

Оконечные усилители класса "D"

Рассмотрим работу транзистора в так называемом ключевом режиме (рис. 1).

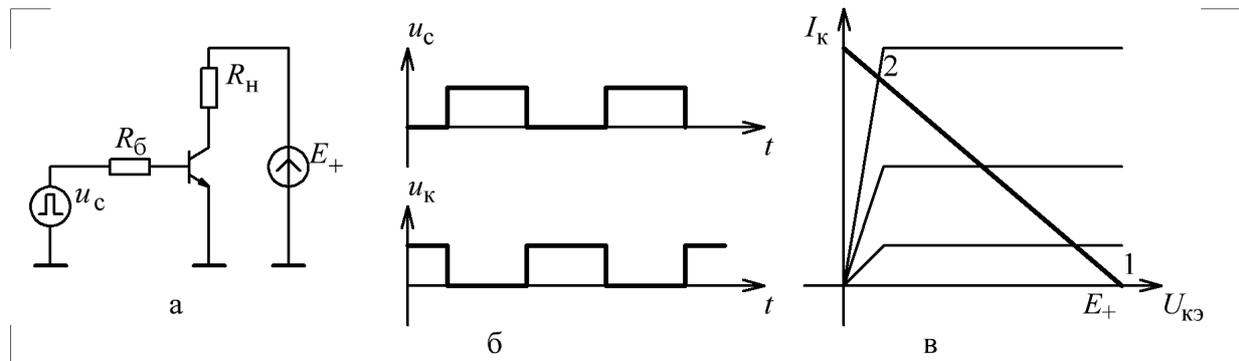


Рис. 1

Если входной сигнал представляет собой последовательность прямоугольных импульсов с бесконечно короткими фронтами, то транзистор периодически находится в режиме отсечки (при нулевом напряжении на базе) и в режиме насыщения (при положительном напряжении на базе, достаточном для открывания транзистора). При этом рабочая точка бесконечно быстро перемещается по нагрузочной линии из положения 1 в положение 2 и обратно. Напряжение на коллекторе также меняется бесконечно быстро от нулевого до напряжения питания и обратно.

В этом режиме транзистор работает как управляемый ключ, замыкающий или размыкающий цепь нагрузки. В режиме отсечки ток через транзистор не протекает, и потери мощности на транзисторе отсутствуют. В режиме насыщения напряжение на транзисторе близко к нулю, и потери мощности также отсутствуют. Таким образом, можно констатировать, что при работе в ключевом режиме мощность рассеивается на транзисторе только в короткие временные отрезки, соответствующие времени переключения из одного состояния в другое.

Такой режим безусловно привлекателен для работы оконечного каскада с точки зрения обеспечения высокого КПД. В то же время непосредственная работа транзистора в ключевом режиме связана с огромными искажениями полезного сигнала, что в большинстве случаев недопустимо.

Для того, чтобы снизить искажения, вносимые ключевым режимом работы транзистора полезный сигнал подвергают широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Принцип ШИМ иллюстрируется рис. 2.

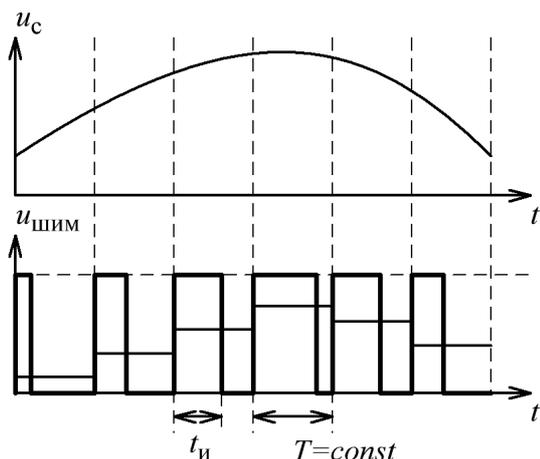


Рис. 2

Временная ось делится на равные временные интервалы, длительность которых выбирается таким образом, чтобы за это время сигнал не успевал заметно измениться. Далее на каждом из этих интервалов формируется прямоугольный импульс, длительность которого пропорциональна среднему значению исходного сигнала на этом интервале. Таким образом среднее значение напряжения на каждом интервале отражает среднее значение исходного напряжения сигнала. В то же время напряжение импульсов сигнала с ШИМ принимает только два значения.

Теперь, установив в цепи нагрузки усредняющий фильтр, транзистор в ключевом режиме можно использовать для усиления сигнала (рис. 3).

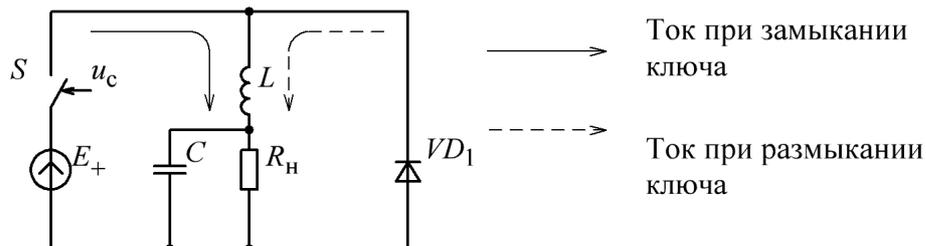


Рис. 3

В этой схеме элементы L и C , установленные в цепи нагрузки, обеспечивают усреднение мощности, выделяющейся в сопротивлении нагрузки за интервал ШИМ.

Для работы с двуполярным сигналом используется двухтактная схема (рис. 4).

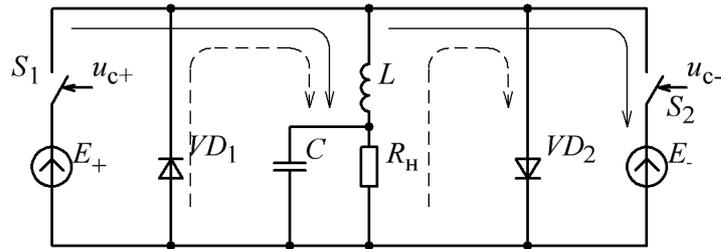


Рис. 4

Здесь при положительной полуволне работает левая часть схемы, а при отрицательной – правая.

Заметим, что усилитель в классе "D" можно рассматривать как регулятор напряжения с высокой эффективностью (рис. 5).

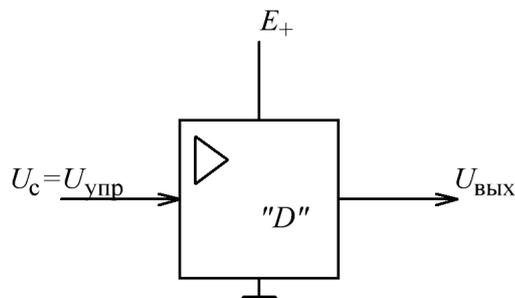


Рис. 5

В этом случае входной сигнал служит управляющим, а источник питания входным напряжением. Напряжение в нагрузке пропорционально управляющему напряжению, причем от источника питания отбирается только та мощность, которая рассеивается в нагрузке.

В заключение рассмотрим метод формирования сигнала с ШИМ (рис. 6).

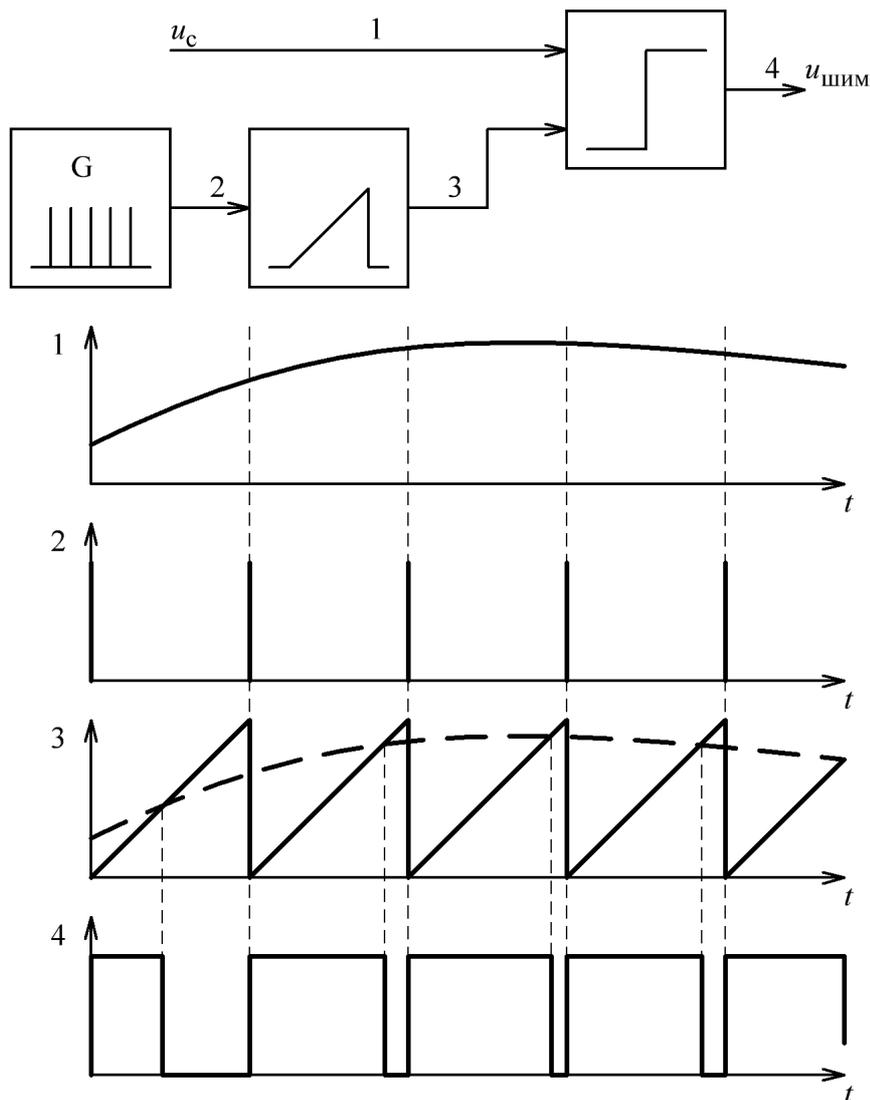


Рис. 6

По положительному фронту сигнала опорного генератора тактовых импульсов запускается генератор пилообразного напряжения. Входной сигнал и сформированный пилообразный сигнал поступают на устройство сравнения мгновенных значений напряжения – компаратор.

Сигнал на выходе компаратора имеет ненулевое значение на временных интервалах, соответствующих той доле периода тактовых импульсов, во время которой сигнал превышает напряжение пилообразного сигнала. В результате период следования выходных импульсов равен периоду тактового сигнала, а длительности импульсов пропорциональны напряжению входного сигнала.