

Теория электрических цепей

Лабораторная работа №3

**ЛИНЕЙНАЯ ЦЕПЬ С ДВУМЯ ИСТОЧНИКАМИ
ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

2011

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное исследование двухконтурной схемы цепи с двумя источниками постоянного напряжения.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ И РАСЧЁТНЫЕ ФОРМУЛЫ

1. ОПИСАНИЕ СХЕМЫ ЦЕПИ

В работе исследуется двухконтурная схема цепи (рис. 3.1) с двумя источниками постоянного напряжения, имитирующая, например, электрическую цепь электропитания автомобиля. В состав такой цепи входит: генератор с ЭДС E_1 и внутренним сопротивлением R_{em1} , аккумуляторная батарея с ЭДС E_2 и внутренним сопротивлением R_{em2} и эквивалентная нагрузка R .

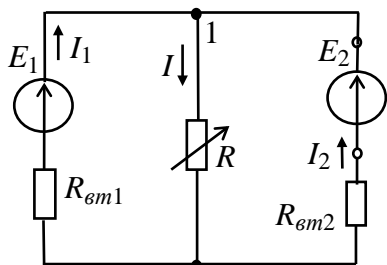


Рис. 3.1

В соответствии с вариантом задания нужно установить значения ЭДС E_1 и E_2 источников энергии, их внутренние сопротивления R_{em1} и R_{em2} и сопротивление нагрузки R . При проведении опытов сопротивление потенциометра (нагрузки) R необходимо изменять в широких пределах. Условное положительное направление токов в ветвях схемы указано на рис. 3.1.

2. РАСЧЕТ ТОКОВ ВЕТВЕЙ МЕТОДОМ ЗАКОНОВ КИРХГОФА

Для расчета токов ветвей используют следующие методы: метод законов Кирхгофа, метод наложения, метод контурных токов, метод узловых потенциалов. Проведём расчёт токов в ветвях схемы (см. рис. 3.1) методом законов Кирхгофа. Согласно первому закону Кирхгофа (1ЗК) для узла 1:

$$I_1 + I_2 - I = 0.$$

Согласно второму закону Кирхгофа (2ЗК) для левого и правого контуров схемы имеем:

$$E_1 = R_{em1}I_1 + RI;$$

$$E_2 = R_{em2}I_2 + RI.$$

Используя формулы Крамера для системы уравнений

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0; \\ R_{em1}I_1 + 0I_2 + RI = E_1; \\ 0I_1 + R_{em2}I_2 + RI = E_2, \end{cases}$$

находим токи

$$I_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ E_1 & 0 & R \\ E_2 & R_{\text{em}2} & R \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ R_{\text{em}1} & 0 & R \\ 0 & R_{\text{em}2} & R \end{vmatrix}}; \quad I_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ R_{\text{em}1} & E_1 & R \\ 0 & E_2 & R \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ R_{\text{em}1} & 0 & R \\ 0 & R_{\text{em}2} & R \end{vmatrix}}; \quad I = I_1 + I_2. \quad (3.1)$$

3. МОЩНОСТЬ, ПОТРЕБЛЯЕМАЯ НАГРУЗКОЙ, И БАЛАНС МОЩНОСТЕЙ

Мощность, потребляемая нагрузкой R , равна (в Вт)

$$P = RI^2.$$

Составим баланс мощностей схемы цепи. Алгебраическая сумма мощностей, развиваемых источниками энергии, равна сумме мощностей, потребляемой нагрузкой и теряемой внутри источников, т. е.

$$\pm E_1 I_1 \pm E_2 I_2 = RI^2 + R_{\text{em}1} I_1^2 + R_{\text{em}2} I_2^2$$

(знак "плюс" в произведениях $E_k I_k$ ставится при совпадении выбранных направлений ЭДС E_k и тока I_k источника, а знак "минус" – при противоположном их направлении).

4. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГРАММА КОНТУРА

Потенциальная диаграмма – это распределение потенциалов узлов схемы в зависимости от сопротивлений элементов контура, т. е. $\varphi = f(R)$.

Для построения потенциальной диаграммы, например, для наружного контура (см. рис. 3.1), необходимо знать величину и направление токов ветвей и ЭДС источников.

Пусть для схемы на рис. 3.1 будет:

$$E_1 = 14 \text{ В}; R_{\text{em}1} = 0,5 \text{ Ом}; E_2 = 12 \text{ В}; R_{\text{em}2} = 2 \text{ Ом}; R = 10 \text{ Ом}.$$

Воспользовавшись составленными выше структурными уравнениями для решения ЭЦ методом законов Кирхгофа и решив их любым посильным способом, находим для (3.1) токи ветвей (рис. 3.2):

$$I_1 \approx 1,85 \text{ А}; I_2 \approx -0,54 \text{ А};$$

$$I \approx 1,31 \text{ А}.$$

Заземлим точку a (рис. 3.3, a), т. е. примем её потенциал $\varphi_a = 0$.

Так как ток I_1 протекает от точки a к точке b , то потенциал точки b

$$\varphi_b = \varphi_a - R_{\text{em}1} I_1 = 0 - 0,5 \cdot 1,85 = -0,925 \text{ В},$$

а потенциал точки c больше потенциала φ_b на 14 В, т. е.

$$\varphi_c = \varphi_b + E_1 = -0,925 + 14 = 13,075 \text{ В}$$

(на диаграмме рис. 3.3, b скачок потенциала на 14 В за счет сторонних сил).

Потенциал точки d : $\varphi_d = \varphi_c - E_2 = 13,075 - 12 = 1,075$ В, а потенциал точки a : $\varphi_a = \varphi_d - R_{\text{см}2}I_2 = 1,075 - 2 \cdot 0,54 \approx 0$ В.

Возвращение в исходную точку a с нулевым потенциалом после расчёта потенциалов всех точек вдоль выбранного контура подтверждает правильность расчёта цепи.

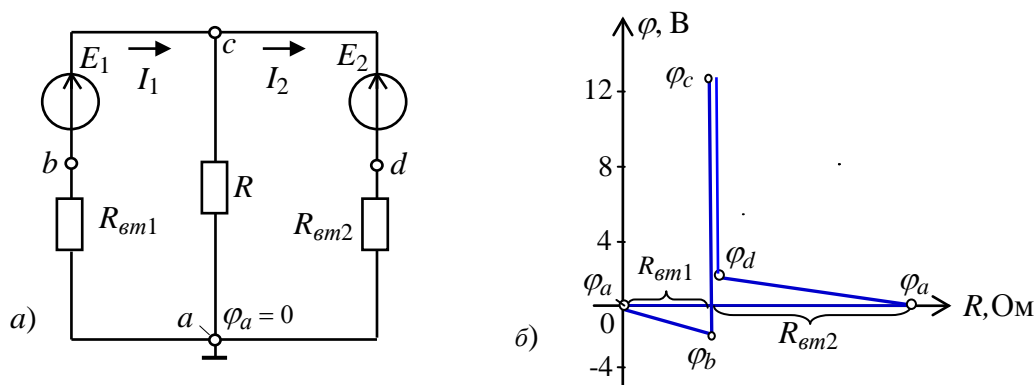


Рис. 3.3

УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Задание 1. Рассчитать токи ветвей схемы (см. рис. 3.1) методом законов Кирхгофа, напряжение $U_1 = E_1 - R_{\text{см}1}I_1$ и мощность, потребляемую нагрузкой R . Проверить результаты расчета методом баланса мощностей и построением потенциальной диаграммы наружного контура.

При расчетах **использовать** параметры элементов схемы, определяемые согласно выражениям:

$$E_1 = 5 + N, \text{ В}; R_{\text{см}1} = 0,5 + \text{int}(N/8), \text{ Ом}; R = 10 + N, \text{ Ом};$$

$$E_2 = 3 + N, \text{ В}; R_{\text{см}2} = 2 + \text{int}(N/5), \text{ Ом},$$

где N – номер записи фамилии студента в учебном журнале группы.

Результаты расчёта токов, напряжения U_1 и мощности P при сопротивлении нагрузки $R = 10 + N$, Ом **занести** в правый столбец табл. 3.1.

Таблица 3.1

Измерено при сопротивлении нагрузки R [Ом], равном:										Рас- счи- тано при R
Токи ветвей, напряжение U_1 и мощ- ность P	∞ (XX)	$10R$	$5R$	$2R$	R	$3/4R$	$1/2R$	$1/4R$	0 (КЗ)	
$I_1, \text{ А}$										
$I_2, \text{ А}$										
$I_3, \text{ А}$										
$U_1, \text{ В}$										
$P, \text{ Вт}$										

Задание 2. Собрать на рабочем поле среды MS11 схему для испытания двухконтурной схемы цепи постоянного тока (рис. 3.4).

Установить в диалоговых окнах компонентов их параметры или режимы работы:

- значения параметров элементов схемы цепи;
- режим **DC** работы приборов; внутренние сопротивления амперметра $R_A = 1$ нОм, а вольтметров $R_V = 10$ МОм.

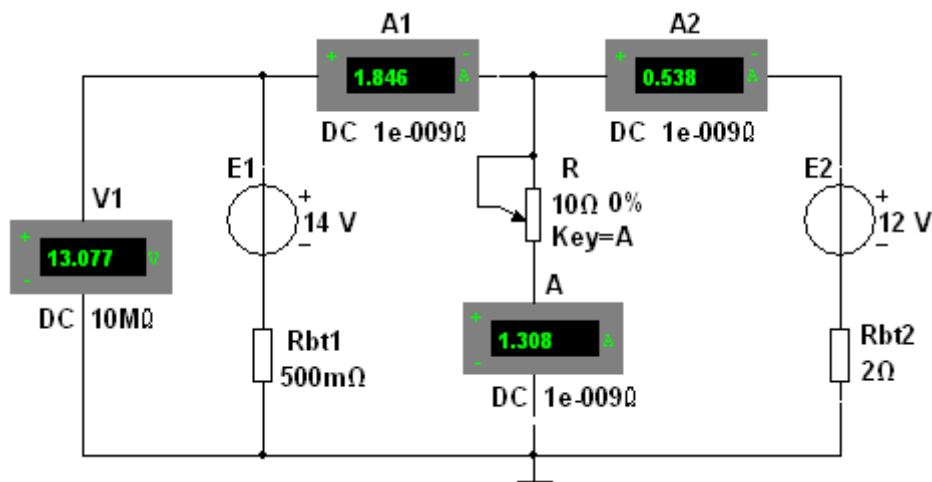



Рис. 3.4

Запустить программу (щелкнув мышью на цифре 1 кнопки ) и **записать** показания приборов в столбец табл. 3.1 при сопротивлении нагрузки $R = 10 + N$, Ом.

Задание 3. Снять и построить внешнюю характеристику $U_1(I_1)$ источника напряжения **E1**, т. е.

$$U_1 = E_1 - R_{em1}I_1.$$

С этой целью необходимо ступенчато **изменять** (посредством нажатия на клавишу **A** клавиатуры) сопротивление потенциометра (нагрузки) **R** от режима холостого хода (XX) до режима короткого замыкания (КЗ), а показания приборов **вносить** в табл. 3.1.

По результатам измерений **построить** (в масштабе) внешнюю характеристику $U_1(I_1)$ источника **E1**.

Задание 4. Рассчитать и построить график зависимости мощности P от сопротивления R , т. е. $P(R)$. **Отметить** на графике координаты максимальной мощности.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

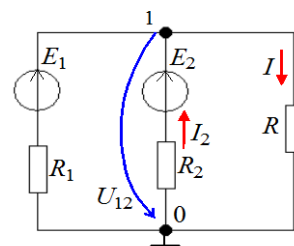
1. Наименование и цель работы.
2. Расчётные схемы цепи и копия схемы, смоделированной на рабочем поле программной среды MS11.
3. Формулы определения токов ветвей и потенциалов точек наружного контура схемы цепи.
4. Таблицы с рассчитанными и измеренными электрическими величинами.
5. Потенциальная диаграмма наружного контура схемы, графики $U_1(I_1)$ и $P(R)$.

6. Выводы по работе.

ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ 3

1. Укажите выражение **узлового напряжения** U_{10} для схемы (см. рис. справа).

☐ $U_{10} = E_1 + E_2$
 ☐ $U_{10} = \frac{E_1 / R_1 + E_2 / R_2}{1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R}$
 ☐ $U_{10} = E_1 - E_2$



2. Укажите, что понимают под выражением: "**батарейка села**"?

- ☐ Уменьшилась ЭДС аккумуляторной батареи
☐ Увеличилось внутреннее сопротивление батареи
☐ Уменьшились ЭДС и внутреннее сопротивление батареи

3. Укажите, чему равно **напряжение** на зажимах источника напряжения при холостом ходе?

☐ $U = 0$
 ☐ $U = \infty$
 ☐ $U = E$
 ☐ $U < E$

4. В режиме холостого хода напряжение на зажимах источника напряжения $U = 12$ В ($I = 0$), а в режиме нагрузки $U = 11$ В, $I = 1$ А. Укажите, чему равно **внутреннее сопротивление** источника энергии?

☐ 0,5 Ом
 ☐ 0,75 Ом
 ☐ 1 Ом
 ☐ 1,5 Ом

5. Укажите, чему равно **номинальное напряжение** U источника напряжения с ЭДС $E = 230$ В и внутренним сопротивлением $R_{gm} = 0,1$ Ом, если номинальный ток $I = 100$ А?

☐ 200 В
 ☐ 220 В
 ☐ 225 В
 ☐ 230 В

ЛИТЕРАТУРА

- Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей. М., Энергия, 1975 г. – 752 с.
- Улахович Д.А. Основы теории линейных электрических цепей. – СПб.: БХВ – Петербург. 2009. – 816 с.
- Міліх В.І., Шавьолкін О.О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник. За ред. В.І.Міліх. 2-е вид. – К.: Каравелла. 2008. – 688 с.
- Татур Т.А. Основы теории электрических цепей (Справочное пособие): Учебное пособие. – М., «Высшая школа», 1980 г. – 271 с.
- Гаврилов Л.П., Соснин Д.А. Расчет и моделирование линейных электрических цепей с применением ПК. Учебное пособие для студентов машиностроительных вузов. – М.: СОЛОН – Пресс, 2004. – 448 с.

6. Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Лабораторный практикум на базе Electronics Workbench и MathLab. Издание 5-е. – М.: СОЛОН – Пресс, 2004. – 800 с.
7. Хернитер Марк Е. MultiSim 7: Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. (Пер. с англ.) /Пер. с англ. Осипов А.И. – М.: Издательский дом ДМК – пресс, 2006. – 488 с.
8. Марченко А.Л., Освальд С.В. лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде MULTISIM. Учебное пособие для вузов. – М.: ДМК Пресс, 2010, 448 с.