

## Двухтактные оконечные каскады усиления

В двухтактных схемах усиления используются два каскада усиления, работающие на общую нагрузку. Понятие двухтактности изначально предполагает поочередную работу – работу в два такта, часть времени работает один каскад, часть времени – второй. Однако, к двухтактным также относят такие схемы, в которых каскады работают на общую нагрузку одновременно.

Рассмотрим примеры двухтактных каскадов, работающих в различных классах усиления.

Структурная схема двухтактного выходного каскада и временные диаграммы его работы в классе "A" приведена на рис. 1.

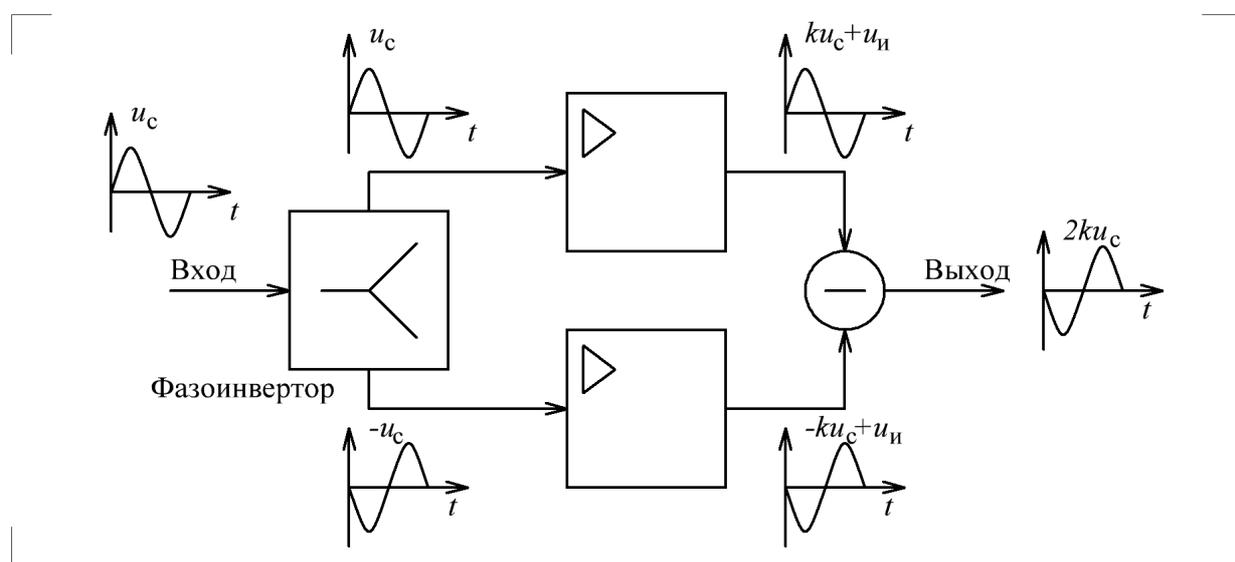


Рис. 1

Как видно из рис. 1 основу схемы составляют два идентичных каскада усиления. На входе схемы установлен фазоинвертор, формирующий два сигнала, противоположные по фазе. В результате усиления сигналы, противоположные по фазе, суммируются в вычитающем устройстве. Принципиальным моментом является то, что составляющие искажений  $u_{и}(t)$ , формируются на выходе усилителей в фазе. В вычитающем устройстве составляющие искажений вычитаются. Это обстоятельство является основным достоинством двухтактных усилителей, работающих в классе "A".

На практике в качестве фазоинвертора и вычитающего устройства используются трансформаторы с обмоткой с отводом от средней точки. Схема такого усилителя приведена на рис. 2.

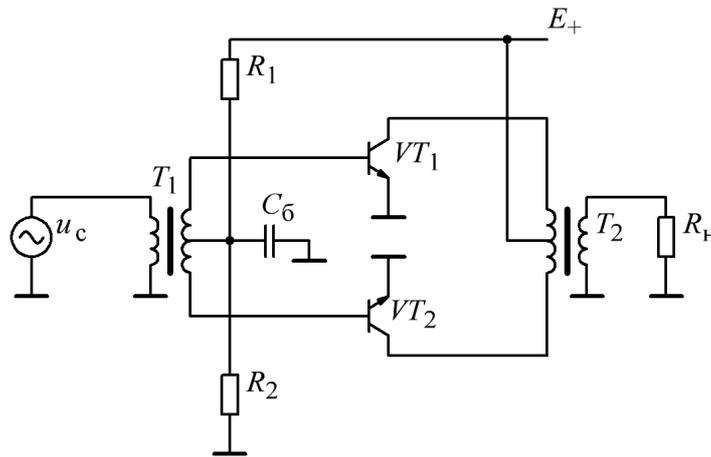


Рис. 2

Альтернативный путь построения двухтактной схемы – применение в одном плече схемы неинвертирующего усилителя, а в другом – инвертирующего (рис. 3).

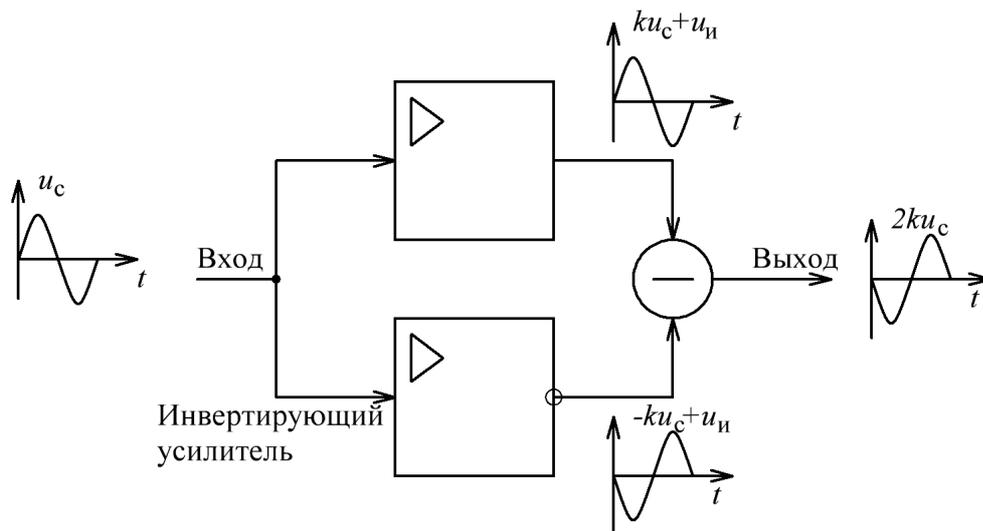


Рис. 3

В данном случае фазоинвертор не требуется. Однако усилители в этом случае различны, следовательно, различны и образующиеся искажения. Полная компенсация их в этом случае усложняется.

Более продуктивным оказывается использование в двухтактных схемах каскадов в классах "B" и "C".

Прохождение сигналов по схеме двухтактной схеме с транзисторами в классе "B" приведена на рис. 4.

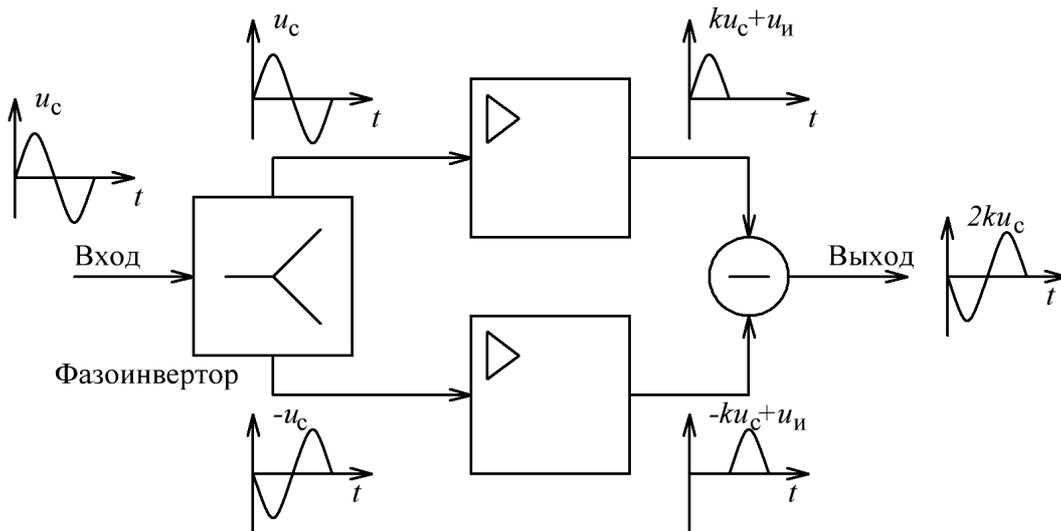


Рис. 4

В классе "B" транзисторы работают лишь половину периода сигнала, однако поскольку работают они поочередно, в нагрузке выделяется полный период сигнала.

Схема усилителя полностью аналогична изображенной на рис. 2. Отличие заключается в величине базового смещения  $E_{бэ0}$ .

При работе в классе "C" схема в частном случае упрощается, поскольку не требуется подача напряжения смещения на базы транзисторов (рис. 5а).

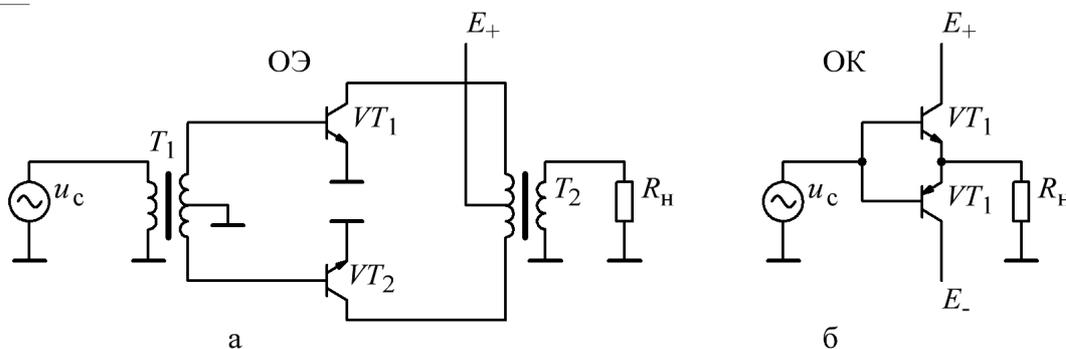


Рис. 5

При использовании транзисторов с противоположным типом проводимости не требуются даже входной и выходной трансформаторы (рис. 5б).

Временные диаграммы для данных схем (рис. 6а) показывают, что в силу того, что транзисторы находятся в активном режиме меньше чем полпериода каждый, сигнал в нагрузке приобретает специфические искажения вблизи малых уровней.

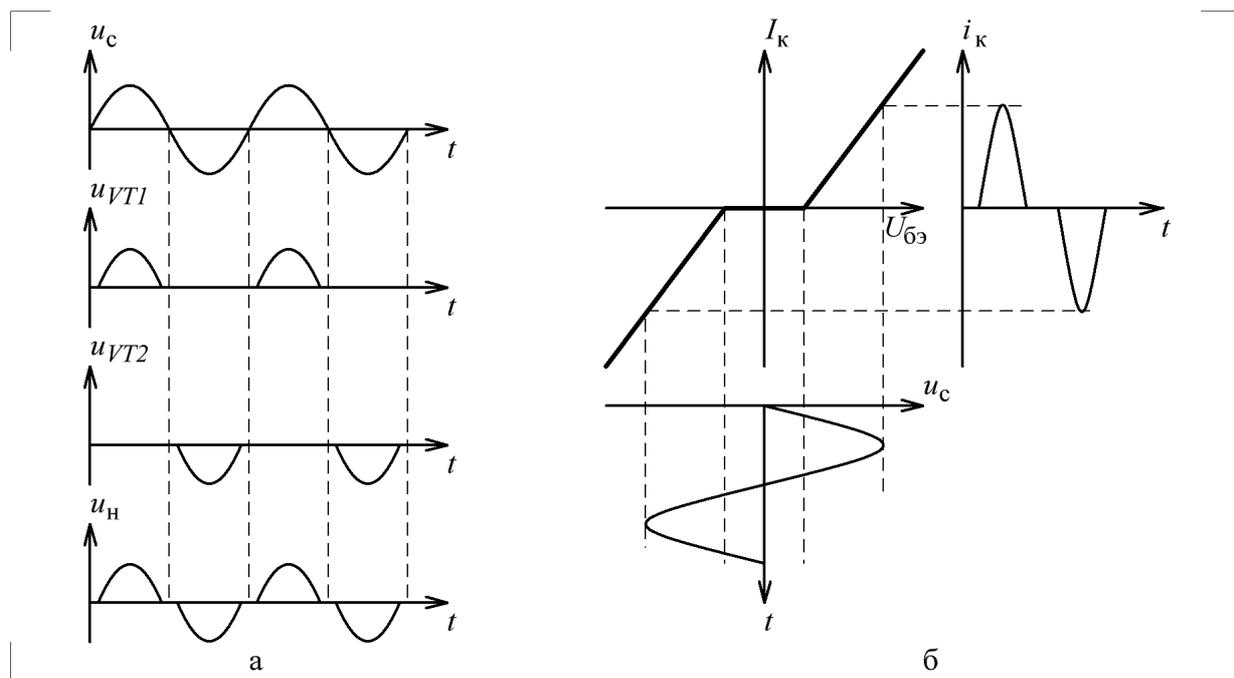


Рис. 6

На рис. 6б показан механизм образования этих искажений, носящих по очевидной причине название "ступенька".

Для устранения этих искажений необходимо сдвинуть ВАХ, изображенных на рис. 6 таким образом, чтобы совокупная передаточная характеристика образовывала по возможности прямую линию (рис. 7).

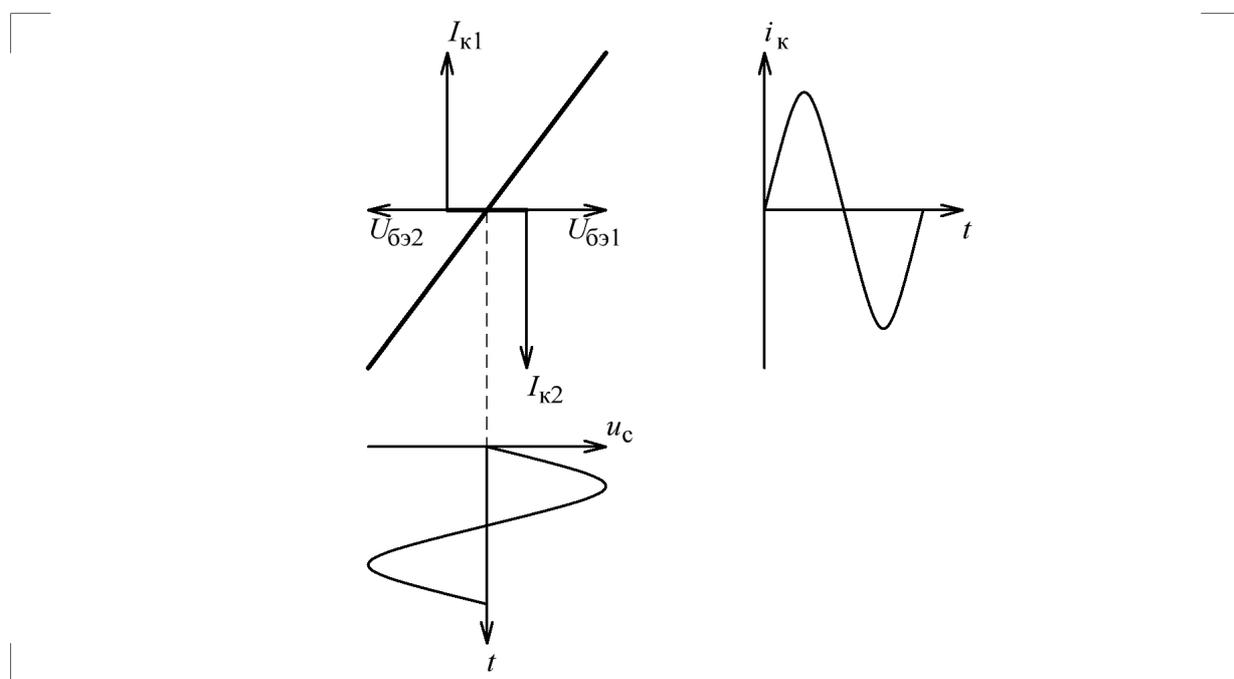


Рис. 7

При кусочно-линейной аппроксимации это означает подачу на базы транзисторов небольших напряжений, соответствующих порогу открывания, т. е. пере-

воду их в режим класса "B". Однако реальные характеристики не являются кусочно-линейными, они описываются экспоненциальной функцией. Поэтому на практике для устранения искажений типа "ступенька" используют открывающие напряжения, несколько превышающие пороги открывания транзисторов. Этот режим принято называть классом "AB", поскольку имеет место отсечка тока коллектора, но эта отсечка составляет менее чем половину периода.