

Влияние погрешностей компонентов аттенюатора на линейный сигнал

Родионов А.В. ©2008

Выбору схемы регулятора громкости (РГ) для высококачественного звуковоспроизведения посвящено множество статей и материалов рекламного характера. Здесь будет сделана попытка оценить влияние основных компонентов РГ на результирующий сигнал с точки зрения теории погрешностей. С ее помощью можно достаточно формально оценить зависимость искажения (погрешности) сигнала от номиналов компонентов и, до некоторой степени, от конфигурации РГ.

Определим передаточную функцию (ПФ) аттенюатора как ПФ резистивного делителя. Для упрощения анализа будем считать все сопротивления действительными, сопротивление предыдущего каскада примем равным нулю, а следующего – бесконечности:

$$y(x, R_1, R_2) = x \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad (1)$$

Где x – входной сигнал, R_1, R_2 – сопротивления делителя.

По теории погрешностей абсолютная погрешность функции f от N переменных $x_1, x_2, \dots, x_N$ определяется как:

$$\Delta f(x_1, x_2, \dots, x_N) = \sum_{i=1}^N \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right| \Delta x_i. \quad (2)$$

Для функции (1) формула (2) примет вид:

$$\Delta y = \left| \frac{\partial y}{\partial x} \right| \Delta x + \left| \frac{\partial y}{\partial R_1} \right| \Delta R_1 + \left| \frac{\partial y}{\partial R_2} \right| \Delta R_2, \quad (3)$$

Где Δx – погрешность измерения входного сигнала (к ней можно отнести всевозможные помехи, шумы и др. искажения, не зависящие от положения движка РГ), ΔR_1 и ΔR_2 – погрешности компонентов делителя, обусловленные контактом движка с материалом переменного резистора, или иные

изменения сопротивления, например влияние контактов реле. Заметим, что в Г(или L)-аттенюаторе движок не связан с R_1 и в этом случае ΔR_1 можно принять равным нулю. Найдем полную погрешность ПФ РГ:

$$\Delta y = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Delta x + \left| -\frac{x R_2}{(R_1 + R_2)^2} \right| \Delta R_1 + \left| \frac{x}{R_1 + R_2} - \frac{x R_2}{(R_1 + R_2)^2} \right| \Delta R_2, \quad (4)$$

Приведем третье слагаемое в (4) (вклад погрешности R_2) к общему знаменателю и упростим:

$$\Delta y = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Delta x + \left| -\frac{x R_2}{(R_1 + R_2)^2} \right| \Delta R_1 + \left| \frac{x R_1}{(R_1 + R_2)^2} \right| \Delta R_2. \quad (5)$$

Избавимся от влияния делителя и входного сигнала, для чего перейдем к относительной погрешности:

$$\delta y = \frac{\Delta y}{y} = \frac{\Delta x}{x} + \left| -\frac{1}{R_1 + R_2} \right| \Delta R_1 + \left| \frac{R_1}{(R_1 + R_2) R_2} \right| \Delta R_2 \quad (6)$$

Из выражений (5) и (6) можно сделать ряд достаточно очевидных выводов:

- относительная погрешность (КНИ) обычного аттенюатора-делителя складывается из погрешности сигнала (не зависящей от положения движка потенциометра), и вкладов погрешностей R_1 , R_2 ;
- вклад погрешности R_1 от положения движка не зависит, если сумма $R_1 + R_2$ остается неизменной;
- вклад погрешности R_2 зависит от положения движка и тем больше, чем ниже это положение;
- чем больше $R_1 + R_2$, т.е. суммарный номинал потенциометра, тем меньше влияние контактов реле или движка (правда, с увеличением соответствующего номинала увеличивается влияние входного сопротивления следующего каскада, тепловые шумы и прочие неучтенные здесь факторы);

□ в $\Gamma(L)$ -аттенюаторе погрешность зависит только от вклада погрешности R_2 , что дает ему некоторое преимущество перед обычным.