

Новые методы регулирования громкости в телевизионном вещании

Часть 2. Современные решения проблемы регулирования громкости (Рекомендация ITU-R 1770-2)

Борис Меерзон, Анатолий Вейценфельд

В первой части статьи, опубликованной в № 1/2014, рассказывалось о приборах и методах измерения уровней аудиосигналов.

Известно, что на восприятие громкости звука, помимо физической величины электрического сигнала, влияет целый ряд психоакустических свойств восприятия: временная структура звука (наличие и частота повторения в нем коротких импульсов), спектральный состав звуковых колебаний, эффект взаимной звуковой маскировки и многое другое. Здесь нельзя сбрасывать со счетов даже экранирующий эффект головы слушателя.

Поэтому необходимо перейти от парадигмы «нормализация уровня аудиосигнала» к новой парадигме – «нормализация громкости», под которой надо понимать измерения уровня аудиосигнала по новому методу, учитывающему и правильно отражающему **субъективно воспринимаемую громкость звучания**. Для реализации этого нового подхода к проведению радио- и телевизионных передач необходим не обычный **измеритель уровня** (level meter), а другой прибор – **измеритель громкости** (loudness meter), который измеряет «взвешенные» значения уровня аудиосигнала с учетом всех психофизиологических факторов, влияющих на субъективное восприятие громкости звучания.

Новый метод измерений уровня аудиосигнала, адекватных его громкости, разработан и впервые изложен в Рекомендации Международного союза электросвязи (МСЭ) ITU-R BS.1770. В связи с новизной метода и отсутствием практического опыта работы с ним эта рекомендация с момента разработки первой редакции в 2006 году постоянно совершенствовалась и претерпела ряд изменений. Ее последняя версия была опубликована в 2011 году.

Разработаны также дополнительные требования к новым приборам – измерителям громкости, которые должны по своим техническим характеристикам отличаться от традиционных измерителей уровня, применяющихся до настоящего времени в студиях звукозаписи и вещания. Предлагаемый алгоритм оценки громкости достаточно прост, его можно изложить кратко, если не касаться некоторых технических подробностей и не приводить математический аппарат, на основе которого строится весь процесс измерений.

Состоит этот алгоритм из четырех этапов:

- ♦ К-взвешивание частоты;
- ♦ расчет среднеквадратичного значения сигнала;
- ♦ суммирование сигналов с взвешиванием по каналам (тыловые каналы имеют больший вес, а канал LFE исключается);

♦ стробирование по блокам 400 мс (с перекрытием на 75%) с использованием двух пороговых значений: -70 LKFS и -10 дБ относительно уровня, полученного в результате измерений программы.

Упрощенная схема измерений громкости, в одинаковой мере пригодная для монофонических, стереофонических и многоканальных систем, приведена на рис. 4 (нумерация – сквозная, начиная с части 1).

На приведенной блок-схеме показаны входы пяти основных каналов системы Surround Sound – 5.1 (левого, центрального, правого, левого тылового и правого тылового); что позволяет осуществлять мониторинг записей, имеющих от одного до пяти каналов. Канал «точка один» для низкочастотных звуковых эффектов (LFE) в этом случае не учитывается. Если программа имеет менее пяти каналов, некоторые входы не используются.

На первом этапе работы алгоритма применяется двухступенчатая фильтрация сигнала с помощью фильтра взвешивания по кривой К, так называемое К-взвешивание. Фильтр К-взвешивания осуществляет две ступени фильтрации. Первая ступень – предварительный сглаживающий фильтр, который учитывает акустическое экранирующее воз-

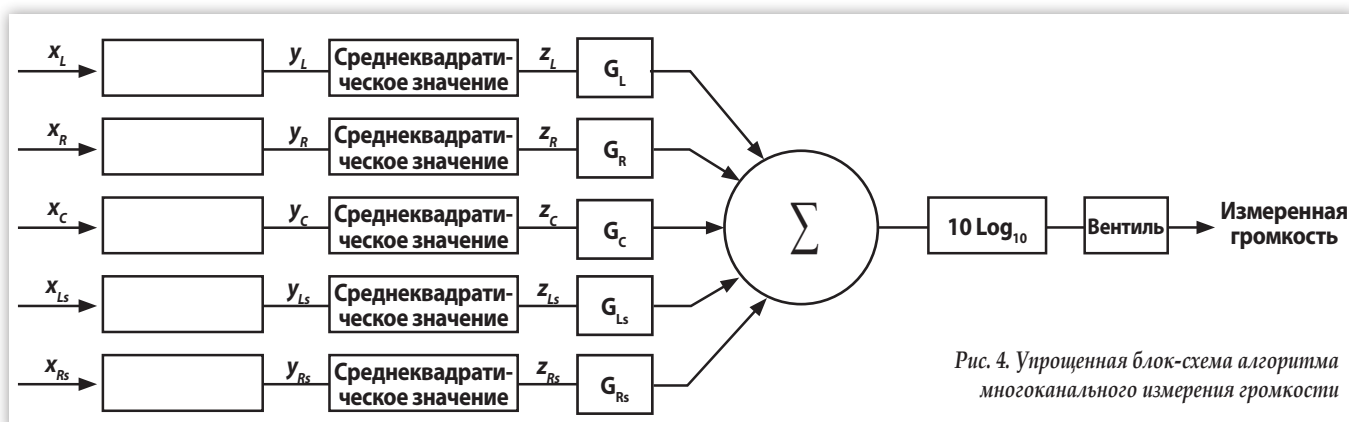


Рис. 4. Упрощенная блок-схема алгоритма многоканального измерения громкости

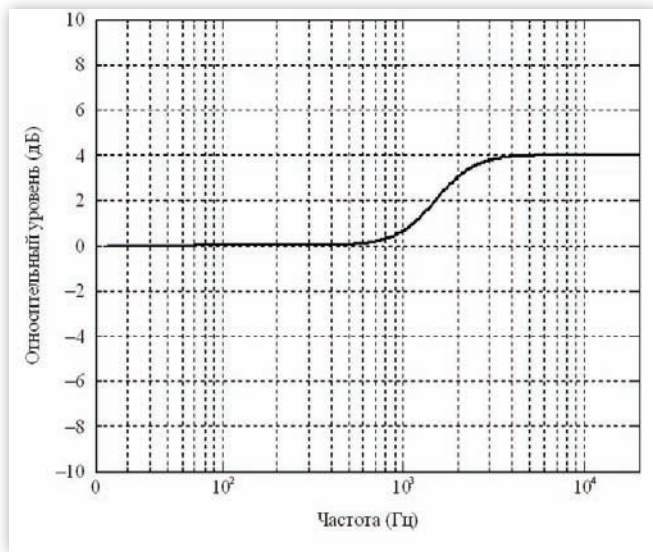


Рис. 5. Частотная характеристика предварительного фильтра, учитывающего акустическое воздействие головы слушателя

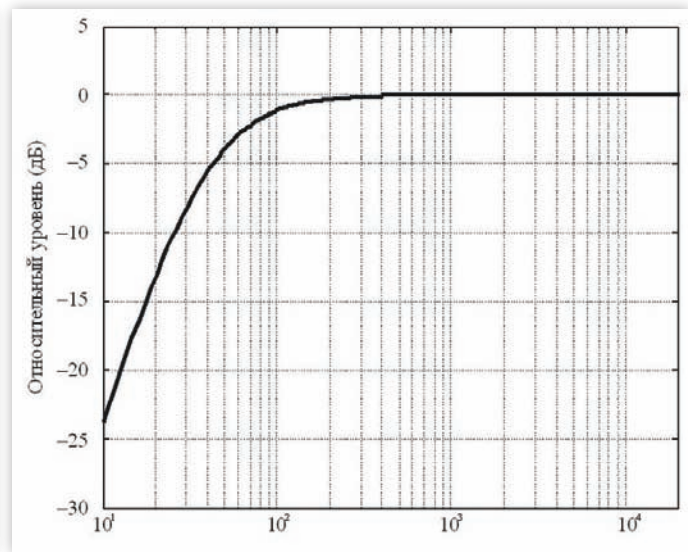


Рис. 6. Взвешивающая кривая RLB

действие головы на принимаемые ушами сигналы. Частотная характеристика этого фильтра показана на рис. 5.

Во второй ступени К-фильтра применяется алгоритм измерений **эквивалентного уровня звукового давления** Leq (Range Loudness@B, RLB), задачей которого является определенное взвешивание частотных составляющих звука, соответствующее слуховому восприятию спектрального содержимого сигнала. Это фильтр высших частот второго порядка, осуществляющий взвешивание по кривой В с коррекцией по нижним частотам. В данном случае он используется в качестве одного из возможных вариантов метода измерений эквивалентного уровня звукового давления (Leq) со спектральным взвешиванием. В результате обработки этим фильтром частотные компоненты аудиосигнала становятся адекватными их слуховому восприятию. Частотная характеристика фильтра RLB изображена на рисунке 6.

В документе ITU-R 1770 рекомендуется после спектральной обработки в фильтре К-взвешивания цифровые значения громкости обозначать в LKFS, то есть в единицах громкости, взвешенных по кривой К, по отношению к номинальной полной шкале измерений. Единица LKFS эквивалентна децибелу, поскольку увеличение уровня сигнала на 1 дБ соответствует увеличению уровня громкости на 1 LKFS.

После спектральной обработки сигнала его взвешенные значения измеряются в определенных временных интервалах поблочно. Для расчета измеренного значения громкости интервал измерений делится на множество перекрывающихся интервалов-блоков.

Каждый блок — это множество непрерывных отсчетов звукового сигнала за время T длительностью 400 мс. Перекрытие блоков должно составлять 75% длины одного блока.

На основании измерений, проделанных в данных временных интервалах, для них вычисляется среднеквадратичное значение энергии и устанавливаются два порога: абсолютный порог громкости на уровне -70 LKFS и второй порог — на 10 дБ ниже громкости, которая получена по результатам проделанных измерений. Среднеквадратичные значения громкости всех каналов суммируются с определенными коэффициентами (более высокими для тыловых каналов и более низкими — для фронтальных). Суммарный сигнал логарифмируется и выводится на прибор индикации, отградуированный в единицах громкости (рис. 7).

Но при этом те кратковременные падения громкости в отдельных измерительных блоках, которые по уровню оказываются ниже второго установленного на основании измерений порога, из результатов суммирования исключаются, чтобы не занижить общий результат вычисления средней громкости передачи в целом. Это осуществляется благодаря применению функции gating, аналогичной прибору Gate (пороговый фильтр), который в звукоре-

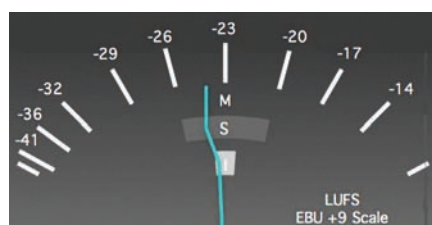


Рис. 7. Схематическое изображение измерителя громкости

жисуре используется в качестве шумоподавителя, производя отключение канала, когда сигнал становится меньше определенного порогового значения. Следует отметить, что для измерений, предусмотренных рекомендацией ITU-R BS.1770, должны использоваться измерители истинно пиковых значений (true peaks).

Нормирование громкости и максимально допустимый уровень аудиосигнала (Рекомендация EBU R128-2011)

Положения, изложенные в рекомендации МСЭ — ITU-R BS.1770-2, легли в основу дальнейших разработок документов по практическому внедрению нового способа измерения аудиосигналов. Так, в августе 2011 года была опубликована рекомендация Европейского вещательного союза **EBU R128**, в которой суммировались все наработки последних лет по совершенствованию методов контроля качества звукового вещания.

В этой рекомендации, озаглавленной «**Нормирование громкости и максимально допустимый уровень аудиосигнала**», подчеркивалось, что:

- ◆ нормализация аудиосигналов по пикам приводила к значительным различиям в громкости между каналами вещания;
- ◆ показания стандартизованного для европейских стран (документом EBU Tech Doc 3205-E) измерителя квазипиковых значений уровня QPPM не отражают громкость сигнала, так как этот прибор изначально не предназначался для регистрации среднего значения сигнала;
- ◆ при быстром росте цифрового производства фонограмм и цифрового распространения аудиоконтента нормирование разрешенного максималь-

ного уровня аудиосигнала, определенное документом ITU-R BS.645, не соответствует современным требованиям и изжило себя;

- ♦ документом ITU-R BS.1770 определен международный стандарт измерения громкости аудиопрограмм, вводящий новый параметр аудиосигнала – **единицу громкости**.

В соответствии с вышеизложенным Европейский вещательный союз рекомендует при измерениях аудиосигнала пользоваться новой единицей уровня **LU** (Loudness Unit) и **LUFS** (единицей громкости относительно полной шкалы). (Наименование **LUFS** соответствует международной конвенции по терминологии и эквивалентно наименованию **LKFS**, которое используется в **ITU-R BS.1770-2**).

Рекомендуется для полной характеристики передачи производить измерения по трем основным параметрам:

- ♦ **громкости программы** (Program Loudness);
- ♦ **диапазону громкости** (Loudness Range);
- ♦ **максимальному мгновенному уровню** (Maximum True Peak Level).

Основные правила измерений этих параметров сводятся к следующим пунктам:

- ♦ за номинальное значение громкости программы документом EBU R 128 рекомендуется принимать уровень, равный **-23 LUFS**, а в случаях, когда точное поддержание номинального уровня недостижимо (например, при живой трансляции), допустимое отклонение от номинального уровня не должно превышать $\pm 1,0$ LU;
- ♦ аудиосигнал передачи должен быть, как правило, измерен как единое целое без выделения отдельных специфических фрагментов, таких как речь, музыка или звуковые эффекты;
- ♦ максимально допустимый мгновенный уровень передачи должен быть равен **-1 dBTP** (dB True Peak, истинно-пиковые децибелы);
- ♦ все измерения должны производиться измерителями, специфицированными в соответствии с требованиями, указанными в документах: ITU-R BS.1770, EBU Tech Doc 3341 и EBU Tech Doc 3342.

На рис. 8 и 9 приведены результаты анализа фонограмм по традиционной методике измерения уровня сигнала RMS, по цифровой шкале SPM и TPM и по методу измерения громкости. Видно, что в фонограмме, нормализованной



Рис. 8. Анализ уровней и громкости в «тихой» фонограмме



Рис. 9. Анализ уровней и громкости в фонограмме, нормализованной под 0 дБ

под 0 дБ, показания True Peak превышают 0 дБ. Можно также оценить разницу при замерах по интегральным параметрам – уровню (total RMS) и громкости (IL) на одной и той же фонограмме.

Завершая этот обзор, нельзя не сказать о том, что известная американская компания Dolby Laboratories – один из признанных лидеров звуковой индустрии – для выбора номинального (опорного) уровня громкости разработала и использует при производстве DVD альтернативный метод, названный ими Dialogue Intelligence. Концепция этого метода основывается на моделировании поведения зрителя, находящегося дома у своего телевизора.

При просмотре телепрограмм зритель настраивает уровень громкости так, чтобы речь персонажей фильма (диалоги) или участников телепрограммы была бы хорошо слышна и четко различима. Скорее всего, зритель не будет увеличивать громкость своего телевизора, пока в программе нет диалогов. Также мала вероятность того, что он снизит уровень громкости из-за короткого всплеска громкости, вызванного, например, ружейным выстрелом.

Таким образом, выбор фрагмента, по которому человек устанавливает громкость, можно порекомендовать измерительному прибору, способному распознавать

те фрагменты программы, которые являются определяющими для установки громкости. Эту функцию и исполняет алгоритм Dialogue Intelligence, с требуемой периодичностью проводящий оценку громкости и помогающий оператору выбрать тот фрагмент программы, по которому можно установить оптимальную центральную громкость передачи.

Закономерен вопрос – как обстоят дела на практике? К настоящему моменту некоторые радиотелевизионные компании Германии (NDR), Австрии (ORF), Бельгии (RTBF) и др. уже накопили определенный опыт использования нового метода измерений уровня громкости, а также нормализации этого уровня. К сожалению, измерительная аппаратура, соответствующая требованиям, изложенным в рекомендациях ITU-R BS.1770 и EBU R 128, в российских студиях стала появляться лишь недавно, и ее пока очень мало. Для того чтобы данные рекомендации смогли быть внедрены в практику, работникам вещания надо постепенно переходить на новые методики проведения передач. В любом случае, есть уверенность в том, что результаты этой «маленькой революции» в телевизионном вещании должны благотворно сказаться на восприятии звучания передач огромной аудиторией телезрителей.

Литература:

1. EBU Tech Doc 3205-E. Стандарт Европейского вещательного союза. «Пиковый программный измеритель для контроля международных трансляций».
2. ITU-R BS. 645. «Тест-сигнал и измерения звуковых программ в системах международных коммуникаций».
3. ITU-R BS. 1770. «Алгоритмы измерений громкости аудиопрограмм и истинно-пикового аудиоуровня».
4. EBU Tech Doc 3341. «Измерение громкости: Способ EBU измерений в добавление к нормализации громкости в соответствии с EBU R 128».
5. EBU Tech Doc 3342. «Диапазон громкости: описание добавления к нормализации громкости в соответствии с EBU R 128».
6. EBU Tech Doc 3343. «Практическое руководство для производства и внедрения в соответствии с EBU R 128».
7. EBU Tech Doc 3344. «Практическое руководство для распределения программ в соответствии с EBU R 128».
8. F. Kramerer. ORF EBU Technical Review-2010.