

В работе «Теория динамических интермодуляционных искажений» (The Theory of Transient Intermodulation Distortion) М.Отала и Е.Лейнонен показали взаимосвязь между ТИМ, скоростью нарастания выходного напряжения и мощностной полосой пропускания. Авторы подчеркивают что с самого начала активного внедрения глубокой ООС в усилители отстаивалась идеология усилителей, имевших **ширину рабочей полосы свыше 1 МГц в малосигнальной области, как единственных, дающих адекватное качество звучания.** Но вскоре о малосигнальной области напрочь забыли, важно было получить как можно больше нулей после запятой в THD за счет все более глубокой ООС.

Именно поэтому я и проверяю качество работы моделей усилителей суммой сигналов: меандр 20 кГц пропущенный через ФНЧ 100 кГц (как в тесте DIM-100) и синус 1 МГц в соотношении 5:1. Тест напоминает тест DIM-100 только с другими частотами сигналов. В DIM-100 используется сумма меандра частотой 3,14 кГц и синуса частотой 15 кГц в соотношении 4:1. Для проверки моделей усилителей с радиочастотным ФНЧ на входе его следует временно отключить.

Скорость нарастания выходного напряжения определяется как максимум функции  $dV/dt$  на выходе усилителя для очень большого входного сигнала.

Мощностная полоса пропускания определяется при заданном КНИ, обычно не более 1%.

Взаимосвязь мощностной полосы пропускания  $f_m$  и скорости нарастания SR следующая:

$$SR = U_m * 2\pi f_m$$

где  $U_m$  – пиковое напряжение.

Например, для амплитуды выходного напряжения 25 В и частоты 250 кГц SR равна:

$$SR = 25 * 6,28 * 250 / 1000 = 39,25 \text{ В/мкс}, \text{ а } NSR = 39,25 / 25 = 1,57 \text{ 1/мкс}$$

И если усилитель линейно (без видимых искажений) усиливает большой сигнал до такой частоты, то о перегрузке каскадов усилителя можно не беспокоиться.

По мнению известного разработчика Джона Керла (John Curl) скорость нарастания выходного напряжения должна быть не менее 100 В/мкс. Однако этот параметр зависит от максимального выходного напряжения, которое в свою очередь зависит от напряжения питания. Поэтому лучше пользоваться приведенной (нормализованной) скоростью нарастания (ПСН) приходящейся на 1 Вольт выходного напряжения, размерность: ПСН 1/мкс.

$$NSR \text{ или ПСН} = SR / U_m = 2\pi f_m - \text{напрямую связана с полосой полной мощности } f_m!$$

В работе «Feedback -generated phasemodulation in audio amplifiers» Отала раскрывает необходимость иметь частоту первого полюса как можно выше во избежание фазовой модуляции звуковых сигналов. О причинах возникновения фазовой модуляции писал и Барри Гилберт. Например, профессор А.Гурский считал что оптимальной можно считать частоту первого полюса не ниже 200 кГц. Только в этом случае до 20 кГц не будет фазовых отклонений петлевого усиления.

Об амплитудно-фазовой конверсии сигналов связанной с фазой петлевого усиления в звуковой области писал и С.Агеев. Именно эти искажения напрямую связаны с искажениями типа SID (Slewing Induced Distortion) в атаке и спаде звуковых сигналов и зависят от точности вращения фронтов сигналов. Именно эти искажения и являются причиной плохой микродинамики.

Еще один важный параметр на который до сих пор не обращают внимание это групповое время задерживания (ГВЗ). От его величины и от характера поведения в звуковой полосе и далеко за ее пределами зависит точность усиления сигналов с самого начала их поступления на вход. Если говорить о синусоиде, то это прежде всего точность усиления первого и последнего периода бурстов. Как показали многочисленные исследования моделей усилителей с ООС для исключения искажений типа SID ГВЗ должно быть не более 100 нс начиная с частот звукового диапазона и иметь постоянное значение в идеале до частоты 1 МГц и далее. Небольшой подъем ГВЗ допустим за пределами 1 МГц.

Временная область по-прежнему лучше подходит для многих измерений, а некоторые измерения возможны только во временной области. Примерами служат **время нарастания и спада импульса, SR (NSR), искажения типа SID, коммутационные искажения, искажения первого периода бурста (FCD – first cycle distortion), выбросы и звон на полках меандра.**