



Основы электротехники

Домашнее Задание №2

Расчет переходных процессов в  
цепях первого порядка

Группа Р3333

Вариант 49

Выполнил: Гуменник Петр Олегович

Дата сдачи: 11.12.2024

Контрольный срок сдачи: 04.12.2024

Количество баллов:

Спб — 2024

## Дано:

Элементы:  $E=140\text{ В}$ ;  $R_3=R_4=R_7=150\text{ Ом}$ ;  $L_6=0,02\text{ Гн}$

Искомые величины:  $i_3(t)$ ,  $u_4(t)$

Расположение ключа: Параллельно  $R_4$

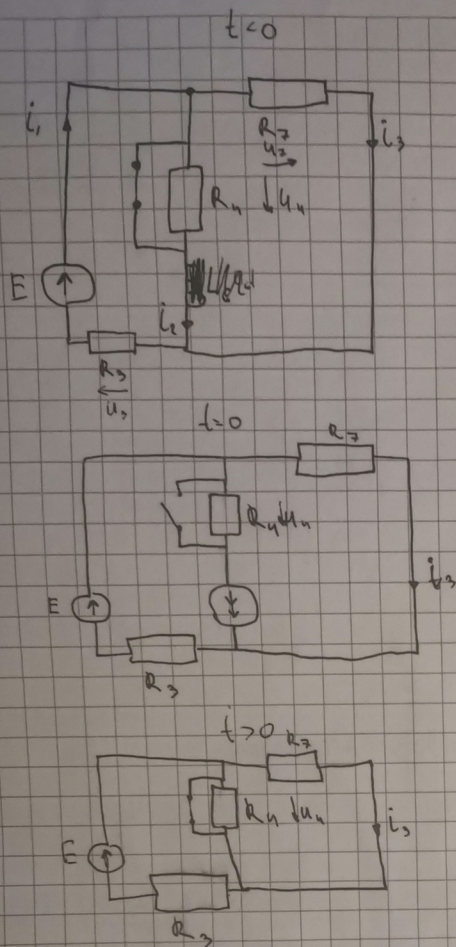
Ключ при  $t<0$  — замкнут

## Найти:

$i_3$ ,  $u_4$  классическим и операторным методами расчета;

построить найденные величины на интервале времени  $[-\tau; 4\tau]$ .

## Решение:

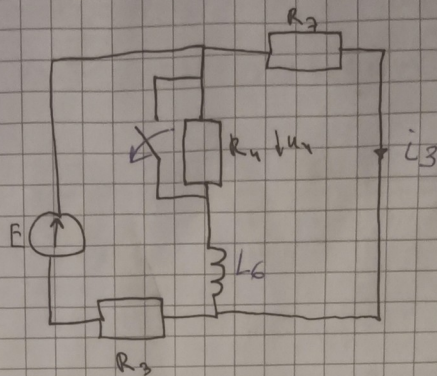


$$E = 140 \text{ В}, R_3 = R_2 = R_4 = R_{10} = 8000 \Omega$$

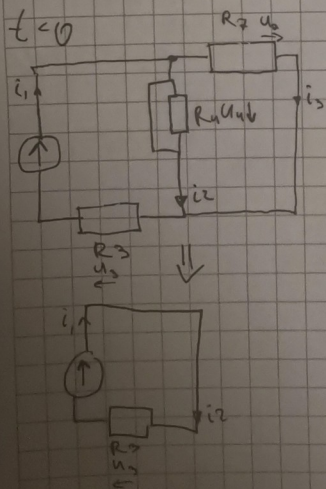
$$R_3 = R_4 = R_2 = 150 \Omega, L_6 = 0,02 \text{ Гн}$$

$$i_3(t), u_4(t)$$

на  $R_4$  (2)



## 1.2 классический (упрощенный) метод.



по ЗКП для левого контура:

$$E - i_1 R_3 = 0; i_1 = \frac{E}{R_3} = \frac{14}{8000} \text{ А} = i_L(0^-)$$

$i_3(0^-)$  и  $u_4(0^-)$  равны 0, так как индуктор не имеет

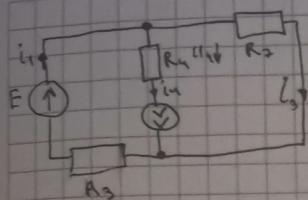


ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



$t=0$



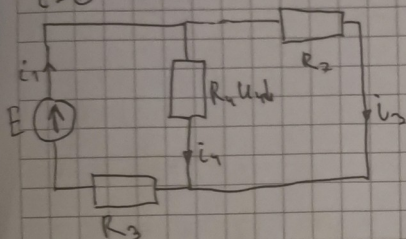
$$I_L = i_L(0) = \frac{E}{R_2} = 14/15 \text{ [A]}$$

3КЗ при временно замыкании:

$$\begin{aligned} E &= U_3 + U_4 \\ i_1 &= i_3 + i_4 \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} E &= R(i_1 + i_3) \\ E/R &= 2i_3 + i_4 \\ i_4 &= i_L(0) = I_L = 14/15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_4(0) &= I_L \cdot R_4 = 140 \text{ В} \\ \Rightarrow i_3 &= \frac{E}{R} - \frac{i_4}{2} = 0 \text{ А} \end{aligned}$$

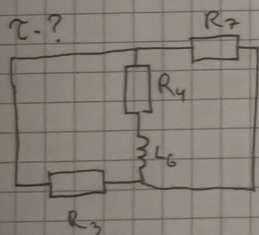
$t > 0$



3КЗ при долго замыкании:

$$\begin{aligned} E &= R(i_1 + i_4) \\ \text{при равновесии:} \quad 0 &= R(i_3 - i_4) \\ i_4 &= i_3 + i_{L\infty} \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} E/R &= 3i_3(\infty) \Rightarrow i_3(\infty) = 14/45 \text{ [A]} = 0,311 \text{ [A]} \\ \Rightarrow U_4(\infty) &= R \cdot i_4(\infty) = 46,667 \text{ [В]} \end{aligned}$$

$\tau = ?$



$$R_2 = R_3 + \frac{R_4 \cdot R_7}{R_4 + R_7} = 225 \text{ [Ом]}$$

$$\text{поэтому } \tau = L_6 / R_2 = 0,02 / 225 = \frac{2}{22500} \text{ [с]}$$

$$d = 1/\tau = 11250 \text{ [1/с]}$$

$x(t) = ?$

$$X(t) = X(\infty) + [X(0) - X(\infty)] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i_3(t) = i_3(\infty) + [i_3(0) - i_3(\infty)] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0,311 + (0,0 - 0,311) e^{-11250t} = 0,311 - 0,311 e^{-11250t} \text{ [А]}$$

$$U_4(t) = U_4(\infty) + [U_4(0) - U_4(\infty)] e^{-\frac{t}{\tau}} = 46,667 + 93,333 e^{-11250t} \text{ [В]}$$

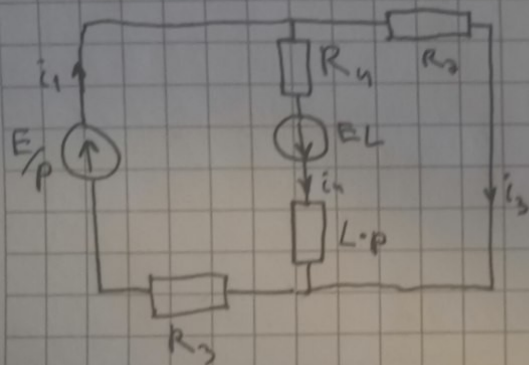
II. операционный метод.

$$i_L(0-) = 14/15 \text{ [А]} = E/R$$

$$E_L = L_6 \cdot i_L(0-) = \frac{E L_6}{R}$$



Определить ок. з.



ЗКП для внешнего контура:

$$E/p = R(i_1 + i_3) = R(i_4 + 2i_3) =$$

ЗКП для прав. контура:

$$E_L = i_4(R + L \cdot p) + i_3 R_2$$

$$\text{ЗКП: } i_1 = i_3 + i_4$$

$$\dot{I}_3 R = \left( \frac{E}{pR} - 2\dot{I}_3 \right) (R + Lp) - \frac{E \cdot L}{R}$$

$$\dot{I}_3 R^2 = \left( \frac{E}{p} - 2\dot{I}_3 R \right) (R + Lp) - EL$$

$$\frac{ER}{p} + EL - 2\dot{I}_3 R^2 - 2\dot{I}_3 R Lp - EL = \dot{I}_3 R^2$$

$$\dot{I}_3 (R^2 + 2R^2 + 2RLp) = \frac{ER}{p}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{E}{p(3R + 2Lp)}$$

$$3ER + 2LpE = E(R + 2Lp)$$

$$\dot{I}_4(p) = \frac{E}{pR} - 2 \frac{E}{p(3R + 2Lp)} = \frac{E(3R + 2Lp) - 2ER}{pR(3R + 2Lp)}$$

$$U_4(p) = \frac{E(R + 2Lp)}{p(3R + 2Lp)}$$

$$I_3(t) = \frac{E}{p(3R + 2L \cdot 0)} (p - 0) e^{0t} + \frac{E}{\left( \frac{-3R}{2L} \right) (3R + 2Lp)} \left( p + \frac{3R}{2L} \right) e^{\frac{-3R}{2L}t} =$$

$$= \frac{E}{3R} - \frac{E}{3R} e^{\frac{-3R}{2L}t} = 0,311 - 0,311 e^{-11250t}$$

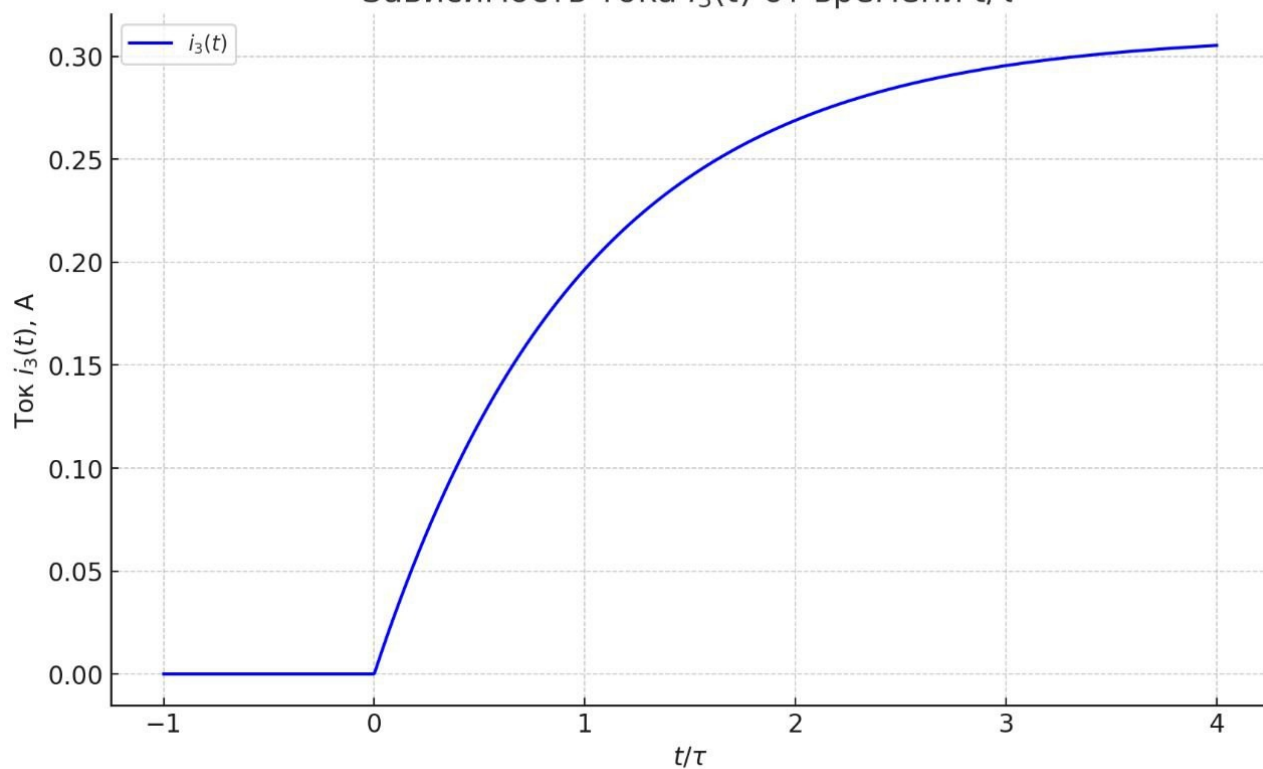
$$U_4(t) = \frac{E(R + 2Lp)}{p(3R + 2Lp)} (p - 0) e^{0t} + \frac{E(R + 2Lp)}{p(3R + 2Lp)} \left( p + \frac{3R}{2L} \right) e^{\frac{-3R}{2L}t} =$$

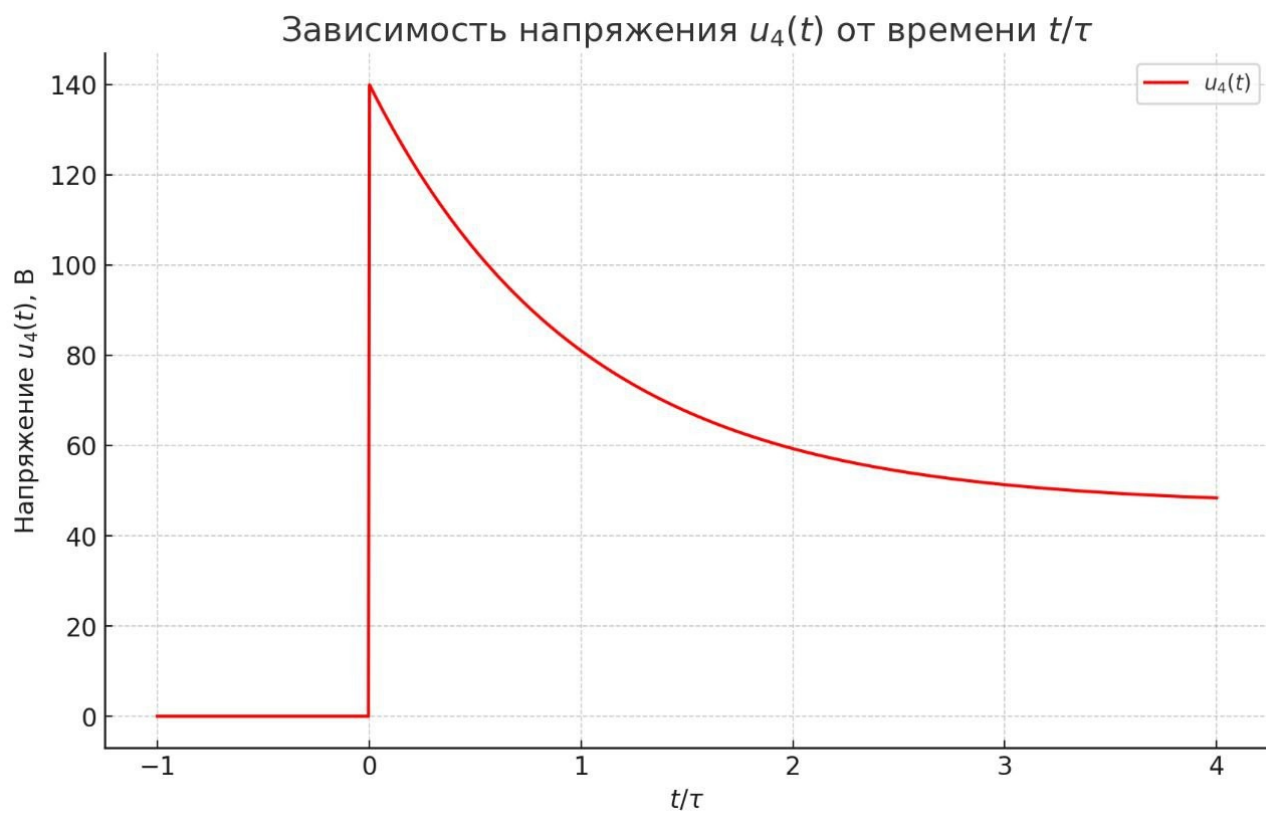
$$\frac{E}{3} + \frac{2E}{3} e^{\frac{-3R}{2L}t} = 46,667 + 43,333 e^{-11250t}$$

Графики:

$t/\tau$	-1	0	1	2	3	4
$i_3(t)$	0	0	0,197	0,269	0,296	0,305
$u_n(t)$	0	140	81,002	59,298	51,314	48,376

Зависимость тока  $i_3(t)$  от времени  $t/\tau$





**Ответ:**

$$i_3(t) = \begin{cases} 0 \text{ A}, & t < 0 \\ 0.311 - 0.311e^{-11250t} \text{ A}, & t \geq 0 \end{cases}$$

$$u_4(t) = \begin{cases} 0 \text{ В}, & t < 0 \\ 46.667 + 93.333e^{-11250t} \text{ В}, & t \geq 0 \end{cases}$$