

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОЙ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Цель работы.** Проверить выполнение законов Кирхгофа, принципов наложения и взаимности, теоремы о линейных соотношениях.

### Пояснения к работе

*Первый закон Кирхгофа.* Алгебраическая сумма токов в узле равна нулю. С одним знаком учитываются токи, подтекающие к узлу, а с другим – отходящие от него:

$$\sum I = 0.$$

*Второй закон Кирхгофа.* Алгебраическая сумма падений напряжения в контуре равна алгебраической сумме ЭДС контура (в левой части со знаком «плюс» учитываются падения напряжения на тех элементах, токи в которых совпадают с выбранным направлением обхода контура, в правой – ЭДС тех источников, стрелки которых совпадают с направлением обхода):

$$\sum IR = \sum E.$$

Взаимно независимыми уравнениями являются уравнения для токов всех узлов цепи, за исключением одного. Для любой цепи взаимно независимые уравнения для напряжений получаются, если, записав уравнение для любого контура, мысленно разорвать в нем одну ветвь, а следующие уравнения, также с разрывом ветви, записывать для оставшихся целых контуров до их исчерпания. Уравнения для напряжений всех контуров – ячеек плоской (планарной) цепи, кроме внешнего контура, взаимно независимы.

*Принцип наложения.* Ток любой ветви линейной электрической цепи с несколькими источниками может быть представлен в виде алгебраической суммы составляющих от действия каждого источника в отдельности.

*Принцип взаимности.* Если в пассивной линейной цепи выделить две ветви  $ab$  и  $cd$ , в одну из них включить ЭДС  $E_{ab} = E$ , а в другой измерить ток  $I_{cd} = I$ , затем переставить ту же ЭДС во вторую ветвь ( $E_{cd} = E$ ), а ток измерить в первой, то эти два тока окажутся равными ( $I_{ab} = I$ ).

*Теорема о линейных соотношениях.* Если в линейной электрической цепи изменять какой-либо один параметр (сопротивление, ЭДС или задающий ток источника), то любые две величины (токи или на-

пряжения) окажутся связанными линейным соотношением вида  $y = ax + b$ .

*Теорема компенсации.* Любой двухполюсник можно заменить источником ЭДС, равной напряжению на зажимах двухполюсника и имеющей ту же полярность, и при этом токи и напряжения остальной части цепи не изменятся.

### Схема электрической цепи

В работе используется двухконтурная схема, рис. 1.1.

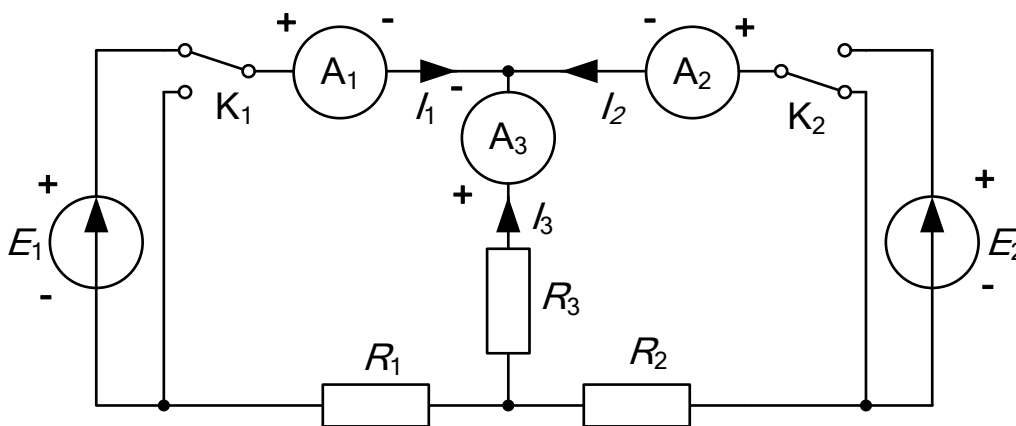


Рис. 1.1

Значения ЭДС источников постоянного напряжения и сопротивлений в исходной схеме задаются согласно табл. 1.1. В процессе работы значение  $E_1$  придется изменить в соответствии с программой.

Таблица 1.1

| №     |    | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10 |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| $E_1$ | В  | 4   | 6   | 6   | 10  | 12  | 5   | 7   | 9   | 11  | 3  |
| $E_2$ | В  | 9   | 11  | 6   | 4   | 8   | 10  | 12  | 14  | 5   | 7  |
| $R_1$ | Ом | 120 | 100 | 140 | 80  | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 80 |
| $R_2$ | Ом | 50  | 60  | 80  | 30  | 40  | 50  | 60  | 80  | 100 | 20 |
| $R_3$ | Ом | 80  | 40  | 60  | 100 | 120 | 80  | 120 | 150 | 30  | 50 |

В программе *EWB* схема, представленная на рис. 1.1, будет выглядеть следующим образом (рис. 1.2):

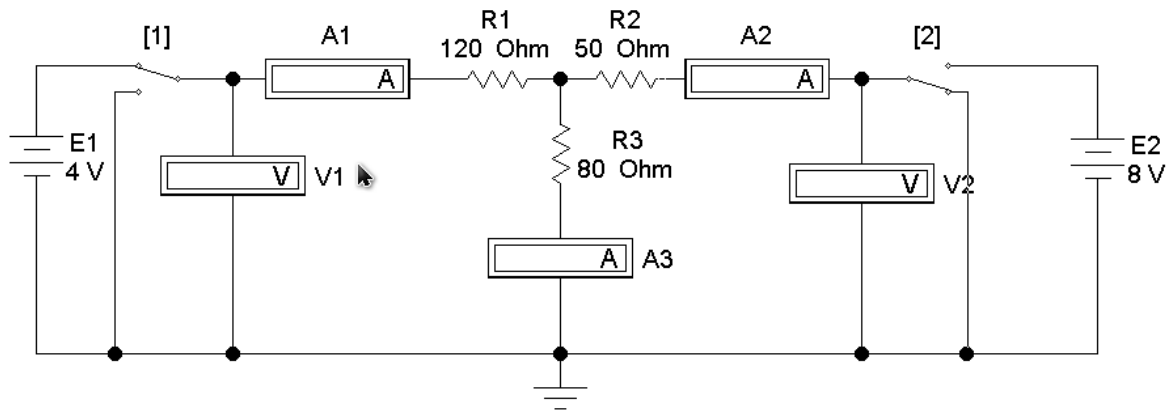


Рис. 1.2

Положением ключей  $K_1$ ,  $K_2$  (на схеме в квадратных скобках указаны их индексы) можно управлять с помощью клавиш 1 и 2 соответственно.

### Подготовка к работе

Проработав теоретический материал, ответить на вопросы и выполнить задания.

1. Как выбирать контуры, чтобы уравнения Кирхгофа для них оказались взаимно независимыми?

2. На рис. 1.3 дана структурная схема некоторой цепи (ветви изображены линиями, узлы – точками). Определить для нее число взаимно независимых уравнений, которые можно составить по первому и второму законам Кирхгофа.

3. На рис. 1.4 изображена исследуемая цепь без измерительных приборов и ключей. Записать для нее необходимое число взаимно независимых уравнений по законам Кирхгофа.

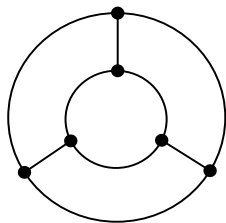


Рис. 1.3

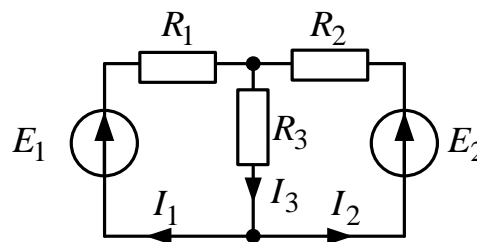


Рис. 1.4

4. Каковы правила знаков при записи уравнений Кирхгофа?

5. В чем сущность принципа наложения? Как его проверить на примере цепи рис. 1.1?

6. Поясните принцип взаимности применительно к цепи рис. 1.4 и выведите формулы для аналитической его проверки (доказать тождество выражений для двух токов).

### Программа работы

1. Собрать схему (рис. 1.2) и установить значения ЭДС  $E_1$ ,  $E_2$  и сопротивлений  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , выбрав из табл. 1.1 свой вариант.

2. Экспериментальная проверка законов Кирхгофа и принципа наложения.

*Опыт 1.* Ключ  $K_1$  установить в верхнее положение, ключ  $K_2$  – в нижнее, как это показано на рисунке. В схеме действует только ЭДС  $E_1$ , вместо  $E_2$  включен проводник с сопротивлением равным нулю («закоротка»).

*Опыт 2.* Ключ  $K_2$  установить в верхнее положение, ключ  $K_1$  – в нижнее. В схеме действует только ЭДС  $E_2$ , вместо  $E_1$  включена «закоротка».

*Опыт 3.* Перевести ключ  $K_1$  в верхнее положение. При этом включены обе ЭДС.

3. Показания приборов внести в верхние три строки табл. 1.2. В четвертую строку этой таблицы записать сумму показаний приборов в опытах 1 и 2. Сравнить результат с показаниями приборов в опыте 3.

Таблица 1.2

| Опыт   | ЭДС   |       | Показания приборов |       |       | Результаты вычислений       |               |          |
|--------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-----------------------------|---------------|----------|
|        | $E_1$ | $E_2$ | $I_1$              | $I_2$ | $I_3$ | $\sum IR$ (1)               | $\sum IR$ (2) | $\sum I$ |
|        | В     | В     | мА                 | мА    | мА    | В                           | В             | мА       |
| 1      |       | 0     |                    |       |       |                             |               |          |
| 2      | 0     |       |                    |       |       |                             |               |          |
| 3      |       |       |                    |       |       |                             |               |          |
| Расчет |       |       |                    |       |       | Проверка принципа наложения |               |          |

Просуммировать значения токов в опытах 1÷3 в соответствии с первым законом Кирхгофа. Результаты записать в правый столбец табл. 1.1. Убедиться, что закон выполняется. Подсчитать сумму падений напряжений в левом (1) и правом (2) контурах схемы для всех трех опытов. Результаты внести в табл. 1.2 и сравнить их с соответствующими ЭДС в каждом из опытов.

4. Проверка теоремы о линейных соотношениях при  $E_1=\text{var}$ ,  $E_2=\text{const}$  для токов  $I_2$ ,  $I_3$  и принципа взаимности для токов  $I_1$ ,  $I_2$ .

*Опыт 4.* Изменить значение ЭДС  $E_1$ . Для этого установить курсор на символ этого источника и после двойного щелчка левой клавишей

мыши задать величину  $E_1=E_2$ . Показания приборов внести в табл. 1.3. Сюда же переписать и результаты опытов 2 и 3 из табл. 1.2.

Таблица 1.3

| Номер опыта | $U_1$ | $U_2$ | $I_2$ | $I_3$ | Примечание  |
|-------------|-------|-------|-------|-------|---|
|             | В     | В     | мА    | мА    |   |
| 4           |       |       |       |       | Коэффициенты зависимости<br>$I_3 = aI_2 + b$<br>$a = b =$ |
| 3           |       |       |       |       |   |
| 2           |       |       |       |       |   |

5. Проверка принципа взаимности. *Опыт 5.* Ключ  $K_2$  перевести в нижнее положение. При этом в схеме действует лишь источник ЭДС  $E_1$  с ее новым значением. Показания приборов внести в табл. 1.4. Переписать сюда же показания приборов из опыта 2. Сравнить показания амперметров. Вычислить те же токи по формулам, выведенным при подготовке к работе (п. б), и результаты также внести в табл. 1.4.

Таблица 1.4

| Опыт | Показания приборов |       |       |       | Расчет |       |
|------|--------------------|-------|-------|-------|--------|-------|
|      | $U_1$              | $U_2$ | $I_1$ | $I_2$ | $I_1$  | $I_2$ |
|      | В                  | В     | мА    | мА    | мА     | мА    |
| 5    | 0                  |       |       | –     |        | –     |
| 2    |                    | 0     | –     |       | –      |       |

6. Сделать выводы по работе.

### Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Схема электрической цепи.
3. Ответы на вопросы подготовки к работе.
4. Табл. 1.1–1.4, пояснения к таблице, указывающие, справедливость каких законов или соотношений в них проверяется, пример расчёта одной строки или столбца.
5. Выводы.