

Лабораторная работа № 18 Исследование работы транзисторных ключей

ТРАНЗИСТОРНЫЕ КЛЮЧИ. Режим работы транзистора, при котором он находится в установившемся состоянии либо в области отсечки, либо в области насыщения, называется ключевым. Качество транзисторного ключа определяется минимальным падением напряжения на нем в замкнутом состоянии, минимальным током в разомкнутом состоянии, а также скоростью перехода из одного состояния в другое. В зависимости от назначения транзисторного ключа и режимов его работы схема ключа видоизменяется.

Некоторые типы транзисторных ключей имеют самостоятельное назначение и применяются в качестве бесконтактных прерывателей. Транзисторный ключ является основным элементом более

сложных импульсных устройств регенеративного типа. Например, два транзисторных ключа, охваченных положительной обратной связью, образуют мультивибратор или триггер. В ключевых устройствах транзистор, как правило, включается по схеме с общим эмиттером (рис. 1), так как при таком включении транзистор потребляет сравнительно небольшую мощность из цели управления и обеспечивает хорошие формирующие свойства за счет значительного коэффициента передачи по напряжению ($K_u \gg 1$). Выходные характеристики транзисторного ключа показаны на рис. 2. Для того, чтобы в отсутствие управляющего импульса напряжения транзистор надежно находился в отключенном состоянии (режим отсечки), между базой и эмиттером включают специальный источник питания E_B . Включенное состояние транзистора р-п-р – типа обеспечивается подачей на базу положительного запирающего напряжения от этого источника. В этом случае коллекторный ток транзистора и равен обратному току коллекторного перехода I_{ko} . Ток I_{ko} образуется неосновными носителями заряда. Напряжение на коллекторе транзистора $U_k = E_k - I_k \cdot R_n$ т. е. оно несколько меньше напряжения источника питания. Рабочая точка А (рис. 2) пересечения нагрузочной прямой с характеристикой, соответствующей току базы $I_B = -I_{ko}$, является точкой отсечки и соответствует закрытому состоянию транзистора. В режиме отсечки по цепи $+E_B, R_B$, коллекторный переход $VT, R_k, -E_k, 0, -E_B$, протекает обратный ток. Для обеспечения надежности режима отсечки необходимо, чтобы соблюдалось неравенство

$$E_B - I_{ko \max} \cdot R_B \gg 0$$

где $I_{ko \max}$ – максимальный обратный ток коллекторного перехода при наибольшей допустимой температуре окружающей среды. Область отсечки на выходных характеристиках транзистора заштрихована и обозначена 1.

Для перевода транзистора в режим насыщения (заштрихованная область II на рис. 2), т.е. в режиме, когда транзистор р-п-р типа открыт, подают импульс такого входного напряжения и такой полярности, при которых отрицательный потенциал был бы на базе (точка F на рис. 1), а положительный – на общем выводе 1'-2'. Амплитуда подаваемого импульса должна быть такой, чтобы транзистор был полностью открыт и через него протекал достаточный ток базы (рабочая точка на рис. 2). В режиме насыщения напряжение на транзисторе (на выходе ключа) равно $U_{кэ \max}$ значение которого зависит от тока базы транзистора. Таким образом, в режиме насыщения через транзистор протекает ток насыщения цепи коллектора $I_{k \max}$, представляющей собой максимальный ток через нагрузку R_n . Когда транзистор находится в насыщенном состоянии, за счет инжекции носителей в базу в ней происходит накопление избыточных носителей (дырок в транзисторе р-п-р типа). Из-за этого выключение транзистора не может произойти сразу, так как требуется определенное время на рассасывание этих носителей в базе, что снижает быстродействие отключения транзисторного ключа. Итак, биполярный транзистор нельзя считать безинерциальным прибором.

При переходе транзистора из режима отсечки в режим насыщения на выходе ключа (точка 2-2') создается переход напряжения $U_{\text{вых}} \approx U_{\text{кэотс}} \approx E_k - I_{ko} \cdot R_k - U_{\text{кэнас}} \approx E_k$ так как $I_{ko} \cdot R_k$ и

$U_{кэнас}$ практически малы. Время выключения значительно больше, чем включения, и составляет сотни наносекунд - единицы микросекунд. Время включения тем больше, чем глубже насыщение. Однако при глубоком насыщении уменьшается время включения, поэтому для увеличения быстродействия импульсных схем следует избегать глубокого насыщения транзистора, для чего в цепь базы включают соответствующий ограничивающий резистор.

Иногда для ускорения включения транзистора к его коллектору подключают полупроводниковый диод, отпирающийся при насыщении транзистора и ограничивающий глубину насыщения. Следует отметить, что если транзистор работает в ключевом режиме, то его выводы коллектор-эмиттер можно использовать в качестве бесконтактного выключателя.

Широкое применение находят ключи на полевых транзисторах.

В открытом состоянии ключа напряжение на транзисторе мало ($U_u \approx 0$), а ток

$$I_{cu} = (E_c - U_u) / R_c = \frac{E_c}{R_c}.$$

Этот же ток можно записать в виде: $I_{cu} = S \cdot (U_{зи} - U_{зиотс})$, где S и $U_{зиотс}$ – крутизна и напряжение отсечки полевого транзистора. Открытое состояние ключа поддерживается при выполнении

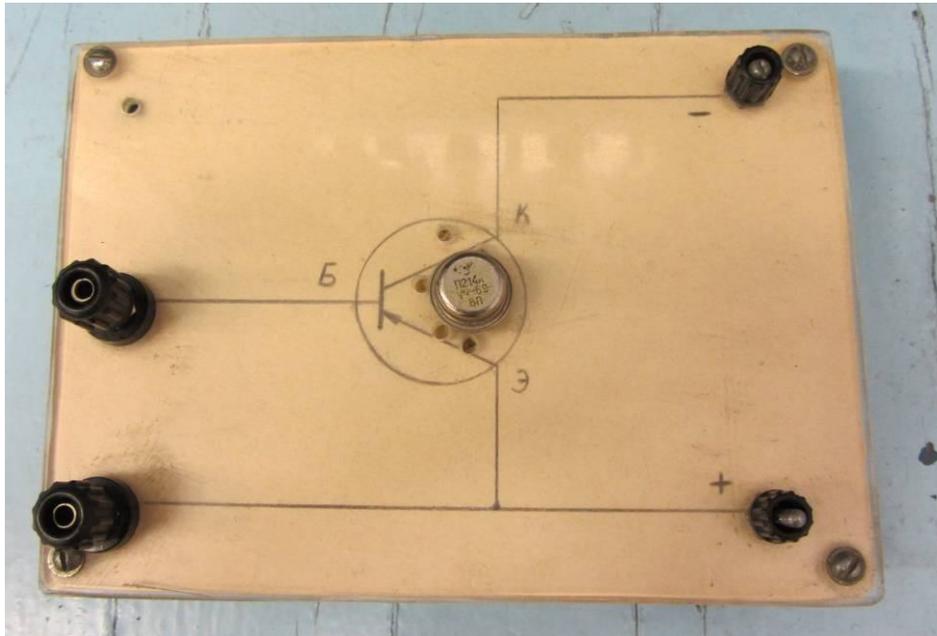
$$U_{з} \geq U_{зн} = \frac{E_c}{S \cdot R_c} - U_{зиотс}.$$

Для запертого состояния ключа, при котором $U_c = E_c$, необходимо подать на затвор транзистора напряжение $U_{з} < U_{зиотс}$.

Транзисторные ключи широко используются в качестве логических элементов "Не".

Оборудование

Транзистор



Блоки питания



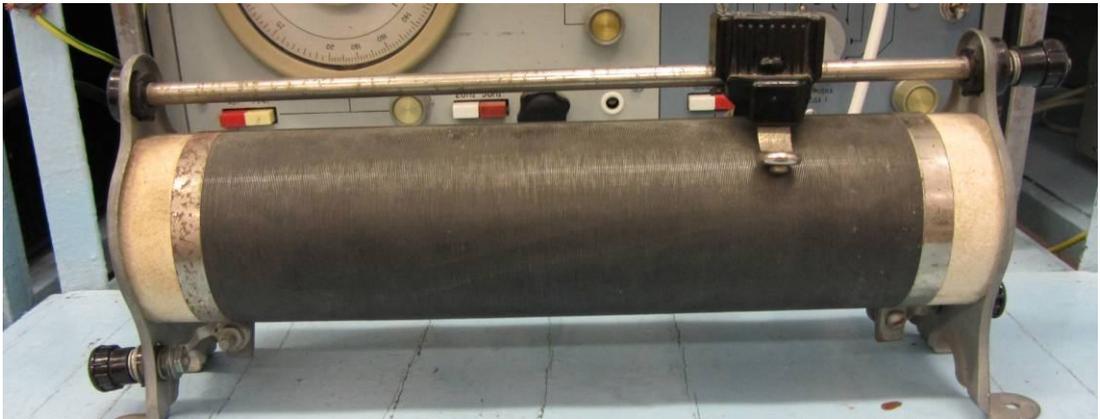
Мультиметры



Реостат, используемый в цепи базы



Реостат выходной цепи



Соединительные провода



ХОД РАБОТЫ

1. Собрать схему транзисторного ключа по рис. 1.
2. Снять передаточную характеристику транзисторного ключа $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$, подключив ко входу (1-2) транзисторного ключа регулируемый источник напряжения, на вход 4-5 вольтметр.
3. Снять временные диаграммы напряжений на входе и выходе ключа с помощью осциллографа С1-74, подавая на вход ключа последовательность прямоугольных импульсов с различной длительностью и скважностью (по заданию преподавателя).

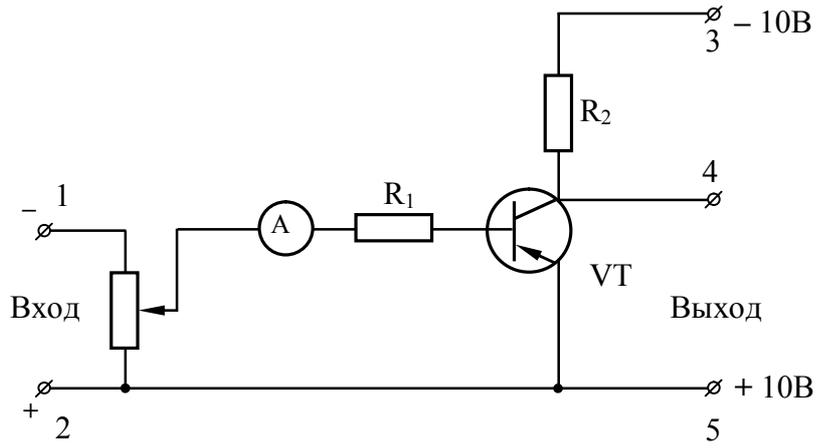


Рис. 1

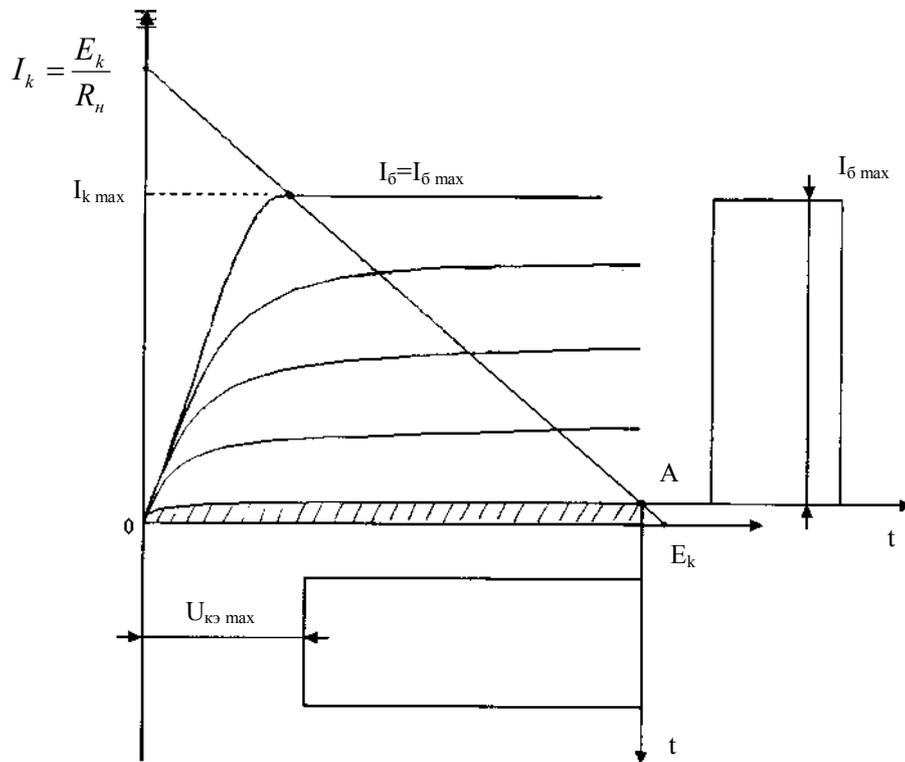


Рис. 2