

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

СООТНОШЕНИЯ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы: Проверить основные соотношения в ЛЭЦ постоянного тока расчетным и опытным путем. Исследовать компьютерную модель ЛЭЦ постоянного тока, используя любой из инженерных пакетов моделирования электронных устройств (например, среду «Multisim», «Workbench», «Qucs» или «Micro-Cap»)

1. Работа с теоретическим материалом.

Подготовка к вычислительному эксперименту

- 1.1. В электрической цепи, схема которой приведена на рис. 1, в ветви с номерами k и m вставить источники ЭДС E_1 и E_2 . (дорисовав карандашом их условные обозначения на рис. 1). Направления ЭДС выбрать произвольно, а их числовые значения и номера ветвей k и m – из табл. 1, в соответствии с номером своего варианта N (номер своего варианта взять из таблицы вариантов, выданной преподавателем и приведенной в приложениях к коллоквиумам и РГЗ). Числовые значения сопротивлений рассчитать по формулам:

$$R_l = (10l + 3N) \text{ Ом},$$

где l – номер ветви.

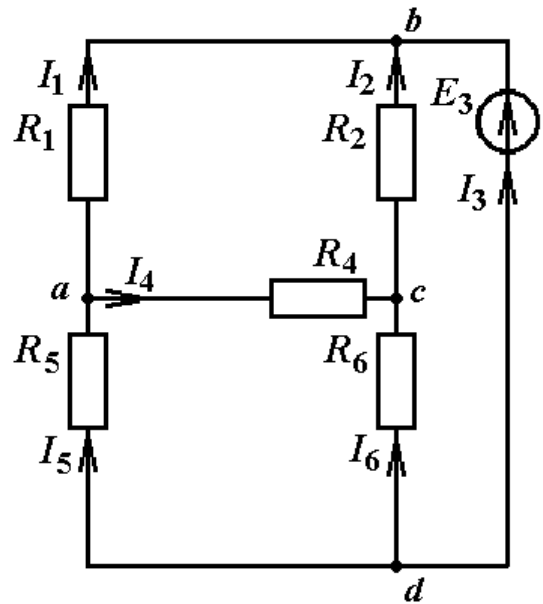


Рис. 1. Мостовая схема

Таблица 1

	№ варианта																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
k	1	2	4	5	6	1	2	4	5	6	1	2	4	5	6	1	2	4	5	6	5	2	4	2	1
m	2	4	5	6	1	4	5	6	1	2	5	6	1	2	4	6	1	2	4	5	2	6	5	4	5
E_k	5	8	12	15	18	5	8	12	15	18	5	8	12	15	18	5	8	12	15	18	24	50	12	50	90
E_m	8	12	15	18	5	6	10	11	14	20	12	15	18	5	8	10	11	14	20	6	80	15	24	15	24
E_3	12	15	18	5	8	10	11	14	20	6	8	12	15	18	5	6	10	11	14	20	18	25	18	25	18
	№ варианта																								
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
k	1	2	4	5	6	1	2	4	5	6	1	2	4	5	6	1	2	4	5	6	5	2	4	2	1
m	2	4	5	6	1	4	5	6	1	2	5	6	1	2	4	6	1	2	4	5	2	6	5	4	5
E_k	12	15	18	6	10	50	8	12	40	18	5	8	40	15	18	5	40	12	15	18	40	50	12	50	40
E_m	5	12	15	18	50	6	10	40	14	40	12	40	18	40	8	40	11	40	20	40	80	40	24	40	24
E_3	8	8	15	20	20	10	40	14	20	6	40	12	15	18	40	6	10	11	40	20	18	25	40	25	18

- 1.2. Создать в среде программного пакета Electronics Workbench или Qucs компьютерную модель ЛЭЦ, соответствующую схеме своего варианта.

Симулировав на компьютерной модели работу исследуемой ЛЭЦ, определить токи ветвей и потенциалы узлов цепи, приняв потенциал $\varphi_d = 0$.

1.3. Рассчитать токи ветвей ЛЭЦ [1, с.28 – 67] предложенными ниже методами

Система уравнений для расчета токов ветвей ЛЭЦ варианта № _____	
методом контурных токов	методом узловых потенциалов ($\varphi_d = 0$)

$N = \underline{\hspace{2cm}}$;	Решения систем уравнений	
Дано:	С помощью «Excel»	С помощью «Scilab»
$R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$; $R_4 = \underline{\hspace{2cm}}$; $R_5 = \underline{\hspace{2cm}}$; $R_6 = \underline{\hspace{2cm}}$; $E_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $E_2 = \underline{\hspace{2cm}}$; $E_3 = \underline{\hspace{2cm}}$;	Контурные токи: $I_{11} = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_{22} = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_{33} = \underline{\hspace{2cm}}$. Токи ветвей: $I_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_2 = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_3 = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_4 = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_5 = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_6 = \underline{\hspace{2cm}}$.	Потенциалы узлов: $\varphi_d = 0$; $\varphi_a = \underline{\hspace{2cm}}$; $\varphi_b = \underline{\hspace{2cm}}$; $\varphi_c = \underline{\hspace{2cm}}$; Токи ветвей: $I_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_2 = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_3 = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_4 = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_5 = \underline{\hspace{2cm}}$; $I_6 = \underline{\hspace{2cm}}$.

2. Описание лабораторной установки

- 2.1. Исходная схема ЛЭЦ, исследуемой в натурном эксперименте, изображена на рис. 1. В каждом варианте она дополняется еще двумя источниками ЭДС, которые включаются в соответствии с указаниями п. 1.1.
- 2.2. В исследуемой ЛЭЦ используются резисторы R_1, R_2, R_4, R_5, R_6 , величиной от 10 до 300 Ом, из комплекта панели резисторов лабораторного стенда.
- 2.3. Питание электрической цепи осуществляется от источников ЭДС постоянного напряжения, величиной от 3 до 20 Вольт, из комплекта панели источников постоянного напряжения лабораторного стенда.
- 2.4. Измерительные приборы, используемые в натурном эксперименте

Таблица 2

№ п/п	Наименование	Марка прибора	Система	Пределы измерения	Класс точности

3. Рабочее задание

- 3.1. Цифровым авометром измерить значения сопротивлений резисторов R_1 , R_2 , R_4 , R_5 , R_6 и ЭДС источников E_1 , E_2 и E_3 встроенных в соответствующие панели универсального лабораторного стенда лаборатории ТОЭ.
- 3.2. Из перечисленных элементов, в соответствии со схемой своего варианта, создать:
 - 3.2.1. Натурную модель исследуемой цепи – из элементов представленного лабораторного стенда.
 - 3.2.2. Математические модели исследуемой цепи в виде расчетных схем замещения и соответствующих аналитических выражений:
 - а) с помощью законов Кирхгофа [1, с. 35 – 37]
 - б) методом контурных токов [1, с. 40 – 44]
 - в) методом узловых потенциалов [1, с. 55 – 60]
 Все математические модели интерпретировать и рассчитывать в программно-аппаратной среде «Scilab».
 - 3.2.3. Компьютерную модель исследуемой цепи в программно-аппаратной среде «Electronics Workbench» или Qucs.
- 3.3. Для каждой из трех моделей выполнить следующую серию экспериментов:
 - 3.3.1. Эксперимент № 1. Определить токи ветвей и потенциалы узлов цепи, относительно потенциала $\varphi_d = 0$, а также потенциалы точек g и h – точек подключения источников ЭДС E_1 и E_2 к резисторам.
 - 3.3.2. Эксперимент № 2. Найти входную и взаимную проводимости ветвей, заданных преподавателем.
 - 3.3.3. Эксперимент № 3. Методом наложения найти ток ветви, заданной преподавателем.
- 3.4. Каждый этап работы зафиксировать в настоящем отчете:
 - 3.4.1. Изобразить принципиальную схему натурной электроустановки;
 - 3.4.2. Изобразить расчетную схему для вычислительного эксперимента;
 - 3.4.3. Привести распечатку экранной копии (скриншота) компьютерной модели цепи, с результатами симулирования ее работы.
 - 3.4.4. Результаты натурального, вычислительного и компьютерного экспериментов оформить в таблицах.
- 3.5. Выполнить анализ полученных результатов:
 - 3.5.1. Проверить выполнение первого и второго законов Кирхгофа, предварительно указав узлы и систему независимых контуров исследуемой схемы.
 - 3.5.2. Для одного из контуров проверить выполнение второго закона Кирхгофа с помощью потенциальной диаграммы.
 - 3.5.3. Проверить выполнение принципа взаимности [1, с. 47 – 49].
 - 3.5.4. Для одной из ветвей проверить выполнение принципа наложения [1, с. 44 – 45]. Убедиться, что входная и взаимная проводимости ветвей могут быть адекватно определены любым из исследованных методов: в натурном, вычислительном или компьютерном экспериментах.

4. *Натурный, вычислительный и компьютерный эксперимент.*
Обработка результатов эксперимента.

4.1. Номер стенда ____ ; Сопротивления резисторов: $R_1 =$ _____; $R_2 =$ _____;
 $R_4 =$ _____; $R_5 =$ _____; $R_6 =$ _____;
ЭДС источников: $E_1 =$ _____; $E_2 =$ _____; $E_3 =$ _____

4.2. Эксперимент № 1. Исследование токов и потенциалов ЛЭЦ

4.2.1. Схемы эксперимента № 1

Рис. 2. Натурный эксперимент	Рис. 3. Вычислительный эксперимент	Рис. 4. Компьютерный эксперимент
------------------------------	------------------------------------	----------------------------------

4.2.2. Результаты эксперимента № 1

Таблица 3

№	φ_a	φ_b	φ_c	φ_g	φ_h	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
1	<i>Натурный эксперимент</i>										
2	<i>Вычислительный эксперимент</i>										
3	<i>Компьютерный эксперимент</i>										

4.2.3. Анализ результатов эксперимента № 1.

Потенциальная диаграмма контура электрической цепи [1, с. 38 – 39], составленного из ветвей с резисторами R_1, R_2, R_6, R_5 (наклонные участки пронумеровать).

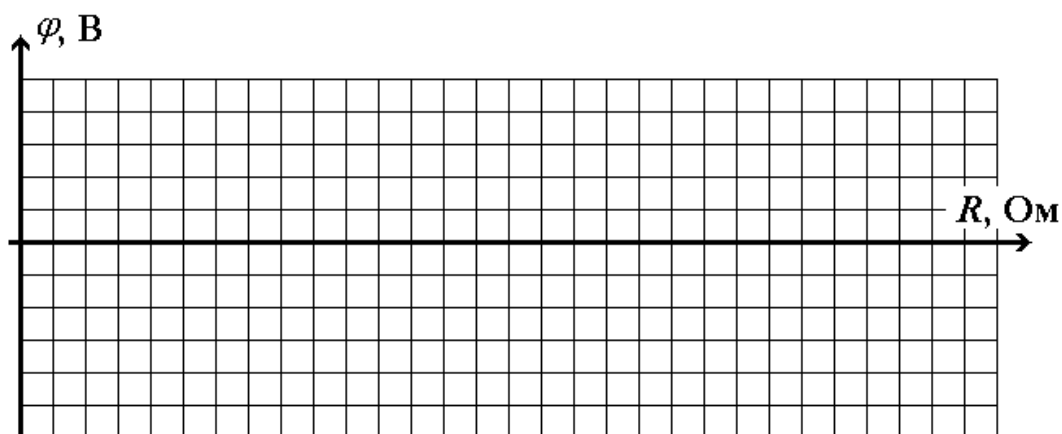


Рис. 5. Потенциальная диаграмма контура электрической цепи

Вывод:

Производные dU/dR на наклонных участках потенциальной диаграммы.

Таблица 4

Номер участка	1	2	3	4	5	6
$\frac{dU}{dR}$						
Ток соответствующей ветви						

Вывод:

Проверка соответствия экспериментальных данных законам Кирхгофа.

Таблица 5

Токи ветвей						Напряжения на резисторах					
I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6
<i>mA</i>						<i>B</i>					

Вывод:

4.3. Эксперимент № 2. Определение входной и взаимной проводимости ветвей. Проверка выполнения принципа взаимности

4.3.1. Компьютерный эксперимент

Рис. 6. Скриншоты компьютерных моделей, с результатами симулирования работы исследуемых цепей

4.3.2. Схемы натурального и вычислительного экспериментов

Рис. 7. Натурный эксперимент	Рис. 8. Вычислительный эксперимент
------------------------------	------------------------------------

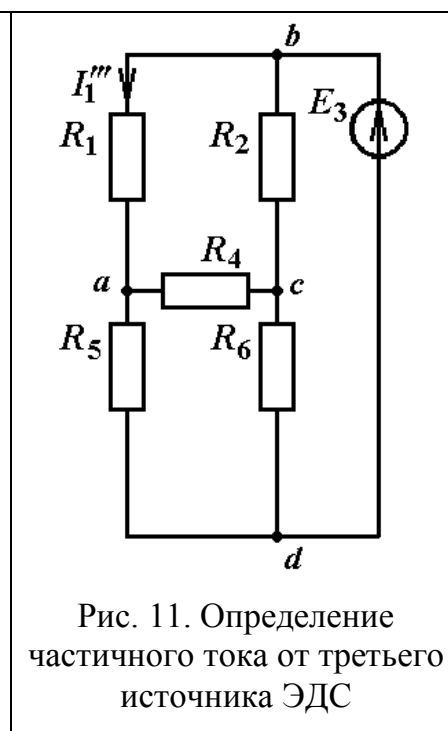
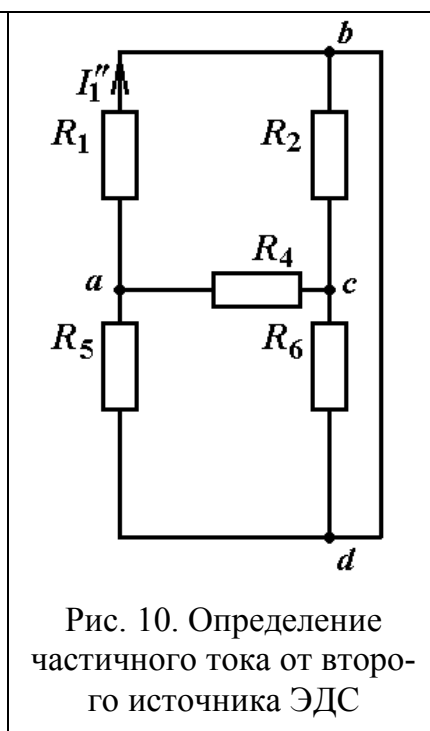
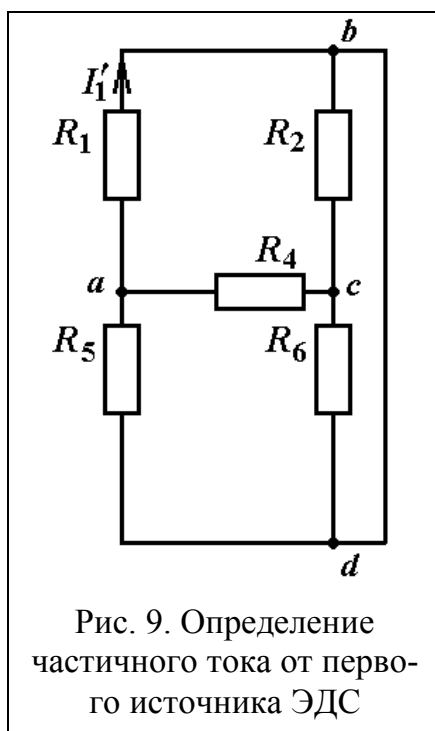
4.3.3. Результаты эксперимента № 2

Таблица 6

№	Натурный эксперимент			
1	Измерено:			
	$E, В$	№ ветви с ЭДС	$I_1, А$	$I_6, А$
		1		
		6		
	Вычислено			
	Входная проводимость		Взаимная проводимость	
$g_{ex} =$		$g_{16} = g_{61} =$		
2	Вычислительный эксперимент			
	$E, В$	№ ветви с ЭДС	$I_1, А$	$I_6, А$
	1	1		
		6		
	Входная проводимость		Взаимная проводимость	
	$g_{ex} =$		$g_{16} = g_{61} =$	
3	Компьютерный эксперимент			
	Измерено:			
	$E, В$	№ ветви с ЭДС	$I_1, А$	$I_6, А$
	1	1		
		6		
	Вычислено			
Входная проводимость		Взаимная проводимость		
$g_{ex} =$		$g_{16} = g_{61} =$		

4.3.4. Анализ результатов эксперимента № 2. Выполнение принципа взаимности.

4.4. Схемы эксперимента № 3. Метод наложения. Источники ЭДС E_k и E_m дорисовать самостоятельно, в соответствии со своим вариантом



4.4.1. Результаты эксперимента № 3

Таблица 7

Метод определения	Частичные токи, наведенные каждым из источников ЭДС, действующим отдельно от остальных		
	I_1' , мА (от источника E_1)	I_1'' , мА (от источника E_2)	I_1''' , мА (от источника E_3)
Из натурального эксперимента			
С помощью расчета цепи			
Из компьютерного эксперимента			

4.4.2. Анализ результатов эксперимента № 3. Эффективность метода наложения.

Работу выполнил _____

Работу принял _____

“ _____ ” _____ 20__ г.