

МАИ

Кафедра Теоретической электротехники

Лаборатория ТОЭ

Отчет по работе № _____

Наименование работы

студента _____ группы _____
Ф.И.О

Отчет принял преподаватель _____
Ф.И.О

« _____ » _____ 20 ____ г.

Подпись преподавателя

20 год

Цель работы — экспериментальное определение токов и напряжений в разветвленных цепях постоянного тока; проверка экспериментальных данных с помощью методов эквивалентного источника, узловых потенциалов и контурных токов.

Элементы и приборы

Резисторы: $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 50 \text{ Ом}$, $R_3 = 100 \text{ Ом}$, $R_5 = 200 \text{ Ом}$, $R_6 = 300 \text{ Ом}$, $R_7 = 500 \text{ Ом}$, $R_9 = 1000 \text{ Ом}$; источник постоянного напряжения с ЭДС E_1 ; источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2 = (0 \div 24) \text{ В}$; элемент наборного поля №18; блок переменного сопротивления $R_4 = (1 \div 999) \text{ Ом}$; цифровой вольтметр.

Порядок выполнения работы

Все измерения проводятся с помощью универсального цифрового вольтметра.

Рекомендуется для более точного теоретического расчета уточнить значения сопротивлений используемых резисторов, переключив вольтметр на «Режим измерения сопротивления» и установив переключатель «Пределы измерения» в соответствии с величиной измеряемого сопротивления.

Для измерения напряжения предварительно установить переключатель «Переменное/постоянное (AC/DC)» в положение измерения постоянного напряжения (DC) и включить переключатель «Режим измерения напряжения». Переключатель «Пределы измерения» установить в соответствии с величиной измеряемого напряжения.

Экспериментальная часть

1. Собрать цепь по схеме рис. 12, установив $E_2 = 10 \text{ В}$.

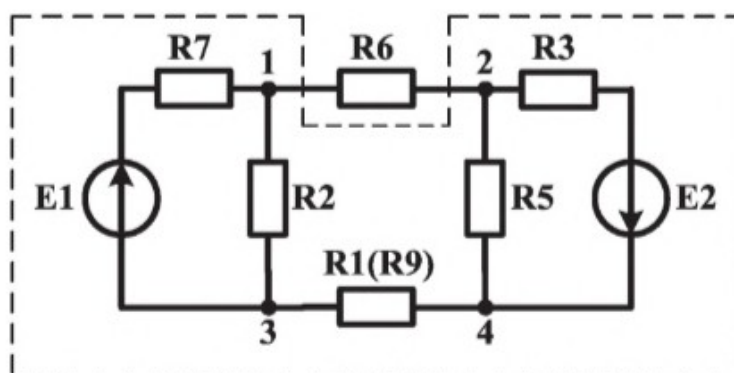


Рис. 12

2. Измерить напряжение U_{12} на резисторе R_6 и вычислить ток в резисторе. Результаты записать в отчет.

3. Заменить резистор R_1 резистором R_9 . Повторить измерения по п.2.

4. Заменить выделенную пунктиром часть схемы рис. 12 относительно узлов 1 и 2 эквивалентным источником напряжения с ЭДС $E_{\text{экв}}$ и внутренним сопротивлением $R_{\text{экв}}$. Для определения $E_{\text{экв}}$ и $R_{\text{экв}}$:

4.1. исключить резистор R_6 (разомкнуть ветвь) из цепи рис. 12 с резистором R_1 (рис. 13,а);

4.2. измерить напряжение холостого хода $U_{12\text{хх}} = E_{\text{экв}}$. Результат записать в отчет;

4.3. замкнуть гнезда 1 и 2 и измерить напряжение U_{43} на сопротивлении R_1 . Результаты записать в отчет. Ток в резисторе

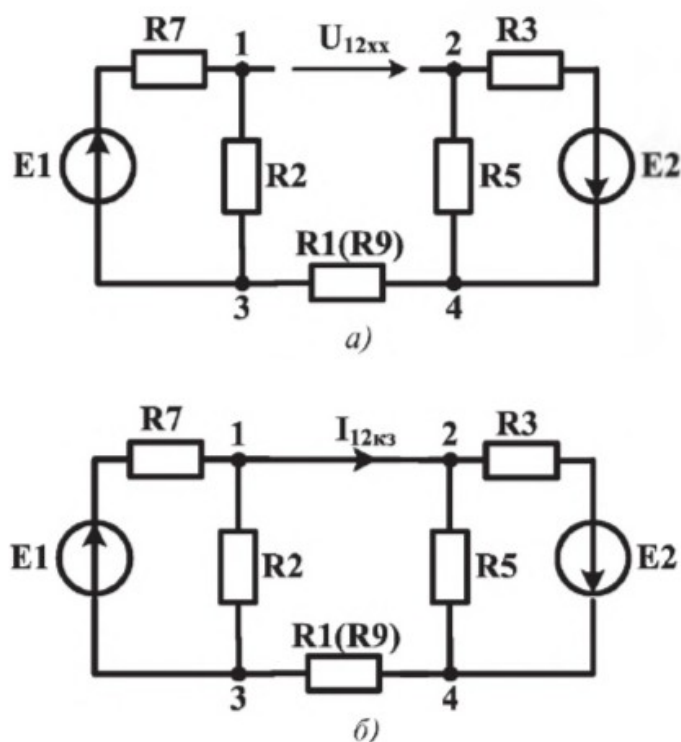


Рис. 13

R_1 равен току короткого замыкания $I_{12кз}$. Вычислить эквивалентное сопротивление $R_{экв}$.

5. Для оценки влияния сопротивления резистора, включенного в цепи между узлами 3 и 4, на параметры эквивалентного источника напряжения заменить в цепи рис. 13, а резистор R_1 на резистор R_9 и повторить п.4.2 и п.4.3.

6. Используя источник с регулируемой ЭДС E_2 и блок переменного сопротивления R_4 , установить параметры эквивалентного генератора, определенные в п.4.2 и п.4.3, и собрать цепь рис. 14.

7. Измерить напряжение U_{12} на резисторе R_6 и сравнить с данными п.2.

8. Повторить п.6 и п.7 для схемы с резистором R_9 .

9. Подключить элемент №18 непосредственно к выводам источ-

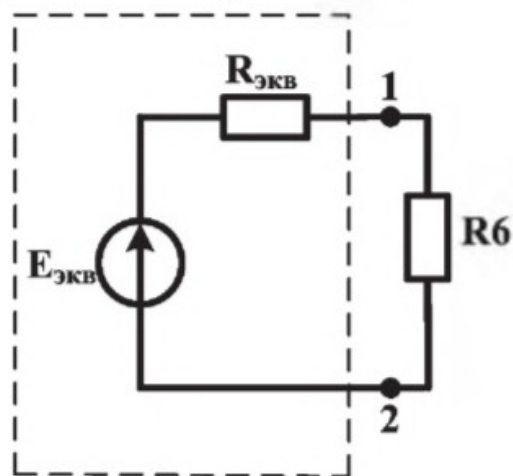


Рис. 14

ника постоянного напряжения с нерегулируемой ЭДС E_1 . Это позволяет преобразовать источник E_1 в источник тока с $I_{ист} = 0,1$ А и внутренним сопротивлением $R_{вт} = 10$ Ом.

10. Собрать цепь по схеме рис. 15, установив $E_2 = 10$ В. Измерить напряжения U_{12} , U_{13} , U_{23} . Результаты измерений записать в отчет.

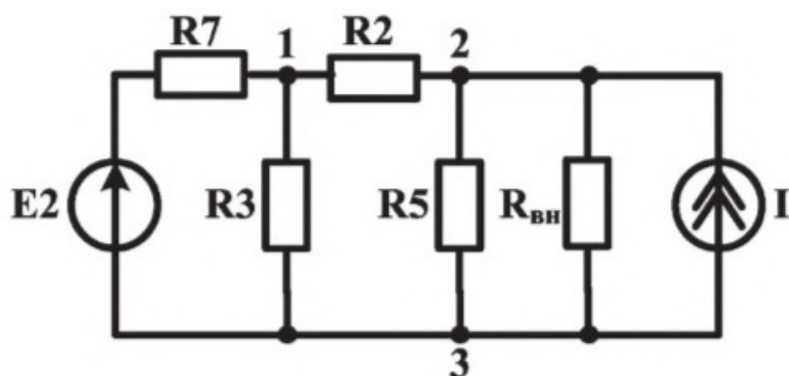


Рис. 15

Расчетная часть

1. Используя параметры эквивалентных источников напряжения, определенные в п.4 и п.5 экспериментальной части, вычислить ток в резисторе R_6 цепи рис. 14 для двух случаев (включены резисторы R_1 или R_9). Сравнить расчетные значения тока в резисторе R_6 со значениями, вычисленными по экспериментальным данным п.2 и п.3. Сделать заключение о влиянии величины сопротивления резистора между узлами 3 и 4 на параметры эквивалентного источника напряжения.

2. Рассчитать теоретически параметры $E_{эkv}$ и $R_{эkv}$ эквивалентного источника напряжения для цепи рис. 13 для двух случаев (включены резисторы R_1 или R_9). Сравнить результаты расчета с результатами эксперимента.

3. Рассчитать токи в ветвях схемы рис. 15, используя результаты измерений п.9 экспериментальной части. Результаты записать в табл. 6.

4. Используя метод узловых потенциалов (МУП) и метод контурных токов (МКТ) для цепи рис. 15, рассчитать токи в ветвях, предварительно записав необходимые уравнения. Записать их значения в табл. 6. Сравнить результаты расчетов с результатами, получен-

Таблица 6

		I_2, A	I_3, A	I_5, A	I_7, A
Эксперимент					
Расчет	МУП				
	МКТ				

ными по экспериментальным данным. Расчеты проводить на компьютере с использованием пакетов прикладных программ.

Расчеты

1. Проверка метода эквивалентного источника

Рассчитаем напряжение на нагрузке $R_6 = 300 \text{ Ом}$, используя экспериментально найденные параметры эквивалентного генератора, и сравним с прямым измерением.

- **Случай 1 (с R_1):**

- $U_{12}(\text{расч}) = E_{\text{экв}} * R_6 / (R_{\text{экв}} + R_6) = 8.21 * 300 / (118.99 + 300) = 2463 / 418.99 \approx 5.88 \text{ В}$

- **Сравнение:** $U_{12}(\text{эксп}) = 5.82 \text{ В}$.

- **Погрешность:** $| (5.88 - 5.82) / 5.82 | * 100\% \approx 1.03 \%$

- **Случай 2 (с R_9):**

- $U_{12}(\text{расч}) = E_{\text{экв}} * R_6 / (R_{\text{экв}} + R_6) = 8.11 * 300 / (1120.17 + 300) = 2433 / 1420.17 \approx 1.71 \text{ В}$

- **Сравнение:** $U_{12}(\text{эксп}) = 1.83 \text{ В}$.

- **Погрешность:** $| (1.71 - 1.83) / 1.83 | * 100\% \approx 6.56 \%$

Вывод: В обоих случаях результаты, полученные с помощью метода эквивалентного источника, близки к результатам прямого измерения, что подтверждает справедливость метода. Замена резистора R_1 на R_9 незначительно повлияла на ЭДС эквивалентного источника, но существенно увеличила его внутреннее сопротивление.

2. Расчет токов в схеме рис. 15 методом узловых потенциалов

Примем узел 3 за базисный ($\varphi_3 = 0$). Схема имеет два независимых узла (1 и 2). Исходные данные: $E_2 = 10$ В, $I = 0.1$ А, $R_{BH} = 10$ Ом, $R_2 = 50$ Ом, $R_3 = 100$ Ом, $R_5 = 200$ Ом, $R_7 = 500$ Ом.

- **Система уравнений:**

- Узел 1: $\varphi_1 * (1/R_{BH} + 1/R_2 + 1/R_7) - \varphi_2 * (1/R_2) = I$
- Узел 2: $\varphi_2 * (1/R_2 + 1/R_5 + 1/R_3) - \varphi_1 * (1/R_2) = E_2/R_3$

- **Подстановка значений:**

- Узел 1: $\varphi_1 * (0.1 + 0.02 + 0.002) - \varphi_2 * 0.02 = 0.1 \Rightarrow 0.122 * \varphi_1 - 0.02 * \varphi_2 = 0.1$
- Узел 2: $\varphi_2 * (0.02 + 0.005 + 0.01) - \varphi_1 * 0.02 = 10/100 \Rightarrow -0.02 * \varphi_1 + 0.035 * \varphi_2 = 0.1$

- **Решение системы уравнений:**

- $\varphi_1 \approx 1.42$ В
- $\varphi_2 \approx 3.67$ В

- **Сравнение с экспериментом:**

- Экспериментальные потенциалы: $\varphi_1(\text{эксп}) = U_{13} = 1.11$ В, $\varphi_2(\text{эксп}) = U_{23} = 0.94$ В.
- Расчетные и экспериментальные значения потенциалов сильно различаются, особенно для узла 2. Возможные причины: неточность принципиальной схемы в методическом пособии, значительные отклонения реальных параметров компонентов от номинальных.

- **Расчет токов в ветвях:**

- $I(R_{BH}) = \varphi_1 / R_{BH} = 1.42 / 10 = 0.142$ А
- $I(R_2) = (\varphi_1 - \varphi_2) / R_2 = (1.42 - 3.67) / 50 = -0.045$ А (ток течет от узла 2 к узлу 1)
- $I(R_3, E_2) = (\varphi_2 - E_2) / R_3 = (3.67 - 10) / 100 = -0.0633$ А (ток течет от источника E_2 к узлу 2)
- $I(R_5) = \varphi_2 / R_5 = 3.67 / 200 = 0.0184$ А

- $I(R_7) = \varphi_1 / R_7 = 1.42 / 500 = 0.0028 \text{ A}$