

1 Расчет переходного процесса классическим методом

Заданы параметры цепи (рис. 1)

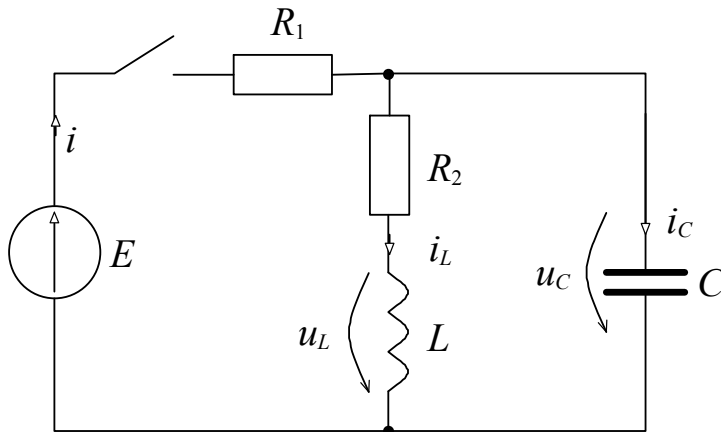


Рис. 1

$$L = 150 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$C = 200 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$R_1 = 45 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 5 \text{ Ом}$$

$$E = 50 \text{ В}$$

$$i_L(t), u_C(t) - ?$$

1.1 Определение основных начальных условий (рис. 1)

Основными начальными условиями являются значение тока в индуктивности и значение напряжения на емкости в первый момент после коммутации. Они равны их значениям до коммутации

$$\begin{aligned} i_L(0+) &= i_L(0-); \\ u_C(0+) &= u_C(0-). \end{aligned}$$

Исходя из того, что до коммутации режим был установившийся и для идеальных C и L при установившемся режиме

$$\begin{aligned} i_C(0-) &= 0; \\ u_L(0-) &= 0, \end{aligned}$$

имеем для разомкнутого ключа

$$\begin{aligned} i_L(0-) &= 0; \\ u_C(0-) &= 0. \end{aligned}$$

Откуда по законам коммутации имеем нулевые начальные условия

$$i_L(0) = 0; \tag{1}$$

$$u_C(0) = 0. \tag{2}$$

1.2 Определение неосновных начальных условий

Запишем уравнения Кирхгофа для послекоммутационного режима (рис. 2).

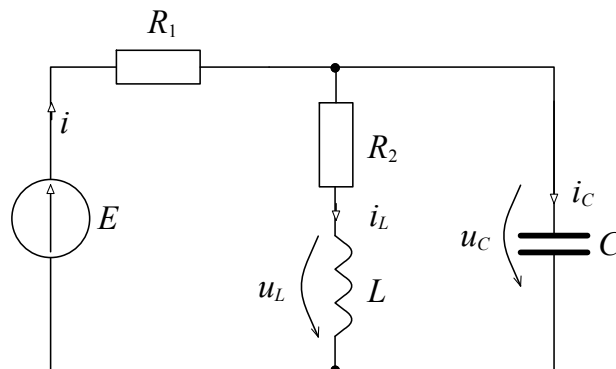


Рис. 2

$$i = i_L + i_C \quad \left| \quad i(0) = i_L(0) + i_C(0) \quad (3)$$

$$i \cdot R_1 + u_C = E \quad \left| \quad i(0) \cdot R_1 + u_C(0) = E \quad (4)$$

$$i_L \cdot R_2 + u_L = u_C \quad \left| \quad i_L(0) \cdot R_2 + u_L(0) = u_C(0) \quad (5)$$

$$i_C = C \frac{du_C}{dt} \quad \left| \quad i_C(0) = C \frac{du_C}{dt} \Big|_{t=0} \quad (6)$$

$$u_L = L \frac{di_L}{dt} \quad \left| \quad u_L(0) = L \frac{di_L}{dt} \Big|_{t=0} \quad (7)$$

Из уравнения (4) находим

$$i = \frac{E - u_C}{R_1} \quad (8)$$

Подставим (8) в (3)

$$i_C = i - i_L = \frac{E - u_C}{R_1} - i_L \quad (9)$$

Из уравнений (1), (5) и (7) получим

$$\begin{cases} i_L(0) = 0 \\ \frac{di_L}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{u_L(0)}{L} = \frac{u_C(0) - i_L(0) \cdot R_2}{L} \end{cases} \quad (10)$$

Из уравнений (1), (6) и (9) получим

$$\begin{cases} u_C(0) = 0 \\ \frac{du_C}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{i_C(0)}{C} = \frac{1}{C} \left(\frac{E - u_C(0)}{R_1} - i_L(0) \right) \end{cases} \quad (11)$$

1.3 Определение принужденного режима

Определение принужденного режима осуществляется путем расчета цепи после окончания переходного процесса при $t = \infty$ (новый установившийся режим, рис. 2). Для идеальных C и L при новом установившемся режиме

$$\begin{cases} i_{Cnp} = 0; \\ u_{Lnp} = 0. \end{cases}$$

Откуда

$$i_{Lnp} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{50}{45 + 5} = 1 \text{ А}; \quad (12)$$

$$u_{Cnp} = i_{Lnp} \cdot R_2 = 1 \cdot 5 = 5 \text{ В}. \quad (13)$$

1.4 Характеристическое уравнение

Запишем выражение для входного сопротивления цепи (рис. 3)

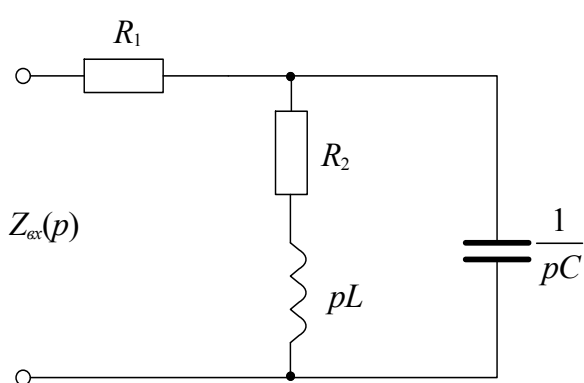


Рис. 3

$$\begin{aligned} Z_{\text{вх}}(p) &= R_1 + \frac{(R_2 + Lp) \cdot \frac{1}{Cp}}{(R_2 + Lp) + \frac{1}{C \cdot p}} = \\ &= R_1 + \frac{R_2 + Lp}{C \cdot p \cdot (R_2 + Lp) + 1} = \\ &= \frac{R_1 \cdot C \cdot p \cdot (R_2 + Lp) + R_1 + R_2 + Lp}{C \cdot p \cdot (R_2 + Lp) + 1}. \end{aligned}$$

Если приравнять полученное выражение нулю, то получится, что числитель равен нулю. Это и будет характеристическим уравнением. Поделив его на коэффициент при p^2 , получим окончательно

$$p^2 + \left(\frac{1}{R_1 C} + \frac{R_2}{L} \right) p + \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{1}{LC} = 0. \quad (14)$$

Корни характеристического уравнения (14) вычисляются по формуле

$$p_{1,2} = -\delta \pm \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2}, \quad (15)$$

где

$$\delta = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1 C} + \frac{R_2}{L} \right) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{45 \cdot 2 \times 10^{-4}} + \frac{5}{0.15} \right) = 72.2222 \text{ 1/c}$$

$$\omega_0^2 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{1}{LC} = \frac{45 + 5}{45} \cdot \frac{1}{0.15 \cdot 2 \times 10^{-4}} = 37037.037 \text{ 1/c}^2$$

По формуле (15) находим корни характеристического уравнения

$$p_1 = -\delta + \omega = -72.222 + 178.384j \text{ 1/c};$$

$$p_2 = -\delta - \omega = -72.222 - 178.384j \text{ 1/c}.$$

комплексные сопряженные. Соответственно, характер процесса будет *колебательным*.

В случае комплексных корней решение системы дифференциальных уравнений (3) – (7) для тока и напряжения записываются в виде

$$i(t) = i_{cs}(t) + i_{np}(t) = Ae^{-\delta t} \sin(\omega t + \beta) + i_{np}; \quad (16)$$

$$u(t) = u_{cs}(t) + u_{np}(t) = Ae^{-\delta t} \sin(\omega t + \beta) + u_{np}.$$

Постоянные интегрирования A и β находим путем подстановки начальных условий в решение системы дифференциальных уравнений (16). Покажем нахождение постоянных интегрирования

$$\left\{ \begin{array}{l} i(0) = A \sin \beta + i_{np} \\ \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} = -\delta A \sin \beta + \omega A \cos \beta \end{array} \right. \quad \left| \quad \left\{ \begin{array}{l} u(0) = A \sin \beta + u_{np} \\ \left. \frac{du}{dt} \right|_{t=0} = -\delta A \sin \beta + \omega A \cos \beta \end{array} \right. \quad (17)$$

После соответствующих преобразований

$$\left\{ \begin{array}{l} A \sin \beta = i(0) - i_{np} \\ \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} = -\delta [i(0) - i_{np}] + \omega A \cos \beta \end{array} \right. \quad \left| \quad \left\{ \begin{array}{l} A \sin \beta = u(0) - u_{np} \\ \left. \frac{du}{dt} \right|_{t=0} = -\delta [u(0) - u_{np}] + \omega A \cos \beta \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A \sin \beta = i(0) - i_{np} \\ A \cos \beta = \frac{\left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} + \delta [i(0) - i_{np}]}{\omega} \end{array} \right. \quad \left| \quad \left\{ \begin{array}{l} A \sin \beta = u(0) - u_{np} \\ A \cos \beta = \frac{\left. \frac{du}{dt} \right|_{t=0} + \delta [u(0) - u_{np}]}{\omega} \end{array} \right.$$

получим следующие выражения постоянные интегрирования A и β

$$\left\{ \begin{array}{l} \operatorname{tg} \beta = \frac{\omega [i(0) - i_{np}]}{\left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} + \delta [i(0) - i_{np}]} \\ A = \frac{i(0) - i_{np}}{\sin \beta} \end{array} \right. \quad \left| \quad \left\{ \begin{array}{l} \operatorname{tg} \beta = \frac{\omega [u(0) - u_{np}]}{\left. \frac{du}{dt} \right|_{t=0} + \delta [u(0) - u_{np}]} \\ A = \frac{u(0) - u_{np}}{\sin \beta} \end{array} \right. \quad (18)$$

Получим численные выражения для тока катушки индуктивности и напряжения конденсатора в виде (16) по формулам (17), (18).

Напряжение на конденсаторе

По формулам (11) находим начальные условия для напряжения

$$u_C(0) = 0$$

$$\begin{aligned} \left. \frac{du_C}{dt} \right|_{t=0} &= \frac{1}{C} \left(\frac{E - u_C(0)}{R_1} - i_L(0) \right) = \\ &= \frac{1}{2 \times 10^{-4}} \cdot \left(\frac{50 - 0}{45} - 0 \right) = 5555.5556 \text{ В/с.} \end{aligned}$$

По формулам (23) для напряжения находим постоянные интегрирования

$$tg \beta = \frac{\omega [u_C(0) - u_{Cnp}]}{\left. \frac{du_C}{dt} \right|_{t=0} + \delta [u_C(0) - u_{Cnp}]} = \frac{178.384 \cdot (0 - 5)}{5555.5556 + 72.222 \cdot (0 - 5)} = -0.17171$$

$$\beta = arctg(-0.17171) = -9.743^\circ$$

$$A = \frac{u_C(0) - u_{Cnp}}{\sin \beta} = \frac{0 - 5}{\sin(-9.743^\circ)} = 29.55 \text{ В.}$$

Получим

$$u_C(t) = 29.55 \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t - 9.743^\circ) + 5, \text{ В.}$$

Ток через катушку индуктивности

По формулам (10) находим начальные условия для тока

$$i_L(0) = 0;$$

$$\left. \frac{di_L}{dt} \right|_{t=0} = \frac{u_C(0) - i_L(0) \cdot R_2}{L} = \frac{0 - 0.5}{0.15} = 0 \text{ А/с.}$$

По формулам (23) для тока находим постоянные интегрирования

$$tg \beta = \frac{\omega [i_L(0) - i_{Lnp}]}{\left. \frac{di_L}{dt} \right|_{t=0} + \delta [i_L(0) - i_{Lnp}]} = \frac{178.384 \cdot (0 - 1)}{0 + 72.222 \cdot (0 - 1)} = 2.4699$$

$$\beta = arctg(2.4699) = 67.958^\circ$$

$$A = \frac{i_L(0) - i_{Lnp}}{\sin \beta} = \frac{0 - 1}{\sin(67.958^\circ)} = -1.079 \text{ А.}$$

Получим

$$i_L(t) = -1.079 \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t + 67.958^\circ) + 1, \text{ А.}$$

Задаемся моментами времени, разбив отрезок времени *колебательного* переходного процесса

$$T_{II} = \frac{4}{\delta} = \frac{4}{72.222} = 0.06 \text{ с}$$

на $N = 30$ отрезков. Результаты расчетов сведем в Таблицы 1, 2.

Таблица 1 – Расчет напряжения u_C

N_0	$t,$ с	$A \cdot e^{-\delta t},$ B	$\omega t + \beta,$ рад	$\sin(\omega \cdot t + \beta)$	$u_{ce}(t) =$ $A \cdot e^{-\delta t} \sin(\omega \cdot t + \beta),$ B	$u_{np}(t),$ B	$u(t) =$ $u_{ce}(t) + u_{np}(t),$ B
1	0,0000	29,5	-0,1700	-0,1692	-5,0	5	0,0
2	0,0018	25,9	0,1593	0,1586	4,1	5	9,1
3	0,0037	22,6	0,4886	0,4694	10,6	5	15,6
4	0,0055	19,8	0,8179	0,7297	14,5	5	19,5
5	0,0074	17,3	1,1473	0,9116	15,8	5	20,8
6	0,0092	15,2	1,4766	0,9956	15,1	5	20,1
7	0,0111	13,3	1,8059	0,9725	12,9	5	17,9
8	0,0129	11,6	2,1352	0,8449	9,8	5	14,8
9	0,0148	10,2	2,4646	0,6265	6,4	5	11,4
10	0,0166	8,9	2,7939	0,3408	3,0	5	8,0
11	0,0185	7,8	3,1232	0,0184	0,1	5	5,1
12	0,0203	6,8	3,4525	-0,3059	-2,1	5	2,9
13	0,0222	6,0	3,7819	-0,5974	-3,6	5	1,4
14	0,0240	5,2	4,1112	-0,8247	-4,3	5	0,7
15	0,0258	4,6	4,4405	-0,9633	-4,4	5	0,6
16	0,0277	4,0	4,7698	-0,9984	-4,0	5	1,0
17	0,0295	3,5	5,0992	-0,9261	-3,2	5	1,8
18	0,0314	3,1	5,4285	-0,7544	-2,3	5	2,7
19	0,0332	2,7	5,7578	-0,5015	-1,3	5	3,7
20	0,0351	2,3	6,0871	-0,1948	-0,5	5	4,5
21	0,0369	2,1	6,4165	0,1329	0,3	5	5,3
22	0,0388	1,8	6,7458	0,4463	0,8	5	5,8
23	0,0406	1,6	7,0751	0,7117	1,1	5	6,1
24	0,0425	1,4	7,4044	0,9006	1,2	5	6,2
25	0,0443	1,2	7,7338	0,9928	1,2	5	6,2
26	0,0462	1,1	8,0631	0,9782	1,0	5	6,0
27	0,0480	0,9	8,3924	0,8585	0,8	5	5,8
28	0,0498	0,8	8,7217	0,6465	0,5	5	5,5
29	0,0517	0,7	9,0511	0,3651	0,3	5	5,3
30	0,0535	0,6	9,3804	0,0444	0,0	5	5,0
31	0,0554	0,5	9,7097	-0,2811	-0,2	5	4,8

Таблица 2 – Расчет тока i_L

N_0	$t,$ с	$A \cdot e^{-\delta t},$ A	$\omega t + \beta,$ $рад$	$\sin(\omega \cdot t + \beta)$	$i_{ce}(t) =$ $A \cdot e^{-\delta t} \sin(\omega \cdot t + \beta),$ A	$i_{np}(t),$ A	$i(t) =$ $i_{ce}(t) + i_{np}(t),$ A
1	0,0000	-1,079	1,1861	0,9269	-1,000	1	0,000
2	0,0018	-0,944	1,5154	0,9985	-0,943	1	0,057
3	0,0037	-0,826	1,8448	0,9627	-0,796	1	0,204
4	0,0055	-0,723	2,1741	0,8235	-0,596	1	0,404
5	0,0074	-0,633	2,5034	0,5957	-0,377	1	0,623
6	0,0092	-0,554	2,8327	0,3040	-0,168	1	0,832
7	0,0111	-0,485	3,1621	-0,0205	0,010	1	1,010
8	0,0129	-0,424	3,4914	-0,3427	0,145	1	1,145
9	0,0148	-0,371	3,8207	-0,6281	0,233	1	1,233
10	0,0166	-0,325	4,1500	-0,8460	0,275	1	1,275
11	0,0185	-0,284	4,4794	-0,9730	0,277	1	1,277
12	0,0203	-0,249	4,8087	-0,9954	0,248	1	1,248
13	0,0222	-0,218	5,1380	-0,9108	0,198	1	1,198
14	0,0240	-0,191	5,4673	-0,7283	0,139	1	1,139
15	0,0258	-0,167	5,7967	-0,4676	0,078	1	1,078
16	0,0277	-0,146	6,1260	-0,1566	0,023	1	1,023
17	0,0295	-0,128	6,4553	0,1713	-0,022	1	0,978
18	0,0314	-0,112	6,7846	0,4807	-0,054	1	0,946
19	0,0332	-0,098	7,1140	0,7384	-0,072	1	0,928
20	0,0351	-0,086	7,4433	0,9168	-0,079	1	0,921
21	0,0369	-0,075	7,7726	0,9967	-0,075	1	0,925
22	0,0388	-0,066	8,1019	0,9694	-0,064	1	0,936
23	0,0406	-0,057	8,4313	0,8380	-0,048	1	0,952
24	0,0425	-0,050	8,7606	0,6164	-0,031	1	0,969
25	0,0443	-0,044	9,0899	0,3287	-0,014	1	0,986
26	0,0462	-0,038	9,4192	0,0056	0,000	1	1,000
27	0,0480	-0,034	9,7486	-0,3181	0,011	1	1,011
28	0,0498	-0,029	10,0779	-0,6076	0,018	1	1,018
29	0,0517	-0,026	10,4072	-0,8318	0,021	1	1,021
30	0,0535	-0,023	10,7365	-0,9666	0,022	1	1,022
31	0,0554	-0,020	11,0659	-0,9975	0,020	1	1,020

По результатам расчетов в Таблицах 1, 2 строим графики переходных процессов (рис. 4, 5).

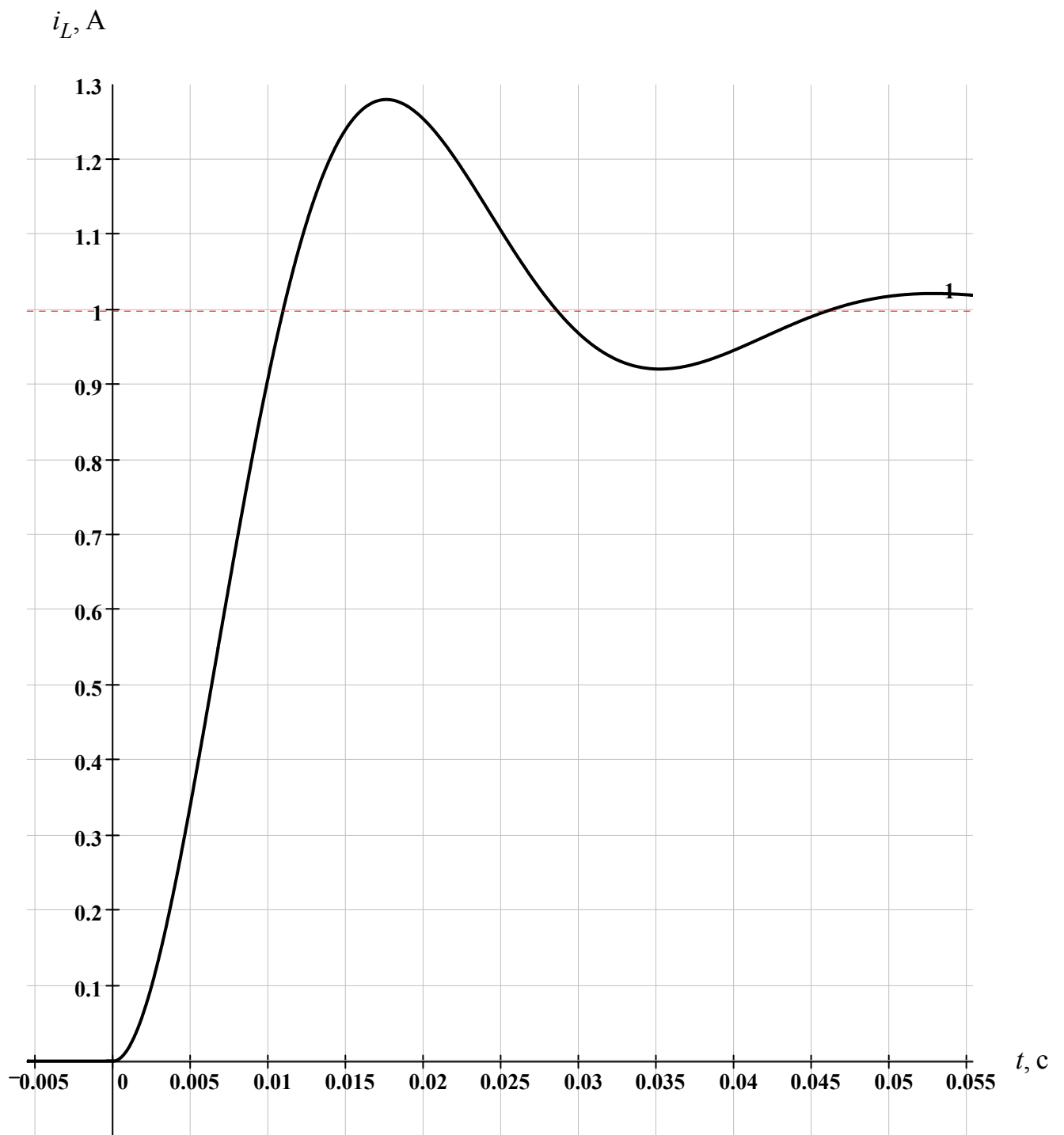


Рис. 4

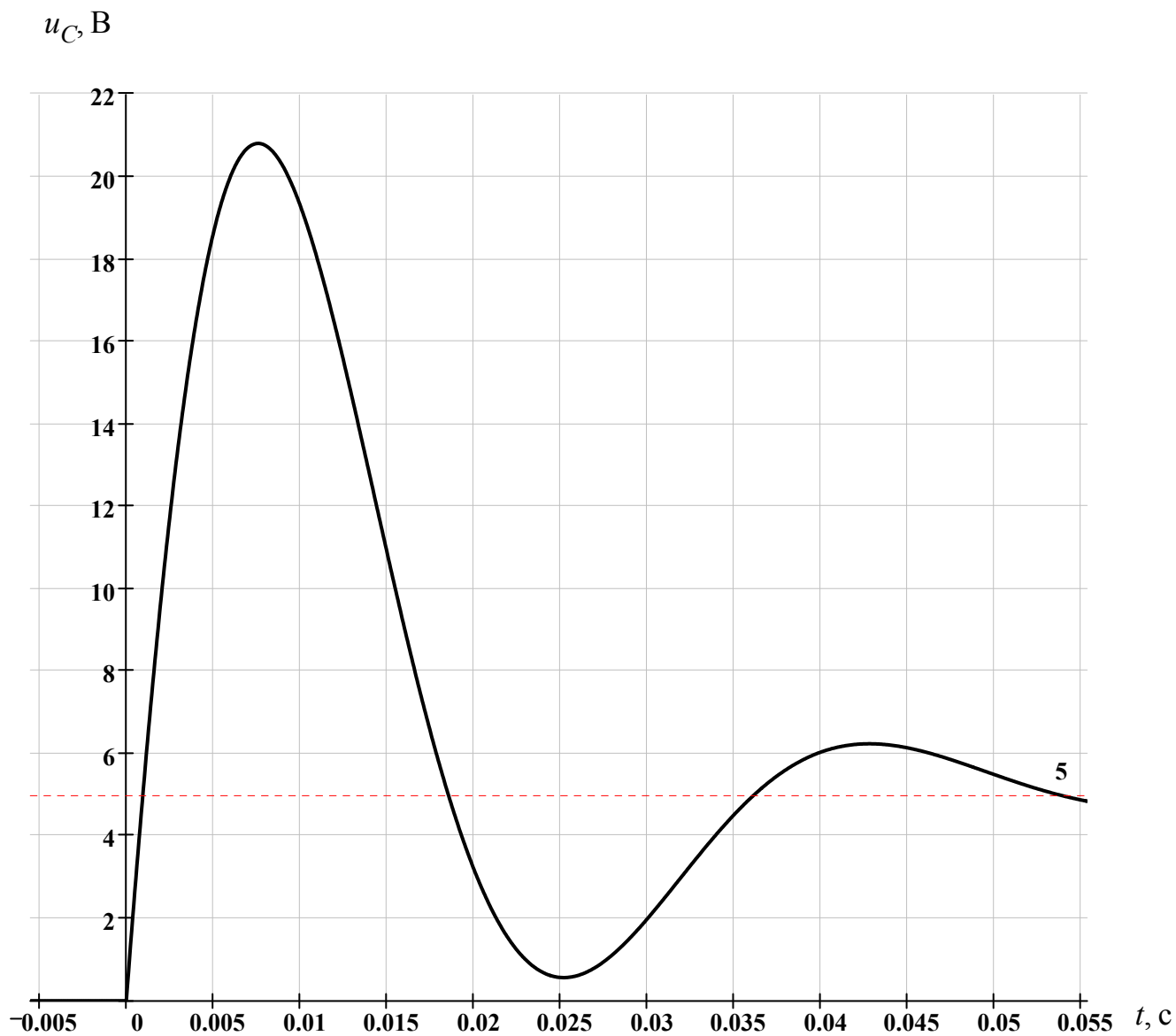


Рис. 5

2 Расчет переходного процесса операторным методом

Характер переходного процесса определяется подкоренным выражением (15).

При

$$\delta^2 - \omega_0^2 < 0$$

корни характеристического уравнения (14) комплексные сопряженные.

При

$$\delta^2 - \omega_0^2 > 0$$

корни характеристического уравнения (14) вещественные различные.

Примем новую емкость конденсатора

$$C = 1.5 \times 10^{-5} \text{ Ф.}$$

Корни характеристического уравнения (14) вычисляются по формуле (15)

$$p_{1,2} = -\delta \pm \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2},$$

где

$$\delta = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1 C} + \frac{R_2}{L} \right) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{45 \cdot 1.5 \times 10^{-5}} + \frac{5}{0.15} \right) = 757.4074 \text{ 1/с}$$

$$\omega_0^2 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{LC} = \frac{45 + 5}{45} \cdot \frac{1}{0.15 \cdot 1.5 \times 10^{-5}} = 493827.16 \text{ 1/с}^2$$

Корни характеристического уравнения

$$p_1 = -\delta + \omega = -474.85 \text{ 1/с};$$

$$p_2 = -\delta - \omega = -1039.965 \text{ 1/с.}$$

вещественные различные. Соответственно, характер процесса будет *апериодическим.*

Составим операторную схему замещения цепи (рис. 6).

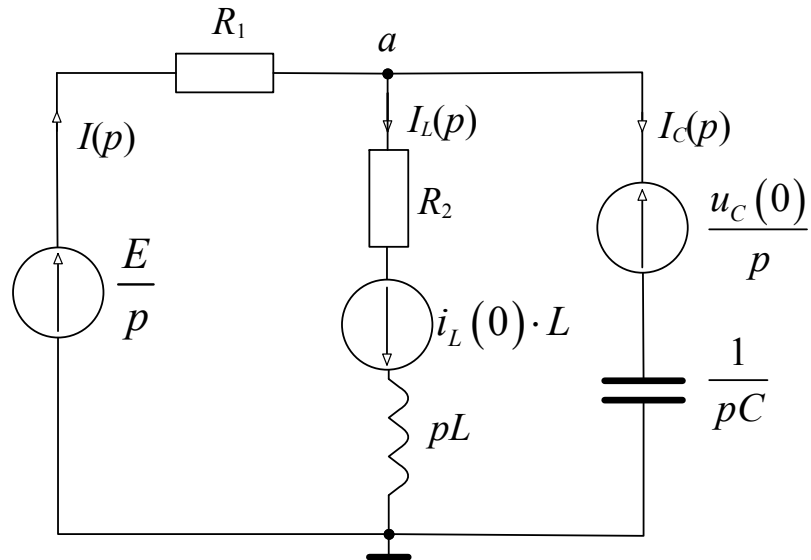


Рис. 6

Для схемы (рис. 6) составим уравнение по методу узловых потенциалов в операторной форме для узла a :

$$\varphi_a(p) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + Lp} + \frac{1}{1/Cp} \right) = \left(\frac{E/p}{R_1} - \frac{Li_L(0)}{R_2 + Lp} + \frac{u_c(0)/p}{1/Cp} \right)$$

Получим

$$\begin{aligned} \varphi_a(p) &= \frac{\frac{E/p}{R_1} - \frac{Li_L(0)}{R_2 + Lp} + \frac{u_c(0)/p}{1/Cp}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + Lp} + \frac{1}{1/Cp}} = \frac{u_c(0)p^2 + \left(-\frac{i_L(0)}{C} + \frac{u_c(0) \cdot R_2}{L} \right) p + \frac{E \cdot R_2}{R_1} \frac{1}{LC}}{p \left[p^2 + \left(\frac{1}{R_1 C} + \frac{R_2}{L} \right) p + \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{1}{LC} \right]} = \\ &= \frac{\frac{2000000}{27} \cdot p + \frac{200000000}{81}}{p \cdot \left(p^2 + \frac{40900}{27} \cdot p + \frac{40000000}{81} \right)}. \end{aligned}$$

Напряжение на конденсаторе в операторной форме

$$U_c(p) = \varphi_a(p) = \frac{F_1(p)}{p \cdot F_2(p)} = \frac{\frac{2000000}{27} \cdot p + \frac{200000000}{81}}{p \cdot \left(p^2 + \frac{40900}{27} \cdot p + \frac{40000000}{81} \right)}.$$

Ток катушки индуктивности в операторной форме

$$I_L(p) = \frac{\varphi_a(p) + i_L(0) \cdot L}{R_2 + pL}.$$

Находим

$$\begin{aligned} I_L(p) &= \frac{\varphi_a(p) + i_L(0) \cdot L}{R_2 + pL} = \frac{F_1(p)}{p \cdot F_2(p)} = \\ &= \frac{\frac{4000000}{81}}{p \cdot \left(p^2 + \frac{40900}{27} \cdot p + \frac{4000000}{81} \right)}. \end{aligned}$$

Оригиналы напряжения и тока находим по формуле разложения

$$U_C(p) = \frac{F_1(p)}{p \cdot F_2(p)} \stackrel{\bullet}{=} u_C(t) = \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + \sum_{k=1}^2 \frac{F_1(p_k)}{p_k \cdot F_2'(p_k)} e^{p_k t}, \quad (1)$$

$$I_L(p) = \frac{F_1(p)}{p \cdot F_2(p)} \stackrel{\bullet}{=} i_L(t) = \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + \sum_{k=1}^2 \frac{F_1(p_k)}{p_k \cdot F_2'(p_k)} e^{p_k t}, \quad (2)$$

где p_k корни уравнения

$$F_2(p) = 0.$$

Выполним расчет по формуле (1) для напряжения на конденсаторе

$$F_1(p) = \frac{2000000}{27} \cdot p + \frac{200000000}{81};$$

$$F_2(p) = p^2 + \frac{40900}{27} \cdot p + \frac{40000000}{81};$$

$$p_1 = -474.85; p_2 = -1039.965;$$

$$F'_2(p) = 2 \cdot p + \frac{40900}{27};$$

$$\frac{F_1(0)}{F_2(0)} = \frac{2.469 \times 10^6}{4.938 \times 10^5} = 5;$$

$$\frac{F_1(p_1)}{p_1 \cdot F'_2(p_1)} = \frac{-3.2705 \times 10^7}{(-474.85) \cdot 565.115} = 121.88;$$

$$\frac{F_1(p_2)}{p_1 \cdot F'_2(p_2)} = \frac{-7.4565 \times 10^7}{(-1039.965) \cdot (-565.115)} = -126.88.$$

Откуда

$$\begin{aligned} u_C(t) &= \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + \frac{F_1(p_1)}{p_1 \cdot F'_2(p_1)} e^{p_1 t} + \frac{F_1(p_2)}{p_1 \cdot F'_2(p_2)} e^{p_2 t} = \\ &= 5 + 121.88 \cdot e^{-474.85 \cdot t} - 126.88 \cdot e^{-1039.965 \cdot t}, \text{ В.} \end{aligned}$$

Закон изменения напряжения на конденсаторе во времени

$$u_C(t) = 121.88 \cdot e^{-474.85 \cdot t} - 126.88 \cdot e^{-1039.965 \cdot t} + 5, \text{ В.}$$

Проверка при $t = 0$

$$u_C(0) = 121.88 \cdot e^{-474.85 \cdot 0} - 126.88 \cdot e^{-1039.965 \cdot 0} + 5 = 0.$$

Выполним расчет по формуле (2) для тока катушки

$$F_1(p) = \frac{4000000}{81};$$

$$F_2(p) = p^2 + \frac{40900}{27} \cdot p + \frac{4000000}{81};$$

$$p_1 = -474.85; p_2 = -1039.965;$$

$$F'_2(p) = 2 \cdot p + \frac{40900}{27};$$

$$\frac{F_1(0)}{F_2(0)} = \frac{4.938 \times 10^5}{4.938 \times 10^5} = 1;$$

$$\frac{F_1(p_1)}{p_1 \cdot F'_2(p_1)} = \frac{4.9383 \times 10^5}{(-474.85) \cdot 565.115} = -1.840;$$

$$\frac{F_1(p_2)}{p_2 \cdot F'_2(p_2)} = \frac{4.9383 \times 10^5}{(-1039.965) \cdot (-565.115)} = 0.840.$$

Откуда

$$\begin{aligned} i_L(t) &= \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + \frac{F_1(p_1)}{p_1 \cdot F'_2(p_1)} e^{p_1 t} + \frac{F_1(p_2)}{p_2 \cdot F'_2(p_2)} e^{p_2 t} = \\ &= 1 - 1.840 \cdot e^{-474.85 \cdot t} + 0.840 \cdot e^{-1039.965 \cdot t}, \text{ А.} \end{aligned}$$

Закон изменения тока катушки индуктивности во времени

$$i_L(t) = -1.840 \cdot e^{-474.85 \cdot t} + 0.840 \cdot e^{-1039.965 \cdot t} + 1, \text{ А.}$$

Проверка при $t = 0$

$$i_L(0) = -1.840 \cdot e^{-474.85 \cdot 0} + 0.840 \cdot e^{-1039.965 \cdot 0} + 1 = 0.$$

Задаемся моментами времени, разбив отрезок времени *апериодического* переходного процесса

$$T_{II} = 5 \max(\tau_1, \tau_2) = 0.01 \text{ с}$$

на $N = 10$ отрезков. Результаты расчетов сведем в Таблицы 3, 4.

Таблица 3 – Расчет напряжения u_C

$N_{\text{с}}$	$t, \text{ с}$	$A \cdot e^{p_1 \cdot t},$ B	$B \cdot e^{p_2 \cdot t},$ B	$u_{\text{св}}(t) =$ $A \cdot e^{p_1 \cdot t} + B \cdot e^{p_2 \cdot t},$ B	$u_{\text{нп}}(t),$ B	$u(t) =$ $u_{\text{св}}(t) + u_{\text{нп}}(t),$ B
1	0,000	121,88	-126,88	-5,00	5	0,00
2	0,001	75,81	-44,85	30,96	5	35,96
3	0,002	47,15	-15,85	31,30	5	36,30
4	0,003	29,33	-5,60	23,72	5	28,72
5	0,004	18,24	-1,98	16,26	5	21,26
6	0,005	11,35	-0,70	10,65	5	15,65
7	0,006	7,06	-0,25	6,81	5	11,81
8	0,007	4,39	-0,09	4,30	5	9,30
9	0,008	2,73	-0,03	2,70	5	7,70
10	0,009	1,70	-0,01	1,69	5	6,69
11	0,010	1,06	0,00	1,05	5	6,05

Таблица 4 – Расчет тока i_L

$N_{\text{с}}$	$t, \text{ с}$	$A \cdot e^{p_1 \cdot t},$ A	$B \cdot e^{p_2 \cdot t},$ A	$i_{\text{св}}(t) =$ $A \cdot e^{p_1 \cdot t} + B \cdot e^{p_2 \cdot t},$ A	$i_{\text{нп}}(t),$ A	$i(t) =$ $i_{\text{св}}(t) + i_{\text{нп}}(t),$ A
1	0,000	-1,8400	0,8400	-1,0000	1,0000	0,000
2	0,001	-1,1444	0,2969	-0,8475	1,0000	0,152
3	0,002	-0,7118	0,1049	-0,6069	1,0000	0,393
4	0,003	-0,4427	0,0371	-0,4056	1,0000	0,594
5	0,004	-0,2754	0,0131	-0,2623	1,0000	0,738
6	0,005	-0,1713	0,0046	-0,1666	1,0000	0,833
7	0,006	-0,1065	0,0016	-0,1049	1,0000	0,895
8	0,007	-0,0663	0,0006	-0,0657	1,0000	0,934
9	0,008	-0,0412	0,0002	-0,0410	1,0000	0,959

По результатам расчетов в Таблицах 3, 4 строим графики переходных процессов (рис. 7, 8).

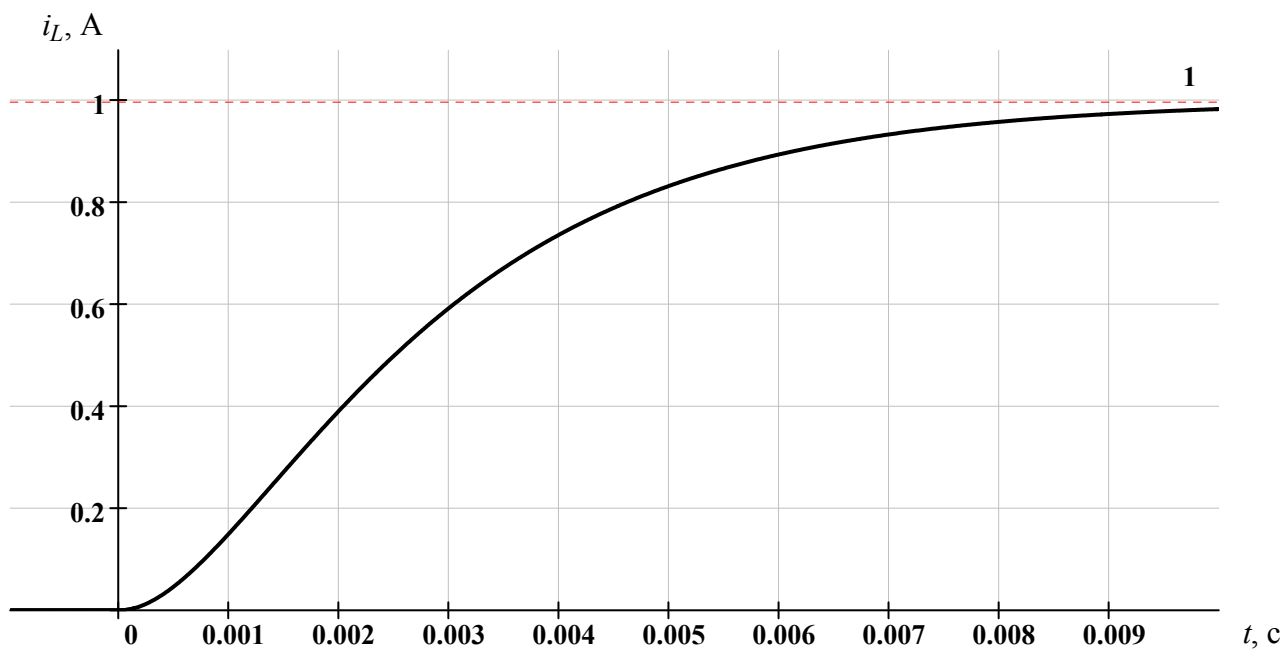


Рис. 7

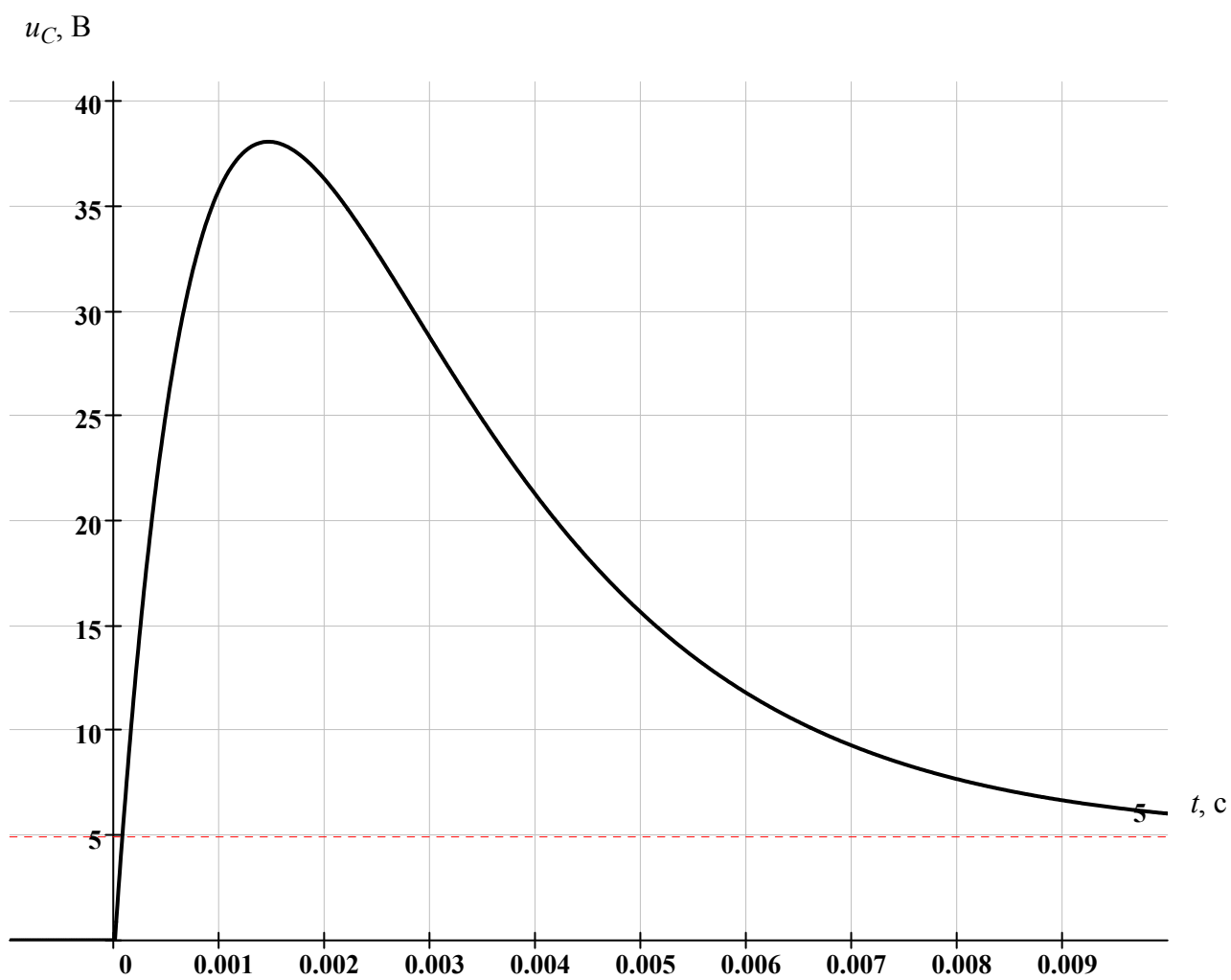


Рис. 8