



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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10
по учебным дисциплинам
«Теоретические основы электротехники» и
«Основы компьютерного анализа электрических цепей»

**Исследование переходных и импульсных характеристик
линейных электрических цепей первого порядка**

(наименование темы)

Продолжительность 2 часа

г. Нижний Новгород
2021 г.

Составитель: М.Г. Тылес

Обсуждено на заседании кафедры

«_20_»_сентября_2020 г.

Протокол №_____

Литература:

1. Бычков Ю.А. Основы теории электрических цепей [Текст]: учебник для ВУЗов/ Ю. А. Бычков, В. М. Золотницкий, Э. П. Чернышев. – СПб.: «Лань», 2002. – 426 с.: ил.
2. Бакалов В. П. Основы анализа цепей [Текст]: учебное пособие для ВУЗов/ В. П. Бакалов, О.Б. Журавлева, Б.И. Крук – М.: Горячая линия – Телеком, Радио и связь, 2007. – 591 с.: ил.
3. Тылес М.Г. Схемотехническое моделирование электронных и электрических устройств в среде программного комплекта Micro-CAP 11. [Текст]: учеб. пособие/ М. Г. Тылес - Нижний Новгород: ВВФ МТУСИ, 2019. - 65 с., ил.
4. Тылес М. Г. Теория электрических цепей и компьютерный анализ режимов. Часть 1. Установившиеся режимы в линейных электрических цепях. [Текст]: учеб. пособие/ М. Г. Тылес – Нижний Новгород: ВВФ МТУСИ, 2020. – 297 с., ил.
5. Тылес М. Г. Теория электрических цепей и компьютерный анализ режимов. Часть 2. Переходные процессы в линейных электрических цепях [Текст]: учеб. пособие/ М. Г. Тылес – Нижний Новгород: ВВФ МТУСИ, 2020 – 214 с., ил.
6. Лосев А.К. Теория линейных электрических цепей [Текст]: учебник для ВУЗов/ А.К. Лосев. – М.: Высшая школа, 1987. – 512 с.: ил.
7. Попов В. П. Основы теории цепей [Текст]: учебник для ВУЗов/ В. П. Попов. - М.: Высшая школа, 2005. – 496 с.: ил.
8. Белецкий А. Ф. Теория линейных электрических цепей [Текст]: учебник для ВУЗов/ А. Ф. Белецкий. - М.: Радио и связь, 1986. – 544 с.: ил.

УЧЕБНО – МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Компьютерный класс, ПЭВМ, ПК *MicroCAP-12* , ПК *MathCAD* .

Исследование переходных и импульсных характеристик линейных электрических цепей первого порядка

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

1. Исходные данные

Каждый студент (бригада) получает от преподавателя индивидуальное задание – одну из схем линейных цепей, изображенных на рисунках 1÷26. Параметры элементов приведены в табл. 1. Вариант задания состоит из номера схемы, предназначенной для исследований, и номера варианта значений параметров элементов, например, 5-2.

Варианты схем и параметров элементов брать в соответствии с табл. 2

Параметры элементов

Таблица 1

Элементы		$R1, \text{ Ом}$	$R2, \text{ Ом}$	$R3, \text{ Ом}$	$R4, \text{ Ом}$	$R5, \text{ Ом}$	$R6, \text{ Ом}$	$C1, \text{ нФ}$	$L1, \text{ мГн}$
Варианты	<i>1</i>	150	300	350	300	200	150	50	30
	<i>2</i>	200	200	300	200	190	200	100	45
	<i>3</i>	250	450	200	450	300	250	150	35
	<i>4</i>	450	350	500	350	250	450	200	25
	<i>5</i>	120	700	160	70	170	810	80	18
	<i>6</i>	180	200	245	320	150	230	70	27
	<i>7</i>	315	450	200	450	300	250	125	40
	<i>8</i>	212	350	300	350	250	400	170	32

Номера схем и параметров элементов

Таблица 2

№ в списке группы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Схема	<i>4</i>	<i>26</i>	<i>23</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>18</i>	<i>2</i>	<i>25</i>	<i>19</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>1</i>	<i>3</i>
Параметры	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>3</i>	<i>5</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
№ в списке группы	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Схема	<i>16</i>	<i>6</i>	<i>17</i>	<i>5</i>	<i>7</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>13</i>	<i>24</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>11</i>	<i>18</i>
Параметры	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>5</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>3</i>	<i>5</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
№ в списке группы	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Схема	<i>16</i>	<i>12</i>	<i>14</i>	<i>25</i>	<i>5</i>	<i>22</i>	<i>13</i>	<i>7</i>	<i>13</i>	<i>24</i>	<i>8</i>	<i>19</i>	<i>21</i>	<i>4</i>
Параметры	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>5</i>	<i>8</i>	<i>3</i>	<i>8</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>

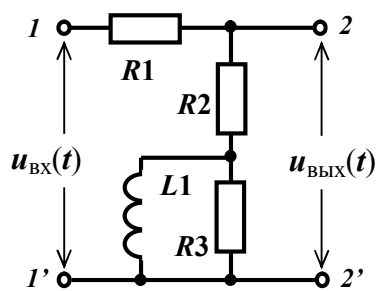


Рис. 1

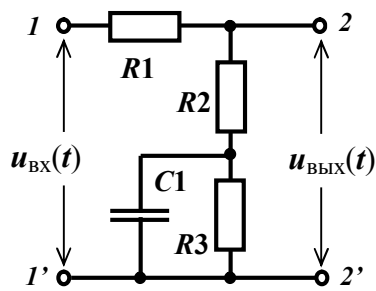


Рис. 2

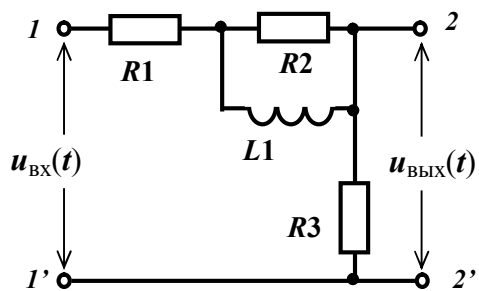


Рис. 3

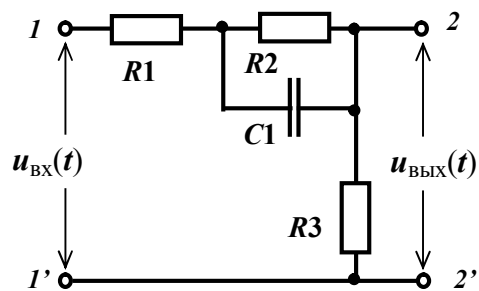


Рис. 4

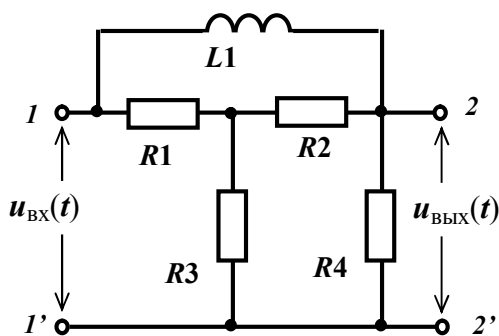


Рис. 5

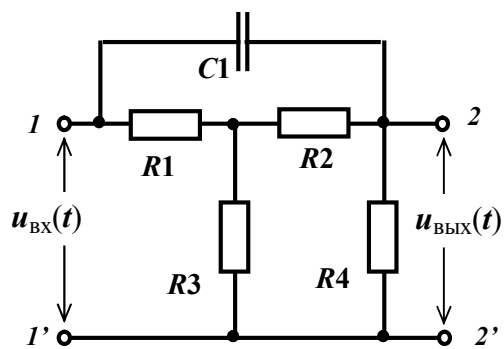


Рис. 6

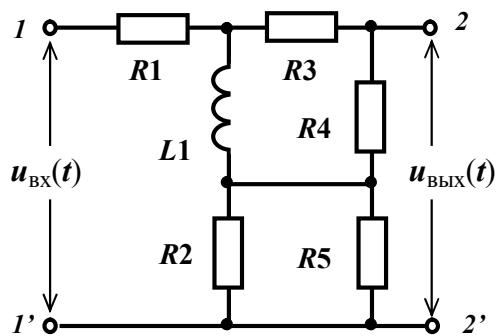


Рис. 7

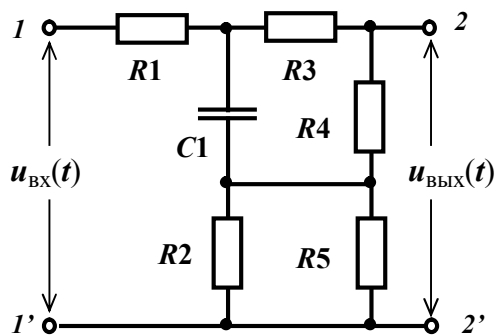


Рис. 8

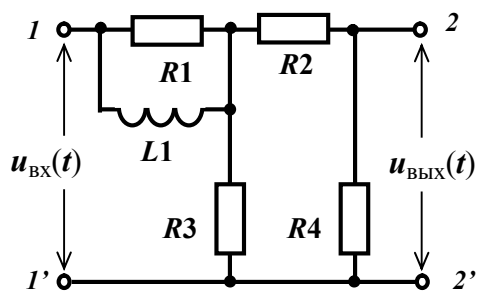


Рис. 9

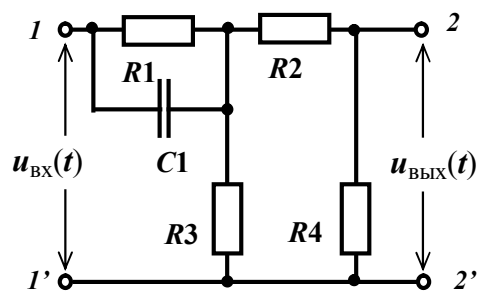


Рис. 10

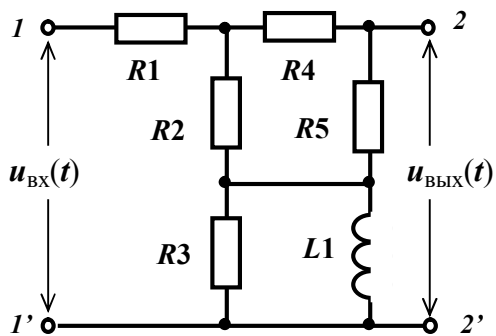


Рис. 11

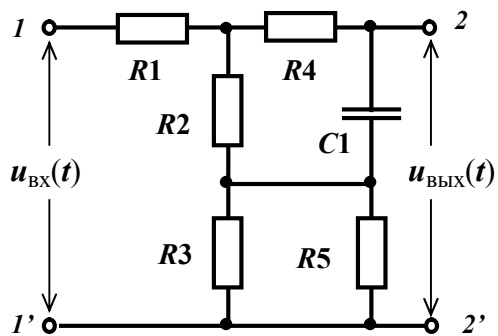


Рис. 12

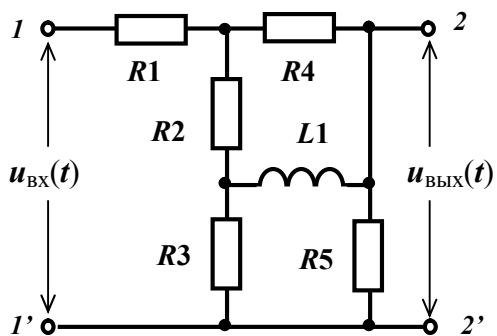


Рис. 13

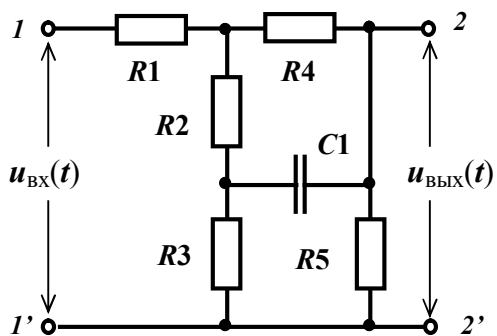


Рис. 14

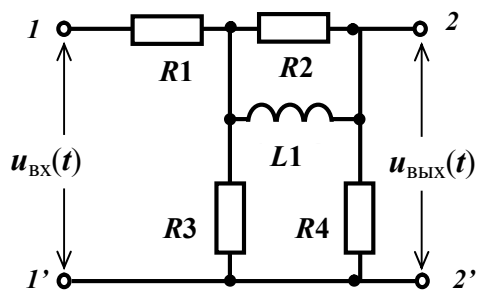


Рис. 15

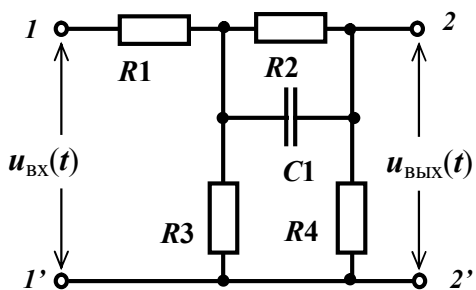


Рис. 16

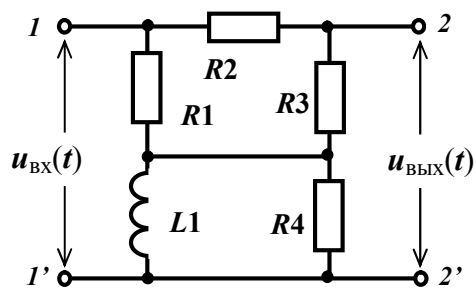


Рис. 17

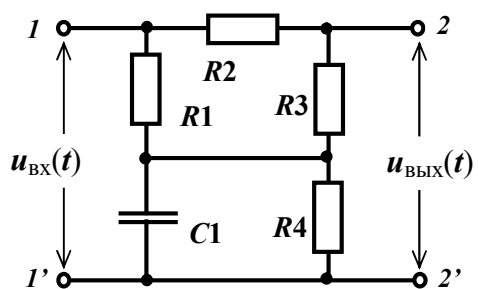


Рис. 18

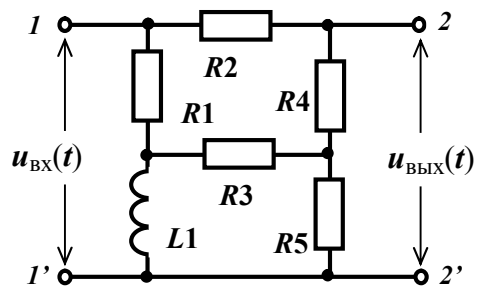


Рис. 19

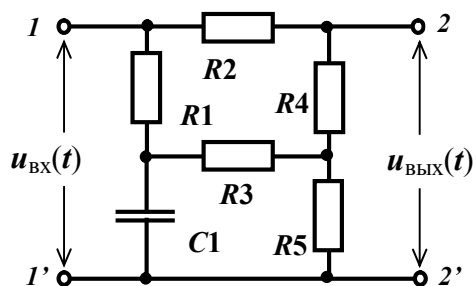


Рис. 20

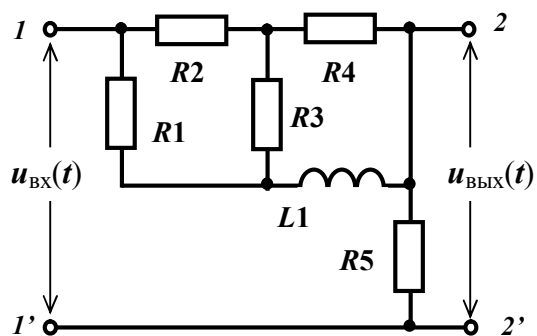


Рис. 21

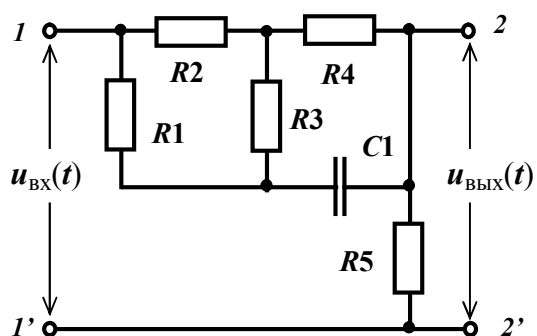


Рис. 22

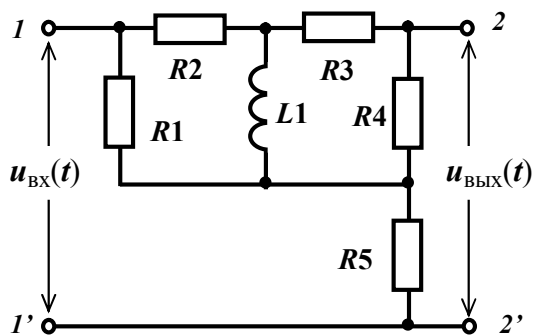


Рис. 23

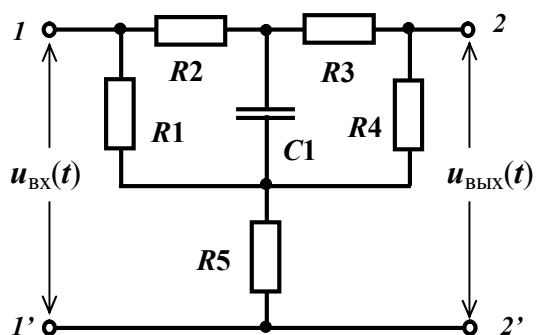


Рис. 24

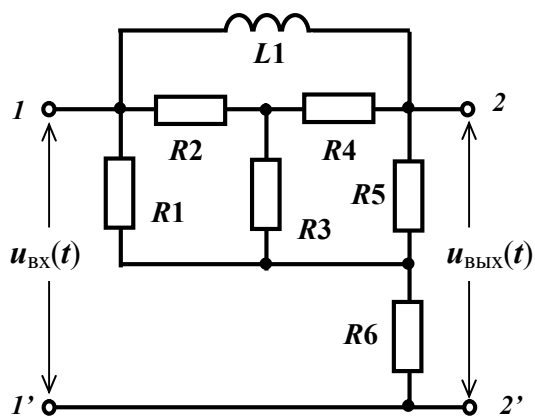


Рис. 25

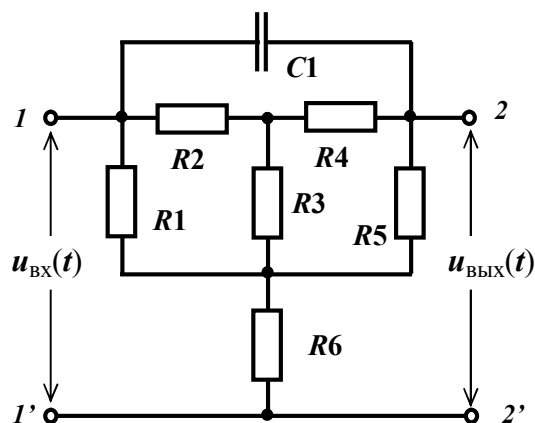


Рис. 26

2. Содержание исследований

2.1. Расчет переходной и импульсной характеристик заданной цепи классическим методом: получение аналитических выражений, построение графиков при использовании ПК **MathCAD**. Студентам предлагается взять за основу какой-либо файл с примером и выполнить индивидуальное задание, редактируя содержание файла.

2.2. Получение изображения переходной характеристики посредством моделирования процессов с помощью ПК **Micro-Cap 12**.

2.3. Сопоставление результатов расчетов и моделирования. Оформление отчета.

Инструкция по выполнению моделирования в среде ПК **Micro-Cap 12**

Предположим, что схема цепи, заданной Вам для исследований (работа выполняется бригадой из двух человек), представлена на рис. 13, а параметры элементов соответствуют варианту 5.

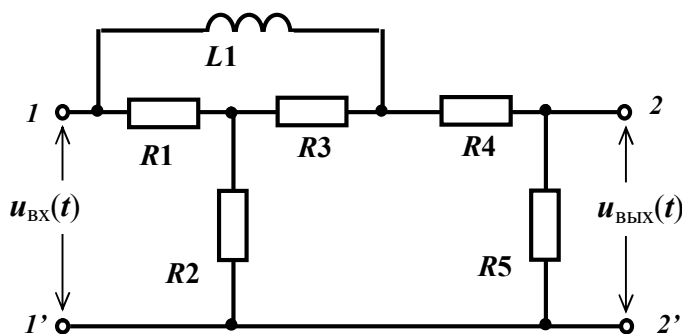


Рис. 13

Элементы	$R1$, Ом	$R2$, Ом	$R3$, Ом	$R4$, Ом	$R5$, Ом	$C1$, нФ	$L1$, мГн
Вариант. 5	120	700	160	70	810	80	18

Переходная характеристика $h(t)$ - реакция электрической цепи в виде выходного напряжения на воздействие на входе идеального единичного скачка напряжения при нулевых начальных условиях (независимых).

Единичный скачок $1(t)$ представляется непериодической функцией: после скачка в момент $t = 0$ с уровня 0 до уровня 1 она остается постоянной.

В ПК **Micro-Cap 12** процессы, протекающие во времени (переходные процессы), исследуются в периодических режимах - **Transient Analysis (Alt+1)**.

Для моделирования переходной характеристики будем использовать воздействие (входной сигнал) в виде периодической последовательности прямоугольных импульсов такой большой длительности, что все переходные процессы в цепи успевают закончиться. Поэтому реакция на действие такого длинного импульса будет совпадать с переходной характеристикой.

Итак, приступаем к моделированию.

Я даю очень подробные пояснения. Не обижайтесь, если они покажутся Вам нудными.

1.1. Ввод принципиальной схемы



Запуск программы **Micro-Cap 12** производится щелчком мыши по пиктограмме, которая создается на рабочем столе при установке ПК. При запуске программы открывается окно (рис.1), в котором изображается схема моделируемой электронной цепи (закладка **Main**).

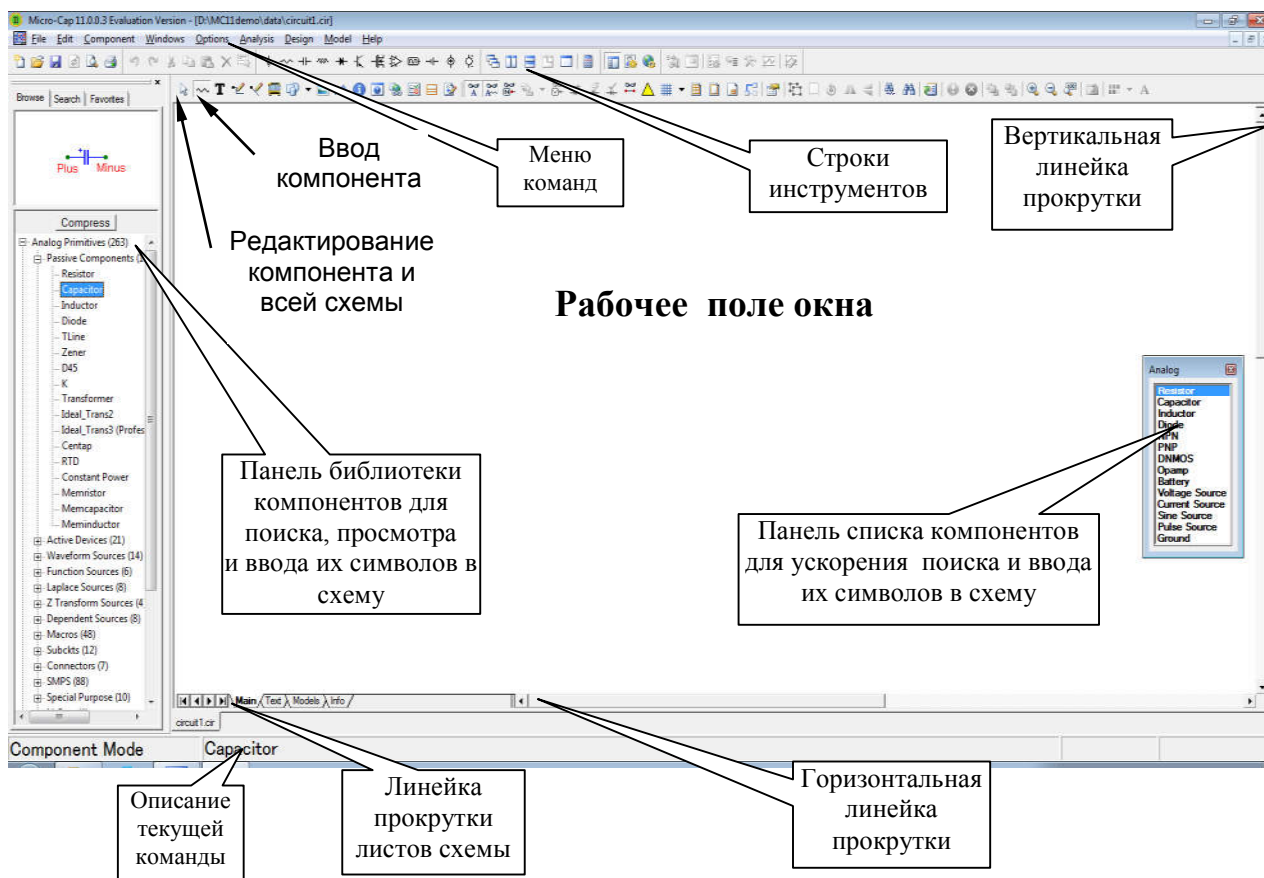


Рис. 14. Рабочее поле ПК **Micro-Cap 12**

Для создания новой схемы необходимо нажать кнопку на левом краю верхнего ряда строки инструментов.

Компоненты размещаются на схеме следующим образом.

В меню **Component** или в панелях, показанных на рис. 14, из раздела **Analog Primitives** выбирается нужный компонент. Резисторы (Resistor), индуктивности (Inductor) и конденсаторы (Capacitor) находятся в подразделе **Passive components**, источники сигналов – в подразделе **Waveform Sources**. Мы будем использовать панель для быстрого ввода. Она выводится на поле после нажатия комбинации «Ctrl+1».

Положение компонентов на рабочем поле «привязано» к узлам сетки.

Для удобства построения схемы эту сетку можно сделать видимой, нажав на кнопку Grid

Сборку схемы начинаем с источника прямоугольных импульсов. Для этого на панели быстрого ввода выбираем **Voltage Source** и помещаем источник на поле. После нажатия левой кнопки мыши появляется панель для задания параметров этого многофункционального источника (рис. 15).

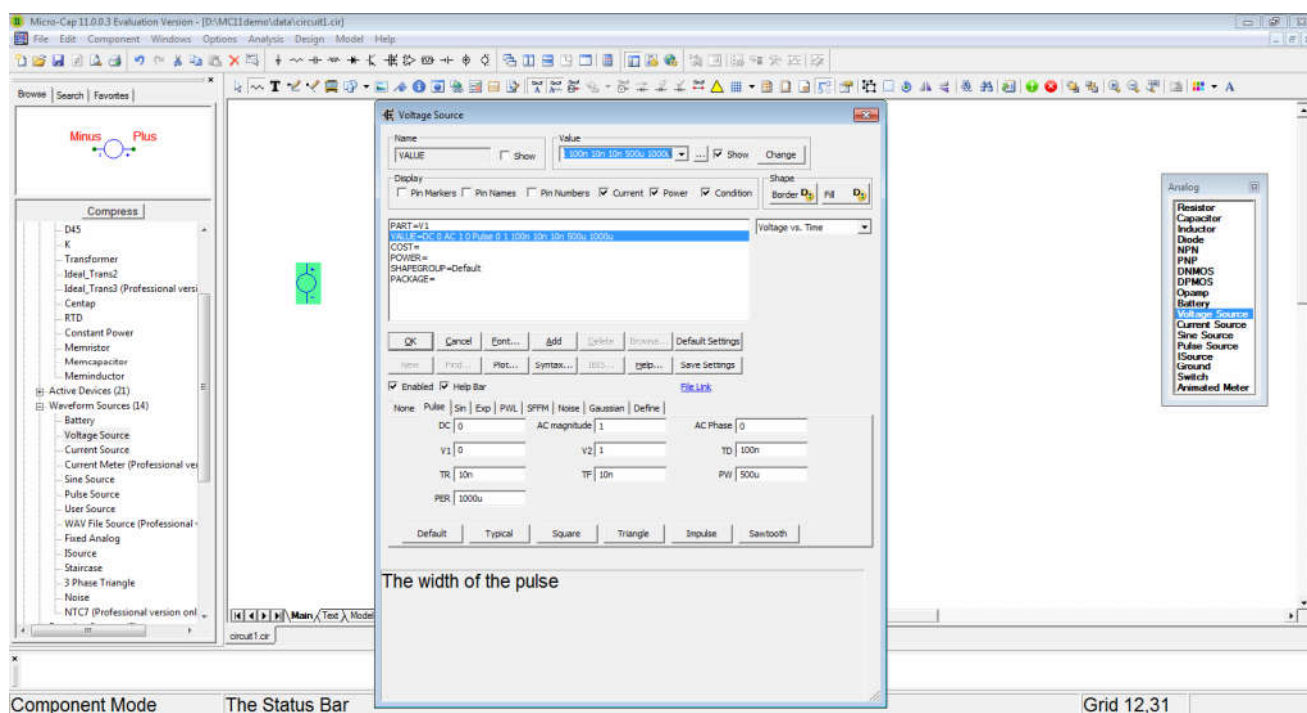


Рис. 15

Параметры источника в выделенной строчке редактируем по размеру, используя кнопку **Font**, устанавливаем 8 кегль вместо 15, который стоит по умолчанию. Для того, чтобы эти параметры выводились на рабочее поле ставим галочку в окошке «Show». Так же уменьшаем размер обозначения источника V1 в первой строчке.

Далее вводим резисторы, используя ту же панель быстрого ввода. Набрасываем их сразу друг за другом на рабочее поле, не соединяем пока (рис. 16). Каждый раз уменьшаем размеры обозначений параметров и самого элемента, используя кнопки **Font**, как в предыдущем случае с источником.

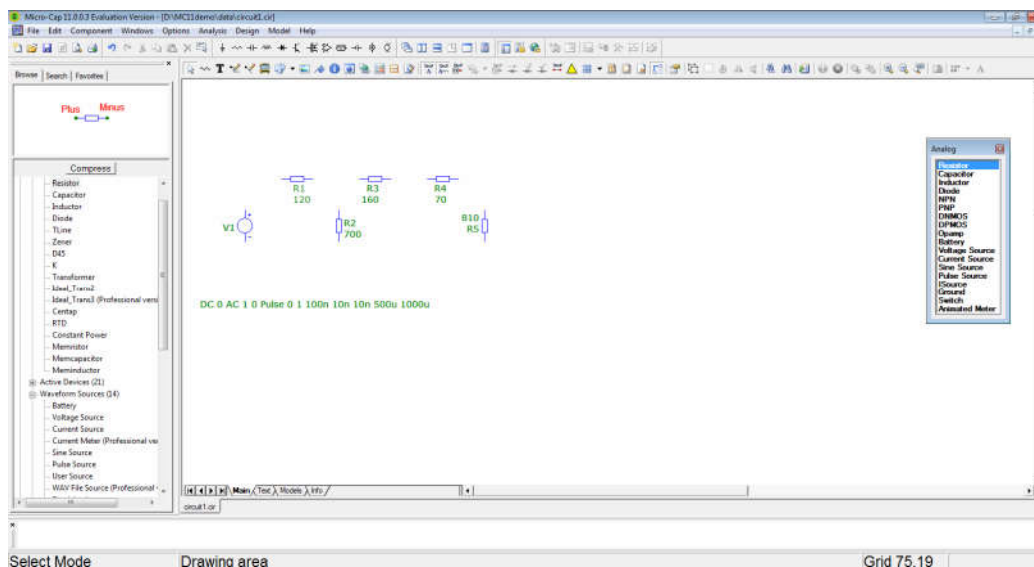


Рис. 16

Вводим индуктивность, уменьшая размеры всех надписей
Увеличиваем размер изображения (рис.17), нажав на кнопку «+».

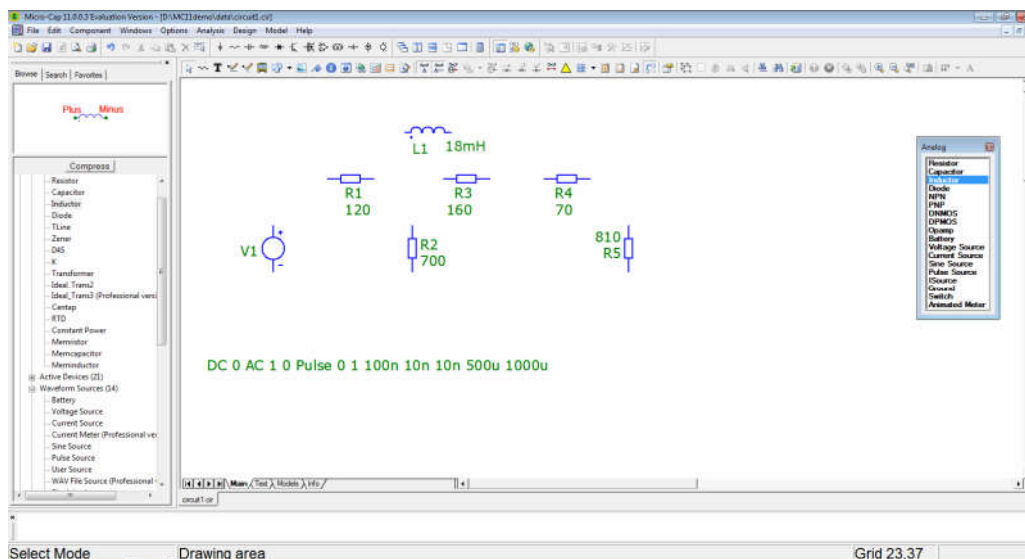


Рис. 17

Соединяем элементы проводниками и добавляем «**Ground**» из той же панели быстрого ввода (рис. 18). Затем, используя текстовый ввод (клавиша «Т» во втором ряду инструментов), создаем две метки «In» и «Out». Придвигаем эти метки к проводам схемы (рис. 20).

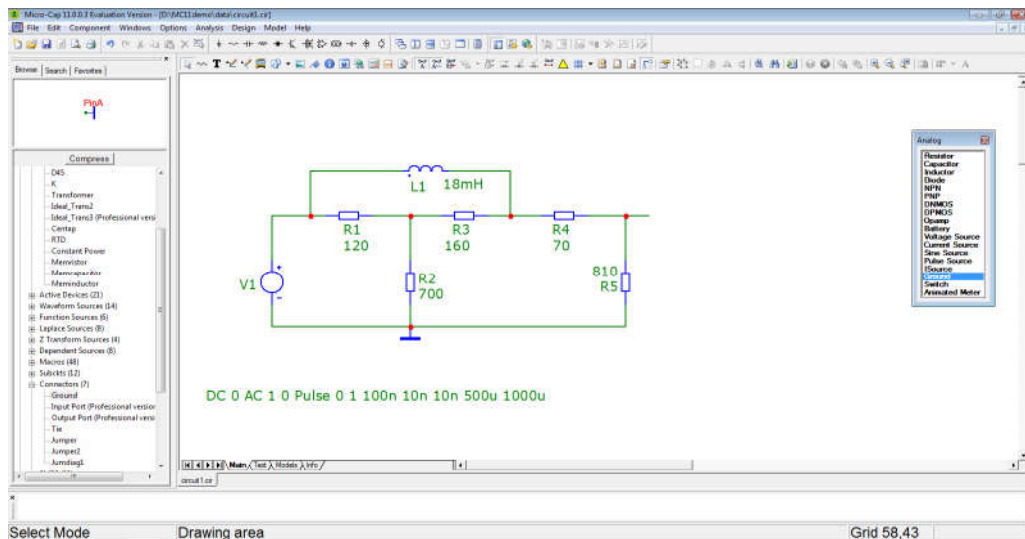


Рис. 18

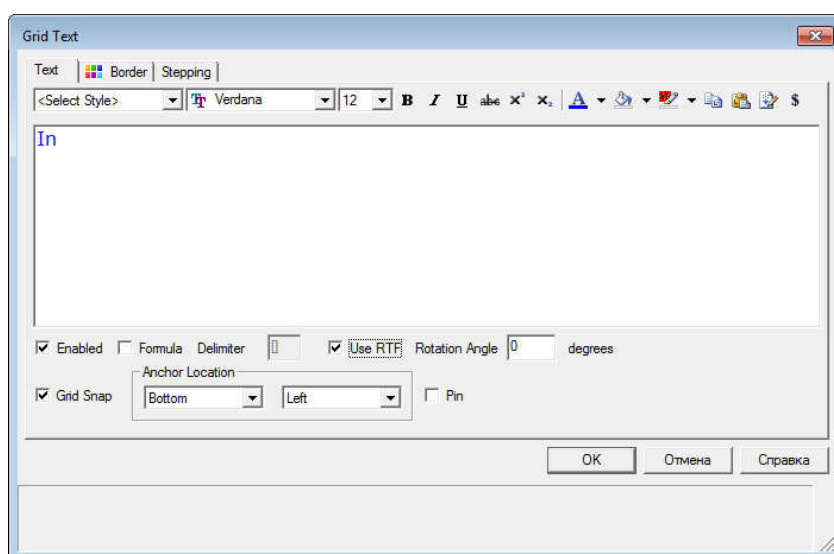


Рис. 19

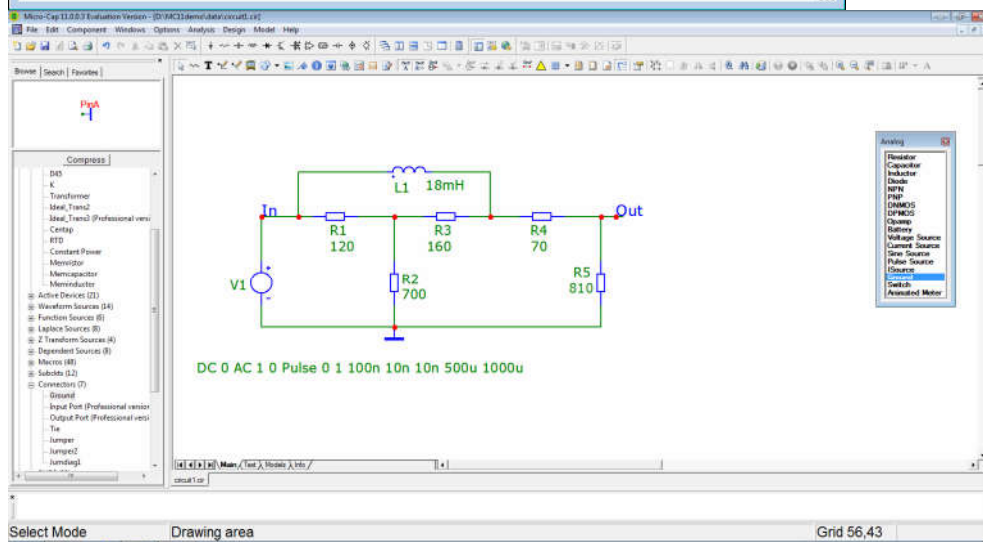


Рис. 21

Теперь можно проводить анализ процессов. Вызываем **Transient Analysis (Alt+1)**. Появляется панель редактирования режима анализа (рис. 22). В графе «Time Range» устанавливаем время анализа 500 мкс (длительность импульса), Устанавливаем автоматический выбор шкал графика

Переходная характеристика цепи (после редактирования толщины линий) представлена на рис.23. Видим, что процесс установился.

Для редактирования толщины линий нужно щелкнуть дважды по графику и в открывшейся панели выбрать «Colors, Fonts and Lines»/

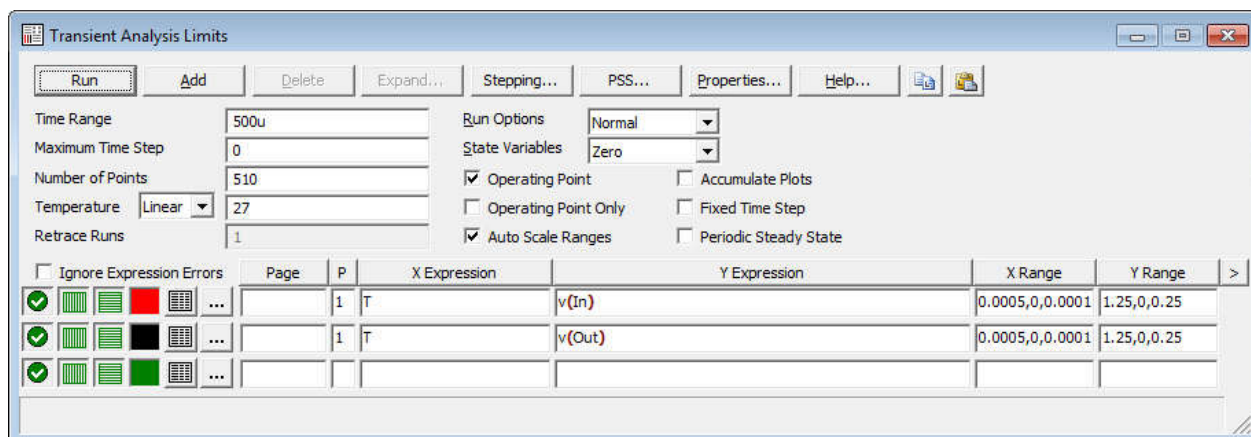


Рис. 22

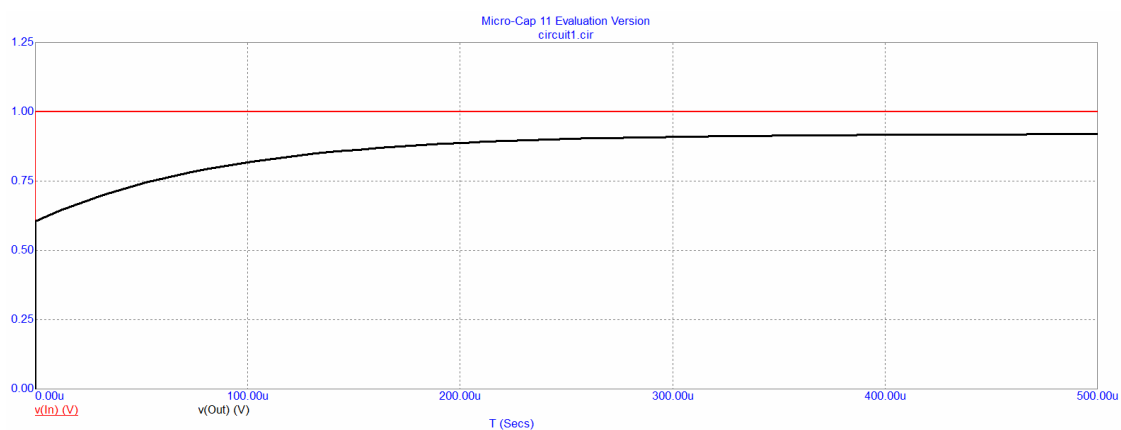


Рис. 23

Для отчета нужна схема (после обрезки излишков), приведенная ниже

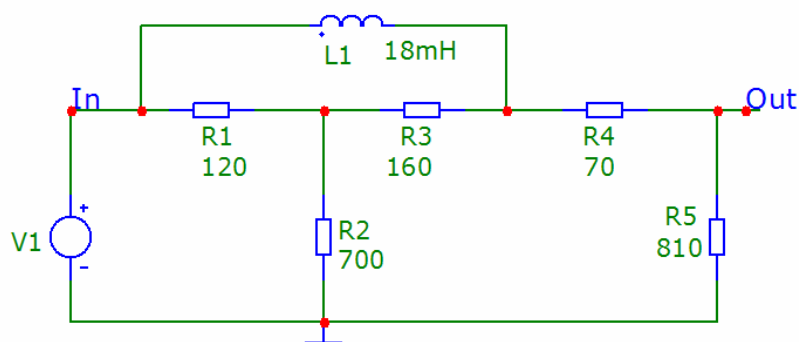


Рис. 22

DC 0 AC 1 0 Pulse 0 1 100n 10n 10n 500u 1000u