

**Федеральное агентство связи**

**Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение  
высшего профессионального образования**

**ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ**

**ЭЛЕКТРОННАЯ  
БИБЛИОТЕЧНАЯ СИСТЕМА**

**Самара**

**Поволжский Государственный университет  
телекоммуникаций и информатики**

**Кафедра ТОРС**

**Дисциплина «Теория электрических цепей»**

**Методические указания  
к лабораторной работе 1-11  
«Исследование сложной резистивной цепи  
при воздействии источников тока и напряжения»**

**Составитель: к.т.н., доц. Михайлов В.И.**

**Самара 2013**

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

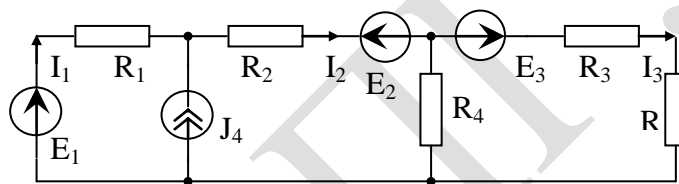
Экспериментальное исследование сложной резистивной цепи при воздействии нескольких источников напряжения и тока. Экспериментальная проверка расчетных значений токов ветвей сложной цепи и первого закона Кирхгофа в узлах цепи.

## 2. ЗАДАНИЕ НА ПОДГОТОВКУ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

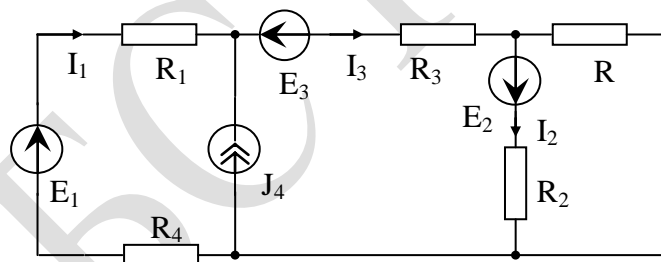
1. Ознакомиться с описанием данной лабораторной работы.
2. Изучить теорию по одному из учебников и конспекту лекций.
3. Выполнить предварительный расчет.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Ознакомиться с описанием программы моделирования электрических цепей на ЭВМ.

## 3. ЗАДАНИЕ НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ

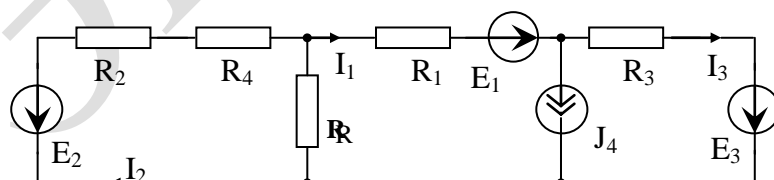
Для схем рис. 1 по варианту в соответствии с номером бригады рассчитать токи ветвей сложной цепи и проверить выполнение 1 закона Кирхгофа для всех узлов.



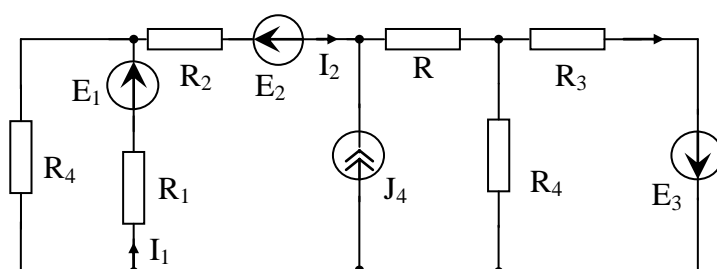
1



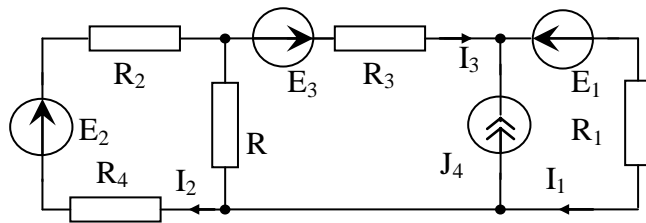
2



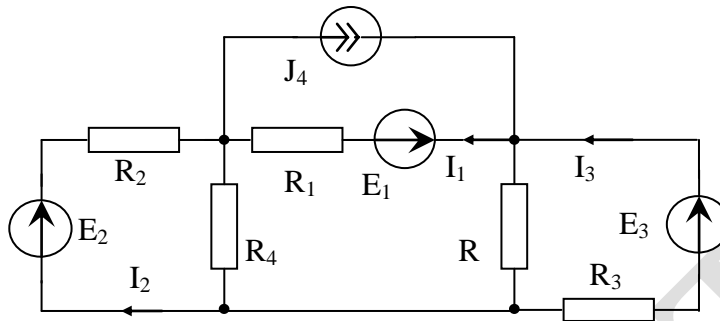
3



4



9



10

Рис. 1

Схемы для предварительного расчета и выполнения работы

Таблица 1. Исходные данные для предварительного расчета

$E_1$ В	$E_2$ В	$E_3$ В	$J_4$ А	$R_1$ Ом	$R_2$ Ом	$R_3$ Ом	$R_4$ Ом	$R$ Ом
20	25	30	0,5	20	50	25	20	5

#### 4. Пояснения к предварительному расчету

Выполните следующее:

1. Перерисуйте схему своего варианта. Составьте таблицу численных значений вашего варианта.
2. Выберите и укажите на схеме направление токов во всех ветвях схемы. Пронумеруйте все узлы схемы.
3. Подсчитайте числа  $N_B$  ветвей и  $N_V$  узлов схемы и число  $N_{\text{МКТ}}$  независимых контурных токов.
4. Выберите и покажите полную систему независимых контурных токов для расчета схемы методом контурных токов. Составьте уравнения расчета схемы этим методом в алгебраической форме.
5. Приведите в алгебраической форме выражения токов всех ветвей через контурные токи.
6. Составьте уравнения для расчета схемы методом узловых напряжений. Уравнения составьте и в алгебраической форме, и в числовых значениях вашего варианта. Выразите токи ветвей через потенциалы узлов.

7. Рассчитайте токи всех ветвей методом узловых напряжений.
8. Методом эквивалентного источника рассчитайте ток ветви с сопротивлением  $R$ . Сравните с результатом, полученным в пункте 7.
9. Проверьте баланс мощности.

#### 4. ПОЯСНЕНИЯ К ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМУ РАСЧЕТУ

*Первой операцией* при вычислении токов любым методом является определение топологических характеристик схемы:  $N_U$  – число узлов,  $N_B$  – число ветвей. Величина  $N_{\text{МКТ}} = N_B - N_U + 1 - N_I$  определяет число независимых уравнений, составляемых методом контурных токов.  $N_I$  – число источников тока. Величина  $N_{\text{МУН}} = N_U - 1 - N_E$  определяет число независимых уравнений методом узловых напряжений.  $N_E$  – число ветвей, содержащие только источники напряжения (ЭДС). Методы контурных токов и узловых напряжений – универсальные методы расчета сложных цепей, при использовании которых можно рассчитать токи во всех ветвях схемы. В частных случаях, когда требуется рассчитать ток в отдельной ветви, используется метод эквивалентного источника напряжения или тока. *Вторая операция* состоит в указании на схеме токов в ветвях. Направления токов в ветвях выбираются произвольно и перед расчетом принимаются за положительные направления. Истинное направление тока в ветви определяется в результате расчета по алгебраическому знаку рассчитанного тока. Знак плюс подтверждает, что фактическое направление тока будет совпадать с выбранным. Знак минус означает, что фактическое направление тока будет противоположным.

1. При расчете методом контурных токов следует придерживаться следующей схемы:

- указать направления токов в ветвях;
- определить  $N_{\text{МКТ}}$  – число независимых уравнений, составляемых по методу контурных токов, выбрать и указать на схеме контурные токи;
- записать в алгебраической форме токи в ветвях через контурные токи;
- составить в алгебраической форме систему уравнений контурных токов.

2. При расчете методом узловых напряжений целесообразна следующая схема:

- указать направления токов в ветвях;
- определить  $N_{\text{МУН}}$  – число независимых уравнений, составляемых методом узловых напряжений;
- составить систему алгебраических уравнений методом узловых напряжений, решить систему;
- записать токи в ветвях через потенциалы узлов.

3. Расчет методом эквивалентного источника должен сопровождаться вычерчиванием всех необходимых схем:

а) схемы, из которой исключена ветвь с искомым током (на ней должны быть обозначены входные узлы, к которым была подключена указанная ветвь), т.е. развернутая схема источника;

б) схемы простейшего эквивалентного источника  $\langle \epsilon_{ис}, R_{ис} \rangle$ , заменяющего развернутую схему (с идентичным обозначением входных узлов);

в) развернутой схемы источника, полученной после исключения из нее всех независимых источников  $E, J$ ;

г) если входное сопротивление  $R_{ис}$  определяется путем эквивалентных преобразований последней схемы, то – всех промежуточных эквивалентных схем.

## 5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ В ПРОГРАММЕ Electronics Workbench

Для выполнения работы 1-1 на ЭВМ необходимо запустить программу “**Electronics Workbench 5.0 (EWB)**”. Работа с EWB описана в [5-7]. Следует “собрать” схему измерений в соответствии с заданием, используя виртуальные элементы и приборы: резисторы, источники тока и напряжения, амперметры. Для сборки схемы нужно “вытащив” с помощью курсора “мыши” и ее левой клавиши соответствующие элементы и приборы, соединить их “проводниками”, установить напряжение или ток источника и режим измерения постоянного тока (DC) для амперметров. Схему следует собрать из резисторов в соответствии со своим вариантом схемы и таблицы 1. Пример схемы исследования показан на рисунке 2. Далее схема запускается на моделирование, нажатием кнопки включения и снимаются показания амперметров.

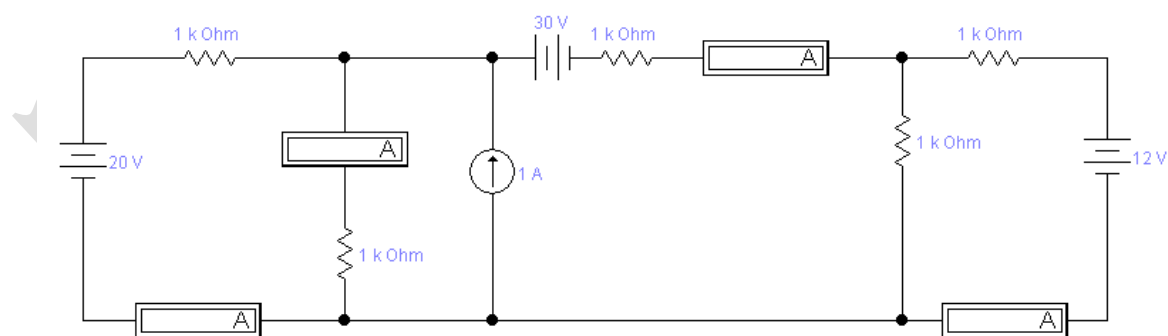


Рис.2. Пример схемы для исследования.

Если амперметры показывают ток со знаком «-», то следует перевернуть амперметры в соответствующей ветви. Пример интерфейса программы показан на рисунке 3.

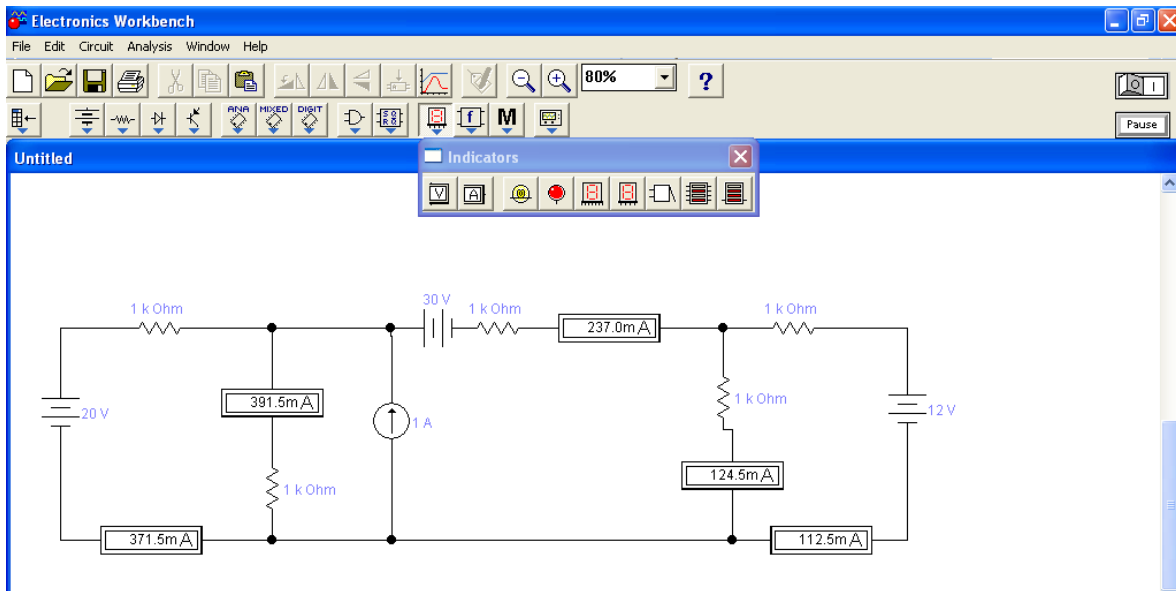


Рис.3. Окно программы для исследования электрической цепи с показаниями приборов.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие задачи ставит перед собой дисциплина ТЭЦ?
2. Как классифицируются электрические цепи?
3. Какие режимы работы электрических цепей Вы знаете?
4. Что называется электрическим током, напряжением, энергией и мощностью?
5. Что называется электрической цепью?
6. Что собой представляют источники и приёмники электрической энергии?
7. В чём состоит принцип моделирования электрических цепей?
8. Какие элементы электрической цепи являются пассивными?
9. Что называется резистивным сопротивлением и проводимостью?
10. Что является математической моделью резистивного элемента?
11. Как определяется электрическая энергия, поступившая в резистивное сопротивление и превращенная в тепло?
12. Какие элементы электрической цепи являются активными?
13. Что называется независимым источником напряжения?
14. В чём отличие идеального источника напряжения от реального?
15. Изобразите ВАХ идеального источника напряжения.
16. Что называется независимым источником тока?
17. В чём отличие идеального источника тока от реального?
18. Изобразите ВАХ идеального источника тока.
19. Что такое зависимые источники? Приведите примеры.
20. Что называется электрической схемой?
21. В чём заключается топологический метод анализа электрических цепей?
22. Какие Вы знаете основные понятия и определения в топологии цепей?
23. Запишите в общем виде Закон Ома для ветви, содержащей источник ЭДС и резисторы.

24. Сформулируйте I и II законы Кирхгофа.
25. В чём состоит принцип эквивалентности и преобразования схем?
26. Запишите формулы преобразования при последовательном соединении резистивных, индуктивных и емкостных элементов.
27. Запишите формулы преобразования при параллельном соединении резистивных, индуктивных и емкостных элементов.
28. Запишите формулы преобразования соединения «треугольника» в «звезду».
29. Сформулируйте принцип наложения.
30. В каких случаях используется принцип наложения?
31. Для каких электрических цепей не выполняется принцип наложения?
32. Как оценить линейность электрической цепи с помощью принципа наложения?
33. Сформулируйте теорему замещения.
34. Сформулируйте теорему взаимности.
35. В каком случае при анализе цепи используется теорема об активном двухполюснике?
36. Какой двухполюсник называется активным?
37. Сформулируйте теорему об эквивалентном источнике напряжения (Тевенина).
38. Сформулируйте теорему об эквивалентном источнике тока (Нортон).
39. Сформулируйте принцип дуальности.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. –М.: Гардарики, 1999, с. 135-146.
  2. Бакалов В.П., Дмитриков В.Ф., Крук Б.И Основы теории цепей. -М.: Радио и связь. 2000.
  3. Зевеке Г. В. и др., Основы теории цепей. -М.: Энергоатомиздат. 1989, с. 132-152.
  4. Карлашук В. И. Электронная лаборатория на IBM PC. –М.:Солон-Р, 2000. – 506 с.
  5. Михайлов В.И., Алексеев А.П. Методические указания к лабораторным работам по курсу ТЭЦ “Исследование нелинейных цепей с помощью пакета Electronics Workbench”. Кафедра ТЭЦ ПГАТИ. Самара, 2000.
  6. Киреев В.Р., Крухмалева В.Д., Михайлов В.И. Методические указания к лабораторным работам по 3 части курса ОТЦ, ПГАТИ. Кафедра ТЭЦ, Самара 2001.
- Михайлов В.И., Панин Д.Н. Методические указания к контрольной работе №1 по 1 части курса «Основы теории цепей» для студентов заочного отделения. Кафедра ТЭЦ, ПГАТИ, Самара, 2005.