

Федеральное агентство связи
Сибирский Государственный Университет Телекоммуникаций и Информатики
СибГУТИ

Лабораторная работа №1

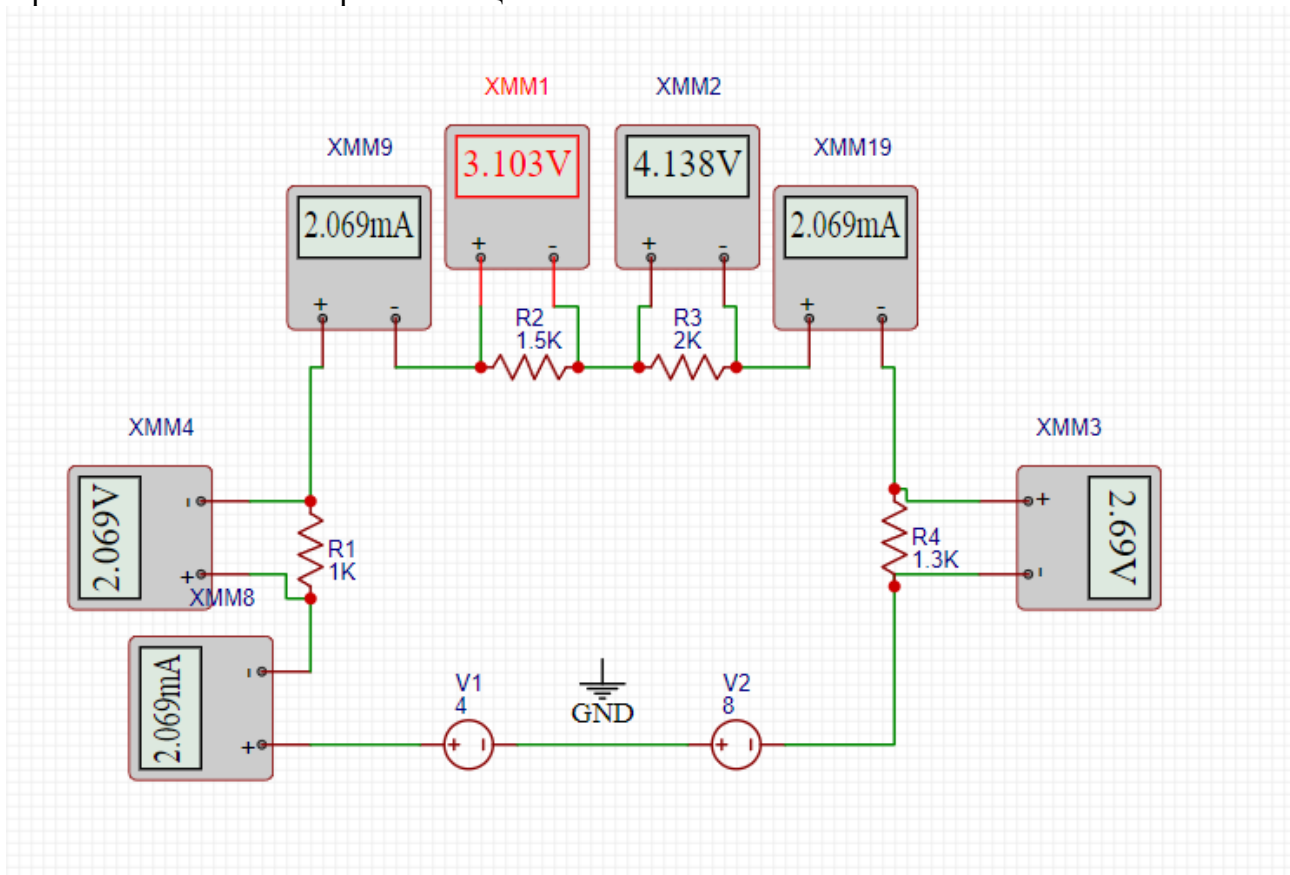
Тема: Исследование электрических цепей постоянного тока
Вариант № 4

Выполнил: студенты 2 курса группы ИП-013
Иванов.Л.Д, Клопот.А.А

Преподаватель, ведущий занятие: Гонцова Александра Владимировна

Новосибирск, 2022 г

Цель работы: Экспериментальная проверка закона Ома и правил Кирхгофа при определении токов и напряжений в электрических цепях. Овладеть методами расчёта в разветвлённых электрических цепях.



Для согласованного включения источников:

1. Расчёт общего сопротивления цепи:

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 5.8 \text{ кОм}$$

2. По закону Ома рассчитываем тока:

$$I = (E_1 + E_2) / R_{\text{общ}} = (8 + 4) / 5.8 = 2.07 \text{ мА}$$

3. Определим падения напряжений на резисторах:

$$U_{R_1} = I * R_1 = 2.07 * 1 = 2.07 \text{ В}$$

$$U_{R_2} = I * R_2 = 2.07 * 1.5 = 3.105 \text{ В}$$

$$U_{R_3} = I * R_3 = 2.07 * 2 = 4.14 \text{ В}$$

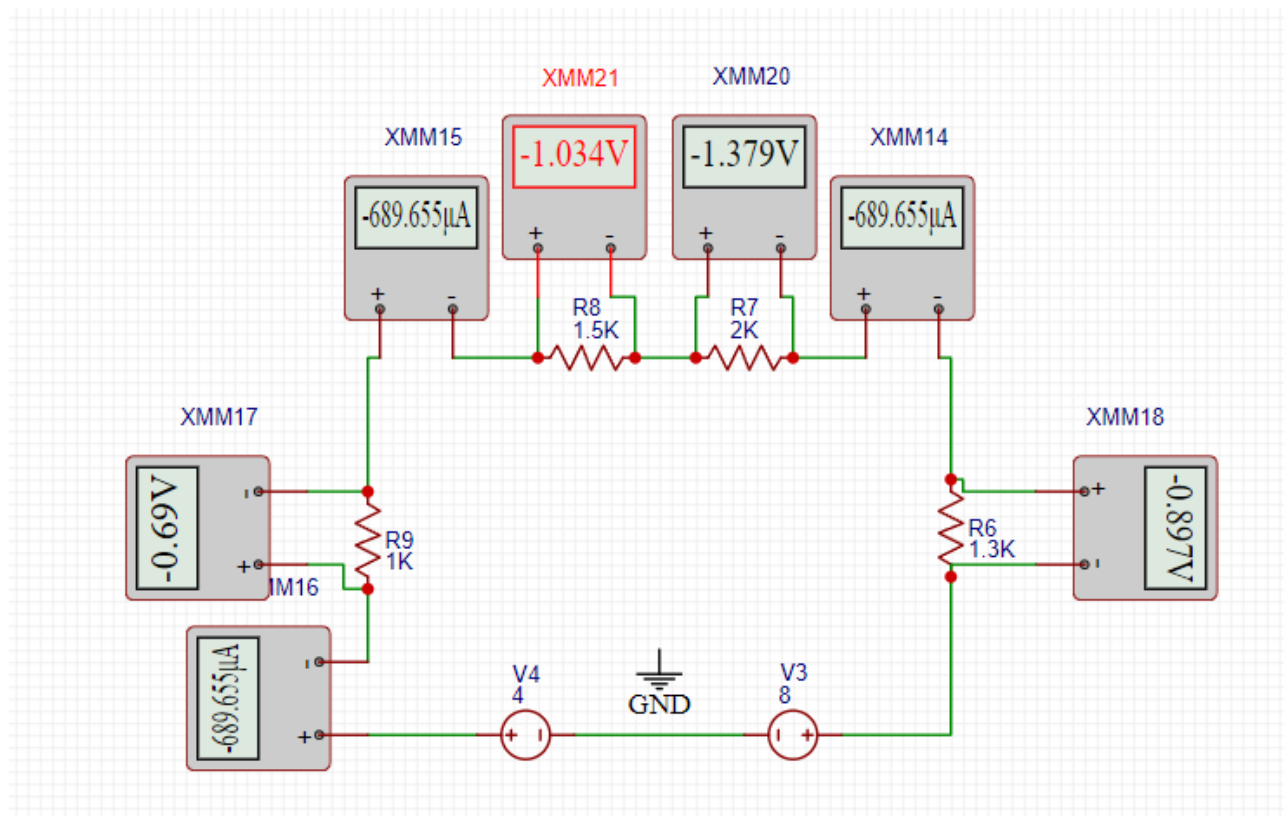
$$U_{R_4} = I * R_4 = 2.07 * 1.3 = 2.69 \text{ В}$$

4. Проверяем результаты расчёта по второму правилу Кирхгофа для контура:

$$U_{R_1} + U_{R_2} + U_{R_3} + U_{R_4} = E_1 + E_2$$

$$2.07 + 3.105 + 4.14 + 2.69 = 4 + 8$$

$$12.005 B = 12 B$$



Для встречного включения источников:

1. Расчёт общего сопротивления цепи:

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 1 + 1.5 + 2 + 1.3 = 5.8 \text{ кОм}$$

2. По закону Ома рассчитываем тока:

$$I = (E_2 - E_1) / R_{\text{общ}} = 4 / 5.8 = 0.69 \text{ мА}$$

3. Определим падения напряжений на резисторах:

$$U_{R_1} = I * R_1 = 0.69 * 1 = 0.69 \text{ В}$$

$$U_{R_2} = I * R_2 = 0.69 * 1.5 = 1.031 \text{ В}$$

$$U_{R_3} = I * R_3 = 0.69 * 2 = 1.38 \text{ В}$$

$$U_{R_4} = I * R_4 = 0.69 * 1.3 = 0.897 \text{ В}$$

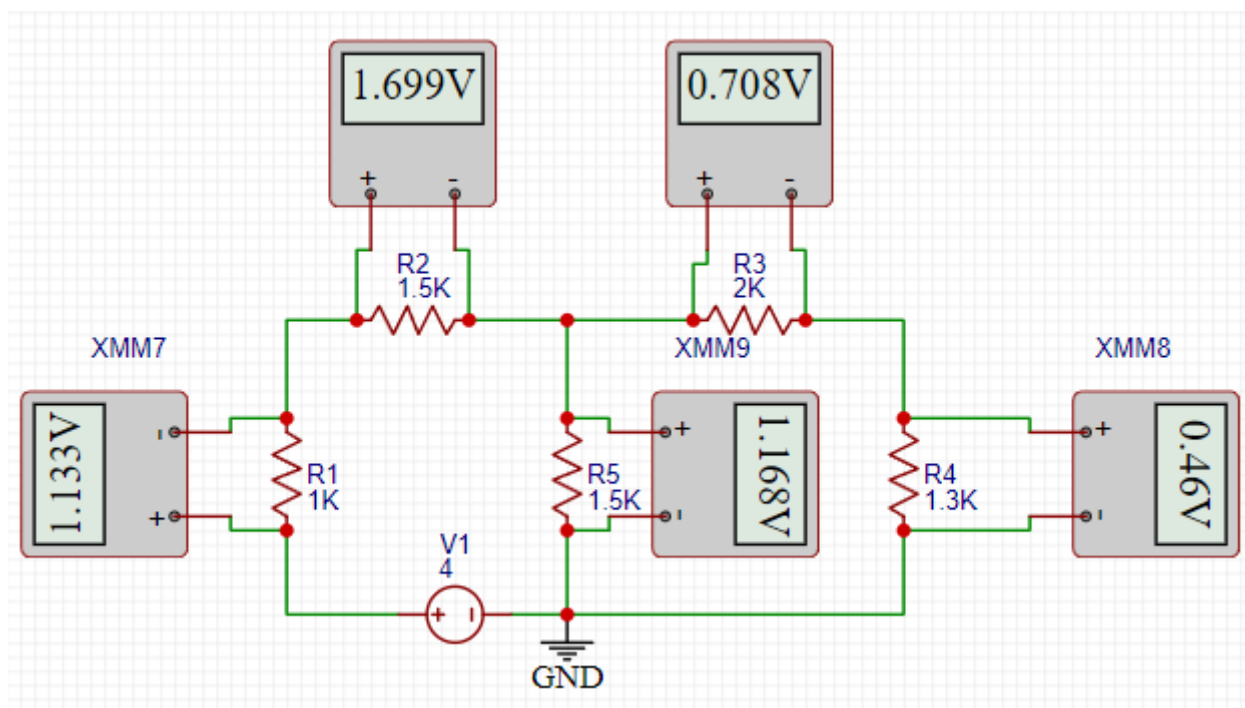
4. Проверяем результаты расчёта по второму правилу Кирхгофа для контура:

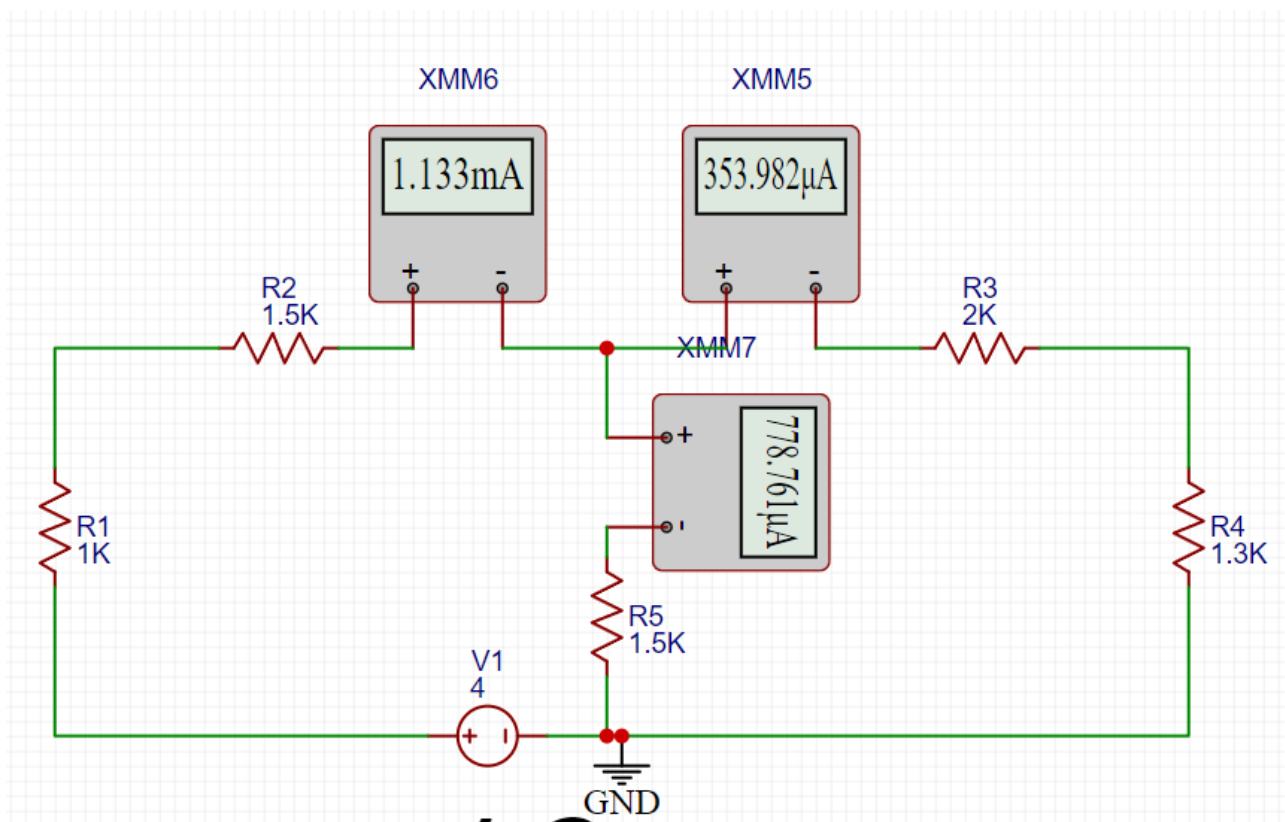
$$U_{R_1} + U_{R_2} + U_{R_3} + U_{R_4} = E_2 - E_1$$

$$0.69 + 1.031 + 1.38 + 0.897 = 8 - 4$$

$$3.998 \text{ В} \quad 4 \text{ В}$$

		$I, \text{ mA}$	$U_{R_1}, \text{ B}$	$U_{R_2}, \text{ B}$	$U_{R_3}, \text{ B}$	$U_{R_4}, \text{ B}$
Согласов. E_1 и E_2	Рассчит.	2.07	2.07	3.105	4.14	2.69
	Измер.	2.069	2.069	3.103	4.138	2.69
Встреч. E_1 и E_2	Рассчит.	0.69	0.69	1.031	1.38	0.897
	Измер.	0.689	0.69	1.034	1.379	0.897





1. Сопротивление ветви R3, R4 равно:

$$R_{3,4} = R_3 + R_4 = 2 + 1.3 = 3.3 \text{ кОм}$$

2. Определим общее сопротивление ветвей R5 и R3, R4:

$$R = R_5 * R_{3,4} / (R_5 + R_{3,4}) = 1.5 * 3.3 / (1.5 + 3.3) = 1.03 \text{ кОм}$$

3. Находим ток I1 по закону Ома:

$$I_1 = E_1 / (R_1 + R_2 + R) = 4 / (1 + 1.5 + 1.03) = 1.13 \text{ мА}$$

4. По второму правилу Кирхгофа напряжение на сопротивлении R5 равно:

$$U_{R_5} = E_1 - (U_{R_1} + U_{R_2}) = 4 - (1.13 * 1 + 1.13 * 1.5) = 1.17 \text{ В}$$

5. Определяем токи в ветвях:

$$I_2 = U_{R_5} / R_5 = 1.17 / 1.5 = 0.78 \text{ мА}$$

$$I_3 = U_{R_5} / (R_3 + R_4) = 1.17 / (2 + 1.5) = 0.35 \text{ мА}$$

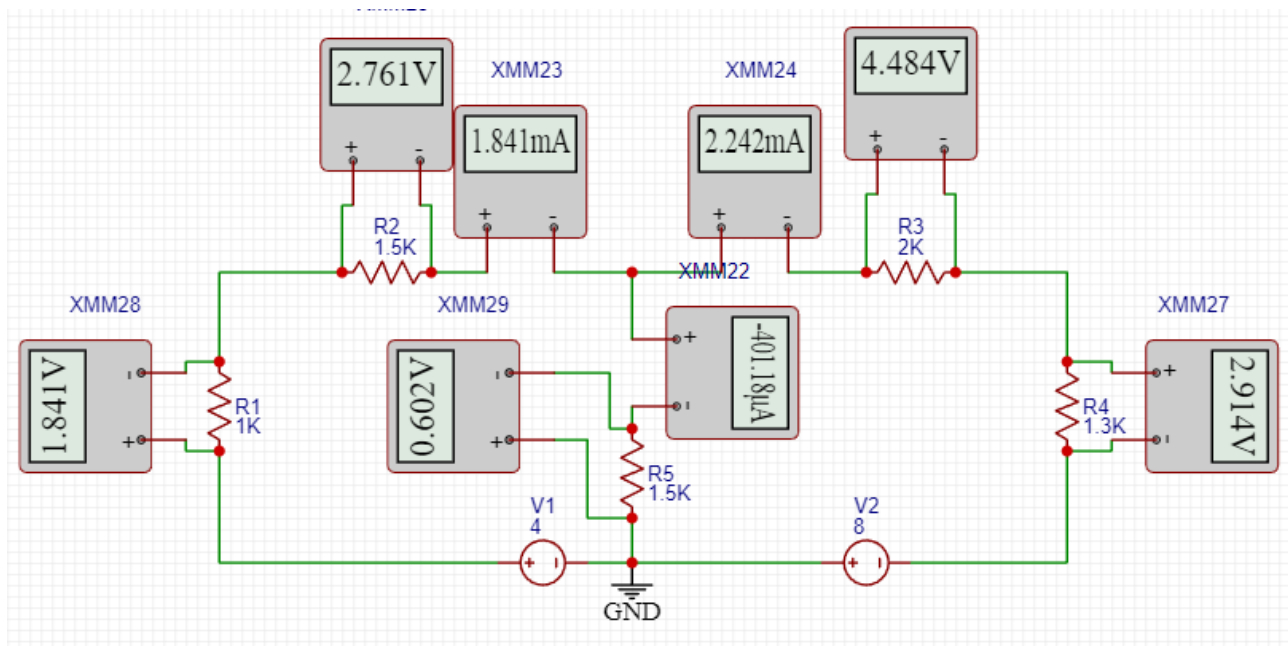
6. Проверим результат по первому правилу Кирхгофа:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$1.13 = 0.78 + 0.35$$

$$1.13 \text{ мА} = 1.13 \text{ мА}$$

	I_1	I_2	I_3	U_{R_1}	U_{R_2}	U_{R_3}	U_{R_4}	U_{R_5}
	мА	мА	мА	В	В	В	В	В
Рассчит.	1.13	0.78	0.35	1.13	1.7	0.7	0.46	1.17
Измер.	1.13	0.78	0.35	1.13	1.699	0.708	0.46	1.168



1. Определяем количество уравнений, которое необходимо составить по правилам Кирхгофа для токов и для напряжений:

$$N_y = 2; N_e = 3; N_m = 0$$

$$\text{Для узлов: } K_y = 2 - 1 = 1;$$

$$\text{Для ветвей: } K_e = N_e - N_y + 1 - N_m = 2$$

$$\text{Для узла: } I_1 = I_2 + I_3$$

$$\text{Уравнение первого контура: } E_1 = I_1 R_1 + I_1 R_2 + I_2 R_5$$

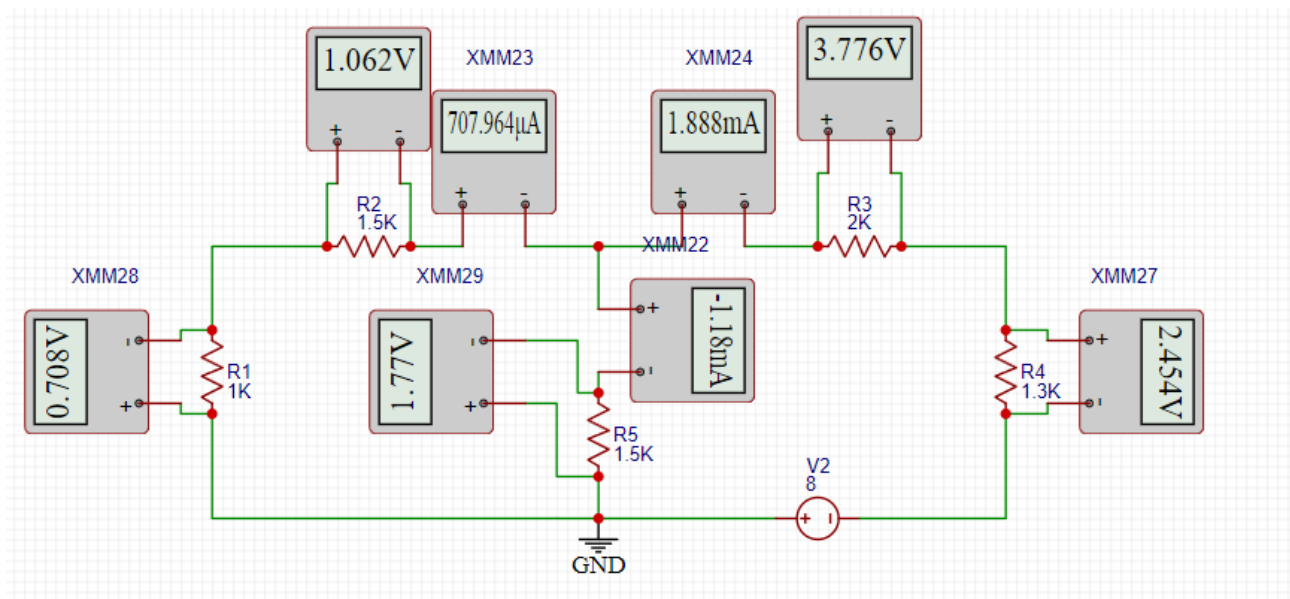
$$\text{Уравнение второго контура: } E_2 = I_3 R_3 + I_3 R_4 - I_2 R_5$$

Определение токов в ветвях:

Пусть $I_1 = x; I_2 = y; I_3 = z$, тогда:

$$\begin{cases} x=y+z \\ x+1.5x+1.5y=4 \\ 2z+1.3z-1.5y=8 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x=y+z \\ 2.5x+1.5y=4 \\ 3.3z-1.5y=8 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x=1.84 \\ y=0.4 \\ z=2.24 \end{cases}$$

	I_1	I_2	I_3	U_{R_1}	U_{R_2}	U_{R_3}	U_{R_4}	U_{R_5}
	мА	мА	мА	В	В	В	В	В
Расчит.	1.84	0.4	2.24	2.03	3	5.5	3.6	1.05
Измер.	1.84	0.4	2.24	1.84	2.761	4.484	2.914	0.602



Расчёт токов методом наложения:

1. При $E_2=0$, схема 3 приобретает вид аналогичный схеме 2, следовательно значения силы тока аналогичны: $I'_1=1.13 \text{ мА}$, $I'_2=0.78 \text{ мА}$, $I'_3=0.35 \text{ мА}$.
2. Расчёты токов при $E_1=0$:

$$R_{1,2}=R_1+R_2=2.5 \text{ кОм} \quad R_{ab}=\frac{R_{12} \cdot R_5}{R_{12}+R_5}=\frac{3.75}{4}=0.94 \text{ кОм} \quad R_{\text{экв}}=R_{ab}+R_3+R_4=4.24 \text{ кОм}$$

$$I''_3=\frac{E_2}{R_{\text{экв}}}=1.89 \text{ мА}; \quad U_{ab}=I''_3 \cdot R_{ab}=1.77 \text{ В} \quad I''_2=\frac{U_{ab}}{R_5}=1.18 \text{ мА}; \quad I''_1=\frac{U_{ab}}{R_1+R_2}=0.71 \text{ мА}$$

3. Итоговые значения:

$$I_1=I'_1+I''_1=1.84 \text{ мА} \quad I_2=|I'_2-I''_2|=0.4 \text{ мА} \quad I_3=I'_3+I''_3=2.25 \text{ мА}$$

Вывод: Проверили закон Ома и правила Кирхгофа для цепей с согласованного и встречного включения источников тока, полученные значения равны теоретическим. Также определили силы токов в цепях, используя правила Кирхгофа и метод наложения.

Контрольные вопросы

1. Закон Ома для участка и для полной электрической цепи.

Определение: Сила тока I на участке электрической цепи прямо пропорциональна напряжению U на концах участка и обратно пропорциональна его сопротивлению R .

$I = \frac{U}{R}; U = IR; R = \frac{U}{I}$; **Определение:** Сила тока в цепи пропорциональна действующей в цепи ЭДС и обратно пропорциональна сумме сопротивлений цепи и внутреннего сопротивления источника

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r};$$

2. Правила Кирхгофа (для узлов и для контуров).

Согласно первому закону Кирхгофа алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в узле, равна нулю: $\sum I = 0$.

Согласно второму закону Кирхгофа алгебраическая сумма напряжений на резистивных элементах замкнутого контура равна алгебраической сумме ЭДС, входящих в этот контур: $\sum RI = \sum E$.

3. Порядок расчета цепи по правилам Кирхгофа.

Порядок выполнения расчета:

1. выделяют в электрической цепи ветви, независимые узлы и контуры;
2. с помощью стрелок указывают произвольно выбранные положительные направления токов в отдельных ветвях, а также указывают произвольно выбранное направление обхода контура;
 1. составляют уравнения по законам Кирхгофа, применяя следующее правило знаков:
 2. токи, направленные к узлу цепи, записывают со знаком «плюс», а токи, направленные от узла, - со знаком «минус» (для первого закона Кирхгофа);
 3. ЭДС и напряжение на резистивном элементе (RI) берутся со знаком «плюс», если направления ЭДС и тока в ветви совпадают с направлением обхода контура, а при встречном направлении — со знаком «минус»;
3. решая систему уравнений, находят токи в ветвях. При решении могут быть использованы ЭВМ, методы подстановки или определителей.

4. Эквивалентные преобразования электрической цепи.

Эквивалентным будет называться такое преобразование, когда токи через точки соединения преобразуемой части схемы и потенциалы в этих точках, после преобразования останутся равными токам и потенциалам, которые были до преобразования.

5. Мощность в электрической цепи. Баланс мощностей. Расчет мощностей.

Баланс мощностей – это выражение закона сохранения энергии, в электрической цепи. Определение баланса мощностей звучит так: сумма мощностей, потребляемых приемниками, равна сумме мощностей, отдаваемых источниками. То есть если источник ЭДС в цепи отдает 100 Вт, то приемники в этой цепи потребляют ровно такую же мощность.

$$\sum I^2 R = \sum EI$$

6. Принцип и порядок расчета цепей методом наложения.

Его суть заключается в том, что токи в ветвях определяются как алгебраическая сумма их составляющих от каждого источника. То есть каждый источник тока вносит свою часть в каждый ток в цепи, а, чтобы найти эти токи, нужно найти и сложить все составляющие. Таким образом, мы сводим решение одной сложной цепи к нескольким простым (с одним источником).

Порядок расчета:

1. Составление частных схем, с одним источником ЭДС, остальные источники исключаются, от них остаются только их внутренние сопротивления.
2. Определение частичных токов в частных схемах, обычно это несложно, так как цепь получается простой.
3. Алгебраическое суммирование всех частичных токов, для нахождения токов в исходной цепи.