

Однотактные оконечные каскады усиления

Оконечные каскады усиления служат для передачи мощности сигнала в нагрузку (рис. 1).

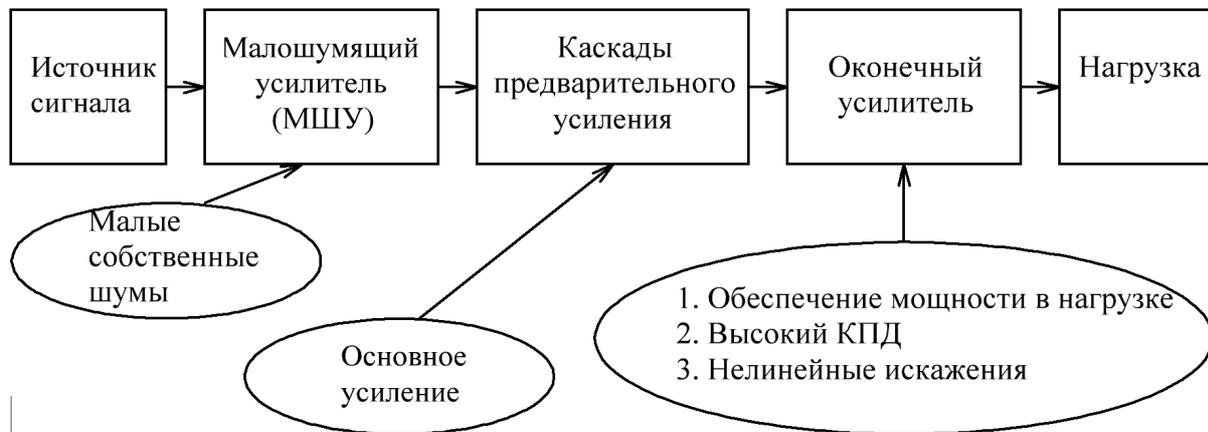


Рис. 1

Специфические требования к оконечным каскадам обусловлены необходимостью обеспечения в нагрузке требуемой мощности, большей чем мощность, обеспечиваемая всеми предыдущими каскадами. В большинстве случаев это требование влечет за собой необходимость обеспечения высокой эффективности преобразования мощности источника питания в сигнальную мощность в нагрузке, т. е. обеспечения высокого КПД. Кроме того, работа с большой сигнальной мощностью приводит к выходу усилительного прибора из области малосигнального режима, что связано с увеличением нелинейных искажений.

Указанные факторы необходимо учитывать при разработке оконечных каскадов усиления.

Все рассматриваемые в предыдущих разделах каскады усиления относятся к так называемым однотактным усилителям. По отношению к одиночному каскаду это означает, что на всем протяжении сигнального процесса сигнал в нагрузке формируется одним усилительным прибором. В противоположность этому подходу многотактные схемы, в частности двухтактные каскады работают таким образом, что усилительные приборы включаются в работу попеременно.

В данном разделе рассмотрим однотактные схемы оконечных каскадов.

С точки зрения КПД усилительные каскады принято делить на классы "А", "В", "С" и т. д., отличающиеся друг от друга характером протекания тока через усилительный прибор.

Класс "А" характеризуется непрерывным протеканием тока через транзистор. Именно в классе "А" работают малозумящие усилители и предварительные каскады усиления.

Рассмотрим геометрическую трактовку процесса усиления в классе "А" с учетом особенностей оконечного каскада. На рис. 2 приведена схема каскада ОЭ, где для снижения потерь энергии питание и смещение подается через индуктивности, имеющие большое сопротивление на нижней частоте спектра сигнала.

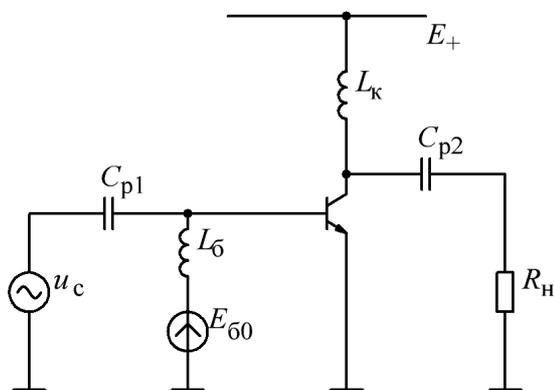


Рис. 2

При работе с большими сигналами ВАХ транзисторов принято изображать в кусочно-линейном приближении, как это показано на рис. 3.

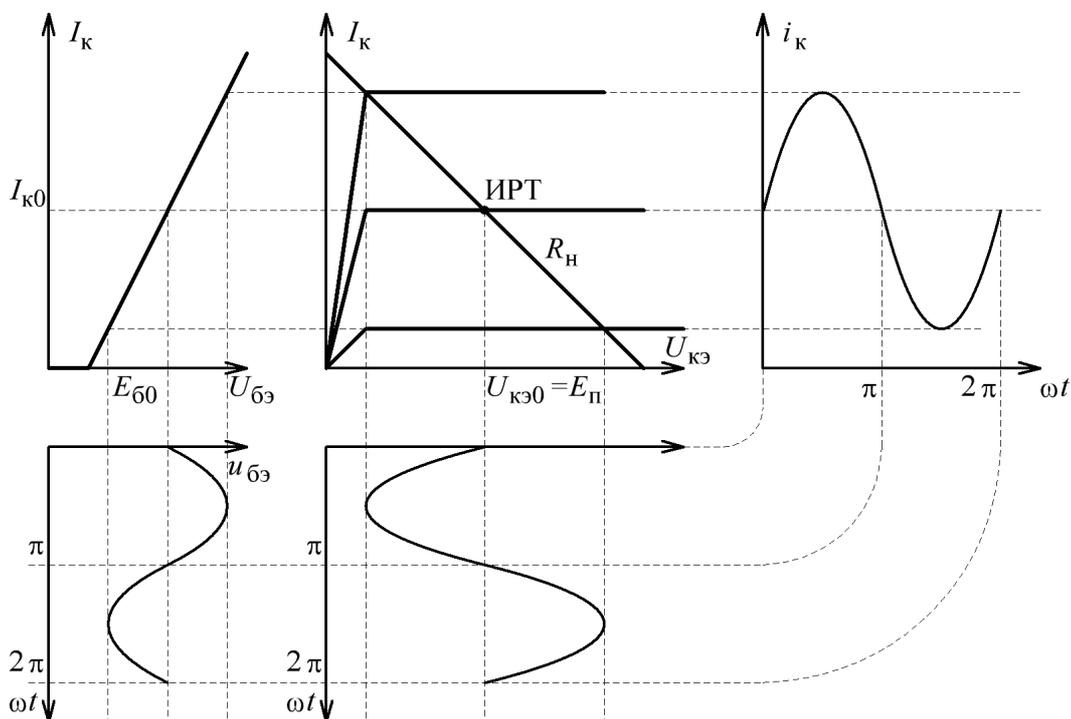


Рис. 3

Как видно из рисунка за счет выбора начального напряжения смещения на базе транзистора $E_{б0}$ ток коллектора протекает через транзистор непрерывно в течение всего периода сигнала. Если пренебречь потерями напряжения источника питания на крутых участках выходных ВАХ, то соотношение между тока-

ми и напряжениями в выходной цепи транзистора графически может быть представлено так, как показано на рис. 4.

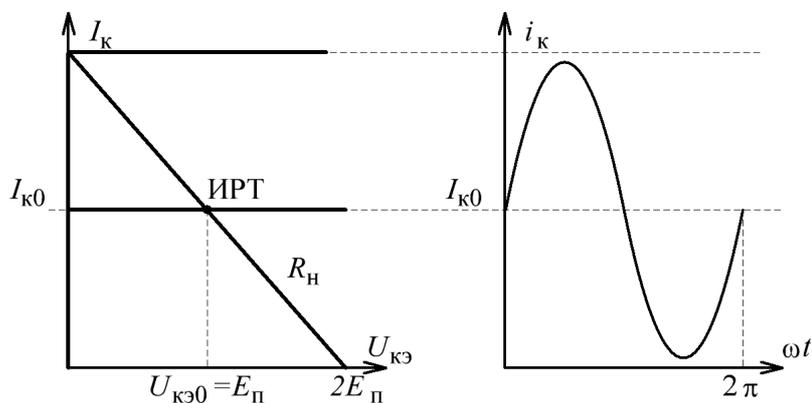


Рис. 4

Средняя мощность, потребляемая от источника питания равна $P_{\Pi} = I_{к0} U_{кэ0}$. Максимальная мощность гармонического сигнала в нагрузке

$P_{\text{н}} = \frac{I_m U_m}{\sqrt{2}\sqrt{2}} = \frac{I_{к0} U_{кэ0}}{2}$. Тогда максимально достижимый КПД равен

$\eta = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\Pi}} = \frac{1}{2}$. При работе в классе "А" с гармоническим сигналом КПД не может превышать 0,5.

Заметим, что данное утверждение соответствует оптимальному сопротивлению нагрузки – оптимальному с точки зрения передачи в нагрузку максимально возможной мощности. Как видно из рис. 2 при изображенном наклоне нагрузочной характеристики размахи тока и напряжения в выходной цепи при отсутствии искажений максимальны. При увеличении сопротивления нагрузки по сравнению с оптимальным уменьшается диапазон выходных токов, а при уменьшении – диапазон выходных напряжений (рис. 5, рис. 6).

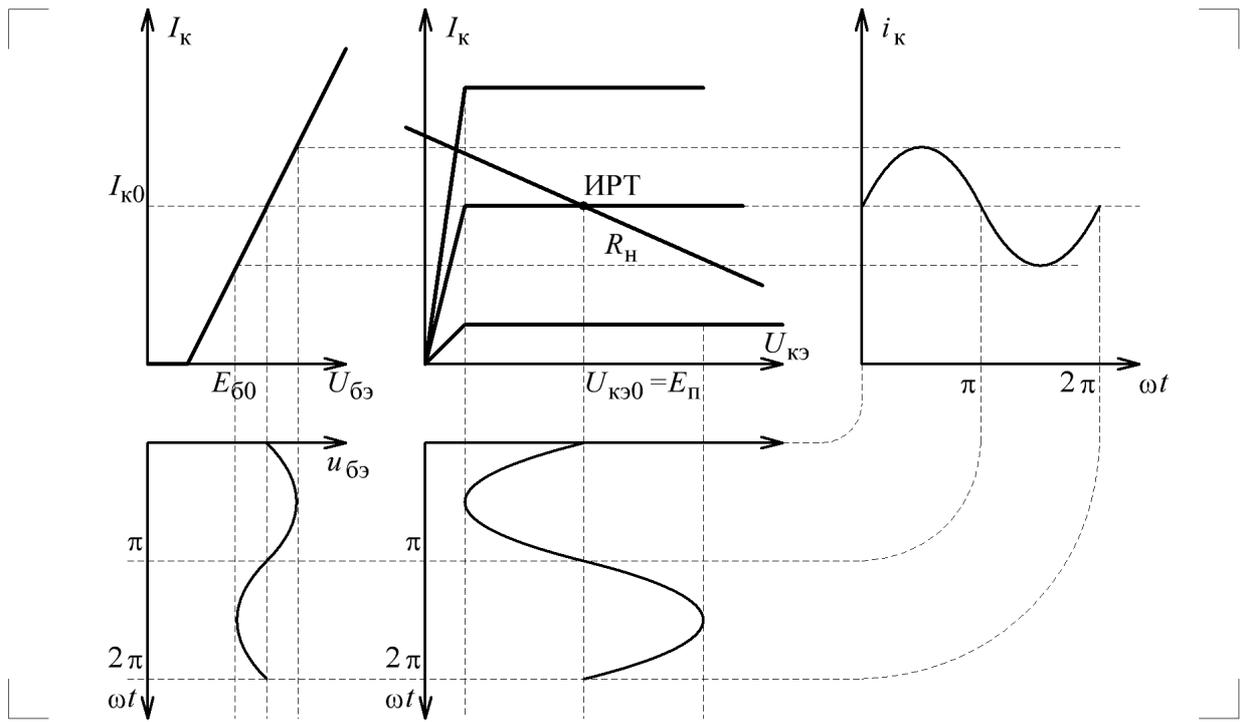


Рис. 5

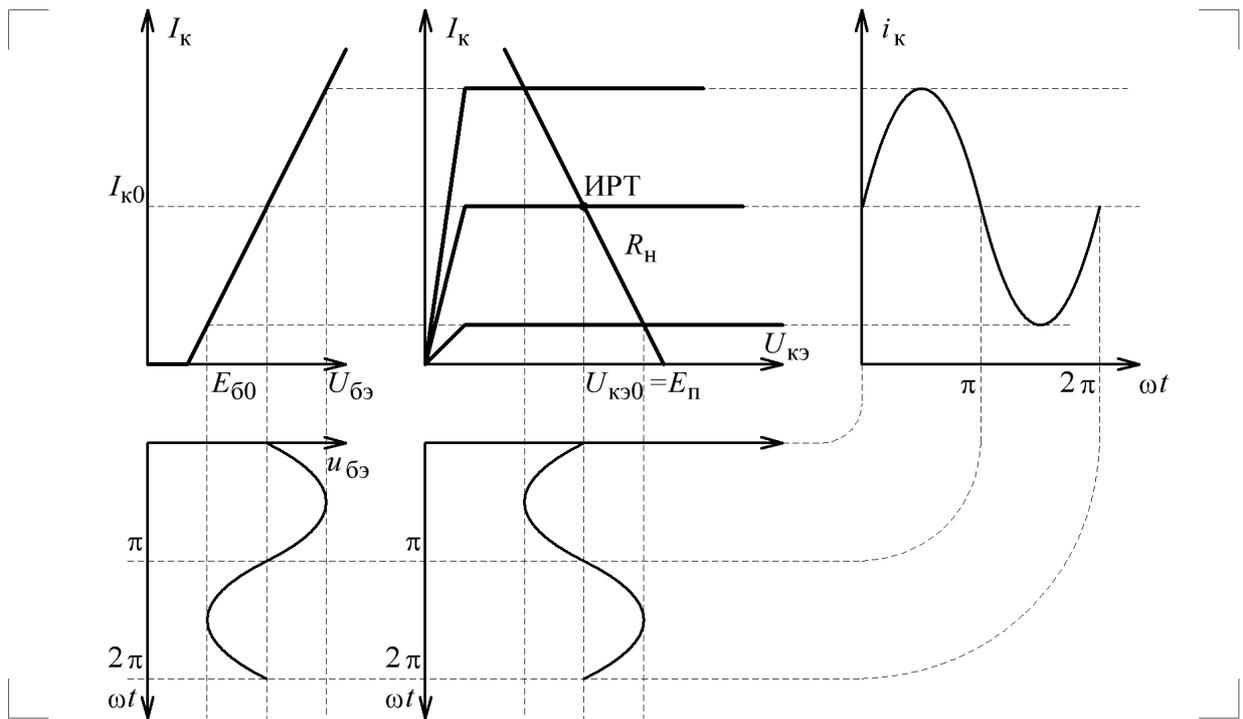


Рис. 6

Зачастую сопротивление нагрузки задано и не может варьироваться разработчиком. В таких случаях требуется трансформация сопротивления нагрузки к выходной цепи транзистора. Примеры схем с трансформацией сопротивления нагрузки приведены на рис. 7.

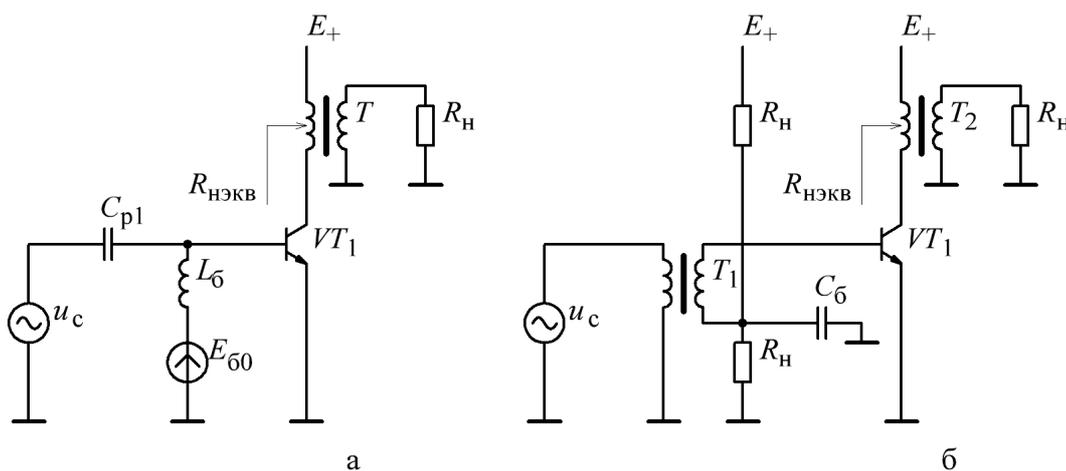


Рис. 7

На рис. 7а в выходной цепи установлен трансформатор, сопротивление со стороны первичной обмотки которого равно $R_{\text{нЭКВ}} = k^2 R_{\text{н}}$, где k – коэффициент трансформации. Первичная обмотка трансформатора кроме того служит для подачи на коллектор транзистора питающего напряжения. В схеме рис. 7б приведен вариант трансформаторной связи не только с нагрузкой, но и с источником сигнала.

Класс "В" усиления характеризуется тем, что при работе с гармоническим сигналом ток через транзистор протекает только половину периода. Оставшиеся полпериода транзистор закрыт, и ток через него не протекает. Как говорят, угол отсечки, т. е. доля периода в угловом выражении, соответствующая закрытому состоянию транзистора, составляет 180 градусов.

Для реализации класса "В" на базу транзистора должно быть подано смещение, соответствующее порогу открывания $E_{\text{б0}} = U_{\text{бэ0}} \approx 0,7 \text{ В}$ (рис. 8).

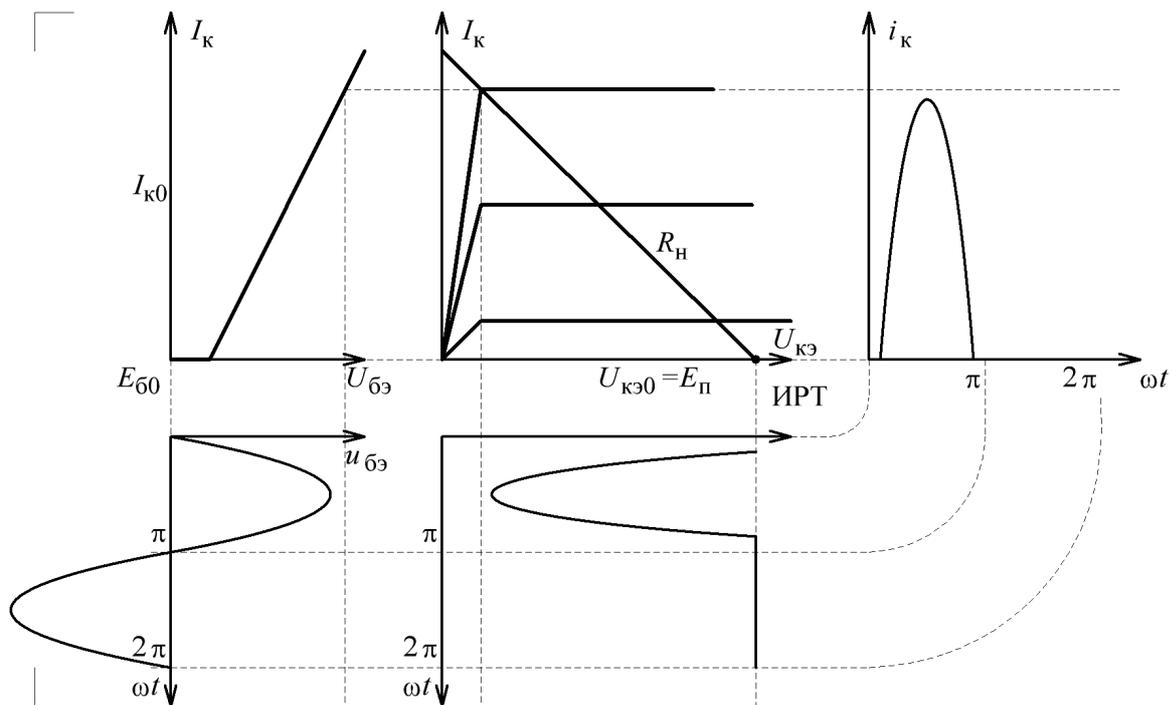


Рис. 9

Для каскадов на биполярных транзисторах этот режим привлекателен тем, что в частном случае его реализации постоянное напряжение на базе транзистора может отсутствовать вовсе, что упрощает схемотехническое построение (рис. 10).

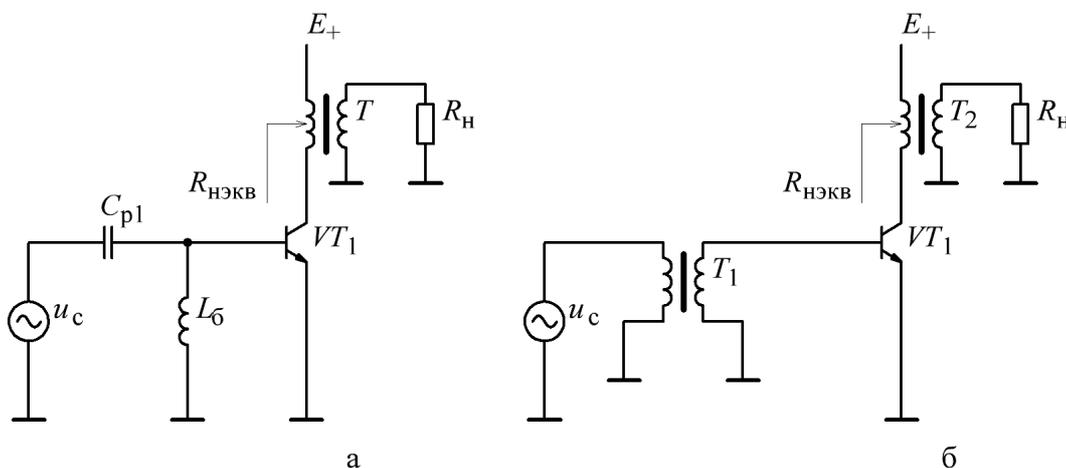


Рис. 10

В дальнейшем будет показано, каким образом искажения, вносимые усилителями в классах "B" и "C" могут быть значительно ослаблены.

Работа усилительных приборов в классах "D", "E" и т. д. связана с переводом транзисторов в ключевой режим, и коротко будет рассмотрена в следующих разделах.