

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Севастопольский государственный университет»

# **Исследование цепей постоянного и переменного тока**

## **Методические указания**

к выполнению лабораторной работы

для студентов, обучающихся по направлению

**09.03.02 “Информационные системы и технологии”**

дневной и заочной формы обучения

**Севастополь 2016**

УДК 004.732

**Исследование цепей постоянного и переменного тока.** Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине "Электроника" / Сост. В.С. Чернега — Севастополь: Изд-во СевГУ, 2016 — 11 с.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине "Электроника". Целью методических указаний является помощь студентом в освоении методов расчета простейших электрических цепей постоянного и переменного тока и экспериментального исследования свойств таких цепей. Излагаются теоретические и практические сведения необходимые для выполнения лабораторной работы, программа исследований, требования к содержанию отчета.

Методические указания рассмотрены и утверждены на методическом семинаре и заседании кафедры информационных систем (протокол № 1 от 29 августа 2016 г)

Допущено учебно-методическим центром СевГУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Кротов К.В., канд. техн. наук, доцент кафедры ИС

## Лабораторная работа

### Исследование цепей постоянного и переменного тока

#### 1. Цель работы

Экспериментальные исследования цепей постоянного и переменного тока. Приобретение практических навыков измерения электрических параметров с помощью электро- и радиоизмерительных приборов.

#### 2. Основные теоретические положения

В электронных устройствах информационно-вычислительной техники широко используются делители напряжения на резисторах (рис.2.1). Они применяются для уменьшения значения входного (питающего) напряжения, задания требуемых напряжений в некоторых точках схемы, установки смещений в усилительных каскадах.

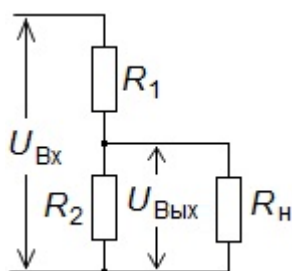


Рисунок 2.1 Схема делителя напряжения

Выходное напряжение делителя  $U_{\text{Вых}}$  зависит от значения входного (питающего) напряжения  $U_{\text{Вх}}$  и значения сопротивления резисторов. Чтобы уменьшить влияние сопротивления нагрузки на выходное напряжение  $U_{\text{Вых}}$  делителя и обеспечения точности делителя напряжения, необходимо выполнять сопротивление резистора  $R_2$  должно быть приблизительно на два порядка меньше (в 100 раз) сопротивления нагрузки  $R_{\text{н}}$  подключаемой к выходу делителя. Если высокая точность не нужна, то эту разницу можно снизить до 10 раз.

Выходное напряжение  $U_{\text{Вых}}$  по известным значениям входного напряжения  $U_{\text{Вх}}$  и сопротивлений резисторов  $R_1$ ,  $R_2$ , с учетом большого сопротивления нагрузки вычисляется на основании закона Ома по формуле:

$$U_{\text{Вых}} = \frac{U_{\text{Вх}} R_2}{R_1 + R_2}. \quad (2.1)$$

Пример: Рассчитать параметры делителя при входном напряжении 12 В, если напряжение на сопротивлении нагрузки величиной 1 кОм должно быть 3 В.

Решение: Так как  $R_{\text{н}}=1$  кОм, то сопротивление  $R_2$  выбираем равным 10 Ом.  $R_1$  находим из формулы 2.1.

$$R_1 = \frac{(U_{\text{Вх}} - U_{\text{Вых}}) R_2}{U_{\text{Вых}}}.$$

Подставив значения входного  $U_{\text{Вх}}$  и выходного  $U_{\text{Вых}}$  напряжений и резистора  $R_2$ , получим  $R_1 = 30$  Ом.

Определим рассеиваемую мощность резисторов по формуле  $P=I^2R$ . Здесь  $I$  – ток делителя, равный  $U_{Bx}/(R_1+R_2)=12/40=0,3$  А.

Для резистора  $R_1$ :  $P_1 = 0,3^2 \cdot 30 = 2,7$  Вт. Выбираем резистор с ближайшей большей рассеиваемой мощностью 3 Вт. Для резистора  $R_2$ :  $P_1 = 0,3^2 \cdot 10 = 0,9$  Вт. Выбираем резистор со стандартной мощностью  $P_2=1$  Вт.

В качестве  $R_2$  делителя напряжения также может применяться сама нагрузка с её внутренним сопротивлением  $R_n$ . В таком случае,  $R_2$  приравнивается к сопротивлению нагрузки  $R_n$ , и используются те же формулы, которые применимы к двум независимым резисторам.

Очень широко в электронных схемах применяются также RC-цепочки (рис.2.2). Они выполняют функции фильтров, элементов задержки, а также интегрирующих и дифференцирующих цепочек в цифровых схемах.



Рисунок 2.2 – Дифференцирующая (а) и интегрирующая (б) цепочки

RC-цепочки представляют собой четырехполюсник (2 провода на входе и два на выходе). Важнейшей характеристикой четырехполюсника является его комплексный коэффициент передачи  $K(j\omega)$ , т.е. зависимость напряжения (или тока) на выходе четырехполюсника от напряжения (тока) на его входе от частоты входного сигнала. Эта зависимость носит комплексный характер, т.е., изменяется не только напряжение или ток на выходе, но и фаза выходного напряжения (тока) по отношению к фазе входного сигнала. Математически эта зависимость выражается с помощью комплексных чисел (действительно и мнимой частей).

$$\dot{K}_U(j\omega) = \frac{\dot{U}_{\text{вых}}(j\omega)}{\dot{U}_{\text{вх}}(j\omega)}; \quad \dot{K}_I(j\omega) = \frac{\dot{I}_{\text{вых}}(j\omega)}{\dot{I}_{\text{вх}}(j\omega)}.$$

Коэффициент передачи можно представить в комплексной форме в виде:

$$\dot{K}(j\omega) = K(\omega)e^{j\varphi(\omega)}.$$

где  $K(\omega)$  – модуль коэффициента передачи;  $\varphi(\omega)$  – аргумент (фаза) коэффициента передачи.

Зависимость  $K(\omega)$  называют амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) четырехполюсника, а зависимость  $\varphi(\omega)$  – фазо-частотной характеристикой (ФЧХ).

Коэффициент передачи для цепочки (рис.2.2,б) можно рассчитать на основании закона Ома. Он равен

$$K(j\omega) = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega\tau},$$

где  $\tau = RC$  – постоянная времени цепочки, это время, в течение которого напряжение на конденсаторе изменяется в  $e \approx 2,7$  раз ( $\approx$  на 37% от исходного значения).

Дифференцирующая цепочка отличается от интегрирующей тем, что выходное напряжение снимается с резистора, а не с конденсатора. Выражение для коэффициента передачи такой цепи определяется по формуле

$$K(j\omega) = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau}.$$

Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики интегрирующей и дифференцирующей цепей показаны соответственно на рисунках 2.3а и б. Как видно из графиков, интегрирующая цепочка является фильтром нижних частот (ФНЧ), а дифференцирующая – фильтром верхних частот (ФВЧ).

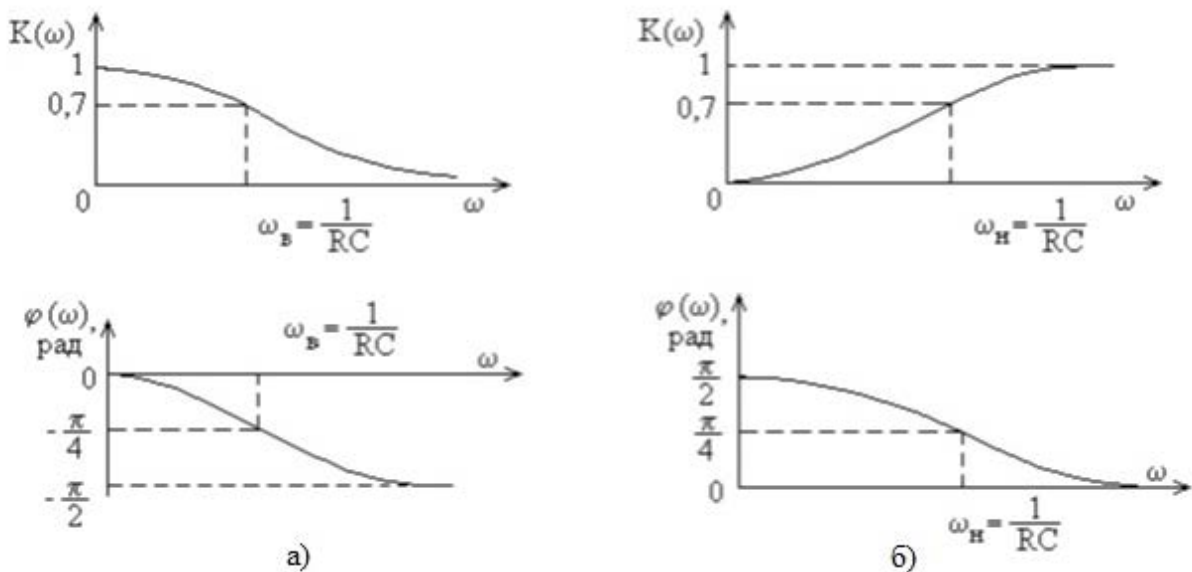


Рисунок 2.3 – АЧХ и ФЧХ интегрирующей (а) и дифференцирующей (б) RC-цепочек

Вид АЧХ интегрирующей и дифференцирующих цепочек в логарифмическом масштабе показан на рис.2.4 а и б.

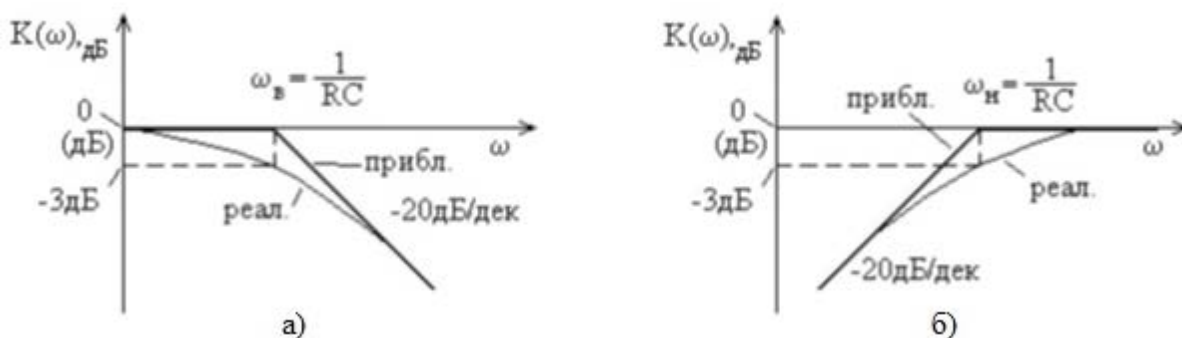


Рисунок 2.4 – Логарифмические АЧХ и ФЧХ интегрирующей (а) и дифференцирующей (б) цепочек

### 3. Описание лабораторной установки и методика создания и исследования схем

Лабораторная установка состоит из персонального компьютера, на котором установлены система симулирования электронных и микропроцессорных систем Proteus VSM. Proteus VSM по умолчанию устанавливается в папку C:\Program\Files\ Labcenter Electronics\Proteus. При запуске программы **ISIS.exe** появляется основное окно (Рисунок 3.1). Оно в свою очередь состоит из нескольких окон.

Самое большое пространство отведено под Рабочее окно, в котором выполняются все основные процессы создания, редактирования и отладки схемы устройства. Слева сверху маленькое окно предварительного просмотра (Overview Window) с его помощью можно перемещаться по окну редактирования (щелкая левой кнопкой мыши по окну предварительного просмотра, можно перемещать окно редактирования по схеме, если схема не вмещается в окно).

Все возможные функции и инструменты Proteus VSM доступны через меню, расположенное в самом верху основного окна программы, через пиктограммы находящиеся под меню и в левом углу основного окна, а также через горячие клавиши, которые могут переназначаться пользователем.

В самом низу основного окна расположены: слева направо кнопки вращения и разворота объекта вокруг своей оси, панель управления интерактивной симуляцией (функции: ПУСК-ПОШАГОВЫЙ РЕЖИМ-ПАУЗА-СТОП). В строке журнала событий отображаются ошибки, подсказки, текущее состояние процесса симуляции и т.д., а также координаты курсора, которые отображаются в дюймах.

Перед созданием и моделированием исследуемой схемы необходимо сначала на бумаге начертить эту схему, затем выполнить следующие действия:

1. Создать новый проект, для чего в меню Файл выбрать соответствующую опцию (при запуске ISIS.exe он создаётся по умолчанию, как и в любой другой программе).

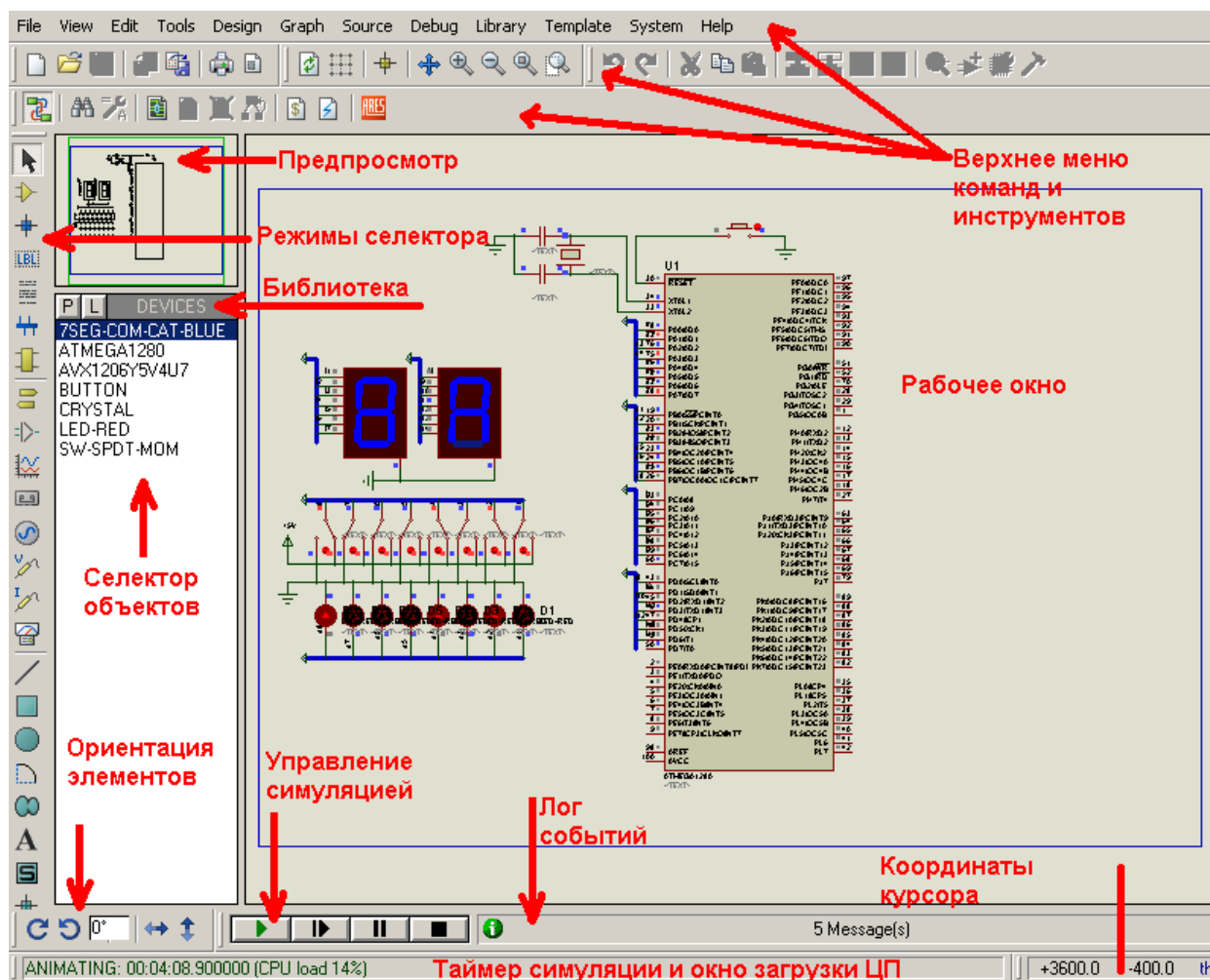


Рисунок 3.1 – Главное окно системы Proteus VSM

2. Зайти в библиотеку компонентов через клавиши меню «Библиотека-Выбор устройства» или нажав кнопку «P» в окне DEVICES (Рисунок 3.2).

3. Выбрать нужные компоненты. При выборе элементов можно воспользоваться группами элементов (в библиотеке элементы сгруппированы по классам), а можно поиском, для чего в строку keywords (Маска) необходимо ввести имя требуемого элемента, после выбора каждого элемента нажать ОК, после чего снова можно зайти в библиотеку. Компоненты набираются по одному экземпляру, размножить их можно уже потом просто выбирая в списке Object Selector.

Для того чтобы изменять параметры объектов, их нужно сначала выделить, что можно сделать только на остановленном проекте. Для выделения одного объекта надо щелкнуть по нему правой кнопкой мыши. Для выделения группы выделить первый элемент, затем нажать CTRL и последовательно щелкать левой кнопкой мыши по всем необходимым объектам. Выделять объекты надо осторожно, повторный щелчок правой кнопкой мыши по выделенному объекту удалит его, (удалить выделенные объекты можно еще, нажав кнопку DELETE). После выбора всех элементов схемы осуществляется переход к следующему пункту.

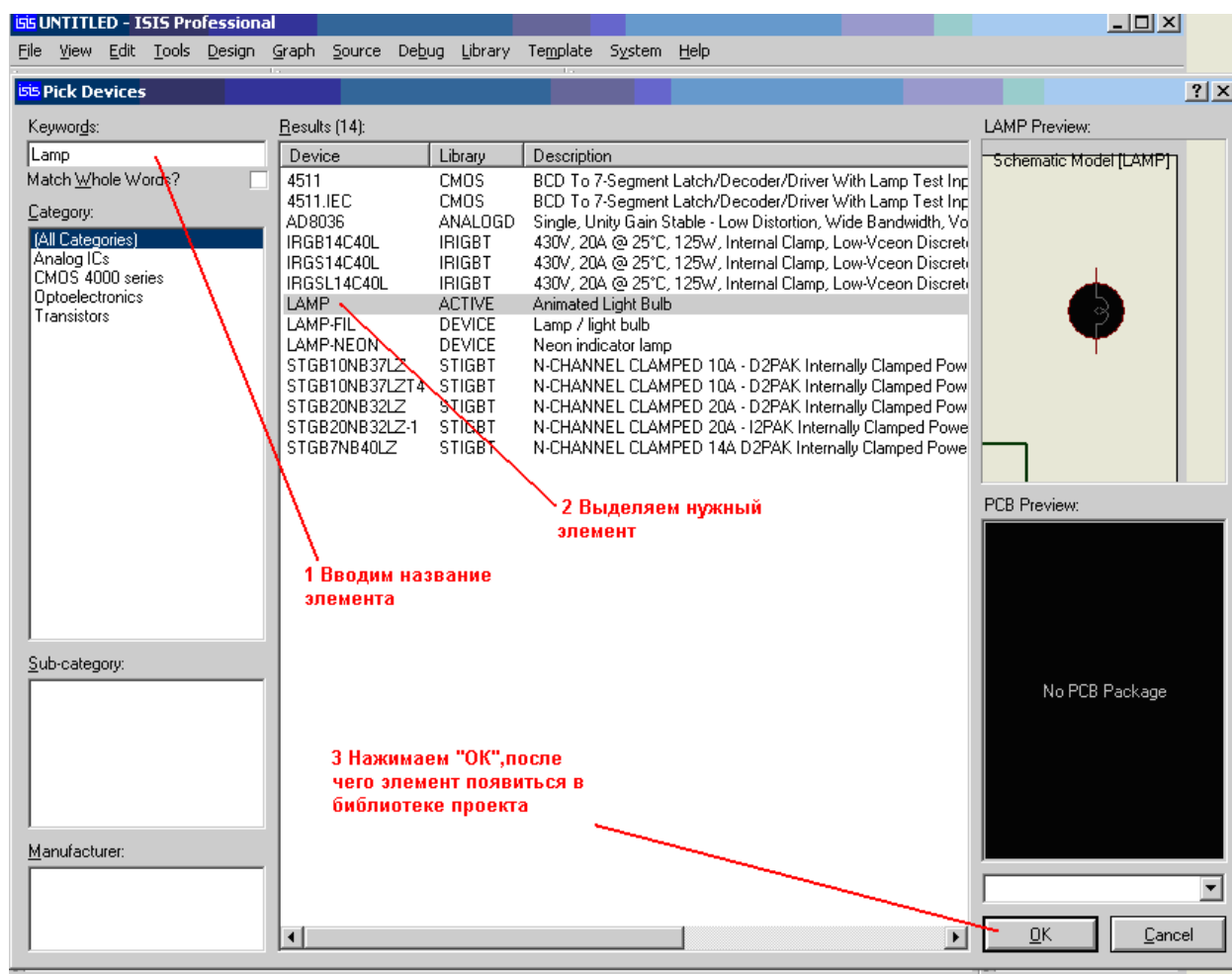


Рисунок 3.2 – Выбор элементов из библиотеки

4. Добавить терминальные элементы питания и сигнальной земли. В окне выбора режима селектора нажать на кнопку «Терминалы» (terminals), выделить Ground (земля) и поместить её на рабочем поле так же как и предыдущие элементы. Аналогично выделить терминал Power (источник питания) и поместить на поле схемы.

5. Задать параметры терминалу Power. Двойным щелчком левой кнопки мыши по элементу Power (источник питания) открыть окно его свойств (рисунок 3.3), в появившемся окне во вкладке Label в графе string задать «+5V» или другое требуемое напряжение и нажать «ОК».

6. Соединить элементы согласно разработанной схеме. Для этого необходимо подвести курсор мыши к проводнику, выходящему из элемента (курсор меняет цвет на зелёный), нажать левой кнопкой мыши и подвести проводник к элементу, с которым нам необходимо его соединить, после чего нажать левую кнопку мыши ещё раз.

Пример подключения генератора сигналов и измерительных устройств (вольтметра, осциллографа и анализатора частотных характеристик показан на рисунке 3.4. Следует учесть, что в процессе выполнения лабораторной работы при моделировании на рабочем поле должна быть только одна из схем: либо для



измерения временных характеристик с помощью осциллографа, либо частотных характеристик с помощью частотного анализатора.

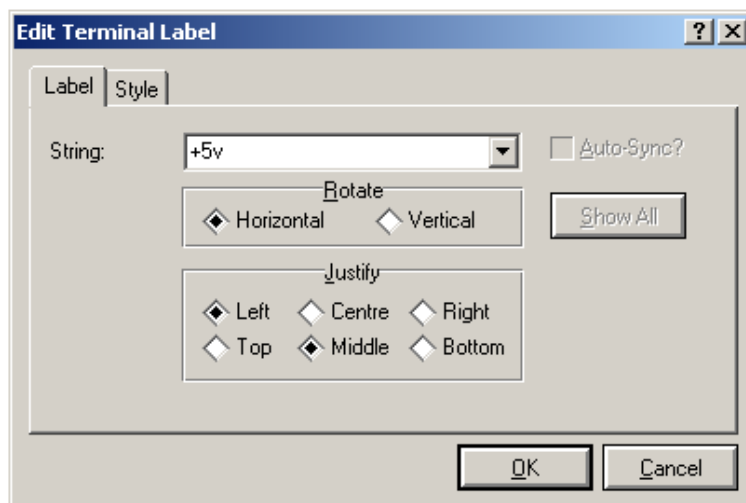


Рисунок 3.3 – Пример задания требуемого напряжения источника питания

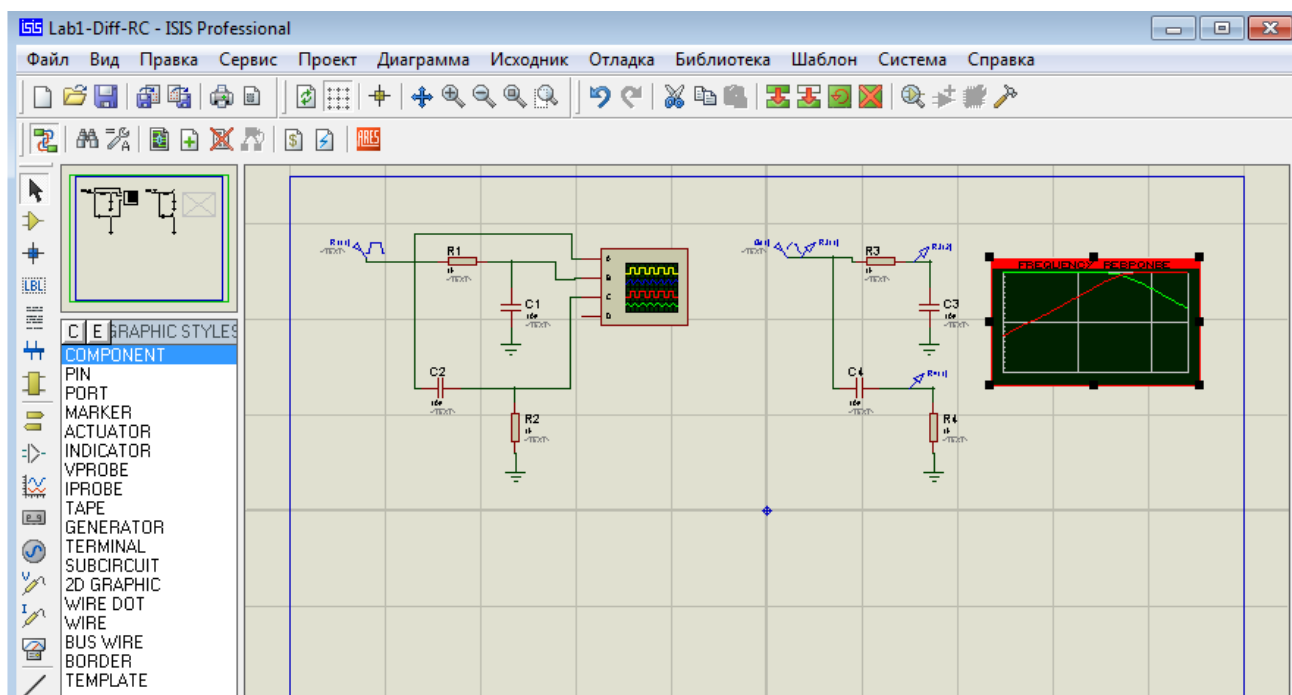


Рисунок 3.4 – Пример изображения схем исследования импульсных и частотных характеристик  $RC$ -цепей

7. Запустить процесс симуляции. Для этого в меню Отладка (DEBUG) выбрать опцию «Запуск» или нажать внизу на кнопку «Воспроизвести».

8. Затем, в зависимости от вида проводимого эксперимента, записать показания измерительных приборов, зарисовать осциллограммы сигналов либо АЧХ и ФЧХ исследуемых схем.

Примечание:

- а) источники питания выбираются в библиотеке в категории Miscellaneous, подкатегории BATTERY;
- б) переключатели выбираются в библиотеке в категории Switches&Relais, элемент BUTTON;
- в) регулируемый резистор выбирается в библиотеке в категории Resistors, подкатегории VARIABLE, элемент POT-HG;
- г) трансформаторы и катушки индуктивности выбираются в категории Inductors, для трансформатора – элемент TRAN;
- д) измерительные приборы, щупы и другие виртуальные инструменты выбираются в левом крайнем столбце селекторов, в частности, анализатор частотных характеристик выбирается в селекторе Диаграмма, элемент FREQUENCY.

#### **4. Программа выполнения лабораторной работы**

- 4.1. Используя конспект и рекомендованную литературу, изучить теоретический материал, относящийся к теме работы.
- 4.2. Рассчитать параметры делителя напряжения на резисторах для заданных входного и выходного напряжений и сопротивления нагрузки в соответствии с заданным вариантом (Приложение А).
- 4.3. Составить в среде моделирования Proteus схему делителя с заданными параметрами и экспериментально измерить выходное напряжение делителя.
- 4.4. Исследовать зависимость выходного напряжения делителя при изменении сопротивления нагрузки от максимального значения до 0,1% от  $R_n$ .
- 4.5. Составить в среде моделирования дифференцирующие и интегрирующие RC-цепи при заданных значениях сопротивления и емкости (Приложение Б).
- 4.6. Исследовать временные диаграммы сигналов на выходах дифференцирующих и интегрирующих цепочек при подачи на вход последовательности прямоугольных импульсов типа меандр с частотой и амплитудой импульсов, заданной соответствующим вариантом (Приложение Б).
- 4.7. Исследовать АЧХ и ФЧХ дифференцирующей и интегрирующей цепей в диапазоне частот от 0 до 1 МГц в линейном и логарифмическом масштабах.

#### **5. Содержание отчета**

- 5.1. Цель и программа работы.
- 5.2. Расчетные соотношения для исследуемых схем.
- 5.3. Принципиальные электрические схемы исследуемых устройств..
- 5.4. Таблицы и графики экспериментальных исследований.
- 5.5. Выводы по результатам экспериментов.

## **6. Контрольные вопросы**

- 6.1. В чем состоит отличие источника напряжения от источника тока и как идеальные источники напряжения и тока изображаются на электрических схемах?
- 6.2. Запишите формулы, описывающие законы Ома и Кирхгофа.
- 6.3. От каких параметров зависит сопротивление проводника?
- 6.4. Какими основными параметрами характеризуются типовые пассивные элементы электронных схем (сопротивление, проводимость, емкость и индуктивность) и как они изменяются от геометрических размеров, температуры, частоты сигналов?
- 6.5. Выберите из предлагаемого набора электрических компонентов элементы различных типов и охарактеризуйте их параметры.
- 6.6. Начертите схему делителя напряжения и объясните, как и почему влияет сопротивление нагрузки на выходное напряжение делителя?
- 6.7. Назовите основные параметры импульсов и периодической импульсной последовательности. Покажите, как на практике измерить такие параметры.
- 6.8. Нарисуйте форму реального электрического импульса и укажите его основные параметры.
- 6.9. Начертите схемы дифференцирующей и интегрирующей цепочек и временные диаграммы изменения сигналов на выходах этих цепочек при подаче на их вход периодической последовательности импульсов.
- 6.10. Выведите формулы для коэффициентов передачи интегрирующей и дифференцирующей цепи.
- 6.11. Что такое «постоянная времени RC-цепи» и каков ее физический смысл?
- 6.12. Начертите зависимости изменения сопротивлений конденсатора и катушки индуктивности от частоты.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Бакалов В. П. Основы анализа цепей [Текст]: учеб. пособие /В.П.Бакалов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007. —592с.
2. Чернега В.С. Электроника. Конспект лекций для направления обучения 09.03.02.- Севастополь: СевГУ, 2016.

Заказ №

Тираж

экз.

Тип. СевГУ