

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 условий эквивалентности источников тока и напряжения; проверка эквивалентных преобразований электрических цепей.

Элементы и приборы

Резисторы: $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 50 \text{ Ом}$, $R_3 = 100 \text{ Ом}$, $R_5 = 200 \text{ Ом}$,
 $R_6 = 300 \text{ Ом}$, $R_7 = 500 \text{ Ом}$; блок переменного сопротивления
 $R_4 = (1 \div 999) \text{ Ом}$; источник постоянного напряжения с нерегулируемой ЭДС E_1 и элемент наборного поля №18; источник постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2 = (0 \div 24) \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $R_{\text{вт}2}$; 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. Подключить элемент №18 непосредственно к выводам источника 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 $R_{вн1} = 10$ Ом.

2. Используя условия эквивалентности источников конечной мощности тока (рис. 3,*a*) и напряжения (рис. 3,*б*), определить па-

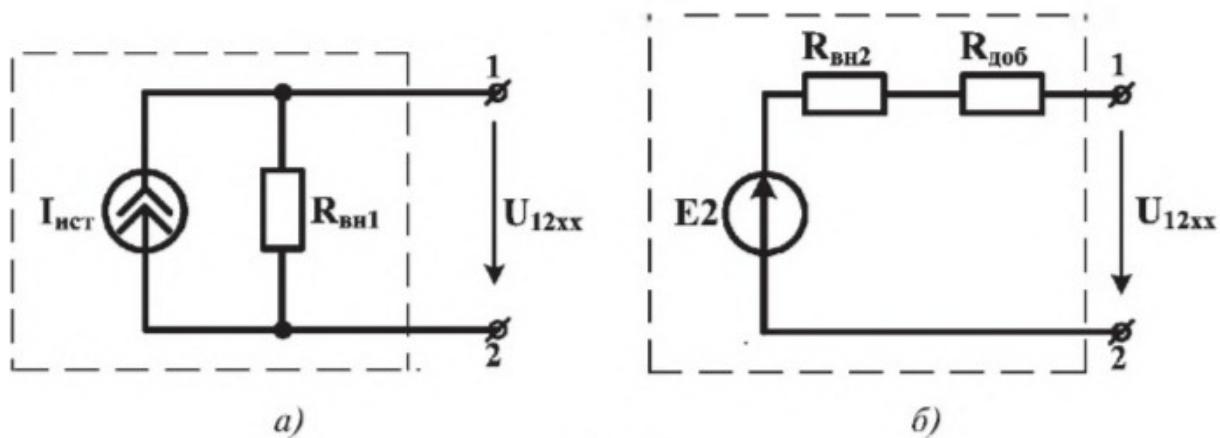


Рис. 3

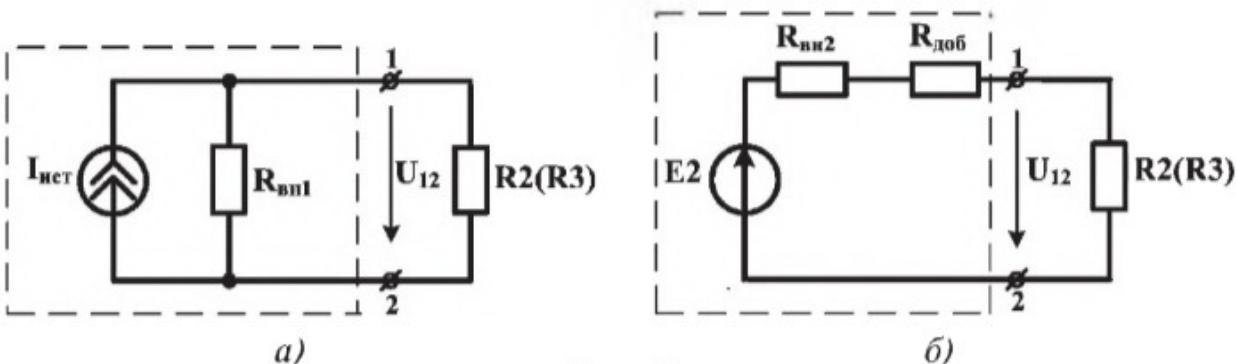


Рис. 4

раметры E_2 и $R_{добр}$ цепи рис. 3,*б*, если известны параметры источника тока ($I_{ист} = 0,1$ А, $R_{вн1} = 10$ Ом) и $R_{вн2} = 2$ Ом.

3. Проверить эквивалентность источников (схемы рис. 3,*а* и *б*). Для этого:

3.1. измерить напряжение холостого хода U_{12xx} непосредственно на разомкнутых выводах 1-2 источника тока $I_{ист}$, рис. 3,*а*;

3.2. собрать цепь по схеме рис. 4,*а* и измерить напряжение U_{12} при подключении резисторов R_2 и R_3 ;

3.3. результаты измерений записать в табл. 1;

3.4. собрать схему в соответствии с рис. 3,*б*, предварительно установив рассчитанные в п.2 экспериментальной части величину ЭДС E_2 на источнике с регулируемой ЭДС и величину $R_{\text{доб}}$ на блоке переменного сопротивления R_4 ;

3.5. измерить напряжение холостого хода $U_{12\text{хх}}$ непосредственно на разомкнутых выводах 1-2 источника напряжения рис. 3,*б*;

3.6. собрать цепь по схеме рис. 4,*б* и измерить напряжение U_{12} при подключении резисторов R_2 и R_3 ;

3.7. записать результаты измерений в табл. 1 и сравнить с данными для источника тока.

4. Проверить правило разделения тока между параллельными ветвями цепи (рис. 5). Для этого:

Таблица 1

		Холостой ход	$R_2=50 \text{ Ом}$	$R_3=100 \text{ Ом}$
$U_{12}, \text{ В}$	Источник тока			
$U_{12}, \text{ В}$	Источник напряжения			

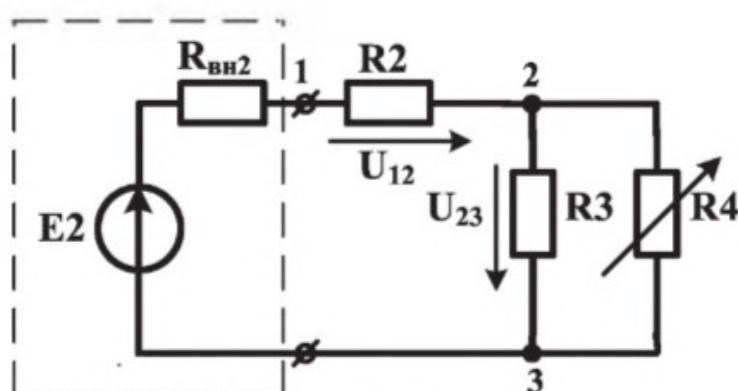


Рис. 5

4.1. установить значение ЭДС источника постоянного напряжения с регулируемой ЭДС $E_2 = 20 \text{ В}$ и $R_4 = 50 \text{ Ом}$ на блоке переменного сопротивления;

4.2. собрать цепь по схеме рис. 5 и измерить напряжения U_{12} и U_{23} ;

4.3. на основании закона Ома вычислить экспериментальные значения токов I_2 , I_3 , I_4 и записать их в табл. 2;

4.4. установить $R_4 = 100 \text{ Ом}$. Повторить п.4.2 и п.4.3.

Таблица 2

R_4 , Ом	Эксперимент			Расчет		
	I_2 , А	I_3 , А	I_4 , А	I_2 , А	I_3 , А	I_4 , А
50						
100						

5. Для проверки справедливости эквивалентного преобразования собрать цепь по схеме рис. 6,*a*, установив $E_2 = 20$ В и $R_4 = 150$ Ом.

6. Измерить напряжения U_{14} , U_{12} , U_{23} , U_{24} , U_{34} . Используя закон Ома, определить токи во всех ветвях и эквивалентное сопротивление цепи R_{14} относительно клемм 1-4 цепи рис. 6,*a*.

Сопротивление R_{14} можно вычислить по закону Ома через напряжение U_{14} и ток I_5 , а также непосредственно измерить его цифровым вольтметром.

Результаты записать в табл. 3.

Расчетная часть

1. Рассчитать и результаты расчета поместить в отчет:
 - 1.1. сопротивление резистора, который необходимо подключить к источнику тока (рис. 4,*a*) для получения $U_{12} = 0,5$ В;
 - 1.2. сопротивление резистора, который необходимо подключить к источнику напряжения (рис. 4,*b*) для получения $U_{12} = 0,5$ В.
2. Рассчитать значения токов I_2, I_3, I_4 в цепи рис. 5 для $R_4 = 50$ Ом и $R_4 = 100$ Ом. Результаты записать в табл. 2.
3. Рассчитать R_{14} — сопротивление пассивной части цепи рис. 6,*a* относительно клемм 1-4. Расчеты привести в отчете, результат записать в табл. 3.
4. Рассчитать значения токов I_2, I_3, I_4, I_5, I_6 в цепи рис. 6,*a*. Расчеты привести в отчете, результаты записать в табл. 3.

5. Рассчитать R_{14} — сопротивление пассивной части цепи рис. 7,*a* относительно клемм 1-4. Расчеты привести в отчете, результат записать в табл. 4.
6. Рассчитать значения токов $I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7$ в цепи рис. 7,*a*. Расчеты привести в отчете, результаты записать в табл. 4.
7. Сравнить расчетные и экспериментальные значения в табл. 2—4.

1.1. $U_{12} = I_h * R_h$

$$I_h = I_{\text{ист}} * (R_{\text{вн1}} / (R_{\text{вн1}} + R_h))$$

$$U_{12} = (I_{\text{ист}} * R_{\text{вн1}} / (R_{\text{вн1}} + R_h)) * R_h$$

$$0.5\text{В} = (0.1\text{А} * 10 \text{Ом}) / (10 \text{Ом} + R_h) * R_h$$

$$R_h = 5 / 0.5 = 10 \text{ Ом} — \text{Ответ}$$

1.2. $U_{12} = I_h * R_h$

$$I = E_2 / (R_{\text{вн_общ}} + R_h), \text{ где } R_{\text{вн_общ}} = R_{\text{вн2}} + R_{\text{доб}} = 2 \text{ Ом}$$

$$U_{12} = I * R_h$$

$$U_{12} = (E_2 / (R_{\text{вн_общ}} + R_h)) * R_h$$

$$0.5B = (0.25B / (10 \text{ Ом} + R_h)) * R_h$$

$$R_h = 20 \text{ В} — \text{Ответ}$$

2.

$R_4, \text{Ом}$	Эксперимент			Расчет		
	$I_2, \text{А}$	$I_3, \text{А}$	$I_4, \text{А}$	$I_2, \text{А}$	$I_3, \text{А}$	$I_4, \text{А}$
50	0,241	0,072	0,149	0,234	0,078	0,156
100	0,183	0,095	0,087	0,196	0,098	0,098

Случай 1: $R_4 = 50 \text{ Ом}$

1. Найдем эквивалентное сопротивление параллельного участка (R_3 и R_4):

$$R_{34} = (R_3 * R_4) / (R_3 + R_4) = (100 * 50) / (100 + 50) = 5000 / 150 \approx 33,33 \text{ Ом}$$

2. Найдем общее сопротивление всей цепи:

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{вн2}} + R_2 + R_{34} = 2 + 50 + 33,33 = 85,33 \text{ Ом}$$

3. Найдем общий ток I_2 (он же ток источника):

$$I_2 = E_2 / R_{\text{общ}} = 20 \text{ В} / 85,33 \text{ Ом} \approx 0,234 \text{ А}$$

4. Найдем напряжение на параллельном участке U_{23} :

$$U_{23} = I_2 * R_{34} = 0,234 \text{ А} * 33,33 \text{ Ом} \approx 7,8 \text{ В}$$

5. Найдем токи I_3 и I_4 :

$$I_3 = U_{23} / R_3 = 7,8 \text{ В} / 100 \text{ Ом} = 0,078 \text{ А}$$

$$I_4 = U_{23} / R_4 = 7,8 \text{ В} / 50 \text{ Ом} = 0,156 \text{ А}$$

Случай 2: $R_4 = 100 \text{ Ом}$

1. Найдем эквивалентное сопротивление параллельного участка (R_3 и R_4):

$$R_{34} = (R_3 * R_4) / (R_3 + R_4) = (100 * 100) / (100 + 100) = 10000 / 200 = 50 \text{ Ом}$$

2. Найдем общее сопротивление всей цепи:

$$R_{общ} = R_{Вн2} + R_2 + R_{34} = 2 + 50 + 50 = 102 \text{ Ом}$$

3. Найдем общий ток I_2 :

$$I_2 = E_2 / R_{общ} = 20 \text{ В} / 102 \text{ Ом} \approx 0,196 \text{ А}$$

4. Найдем напряжение на параллельном участке U_{23} :

$$U_{23} = I_2 * R_{34} = 0,196 \text{ А} * 50 \text{ Ом} = 9,8 \text{ В}$$

5. Найдем токи I_3 и I_4 :

$$I_3 = U_{23} / R_3 = 9,8 \text{ В} / 100 \text{ Ом} = 0,098 \text{ А}$$

$$I_4 = U_{23} / R_4 = 9,8 \text{ В} / 100 \text{ Ом} = 0,098 \text{ А}$$

3.

Общее сопротивление цепи с источником:

$$R_{общ} = R_{Вн2} + R_{14} = 2 + 331,66 = 333,66 \text{ Ом}$$

1. Ток I_5 (ток через R_5 , он же общий ток):

$$I_5 = E_2 / R_{общ} = 20 \text{ В} / 333,66 \text{ Ом} \approx 0,060 \text{ А}$$

2. Напряжение на участке после R_5 (на $R_{64\dots}$):

$$U_{после_R5} = I_5 * R_{64\dots} = 0,060 \text{ А} * 131,66 \text{ Ом} \approx 7,90 \text{ В}$$

3. Ток I_6 и ток в ветви с R_4 :

$$I_6 = U_{после_R5} / R_6 = 7,90 \text{ В} / 300 \text{ Ом} \approx 0,026 \text{ А}$$

$$I_4 = U_{после_R5} / R_{4_ветвь} = 7,90 \text{ В} / 234,62 \text{ Ом} \approx 0,034 \text{ А}$$

4. Напряжение на участке после R_4 (на R_{372}):

$$U_{после_R4} = I_4 * R_{372} = 0,034 \text{ А} * 84,62 \text{ Ом} \approx 2,88 \text{ В}$$

5. Ток I_3 и ток в ветви с R_7 и R_2 :

$$I_3 = U_{после_R4} / R_3 = 2,88 \text{ В} / 100 \text{ Ом} \approx 0,029 \text{ А}$$

$$I_2 (\text{он же } I_7) = U_{после_R4} / R_{72} = 2,88 \text{ В} / 550 \text{ Ом} \approx 0,005 \text{ А}$$

	I_5, A	I_2, A	I_3, A	I_6, A	I_7, A	R_{14}, Ω
Эксперимент	0,048	0,006	0,032	0,028	0,004	331,66
Расчет	0,06	0,005	0,029	0,026	0,005	331,66