

## Работа 15. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В R,C ЦЕПЯХ

Цель работы - исследование переходных процессов в R,C - цепях первого порядка; определение влияния величин элементов цепи на длительность переходных процессов.

### ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Резисторы  $R_9=1$  кОм,  $R_{10}=1$  кОм; конденсатор  $C_{15}=1$  мкФ; источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС  $E_2=0-24$  В и внутренним сопротивлением  $R_{вт}=2$  Ом; электронный ключ с частотой переключения  $f=50$  Гц; блок переменного сопротивления  $R_4=1-999$  Ом; блок переменной емкости  $C_4=0,01-9,99$  мкФ; резистор  $R_2=50$  Ом; двухканальный осциллограф.

Для обеспечения работы ключа с частотой  $f=50$  Гц тумблер "синхронизация" должен находиться в положении "внутр."

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

#### Экспериментальная часть

1.Собрать цепь генератора прямоугольных импульсов (ГПИ) рис.45, установив предварительно напряжение источника  $U=10$  В.

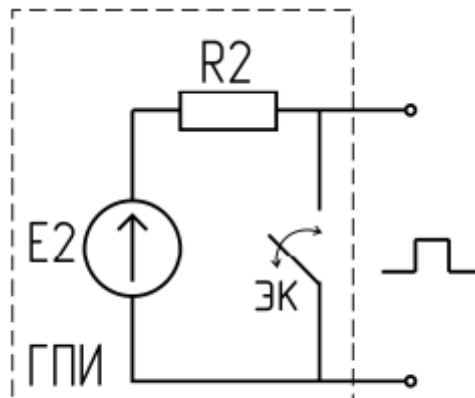
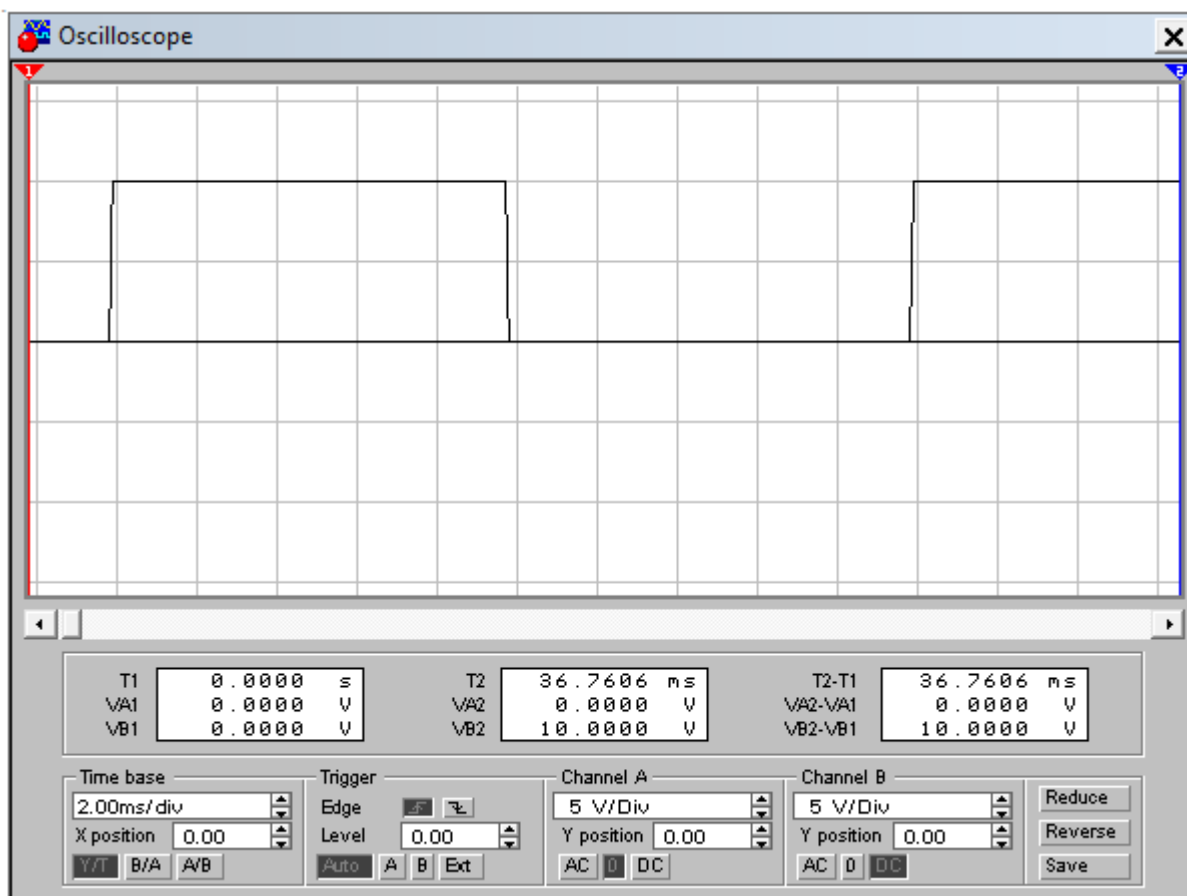
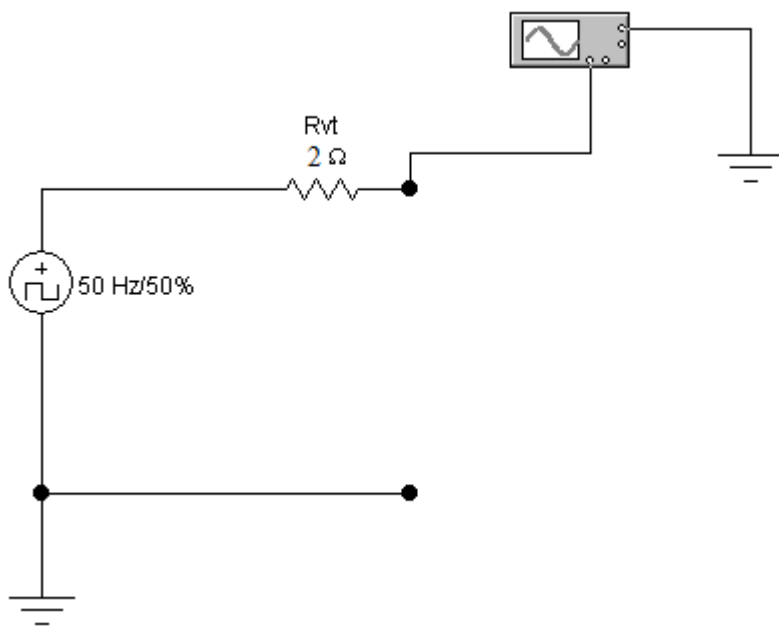


Рис.45

2.Подключить один из каналов осциллографа к выходу ГПИ и зарисовать с экрана прямоугольные импульсы.



3. Для исследования переходных процессов в цепи при последовательном соединении элементов  $R, C$  собрать цепь по схеме рис.46,а, установив  $C_1=1$  мкФ,  $R_1=1$  кОм.

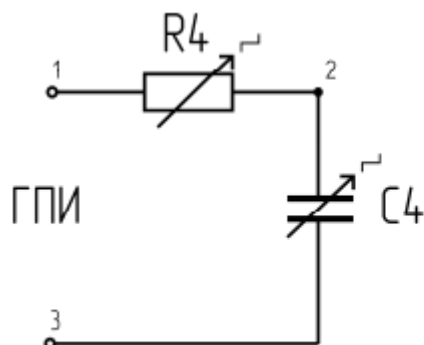


Рис.46,а

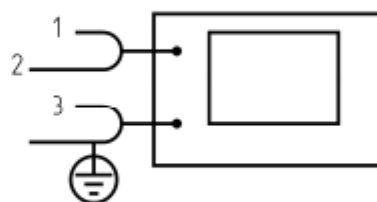
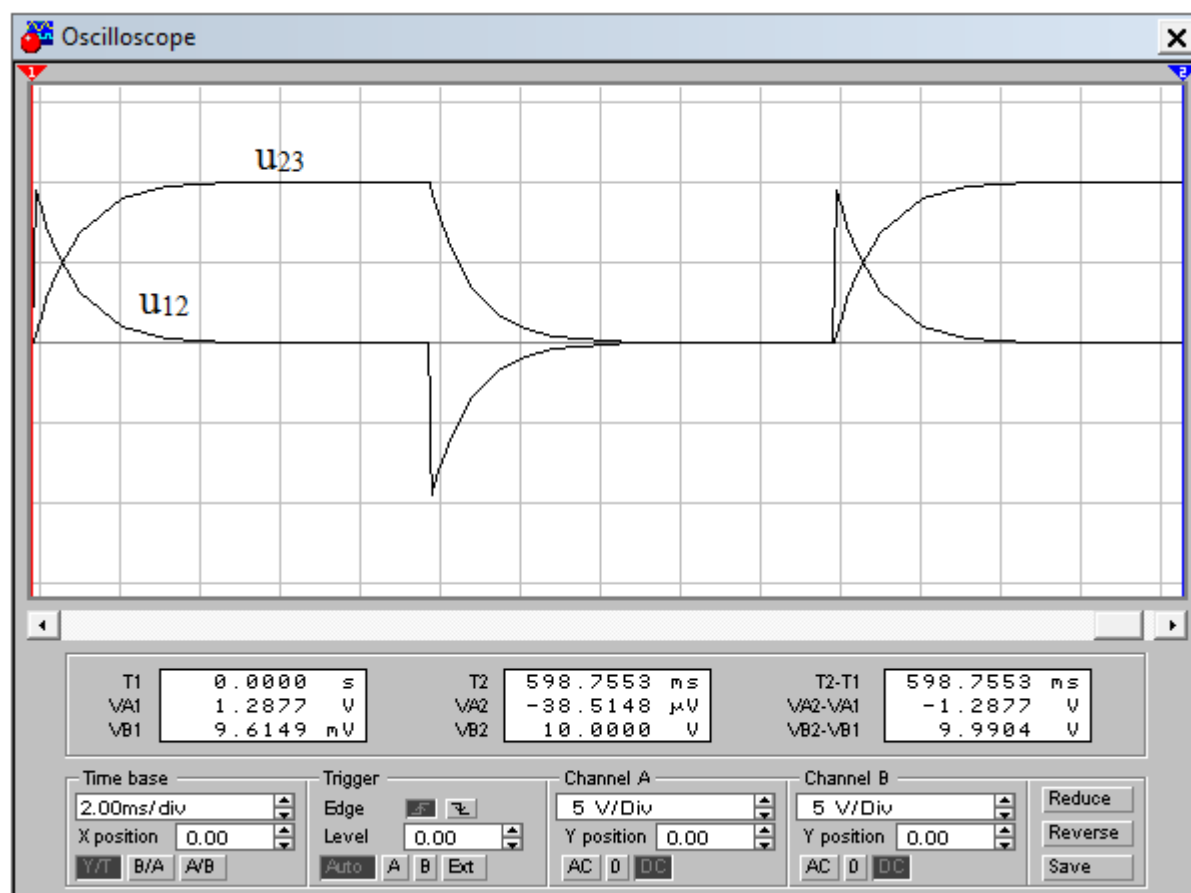
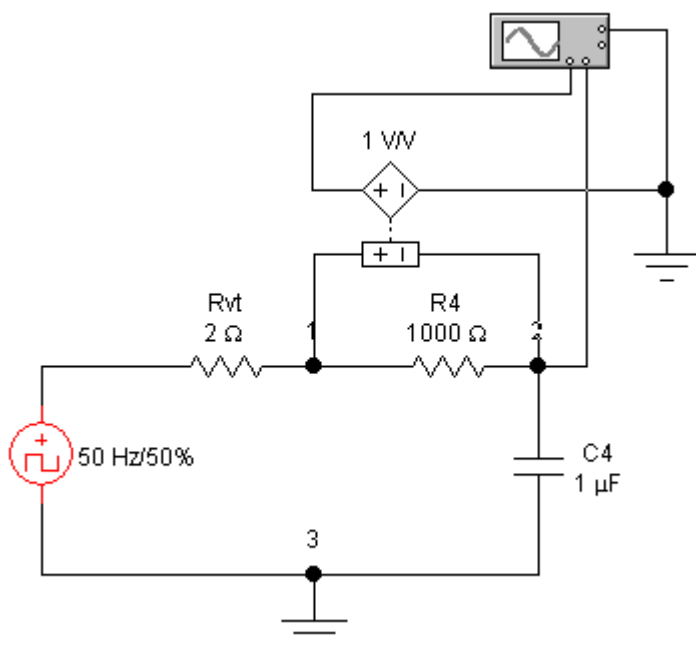


Рис.46,б

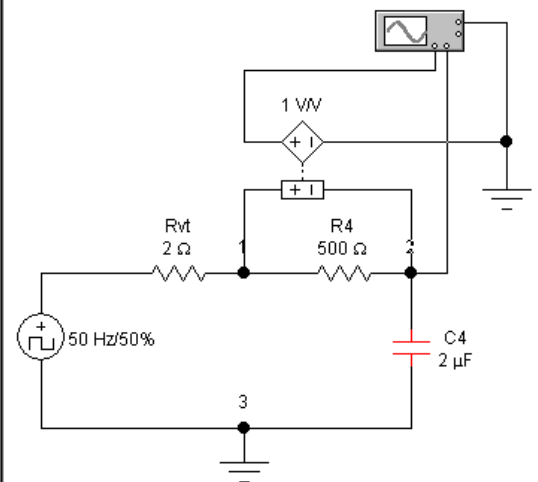
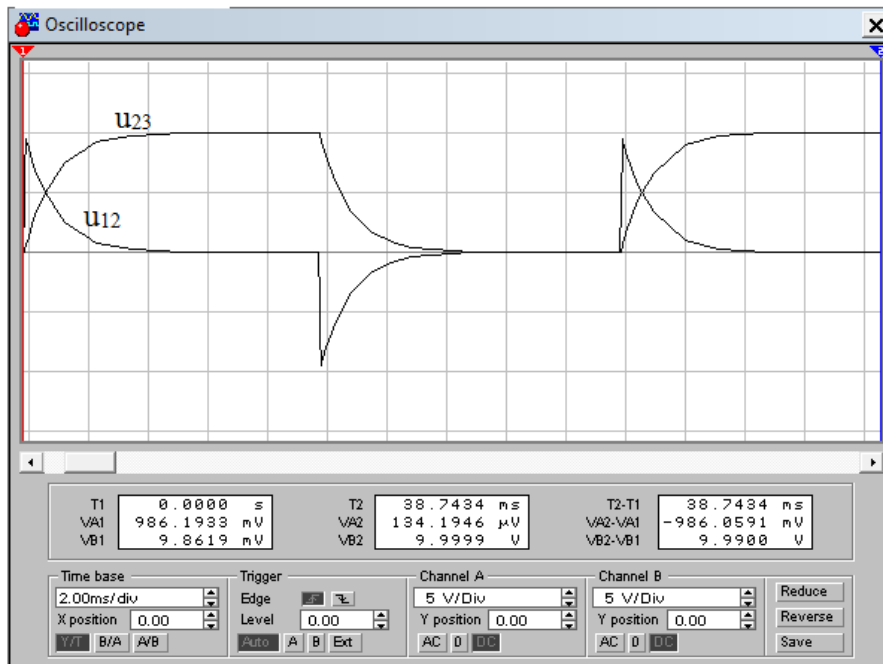
4. Подключить к цепи рис.46,а осциллограф по схеме рис.46,б. Зарисовать с экрана кривые изменения напряжений  $u_{12}$  и  $u_{23}$  Шток фазового сдвига выдвинут.



5. В цепи рис.46,а изменить значения  $R_4$  и  $C_4$  таким образом, чтобы постоянная времени переходного процесса  $\tau$ :

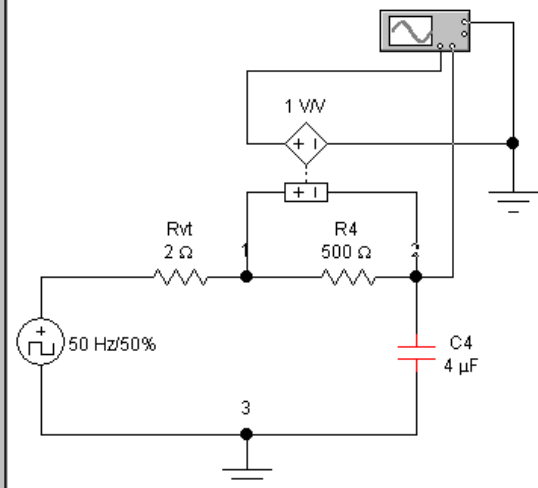
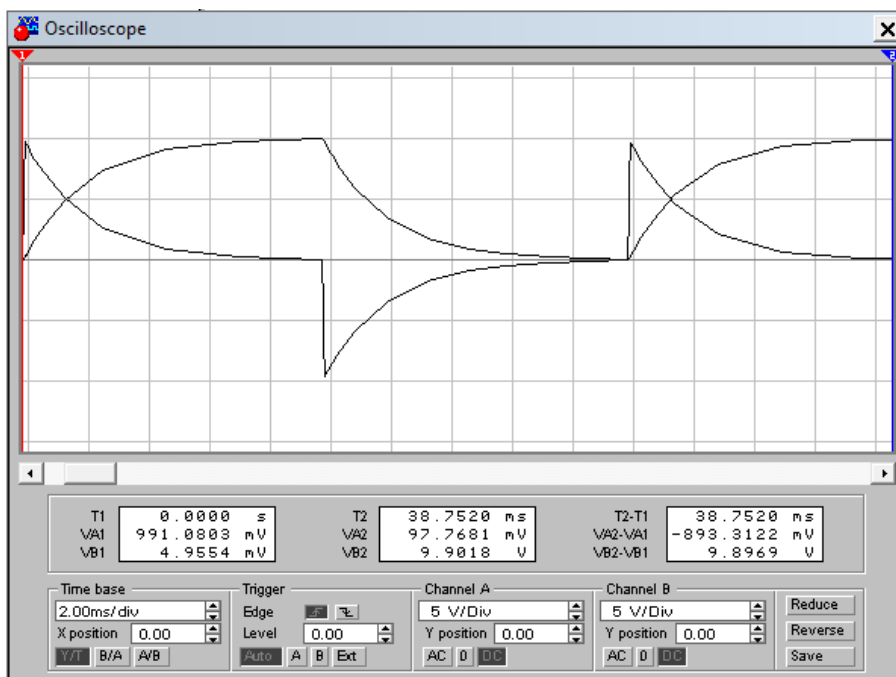
5.1. не изменилась;

$$R_4 = 500 \quad \text{Ом} \quad C_4 = 2 \times 10^{-6} \quad \Phi \quad \tau = R_4 \cdot C_4 = 500 \cdot (2 \times 10^{-6}) = 10^{-3} \quad \text{с}$$



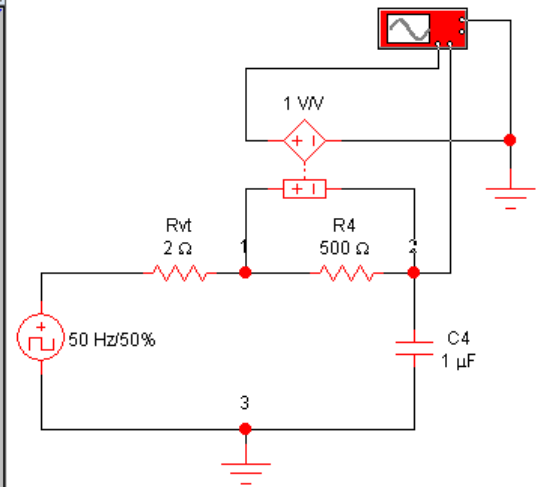
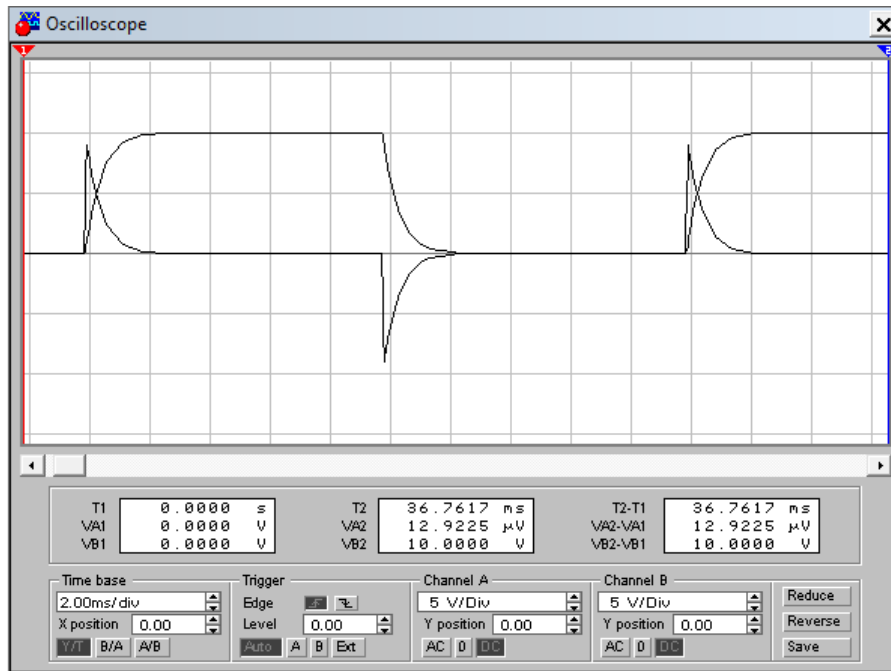
5.2. увеличилась в два раза;

$$R_4 = 500 \quad \text{Ом} \quad C_4 = 4 \times 10^{-6} \quad \Phi \quad \tau = R_4 \cdot C_4 = 500 \cdot (4 \times 10^{-6}) = 2 \times 10^{-3} \quad \text{с}$$



53.) уменьшилась в два раза.

$$R_4 = 500 \quad \text{Ом} \quad C_4 = 1 \times 10^{-6} \quad \Phi \quad \tau = R_4 \cdot C_4 = 500 \cdot (1 \times 10^{-6}) = 5 \times 10^{-4} \quad \text{с}$$



6. Для исследования переходных процессов в цепи при смешанном соединении элементов  $R_4, C_4$  собрать цепь по схеме рис.47, установив  $C_4=1$  мкФ,  $R_4=1$  кОм, и повторить п.4.

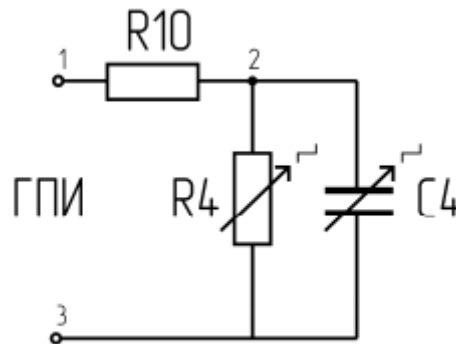
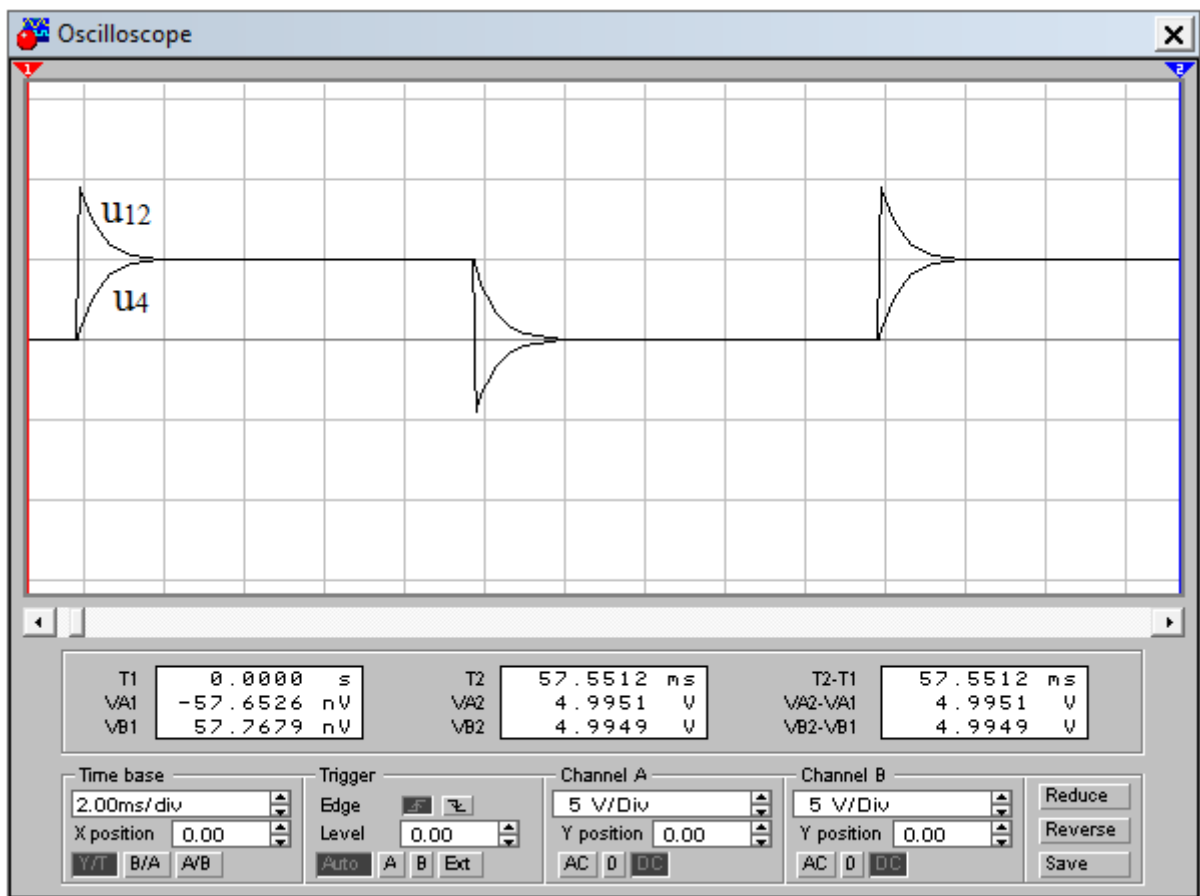
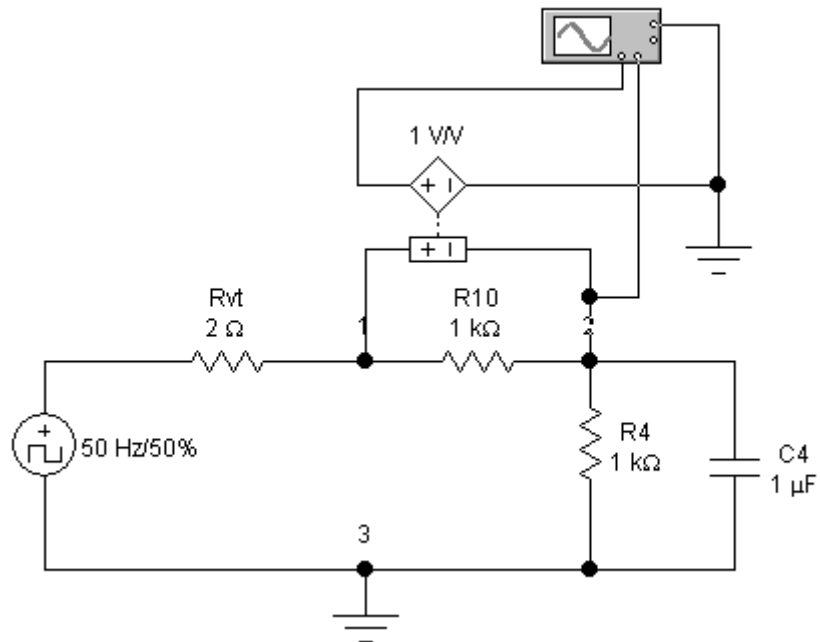


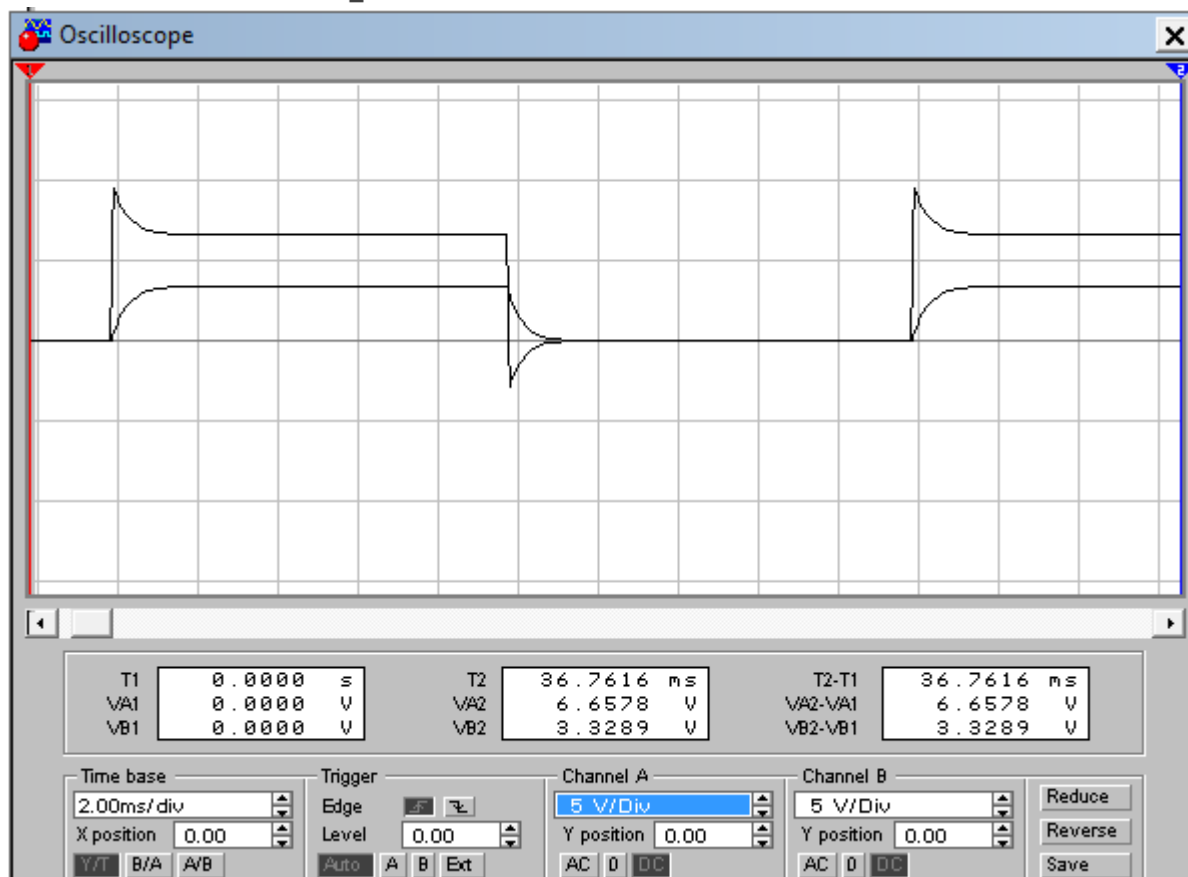
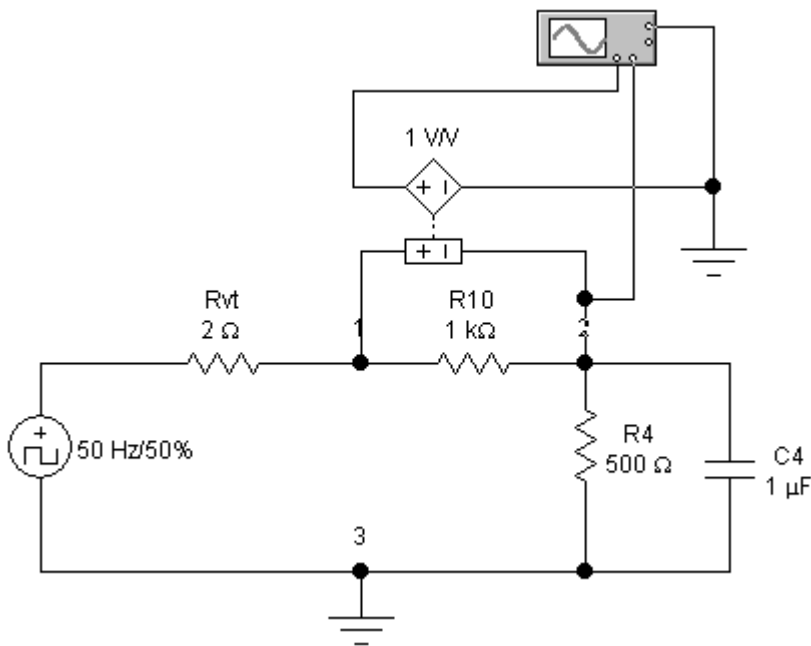
Рис.47



7. Рассчитать и установить в цепи рис.47 такое значение  $R_4$ , при котором установившееся значение напряжения на емкости  $C_4 = 1$  мкФ удовлетворяет условию  $U_{\text{уст}} = 1/3 E_m$ , где  $E_m = 10$  В - амплитудное значение прямоугольного импульса. Повторить п.4.

$$u_{4\text{пр}} = \frac{E_m}{R_{10} + R_4} \cdot R_4 = \frac{1}{3} \cdot E_m$$

$$\frac{R_4}{R_{10} + R_4} = \frac{1}{3} \quad \text{откуда} \quad R_4 = \frac{R_{10}}{2} = 500 \quad \text{Ом}$$



7. Собрать цепь по схеме рис.48,а, установив  $E_2 = 10$  В. Подключить к цепи

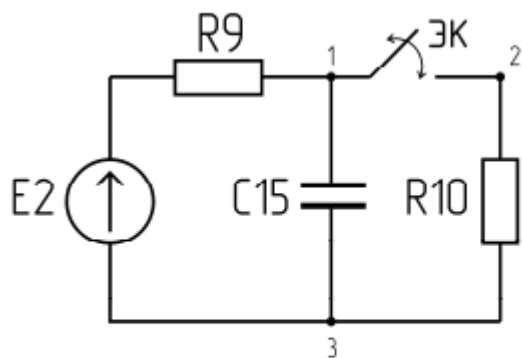


Рис.48,а

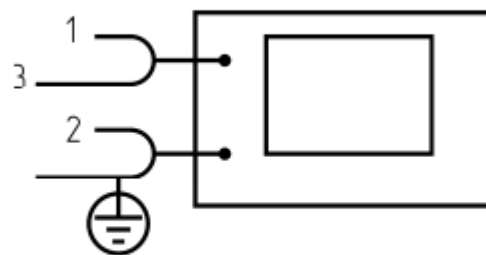
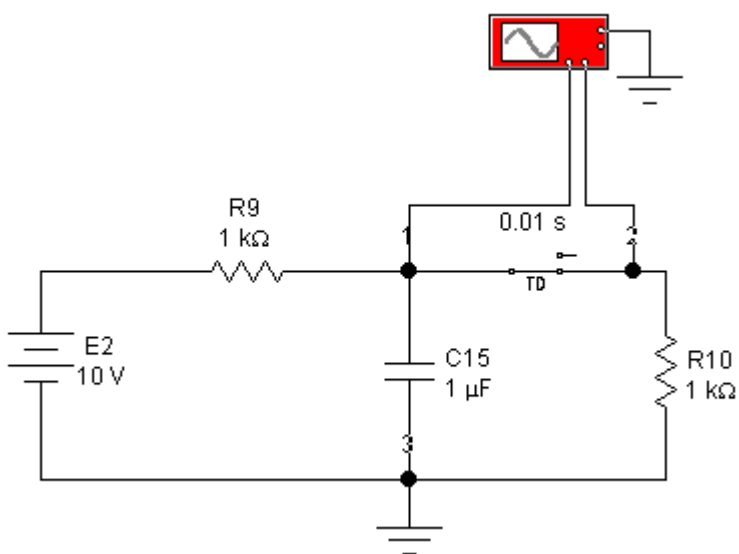


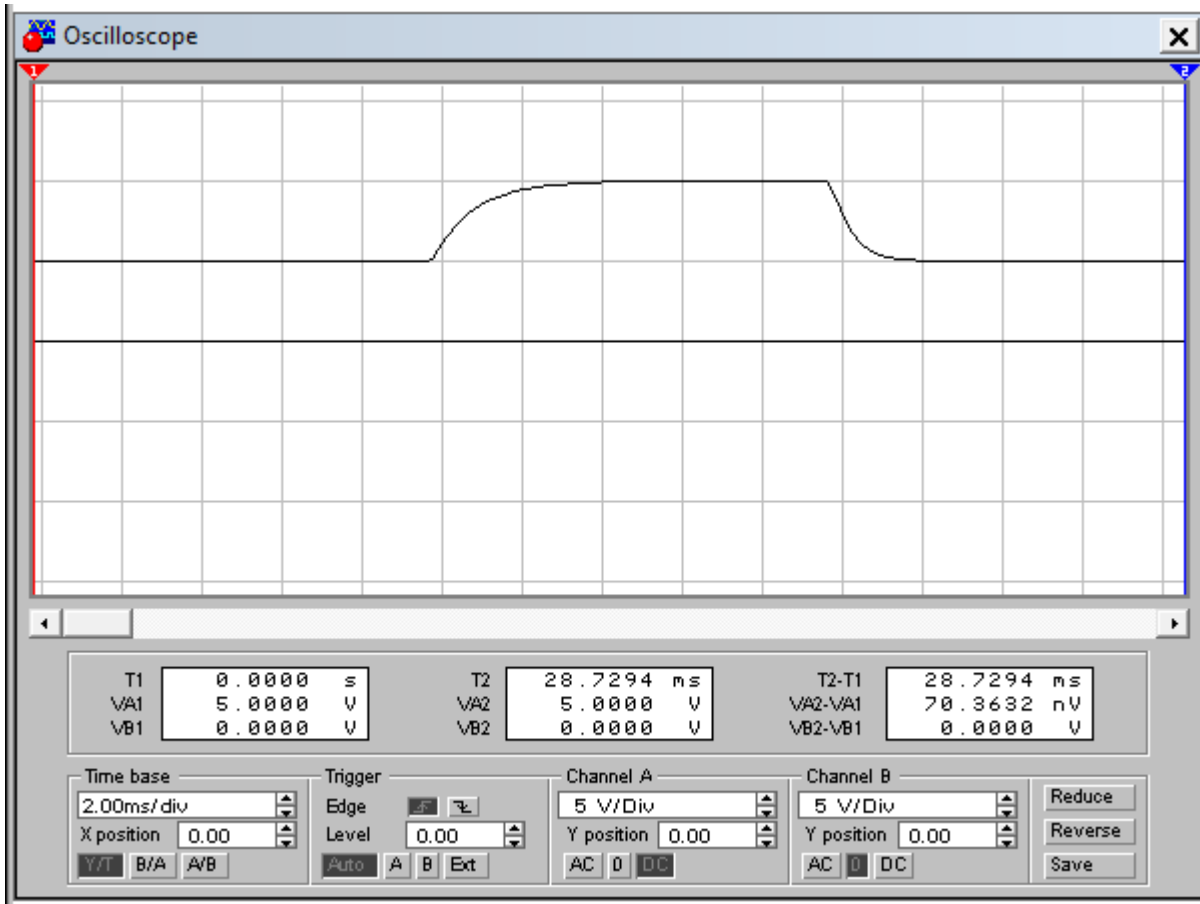
рис.48,б

осциллограф по схеме рис.48,б. Шток фазового сдвига в исходном положении. Зарисовать с экрана кривые изменения напряжений  $u_{13}$  и  $u_{23}$ .

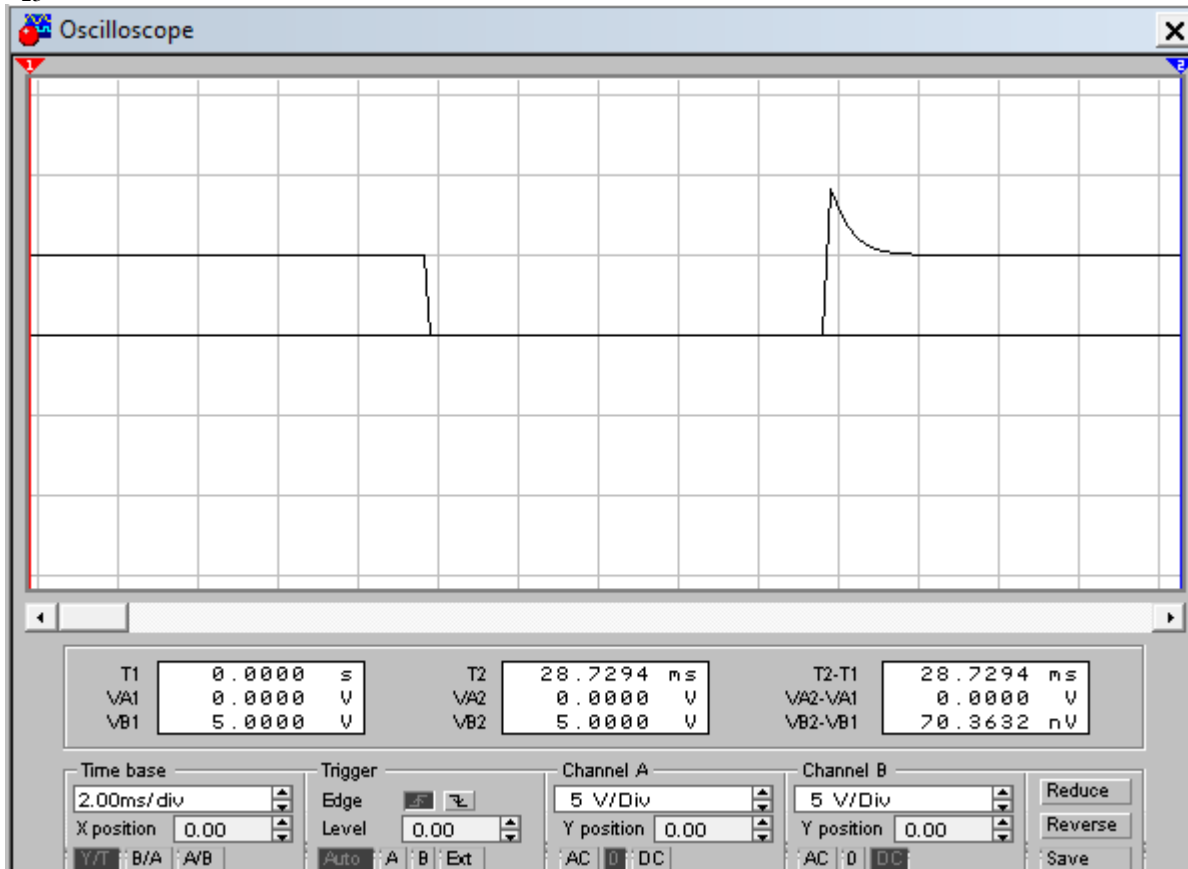


$u_{13}$





u23

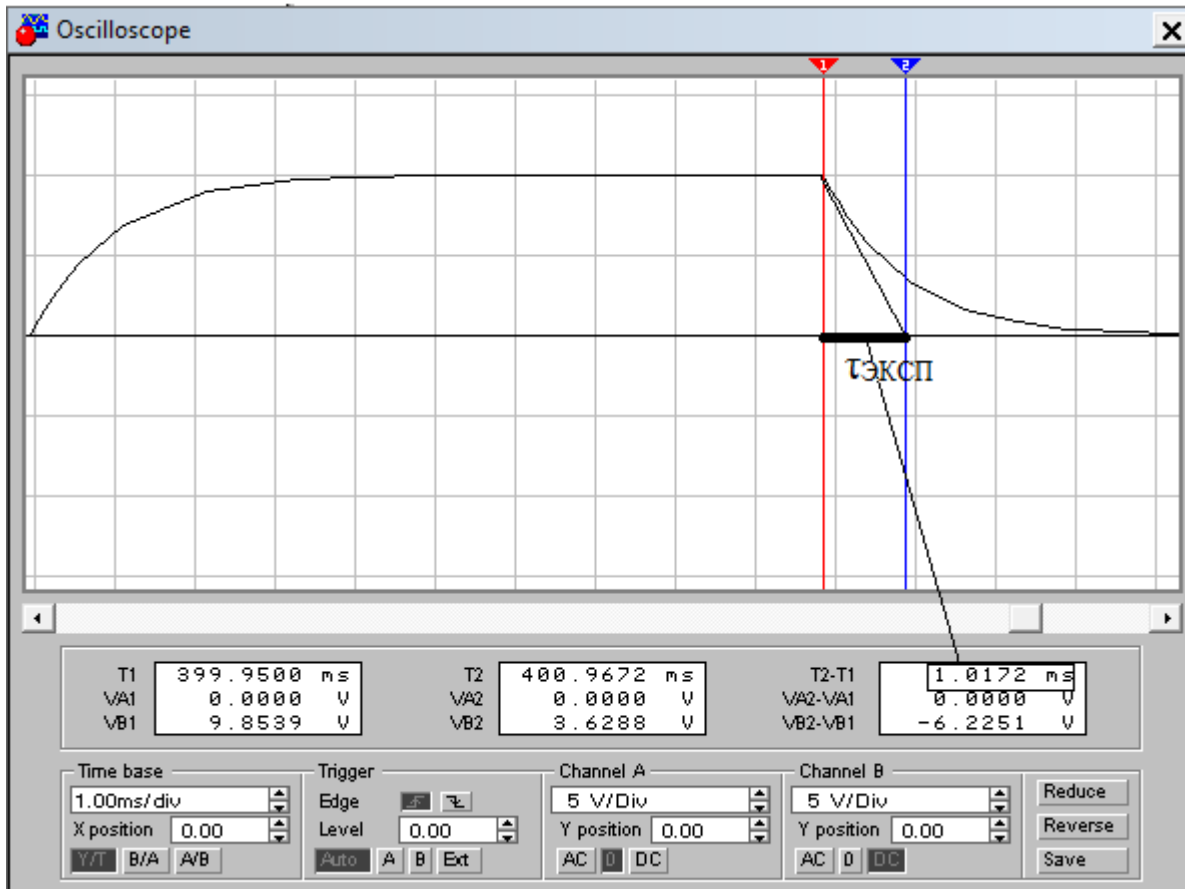
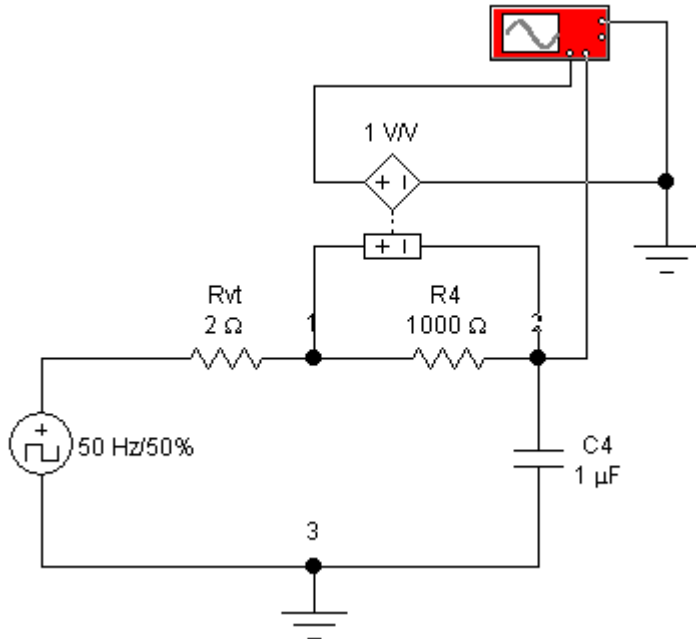


### Расчетная часть

1. Для цепи рис.46,а со значениями элементов, указанными в п.3, аналитически и по экспериментальным кривым переходных процессов определить:

1.1. постоянную времени переходного процесса,

$$R_4 = 1 \times 10^3 \text{ Ом} \quad C_4 = 1 \times 10^{-6} \text{ Ф} \quad \tau = R_4 \cdot C_4 = 10^3 \cdot 10^{-6} = 10^{-3} \text{ с}$$



$$\tau_{\text{эксп}} = 1,0172 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

1.2. независимые и зависимые начальные условия для моментов замыкания и размыкания электронного ключа;

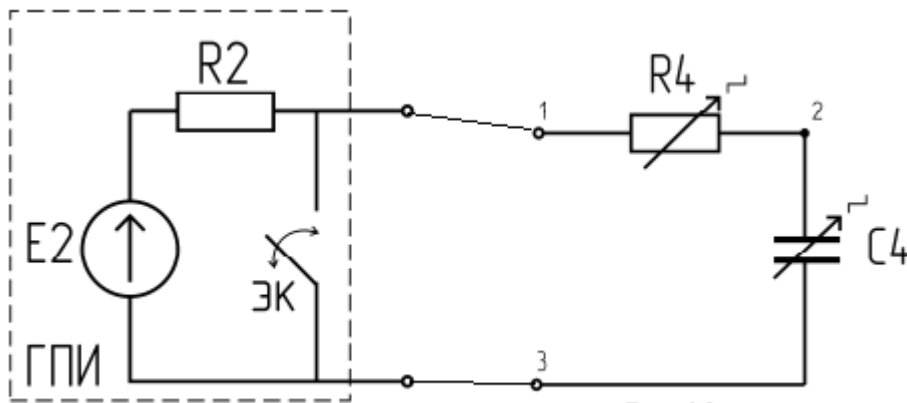


Рис.45

Рис.46,а

а) ключ замыкается

$$e_2(t) = 0$$

$$u_C(0^-) = 10 \text{ В} \quad u_C(0^+) = u_C(0^-) = 10 \text{ В}$$

независимое нач условие  $u_C(0) = 10 \text{ В}$

зависимые нач условия :

$$i(0) = \frac{e_2(t) - u_C(0)}{R_4} = \frac{0 - 10}{1000} = -0.01 \text{ А}$$

$$u_{12}(0) = e_2(t) - u_C(0) = 0 - 10 = -10 \text{ В}$$

б) ключ размыкается

$$e_2(t) = E_2 = 10 \text{ В}$$

$$u_C(0^-) = 0 \quad u_C(0^+) = u_C(0^-) = 0$$

независимое нач условие  $u_C(0) = 0$

зависимые нач условия :

$$i(0) = \frac{E_2 - u_C(0)}{R_4} = \frac{10 - 0}{1000} = 0.01 \text{ А}$$

$$u_{12}(0) = E - u_C(0) = 10 - 0 = 10 \text{ В}$$

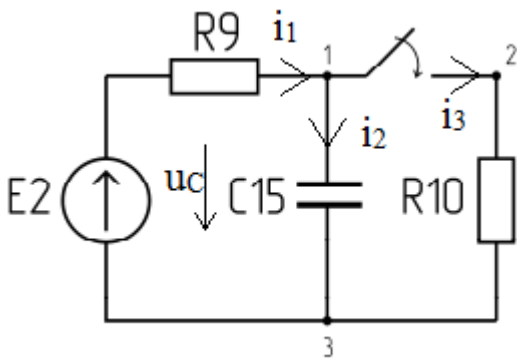
1.3. установившиеся значения напряжений и токов для двух положений электронного ключа.

ключ замыкается (разрядка)  $u_{Cпр} = 0$   $i_{пр} = 0$   $u_{12пр} = 0$

ключ размык (зарядка)  $u_{Cпр} = E_2 = 10$  В  $i_{пр} = 0$   $u_{12пр} = 0$

2. Для цепи рис.48,а классическим методом определить закон изменения напряжения на емкости  $u_C$  для двух положений электронного ключа. Построить кривую, изображающую закон изменения напряжения  $u_C$  во времени, и сравнить ее с экспериментальной кривой, снятой с экрана осциллографа.

а) ключ замыкается



$$u_C(0) = E_2 = 10 \text{ В}$$

$$R_9 = R_{10} = 1000 \text{ В} \quad u_{Cпр} = \frac{E_2}{2} = 5 \text{ В}$$

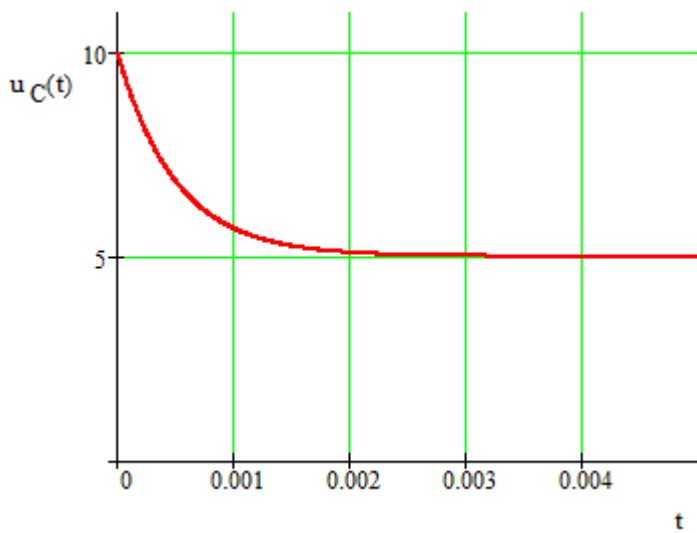
$$Z(p) = R_9 + \frac{R_{10} \cdot \frac{1}{p \cdot C_{15}}}{R_{10} + \frac{1}{p \cdot C_{15}}} = \frac{(R_9 \cdot R_{10} \cdot p \cdot C_{15} + R_9 + R_{10})}{(R_{10} \cdot p \cdot C_{15} + 1)} = 1000 \cdot \frac{(p + 2000)}{(p + 1000)}$$

$$Z(p) = 0 \quad p + 2000 = 0 \quad \text{откуда} \quad p = -2000 \quad \frac{1}{c}$$

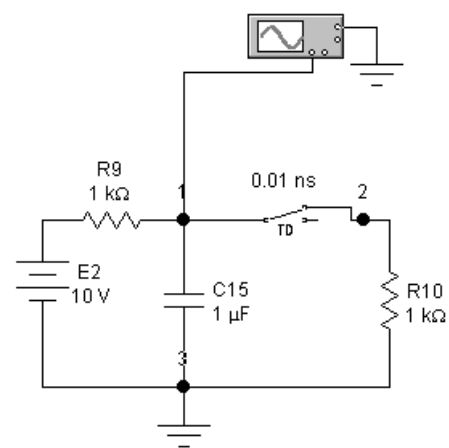
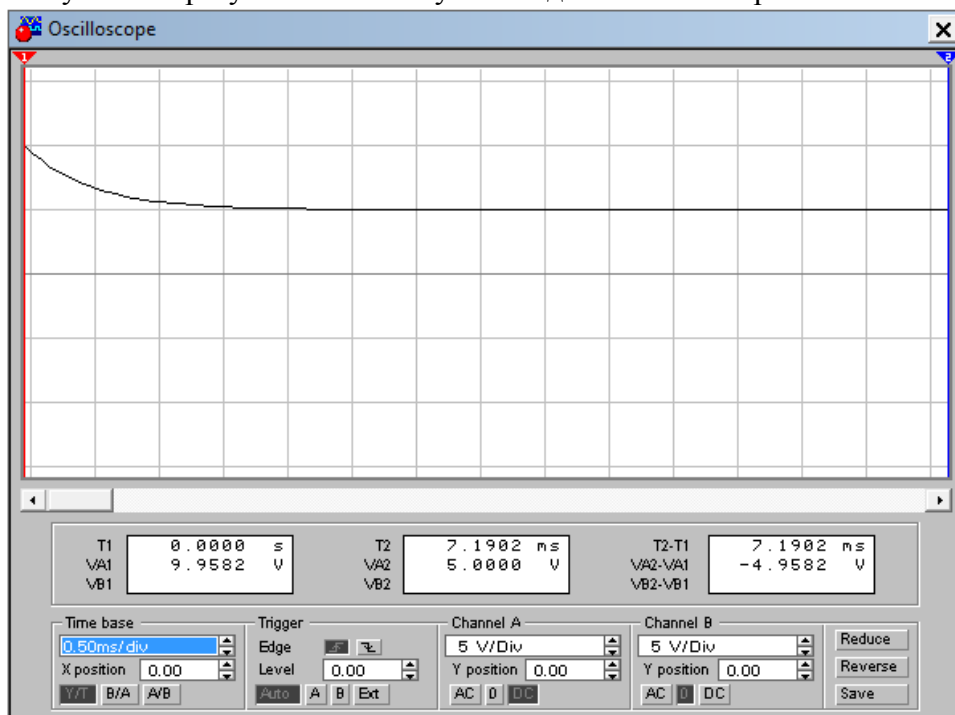
$$u_C(t) = A \cdot e^{p \cdot t} + u_{Cпр}$$

$$A = u_C(0) - u_{Cпр} = 10 - 5 = 5 \quad \text{В}$$

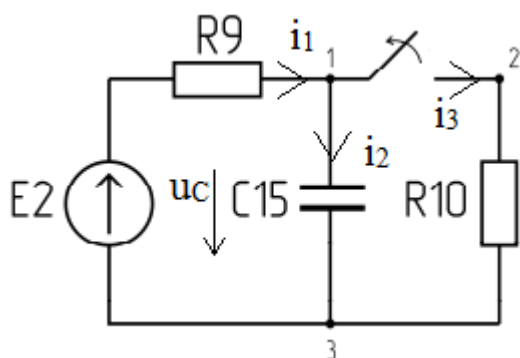
$$u_C(t) = 5 \cdot e^{-2000t} + 5 \quad \text{В}$$



Полученные результаты согласуются с данными эксперимента



б) ключ замыкается

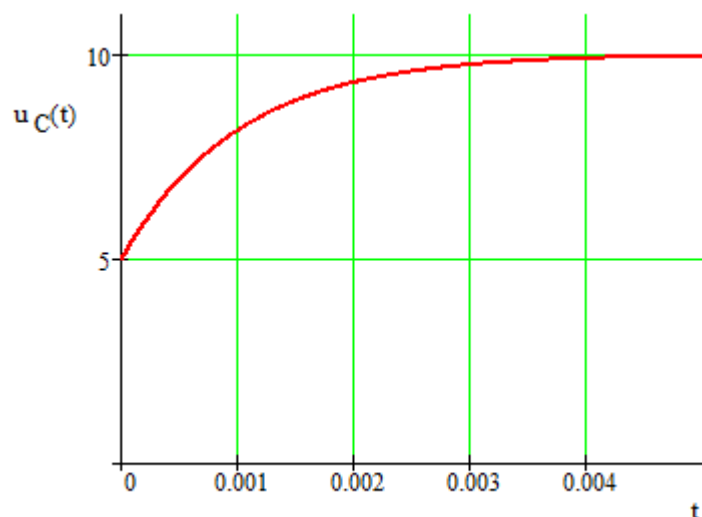


$$u_C(0) = \frac{E_2}{2} = 5 \quad \text{В} \quad u_{C\text{пр}} = E_2 = 10 \quad \text{В}$$

$$p = \frac{-1}{R_9 \cdot C_{15}} = \frac{-1}{1000 \cdot 10^{-6}} = -1 \times 10^3 \quad \frac{1}{\text{с}}$$

$$A = u_C(0) - u_{C\text{пр}} = 5 - 10 = -5 \quad \text{В}$$

$$u_C(t) = A \cdot e^{pt} + u_{C\text{пр}} = -5 \cdot e^{-10^3 t} + 10 \quad \text{В}$$



Полученные результаты согласуются с данными эксперимента

