

# ПОСТОЯННЫЙ ТОК

10 класс

Урок 16

КОНДЕНСАТОРЫ В ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

*Сергей Михайлович Лисаков, PhD*

24 апреля 2020

## Конденсаторы в цепях постоянного тока

Можно выделить три этапа после замыкания ключа:

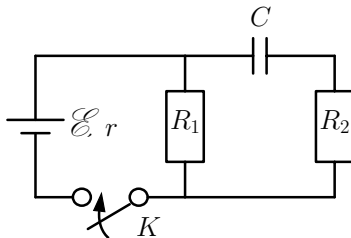
1. Распространение ЭМ поля со скоростью света.
2. Переходный процесс ( $\tau$ ).
3. Стационарный режим.

Характеристики этих этапов:

1.  $\Delta U_C = 0$ , устанавливается начальный ток  $I_0$  ( $I_0 \not\propto C$ ).
2. При  $t \ll \tau$  — режим (1); при  $t \gg \tau$  — режим (3).
3.  $I_C = 0$ .

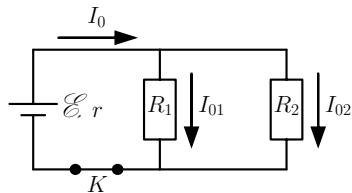
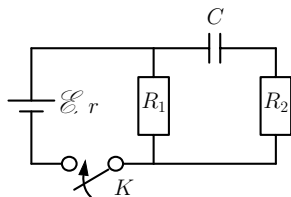
## #1

В электрической схеме, изображенной на рисунке, в начальный момент ключ  $K$  разомкнут, а конденсатор не заряжен. Параметры схемы указаны на рисунке. Определите начальные токи через резисторы и через батарею сразу после замыкания ключа.



## #1

Дано:

 $\mathcal{E}, r$  $R_1, R_2$  $C$  $I_0 - ?$  $I_{01} - ?$  $I_{02} - ?$ 

$$\begin{cases} I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{\mathcal{E}(R_1 + R_2)}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2} \\ I_{01} R_1 = I_{02} R_2 \\ I_0 = I_{01} + I_{02} \end{cases}$$

$$I_0 = I_{01} \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right) = \frac{I_{01}(R_1 + R_2)}{R_2}$$

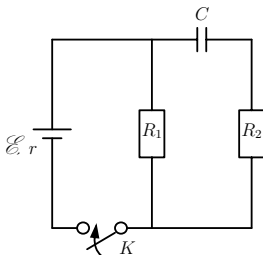
$$I_{01} = I_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \boxed{\frac{\mathcal{E} R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}}$$

$$I_{02} = I_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \boxed{\frac{\mathcal{E} R_1}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}}$$

$$I_0 \not\propto C$$

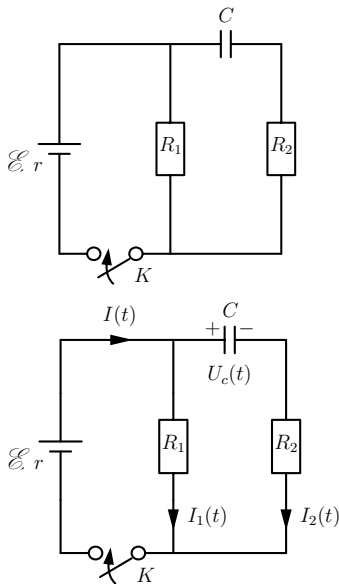
## #2

В электрической схеме, изображенной на рисунке, в начальный момент ключ  $K$  разомкнут, а конденсатор не заряжен. Параметры схемы указаны на рисунке. Найдите зависимость от времени тока через батарею после замыкания ключа. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь ( $r = 0$ ).



## #2

Дано:

 $\mathcal{E}$  $(r = 0)$  $R_1, R_2$  $C$  $I(t) - ?$ 

$$\begin{cases} I_0 = \frac{\mathcal{E}(R_1 + R_2)}{R_1 R_2} \\ I = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \end{cases}$$

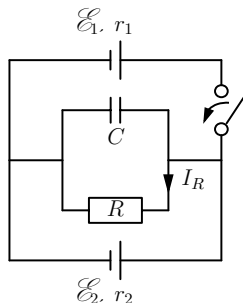
$$\begin{cases} \mathcal{E} - U_c(t) = I_2(t)R_2 \\ I(t) = I_1(t) + I_2(t) \\ I_2(t) = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU_c}{dt} \end{cases}$$

$$\frac{dI}{dt} + \frac{I}{R_2 C} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 R_2 C}$$

$$I(t) = A e^{-t/\tau} + \frac{\mathcal{E}}{R_1}$$

## #3

В схеме, изображенной на рисунке, в начальный момент времени ключ  $K$  разомкнут, а в замкнутом контуре схемы течет установившийся ток. Определить величину и направление тока через конденсатор  $C$  сразу после замыкания ключа  $K$ . Параметры схемы:  $\mathcal{E}_1 = 40$  В,  $r_1 = 20$  Ом,  $\mathcal{E}_2 = 80$  В,  $r_2 = 5$  Ом,  $R = 15$  Ом.



## #3

Дано:

$$\mathcal{E}_1 = 40 \text{ В}$$

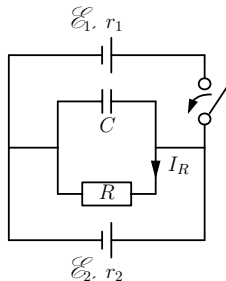
$$r_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$\mathcal{E}_2 = 80 \text{ В}$$

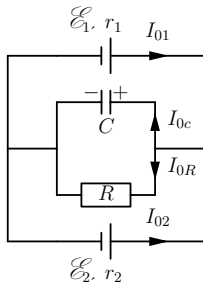
$$r_2 = 5 \text{ Ом}$$

$$R = 15 \text{ Ом}$$

$$I_{0c} = ?$$



$$\begin{cases} I_R = \frac{\mathcal{E}_2}{R + r_2} \\ U_c = I_R \cdot R = \frac{\mathcal{E}_2 R}{R + r_2} \\ \mathcal{E}_1 - U_c = I_{01} r_1 \\ I_{02} = I_R \end{cases}$$

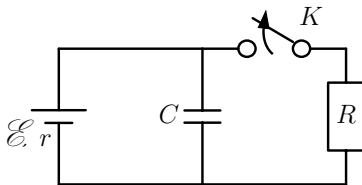


$$\begin{aligned} I_{0c} &= I_{01} + I_{02} - I_R = I_{01} = \\ &= \frac{\mathcal{E}_1 - U_c}{r_1} = \frac{\mathcal{E}_1}{r_1} - \frac{U_c}{r_1} = \\ &= \frac{\mathcal{E}_1}{r_1} - \frac{\mathcal{E}_2 R}{r_1 (R + r_2)} = -1 \text{ А} \end{aligned}$$



## #4

Какое количество теплоты выделится в схеме, изображенной на рисунке, после размыкания ключа  $K$ ? Параметры цепи:  $\mathcal{E} = 2$  В,  $r = 100$  Ом,  $C = 0,1$  мкФ,  $R = 4$  кОм.



## #4

Дано:

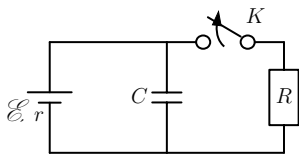
$$\mathcal{E} = 2 \text{ В}$$

$$r = 100 \text{ Ом}$$

$$C = 0,1 \text{ мкФ}$$

$$R = 4 \text{ кОм}$$

$$Q \text{ [Дж]} - ?$$



$$\left\{ \begin{array}{l} I = \frac{\mathcal{E}}{r + R} \\ U_c = IR = \frac{\mathcal{E}R}{r + R} \\ W = \frac{CU_c^2}{2} \\ q = CU_c = \frac{C\mathcal{E}R}{r + R} \\ W' = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \\ q' = C\mathcal{E} \end{array} \right.$$

ЗСЭ для полной цепи:

«Было + работа = стало + потери»

$$W + A_{\text{ст}} = W' + Q$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W + A_{\text{ст}} = W' + Q \\ \mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{\Delta q} \end{array} \right.$$

$$Q = W - W' + \mathcal{E}\Delta q$$

$$Q = \frac{C\mathcal{E}^2 r^2}{2(r + R)^2}$$