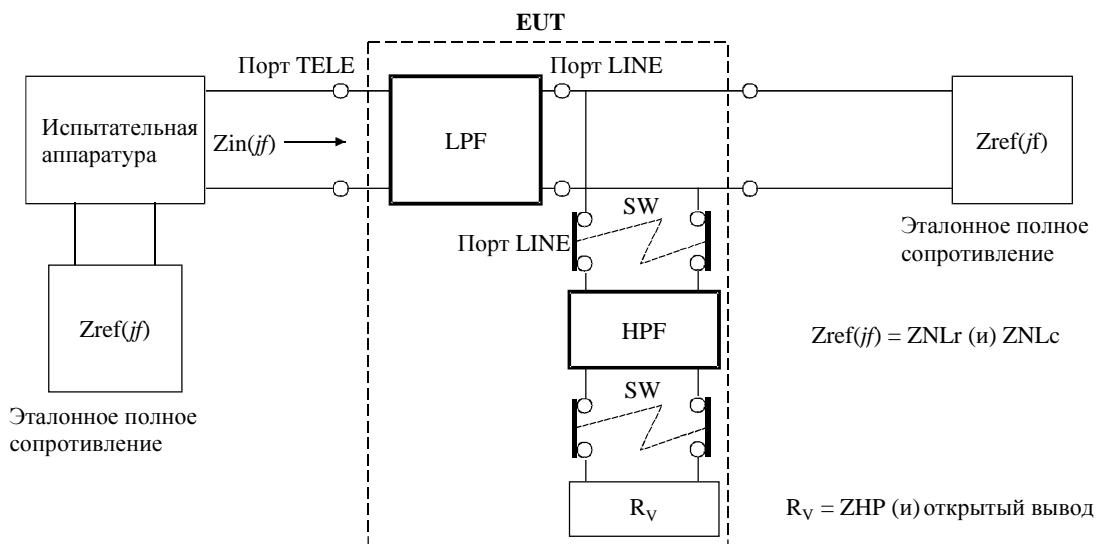
Во время проверки через часть LPF разветвителя должен быть обеспечен пропуск постоянного тока смещения I_x мА. C и L на рисунке F.3 предназначены для добавления тока смещения I_x мА. Для проверки каждой полосы должны быть установлены надлежащие значения C и L .

LV дБм, Z_M Ом, Z_L Ом, I_x мА и режим нагрузки от HPF зависят от проверяемой полосы и должны иметь следующие значения.

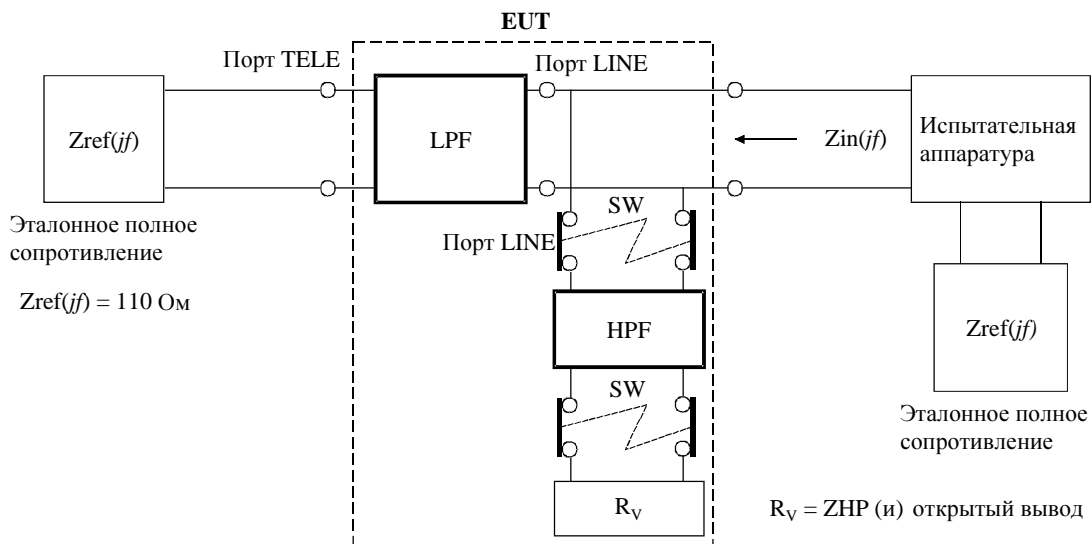
- 1) Голосовая полоса ($0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 4,0 \text{ кГц}$)
 $LV = 0$ дБм
 $Z_M = Z_L = 600$ Ом
 $I_x = 50$ мА (напр., $C \geq 20$ мкФ и $L \geq 15$ Гн)
 - a1) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_V = Z_{HP}$ (определено на рисунке F.2)
 - a2) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_V =$ открытый вывод
 - b) Неподключение к линии HPF, нагруженного на R_V
- 2) Полоса ISDN ($4,0 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$)
 $LV = +15$ дБм
 $Z_M = Z_L = 110$ Ом
 $I_x = 39$ мА (напр., $C \geq 10$ мкФ и $L \geq 0,5$ Гн)
 - a1) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_V = Z_{HP}$ (определено на рисунке F.2)
 - a2) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_V =$ открытый вывод
 - b) Неподключение к линии HPF, нагруженного на R_V
- 3) Защитная полоса ($320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$)
 Не задано
- 4) Полоса VDSL ($640 \text{ кГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$): только для вносимого затухания, для групповой задержки не используется.
 $LV = +15$ дБм
 $Z_M = Z_L = 100$ Ом
 $I_x = 39$ мА (например, $C \geq 0,2$ мкФ и $L \geq 5$ мГн)
 Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_V = 100$ Ом

F.2.3.8.1.2 Проверка затухания несогласованности LPF

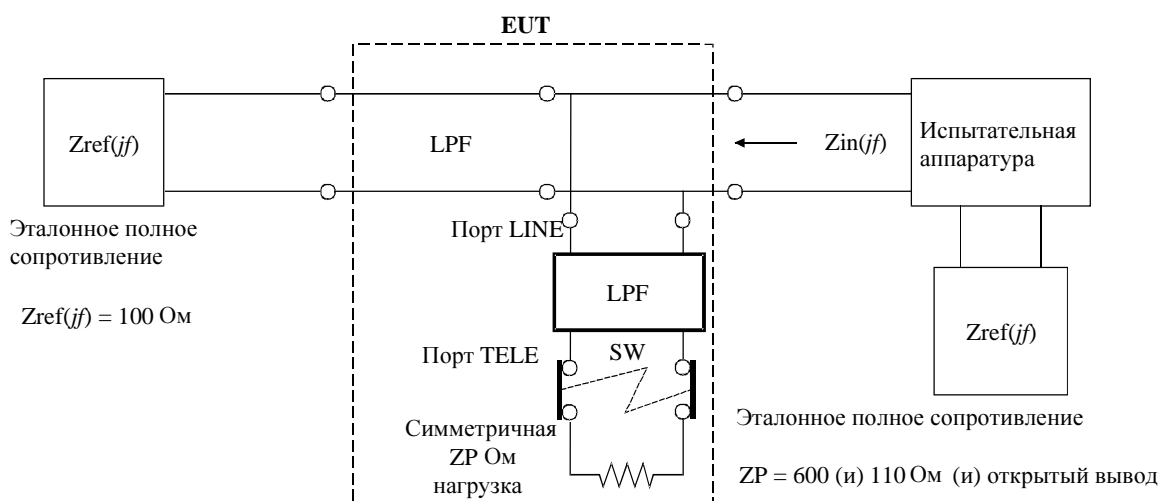
Схема проверки приведена на рисунке F.5. Затухание несогласованности измеряется как комплексное входное полное сопротивление $Z_{in}(jf)$. $Z_{in}(jf)$ должно измеряться путем подключения EUT и включения на противоположном конце нагрузки, равной комплексному входному полному сопротивлению $Z_{ref}(jf)$. Следует отметить, что порт, где измеряется $Z_{in}(jf)$, противоположен для голосовой полосы и полосы ISDN. Как при проверке полосы VDSL, влияние на сигнальный тракт VDSL оценивается как отдельное влияние нагрузки от LPF без подключения HPF.



а) Схема проверки голосовой полосы



б) Схема проверки полосы ISDN



в) Схема проверки полосы VDSL

G.993.1AMD1_F05

Рисунок F.5/G.993.1 – Схема проверки затухания несогласованности для LPF

Во время этой проверки пропуск постоянного тока смещения требуется не обязательно.

$Z_{ref}(jf)$ и режимы нагрузки HPF и LPF зависят от проверяемой полосы и должны иметь значения, приведенные далее.

1) Голосовая полоса ($0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 4,0 \text{ кГц}$)

$Z_{ref}(jf) = Z_{NLr}$ для проверки разветвителя на стороне VTU-R и Z_{NLc} для проверки разветвителя на стороне VTU-O,

где $Z_{NLr} = 150 \text{ Ом} + \{(830 \text{ Ом} + 1 \text{ мкФ}) // 72 \text{ нФ}\}$

$Z_{NLc} = 150 \text{ Ом} + (830 \text{ Ом} // 72 \text{ нФ})$

(+: последовательное соединение //: параллельное соединение)

ПРИМЕЧАНИЕ – Определение Z_{NLr} и Z_{NLc} такое же, как и в Е.4/G.992.3.

a1) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_v = Z_{HP}$ (определен на рисунке F.2)

a2) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_v =$ открытый вывод

b) Неподключение к линии HPF, нагруженного на R_v

2) Полоса ISDN ($4,0 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$)

$Z_{ref}(jf) =$ чисто активное сопротивление 110 Ом

a1) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_v = Z_{HP}$ (определен на рисунке F.2)

a2) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_v =$ открытый вывод

b) Неподключение к линии HPF, нагруженного на R_v

3) Защитная полоса ($320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$)

Не задано

4) Полоса VDSL ($640 \text{ кГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$)

$Z_{ref}(jf) =$ чисто активное сопротивление 100 Ом

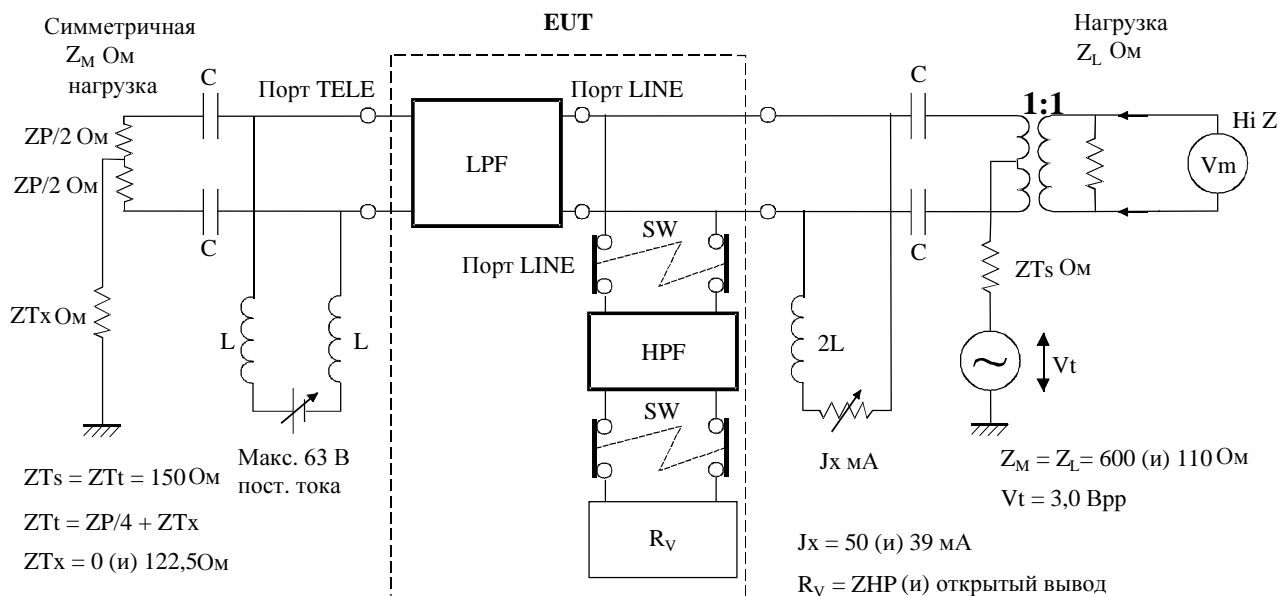
a1) Подключение LPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки $Z_M = 600 \text{ Ом}$

a2) Подключение LPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки $Z_M = 110 \text{ Ом}$

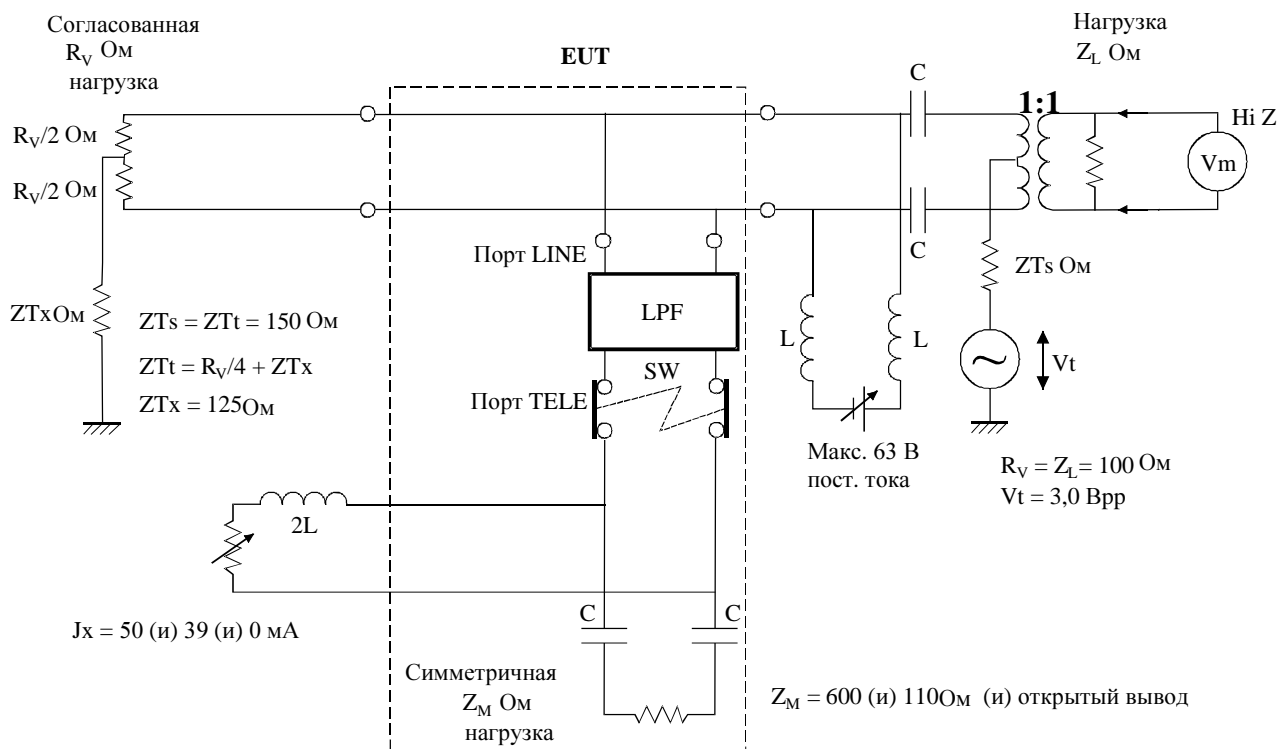
a3) Подключение LPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки $Z_M =$ открытый вывод

F.2.3.8.1.3 Проверка продольной симметрии LPF

Продольная симметрия во всех режимах нагрузки HPF с использованием схемы проверки, приведенной на рисунке F.6. Как при проверке полосы VDSL, влияние на сигнальный тракт VDSL оценивается как отдельное влияние нагрузки от LPF без подключения HPF.



а) Схема проверки голосовой полосы и полосы ISDN



б) Схема проверки полосы VDSL

G.993.1AMD1_F06

Рисунок F.6/G.993.1 – Схема проверки продольной симметрии для LPF

Полное сопротивление источника Z_{Ts} Ом и полное сопротивление оконечной нагрузки Z_{Tt} Ом в общем режиме соответствуют требованиям, заданным в Рекомендации МСЭ-Т К.43, и они должны иметь величину 150 Ом, где $Z_{Ts} = Z_{Tt} (= Z_M/4 + Z_{Tx})$.

Электродвижущая сила $V_t(f)$ источника постоянного напряжения должна быть равна 3,0 Вpp (э.д.с.), и это значение в V_{emf} соответствует уровню в дБм – +7,5 дБм для генератора сигнала с источником 50 Ом и оконечной нагрузкой 50 Ом.

Во время проверки должен обеспечиваться постоянный ток смещения J_x мА части LPF разветвителя. Для проверки каждой полосы должны быть установлены надлежащие значения C и L , показанных на рисунке.

Z_M Ом, Z_L Ом, Z_{Tx} Ом, J_x мА и режимы нагрузки HPF и LPF зависят от проверяемой полосы и должны иметь значения, приведенные далее.

- 1) Голосовая полоса ($0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 4,0 \text{ кГц}$)
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Вpp}$ (э.д.с.)
 $Z_M = Z_L = 600 \text{ Ом}$
 $Z_{Tx} = 0 \text{ Ом}$
 $J_x = 50 \text{ мА}$ (напр., $C \geq 20 \text{ мкФ}$ и $L \geq 15 \text{ Гн}$)
 - a1) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_V = Z_{HP}$ (определен на рисунке F.2)
 - a2) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_V = \text{открытый вывод}$
 - b) Неподключение к линии HPF, нагруженного на R_V
- 2) Полоса ISDN ($4,0 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$)
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Вpp}$ (э.д.с.)
 $Z_M = Z_L = 110 \text{ Ом}$
 $Z_{Tx} = 122,5 \text{ Ом}$
 $J_x = 39 \text{ мА}$ (напр., $C \geq 10 \text{ мкФ}$ и $L \geq 0,5 \text{ Гн}$)
 - a1) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_V = Z_{HP}$ (определен на рисунке F.2)
 - a2) Подключение к линии HPF, нагруженного на $R_V = \text{открытый вывод}$
 - b) Неподключение к линии HPF, нагруженного на R_V
- 3) Защитная полоса ($320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$)
Не задано
- 4) Полоса VDSL ($640 \text{ кГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$)
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Вpp}$ (э.д.с.)
 $R_V = Z_L = 100 \text{ Ом}$
 $Z_{Tx} = 125 \text{ Ом}$
 - a1) Подключение LPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки
 $Z_M = 600 \text{ Ом}$
 $J_x = 50 \text{ мА}$ (напр., $C \geq 0,2 \text{ мкФ}$ и $L \geq 5 \text{ мГн}$)
 - a2) Подключение LPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки
 $Z_M = 110 \text{ Ом}$
 $J_x = 39 \text{ мА}$ (напр., $C \geq 0,2 \text{ мкФ}$ и $L \geq 5 \text{ мГн}$)
 - a3) Подключение LPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки
 $Z_M = \text{открытый вывод}$
Нет постоянного тока смещения

F.2.3.8.2 Метод проверки характеристик сигнального тракта HPF и влияния нагрузки от HPF

Конфигурации схемы проверки и режимы проверки характеристик разветвителя по переменному току для части LPF разветвителя заданы в этом пункте. Требования, которые должны выполняться при проверке, заданы в F.2.3.7.2.

F.2.3.8.2.1 Проверка вносимого затухания и абсолютной групповой задержки HPF

Схема проверки приведена на рисунке F.7. Должны измеряться вносимое затухание и абсолютная групповая задержка от источника R_V Ом до оконечной нагрузки Z_L Ом с включением и без включения проверяемого оборудования (EUT) с уровнем LV дБм во всех режимах нагрузки LPF.

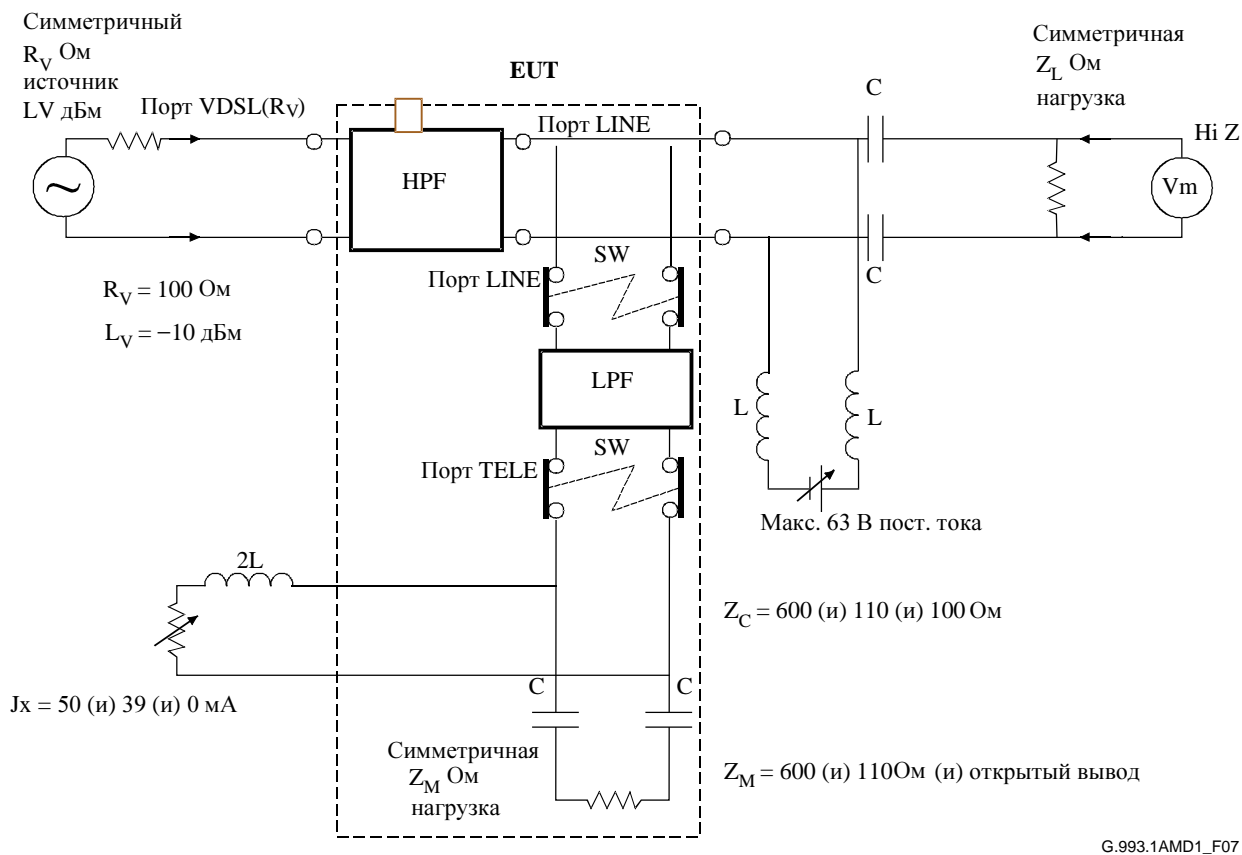


Рисунок F.7/G.993.1 – Схема проверки вносимого затухания и абсолютной групповой задержки HPF

Все возможные режимы определены как для нагрузки от LPF, хотя режимы нагрузки от LPF зависят от типов разветвителей, показанных на рисунке F.1. Поэтому определенные ниже режимы могут включать неприменимые случаи, которые невозможно проверить для некоторых типов, реализованных на практике. Даже для этих типов HPF как часть разветвителя выполняет все требования во всех режимах, определенных ниже.

Во время проверки во всех доступных вариантах через часть LPF разветвителя должен быть обеспечен пропуск постоянного тока смещения J_x мА. Для проверки каждой полосы должны быть установлены надлежащие значения C и L .

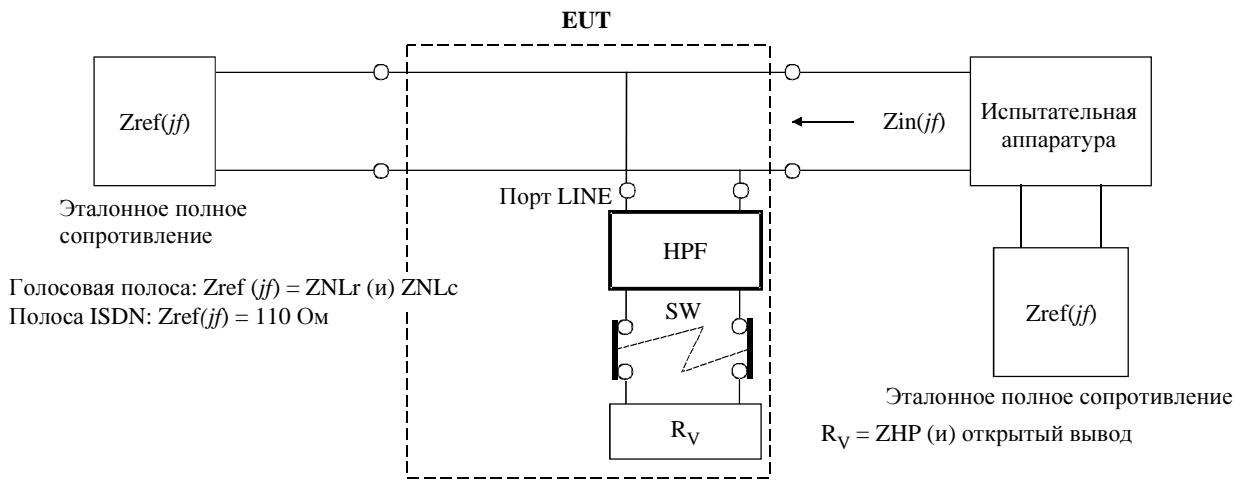
L_V дБм, R_V Ом, Z_L Ом, J_x мА и режимы нагрузки от LPF должны иметь значения, приведенные далее, где Z_L Ом, J_x мА и режимы нагрузки от LPF зависят от проверяемой полосы.

- 1) Голосовая полоса ($0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 4,0 \text{ кГц}$): только для вносимого затухания, не применяется для групповой задержки.
 $L_V = -10$ дБм
 $R_V = 100$ Ом
 $Z_L = 600$ Ом
 Подключение к линии LPF, нагруженного на $Z_M = 600$ Ом
 $J_x = 50$ мА (напр., $C \geq 20$ мкФ и $L \geq 15$ Гн)

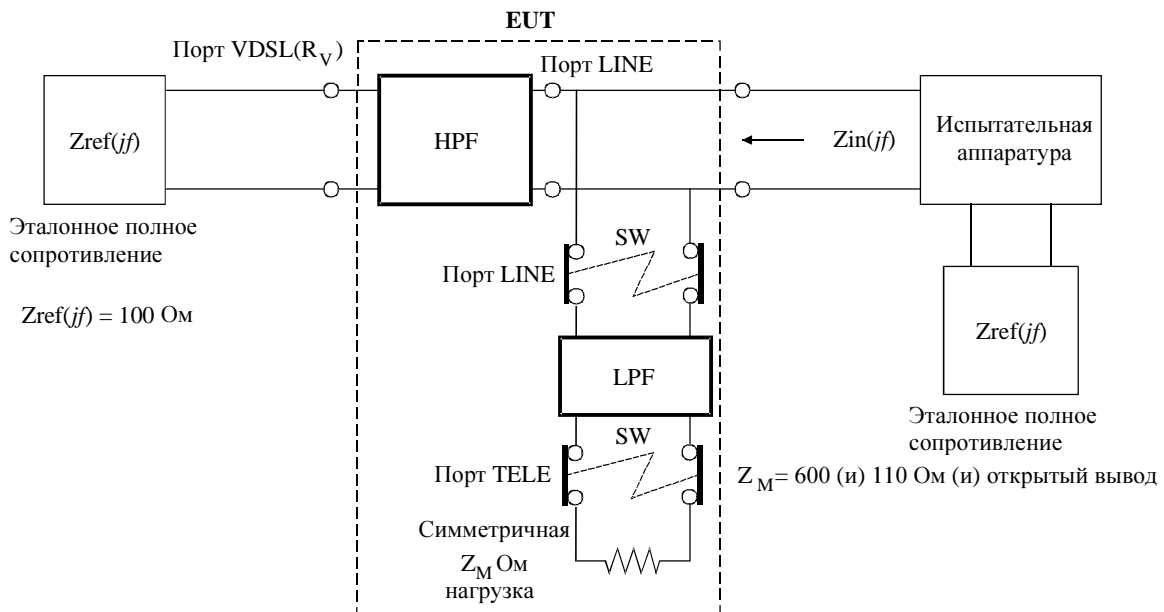
- 2) Полоса ISDN ($4,0 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$): только для вносимого затухания, не применяется для групповой задержки.
 $L_V = -10 \text{ дБм}$
 $R_V = 100 \text{ Ом}$
 $Z_L = 110 \text{ Ом}$
 Подключение к линии LPF, нагруженного на $Z_M = 110 \text{ Ом}$
 $J_x = 39 \text{ мА}$ (напр., $C \geq 10 \text{ мкФ}$ и $L \geq 0,5 \text{ Гн}$)
- 3) Защитная полоса ($320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$)
 Не задано
- 4) Полоса VDSL ($640 \text{ кГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$)
 $L_V = -10 \text{ дБм}$
 $R_V = Z_L = 100 \text{ Ом}$
- a1) Подключение к линии LPF, нагруженного на $Z_M = 600 \text{ Ом}$
 $J_x = 50 \text{ мА}$ (напр., $C \geq 0,2 \text{ мкФ}$ и $L \geq 5 \text{ мГн}$)
- a2) Подключение к линии LPF, нагруженного на $Z_M = 110 \text{ Ом}$
 $J_x = 39 \text{ мА}$ (напр., $C \geq 0,2 \text{ мкФ}$ и $L \geq 5 \text{ мГн}$)
- a3) Подключение к линии LPF, нагруженного на $Z_M = \text{открытый вывод}$
 Нет постоянного тока смещения
- b) Неподключение к линии LPF, нагруженного на Z_M
 Нет постоянного тока смещения

Ф.2.3.8.2.2 Проверка затухания несогласованности НРФ

Схема проверки приведена на рисунке F.8. Затухание несогласованности измеряется как комплексное входное полное сопротивление $Z_{in}(jf)$. $Z_{in}(jf)$ должно измеряться путем подключения EUT и включения на противоположной стороне нагрузки, равной комплексному эталонному полному сопротивлению $Z_{ref}(jf)$. Как при проверке голосовой полосы и полосы ISDN, влияние на сигнальные тракты голоса и ISDN оценивается как отдельное влияние нагрузки от НРФ без подключения LPF.



а) Схема проверки голосовой полосы и полосы ISDN



б) Схема проверки полосы VDSL

G.993.1AMD1_F08

Рисунок F.8/G.993.1 – Схема проверки затухания несогласованности HPF

Во время проверки обязательно требовать пропускания постоянного тока смещения.

$Z_{ref}(jf)$ и режимы нагрузки LPF и HPF зависят от проверяемой полосы и должны иметь значения, приведенные ниже.

- 1) Голосовая полоса ($0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 4,0 \text{ кГц}$)
 $Z_{ref}(jf) = Z_{NLr}$ для проверки разветвителя на стороне VTU-R и Z_{NLc} для проверки разветвителя на стороне VTU-O,
 где $Z_{NLr} = 150 \text{ Ом} + \{(830 \text{ Ом} + 1 \text{ мкФ}) // 72 \text{ нФ}\}$
 $Z_{NLc} = 150 \text{ Ом} + (830 \text{ Ом} // 72 \text{ нФ})$

(+: последовательное соединение //: параллельное соединение)

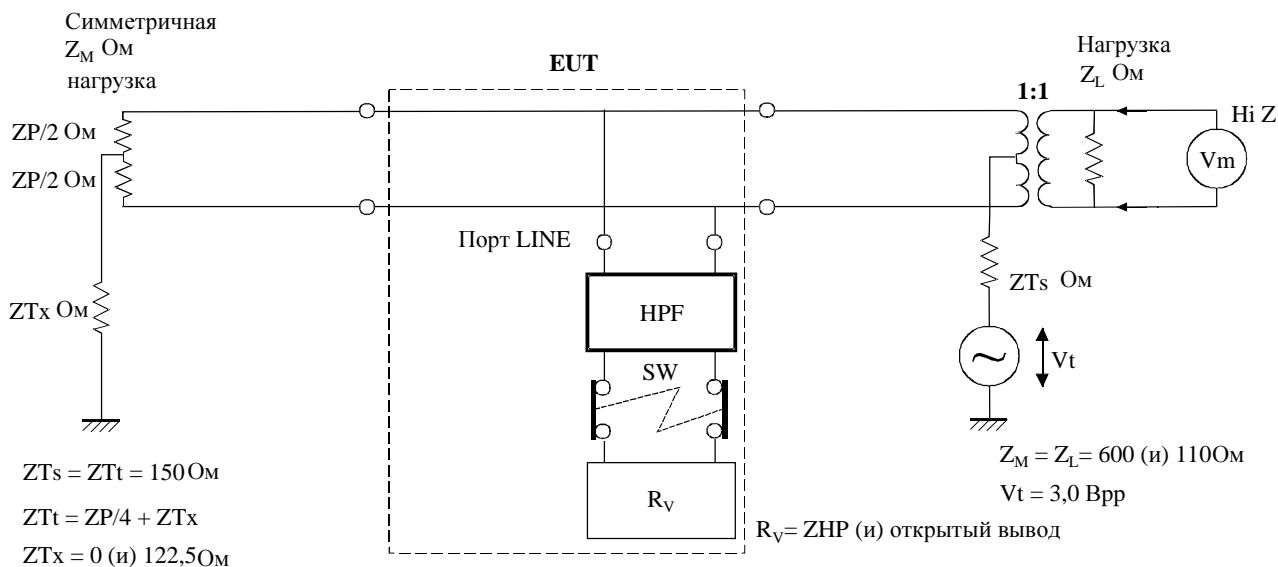
ПРИМЕЧАНИЕ – Определение Z_{NLr} и Z_{NLc} такое же, как в E.4/G.992.3.

- a1) Подключение HPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки $R_v = Z_{HP}$ (определено на рисунке F.2)
- a2) Подключение HPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки $R_v = \text{открытый вывод}$

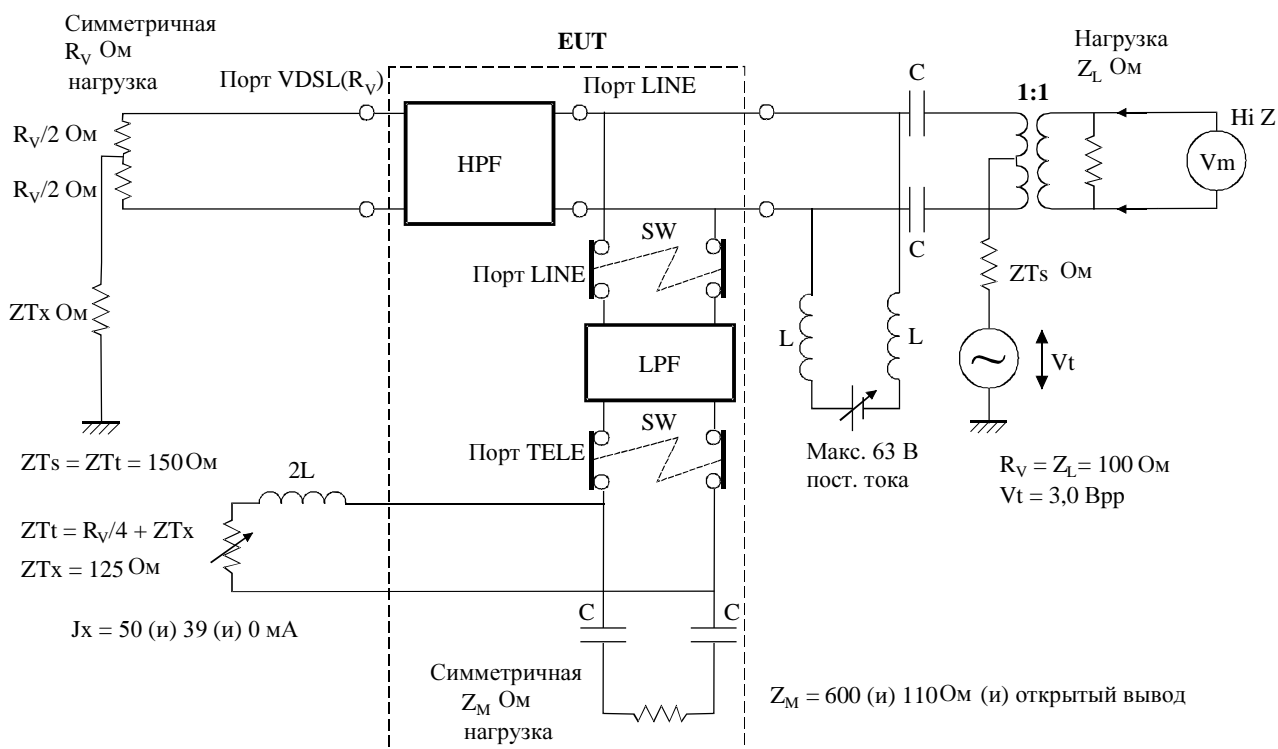
- 2) Полоса ISDN ($4,0 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$)
 $Z_{\text{ref}}(jf) =$ чисто активное сопротивление 110 Ом
 - a1) Подключение HPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки $R_V = Z_{\text{HP}}$ (определено на рисунке F.2)
 - a2) Подключение HPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки $R_V =$ открытый вывод
- 3) Защитная полоса ($320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$)
Не задано
- 4) Полоса VDSL ($640 \text{ кГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$)
 $Z_{\text{ref}}(jf) =$ чисто активное сопротивление 100 Ом
 - a1) Подключение к линии LPF, нагруженного на $Z_M = 600 \text{ Ом}$
 - a2) Подключение к линии LPF, нагруженного на $Z_M = 110 \text{ Ом}$
 - a3) Подключение к линии LPF, нагруженного на $Z_M =$ открытый вывод
 - b) Неподключение к линии LPF, нагруженного на Z_M

F.2.3.8.2.3 Проверка продольной симметрии HPF

Продольная симметрия должна измеряться во всех режимах нагрузки LPF с использованием схемы проверки, приведенной на рисунке F.9. Как при проверке голосовой полосы и полосы ISDN, влияния на сигнальные тракты голоса и ISDN оцениваются как отдельное влияние нагрузки от HPF без подключения LPF.



а) Схема проверки голосовой полосы и полосы ISDN



б) Схема проверки полосы VDSL

G.993.1AMD1_F09

Рисунок F.9/G.993.1 – Схема проверки продольной симметрии для HPF

Полное сопротивление источника Z_{Ts} Ом и полное сопротивление оконечной нагрузки Z_{Tt} Ом в общем режиме соответствуют требованиям, заданным в Рекомендации МСЭ-Т К.43, и они должны иметь величину 150 Ом, где $Z_{Ts} = Z_{Tt} (= Z_M/4 + Z_{Tx})$.

Электродвижущая сила $V_t(f)$ источника постоянного напряжения должна быть равна 3,0 Вpp (э.д.с.), и это значение в V_{emf} соответствует уровню в дБм +7,5 дБм для генератора сигнала с источником 50 Ом и оконечной нагрузкой 50 Ом.

Во всех доступных случаях во время проверки должен обеспечиваться постоянный ток смещения I_x мА части LPF разветвителя. Для проверки каждой полосы должны быть установлены надлежащие значения C и L .

Z_M Ом, Z_L Ом, Z_{Tx} Ом, I_x мА и режимы нагрузки LPF и HPF зависят от проверяемой полосы и должны иметь значения, приведенные далее.

- 1) Голосовая полоса ($0,2 \text{ кГц} \leq f \leq 4,0 \text{ кГц}$)
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Вpp}$ (э.д.с.)
 $Z_M = Z_L = 600 \text{ Ом}$
 $Z_{Tx} = 0 \text{ Ом}$
 - a1) Подключение HPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки $R_V = Z_{HP}$ (определено на рисунке F.2)
Постоянного тока смещения нет
 - a2) Подключение HPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки $R_V = \text{открытый вывод}$
Постоянного тока смещения нет
- 2) Полоса ISDN ($4,0 \text{ кГц} < f \leq 320 \text{ кГц}$)
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Вpp}$ (э.д.с.)
 $Z_M = Z_L = 110 \text{ Ом}$
 $Z_{Tx} = 122,5 \text{ Ом}$
 - a1) Подключение HPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки $R_V = Z_{HP}$ (определено на рисунке F.2)
Постоянного тока смещения нет
 - a2) Подключение HPF только параллельно линии и подключение оконечной нагрузки $R_V = \text{открытый вывод}$
Постоянного тока смещения нет
- 3) Защитная полоса ($320 \text{ кГц} < f < 640 \text{ кГц}$)
Не задано
- 4) Полоса VDSL ($640 \text{ кГц} \leq f \leq 12 \text{ МГц}$)
 $V_t(f) = 3,0 \text{ Вpp}$ (э.д.с.)
 $R_V = Z_L = 100 \text{ Ом}$
 $Z_{Tx} = 125 \text{ Ом}$
 - a1) Подключение к линии LPF, нагруженного на $Z_M = 600 \text{ Ом}$
 $I_x = 50 \text{ мА}$ (напр., $C \geq 0,2 \text{ мкФ}$ и $L \geq 5 \text{ мГн}$)
 - a2) Подключение к линии LPF, нагруженного на $Z_M = 110 \text{ Ом}$
 $I_x = 39 \text{ мА}$ (напр., $C \geq 0,2 \text{ мкФ}$ и $L \geq 5 \text{ мГн}$)
 - a3) Подключение к линии LPF, нагруженного на $Z_M = \text{открытый вывод}$
Постоянного тока смещения нет
 - b) Неподключение к линии LPF, нагруженного на Z_M
Постоянного тока смещения нет

Ф.3 Проверка шлейфов и источников перекрестных помех

Ф.3.1 Проверка шлейфов

Ф.3.1.1 Схемы проверки шлейфа

Приведенные на рисунке F.10 испытательные шлейфы должны использоваться для проверки характеристик передачи VDSL.

- 1) Два вида пар проводов, сокращенно обозначаемые TP и FP на рисунке F.10, следующие.
TP: кабель PE 0,4 мм – Многопарный четверочный кабель с полиэтиленовой изоляцией;
FP: PVC FP 0,5 мм – Плоская нескрученная одиночная пара с полихлорвиниловой изоляцией.
- 2) Номинальные значения X_j ($j = 0 - 2$) и Y_j ($j = 0 - 2$), отмеченные на рисунке F.10 как секции изменяемой длины, имеют следующие длины. Длины TP лежат в диапазоне от 0 до 1500 м, а длины FP – 0 м и 50 м. Мостовое ответвление (BT) – ненагруженная секция с открытым концом и ответвлением.

$$X_0 = 0 \text{ м}$$

$$X_1 = 300, 500, 1000, 1200, 1500 \text{ м}$$

$$X_2 = 25, 50 \text{ м}$$

$$Y_0 = 0 \text{ м}$$

$$Y_1 = 50 \text{ м}$$

$$Y_2 = \text{от } 5 \text{ до } 50 \text{ м с шагом } 5 \text{ м}$$

Y_{2DS} : Наибольшая длина для характеристик передачи входящего потока

Y_{2US} : Наибольшая длина для характеристик передачи исходящего потока

$Y_{2X} = Y_{2DS}$ для проверки характеристик входящего потока, а Y_{2US} для проверки характеристик исходящего потока

ПРИМЕЧАНИЕ – Для дальнейшего изучения оставлен вопрос, обеспечивает ли размер шага 5 м длины BT достаточную степень точности проверки характеристик передачи VDSL.

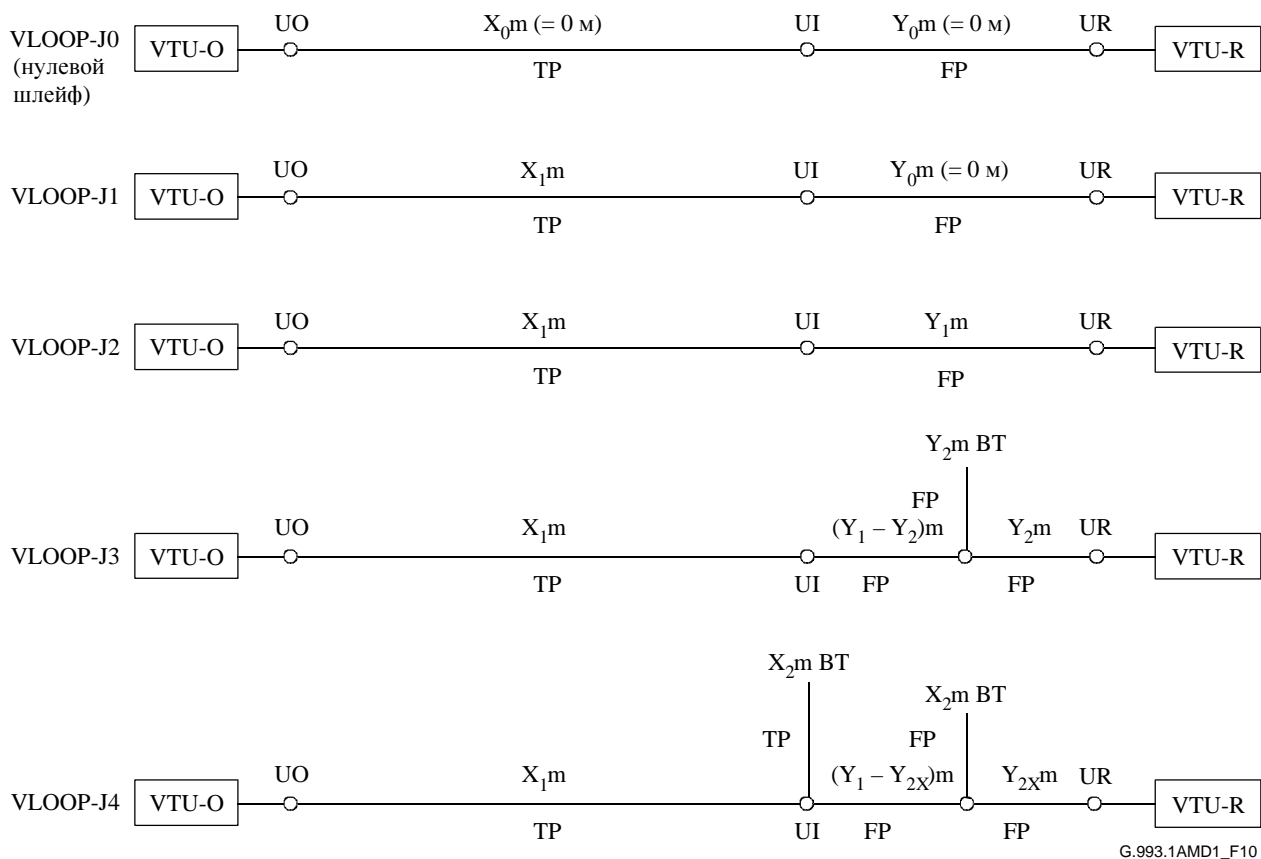


Рисунок F.10/G.993.1 – Испытательные шлейфы VDSL для функционирования в одной связной среде с DSL TCM-ISDN

F.3.1.2 Константы основной линии

Константами основной линии являются R, L, C и G. Приведенные ниже уравнения дают значения R в Ом/м, L Гн/м, G в мо/м, C в Ф/м и f (частота) в Гц. Величины коэффициентов приведены в таблице F.6.

$$R = 2(R_i + R_n + R_{ns}) \quad [\text{Ом/м}]$$

$$L = 2(L_a + L_i + L_n + L_{ns}) \quad [\text{Гн/м}]$$

$$C = C_i + \frac{C_{0a}}{(f + 1)^{ce}} \quad [\text{Ф/м}]$$

$$G = 2\pi f^{ge} C \tan \delta \quad [\text{мо/м}]$$

$$R_i = \frac{1}{\pi r_i^2 \sigma_i} \operatorname{Re} \left[\frac{\lambda J_0(\lambda)}{2 J_1(\lambda)} \right] : \text{поверхностный эффект}$$

$$R_n = \frac{1}{\pi d_i^2 \sigma_i} \operatorname{Re} \left[-\lambda \frac{J_1(\lambda)}{J_0(\lambda)} \right] : \text{влияние вихревого тока внутри пары}$$

$$R_{ns} = \frac{1}{\pi d_i^2 \sigma_i} 4 \operatorname{Re} \left[-\lambda \frac{J_1(\lambda)}{J_0(\lambda)} \right] : \text{влияние вихревого тока внутри четверки (в случае PE 0,4 мм)}$$

$R_{ns} = 0$: влияние вихревого тока внутри четверки (в случае PVC FP 0,5 мм)

$$La = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{d_i}{r_i}\right) : \text{внешняя индуктивность}$$

$$Li = \frac{\mu_i}{2\pi} \operatorname{Re}\left[-\frac{1}{\lambda} \frac{J_0(\lambda)}{J_1(\lambda)}\right] : \text{поверхностный эффект}$$

$$Ln = -\frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{r_i}{d_i}\right)^2 \operatorname{Re}\left[-\frac{J_2(\lambda)}{J_0(\lambda)}\right] : \text{влияние вихревого тока внутри пары}$$

$$Lns = -\frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{r_i}{d_i}\right)^2 4 \operatorname{Re}\left[-\frac{J_2(\lambda)}{J_0(\lambda)}\right] : \text{влияние вихревого тока внутри четверки (в случае PE 0,4 мм)}$$

$$Lns = 0 : \text{влияние вихревого тока внутри четверки (в случае PVC FP 0,5 мм)},$$

где:

J_0, J_1, J_2 : функции Бесселя нулевого, первого и второго порядков

$\operatorname{Re}[\]$: действительная часть в []

$$\lambda \equiv (1 + j) \frac{r_i}{\delta_i}$$

r_i : радиус проводника [м]

$$\delta_i = \sqrt{\frac{2}{\omega \sigma_i \mu_i}} : \text{толщина поверхностного слоя [м]}$$

σ_i : проводимость меди (проводник) [мо/м]

μ_0 : магнитная проницаемость вакуума [Гн/м]

μ_i : магнитная проницаемость меди (проводник) [Гн/м]: = $\mu_r \mu_0$

μ_r : относительная магнитная проницаемость меди (проводник)

ω : круговая частота [рад/м]

d_i : расстояние между центрами проводов (проводников) в паре [м]

$$d_i = 2\sqrt{2}(r_i + CO_i) : \text{в случае PE 0,4 мм}$$

$$d_i = 2(r_i + CO_i) : \text{в случае PVC FP 0,5 мм}$$

CO_i : толщина изоляции провода (проводник) [м]

Таблица F.6/G.993.1 – Величины коэффициентов

Название	ТР (PE 0,4 мм)	FP (PVC FP 0,5 мм)
r_i [М]	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,25 \times 10^{-3}$
CO_i [М]	$0,13 \times 10^{-3}$	$0,78 \times 10^{-3}$
C_i [Ф/М]	50×10^{-12}	20×10^{-12}
C_{oa} [Ф/М]	0	20×10^{-12}
се	0	0,095
$\tan\delta$	$5,0 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^{-1}$
ge	1,16	0,895
σ_i [мо/м]	$5,8 \times 10^7$	$5,8 \times 10^7$
μ_0 [Гн/м]	$4\pi \times 10^{-7}$	$4\pi \times 10^{-7}$
μ_r	1	1

F.3.1.3 Функция передачи линии и характеристики испытательного шлейфа

Функция передачи линии (напряжения) базируется на постоянной передаче, приведенной ниже. Для приведенной ниже функции передачи сделаны допущения о том, что рассогласование по полному сопротивлению отсутствует и на обоих концах включены оконечные нагрузки с идеальными характеристическими полными сопротивлениями, и функция является упрощенным приближением.

$$H(f) = e^{\gamma_{TP}X} e^{\gamma_{FP}Y}$$

$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$: постоянная передача

X, Y: длина линии [м]

Характеристики испытательного шлейфа для справок приведены в таблицах F.7, F.8 и F.9 как результат расчетов с использованием приведенных выше функции передачи линии и величин коэффициентов.

ПРИМЕЧАНИЕ – Вносимое затухание при полном сопротивлении источника 100 Ом и полном сопротивлении оконечной нагрузки 100 Ом должно рассчитываться с использованием параметров шлейфа ABCD, а результат зависит от длины и строения шлейфа.

Таблица F.7/G.993.1 – Распределение затухания испытательного шлейфа в дБ для справок

Тип шлейфа	Длина шлейфа	Частота [МГц]									
		f_1	f_{1J}		f_2		f_3		f_4		f_5
		0,138	0,640	2,195	3,75	4,475	5,20	6,85	8,50	10,25	12,00
ТР	300 м	3,27 дБ	6,13	11,8	15,7	17,3	18,7	21,8	24,6	27,4	30,0
FT	50 м	0,27 дБ	0,57	1,22	1,74	1,96	2,18	2,65	3,09	3,54	3,98

Таблица F.8/G.993.1 – Групповая задержка испытательного шлейфа в мкс (микросекундах) для справок

Тип шлейфа	Длина шлейфа	Частота [МГц]									
		f_1	f_{1J}		f_2		f_3		f_4		f_5
		0,138	0,640	2,195	3,75	4,475	5,20	6,85	8,50	10,25	12,00
ТР	300 м	1,73 мкс	1,63	1,58	1,57	1,57	1,57	1,56	1,56	1,56	1,56
FT	50 м	0,24 мкс	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22

Таблица F.9/G.993.1 – Характеристическое полное сопротивление испытательного шлейфа в Омх для справок

Тип шлейфа	Частота [МГц]									
	f_1	f_{1L}		f_2		f_3		f_4		f_5
	0,138	0,640	2,195	3,75	4,475	5,20	6,85	8,50	10,25	12,00
TP	125 Ом	114	109	107	107	107	106	106	105	105
FT	191 Ом	188	187	187	187	187	187	187	187	188

F.3.2 Источники перекрестных помех

F.3.2.1 Типы источников

Измерение запаса по перекрестным помехам производится с несколькими типами источников помехи, сама VDSL (Рекомендация МСЭ-Т G.993.1), DSL TCM-ISDN (Добавление III/G.961), ADSL (Приложение C/G.992.1 DBM) и PNT (Рекомендация МСЭ-Т G.989.1).

1) Определены следующие два вида моделей помехи: помеха А и помеха В_ј (ј = 1 – 4).

Помеха А только или помеха А + каждая помеха В_ј (ј = 1, или 2, или 3, или 4) должна вводиться в каждый порт UI или UO, определенный на рисунке F.10, а проверка должна быть произведена несколько (от 3 до 4) раз.

Комбинация помеха В_ј и помеха В_к (ј <> к) не используется для проверки характеристики. Не используется также одновременное введение в порты UI и UO.

Помеха А = –140 дБм/Гц AWGN (аддитивный белый гауссов шум)

Помеха В₁ = 9 NEXT и FEXT самой VDSL (см. F.3.2.2 как источник помехи PSD)

Помеха В₂ = 9 NEXT и FEXT ADSL (см. Рекомендацию МСЭ-Т G.996.1 как источник помехи PSD)

Помеха В₃ = 9 NEXT PNT (см. F.3.2.2 и Рекомендацию МСЭ-Т G.989.1 как источник помехи PSD)

Помеха В₄ = 9 чередующихся NEXT и FEXT DSL TCM-ISDN (см. Рекомендацию МСЭ-Т G.996.1 как источник помехи PSD)

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – NEXT и FEXT PNT появляются поочередно в одной и той же полосе частот и не являются периодически стационарными. В Приложении F выбрано только введение NEXT для цели проверки VDSL как существенной перекрестной помехи.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 – NEXT и FEXT DSL TCM-ISDN появляются поочередно в одной и той же полосе частот и являются периодически стационарными. В Приложении F выбрано периодически стационарное введение перекрестной помехи NEXT и FEXT для цели проверки VDSL, как определено в Рекомендации МСЭ-Т G.996.1 для цели проверки ADSL.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 – Введение NEXT VDSL и ADSL предназначено для проверки динамического диапазона входного сигнала приемника VDSL.

2) Для помехи В определен только режим внутри четверки (intra-quad).

Ниже определены значения XT PSL (затухание суммы мощностей перекрестных помех) для 9 источников помехи с долей наихудшего случая 1%. Это сделано потому, что кабель с полиэтиленовой изоляцией (PE) представляет единицу, содержащую пять четверок (= десять пар), так что максимальное количество источников помехи в этой единице равно девяти.

$$NPSL9 (NEXT PSL) = 49,5 \text{ дБ в } f_{NEXT} = 160 \times 10^3 \text{ Гц}$$

$$FPSL9 (FEXT PSL) = 51,5 \text{ дБ в } f_{FEXT} = 160 \times 10^3 \text{ Гц и } d_{FEXT} = 1 \times 10^3 \text{ м}$$

3) Только секцию TP (X₁) на рисунке F.10 следует рассматривать как путь связи с перекрестной помехой. Именно секцию TP (X₂) (BT) не следует включать в имитируемый источник помехи PSD FEXT в качестве пути связи FEXT. Для секции FP на рисунке F.10 перекрестная помеха не рассматривается, так как FP – одиночная пара.

Ф.3.2.2 Спектральная плотность мощности источников помехи

Функции односторонней спектральной плотности мощности (PSD) в Вт/Гц для источников помехи DSL TCM-ISDN и ADSL определены в Рекомендации МСЭ-Т G.996.1. Эти же функции для источников помехи VDSL приведены в Ф.3.2.2.1, они соответствуют требованиям к PSD, заданным в Ф.1. PSD PNT определена в Рекомендации МСЭ-Т G.989.1 и воспроизведена в Ф.3.2.2.2.

Ф.3.2.2.1 PSD источника помехи VDSL

Определены два вида PSD источника помехи VDSL. Один из них предназначен для VDSL, который допускает одновременное функционирование с POTS в одной и той же паре проводов с использованием частот выше 0,138 МГц ($= f_1$). Другой предназначен для VDSL, который допускает одновременное функционирование с DSL TCM-ISDN в одной и той же паре проводов с использованием частот выше 0,64 МГц ($= f_{1J}$). Общее сокращенное обозначение для обоих видов – VDSL-х, где х = P (POTS) и х = I (ISDN). PSD источника помехи входящего потока VDSL-I отличается от источника помехи входящего потока VDSL-P, поэтому для них приняты сокращения VDSL-I-DS и VDSL-P-DS. Между тем PSD источника помехи входящего потока VDSL-I тот же, что и источника помехи исходящего потока VDSL-P, поэтому для них обоих принято одно сокращение VDSL-US.

Выражение для односторонней плотности мощности (PSD) источников помехи входящего потока VDSL-P и VDSL-I в Вт/Гц приведено далее. Ниже приведено также выражение для односторонней плотности мощности (PSD) источника помехи исходящего потока VDSL в Вт/Гц.

$$PSD_{VDSL-P-DS}(f) = 10 \frac{KDS - P(f)}{10} - 3 \quad \text{Вт/Гц}$$

$$PSD_{VDSL-I-DS}(f) = 10 \frac{KDS - I(f)}{10} - 3 \quad \text{Вт/Гц}$$

$$PSD_{VDSL-US}(f) = 10 \frac{KUS - I(f)}{10} - 3 \quad \text{Вт/Гц,}$$

где:

$$f_1 = 0,138 \times 10^6 \text{ Гц}$$

$$f_{1J} = 0,64 \times 10^6 \text{ Гц}$$

$$f_2 = 3,75 \times 10^6 \text{ Гц}$$

$$f_3 = 5,2 \times 10^6 \text{ Гц}$$

$$f_4 = 8,5 \times 10^6 \text{ Гц}$$

$$f_5 = 12 \times 10^6 \text{ Гц}$$

$$\Delta f_T = 0,175 \times 10^6 \text{ Гц: переходная полоса на } f_{1J}, f_2, f_3, f_4 \text{ и } f_5$$

$$\Delta f_{TX} = 0,018 \times 10^6 \text{ Hz: переходная полоса на } f_1$$

$$\begin{aligned}
KDS - P(f) &= \begin{cases} -120 \text{ дБм/Гц} & 0 \text{ Гц} < f < 0,12 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -60 + (50 / \Delta f_{TX}) \times (f - f_1) \text{ дБм/Гц} & f_1 - \Delta f_{TX} \leq f \leq f_1 \\ -60 \text{ дБм/Гц} & f_1 < f < f_2 \\ -80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_2) \text{ дБм/Гц} & f_2 \leq f \leq f_2 + \Delta f_T \\ -100 \text{ дБм/Гц} & f_2 + \Delta f_T < f < f_3 - \Delta f_T \\ -80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_3) \text{ дБм/Гц} & f_3 - \Delta f_T \leq f \leq f_3 \\ -60 \text{ дБм/Гц} & f_3 < f < f_4 \\ -80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_4) \text{ дБм/Гц} & f_4 \leq f \leq f_4 + \Delta f_T \\ -100 \text{ дБм/Гц} & f_4 + \Delta f_T < f < 30 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -120 \text{ дБм/Гц} & 30 \times 10^6 \text{ Гц} \leq f < \infty \end{cases} \\
KDS - I(f) &= \begin{cases} -120 \text{ дБм/Гц} & 0 \text{ Гц} < f < 0,12 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -110 \text{ дБм/Гц} & 0,12 \times 10^6 \text{ Гц} \leq f < 0,225 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -100 \text{ дБм/Гц} & 0,225 \times 10^6 \text{ Гц} \leq f < f_{1J} - \Delta f_T \\ -60 + (40 / \Delta f_T) \times (f - f_{1J}) \text{ дБм/Гц} & f_{1J} - \Delta f_T \leq f \leq f_{1J} \\ -60 \text{ дБм/Гц} & f_{1J} < f < f_2 \\ -80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_2) \text{ дБм/Гц} & f_2 \leq f \leq f_2 + \Delta f_T \\ -100 \text{ дБм/Гц} & f_2 + \Delta f_T < f < f_3 - \Delta f_T \\ -80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_3) \text{ дБм/Гц} & f_3 - \Delta f_T \leq f \leq f_3 \\ -60 \text{ дБм/Гц} & f_3 < f < f_4 \\ -80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_4) \text{ дБм/Гц} & f_4 \leq f \leq f_4 + \Delta f_T \\ -100 \text{ дБм/Гц} & f_4 + \Delta f_T < f < 30 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -120 \text{ дБм/Гц} & 30 \times 10^6 \text{ Гц} \leq f < \infty \end{cases} , \\
KUS (f) &= \begin{cases} -120 \text{ дБм/Гц} & 0 \text{ Гц} < f < 0,12 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -110 \text{ дБм/Гц} & 0,12 \times 10^6 \text{ Гц} \leq f < 0,225 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -100 \text{ дБм/Гц} & 0,225 \times 10^6 \text{ Гц} \leq f < f_2 - \Delta f_T \\ -80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_{1J}) \text{ дБм/Гц} & f_2 - \Delta f_T \leq f \leq f_2 \\ -60 \text{ дБм/Гц} & f_2 < f < f_3 \\ -80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_3) \text{ дБм/Гц} & f_3 \leq f \leq f_3 + \Delta f_T \\ -100 \text{ дБм/Гц} & f_3 + \Delta f_T < f < f_4 - \Delta f_T \\ -80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_4) \text{ дБм/Гц} & f_4 - \Delta f_T \leq f \leq f_4 \\ -60 \text{ дБм/Гц} & f_4 < f < f_5 \\ -80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_5) \text{ дБм/Гц} & f_5 \leq f \leq f_5 + \Delta f_T \\ -100 \text{ дБм/Гц} & f_5 + \Delta f_T < f < 30 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -120 \text{ дБм/Гц} & 30 \times 10^6 \text{ Гц} \leq f < \infty \end{cases}
\end{aligned}$$

$PSD_{VDSL-P-DS}(f)$ и $PSD_{VDSL-US}(f)$ источника помехи VDSL в дБм/Гц представлены на рисунке F.11. $PSD_{VDSL-I-DS}(f)$ и $PSD_{VDSL-US}(f)$ источника помехи VDSL в дБм/Гц представлены на рисунке F.12. На рисунках F.11 и F.12 сплошная линия относится к $PSD_{VDSL-x-DS}(f)$ входящего потока, а штриховая линия – к $PSD_{VDSL-US}(f)$ исходящего потока.

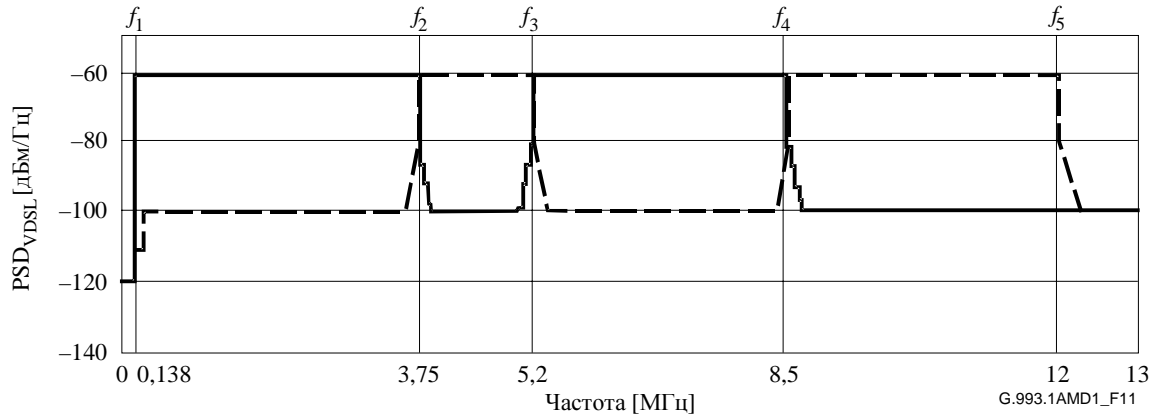


Рисунок F.11/G.993.1 – PSD источника помехи входящего и исходящего потоков VDSL-P

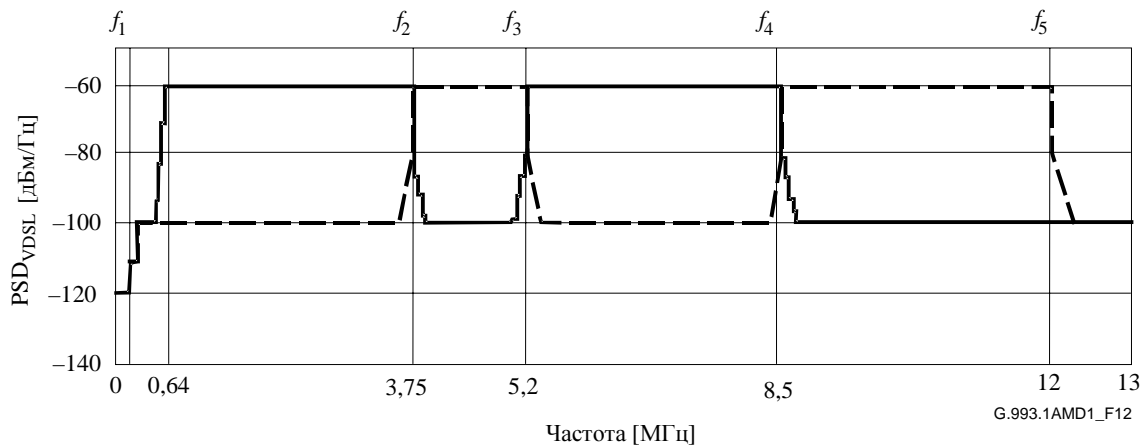


Рисунок F.12/G.993.1 – PSD источника помехи входящего и исходящего потоков VDSL-I

Ф.3.2.2.2 PSD источника помехи PNT

Выражение для односторонней PSD источников помехи PNT в Вт/Гц, сокращенно обозначенной как $PSD_{PNT}(f)$, имеет следующий вид.

$$PSD_{PNT}(f) = 10 \frac{KPNT(f)}{10} - 3 \quad \text{Вт/Гц,}$$

где:

$$KDS - P(f) = \begin{cases} -140 \text{ дБм/Гц} & 0,015 \times 10^6 \text{ Hz} < f \leq 1,7 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -140 + (50,0 / 1,8) \times (f / 10^6 - 1,7) \text{ дБм/Гц} & 1,7 \times 10^6 \text{ Гц} < f \leq 3,5 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -90 + 17,0 \times (f / 10^6 - 3,5) \text{ дБм/Гц} & 3,5 \times 10^6 \text{ Гц} < f \leq 4,0 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -71,5 \text{ дБм/Гц} & 4,0 \times 10^6 \text{ Гц} < f < 7,0 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -81,5 \text{ дБм/Гц} & 7,0 \times 10^6 \text{ Гц} \leq f \leq 7,3 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -71,5 \text{ дБм/Гц} & 7,3 \times 10^6 \text{ Гц} < f < 10,0 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -81,5 - (43,5 / 3,0) \times (f / 10^6 - 10,0) \text{ дБм/Гц} & 10,0 \times 10^6 \text{ Гц} \leq f < 13,0 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -125 \text{ дБм/Гц} & 13,0 \times 10^6 \text{ Гц} \leq f < 25,0 \times 10^6 \text{ Гц} \\ -140 \text{ дБм/Гц} & 25,0 \times 10^6 \text{ Гц} \leq f < 30,0 \times 10^6 \text{ Гц} \end{cases}$$

$PSD_{PNT}(f)$ источника помехи PNT в дБм/Гц представлена на рисунке F.13.

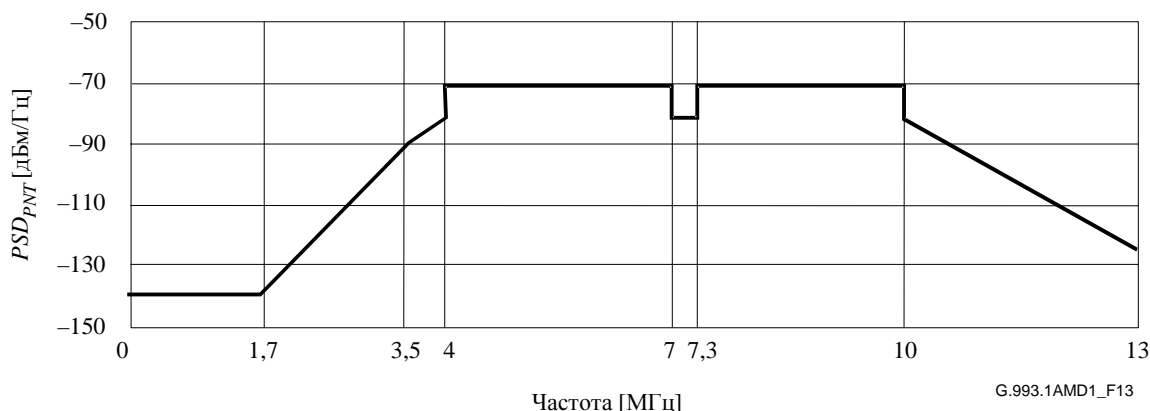


Рисунок F.13/G.993.1 – PSD источника помехи PNT (Phoneline Networking Transceiver – приемопередатчика объединения в сеть телефонной линии)

Ф.3.2.3 Спектральная плотность мощности перекрестной помехи

PSD ХТ (перекрестной помехи) для каждого источника помехи xDSL задается путем умножения PSD источника помехи xDSL и функции связи по мощности ХТ. Функции связи по мощности ХТ – $XT(f)$ – приведены ниже для случаев NEXT и FEXT.

$$XT_{NEXT}(f) = \left(\frac{Z_{disturbed}}{Z_{disturber}} \right) 10^{-\frac{NPSL9}{10}} \left(\frac{f}{f_{NEXT}} \right)^{\frac{3}{2}}$$

$$XT_{FEXT}(f) = \left(\frac{Z_{disturbed}}{Z_{disturber}} \right) \left| e^{-2\gamma_{TP} X_1} \right| 10^{-\frac{FPSL9}{10}} \left(\frac{f}{f_{FEXT}} \right)^2 \left(\frac{X_1}{d_{FEXT}} \right),$$

где:

- f : частота в Гц
 $NPSL9 = 49,5$ дБ на $f_{NEXT} = 160 \times 10^3$ Гц
 $FPSL9 = 51,5$ дБ на $f_{FEXT} = 160 \times 10^3$ Гц
 X_1 : длина пути связи перекрестной помехи в м
 $d_{FEXT} = 1 \times 10^3$ м
 $\exp(\gamma_{TP} X_1)$: линейная функция передачи TP длиной X_1 м
 $Z_{disturbed}$: полное сопротивление оконечной нагрузки VDSL, подверженной помехе (= 100 Ом)
 $Z_{disturber}$: полное сопротивление оконечной нагрузки xDSL, создающей помеху
100 Ом : для VDSL, ADSL и PNT
110 Ом : для TCM-ISDN

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Точное выражение для функции связи по мощности NEXT – $XT_{NEXT}(f)$, являющейся функцией длины пути связи, приведено ниже. Однако в этом приложении далее не предложено ничего для сокращения проверяемых параметров.

$$XT_{NEXT}(f) = \left(\frac{Z_{disturbed}}{Z_{disturber}} \right) 10^{-\frac{NPSL9}{10}} \left(\frac{f}{f_{NEXT}} \right)^{\frac{3}{2}} \left(1 - \left| e^{-4\gamma_{TP} X_1} \right| \right)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 2 – В этом приложении для сокращения проверяемых параметров предполагается, что связь по FEXT должна быть равна связи по уровню, т. е. длина линии xDSL, подверженной помехе, та же, что и xDSL, создающей помеху..

F.3.2.3.1 XTPSD VDSL

Односторонняя плотность распределения мощности перекрестной помехи (XTPSD) NEXT и FEXT входящего потока VDSL приведена ниже.

$$\begin{aligned} XTPSD_{VDSL-x-DS-NEXT}(f) &= PSD_{VDSL-x-DS}(f) XT_{NEXT}(f) && \text{Вт/Гц} \\ XTPSD_{VDSL-x-DS-FEXT}(f) &= PSD_{VDSL-x-DS}(f) XT_{FEXT}(f) && \text{Вт/Гц,} \end{aligned}$$

где $x = P$ или I .

Односторонняя плотность распределения мощности перекрестной помехи (XTPSD) NEXT и FEXT исходящего потока VDSL приведена ниже.

$$\begin{aligned} XTPSD_{VDSL-US-NEXT}(f) &= PSD_{VDSL-US}(f) XT_{NEXT}(f) && \text{Вт/Гц} \\ XTPSD_{VDSL-US-FEXT}(f) &= PSD_{VDSL-US}(f) XT_{FEXT}(f) && \text{Вт/Гц} \end{aligned}$$

ПРИМЕЧАНИЕ – PSD сигнала источника помехи исходящего потока VDSL ($PSD_{VDSL-US}(f)$), передаваемого через порт UR в линию, затухает, поступив в порт UI так, как будто она прошла через секцию FP длиной Y_1 м. Таким образом, приведенное ниже выражение для XTPSD является точным. Однако в этом приложении не выполняется преобразование приведенных ниже уравнений для сокращения проверяемых параметров, так как имитированные XTPSD для введения в порты UI и UO становятся зависимыми от длины Y_1 , если приведенные ниже уравнения были преобразованы.

$$\begin{aligned} XTPSD_{VDSL-US-NEXT}(f) &= PSD_{VDSL-US}(f) |\exp(-4\gamma_{FP} Y_1)| XT_{NEXT}(f) && \text{Вт/Гц} \\ XTPSD_{VDSL-US-FEXT}(f) &= PSD_{VDSL-US}(f) |\exp(-2\gamma_{FP} Y_1)| XT_{FEXT}(f) && \text{Вт/Гц} \end{aligned}$$

Односторонняя XTPSD самой VDSL для введения в каждый порт UI или UO приведена ниже, там порт UI представляет сторону VTU-R, а порт UO представляет сторону VTU-O, как показано на рисунке F.10.

$$\begin{aligned} XTPSD_{VDSL-x-UI}(f) &= XTPSD_{VDSL-US-NEXT}(f) + XTPSD_{VDSL-x-DS-FEXT}(f) && \text{Вт/Гц} \\ XTPSD_{VDSL-x-UO}(f) &= XTPSD_{VDSL-x-DS-NEXT}(f) + XTPSD_{VDSL-US-FEXT}(f) && \text{Вт/Гц} \end{aligned}$$

Результаты расчета XTPSD VDSL-I приведены на рисунке F.14 для случаев длин TP (X_1) 300 м и 500 м при длине FP 0 м, где сплошной линией изображены $XTPSD_{VDSL-I-UI}(f)$ и $XTPSD_{VDSL-I-UO}(f)$ в дБм/Гц, а штриховой линией – PSD принимаемого сигнала в портах UR (= UI этом случае) и UO, $PSD_{VDSL-I-DS}(f) \times |\exp(-2\gamma_{TP} X_1)|$ и $PSD_{VDSL-US}(f) \times |\exp(-2\gamma_{TP} X_1)|$ в дБм/Гц, для справок.

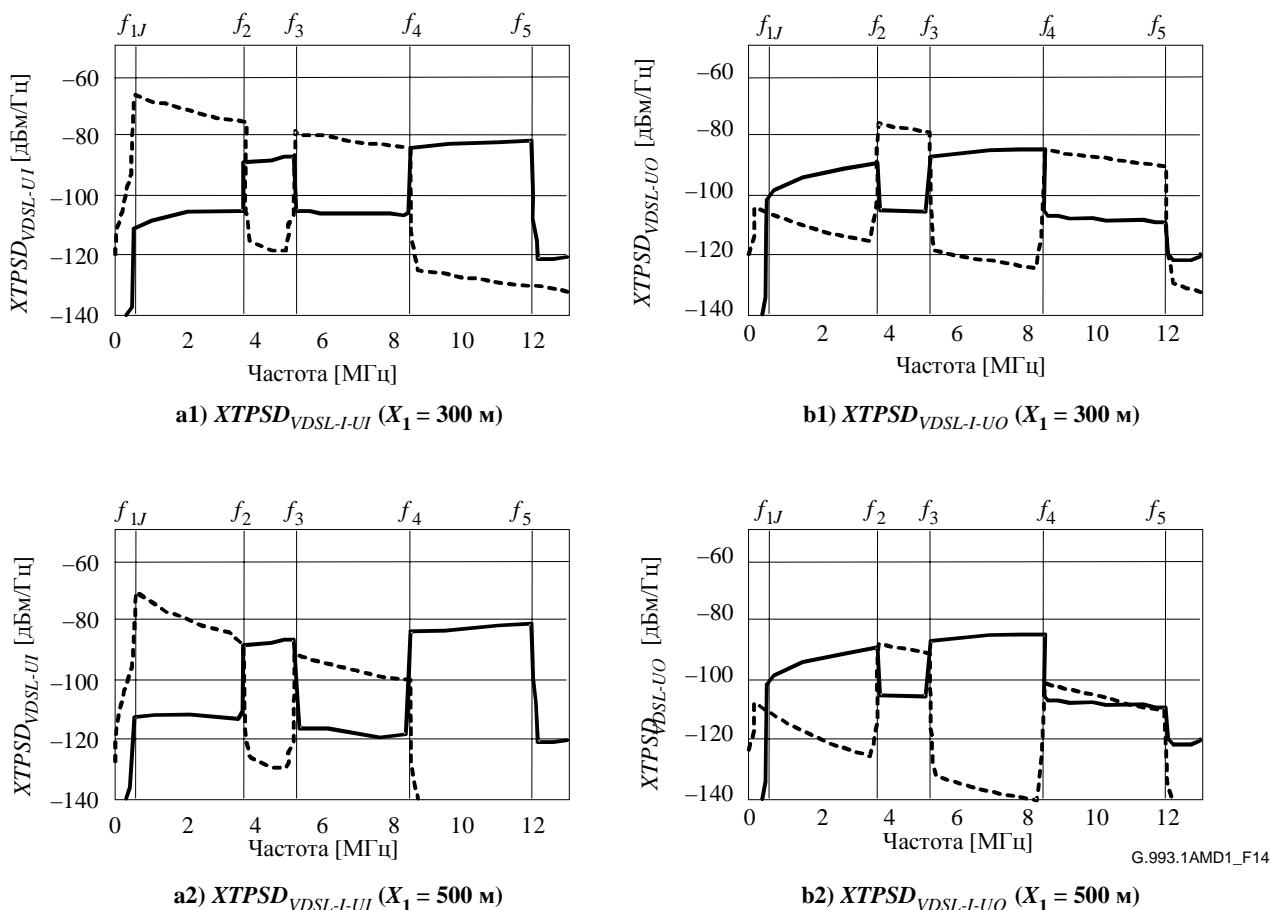


Рисунок F.14/G.993.1 – PSD NEXT и FEXT VDSL-I от 9 источников помехи для введения в порты UI и UO

F.3.2.3.2 XTPSD PNT

Односторонняя XTPSD PNT для введения в каждый порт UI или UO приведена ниже; там, как отмечено выше, пренебрегается затуханием источника сигнала помехи исходящего сигнала при прохождении через секцию FP.

$$XTPSD_{PNT}(f) = PSD_{PNT}(f) X_{T_{NEXT}}(f) \text{ Вт/Гц}$$

Результат расчета XTPSD PNT приведен на рисунке F.15, где сплошной линией изображена $XTPSD_{PNT}(f)$ в дБм/Гц, а штриховой линией - PSD передаваемого сигнала, $PSD_{PNT}(f)$, дБм/Гц, для справок.

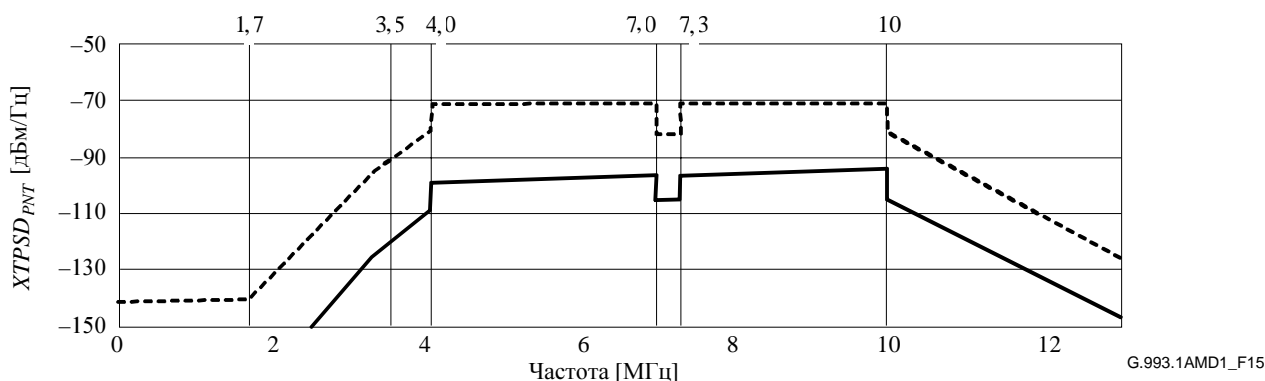


Рисунок F.15/G.993.1 – PSD NEXT PNT от 9 источников помехи для введения в порты UI и UO

Ф.3.2.4 Мощность перекрестной помехи

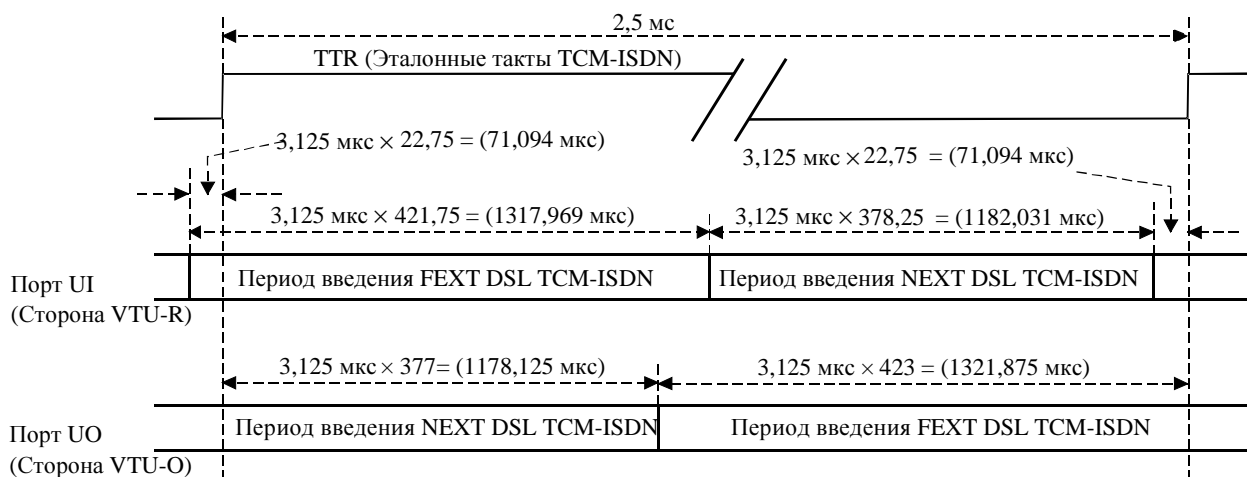
Мощность перекрестной помехи от источника помехи в ваттах, которая должна быть введена в приемник xDSL, подвергающийся действию помехи, рассчитывается путем интегрирования по частоте спектральной плотности мощности перекрестной помехи, $XTPSD(f)$. Результаты числового интегрирования в дБм в диапазоне частот от 0 Гц до 30 МГц приведены для справок в таблице F.10.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Мощность перекрестной помехи источника помехи ADSL для неперекрывающихся спектров, определенная в Приложении A/G.992.1, приведена в таблице F.10.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 – Мощность NEXT и FEXT источника помехи DSL TCM-ISDN в таблице F.10 приведена, исходя из предположения, что сигнал передачи DSL TCM-ISDN непрерывен. Периодически стационарная временная диаграмма введения NEXT и FEXT приведена на рисунке F.16, который воспроизведен из Рекомендации МСЭ-Т G.996.1.

Таблица F.10/G.993.1 – Мощность перекрестной помехи в дБм, которая должна вводиться в приемник xDSL, подвергаемый действию помехи

Источник помехи	Порт введения	Мощность перекрестной помехи [дБм]							
		Сокращение	Объект	X_1 (длина TP) при $Y_0 = 0$ м (длина FP)					
				100 м	200 м	300 м	500 м	1000 м	1500 м
VDSL-P	UI	$XTPSD_{VDSL-P-UI}$	$XTPSD_{VDSL-P-US-NEXT}$	-16,4	←	←	←	←	←
			$XTPSD_{VDSL-P-DS-FEXT}$	-30,1	-33,7	-37,9	-45,6	-58,7	-67,7
			(сумма мощностей)	-16,3	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4
	UO	$XTPSD_{VDSL-P-UO}$	$XTPSD_{VDSL-P-DS-NEXT}$	-19,1	←	←	←	←	←
			$XTPSD_{VDSL-P-US-FEXT}$	-28,4	-33,8	-40,0	-51,6	-77,9	-102,6
			(сумма мощностей)	-18,6	-18,9	-19,0	-19,1	-19,1	-19,1
VDSL-I	UI	$XTPSD_{VDSL-I-UI}$	$XTPSD_{VDSL-I-US-NEXT}$	-16,4	←	←	←	←	←
			$XTPSD_{VDSL-I-DS-FEXT}$	-30,1	-33,7	-38,0	-45,8	-60,5	-72,4
			(сумма мощностей)	-16,3	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4
	UO	$XTPSD_{VDSL-I-UO}$	$XTPSD_{VDSL-I-DS-NEXT}$	-19,1	←	←	←	←	←
			$XTPSD_{VDSL-I-US-FEXT}$	-28,4	-33,8	-40,0	-51,6	-77,9	-102,6
			(сумма мощностей)	-18,6	-18,9	-19,0	-19,1	-19,1	-19,1
ADSL	UI	$XTPSD_{ADSL-UI}$	$XTPSD_{ADSL-US-NEXT}$	-43,1	←	←	←	←	←
			$XTPSD_{ADSL-DS-FEXT}$	-33,4	-32,6	-33,1	-35,1	-41,9	-48,9
			(сумма мощностей)	-33,0	-32,3	-32,6	-34,4	-39,5	-42,1
	UO	$XTPSD_{ADSL-UO}$	$XTPSD_{ADSL-DS-NEXT}$	-24,5	←	←	←	←	←
			$XTPSD_{ADSL-US-FEXT}$	-57,3	-55,3	-54,6	-54,4	-56,4	-59,6
			(сумма мощностей)	-22,5	-22,5	-22,5	-22,5	-22,5	-22,5
PNT	UI и UO	$XTPSD_{PNT}$	$XTPSD_{PNT-NEXT}$	-28,7	←	←	←	←	←
TCM-ISDN DSL	UI и UO	$XTPSD_{TCM-ISDN}$	$XTPSD_{TCM-ISDN-NEXT}$	-29,6	←	←	←	←	←
			$XTPSD_{TCM-ISDN-FEXT}$	-41,8	-40,4	-40,1	-40,8	-44,5	-49,0



G.993.1AMD.1_F16

Рисунок F.16/G.993.1 – Временная диаграмма поочередного введения NEXT и FEXT DSL TCM-ISDN

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия В	Средства выражения: определения, символы, классификация
Серия С	Общая статистика электросвязи
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и средства передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	TMN и техническое обслуживание сетей: международные системы передачи, телефонные, телеграфные, факсимильные и арендованные каналы
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных и взаимосвязь открытых систем
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура и аспекты межсетевого протокола (IP)
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи