

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Ростовский государственный университет путей сообщения
(ФГБОУ ВПО РГУПС)
Лискинский техникум железнодорожного транспорта имени И.В.Ковалева
(ЛТЖТ – филиал РГУПС)

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания по выполнению
лабораторных и практических работ

**Специальность 23.02.01 «Организация перевозок
и управление на транспорте (по видам)»**

Базовый уровень
среднего профессионального образования

Лиски
2014

УДК 621.3

Содержится 9 инструкций к лабораторным занятиям и 5 инструкций к практическим занятиям, относящихся к темам, рассматриваемым при изучении дисциплины.

Настоящее пособие помогает обучающимся специальности 23.02.01 выполнять в определенной последовательности измерения при выполнении лабораторных работ и порядок расчета – при выполнении практических работ по дисциплине «Электротехника и электроника», а также производить анализ выполненных работ.

Автор

З.Н. Гурова преподаватель Лискинского техникума железнодорожного транспорта имени И.В. Ковалева – филиала РГУПС

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии профессиональных модулей специальности 23.02.01, протокол от 01.09.2014 №1

Рекомендовано методическим советом ЛТЖТ – филиала РГУПС, протокол от 03.09.2014 №1

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1. Практическое занятие № 1. Расчет батареи конденсаторов.....	7
2. Практическое занятие № 2. Расчет электрической цепи со смешанным соединением резисторов.....	11
3. Практическое занятие № 3. Расчет сложной цепи постоянного тока методами уравнений Кирхгофа.....	13
4. Практическое занятие № 4. Расчет сложной цепи постоянного тока методом узлового напряжения.....	16
5. Практическое занятие № 5. Расчет магнитной цепи.....	17
6. Лабораторное занятие № 1. Ознакомление с правилами эксплуатации измерительных приборов	20
7. Лабораторное занятие № 2. Проверка закона Ома для участка цепи...	21
8. Лабораторное занятие № 3. Проверка свойств цепи с последовательным соединением резисторов.....	23
9. Лабораторное занятие № 4. Проверка свойств цепи с параллельным соединением резисторов.....	25
10. Лабораторное занятие № 5. Исследование явления электромагнитной индукции.....	27
11. Лабораторное занятие № 6. Исследование цепи переменного тока с катушкой индуктивности.....	28
12. Лабораторное занятие № 7. Исследование цепи переменного тока с конденсатором.....	30
13. Лабораторное занятие № 8. Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением катушки индуктивности и конденсатора.....	32
14. Лабораторное занятие № 9. Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора...	34
Список используемых источников.....	36

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по проведению лабораторных и практических работ разработаны на основе рабочей программы по дисциплине «Электротехника и электроника» для специальности 23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (по видам) и являются основным руководством к выполнению обучающимися лабораторных и практических работ.

Программа учебной дисциплины «Электротехника и электроника» предусматривает 36 часов на проведение лабораторных и практических работ для специальности 23.02.01. Лабораторные и практические работы должны проводиться после изучения соответствующего теоретического материала программы.

Основными целями лабораторных и практических работ являются:

- экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений;
- экспериментальная проверка формул, расчетов;
- ознакомление с методикой проведения исследований;
- ознакомление с методикой проведения расчетов различных схем.

Каждая работа включает в себя: тему работы, цель работы, перечень необходимого оборудования по каждой работе, порядок выполнения лабораторных работ и методику расчета практических работ, а также требования анализа результатов работы и вывода по ним.

Выполнение лабораторных и практических работ обучающимися необходимо для приобретения ими навыков пользования измерительными приборами, умения выбирать необходимый прибор и метод измерения, умения составлять схемы измерений, фиксировать показания приборов, производить расчеты электрических величин и анализировать полученные результаты.

В процессе выполнения лабораторных и практических работ от обучающегося требуется закрепить теоретический материал, получить практические навыки по сборке электрических схем, подборе измерительной аппаратуры и по расчету параметров различных электрических цепей.

Прежде чем приступить к выполнению работы, каждый студент обязан пройти инструктаж по охране труда, знать правила техники безопасности при работе с электроприборами, теоретический материал по теме работы.

При выполнении работ схемы, таблицы, графики рекомендуется выполнять только карандашом с применением чертежных инструментов. При вычерчивании схем должны соблюдаться стандартные обозначения.

После успешного выполнения работы студент обязан представить преподавателю отчет о проделанной работе в письменном виде, который должен содержать следующие пункты:

- номер лабораторной или практической работы;
- тема работы;
- цель работы;
- оборудование (для лабораторных работ);
- схема опыта (или несколько);

- таблица измерений и вычислений (для лабораторных работ);
- исходные данные (для практических работ);
- основные расчетные формулы и математические выкладки (для лабораторных работ);
- полный расчет (для практических работ)4

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Расчет батареи конденсаторов

Цель работы: определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора.

Содержание работы

Вычертить схему и выписать исходные данные (табл. 1) согласно варианту. Определить напряжение и заряд каждого конденсатора.

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Схема	Емкость конденсаторов, мкФ					
		U, В	C1	C2	C3	C4	C5
1	1	30	4	1	5	8	4
2		140	4	5	1	4	8
3	2	50	5	6	2	4	4
4		160	6	5	4	4	4
5	3	70	6	4	5	5	3
6		180	6	2	6	3	3
7	4	80	8	6	3	6	16
8		130	16	3	6	2	8
9	5	90	4	8	3	6	8
10		120	8	5	6	3	4
11	6	100	5	3	6	4	8
12		60	4	4	4	8	4
13	7	110	4	6	3	6	8
14		50	6	4	10	10	1
15	8	120	6	2	3	5	12
16		90	12	5	2	3	6
17	9	130	10	15	9	10	10
18		80	15	10	4	12	12
19	10	140	8	6	3	2	4
20		70	4	3	6	2	8
21	11	150	4	5	5	7,5	4

Вариант	Схема	Емкость конденсаторов, мкФ					
		U, В	C1	C2	C3	C4	C5
22	11	60	8	4	4	2	4
23	12	160	5	6	2	1	2
24		50	3	6	4	2	4
25	13	170	6	4	5	10	5
26		40	3	5	8	16	8
27	14	180	8	6	3	4	4
28		30	16	6	12	8	8
29	15	200	4	6	3	6	2
30		20	10	15	6	3	7

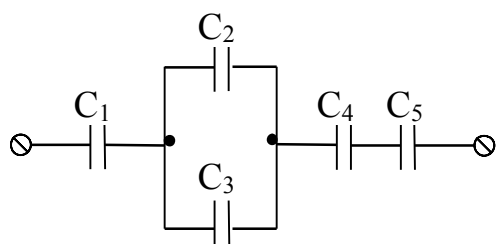


Схема 1

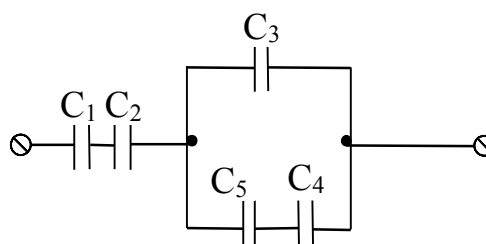


Схема 2

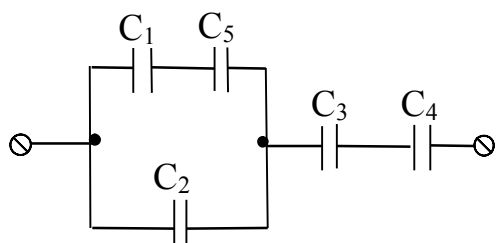


Схема 3

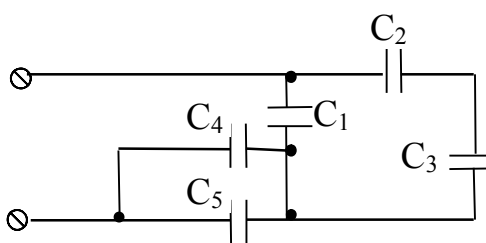


Схема 4

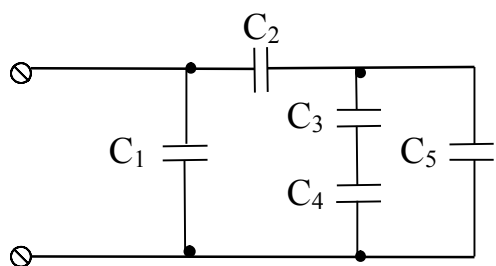


Схема 5

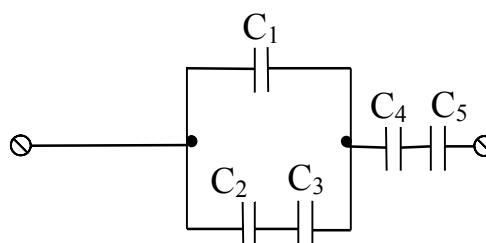


Схема 6

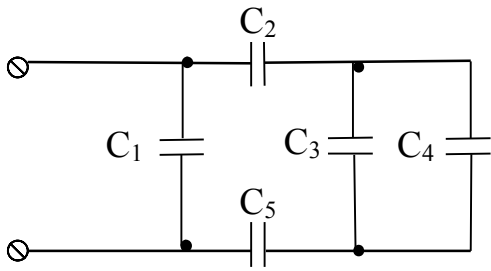


Схема 7

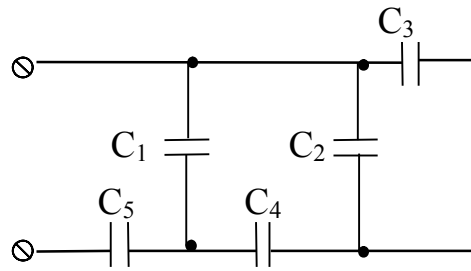


Схема 8

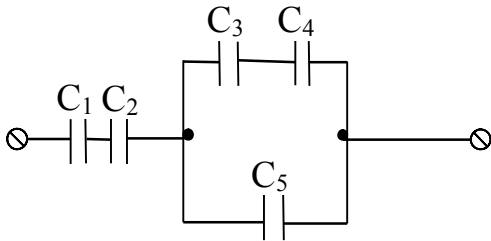


Схема 9

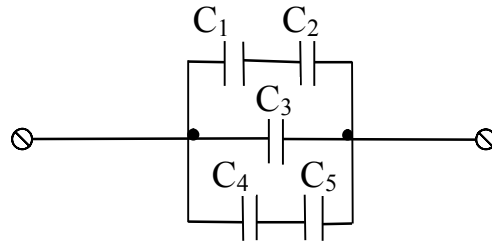


Схема 10

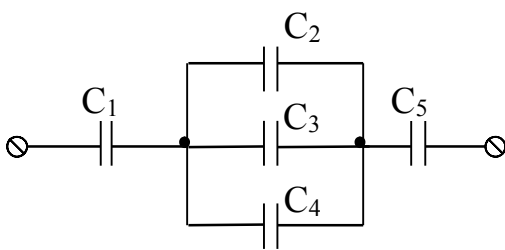


Схема 11

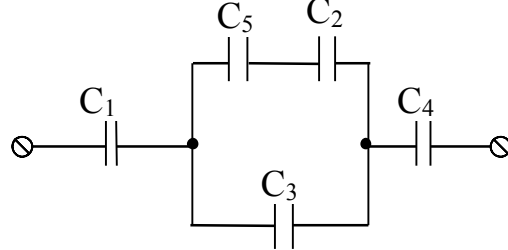


Схема 12

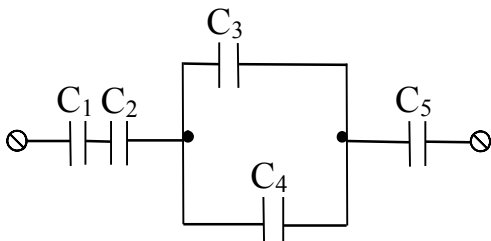


Схема 13

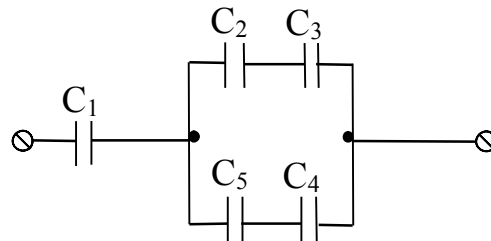


Схема 14

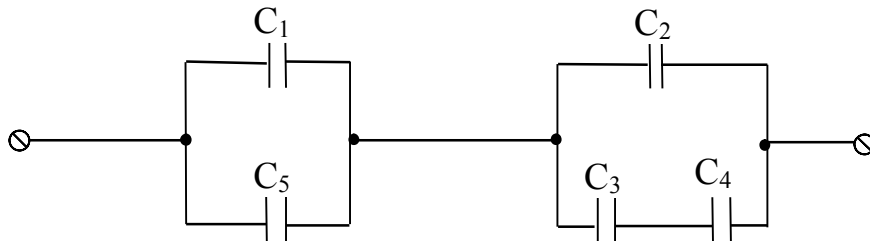


Схема 15

Методом «свертывания» определить эквивалентную емкость батареи конденсаторов (рис.1-15 соответственно варианту).

Определить общий заряд конденсаторов.

Выделяя участки с последовательным и параллельным соединением конденсаторов, постепенно привести схему к виду с одним конденсатором.

Зная свойства последовательного и параллельного соединения конденсаторов, последовательно определить заряд и напряжение каждого конденсатора.

Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы:

1. Что называется электрической емкостью? В каких единицах она измеряется?
2. Как устроены электрические конденсаторы и для чего они служат?
3. При каком соединении конденсаторов на них одинаковый заряд?

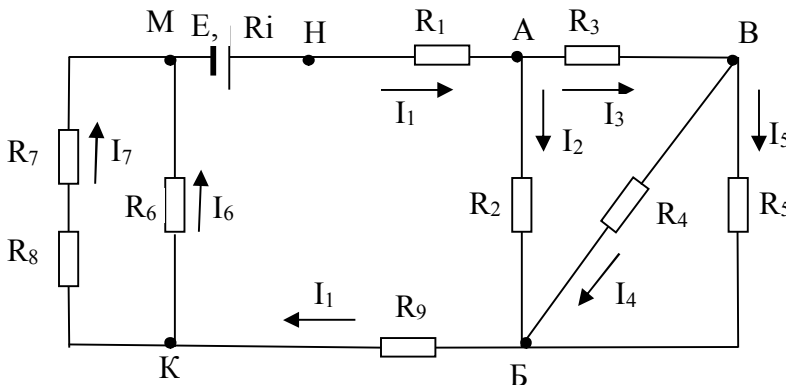
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Расчет электрической цепи со смешанным соединением резисторов

Цель работы: рассчитать электрическую цепь методом «свертывания»; составить баланс мощностей и определить КПД источника.

Содержание работы

1. Вычертить схему для расчета, выписать параметры электрической цепи из табл. 1 согласно варианту.



Дано: $R_1 = 5 \text{ Ом};$
 $R_2 = 12 \text{ Ом};$
 $R_3 = 6 \text{ Ом};$
 $R_4 = 10 \text{ Ом};$
 $R_5 = 15 \text{ Ом};$
 $R_6 = 3 \text{ Ом};$
 $R_7 = 4 \text{ Ом};$
 $R_8 = 2 \text{ Ом};$
 $R_9 = 6 \text{ Ом};$
 $R_i = 1 \text{ Ом}.$

Рисунок 1 Схема электрической цепи

2. Рассчитать электрическую цепь (рис. 1), если дополнительно задан ток, напряжение или мощность одного из резисторов (табл. 1).
3. Определить эквивалентное сопротивление цепи постепенным ее упрощением, т.е. «свертыванием».
4. Рассчитать токи и напряжения на всех резисторах цепи.
5. Определить ЭДС источника и напряжение на его зажимах (напряжение между точками М и Н цепи).
6. Проверить баланс токов в узлах цепи и баланс напряжений.
7. Рассчитать мощности цепи и КПД источника.
8. Сделать вывод.

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Заданная величина	Вариант	Заданная величина	Вариант	Заданная величина
1	$I_1 = 6 \text{ А}$	12	$I_2 = 3 \text{ А}$	23	$I_3 = 3 \text{ А}$
2	$I_4 = 6 \text{ А}$	13	$I_5 = 1,2 \text{ А}$	24	$I_6 = 4 \text{ А}$
3	$I_7 = 6 \text{ А}$	14	$U_1 = 30 \text{ В}$	25	$U_2 = 36 \text{ В}$
4	$U_3 = 18 \text{ В}$	15	$U_4 = 18 \text{ В}$	26	$U_5 = 18 \text{ В}$
5	$U_6 = 12 \text{ В}$	16	$U_7 = 8 \text{ В}$	27	$U_8 = 4 \text{ В}$
6	$P_1 = 45 \text{ Вт}$	17	$P_2 = 108 \text{ Вт}$	28	$P_3 = 13,5 \text{ Вт}$
7	$P_5 = 54 \text{ Вт}$	18	$P_6 = 48 \text{ Вт}$	29	$P_7 = 4 \text{ Вт}$
8	$I_1 = 3 \text{ А}$	19	$I_2 = 1,5 \text{ А}$	30	$I_3 = 1,5 \text{ А}$

9	$U_1 = 15 \text{ В}$	20	$U_2 = 18 \text{ В}$	31	$U_3 = 9 \text{ В}$
10	$I_4 = 0,9 \text{ А}$	21	$I_5 = 0,6 \text{ А}$	32	$I_6 = 2 \text{ А}$
11	$U_4 = 9 \text{ В}$	22	$U_5 = 9 \text{ В}$	33	$U_6 = 6 \text{ В}$

Контрольные вопросы:

1. Какое соединение резисторов называется последовательным?
2. Какое соединение резисторов называется параллельным?
3. Как читается закон Ома для участка цепи и какова его формула?
4. Как читается закон Ома для всей цепи и какова его формула?
5. Как подсчитать падение напряжения в проводах, если известны сопротивление проводов и ток нагрузки?
6. Как формулируется первый закон Кирхгофа?
7. Что называется электрической мощностью, чем она измеряется и в каких единицах?
8. Как определить мощность, не имея ваттметра?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Расчет сложной цепи постоянного тока методами уравнений Кирхгофа

Цель работы: рассчитать заданную сложную цепь с помощью уравнений, составленных с использованием первого и второго законов Кирхгофа.

Содержание работы

1. Вычертить схему (рис. 1, рис. 2, рис. 3, рис. 4) и выписать параметры электрической цепи согласно варианту из таблицы 1.

2. Произвести расчет методом узловых и контурных уравнений.

3. Проанализировать схему (рис. 1, рис. 2, рис. 3, рис. 4 соответственно): количество узлов, ветвей, токов и сколько уравнений необходимо составить по первому и второму законам Кирхгофа.

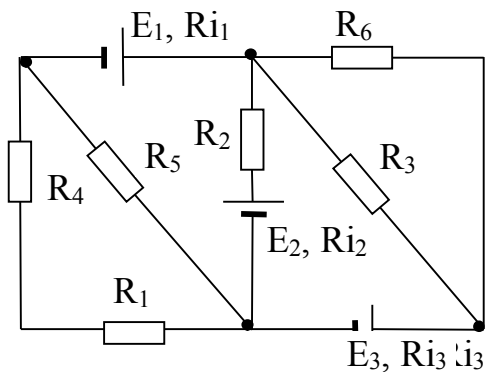


Рисунок 1

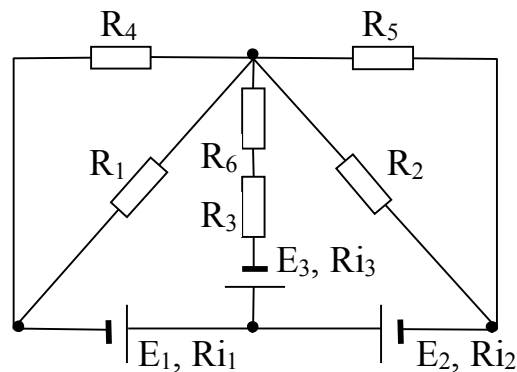


Рисунок 2

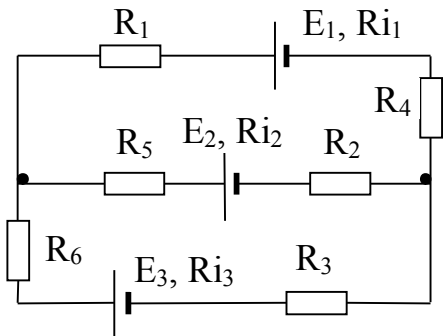


Рисунок 3

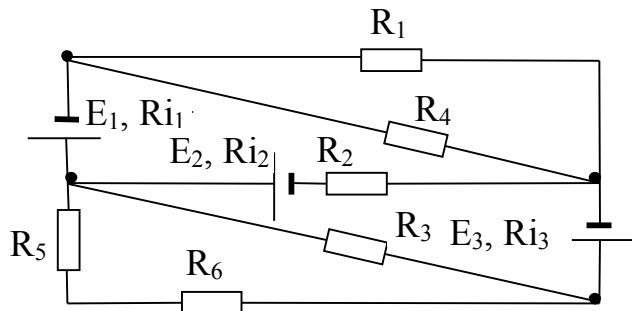


Рисунок 4

Исходные данные

Вариант	Схема	E ₁ , В	E ₂ , В	E ₃ , В	R _{i1} , Ом	R _{i2} , Ом	R _{i3} , Ом	Сопротивление резисторов, Ом					
								R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
1	1	140	210	-	1	1	-	28	29	60	10	38	60
2	1	175	-	126	1	-	1	25	30	58	13	38	58
3	1	-	175	168	-	1	1	40	19	58	20	60	58
4	1	175	210	-	1	1	-	20	29	60	18	38	60
5	1	126	-	210	1	-	1	15	30	58	23	38	58
6	1	-	70	126	-	1	1	20	19	58	40	60	58
7	2	40	32	-	1	1	-	28	18	4	28	18	6
8	2	-	60	48	-	1	1	20	28	5	20	28	4
9	2	60	-	32	1	-	1	28	20	4	28	20	5
10	2	40	48	-	1	1	-	28	18	6	28	18	4
11	2	-	60	80	-	1	1	20	28	5	20	28	4
12	2	80	-	96	1	-	1	28	20	4	28	20	5
13	3	100	96	-	1	1	-	8	6	4	6	3	6
14	3	-	100	80	-	1	1	5	8	6	5	6	3
15	3	80	-	48	1	-	1	10	5	5	4	5	4
16	3	120	64	-	1	1	-	5	5	6	9	4	4
17	3	-	80	64	-	1	1	3	6	4	7	8	5
18	3	140	-	128	1	-	1	6	3	6	8	7	3
19	3	210	168	-	1	1	-	10	9	20	9	20	10
20	3	-	210	210	-	1	1	10	10	10	20	9	19
21	4	80	112	-	1	1	-	28	9	15	28	10	20
22	4	120	-	80	1	-	1	28	10	18	28	10	8
23	4	-	120	96	-	1	1	15	14	18	30	5	13
24	4	140	-	144	1	-	1	28	10	18	28	9	9
25	4	100	64	-	1	1	-	28	9	15	28	20	10
26	4	-	120	128	-	1	1	30	14	18	15	8	10

4. В каждой ветви задаться направлением тока.
5. Составить уравнения по первому закону Кирхгофа.
6. Недостающие уравнения составить с использованием второго закона Кирхгофа, задавшись направлением обхода контуров и обозначив его штриховой стрелкой.
7. Подставить в уравнения заданные значения ЭДС и сопротивлений, решить систему уравнений и определить реальные токи в каждой ветви.
8. Если все токи получились со знаком плюс, следовательно, направление их в начале решения выбрано правильно.
Обозначить силу токов на исходной схеме.
9. Составить баланс мощностей:
 - а) мощность источников энергии

$$P_u = P_{u1} + P_{u2} = E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2;$$
 - б) Мощность потребителей энергии:

$$P_1 = I_1^2 \cdot R_1; P_2 = I_2^2 \cdot R_2 \text{ и т.д.}$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n;$$
 - в) Мощность потерь в источниках энергии:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \dots + \Delta P_n;$$
 - г) Баланс мощностей в цепи:

$$P_u = P + \Delta P.$$
10. Произвести расчет цепи методом контурных токов.
11. Разбить цепь (рис. 1, рис. 2, рис. 3, рис. 4) на независимые контуры и в каждом из них задаться направлением расчетного контурного тока (I_k).
12. Для каждого контура составить уравнение по второму закону Кирхгофа, используя контурные токи.
13. Подставить заданные значения ЭДС и сопротивлений, решить систему уравнений и определить расчетные контурные токи.
14. Определить реальные токи в каждой ветви через контурные токи и нанести их на схему.
15. Проверку сделать по второму закону Кирхгофа для того контура, который не использовался при составлении расчетных уравнений.
Если второй закон выполняется, то расчет произведен правильно.
16. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы:

1. Какая электрическая цепь является сложной?
2. Как формулируется первый закон Кирхгофа?
3. Как формулируется второй закон Кирхгофа?
4. Как определяется коэффициент полезного действия?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Расчет сложной цепи постоянного тока методом узлового напряжения

Цель работы: заданную ранее (в практической работе № 3) сложную цепь рассчитать методом узлового напряжения.

Содержание работы

1. Вычертить схему электрической цепи и выписать исходные данные согласно варианту предыдущей работы (№ 3).

2. Рассчитать заданную цепь методом узлового напряжения.

а) определить проводимость каждой ветви электрической цепи:

$$G_l = \frac{I}{R_1 + R_2 + \dots + R_n};$$

б) определить напряжение между узлами А и Б:

$$U_{AB} = \frac{E_1 \cdot G_1 + E_2 \cdot G_2}{G_1 + G_2 + G_3};$$

в) реальные токи в каждой ветви рассчитать и нанести на схему:

$$I_l = (E_1 - U_{AB}) \cdot G_1$$

3. После расчета сравнить токи в ветвях с результатами, полученными в предыдущей работе.

4. Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы:

1. Какая электрическая цепь является сложной?

2. В чем заключается метод узлового напряжения?

3. О чем говорит знак минус в вычисленном токе ветви, где отсутствует источник ЭДС?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Расчет магнитной цепи

Цель работы: получить навыки решения прямой задачи расчета неразветвленной магнитной цепи; установить зависимость силы тока в катушке, необходимого для создания заданной подъемной силы электромагнита, от величины воздушного зазора.

Содержание работы

Магнитопровод электромагнита (рис.1) выполнен из электротехнической стали, состоит из сердечника длиной L_1 , якоря длиной L_2 и двух воздушных зазоров L_{01} и L_{02} . Длины участков магнитопровода даны по средней магнитной линии. Ширина участков магнитопровода a_1 и a_2 , толщина b . Число витков обмотки w , ток в обмотке I . Магнитный поток в магнитной цепи Φ . Сила притяжения якоря (подъемная сила электромагнита) F .

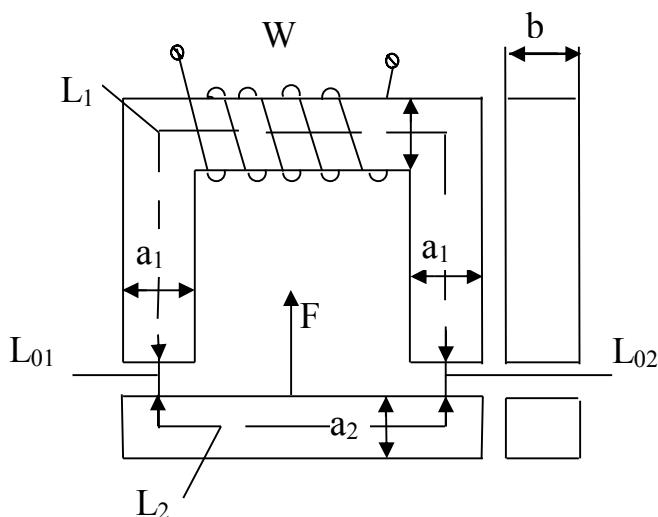


Рисунок 1 Схема магнитопровода электромагнита

На основе исходных данных (табл.1) определить ток I в катушке, необходимый для создания заданной подъемной силы электромагнита.

Порядок выполнения работы

1. Разбить магнитную цепь на участки, каждый из которых должен иметь по всей длине одинаковое сечение и одинаковый материал.

В данной цепи таких участков три: два участка из электротехнической стали и два воздушных зазора.

Длина и сечение участков магнитной цепи:

$$L_1 =$$

$$L_2 =$$

$$L_{01} = L_{02} =$$

$$S_1 =$$

$$S_2 =$$

$$S_{01} = S_{02} =$$

Исходные данные

Варианты	L ₁ , см	L ₂ , см	a ₁ , см	a ₂ , см	b, см	L ₀₁ =L ₀₂ , мм	W, вит.	F, Н
1, 11, 21	180	60	4	6,3	4	1	200	3500
2, 12, 22	200	70	3	4	4	1,5	210	2800
3, 13, 23	220	70	5	5,5	4	2	220	3000
4, 14, 24	240	80	5	4	5	1	230	3200
5, 15, 25	260	80	6	5	5	1,5	240	3500
6, 16, 26	280	80	5	6	5	2	250	3400
7, 17, 27	200	60	4	5	6	1	260	3800
8, 18, 28	160	50	5	4	6	1,5	270	3500
9, 19, 29	140	50	4	5	6	2	250	4000
10, 20,30	150	50	6	5	7	1	240	3600

2. Пользуясь формулой подъемной силы электромагнита, определить необходимую магнитную индукцию в сердечнике:

$$F = 4 \cdot 10^5 \cdot B^2 \cdot S_1,$$

где F – подъемной силы электромагнита, Н;

B_1 – магнитная индукция в первом участке цепи, Тл;

S_1 – поперечное сечение первого участка цепи, м².

(так как магнитная цепь имеет два воздушных зазора, то формула подъемной силы электромагнита $F = 8 \cdot 10^5 \cdot B^2 \cdot S_1$).

3. Магнитный поток в заданной магнитной цепи:

$$\Phi = B_1 \cdot S_1,$$

где Φ – магнитный поток, Вб.

4. Поскольку в неразветвленной магнитной цепи Φ на всех участках одинаков, то магнитная индукция в якоре:

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2},$$

где B_2 – магнитная индукция во втором участке цепи, Тл;

S_2 – поперечное сечение второго участка цепи, м².

В воздушном зазоре магнитная индукция $B_0 = B_1 =$

5. Напряженность магнитного поля для всех участков цепи:

5.1. В воздушном зазоре определить по формуле:

$$H_0 = \frac{B_0}{\mu_0},$$

где H_0 – напряженность магнитного поля в воздушном зазоре, А/м;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнитная постоянная, Гн/м.

5.2. Для якоря и сердечника напряженность найти по кривой намагничивания электротехнической стали:

$$\begin{array}{ll} \text{при } B_1 = & H_1 = \\ \text{при } B_2 = & H_2 = \end{array}$$

Задавшись направлением тока в катушке, показать на схеме направление векторов H_1 , H_2 , H_0 .

6. По второму закону Кирхгофа магнитодвижущая (намагничивающая) сила катушки равна сумме магнитных напряжений вдоль контура магнитной цепи:

$$I \cdot W = \Sigma U_M = H \cdot L,$$

где I – величина силы тока в обмотке, А;

W – число витков обмотки, витков;

U_M – магнитное напряжение, А.

Намагничивающая сила катушки электромагнита, необходимая для создания требуемой интенсивности магнитного поля и, соответственно, заданной подъемной силы электромагнита:

$$I \cdot W = H_1 \cdot L_1 + H_2 \cdot L_2 + H_0 \cdot L_0;$$

7. При заданном числе витков катушки определить силу тока в катушке, необходимую для создания заданной подъемной силы электромагнита:

$$I = \frac{I \cdot W}{W}$$

8. Определить ток в катушке, необходимый для удержания якоря в притянутом состоянии с силой F , т.е. при $L_{01} = L_{02} = 0$.

9. Задавшись значениями $L_0' = 2L_0$, $L_0' = 5L_0$, определить необходимую силу тока в катушке для создания заданной силы F при разных воздушных зазорах.

Построить график зависимости $I(L_0)$ и пояснить его.

Выводы: пояснить, что такое магнитодвижущая сила катушки, от чего она зависит; характер графика $I(L_0)$.

Контрольные вопросы:

1. Какие тела называются ферромагнитными?
2. Что действует на проводник с током в магнитном поле?
3. Как определить направление силы, действующей на проводник с током?
4. Что называется электромагнитом?
5. Как влияют воздушные зазоры на величину подъемной силы электромагнита?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Ознакомление с правилами эксплуатации измерительных приборов

Цель работы: ознакомиться с правилами эксплуатации измерительных приборов для правильного их использования при измерениях.

Общие понятия

Электроизмерительные приборы исключительно разнообразны по назначению, конструктивному оформлению, принципу действия и своим техническим характеристикам. Чтобы получить необходимую и достаточную характеристику каждого электроизмерительного прибора, ГОСТом установлена специальная система их маркировки. Благодаря этому можно подобрать правильно прибор для измерений.

От правильности выбора прибора во многом зависит точность, т. е. качество измерений.

Условные обозначения характеризуют следующее: какой системы прибор, тип прибора, на какую номинальную измеряемую величину он рассчитан, какого класса точности; для измерений в каких цепях (постоянного или переменного тока) он пригоден; на какую номинальную частоту он рассчитан; к какой группе эксплуатации он относится; к какой категории защищенности от магнитных полей он рассчитан; для работы в каком положении он предназначен; каким напряжением испытана изоляция прибора; кем изготовлен прибор; заводской номер.

Каждый прибор имеет свои достоинства и недостатки. Чтобы их знать, нужно уяснить принцип действия прибора, его конструктивные особенности.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с образцами приборов, перечислить их основные детали, узлы и их назначение.
2. Нарисовать лицевую панель с условными обозначениями одного из приборов.
3. Указать основные технические характеристики изображенного прибора.
4. Нарисовать схему включения в электрическую цепь амперметра и вольтметра.
5. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы:

1. Как можно классифицировать электроизмерительные приборы?
2. Каковы требования к измерительным приборам?
3. Какие условные обозначения нанесены на шкалах электроизмерительных приборов?
4. Какими приборами можно измерить мощность постоянного тока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Проверка закона Ома для участка цепи

Цель работы: опытным путем убедиться в справедливости закона Ома для участка цепи.

Оборудование и приборы: реостат, включенный по схеме потенциометра; регулируемый резистор, амперметр и вольтметр постоянного тока, соединительные провода.

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме (рис.1).

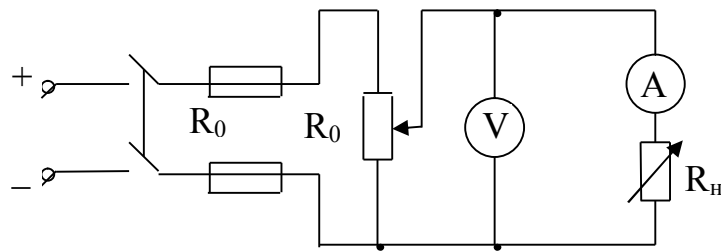


Рисунок 1 Схема электрической цепи

Реостат с номинальным значением $R_n = 100 \text{ Ом}$.

2. Установить движок потенциометра в нулевое положение (напряжение на резисторе R при включенном рубильнике отсутствует).
3. После проверки схемы преподавателем включить рубильник, меняя напряжение через 5 В наблюдать, как изменяется ток, при этом $R=100 \text{ Ом}$. Показания приборов и результаты расчетов занести в таблицу 1.

Таблица 1

Показания приборов и результаты расчетов

№ п/п	Показания приборов		Результаты расчетов		Примечание
	U, В	I, А	R, Ом	γ , %	
1					R = 100 Ом
2					
3					
4					
5					

4. Для каждого участка сопротивление:

$$R = \frac{U}{I},$$

где R – сопротивление участка цепи, Ом;

U – напряжение на участке цепи, В;

I – ток для участка цепи, А.

5. Для каждого измерения вычислить погрешность измерений:

$$\gamma = \frac{R - R_1}{R} \cdot 100 \%,$$

где γ – погрешность измерений, %.

6. Установить напряжение $U = 35$ В, изменять величину сопротивления R и наблюдать, как изменяется при этом ток. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты измерений и вычислений

№ п/п	U, В	I, А	R, Ом	γ , %	Примечание
1					U=35 В
2					
3					
4					
5					

7. Выключить рубильник.

8. Построить графики зависимостей:

$$I = f(U)$$

$$I = f(R)$$

9. Результаты расчетов и измерений показать преподавателю, после чего разобрать цепь и привести в порядок рабочее место.

10. По полученным результатам сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы:

1. Как читается закон Ома для участка цепи?

2. Каков характер зависимостей $I = f(U)$; $I = f(R)$?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Проверка свойств цепи с последовательным соединением резисторов

Цель работы: опытным путем проверить основные соотношения между электрическими величинами в простой цепи постоянного тока с несколькими резисторами, включенными последовательно.

Оборудование и приборы: три резистора, три амперметра, переносной вольтметр постоянного тока, соединительные провода.

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме (рис. 1

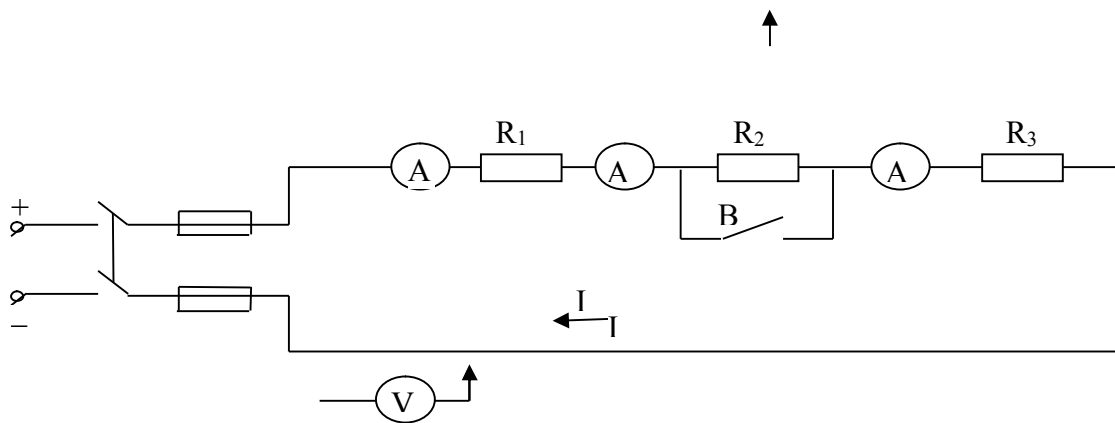


Рисунок 1 Схема электрической цепи

2. После проверки схемы преподавателем включить рубильник и соединить провода вольтметра поочередно к зажимам резисторов всей цепи. Измерить напряжение на каждом резисторе и на всей цепи. Показания амперметров и вольтметра занести в таблицу 1.

3. По полученным данным определяем мощность и сопротивление каждого резистора и всей цепи.

4. Из полученных данных убедиться, что: $U = U_1 + U_2 + U_3$;
 $R = R_1 + R_2 + R_3$; $P = P_1 + P_2 + P_3$ и что по всем участкам проходит ток одной и той же величины.

5. Замкнуть резистор R_2 и повторить измерения, указанные в таблице 1.

6. Результаты занести в эту таблицу.

7. Результаты измерений и расчетов показать преподавателю и разобрать цепь.

8. Сделать выводы по работе.

Таблица 1

Результаты измерений и расчетов

№ п/п	Участок цепи	U, В	I, А	R, Ом	P, Вт	Примечание
1	Резистор R_1					$R=U/I$

№ п/п	Участок цепи	U, В	I, А	R, Ом	P, Вт	Примечание
2	Резистор R ₂					$P=U \cdot I$
3	Резистор R ₃					
4	Вся цепь					
1	Резистор R ₁					
2	Резистор R ₂	–	–	–	–	Замкнули резистор R ₂
3	Резистор R ₃					
4	Вся цепь					

Контрольные вопросы:

1. Какое соединение резисторов называется последовательным?
2. Что в электрической схеме называется узлом?
3. Что такое электрическая ветвь?
4. Что называется контуром электрической цепи?
5. По какой формуле рассчитывается эквивалентное сопротивление при последовательном соединении?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Проверка свойств цепи с параллельным соединением резисторов

Цель работы: опытным путем проверить основные соотношения между электрическими величинами в простой цепи постоянного тока с несколькими резисторами, включенными параллельно.

Оборудование и приборы: два резистора с постоянным сопротивлением, один резистор регулируемый, четыре амперметра постоянного тока, переносной вольтметр постоянного тока, соединительные провода.

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме (рис.1).

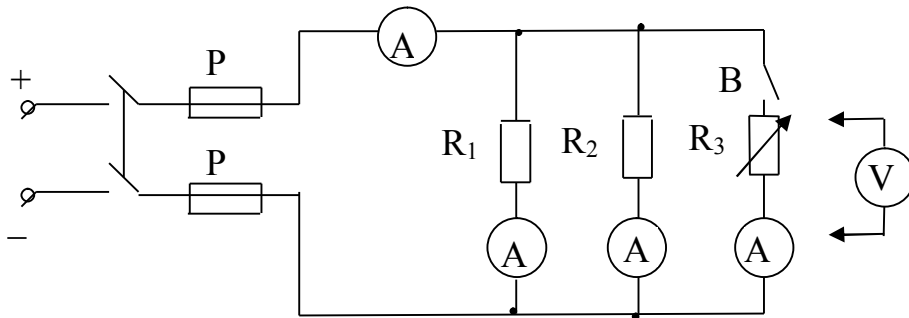


Рисунок 1 Схема электрической цепи

2. После проверки схемы преподавателем включить рубильник P и выключатель B. Измерить напряжение на каждом резисторе и напряжение всей цепи. Показания приборов занести в таблицу 1.

3. По полученным данным определить мощность каждого резистора.

4. Убедиться в том, что при параллельном соединении $I = I_1 + I_2 + I_3$; $P = P_1 + P_2 + P_3$; $U = U_1 = U_2 = U_3$.

5. Уменьшить сопротивление резистора R₂ и произвести действия, указанные в пунктах 1, 2. Показания приборов и расчетов занести в таблицу 1.

Таблица 1

Показания приборов и расчетов

№ п/п	Участок цепи	Показания приборов		Результаты расчетов		Примечание
		I, А	U, В	P, Вт	R, Ом	
1	Резистор R ₁					R ₂ – включить R ₂ – уменьшить
2	Резистор R ₂					
3	Резистор R ₁					
4	Резистор R ₂					

6. Выключить рубильник, разобрать электрическую цепь и привести в порядок рабочее место.

7. Сделать вывод по работе.

Контрольные вопросы:

1. Какое соединение резисторов называется параллельным?
2. Что в электрической схеме называется узлом?
3. Что такое электрическая ветвь?
4. Что называется контуром электрической цепи?
5. По какой формуле рассчитывается эквивалентное сопротивление при параллельном соединении?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Исследование явления электромагнитной индукции

Цель работы: опытным путем исследовать процесс возникновения электродвижущей силы в проводящем контуре при изменении магнитного потока, сцепленного с этим контуром.

Оборудование и приборы: цилиндрическая катушка индуктивности – 2 шт. ($N = 25$ витков); гальванометр – 1 шт. ($0 \div 30$ В); постоянный магнит – 1 шт.

Порядок выполнения работы

1. Внутри цилиндрической катушки, концы которой соединены с гальванометром, с определенной скоростью ввести постоянный магнит.

2. Проанализировать по отклонению стрелки гальванометра положение постоянного магнита (рис.1, а).

3. Перемещать катушку с током относительно другой катушки с током и следить за показаниями гальванометра (рис.1, б).

4. Расположить две катушки на общем сердечнике и проследить за направлением тока во второй обмотке при замыкании и размыкании ключа S_1 (рис.1, в).

5. Сделать выводы по работе.

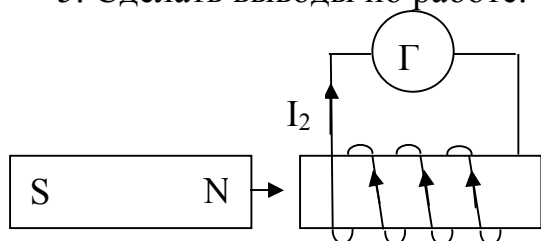


Рисунок 1, а

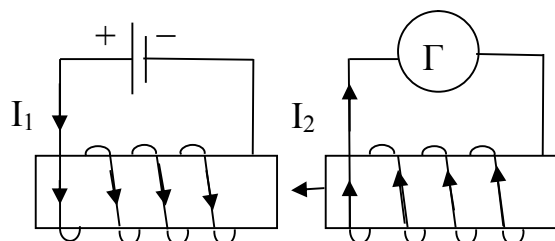


Рисунок 1, б

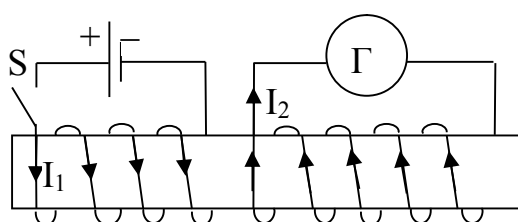


Рисунок 1, в

Контрольные вопросы:

1. Что называется электромагнитной индукцией?
2. В каких случаях возникает индуцированная э.д.с.?
3. От чего зависит индуцированная э.д.с.?
4. Как определить направление индуцированной э.д.с. в проводнике?
5. От чего зависит величина индуцированной э.д.с. в проводнике?
6. От чего зависит направление индуцированной э.д.с.?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Исследование цепи переменного тока с катушкой индуктивности

Цель работы: опытным путем исследовать изменения тока, мощности, коэффициента мощности в зависимости от индуктивности цепи.

Оборудование и приборы: источник переменного тока – 30 В; вольтметр – (0 ÷ 30) В; амперметр – (0 ÷ 3) А; катушка индуктивности с сердечником.

Порядок выполнения

1. Определить размещение приборов на столе.
2. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис.1).

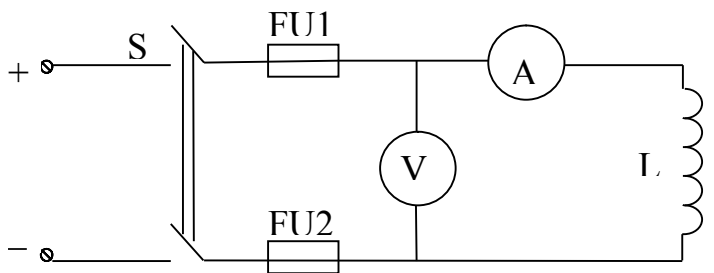


Рисунок 1 Схема неразветвленной цепи переменного тока с катушкой индуктивности

1. Замкнуть рубильник и установить в цепи наибольшую величину тока (катушка без сердечника).
2. Постепенно вводить сердечник в катушку, останавливаясь на тех значениях тока, которые удобны для счета.
3. Показания приборов при каждом опыте записать в табл.1.
4. Выключить рубильник.
5. Произвести расчеты.
6. Сделать выводы по результатам выполненной работы.
7. Разобрать схему и привести в порядок рабочее место.

Таблица 1

Показания приборов и расчетов

№ опыта	Измерено			Вычислено			Примечание
	U, В	I, А	U _L , В	X _L , Ом	Q _L , Вар	φ, град.	
							$\cos \varphi = R/Z$ $\sin 90^\circ = 1$ $\cos 0^\circ = 1$

Контрольные вопросы:

1. В чем выражается действие индуктивности, включенной в цепь переменного тока?
2. Что называется активным и индуктивным сопротивлениями?
3. Что называется коэффициентом мощности?
4. Как определяется коэффициент мощности?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Исследование цепи переменного тока с конденсатором

Цель работы: исследовать неразветвленную электрическую цепь переменного тока на подтверждение основных расчетных формул и влияние емкости конденсатора на величину тока и мощности в цепи.

Оборудование и приборы: источник переменного тока – 30 В; вольтметр – (0 ÷ 30) В; амперметр – (0 ÷ 2) А; магазин емкостей.

Порядок выполнения

1. Определить размещение приборов на столе.
2. Собрать электрическую цепь согласно предложенной схеме (рис. 1)

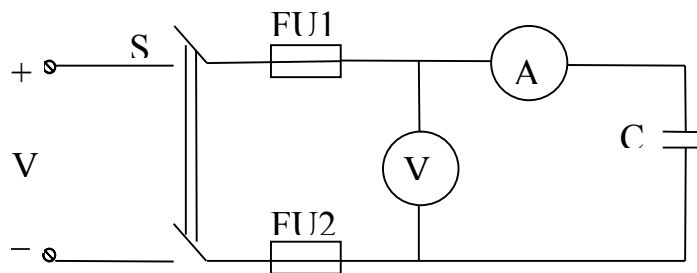


Рисунок 1 Схема неразветвленной цепи переменного тока с конденсатором

1. Установить заданные преподавателем параметры всех элементов схемы.

Напряжение источника: $U = 30$ В.

Емкость конденсатора (батареи конденсаторов): $C = 121$ мкФ.

2. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
3. Включить источник питания и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в таблицу 1.
4. Отключить источник питания.
5. Произвести необходимые расчеты по формулам:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}; \quad \cos \varphi = \frac{R}{Z}; \quad Q_C = I^2 \cdot X_C = U \cdot I \cdot \sin \varphi,$$

где X_C – сопротивление конденсатора, Ом;

f – циклическая частота, Гц;

C – емкость конденсатора, Ф;

φ – угол сдвига фаз, °;

R – сопротивление резистора, Ом;

Z – полное сопротивление цепи переменного тока, Ом;

Q_C – реактивная мощность цепи переменного тока, Вар;

I – сила тока в цепи, А;

U – напряжение, приложенное к цепи, В.

6. Изменить исходные параметры цепи.

Емкость конденсатора (батареи конденсаторов): $C = 71$ мкФ.

7. Повторить пункты 4 – 8.

8. Изменить исходные параметры цепи.

Емкость конденсатора (батареи конденсаторов): $C = 25$ мкФ.

9. Повторить пункты 4 – 8.

10. Разобрать электрическую цепь и привести в порядок рабочее место.

11. На основании опытных данных и расчетов построить векторную диаграмму и сделать вывод о характере изменения тока, мощности в зависимости от изменения емкостного сопротивления.

Таблица 1

Измеренные и вычисленные величины

№ опыта	Измерено			Вычислено			Примечание
	U, В	I, А	U _c , В	X _c , Ом	Q _c , Вар	φ, град.	
1							$\cos \varphi = R/Z$ $\sin 90^\circ = 1$ $\cos 0^\circ = 1$ $\varphi = -90^\circ$
2							
3							

Контрольные вопросы:

1. Как проявляет себя емкость, включенная в цепь переменного тока?
2. Как влияет емкость конденсатора на величину тока и мощности в цепи?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением катушки индуктивности и конденсатора

Цель работы: изучить практически явление феррорезонанса напряжений в последовательной цепи и построить вольтамперную характеристику для этой цепи.

Оборудование и приборы: источник переменного тока – 30 В, вольтметр – (0 ÷ 30) В, амперметр – (0 ÷ 3) А, 3 шт.; ваттметр, катушка индуктивности с сердечником, магазин емкостей.

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с приборами, применяемыми в работе, и их условными обозначениями.
2. Собрать схему (рис.1) и показать ее преподавателю.

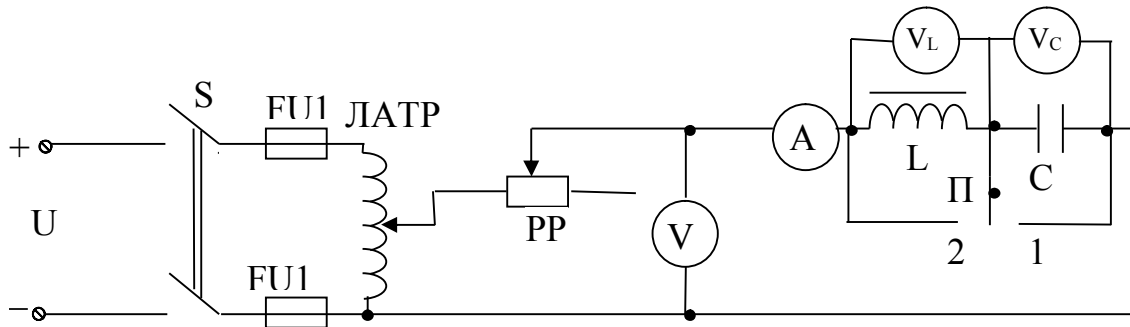


Рисунок 1 Схема цепи с последовательным соединением L и C

3. Установить ручку ЛАТР в нулевое положение, ввести полностью регулировочный реостат РР. Переключатель П поставить в первое положение (конденсатор выключен). Включить рубильник S и снять характеристику $U_L = f(I)$ катушки со стальным сердечником.

Для этого при помощи ЛАТР и РР плавно повышать напряжение от нуля до тех пор, пока напряжение U_L не стабилизируется, т. е. перестанет заметно повышаться.

4. Результаты записать в таблицу 1.

5. Снять характеристику $U_C = f(I)$. Для этого ручку ЛАТР и реостата РР поставить в исходное положение, переключатель П поставить во 2-е положение (катушка выключена). При тех же значениях тока, при которых испытывалась катушка, снять показания приборов и записать их в таблицу 1.

6. По данным таблицы 1 построить в одной системе координат вольтамперные характеристики катушки $U_L = f(I)$ и конденсатора $U_C = f(I)$, а также вольтамперную характеристику для цепи с последовательным соединением катушки и конденсатора $U = f(I)$.

Измеренные электрические величины

№ п/п	U, В	U_L , В	U_C , В	I, А
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				

7. Пользуясь кривой $U = f(I)$, определить значения U_0 и I_0 , соответствующие феррорезонансу напряжений, т.е. $U_L = U_C$.

8. Поставить переключатель П в среднее положение. Постепенно увеличивать напряжение с помощью ЛАТР. Через каждые 10 В произвести запись показаний всех приборов в таблицу 1. Обязательно произвести запись показаний приборов для случая феррорезонанса – напряжение U_0 , при котором происходит резкий всплеск тока I_0 . Значения U_0 и I_0 сравнить с результатами, полученными в п.6.

9. Повторить опыт при снижении напряжения до нуля и записать показания всех приборов в таблицу 1.

10. Построить кривые зависимости тока и напряжения на катушке в зависимости от приложенного напряжения: $I = f(U)$; $U_L = f(U)$.

11. Сделать выводы по работе. Объяснить при этом особенности феррорезонанса напряжений и его практическое применение.

12. По окончании работы разобрать схему и привести в порядок рабочее место.

Контрольные вопросы:

1. Что называется резонансом напряжений?
2. При каких условиях возникает резонанс напряжений в цепи?
3. Где используется явление резонанса напряжений?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора

Цель работы: исследовать разветвленную цепь переменного тока на подтверждение основных расчетных формул; экспериментально подтвердить условие резонанса токов.

Оборудование и приборы: источник переменного тока – 30 В, вольтметр – (0 ÷ 30) В, амперметр – (0 ÷ 3) А, 3 шт.; ваттметр, катушка индуктивности с сердечником, магазин емкостей.

Порядок выполнения

1. Определить размещение приборов на столе.
2. Собрать электрическую цепь (рис.1) и показать ее преподавателю.

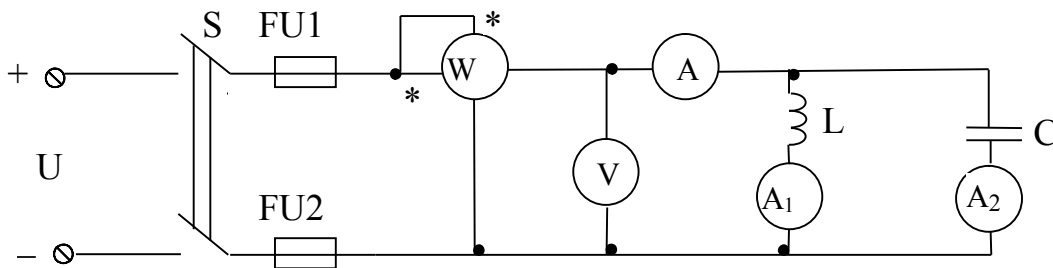


Рисунок 1 Схема параллельного соединения катушки индуктивности и конденсатора

3. Установить заданные преподавателем параметры всех элементов схемы.

Напряжение источника: $U = 30$ В.

Катушка индуктивности без сердечника.

Емкость конденсатора (батареи конденсаторов): $C = 121$ мкФ.

4. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
5. Включить источник питания и произвести необходимые измерения, результаты которых занести в таблицу 1.
6. Отключить источник питания.
7. Произвести необходимые расчеты по формулам:

$$Z = \frac{U}{I} \qquad q_1 = \frac{R_K}{Z_1^2} \qquad I_{a1} = U \cdot q_1$$

$$Z = \frac{U}{I_1} \qquad b_L = \frac{X_L}{Z_1^2} \qquad I_{p1} = U \cdot b_L$$

$$R_K = \frac{P}{I^2} \qquad b_c = \frac{X_C}{Z_2^2} \qquad \cos \varphi = \frac{R_K}{Z}$$

$$X_L = \sqrt{Z_1^2 - R_k^2} \quad X_C = \frac{U}{I_2},$$

где Z – общее сопротивление цепи, Ом;

U – напряжение, приложенное к зажимам цепи, В;

I – общий ток, протекающий в неразветвленной части цепи, А;

g_1 – активная проводимость первой ветви, См;

R_k – активное сопротивление катушки, Ом;

Z_1 – общее сопротивление первой ветви, Ом;

I_{a1} – активная составляющая тока первой ветви, А;

I_1 – ток, протекающий в первой ветви, А;

b_L – реактивная проводимость катушки, См;

X_L – индуктивное сопротивление, Ом;

I_{p1} – реактивная составляющая тока первой ветви, А;

P – активная мощность цепи, Вт;

b_c – реактивная проводимость конденсатора, См;

X_C – емкостное сопротивление, Ом;

Z_2 – общее сопротивление второй ветви, Ом;

φ – угол сдвига фаз между током и напряжением, °.

Таблица 1

Измеренные и вычисленные электрические величины

№ опыта	Измерено					Вычислено									
	P, Вт	U, В	I, А	I ₁ , А	I ₂ , А	Z ₁ , Ом	R _к , Ом	X _L , Ом	g ₁ , См	b _L , См	X _C , Ом	b _C , См	I _{a1} , А	I _{p1} , А	cos φ
1															
2															
3															

8. Расчеты занести в таблицу 1.

9. В катушку индуктивности полностью ввести сердечник.

10. Повторить пункты 4 – 8.

11. Включить источник и экспериментально (плавно вдвигая и выдвигая сердечник) добиться режима равенства токов в ветвях. Результаты измерений занести в таблицу 1.

12. Повторить пункты 7 – 8.

13. Разобрать электрическую цепь.

14. На основании опытных данных и расчетов сделать выводы.

Контрольные вопросы:

1. Что называется резонансом токов?

2. При каких условиях возникает резонанс токов в цепи?

3. Где используется явление резонанса токов?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арчаков, Ю.П. Теоретические основы электротехники в практических работах /Ю.П. Арчаков. – М. : УМК МПС России, 2002. – 110 с.
2. Беневоленский, С.Б. Основы электротехники. [Электронный ресурс] : учебное пособие для втузов / С.Б. Беневоленский, А.Л. Марченко. – М. : Издательство физико-математической литературы, 2011. – 568 с.
3. Данилов, И.А. Общая электротехника с основами электроники. [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов неэлектротехнических спец. средних учеб. заведений. – 6-е изд. / И.А. Данилов, П.М. Иванов. – М. : Высшая школа, 2010. – 752 с.
4. Частоедов, Л. А. Электротехника : учебное пособие для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. – 5-е изд., перераб. и доп. /Л.А. Частоедов. – М. : Маршрут, 2006. – 320 с.