

**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** — экспериментальная проверка справедливости принципов наложения, взаимности, компенсации и определение параметров эквивалентного источника напряжения.

### **Элементы и приборы**

Резисторы:  $R_2 = 50 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 200 \text{ Ом}$ ,  $R_6 = 300 \text{ Ом}$ ,  $R_7 = 500 \text{ Ом}$ ; источник постоянного напряжения с нерегулируемой ЭДС  $E_1$ ; источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС  $E_2 = (0 \div 24) \text{ В}$ ; 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. Установить значение ЭДС источника постоянного напряжения с регулируемой ЭДС  $E_2 = 10$  В.
2. Собрать цепь по схеме рис. 8.

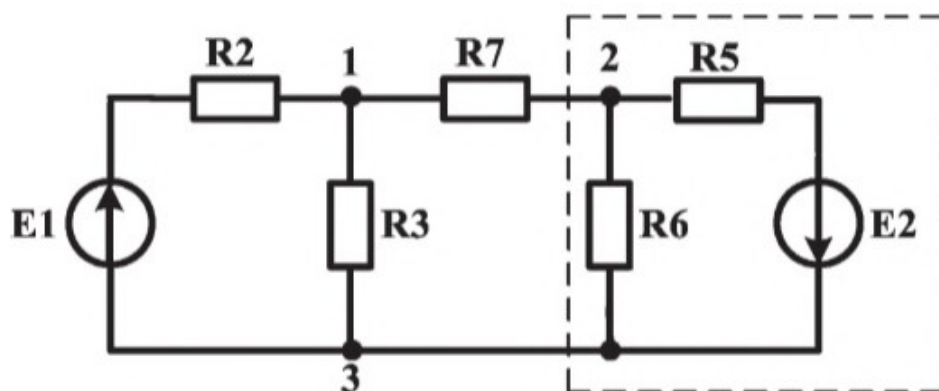


Рис. 8

3. Измерить напряжения  $U_{13}$ ,  $U_{23}$ . Результаты записать в табл. 5.

4. С целью проверки принципов наложения и взаимности:

4.1. исключить из цепи рис. 8 источник  $E_2$  (отключить источник  $E_2$  от схемы и закоротить гнезда в схеме, куда он был подключен);

4.2. измерить напряжения  $U_{13}$ ,  $U_{23}$ . Результаты записать в табл. 5;

4.3. подключить к цепи рис. 8 источник  $E_2$ , исключив из неё источник  $E_1$  (отключить источник  $E_1$  от схемы и закоротить гнезда в схеме, куда он был подключен);

4.4. измерить напряжения  $U_{13}$ ,  $U_{23}$ . Результаты записать в табл. 5.

5. Для проверки принципа компенсации собрать цепь по схеме рис. 9, предварительно установив с помощью регулируемой ЭДС  $E_2$  значение  $E_{\text{ком}} = U_{23}$ , измеренное в п.3. Измерить напряжения  $U_{13}$ ,  $U_{23}$ . Результаты записать в табл. 5.

6. Определить параметры источника напряжения, эквивалентного участку цепи рис. 8, выделенному пунктирной рамкой. Для этого:

6.1. измерить напряжение холостого хода  $U_{23\text{хх}}$  в цепи рис. 10,а;

6.2. закоротить гнезда 2 и 3 цепи рис. 10,б, измерить падение напряжения на резисторе  $R_5$  и рассчитать ток короткого замыкания  $I_{\text{кз}}$ . Результаты записать в отчет;

6.3. вычислить эквивалентное сопротивление цепи рис. 10,а относительно узлов 2 и 3, используя результаты измерений п.6.1 и п.6.2;

6.4. используя источник с регулируемой ЭДС  $E_2$  и блок переменного сопротивления  $R_4$ , установить параметры эквивалентного генератора, определенные в п.6.1 и п.6.3, и собрать цепь рис. 11;

Таблица 5

	Подключены $E_1$ и $E_2$	Подключен $E_1$	Подключен $E_2$	Подключены $E_1$ и $E_{\text{комп}}$	Подключены $E_1$ и $E_{\text{экв}}$
Эксперимент					
$U_{13}, \text{В}$					
$U_{23}, \text{В}$					
Расчет					
$I_2, \text{А}$					
$I_3, \text{А}$					
$I_5, \text{А}$				×	×
$I_6, \text{А}$				×	×
$I_7, \text{А}$					

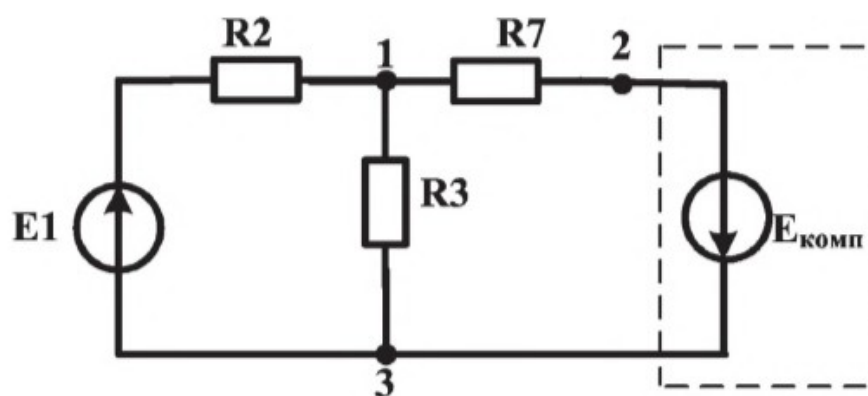
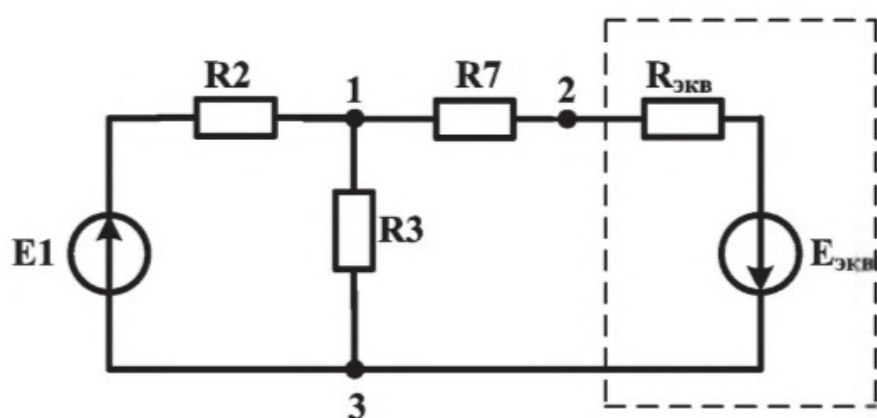
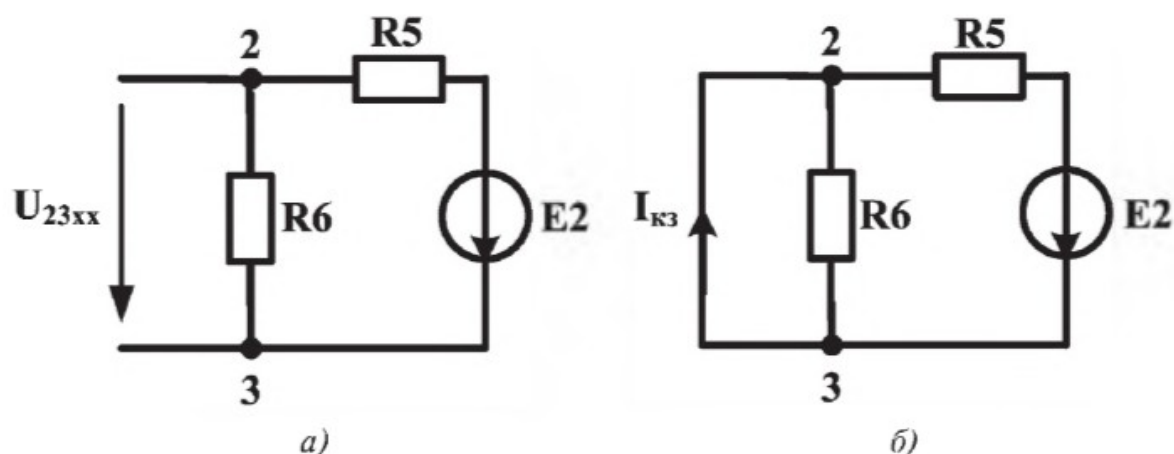


Рис. 9



6.5. измерить напряжения  $U_{13}$ ,  $U_{23}$  в цепи рис. 11. Результаты записать в табл. 5.

1. Используя результаты измерений в п.3 и п.4 экспериментальной части, на основании закона Ома вычислить токи  $I_2, I_3, I_5, I_6, I_7$ , протекающие через резисторы  $R_2, R_3, R_5, R_6, R_7$ , для трёх схем при различных подключениях источников в цепи рис. 8 (все три схемы привести в отчете) и указать их положительные направления. Результаты записать в табл. 5.
2. Проверить справедливость принципа наложения, используя результаты, полученные в п.1 расчетной части.
3. Проверить справедливость принципа взаимности (обратимости), используя результаты табл. 5.



4. Используя результаты измерений в п.5 экспериментальной части, рассчитать  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_7$ , протекающие через резисторы  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_7$ , в цепи рис. 9 с подключенным компенсирующим источником, и записать их значения в табл. 5.

5. Сравнивая результаты, полученные в п.1 и 4 расчетной части, проверить справедливость принципа компенсации.

6. Используя результаты измерений п.6.5 экспериментальной части, рассчитать токи  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_7$  в цепи рис. 11. Значение токов записать в табл. 5. Сравнить результаты, полученные в п.1 и п.6 расчетной части.

7. Используя параметры цепи рис. 10,а, рассчитать теоретически ЭДС и внутреннее сопротивление эквивалентного источника напряжения. Расчеты и полученный результат записать в отчет. Сравнить расчетные значения с экспериментальными.

## Расчеты

### 1. Проверка принципа наложения

- **Измеренные значения напряжений:**

- $U_{13}(\text{эксп, } E_1 \text{ и } E_2) = -12,22 \text{ В}$
- $U_{23}(\text{эксп, } E_1 \text{ и } E_2) = 3,08 \text{ В}$
- $U_{13}' (\text{только } E_1) = -12,40 \text{ В}$
- $U_{23}' (\text{только } E_1) = -2,00 \text{ В}$
- $U_{13}'' (\text{только } E_2) = 0,25 \text{ В}$
- $U_{23}'' (\text{только } E_2) = 5,10 \text{ В}$

- **Расчеты напряжений по принципу наложения:**

- $U_{13}(\text{расч, наложение}) = U_{13}' + U_{13}'' = -12,40 \text{ В} + 0,25 \text{ В} = -12,15 \text{ В}$
- $U_{23}(\text{расч, наложение}) = U_{23}' + U_{23}'' = -2,00 \text{ В} + 5,10 \text{ В} = 3,10 \text{ В}$

- **Относительная погрешность:**

- $\Delta U_{13} = |(U_{13}(\text{расч, наложение}) - U_{13}(\text{эксп, } E_1 \text{ и } E_2)) / U_{13}(\text{эксп, } E_1 \text{ и } E_2)| * 100\% = |(-12,15 - (-12,22)) / -12,22| * 100\% \approx 0,57 \%$
- $\Delta U_{23} = |(U_{23}(\text{расч, наложение}) - U_{23}(\text{эксп, } E_1 \text{ и } E_2)) / U_{23}(\text{эксп, } E_1 \text{ и } E_2)| * 100\% = |(3,10 - 3,08) / 3,08| * 100\% \approx 0,65 \%$

## **2. Проверка принципа компенсации**

- **Измеренные значения напряжений :**

- $U_{13}(\text{эксп, } E_1 \text{ и } E_2) = -12,22 \text{ В}$
- $U_{23}(\text{эксп, } E_1 \text{ и } E_2) = 3,08 \text{ В}$
- $U_{13}(\text{эксп, } E_1 \text{ и } E_{\text{комп}}) = -12,26 \text{ В}$
- $U_{23}(\text{эксп, } E_1 \text{ и } E_{\text{комп}}) = 3,00 \text{ В}$

## **3. Теоретический расчет параметров эквивалентного источника (для части схемы с $E_2$ , $R_5$ , $R_6$ )**

- **Исходные данные (номинальные значения из методического пособия):**

- $E_2 = 10 \text{ В}$
- $R_5 = 200 \text{ Ом}$
- $R_6 = 300 \text{ Ом}$

- **Расчет ЭДС эквивалентного источника (напряжение холостого хода):**

- $E_{\text{ЭКВ}} = U_{23\text{ХХ}} = E_2 * R_5 / (R_5 + R_6)$
- $E_{\text{ЭКВ}} = 10 \text{ В} * 200 \text{ Ом} / (200 \text{ Ом} + 300 \text{ Ом}) = 10 \text{ В} * (200 / 500) = 10 \text{ В} * 0,4 = 4,0 \text{ В}$

- **Расчет внутреннего сопротивления эквивалентного источника:**

- $R_{\text{ЭКВ}} = (R_5 * R_6) / (R_5 + R_6)$
- $R_{\text{ЭКВ}} = (200 \text{ Ом} * 300 \text{ Ом}) / (200 \text{ Ом} + 300 \text{ Ом}) = 60000 / 500 = 120 \text{ Ом}$