

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.

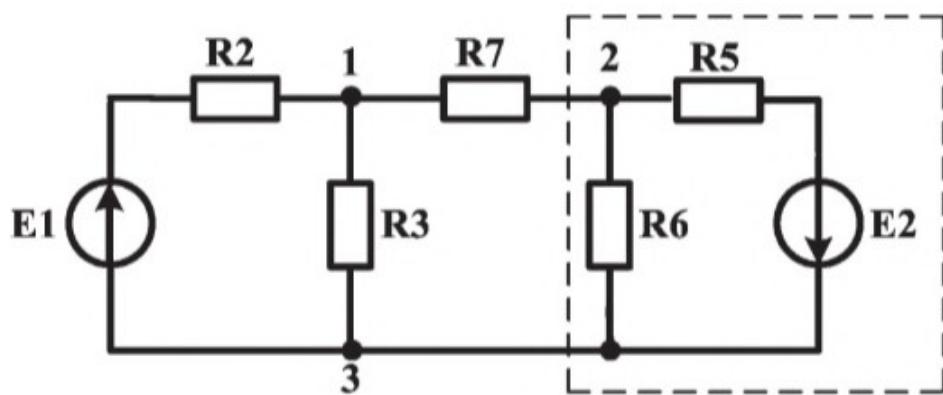


Рис. 8

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 $E_{\text{комп}} = U_{23}$, 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,*a*;

6.2. закоротить гнезда 2 и 3 цепи рис. 10,*b*, 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,*a* 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 $E_{\text{окв}}$ |
|--------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|---|--|
| Эксперимент | | | | | |
| U_{13} , В | | | | | |
| U_{23} , В | | | | | |
| Расчет | | | | | |
| I_2 , А | | | | | |
| I_3 , А | | | | | |
| I_5 , А | | | | × | × |
| I_6 , А | | | | × | × |
| I_7 , А | | | | | |

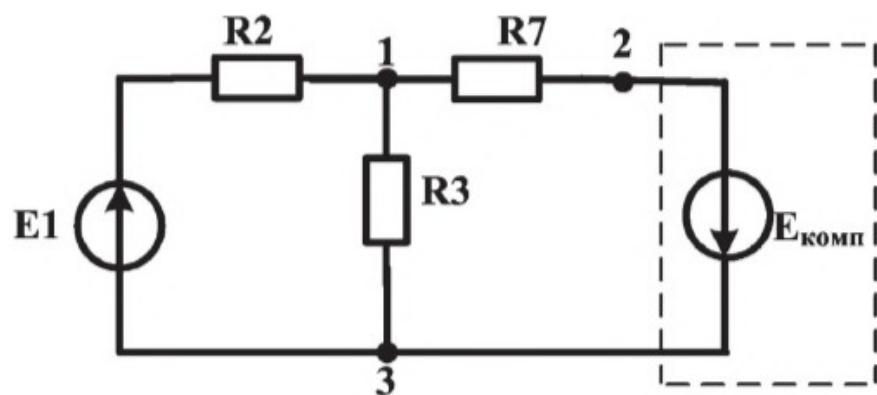


Рис. 9

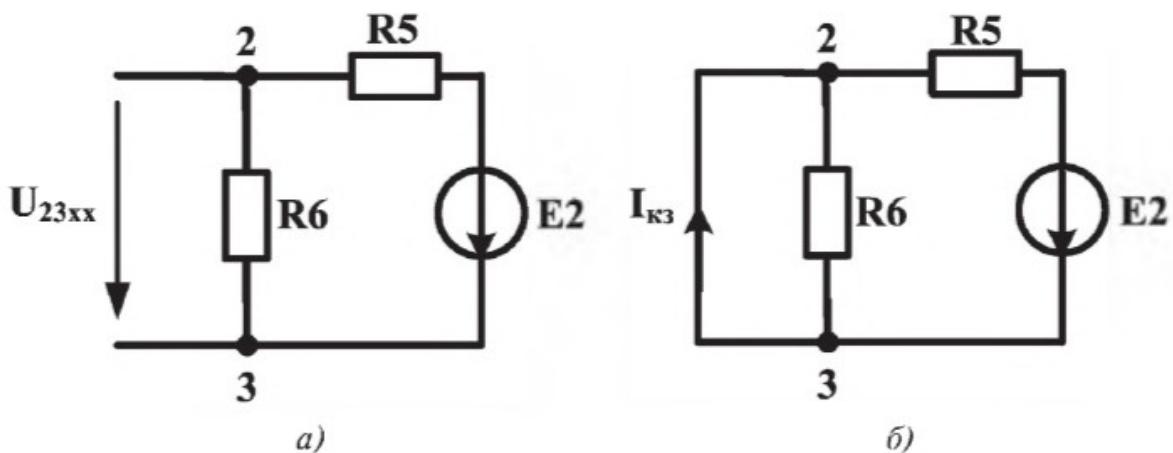


Рис. 10

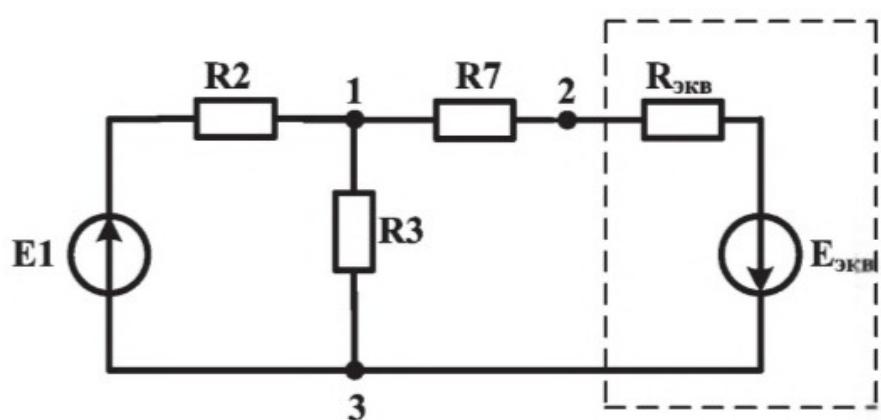


Рис. 11

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

Расчетная часть

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.

Рассчеты

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):**

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

- **Расчет внутреннего сопротивления эквивалентного источника:**

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