

УСИЛИТЕЛИ КЛАССА D

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

г. Минск, Республика Беларусь

Русакевич И.С.

Крушев В. Т. – к. т. н., доц.

Принцип работы самоосциллирующих усилителей звуковой частоты класса D, разработанный компанией NXP Semiconductor (бывшая Philips Semiconductor) в 2005 году и названный UcD-технологией, позволяет инженерам-разработчикам аудиотехники достичь новых стандартов качественного воспроизведения.

В последние годы все большую и большую популярность приобретают усилители класса D или, как их еще называют, импульсные усилители. Некоторые производители дают им название «цифровые усилители», но оно несколько некорректно, поскольку никакого преобразования звука в двоичный код там нет. В усилителе класса D звуковой сигнал преобразуется в последовательность импульсов различной ширины в результате широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Частота следования импульсов обычно выбирается в пределах 300-500 кГц, это оптимально для всего аудиодиапазона. Если усилитель сабвуферный и перед ним стоит задача усиливать только диапазон до 100-200 Гц, частоту переключения можно уменьшить до 50-100 кГц.

Раньше импульсные усилители были интересны только за счет своего высокого КПД (обычно более 90%) и применялись только для управления мощными электродвигателями. Этот факт был напрямую связан с отсутствием высокоскоростных мощных переключательных элементов, способных работать на высоких частотах, вследствие чего высокие нелинейные искажения были просто неизбежны. Однако сейчас многими компаниями-производителями электронных компонентов выпускаются специализированные элементы для построения усилителей класса D, способные работать на частотах вплоть до 1 МГц и выше. Для оценки КПД усилителей различных классов рассмотрим принципы работы выходных каскадов, построенных на биполярных транзисторах.

Выходной каскад усилителя класса AB, выполненный на биполярных транзисторах, обладает низким КПД, потому что выходные транзисторы, подобно переменным резисторам, изменяют свое активное сопротивление, тем самым управляя выходным током. В усилителе класса AB невозможно получить размах амплитуды выходного напряжения, равный напряжению питания, поскольку даже в полностью открытом состоянии напряжение между коллектором и эмиттером $U_{к-э}$ биполярного транзистора, равняется приблизительно 1-2 В.

В импульсных усилителях силовыми элементами являются мощные полевые транзисторы, у которых существует только 2 состояния - открытое и закрытое. Так как сопротивление открытого канала современных полевых транзисторов очень мало (обычно десятки мОм), следовательно, и падение напряжения на этих элементах незначительное. Меандр, проходя через выходной фильтр, преобразуется в переменный ток звуковой частоты, осциллограмма которого показана на рис. 1.

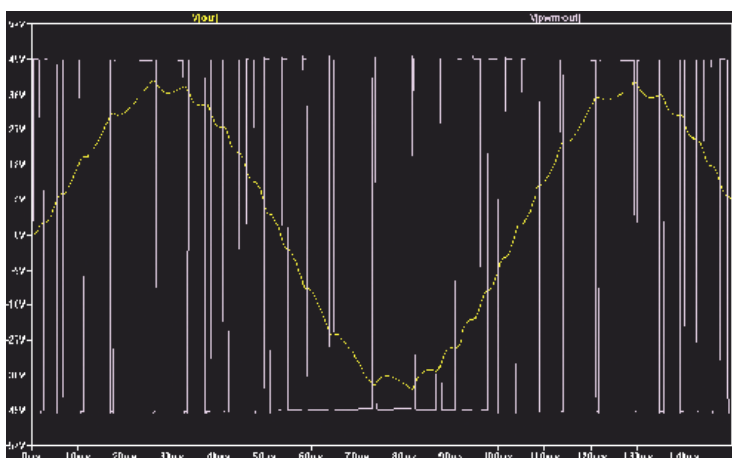


Рис. 1. Осциллограмма преобразования сигнала

Это объясняется тем, что выходной дроссель, который является неотъемлемой частью импульсного усилителя, изменяет свое реактивное сопротивление для сигнала с переменной скважностью. Вместе со скважностью, которой управляет звуковой сигнал, изменяется и ток, протекающий через нагрузку.

Значительная часть потерь происходит на фронтах в момент переключения полевых транзисторов, поэтому, снизив частоту преобразования, можно уменьшить количество фронтов за единицу времени и, как следствие, немного увеличить КПД. Именно по этой причине в сабвуферных усилителях класса D частоту переключения понижают вплоть до 50 кГц.

Как упоминалось выше, современные полевые транзисторы способны переключаться с высокой скоростью, тем самым позволяя разработчику значительно увеличить частоту преобразования и, следовательно, уменьшить габаритные размеры выходного дросселя. В результате сопротивление обмотки постоянному току (R_{dc}) будет тоже гораздо меньше, следовательно, немного уменьшится нагрев провода обмотки.

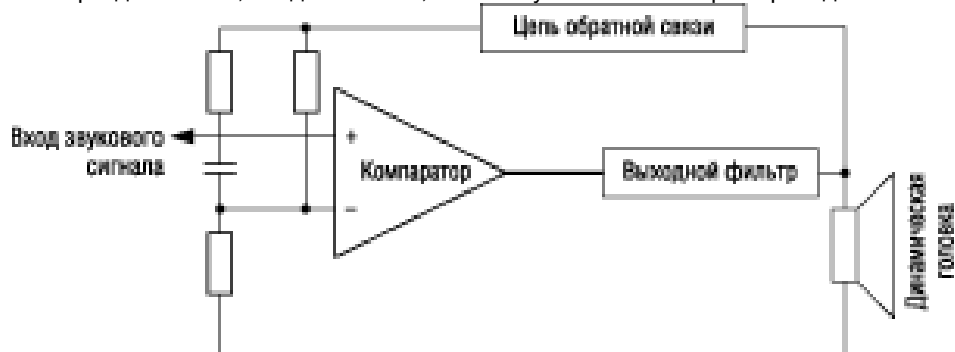


Рис. 2. Структурная схема усилителя класса D, работающего по принципу UсD

Список используемых источников:

1. <http://shemotehnik.ru/poweramplif/154-usiliteli-klassa-d-na-osnove-technologii-ucd.html>
2. <http://www.avclub.pro/articles/audio-video-ot-a-do-ya/akustika-tipy-akusticheskikh-sistem/>