

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

*Кафедра физики*

Лабораторная работа №1  
«Исследование электрических цепей постоянного тока»  
Вариант №3.

Выполнили:  
Студенты гр. ИП-916  
Александрова А.С.  
Адова А.С.  
Проверил преподаватель:  
Парначева Т.И.

Новосибирск

2020

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

2)Подготовка к выполнению работы:

1. Электрическая цепь- это совокупность устройств, элементов, предназначенных для протекания электрического тока, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятий сила тока и напряжение.

Электрическая ветвь-это участок электрической цепи, вдоль которого протекает один и тот же электрический ток.

Узел электрической цепи- это участок цепи с пренебрежимо малым электрическим сопротивлением, в котором соединяются три (или более) электрических вывода электрической цепи от электрических элементов.

Двухполюсники, содержащие источники электрической энергии, называются активными.

Двухполюсники, не содержащие электрической энергии называются пассивными.

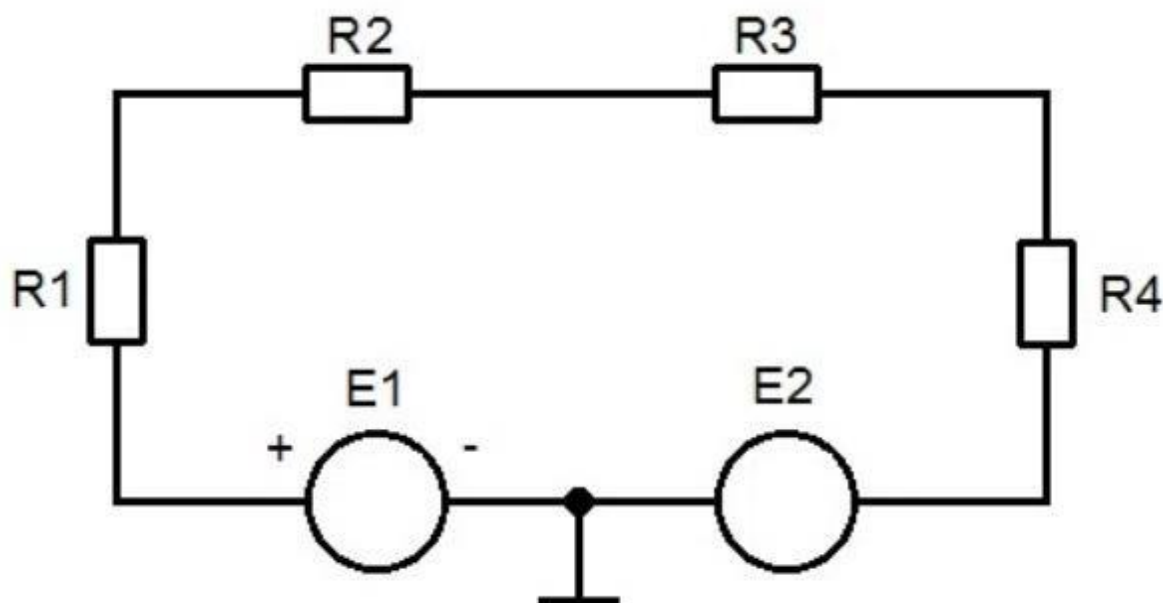
2.Закон Ома - эмпирический физический закон, определяющий связь электродвижущей силы источника (или электрического напряжения) с силой тока, протекающего в проводнике, и сопротивлением проводника.

3. Первый закон Кирхгофа говорит, что сумма токов в любом узле электрической цепи равна нулю.

4. Второй закон Кирхгофа гласит, что алгебраическая сумма ЭДС, действующих в контуре равна алгебраической сумме падений напряжения в ветвях контура.

5. Метод наложения основан на физическом принципе независимости действия сил в линейных системах. В основе метода лежит принцип суперпозиции: ток в любой ветви сложной электрической цепи, содержащей несколько ЭДС , может быть найден как алгебраическая сумма токов в этой ветви от действия каждой ЭДС в отдельности.

3)Расчеты:



Вариант	$E_1, \text{В}$	$E_2, \text{В}$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$
3	3	6	2к0	2к2	1к5	1к0	2к2

1. Рассчитаем общее сопротивление цепи:

$$R_{\text{общ.}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 2 + 2,2 + 1,5 + 1 = 6,7 \text{ (кОм)}$$

2. По закону Ома рассчитаем ток:

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_{\text{общ.}}} = \frac{9}{6,7} = 1,34 \text{ (мА)}$$

3. Определим падения напряжений на резисторах:

$$U_{R_1} = I * R_1 = 1,34 * 2 = 2,68 \sim 2,7 \text{ В}$$

$$U_{R_2} = I * R_2 = 1,34 * 2,2 = 2,948 \sim 3 \text{ В}$$

$$U_{R_3} = I * R_3 = 1,34 * 1,5 = 2,01 \sim 2 \text{ В}$$

$$U_{R_4} = I * R_4 = 1,34 * 1 = 1,34 \sim 1,3 \text{ В}$$

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

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

$$2,7 + 3 + 2 + 1,3 = 3 + 6$$

$$9 \text{ В} = 9 \text{ В}$$

**Таблица результатов 1.**

		I, мА	$U_{R_1}, \text{В}$	$U_{R_2}, \text{В}$	$U_{R_3}, \text{В}$	$U_{R_4}, \text{В}$
Согласов. $E_1$ и $E_2$	Рассчит.	1,34	2,7	3	2	1,3
Встреч. $E_1$ и $E_2$	Рассчит.	0,45	0,9	0,99	0,68	0,45

Для встречного включения  $E_1$  и  $E_2$  :

$$I = \frac{-3+6}{6,7} = 0,45 \text{ мА}$$

$$U_{R_1} = I * R_1 = 0,45 * 2 = 0,9 \text{ В}$$

$$U_{R_2} = I * R_2 = 0,99 \text{ В}$$

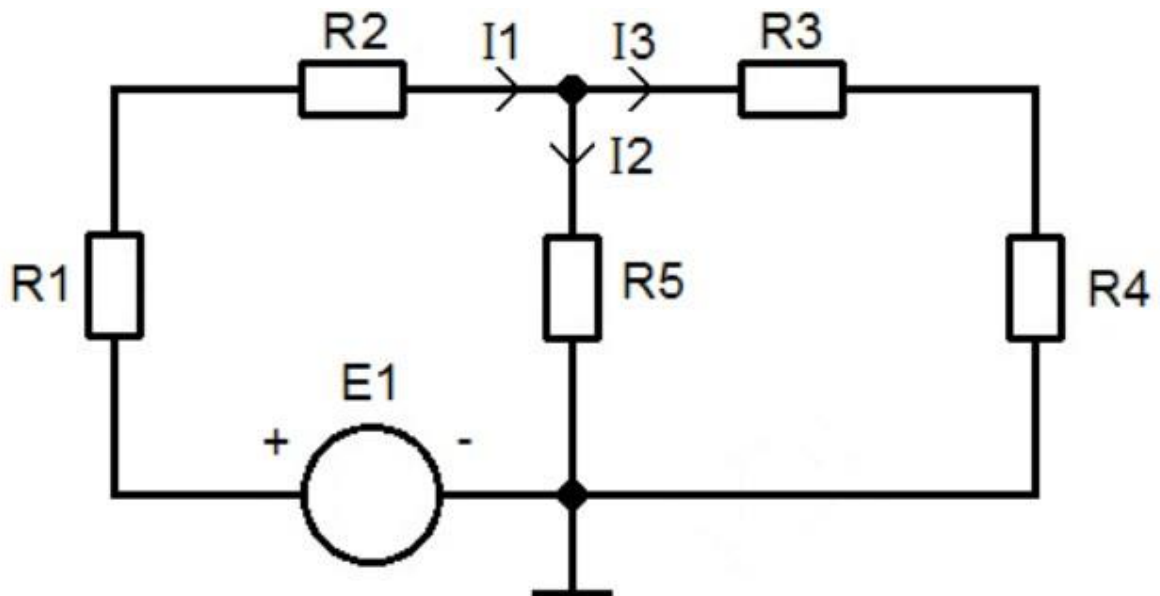
$$U_{R_3} = I * R_3 = 0,68 \text{ В}$$

$$U_{R_4} = I * R_4 = 0,45 \text{ В}$$

По правилу Кирхгофа для контура:

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

$$3,02 \text{ В} = 3 \text{ В}$$



1)

$$R_{3,4} = 2,5 \text{ кОм}$$

$$2) R_{\text{общ.}} = \frac{2,2 * 2,5}{4,7} = 1,17 \text{ кОм}$$

$$3) I_1 = \frac{3}{2+2,2+1,17} = 0,56 \text{ mA}$$

$$U_{R_1} = 0,56 * 2 = 1,12$$

$$U_{R_2} = 0,56 * 2,2 = 1,232$$

$$U_{R_5} = 3 - (1,12 + 1,232) = 0,648 \text{ B}$$

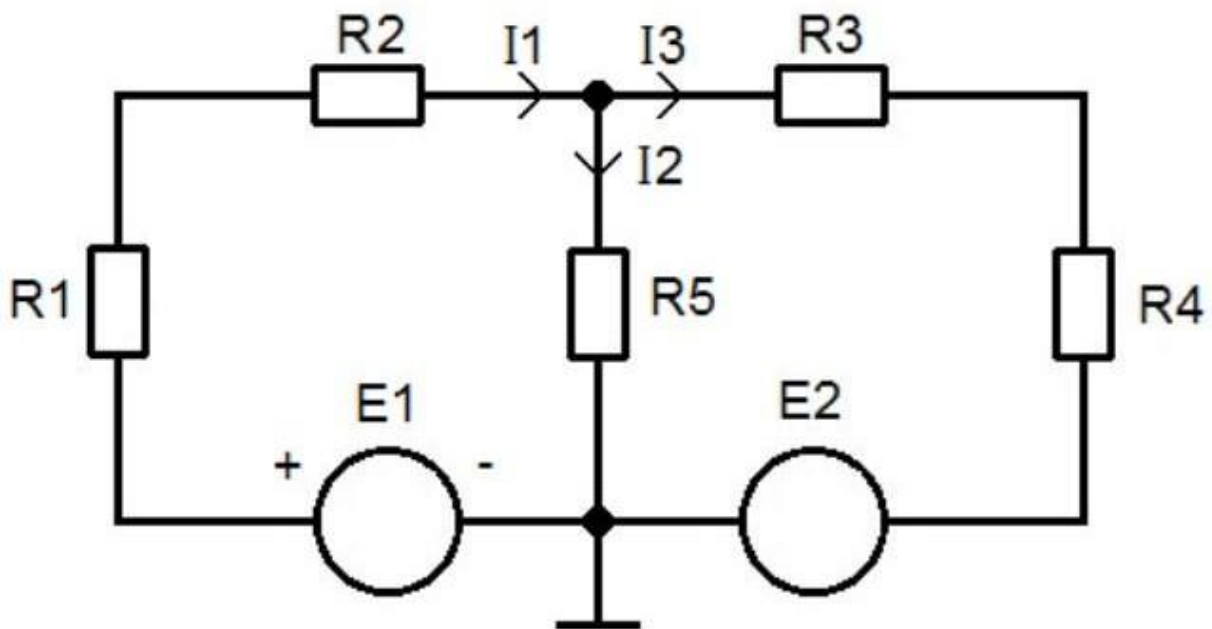
4)

$$I_2 = \frac{0,648}{2,2} = 0,29 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{0,648}{2,5} = 0,26 \text{ mA}$$

$$5) I_1 = I_2 + I_3 \Rightarrow 0,55 \text{ mA}$$

	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$U_{R_1}$	$U_{R_2}$	$U_{R_3}$	$U_{R_4}$	$U_{R_5}$
	mA	mA	mA	B	B	B	B	B
Рассчит.	0,55	0,29	0,26	1,12	1,232	0,84	0,56	0,648



$$N_y = 2, N_B = 3, N_T = 0$$

$$K_y = N_y - 1 = 1$$

$$K_B = 2$$

Для первого контура:  $I_1 R_1 + I_1 R_2 + I_2 R_5 = E_1 \Rightarrow 2 \cdot 10^3 I_1 + 2,2 \cdot 10^3 I_1 + 2,2 \cdot 10^3 I_2 = 3$

Для второго контура:  $I_3 R_3 + I_3 R_4 + I_2 R_5 = E_2 \Rightarrow 1,5 \cdot 10^3 I_3 + 10^3 I_3 + 2,2 \cdot 10^3 I_2 = 6$

$I_1 = 2 \text{ мА}$  ,  $I_2 = 2,6 \text{ мА}$  ,  $I_3 = 4,7 \text{ мА}$

	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$U_{R_1}$	$U_{R_2}$	$U_{R_3}$	$U_{R_4}$	$U_{R_5}$
Рассчит.	2	2,6	4,7	1,12	1,23	0,84	0,56	1,23

4) Контрольные вопросы:

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

*Закон Ома для участка цепи:* сила тока  $I$  на участке электрической цепи прямо пропорциональна напряжению  $U$  на концах участка и обратно пропорциональна его сопротивлению  $R$ .

*Закон Ома для полной цепи:* сила тока в цепи пропорциональна действующей в цепи ЭДС и обратно пропорциональна сумме сопротивлений цепи и внутреннего сопротивления источника.

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

При работе любой электрической цепи выполняются два фундаментальных закона природы: закон сохранения заряда и закон сохранения энергии. Эти два закона выражаются правилами Кирхгофа.

Первое правило Кирхгофа (правило узлов)

«Сумма токов, сходящихся в узле, должна равняться нулю.»

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

1-е правило Кирхгофа выражает условие постоянства тока в цепи, состоящее в том, что в случае установившегося постоянного тока электрические заряды не должны накапливаться ни на каком из участков цепи.

Если ток втекает в узел, то он положительный, а если вытекает из узла, то он отрицательный.

Второе правило Кирхгофа (правило контуров)

«В любом замкнутом контуре, произвольно выбранном в разветвленной электрической цепи, алгебраическая сумма падений напряжений на всех участках этого контура равна алгебраической сумме ЭДС всех источников электрической энергии, включенных в контур.»

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i$$

Это правило выражает закон сохранения энергии, поскольку сумма ЭДС — работа сторонних сил по перемещению заряда в 1 Кл по всему контуру, а сумма падений напряжения — работа электрического поля по перемещению заряда в 1 Кл по тому же контуру.

### 3. Порядок расчета цепи по правилам Кирхгофа.

Расчет многоконтурной линейной электрической цепи, имеющей  $X$  ветвей с активными и пассивными элементами и  $Y$  узлов, сводится к определению токов отдельных ветвей и напряжений на зажимах элементов, входящих в данную цепь.

Цепь без источника ЭДС — пассивна; содержащая — активная.

1-е правило Кирхгофа применяют к независимым узлам (которые отличаются друг от друга хотя бы одной новой ветвью), что позволяет получить  $(Y-1)$  уравнений.

2-е правило Кирхгофа позволяет получить недостающие  $X-(Y-1)$  уравнения.

Уравнения записывают для независимых контуров (которые отличаются друг от друга хотя бы одной новой ветвью).

Порядок выполнения расчета:

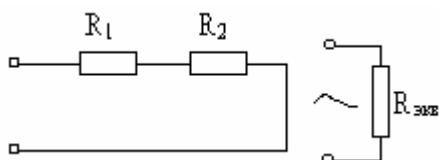
1. в электрической цепи выделяют ветви, независимые узлы и контуры (их количество);
2. с помощью стрелок указывают произвольные выбранные положительные направления токов в отдельных ветвях, а так же направление обхода контура;
3. определяют количество уравнений;
4. составляют уравнения по законам Кирхгофа с применением правила знаков для токов узлов; ЭДС и напряжения;
5. решая систему уравнений, находят токи в ветвях.

### 4. Эквивалентные преобразования электрической цепи.

Преобразования электрических цепей считают эквивалентными, если при их выполнения напряжения и токи на интересующих нас участках не изменяются.

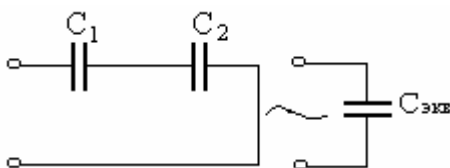
При преобразовании сложных электрических цепей пользуются последовательным методом, то есть последовательно преобразуют участки цепи, имеющие простое соединение элементов.

Эквивалентное преобразование схемы при последовательном соединении элементов.



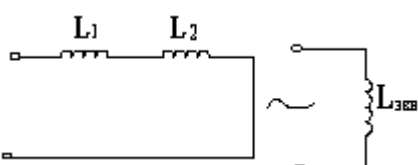
Сопротивление:

$$R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_2$$



Емкость:

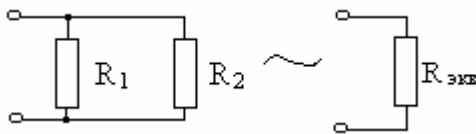
$$C_{\text{ЭКВ}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$



Индуктивность:

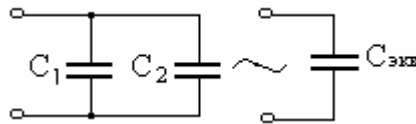
$$L_{\text{ЭКВ}} = L_1 + L_2$$

Эквивалентное преобразование схемы при параллельном соединении элементов.



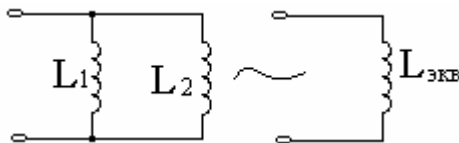
Сопротивление:

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



Емкость:

$$C_{\text{экв}} = C_1 + C_2$$



Индуктивность:

$$L_{\text{экв}} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

Эквивалентное преобразование схемы при смешанном соединении элементов выполняется последовательным методом, т.е. последовательно преобразуются участки цепи, имеющие простое соединение элементов.

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

Мощность электротока – характеристика скорости для осуществления передачи или же для преобразования электрического тока.

Мощность в электрических цепях с постоянным током вычисляется по формуле:

$$P = I \cdot U$$

Если рассчитывается мощность в электрической линейной цепи, в которой учитывается Закон Ома, то есть в пассивной цепи, то мощность рассчитывается по формуле:

$$P = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

Если электрическая цепь более сложная и содержит источник электродвижущей силы (ЭДС), то получаемая или поглощаемая на данном участке цепи мощность рассчитывается по формуле:

$$P = I \cdot \varepsilon$$

Если берется в учет внутреннее сопротивление источника электродвижущей силы: (рассчитанную по формуле мощность необходимо либо прибавить к поглощаемой ЭДС мощности, либо вычесть из получаемой ЭДС мощности):

$$p = I^2 \cdot R$$

Чтобы вычислить мощность в электрической цепи переменного тока, необходимо провести интеграцию среднего показателя мощности в течении определенного временного периода.

Расчет производится для цепей, где действует синусоидальный ток и напряжение:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

U и I – значение напряжения и тока в среднеквадратичном представлении, а cos



угла – показатель сдвига фаз между напряжением и током.

Мощность бывает активной, реактивной и комплексной.

В любой электрической цепи должен соблюдаться энергетический баланс – баланс мощностей: алгебраическая сумма мощностей всех источников равна арифметической сумме мощностей всех приемников энергии.

Баланс мощностей является следствием закона сохранения энергии и может служить критерием правильности расчета электрической цепи.

Для любой цепи постоянного тока выполняется соотношение:

$$\sum_{k=1}^n R_k I_k^2 = \sum_{k=1}^n E_k I_k$$

Это уравнение представляет собой математическую форму записи баланса мощностей: суммарная мощность, генерируемая источниками электрической энергии, равна суммарной мощности, потребляемой в цепи.

Для цепи переменного тока

Из закона сохранения энергии следует, что сумма всех отдаваемых активных мощностей равна сумме всех потребляемых активных мощностей, т.е.

$$\sum_{k=1}^n R_k I_k^2 = \sum_{k=1}^n E_k I_k \cos \varphi_{kz(\text{генератора})}$$

выражение баланса мощностей в цепях синусоидального тока (без учета взаимной индуктивности):

$$\sum_{k=1}^n \underline{Z}_k I_k^2 = \sum_{k=1}^n \dot{E}_k I_k^{0 \times 0}$$

Расчет мощности начинают с определения рода тока: постоянный он или переменный, так как формулы не являются универсальными.

## 6. Принцип и порядок расчета цепей методом наложения.

Метод наложения применяется для цепей со смешанным соединением приемников, имеющих несколько источников энергии. Он основан на принципе суперпозиции, который применительно к электрической цепи гласит: «если в цепи действует несколько источников энергии, то токи в ее ветвях можно рассматривать как алгебраическую сумму токов от действия каждого источника в отдельности.»

При расчете цепей по методу наложения поочередно исключают все источники ЭДС кроме одного и определяют токи в ветвях, эти токи называются частичными или парциальными.

**Частичный ток** – ток в ветви от действия только одного источника энергии, когда все остальные источники приняты нулевыми.

При использовании метода суперпозиции необходимо выполнять следующие правила:

1. Исходная схема разбивается на более простые схемы с одним источником энергии (сколько источников энергии, столько и схем).
2. Источники тока при исключении их из схемы размыкаются, а источники ЭДС при их исключении из схемы закорачиваются. Внутренние сопротивления источников ЭДС и тока во всех схемах учитываются.

3. Частные токи имеют свои направления, определяемые источниками энергии в данной частной схеме.