

Все программы-оболочки позволяют создавать наборы тестов, и при условии, что все тесты одного уровня, получаются батареи тестов. В основном программы-оболочки различаются сервисными функциями, многие предусматривают возможность использования графического материала. В целом программы-оболочки можно охарактеризовать как удобный инструмент, позволяющий преподавателю сосредоточиться на методических аспектах своей дисциплины. Однако при этом следует особое внимание уделять методически грамотной постановке тестирования в соответствии с принципами педагогической науки.

Литература

1. Беспалько, В. П. Основы теории педагогических систем (Проблемы и методы психолого-педагогического обеспечения технических обучающихся систем) / В. П. Беспалько. – Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1977. – 304 с.

УДК 620.3

Параметры усилителя мощности звуковой частоты с оптимальной отрицательной обратной связью

Михальцевич Г. А.

Белорусский национальный технический университет

В печати имеется большое количество схем транзисторных усилителей мощности (ТУМ) низкой частоты, но, несмотря на это, проблема разработки схемы ТУМ с выходной мощностью в несколько десятков или сотен Вт, которая по звучанию субъективно ни в чём не уступает лучшим образцам ламповым усилителям, остаётся актуальной. В большинстве случаев ТУМ с лучшими основными электрическими характеристиками звучит хуже, чем ламповые. Многие разработчики электрических схем ТУМ пытаются найти предел улучшения их электрических параметров, при которых ТУМ большой мощности будет звучать не хуже, а то и лучше, чем высококачественный ламповый.

Все параметры можно разделить на несколько групп: параметры в режиме малого сигнала, в режиме большого сигнала, входные, выходные, по постоянному и переменному току, статические и динамические и т.д. Не все параметры одинаково

важны, однако незнание их значений может привести к неожиданным результатам.

Рассмотрим некоторые эти параметры.

Мощность – параметр, не связанный с качеством УМЗЧ. Эта величина необходима для оценки громкости звука в комнате прослушивания. При этом абсолютно необходимо знать чувствительность акустических систем. На распространенных транзисторах легко можно получить мощность в 100 Вт на 8 Ом.

Частотные параметры – это все параметры, характеризующие частотные свойства усилителя. Они измеряются в режиме малого и большого сигнала. Частотные параметры можно получить из частотных характеристик – графиков. Такими характеристиками являются АЧХ - амплитудно-частотная характеристика, ФЧХ – фазочастотная характеристика. Амплитудно-фазовая характеристика - гибрид первой и второй. График модуля АЧХ, и ФЧХ в виде асимптотической кривой в логарифмическом масштабе называется диаграммой Боде. Иногда АЧХ называют зависимость коэффициента усиления усилителя от частоты. И АЧХ и ФЧХ можно снять для усилителя с обратной связью и без нее. Сравнив их можно получить такой параметр, как глубина отрицательной обратной связи (ООС).

Из диаграмм Боде можно узнать, например "частотный диапазон по уровню -3 dB. Частотный диапазон измеряется в режиме малого сигнала: при входном напряжении постоянной амплитуды напряжении равном 0.1 от максимального.

По диаграммам Боде можно определить, устойчив ли усилитель и насколько (запас устойчивости). Диаграммы Боде можно нарисовать как для усилителя с замкнутой петлей ООС и с разомкнутой. В последнем случае можно определить произведение усиления на частоту, который характеризует возможную глубину обратной связи, которую можно получить на падающей ветви амплитудной характеристики в зависимости от частоты.

Если входное напряжение равно номинальному, то из того же графика, правда, пересчитанного в мощность можно определить полосу пропускания в режиме большого сигнала. Полоса в режиме малого сигнала всегда шире, чем в режиме большого сигнала.

Параметры переходного процесса можно узнать, если на вход усилителя подать единичный перепад напряжения. Он бу-

дет отслежен не сразу, а выходное напряжение установится после некоторого переходного процесса, который характеризуется временем нарастания. По характеру переходного процесса можно судить об устойчивости усилителя. Аperiodический процесс свидетельствует об абсолютной устойчивости, а затухающие колебания – о малом запасе устойчивости.

Важным параметром усилителя является его нелинейные искажения. Коэффициент нелинейных искажений (к.н.и.) – это отношение квадратного корня из суммы квадратов амплитуд гармоник к амплитуде первой гармоники. Если на вход нелинейной системы подать два синуса с некратными частотами, то на выходе получим, кроме гармоник основных сигналов, еще несколько гармоник с частотами кратными сумме и разности основных частот и их гармоник. Если корень из суммы квадратов амплитуд последних отнести к корню из суммы квадратов амплитуд основных сигналов, получим коэффициент интермодуляционных искажений (к.и.и.). И нелинейные и интермодуляционные искажения вызваны нелинейностями одной природы и одинаково характеризуют систему. И к.н.и. и к.и.и. выражаются обычно в процентах. Более раздражают слух искажения комбинационные, чем гармонические.

При переходных процессах возникают динамические искажения. Их можно измерить, например, с помощью суммы прямоугольного и синусоидального сигналов. Нелинейные искажения могут быть снижены за счет применения более линейных элементов, линеаризации каскадов за счет местных ОС, применения симметричных схем, за счет увеличения глубины общей ОС и за счет подбора транзисторов дифференциальных каскадов и двухтактных каскадов. От переходных искажений выходного двухтактного каскада можно радикально избавиться, переведя каскад в режим А, но при этом теряется перегрузочная способность по току выходного каскада.

Скорость нарастания выходного сигнала – еще один параметр, измеряемый в режиме большого сигнала. Выражается в В/мкс. Если на вход подать прямоугольные импульсы с амплитудой, достаточной для получения максимального размаха выходного напряжения, то на выходе получим импульсы трапециидальной формы. Угол наклона боковых сторон этой трапе-

ции и есть скорость нарастания. В общем случае скорости нарастания снизу вверх и сверху вниз могут быть неравны.

Отношение сопротивления нагрузки к выходному сопротивлению усилителя называется коэффициентом демпфирования.

Выходное сопротивление усилителя – параметр, присущий самому усилителю и не зависящий от сопротивления нагрузки. Оно зависит от свойств выходного каскада и глубины ООС.

Важно, чтобы искажённый сигнал на выходе УМ частотой до 20 кГц со своими гармоническими составляющими вплоть до 16-го порядка сравнивался с входным сигналом с минимальным сдвигом фаз. Усилитель должен обладать высокой собственной линейностью без общей ООС (к.н.и < 0,3%), с ООС к.н.и < 0,005% и высоким быстродействием (> 350 В/мкс). В этом случае первый полюс его АЧХ находится на частоте около 350 кГц.

Введение неглубокой ООС, позволяет увеличить коэффициент демпфирования и уменьшить искажения, сохранив монотонно убывающий характер их спектра. При этом усилитель с замкнутой цепью ООС должен быть стабилен при работе на нагрузку любого характера, в том числе чисто ёмкостную.