

## О ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗЛУЧАТЕЛЯХ

Зашел тут на YouTube канале спор насчет динамических излучателей, что есть обычные наушники, где используется катушка и магнит. Первоначально спор касался насчет мощности, где гуру утверждают, что накладные наушники (большие) необходимо цеплять только к большому усилителю, поскольку ЦАП-свистки не дают требуемую мощность для данных излучателей. Что меня всегда озадачивает, поскольку мои измерения и расчеты показывают, что мощность требуется не значительная. Мои измерения показывают, что на сопротивлении нагрузки 28 Ом даже ЦАП-свистки сегодня в большинстве дают низкие искажения порядка КНИ=0,0009% на той, громкости, на которой идет прослушивание, а без нагрузки искажения составляют 0,0008%. Поэтому никаких объективных проблем с мощностью у ЦАП-свистков не вижу. **Другой вопрос субъективное качество звука, но это явно не проблема мощности источника.**

Для примера, возьмем наушники с сопротивлением катушки 30 Ом, которым в среднем для очень большой громкости на практике требуется не более 0,5 В действующего значения переменного напряжения. В итоге получаем ток  $I=U/R=0,5/30=0,017=17$  мА. Что равно току обычного светодиода! А мощность при этом составляет  $P=UI=0,5*0,017=0,0085=8,5$  мВт. Как видите, никаких ват не требуется, поэтому даже старенькие плееры Sony протягивают накладные динамические наушники, у которых обычно было мощности около 15 мВт, при 32 Ом, в среднем.

Но гуру, наслушавшись маркетологов, утверждают, что надо больше мощности, что это хорошо. На самом же деле это только ухудшает и удорожает звук. Боюсь, что именно последнее есть цель маркетинга. А в реальности повышение коэффициента усиления выходного каскада приводит к увеличению ВЧ шумов на выходе, которые создают волновые резонансы в проводах и тем самым звук окрашивают, где кабель становится как резонатор, где закон сохранения энергии нарушается, отсюда получаем влияние на сигнал записи. А так же повышение усиления аналогового выхода приводит при реальном прослушивании к понижению цифрового сигнала (громкости), поэтому растут ошибки квантования (снижается разрешение сигнала), так как ЦАП часто работает на 1/8 или даже на 1/10 от максимальной громкости, со всеми вытекающими.

И в итоге видим, что **прогресс добился повышение стоимости ЦАП и усилителей**, так как требуется повышать разрядность цифровых данных, чтобы на низких уровнях громкости иметь низкие цифровые искажения при регулировке громкости, а так же это привело к удорожанию выходных усилителей и увеличению на их выходе ВЧ шумов, которые определенно влияют на звук, по моим наблюдениям. При этом измеряемые параметры могут быть идеальными, поскольку они получены за счет обратной связи и росту тех самых ВЧ шумов на выходе. Соответственно, требуется хороший кабель для снижения волновых эффектов, а лучше серебряный и дорогой, как любят аудиофилы.

Но, один великий гений в комментариях пошел ещё дальше в ходе диспута, что по омическому сопротивлению катушки динамика считать мощность динамических излучателей нельзя, так как там катушка индуктивности, которая берет энергию своим индуктивным сопротивлением энергию источника, а омическое сопротивление просто грелка и никак не влияет на излучение. Вот тут, я даже присел на стул, чтобы не упасть))). Но, тема влияния катушки индуктивности в динамическом излучателе, действительно, интересная.

Поэтому измерил у своих наушников **Shure SRH840** прибором омическое сопротивление, оно составило 39 Ом, а так же измерил индуктивное сопротивление, прибор показал 2 мГн (при этом показывает с минусом, что означает, что катушка обладает собственной ЭДС). А это означает, что

на частоте 20 Гц катушка будет иметь индуктивное сопротивление 0,251 Ом, а на 20 кГц уже целых 251 Ом, что совсем не мало, по отношению к омическому сопротивлению, равному 39 Ом.

Затем посмотрел реальное измеренное сопротивление катушки по всему частотному диапазону <https://reference-audio-analyzer.pro/report-pro-hp-generic.php?id=576#gsc.tab=0> и оно составило от 39 до 59 Ом. Притом 59 Ом это пик на частоте 90 Гц (видимо резонанс механической динамика), а в среднем сопротивление около 40 Ом, равно омическому сопротивлению катушки, как показано ниже на графике (на правой стороне графика показано значение измеренного сопротивления).



Рис.1. Измеренное сопротивление наушников Shure SRH840 в диапазоне слышимых частот.

**Т.е. сопротивление катушки излучателя не растет с частотой, как должно было быть из-за влияния катушки индуктивности.** Я это объясняю тем, что когда мы подаем в катушку напряжение, то возникает ток, который создает сначала встречную ЭДС, но так же взаимодействует с магнитом, создает силу Ампера, которая заставляет динамик двигаться и если это движение опаздывает, то давление магнитного поля на катушку создает прямую (ускоряющую) ЭДС, которая компенсирует ЭДС самоиндукции. Поэтому индуктивность катушки не влияет при работе динамического излучателя.

Это то же самое, как мы подаем в двигатель постоянного или переменного тока напряжение и сначала возникает большой пусковой ток, когда двигатель не набрал скорость, но набрав скорость, возникает встречная ЭДС, равная источнику напряжения (в идеале, если нет трения и потерь в двигателе). Так и с динамическим излучателем, когда он начинает двигаться с запаздыванием, то компенсирует индуктивность катушки. По сути, излучатель становится как омическая нагрузка, от которой зависит ток источника. Поэтому мощность излучателя практически зависит от омического сопротивления обмотки излучателя.

Что касается качества звука, которое явно различается при одинаково хороших измеряемых параметрах в слышимой области частот, то вероятно, на это влияют ВЧ шумы генерируемые усилителем и ЦАП, что создает стоячие волны в кабеле. Очевидно, что усилители по разному себя ведут на высокой частоте, тем более под нагрузкой, где есть индуктивность, при работе на линию передачи, где возникают волновые эффекты. И это влияет на звук, через ВЧ пульсации на выходе усилителя. Так, например, у ЦАП-свистков малые конденсаторы в питании и это приводит к просадке напряжения при работе на нагрузку, что усилитель за счет обратной связи компенсирует, но это приводит к переносу искажений из слышимой области в ВЧ область, которые создают волновые эффекты в кабеле (на частоте резонанса кабеля) или катушке. И поэтому, не смотря на идеальные искажения качество звука субъективно меняется. Именно

волновыми эффектами объясняется разное качество усилителей, а не самой мощностью, как об этом повторяют аудио обзорщики, как попугаи повторяя глупость, которую распространяют маркетологи, чтобы продать подороже свои гаджеты. При этом, качество этих гаджетов не факт, что растет со временем, а может даже по отношению к старичкам ухудшаться. Например, старые плееры Sony могут иметь больше искажения измеряемые, но иметь более низкие ВЧ шумы на выходе и поэтому могут лучше звучать, чем современные навороченные ЦАП-ы с супер низкими искажениями. Но, зато модные ЦАП-ы с наклейками «Hi-Res», 32 битные и с запредельными частотами дискретизации. Как говорится, бизнес мутится, лавэ крутится и аудио обзорщики (гуру) в доле, не обиженные и народ доволен, когда купит здоровый ящик, а там супер ЦАП-ы.

09.05.2025