

Измерения передатчиков DVB-T/DVB-H при запуске, сдаче в эксплуатацию и во время технической эксплуатации

Указания по применению

Изделия:

| R&S®ETL

Вещательные передатчики должны соответствовать строгим требованиям к качеству передаваемого сигнала, так как даже небольшой сбой в работе приведет к потере сервиса у многих абонентов.

Универсальный измерительный инструмент ETL способен выполнить все требуемые измерения от первоначального тестирования при запуске передатчика до измерений при сдаче в эксплуатацию и во время технической эксплуатации передатчиков.

Измерения передатчиков
DVB-T/DVB-H

12.2013 - 7BM101_2E



ROHDE & SCHWARZ

Содержание

1	Обзор.....	3
2	Подготовительный этап	4
2.1	Требуемое оборудование	4
2.2	Система тестирования	5
2.3	Защита от повреждения при превышении входной мощности	6
2.4	Базовая конфигурация ETL	6
3	Проведение измерений.....	8
3.1	Измерение мощности	8
3.1.1	Измерение уровня мощности сигнала передатчика.....	8
3.1.2	Измерение величины пик-фактора (крест-фактора) сигнала.....	10
3.2	Характеристики модулятора	13
3.2.1	Ошибки квадратурных составляющих	13
3.2.2	Амплитудно-частотная характеристика и групповая задержка.....	15
3.3	Внеполосные излучения.....	17
3.3.1	Плечевое ослабление и излучение на соседний канал	17
3.3.2	Гармоники	23
3.4	Измерение качества сигнала	24
3.4.1	Стабильность частоты.....	24
3.4.2	Сигнализация параметров передачи	25
3.4.3	Коэффициент ошибок модуляции (MER).....	26
3.4.4	Диаграмма сигнального созвездия	28
3.4.5	Вероятность ошибки	29
4	Сокращения.....	31
5	Библиография	31
6	Дополнительная информация.....	32
7	Информация для заказа.....	32
8	Генерирование транспортного потока с помощью ETL.....	34
9	Неопределенность измерения обратной мощности.....	35
10	Запись частотной характеристики фильтра в файл преобразователя (трансдьюсера).....	37
11	Автоматизированное измерение при помощи программы TXCheck	40

1 Обзор

Вещательные передатчики должны соответствовать строгим требованиям к качеству передаваемого сигнала, так как даже небольшой сбой в работе приведет к потере сервиса у многих абонентов.

Универсальный измерительный инструмент ETL способен выполнить все требуемые измерения от первоначального тестирования при запуске передатчика до измерений при сдаче в эксплуатацию и во время технической эксплуатации передатчика.

Методики измерений, описанные в данном руководстве, соответствуют широко распространенным требованиям. В конкретных условиях пользователю необходимо только установить предельные значения измеряемых параметров.

В разделе 2 описываются подготовительные операции при проведении измерений. Необходимо собрать все необходимые инструменты и вспомогательные блоки для проведения измерений, а также обеспечить правильную защиту от превышения допустимых уровней измеряемых сигналов для предотвращения поломки приборов. Далее описываются типовые конфигурации для проведения измерений при помощи ETL.

В разделе 3 описываются различные методики измерений. Для каждой резервной системы в передатчике эти измерения должны быть проведены по крайней мере один раз на этапе тестирования. Измерения при эксплуатации должны первоначально проводиться для пониженных значений уровня мощности, вероятности ошибки BER и коэффициента модуляции MER.

Так как при эксплуатации передатчиков нет необходимости проведения некоторых повторных измерений, R&S предлагает в качестве доступной замены ETL ТВ анализаторы ETC и ETH. При помощи этих компактных ТВ анализаторов можно провести почти все измерения, описанные в данном руководстве при достаточной точности результатов.








Рисунок 1 – ТВ анализаторы ETL, ETH и ETC

В приложении D показано, как эти измерения могут быть автоматизированы при помощи ПО TxCheck.

Дополнительную информацию общего характера по системам цифрового вещания можно найти в книге Вальтера Фишера Digital Video and Audio Broadcasting Technology.

2 Подготовительный этап

2.1 Требуемое оборудование

Базовая конфигурация	
	<p>ТВ анализатор ETL с необходимыми опциями и обновленным ПО, доступным на http://www.rohde-schwarz.com/en/firmware/etl/</p>
Специализированные конфигурации для проведения конкретных измерений	
	<p>Балластная антенна. Необходима для проведения тестирования передатчика без излучения сигнала.</p>
	<p>Дополнительный датчик мощности NRP-Z91 для измерения мощности сигнала передатчика с точностью < 0.1 дБ.</p>
	<p>Заграждающий фильтр для подавления излучаемого сигнала на 40 дБ и более. Для измерения плечевого ослабления и излучения на соседний канал (3.3.1) по методу “фильтр после фильтра маски”</p>
	<p>ФВЧ для подавления излучаемого сигнала на 40 дБ и более для проведения измерения коэффициента гармоник.</p>

2.2 Система тестирования

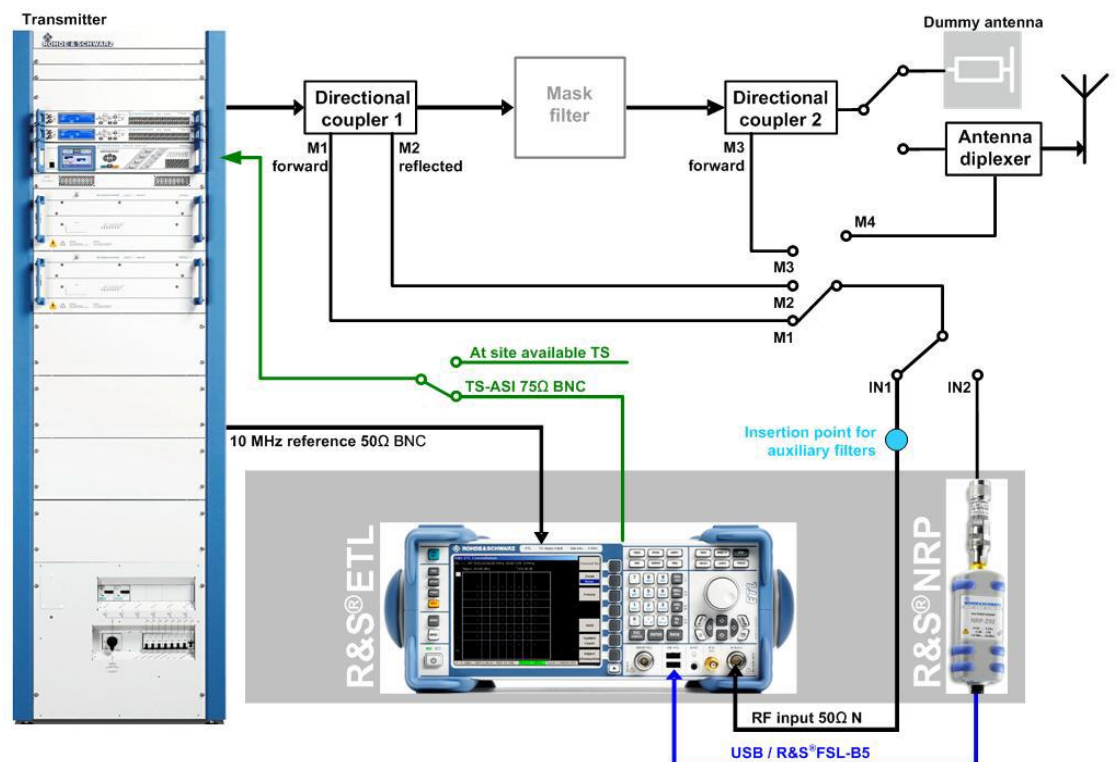


Рисунок 2 – Система тестирования

Для тестирования передатчика при приеме в эксплуатацию сигнал транспортного потока TS от встроенного в ETL генератора транспортного потока MPEG-2 (приложение А) подается на вход TS передатчика DVB-T. Также возможно использование других генераторов транспортного потока, например R&S DVSG. Выход передатчика подключается к балластной антенне.

При вводе в эксплуатацию используется рабочий транспортный поток на передающей станции. Первоначально измерения проводят при работе на балластную антенну, до того, как вещательный сигнал подается на схему сложения антенны. При этом становится доступной дополнительная точка измерения на схеме сложения (M4).

При эксплуатации передатчика для проведения измерений используется сигнал транспортного потока, доступный на станции. Излучаемый сигнал подается на схему сложения.

Измеряемый радиосигнал подается на вход ETL (IN1) или на измерительный датчик мощности (IN2) следующим образом:

От измерительной точки на выходе передатчика (M1 – измерение прямой мощности, M2 – измерения отраженной мощности)

От измерительной точки после фильтра-маски (M3).

Фильтр – маска устанавливается между выходом передатчика и балластной антенной или схемой сложения антенны. Некоторые измерения могут проводиться в измерительных точках до или после фильтра маски (M1/M3). Выбор измерительной точки определяется ее доступностью и измеряемым параметром.

При проведении измерения внеполосных излучений (раздел 3.3) возможно применение дополнительных заградительных перестраиваемых фильтров, которые включаются в разъемы для дополнительных фильтров.

Вход внешнего опорного сигнала EXT REF находится на задней панели прибора ETL. К нему подключается опорный синхросигнал 10 МГц GPS от источника на передающей станции.

Дополнительный датчик мощности может подключаться к анализатору ETL по интерфейсу USB или по дополнительному интерфейсу R&S FSL-B5.

2.3 Защита от повреждения при превышении входной мощности

Допустимая максимальная пиковая мощность на входе ETL составляет 36 дБм в течении короткого времени (<3 сек). Для рекомендуемого датчика мощности R&S NRP-Z91 эта величина составляет 23 дБм.

Поэтому рекомендуется использовать дополнительные аттенюаторы для ограничения общей средней мощности в измерительных точках до 0-10 дБм. Это обеспечит защиту от кратковременных выбросов мощности и не повлияет на качество измерений.

2.4 Базовая конфигурация ETL

В дальнейшем описании используются следующие обозначения:

- Обозначения большими буквами относятся к кнопкам с соответствующими надписями,

FREQ - 

- маркированные списки • TV Standard: OFDM DVB-T/H - определяют настройки и установки, сделанные в текущем отображаемом диалоговом окне конфигурации

- все остальные обозначения относятся к программным кнопкам, которые отображаются на правой части экрана. Стрелка (→) обозначает последовательность нажатий на кнопки.

Следующие установки конфигурации действуют по умолчанию, если не указано каких либо изменений

Режим анализатора спектра
SETUP-> Reference EXT Используется внешний источник опорного сигнала 10 МГц
MODE-> Spectrum Analyzer
FREQ ->Center Установка к центральной частоте
SPAN->Span manual Установить 20 МГц отображаемой полосы частот
TRACE->Detector Manual Select->Detector RMS
BW->Res BW Manual: установить 30 кГц полоса разрешения по частоте
SWEEP->SweepTime Manual: установить на 2 сек время развертки
AMPT->More->Preselector: Off Отключить преселектор, если он имеется в комплекте
AMPT->RF Atten Manual: Установить наименьшее возможное ослабление, при котором не происходит перегрузки по входу. Перегрузка обозначается в виде сообщений "IFovl" or "Ovld" в верхней части экрана.

AMPT→Ref Level: Установить опорный уровень так, чтобы весь спектр сигнала отчетливо отображался. При необходимости изменения шкалы выберите AMPT→Range Log и измените шкалу.

Режим ТВ/Радио анализатора
SETUP-> Reference EXT Используется внешний источник опорного сигнала 10 МГц
MODE→TV/Radio Analyzer/Receiver Выбор режима ТВ анализатора
AMPT→More→Preselector: Off Отключить преселектор
MEAS→Digital TV Settings TV Standard: OFDM DVB-T/H – Выбор стандарта телевидения Channel Bandwidth: Выбор полосы частот системы - 6 МГц, 7 МГц или 8 МГц, в соответствии с измеряемым сигналом.
FREQ→Channel RF: Выбрать центральную частоту полосы канала
MEAS→Special Settings→System Opt.→Slow/Laboratory

3 Проведение измерений

3.1 Измерение мощности

3.1.1 Измерение уровня мощности сигнала передатчика

Для систем цифрового телевидения средняя мощность является постоянной и не зависит от свойств передаваемого изображения, как в аналоговом телевидении. Так как фильтр маски вносит ослабление порядка 0.1-0.6 дБ в сигнал на выходе передатчика, измерения должны выполняться до и после фильтра маски. Отображаемая на экране мощность – это мощность сигнала от направленного ответвителя. Ослабление ответвителя может быть учтено выбором величины параметра Ref Level Offset и автоматически вычисляется для отображения на экране.

Анализатор ETL измеряет подаваемую на его вход мощность с точностью около 1 дБ, при использовании измерительного датчика точность составляет 0.1 дБ.

Процедура	
Выполните эти операции в измерительной точке	
M1, для измерения излучаемой мощности до фильтра-маски	
M2, для измерения отраженной мощности (Приложение В) до фильтра маски	
M3, для измерения прямой мощности после фильтра маски	
Режим ТВ анализатора	Измерение измерительным датчиком
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)	
Установите AMPT→More→Ref Level Offset величину ослабления направленного ответвителя в точке измерения для непосредственной компенсации	
Подайте сигнал на РЧ вход анализатора ETL (IN1)	Подключите измерительный датчик (IN2) к измерительной точке (датчик подключается к ETL по USB или сигнальный вход)
Выполните настройки системы, как указано в разделе 2.4	MODE→Spectrum Analyzer
	FREQ→Center: Установите значение центральной частоты канала
Нажмите MEAS→Overview→Adjust Attenuation	Установите MENU→Power Meter→Frequency Coupling: Center
	MENU→Power Meter→Power Meter→On
Определите измеренное значение (рис. 3)	Определите измеренное значение (рис. 4)

Ch: --- RF 642.000000 MHz DVB-T/H 8 MHz

* Att 15 dB

ExpLvl -30.00 dBm

Level

-0.9 dBm

	Pass	Limit	<	Results	<	Limit	Unit										
	Level	-60.0		-0.9		10.0	dBm										
	Constellation			16 QAM NH / normal													
	MER (rms)	24.0		34.8		-----	dB										
	MER (peak)	10.0		24.8		-----	dB										
	EVM (rms)	-----		1.36		4.40	%										
	EVM (peak)	-----		4.30		22.00	%										
Ext	BER before Viterbi			0.0e-8(34/100)		1.0e-2											
	BER before RS			0.0e-8(22/100)		2.0e-4											
	BER after RS			0.0e-7(13/100)		1.0e-10											
OLim	Packet Error Ratio			0.0e-5(13/100)		1.0e-8											
	Packet Errors			0		1	/s										
	Carrier Freq Offset	-30000.0		0.3		30000.0	Hz										
	Bit Rate Offset	-100.0		0.0		100.0	ppm										
	MPEG Ts Bitrate			18.096257			MBit/s										
<table border="1"> <tr> <td>16 QAM NH (16NH)</td> <td>FFT 8k (8k)</td> <td>GI 1/32 (1/32)</td> <td>3/4,3/4 (3/4,3/4)</td> <td>CellID 0</td> </tr> <tr> <td>TPS Res. 0,0,0,0</td> <td>INT N (N)</td> <td>MPE FEC Off/Off</td> <td>Time Sl. Off/Off</td> <td>LI 1F</td> </tr> </table>								16 QAM NH (16NH)	FFT 8k (8k)	GI 1/32 (1/32)	3/4,3/4 (3/4,3/4)	CellID 0	TPS Res. 0,0,0,0	INT N (N)	MPE FEC Off/Off	Time Sl. Off/Off	LI 1F
16 QAM NH (16NH)	FFT 8k (8k)	GI 1/32 (1/32)	3/4,3/4 (3/4,3/4)	CellID 0													
TPS Res. 0,0,0,0	INT N (N)	MPE FEC Off/Off	Time Sl. Off/Off	LI 1F													
Lvl -0.9dBm BER 0.0e-8 MER 34.8dB DEMOD MPEG																	

Рисунок 3: Режим ТВ анализатора, выбор пункта меню MEAS→Overview : Уровень входного сигнала указан в первой строке таблицы, в строке состояния или в виде укрупненного значения на экране (MEAS→Overview→Zoom).

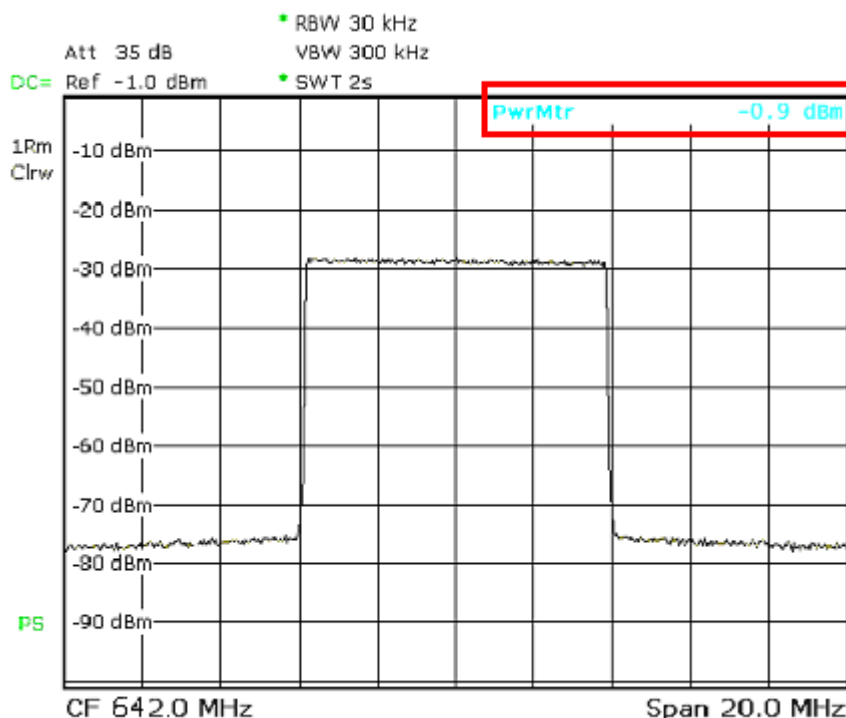


Рисунок 4: Режим анализатора спектра: спектр сигнала DVB-T с указанием считанных данных от измерительного датчика в верхней правой части экрана.

3.1.2 Измерение величины пик-фактора (крест-фактора) сигнала

Измерение величины пик-фактора (крест-фактора) имеет важное значения для правильного выбора параметров компонент системы, таких как фильтра маски, схемы сложения, коаксиальных кабелей и антенны.

Пик фактор определяется как отношение максимального значения радиосигнала к среднеквадратическому значению сигнала

$$PF = CF = 20 \log \frac{U_{peak}}{U_{RMS}}$$

В последнее время чаще используется другое вычисление пик фактора, как отношение пиковой мощности огибающей радиосигнала к средней мощности. Величина пик-фактора, вычисленная таким образом оказывается меньше на величину пик-фактора синусоидального сигнала, т.е. на 3.01 дБ.

Сигнал OFDM обладает очень высоким пик-фактором, так как

Для системы DVB-T в режиме 8K величина пик-фактора может быть большей, чем 40 дБ. На практике она ограничена величиной 13 дБ на выходе передатчика. Так как выбросы сигнала с высоким пик-фактором встречаются гораздо реже, любое измерение действительно только для интервала времени, в котором оно проводилось. Вероятностные свойства выбросов сигнала описываются комплиментарной функцией распределения (CCDF), в которой учитывается вероятность появления выброса сигнала. При вычислении CCDF определяется пиковое значение огибающей сигнала, поэтому полученную величину пик-фактора необходимо подкорректировать на 3.01 дБ.

Фильтр-маска на выходе передатчика подавляет гармонические продукты интермодуляции вне полосы диапазона. При этом изменяется форма огибающей сигнала и увеличивается пик-фактор. Поэтому при измерениях необходимо учитывать точку измерений, на выходе передатчика или на выходе фильтра-маски.

Используя ETL величина пик-фактора измеряется в режиме анализатора спектра непосредственно на измерительной точке передатчика (M1).

Пик-фактор ограниченного по полосе сигнала (после фильтра маски) измеряется в режиме анализатора спектра в измерительной точке после фильтра маски (M3).

Также измерить пик-фактор ограниченного по полосе сигнала можно в режиме ТВ анализатора в измерительной точке (M1). В этом режиме полоса сигнала ограничена 8 МГц, моделируя фильтр-маску.

Измерение пик фактора сигнала
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)
Подключите ETL (IN1) к измерительной точке M1 до фильтра маски
MODE→Spectrum Analyzer
FREQ→Center: Установить на центральную частоту канала
AMPT→RF Atten Manual: Установить наименьшее возможное ослабление, при котором не происходит перегрузки по входу.
MEAS→More→CCDF→Res BW: 10 МГц
MEAS→More→CCDF→# of Samples: 1000 000 000 Выберите количество отсчетов для анализа
Определите пик фактор (Рис. 5) и добавьте 3.01 дБ

Измерение пик-фактора ограниченного по полосе сигнала
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)
Подключите ETL (IN1) к измерительной точке до или после фильтра маски (M1/M3)
Задайте базовые параметры настройки ETL (раздел 2.4)
Выберите MEAS→Modulation Analysis→CCDF→Adjust Attenuation
Выберите MEAS→Modulation Analysis→# of Samples: 1000 000 000 Количество отсчетов
Определите пик фактор (Рис. 5) и добавьте 3.01 дБ

Ch: --- RF 642.000000 MHz DVB-T/H 8 MHz
 RBW 8 MHz

* Att 15 dB

ExpLvl -30.00 dBm AQT 303.797ms



RF 642.0 MHz		Mean Pwr + 20.0 dB	
Complementary Cumulative Distribution Function			
Samples	10000000		
Trace			
Mean	-1.01 dBm	Peak	11.00 dBm
		Crest	12.01 dB

Рисунок 5 Режим TV/radio analyzer/receiver mode, выбор меню MEAS→Modulation Analysis→CCDF: Вычисленный пик-фактор в правой нижней части.

3.2 Характеристики модулятора

3.2.1 Ошибки квадратурных составляющих

Модулятор DVB-T представляет собой блок вычисления обратного БПФ IFFT и следующего за ним квадратурного (I/Q) модулятора. I/Q модулятор может быть или цифровым или аналоговым. Если DVB-T модулятор построен по схеме прямой модуляции, I/Q модулятор аналоговый. В этом случае он должен быть подстроен точно, чтобы снизить следующие влияющие факторы

Амплитудное рассогласование

Квадратурные ошибки

Подавление несущего колебания

Неточное подавление несущей проявляется как провал в центре частотной диаграммы MER(f) (рис.15) и приводит к искаженной и сжатой диаграмме сигнального созвездия для поднесущих в центре диапазона. Амплитудное рассогласование и квадратурные искажения приводят к снижению MER на всех поднесущих OFDM сигнала. Поднесущие выше центральной частоты соотносятся с поднесущими ниже центральной частоты и наоборот.

Измерения
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)
Подключите ETL (IN1) к измерительной точке до или после фильтра маски (M1/M3)
Задайте базовые параметры настройки ETL (раздел 2.4)
MEAS→Modulation Analysis→Modulation Errors→Adjust Attenuation Для измерения ошибок модуляции
Считайте измеренные значения Рис. 6
MEAS→Modulation Analysis→I/Q Imbalance Для измерения квадратурного рассогласования
Используйте PRINT для сохранения результатов Рис. 7

	Pass	Limit	<	Results	<	Limit	Unit
Ext	Level	-60.0		-0.9		10.0	dBm
	Amplitude Imbalance	-2.00		-1.72		2.00	%
	Quadrature Error	-2.00		1.44		2.00	deg
OLim	Carrier Suppression	10.0		16.9			dB
	Carrier Phase			-166.7			deg
	MER (rms)	24.0		34.8		----	dB
	MER (peak)	10.0		25.5		----	dB
	EVM (rms)	----		1.36		4.40	%
	EVM (peak)	----		3.96		22.00	%
Lvl -0.9dBm BER 0.0e-8 MER 34.8dB				DEMOD	MPEG		

Рис. 6: Режим TV/radio analyzer/receive, меню MEAS→Modulation Errors: Амплитудное рассогласование, квадратурные ошибки и подавление несущей в строках 2–4.

Ch: --- RF 642.000000 MHz DVB-T/H 8 MHz

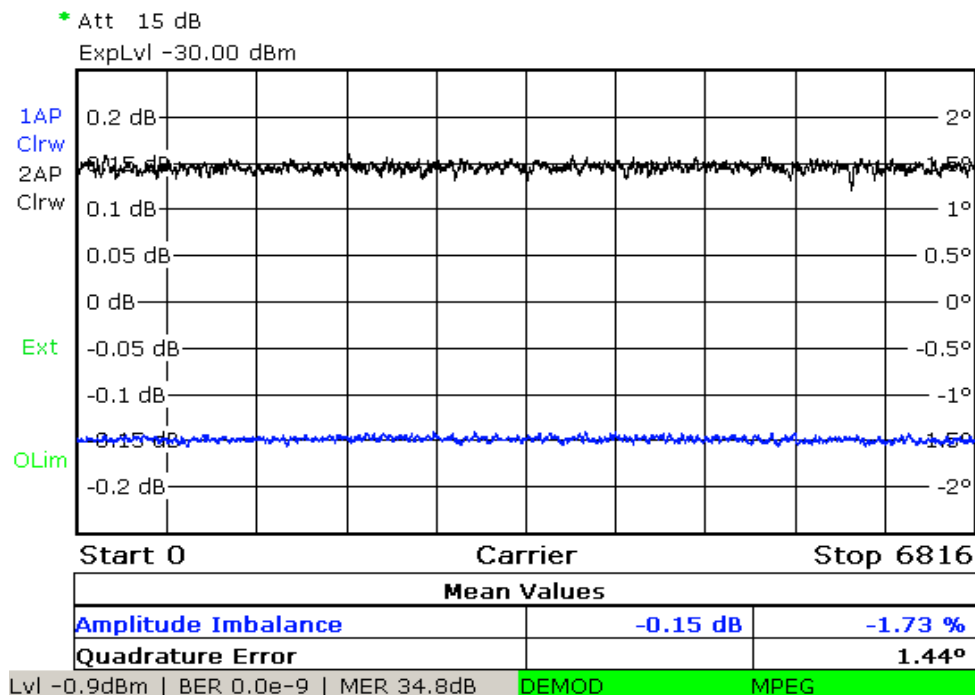


Рис. 7: Режим TV/radio analyzer/receiver, меню MEAS→Modulation Analysis →I/Q Imbalance: детальный анализ амплитудного рассогласования и квадратурных ошибок по всем поднесущим.

3.2.2 Амплитудно-частотная характеристика и групповая задержка

В системах аналогового телевидения параметры АЧХ и ГВЗ имели большое значение для передачи сигналов изображения. В системах цифрового телевидения DVB-T требования к АЧХ и ГВЗ могут быть слабее благодаря системе коррекции канала. Линейные искажения вносят фильтр маска и схема сложения. Эти линейные искажения могут быть компенсированы системой предкоррекции в передатчике. При этом линейные искажения появляются в обратном порядке на выходе передатчика.

Поэтому предпочтительным методом измерения АЧХ и ГВЗ является измерение после всех каскадов фильтрации в схеме сложения антенны (M4). Конечно, эти результаты будут различными в различных измерительных точках.

Измерение
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)
Подключите ETL (IN1) к измерительной точке (M4) (при ее наличии) на схеме сложения антенны, или к измерительной точке (M3) после фильтра-маски.
Задайте базовые параметры настройки ETL (раздел 2.4)
Выберите MEAS→Channel Analysis→Amplitude & GroupDelay→Adjust Attenuation
Выберите MEAS→Channel Analysis→Amplitude & GroupDelay→Auto Range
Используйте PRINT для сохранения результата измерений (рис. 8)

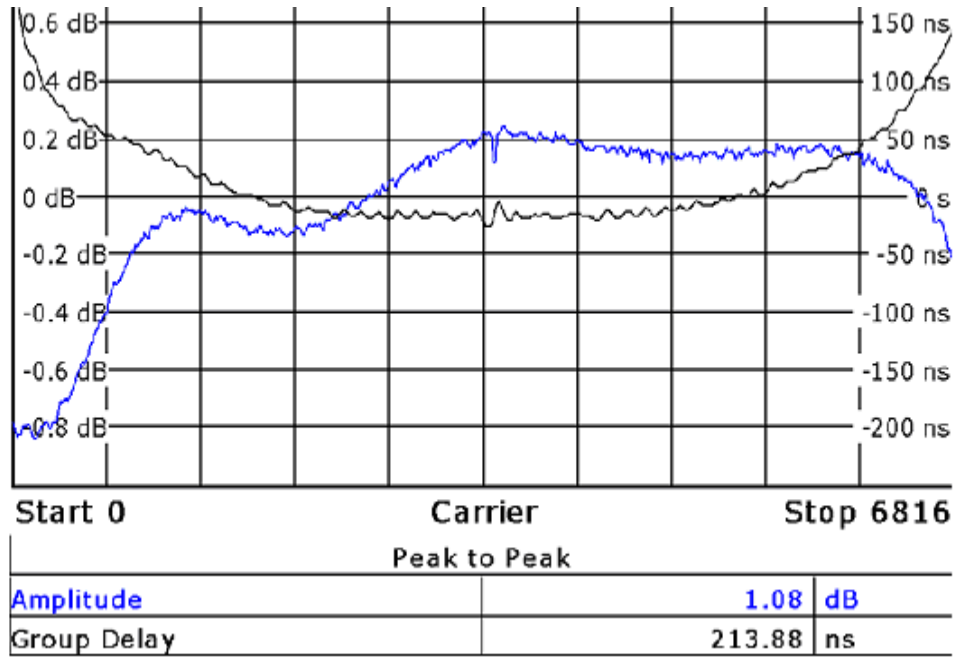


Рис. 8: Режим TV/radio analyzer/receive, меню MEAS→Channel Analysis→Amplitude & Group Delay: АЧХ и ГВЗ фильтра – маски при отсутствии компенсации искажений.

3.3 Внеполосные излучения

В передатчиках DVB-T применяются линейные усилители класса АВ. Передаваемый сигнал корректируется в схемах цифровой предкоррекции в модуляторе. Но несмотря на это, некоторая нелинейность характеристик остается. Эти нелинейности вызывают продукты интермодуляции от многих поднесущих OFDM сигнала.

С одной стороны, эти дополнительные, нежелательные частотные составляющие попадают в полосу сигнала. Они представляют собой дополнительную, искажающую мощность и снижают качество сигнала. С другой стороны, нежелательные спектральные составляющие попадают за пределы полосы канала и оказывают негативное влияние на соседние каналы. Существует несколько таких типов спектральных составляющих:

- Плечевое ослабление

Описывает мощность шумовых компонент вблизи от границ полосы частот канала

- Излучение на соседний канал

Описывает компоненты, отстоящие на несколько МГц от границ канала

- Гармоники

Компоненты с частотами, кратными частоте передатчика

3.3.1 Плечевое ослабление и излучение на соседний канал

Для снижения нежелательных внеполосных излучений применяется фильтр-маска.

Фильтры с критической маской используются для снижения внеполосного излучения на соседний канал с наибольшими требованиями по подавлению внеполосного излучения. Все остальные маски являются некритическими.

Следующие параметры минимального подавления требуются в соответствии с требованиями стандарта ETSI EN 302 296

Частота отстройки для 7 МГц канала, МГц	Частота отстройки для 8 МГц канала, МГц	Ослабление [dB] по отношению к общей мощности сигнала в эталонной полосе частот 4 КГц	Ослабление [dB] для канала 7 МГц	Ослабление [dB] для канала 8 МГц
+/-3.4	+/-3.9	-32.2 (7 МГц) -32.8 (8 МГц)	0	0
+/-3.7	+/-4.2	-73	-40.8	-40.2
+/-5.25	+/-6.0	-85	-52.8	-52.2
+/-10.5	+/-12.0	-110	-77.8	-77.2
+/-13.85		-126	-93.8	

Таблица 3-1: Маски допуска в соответствии с требованиями ETSI EN 302 296 с использованием некритической маски.

Частота отстройки для 7 МГц канала, МГц	Частота отстройки для 8 МГц канала, МГц	Ослабление [dB] по отношению к общей мощности сигнала в эталонной полосе частот 4 КГц	Ослабление [dB] для канала 7 МГц	Ослабление [dB] для канала 8 МГц
+/-3.4	+/-3.9	-32.2 (7 MHz) -32.8 (8 MHz)	0	0
+/-3.7	+/-4.2	-83	-50.8	-50.2
+/-5.25	+/-6.0	-95	-62.8	-62.2
+/-10.5	+/-12.0	-120	-87.8	-87.2
+/-13.85		-126	-93.8	

Таблица 3-2: Маски допуска в соответствии с требованиями ETSI EN 302 296 с использованием критической маски.

Высокий динамический диапазон сигнала после фильтра-маски затрудняет непосредственную проверку соответствия излучаемого спектра требованиям маски даже при допустимом динамическом диапазоне анализатора ETL величиной 58 дБ, что является очень хорошей характеристикой анализатора спектра. Поэтому для измерения используется перестраиваемый заградительный фильтр в полосе излучаемого сигнала. Перед измерениями частотная характеристика заградительного фильтра измеряется и сохраняется при помощи следящего (трекинг) генератора в составе ETL. Влияние заградительного фильтра на результаты измерений **после фильтра маски** автоматически учитывается при помощи функции трасдьюсера (преобразователя).

Другой возможностью использования следящего генератора является предварительное измерение частотной характеристики фильтра маски до проведения измерений и его сохранения. Влияние измеренной частотной характеристики фильтра на сигнал может быть вычислено в анализаторе спектра **до фильтра маски** при помощи функции трасдьюсера (преобразователя).

Измерение	
После фильтра маски с использованием заграждающего фильтра	Перед фильтром маски
Запишите частотную характеристику перестраиваемого заграждающего фильтра в файл преобразователя (приложение С)	Запишите частотную характеристику фильтра маски в файл преобразователя (приложение С)
Подключите ETL (IN1) к измерительной точке после фильтра маски (M3) и затем добавьте заграждающий фильтр в точке подключения дополнительного фильтра.	Подключите ETL (IN1) к измерительной точке до фильтра маски (M1)

3.3.1.1 Плечевое ослабление

Плечевое ослабление может быть измерено при помощи ETL в режиме анализатора спектра методом курсоров. Также ETL выполняет полностью автоматизированное измерение плечевого ослабления по методике рекомендаций по измерениям в DVB (метод касательной). Оба метода поддерживаются ETL и используются на практике, но из-за различной формулировки определений не дают одинаковый результат.

Измерение	
Измерение с помощью курсоров	Измерение методом касательной
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)	
Выполните процедуры по пункту 3.3.1	
Выберите SETUP→Transducer и активируйте файл с измеренной частотной характеристикой	
Задать базовую конфигурацию анализатора спектра по рекомендациям раздела 2.4	Задать базовую конфигурацию ТВ анализатора по рекомендациям раздела 2.4
MKR→Marker 1: Установить на центр полосы	MEAS→Spectrum→Adjust Attenuation
MKR→Marker 2: Установить на +4.2 МГц	MEAS→Spectrum→Shoulder Attenuation
MKR→More→Marker 3: Установить на – 4.2 МГц	При необходимости усреднения TRACE→Sweep Count: 100
Считайте значение дельта маркера (Рис. 9)	Считайте измеренное значение (Рис. 10)
Для сохранения результатов используйте PRINT	
SETUP→Transducer→Active Off: Деактивируйте файл с частотной характеристикой	

Ассиметричное плечевое ослабление говорит о недостаточном качестве сигнала

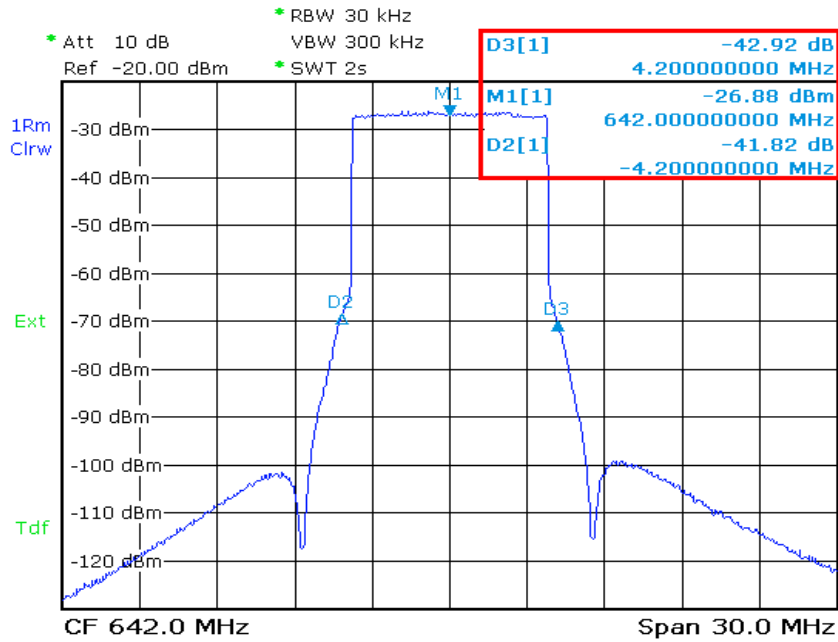


Рис. 9: Режим Spectrum analyzer: Измерение плечевого ослабления используя метод курсоров с активным файлом трансдюсера на ± 4.2 МГц в 8 МГц DVB-T канале.

Ch: --- RF 642.000000 MHz DVB-T/H 8 MHz

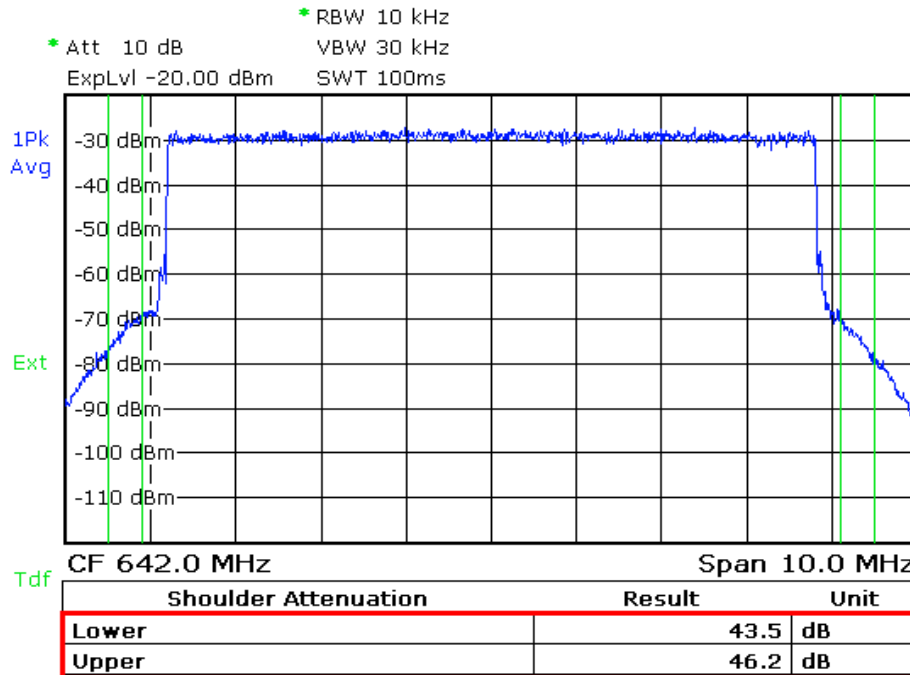


Рис. 10: Режим TV/radio analyzer/receiver, меню MEAS→Spectrum→Shoulder Atten: Измерение плечевого ослабления методом касательной с активным файлом трансдюсера в соответствии с рекомендациями по измерениям DVB [2].

3.3.1.2 Излучения в соседний канал

Измерения излучения могут быть проведены на несколько МГц от канала или методом курсоров или полностью автоматизировано функцией измерения “Out of Band Emission”.

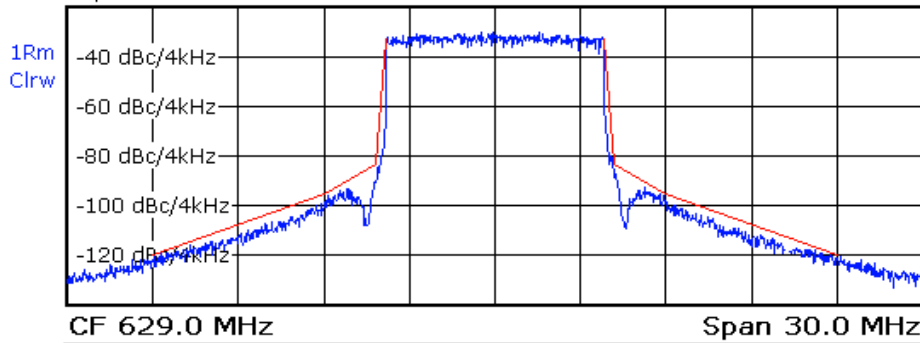
Функция “Out of Band Emission” поддерживает все спектральные маски, указанные в рекомендациях ETSI EN 300 744.

Измерение	
Методом курсоров	Функцией ETL Out of Band Emission
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)	
Выполните процедуры по пункту 3.3.1	
Выберите SETUP→Transducer и активируйте файл с измеренной частотной характеристикой	
Задать базовую конфигурацию анализатора спектра по рекомендациям раздела 2.4	Задать базовую конфигурацию ТВ анализатора по рекомендациям раздела 2.4
MKR→Marker 1: Установите на центр полосы	MEAS→Spectrum→OutOfBand Emission
Следующие три настройки должны быть проведены для каждой точки измерения	Выберите MEAS→Spectrum→OutOfBand Emission→Out of Band Emission Setup ● Выберите тип критической маски
MKR→Marker 2: Установить в точку измерения	MEAS→Spectrum→Adjust Attenuation
MKR→More→Marker 3: Установить в следующую точку измерения	При необходимости усреднений TRACE→Trace Mode: Average TRACE→Sweep Count: 100
Считайте значение дельта-маркера. При необходимости зафиксируйте результат функцией PRINT (Рис.9)	При необходимости зафиксируйте результат функцией PRINT (Рис.11)

SETUP→Transducer→Active Off: Отключить файл измеренной частотной характеристики (трансдюсера)

Ch: --- RF 629.000000 MHz DVB-T/H 8 MHz

* RBW 3 kHz
* Att 15 dB VBW 30 kHz
ExpLvl -10.00 dBm SWT 3.3s



Pass (ETSI EN 300 744)							
Critical				Noise Floor Correction: Off			
Margin List							
Interval [MHz]		Frequency [MHz]	Margin [dB]	Interval [MHz]		Frequency [MHz]	Margin [dB]
-4.20	-3.81	-4.184	7.785	3.81	4.20	4.184	6.211
-6.00	-4.20	-5.333	2.315	4.20	6.00	5.533	1.941
-12.00	-6.00	-11.953	0.297	6.00	12.00	11.753	0.394

Рис. 11: Режим TV/radio analyzer/receiver, меню MEAS→Spectrum→OutOfBandEmission: Излучение на соседний канал с фильтром критической маски и активным файлом трансдюсера.

3.3.2 Гармоники

Фильтр гармоник используется для снижения нежелательных внеполосных излучений. Обычно этот фильтр является частью передатчика. Анализатор ETL может использоваться для измерения гармоник в режиме анализатора спектра. Так как фильтр маска не подавляет гармоники передаваемого сигнала, а активен только на небольшом отрезке полосы частот от канала, гармоники могут быть измерены непосредственно в измерительной точке (M1) на выходе передатчика.

Высокий динамический диапазон сигнала означает, что должен использоваться подходящий ФВЧ, подавляющий полезный сигнал минимум на 40 дБ. Загрязняющий перестраиваемый фильтр не может быть использован в данном измерении, так как их частотная характеристика повторяется на частотах, кратных частоте канала. Частотная характеристика ФВЧ должна быть измерена и сохранена перед измерениями при помощи следящего генератора и затем применена используя функцию преобразователя (трансдюсера).

Измерение
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)
Измерьте частотную характеристику ФВЧ и сохраните результат в виде файла, (приложение С)
Подключите ETL (IN1) к измерительной точке перед фильтром маской (M1) и подключите ФВЧ в точку подключения дополнительного фильтра
Задайте базовую конфигурацию анализатора спектра по рекомендациям раздела 2.4
FREQ→Center: Установите центральную частоту 1.5 ГГц
SPAN→Span Manual: Установите на 3 ГГц
Выберите SETUP→Transducer для активации записанного файла с частотной характеристикой ФВЧ
Выберите MKR→Marker 1 и используйте функции маркера для изучения кратных значений частоты передатчика; Рис. 12

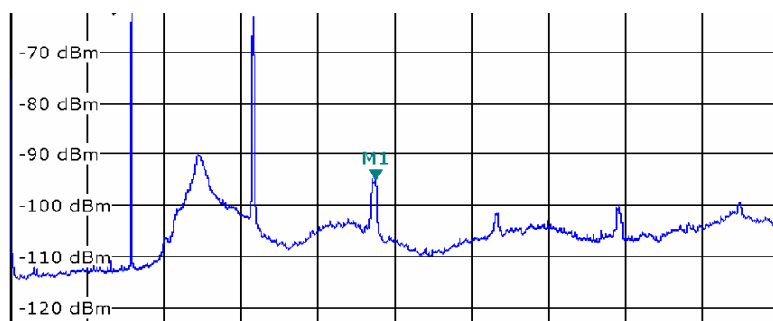


Рис. 12: Режим Spectrum analyzer: Полезный канал подавлен ФВЧ; отчетливо видны гармонические составляющие сигнала.

3.4 Измерение качества сигнала

3.4.1 Стабильность частоты

Для реализации одночастотных сетей в цифровом телевидении требуется очень высокая стабильность частоты передатчиков, менее, чем 10^{-9} . Отклонение частоты передатчика измеряется ETL в режиме ТВ анализатора в измерительной точке M1 на выходе передатчика.

Измерение
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)
Подключите ETL (IN1) к измерительной точке до фильтра маски (M1)
Задайте базовую конфигурацию ТВ анализатора по рекомендациям раздела 2.4
MEAS→Overview→Adjust Attenuation
Считайте измеренное отклонение частоты, рис. 13

Ch: --- RF 642.000000 MHz DVB-T/H 8 MHz

* Att 15 dB

ExpLvl -30.00 dBm

Carr Freq Offset

300.0 mHz

	Pass	Limit	<	Results	<	Limit	Unit
		-60.0		-1.0		10.0	dBm
				16 QAM NH / normal			
		24.0		34.8		-----	dB
		10.0		25.3		-----	dB
		-----		1.36		4.40	%
		-----		4.05		22.00	%
Ext				0.0e-8(85/100)		1.0e-2	
				0.0e-8(58/100)		2.0e-4	
				0.0e-7(37/100)		1.0e-10	
OLim				0.0e-5(37/100)		1.0e-8	
				0		1	/s
		-30000.0		0.3		30000.0	Hz
		-100.0		0.0		100.0	ppm
				18.096257			MBit/s

16 QAM NH (16NH)	FFT 8k (8k)	GI 1/32 (1/32)	3/4,3/4 (3/4,3/4)	CellID 0
TPS Res. 0,0,0,0	INT N (N)	MPE FEC Off/Off	Time Sl. Off/Off	LI 1F

Рис. 13: Режим TV/radio analyzer/receiver, меню MEAS→Overview: Стабильность частоты отображается в 11 строке таблицы, так же и в увеличенном формате (MEAS→Overview→Zoom).

3.4.2 Сигнализация параметров передачи

В системе DVB-T поднесущие сигнализации параметров передачи (TPS) передают 67 бит в кадре. Биты TPS содержат текущий параметр передачи и могут отличаться в четырех кадрах суперкадра. Они включают в себя:

- Слово инициализации
- Индикатор длительности
- Пакет данных в соответствии со стандартом DVB-T
- Зарезервированные биты
- Защиту от ошибок

Некоторые резервные биты используются для

- Идентификатора ячейки Cell ID
- Сигнализации DVB-H

В одночастотных сетях особенно важно контролировать правильную передачу одинаковых бит TPS всеми передатчиками сети.

Измерение
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)
Подключите ETL (IN1) к измерительной точке до или после фильтра маски (M1/M3)
Задайте базовые параметры настройки ETL (раздел 2.4)
MEAS→Overview→Adjust Attenuation
Используйте PRINT для сохранения результатов измерений, рис. 14

	EVM (peak)	-----	4.30	22.00	%
Ext	BER before Viterbi		0.0e-8(34/100)	1.0e-2	
	BER before RS		0.0e-8(22/100)	2.0e-4	
	BER after RS		0.0e-7(13/100)	1.0e-10	
OLim	Packet Error Ratio		0.0e-5(13/100)	1.0e-8	
	Packet Errors		0	1	/s
	Carrier Freq Offset	-30000.0	0.3	30000.0	Hz
	Bit Rate Offset	-100.0	0.0	100.0	ppm
	MPEG Ts Bitrate		18.096257		MBit/s
	16 QAM NH (16NH)	FFT 8k (8k)	GI 1/32 (1/32)	3/4,3/4 (3/4,3/4)	CellID 0
	TPS Res. 0,0,0,0	INT N (N)	MPE FEC Off/Off	Time Sl. Off/Off	LI 1F
	Lvl -0.9dBm BER 0.0e-8 MER 34.8dB		DEM0D	MPEG	

Рис. 14: Режим TV/radio analyzer/receiver, меню MEAS→Overview: Информация TPS показана в таблице в нижней части экрана.

3.4.3 Коэффициент ошибок модуляции (MER)

Коэффициент ошибок модуляции является общей характеристикой влияния шумов и искажений на передаваемый сигнал DVB-T. Для вычисления MER определяется отклонение принятых точек сигнальной диаграммы от их теоретических позиций. Это дает возможным количественно оценить качество принимаемого сигнала. Величина MER обычно выражается в дБ как логарифм отношения среднеквадратического значения сигнала и вектора помехи

$$MER_{rms} = 20 \log_{10} \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (|\text{вектор ошибки}|)^2}}{U_{RMS}} \quad [\text{дБ}]$$

Высокое значение MER указывает на хорошее качество сигнала. На практике значения MER лежат от нескольких дБ до 40 дБ. Хорошо настроенный передатчик DVB-T имеет MER порядка 35 дБ. При приеме ТВ сигнала на антенну, установленную на крыше, MER находится в пределах 20-30 дБ. Для комнатных приемников MER находится в пределах 13-20 дБ. Значение MER может быть определено по всем поднесущим OFDM сигнала или показано в виде распределения MER(f) по всем поднесущим.

Измерение
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)
Подключите ETL (IN1) к измерительной точке до или после фильтра маски (M1/M3)
Задайте базовые параметры настройки ETL (раздел 2.4)
MEAS→Modulation Analysis→MER(f)→Adjust Attenuation
SPAN→Full Span
Используйте PRINT для сохранения результатов измерений, рис. 15

По техническим причинам, для передатчиков с высокой эффективностью распределение MER(f) может отображаться с небольшими искажениями после коррекции.

Ch: --- RF 642.000000 MHz DVB-T/H 8 MHz

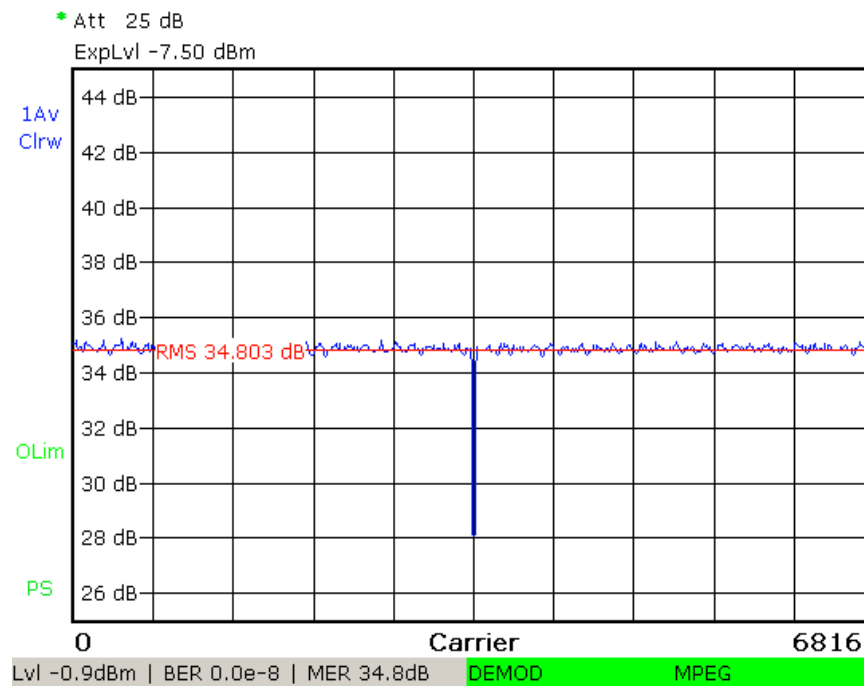


Рис. 15: Режим TV/radio analyzer/receiver, меню MEAS→Modulation Analysis→MER(f), зависимость величины MER от частоты (номера поднесущей) и суммарный MER по всему каналу (RMS).

3.4.4 Диаграмма сигнального созвездия

Сигнальное созвездие отображает дискретные состояния сигнала в квадратурном модуляторе в дискретные моменты времени. Сигнальное созвездие это графическое отображение синфазных и квадратурных составляющих КАМ сигнала. Для сигнала, состоящего из многих поднесущих, сигнальное созвездие определяется по всему множеству поднесущих. Воздействие шума на сигнал проявляется в сигнальной диаграмме в виде облачного размытия точек диаграммы. Чем меньше это размытие точек, тем качество сигнала лучше. При измерениях на передатчике должны отображаться только точные значения точек диаграммы.

Качество настройки квадратурных составляющих может быть определено по анализу центральной поднесущей сигнала.

Измерение
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)
Подключите ETL (IN1) к измерительной точке до или после фильтра маски (M1/M3)
Задайте базовые параметры настройки ETL (раздел 2.4)
MEAS→Modulation Analysis→Const Diagram→Adjust Attenuation
SPAN→Full Span
Используйте PRINT для сохранения результатов измерений, рис. 16
Выберите SPAN→Span Carrier→Carrier Span и введите номер поднесущей в середине диапазона (3408 в режиме 8K)
Используйте PRINT для сохранения результатов измерений

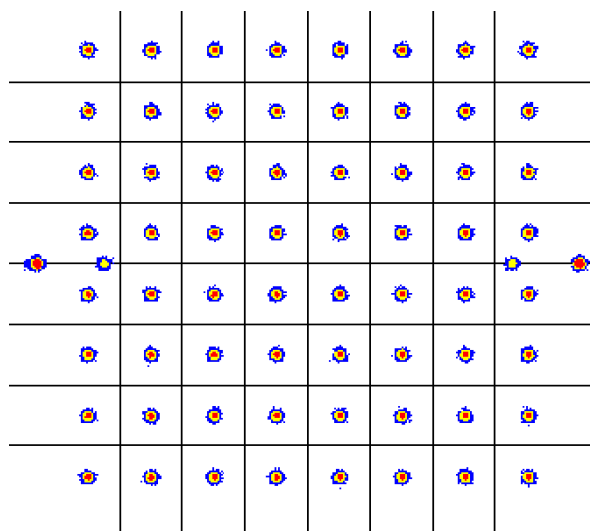


Рис. 16: Режим TV/radio analyzer/receiver, меню MEAS→Modulation Analysis→Const Diagram: сигнальная диаграмма (КАМ 64) с величиной MER равной 36 дБ.

3.4.5 Вероятность ошибки

В системе DVB-T для исправления ошибок применяется каскадная схема кодирования. Внешний код – блочный код Рида-Соломона, внутренний код – сверточный с декодированием по Витерби. Оба метода кодирования обнаруживают и исправляют ошибки в потоке данных. Поэтому вероятность ошибки (BER) измеряется в следующих точках

- BER перед декодером Витерби
- BER после декодера Витерби = BER перед декодером кода Рида-Соломона
- BER после декодера Рида-Соломона

Влияние канала связи и помех может быть оценено величиной вероятности ошибки. Для работоспособного передатчика DVB-T только вероятность ошибки перед декодером Витерби может отличаться от нуля и принимать значения 10^{-9} и меньше. Для измерения малых вероятностей ошибки необходимо увеличить время измерения. Для измерений при вводе в эксплуатацию это время может занимать часы, при проверке работоспособности – минуты.

Измерение
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)
Подключите ETL (IN1) к измерительной точке до или после фильтра маски (M1/M3)
Задайте базовые параметры настройки ETL (раздел 2.4)
MEAS→Overview→Adjust Attenuation
Откройте меню MEAS→Measure Log→Configure dialog; Рис. 17: Выберите разрешение на формирование записи измерений Enable Measurement Log Выберите время измерений Time Span Выберите Select Trace 1→ BER before Viterbi для измерения BER перед декодером Витерби Выберите Select Trace 2→ BER before Reed-Solomon для измерения BER перед декодером Рида-Соломона
MEAS→Measure Log→Clear
Оставьте прибор для выполнения измерений (на минуты или часы)
Проверяйте условия измерений, не должно происходить никаких сбоев синхронизации (Рис. 18)
Если измерения проведены корректно, выберите MEAS→Measure Log→Auto Range
Если измерения проведены корректно, выберите максимальное значение и используйте PRINT для сохранения результата (Рис. 19)

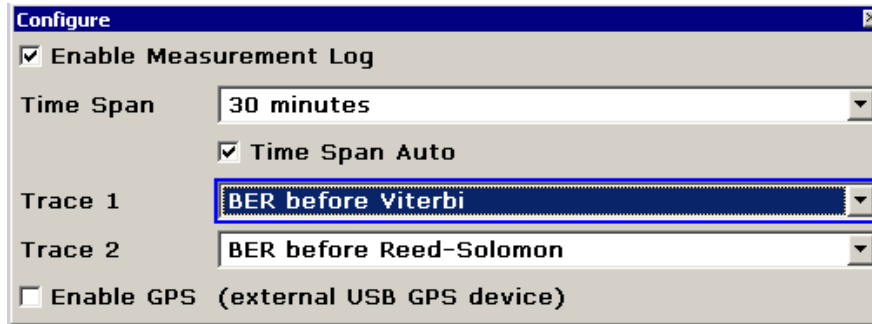


Рис. 17: Режим TV/radio analyzer/receiver, меню MEAS→Measure Log→Configure: Настройка измерений BER.

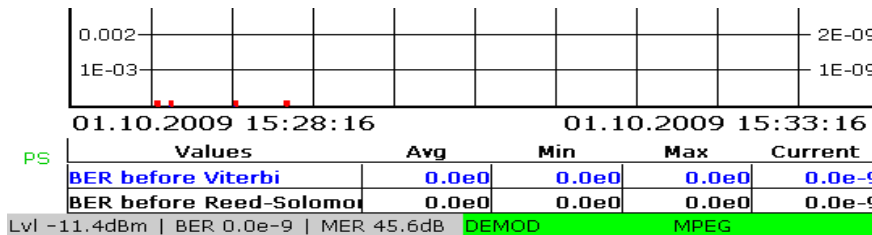


Рис. 18: Режим TV/radio analyzer/receiver, меню MEAS→Measure Log: Измерения BER с записью хода измерений. Красные маркеры над временной осью (в 1 и 2 временном сегментах) показывают наличие потери синхронизации. Измерения BER для этих интервалов недействительны.

Ch: --- RF 642.000000 MHz DVB-T/H 8 MHz
RBW 3 MHz
* Att 30 dB VBW 10 MHz
ExpLvl -47.50 dBm SWT 50ms

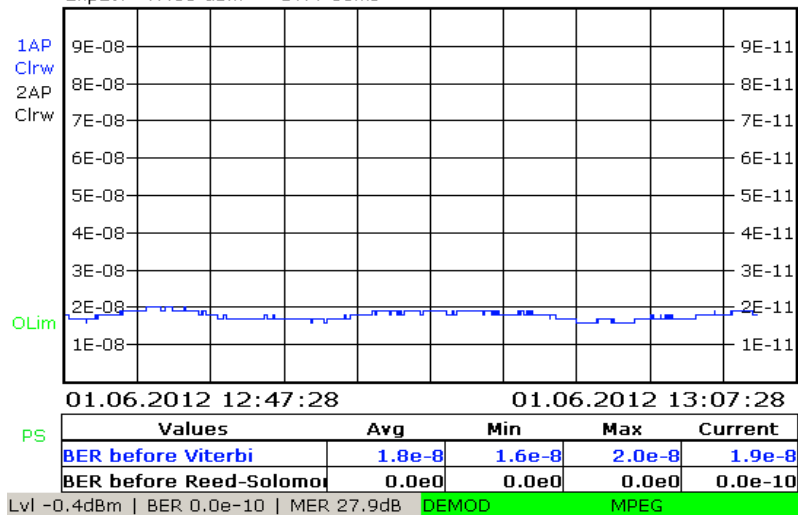


Рис. 19: Режим TV/radio analyzer/receiver, меню MEAS→Measure Log: действительное измерение BER.

4 Сокращения

BER	Вероятность ошибки
CCDF	Комплиментарная интегральная функция распределения
DVB-T	Наземное цифровое ТВ вещание
DVB-H	Цифровое ТВ вещание – переносные устройства
MER	Коэффициент ошибок модуляции
OFDM	Ортогональное частотное мультиплексирование
QAM	Квадратурная Амплитудная Модуляция
RS	Код Рида-Соломона
SFN	Одночастотная сеть
TPS	Сигнализация параметров передачи
TS	Транспортный поток

5 Библиография

[1] "Digital Video and Audio Broadcasting Technology",

Walter Fischer, Springer Verlag, 2010,

ISBN: 978-3-642-11611-7

[2] "Measurement guidelines for DVB systems",

ETSI TR 101 290

[3] Application Note 7TS02

[4] "CCDF determination – a comparison of two measurement methods ",

Christoph Balz, News from Rohde & Schwarz, No. 172 (2001/III), pp. 52 – 53

6 Дополнительная информация

Руководства пользователя и примеры применения регулярно обновляются на сайте

<http://www.rohde-schwarz.com>

7 Информация для заказа

Обозначение	Тип	Порядковый номер
Инструмент		
ТВ анализатор, 500 кГц-3ГГц со следящим генератором	R&S ETL	2112.0004.13
Датчик средней мощности 9 кГц до 6 ГГц, 200 мВт	R&S NRP-Z91	1168.8004.02
Требуемые опции		
Один из трех следующих интерфейсов датчика мощности		
- дополнительный интерфейс	R&S FSL-B5	1300.6108.02
- Активный USB адаптер	R&S NRP-Z3	1146.7005.02
- Пассивный USB адаптер	R&S NRP-Z4	1146.8001.02
Измерения датчиком мощности с NRP	R&S FSL-K9	1301.9530.02
Жесткий диск емкостью 80 Гбайт (часть базового блока с номерами, начиная с SN 101500)	R&S ETL-B209	2112.0291.02
Плата обработки MPEG	R&S®ETL-B280	2112.0362.02
Генератор\запись транспортного потока MPEG	R&S®ETL-K280	2112.0591.02
ПО DVB-T/H	R&S®ETL-K240	2112.0556.02
Опция записи измерений для цифрового ТВ	R&S®ETL-K208	2112.0579.02

Рекомендуемые опции		
Отклонение частоты в одночастотных сетях		
Измерения отклонения частоты DVB-T/H SFN	R&S®ETL-K241	2112.0562.02
Визуализация		
Аппаратный декодер звука и видео	R&S®ETL-B281	2112.0356.02
Обновления для HDTV	R&S®ETL-K281	2112.0604.02
Анализ MPEG		
Анализ/мониторинг MPEG	R&S®ETL-K282	2112.0610.02
Детальный анализ	R&S®ETL-K283	2112.0627.02
Анализ широковещательных данных	R&S®ETL-K284	2112.0633.02

8 Генерирование транспортного потока с помощью ETL

Генератор транспортного потока в составе ETL позволяет получить MPEG-2 транспортный поток по требованиям DVB. Он подается на вход передатчика через 75 Ом кабель, подключенный к TS ASI OUT разъему на задней панели ETL. Также имеются файлы, полностью совместимые с транспортным потоком, которые могут быть воспроизведены непрерывно с повторением.

Необходимо выбрать следующие настройки

Настройки генератора TS
MODE→TS Generator / Recorder
MEAS→TS Generator→Source: Выберите подходящий файл (Рис. 20)
MEAS→TS Generator→Start



Play Source	Playing	TS Data Rate
DIVER.GTS	00:12:86	5.097 MBit/s

Source	d:\TsGen\SDTV\DVB_25Hz\720_576i\LIVE\DIVER.GTS
File Date / Size	2006-05-24 / 13671435 Bytes
Orig. Loop Time	23.040 s
TS Data Rate	5.097 MBit/s
Play Window Start	00:00:00
Play Window Stop	00:23:04

Рис. 20: Режим TS generator: Генерирование транспортного потока.

9 Неопределенность измерения обратной мощности

При скалярных измерениях отраженной мощности возникает неопределенность измерений из-за направленности измерительных ответвителей. Эта направленность является причиной нежелательных переходных помех на измеряемую отраженную мощность. Чем лучше направленность, тем меньше нежелательные переходные помехи от прямой мощности. Типичная величина направленности для направленного ответвителя равна -35 дБ.

Для точного измерения отраженной мощности должна быть известна фаза накладывающихся сигналов. Это возможно только с векторным измерением мощности. Но и скалярные измерения, выполняемые с помощью ETL также могут быть использованы для выполнения необходимых оценок. При измерении с помощью ETL выполняется проверка того, что отраженная мощность достаточно мала для того, чтобы функции защиты передатчика не выполнили отключение станции. Это возможно при скалярных измерениях, так как отношение величины направленности направленного ответвителя к максимальной допустимой отраженной мощности достаточно велико.

При скалярных измерениях отраженной мощности теоретическая неопределенность измерений находится в интервале от +6 дБ до $-\infty$, т.е. отраженная мощность при скалярных измерениях может быть или больше на 6 дБ или намного меньше, рис.21. Неопределенность измерений зависит от вносимого затухания, направленности и от отраженной мощности. На практике вносимое затухание можно не учитывать, так как его влияние мало.

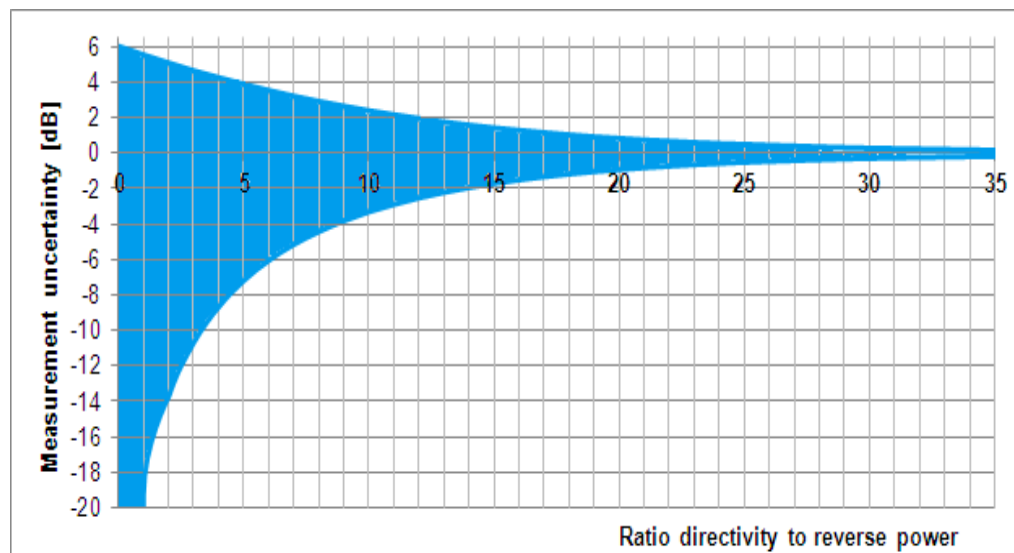


Рис. 21: Зависимость неопределенности измерений скалярного измерения от отношения направленности ответвителя к величине отраженной мощности.

Предположим, что отношение направленности ответвителя к величине отраженной мощности равно 0 дБ (наихудший случай). Неопределенность измерений в таком случае лежит в интервале от +6 до $-\infty$. Так как +6 дБ является наибольшей применимой величиной, нет необходимости определять настоящую величину мощности.

В другом примере предположим, что разница между направленностью ответвителя и величиной отраженной мощности равно 20 дБ. В этом случае теоретическая ошибка измерений находится между 0.83 дБ и -0.92 дБ. Если величина отраженной мощности на выходе ответвителя равна 15 дБ и направленность ответвителя равна -35 дБ, на тестовом инструменте могут отображаться значения от -14.17 до -15.92 дБ. В этом случае неопределенность измерений находится в пределах ± 1 дБ. Скалярные измерения дадут критическое значение большой отраженной мощности.

Следующая диаграмма позволяет определить максимальное значение отраженной мощности по фактически измеренному значению отраженной мощности по показаниям прибора.

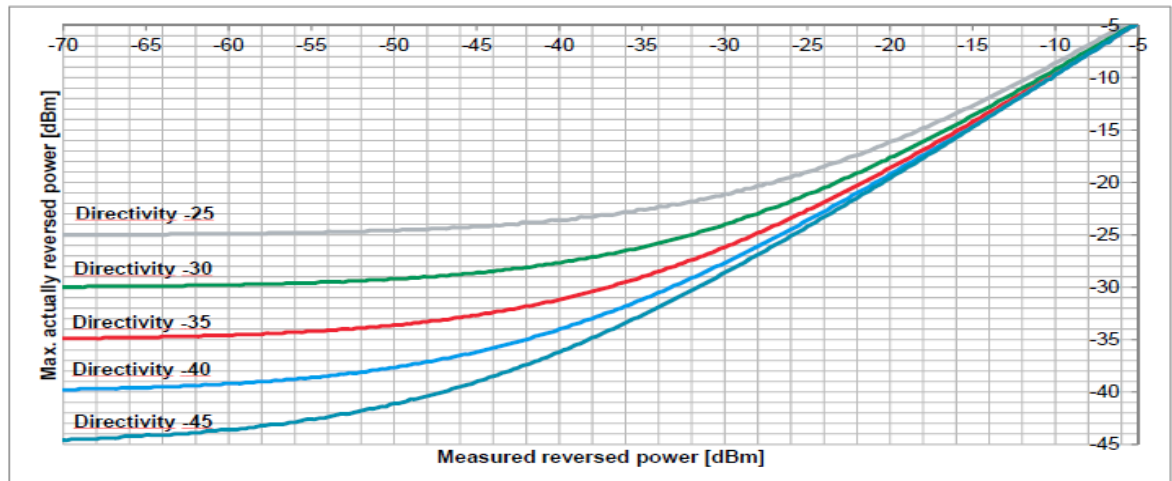


Рис. 22: Зависимость максимального текущего значения отраженной мощности от измеренного значения по показаниям прибора.

Измеренное скалярное значение отраженной мощности является приемлемым, так как максимальная отраженная мощность от линии измерения является допустимой величиной.

10 Запись частотной характеристики фильтра в файл преобразователя (трансдюсера).

На практике существуют два способа оценивания параметров сигнала, который превышает динамический диапазон анализатора спектра

Метод 1.

Частотные составляющие сигнала, имеющие большую мощность, селективно подавляются при помощи дополнительных фильтров, таких как перестраиваемый заграждающий фильтр или ФВЧ. Они достаточно снижают динамический диапазон сигнала для возможности измерения сигнала на выходе дополнительного фильтра. Для автоматического отображения настоящего динамического диапазона используется файл преобразователя (трансдюсера) для математической компенсации частотной характеристики дополнительного фильтра.

Метод 2

Если высокий динамический диапазон сигнала вызван применением специального фильтра, например – фильтра маски на передатчике, дополнительные фильтры не требуются. Вместо этого измеряется частотная характеристика специального фильтра и сохраняется в виде файла преобразователя. Этот файл преобразователя затем применяется для измерения перед фильтром путем наложения частотной характеристики фильтра и автоматически вычисляется текущий динамический диапазон.

Файл преобразователя (трансдюсера) может быть создан непосредственно используя следящий генератор в ETL, так как частотная характеристика фильтра не превышает измеримый динамический диапазон. Частотная характеристика фильтра, указанная в технической документации так же может быть введена в виде файла используя SETUP→Transducer.

Формирование файла преобразователя
MODE→Spectrum Analyzer
FREQ→Center: Установить на центральную частоту полосы канала
SPAN→Span Manual: установить на 30 МГц
TRACE→Detector Manual Select→More→Detector Average
BW→Res BW Manual: установить на 30 kHz
SWEEP→SweepTime Manual: установить на 2 s
MENU→Tracking Generator→Source
MENU→Tracking Generator→Source Power: установить на 0 dBm
Подключите используемые измерительные кабели от выхода генератора 50 Ом ко входу RF IN 50 Ом ETL; рис. 23
AMPT→Ref Level: установите -30 dBm

<p>ETL с преселектором. При наличии преселектора его настройки находятся в АМРТ→More. По умолчанию преселектор разрешен.</p>	<p>ETL без преселектора</p>
<p>АМРТ→RF Atten Manual: установить на 15 dB</p>	<p>АМРТ→RF Atten Manual: установить на 0 dB</p>
<p>При наличии сообщения о перегрузке ("IFovl" или "Ovld" в верхней части дисплея) выберите АМРТ→RF Atten Manual и увеличьте ослабление на 5 dB</p>	
<p>MENU→Tracking Generator→Source Cal→Cal Trans</p>	
<p>MENU→Tracking Generator→Source Cal→Normalize</p>	
<p>Используя предварительно измеренные кабели подключите измеряемый фильтр к выходу генератора Gen Out 50 Ом ETL ко входу RF IN 50 Ом ETL; Рис. 24</p>	
<p>Метод 1 Используя снижение динамического диапазона при помощи дополнительного фильтра</p>	<p>Метод 2 Измерения перед фильтром, увеличивающим динамический диапазон</p>
<p>MENU→Tracking Generator→Source Cal→More→Save As Neg Trd Factor</p>	<p>MENU→Tracking Generator→Source Cal→More→Save As Pos Trd Factor</p>
<p>Назовите и сохраните файл преобразователя</p>	
<p>Для активации файла преобразователя выберите SETUP→Transducer→Active On</p>	



Рис. 23 Подключение кабелей



Рис. 24 Измерение частотной характеристики фильтра-маски

11 Автоматизированное измерение при помощи программы TxCheck

Программное обеспечение TxCheck доступно бесплатно на каждом ETL. Данное программное обеспечение позволяет выполнять измерения в автоматическом режиме и получать документированный графический отчет по результатам измерений.

Данное приложение включает в себя файл "7BM101.ETLtxi". Открывая этот файл в TxCheck можно настроить ПО для полностью автоматического измерения на передатчике:

- Уровень излучаемого сигнала (3.1.1t)
- Пик фактор (3.1.2)
- Квадратурные ошибки (3.2.1)
- АЧХ и ГВЗ (3.2.2)
- Стабильность частоты (3.4.1)
- Сигнализация параметров передачи (3.4.2)
- Коэффициент ошибок модуляции MER (3.4.3)
- Сигнальное созвездие (3.4.4)

Автоматические измерения с TxCheck
Скопируйте файл 7BM101.ETLtxi в ETL
! Проверьте, не превышен ли максимальный уровень входной мощности (раздел 2.3)
При наличии схемы сложения подключите ETL (IN1) к измерительной точке (M4) на схеме сложения. Или к точке (M3) после фильтра маски.
MODE→TxCheck
В приложении TxCheck выберите File/Open Profile (*.ini) и выберите скопированный профиль "7BM101.ETLtxi"
Во вкладке "Settings" установите частоту и полосу системы, рис. 25
На вкладке "Measurements" выберите пределы параметров измерений, Рис. 26
Выберите "Measurement/Start Measurement" для начала измерений
После окончания измерений выберите "File/Save" для

сохранения результата

Результаты автоматического измерения отображаются во вкладке "Measurements" и "Graphics". Для просмотра этих результатов на внешнем ПК установите программу TxCheck на ПК (более подробно прочитайте "Help/Installation Info..."). После этого выберите "File/Print" для печати отчета по измерениям.

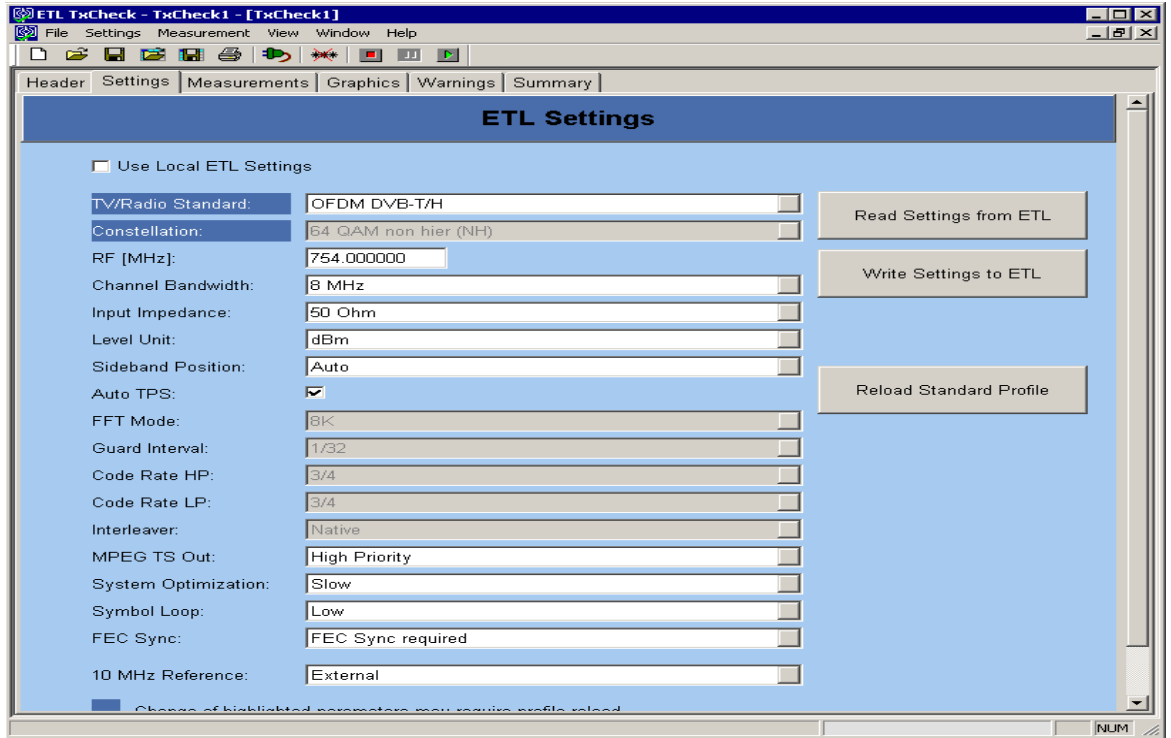


Рис. 25: Интерфейс TxCheck, меню "Settings".

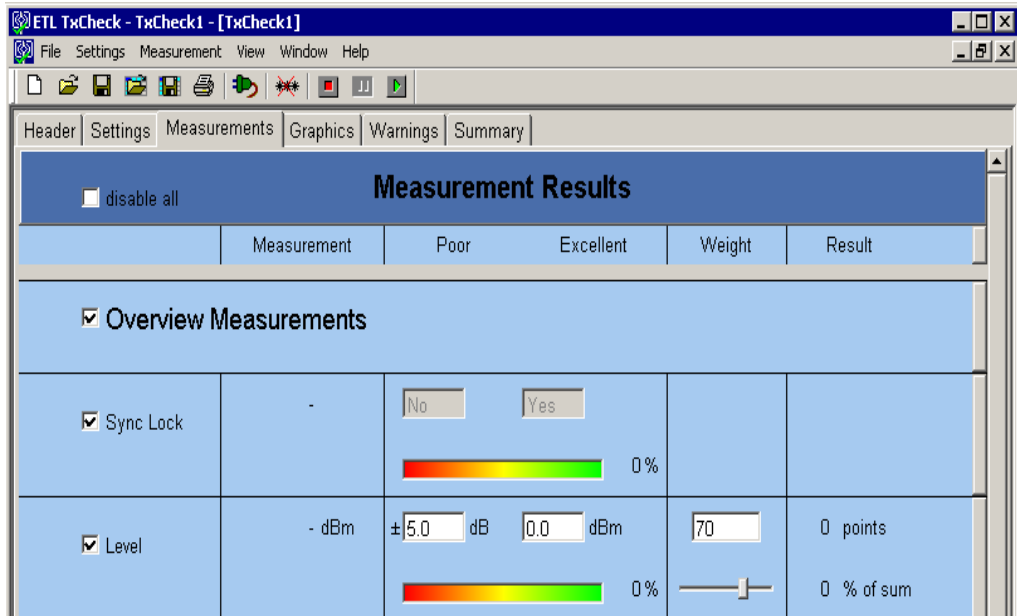


Рис. 26: Интерфейс TxCheck, меню "Measurements".

О компании Rohde & Schwarz

Rohde & Schwarz представляет собой независимую группу компаний, специализирующуюся на производстве электронного оборудования. Rohde & Schwarz является ведущим поставщиком контрольно-измерительных систем и приборов, оборудования для теле- и радиовещания, систем радиомониторинга и радиопеленгации, а также систем профессиональной радиосвязи специального назначения. Rohde & Schwarz успешно работает уже 75 лет, представительства и сервисные центры компании находятся в более чем 70 странах. Головной офис компании расположен в Мюнхене, Германия.

Обязательства по охране окружающей среды

- Энергосберегающие изделия
- Постоянное улучшение экологической устойчивости
- Сертифицированная система экологического менеджмента ISO 14001



Контакты в регионах

Европа, Африка, Ближний Восток / +49 89 4129 12345
customersupport@rohde-schwarz.com

Северная Америка / 1-888-TEST-RSA (1-888-837-8772)
customer.support@rsa.rohde-schwarz.com

Латинская Америка / +1-410-910-7988
customersupport.la@rohde-schwarz.com

Азия/Тихий океан / +65 65 13 04 88
customersupport.asia@rohde-schwarz.com

Китай / +86-800-810-8228 / +86-400-650-5896
customersupport.china@rohde-schwarz.com

Представительство в Москве

115093 Москва, ул. Павловская, 7, стр.1, этаж 5
тел. +7 (495) 981 35 60
факс +7 (495) 981 35 65
info.russia@rohde-schwarz.com

Данный документ и поставляемые программы могут применяться только при соблюдении условий, изложенных в области загрузки веб-сайта Rohde & Schwarz.

R&S® является зарегистрированным товарным знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. Товарные знаки и торговые марки принадлежат соответствующим владельцам.

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Mühlhofstraße 15 | D - 81671 München

Тел. + 49 89 4129 - 0 | Факс + 49 89 4129 - 13777

www.rohde-schwarz.com