

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Казанский национальный исследовательский технический университет –
КАИ им. А.Н. Туполева

Институт компьютерных технологий и защиты информации
Отделение СПО ИКТЗИ «Колледж информационных технологий»

Методические указания к лабораторным работам
по основам электротехники
Направление подготовки: 09 02 06

Разработал: преподаватель СПО ИКТЗИ Бобров В.А.

Казань 2021

Содержание

1. Лабораторная работа №1	
«Проверка действия закона Ома»	3
2. Лабораторная работа №2	
«Законы Кирхгофа. Расчет цепей методом наложения».....	9
3. Лабораторная работа №3	
«Линия электропередачи постоянного тока».....	16
4. Лабораторная работа №4	
« Исследование линейных цепей постоянного тока с одним источником энергии».....	20

Лабораторная работа №1 «Проверка действия закона Ома»

Цель работы: экспериментальная проверка действия закона Ома, изучение взаимосвязи параметров измерительных приборов и точности измерений в зависимости от класса точности измерительных приборов. Изучение работы электросхемы в режимах : номинальном, холостого хода(ХХ), короткого замыкания (КЗ).

Общие методические указания: экспериментальная часть лабораторной работы выполняется виртуально с помощью программы Multisim, которая имитирует реальную радиоэлектронную лабораторию, оборудованную измерительными приборами, работающими в реальном масштабе времени. Перед выполнением лабораторной работы студенту необходимо ознакомиться с программой Multisim , со способом выбора электро и радиоэлементов, измерительных приборов и построением электросхем, изучить материалы лекции №1 «Основные понятия электротехники»

Закон Георга Ома формулируется так: сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению в проводнике и обратно пропорциональна сопротивлению этого проводника.

$$I = \frac{U}{R}$$

Пояснения к закону:

1) Чем выше напряжение в проводнике, тем выше будет и сила тока в этом проводнике.

2) Чем выше сопротивление проводника, тем меньше будет сила тока в нем.

Обозначение основных параметров, характеризующих электроцепь, известны всем с уроков физики в школе:

I — сила электротока;

U — напряжение;

R — сопротивление.

Единицами измерения силы тока являются амперы, напряжения — вольты, сопротивление измеряется в омах.

Данный закон верен для линейного участка цепи, на котором зафиксировано стабильное сопротивление. (Рис. №1)

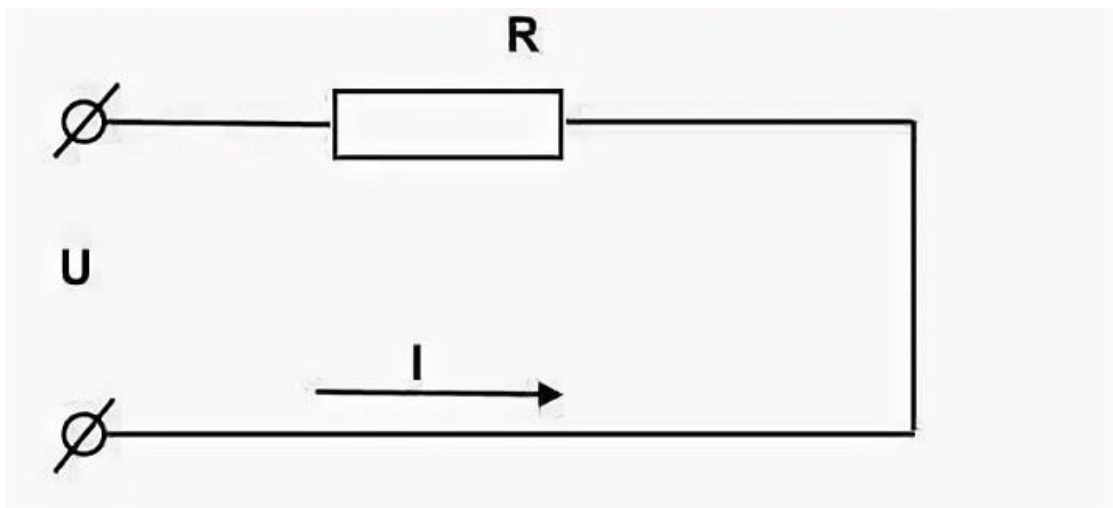


Рис.№1

1. Задание

Лабораторная работа выполняется в соответствии со своим вариантом (см. Табл.№1.).

Общая электросхема (Рис.№2).

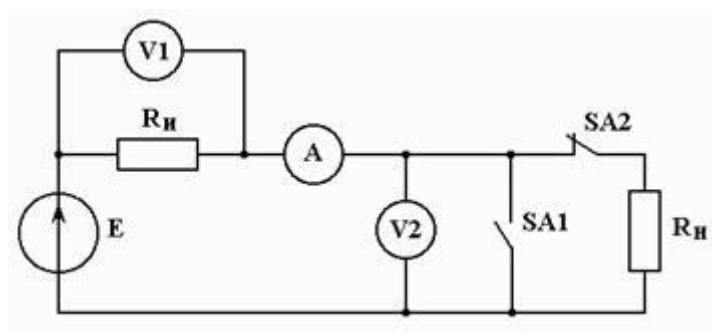


Рис.№2

2. Выполнение работы.

2.1. В программе Multisim выберем необходимые радиоэлементы и на рабочем столе компьютера соберем цепь, схема которой приведена в задании.

2.2. Установим значения и параметры радиоэлементов схемы в соответствии со своим вариантом.

ЭДС источника $E =$
 сопротивление источника $R_{и} =$
 сопротивление нагрузки $R_{н} =$

переключатели: SA1 в положение-разомкнут, SA2 в положение замкнут

Вариант Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E В	20	25	15	18	16	30	35	28	24	26	12	14
Rи кОм	2	4	2	6	1	5	3	4	2	4	3	6
Rн кОм	25	20	15	30	18	40	35	45	50	35	20	55

Таблица №1

2.3. Подключим измерительные приборы в соответствии со схемой Рис.№1.

Установим параметры измерительных приборов:

сопротивление вольтметров V1 и V2 $R_V = 10\text{МОм}$;

сопротивление амперметра А $R_A = 0,009\text{ Ом}$.

2.4. Проверим выполнение закона Ома для полной цепи (ключ SA2 замкнут, ключ SA1 разомкнут) в номинальном режиме. Для этого - Включим питание

2.5. Запишем показания приборов: вольтметра V1 измеренное напряжение $U_{и}$ на резисторе $R_{и}$, вольтметра V2 – измеренное напряжение $U_{н}$ на резисторе $R_{н}$ и амперметра А – измеренного тока в цепи I.

2.6. Рассчитаем напряжение на резисторе $R_{и}$, напряжение на резисторе $R_{н}$ и ток в цепи по формуле закона Ома. Для этого необходимо найти эквивалентное сопротивление цепи:

$$R_{\text{экв}} = R_{и} + R_{н} =$$

Ток в цепи I будет равен:

$$I = E/R_{\text{экв}} =$$

2.7. Сравним измеренное и рассчитанное значения тока. Для этого найдем относительную погрешность измерения тока dI :

где I изм – значение тока измеренное;

I расщ – значение тока рассчитанное.

Напряжение на сопротивлении источника $U_{и}$:

$$U_{и} = IR_{и} =$$

Напряжение на нагрузке $U_{н}$:

$$U_{н} = IR_{н} =$$

Найдем относительные погрешности измерения напряжений $dU_{и}$ и $dU_{н}$:

$$dU_{и} = \frac{U_{и \text{ изм}} - U_{и \text{ расщ}}}{U_{и \text{ расщ}}} \cdot 100\%$$

$$dU_{н} = \frac{U_{н \text{ изм}} - U_{н \text{ расщ}}}{U_{н \text{ расщ}}} \cdot 100\%$$

где $U_{и\text{ изм}}$; $U_{н\text{ изм}}$ – напряжения на сопротивлении источника и нагрузке измеренные;

$U_{и\text{ расч}}$; $U_{н\text{ расч}}$ – напряжения на сопротивлении источника и нагрузке рассчитанные.

Внесем все измеренные и рассчитанные токи и напряжения в табл. 2.

3.. В исследуемой цепи разомкнем ключ SA2, тем самым реализуем режим холостого хода (XX). Снимем показания измерительных приборов (рис. 2):

$I=$; $U_{и}=$; $U_{н}=$

ПРИМЕР: показания приборов.

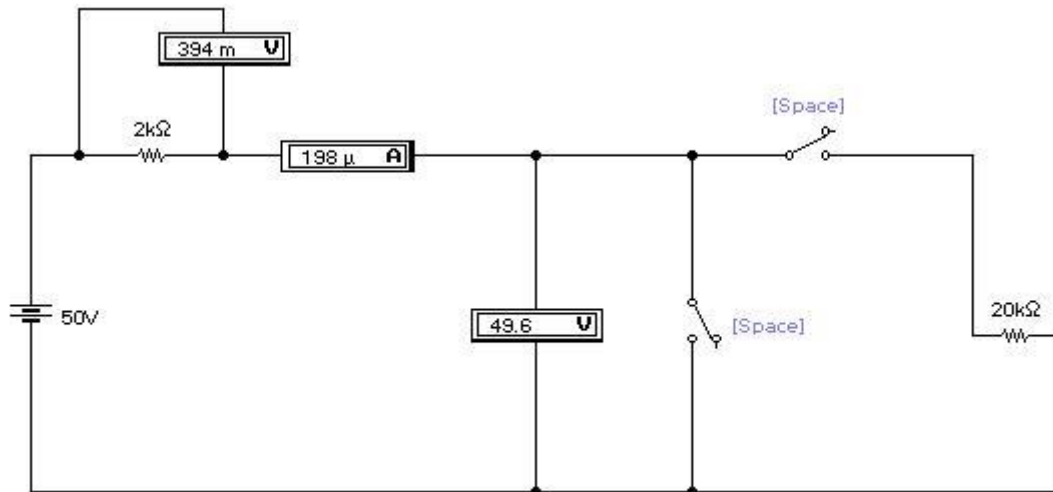


Рис.2.

ВНИМАНИЕ: при снятии показаний измерительных приборов, обратить внимание на единицы показаний напряжений и токов (mA, μA, mV, V).

3.1.Проверим измерения теоретическими расчетами.

В идеальных условиях ток в цепи в режиме холостого хода равен нулю: $I=0$. Из этого следует, что напряжение на сопротивлении источника тоже будет равно нулю: $U_{и} = IR_{и} = 0$. Напряжение же на нагрузке будет равно напряжению источника ЭДС: $U_{н} = E$

Мы увидим, что показания вольтметров V1 и V2 и амперметра A отличаются от этих данных. Это происходит из-за включенных измерительных приборов, которые имеют собственное сопротивление. Объяснить!.

Рассчитаем относительную погрешность измерения напряжения на нагрузке:

$$dU_{н} = \frac{U_{н\text{ изм}} - U_{н\text{ расч}}}{U_{н\text{ расч}}} \cdot 100\%$$

Внесем все полученные данные в табл. 2.

4.Реализуем режим короткого замыкания (КЗ). Для этого замкнем ключ SA1. Снимем показания измерительных приборов (см. рис. 1.3):

$I =$; $U_{и} =$; $U_{н} =$.

ПРИМЕР:

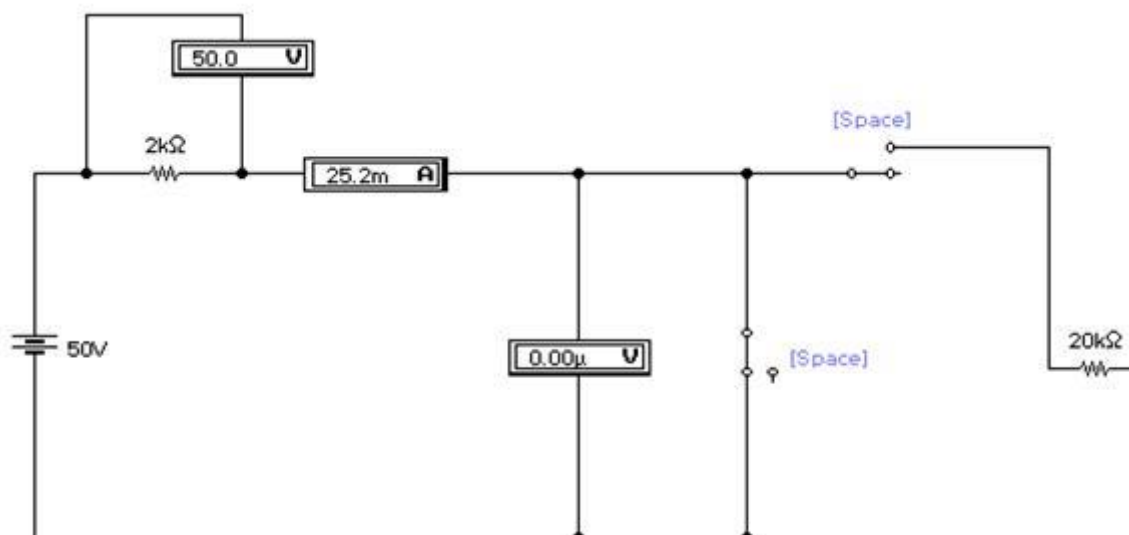


Рис.3. Режим короткого замыкания

Проверим измерения теоретическими расчетами. Рассчитаем напряжение на резисторе $R_{и}$ и ток в цепи.

Ток I в цепи будет равен:

$$I = E/R_{и} =$$

Сравним измеренное и рассчитанное значения тока. Для этого найдем относительную погрешность измерения тока dI :

$$dI = \frac{I_{\text{изм}} - I_{\text{рассч}}}{I_{\text{рассч}}} \cdot 100\%$$

Напряжение на сопротивлении источника $U_{и}$:

$$U_{и} = IR_{и} =$$

Это совпадает с показанием вольтметра. Относительная погрешность измерения напряжения $dU_{и} = 0$.

Напряжение на нагрузке равно нулю, так как сопротивление нагрузки $R_{н} = 0$. Внесем все полученные результаты расчетов и измерений в табл.2.

Таблица 2.

	U _и изм, В	U _и рассч, В	dU _и , %	U _н изм, В	U _н рассч, В	dU _н , %	I _{изм} , мА	I _{рассч} , мА	dI, %
Закон Ома для полной цепи									
Режим холостого хода									
Режим короткого замыкания									

Изменим класс точности измерительных приборов, заменив установленные сопротивления этих приборов: Установим параметры измерительных приборов:

сопротивление вольтметров V1 и V2 $R_V = 250 \text{ кОм}$;

сопротивление амперметра А $R_A = 0,3 \text{ Ом}$.

5. Повторно проведем измерения и расчеты в соответствии пп 2.4.....4.

Вывод:

1) Сравнивая измеренные значения токов и напряжений в цепи с рассчитанными значениями по закону Ома, мы убедились в том, что закон Ома реально действует.

2) Поняли принцип работы электросхемы в режимах: номинальном, холостого хода, короткого замыкания.

3) Поняли, что на точность измерения параметров влияет класс точности измерительных приборов.

Лабораторная работа № 2

«Законы Кирхгофа. Расчет электрических цепей методом наложения»

Цель работы: Экспериментальная проверка действия законов Кирхгофа.

1. Общие методические указания

Геометрическая конфигурация схемы характеризуется понятиями ветвь, узел, контур.

Ветвью называют участок цепи между двумя узлами в любом сечении, которого ток имеет одно и тоже значение. Ветвь образуется одним или несколькими последовательно соединенными элементами цепи.

Узел – место соединения трех и большего числа ветвей.

Контур – это замкнутый путь, проходящий по ветвям схемы, в котором один из узлов является началом и концом пути.

Законы Кирхгофа устанавливают соотношения между токами и напряжениями в разветвленных электрических цепях произвольного типа. Законы Кирхгофа имеют особое значение в электротехнике из-за своей универсальности, так как пригодны для решения любых электротехнических задач. Законы Кирхгофа справедливы для линейных и нелинейных цепей при постоянных и переменных напряжениях и токах.

Первый закон Кирхгофа вытекает из закона сохранения заряда. Он состоит в том, что алгебраическая сумма токов, сходящихся в любом узле, равна нулю.

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

Где n – число токов, сходящихся в данном узле. Например, для узла электрической цепи (рис. 1) уравнение по первому закону Кирхгофа можно

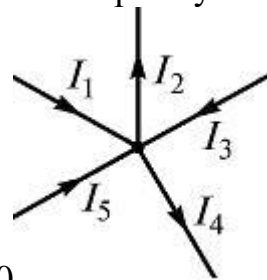


Рис.1

записать в виде $I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0$

В этом уравнении токи, направленные к узлу, приняты положительными.

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма падений напряжений на отдельных участках замкнутого контура, произвольно выделенного в сложной разветвленной цепи, равна алгебраической сумме ЭДС в этом контуре

$$\sum_{i=1}^k E_i = \sum_{i=1}^m I_i R_i$$

где k – число источников ЭДС; m – число ветвей в замкнутом контуре; I_i , R_i – ток и сопротивление i -й ветви.

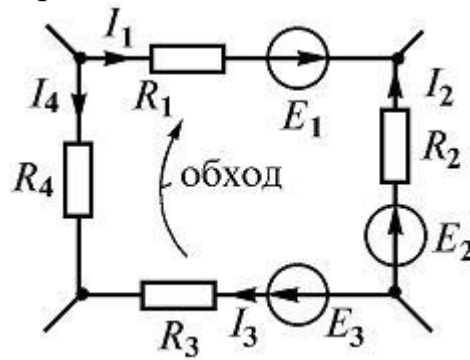


Рис. 2

Так, для замкнутого контура схемы (рис. 2) $E_1 - E_2 + E_3 = I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_4 R_4$

Замечание о знаках полученного уравнения:

- 1) ЭДС положительна, если ее направление совпадает с направлением произвольно выбранного обхода контура;
- 2) падение напряжения на резисторе положительно, если направление тока в нем совпадает с направлением обхода.

Физически второй закон Кирхгофа характеризует равновесие напряжений в любом контуре цепи. В сложных цепях с несколькими источниками питания провести расчет непосредственно по законам Кирхгофа бывает сложно, по причине очень большого числа решаемых уравнений, поэтому используют другие более эффективные методы. Рассчитаем электрическую цепь методом суперпозиции (наложения). Метод основан на принципе независимости действия ЭДС, согласно которому токи, протекающие в цепи при наличии нескольких ЭДС, можно представить, как алгебраическую сумму токов, вызываемых каждой из ЭДС в отдельности. Рассмотрим порядок расчета.

2.Задание

2.1 В программе Multisim выберем необходимые радиоэлементы в соответствии со Схемой 1 и соберем

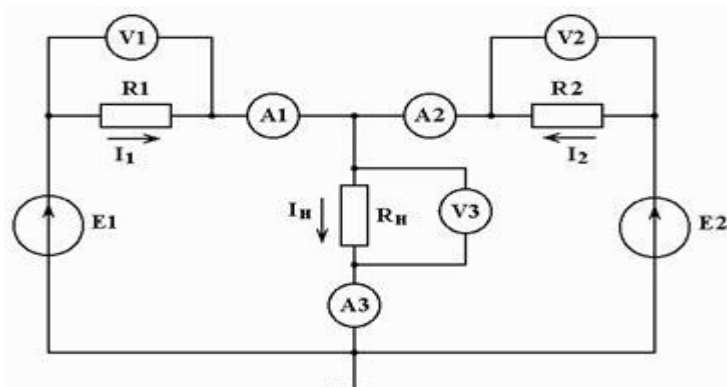


Схема 1.

резистивную цепь, схема которой приведена в задании (Схема 1).
Установим параметры элементов схемы в соответствии со своим
вариантом:

Вариант Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E1	12	20	15	10	10	14	18	16	14	12	8	16
E2	30	35	20	24	15	40	36	30	28	20	22	45
R1	1	2	3	2	4	1	3	2	2	5	3	4
R2	6	8	10	7	6	8	10	6	8	6	16	20
R _н	9	12	14	15	7	8	2	4	14	10	15	25

Таблица №1

ЭДС первого источника E1 = ЭДС второго источника E2 =
Сопротивление R1 = сопротивление R2 =
сопротивление нагрузки R_н =

2.2.. Подключим измерительные приборы в соответствии со схемой
резистивной цепи Схема 1. Установим параметры измерительных приборов:
сопротивление вольтметров V1, V2 и V3 $R_V = 10\text{МОм}$;
сопротивление амперметров A1, A2 и A3 $R_A = 0,009\text{ Ом}$.

На рис. 1. изображена схема, которую мы собрали.

ПРИМЕР:

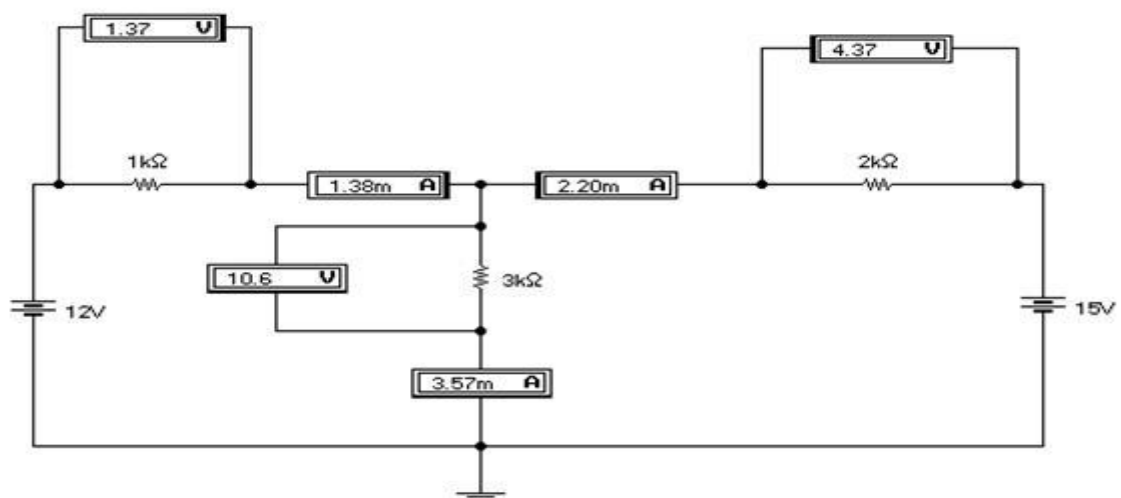
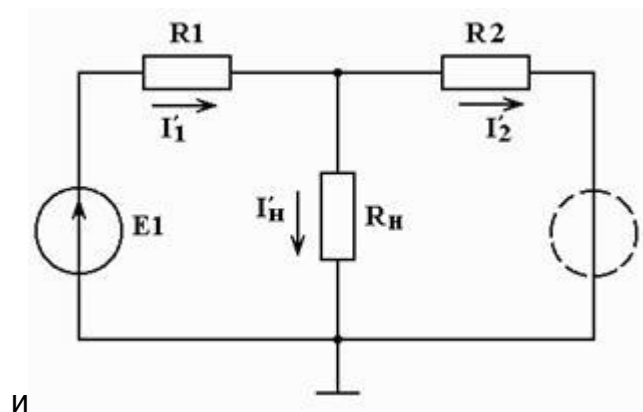


Рис. 1. Схема цепи, собранной в Multisim

Включим питание. Запишем показания виртуальных измерительных приборов : $I_1=$, $I_2=$, $I_H=$; $U_1 =$, $U_2=$, $U_H=$. ВНЕСЕМ их в табл. 2.

1.3. Рассчитаем все токи и напряжения в цепи по формулам законов Ома и Кирхгофа.

Сначала определим токи в ветвях. По методу наложения исключим источник ЭДС E_2 из цепи



Найдем эквивалентное сопротивление цепи

$$R' = R_1 + \frac{R_2 * R_H}{R_2 + R_H}$$

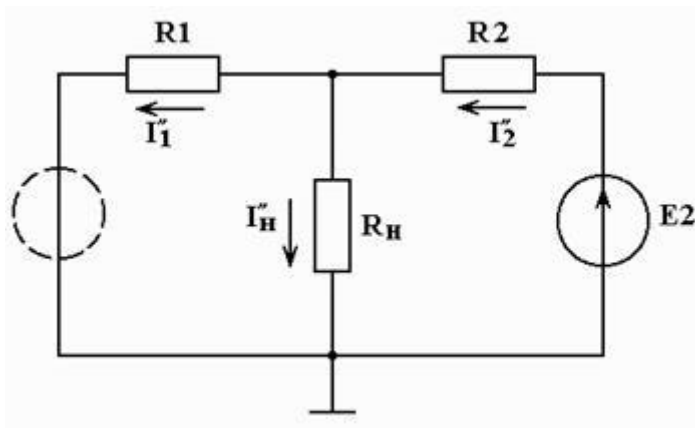
Рассчитаем токи в ветвях:

$$I'_{1} = \frac{E_1}{R'}$$

$$I'_{2} = \frac{E_1 - R_1 \cdot I'_{1}}{R_2}$$

$$I'_{H} = \frac{E_1 - R_1 \cdot I'_{1}}{R_H}$$

Теперь исключим источник ЭДС E1:



Рассчитаем эквивалентное сопротивление цепи

$$R_{\text{ЭКВ}}'' = R_2 + \frac{R_1 * R_H}{R_1 + R_H}$$

Рассчитаем токи для этой цепи $A = \pi r^2$

$$I''_2 = \frac{E2}{R_{\text{ЭКВ}}''}$$

$$I''_1 = \frac{E2 - R2 \cdot I''_2}{R_1}$$

$$I''_H = \frac{E2 - R2 \cdot I''_2}{R_H}$$

По методу суперпозиции рассчитаем токи в ветвях цепи:

$$I1_{\text{расч}} = I'_1 - I''_1$$

$$I2_{\text{расч}} = I'_2 - I''_2$$

$$I_{H \text{ расч}} = I'_H - I''_H$$

Определим напряжения:

$$U_{1 \text{ расч}} = I1_{\text{расч}} \times R_1$$

$$U_{2 \text{ расч}} = I2_{\text{расч}} \times R_2$$

$$U_{H \text{ расч}} = I_{H \text{ расч}} \times R_H$$

Внесем рассчитанные результаты токов и напряжений в табл. 2.

Для сравнения измеренных и рассчитанных результатов определим относительные погрешности измерений:

$$\Delta I_1 = \frac{I_{1\text{изм}} - I_{1\text{расч}}}{I_{1\text{расч}}} \times 100\%$$

$$\Delta I_2 = \frac{I_{2\text{изм}} - I_{2\text{расч}}}{I_{2\text{расч}}} \times 100\%$$

$$\Delta I_H = \frac{I_{H\text{изм}} - I_{H\text{расч}}}{I_{H\text{расч}}} \times 100\%$$

$$\Delta U_1 = \frac{U_{1\text{изм}} - U_{1\text{расч}}}{U_{1\text{расч}}} \times 100\%$$

$$\Delta U_2 = \frac{U_{2\text{изм}} - U_{2\text{расч}}}{U_{2\text{расч}}} \times 100\%$$

$$\Delta U_H = \frac{U_{H\text{изм}} - U_{H\text{расч}}}{U_{H\text{расч}}} \times 100\%$$

Таблица № 2 Значения токов и напряжений в исследуемой цепи

	I ₁ , мА	I ₂ , мА	I _H , мА	U ₁ , В	U ₂ , В	U _H , В
Измеренные значения						
Рассчитанные значения						
Относительная погрешность измерений						

2.3. Изменяя величину ЭДС E_1 постараемся добиться того, чтобы ток через резистор R_1 стал равным нулю. Это произошло при $E_1 =$ (см. рис. 2.2)

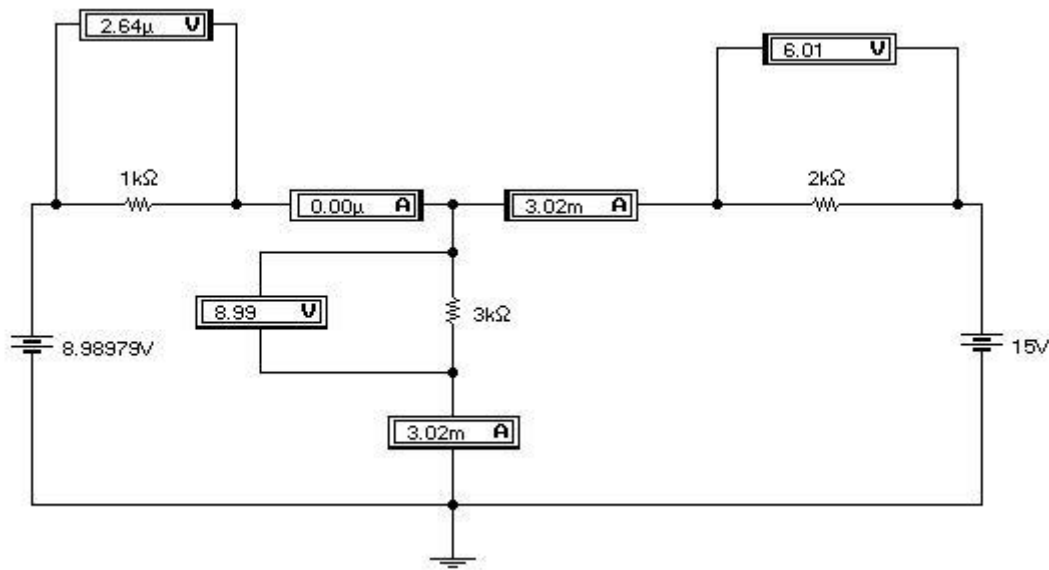


Рис. 2.2. Схема цепи, в которой ток через резистор R_1 стал равен нулю

Вывод

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Сравнивая измеренные значения токов и напряжений в цепи с рассчитанными по законам Ома и Кирхгофа, мы убедились в том, что они реально действуют.
2. Значения измеренных токов и напряжений в цепи отличаются от рассчитанных по причине не идеальности измерительных приборов, которые имеют свое собственное сопротивление.
3. В нашем случае в схеме 2 оба источника отдают энергию в нагрузку ?.

Лабораторная работа № 3

«Линия электропередачи постоянного тока»

Цель работы: исследование работы линии электропередачи постоянного тока, определение потерь напряжения в линии, потерь мощности и уменьшения КПД, расчет сечения проводов линии в зависимости от величины нагрузки.

Общие сведения.

Источники и приемники электрической энергии соединяются линией электропередачи, которая в простейшем случае представляет собой два провода. Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из источника энергии напряжением на зажимах U_1 , линии электропередачи сопротивлением R_l и приемника энергии сопротивлением R_2 (Рис.№1).

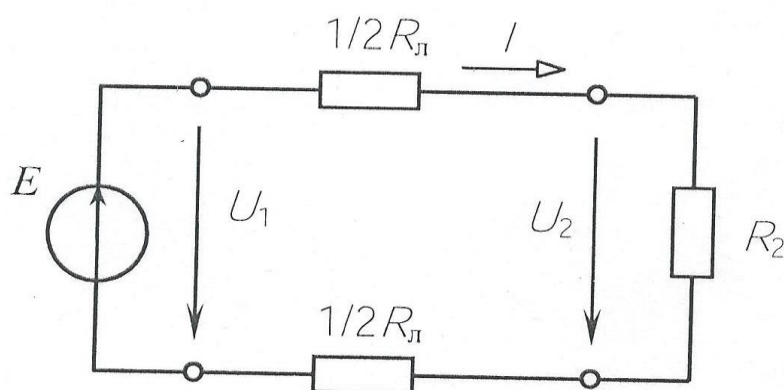


Рис. №1

По второму закону Кирхгофа напряжение в начале линии U_1 , больше напряжения на зажимах приемника U_2 на величину падения напряжения в линии ΔU

Применяя закон Ома, можно записать:

$$U_1 = U_2 + \Delta U = R_2 I + R_l I$$

Где R_l сопротивление двухпроводной линии, Ом. Умножим уравнение на ток I ,

получим уравнение баланса мощности.

$$U_1 I = R_2 I^2 + R_l I^2 \quad \text{или} \quad P_1 = P_2 + \Delta P \quad \text{таким образом,}$$

развиваемая источником мощность $P_1 = U_1 \cdot I$ частично затрачивается на тепловые потери в линии ($\Delta P = R_l \cdot I^2$), остальная же часть мощности передается приемнику ($P_2 = R_2 \cdot I^2 = U_2 \cdot I$).

Коэффициент полезного действия линии $\eta = P_2/P_1 = U_2/U_1 = R_2/R_l + R_2$.

Передачу электроэнергии важно осуществлять с экономически приемлемыми потерями, поэтому, линии электропередачи работают с высоким КПД $\eta = 0,94 \dots 0,97$.

КПД можно увеличить, снизив потери мощности в линии, для чего стремятся уменьшить сопротивление линии ($R_l \ll R_2$) и повысить уровень напряжения.

С ростом напряжения электропередачи, при неизменной мощности приемника, $P_2 = U_2 \cdot I$ уменьшается ток в линии и, следовательно, уменьшаются потери мощности $\Delta P = R_{\text{л}} \cdot I^2$, возрастает КПД.

Наиболее характерными режимами работы электропередачи является следующее: номинальный режим, при котором напряжение, ток и мощность имеют расчетные (номинальные) значения, гарантирующее наилучшее показатели в работе (экономичность, долговечность, надежность).

Согласованный режим, при котором приемнику передается максимальная мощность $P_{2\text{max}}$. Выясним условия этого режима.

По закону Ома ток линии

$$I = \frac{U_1}{R_{\text{л}} + R_2}$$

Тогда мощность приемника

$$P_2 = R_2 \cdot I^2 = \frac{R_2 \cdot U_1^2}{(R_{\text{л}} + R_2)^2}$$

Взяв производную от P_2/R_2 и, приравняв ее нулю, получим условие согласованного режима при котором $R_2 = R_{\text{л}}$. При этом максимальное значение мощности приемника $P_{2\text{max}} = U_1^2/(4R_{\text{л}})$.

КПД согласованного режима $\eta = 0,5$, т.е. половина мощности источника теряется в линии. Поэтому данный режим используется для линий небольшой мощности (в линиях связи, устройствах автоматики и телемеханики), где важно получить максимальную мощность на зажимах приемника, а потери мощности не имеют существенного значения.

Режим ХОЛОСТОГО ХОДА, при котором $R_2 = \infty$ (линия разомкнута), $I = 0$; $U_2 = U_1$; $P_1 = \Delta P = P_2 = 0$; КПД $\eta = 1$.

Режим КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, когда $R_2 = 0$ (линия замкнута накоротко), $U_1/R_{\text{л}} = I_{\text{max}}$; $\Delta U = U_1$; $U_2 = 0$; $P_{1\text{max}} = U_1 \cdot I_{\text{max}} = P_1$; $P_2 = 0$; КПД $\eta = 0$, $\Delta P = P_1 \text{ max}$.

Правильный выбор сечения проводов имеет большое значение для нормальной работы линии электропередач. Оно не должно быть завышенным (это приведет к перерасходу материала проводов), оно не должно быть заниженным (это может привести к перегреву проводов и их изоляции, большим потерям мощности, а значит и к снижению КПД).

Сечение проводов выбирают таким образом, чтобы оно обеспечивало потерю напряжения ΔU в пределах допустимых норм и не приводило к тепловому повреждению проводов.

Колебания напряжения для осветительной нагрузки не должны превышать $-2,5\% + 5\%$, а для силовой (электродвигатели) $+ -5\%$ номинального напряжения. При заданной допустимой потере напряжения

$$\Delta U = R_{\text{л}} \cdot I = \frac{2\rho \cdot l}{S} \cdot I, \quad \text{сечение проводов линии} \quad S = \frac{2\rho \cdot l}{\Delta U} \cdot I$$

где $R_{\text{л}}$ – сопротивление двухпроводной линии, Ом.

Где l – протяженность линии, м;

ρ – удельная проводимость материала проводов линии, (например, для медных проводов, $\rho = 0,017 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$)

S – сечение проводов линии, мм^2 .

Найденное по проведенной формуле сечение, округленное до ближайшего большего стандартного, должно быть проверено на нагрев по допустимому для каждого типа проводов току. С этой целью рассчитывают рабочий ток $I_{\text{р}}$ для заданного потребителя и выбирают по таблицам сечение провода, допустимый ток нагрузки которого не меньше рабочего $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р}}$.

В таблице Таб.1 приведены длительно допустимые токовые нагрузки на провода и шнуры с медными жилами и резиновой или полихлорвиниловой изоляции, проложенной открыто.

Таб.1

Сечение провода S , мм^2	Токовая нагрузка $I_{\text{доп}}$, А	Сечение провода S , мм^2	Токовая нагрузка $I_{\text{доп}}$, А	Сечение провода S , мм^2	Токовая нагрузка $I_{\text{доп}}$, А
0,50	11	10	80	120	385
0,75	15	16	100	150	440
1,00	17	25	140	185	510
1,50	23	35	170	240	605
2,50	30	50	215	300	695
4,00	41	70	270	400	830
6,00	50	95	330		

Ход работы: для электрической цепи по схеме рис.1 проведем расчеты

- 1) При заданном напряжении U_1 в соответствии со своим вариантом и значениях сопротивления нагрузки R_2 (Таб.3), рассчитать ток I , напряжения U_2 , ΔU , мощности P_1 , P_2 , ΔP и КПД η . Сопротивление линии принять $R_{\text{л}} = 13 \text{ Ом}$. Результаты расчета записать в таблицу 3.

Таб.2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U_1 , В	8	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	14	15
P_2 , Вт	0,5	0,7	0,9	1,1	1,25	1,4	1,6	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0

Таб.3

Задано		Вычислено							Измерено	
U1, В	R2, Ом	I, А	U2, В	ΔU , В	P1, Вт	P2, Вт	ΔP , Вт	η	I, А	U2, В
Из таб.2	∞									
	65									
	26									
	13									
	6,5									
	2,6									
	0									

- 2) По результатам вычислений п.1 построить совмещенные графики зависимости от тока следующих величин:

$$U_2, \Delta U, P_1, P_2, \Delta P, \eta = f(I)$$

Рассчитать сечение провода S1 при R2= 2.6 Ом и S2 при R2=65.0 Ом

- 3) При неизменной мощности приемника P2 (взять из таб.2) и по заданным в таб.4 значениям R2, рассчитать ток I, напряжение U2, U1, КПД η исследуемой цепи ($R_L = 13 \text{ Ом}$). Результаты расчета записать в таб.4.

Таб.4

Задано		Вычислено				Измерено		
P2, Вт	R2, ом	I, А	U2, В	U1, В	η	U1, В	I, А	U2, В
Из таб.2	6,5							
	13							
	26							
	52							
	100							

- 4) Используя результаты вычислений пункта 3, построить график зависимости КПД $\eta = f(U_2)$

Выводы:

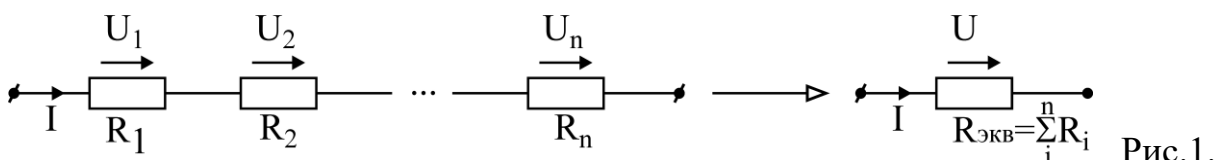
Лабораторная работа №4

« Исследование линейных цепей постоянного тока с одним источником энергии»

Цель работы: исследование электрической цепи с последовательным, параллельным и смешанным соединениями резистивных элементов; формирование навыков измерения тока и напряжения на участках цепи; экспериментальная проверка законов Ома и Кирхгофа; проверка выполнения баланса мощностей.

Основные теоретические сведения

В линейной электрической цепи параметры элементов не зависят от напряжения и токов. В резистивных элементах, которые используются в исследуемых цепях постоянного тока, происходит необратимый процесс преобразования электрической энергии в тепловую. Резистивный элемент – это элемент схемы, соответствующий идеализированному резистору в реальной электрической цепи. Сопротивление элемента обозначается буквой R . Такой резистивный элемент называют по его основному параметру сопротивлением. Что и будем делать далее. Сопротивления могут быть включены последовательно, параллельно и последовательно – параллельно (называют смешанное включение). Ток во всех элементах последовательной цепи одинаков, а напряжения на сопротивлениях пропорциональны их величинам (Рис.1).



Ток в цепи определяется по закону Ома: $I = \frac{U}{R}$. По второму Закону Кирхгофа напряжение на ветви

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n = I(R_1 + R_2 + \dots + R_n) = IR_{\text{экв.}} \quad (1)$$

Сумма сопротивлений всех участков данной ветви

$$R_{\text{экв.}} = \sum_{i=1}^n R_i$$

Мощность потребляемая резистивными элементами, определяется по формуле:

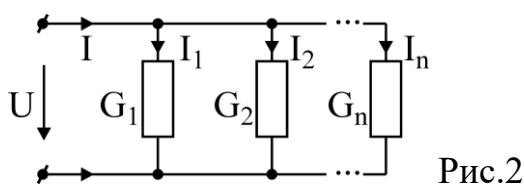
$$P_i = RiI^2 = UiI$$

Мощность источника питания $P=U I$

Мощность, отдаваемая источником питания, равна сумме мощностей всех потребителей. В этом заключается баланс мощностей. Уравнение баланса мощностей, если в схеме один источник напряжения, имеет вид:

$$P = \sum_{n=1}^n P_i = \sum_{n=1}^{\infty} R_i I_i^2$$

Схема электрической цепи с параллельным соединением резисторов изображена на Рис.2



В этой схеме токи в ветвях распределяются обратно пропорционально величинам сопротивлений резистивных элементов, а напряжение на элементах одинаково и равно напряжению источника энергии. Токи в ветвях I_n и общий ток I , потребляемый от источника, определяются по закону Ома и первому закону Кирхгофа

По ЗТК общий ток равен сумме токов отдельных ветвей:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n = G_1 U + G_2 U + \dots + G_n U = U (G_1 + G_2 + \dots + G_n) = U G_{\text{экв.}} \quad (2)$$

$$G_{\text{экв.}} = \sum_{i=1}^N G_i$$

Сумма проводимостей всех ветвей, соединенных параллельно

называется эквивалентной проводимостью. В случае параллельного сопротивления двух ветвей ($n=2$) обычно пользуются выражениями, в которые входят сопротивления

$$R_1 = \frac{1}{G_1}, \quad R_2 = \frac{1}{G_2}$$

Эквивалентное сопротивление двух параллельно соединенных ветвей равно:

$$R_{\text{экв.}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Поскольку общий ток делится на отдельные токи ветвей пропорционально проводимостям этих ветвей (или, что тоже самое, обратно пропорционально сопротивлениям этих ветвей), можно сказать, что параллельно включенные сопротивления образуют «делитель токов». Понятие делителя токов используется в технике.

Часто при использовании «ручного» расчета электрических цепей необходимо определить, как ток разделяется по отдельным ветвям параллельно соединенных ветвей.

Из формулы (2) следует, что токи ветвей, соединенных параллельно, пропорциональны проводимостям этих ветвей, т.е. токи делятся по ветвям пропорционально сопротивлениям этих ветвей, или, что тоже самое, обратно пропорционально сопротивлениям этих ветвей.

В случае двух параллельно соединенных сопротивления их общее сопротивление равно:

$R_{\text{экв.}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$, тогда суммарный ток I , протекающий по этому эквивалентному сопротивлению, создаст напряжение U , равное:

$U = I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$, чтобы найти ток I_1 в сопротивлении R_1 , необходимо разделить выражение на R_1 , а чтобы найти ток I_2 в сопротивлении R_2 найти разделить выражение на R_2 :

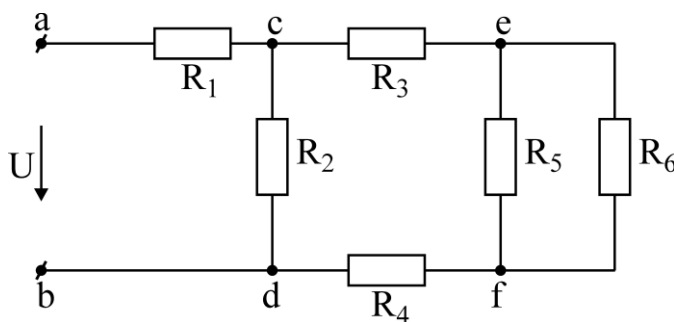


Рис.3

На Рис.3 изображена схема электрической цепи с последовательно параллельным соединением резисторов. Параметры схемы рассчитываются по формулам приведенным выше.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

Экспериментальная часть лабораторной работы выполняется по вариантам. Значения основных параметров, исследуемых схем, приведены в Табл.1.

Таблица 1

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	18	24	15	9	12	20	10	16	6	14
R1, Ом	910	1,2к	470	620	820	2,7к	560	2,2к	240	360
R2, Ом	750	2,7к	360	430	680	3,6к	750	1,6к	390	560
R3, Ом	680	3,3к	240	510	910	1,8к	680	4,3к	470	220

1. Исследование электрической цепи с последовательным соединением резисторов

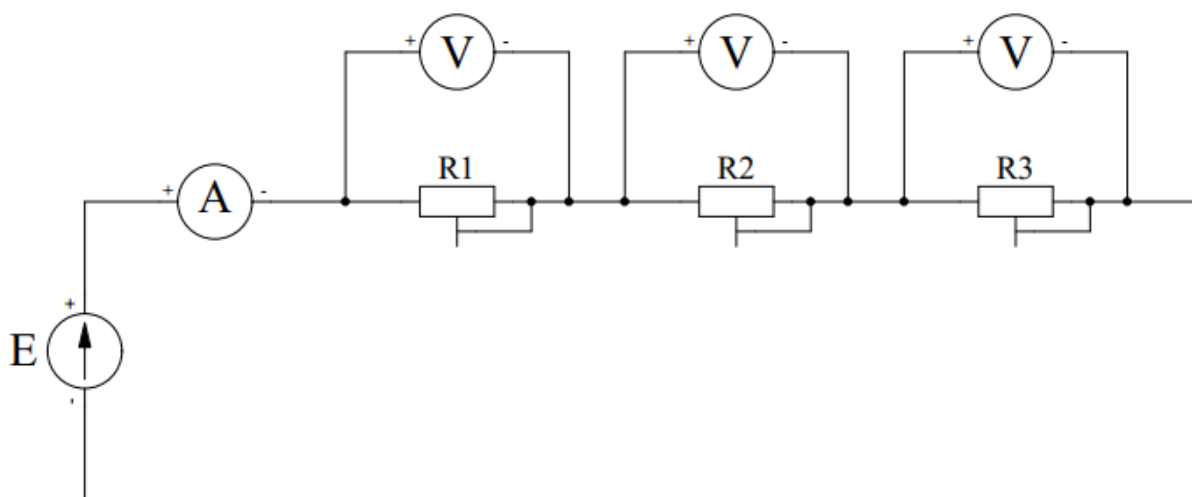


Рисунок 4

1.1 На рабочем поле в программной среде *Multisym* соберите схему, изображенную на Рис. 4.

1.2 В соответствии с заданным вариантом, установите выходное напряжение источника питания U и полные значения (100%) переменных сопротивлений R1, R2 и R3.

1.3. Проведите измерение тока I и падений напряжения U1, U2 и U3 на резисторах. Полученные результаты внесите в Таблицу 2.

1.4 Установите величины переменных сопротивлений R1, R2 и R3 в 80% от максимального значения и занесите в Таблицу 2 значения тока I и падений напряжения U1, U2 и U3 на резисторах.

1.5 Повторите действия из п.п.1.4. для величин переменных сопротивлений 60%, 40% и 20% от максимального значения.

1.6. По полученным результатам проведите расчет сопротивлений R1, R2, R3 и R_{экв}, мощностей P1, P2, P3, $\Sigma P_i = P_1 + P_2 + P_3$ и P. (P – мощность, потребляе-

мая от источника питания.) Результаты внесите в Таблицу 2. Проверьте выполнение второго закона Кирхгофа. Покажите результаты преподавателю.

Таблица 2

№	Задано		Измерено				Вычислено								
	Ri, %	U, В	I, А	U1, В	U2, В	U3, В	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	Rэк, Ом	P1, Вт	P2, Вт	P3, Вт	ΣP_i , Вт	P, Вт
1	100														
2	80														
3	60														
4	40														
5	20														

2. Исследование электрической цепи с параллельным соединением резисторов.

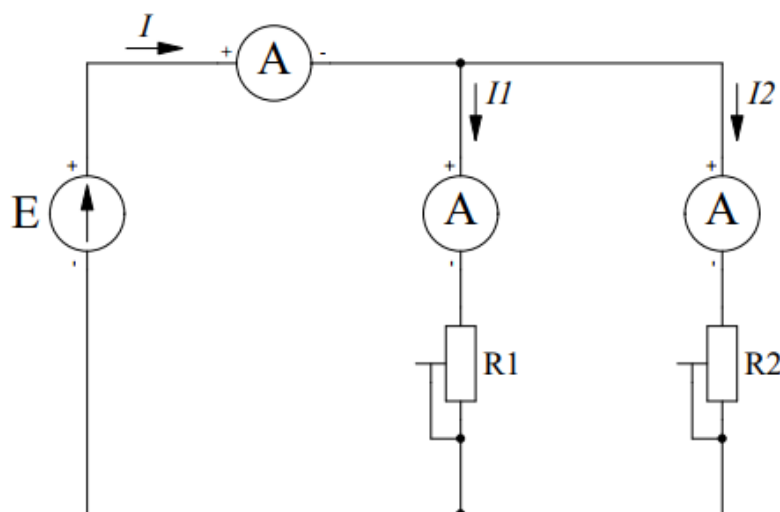


Рисунок 5

- 2.1. Соберите схему, изображенную на Рис.5.
- 2.2 В соответствии с заданным вариантом, установите выходное напряжение источника питания U и полные значения (100%) переменных сопротивлений $R1$ и $R2$.
- 2.3. Проведите измерение токов I , $I1$ и $I2$ в ветвях электрической цепи. Полученные результаты внесите в Таблицу 3.
- 2.4 Установите величины переменных сопротивлений $R1$ и $R2$ в 80% от максимального значения и занесите в Таблицу 3 значения токов I , $I1$ и $I2$.
- 2.5 Повторите действия из п.п.2.4. для величин переменных сопротивлений 60%, 40% и 20% от максимального значения.
- 2.6. По результатам измерения, рассчитайте значения проводимостей $G1$, $G2$ и $G_{экв}$, сопротивления $R_{экв}$ и мощностей $P1$, $P2$, ΣP_i , P . Результаты внесите в Таблицу 3. Проверьте выполнение первого закона Кирхгофа. Покажите результаты преподавателю.

Таблица 3

№	Задано		Измерено			Вычислено							
	R_i , %	U , В	I , А	I_1 , В	I_2 , В	G_1 , См	G_2 , См	$G_{\text{экв}}$, См	$R_{\text{экв}}$, Ом	P_1 , Вт	P_2 , Вт	ΣP_i , Вт	P , Вт
1	100												
2	80												
3	60												
4	40												
5	20												

3. Исследование электрической цепи со смешанным соединением резисторов.

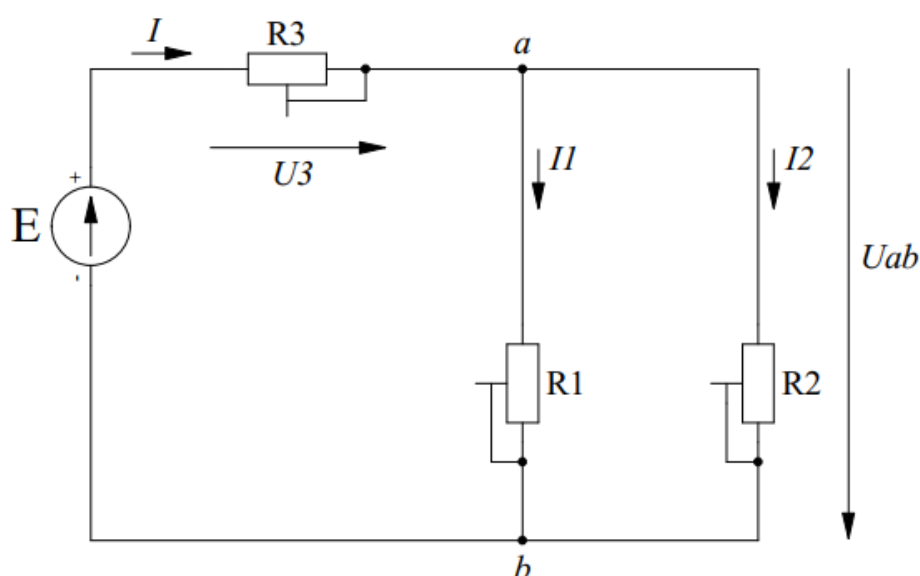


Рисунок 6

3.1. Соберите схему, изображенную на Рис.6., добавив в неё необходимые измерительные приборы.

3.2 В соответствии с заданным вариантом, установите выходное напряжение источника питания U и полные значения (100%) переменных сопротивлений R_1 , R_2 и R_3 .

3.3. Проведите измерение токов I , I_1 и I_2 в ветвях электрической цепи и падений напряжения. Полученные результаты внесите в Таблицу 4.

3.4 Установите величины переменных сопротивлений R_1 , R_2 и R_3 в 80% от максимального значения и занесите в Таблицу 4 значения токов I , I_1 , I_2 и падений напряжения U_3 и U_{ab} .

3.5 Повторите действия из п.п.3.4. для величин переменных сопротивлений 60%, 40% и 20% от максимального значения.

3.6. По результатам измерения, вычислите значения сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 , $R_{\text{экв}}$ и мощностей P_1 , P_2 , P_3 , ΣP_i , P . Результаты внесите в Таблицу 4.

Проверьте выполнение законов Кирхгофа. Покажите результаты преподавателю.

Таблица 4

№	Задано		Измерено					Вычислено								
	Ri, %	U, В	U3, В	Uab, В	I, А	I1, А	I2, А	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	Rэк, Ом	P1, Вт	P2, Вт	P3, Вт	ΣP_i , Вт	P, Вт
1	100															
2	80															
3	60															
4	40															
5	20															

ВЫВОДЫ:

Контрольные вопросы:

1. Что такое резистивный элемент?
2. Чему равно эквивалентное сопротивление цепи при последовательном соединении?
3. Чему равны напряжения на резисторах при их последовательном соединении?
4. От чего зависят токи в ветвях при параллельном соединении?
5. Как определить ток через токи ветвей при параллельном соединении?
6. Какие соотношения между токами и напряжениями характерны для смешанного соединения?
7. Как проверить правильность измерений напряжения и токов в исследуемых схемах?