



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ: ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА: КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

О Т Ч Е Т

по лабораторной работе № 3

Тема: Ключевой режим работы транзистора (Вариант 13)

Дисциплина: Электроника

Студент

ИУ6-42Б
(Группа)

13.05.24

(Подпись, дата)

А. П. Плюitto

(И. О. Фамилия)

Преподаватель

13.05.24

(Подпись, дата)

Н. В. Аксенов

(И. О. Фамилия)

Москва, 2024

Содержание

1. Задание	3
1.1. Цель работы	3
1.2. Параметры схемы	3
2. Часть 1	4
3. Часть 2	9
4. Часть 3	12
5. Вывод	17

1. Задание

1.1. Цель работы

Исследовать статические режимы и переходные процессы в схеме простого транзисторного ключа.

1.2. Параметры схемы

N°	$R_{\text{б}}, \text{Ом}$	B	B_r	$I_s, \text{А}$	$C_{\text{бк}}, \text{Ф}$	$C_{\text{ба}}, \text{Ф}$	$\tau_r, \text{с}$	$r_{\text{б}}, \text{Ом}$	$F_{\alpha}, \text{Гц}$	$R_{\text{к}}, \text{Ом}$	$E_{\text{см}}, \text{В}$	$R_{\text{см}}, \text{Ом}$	$U_{\text{ба}}, \text{В}$	$E_{\text{вы}}, \text{В}$	$E_{\text{к}}, \text{В}$
13	40000	120	0,95	1,00E-12	1,50E-11	7,50E-12	2,40E-05	30	2,50E+06	2200	1,4	32500	0,75	11	11

2. Часть 1

Схема транзисторного ключа показана на рисунке 1:

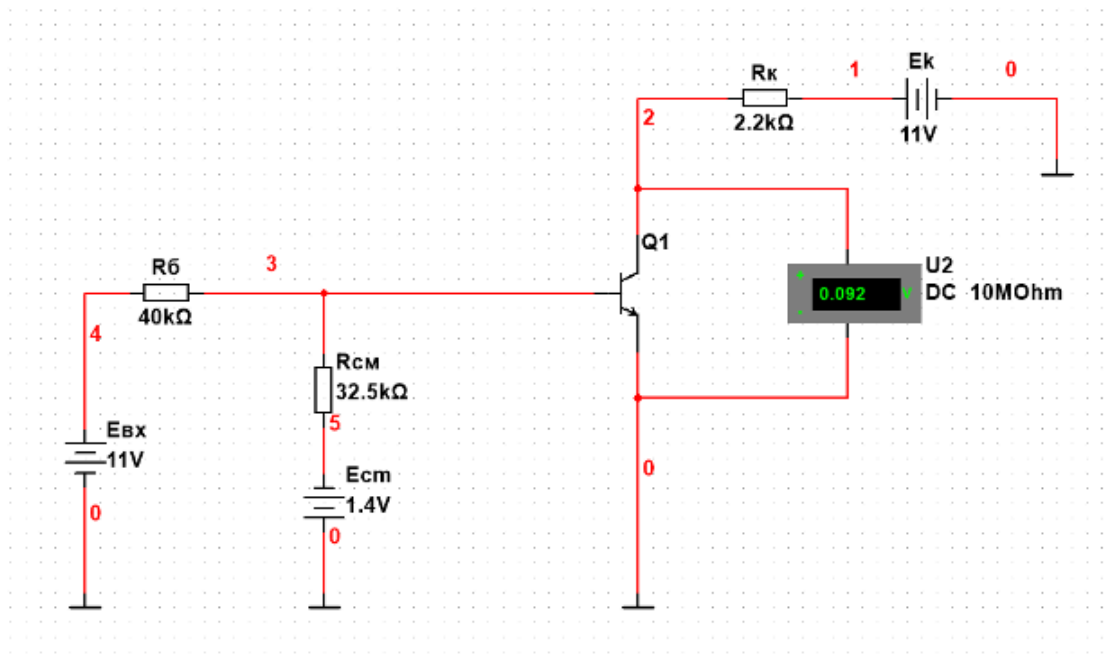


Рисунок 1 — Схема 1

Приведённая схема расчёта тока базы показана на рисунке 2:

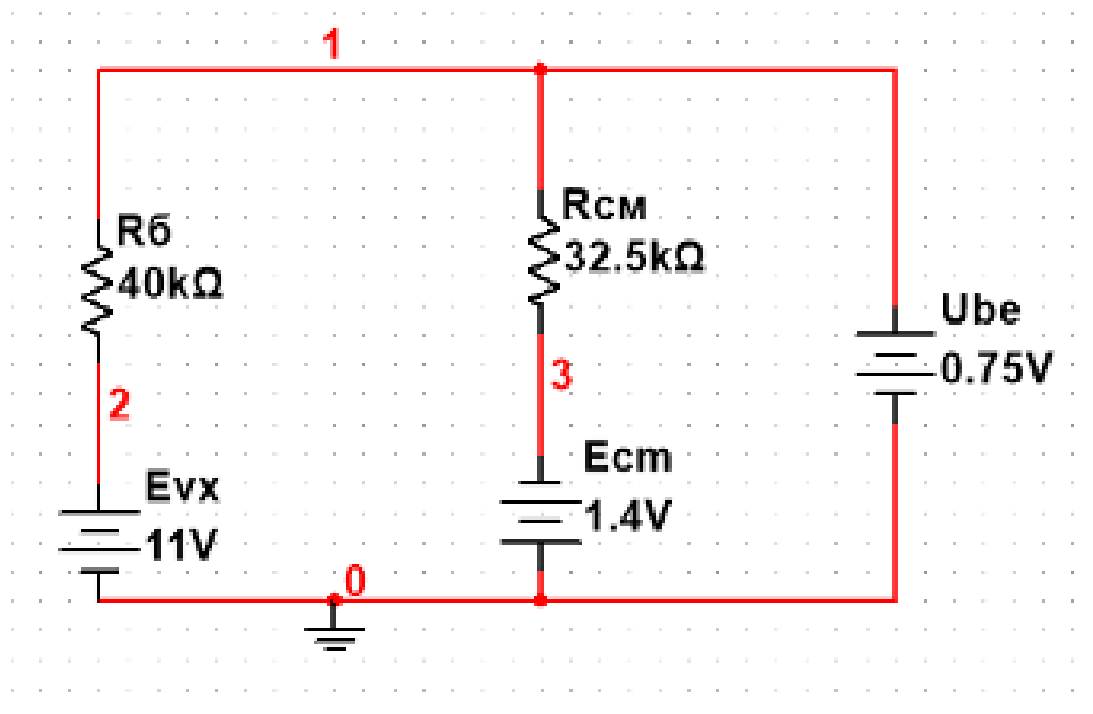


Рисунок 2 — Схема 2

По этой схеме найдем ток базы методом контурных токов:

$$\begin{cases} I_{11}(R_b + R_{cm}) - I_{22}R_{cm} = E_{\epsilon} + E_{cm} \\ -I_{11}R_{cm} + I_{22}R_{cm} = -E_{cm} - U_{\epsilon\epsilon} \end{cases}$$

$$R_{11} = R_{\epsilon} + R_{cm}$$

$$E_{11} = E_{cm} + E_{cm}$$

$$E_{22} = -E_{cm} - U_{\epsilon\epsilon}$$

$$I_{11}(R_{\epsilon} + R_{cm}) - I_{\epsilon}R_{cm} = E_{bx} + E_{cm}$$

$$-I_{11}R_{cm} + I_{\epsilon}R_{cm} = -E_{cm} - U_{\epsilon\epsilon}$$

$$I_{22} = I_{\epsilon} = \frac{E_{bx} + E_{cm}}{R_{\epsilon}} - \frac{(R_{\epsilon} + R_{cm})(E_{cm} + U_{\epsilon\epsilon})}{R_{cm}R_{\epsilon}} = 0.00019A$$

Находим R_k и подставляем в схему: $R_k = \frac{E_k}{BI_{\epsilon}} = 480 \text{ Ом}$

Схема с R_k границы режима насыщения показана на рисунке 3:

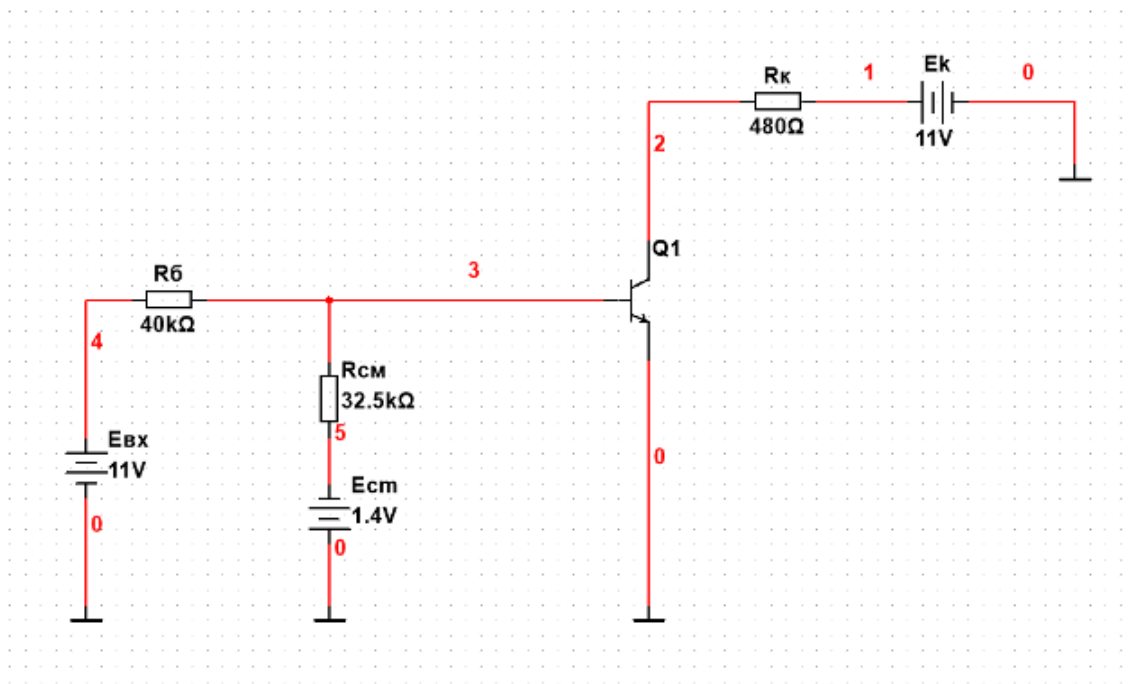


Рисунок 3 — Схема 3

Построим график DC анализа для схемы 3, показанный на рисунке 4:

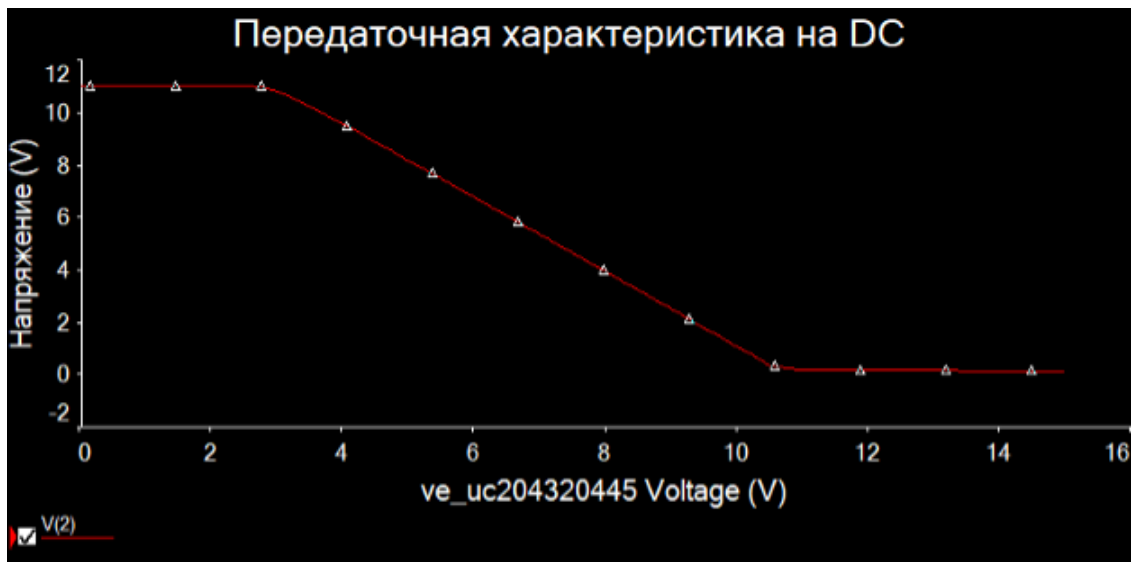


Рисунок 4 — DC анализ

Схема для расчёт статического коэффициента усиления по току базы В в активном режиме транзистора показана на рисунке 5:

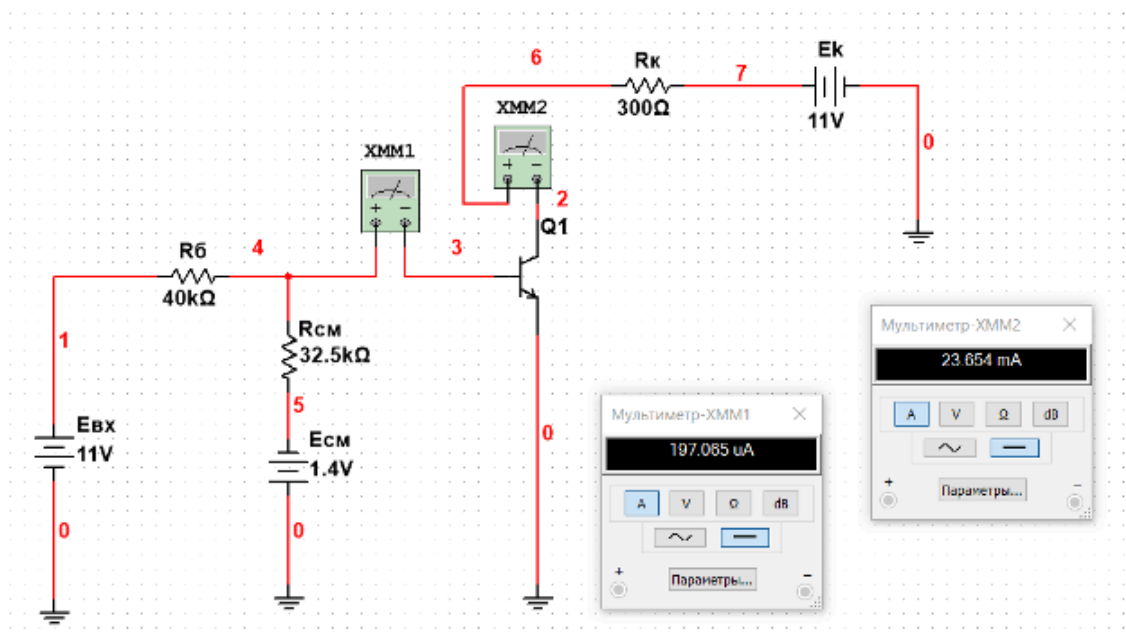


Рисунок 5 — Схема 4

$$\frac{23.6 \cdot 10^{-3}}{197.1 \cdot 10^{-6}} = 117 \simeq 120$$

Построим DC sweep для тока на базе и коллекторе, что видно на рисунке 6:

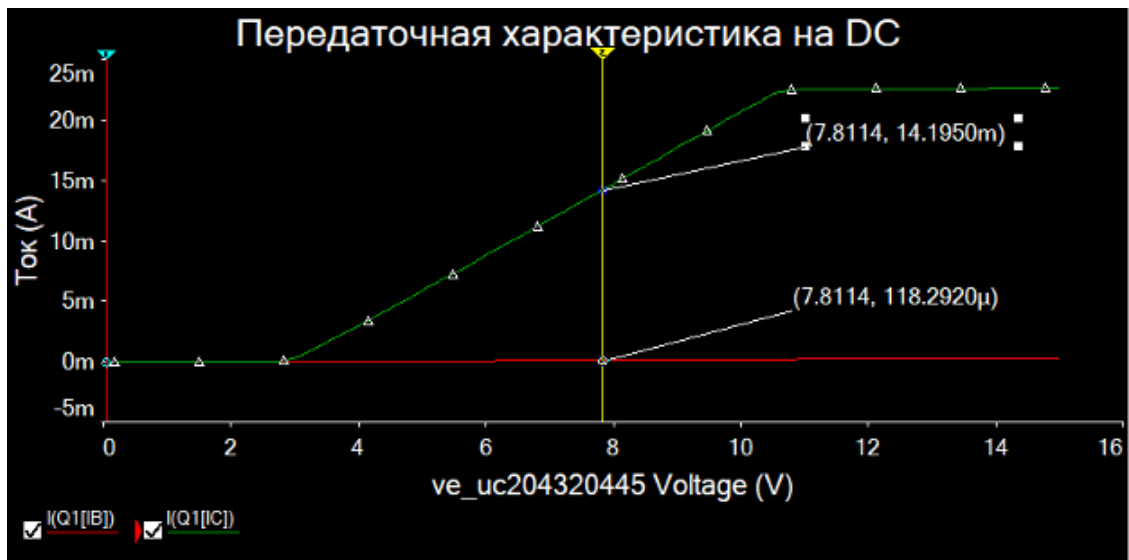


Рисунок 6 — DC анализ

$$\frac{14.1 \cdot 10^{-3}}{118.2 \cdot 10^{-6}} = 118 \approx 120$$

Схема для исследования статического коэффициента усиления по току В при различных R_k показана на рисунке 7:

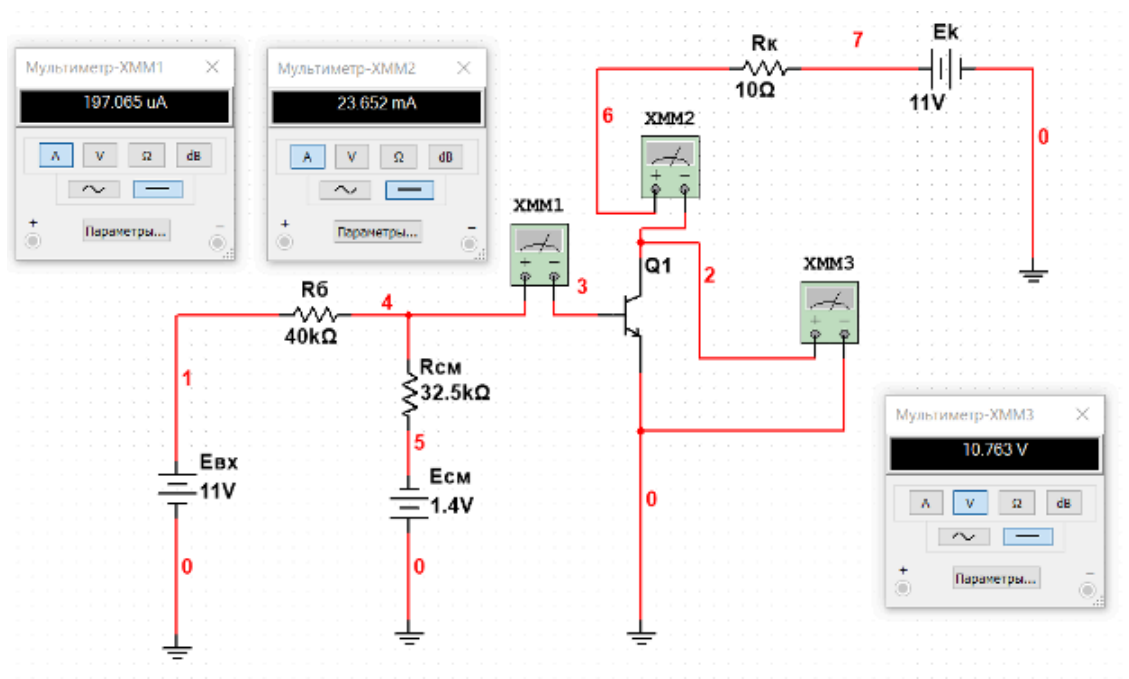


Рисунок 7 — Схема 5

Показатели, полученные при изменении R_1 на схеме 5:

$R_1, \text{Ом}$	10	100	300	600	900	1500	5000
I_b, A	0,000197	0,000197	0,000197	0,000197	0,000198	0,000198	0,0002
I_k, A	0,0236	0,0236	0,0236	0,018	0,012	0,0072	0,0021

U, B	10,7	8,6	3,9	0,155	0,126	0,105	0,07
b	119,79695	119,79695	119,79695	91,370558	60,606061	36,363636	10,5

3. Часть 2

Схема для исследования динамических характеристик при различном уровне входного сигнала показана на рисунке 8:

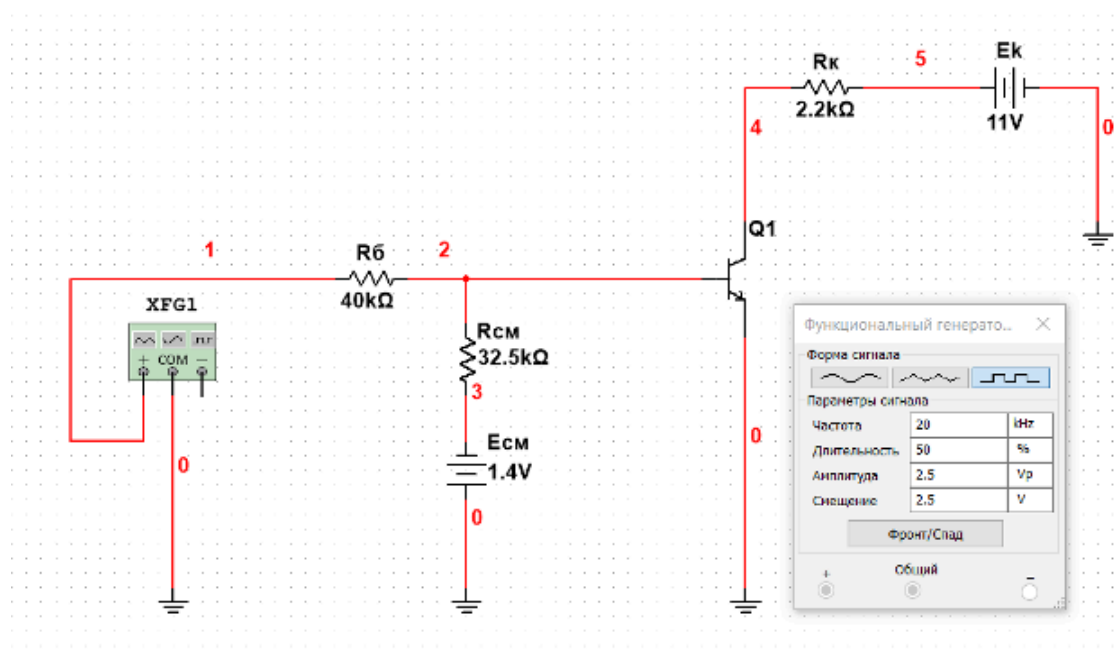


Рисунок 8 — Схема 6

Графики Transient analyses для 5 В показаны на рисунках 9-11:

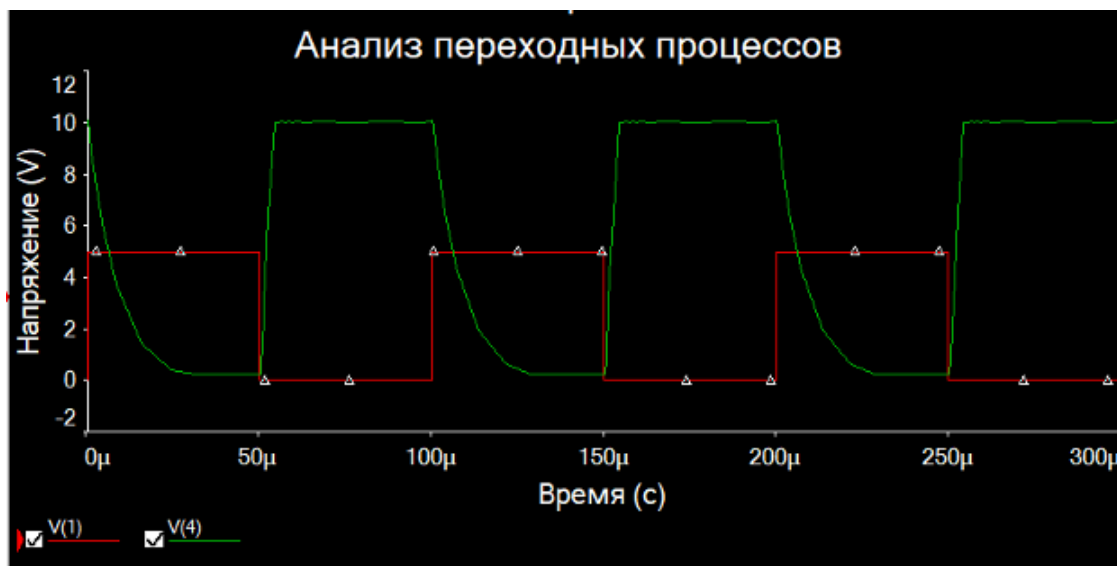


Рисунок 9 — Transient analyses для схемы 6

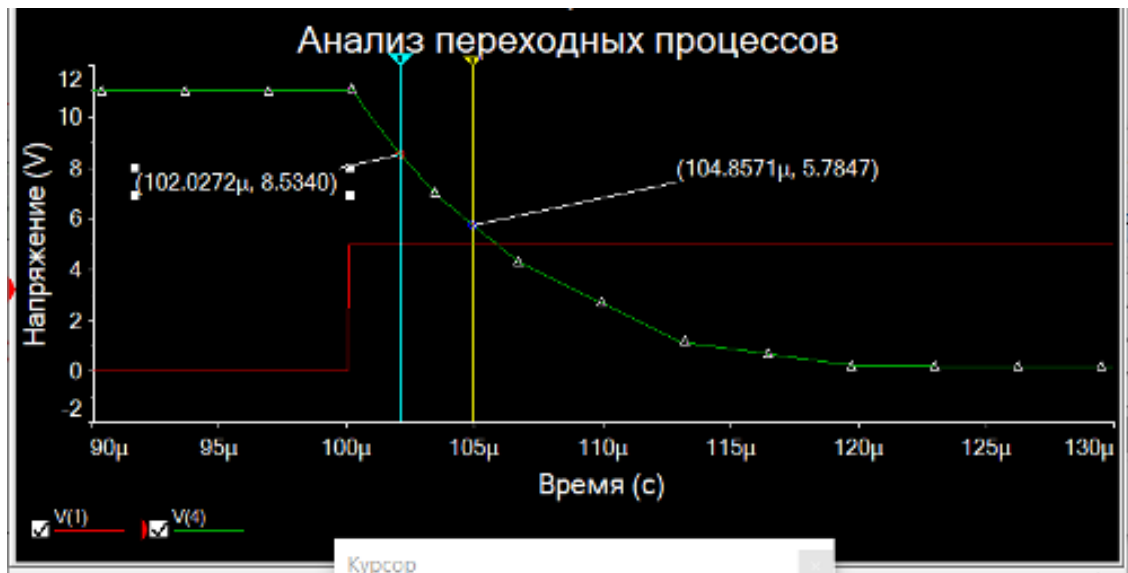


Рисунок 10 — Начало фронта

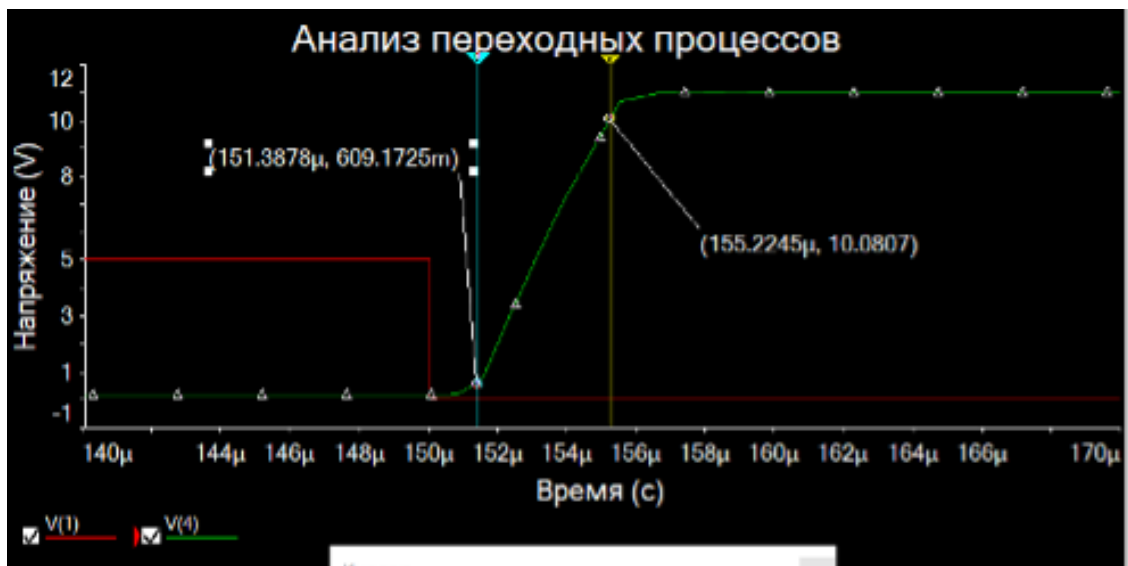


Рисунок 11 — Конец фронта

$E_r, \text{ В}$	$\tau_{\phi}, \text{ мкс}$	$\tau_{\text{рас}}, \text{ мкс}$	$\tau_c, \text{ мкс}$
5	4,8	0,12	2,42
7,5	2,47	0,33	3,4
11	1,81	4,8	3,8
12,5	1,6	5,5	5,1

Время формирования фронта для 11 В: $\tau_{\phi} = \tau_v \ln \frac{S-0.1}{S-0.9} = 1,9 * 10^{-6}$ – погрешность 5%, где

$$\tau_{\text{Б}} = 12\pi f_{\text{Б}} = 9,6 * 10^{-6} \text{ с}$$

$$f_{\text{Б}} = \frac{f_{\alpha}}{B + 1} = 16528 \text{ Гц}$$

$$J_{61} = \frac{E_{\text{ВХ}} + E_{\text{СМ}}}{R_{\text{Г}}} - \frac{(R_{\text{Г}} + R_{\text{СМ}})(E_{\text{СМ}} + U_{63})}{R_{\text{СМ}} R_{\text{Г}}} = 1,9 * 10^{-4} \text{ А}$$

$$J_{62} = \frac{U_{63}}{R_{\text{СМ}}} + \frac{E_{\text{СМ}}}{R_{\text{СМ}}} = 6,6 * 10^{-5} \text{ А}$$

$$J_{6\text{Н}} = \frac{E_{\text{К}}}{B R_{\text{К}}} = 4,1 * 10^{-5} \text{ А}$$

$$S = \frac{J_{61}}{J_{6\text{Н}}} = 4,562$$

Время рассеивания для 9 В:

$$\tau_{\text{рас}} = \tau_{\text{Н}} \ln \frac{S J_{6\text{Н}} + J_{62}}{J_{6\text{Н}} + J_{62}} = 5 * 10^{-6} \rightarrow \text{погрешность } 4\%$$

Время среза для 9 В:

$$\tau_{\text{с}} = \tau_{\text{Б}} \ln \frac{\frac{J_{61}}{S} + J_{62}}{J_{62}} = 4,7 * 10^{-6} \rightarrow \text{погрешность } 19\%$$

4. Часть 3

Исследование влияния форсирующего конденсатора показана на рисунке 12:

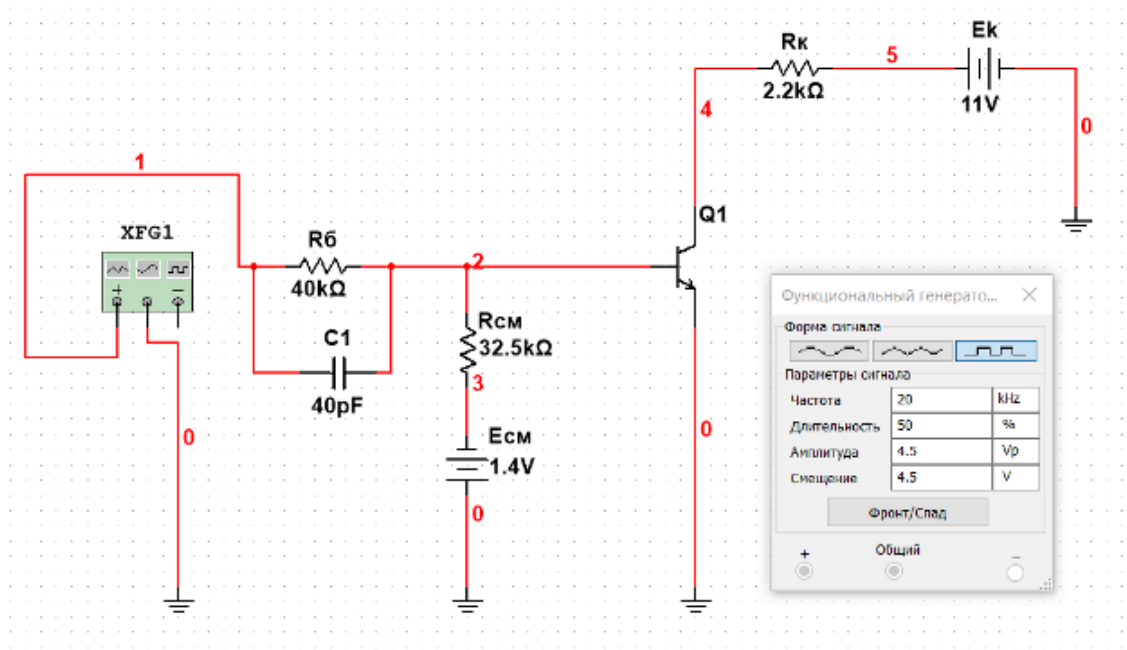


Рисунок 12 — Исследование влияния форсирующего конденсатора

График влияния форсирующего конденсатора с величиной 0,75пФ, показан на рисунке 13:

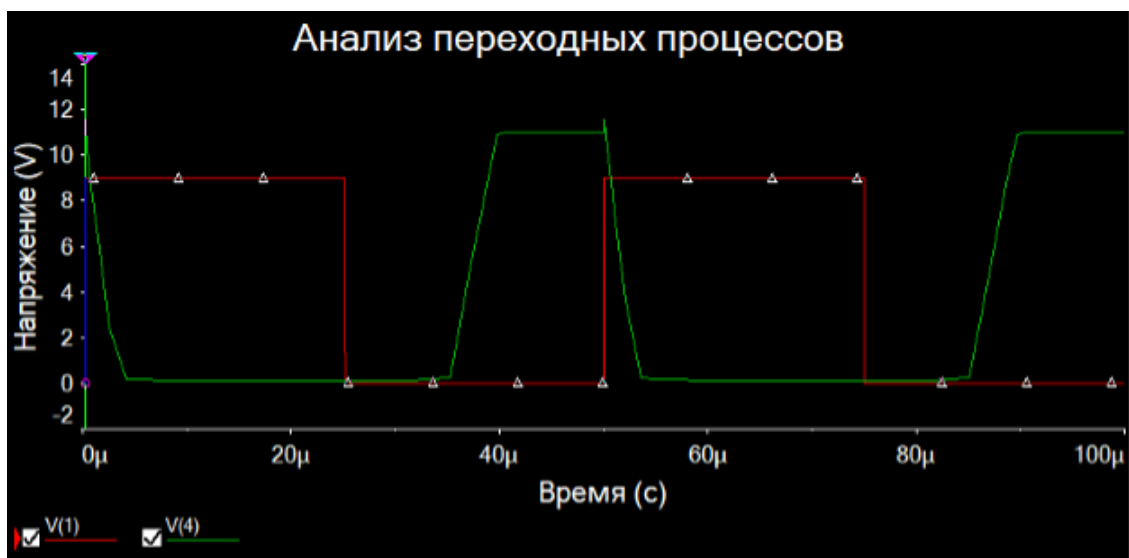


Рисунок 13 — График влияния форсирующего конденсатора с величиной 0,75пФ

График влияния форсирующего конденсатора с величиной 20пФ, показан на рисунке 14:

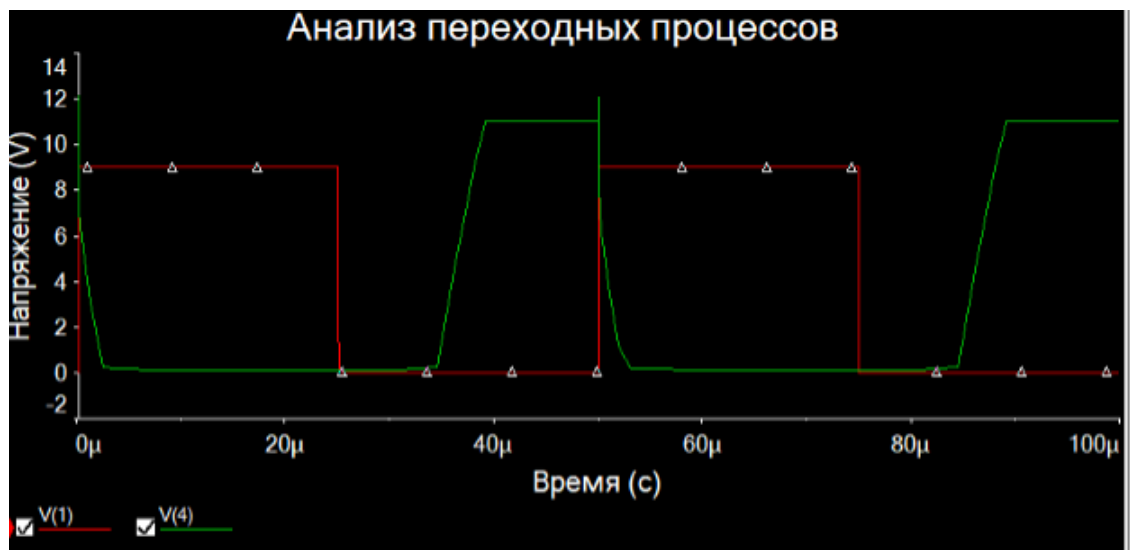


Рисунок 14 — График влияния форсирующего конденсатора с величиной 20 пФ

График влияния форсирующего конденсатора с величиной 40 пФ, показан на рисунке 15:

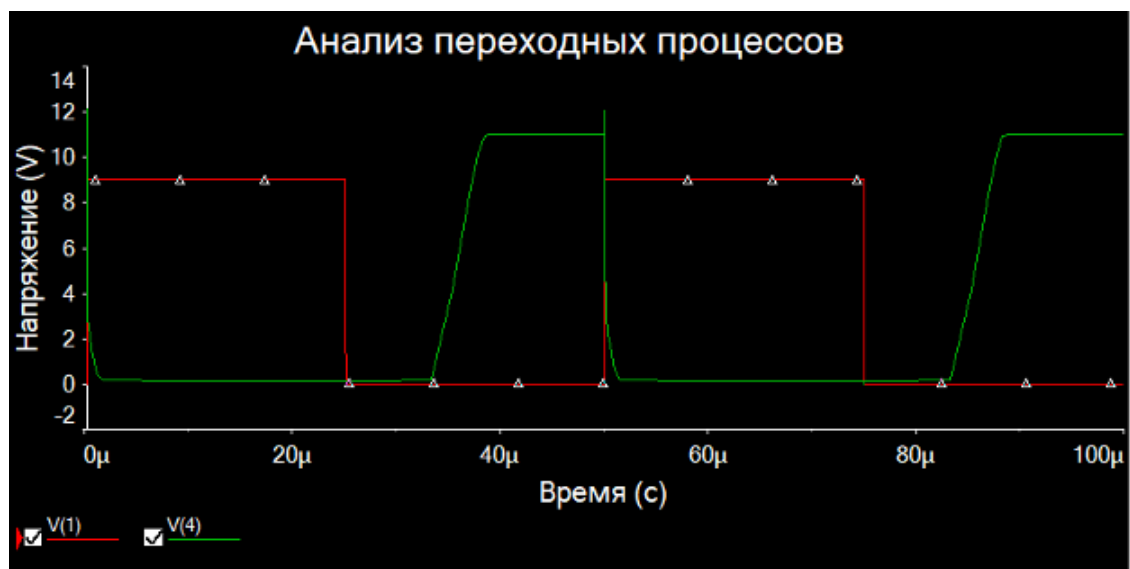


Рисунок 15 — График влияния форсирующего конденсатора с величиной 40 пФ

По графикам видно, что ток базы увеличивается и перезарядка емкостей проходит быстрее.

Исследование влияния конденсатора нагрузки показана на рисунке 16:

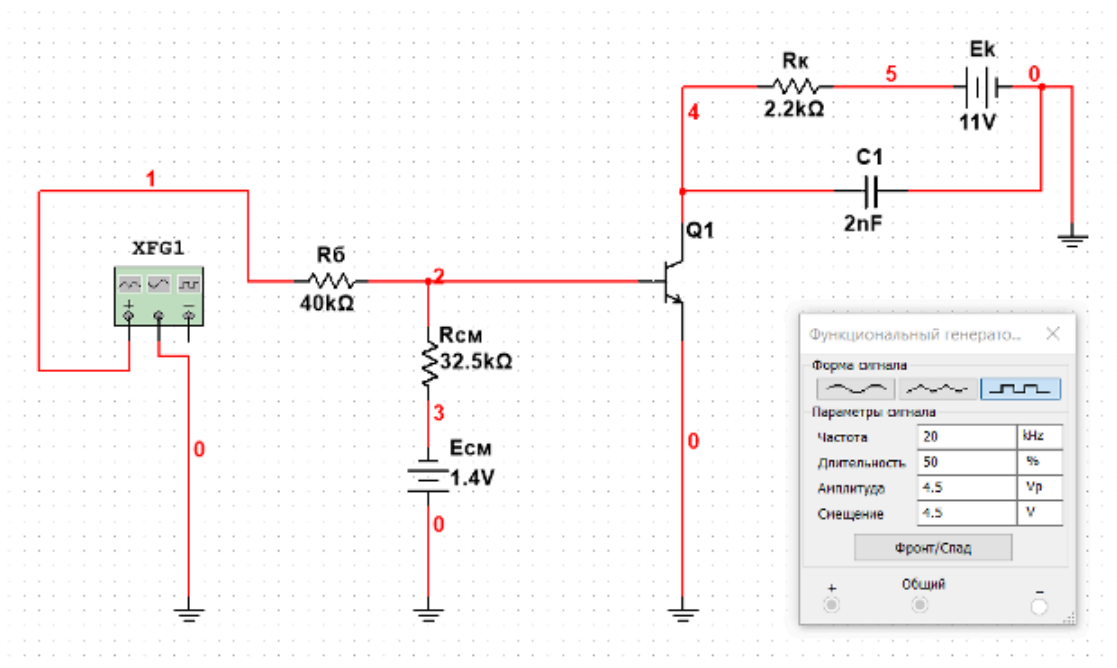


Рисунок 16 — Схема 8

График влияния конденсатора нагрузки с величиной 0,5пФ, показан на рисунке 17:

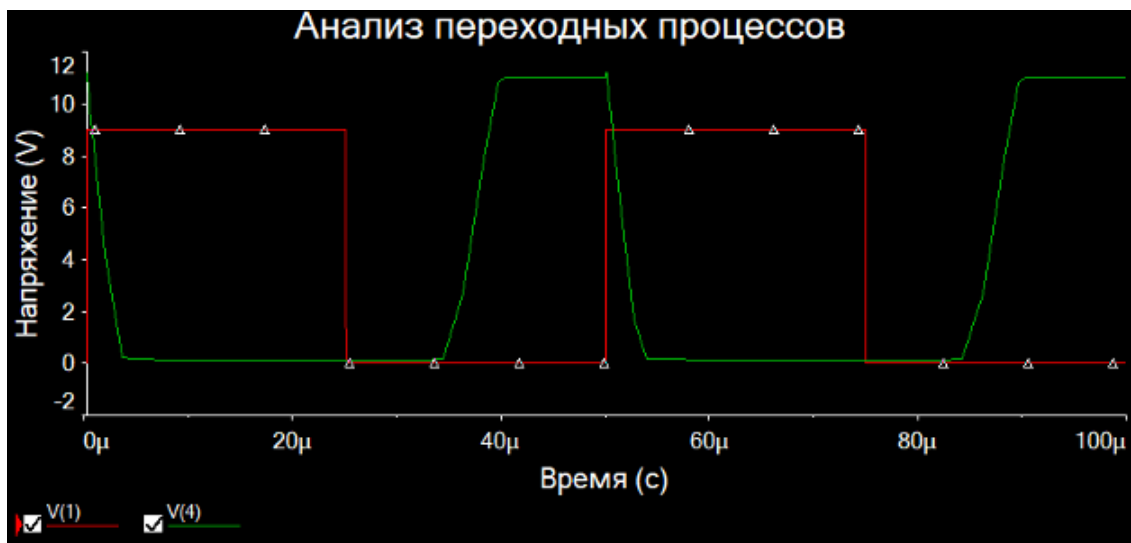


Рисунок 17 — График влияния конденсатора нагрузки с величиной 0,5пФ

График влияния конденсатора нагрузки с величиной 2пФ, показан на рисунке 18:

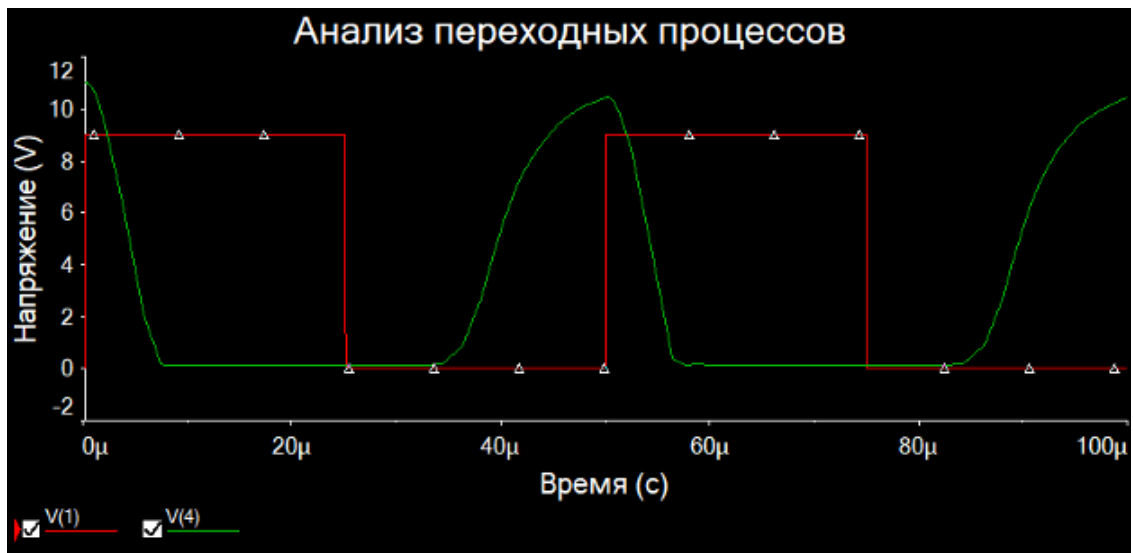


Рисунок 18 — График влияния конденсатора нагрузки с величиной 2пФ

График влияния конденсатора нагрузки с величиной 10пФ, показан на рисунке 19:

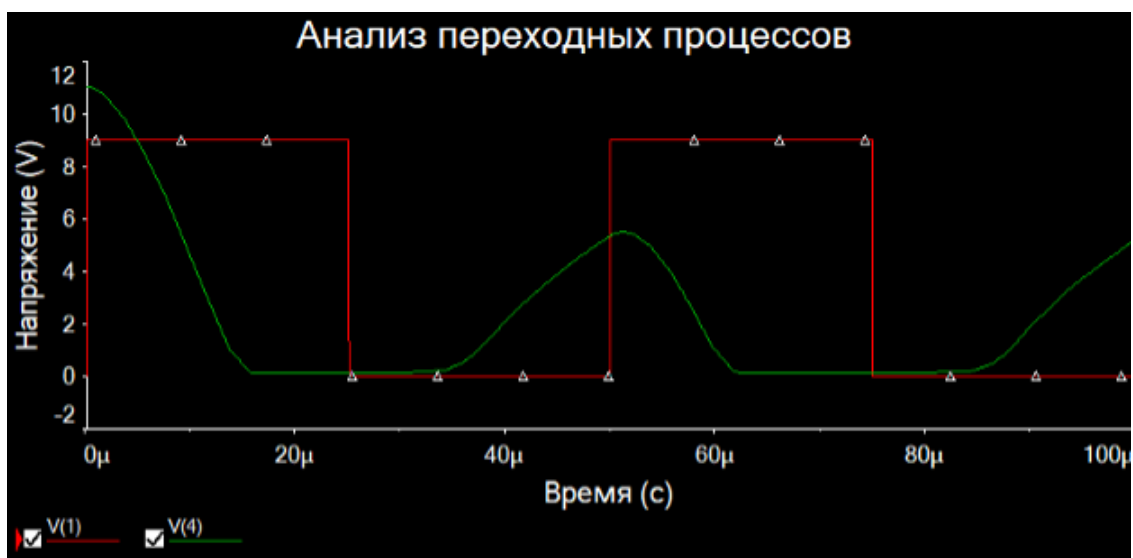


Рисунок 19 — График влияния конденсатора нагрузки с величиной 10пФ

По графикам видно, что ёмкостная нагрузка не влияет на время рассеивания и делает значение остальных параметров при увеличении ёмкости в цепи нагрузки. Работа ключа с инверсным запирающим показана на рисунке 20:

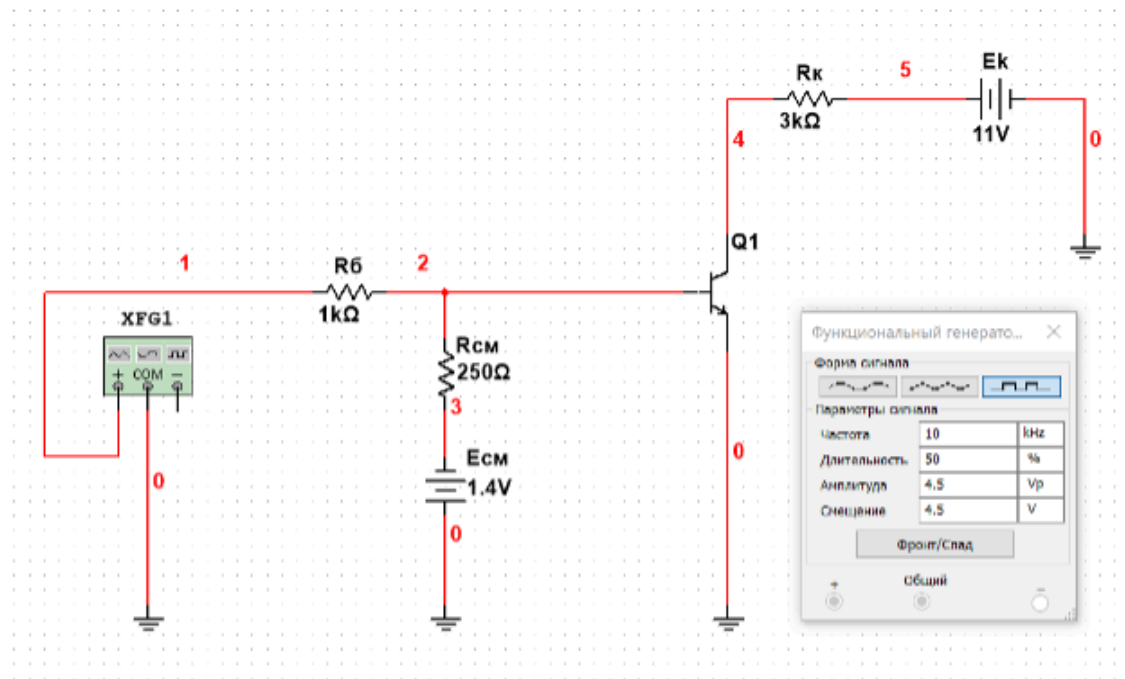


Рисунок 20 — Работа ключа с инверсным запирианием

График работы ключа с инверсным запирианием при $R_6 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_{cm} = 250 \text{ }\Omega$ и $R_k = 3 \text{ k}\Omega$, показан на рисунке 21:

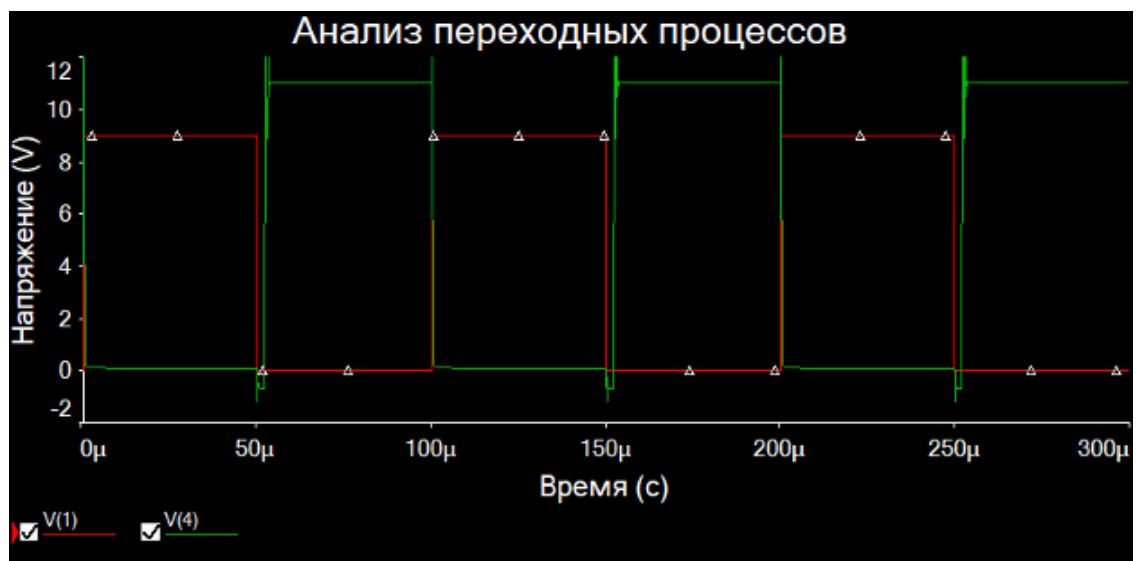


Рисунок 21 — График работы ключа с инверсным запирианием

По графику видно, что рассеивание заряда сначала проходит у эмиттерного перехода. А также, что ток коллектора увеличивается, эмиттера уменьшается, а базы не меняется.

5. Вывод

В ходе выполнения работы были исследованы статические режимы и переходные процессы в схеме простого транзисторного ключа.