

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»

Кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства(РЛ1)»

Лабораторная работа №4

«Исследование биполярного транзистора в режиме переключения»

по дисциплине

«Электроника»

Выполнил ст. группы РЛ6-41

Мухин Г.А.

Филимонов С.В.

Проверил доцент

Крайний В.И.

Оценка в баллах _____

Москва, 2022

Цель работы: исследование импульсных свойств биполярного транзистора, определение их зависимостей от режима работы транзистора.

Приборы и измерительные устройства: Два источника питания “Марс”, резисторы сопротивлением 2 кОм и 51 кОм, биполярный транзистор, осциллограф АСК1022, генератор импульсов ГЗ-63.

Параметры исследуемых элементов:

КТ203Б:

Транзистор универсальный кремниевый эпитаксиально-планарные р-п-р усилительный маломощный.

Максимально допустимое (импульсное) напряжение коллектор-база 30 В.

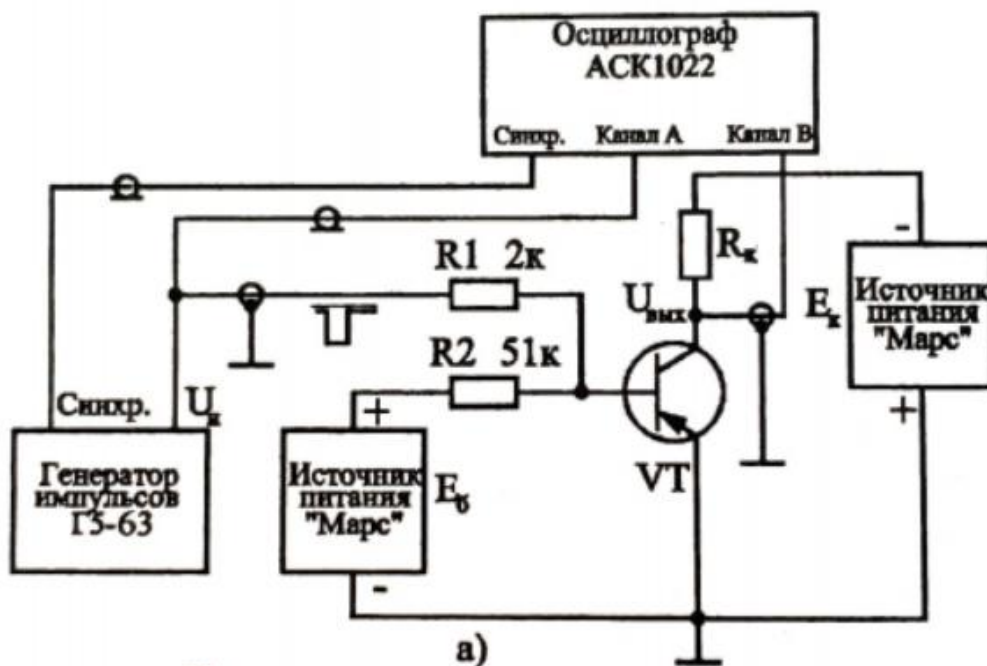
Максимально допустимое (импульсное) напряжение коллектор-эмиттер 30 В.

Максимально допустимый постоянный(импульсный) ток коллектора 10(50)мА.

Максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность коллектора без теплоотвода (с теплоотводом) 0.15 Вт.

Статический коэффициент передачи тока биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером 30-150. Обратный ток коллектора ≤ 1 мкА. Граничная частота коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером $\Rightarrow 5$ МГц.

Начертим принципиальную схему для исследования транзистора в режиме переключения с указанием полярности включения приборов и источников питания, указав дополнительно типы измерительных приборов.



Снимем семейство выходных характеристик транзистора.

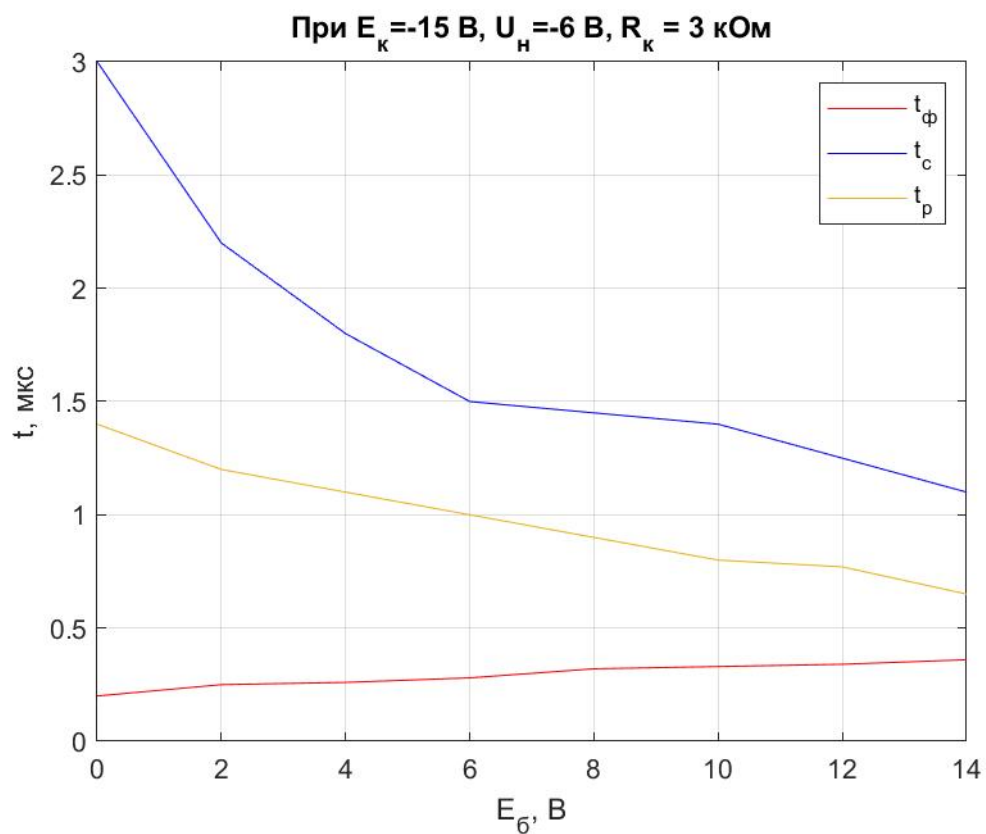


График 1 - к таблице 1

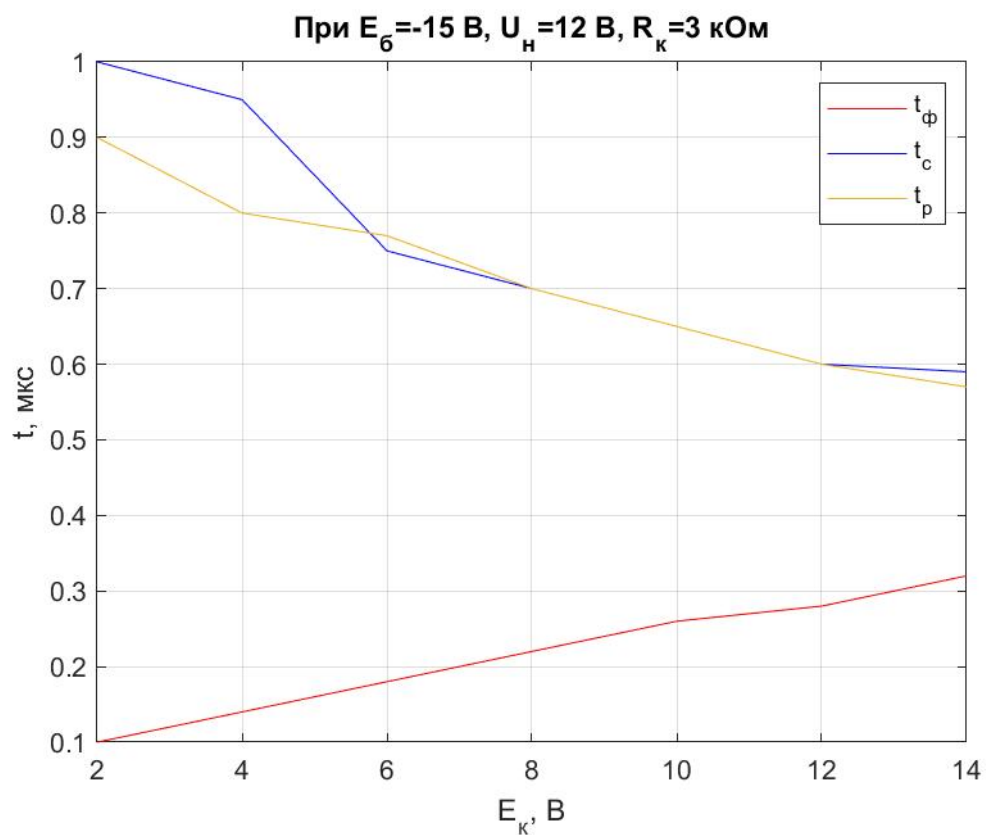


График 2 - к таблице 2

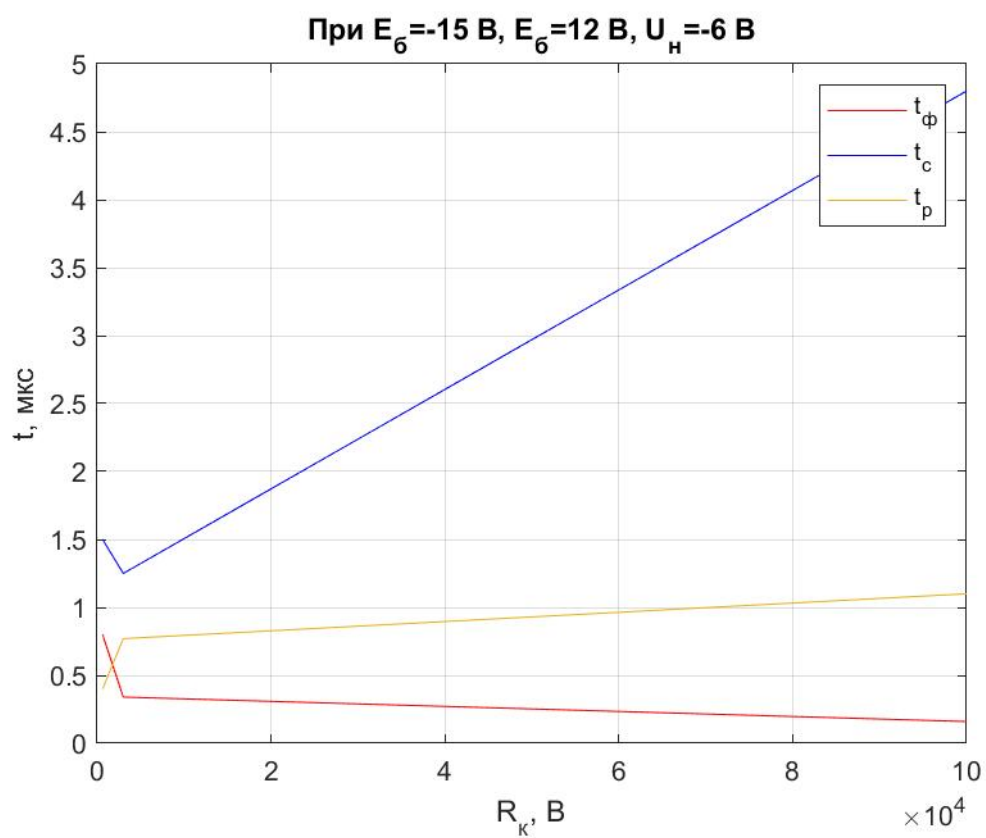


График 3 - к таблице 3

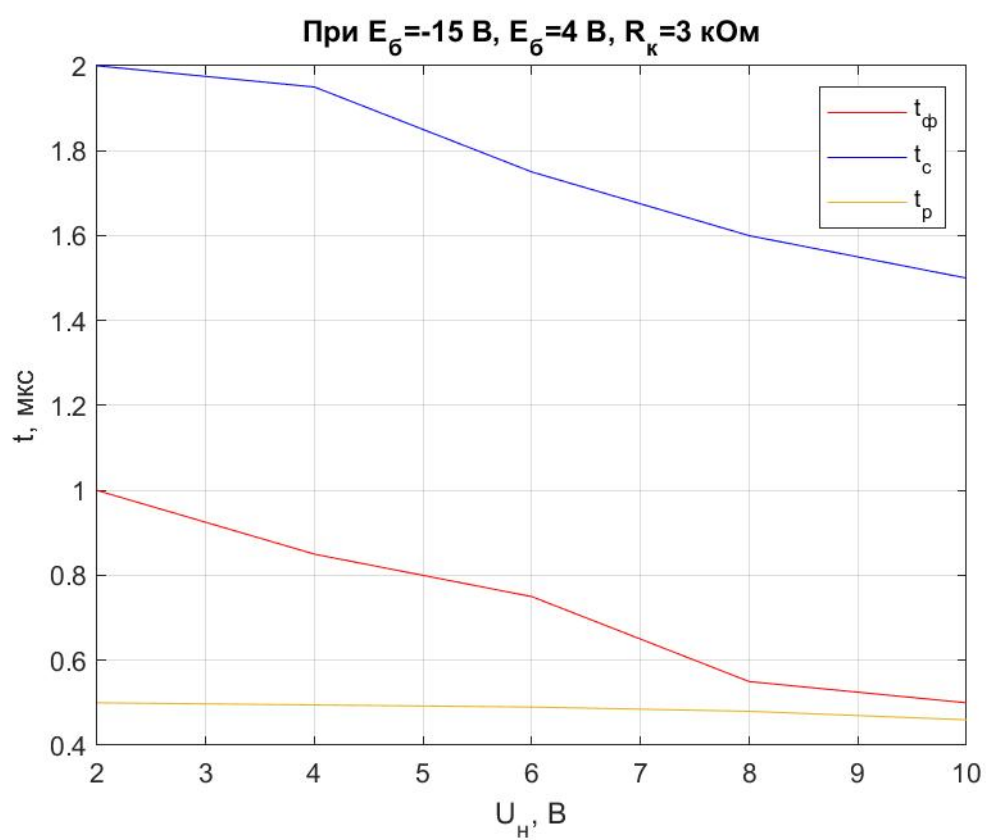
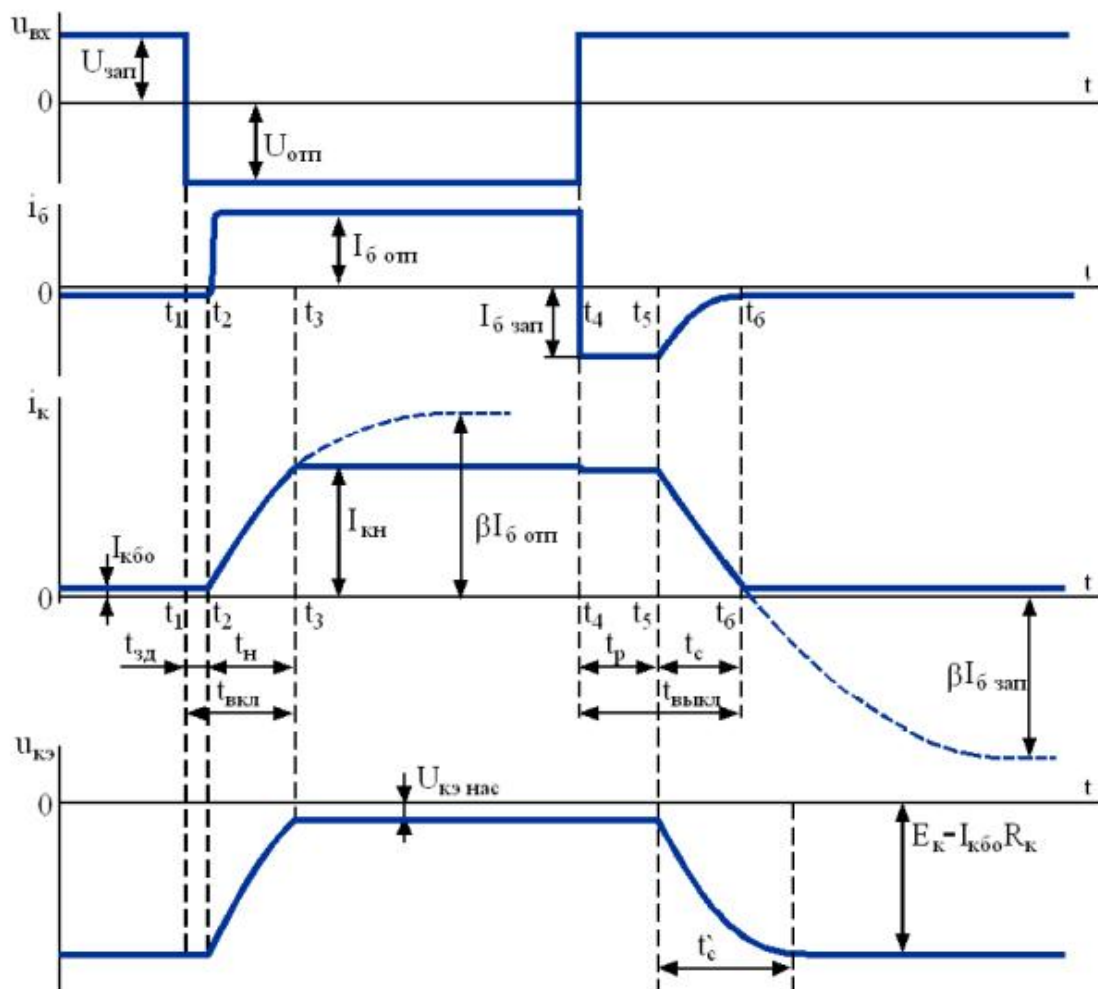


График 4 - к таблице 4

Вывод: На основе биполярного транзистора может быть построен электронный ключ - устройство, которое под действием управляющего сигнала замыкает или размыкает электрическую цепь. При этом транзистор в режиме отсечки эквивалентен разомкнутому ключу, а в режиме насыщения – замкнутому

Транзистор переходит в режим насыщения, когда напряжение на коллекторном переходе меняет знак, т. е. становится прямым. Для этого нужно, чтобы I_b превысил базовый ток насыщения $I_{бн}$, тогда при дальнейшем росте I_b ток коллектора остается неизменным и равным коллекторному току насыщения $I_{кн} = \beta I_{бн}$, а $U_{кэ}$ также остается неизменным и равным $U_{кэ \text{ нас}}$

Переход транзистора из режима отсечки в режим насыщения и наоборот происходит не мгновенно. Длительность процессов включения и выключения определяется процессами накопления и рассасывания зарядов в базе транзистора, а также перезарядом емкостей его переходов.



Время задержки сигнала рассчитывается по формуле:

$$t_{зд} = \tau_{BX} \ln \left[\frac{U_{отп} - U_{зап}}{U_{отп} - U_{бэпор}} \right]$$

Отпирающее напряжение:

$$U_{отп} = I_{б} R_{б} + U_{бэнас},$$

$$t_H = \tau_{\beta экв} \ln \left[\frac{\beta I_{Ботп}}{\beta I_{Ботп} - I_{кн}} \right] = \tau_{\beta экв} \ln \left[\frac{S}{S-1} \right]$$

Ток насыщения коллектора:

$$I_{кн} = (E_K - U_{кэнас}) / R_K \approx E_K / R_K ,$$

Время нарастания сигнала рассчитывается по формуле:

Для изменения E_K :

$$t_H = \tau_{\beta экв} \ln \left[\frac{\beta I_{Ботп}}{\beta I_{Ботп} - I_{кн}} \right]$$

В ходе эксперимента мы увеличивали E_K поэтому знаменатель под логарифмом уменьшался, следовательно увеличивалось и время нарастания сигнала, так как $\tau_{\beta экв}$ остается неизменной в ходе изменения E_K . То же самое происходит при увеличении E_B .

При увеличении R_K уменьшается параметр $I_{кн}$, а также уменьшается скорость убывания знаменателя и с ростом сопротивления логарифм будет уменьшаться относительно предыдущего, следовательно уменьшается время нарастания.

Что согласуется с экспериментальными данными.

Токи базы и коллектора на интервале t_4 - t_5 , а также рекомбинация носителей заряда в базе являются причиной рассасывания заряда в базе, т. е. уменьшения накопленного в базе заряда с постоянной времени $\tau_{нак}$. Время рассасывания $t_p = t_5 - t_4$ может быть определено по формуле:

$$t_p = \tau_{нак} \ln \left[\frac{I_{Ботп} + I_{Бзап}}{I_{кн} / \beta + I_{Бзап}} \right].$$

При увеличении E_B и E_K знаменатель логарифма увеличивается, так как возрастает $I =$, а значит уменьшается сам логарифм, как и время рассасывания вместе с ним.

При увеличении R_k знаменатель логарифма уменьшается, значение логарифма увеличивается, а следовательно и увеличивается время рассасывания.

Что согласуется с экспериментальными данными.

На интервале t_5-t_6 коллекторный ток уменьшается с постоянной времени $\tau_{\beta \text{ экв}}$, стремясь к уровню $-\beta I_{\text{б зап}}$. Однако в момент t_6 коллекторный ток уменьшается до $I_{\text{кб0}}$, близкого к нулю, и транзистор входит в режим отсечки. Время спада тока коллектора $t_c = t_6 - t_5$ может быть определено по формуле:

$$t_c = \tau_{\beta \text{ экв}} \ln \left[1 + \frac{I_{\text{кн}}}{\beta I_{\text{б зап}}} \right]$$

Здесь с увеличением E_k уменьшается логарифм а следовательно должно уменьшаться и время спада коллектора. С увеличением R_k логарифм уменьшается и время спада коллектора должно уменьшаться, однако по экспериментальным данным оно увеличивается.

Итак, по итогам проведенных работ мы получили совпадение результатов эксперимента с теоретическими выкладками. А также мы ознакомились теоретически со схемой импульса входного и выходного сигнала и убедились в зависимостях между такими величинами, как E_k , E_b , R_k , t_c , t_p , t_n .