Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"

Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова НИУ ВШЭ

Курс: Электротехника, электроника и метрология

ОТЧЁТ

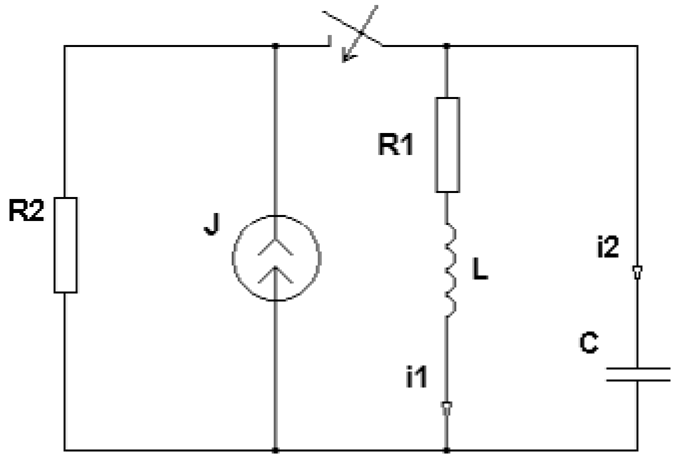
По Домашней работе №2

по теме: <u>«Расчет переходных процессов в электрических схемах»</u>

Выполнила: Чихватова Алена Алексеевна БИВ 193

Вариант 22

Москва 2021



Найти:

1. Выражения для токов **i1(t)** и **i2(t)** классическим методом.

2. Практическую длительность переходного процесса, а в случае колебательного характера этого процесса также и период свободных колебаний и логарифмический декремент колебаний

3. Построить графики переходных процессов токов **i1(t)** и **i2(t)**

4. Рассчитать переходные процессы токов **i1(t)** и **i2(t)** с помощью программы моделирования электрических и электронных схем.

Вариант 22

Дано: R1 = 100 Ом, R2 = 20 Ом, L = 80 мГн, C = 200 мкФ, J = 10 А

Решение

1. Найдем принужденные составляющие искомых токов и напряжений. Это означает расчет установившегося режима в после коммутационной схеме. В ней действует постоянная ЭДС, значит, токи и напряжения будут постоянными, а следовательно, емкость представляет собой разрыв цепи (ток равен нулю), а индуктивность – короткое замыкание (напряжение равно нулю). Расчетная схема - на рис. 1.

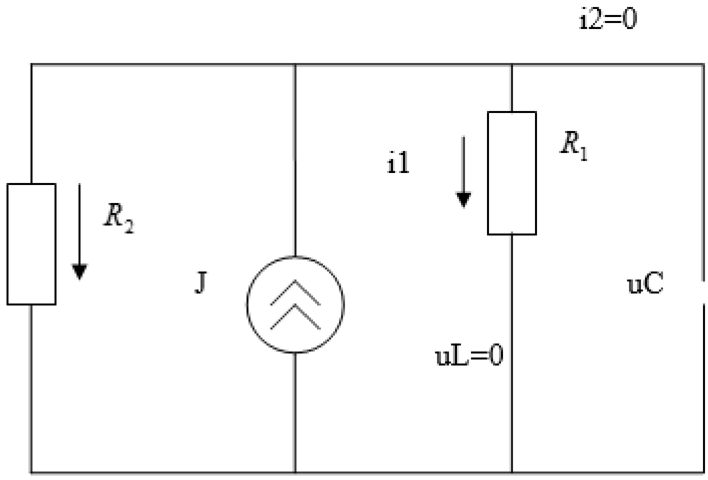


Рис.1.1 – Расчетная схема принужденной составляющей.

В этой схеме

$$i_{1\text{ пр}} = J\frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \cdot \frac{20}{100 + 20} = 1{,}667\ A;$$

$$i_{2\text{ пр}} = 0;$$

Определим общий вид свободных составляющих. Для этого составим характеристическое уравнение схемы, пользуясь методом входного сопротивления. Разорвем цепь в произвольном месте и запишем выражение входного сопротивления $Z(p)$, считая индуктивность сопротивлением pL, а емкость $1/pC$ (рис.2).

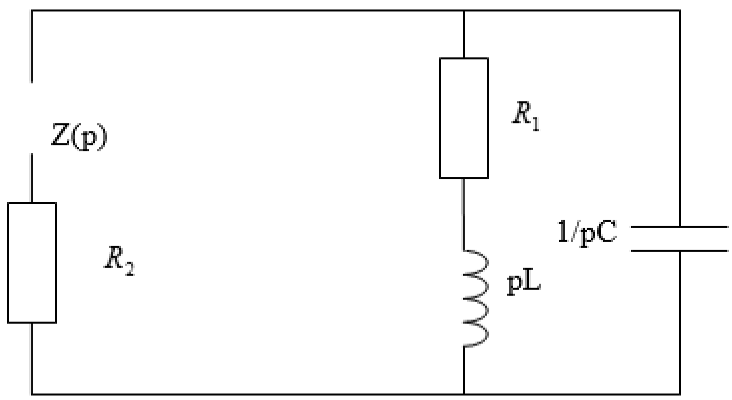


Рис. 2- Схема для расчета характеристического сопротивления.

$$Z(p) = R_2 + \frac{1}{\dfrac{1}{1/(pC)} + \dfrac{1}{R_1 + pL}};$$

$$Z(p)=\frac{LCR_2p^2+(L+R_1R_2C)p+R_1+R_2}{LCp^2+R_1Cp+1};$$

$$LCR_2p^2+(L+R_1R_2C)p+R_1+R_2=0;$$

$0.08\cdot 200\cdot 10^{-6}\cdot 20\cdot p^2+(0.08+100\cdot 20\cdot 200\cdot 10^{-6})p+100+20=0;$

$0.00032\cdot p^2+0.48\cdot p+120=0;$

Получили обыкновенное квадратное уравнение. Решим его.

$D=b^2-4ac=0.48^2-4\cdot 0.00032\cdot 120=0.0768;$

$$p_{12}=\frac{-b\pm\sqrt{D}}{2a}=\frac{-0.48\pm\sqrt{0.0768}}{2\cdot 0.00032}=-317\ c^{-1};-1183\ \text{c}^{-1};$$

Корни оказались отрицательными, действительными, разными, следовательно в цепи имеет место апериодический процесс.

Общий вид свободных составляющих в таком случае определяется формулой:

$\mathrm{i_{св}(t)=A_1\cdot e^{p_1t}+A_2\cdot e^{p_2t}};$

Анализ начальных условий.

Независимые начальные условия. Это те величины, которые подчиняются законом коммутации, то есть начальные значения тока через индуктивность и напряжения на емкости. В нашей схеме это $i_L(0)$ и $u_C(0)$. В соответствии с законами коммутации обе эти величины не изменятся мгновенно, а значит в первый момент после коммутации (именно при $t=0$) остаются такими же, какими были в предшествующий коммутации момент. До коммутации ток через индуктивность и напряжение на емкости равны нулю, так как источник отключен от цепи:

$i_L(0)=0$ А;

$u_C(0)=0$ В;

Зависимые начальные условия. Это все остальные необходимые для определения постоянных интегрирования величины в момент $t=0$, не попавшие в число независимых. Они определяются из уравнений Кирхгофа для схемы в момент $t = 0$ после коммутации.

Система уравнений после коммутации (учитывая, что i1 и iL это одно и то же):

$$i_{R2}(0) = \frac{u_C(0)}{R_2} = \frac{0}{R_2} = 0;$$

$$i_2(0) = i_C(0) = J - i_{R2}(0) - i_1(0) = J - 0 - 0 = J = 10\ A$$

$$u_L(0) = u_C(0) - i_1(0)R_1 = 0 - 0 = 0\ \text{В};$$

Теперь прейдем к определению начальных значений производных искомых величин. Производные токов $i_1^/(t)$ и $i_2^/(t)$ найдем из уравнений Кирхгофа:

$$i_1(0)' = i_L(0)' = \frac{u_L(0)}{L} = \frac{0}{0.08} = 0\frac{\text{А}}{\text{с}};$$

$$u_c(0)' = \frac{i_2(0)}{C} = \frac{10}{200 \cdot 10^{-6}} = 50000\ \frac{\text{В}}{\text{с}};$$

$$i_2(0)' = i_C(0)' = J' - i_{R2}(0)' - i_1(0)' = 0 - \frac{u_c(0)'}{R_2} - 0 = -\frac{50000}{20}$$
$$= -2500\ A/c$$

Начальные значения свободных составляющих легко найти по формулам

$$i_{св}(0) = i(0) - i_{пр},$$

а начальные значения их производных $i_{св}^/(0) = i^/(0)$, так как $i_{пр}^/ = 0$.

Результаты анализа начальных условий и принужденные составляющих сведем в таблицу 1.

Таблица 1. – Начальные условия и принужденные составляющие.

$i_{1пр} = 1.667\ A$	$i_1(0) = 0\ A$	$i_1'(0) = 0\ \frac{\text{А}}{\text{с}}$	$i_{1св}(0) = -1.667\ A$	$i'_{1св}(0) = 0\ \frac{\text{А}}{\text{с}}$
$i_{2пр} = 0\ A$	$i_2(0) = 10\ A$	$i_2'(0) = -2500\frac{\text{А}}{\text{с}}$	$i_{2св}(0) = 10\ A$	$i'_{2св}(0) = -2500\ \frac{\text{А}}{\text{с}}$

Вычислим постоянные интегрирования.

$$\mathrm{i_{1св}(t) = A_1 \cdot e^{p_1 t} + A_2 \cdot e^{p_2 t}};$$

$$\begin{cases} \mathrm{i_{1св}(0) = A_1 + A_2}; \\ \mathrm{i_1'(0) = A_1 p_1 + A_2 p_2}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} -1.667 = \mathrm{A_1 + A_2}; \\ 0 = \mathrm{A_1}(-317) + \mathrm{A_2}(-1183); \end{cases}$$

Решая систему, получаем значения:

$\mathrm{A_{1i1}} = -2.277$ А; $\mathrm{A_{2i1}} = 0.61$ А

Аналогично для тока i2:

$$\begin{cases} \mathrm{i_{2св}(0) = A_1 + A_2}; \\ \mathrm{i_2'(0) = A_1 p_1 + A_2 p_2}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 10 = \mathrm{A_1 + A_2}; \\ -2500 = \mathrm{A_1}(-317) + \mathrm{A_2}(-1183); \end{cases}$$

Решая систему, получаем значения:

$\mathrm{A_{1i2}} = 10.774$ А; $\mathrm{A_{2i2}} = -0.774$ А

Запишем итоговые результаты:

$$\boldsymbol{i_1(t) = i_{1пр} + \mathrm{A_{1i1}} \cdot \mathrm{e^{p_1 t}} + \mathrm{A_{2i1}} \cdot \mathrm{e^{p_2 t}} = 1.667 - 2.277e^{-317t} + 0.61e^{-1183t}}\ \text{А};$$

$$\boldsymbol{i_2(t) = i_{2пр} + \mathrm{A_{1i2}} \cdot \mathrm{e^{p_1 t}} + \mathrm{A_{2i2}} \cdot \mathrm{e^{p_2 t}} = 10.774e^{-317t} - 0.774e^{-1183t}}\ \text{А};$$

2. Определим временную постоянную переходного процесса:

$$\tau = \frac{1}{|p_1|} = \frac{1}{317} = 3.15 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

Длительность переходного процесса примерно составляет 5τ:

$$T_{\text{пер}} = 5\tau = 5 \cdot 3.15 \cdot 10^{-3} = 0.01575 \text{ с};$$

Период затухающих колебаний и логарифмический декремент затухания не определяются, так как процесс не колебательный.

3. Графики переходного процесса приведем на рис. 3.

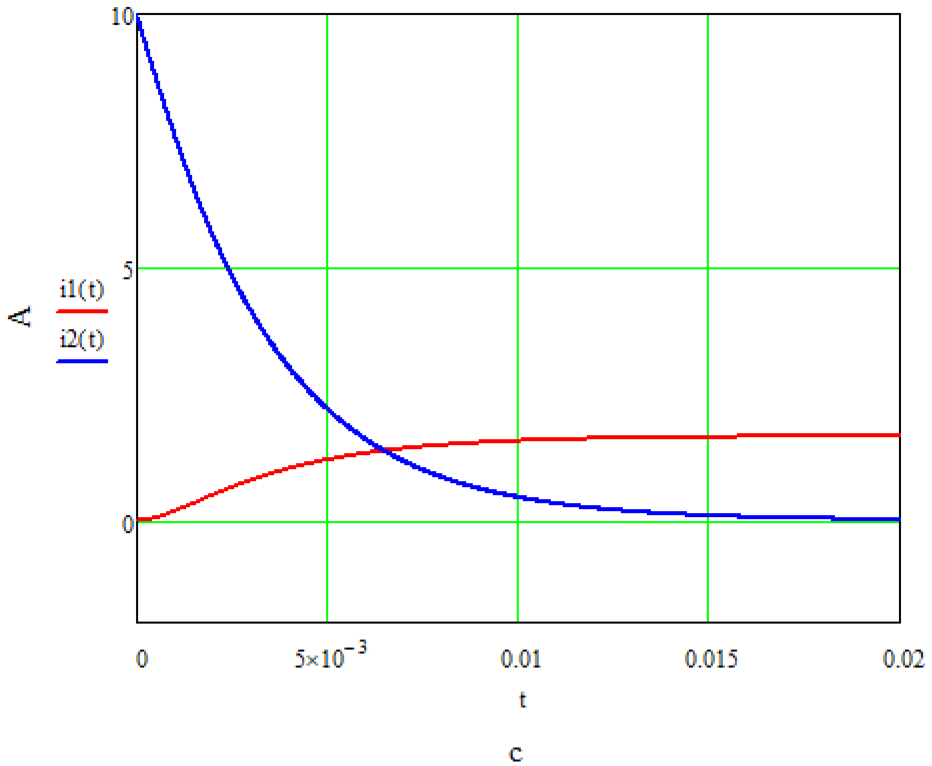
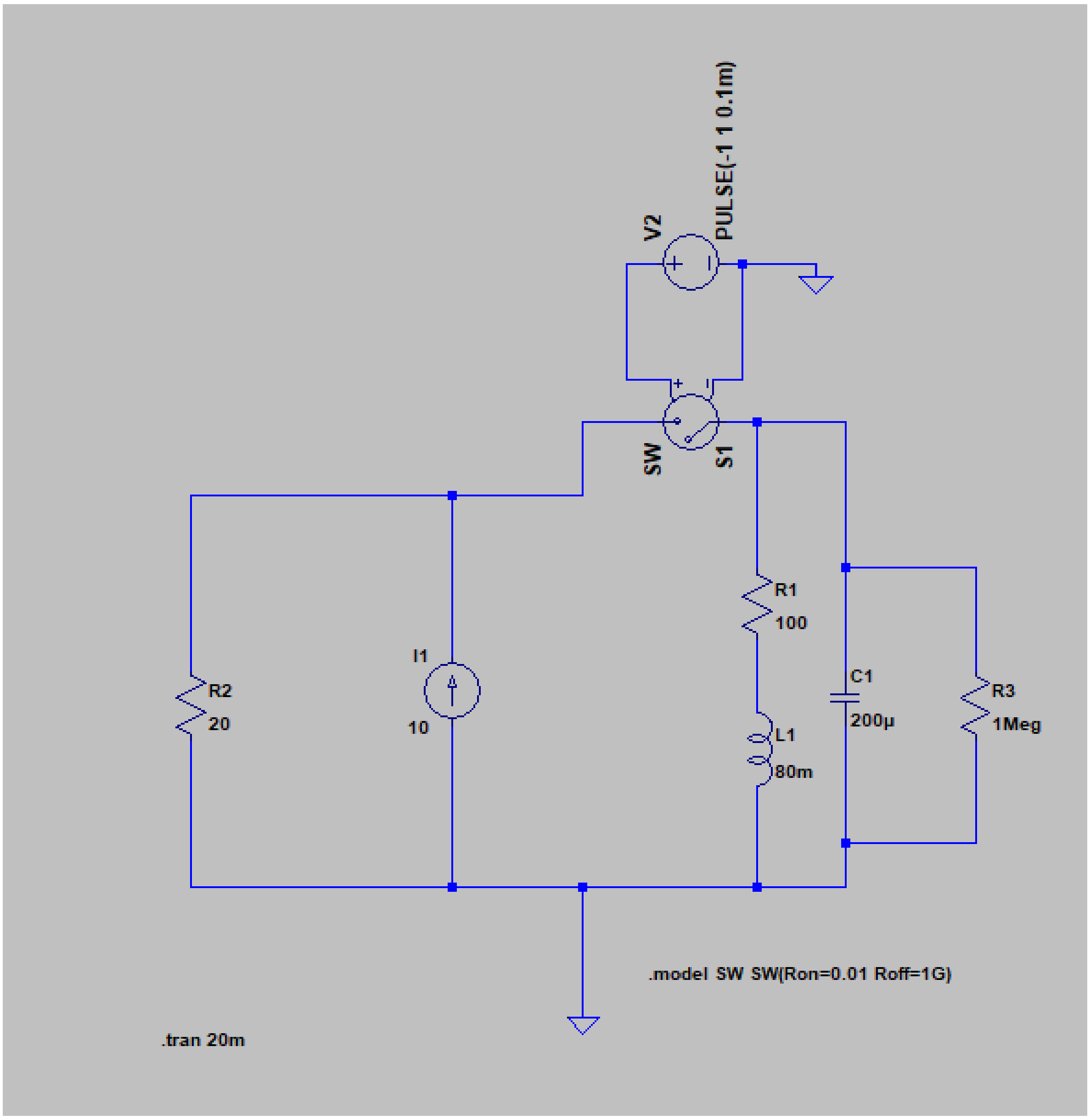
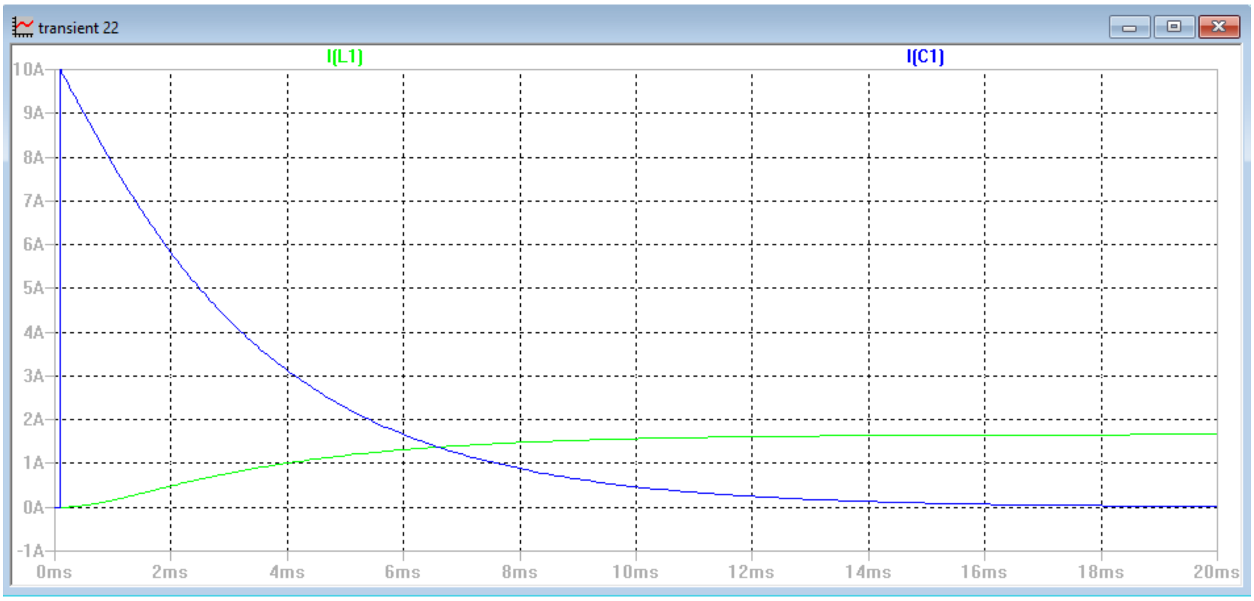


Рис. 3 – График зависимости токов от времени в переходном процессе.

4. Результаты моделирования в LTSpice





Полученный график сходится с графиком из Mathcad, следовательно, вычисления проведены верно.