

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Цель работы

Ознакомиться с измерительными приборами, источниками питания и основными элементами программной среды Multisim.

Изучить методы и приобрести навыки измерения основных параметров электрических цепей, ознакомиться со свойствами индуктивных катушек и конденсаторов в цепях постоянного тока, рассчитать параметры и построить делители напряжения и тока.

Теоретические сведения и расчетные формулы

1. Виды и методы измерения электрических величин

В зависимости от способа обработки экспериментальных данных для нахождения результата различают прямые, косвенные, совместные и совокупные измерения.

При прямом измерении искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных в результате выполнения измерения; например, измерение амперметром тока в ветви цепи.

При косвенном измерении искомое значение величины находят на основании известной зависимости между измеряемой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям; например, определение сопротивления R резистора из уравнения $R = U/I$, в которое подставляют измеренное значение напряжения U на зажимах резистора и протекающего через него постоянного тока I .

Совместные измерения - одновременные измерения нескольких неоднородных величин для нахождения зависимости между ними; например, определение зависимости сопротивления резистора от температуры по формуле $R_t = R_0(1 + at + bt^2)$ посредством измерения сопротивления резистора R_t при трех различных температурах t . Составив систему из трех уравнений, находят параметры R_0 , a и b зависимости сопротивления резистора от температуры.

Совокупные измерения - одновременные измерения нескольких однородных величин, при которых искомые значения величин находят решением системы уравнений, составленных из результатов прямых измерений различных сочетаний этих величин; например, определение сопротивлений резисторов, соединенных треугольником, посредством измерения сопротивлений между различными вершинами треугольника. По результатам трех измерений по известным соотношениям определяют сопротивления резисторов треугольника.

Различают также аналоговые и дискретные измерения. При аналоговых измерениях на заданном интервале число измерений электрической величины бесконечно, а при дискретных число измерений конечно.

В зависимости от способа применения меры известной величины, выделяют при измерениях метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой. При методе непосредственной оценки значение измеряемой величины определяют непосредственно по отсчётному устройству (индикатору) измерительного прибора; например, измерение напряжения с помощью вольтметра. Методы сравнения с мерой - методы, при которых проводится сравнение измеряемой величины и величины, воспроизводимой мерой; например, измерение сопротивления резистора с помощью моста сопротивлений.

Ниже кратко описываются виды и способы измерения электрических величин и параметров компонентов схем электронных устройств с помощью моделей измерительных приборов в программной среде Multisim.

2. Измерение тока и напряжения

Измерение действующих значений напряжения и тока в ветвях электрической цепи проводится вольтметрами и амперметрами. Амперметр включается последовательно с элементами участка цепи, а вольтметр – параллельно участку (рисунок 1, а и б), напряжение на котором необходимо измерить. Модели амперметров и вольтметров не требуют установки диапазона измерений.

Для установки режима работы и величин внутренних сопротивлений (Resistance) амперметров U_2 , U_3 и вольтметров U_1 , U_4 нужно дважды щелкнуть на левую клавишу мыши на изображении соответствующего прибора и в открывшемся диалоговом окне свойств прибора установить в команде Mode режим работы (постоянный ток DC или переменный AC), изменить или оставить установленное по умолчанию внутреннее сопротивление прибора (1 нОм для амперметров и 10 МОм для вольтметров) и нажать на кнопку ОК (Принять). Внутренние сопротивления 1 нОм для амперметров и 10 МОм для вольтметров, установленные по умолчанию, в большинстве случаев оказывают пренебрежительно малое влияние на работу схем.

В библиотеке Instruments имеется мультиметр (рисунок 1, а), используемый для измерения тока, напряжения и сопротивления. В схеме (рисунок 1, а) мультиметр, работающий в режиме измерения напряжения, подключается к зажимам резистора R_1 с помощью ключа S. В модели мультиметра ХММ1 можно установить тип тока (постоянный "—" или переменный "~"), измеряемую величину по единице измерения: А ток, V

напряжение, сопротивление и другие параметры (SETTINGS) (см. рисунок 2 справа).

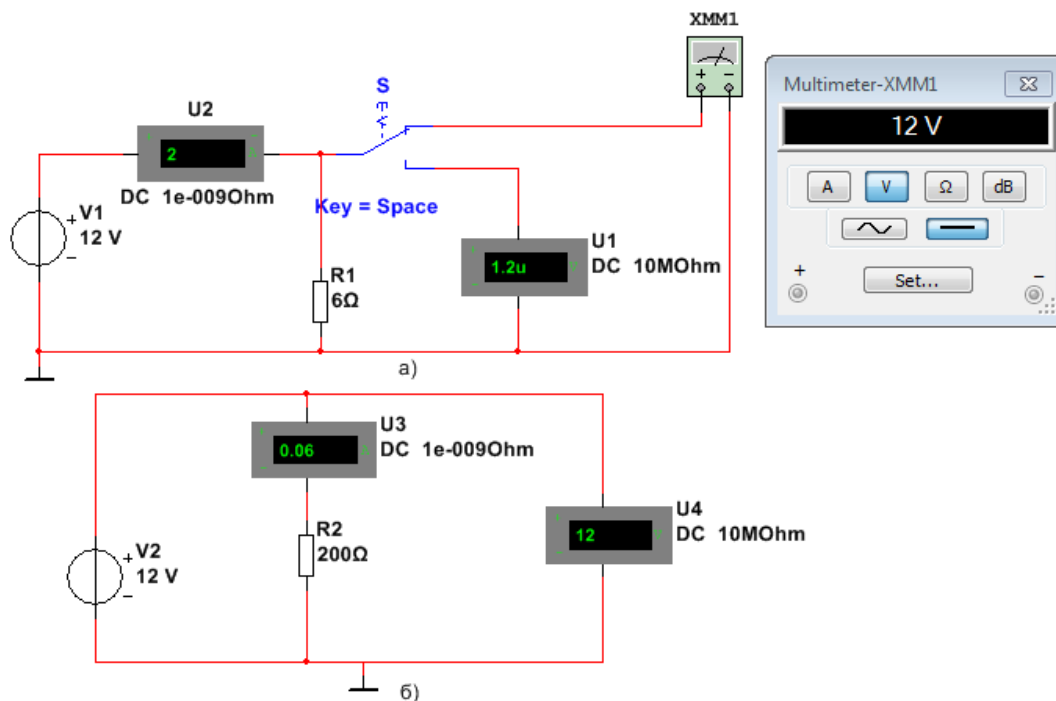


Рисунок 1

В реальных цепях для расширения диапазона измерения тока конкретным амперметром применяют шунт, включаемый параллельно с амперметром. В этом случае значение измеряемого тока равно показанию амперметра, умноженному на постоянный коэффициент, определяемый по правилу делителя тока. При измерении больших переменных токов используют измерительный трансформатор тока, первичная обмотка которого включается в ветвь с измеряемым током, а вторичная замкнута на амперметр. Значение измеряемого тока равно показанию амперметра, умноженную на константу, определяемую коэффициентом трансформации тока измерительного трансформатора.

С целью расширения диапазона измерения напряжения конкретным вольтметром последовательно с его входом включают тарированный резистор.

В этом случае значение измеряемого напряжения равно показанию вольтметра, умноженному на коэффициент, определяемый по правилу делителя напряжения. При измерении высоких напряжений переменного тока используют измерительный трансформатор напряжения, к вторичной обмотке которого подключают вольтметр. Измеряемое напряжение равно показанию вольтметра, умноженному на константу, зависящую от коэффициента трансформации напряжения измерительного трансформатора.

3. Измерение сопротивлений

Для прямого измерения сопротивления резистивного элемента (резистора в том числе) будем использовать мультиметр ХММ2, в диалоговом окне которого нужно установить режим работы "—" (постоянный ток), измеряемую величину, значение тока, например, 10 nA при измерении сопротивлений (SETTINGS), и подключить прибор к зажимам отдельного резистора (рисунок 2) или параллельно разомкнутому участку резистивной цепи (без источников энергии). При измерении сопротивления между двумя любыми точками схемы цепи, нужно, чтобы хотя бы один из узлов схемы имел соединение с "заземленной" точкой, при этом ветви с идеальными источниками тока должны быть разомкнуты, а идеальные источники напряжения заменены короткозамкнутыми участками (проводниками).

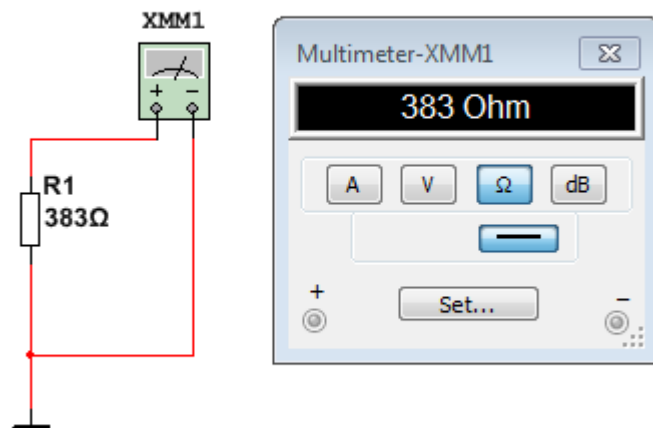


Рисунок 2

В практике измерения сопротивлений резистивных элементов, кроме прямых и сравнительных методов, широко используется так называемый метод вольтметра-амперметра, в основу которого положен закон Ома для цепей постоянного тока (см. рисунок 1, а и б). Заметим, что этот метод позволяет получить лишь приближенное значение измеряемого сопротивления $R = \frac{U}{I}$.

Так, для схемы, изображенной на рисунке 1, а,

$$R_1 = U / (I - U / R_v),$$

а для схемы, изображенной на рисунке 1, б,

$$R_2 = (U - R_A I) / I,$$

где R_v и R_A - внутренние сопротивления вольтметра и амперметра соответственно.

Анализ приведенных выражений позволяет сделать выводы: первой схемой (рисунок 1, а) следует пользоваться при измерении сравнительно малых

сопротивлений, когда $R_V \gg R_1$, а второй схемой (рисунок 1, б) - при измерении больших сопротивлений, когда $R_A \ll R_2$.

4. Реактивные элементы в цепях постоянного тока

Катушка индуктивности

Индуктивность — это свойство электронного компонента противодействовать изменениям тока, протекающего через данный компонент.

Индуктивностью обладают компоненты, которые называются катушками индуктивности, соленоидами или дросселями. Если ток, протекающий в катушке индуктивности, изменяется, свойство индуктивности противодействует такому изменению тока. Если ток увеличивается, катушка индуктивности препятствует росту тока. Если ток уменьшается, катушка индуктивности снова пытается сохранить ток без изменения. Эффект индуктивности замечен в первую очередь в тех схемах, где используется переменный ток. Противодействие переменному току, оказываемое катушкой индуктивности, называется индуктивным сопротивлением. Подобно сопротивлению резистора индуктивное сопротивление оказывает фиксированное противодействие, которое контролирует уровень тока в схеме.

В схемах постоянного тока, в которых ток имеет фиксированное значение, определяемое сопротивлениями и напряжениями, катушки индуктивности обычно имеют лишь незначительный эффект или вообще не имеют никакого эффекта, т. е. их свойства приравниваются к свойствам обычного проводника.

Конденсатор

Поскольку между обкладками конденсатора находится диэлектрик, то электрический ток от одной пластинки к другой протекать не может, следовательно, образуется разрыв электрической цепи для постоянного и для

переменного тока. Отсюда следует, что конденсатор не пропускает постоянный ток. Переменный ток он также не пропускает, однако переменный ток постоянно перезаряжает накопитель, что создает картину того, что переменный ток проходит сквозь обкладки конденсатора.

Если к обкладкам разряженного конденсатора приложить постоянное напряжение, то в цепи начнет протекать электрический ток. По мере его заряда ток будет снижаться и при равенности напряжений на пластинках и источника питания, ток перестанет протекать – образуется разрыв электрической цепи.

5. Делители напряжения и тока

Делитель напряжения — это простая схема, которая позволяет получить из высокого напряжения пониженное напряжение.

Используя только два резистора и входное напряжение, можно получить выходное напряжение, составляющее определенную часть от входного.

Схема и формула представлены ниже.

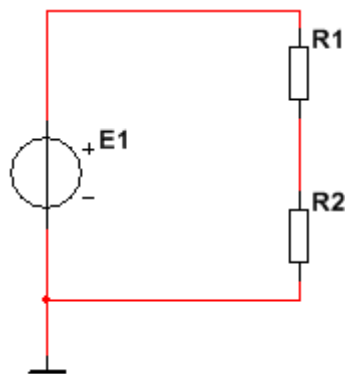


Рисунок 3

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Делитель тока — это схема, позволяющая разделить ток на две части, чтобы в дальнейшем использовать одну из них. Схема применяется, когда

устройство не работает с большим током и необходимо отделить его меньшее количество, необходимое для использования аппаратуры.

В основе принципа действия, лежит первый закон Кирхгофа: сумма втекающих токов в узле равна сумме вытекающих.

Схема и формулы расчета представлены ниже.

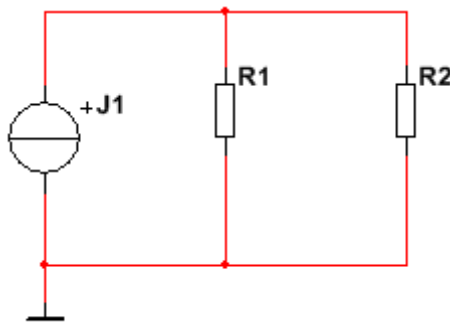


Рисунок 4

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}; I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$

Учебные задания и методические указания к их выполнению

Задание 1 Измерение сопротивлений

Открыть библиотеку компонентов, из раздела Source поместить на рабочее поле идеальный источник ЭДС V_1 , затем из раздела Basic выбрать четыре резистора R_1, \dots, R_4 , из Indicators - амперметр U_1 и четыре вольтметра U_2, \dots, U_5 , во вкладке Моделирование, в разделе Приборы - мультиметр ХММ1 и ключ SPDT из раздела Basic библиотеки, управляемый клавишей.

После двойного щелчка мышью на изображении элемента или прибора в открывающихся диалоговых окнах:

- задать ЭДС источника напряжения $E_1 = N$ (в вольтах), где N - номер по списку;

- обозначить (в свойствах Label и Value) резисторы и установить значения их сопротивлений:

$$R_1 = N; R_2 = 2N; R_3 = 3N; R_4 = 4N;$$

- задать или оставить установленный по умолчанию режим DC функционирования измерительных приборов и их внутренние сопротивления: 1 нОм для амперметра и 10 МОм для вольтметров;
- задать измеряемую величину Ω (сопротивление) мультиметра ХММ1 и режим его работы (постоянный ток).

Соединить параллельно между собой сопротивления R_1 и R_2 ; R_3 и R_4 , и после включения моделирования схемы измерить с помощью мультиметра ХММ1 сопротивления разветвлений резисторов (см. рисунок 5). Полученные значения сопротивлений занести в поля таблицы 1 и сравнить со значениями, вычисленными по формулам:

$$R_{12} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2) \quad \text{и} \quad R_{34} = R_3 R_4 / (R_3 + R_4).$$

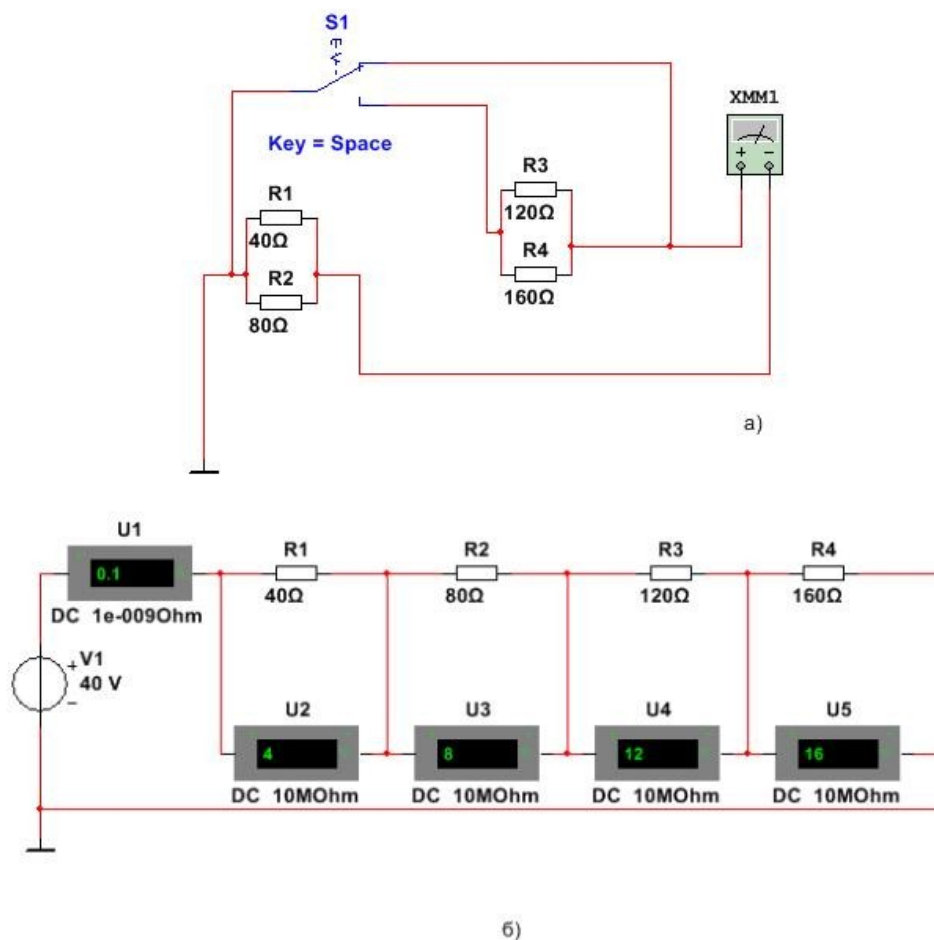


Рисунок 5

Таблица 1

Измерено	$R_{12}, \text{ Ом}$	$R_{34}, \text{ Ом}$	$R_{1234}, \text{ Ом}$	$U_1, \text{ мВ}$	$U_2, \text{ мВ}$	$U_3, \text{ мВ}$	$U_4, \text{ мВ}$
				$I_1 = I, \text{ мА}$	$I_2 = I, \text{ мА}$	$I_3 = I, \text{ мА}$	$I_4 = I, \text{ мА}$
Вычислено	$R_{12}, \text{ Ом}$	$R_{34}, \text{ Ом}$	$R_{1234}, \text{ Ом}$	$R_1, \text{ Ом}$	$R_2, \text{ Ом}$	$R_3, \text{ Ом}$	$R_4, \text{ Ом}$

Рассчитать сопротивления резисторов и занести их значения в таблицу 1.

Задание 2 Реактивные элементы в цепях постоянного тока

Задать ЭДС источника напряжения $E_1 = N$ (в вольтах), где N - номер по списку. Значения сопротивления нагрузки, индуктивности катушки и ёмкости конденсатора задать: $R = 200, \text{ Ом}$, $L = 10, \text{ мГн}$, $C = 10, \text{ мкФ}$.

Исследовать поведение характеристик индуктивности и ёмкости на постоянном токе. Схемы для измерений представлены на рисунке 6. Для индуктивности: убедиться, что разность потенциалов равна нулю при наличии тока, т.е. сопротивление индуктивности равно "0". Для ёмкости: убедиться, что ток равен нулю, что означает разрыв цепи, т.е. сопротивление ёмкости равно бесконечности.

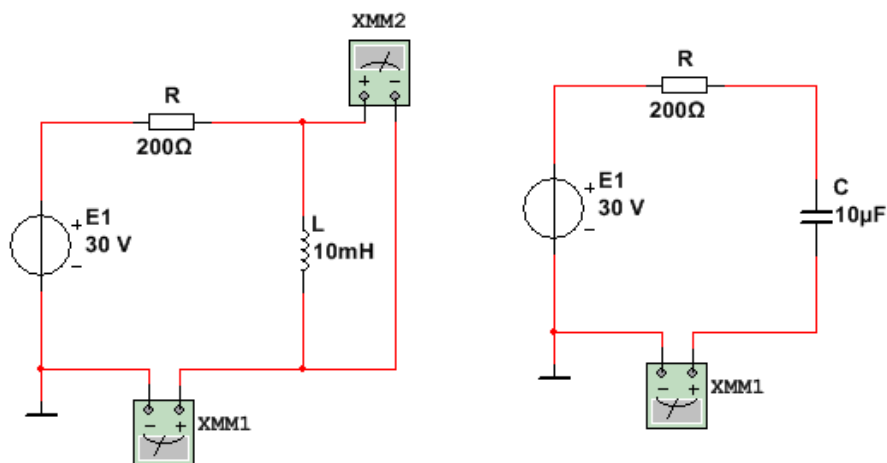


Рисунок 6

Задание 3 Делитель напряжения

Задать ЭДС источника напряжения $E_1 = N$ (в вольтах), где N - номер по списку. Значения сопротивления резисторов задать: $R_1 = 195$, Ом, $R_2 = 10N$, Ом.

Рассчитать параметры делителя по формулам:

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2}; U_1 = I \cdot R_1; U_2 = I \cdot R_2 \quad .$$

Построить делитель напряжения. Собрать схему цепи в соответствии с рисунком 7. Сравнить показания измерительных приборов с расчетами.

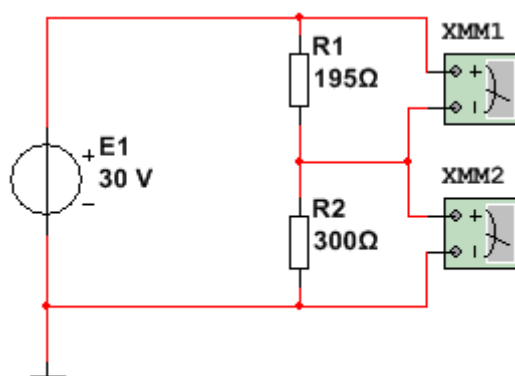


Рисунок 7

Задание 4 Делитель тока

Задать ЭДС источника тока $J_1 = N/10$ (в амперах), где N - номер по списку. Значения сопротивления резисторов задать: $R_1 = 195$, Ом, $R_2 = 10N$, Ом.

Рассчитать параметры делителя по формулам:

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}; I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$

Построить делитель тока. Собрать схему цепи в соответствии с рисунком 8. Сравнить показания измерительных приборов с расчетами.

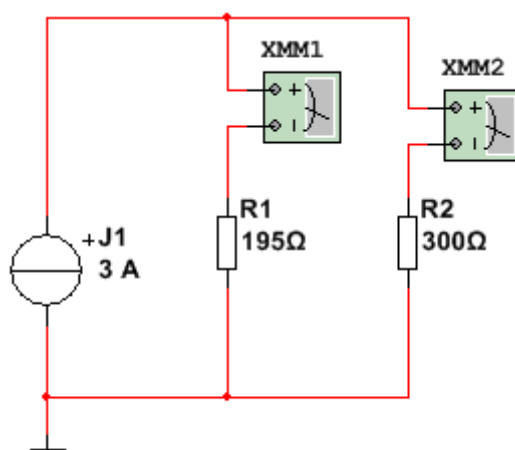


Рисунок 8

Содержание отчёта

1. Наименование и цель работы.
2. Перечень приборов, использованных в экспериментах, с их краткими характеристиками.
3. Электрические схемы измерения сопротивлений резисторов, исследования реактивных элементов и делителей напряжения и тока.
4. Таблицы, результаты измерений и расчётов.
5. Расчётные формулы.
6. Выводы по работе.