

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИТМО”

ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ

Расчетно-графическая работа №3:

Задание №7

по дисциплине Электротехника

Вариант №12

Выполнил: Студент группы
R3237 Осинина Т. С
Преподаватель: Горшков К.С.

Задание: выполнить анализ переходного процесса в цепи второго порядка, варианты схем которой изображены на рис.1 в обобщенном виде. Начальные условия ненулевые.

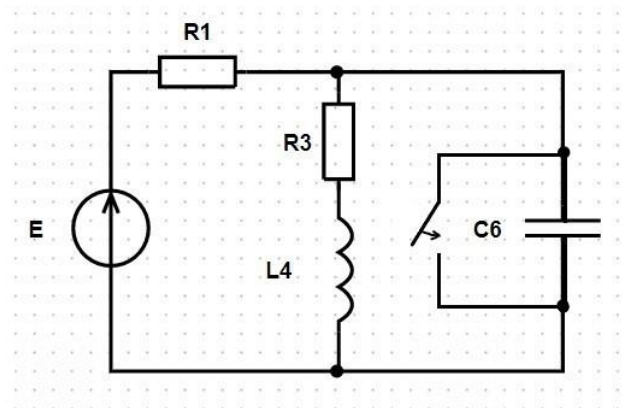


Рисунок 1. Схема цепи второго порядка

Дано: $E=145$; $R_1=70$; $R_3=75$;
 $L_4=60$; $C_6=5$

Определить: $u_{R3}(t)$, $u_C(t)$

Схема до коммутации:

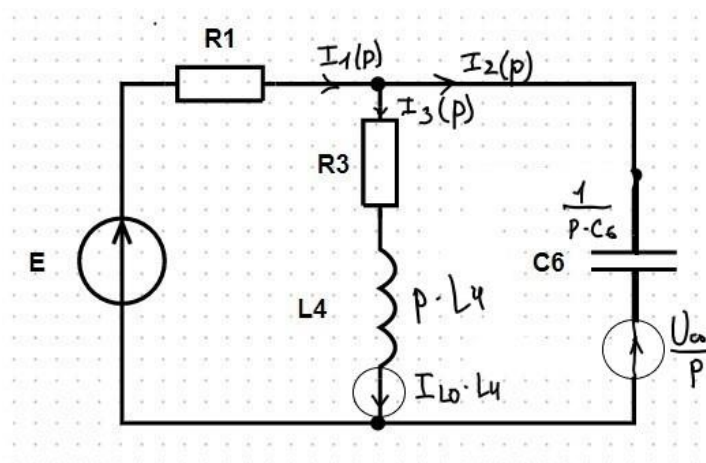


Рисунок 2. Схема до коммутации

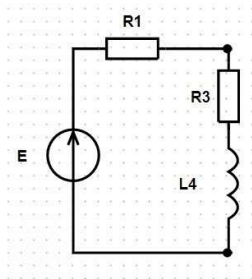
Расчетная работы №3

Дано: $E := 145$ $R1 := 70$ $R3 := 75$ $L4 := 0,06$ $C6 := 5 \cdot 10^{-6}$

Ключ расположен параллельно C6, до коммутации ключ разомкнут

Найти: $u_C(t)$, $u_{R3}(t)$

Схема после коммутации:

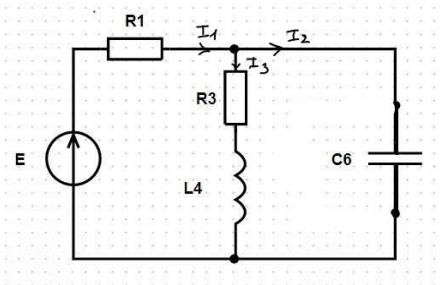


$$IL0 := I0$$

$$I0 := \frac{E}{R1 + R3} = 1$$

$$U_C := I0 \cdot R3 = 75$$

Схема до коммутации



Распишем законы Кирхгофа:

$$I1(p) - I2(p) - I3(p) = 0$$

$$I1(p) \cdot R1 + I2(p) \cdot (R3 + p \cdot L4) = (-IL0) \cdot L4 + \frac{E}{p}$$

$$I3(p) \cdot \frac{1}{C6 \cdot p} - I2 \cdot (R3 + p \cdot L4) = \frac{U_C}{p} + IL0 \cdot L4$$

Далее составляем матрицы:

$$M := \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 \\ R1 & R3 + p \cdot L4 & 0 \\ 0 & -R3 - p \cdot L4 & \frac{1}{C6 \cdot p} \end{bmatrix}$$

$$B := \begin{bmatrix} 0 \\ (-IL0) \cdot L4 + \frac{E}{p} \\ \frac{U_C(0)}{p} + IL0 \cdot L4 \end{bmatrix}$$

Находим $IR3 = I2$:

$$I2 := \frac{|M2|}{|M|} = \frac{5 \cdot |M2| \cdot p}{20000 \cdot (3 \cdot (1250 + p) + 3500) + 21 \cdot (1250 + p) \cdot p}$$

$$N2 := 20000 \cdot (7250 + 3 \cdot p) - 21 \cdot (1250 - p) \cdot p$$

$$D2(p) := p \cdot (20000 \cdot (3 \cdot (1250 + p) + 3500) + 21 \cdot (1250 + p) \cdot p)$$

$$M2 := \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ R1 & (-IL0) \cdot L4 + \frac{E}{p} & 0 \\ 0 & \frac{U_C}{p} + IL0 \cdot L4 & \frac{1}{C6 \cdot p} \end{bmatrix}$$

$$Maclaurin(f(x); n) := \left| \begin{array}{l} v_1 := f(x) \\ \text{for } i \in [1..n] \\ \quad v_{i+1} := \frac{\frac{d}{dx} v_i}{i} \\ x := 0 \\ v \end{array} \right|$$

$$\text{Maclaurin} (D2(p); 2) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1,45 \cdot 10^8 \\ 86250 \end{bmatrix}$$

Нахождение корней:

$$\text{polyroots} \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 1,45 \cdot 10^8 \\ 86250 \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} 0 \\ -1681,1594 \end{bmatrix}$$

$$p2 := -1681,1594$$

$$\tau := \frac{1}{|p2|} = 0,0006$$

$$p1 := 0$$

$$5 \cdot \tau = 0,003$$

Нахождение производной

$$D2d := \frac{d}{d p} D2(p) = 2 \cdot (10000 \cdot (3500 + 3 \cdot (1250 + p))) + 3 \cdot (10000 + 7 \cdot (625 + p)) \cdot p + 21 \cdot (1250 + p) \cdot p$$

Подстановка корней $p := p2$

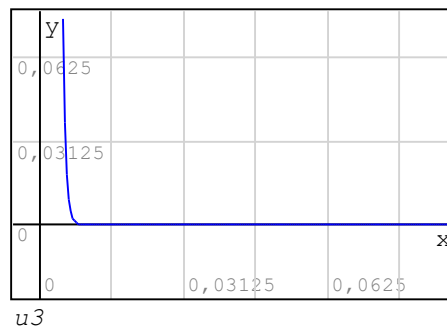
$$x2 := \frac{N2}{D2d} \cdot \exp(p \cdot t) = \frac{699236133254884 \cdot \exp\left(-\frac{8405797 \cdot t}{5000}\right)}{156588034282505}$$

Результат:

$$i2 := x2$$

$$t := x$$

$$u3 := R3 \cdot i2$$

**Далее находим uc(t):**

Для этого сначала определим I3:

$p := s$ (используем присвоение переменной p, так как значение p уже использовалось (в нем уже есть значение))

$$M3 := \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ R1 & R3 + p \cdot L4 & (-IL0) \cdot L4 + \frac{E}{p} \\ 0 & -R3 - p \cdot L4 & \frac{UC}{p} + IL0 \cdot L4 \end{bmatrix}$$

$$I3 := \frac{|M3|}{|M|} = \frac{3 \cdot (1250 + s) \cdot (3500 + 3 \cdot (1250 + s) + 7250 - 3 \cdot s)}{500 \cdot (20000 \cdot (3 \cdot (1250 + s) + 3500) + 21 \cdot (1250 + s) \cdot s)}$$

$$N3 := 3 \cdot (1250 + s) \cdot (3500 + 3 \cdot (1250 + s) + 7250 - 3 \cdot s)$$

$$D3(p) := 500 \cdot (20000 \cdot (3 \cdot (1250 + s) + 3500) + 21 \cdot (1250 + s) \cdot s)$$

$$Uc6 := \left(\frac{I3}{p \cdot C6} - \frac{Uc}{p} \right) = - \frac{75 \cdot (20000 \cdot (3500 + 3 \cdot (1250 + s)) + 21 \cdot (1250 + s) \cdot s - 232000 \cdot (1250 + s))}{s \cdot (20000 \cdot (3 \cdot (1250 + s) + 3500) + 21 \cdot (1250 + s) \cdot s)}$$

$$N := (-75) \cdot (20000 \cdot (3500 + 3 \cdot (1250 + s)) + 21 \cdot (1250 + s) \cdot s - 232000 \cdot (1250 + s))$$

$$D(s) := s \cdot (20000 \cdot (3 \cdot (1250 + s) + 3500) + 21 \cdot (1250 + s) \cdot s)$$

$$Maclaurin(D(s); 3) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1,45 \cdot 10^8 \\ 86250 \\ 21 \end{bmatrix}$$

Нахождение корней:

$$\text{polyroots} \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 1,45 \cdot 10^8 \\ 86250 \\ 21 \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} -1,3208 \cdot 10^{-19} \\ -2053,5714 + 1639,392 \cdot i \\ -2053,5714 - 1639,392 \cdot i \end{bmatrix}$$

$$s1 := -1,3208 \cdot 10^{-19}$$

$$s2 := -2053,5714 + 1639,392 \cdot i$$

$$\tau1 := \frac{1}{|s1|} = 7,5712 \cdot 10^{18}$$

$$\tau2 := \frac{1}{|s2|} = 0,0004$$

$$s3 := -2053,5714 - 1639,392 \cdot i$$

$$\tau3 := \frac{1}{|s3|} = 0,0004$$

Производная от D(s) по s:

$$Dd := \frac{d}{ds} D(s) = 2 \cdot (10000 \cdot (3500 + 3 \cdot (1250 + s)) + 3 \cdot (10000 + 7 \cdot (625 + s)) \cdot s) + 21 \cdot (1250 + s) \cdot s$$

$$s := s1$$

$$X1 := \frac{N}{Dd} \cdot \exp(s \cdot t) = \frac{15154474048911200 \cdot \exp\left(-\frac{1651 \cdot x}{12500000000000000000000}\right)}{202059653985481}$$

$$s := s2$$

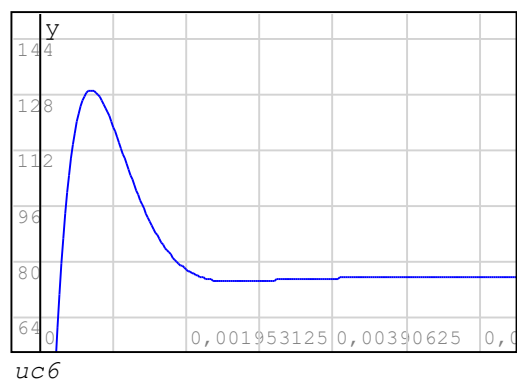
$$X2 := \frac{N}{Dd} \cdot \exp(s \cdot t)$$

$$s := s3$$

$$X3 := \frac{N}{Dd} \cdot \exp(s \cdot t)$$

$$uc6 := X1 + X2 + X3$$

$$s := x$$



Результаты моделирование в LTspice:

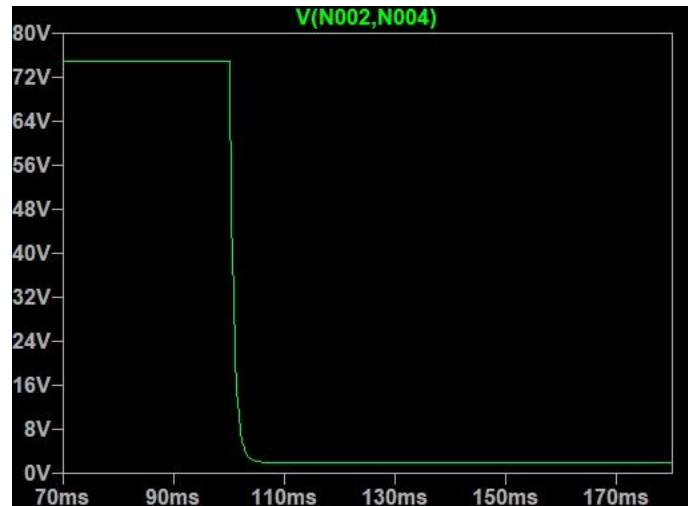


Рисунок 3. Зависимость $u_{R3}(t)$

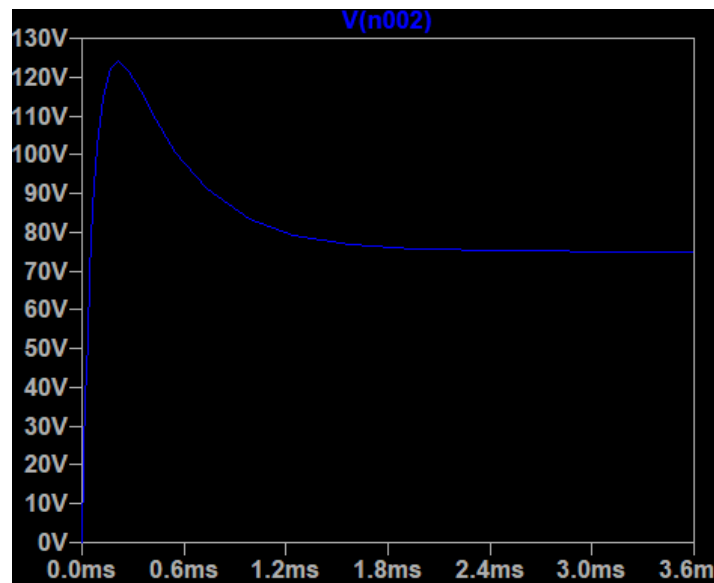


Рисунок 4. Зависимость $u_C(t)$

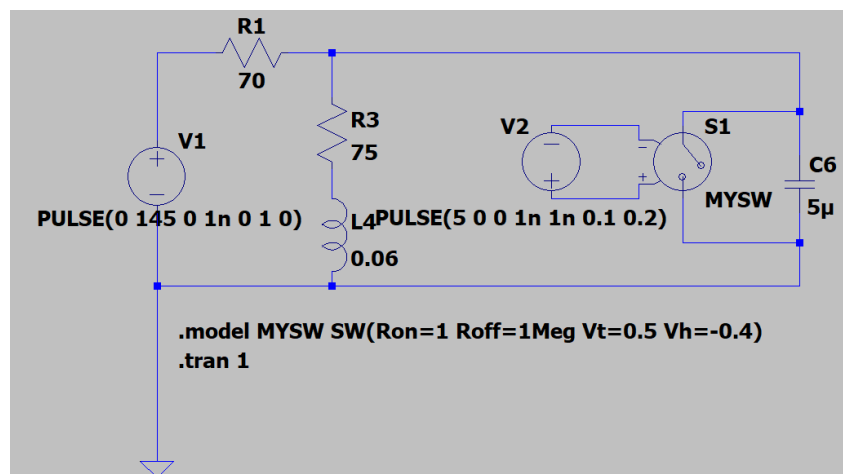


Рисунок 5. Схема цепи в LTspice

Вывод: в процессе выполнения расчетной работы №3 был рассмотрен переходный процесс цепи второго порядка, были построены графики зависимости напряжения от времени на конденсаторе(C6) и резисторе(R3). Также был освоен операторный метод для нахождения тока и напряжения при переходном процессе второго порядка.