



Федеральное агентство связи
Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»
Волго-Вятский филиал

Кафедра инфокоммуникационных
и профессиональных дисциплин

Дисциплины: "ТОЭ" и "Основы компьютерного анализа электрических
цепей"

Лабораторная работа №10

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ И ИМПУЛЬСНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПЕРВОГО
ПОРЯДКА**

Выполнил студент БИН-19

_____ В.А. Довгун

Принял доцент кафедры ИКиПД

_____ М.Г. Тылес

Нижний Новгород
2020

Вариант 8

Цель работы: освоение методики расчета и экспериментального определения временных характеристик линейной цепи.

ПРИМЕНЕНИЕ интеграла СВЕРТКИ и интеграла ДЮАМЕЛЯ

Задана электрическая цепь (**рис. 1**). Задано воздействие (входное напряжение). Требуется рассчитать и построить напряжение на выходе этой цепи.

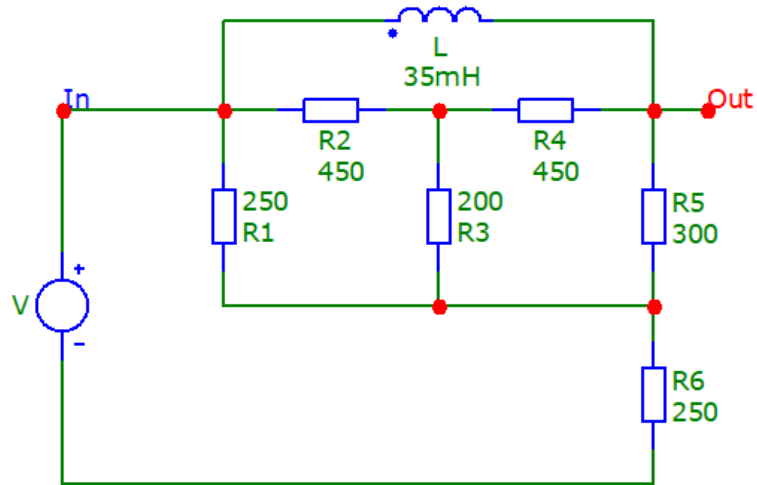


Рис. 1. Заданная цепь

Задаем размеры массивов данных: $n := 1 \dots 6$

Номер первого элемента массивов: **ORIGIN** := 1

Вводим значения параметров элементов цепи:

$$\mathbf{R} := \begin{pmatrix} 250 \\ 450 \\ 200 \\ 450 \\ 300 \\ 250 \end{pmatrix} \quad \text{Ом}$$

$$\mathbf{L} := 35 \cdot 10^{-3} \quad \text{Гн}$$

$$\text{Единичная функция: } \mathbf{one(t)} := \begin{cases} 0 & \text{if } t < 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Рассчитываем **переходную** характеристику цепи (классический метод) :

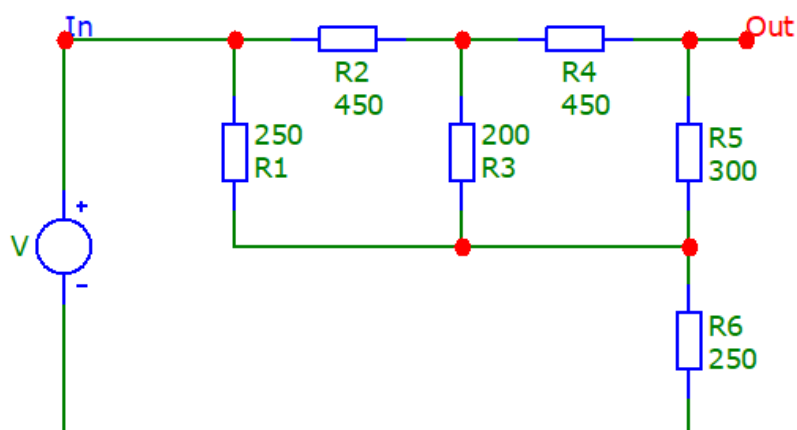


Рис. 2. Вспомогательная эквивалентная схема для расчета
зависимого начального значения выходного напряжения

$$R_{1a} := \frac{R_2 \cdot R_3 + R_4 \cdot R_2 + R_4 \cdot R_3}{R_4} \quad R_{2a} := \frac{R_2 \cdot R_3 + R_4 \cdot R_2 + R_4 \cdot R_3}{R_2}$$

$$R_{12} := \frac{R_2 \cdot R_3 + R_4 \cdot R_2 + R_4 \cdot R_3}{R_3}$$

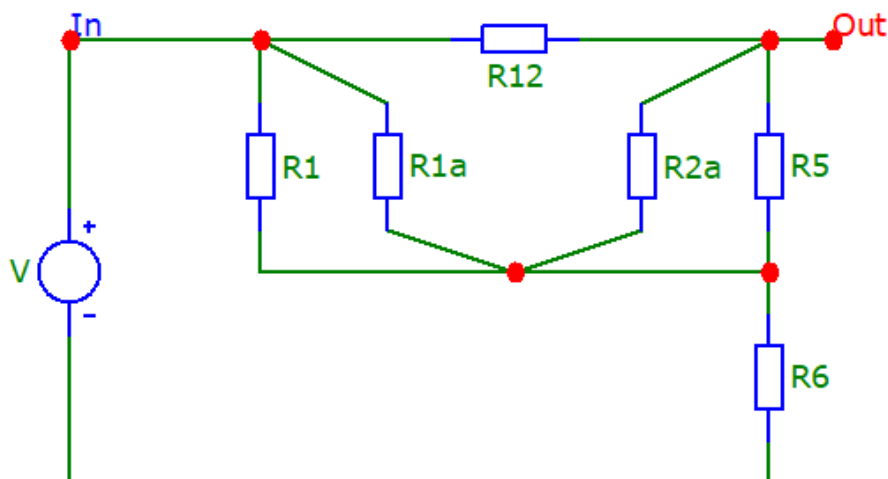


Рис. 3. Эквивалентное преобразование схемы для расчета
зависимого начального значения выходного напряжения

$$R_{11a} := \frac{R_{1a} \cdot R_1}{R_{1a} + R_1} \quad R_{52a} := \frac{R_{2a} \cdot R_5}{R_{2a} + R_5}$$

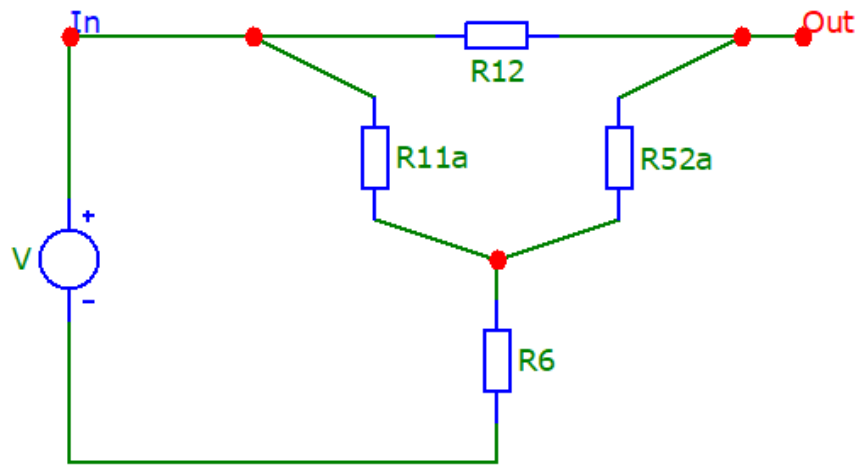


Рис. 4. Эквивалентное преобразование схемы для расчета
зависимого начального значения выходного напряжения

$$R_{111} := \frac{(R_{12} + R_{52a}) \cdot R_{11a}}{R_{12} + R_{52a} + R_{11a}}$$

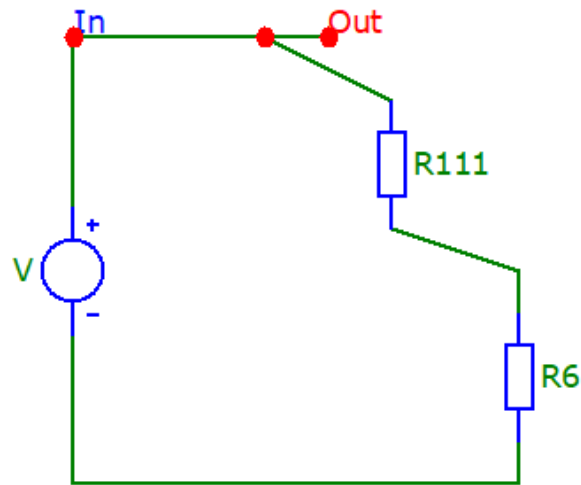


Рис. 5. Эквивалентное преобразование схемы для расчета
зависимого начального значения выходного напряжения

$$U_0 := \left(\frac{R_6}{R_{111} + R_6} \right) \cdot 1 + \left(\frac{R_{52a}}{R_{52a} + R_{12}} \right) \cdot \left(\frac{R_{111}}{R_{111} + R_6} \right) \cdot 1$$

$$U_0 = 0.628 \text{ В}$$

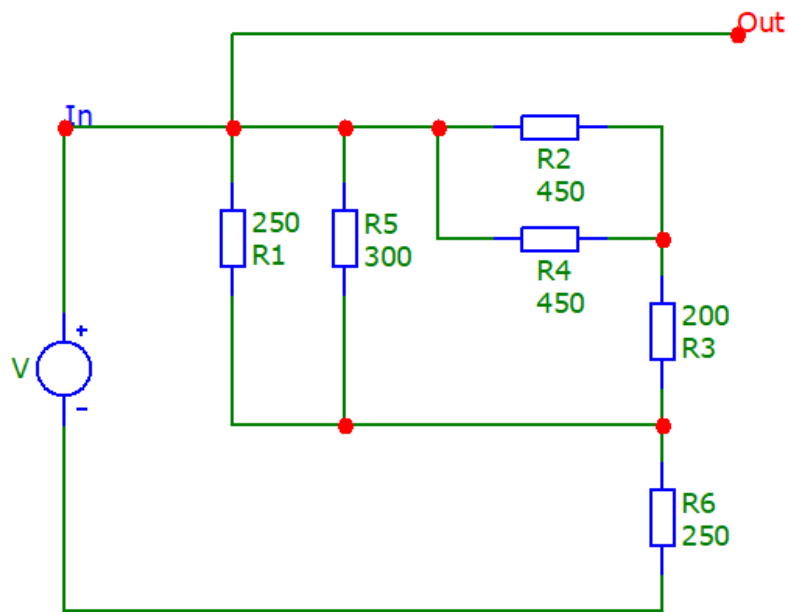


Рис. 6. Вспомогательная эквивалентная схема для принужденного режима

$$R_{234} := R_3 + \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4}$$

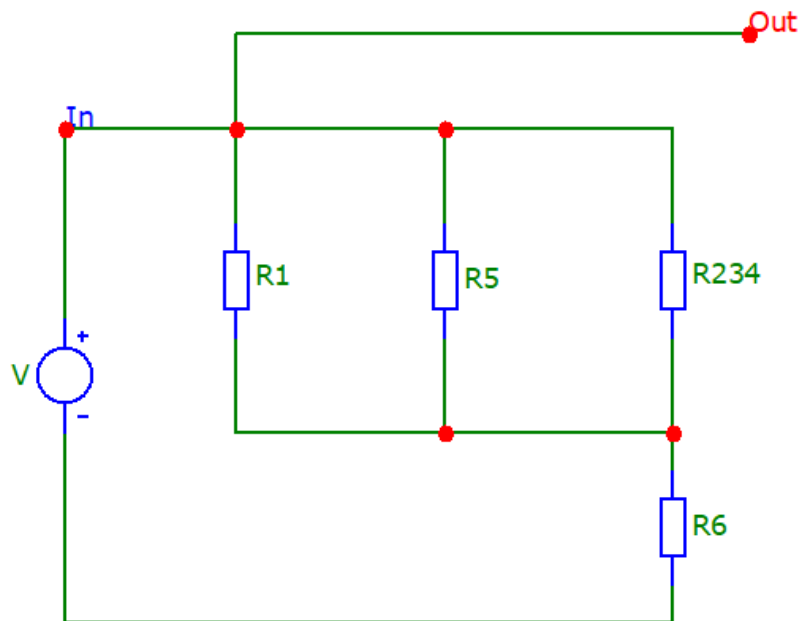


Рис. 7. Эквивалентное преобразование схемы для принужденного режима

$$R_{2345} := \frac{R_5 \cdot R_{234}}{R_5 + R_{234}} \quad R_a := \frac{R_1 \cdot R_{2345}}{R_1 + R_{2345}}$$

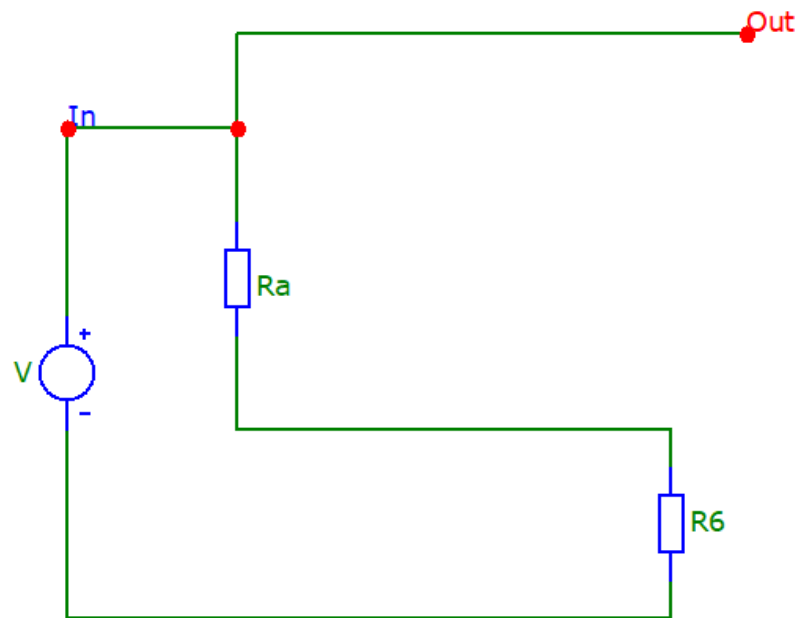


Рис. 8. Эквивалентное преобразование схемы для принужденного режима

$$R_{6a} := R_a + R_6$$

$$U_{np} := 1$$

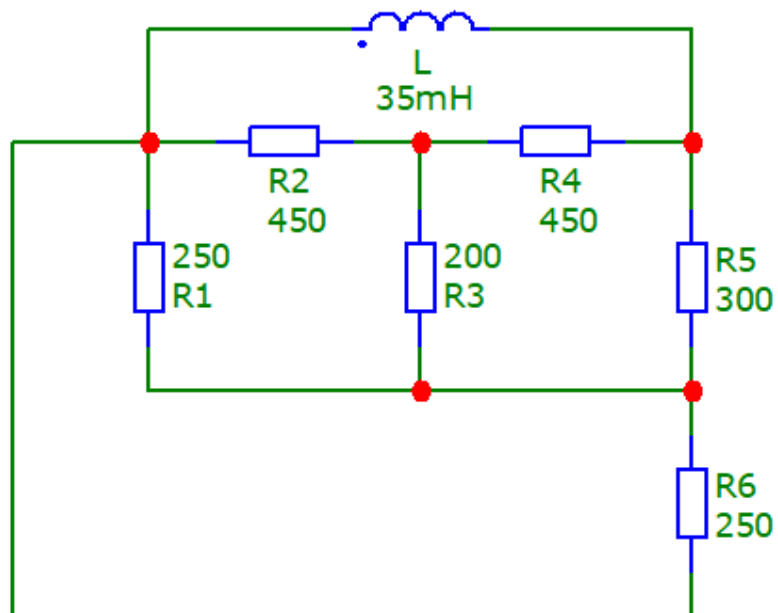


Рис. 9. Вспомогательная эквивалентная схема в свободном режиме

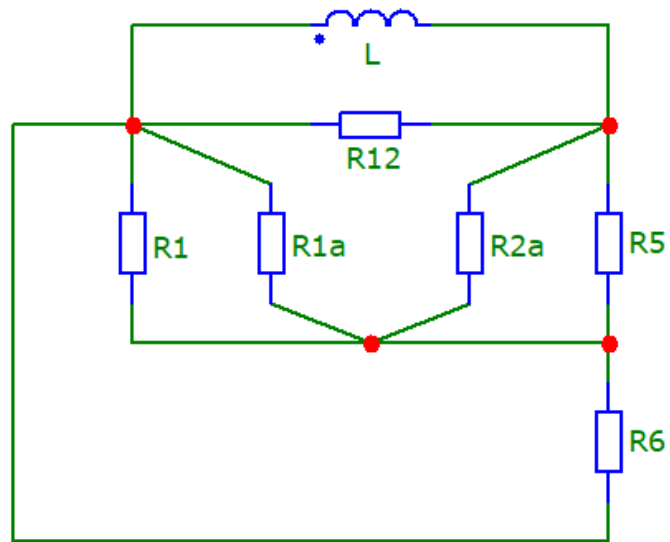


Рис. 10. Эквивалентное преобразование схемы в свободном режиме

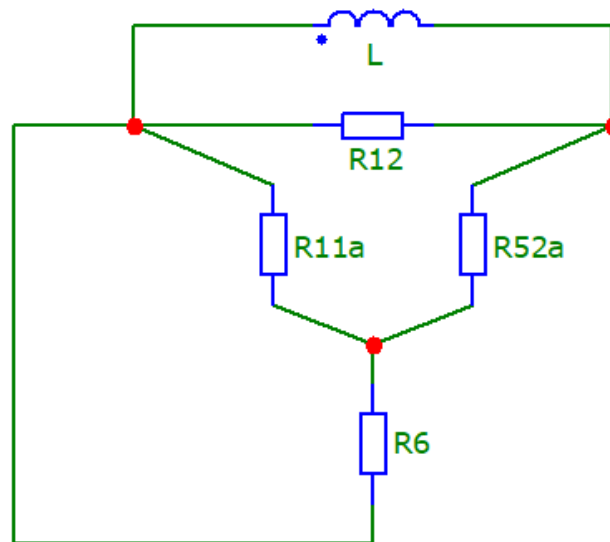


Рис. 11. Эквивалентное преобразование схемы в свободном режиме

$$R_{11a6} := \frac{R_{11a} \cdot R_6}{R_{11a} + R_6}$$

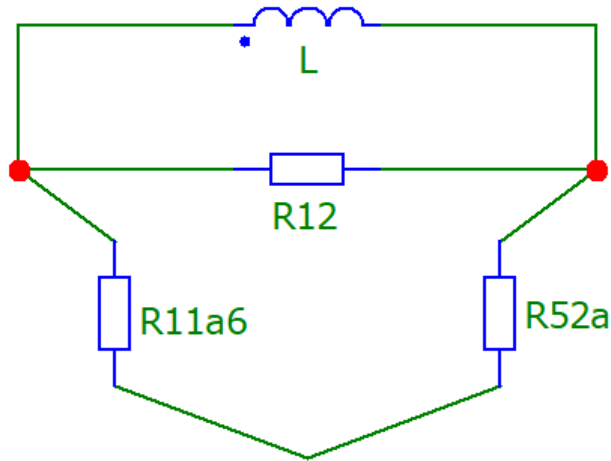


Рис. 12. Эквивалентное преобразование схемы в свободном режиме

$$\mathbf{R_{11a652}} := \mathbf{R_{11a6}} + \mathbf{R_{52a}}$$

$$\mathbf{R_3} := \frac{\mathbf{R_{11a652}} \cdot \mathbf{R_{12}}}{\mathbf{R_{11a652}} + \mathbf{R_{12}}}$$

Постоянная времени цепи: $\tau := \frac{L}{R_3}$ и ее численное значение: $\tau = 1.241 \times 10^{-4} \text{ C}$

Переходная характеристика: $\mathbf{h(t)} := \left[\mathbf{U_{np}} + \left(\mathbf{U_0} - \mathbf{U_{np}} \right) \cdot \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \right] \cdot \mathbf{one(t)}$

Импульсная характеристика: $\mathbf{q(t)} := \left[\frac{-\left(\mathbf{U_0} - \mathbf{U_{np}} \right)}{\tau} \cdot \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \right] \cdot \mathbf{one(t)}$

Строим переходную характеристику: $t := 0, (0.1 \cdot \tau) .. (15 \cdot \tau)$

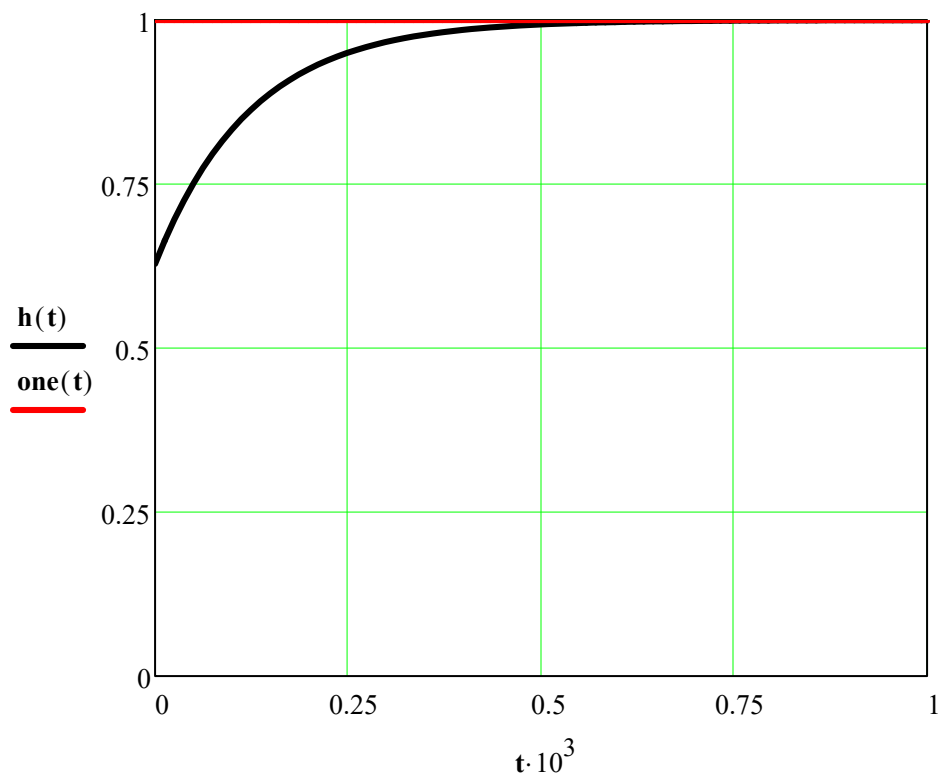


Рис. 13. Переходная характеристика

Строим импульсную характеристику:

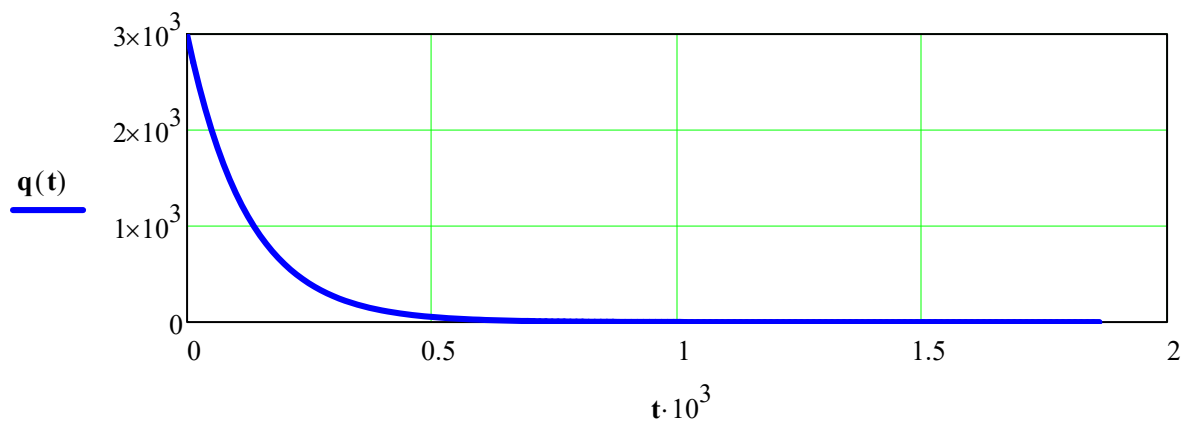


Рис. 14. Импульсная характеристика

$$uu_2(t) := \int_0^t q(t - g) dg + one(t) \cdot h(0)$$

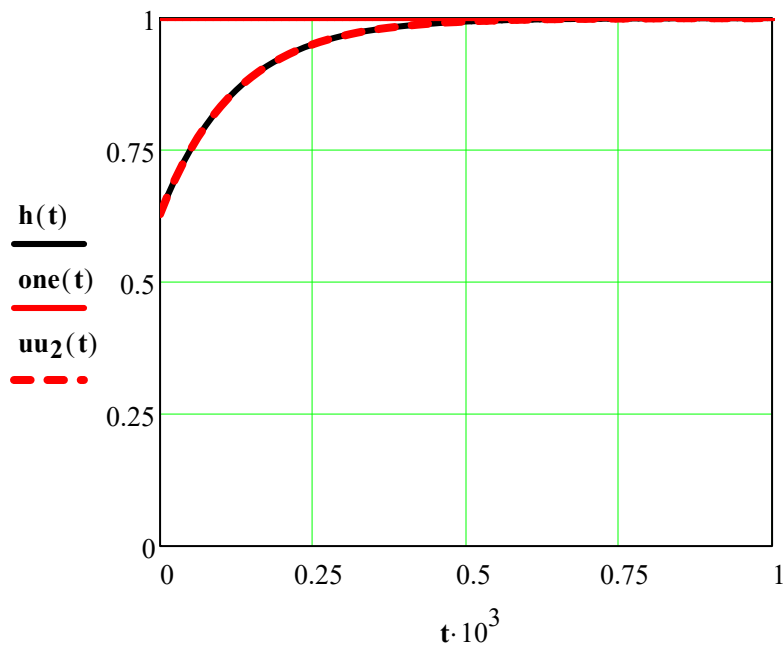


Рис. 15. Переходная характеристика

Расчет отклика линейной системы с помощью интеграла Дюамеля

Пусть заданы параметры функции воздействия (входного сигнала): $A := 5$, $B := 12$

Границы временных интервалов:

$$T := 25 \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{array}{ccccc} t1 := 0.2 \cdot T & t2 := 0.4 \cdot T & t3 := 0.47 \cdot T & t4 := 0.7 \cdot T & t5 := 0.95 \cdot T \\ t1 = 5 \times 10^{-3} & t2 = 0.01 & t3 = 0.012 & t4 = 0.018 & t5 = 0.024 \end{array}$$

Задаем вспомогательные функции:

$$a1(t) := -3 \cdot \sin \left[\pi \cdot \frac{(t - t1)}{(t2 - t1)} \right] + 2A$$

Входное напряжение задаем по интервалам:

$$u1(t) := \begin{cases} 2 \cdot A & \text{if } t \leq t1 \\ a1(t) & \text{if } t1 < t \leq t2 \\ \left[2 \cdot A + \left(\frac{A}{t3 - t2} \right) \cdot (t - t2) \right] & \text{if } t2 < t \leq t3 \\ \left[3 \cdot A + \left(\frac{-B \cdot 0.4}{t4 - t3} \right) \cdot (t - t3) \right] & \text{if } t3 < t \leq t4 \\ \left[A \cdot 2 - B \cdot 0.3 \cdot \sin \left[\pi \cdot \frac{(t - t4)}{(t5 - t4)} \right] \right] & \text{if } t4 < t \leq t5 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

График входного напряжения:

$$t := 0, (0.001 \cdot T) .. 1.2 \cdot T$$

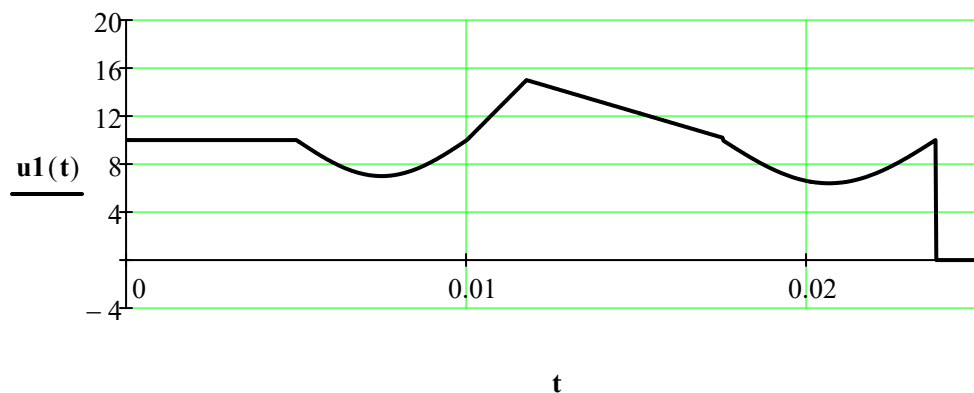


Рис. 16. График входного напряжения

Интеграл **свертки** позволяет проще (и быстрее) найти отклик системы:

$$uu_3(t) := u1(t) \cdot h(0) + \int_0^t u1(g) \cdot q(t - g) dg$$

График анализируемого напряжения:

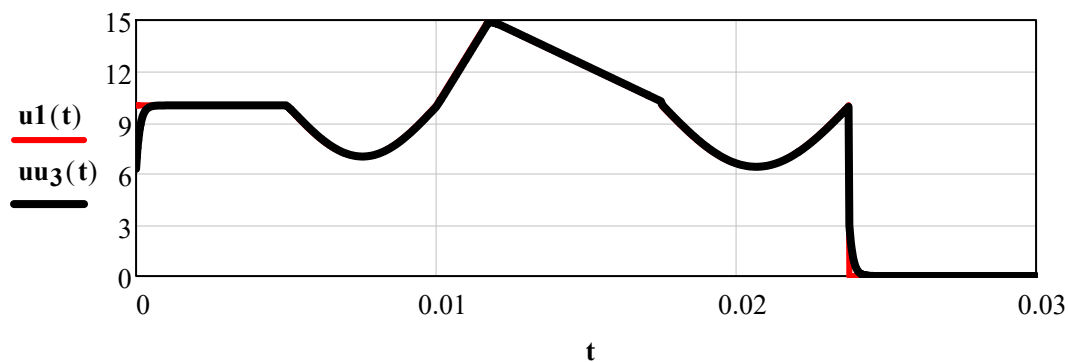


Рис. 17. График анализируемого напряжения

Теперь проведём анализ цепи в "ПК MicroCap 12":

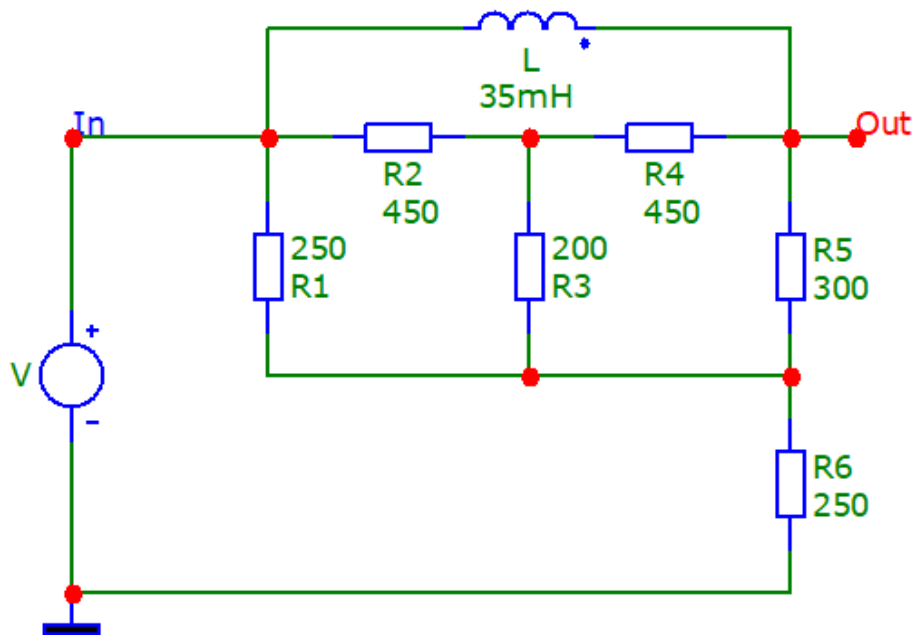


Рис. 18. Схема заданной цепи при моделировании в ПК "Micro-Cap 12"

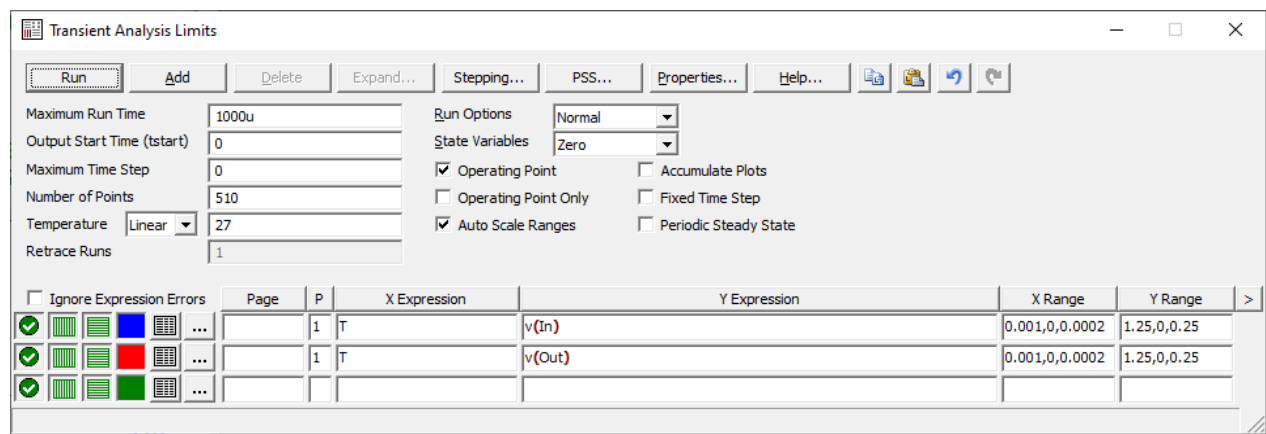


Рис. 19. Диалоговое окно TransientAnalysis Limits

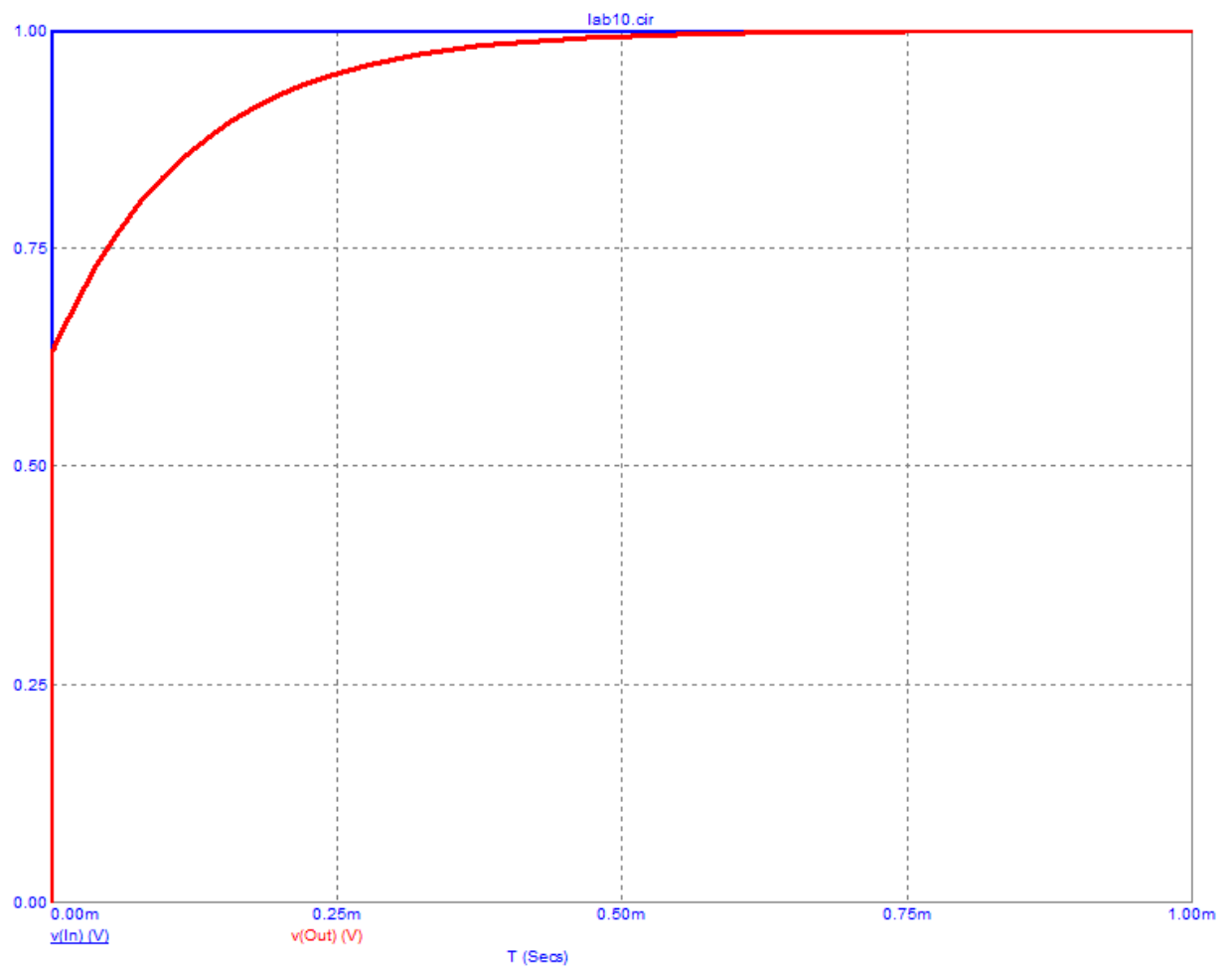


Рис. 20. Переходная характеристика при моделировании в ПК "Micro-Cap 12"

Вывод: Таким образом, расчетная и экспериментальная части совпали, а это означает что расчетная часть была выполнена правильно.