

1.2. Исследование свойств элементов электрических цепей

1.2.A. **Цель работы:** исследование свойств двухполюсных элементов электрических цепей.

В работе студенты исследуют основные характеристики и свойства линейных пассивных R , L , C элементов, нелинейного резистивного элемента (полупроводникового диода) и источников сигналов.

Виртуальные эксперименты проводятся на базе пакета *MultiSim 10.0.1*. Используются библиотечные модели компонентов (элементов схем) и контрольно-измерительных приборов.

Создаются схемы для проведения виртуальных экспериментов. Анализируются результаты моделирования.

Рабочее задание

1.2.B. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИСТИВНЫХ ДВУХПОЛЮСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

1.2.B.1. Сформировать схему для проведения виртуальных экспериментов согласно рис.1.10.

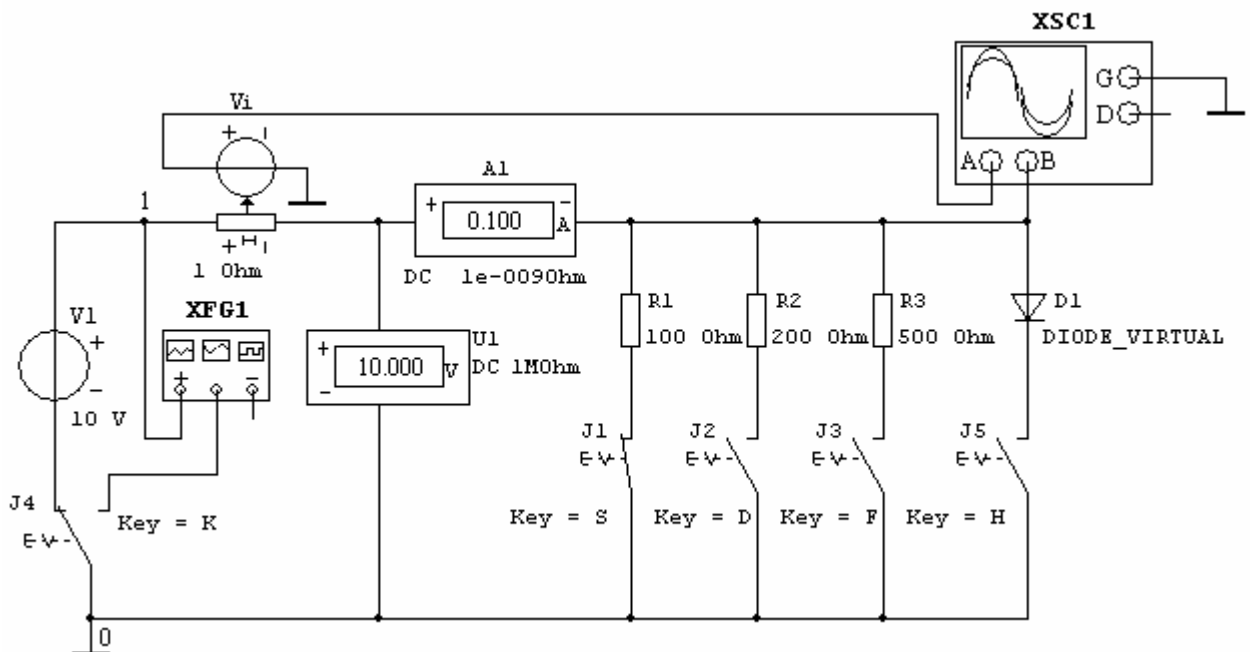




Рис.1.10. Схема виртуального эксперимента для исследования резистивных двухполюсных элементов


При запуске программы *MultiSim 10.0.1* открывается основное окно программы. Оно содержит поле меню: *File*, *Edit*, *View*, *Place*, *Simulate*, *Transfer*, *Tools* и т.д., две вертикальные линейки на левом поле с компонентами схем (промышленными и виртуальными) и вертикальную линейку с контрольно-измерительными приборами на правом поле.



1.2.Б.2. Нажатием кнопки  вызвать окно меню раздела источников сигналов *Power Sources*.

Выбрать источник постоянного напряжения. Нажатием кнопки  активизировать модель источника, перевести ее на поле в удобное место и зафиксировать положение модели.

1.2.Б.3. Нажатием кнопки  активизировать модель заземления, перевести на поле и зафиксировать ее положение.



Повторить п.1.2.Б.3 еще дважды согласно схеме рис.1.10.

Повторным нажатием кнопки  на вертикальной линейке закрыть окно *Power Sources*.


1.2.Б.4. Нажатием кнопки  вызвать меню раздела *Basic Components*.
Выбрать из группы элементов *Basic* нерегулируемый резистор.
Нажатием кнопки  активизировать модель резистора, перевести ее на поле и зафиксировать.


Повторить пункт 1.2.Б.4 еще дважды согласно схеме рис.1.10.

Заккрыть окно *Basic Components*.


1.2.Б.5. Нажатием кнопки  вызвать окно меню *Diodes*.
Выбрать модель полупроводникового диода. Нажатием кнопки  активизировать модель виртуального диода, перевести ее на поле и зафиксировать.


Заккрыть окно *Diodes*.

1.2.Б.6. Нажатием кнопки  на вертикальной линейке в правой части экрана активизировать модель генератора сигналов *XFG...* (*Function Generator*), перевести ее на поле и зафиксировать.


1.2.Б.7. Нажатием кнопки  на этой же вертикальной линейке активизировать модель двухканального осциллографа *XSC...* (*Oscilloscope*), перевести ее на поле и зафиксировать.

1.2.Б.8. Нажатием кнопки  на вертикальной линейке виртуальных компонентов в левой части экрана вызвать окно меню *Measurements*.

Выбрать модель амперметра. Нажатием кнопки  активизировать модель амперметра, перевести ее на поле и зафиксировать.

Выбрать модель вольтметра. Нажатием кнопки  активизировать модель вольтметра, перевести ее на поле и зафиксировать.

Заккрыть окно *Measurements*.

1.2.Б.9. Нажатием кнопки  на левой линейке промышленных элементов открыть окно *Select a Component*, при этом в разделе *Database* выделена группа *Basic*.

Из списка элементов группы *Basic* в окне *Family* выбрать и выделить элемент *Switch*.

В разделе *Component* появляется список моделей переключателей.

Выбрать из этого списка модель трехполюсного переключателя *SPDT*, выделить ее. В разделе *Symbol (DIN)* появляется изображение модели переключателя.


Нажатием кнопки  выбранная модель переводится на поле одновременно с закрытием окна *Select a Component*.

Перевести курсором модель переключателя в нужное место и зафиксировать.

1.2.Б.10. Повторить все операции пункта 1.2.Б.9, выбрав при этом в списке раздела *Component* модель двухполюсного переключателя (ключа) *SPST*.

Копировать модель ключа *SPST* согласно схеме рис.1.10. Для этого следует выделить элемент щелчком левой кнопки мыши (занимаемая элементом область обозначается черными квадратиками). Затем вызвать окно команд редактирования изображения элемента щелчком правой кнопки мыши на выделенной области. Активизировать команду *Copy*. Правой кнопкой мыши на свободном поле открыть расширенное окно команд редактирования и активизировать команду *Past*. Перевести копию элемента в нужное место и зафиксировать.


Операцию копирования можно осуществить и другими стандартными способами, например, используя только расширенное окно команд редактирования или соответствующие командам пиктограммы.

1.2.Б.11. Нажатием кнопки  на линейке промышленных элементов открыть окно *Select a Component*, при этом в разделе *Database* выделена группа *Sources*.

Из списка элементов группы *Sources* в окне *Family* выбрать и выделить элемент *CONTROLLED VOLTAGE SOURCES* (управляемые источники напряжения).

В разделе *Component* выбрать из списка моделей и выделить элемент *CURRENT CONTROLLED VOLTAGE SOURCE* (источник напряжения, управляемый током).

В разделе *Simbol (DIN)* появляется изображение модели источника.

Нажатием кнопки  перевести модель на поле. Курсором поместить в нужное место и зафиксировать.

Источник напряжения, управляемый током, является в данном случае линейным четырехполюсным элементом. Напряжение на выводах источника линейно зависит от тока, протекающего по входному резистору. Таким образом, этот источник весьма удобно использовать в качестве датчика тока.

1.2.Б.12. Разместить все элементы схемы согласно рис.1.10, используя окно команд редактирования изображения элемента.

Для этого нужный элемент выделяется щелчком левой кнопки мыши (занимаемая элементом область обозначается черными квадратиками), а при необходимости редактирования расположения отдельных наименований элемента, аналогичным образом выделяется занимаемая надписью область.

Выделенный элемент или область перемещаются курсором в нужное место и фиксируются.

Окно команд редактирования изображения открывается щелчком правой кнопки мыши на изображении выделенного элемента.

Команды окна редактирования позволяют удалять, копировать, отражать элемент зеркально по горизонтали и по вертикали, поворачивать на 90° по часовой стрелке или против, изменять его цвет и шрифт надписей.

1.2.Б.13. Соединить все элементы между собой согласно схеме рис.1.10.


Для соединения необходимо подвести стрелку курсора к нужному выводу элемента. Появляется черная точка, отображающая наличие контакта (начало проводника).

Зафиксировать контакт щелчком левой кнопки мыши, провести линию (идеальный проводник) к соответствующему выводу другого элемента или к нужному проводнику. Зафиксировать соединение щелчком левой кнопки мыши. Если соединение отсутствует, то линия остается привязанной к курсору.

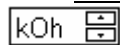
В месте соединения двух проводников появляется точка (узел), изображающая наличие контакта.

Отмена команды выполнения соединения осуществляется щелчком правой кнопки мыши.

Если необходимо удалить или изменить цвет проводника, то этот проводник выделяется (появляются черные квадратики, ограничивающие выделенный участок, и двухсторонняя стрелка). Правой кнопкой мыши вызывается окно команд редактирования, содержащее соответствующие команды.

1.2.Б.14. Задать параметры источника постоянного напряжения *VI*. Для этого подвести стрелку курсора на изображение элемента. Двойным нажатием левой клавиши мыши вызвать окно задания параметров источника *POWER SOURCES* на закладке *Value*. В строке *Voltage (V)* установить по заданию преподавателя значение напряжения источника. При необходимости в окне  установить масштаб *V* (вольты). Значения остальных параметров принять нулевыми (по умолчанию).

Закрыть окно *POWER SOURCES* кнопкой .

1.2.Б.15. Задать параметры резисторов *R1*, *R2* и *R3* аналогично п.1.2.Б.14, используя окно задания параметров *BASIC VIRTUAL* на закладке *Value*. В строке *Resistance* установить по заданию преподавателя значения сопротивлений и масштабы в окне  для каждого резистора. Значения остальных параметров остаются по умолчанию.

При необходимости на закладке *Label* в строке *Reference ID* изменить обозначение (маркировку) резистора.

Заккрыть окно *BASIC VIRTUAL* кнопкой .

1.2.Б.16. Задать параметры переключателей (ключей) *J1*, *J2*, *J3*, *J4*, *J5* аналогично п.1.2.Б.14, используя окно задания параметров *Switch* на закладке *Value*. В строке *Key for Switch* в окне выбрать для каждого ключа соответствующую букву латинского алфавита или цифру для управления переключателем.

При необходимости изменения маркировки ключей следует использовать строку *Reference ID* на закладке *Label*. Остальные параметры остаются по умолчанию.

Заккрыть окно *Switch* кнопкой .

Управление ключами будет осуществляться нажатием соответствующей клавиши на клавиатуре (с *Shift* или без *Shift*).

1.2.Б.17. Параметры виртуального полупроводникового диода *DIODE VIRTUAL* оставить по умолчанию.

1.2.Б.18. Задать параметры вольтметра *UI*, используя окно задания параметров *Voltmeter*. На закладке *Value* в строке *Resistance (R)* значение внутреннего сопротивления вольтметра оставить по умолчанию 1 Мом. В строке *Mode* установить вид режима работы по постоянному току *DC* (по умолчанию *DC*). При необходимости изменить на закладке *Label* в строке *Reference ID* маркировку прибора. Остальные параметры оставить по умолчанию.

Заккрыть окно *Voltmeter* кнопкой .

1.2.Б.19. Задать параметры амперметра *AI*, используя окно задания параметров *Ammeter*: на закладке *Value* в строке *Resistance (R)* значение внутреннего сопротивления амперметра оставить по умолчанию $1 \cdot 10^{-9}$ Ом. В строке *Mode* установить вид режима работы по постоянному току *DC* (по умолчанию *DC*).

При необходимости изменить маркировку амперметра на закладке *Label* в строке *Reference ID*. Остальные параметры оставить по умолчанию.

Заккрыть окно *Ammeter* кнопкой .

1.2.Б.20. Задать параметры сигнала функционального генератора *XFG1*, используя окно *Function Generator – XFG...*

В разделе *Waveforms* по указанию преподавателя установить форму функции сигнала: синусоидальную, треугольные импульсы либо прямоугольные импульсы (меандр).

В разделе *Signal Options* в строке *Frequency* задать значение частоты в Гц.

В строке *Duty Cycle* задать значение скважности сигнала 50% (по умолчанию 50%).

В строке *Amplitude* задать значение амплитуды сигнала в вольтах (*V*).

В строке *Offset* задать значение напряжения смещения в вольтах (*V*).

1.2.Б.21. Задать параметры датчика тока (источника напряжения, управляемого током) V_i , используя окно задания параметров *CONTROLLED VOLTAGE SOURCES*. На закладке *Value* в строке *Transresistance (H)* задать значение коэффициента передачи 1 Ом (по умолчанию 1 *Ohm*). При таком коэффициенте передачи напряжение на выходе источника V_i в вольтах будет соответствовать значению тока в амперах, проходящего через входной резистор.

При необходимости можно изменить маркировку датчика тока на закладке *Label* в строке *Reference ID*. Остальные параметры оставить по умолчанию.

Закрывать окно *CONTROLLED VOLTAGE SOURCES* кнопкой .

1.2.Б.22. Настроить двухканальный осциллограф *XSC...*. Для этого необходимо активизировать его модель, вызвав лицевую панель осциллографа. Расположить панель в удобном месте на поле.

Задать режим развертки кнопкой . В этом случае осциллограф фиксирует временные развертки сигналов по каналам *A* и *B*.

Если задать режим развертки кнопкой , то этому режиму будут соответствовать по вертикали - сигнал канала *A*, по горизонтали - сигнал канала *B*. Осциллограф работает в режиме характериографа.

Для схемы рис.1.10 по каналу *A* измеряется сигнал, пропорциональный току (напряжение с датчика тока V_i), а по каналу *B* - напряжение на элементах RI ,

Установить длительность развертки *Time base*, исходя из значения частоты (периода) сигнала. Длительность развертки следует подбирать таким образом, чтобы на экране получалось 2...5 периодов сигнала. Например, для сигнала с частотой $f=100$ Гц период $T=0,01$ с, а 5 периодов составят 0,05 с. Экран осциллографа содержит по горизонтальной оси "X" 10 делений. Соответственно масштаб развертки по оси "X" следует принимать в диапазоне 0,002 ... 0,005 с/дел (2 *ms/Div* ... 5 *ms/Div*).

Установить нулевые уровни смещений по оси "X" (*X position*) и по оси "Y" (*Y position*).

Установить режим запуска развертки *Edge* по переднему фронту запускающего сигнала кнопкой , или по заднему фронту кнопкой .

Установить уровень запуска *Level* нулевым и воспользоваться автоматическим режимом запуска, нажав кнопку на блоке управления осциллографом *Trigger*.

Задать масштабы разверток по каналам *A* и *B* в соответствующих окнах *Channel A* и *Channel B*. Масштабы следует подбирать, исходя из ожидаемых максимальных значений сигналов, подаваемых на эти каналы.


Задать режим по входу кнопкой на каналах *A* и *B*. Режим *DC* может быть включен по умолчанию. В этом режиме производятся осциллографические измерения как постоянного, так и переменного напряжений.

При проведении виртуального эксперимента удобно, чтобы проводники, соединяющие схему и входы каналов *A* и *B* осциллографа, имели различные цвета. В этом случае временные развертки соответствующих сигналов на экране осциллографа будут иметь цвета своих проводников. Для изменения цвета проводника выполнить необходимые операции, описанные в п.1.2.Б.13.

1.2.Б.23. Провести виртуальный эксперимент построения вольтамперной характеристики резистивного элемента *R1*.

- Подключить переключателем *J4* источник постоянного напряжения *VI* к цепи, установив напряжение на выходе источника 1В (см.п.1.2.Б.14).

- Замкнуть ключ *J1* и разомкнуть ключи *J2*, *J3* и *J5*.

- Запустить модель переключателем .

- Зафиксировать показания амперметра *A1* и вольтметра *U1*. Данные занести в табл. 1.1.

- Отключить модель переключателем .

Таблица 1.1

Вольтамперная характеристика резистивного элемента *R1*

Элемент	<i>i</i> , А			0			
<i>R1</i> =... Ом	<i>u</i> , В			0			

- Аналогично, устанавливая значения напряжения на выходе источника *VI* в диапазонах $u = 1...10$ В и $u = -1...-10$ В по показаниям амперметра и вольтметра определить координаты двух-трех точек ВАХ резистора *R1* в каждом из диапазонов. Результаты занести в табл. 1.1.

1.2.Б.24. Построить ВАХ резисторов *R2* и *R3*, используя осциллограф *XSCI* в режиме характериографа (см. п. 1.2.Б.22).


- Отключить переключателем *J4* источник *VI* и подключить к цепи функциональный генератор *XFG1*.

- Отключить резистор *R1*, разомкнув ключ *J1*, и подключить *R2* ключом *J2*.

- Открыть лицевую панель генератора *XFG1*. Согласно п.1.2.Б.20, установить форму сигнала – треугольные импульсы, амплитуду сигнала $U_{max} = 10$ В, частоту сигнала $f = 100$ Гц. Установить скважность сигнала 50% и напряжение смещения, равное нулю.

- Открыть лицевую панель осциллографа *XSCI* и настроить осциллограф в режиме характериографа (см.п.1.2.Б.22).

- Запустить модель переключателем .

- Получив изображение характеристики, отключить модель переключателем .

- Используя визиры, определить координаты двух точек в первом и третьем квадрантах. Результаты занести в табл. 1.2.

- Повторить эксперимент для резистора *R3* аналогично резистору *R2*.

1.2

ВАХ резисторов $R2, R3$


$R2 = \dots \text{ Ом}$	$i, \text{ А}$		0	
	$u, \text{ В}$		0	
$R3 = \dots \text{ Ом}$	$i, \text{ А}$		0	
	$u, \text{ В}$		0	

- По данным табл. 1.1 и 1.2 построить графики ВАХ исследуемых резисторов на одной координатной сетке.

1.2.Б.25. Провести виртуальный эксперимент получения кривых напряжения на резистивном элементе $u(t)$ и тока $i(t)$.

- По заданию преподавателя выбрать один из резисторов для исследования, поставив ключи $J1, J2, J3$ в соответствующие положения.

- По заданию преподавателя задать одну из форм сигнала на лицевой панели функционального генератора $XFG1$. Параметры сигнала оставить без изменения (см.п.1.2.Б.24).

- Настроить осциллограф $XSC1$ в режиме обычных (стандартных) измерений. Для этого задать режим развертки кнопкой . Установить соответствующие измеряемым сигналам длительность развертки и масштабы разверток по каналам A и B (см.п.1.2.Б.22).

- Запустить модель переключателем .

- Получить изображения зависимостей $u(t)$ и $i(t)$ на полном экране осциллографа.

- Отключить модель переключателем .

- Используя визирь, определить координаты характерных точек временных зависимостей (точки пересечения с осью времени, точки max - и min - значений) на одном периоде T . Результаты измерений занести в табл. 1.3.

Таблица

1.3

Временные зависимости $u(t)$ и $i(t)$

Элемент $R = \dots \text{ Ом}$		0	max	min
	$t, \text{ с}$			
	$i, \text{ А}$			
	$u, \text{ В}$			

- По данным табл. 1.3 построить графики временных зависимостей $u(t)$ и $i(t)$ для резистивного элемента R на одной координатной сетке.

1.2.Б.26. Провести виртуальный эксперимент построения вольтамперной характеристики нелинейного резистивного элемента (полупроводникового диода), используя осциллограф $XSC1$ в режиме характериографа.

- Отключить резисторы $R1, R2$ и $R3$ и подключить диод $D1$, поставив ключи $J1, J2, J3$ и $J5$ в соответствующие положения.



- Задать на лицевой панели генератора *XFG1* форму сигнала – треугольные импульсы.
- Установить значение амплитуды сигнала $U_m = 1\text{ В}$.
- Значения частоты $f = 100\text{ Гц}$, скважности – 50% и смещения – 0 оставить без изменений.
- Настроить осциллограф *XSC1* в режиме характериографа. Подобрать соответствующие масштабы по каналам *A* и *B* (см. п. 1.2.Б.22).
- Запустить модель переключателем .
- Получив изображение характеристики, отключить модель переключателем .
- Используя визиры, определить координаты четырех – пяти точек в первом и третьем квадрантах. Результаты измерений занести в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Вольтамперная характеристика полупроводникового диода *DI*

Элемент <i>DI</i>	$i, \text{ А}$					
	$u, \text{ В}$					

- По данным табл. 1.4 построить график ВАХ диода.
- 1.2.Б.27. Провести виртуальный эксперимент получения кривых напряжения $u(t)$ и тока $i(t)$ нелинейного резистивного элемента (диода *DI*). Эксперимент провести аналогично п. 1.2.Б.25.
- Результаты измерений координат характерных точек временных зависимостей занести в табл. 1.5.

Таблица

1.5

Временные зависимости $u(t)$ и $i(t)$

Элемент <i>DI</i>		0	<i>max</i>	<i>min</i>
	$t, \text{ с}$			
	$i, \text{ А}$			
	$u, \text{ В}$			

- По данным табл. 1.5 построить графики кривых $u(t)$ и $i(t)$ для диода *DI* на одной координатной сетке.

1.2.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕМЕНТОВ *L* и *C*

- 1.2.В.1. Сформировать схему для проведения виртуальных экспериментов согласно рис.1.11.

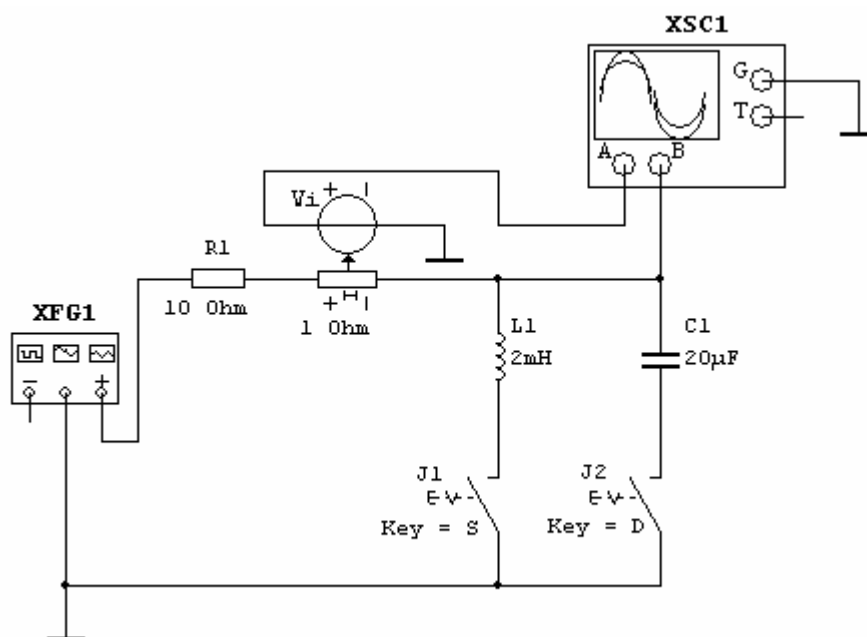





Рис.1.11. Схема виртуального эксперимента для исследования индуктивного элемента L и емкостного элемента C

1.2.В.2. Нажатием кнопки  вызвать меню раздела *Basic Components*.

- Выбрать из группы элементов *Basic* линейную индуктивность.

Нажатием кнопки  активизировать модель линейной индуктивности, перевести ее на поле и зафиксировать.

- Выбрать из группы *Basic* линейную емкость. Нажатием кнопки  активизировать модель линейной емкости, перевести ее на поле и зафиксировать.

- Выбрать модель линейного резистора. Нажатием кнопки  активизировать ее, перевести на поле и зафиксировать.

- Закрыть окно меню *Basic Components*.
- Вызвать модель заземления (см. п.п. 1.2.Б.2 и 1.2.Б.3).
- Вызвать модель датчика тока V_i (см. 1.2.Б.11).
- Вызвать модели двухполюсных ключей *SPST* (см. п.п. 1.2.Б.9 и 1.2.Б.10).

- Вызвать модель функционального генератора *XFG...* (см. п. 1.2.Б.6).
- Вызвать модель двухканального осциллографа (см. п. 1.2.Б.7).

1.2.В.3. Разместить все элементы схемы согласно рис.1.11 (см. п. 1.2.Б.12).

1.2.В.4. Соединить все элементы между собой согласно схеме рис.1.11 (см. п. 1.2.Б.13).

- Проводникам, соединяющим схему и входы каналов A и B осциллографа задать разные цвета.

1.2.В.5. Задать параметры резистора $R1$ по заданию преподавателя (см.п. 1.2.Б.15).

Значение $R1$ выбирается в диапазоне 5 ... 15 Ом.

1.2.В.6. Задать параметры линейной индуктивности $L1$, используя окно задания параметров *BASIC VIRTUAL* на закладке *Value*. В строке *Inductance* установить по заданию преподавателя значение индуктивности в диапазоне 1 ... 15 мГн, выбрав в окне масштабов соответствующий масштаб *mH*. Остальные параметры оставить нулевыми по умолчанию. При необходимости использовать закладку *Label*, строку *Reference ID*.

- Заккрыть окно кнопкой .

1.2.В.7. Задать параметры линейной емкости $C1$, используя окно задания параметров *BASIC VIRTUAL* на закладке *Value*. В строке *Capacitance* установить значение емкости в диапазоне 10 ... 20 мкФ и соответствующий масштаб μF . Остальные параметры оставить нулевыми по умолчанию. При необходимости использовать закладку *Label*, строку *Reference ID*.

- Заккрыть окно кнопкой .

1.2.В.8. Задать параметры переключателей $J1$ и $J2$ аналогично п.1.2.Б.16.

1.2.В.9. Задать параметры датчика тока V_i аналогично п. 1.2.Б.21.

1.2.В.10. Задать параметры сигнала функционального генератора $XFG1$ аналогично п. 1.2.Б.20.

- Форму сигнала выбрать синусоидальной.

- Установить значение частоты сигнала $f = 100$ Гц.

- Амплитуду сигнала U_{max} , по заданию преподавателя, установить в диапазоне 10 ... 20 В.


- Напряжение смещения установить равным нулю.

1.2.В.11. Настроить двухканальный осциллограф $XSC1$ на стандартный режим измерений по каналам A и B (см. п.1.2.Б.22).

1.2.В.12. Провести виртуальный эксперимент получения кривых напряжения $u(t)$ и тока $i(t)$ на индуктивном элементе $L1$ при гармоническом сигнале.

- Подключить элемент $L1$, замкнув ключ $J1$ и разомкнув $J2$.

- Запустить модель переключателем .

- Получив изображения зависимостей $i(t)$ и $u(t)$ в процессе двух-трех кратного заполнения экрана осциллографа, отключить модель переключателем .

- Используя визирь определить координаты 6 ... 9 точек на периоде кривой, включая обязательно характерные точки max , min и пересечения с осью времени.

- Результаты измерений занести в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Временные зависимости $i(t)$ и $u(t)$ на индуктивном элементе $L1$ при гармоническом сигнале

Элемент	t, c								
---------	--------	--	--	--	--	--	--	--	--

$Ll = \dots \text{Гн}$	$i, \text{А}$								
	$u, \text{В}$								

- По данным табл. 1.6 построить графики $i(t)$ и $u(t)$ на одной координатной сетке.

1.2.В.13. Провести виртуальный эксперимент получения кривых напряжения $u(t)$ и тока $i(t)$ на индуктивном элементе Ll при сигнале, имеющем форму треугольных импульсов.

- Установить форму сигнала на лицевой панели генератора $XFG1$ - треугольные импульсы.

- Параметры сигнала оставить теми же, что и у синусоидального сигнала.

- Скважность задать 50%.

- Повторить соответствующие операции п.1.2.В.12.

- Результаты измерений занести в табл. 1.7. По данным табл.1.7 построить графики $i(t)$ и $u(t)$ аналогично п.1.2.В.12.

Таблица

1.7

Временные зависимости $i(t)$ и $u(t)$ на элементе Ll

Элемент $Ll = \dots \text{Гн}$	$t, \text{с}$								
	$i, \text{А}$								
	$u, \text{В}$								

1.2.В.14. Провести виртуальный эксперимент получения кривых напряжения $u(t)$ и тока $i(t)$ на емкостном элементе Cl аналогично п.п.1.2.В.12 и 1.2.В.13, отключив элемент Ll и подключив Cl .

- Результаты измерений занести в табл. 1.8 и 1.9.

- По данным табл. 1.8 и 1.9 построить графики аналогично п.п. 1.2.В.12 и 1.2.В.13.

Таблица

1.8

Временные зависимости $i(t)$ и $u(t)$ на элементе Cl при гармоническом сигнале

Элемент $Cl = \dots \text{Ф}$	$t, \text{с}$								
	$i, \text{А}$								
	$u, \text{В}$								

Таблица

1.9

Временные зависимости $i(t)$ и $u(t)$ на элементе Cl

Элемент $Cl = \dots \text{Ф}$	$t, \text{с}$								
	$i, \text{А}$								
	$u, \text{В}$								

1.2.В.15. Провести сравнительный анализ результатов виртуальных экспериментов разделов 1.2.Б и 1.2.В. Сделать выводы об основных

свойствах элементов R , L , C и полупроводникового диода (нелинейного резистивного элемента).

1.2.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ИДЕАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ СИГНАЛОВ

1.2.Г.1. Сформировать схему для проведения виртуальных экспериментов согласно рис.1.12

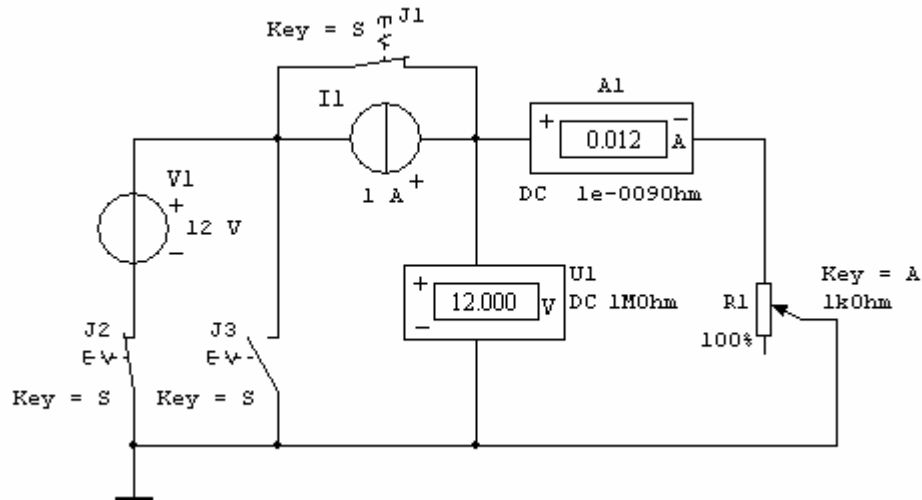



Рис.1.12. Схема виртуального эксперимента для исследования идеальных источников сигналов


1.2.Г.2. Вызвать модель идеального источника постоянного тока $I1$

(рис.1.12). Нажатием кнопки  вызвать меню раздела *Signal Sources*.

- Выбрать из группы элементов *Signal Sources* идеальный источник постоянного тока. Нажатием кнопки  активизировать модель идеального источника тока, перевести ее на поле и зафиксировать.

- Закрыть окно *Signal Sources*.

- Вызвать модель линейного потенциометра $R1$ (рис.1.12). Нажатием кнопки  открыть меню раздела *Basic Components*.

- Выбрать модель линейного потенциометра. Нажатием кнопки  активизировать модель потенциометра, перевести ее на поле и зафиксировать.

- Закрыть окно меню *Basic Components*.

- Вызвать модель идеального источника постоянного напряжения $V1$ (рис.1.12) и модель заземления (см.п.п.1.2.Б.2 и 1.2.Б.3).

- Вызвать модели двухполюсных ключей *SPST*: $J1$, $J2$, $J3$ (см. п.п.1.2.Б.9 и 1.2.Б.10).

- Вызвать модели амперметра $A1$ и вольтметра $U1$ согласно схеме (см. п.1.2.Б.8).

- Разместить все элементы схемы и соединить между собой согласно схеме рис.1.12 (см. п.1.2.Б.12 и 1.2.Б.13).

1.2.Г.3. Установить ключи $J1$, $J2$ и $J3$ в положения, соответствующие рис.1.12: $J1$ - замкнут, $J2$ - замкнут, $J3$ - разомкнут.

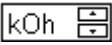
- При таком положении ключей задать параметры всех ключей одинаковыми (см. п.1.2.Б.16). В этом случае все ключи схемы коммутируют одновременно, отключая один источник и подключая к цепи другой источник. Например, при замкнутых $J1$, $J2$ и разомкнутом $J3$ цепь подключена только к источнику напряжения $V1$. При обратном положении ключей источник $V1$ отключен, а источник $I1$ подключен.

1.2.Г.4. Задать параметры линейного потенциометра $R1$, который при таком подключении является по существу регулируемым резистором.

- Вызвать окно задания параметров *BASIC VIRTUAL* для $R1$ на закладке *Value* аналогично п. 1.2.Б.14.


- В строке *Key* выбрать букву латинского алфавита для управления движком потенциометра $R1$.

- В строке *Increment* установить шаг (дискретность) относительного изменения сопротивления в диапазоне 5...10%.

- В строке *Resistance* установить значение полного сопротивления потенциометра по заданию преподавателя в диапазоне 100...1000 Ом и соответствующий масштаб в окне . Значения остальных параметров остаются по умолчанию. При необходимости использовать закладку *Label*, строку *Reference ID*.

- Закрыть окно *BASIC VIRTUAL* кнопкой .

1.2.Г.5. Задать параметры источника постоянного тока $I1$, используя окно задания параметров *SIGNAL CURRENT SOURCES* на закладке *Value*.

- По заданию преподавателя установить в строке *Current (I)* значение тока источника в диапазоне 1...100 А и соответствующий масштаб в окне . Значения остальных параметров оставить нулевыми по умолчанию.

- При необходимости использовать закладку *Label*, строку *Reference ID*.

- Закрыть окно *SIGNAL CURRENT SOURCES* кнопкой .

1.2.Г.6. Задать параметры источника постоянного напряжения $V1$ аналогично п.1.2.Б.14. Значение напряжения источника установить по заданию преподавателя в диапазоне 10...100 В.



1.2.Г.7. Задать параметры амперметра $A1$ и вольтметра $U1$ аналогично пп.1.2.Б.19 и 1.2.Б.18 соответственно.

1.2.Г.8. Провести виртуальный эксперимент построения вольтамперной (внешней) характеристики идеального источника напряжения $V1$.

- Подключить источник $V1$ к цепи, установив ключи $J1$, $J2$, и $J3$ в положения: $J1$ - замкнут, $J2$ - замкнут, $J3$ - разомкнут.

- Установить положение движка потенциометра $R1$ - 0%. Такое положение движка означает, что потребитель (резистор $R1$) замкнут накоротко и источник $V1$ практически работает в режиме короткого замыкания. Ток короткого замыкания ограничивается только внутренним

сопротивлением амперметра AI и внутренней проводимостью вольтметра UI .

- Запустить модель переключателем .
- Зафиксировать показания амперметра AI и вольтметра UI . Данные занести в табл. 1.10.
- Отключить модель переключателем .

Таблица

1.10

Вольтамперная характеристика идеального источника напряжения VI

Источник напряжения	$R1$ %	0%	20%	50%	100%	∞
	i , A					0
	u , В					$u_0 = \dots$

- Устанавливая положение движка $R1$, соответствующее 20% ... 100%, снять координаты точек ВАХ источника. Данные занести в табл. 1.10.
- По данным табл.1.10 построить график ВАХ источника напряжения VI .

1.2.Г.9. Провести виртуальный эксперимент построения вольтамперной (внешней) характеристики идеального источника тока II .

- Отключить от цепи источник VI и подключить источник тока II , установив ключи в положения: $J1$ - разомкнут, $J2$ - разомкнут, $J3$ - замкнут.
- Далее провести эксперимент аналогично п.1.2.Г.8.
- Данные эксперимента занести в табл. 1.11.

Таблица

1.11

Вольтамперная характеристика идеального источника тока II .

Источник тока	$R1$ %	0%	20%	50%	100%	∞
	i , A	$i_{кз} = \dots$				
	u , В	0				

- По данным табл. 1.11 построить график ВАХ источника тока II .


1.2.Д. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ЛИНЕЙНОГО ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ

1.2.Д.1. Сформировать схему для проведения виртуальных экспериментов согласно рис.1.13.

1.2.Д.2. Вызвать модель линейного источника постоянного напряжения

VI (рис.1.13). Нажатием кнопки  открыть меню раздела *Basic Components*.

- Выбрать модель линейного источника постоянного напряжения.

Нажатием кнопки  активизировать модель источника, перевести ее на поле и зафиксировать.

1.2.Д.3. Модели заземления, потенциометра $R1$, амперметра $A1$ и вольтметра $U1$ вызываются аналогично п.п.1.2.Б.2, 1.2.Б.3, 1.2.Г.2 и 1.2.Б.8 соответственно.

1.2.Д.4. Разместить все элементы схемы и соединить между собой согласно рис.1.13 (см.п.п.1.2.Б.12 и 1.2.Б.13).

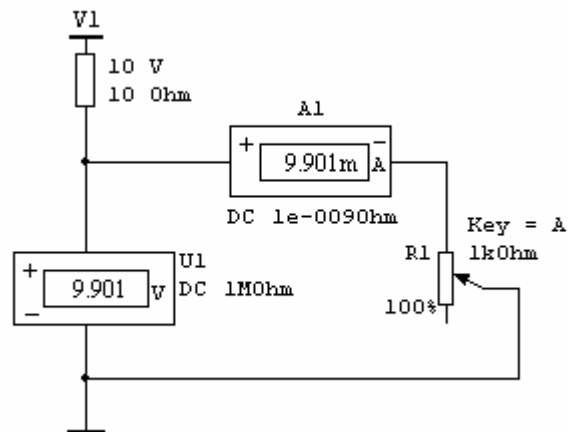

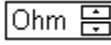


Рис.1.13. Схема виртуального эксперимента для исследования линейного источника напряжения

1.2.Д.5. Задать параметры линейного источника напряжения $V1$.

- Вызвать окно задания параметров *BASIC VIRTUAL* на закладке *Value*.
- По заданию преподавателя установить в строке *Voltage (V)* значение напряжения холостого режима источника в диапазоне 5 ... 100 В и соответствующий масштаб в окне .

- В строке *Resistance* по заданию преподавателя установить значение внутреннего сопротивления источника в диапазоне 10 ... 100 Ом и соответствующий масштаб в окне .

- Значения остальных параметров оставить по умолчанию.

- При необходимости использовать закладку *Label*, строку *Reference ID*.

- Закрыть окно *BASIC VIRTUAL* кнопкой .

1.2.Д.6. Задать параметры линейного потенциометра $R1$ (см.п.1.2.Г.4).

1.2.Д.7. Задать параметры амперметра $A1$ и вольтметра $U1$ аналогично п.п.1.2.Б.19 и 1.2.Б.18.

1.2.Д.8. Провести виртуальный эксперимент построения вольтамперной (внешней) характеристики линейного источника напряжения аналогично п.1.2.Г.8.

- Данные эксперимента занести в табл. 1.12.

Таблица 1.12

Вольтамперная характеристика линейного источника постоянного напряжения VI

Линейный источник напряжения	$Rl \%$	0%	20%	50%	100%	∞
	i, A					0
	u, B					$u_0 = \dots$

- По данным табл. 1.12 построить график ВАХ линейного источника напряжения VI .

1.2.Д.9. Провести сравнительный анализ результатов виртуальных экспериментов разделов 1.2.Г и 1.2.Д. Сделать выводы об основных свойствах идеальных источников и линейных источников сигналов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое электрическая цепь?
2. Что представляют собой базовые элементы электрической цепи?
3. Какими физическими переменными характеризуются элементы электрической цепи?
4. Что описывают уравнения: элементов; соединений?
5. Какие стороны реального электромагнитного процесса, и в каком отношении моделируют резистивный, индуктивный, емкостный элементы?
6. Что представляют основные характеристики резистивного, индуктивного и емкостного элементов?
7. Что моделируют идеальный ключ и идеальный проводник?
8. В чем основное отличие нелинейного и линейного элементов?
9. В чем заключаются функции источника сигнала как элемента цепи?
10. Какой характеристикой определяются основные свойства источника сигнала?
11. Каким режимам соответствуют характерные точки характеристики источника сигнала?
12. Какие модели реального источника являются простейшими, идеальными?
13. Какие ограничения существуют для идеальных источников сигналов?
14. Что представляют собой простейшие линейные двухполюсные модели реального источника сигнала?
15. Какие факторы реального процесса учитывают линейные модели источника сигнала?
16. Каковы простейшие варианты подключения источников к потребителю?
17. Что описывают уравнения соединений?

18. В чем заключается понятие электрического контура для напряжений и токов?

19. Какими законами определяются уравнения соединений?

20. Каким образом определяются знаки токов при алгебраическом суммировании в уравнениях соединений?

21. Как определяются знаки напряжений при алгебраическом суммировании в уравнениях соединений?

22. Какие электротехнические устройства, принцип действия которых основан на законах Кирхгофа, Вам известны?