

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»

Кафедра электроснабжения и электротехники

Лабораторная работа №1

ЦЕПЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Выполнил: студент _____
(Ф.И.О.)

(№ группы, курс)

Принял: _____
(Ф.И.О.)

(подпись)

Минск, 2026

1. Цель работы

Цель работы состоит в экспериментальной проверке законов Кирхгофа, Ома, эквивалентных преобразований схем электрических цепей, а также в установлении связей между напряжениями и токами при изменении сопротивления одного из элементов цепи.

2. Теоретические сведения

Разветвленная электрическая цепь имеет ветви и узлы.

Ветвью электрической цепи называют участок, вдоль которого протекает один и тот же ток. Узлом цепи называют точку соединения не менее трех ветвей. Контуром в электрической цепи называют замкнутый путь, проходящий в общем случае по нескольким ветвям, при этом каждый узел в рассматриваемом контуре встречается не более одного раза.

Все электрические цепи подчиняются первому и второму законам Кирхгофа и закону Ома.

Первый закон Кирхгофа применяется к узлам электрической цепи и формулируется следующим образом: алгебраическая сумма токов в узле равна нулю:

$$\sum I = 0.$$

Подтекающие к узлу токи считаются положительными, а оттекающие – отрицательными.

Второй закон Кирхгофа применяется к контурам электрической цепи и имеет следующую формулировку: в любом замкнутом контуре алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме напряжений на сопротивлениях, входящих в этот контур:

$$\sum E = \sum R I.$$

При составлении уравнения по второму закону Кирхгофа выбирают контур и направление его обхода. Если направление ЭДС совпадает с обходом контура, то эту ЭДС записывают со знаком плюс, если не совпадает, то – со знаком минус. Если направление напряжения совпадает с обходом контура, то его записывают со знаком плюс, если не совпадает, то – со знаком минус.

Направление напряжения на элементе такое же как и направление тока.

По закону Ома электрический ток через приемник с сопротивлением R равен напряжению U на этом приемнике, деленному на сопротивление R этого приемника:

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

В этом случае целесообразно упростить схему цепи, заменив группу приемников или все приемники одним эквивалентным приемником.

Последовательным соединением приемников называют такое соединение, при котором через все приемники проходит один и тот же ток (рисунок 1).

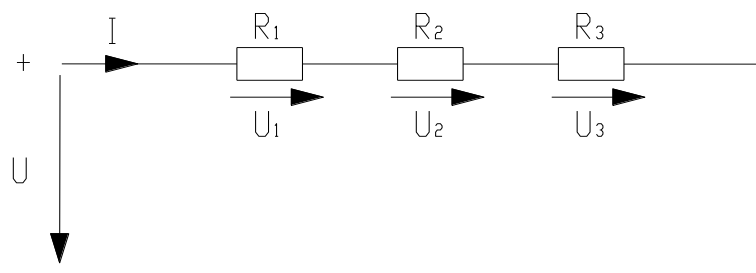


Рисунок 1 – Последовательное соединение приёмников

При последовательном соединении приемников напряжение U , приложенное к цепи, согласно второму закону Кирхгофа, равно сумме напряжений на зажимах отдельных приемников: $U = U_1 + U_2 + U_3$.

Так как во всех последовательно соединенных приемниках течет один и тот же ток, то по закону Ома можно записать:

$$U_1 = R_1 I, \quad U_2 = R_2 I, \quad U_3 = R_3 I,$$

откуда $U = R_1 I + R_2 I + R_3 I = R_{\text{экв}} I$, где $R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + R_3$, то есть эквивалентное сопротивление цепи при последовательном соединении приемников равно сумме сопротивлений отдельных приемников.

Полученное эквивалентное сопротивление цепи $R_{\text{экв}}$ позволяет заменить цепь с несколькими последовательно соединенными приемниками эквивалентной цепью с одним приемником, имеющим сопротивление $R_{\text{экв}}$ (рисунок 2).

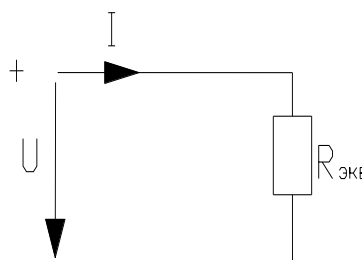


Рисунок 2 – Схема эквивалентной электрической цепи

Параллельным соединением приемников называют такое их соединение, при котором все приемники подключены к одним и тем же двум узлам и находятся под одним и тем же напряжением (рисунок 3).

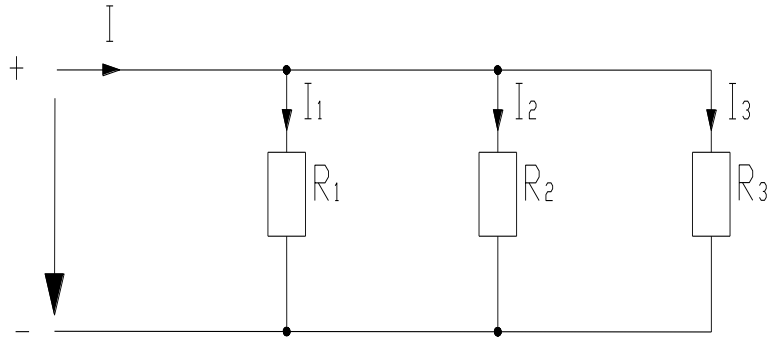


Рисунок 3 – Параллельное соединение приемников

Применяя первый закон Кирхгофа, можем записать:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 .$$

Так как при параллельном соединении приемники находятся под одним и тем же напряжением, токи в них найдем из выражений:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} , \quad I_2 = \frac{U}{R_2} , \quad I_3 = \frac{U}{R_3} ,$$

поэтому $I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{U}{R_{\text{ЭКВ}}}$,

откуда $\frac{1}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ или $g_{\text{ЭКВ}} = g_1 + g_2 + g_3$,

где g – проводимость, измеряется в сименсах ($См = \frac{1}{Ом}$).

Определив эквивалентную проводимость при параллельном соединении приемников, можно найти эквивалентное сопротивление как:

$$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{g_{\text{ЭКВ}}} .$$

В частном случае для двух параллельно соединенных приемников:

$$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} .$$

Схема простейшей цепи со смешанным соединением приемников представлена на рисунке 4.

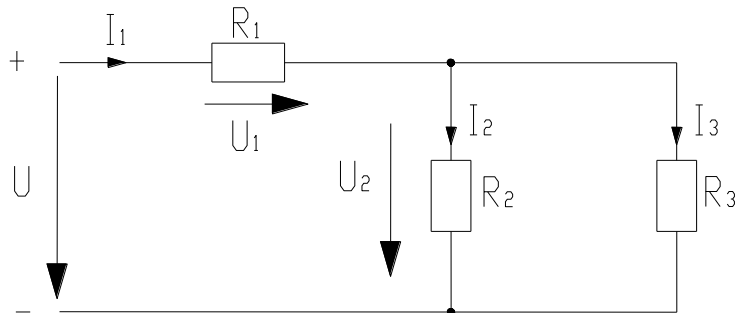


Рисунок 4 – Смешанное соединение приемников

Для такой цепи справедливы соотношения: $U = U_1 + U_2$ и $I_1 = I_2 + I_3$.

Эквивалентное сопротивление цепи со смешанным соединением приемников находится путем преобразований схемы цепи. Для цепи на рисунке 4 сначала заменяют параллельно соединенные приемники R_2 и R_3 одним R_{23} , затем в получившейся схеме цепи с последовательным соединением приемников R_1 и R_{23} (рисунок 5а) находят эквивалентное сопротивление всей цепи:

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_{23} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}.$$

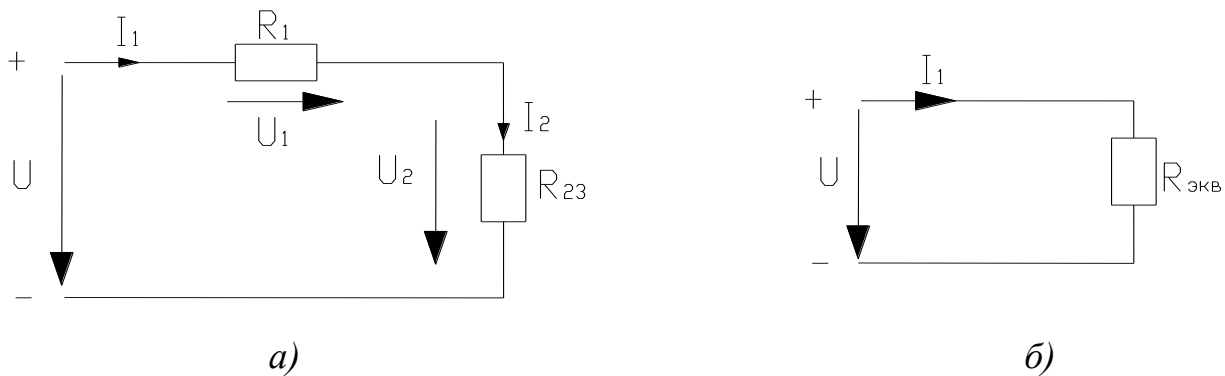


Рисунок 5 – Схемы последовательных преобразований цепи

В результате разветвленная цепь со смешанным соединением приемников может быть заменена эквивалентной цепью с одним приемником с сопротивлением $R_{\text{экв}}$ (рисунок 5б). Это позволит использовать закон Ома для расчета тока I_1 , поскольку напряжение U на эквивалентном приемнике (на входе цепи) известно.

3.Программа и методика выполнения работы

3.1 Последовательное соединение двух приемников.

Собрать электрическую цепь по схеме рисунок б, измерить ток в цепи и напряжения на обоих приемниках и на входе для шести различных значений переменного сопротивления R .

Первый замер при $R = \infty$ (участок цепи с сопротивлением R разомкнут).

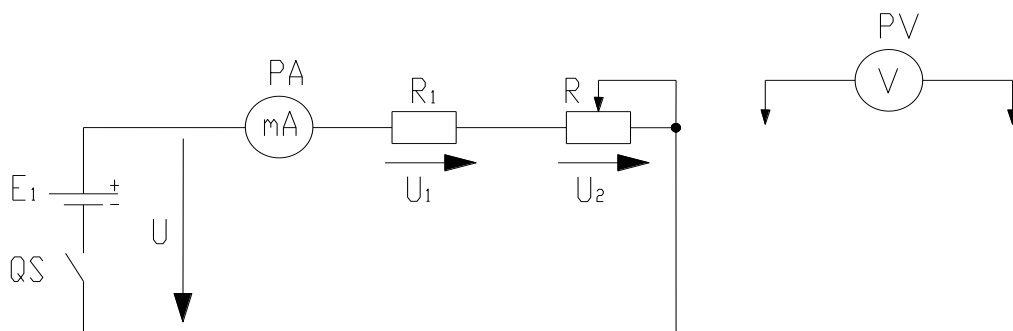


Рисунок 6 – Электрическая цепь с последовательным соединением приемников

Таблица 1 – Напряжения и ток при последовательном соединении приемников

Измерено				Вычислено			
U	U_1	U_2	I	R_1	R	$R_{\text{ЭКВ}}$	$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{U}{I}$
В	В	В	мА	Ом	Ом	Ом	Ом

3.2 Параллельное соединение приемников.

Собрать электрическую цепь по схеме рисунок 7.

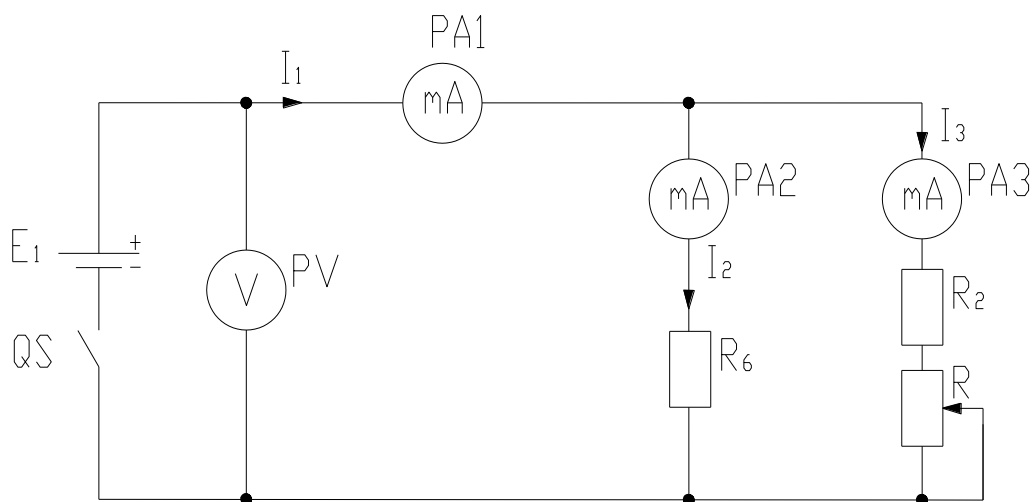


Рисунок 7 – Электрическая цепь с параллельным соединением ветвей

Измерить токи и напряжения для шести различных значений переменного сопротивления R . Первый замер при $R = \infty$ (участок цепи с сопротивлением R разомкнут).

Таблица 2 – Напряжение и токи при параллельном соединении ветвей

Измерено				Вычислено			
U	I_1	I_2	I_3	R_6	$R_2 + R$	$R_{\text{ЭКВ}}$	$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{U}{I}$
В	мА	мА	мА	Ом	Ом	Ом	Ом

3.3 Смешанное соединение приемников.

Собрать схему рисунок 8, измерить токи и напряжения для трех различных значений сопротивления R .

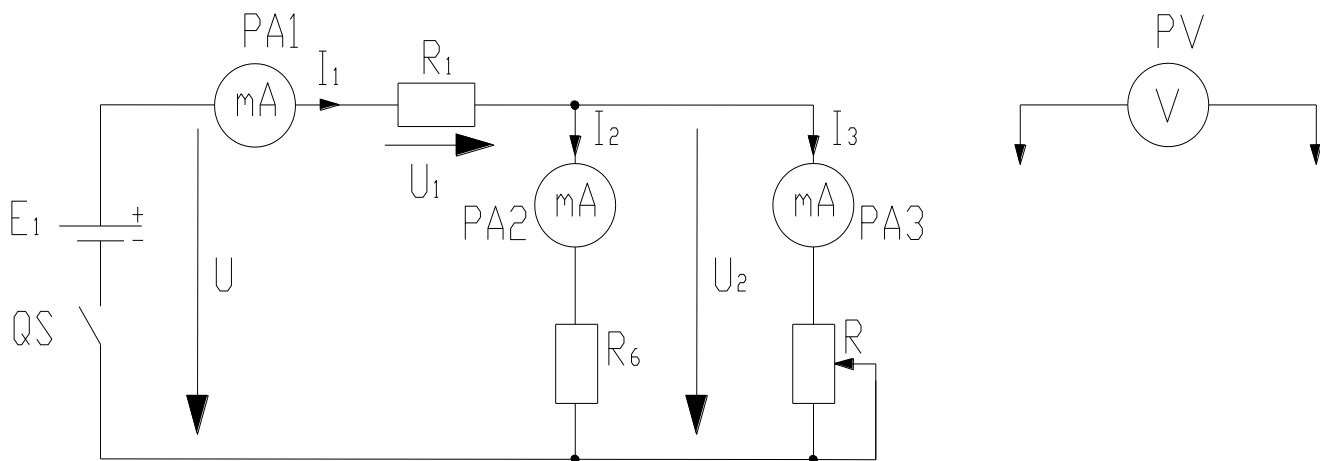


Рисунок 8 – Электрическая цепь со смешанным соединением приемников

Таблица 3 – Напряжения и токи при смешанном соединении приемников

Измерено						Вычислено				
U	U_1	U_2	I_1	I_2	I_3	R_1	R_6	R	$R_{\text{ЭКВ}}$	$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{U}{I}$
В	В	В	мА	мА	мА	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом

4.Обработка экспериментальных данных

4.1 Выполнить вычисления и заполнить соответствующие графы таблиц.

4.2 Записать формулы, по которым выполняются расчеты для таблиц 1,2,3.

4.3 По таблице 1 построить в одних осях координат графики зависимостей: $U = f(I)$, $U_1 = f(I)$, $U_2 = f(I)$.

4.4 По таблице 2 построить в одних осях координат графики зависимостей: $I_1 = f(I_3)$, $I_2 = f(I_3)$.

4.5 Сформулировать выводы по лабораторной работе.

Для выполнения пунктов 4.1 – 4.5 предусмотреть дополнительную страницу.

5.Контрольные вопросы

1. Дайте определение ветви, узла, контура электрической схемы.
2. Сформулируйте первый закон Кирхгофа. Запишите его аналитическое выражение. Сформулируйте правило знаков при составлении уравнения по первому закону Кирхгофа.
3. Сформулируйте второй закон Кирхгофа. Запишите его аналитическое выражение. Сформулируйте правило знаков при составлении уравнения по второму закону Кирхгофа.
4. Какое соединение приемников называют последовательным? Признаки последовательного соединения.
5. Какое соединение приемников называют параллельным? Признаки параллельного соединения.
6. Как определяется эквивалентное сопротивление при последовательном, параллельном и смешанном соединении сопротивлений?
7. Что называют проводимостью участка электрической цепи? В каких единицах измеряется проводимость?
8. Сформулируйте закон Ома.
9. Объяснить, как изменяются токи и падения напряжений в цепи при уменьшении или увеличении одного из сопротивлений при последовательном, параллельном и смешанном соединении приемников.