

УДК 621.3

Аудиоусилители класса D: особенности и преимущества

Бусел Д.А.

Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

Усилитель мощности – неотъемлемый элемент акустической системы автомобиля. Усилитель мощности получает слабый сигнал от автомагнитолы, и усиливает его до величины, необходимой для корректной работы динамиков.

Различают пять классов усилителей мощности в зависимости от своей эффективности (КПД) и уровня искажения выходного сигнала:

– Класс А. Усилители такого класса не отличаются высокой эффективностью, но предоставляют довольно чистый сигнал. Такие усилители имеют КПД – 20-30%, что говорит про 20-30 Вт выходной мощности при подаче 100 Вт. 70-80% просто теряются в электрической цепи усилителя, нагревая его детали и воздух. Усилители класса А очень редко используются в автомобильных аудиосистемах, из-за своей неэффективности и высоким ценам.

– Класс В. Почти в два раза эффективнее усилителя класса А. Тем не менее искажение выходного сигнала так велики что его не используют в акустических системах для автомобиля.

– Класс С. Имеют эффективность работы равную 75%, однако с увеличением КПД увеличивается и искажение выходного сигнала. Из-за этого данные усилители не подходят для Hi-Fi аудиосистем.

– Класс АВ. Объединили в себе чистоту сигнала класса А и относительную эффективность (немного ниже) класса В. Преобладающее число Hi-Fi усилителей относится именно к этому классу.

– Класс D. Самые современные усилители мощности, использующие цифровую обработку сигнала. Данные усилители очень компактны, что делает им преимущество перед всеми остальными классами. На данный момент усилители этого класса только начинают завоевывать рынок автомобильных аудиосистем.

Популярность усилителей класса D, предложенных еще в 1958 году, заметно выросла в последние годы. Что они собой представляют? Как соотносятся с другими типами усилителей? Почему класс D представляет интерес для аудиотехники? Что необходимо, чтобы сделать «хороший» усилитель класса D?

Известный факт, что усилители класса А и АВ не слишком эффективны и имеют не слишком высокую отдачу мощности. Особенно это сказывается на низких частотах, например при работе сабвуфера, где необходимость в большой мощности очевидна. Применение в таких случаях усилителей класса А, АВ делает систему неоправданно дорогой. Усилители класса D лишены этих недостатков, поскольку имеют высокий КПД, более 90 % возвращается в нагрузку, и лишь до 10 % рассеивается в виде тепловой энергии. А это значит, что стоимость устройства может быть уменьшена за счет понижения потребляемой мощности, отсутствия принудительного охлаждения и выходных транзисторов.

Функция звукового усилителя заключается в воспроизведении входного сигнала элементами выходной цепи, с необходимой громкостью и мощностью, точно, с минимальным рассеянием энергии и малыми искажениями. Усилитель должен обладать хорошими характеристиками в диапазоне звуковых частот, который находится в области 20–20 000 Гц (для узкополосных динамиков, например сабвуфера или высокочастотной головки, диапазон меньше). Выходная мощность варьируется в широких пределах в зависимости от назначения усилителя — от милливатт в головных телефонах до нескольких ватт в телевизоре и персональном компьютере (ПК), десятки ватт в домашней или автомобильной стереосистеме; наконец, сотни ватт в наиболее мощных домашних или коммерческих аудиосистемах для театров и концертных залов.

В обычном усилителе выходной каскад содержит транзисторы, обеспечивающие необходимое мгновенное значение выходного тока. Во многих аудиосистемах выходные каскады работают в классах А, В и АВ. В сравнении с выходным каскадом, работающим в D классе, мощность рассеяния в линейных каскадах велика даже в случае их идеальной реализации. Это обеспечивает D классу значимое преимущество во многих приложениях вследствие меньшего тепловыделения, уменьшения размеров и соответственно стоимости изделий, увеличения времени работы автономных устройств.

Пониженное энергопотребление делает усилитель класса D весьма привлекательным решением, при этом разработчик должен учесть ряд аспектов. Среди них:

- выбор типоразмера выходных транзисторов;
- защита выходного каскада;
- качество звучания;
- способ модуляции;
- электромагнитные помехи;
- конструкция LC-фильтра;
- стоимость системы.



Рисунок 1 – Блок-схема усилителя класса D без обратной связи

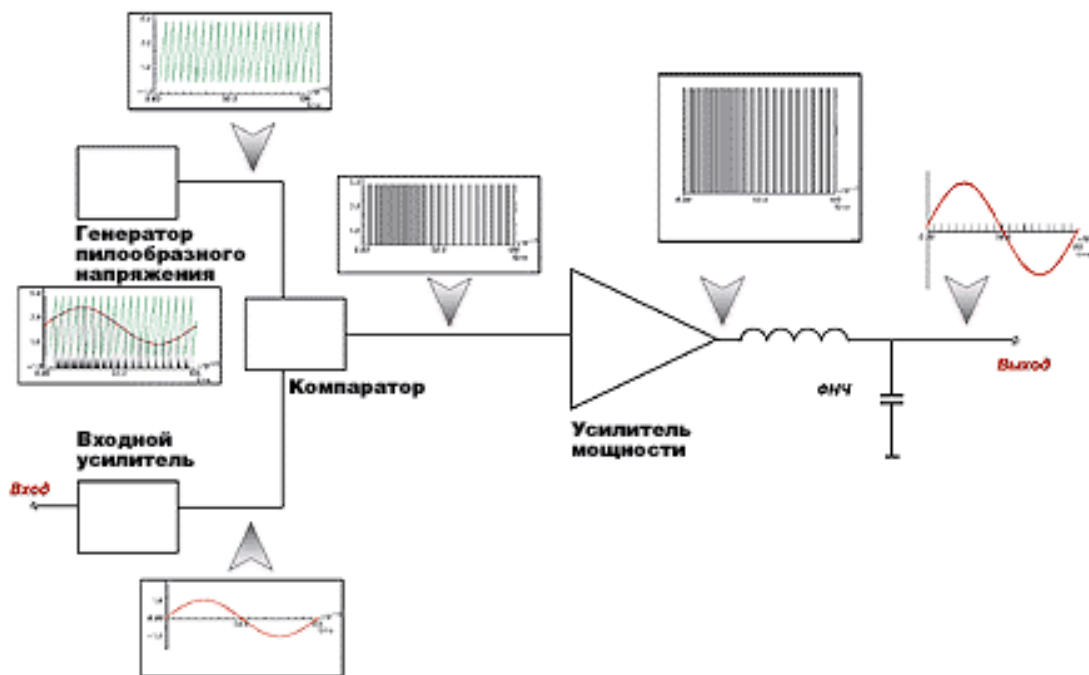


Рисунок 1 – Блок-схема усилителя класса D

Активные компоненты усилителя класса D состоят из выходного ключевого каскада и модулятора. Стоимость их приблизительно такая же, что и линейного усилителя. Вопросы выбора возникают при рассмотрении остальных компонентов системы.

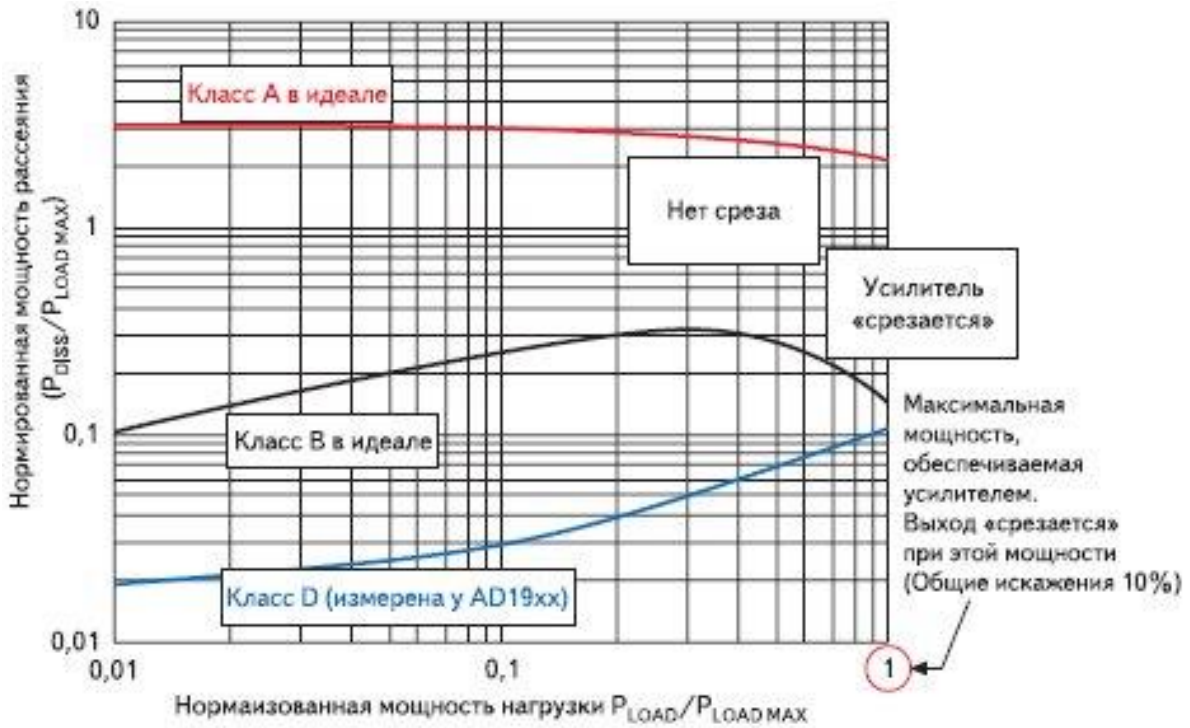


Рисунок 2 – Мощность рассеяния выходных каскадов классов А, В и D

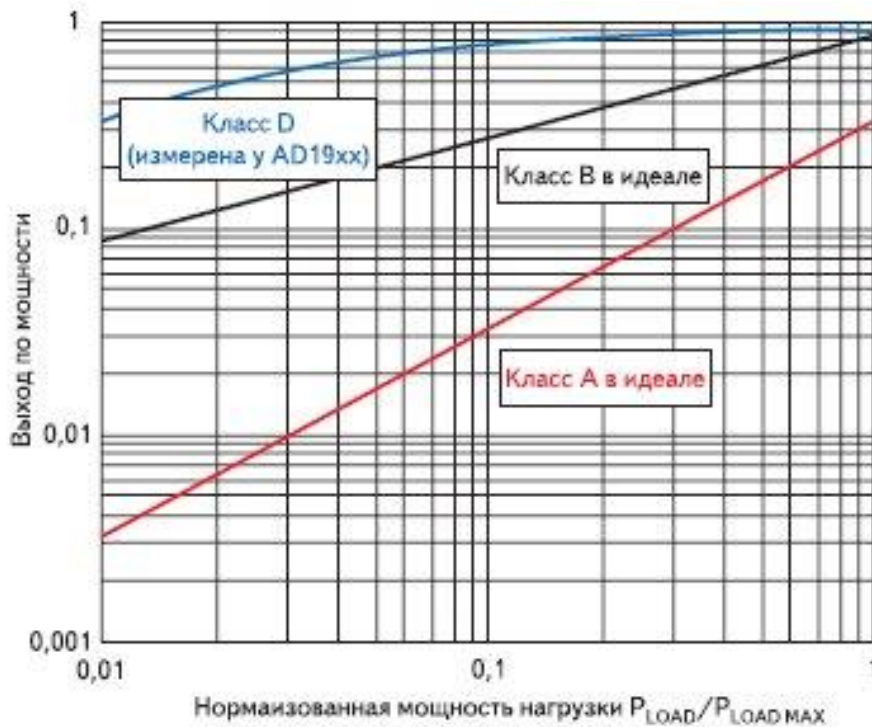


Рисунок 3 – Выход по мощности усилителей классов А, В и D

Пониженное тепловыделение усилителей класса D позволяет экономить на теплоотводах и вентиляторах. Усилитель класса D, построенный на интегральной схеме, может быть выполнен по той же причине в более компактном и дешевом корпусе, чем линейный усилитель той же мощности. При использовании цифрового источника звука для линейного усилителя, кроме того, нужен цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Это, конечно, необходимо и для усилителя D класса,

требующего аналогового входного сигнала, однако варианты усилителей с цифровым входом исключают необходимость использования ЦАП.

С другой стороны, принципиальным недостатком усилителей D класса является необходимость включения LC-фильтра. Его части, в особенности индуктивность, требуют места и увеличивают стоимость. В усилителях большой мощности цена LC-фильтра компенсируется большой стоимостью системы охлаждения. Однако в недорогих устройствах малой мощности стоимость индуктивности становится заметной. Например, стоимость микросхемы усилителя для мобильного телефона может быть меньше, чем общая стоимость LC-фильтра. И даже если пренебречь ценой, остается проблема занимаемого места для компактных устройств.

Это явилось причиной создания усилителей, в которых LC-фильтр отсутствует. При таком решении экономится место и снижается стоимость, хотя и теряется преимущество низкочастотной фильтрации. В отсутствие фильтра уровень ЭМП может возрасти до неприемлемого уровня — если громкоговоритель не индуктивный и находится на удалении от усилителя, токовый контур и мощность усилителя достаточно велики. Нереальная для мощных усилителей, например, домашней стереосистемы, такая ситуация типична для мобильного телефона.

Существует и другой подход для уменьшения числа компонентов LC-фильтра. Можно использовать не мостовую, а обычную двухтактную схему выходного каскада, что позволяет вдвое сократить число емкостей и индуктивностей. Однако такая схема требует двухполярного питания, и дополнительная стоимость, связанная с созданием отрицательного источника питания, может оказаться критической, если, конечно, отрицательное плечо уже не используется для других целей, или усилитель имеет достаточное число каналов. Двухтактный выходной каскад может питаться и однополярным источником, но это несколько снижает выходную мощность и зачастую требует блокирующего конденсатора большой емкости.

Литература

- 1 Эрик Гаалаас (Erik Gaalaas – инженер компании Analog Devices) Звуковые усилители класса D: что, зачем и как? – журнал "Электронные компоненты" №1, 2008
- 2 А. Елютин Выставка "CES'2002" – журнал "Автозвук" № 4, 2002
- 3 А.И.Шихатов Усилители класса - А, В, АВ, D – журнал "Мастер 12вольт" № 39 (февраль-март 2002)
- 4 А. Колганов Автомобильный УМЗЧ с блоком питания. – журнал "Радио" №7, 2002
- 5 Nyboe F., et al. Time Domain Analysis of Open-Loop Distortion in Class D Amplifier Output Stages. The AES 27th International Conference, Copenhagen, Denmark, September 2005.
- 6 Putzeys B. Simple Self-Oscillating Class D Amplifier with Full Output Filter Control. The 118th AES Convention, Barcelona, Spain, May 2005.
- 7 Gaalaas E., et al. Integrated Stereo Delta-Sigma Class D Amplifier. IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 40, no. 12, December 2005. About the AD199x Modulator.
- 8 Morrow P., et al. A 20-W Stereo Class D Audio Output Stage in 0.6 mm BCD MOS Technology. IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 39, no. 11, November 2004. About the AD199x Switching Output Stage.
- 9 Интернет-портал Журнал "Блюзмоби́ль" [Электронный ресурс] - Режим доступа:
[http:// www.bluesmobil.com](http://www.bluesmobil.com) - Дата доступа: 19.04.2009.