

Levelling and Loudness

— in radio and television broadcasting

Внимание!

- Данный перевод **НЕ** претендует на аутентичность и может содержать отдельные неточности.
- Оригинал этого документа находится по адресу: <http://www.ebu.ch>

Регулировка уровня и громкость

— в радио и телевизионном вещании

Gerhard Spikofski и Siegfried Klar
Institut für Rundfunktechnik GmbH (IRT)

Внезапные перепады громкости между – и даже внутри – радио и телевизионных программ известны давно. С введением цифровой технологии, в сочетании с параллельной трансляцией цифровых и аналоговых передач, эта проблема сильно усугубилась.

В статье представлены некоторые решения по предотвращению перепадов громкости в радио и телевизионном вещании, основанные на рекомендациях установки уровня и новом алгоритме громкости.

Слушатели и зрители все чаще встречаются с внезапными колебаниями *громкости* программ. Эти «скачки» наиболее заметны при переключении между европейскими ТВ каналами и каналами радио DVB. Особенно резко воспринимаются перепады громкости между диалогами фильма и искусно компрессированными (сжатыми по уровню – ред.) коммерческими вставками (реклама). Можно наблюдать как занижение, так и завышение уровня, ведущее к разнице более чем в 15 dB.

Причины таких колебаний *уровня и громкости* программ, среди прочих, следующие:

- явное отсутствие опыта в установке уровня звуковых каналов;
- использование разных и иногда нестандартных измерителей *уровня* программ;
- стандартного измерителя *громкости* пока нет;
- архивный материал (и аналоговый, и цифровой) не адаптирован к используемым сегодня типам звуковых каналов.

В радиовещании FM громкость в основном уравнивается или регулируется компрессорами и лимитерами, которые предотвращают отклонение частоты передатчика от превышения допустимых лимитов.

В случае цифрового вещания должно быть возможным достижение сбалансированных профилей громкости – путем следования существующим международным рекомендациям ITU и EBU. Эти профили должны соблюдаться не только при сопоставлении разных программ / каналов, но и между различными частями одной программы.

Характеристики измерителей радиопрограмм

Установочный уровень

Рекомендация ITU-R BS.645-2 [1] определяет уровень программ радиоканалов посредством *установочного сигнала* (синусоидальный 1 kHz). Указанный уровень синусоидального сигнала соответствует приблизительно полному программному уровню, в смысле *громкости*.

Поскольку установочный сигнал «статичен», его можно измерить с помощью обычных измерителей RMS (Root-Mean-Square –среднеквадратический – ред.), а также специальных измерителей программ.

Следует заметить, что аналоговый *установочный уровень* (AL) и «номинальный» или *допустимый максимальный уровень* (PML) определены по-разному из-за разных национальных и международных рекомендаций (см. Таблицу 1).

Таблица

1

Уровни звука в студийной и эфирной среде

Рекомендации по уровням аналогового и цифрового звука	Установочный уровень (AL) -9 dB (35%)	Номинальный уровень (PML) ^a 0 dB (100%)
ITU-R BS.645-2 Transmission Level (international)	0 dBu ^b	+9 dBu
ARD HFBL-K Studio Level (national)	-3 dBu (адаптация)	+6 dBu (адаптация)
US Reference Level (national)		+4 dBu (адаптация)
EBU digital Transmission & Studio Level (international)	-18 dBFS	-9 dBFS ^c

a. PML = максимально допустимый уровень

b. 0 dBu = 0.775 V rms (синусоидальный) = 1.1 V пик

c. 0 dBFS = уровень срезания (FS = полная шкала)

В случае цифровых аудио каналов отношение между установочным сигналом и полным уровнем или уровнем срезания уже определено в 1992 г. (EBU Rec. R68 [2]). Следуя этой рекомендации, разница между полным уровнем (или срезания) и установочным уровнем составляет 18 dB (Таблица 1). Другими словами, установочный уровень должен быть минус 18 dBFS.

Измерители аудио программ для вещания

Сегодня в профессиональных студиях используется множество разных измерителей программ с разнообразными баллистическими характеристиками (см. Таблицу 2 и Рис. 1b).

Таблица

2

Измерители программ, используемые в международной студийной и эфирной среде

Тип измерителя программ	Рекомендация	PML ^a 100%	Пределный уровень	Шкала	Время нарастания (интеграция)	Время спада (падение)	Невидимые пики
VU Meter	ANSI C 16.5 IEC 268-17	0 VU +0 dBu		от -20 до +3 [dB]	300 мс / 90%	300 мс / 10%	+13 ... +16 dB
DIN PPM (QPPM)	DIN 45406 IEC 268-10/1 ARD Pfl.H.3/6	0 dBr +9 dBu	+16 dBr +25 dBu	от -50 до +5 [dB]	10 мс / 90% 5 мс / 80%	20 dB / 1.5 с = 13 dB/s	+3 ... +4 dB
BBC PPM (QPPM)	IEC 268-10 / IIa	'6' +8 dBu		от 1 до 7 []	10 мс / 80%	24 dB / 2.8 с = 8.6 dB/s	+4 ... +6 dB
EBU PPM Std	EBU 3205 E	+9 dB		от -12	10 мс / 80%	24 dB / 2.8 с =	+4 ... +6 dB

(QPPM)	IEC 268-10 / IIb	+9 dBu		до +12 [dB]		8.6 dB/s	
EBU Digi PPM (QPPM)	EBU IEC 268-18	-9 dBFS	0 dBFS	от -40 до +0 [dB]	≤5 мс / 80%	20 dB / 1.7 с = 12 dB/s	+3 ... +4 dB
IRT Digi PPM (QPPM)	Предложение IRT	0 dBBr 100%	≤+10 dBBr	от -50 до +10 [dB]	5 ... 10 мс / до 80%	20 dB / 1.7 с = 12 dB/s	+3 ... +4 dB

а. максимально допустимый уровень (PML): 100% модуляция = +9 dBu = -9 dBFS для линий передачи [1][2] = +6 dBu номинальный студийный уровень ARD [3].

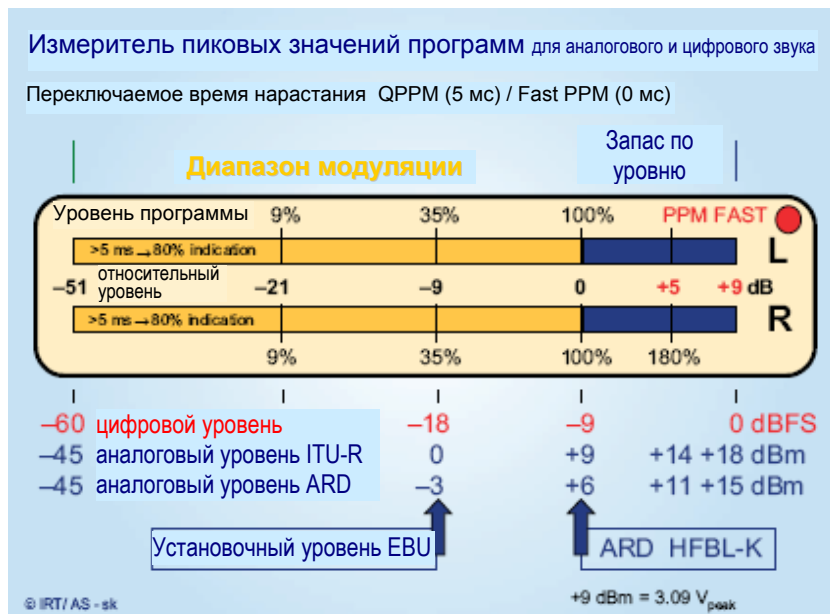


Рис. 1а
Рекомендуемый измеритель пиковых значений программ

В то время как в Америке и Австралии используются в основном волюметры [4], для европейских стран EBU рекомендует измеритель пиковых значений программ (PPM) [5]. Они определены в следующих рекомендациях IEC

- IEC 268-10 [6] (аналоговый PPM);
- IEC 268-18 [7] (цифровой PPM).

Категория PPM IEC – это так называемый измеритель квазипиковых значений программ (QPPM), который отбрасывает любые кратковременные колебания сигнала. Для цифровых PPM EBU рекомендует почти такие же баллистические характеристики, как описаны в IEC 268-10 (Туре 1).

После введения цифровой аудио технологии в вещании дополнительные – но не точно специфицированные – PPM вызвали некоторую путаницу. Кроме разной шкалы, эти PPM отличаются, прежде всего, баллистическими характеристиками, описываемыми такими параметрами как время нарастания или интеграции, и время спада или время возврата.

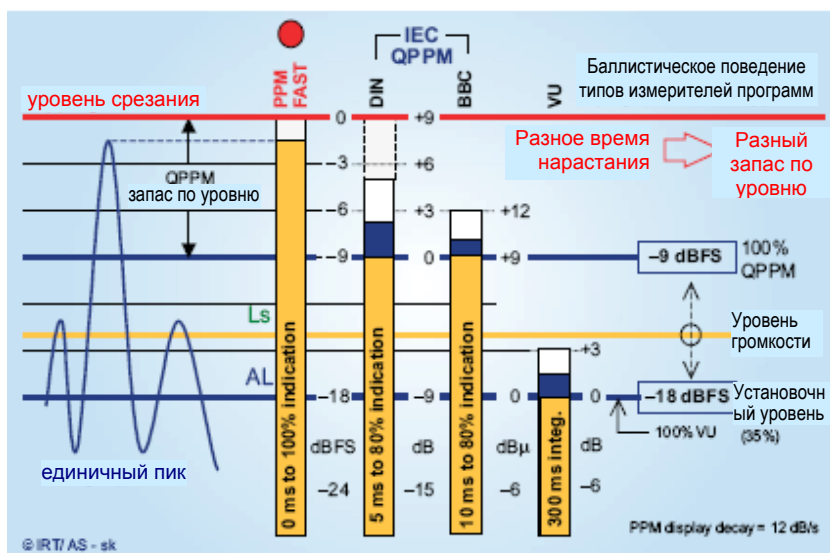


Рис. 1б
Баллистические характеристики различных измерителей пиковых значений программ

В Таблице 2 показаны PPM, используемые сегодня в Европе. В соответствии с данной шкалой отметка полной шкалы (100% = 0 dB) – а также указанный запас по уровню – должна учитывать «время нарастания» измерителя программ.

Например, волюметр, который можно считать относительно медленным, требует соответствующего запаса по уровню из-за «невидимых» пиков сигнала. Следовательно, разница между меткой 100% и установочным уровнем должна быть меньше, чем в случае других типов измерителя.

Примечание: Время нарастания PPM, используемое немецкими

вещателями ARD и ZDF [8], определено как 10 мс / 90%. Это значит, что за 10 мс достигается отметка 90%. Измеритель типа IEC, используемый BBC, определен чуть иначе (10 мс / 80%).

В случае быстрого цифрового *измерителя выборочных пиков программ* (SPPM) запас по уровню теоретически не нужен. Эти измерители подходят для контроля пиков сигнала относительно срезания, но не так подходят, как QPPM, для нормальной установки уровня программ. Например, сигналы с большой долей пиков склонны к занижению уровня, а сильно компрессированные сигналы с ограниченными пиками – к завышению. Это может вести к огромным скачкам громкости, более интенсивным, чем с QPPM.

Использование не специфицированных измерителей уровня широко наблюдается в области цифрового звука. Если звукооператоры знакомы с определенным измерителем уровня, использование не специфицированного устройства может привести к серьезным ошибкам в установке уровня, например, срезанию и скачкам громкости. Поскольку не специфицированные инструменты имеют широкую гамму характеристик, к ним сложно привыкнуть и получить достаточный опыт.

Цифровые измерители звука часто реализуются в виде программных приложений. Как известно, в них бывают «бесконечные» источники ошибок. Поскольку «время нарастания» у них приближается к 0 мс, это значит, что пиковые выборки отображаются корректно. Однако время спада имеет больше вариаций. Эти эффекты могут привести к разному отображению, а также к разнице уровней.

В Германии QPPM точно специфицирован в ARD-Pflichtenheft 3/6 [8]. Этот измеритель рекомендован для установки уровня аналоговых и цифровых аудио сигналов. Здесь же определены дополнительные PPM – с временем нарастания менее 10 мс, но их следует использовать только для мониторинга, а не для установки уровня.

Во избежание путаницы IRT рекомендует адаптировать шкалу цифрового PPM к шкале аналогового QPPM [6] (*Рис. 1а, Таблица 2*). Это значит, что отметка 100% должна быть на 9 dB ниже уровня полной шкалы.

Динамический диапазон цифровых аудио систем

Установка уровня программ и запас

Как уже говорилось, диапазон регулировки и необходимый запас уровня зависят от баллистических характеристик измерителя. Если вольтметрам нужен запас до 18 dB, то PPM требуется всего 9 dB [1][9][10].

Запас 9 dB EBU PPM строго привязан к QPPM, которые соответствуют [1] и установочному уровню, определенному в [2]. Использование инструментов с разными баллистическими характеристиками ведет к другим рекомендациям запаса по уровню.

Запас по уровню следует рассматривать как буферный диапазон между номинальным уровнем и уровнем срезания. Если при обмене программным материалом следовать европейской рекомендации, то можно гарантировать, что проблем с уровнями не будет.

Немецкие вещатели приняли эту рекомендацию, и запас по уровню определен в документе ARD HFBL-K Res. 15 IRT [3], который соответствует рекомендации EBU. В случае аналоговых сигналов и устройств с АЦП и ЦАП абсолютный аудио лимит в немецких студиях составляет +15 dBu (отметка 100% = +6 dBu, плюс 9 dB запас по уровню) (*см. Рис. 1а*).

Используемый динамический диапазон – объективные и субъективные соображения

При обсуждении запаса по уровню ниже границы перегрузки (headroom) и выше уровня шума (footroom) [10] всегда возникает вопрос: достаточна ли получившаяся системная динамика для размещения полного динамического диапазона человеческого слуха. Другими словами, какой нужен уровень квантования или сколько нужно бит для гарантии передачи музыкальных сигналов без заметных шумов.

Один ответ на этот вопрос был дан в документе, опубликованном в 1985 г. [11]. В следующем разделе представлены условия и результаты этого исследования.

Исследование проводилось до эпохи систем снижения скорости передачи битов, таких как MiniDisc (ATrac), MPEG-1 Layer 2 (mp2) и Layer 3 (mp3). Поэтому в данном контексте эти системы не рассматривались. По сравнению с системами PCM (Pulse Code Modulation) вышеупомянутые системы

снижения скорости требуют меньшего квантования. Тем не менее, тот факт, что они позволяют бесшумные записи, говорит о том, что в этих случаях надо учитывать другие параметры качества.

В системах PCM динамический диапазон системы определяется как разность между полным уровнем программы и собственным уровнем шума системы.

Динамический диапазон, отношение сигнал-шум и шум квантования можно вычислить по следующей формуле:

$$S/N \text{ [dB]} = 6n + 2$$

... где n = уровень квантования (число битов).

Таблица 3

Достижимые коэффициенты сигнал-шум для различного квантования и измерения уровня шума

Уровень шумового напряжения	16-бит	20-бит	24-бит
RMS (dB)	-98	-122	-146
DIN 45 405 (dB) [12]	-90	-114	-138
ITU 468 (dBqps) [13]	-86	-110	-134

Вычисленное значение – со знаком минус – соответствует RMS значению шума квантования, относительно уровня программы 0 dBFS (полная шкала / уровень срезания в цифровой системе). Таблица 3 показывает RMS значения шумов для трех типичных квантований. Эти абсолютные значения представляют максимальный динамический диапазон (в dB) для каждого из трех квантований.

Если рассматривать headroom 9 dB [2] и footroom 20 dB [10], то получившиеся значения динамического диапазона показаны на Рис. 2 как функция квантования.

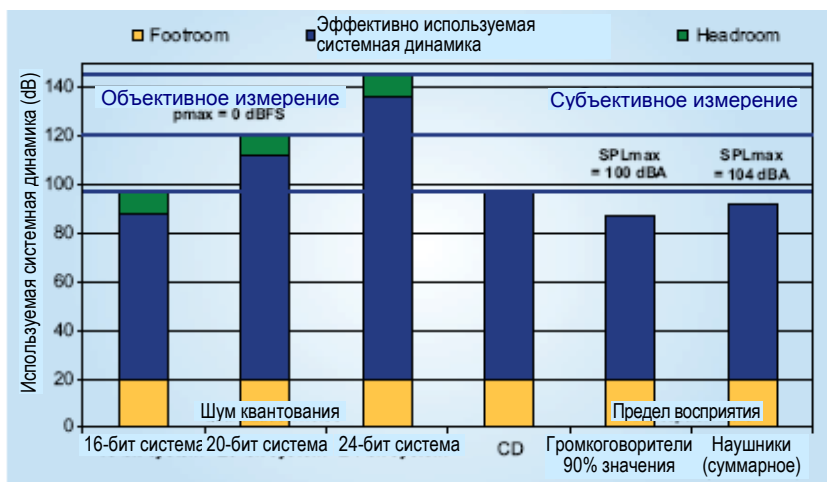


Рис. 2

Используемый динамический диапазон цифровых систем PCM – субъективный и объективный

пять тестовых элементов (женская речь, мужская речь, оркестр, струнный квартет и рок-музыка). Характерные шумовые сигналы (шум холостого канала, белый шум и т.д.) были исследованы в отсутствие программных сигналов. Это значит, что шумы оценивались только во время пауз – без учета маскирующего эффекта, который бывает при наличии программных сигналов.

Субъективные эксперименты проводились с 20 нормальными слушателями в индивидуальных сеансах. Условия прослушивания удовлетворяли требованиям профессиональной оценки, включая воспроизведение через стерео динамики и наушники [14][15].

Результаты исследований представлены на Рис. 2. Два вышеупомянутых опорных значения соответствуют (i) 90% значению суммарного частотного распределения максимальных уровней прослушивания (dBA) и (ii) среднего значения индивидуальных пределов восприятия для изучаемых системных шумов.

В левой части Рис. 2 показано отношение между квантованием и системной динамикой для трех линейных систем PCM (16-бит, 20-бит и 24-бит). В каждом случае включен рекомендуемый headroom 9 dB и footroom 20 dB. Результаты показывают, что линейная 16-битная система, например, CD, точно

В принципе, опорные значения динамического диапазона – максимальный полный уровень программы с одной стороны и уровень системных шумов с другой – соответствуют определенным уровням звукового давления при воспроизведении музыкальных сигналов. Соответствующие уровни звукового давления – это **максимальный уровень прослушивания и уровень порога различимости шумов.**

Эти два уровня были изучены IRT отдельно, несмотря на то, что они связаны как системные характеристики. Для определения **максимального уровня прослушивания** использовалось

удовлетворяет требованиям человеческого слуха для воспроизведения в громкоговорителях. В случае наушников эти требования удовлетворены только при ослаблении допуска запаса по уровню, обычного для современного производства CD. Следовательно, для цифрового студийного аудио производства, где существенны headroom и footroom, данные результаты тестов означают, что в профессиональном производстве нужны хотя бы 18-битные системы.

Установка уровня и громкость программ

Установка уровня программы

Регулировка уровня контролируется с помощью измерителя уровня (например, QPPM) так, чтобы максимальные уровни программ почти соответствовали, но не превышали отметки 100%. В Германии измеритель уровня QPPM соответствует IEC 268-10 [6] и стандартизирован и для аналоговых, и для цифровых сигналов. Соответствие метке 100%, которая подразумевает запас 9 dB, гарантирует передачу без искажений. Это не значит, что не бывает амплитуд выше 100%. Любые кратковременные пики, невидимые для звукооператора, не должны создавать срезания благодаря достаточному запасу 9 dB, сделанному в результате обширного анализа программного сигнала [9].

Громкость программы

Как известно, одинаковая *установка уровня* в разных программных сигналах обычно не дает одинакового впечатления *громкости*. Это расхождение особенно заметно при сопоставлении музыки и речи. Для достижения единого баланса *громкости* в смешанных передачах, после детальных исследований [17][18], определены специальные рекомендации по установке уровня.

При соблюдении этих рекомендаций в ситуациях, когда речь важнее (например, журналах, автомобильных программах и рекламе), надо установить уровень речи на 0 dB, а музыки – между -8 dB и -4 dB.

Эти рекомендации полезны для предотвращения чрезмерной разницы в громкости между и внутри передач. Однако одних этих методов не всегда достаточно для адаптации громкости программы к требованиям человеческого слуха. Особенно это касается использования специальных аудио процессоров. В этом случае при адаптации громкости передач к характеристикам человеческого слуха наряду с **измерителем уровня** нужен дополнительный **измеритель громкости**, который контролирует технические уровни.

Хотя в этой области проводились некоторые исследования [16][19][20][21], в данный момент стандартного измерителя громкости нет. Коррекция громкости сегодня по-прежнему производится оператором вручную. Это, конечно, непрактично, когда большинство функций управления выполняется автоматически.

Однако новые исследования показали, что студийный измеритель громкости вполне реализуем [21] с помощью новых алгоритмов громкости на основе измерения уровня и мощности сигнала.

Были протестированы следующие методы:

- измерение громкости – RTW [16];
- измерение громкости – EMMETT [19];
- уровень сигнала – QPPM;
- уровень мощности сигнала – PWR.

В исследовании учитывались субъективные и объективные аспекты измерения громкости. В первом случае были проведены психоакустические измерения для определения субъективно воспринимаемой громкости избранного программного материала. Во втором случае объективные измерения были направлены на получение параметров сигнала, позволяющих определить *объективную громкость*. Работоспособность/точность объективных параметров оценивались путем соотнесения со значениями субъективной громкости.

Сокращения

A/D	Analogue-to-Digital Аналого-цифровой	ISO	International Organization for Standardization Международная организация стандартизации
ADR	Astra Digital Radio	ITU	International Telecommunication Union Международный союз электросвязи
AL	Alignment Level Установочный уровень	MPEG	(ISO/IEC) Moving Picture Experts Group Группа экспертов по движущимся изображениям
dBFS	dB относительно показания полной шкалы	PCM	Pulse Code Modulation Импульсно-кодовая модуляция
D/A	Digital-to-Analogue Цифро-аналоговый	PML	Permitted Maximum Level Максимально допустимый уровень
DAB	Digital Audio Broadcasting (Eureka-147) Цифровое аудио вещание	PPM	Peak Programme Meter Измеритель пиковых значений программ
DSR	Digital Satellite Radio Цифровое спутниковое радио	QPPM	Quasi-Peak Programme Meter Измеритель квазипиковых значений программ
DVB	Digital Video Broadcasting Цифровое видео вещание	RMS	Root-Mean-Square Среднеквадратический
FM	Frequency Modulation Частотная модуляция	SPPM	Sample Peak Programme Meter Измеритель выборочных пиков программ
IEC	International Electrotechnical Commission Международная электротехническая комиссия	VU	(Audio) Volume Units (Аудио) единицы усредненной громкости

Тестовый материал содержал записи DSR (Digital Satellite Radio) с 16 стерео радиопрограммами 1984 г. Каждая из 16 программ была представлена аудио клипами примерно по 15 сек. Выбранные 56 клипов содержали объявления, оркестровую, камерную музыку, фортепиано, вокал и поп-музыку. Этот набор клипов считался в то время характерным для радиопередач, особенно в отношении установки уровня и обработки звука.

Для получения объективных параметров для каждого алгоритма громкости и программ были проанализированы гистограммы уровней звука (частота определенных значений уровня за время элемента). В каждом случае было начерчено *суммарное частотное распределение*, иллюстрирующее превышение уровней программы в 10%, 30% и 50% времени (Рис. 3).

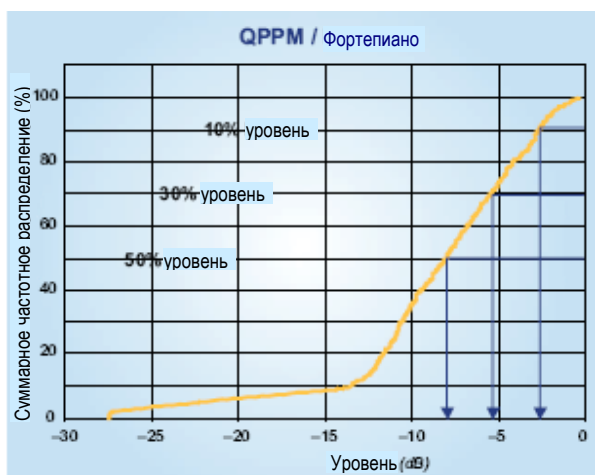


Рис. 3
Принципиальный анализ суммарного частотного распределения уровней объективной громкости

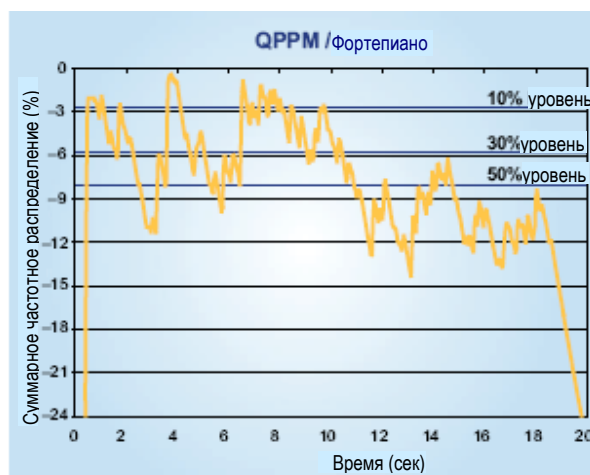


Рис. 4
Уровень QPPM и тестируемые суммарные значения частоты (тестовый элемент = фортепиано)

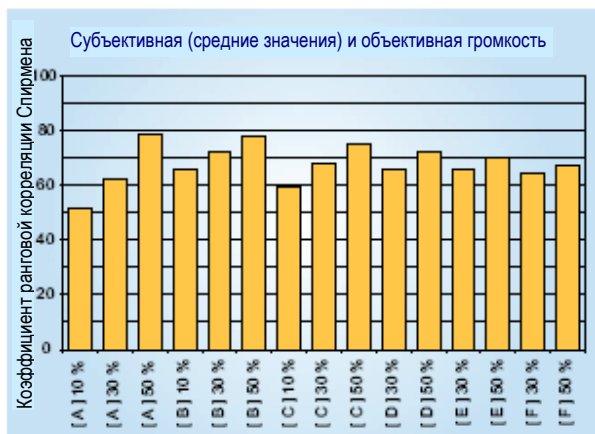


Рис. 5
Коэффициент ранговой корреляции Спирмена между субъективными (средние значения) и объективными параметрами громкости (A - F, без определения, это 6 протестированных алгоритмов громкости)



Рис. 6
Корреляция между субъективной и объективной громкостью QPPM – вариация времени анализа

Например, измерение QPPM vs. Время (включая проанализированное суммарное частотное распределение) представлено на Рис. 4. Измерения проводились с измерителем уровня ARD-Pflichtenheft Nr. 3/6 со временем интеграции 10 мс и временем возврата 1.5 сек [8].

Критерием для оценки работоспособности этих алгоритмов громкости был коэффициент ранговой корреляции Спирмена между субъективным и объективным измерениями громкости. В то время как субъективная громкость представлена средними значениями субъективных оценок, объективные параметры – это уровни, превышенные в течение 10%, 30% и 50% времени.

Согласно Рис. 5, уровень 50% показывает наибольшую корреляцию для всех протестированных алгоритмов.

Если рассматривать только 50% значения на Рис. 5, корреляция > 67% достигается с каждым алгоритмом (A - F), а алгоритмы A и B показывают наибольшую корреляцию (78%).

Вследствие высоких коэффициентов корреляции алгоритмов A и B и относительно небольших отклонений между субъективными и объективными параметрами громкости [21] эти два алгоритма дают хорошую базу для разработки студийного измерителя громкости. Можно утверждать, что эти измерители соответствуют измерителю, определенному в [8] со временем интеграции 10 мс.

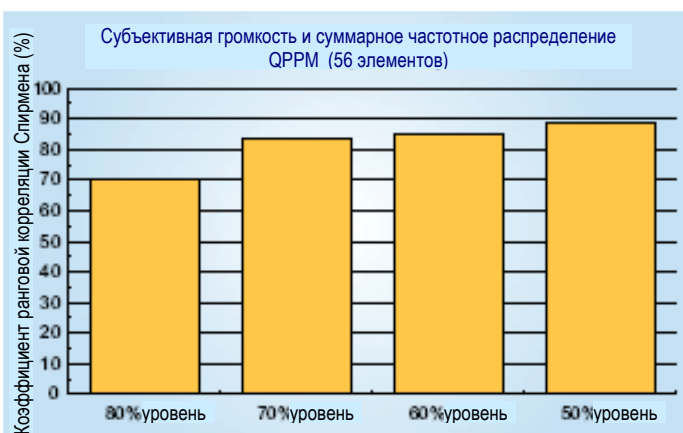


Рис. 7
Корреляция между субъективной и объективной громкостью QPPM – вариация суммарного значения частоты

В целях оптимизации алгоритма громкости с измерителем уровня, указанным в [6] (со временем интеграции 10 мс и временем возврата 1.5 сек) были проведены дополнительные измерения. Среди прочих параметров были протестированы суммарное частотное распределение (60%, 70% и 80%) и *время анализа* (1 сек, 3 сек, 5 сек, 7 сек и 10 сек). Результаты представлены на *Рис. 6 - 8*.

После оптимизации тестируемых параметров корреляция между субъективной и объективной громкостью доходит до 90%. Отдельные результаты субъективной и объективной громкости представлены на *Рис. 8* с дополнительным показанием средних значений и 95% доверительными интервалами субъективных уровней громкости.

На основании этих результатов был определен алгоритм громкости и разработан прототип студийного измерителя громкости. В настоящее время этот прототип тестируется с особым акцентом на практические проблемы функционирования.

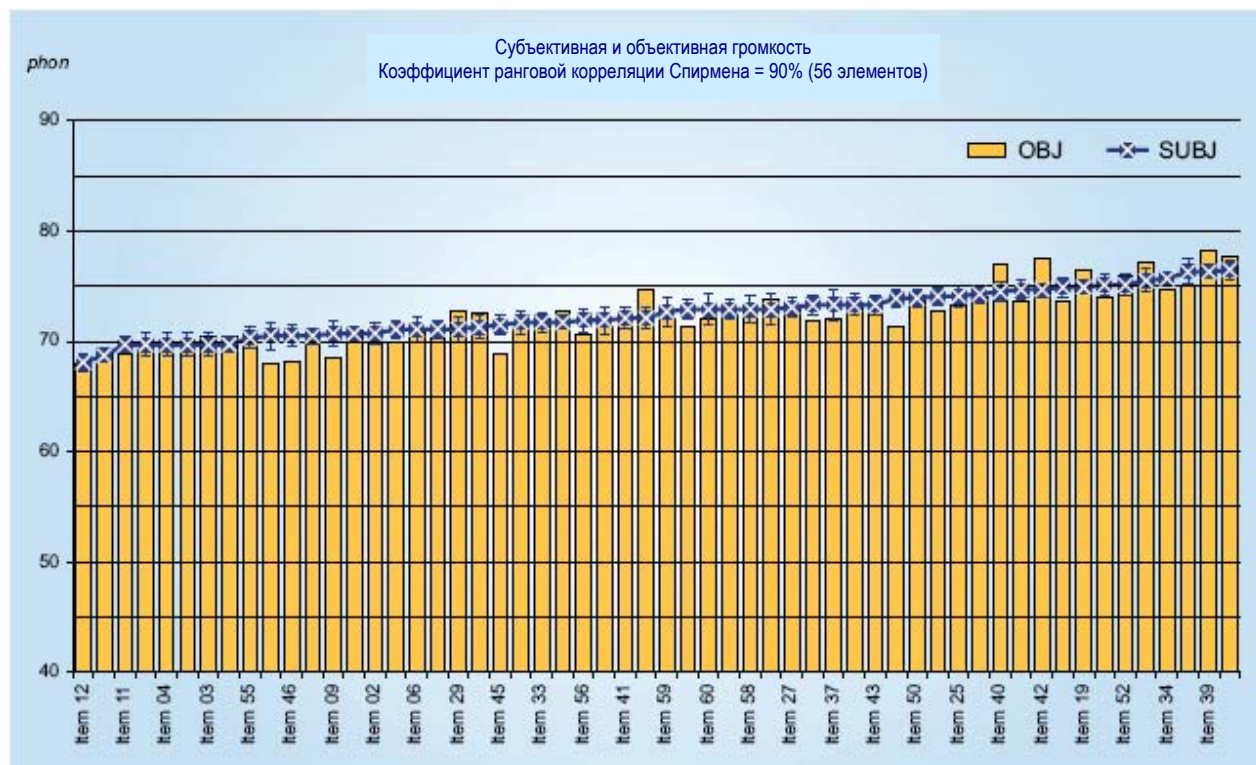


Рис. 8
Субъективная (средние значения и 95% доверительные интервалы) и объективная громкость QPPM

Анализ программ в каналах DVB

Для получения опыта с новым студийным измерителем громкости измерения звука проводились в различных европейских каналах DVB. Помимо уровней громкости (LsM) и уровней сигнала (PPM, QPPM) в измерения также были включены амплитуды сигнала.

Следующие два метода анализа полученных данных были признаны подходящими:

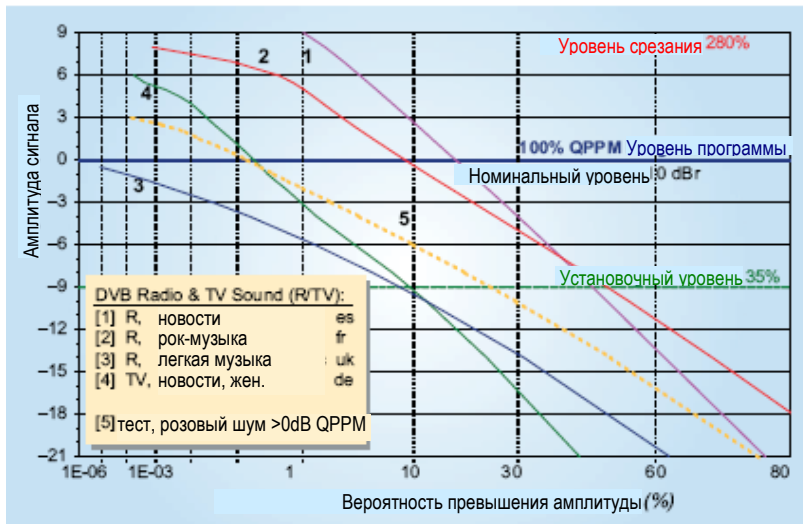


Рис. 9
Амплитудная статистика DVB радио и ТВ сигналов

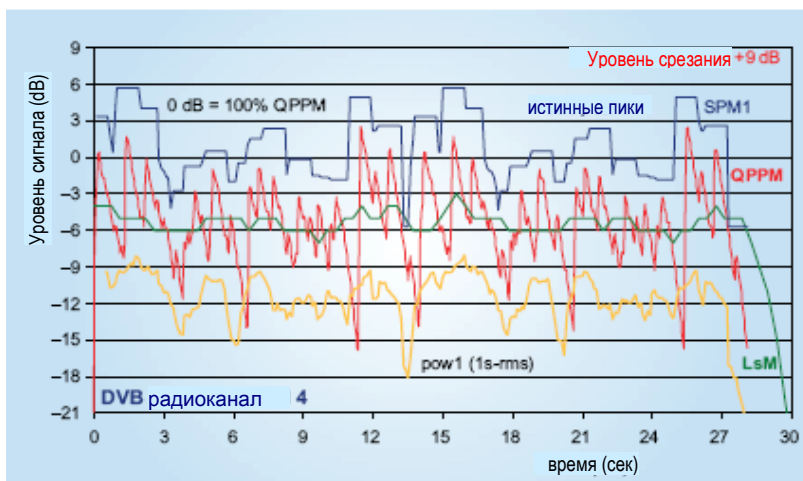


Рис. 10
Уровни программ (QPPM, SPPM, PWR 1s, QPPM Loudness LsM) – женщина-диктор (без компрессии)

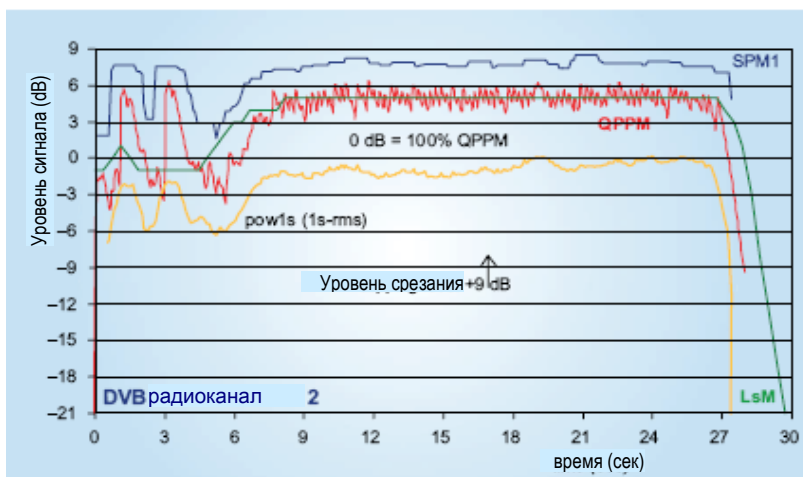


Рис. 11
Уровни программ (QPPM, SPPM, PWR 1s, QPPM Loudness LsM) – поп-музыка (высокая компрессия)

- **Амплитудная статистика** – анализ суммарного частотного распределения аудио выборки. Форма представленных здесь схем (Амплитуда сигнала vs. Вероятность превышения амплитуды) дает интересную информацию о громкости и компрессии проанализированных сигналов (Рис. 9).
- **Регистрация уровня vs. Время** – запись нормально отображаемых уровней (например, QPPM, SPPM, PWR 1s, QPPMLoudness LsM) для последующей оценки программных сигналов (Рис. 10-11).

Результаты измерений на Рис. 9 – 11, несомненно, показывают огромные различия между протестированными каналами DVB, учитывая амплитудную статистику, QPPM, PPM и LsM. Иначе говоря, результаты четко показывают несоблюдение рекомендаций установки уровня ITU [1].

Установка уровня и громкости программ в цифровом радиовещании

Общие аспекты

Digital Radio дает шанс избавиться от ограничений аналогового FM радио. В Digital Radio нет отношения между громкостью и диапазоном передачи, требующего обработки звука. Поэтому можно эффективно использовать широкий динамический диапазон Digital Radio, например, для вещания полного динамического диапазона качественных CD записей.

Прежде всего, передатчики должны быть корректно маркированы согласно Рекомендациям ITU/EBU [1][2]. Это должно предотвратить случаи крайних колебаний громкости программ. В современных европейских радиоканалах (DVB, DAB и ADR) могут передаваться программные сигналы, эквивалентные 20-битному PCM квантованию – с запасом по уровню 9 dB и без ухудшения воспринимаемого качества звука. Эти аргументы поддерживают запас EBU 9 dB, а также использование QPPM в вещательных студиях, и должны привести к необходимой гомогенизации (приведение чего-л. разнородного к состоянию

однородности – ред.) технических операций и обслуживания.

Что касается ручной установки уровня, здесь следует использовать только специфицированные и корректно откалиброванные инструменты IEC (QPPM) (см. Таблицу 2). Для контроля профиля громкости внутри одной программы следует использовать дополнительный измеритель громкости – например, алгоритм, предложенный в данной статье. Кроме того, предлагаемый измеритель громкости дает возможность автоматического контроля профиля громкости.

Автоматическое предварительное плавное снижение громкости (pre-fading) ... и регулировка архивного программного материала

Из-за различий в уровне и громкости архивного материала для автоматических операций вещания будет полезен архив (база данных) корректирующих значений уровня и громкости.

На Рис. 12 изображена возможная схема обработки сигнала для компьютерного радио (CAR). Архивный материал предварительно регулируется по уровню с помощью «автоматического федера» (AF). Уровень архивного сигнала, идущего в «эфирный сервер» (BS), может оптимально регулироваться до передачи с помощью «коррекции уровня» (K) и «коррекции громкости» (LsM), которая реализуется автоматическим федером. Все сигналы, поступающие в суммарный канал, контролирует QPPM и предлагаемый измеритель громкости (LsM).

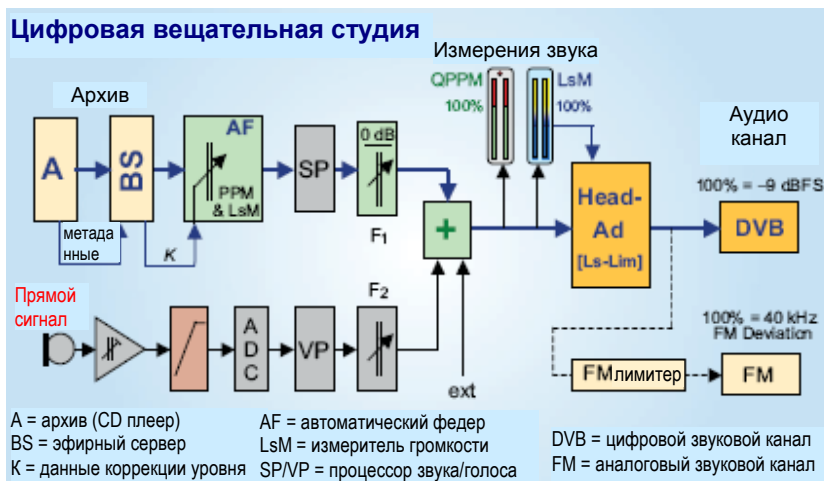


Рис. 12
Предлагаемая схема установки уровня для цифрового радиовещания

Все сигналы, поступающие в суммарный канал, контролирует QPPM и предлагаемый измеритель громкости (LsM).

Измерение громкости

Кроме 100% отметки QPPM, измерителю громкости (LsM) также нужна 100% метка. Для оптимальной установки уровня цифровых звуковых каналов наряду с запасом по уровню необходимо определить дополнительное предельное значение. Ненужные высокоуровневые сигналы можно контролировать путем ограничения громкости (Ls-Lim).

Ограничитель громкости может быть реализован посредством автоматического федера, управляемого предлагаемым измерителем громкости. Гарантируя совпадение скорости затухания громкости со скоростью ручного фединга, выполняемого звукооператором, можно избежать слышимых искажений. Эту операцию можно назвать «адаптацией запаса по уровню».

В заключение

При соблюдении рекомендаций ITU [1] и EBU [2] и оптимальной установке уровня вещательного сигнала с помощью QPPM [6] можно достичь определенного баланса громкости, избежав крайних скачков. Тем не менее, перепады громкости все равно останутся из-за разных методов записи и обработки звука. Эти различия можно контролировать дополнительным измерителем громкости на выходе студии.

Первый шаг к достижению баланса громкости цифровых радиопередач (таких как DVB, DAB и ADR) – соблюдение предложенного запаса по уровню 9 dB. Результирующее уменьшение динамического диапазона не имеет никакого значения для современных цифровых радио и звуковых ТВ каналов с их квази-20-битным разрешением. Поскольку на практике невозможно избежать высоких уровней звука, и в то же время для гарантии согласованного лимита громкости предлагается автоматический лимитер громкости – так называемый адаптер запаса по уровню. Это решение (для предотвращения срезания

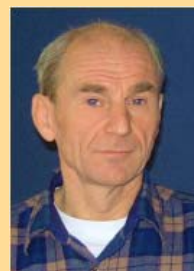
сигнала) видится предпочтительным использованию лимитеров. Автоматический контроль **уровня и громкости** достигается предлагаемым измерителем громкости.

Из-за разных требований архивного и эфирного материала рекомендуется делать различие между установкой уровня первого и второго. В случае трансляции архивного материала рекомендуется



Gerhard Spikofski изучал электротехнику в Berlin Technical University, одной из главных его тем была техническая акустика. С 1980 г. является научным сотрудником Institut für Rundfunktechnik, Мюнхен (IRT). Область его интересов включает развитие и оптимизацию аудио систем в вещании с особым вниманием на психоакустические аспекты.

Spikofski опубликовал много статей в национальных и международных специальных журналах и является регулярным докладчиком на национальных и международных технических конференциях. Он также является членом различных национальных и международных органов стандартизации.



Siegfried Klar изучал технику связи в академии Giessen (Германия). С 1978 г. является научным сотрудником Institut für Rundfunktechnik, Мюнхен (IRT). После работы с техникой видео измерений перешел в департамент радиовещания. В этой новой области сконцентрировался на проблемах аналоговой и цифровой обработки звука и передаче радио и ТВ сигналов.

Текущая сфера деятельности Klar включает анализ и оптимизацию систем цифрового радиовещания.

правильно отрегулировать этот программный материал под новые современные каналы передачи.

Библиография

- [1] ITU-R Recommendation BS.645-2: **Test signals and metering to be used on international sound programme connections**
ITU, Geneva, 1992.
- [2] EBU Recommendation R68-2000: **Alignment level in digital audio production equipment and in digital audio recorders**
EBU, Geneva, 2000.
- [3] Empfehlung 15 IRT der ARD-Hörfunk-betriebsleiterkonferenz: **Headroom bei digitalen Tonsignalen** (*Headroom in digital audio*)
Institut für Rundfunktechnik, München, Okt. 1994.
- [4] International Standard IEC 268-17: **Sound system equipment, Standard volume indicators**
IEC, Geneva, 1990.
- [5] EBU Tech. 3205-E: **EBU Standard peak programme meter for the control of international transmissions.**
EBU, Geneva, 1979.
- [6] International Standard IEC 268-10, 2nd Edition: **Sound system equipment, Peak programme level meters**
IEC, Geneva, 1991.
- [7] International Standard IEC 268-18: **Sound system equipment, Peak programme level meters – Digital audio peak level meter**
IEC, Geneva, 1995.
- [8] ARD Pflichtenheft 3/6: **Aussteuerungsmesser** (*Level meter*)
Institut für Rundfunktechnik, München, Jan. 1977 / März. 1998 (Technische Pflichtenhefte der öffentlichen Rundfunkanstalten in der Bundesrepublik Deutschland; 3/6)
- [9] Horst Jakubowski: **Analyse des Programmaterials des Hörrundfunks** (*Analysis of radio programme material*)
Rundfunktechnische Mitteilungen (RTM) 15 (1980), H. 5, S. 197 - 202.

- [10] Horst Jakubowski: **Aussteuerung in der digitalen Tonstudioteknik** (*Levelling in digital audio*)
Rundfunktechnische Mitteilungen (RTM) 28 (1984), H. 5, S. 213 - 219.
- [11] Gerhard Spikofski: **Signal-to-noise-ratio for digital transmission systems**
Preprint No. 2196, 77th AES Convention, Hamburg, 1985.
- [12] DIN 45405: **Störspannungsmessung in der Tontechnik** (*Measurement of disturbance voltage in audio*)
Deutsch Normen, Nov. 1983.
- [13] ITU-R Recommendation BS.468: **Measurement of audio-frequency noise voltage level in sound broadcasting**
ITU, Geneva, 1990, 1997.
- [14] ITU-R Recommendation BS.708: **Determination of the electro-acoustical properties of studio monitor headphones**
ITU, Geneva, 1990, 1997.
- [15] EBU Tech. 3276-E-2nd edition: **Listening conditions for the assessment of sound programme material: Monophonic and two-channel stereophonic**
EBU, Geneva, 1998.
- [16] **Die Lautheitsanzeige in RTW Peakmetern** (*Loudness display of RTW peak meters*)
RTW (Radio-Technische Werkstätten GmbH & Co. KG), 1997
- [17] Jens Blauert and Jobst P. Fricke: **Optimale Aussteuerung in der Sendung** (*Optimal levelling in broadcasting*)
Rundfunktechnische Mitteilungen (RTM) 24 (1980), S. 63 - 71.
- [18] Horst Jakubowski: **Das Problem der Programmlautstärke** (*The problem of programme loudness*)
Rundfunktechnische Mitteilungen (RTM) 12 (1968), S. 53 ff.
- [19] John Emmett and Charles Girdwood: **Programme Loudness Metering.**
<http://www.bpr.org.uk>
- [20] John Emmett: **Programme Loudness Metering and Control.**
Preprint No. 3295, 92nd AES Convention, Vienna, March 1992.
- [21] Gerhard Spikofski,: **Lautstärkemessung im Rundfunk-Sendestudio** (*Loudness measurement in broadcast studios*)
Tonmeistertagung < 21, 2000, Hannover >: Bericht. München: Saur, 2001, S. 604 - 618.