



*Национальный исследовательский университет ИТМО
(Университет ИТМО)*

Факультет систем управления и робототехники

Дисциплина: Электротехника
Отчет по контрольной работе №4.
Анализ переходного процесса в цепи второго порядка

Студент:
Евстигнеев Дмитрий
Группа: *R3242*
Преподаватель:
Горишков К.С.

Санкт-Петербург
2021

Задача.

ЗАДАНИЕ 7. Выполнить анализ переходного процесса в цепи второго порядка, варианты схем которой изображены на рис.1, 2 в обобщенном виде. Начальные условия ненулевые.

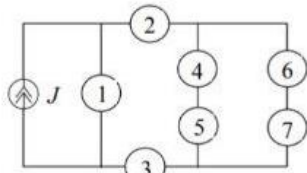


Рис. 1

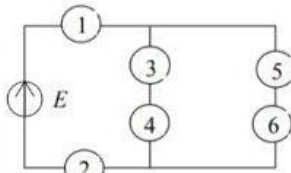


Рис. 2

Перед анализом необходимо составить схему исследуемой цепи, воспользовавшись информацией таблицы 7. Ключ расположен либо параллельно любому из элементов, либо последовательно элементам какой-либо ветви. До коммутации ($t < 0$) ключ либо замкнут (З) либо разомкнут (Р).



В качестве примера на рис. 2 изображена схема с параметрами 27-го варианта из таблицы 7.

24	1	$J=5,6; R_1=R_2=100; R_3=150;$ $R_4=450; L_5=65; C_7=6$	$i_{R3}(t),$ $u_L(t)$	Параллельно R_2	Р
----	---	--	--------------------------	----------------------	---

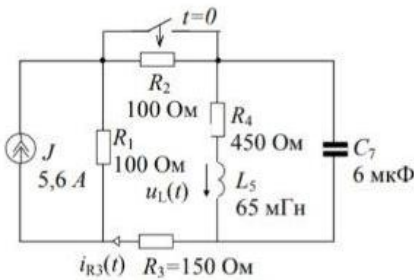


Рис. 3

В данном варианте шестого элемента нет, поэтому он закорочен.

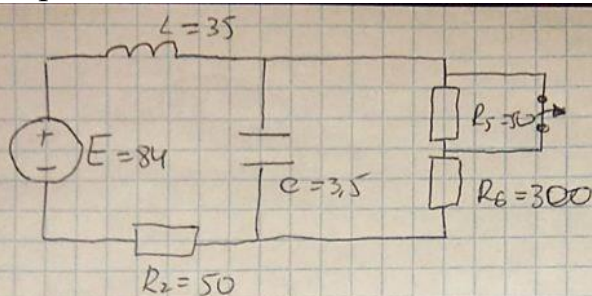
Методом, рекомендованным преподавателем, рассчитать $i(t)$, $u(t)$ в момент коммутации и после нее. Представить обе величины графиками.

Таблица 7

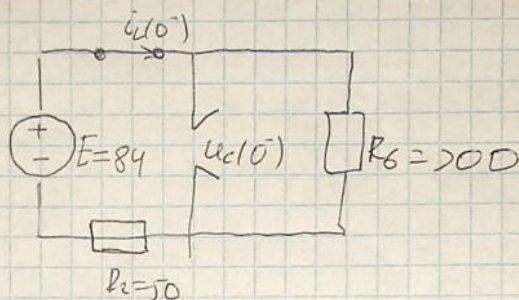
Вар.	Рис.	Элементы $J[A], E[V],$ $R[Ом], L[мГн], C[мкФ]$	Искомые величины	Расположе- ние ключа	Ключ при $t < 0$
1	1	$J=3; R_1=R_2=R_7=50;$ $L_6=20; C_4=2$	$i_L(t),$ $u_C(t)$	Параллельно R_2	Р
2	2	$E=90; R_2=45; R_5=15; R_6=30;$ $L_1=25; C_3=2,5$	$i_C(t),$ $u_L(t)$	Параллельно R_5	З
3	1	$J=9; R_1=R_6=R_7=100;$ $L_2=30; C_5=3$	$i_L(t),$ $u_{R6}(t)$	Параллельно R_6	З
4	2	$E=84; R_2=R_5=50; R_6=300;$ $L_1=35; C_3=3,5$	$i_L(t),$ $u_C(t)$	Параллельно R_5	Р

Решение.

Проведем расчеты:



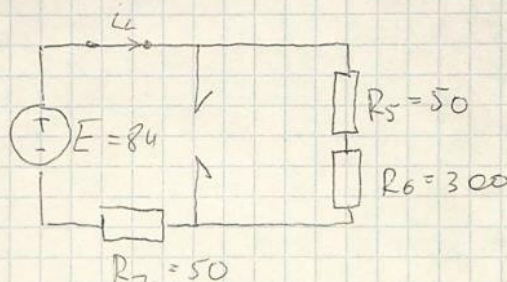
1. $t = 0^-$,



$$i_L(0^-) = 0,24$$

$$u_C(0^-) = 72$$

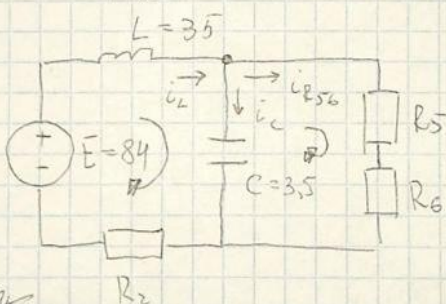
2. $t = \infty$



$$i_L(\infty) = 0,21$$

$$u_C(\infty) = 73,5$$

3. $t > 0$



$$\begin{cases} \dot{i}_L = \dot{i}_{R2} \\ \dot{i}_L - \dot{i}_{R56} - \dot{i}_C = 0 \\ u_L + u_C + u_{R2} = E \\ u_{R56} - u_C = 0 \end{cases}$$

~~$$u_L + u_C + \frac{u_C}{50} = 84$$~~

$$\begin{cases} u_L + u_C + 50i_L = 84 \\ i_L - \frac{u_C}{350} - i_C = 0 \end{cases}$$

$$u_L = -u_C - 50i_L + 84$$

$$\dot{i}_C = \dot{i}_L - \frac{u_C}{350}$$

$$\frac{du_C}{dt} = \frac{\dot{i}_C}{C} = \frac{\dot{i}_L}{3,5} - \frac{u_C}{3,5 \cdot 350}$$

$$\frac{d}{dt} = p$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{u_L}{L} = -\frac{u_C}{35} - \frac{50}{35}i_L + \frac{84}{35}$$

$$p u_c = \frac{\dot{u}_L}{3,5} - \frac{u_c}{3,5 \cdot 350}$$

$$p \dot{u}_L = -\frac{u_c}{3,5} - \frac{50}{3,5} \dot{u}_L + \frac{84}{3,5}$$

$$\frac{\dot{u}_L}{3,5} - u_c \left(p + \frac{1}{(3,5)^2} \right) = 0$$

$$\dot{u}_L \left(-p - \frac{50}{3,5} \right) - \frac{u_c}{3,5} + \frac{84}{3,5} = 0$$

$$\Delta p = \begin{vmatrix} \frac{1}{3,5} & -(p + \frac{1}{(3,5)^2}) \\ -(p + \frac{50}{3,5}) & -\frac{1}{3,5} \end{vmatrix} = 0$$

$$p^2 + \frac{1751}{1225} p + \frac{16}{1715} = 0$$

$$p_1 \approx -1,42283$$

$$p_2 \approx -0,00656$$

$$u_c(t) = u_{c0} + A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t}$$

$$\dot{u}_L(t) = \dot{u}_{L0} + B_1 e^{p_1 t} + B_2 e^{p_2 t}$$

$$u_c(0^+) = u_{c0} + A_1 + A_2 = 72 \quad \dot{u}_L(0^+) = \dot{u}_{L0} + B_1 + B_2 = 0,24$$

$$A_1 + A_2 = -1,5$$

$$B_1 + B_2 = 0,03$$

$$u_c'(0^+) = p_1 A_1 + p_2 A_2 = \frac{12}{1225}$$

$$\dot{u}_L'(0^+) = p_1 B_1 + p_2 B_2 = 0$$

$$\begin{cases} A_1 + A_2 = -1,5 \\ p_1 A_1 + p_2 A_2 = \frac{12}{1225} \end{cases}$$

$$\begin{cases} B_1 + B_2 = 0,03 \\ p_1 B_1 + p_2 B_2 = 0 \end{cases}$$

$$A_1 = 0,000031$$

$$B_1 = -0,000139$$

$$A_2 = -1,50003$$

$$B_2 = 0,030139$$

$$u_c(t) = 73,5 + 0,000031 e^{-1,42283t} - 1,50003 e^{-0,00656t}$$

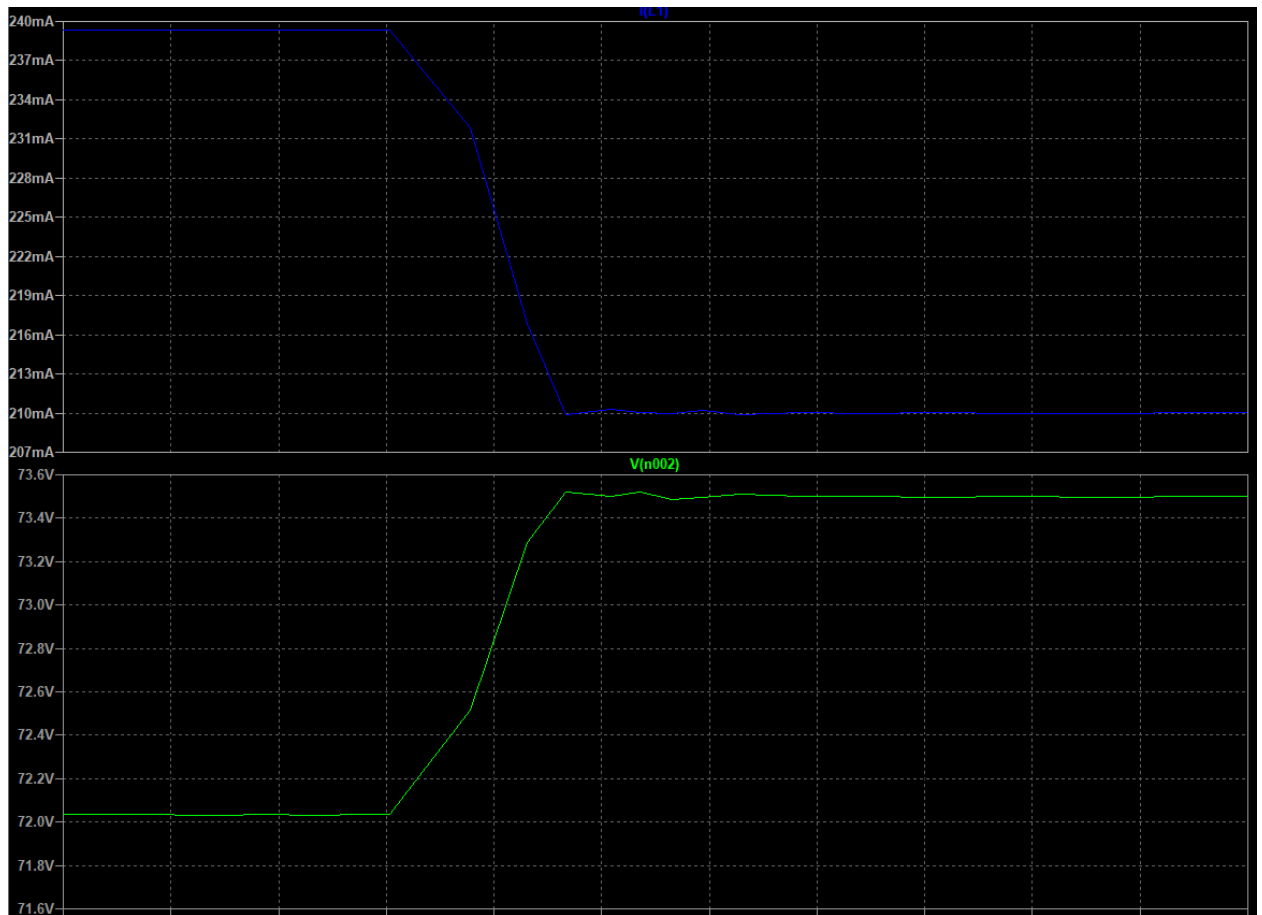
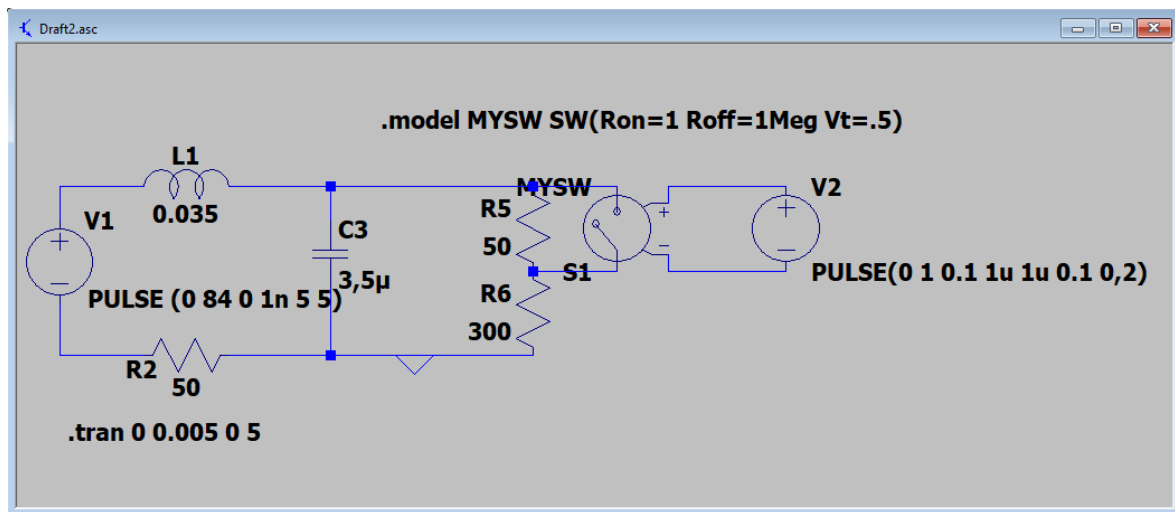
$$\dot{u}_L(t) = 0,21 - 0,000139 e^{-1,42283t} + 0,030139 e^{-0,00656t}$$

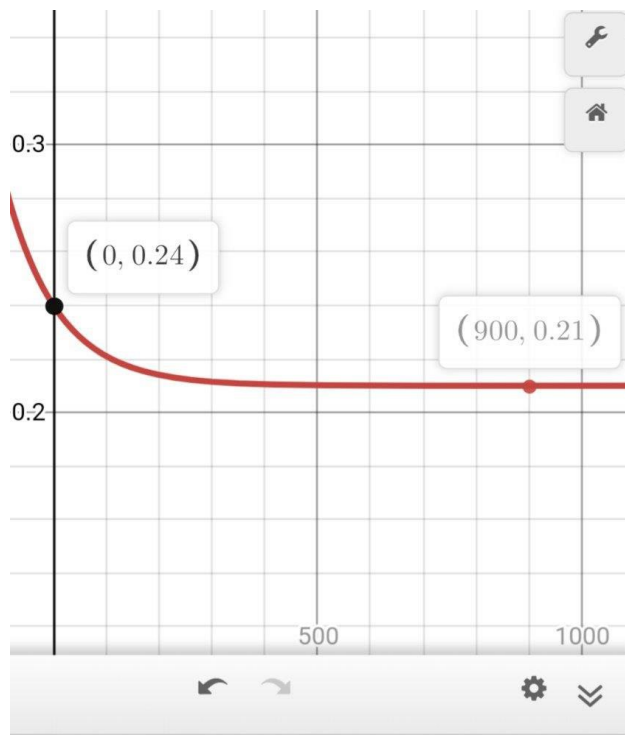
Если нужно определить го время

$$u_c(t) = 73,5 - 1,5 e^{-0,01t}$$

$$\dot{u}_L(t) = 0,21 + 0,03 e^{-0,01t}$$

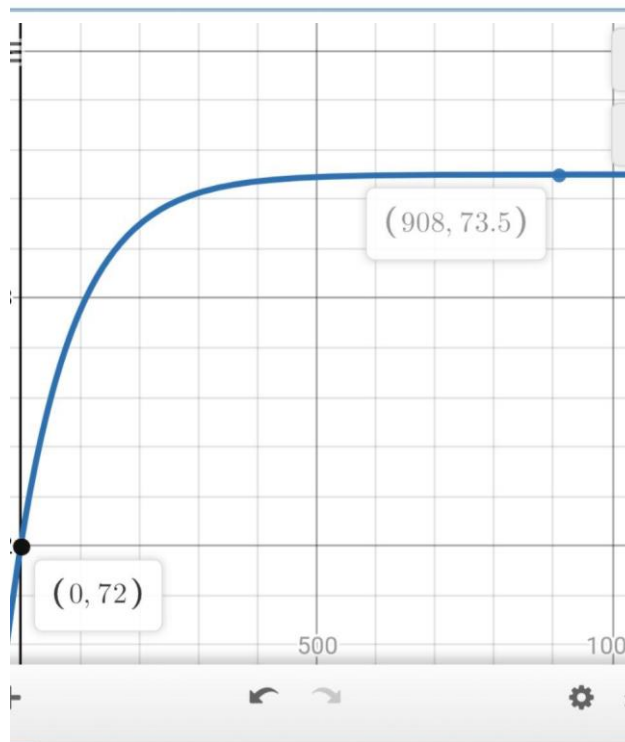
Построим и проведем симуляцию в утилите LTSpice и сравним с нашими расчетами





$y = 0.21 + 0.03e^{-0.01x}$

$y = 0.21 + 0.03e^{-0.01x}$



$y = 73.5 - 1.5e^{-0.01x}$