

# Катодный повторитель

**K. I. Дроздов**

В последнее время в радиолитературе довольно часто встречается обращающий на себя внимание термин «катодный повторитель». Этот термин присвоен усилительным каскадам нового типа, о которых рассказывается в этой статье.

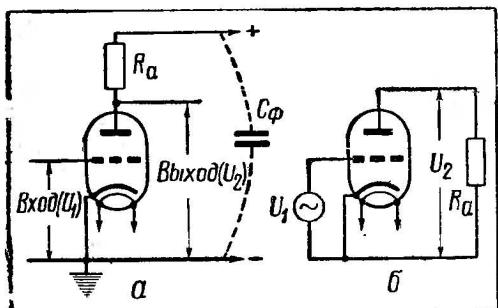


Рис. 1

На рис. 1,а показана знакомая всем классическая схема реостатного усилительного каскада. Характерным элементом данной схемы является сопротивление анодной нагрузки  $R_a$ , включённое между анодом лампы и плюсом источника анодного питания. На рис. 1,б показана схема, отличная от схемы рис. 1,а лишь тем, что анодная нагрузка  $R_a$  включена между анодом лампы и минусом источника анодного питания.

На вход каскада подается напряжение возбуждения  $U_1$  (входное напряжение). В результате усилительного действия лампы на выходе каскада образуется переменное напряжение  $U_2$  (выходное напряжение). Напряжение  $U_2$  всегда больше напряжения  $U_1$  и определяется величиной коэффициента усиления каскада  $K$ :

$$U_2 = U_1 \cdot K.$$

Если учесть наличие в схеме каскада конденсатора  $C_{\phi}$ , блокирующего источник анодного питания, то можно схему рис. 2,а представить в виде упрощенной эквивалентной схемы 2,б, справедливой для переменных составляющих напряжений и токов. Источник входного напряжения (микрофон, адаптер или предшествующий каскад) присоединен к зажимам сетка—катод лампы; нагрузка включена между анодом и катодом. Здесь катод в отношении усилительных функций является чисто вспомогательным электродом, выполняющим лишь роль «общей точки». Эта точка является исходной для отсчета рабочих потенциалов. В процессе усиления сигнала активно участвуют электроды—сетка и анод.

На рис. 2,а представлена схема реостатного усилительного каскада с катодной наг-

рузкой. Характерным элементом данной схемы является сопротивление катодной нагрузки  $R_k$ , включенное между катодом лампы и минусом источника анодного питания. Таким образом, в отличие от схемы рис. 1,а здесь нагрузка находится на катодной стороне лампы вместо анодной. В остальном эти схемы совершенно одинаковы. Единственное на первый взгляд незначительное отличие в построении схемы приводит к резкой разнице в свойствах рассматриваемых каскадов.

Как видно из упрощённой эквивалентной схемы усилительного каскада с катодной нагрузкой (рис. 2,б), входное напряжение  $U_1$  прикладывается к зажимам сетка—анод лампы. Нагрузка включена между катодом и анодом, но «общей точкой» схемы в данном случае уже является анод. В процессе усиления сигнала активно участвуют электроды — сетка и катод.

Весьма важно отметить диаметрально противоположные свойства схем рис. 1 и рис. 2 в отношении фазовых соотношений между входным и выходным напряжениями. Как известно, в обычном реостатном каскаде выходное напря-

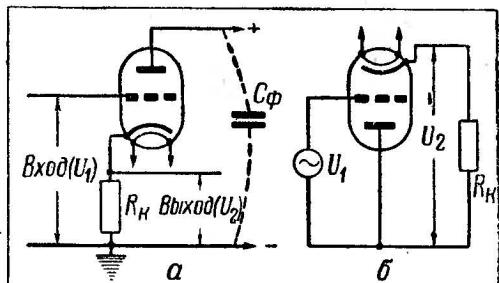


Рис. 2

жение  $U_2$  противоположно по фазе входному напряжению  $U_1$  (сдвиг по фазе ча  $180^\circ$ ).

В реостатном каскаде с катодной нагрузкой выходное напряжение  $U_2$  совпадает по фазе с входным напряжением  $U_1$ .

В каскаде с катодной нагрузкой переменное напряжение на выходе повторяет фазу входного напряжения. Это дало повод называть каскад с катодной нагрузкой катодным повторителем. Иногда его называют также катодным последователем (выходное напряжение «следует» за фазе за входным напряжением).

Мы разобрали здесь интересующие нас вопросы в применении к каскадам со связью

ва сопротивлениях, как наиболее простые для объяснения физической стороны явлений. Рассumeется, что принципы катодного повторителя приложимы также и к усилителям со связью на дросселях или на трансформаторах. Заметим только, что в случае наличия в катодной нагрузке реактивной составляющей полного повторения фазы входного напряжения на выходе не получается. Там, где точное повторение фазы имеет существенное значение (например, в телевизионной технике), прибегают к соответствующим схемам коррекции.

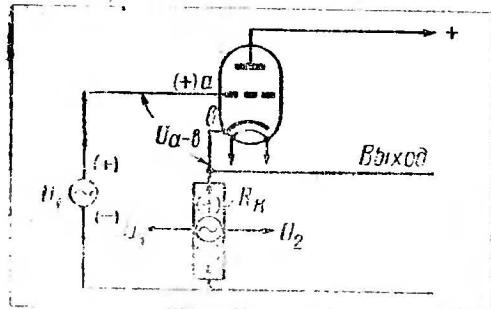


Рис. 3

Всеми своими свойствами катодный повторитель по существу обязан тому, что он является каскадом с отрицательной обратной связью.

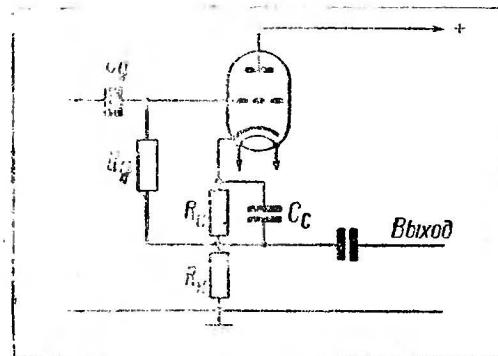


Рис. 4

В каскаде с катодной нагрузкой глубина обратной связи наибольшая — она равна 100 процентам.

Это видно из рассмотрения схемы, приведенной на рис. 3, где все выходное напряжение  $U_2$  (правое в данном случае напряжение  $U_3$ ) подается в противофазе во входную цепь. Поскольку источник входного сигнала ( $U_1$ ) здесь должен иметь большее напряжение, чем выходное напряжение  $U_2$ , так как  $U_{a-b} = U_1 - U_2$  или, что то же самое,  $U_{a-b} = U_1 - U_3$ , то в общепринятом понятии каскад с катодной нагрузкой не является усилителем. Это утверждение, однако, справедливо только в отношении усиления напряжения. Катодный повторитель является прекрасным усилителем тока и может успешно использоваться как мощный усилитель.

Мы показали, что катодный повторитель представляет собой одно-

каскадный усилитель со 100-процентной отрицательной обратной связью по напряжению.

Катодному повторителю присущи все свойства усилителя с отрицательной обратной связью: малое выходное сопротивление, лучшие частотные свойства, небольшая зависимость выходного напряжения от изменения нагрузки и т. д. Эти особенности усилителей с отрицательной обратной связью радиолюбителям хорошо известны. Поскольку в катодном повторителе имеет место предельная отрицательная обратная связь, то указанные свойства в данном случае проявляются значительно резче.

Эффект от введения в усилитель цепи отрицательной обратной связи, естественно, значительно ощущим в случае усилителя на лампах с большим внутренним сопротивлением — пентодах. Полезно заметить, что в схеме катодного повторителя пентод автоматически превращается в триод, так как экранная сетка в рабочей схеме накоротко замыкается с анодом. Действие глубокой отрицательной обратной связи приходит в свою очередь к уменьшению внутреннего сопротивления лампы (точнее — выходного сопротивления каскада).

Режим работы лампы по постоянному току (напряжение смещения и напряжение на аноде) в катодном повторителе не должен отличаться от режима работы лампы, рекомендованного для случая обычного включения.

Один из вариантов практической схемы для получения необходимого автоматического напряжения смещения показан на рис. 4. Здесь сопротивление нагрузки  $R_k$  исключено из цепи автоматического смещения.

\* \* \*

Преимущественные области применения схемы катодного повторителя — телевизионная техника, радиолокационная техника (усилители импульсных сигналов), предоконечные каскады мощных усилителей (когда выходные каскады работают с токами сетки) и различные специальные устройства (например, выходные ступени систем дистанционного управления, имеющие выходной нагрузкой кабель с большой емкостью).

Для радиолюбителей экспериментирование с катодным повторителем представляет несомненный интерес.

*В свободную минуту*

В какой популярной песенке из советского кинофильма упоминаются радиоволны?

Кому из русских радиотехников принадлежат слова: «Я — русский человек и все свои знания, весь свой труд, все свои достижения имею право отдать только моей родине».

Сколько различных названий радиотелеграфа, применявшихся в разное время в России, сможете вы насчитать?