

О насущном вопросе: как перевести из дБм в дБ? (часть 1)

Введение

Наверное, каждый связист хоть раз в жизни встречался с такой единицей измерения как "дБм" (произносится как набор отдельных букв алфавита в соответствии с транскрипцией [дэ]-[бэ]-[эм]). Например, специалисты в области волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) с данной единицей измерения сталкиваются при выборе источника излучения и фотоприемника – в дБм указан максимально возможный уровень сигнала на выходе источника и минимально допустимый уровень сигнала на входе приемника. Далее эта информация используется при проектировании линии связи, когда производится расчет энергетического бюджета системы и строится диаграмма уровней сигнала. Стоит отметить, что расчет энергетического бюджета системы является одной из самых главных частей проекта ВОЛС и неважно, проектируете вы абонентскую сеть по технологии PON или транспортную сеть по технологии DWDM. Поэтому чтобы произвести этот расчет правильно необходимо полностью понимать смысл всех производимых операций, в том числе конечно и физический смысл единиц измерения рассчитываемых величин. Кроме того, с дБм приходится иметь дело при выполнении входного контроля волоконно-оптического кабеля с помощью тестера при измерении общих потерь в оптическом волокне (ОВ) – на экране измерителя оптического излучения вы будете видеть значение уровня сигнала в дБм.

Также с этими единицами измерения сталкиваются специалисты в области радиосвязи, например, при выборе радиопередатчика, при расчете длины пролета РРЛ и т.д. Действительно, у каждого приемопередающего оборудования уровень радиосигнала задается в дБм. Например, в характеристиках базовой станции WiMAX MAXBridge BS 50 Light указывается, что максимальная мощность сигнала на выходе передатчика на частоте 5ГГц составляет 25.0 дБм (dBm), чувствительность приемника при модуляции BPSK -94.0 дБм [1]. В характеристиках Wi-Fi точки доступа [AirMAX Ubiquiti Rocket 5AC Lite](#) указывается, что мощность передатчика составляет 27 дБм [2].

Таким образом, единица измерения дБм фигурирует довольно часто как при описании характеристик телекоммуникационного оборудования, так и при расчетах и измерениях параметров сети. Однако мало кто понимает смысл данной величины, ее отличие и совместимость с привычными всем децибелами (дБ). На различных форумах часто задают вопросы: как осуществляется перевод величины из дБ в дБм и обратно? Прочитав данную статью, вы поймете, что данный вопрос на самом деле является бессмысленным.

Целью статьи является рассмотрение и разъяснение понятия "дБм", его отличия от единицы измерения "дБ", рассмотрение практических примеров использования данных величин с пояснением используемых формул и последующих рекомендаций по их применению.

Однако прежде чем перейти к рассуждению о единице дБм необходимо, чтобы читатель хорошо понимал смысл дБ. Поэтому сначала рассмотрим истоки появления такой величины как дБ и ее преимущества в сравнении с абсолютными величинами.

Изложенный материал является базовым, однако как показывает практика понимаемый далеко не всеми. Может быть даже тот, кто хорошо разбирается в данном вопросе, откроет для себя какие-то новые факты или примеры.

Если мощность сигнала измеряется в ватах, зачем тогда нужны децибелы?

Всем известно, что в 1876 г. Александр Грэхем Белл изобрел телефон (хотя 11 июня 2002 года Конгресс США в резолюции № 269 признал, что, первенство в этом изобретении принадлежит итальянскому ученому Антонио Меуччи (итал. Antonio Meucci, 13 апреля 1808 – 18 октября 1889), который подал заявку на соответствующий патент в 1871 г.). В связи с этим, по-видимому с целью оценки качества телефонной связи за единицу измерения уровня интенсивности звука приняли 1 Б (Белл).

Согласно определению из ГОСТ 8.4172002: Белл – логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную: уровень звукового давления; усиление, ослабление и т.п. То есть 1 Белл соответствует такой интенсивности звука, которая превышает пороговую интенсивность в 10 раз:

$$A = \lg\left(\frac{Y}{Y_0}\right), \text{ [Б]}$$

где A – уровень интенсивности звука; Y – интенсивность звука (отношение падающей на поверхности звуковой мощности к площади этой поверхности, измеряется в $[Вт/м^2]$); Y_0 – пороговая интенсивность. Для тех, кто плохо разбирается в математике, поясним, что обозначение $lg(x)$ по общепринятым правилам соответствует десятичному логарифму x (или, другими словами, логарифм x по основанию 10), $lg(x) = \log_{10}(x)$. Пороговая интенсивность Y_0 – это минимальная интенсивность звука, воспринимаемая человеком.

Однако на практике оказалось более удобным использовать десятую долю бела $10^{-1} * Б$, то есть децибелы, $1 Б = 10 дБ$

$$A = lg\left(\frac{Y}{Y_0}\right) \cdot 10 \cdot 10^{-1}, [Б]$$

$$A = 10lg\left(\frac{Y}{Y_0}\right), [дБ]$$

По-видимому, в связи с использованием в обозначении единицы измерения дБ имени собственного – "Белла", буква "Б" пишется заглавной, а буква "д", обозначающая приставку "деци" 10^{-1} – строчной. Международное обозначение – "dB". Стоит отметить, что такие обозначения как Дб или дб недопустимы.

Силу звука издавна измеряют в дБ, например, шелест листьев производит шум силой 30 дБ, оркестр – 80 децибел, а реактивный двигатель – от 120 до 140 децибел. Водопад Ниагара производит шум, сравнимый с шумом фабричного цеха (90-100 децибел). В Книге Рекордов Гиннеса зафиксирован случай: 14-летняя шотландская школьница, перекричала взлетающий самолет "Боинг" [3].

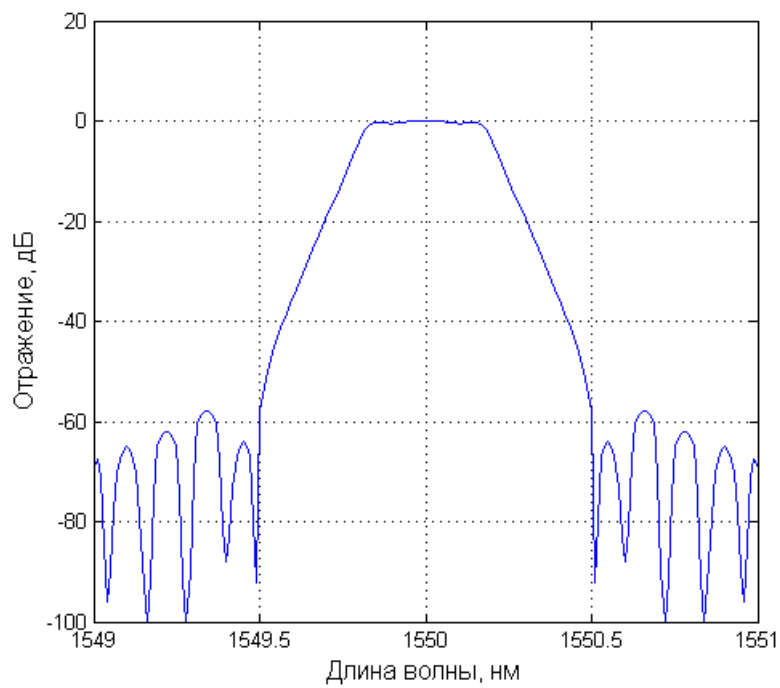
Здесь возникает разумный вопрос: зачем перешли от абсолютных единиц измерения интенсивности звука $Вт/м^2$ к относительным – децибелам?

Диапазон величин интенсивности звука, которые способен слышать человек является довольно широким. Человек способен слышать звуки, различающиеся по уровню в 100000 раз и если отобразить этот диапазон значений на одной координатной оси, масштаб окажется весьма неудачным. То есть пользоваться линейной зависимостью для выявления того, во сколько раз одна величина больше другой довольно неудобно.

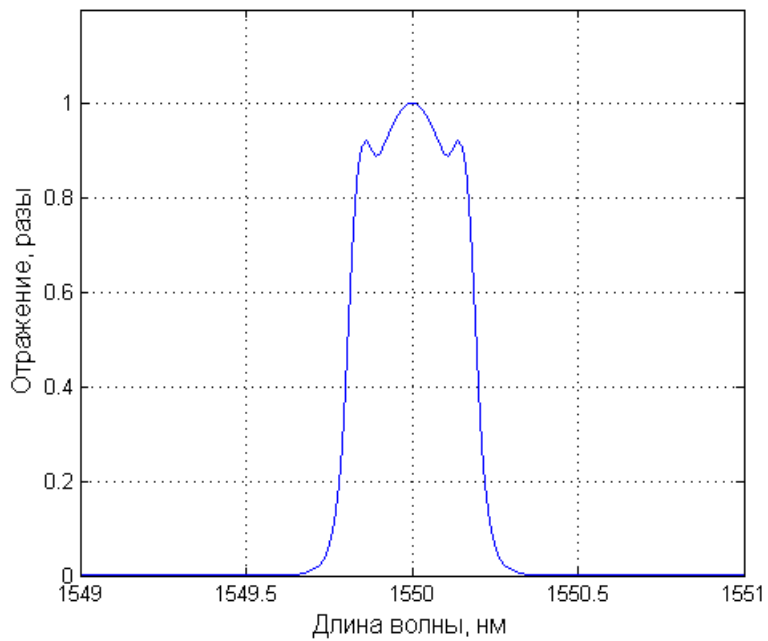
Кроме того, чувствительность слуха не линейна и изменяется по логарифмическому закону. Допустим, на выходе усилителя имеется звуковой сигнал с напряжением 1 В. Для увеличения громкости в 1.1 раза надо увеличить напряжение всего на 0.1 В. Однако если на выходе усилителя было 100 В, то для увеличения громкости в 1.1 раза нужно добавить 10 В (данные значения конечно абстрактные). В обоих случаях человеку будет казаться, что приращение громкости было одинаковым.

Несмотря на то, что децибел первоначально использовался для выражения уровня звукового сигнала, в настоящее время в виду его полезных свойств он широко применяется в самых различных областях. Особенно в случае измерения величин, меняющихся в широком диапазоне: в радиотехнике, например при построении диаграммы направленности антенны, в системах передачи информации, в оптике, в автомобильной акустике и др.

Рассмотрим полезные свойства децибелов, рассматривая примеры из области связи. На рис. 1 изображена амплитудная характеристика оптического фильтра, используемого в WDM-системах спектрального уплотнения, реализованного на 7 мм волоконной Брэгговской решетке. Ниже на рис. 2 изображена передаточная функция электрического цифрового фильтра, реализующего сглаживание сигнала по 15-ти точечной формуле Спенсера. Данный фильтр используется в цифровой обработке сигналов для подавления шума.

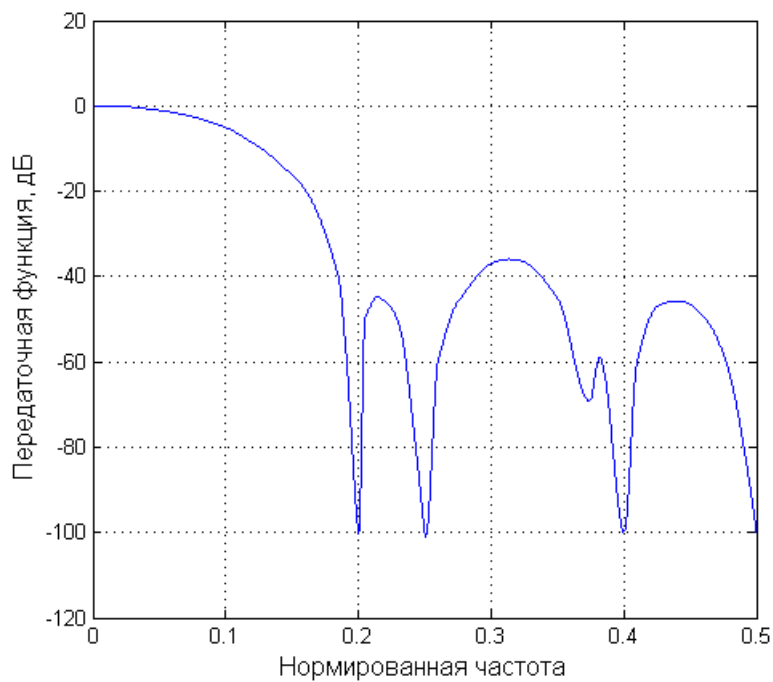


а)

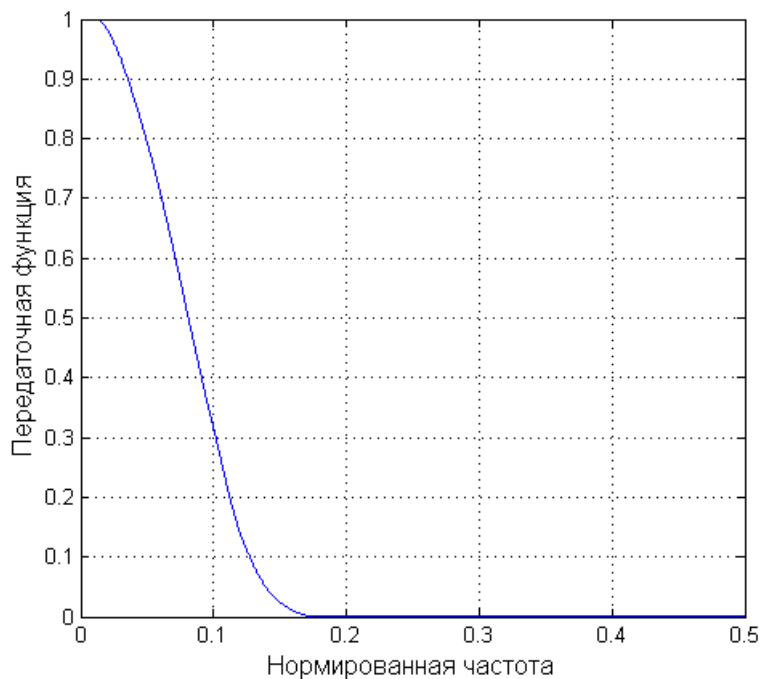


б)

Рис. 1 Амплитудная характеристика оптического фильтра, используемого в WDM-системах, реализованного на 7 мм волоконной Брэгговской решетке: а) в логарифмическом масштабе; б) в линейном масштабе.



а)



б)

Рис. 2 Передаточная функция цифрового фильтра: а) в логарифмическом масштабе; б) в линейном масштабе.

Как видно из рис. 1,2 при использовании логарифмической шкалы информативность амплитудной характеристики оптического фильтра и передаточной функции цифрового фильтра значительно повышается. Логарифмическая шкала как бы придает больший масштаб маленьким единицам и меньший масштаб большим.

Данное свойство исходит из характера изменения логарифмической функции. На рис. 3 приведен график функции $y = \lg(x)$. Как видно из рисунка, приращение по x в области относительно малых величин дает некоторое приращение dy . Например, если в качестве dx взять изменение отношения мощностей сигнала (в ватах) с 10 до 20 раз, то приращение dy – значение в дБ, поменяется с 10 до 13, т.е. на 3 дБ. Чтобы получить такое же приращение dy в области относительно больших величин, приращение по x нужно брать уже в разы больше. Та же разность в 3 дБ, будет соответствовать изменению отношения мощностей сигнала с 20000 до 39811 раз.

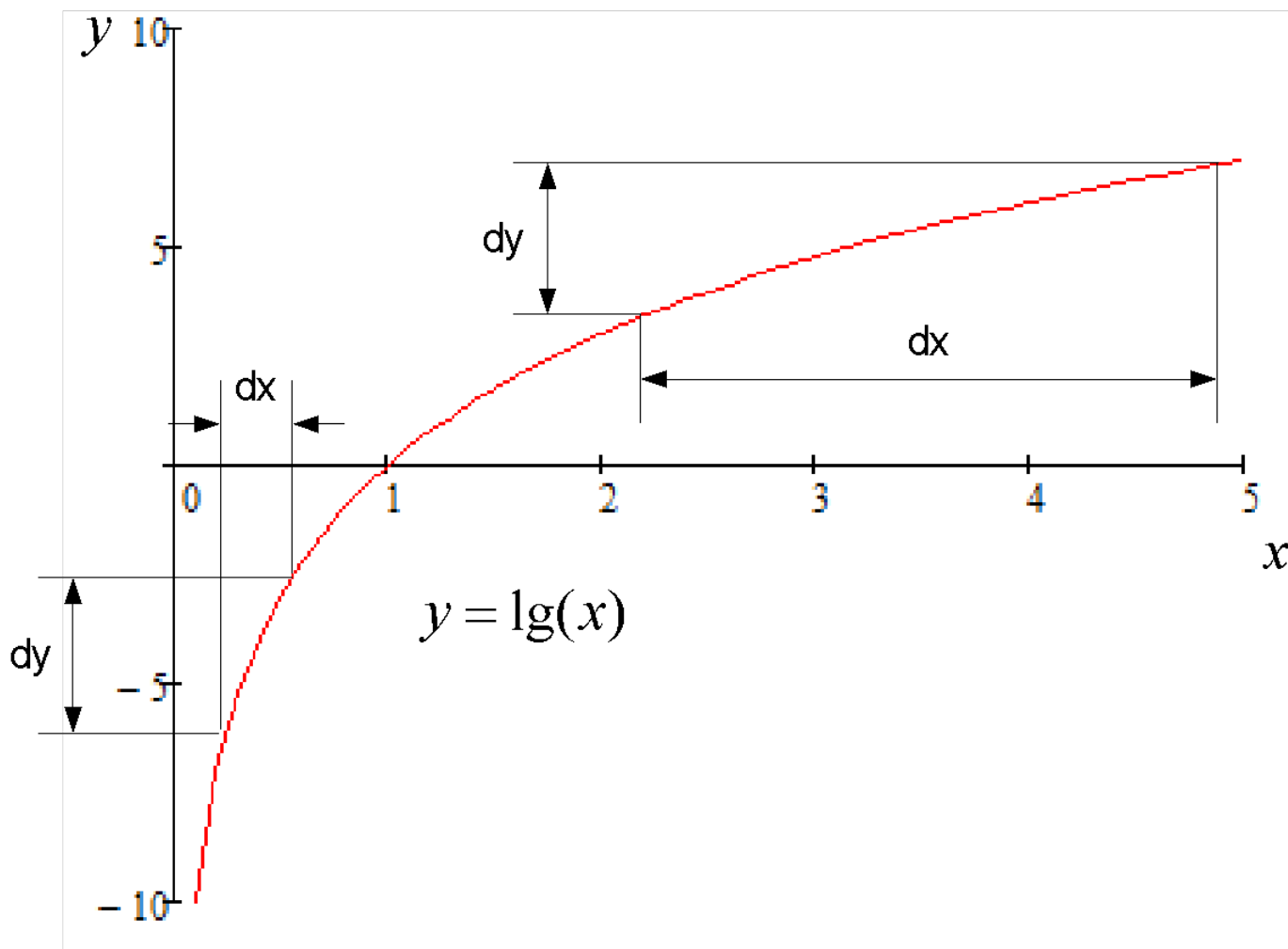


Рис. 3 График логарифмической функции

Например, если мы скажем, что при распространении сигнала в ОВ G.652 CORNING Inc. SMF-28e+ длиной 1 км на длине волны 1550 нм его мощность уменьшилась с 10 мВт до 9.506 мВт, а в ОВ G.655 LEAF на той же длине волны мощность уменьшилась с 4.2 мВт до 3.99 мВт, в этом случае сложно сказать одинаковое затухание вносят данные ОВ или нет. Если мы скажем, что на каждом километре оптических волокон G.652 и G.655, мощность сигнала уменьшается в 1.052 раз, то информация приобретает более интересный характер. В этом случае можно уже сказать, что они имеют равное затухание. Однако данный критерий все еще не идеален. Например, если мы захотим узнать, во сколько уменьшается мощность сигнала в этих волокнах длиной 6 км, потребуется 1.052 умножить само на себя 6 раз. Думаю, вряд ли кто-нибудь с ходу сможет сказать результат. Если же данное отношение выразить в логарифмических единицах, то можно сказать, что на 1 км уровень мощности сигнала уменьшается на 0.22 дБ, на 6 км – на $6 \cdot 0.22 = 1.32$ дБ. Как видно, с использованием логарифмических единиц расчеты стали значительно проще.

Таким образом, децибел является естественной единицей измерения многих физических и биологических процессов (в том числе чувствительность слуха), изменяющихся по логарифмическому закону. Логарифмическая шкала обеспечивает удобство отображения и анализа величины, изменяющейся в очень широком диапазоне. Расчеты с использованием логарифмических единиц становятся значительно проще.

Список литературы:

1. [WiMAX базовая станция MAXBridge BS 50 Light.](#)
2. Точка доступа [Ubiquiti Rocket 5AC Lite.](#)
3. [Факты о звуках.](#)