**ТЕМА 2. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В КЛЮЧАХ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ**

**Вопрос 2.1. Переходные процессы в электронных ключах**

Рассмотрим работу простейшего ключа с ОЭ при чисто резистивной нагрузке в коллекторной цепи (рис.6), пока без учета влияния изменения в процессе переключения ширины базы транзистора. Временные диаграммы происходящих в транзисторе процессов при скачкообразных изменениях входного напряжения *e*г представлены на рис. 7.



 Рисунок 6-Схема транзисторного Рисунок 7 – Временные диаграммы

 ключа на БТ

*Процесс* переключения биполярного транзистора определяется двумя факторами: процессами накопления и рассасывания неосновных носителей в базе, формирующих ток коллектора ik , и наличием емкостей эмиттерного и коллекторного переходов Cэ и Cк , которые перезаряжаются при переключениях. Если входное напряжение Uвх равно нулю, то транзистор закрыт и ток коллектора ik равен неуправляемому току Iк0 (рис. 7).

 При подаче входного напряжения ступенчатой формы появляется базовый ток Iб такой же формы. Если величина Iб достаточна для ввода транзистора в насыщение, то возрастающий ток коллектора будет стремиться к уровню Iб , где - коэффициент усиления тока транзистора. Нелинейный характер нарастания ik определяется наличием емкостей переходов база-эмиттер (Cэ ) и база-коллектор (Cк). Максимальное значение ik ограничено сопротивлением Rk и не может превысить величины

Iкнас≈ Ек/ Rк

Значение коллекторного тока, в тоже время, определяется количеством неосновных носителей в базе, поэтому, когда ток ik достигнет величины Ikнас, его рост прекратится, но рост числа носителей заряда в базе будет расти до величины соответствующей току Iб. Таким образом, в базе транзистора накапливается избыточный заряд неосновных носителей, не участвующих в создании коллекторного тока.

Как видно из диаграммы, процесс открывания транзистора занимает некоторый интервал времени tвкл. Уменьшение этого времени на практике достигают повышением в 1,53 раза базового тока, по отношению к току, достаточному для введения транзистор в насыщение.

Однако увеличение базового тока в этом случае приводит к увеличению избыточного заряда неосновных носителей в базе, которые после снятия входного сигнала (отключения тока Iб) продолжают поддерживать некоторое время tр коллекторный ток неизменным. Отрезок времени tр называют временем рассасывания неосновных носителей из базы. Только после удаления избыточного заряда из базы начинается процесс уменьшения коллекторного тока до уровня Iк0.

В быстродействующих ключевых схемах принимают меры для уменьшения tр, и соответственно, tвыкл, в целом.

Процесс открывания транзисторного ключа можно разделить на три стадии: задержка фронта; формирование фронта; накопление избыточного заряда в базе.

**Вопрос 2.2. Способы повышения быстродействия ключей на биполярных транзисторах**

Для повышения быстродействия ключа используют следующие способы:

1) увеличивают значения входного тока транзистора в промежутки времени, соответствующие его отпиранию и запиранию, что позволяет быстрее заряжать и разряжать емкости переходов транзистора;

2) уменьшают коэффициент насыщения транзистора, что приводит к уменьшению емкостей БТ. Эти способы реализуются в схеме ключа с форсирующей емкостью (рис. 8) и схеме ключа с диодом на барьере Шотки (ДБШ) (рис. 9) соответственно. При реализации ключей в интегральном исполнении второй способ оказывается более предпочтительным, но при этом растут потери в закрытом состоянии ключа.



Рисунок 8- Схема ключа с форсирующей Рисунок 9-Схема ключа с диодом

 емкостью Шоттки

  В схеме с форсирующей емкостью (см. рис. 8) при подаче входного открывающего сигнала сопротивление емкости Сф значительно меньше сопротивления резистора RФ, в связи с этим большой ток заряда емкости приводит к возрастанию тока базы и быстрейшему открыванию транзистора. В открытом состоянии транзистора, когда емкость зарядилась практически до напряжения Uвх m , ток базы уменьшается и его величина определяется сопротивлением последовательно включенных резисторов RГ + RФ. При подаче на вход ключа запирающего напряжения Uвх =0 , к базе транзистора приложено напряжение -Uвх m , обусловленное наличием заряженного конденсатора CФ, что приводит к увеличению токов разряда емкостей транзистора.

 Наиболее перспективным способом увеличения быстродействия ключа является применение нелинейной отрицательной обратной связи (см. рис. 9). В закрытом состоянии транзистора ДБШ, включенный параллельно коллекторному переходу, также закрыт, поскольку потенциал коллектора выше потенциала базы. С возрастанием коллекторного тока потенциал коллектора уменьшается, когда напряжения на коллекторе и базе становятся равными, открывается ДБШ, пороговое напряжение которого Uпор = 0 1-0,2 В. Входной ток перераспределяется между базой БТ и ДБШ. Это препятствует дальнейшему росту тока базы и не позволяет входить БТ в режим насыщения, что уменьшает емкости его переходов.

**Вопрос 2.3. Методика расчета электронных ключей.**

См. методические указания к ПР №1.