

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Филиал ФГБОУ ВО ИРНИТУ в г. Усолье-Сибирском

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель директора по учебной работе

 О.В. Черепанова
« 20 » 10 2022 г.

ОП.06 Электротехника и электроника

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Специальность	18.02.12 Технология аналитического контроля химических веществ
Квалификация	Техник
Форма обучения	Очная
Год набора	2021

2022 г.

Методические указания по дисциплине ОП.06 Электротехника и электроника составлены в соответствии с рабочей программой.

Составитель:

Поваринцев Сергей Викторович, преподаватель

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к утверждению на заседании цикловой комиссии электротехнических дисциплин.

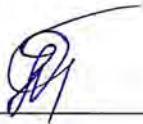
Протокол № 3 от «19» 10 2022 г.

Председатель ЦК  С.Г. Стрельцова

Согласовано:

Заведующий практиками

«20» 10 2022 г.

 Ю.С. Тимошенко

1 Введение

Цель методических рекомендаций по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Электротехника и электроника" - организация эффективного выполнения лабораторных работ, предусмотренных программой учебной дисциплины.

Данный комплекс лабораторных работ составлен в соответствии с рабочей программой по дисциплине и направлен на формирование общих компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;

и профессиональных компетенций:

ПК 2.1. Обслуживать и эксплуатировать лабораторное оборудование, испытательное оборудование и средства измерения химико-аналитических лабораторий.

ПК 2.2 Проводить качественный и количественный анализ неорганических и органических веществ химическими и физико-химическими методами

ПК 3.2 Организовывать безопасные условия процессов и производства.

Также на закрепление навыков работы с лабораторным оборудованием, развитие внимательности и аккуратности при выполнении лабораторных работ, приобретение первых навыки проведения научных исследований, необходимых современным специалистам.

Весь процесс выполнения лабораторных работ включает в себя теоретическую подготовку, ознакомление с приборами и сборку схем, проведение опыта и измерений, числовую обработку результатов лабораторного эксперимента и сдачу отчета по выполненной работе.

Предварительная подготовка к выполнению работы состоит в следующем. В учебнике, главы и параграфы, которого указываются, повторяется теоретический материал, относящийся к выданному заданию. Затем уже по полученному методическому указанию по выполнению лабораторной работы и данному лабораторному стенду составляется *протокол*, который содержит следующее:

1. Название и чья работа;
2. Цель работы;
3. Технические характеристики электроизмерительных приборов: а) название прибора; б) тип прибора; в) система прибора; г) предел измерения; д) цена деления; е) класс точности; ж) проверка изоляции прибора повышенным напряжением; з) для

измерения какой величины предназначен прибор; к) рабочее положение шкалы прибора, оформляются в таблицу:

Таблица технических характеристик приборов

№ п/п	Наименование приборов	Тип прибора	Предел измерения	Цена деления	Класс точности	Количество

4. Электрическая принципиальная схема цепи (выполняется только при помощи чертежных инструментов).
5. Краткий ход работы из методики по выполнению лабораторной работы.
6. Таблица наблюдений и измерений.

Проведение опыта и измерений

При выполнении лабораторных работ измерение физических величин необходимо проводить в строгой, заранее предусмотренной последовательности.

Преподаватель принимает выполненную учащимся лабораторную работу в индивидуальном порядке. Хорошо выполненные работы следует рекомендовать для ознакомления всем учащимся. Для зачета, по окончании лабораторных работ, учащийся представляет надлежащим образом оформленную тетрадь.

Требования к оформлению отчетного материала:

Отчет по лабораторной работе содержит следующее:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Математические вычисления с объяснением применяемых формул.
4. Таблица наблюдений, измерений и вычислений.
5. Графики, векторные диаграммы (которые можно выполнить в любом графическом редакторе на компьютере и вклеить в отчет).

Вывод (заключение о проделанной работе).

Форма контроля:

Проверка и оценка отчета преподавателем.

Критерии оценки лабораторных занятий

Оценка «5» (отлично) ставится, если учащийся:

- ✓ выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- ✓ самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов;

- ✓ соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления;
- ✓ правильно выполняет анализ погрешностей.

Оценка «4» (хорошо) ставится в том случае, если были выполнены требования к оценке «5», но допущены недочеты или негрубые ошибки.

Оценка «3» (удовлетворительно) ставится, если результат выполненной части таков, что позволяет получить правильные выводы, но в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

Оценка «2» (неудовлетворительно) ставится, если результаты не позволяют сделать правильных выводов, а так же если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

Информационное обеспечение обучения

Перечень основной и дополнительной литературы, электронных ресурсов

Основная литература:

1. Кузовкин В. А. Электротехника и электроника : учебник для среднего профессионального образования / В. А. Кузовкин, В. В. Филатов. – Москва : Юрайт, 2021. – 431 с. URL: <https://urait.ru/viewer/elektrotehnika-i-elektronika-470002#page/1>
2. Миловзоров О. В. Основы электроники : учебник для СПО / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2022. – 344 с. URL: <https://urait.ru/viewer/osnovy-elektroniki-489826#page/1>
3. Электротехника : учебник и практикум для среднего профессионального образования / под ред. Н. К. Миленина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 263 с. URL: <https://urait.ru/viewer/elektrotehnika-453208#page/2>

Дополнительная литература:

4. Гальперин М. В. Электротехника и электроника : учебник / М. В. Гальперин. – 2-е изд. – Москва : Форум : Инфра-М, 2019. – 480 с.
URL: <https://new.znaniy.com/catalog/document?id=327916>
5. Электротехника : сетевой электронный научный журнал. – Магнитогорск : Радионов Андрей Александрович URL: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=51219

Электронные ресурсы:

Российские ресурсы:

1. Электронная библиотека ИРНИТУ: <http://elib.istu.edu/>
2. Электронно-библиотечная система «Лань»: <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС Юрайт: <https://urait.ru/>
4. Научные электронные журналы на платформе eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>
5. ЭБС PROобразование: www.prospo.ru/
6. ЭБС Znaniy.com: <http://znaniy.com/>
7. ЭБС «Академия»: <http://www.academia-moscow.ru/>

Зарубежные электронные научные журналы и базы данных

База данных Springer Nature Experiments (ранее Springer Protocols): <https://experiments.springernature.com/>

Доступ из внутренней сети вуза

Wiley Online Library: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

Доступ из внутренней сети вуза

Таблица – Перечень лабораторных работ

№	Тема	Вид, номер и название работы	Коды общих и профессиональных компетенций	Количество часов
1	Тема 1.3. Электрические цепи постоянного тока. Основные понятия электрических цепей. Разветвленные электрические цепи постоянного тока	Лабораторная работа № 1 Режимы работы электрических цепей	ОК 01-06. ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 3.2.	2
		Лабораторная работа № 2 Проверка закона Ома для участка цепи	ОК 01-06. ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 3.2.	2
		Лабораторная работа № 3 Исследование свойств электрической цепи с последовательным, параллельным и смешанным соединением резисторов	ОК 01-06. ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 3.2.	2
		Лабораторная работа № 4 Исследование электрической цепи с несколькими источниками электрической энергии	ОК 01-06. ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 3.2.	2
	Тема 1. 4. Электромагнетизм	Лабораторная работа №5 Исследование свойств индуктивно-связанных катушек	ОК 01-06. ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 3.2.	2
	Тема 1. 5. Электрические цепи однофазного переменного тока	Лабораторная работа № 6 Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного и индуктивного сопротивлений	ОК 01-06. ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 3.2.	2
		Лабораторная работа № 7 Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением индуктивного и емкостного сопротивлений. Резонанс токов.	ОК 01-06. ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 3.2.	2
	Тема 1.10 Электрические цепи трёхфазного переменного тока	Лабораторная работа № 8 Исследование трехфазной цепи при соединении приемников энергии звездой и треугольником (практическая подготовка).	ОК 01-06. ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 3.2.	2
	Тема 1.11 Электрические измерения и	Лабораторная работа №9 Измерение сопротивлений электрической цепи	ОК 01-06. ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 3.2.	1

	электроизмерительные приборы	(Практическая подготовка)		
	Тема 2.1 Физические основы электроники. Полупроводниковые приборы	Лабораторная работа № 10 Исследование характеристик полупроводникового диода (Практическая подготовка)	<i>ОК 01-06. ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 3.2.</i>	1
	Промежуточная аттестация	Зачёт	<i>ОК 01-06. ПК 2.1. ПК 2.2. ПК 3.2.</i>	2
	Итого:			20

Лабораторная работа № 1

Наименование работы: «Режимы работы электрических цепей»

Количество часов – 2.

Цель работы:

- ✓ Изучить режимы работы источника электрической энергии.
- ✓ Проанализировать соотношение между э.д.с. и напряжением на зажимах цепи.
- ✓ Определить баланс мощности в электрической цепи.

Оборудование: лабораторный стенд, содержащий:

источник электроэнергии – 1 шт.

амперметр (0-0,1)А – 1 шт.

вольтметр (0-100)В – 2 шт.

Порядок выполнения работы.

1. Записать технические характеристики измерительных приборов в таблицу.
2. Собрать цепь (рис. 1.).
3. Проверить начальное положение органов управления: все тумблеры отключены, переключатели ЛАТРа установлены в положение, соответствующее $U_{\text{вых}} = 0\text{В}$.
4. Получив разрешение преподавателя, включить стенд. Установить переключателями ЛАТРа $U_{\text{вых}} = 43\text{В}$, тумблер переключения диапазона регулирования напряжения ЛАТРа – в «нижнее» положение «0 - 100В). Включить тумблер «Вкл. ИП», контролировать по вольтметру напряжение ЛАТРа $U_{\text{вых}}$ должно быть 40 - 45В, при необходимости подрегулировать его с помощью галетных переключателей. Установить переключатель на резисторе R13 в положение 500 Ом.

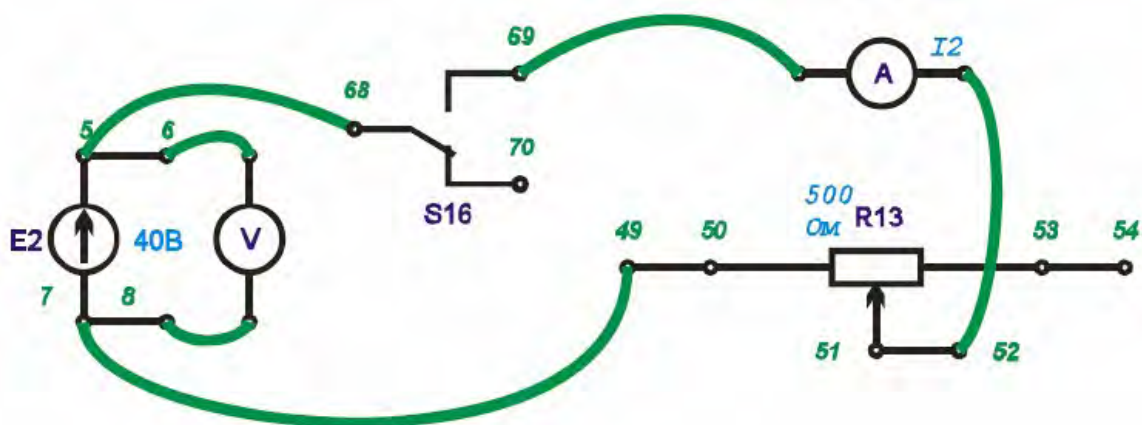


Рисунок 1

5. При разомкнутом тумблере «S16» измерить э.д.с. и записать показания в таблицу 1.
6. Включить тумблер S16 и записать показания приборов в таблицу 1 (показания амперметра снимать по дополнительной «цветной» шкале).
7. Для нескольких значений сопротивления резистора R13 (500 – 1000 Ом) записать в таблицу 1. значения тока и напряжения. По окончании опыта установить органы управления в исходные положения, отключить тумблеры «ИП» и затем «Сеть».
8. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 1.

№ п/п	Замеры			Расчеты									Режимы
	E ₂	I ₂	U ₂	r ₀₂	U ₀₂	P ₀₂	P _{r2}	ΔP	P	R	η		
	В	А	В	Ом	В	Вт	Вт	Вт	Вт	Ом	%		
1													х.х.
2													Рабочий режим
3													
4													
5													

$$r_{02} = \frac{E_2 - U_2}{I_2};$$

9. Расчетные формулы.

$$U_{02} = I r_{02};$$

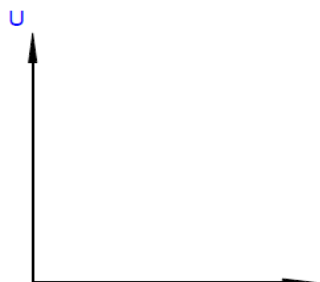
$$P_{02} = I^2 r_{01}; P_{r2} = E_2 I;$$

$$P = IU; \quad \eta\% = \frac{P}{P_r} 100;$$

10. Убедится, что $P_r = P + P_0$;

11. По данным таблицы построить внешнюю характеристику источника.

$$U = f(I);$$



Сделать заключение по данной лабораторной работе.

1. Изменение напряжения на зажимах источника с ростом нагрузки.
2. Значение потерь и к.п.д. источника.

Лабораторная работа №2

Наименование работы:

«Проверка закона Ома для участка цепи»

Количество часов – 2.

Цель работы:

- ✓ исследовать изменение токов, напряжений, мощностей, к.п.д. в неразветвленной цепи при изменении одного из двух сопротивлений.
- ✓ ознакомиться с режимами работы цепи (х.х., к.з.).
- ✓ снять вольтамперную характеристику резистора.

Оборудование: лабораторный стенд, содержащий:

источник электроэнергии – 1 шт.

амперметр (0-0,1)А – 1 шт.

вольтметр (0-100)В – 1 шт.

вольтметр (0-25)В – 1 шт.

вольтметр (0-25/100)В – 1 шт.

резисторы – 2 шт.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Записать технические характеристики измерительных приборов в таблицу.
2. Изучить и собрать электрическую цепь, представленную на рис. 2.
3. Проверить начальное положение органов управления: все тумблеры отключены, переключатели ЛАТРа установлены в положение, соответствующее $U_{\text{вых}} = 0\text{В}$.

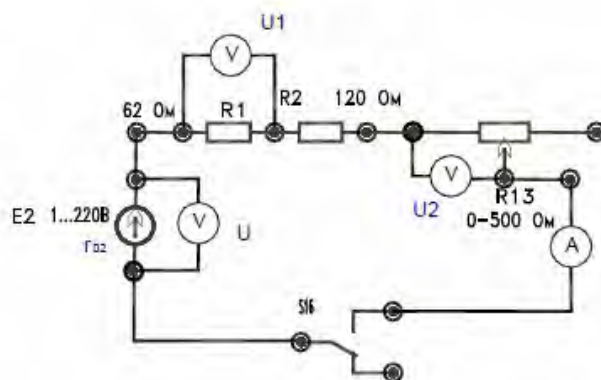


Рисунок 2

4. Получив разрешение преподавателя, включить стенд. Установить переключателями ЛАТРа $U_{\text{вых}} = 43\text{В}$, тумблер переключения диапазона регулирования напряжения ЛАТРа – в «нижнее» положение «0 --- 100В»). Включить тумблер «Вкл. ИП», контролировать по вольтметру напряжение ЛАТРа $U_{\text{вых}}$ должно быть 40-50В, при необходимости подрегулировать его с помощью галетных переключателей.
5. Установить переключатель на резисторе R13 в положение (0) Ом.
6. Включить тумблер S16 и записать показания приборов в таблицу 2 (показания амперметра снимать по дополнительной «цветной» шкале).
7. Замкнуть тумблер S16 и, изменяя сопротивление R13 (100, 200, 300, 400, 500) записать показания приборов для каждого значения R13 в таблицу 2.
8. Расчетные формулы.

Таблица 2.

№ п/п	Замеры					Расчеты										Результаты
	E	I	U	U ₁	U ₂	r	R ₁	R ₂	R	P ₀	P ₁	P ₂	P _R	P	η	
	В	А	В	В	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	%	
1																х.х.
2																Рабочий режим
3																
4																
5																к.з.

10. По данным таблицы построить график зависимостей.

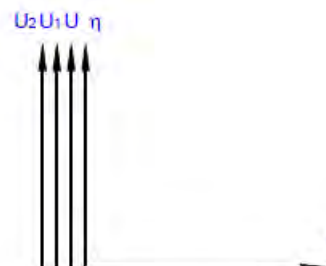
$$r_0 = \frac{E - U}{I}; \quad R_1 = \frac{U_1}{I}; \quad R_2 = \frac{U_2}{I}; \quad R = \frac{U}{I};$$

$$U = f(I); \quad U_1 = f(I); \quad U_2 = f(I); \quad \eta = f(I);$$

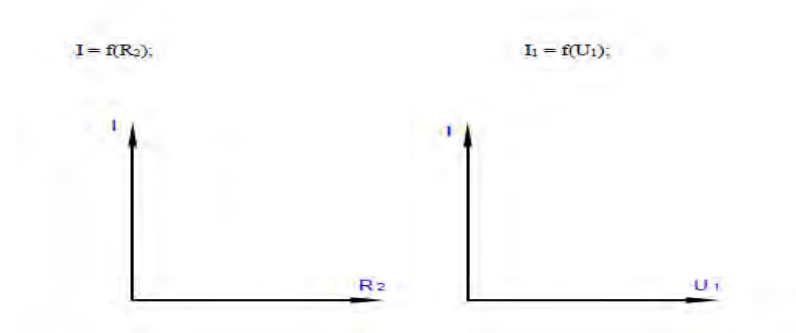
$$P_1 = I^2 R_1; \quad P_2 = I^2 R_2; \quad P_0 = I^2 r_{02};$$

$$P = UI = P_1 + P_2; \quad P_r = UI;$$

$$I_{\text{кз}} = \frac{E}{r_{02}}; \quad \eta = \frac{P}{P_r} 100\%;$$



Построить вольтамперную характеристику резистора.



Сделать заключение по данной лабораторной работе.

- ✓ Возможные режимы работы электрической цепи.
- ✓ Характеристика изменения тока при увеличении сопротивления (R_{13}).
- ✓ Характеристика изменения напряжения и к.п.д. при увеличении тока.

Лабораторная работа № 3

Наименование работы:

«Исследование свойств электрической цепи с последовательным, параллельным и смешанным соединением резисторов»

Количество часов – 2.

Цель работы:

- ✓ проверка на опыте особенностей параллельного соединения резисторов.
- ✓ проверка 1-го закона Кирхгофа.

Оборудование: лабораторный стенд, содержащий:

источник электроэнергии – 1 шт.

амперметр (0-0,1)А – 3 шт.

вольтметр (0-25)В – 1 шт.

вольтметр (0-25/100)В – 1 шт.

резисторы – 3 шт.

Прядок выполнения работы.

1. Записать технические характеристики измерительных приборов в таблицу.
2. Изучить и собрать электрическую цепь (рис. 3), ее принципиальная схема рис.3.1. Проверить начальное положение органов управления: все тумблеры отключены, переключатели ЛАТРа установлены в положение, соответствующее $U_{\text{вых}} = 0\text{В}$.

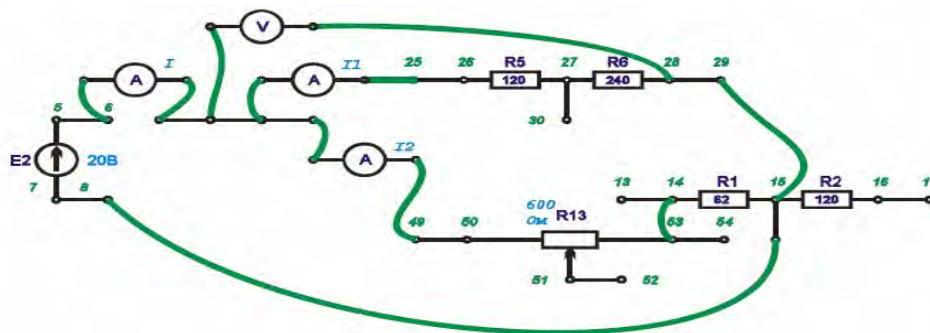


Рис. 3.1

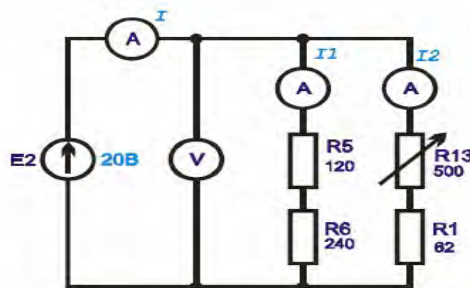


Рисунок 3

3. Переключатель на резисторе R13 установить в положение 500 Ом. Установить галетными переключателями ЛАТРа напряжение источника E2 около 20В. Включить тумблер «Вкл.ИП», контролировать по вольтметру соответствие напряжения заданному значению, при необходимости подрегулировать его с помощью галетных переключателей. Занести показания приборов в таблицу 3 (показания амперметра снимать по дополнительной «цветной» шкале). Увеличить выходное напряжение на ЛАТРе на несколько вольт, не допуская «зашкаливания» амперметра, измеряющего суммарный ток цепи. Занести показания приборов в таблицу 3.

4. Установить галетными переключателями ЛАТРа напряжение источника E2 около 20В. Перевести переключатель резистора R13 в положение 400 Ом. Занести показания приборов в таблицу 4.

5. Расчетные формулы.

$$g = \frac{I}{R}; \quad P = UI; \quad P_{\text{общ}} = P_1 + P_2 = UI;$$

6. Убедиться, что

$$\frac{1}{g_1} + \frac{1}{g_2} = \frac{U}{I_1} + \frac{U}{I_2};$$

$$I - I_1 - I_2 = 0;$$

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{I_1}{I_2};$$

7. Таблица замеров и расчетов.

Таблица 3.

№ п/п	Замеры					Расчеты									
	U	I	I ₁	I ₂		g ₁	g ₂		g	P ₁	P ₂		P	I ₁ /I ₂	g ₁ /g ₂
	В	А				Ом ⁻¹				Вт				-	-
1															
2															
3															
4															

Сделать заключение по данной лабораторной работе.

1. Распределение токов в ветвях при параллельном соединении резисторов.
2. Подтверждение 1-го закона Кирхгофа.

Лабораторная работа № 4

Наименование работы:

«Исследование электрической цепи с несколькими источниками электрической энергии»

Количество часов – 2.

Цель работы:

- ✓ Опытная проверка принципа наложения токов.

Оборудование: лабораторный стенд, содержащий:

источник электроэнергии – 2 шт.

амперметр (0-0,1)А – 3 шт.

вольтметр (0-25)В – 1 шт.

Порядок выполнения работы.

1. Проверить начальное положение органов управления: все тумблеры отключены, переключатели ЛАТРа установлены в положение, соответствующее $U_{вых} = 0В$, а тумблер переключения диапазона регулирования напряжения ЛАТРа – в «нижнее» положение «0 -- 100В».
2. Получив разрешение преподавателя, включить стенд. Включить тумблер «Вкл.ИП», Измерить величину ЭДС E_1 с помощью вольтметра. Выключить тумблер «Вкл.ИП».
3. Подключить вольтметр для измерения ЭДС E_2 . Установить переключателями ЛАТРа ЭДС E_2 равной E_1 (тумблер переключения диапазона регулирования напряжения ЛАТРа – должен находиться в «нижнем» положении «0 --- 100В»). Включить тумблер «Вкл.ИП». Проверить по вольтметру условие приблизительного равенства $E_1 = E_2$, при необходимости подрегулировать ЭДС E_2 с помощью галетного переключателя с «малым шагом напряжения». Выключить тумблер «Вкл.ИП». Выключить стенд.
4. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 4.1.).
5. Получив разрешение преподавателя, включить стенд. Включить тумблер «Вкл.ИП». По показаниям амперметров записать в таблицу 4 значения токов I_1 , I_2 , I_3 . Выключить тумблер «Вкл.ИП». Выключить стенд.

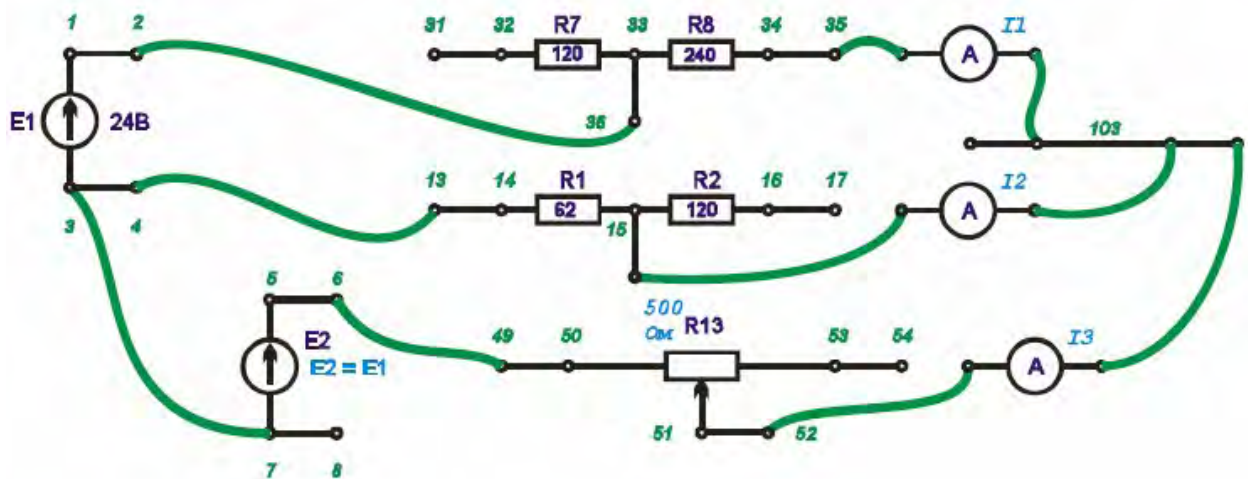
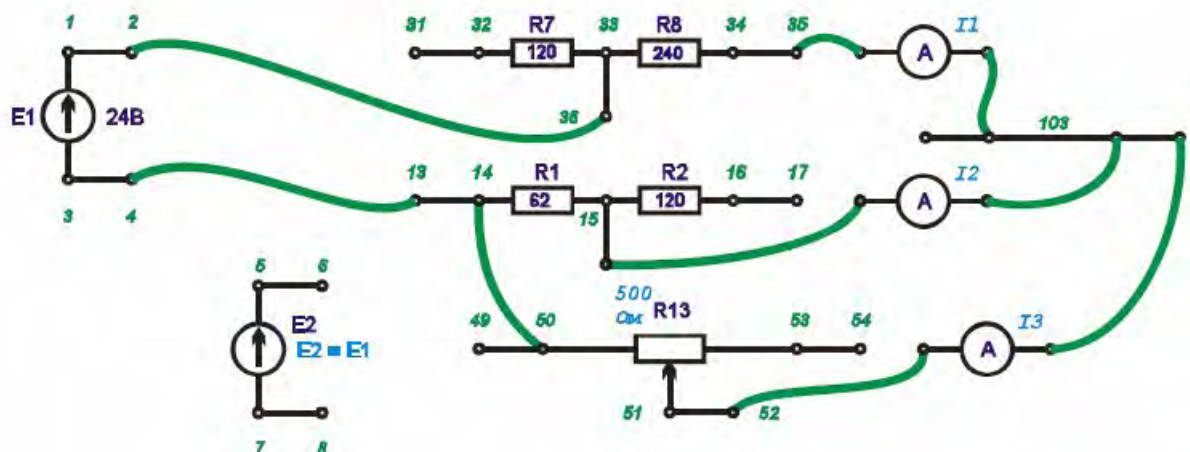


Рисунок 4

6. Собрать схему электрической цепи (рис. 4) с одним источником ЭДС: E1.
7. Получив разрешение преподавателя, включить стенд. Включить тумблер «Вкл. ИП». По показаниям амперметров записать в таблицу 4 значения токов I_1' , I_2' , I_3' записать в таблицу 4. Выключить тумблер «Вкл. ИП». Выключить стенд.
8. Собрать схему электрической цепи (рис. 4.) с одним источником ЭДС: E2.
9. Получив разрешение преподавателя, включить стенд. Включить тумблер «Вкл. ИП». По показаниям амперметров записать в таблицу 6 значения токов I_1'' , I_2'' , I_3'' .
10. Значения внутренних сопротивлений r_{01} и r_{02} , сопротивлений резисторов взять R1, R2, R3 из лабораторной работы № 1 и записать в таблицу 4.



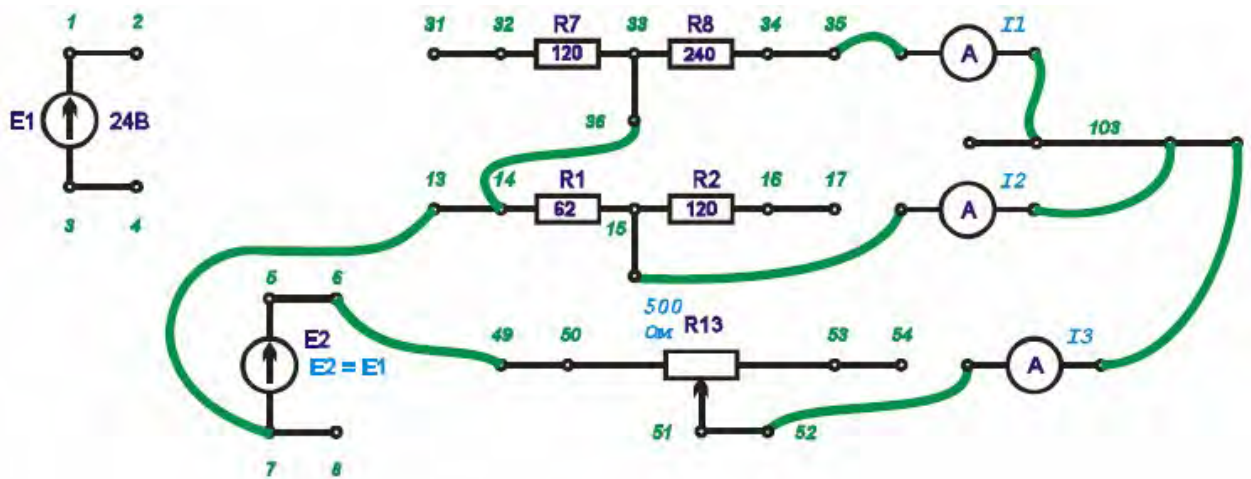


Рисунок 4.1

11. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 4

Способ определения токов	E_1	E_2	I_1'	I_2'	I_3'	I_1''	I_2''	I_3''	I_1	I_2	I_3
	В		А								
Из опыта											
Из расчета											

12. Расчет токов для схемы рис.4 записать в отчете. Расчет токов произвести методом наложения.

Сделать заключение по данной лабораторной работе.

✓ Опытное подтверждение принципа наложения.

Лабораторная работа № 5

«Исследование свойств индуктивно-связанных катушек»

Цель работы:

Определить индуктивность катушек и взаимную индуктивность.

Выяснить, как изменяется индуктивность от способа включения катушек.

Количество часов – 2.

Оборудование:

Катушка индуктивности - 1 шт.

Амперметр (0-0,1)А - 1 шт.

Вольтметр (0-100)В - 1 шт.

Порядок выполнения работы.

1. Записать технические характеристики измерительных приборов в таблицу.
2. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 5.1) с встречным включением индуктивностей. Проверить начальное положение органов управления: все тумблеры отключены, переключатели ЛАТРа установлены в положение, соответствующее $U_{\text{вых}} = 0\text{В}$, а тумблер переключения диапазона регулирования напряжения ЛАТРа - в «нижнее» положение «0 - 100В».
3. Установить регулятор L1.1 в положение «5».
4. Получив разрешение преподавателя включить стенд. Включить тумблер «Вкл.ИП». Увеличить напряжение на выходе ЛАТРа переключателями галетника от «0» до значения (60-75)В с условием, чтобы ток в цепи не превышал значения 0,1 А. Показания приборов записать в таблицу. Выключить тумблер «Вкл.ИП». Выключить стенд.
5. Собрать электрическую цепь по схеме согласного включения индуктивностей (рис. 8.2.).
6. Включить стенд. Не меняя положения галетных переключателей ЛАТРа, включить тумблер «Вкл.ИП». Результаты наблюдений записать в таблицу 5. Выключить тумблер «Вкл.ИП». Выключить стенд. Переключатели ЛАТРа установить в положение, соответствующее $U_{\text{вых}} = 0\text{В}$.

Таблица 5 (показаний и расчетов)

№ п/п	Объект измерения	Замеры		Расчеты				
		U, В	I, А	f, Гц	$\omega, \text{с}^{-1}$	X, Ом	L, Гн	M, Гн
1				50				-
2								-
3				50				
4								

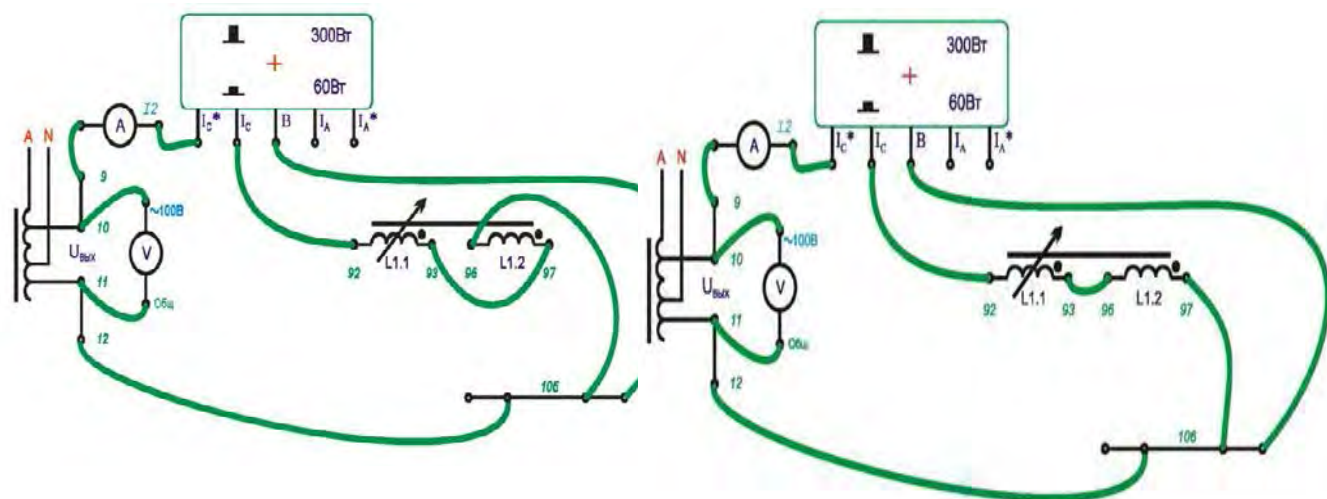


Рисунок 5.1

Формулы расчета:

$$X = \frac{U}{I}; \quad \omega = 2\pi f; \quad L = \frac{X}{2\pi f}; \quad M = \frac{L_{\text{созл}} - L_{\text{встр}}}{4};$$

Сделать заключение по данной лабораторной работе.

- ✓ Влияние схемы включения обмоток на индуктивность катушки.
- ✓ Факторы, влияющие на взаимную индуктивность двух катушек.

Лабораторная работа № 6

Наименование работы: «Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного и индуктивного сопротивлений»

Цель работы:

Определение опытным путем параметров неразветвленной цепи с активным сопротивлением и катушкой.

Количество часов – 2.

Оборудование:

Катушка с переменной индуктивностью – 1 шт.

Амперметр (0-0,1)А – 1 шт.

Вольтметр (0-100)В – 3 шт.

Ваттметр (0-60)Вт – 1 шт.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Записать технические характеристики измерительных приборов в таблицу.
2. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 6.).

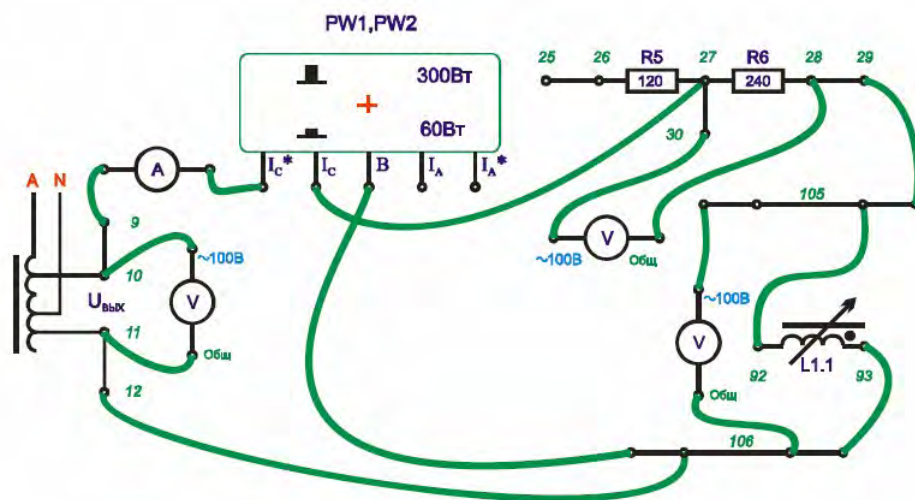


Рисунок 6

3. Проверить начальное положение органов управления: все тумблеры отключены, переключатели ЛАТРа установлены в положение, соответствующее $U_{\text{вых}} = 0\text{В}$, а тумблер переключения диапазона регулирования напряжения ЛАТРа – в «нижнее» положение «0 -- 100В».
4. Установить переключатель на катушке L1.1 в положение «5».
3. Получив разрешение преподавателя, включить стенд. Увеличивать напряжение от «0» до значения 35–45В, при котором ток не превышает 0,1А. Показания приборов записать в таблицу 6. Выключить тумблер «Вкл.ИП».

4. Поочередно устанавливая переключатель L1.1 в положение «6»- «7»- «8»- «9»- «10», включить тумблер «Вкл.ИП» и повторить измерения. Показания приборов записать в таблицу 6.
5. Выключить тумблер «Вкл.ИП». Выключить стенд. Переключатели ЛАТРа установить в положение, соответствующее $U_{\text{вых}} = 0\text{В}$.
6. Таблица замеров и расчетов 6:

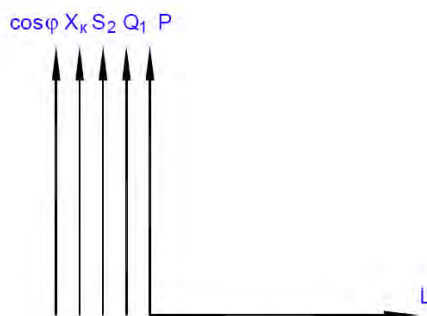
№п/п	Замеры					Расчеты												
	U	U _R	U _K	I	P	Z	R _{общ}	R	r _K	x _K	L _K	cosφ	φ	U _{QK}	U _{PK}	S	Q	
	В	В	В	А	Вт	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Гн	--	град	В	В	ВА	вар	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		

Расчетные формулы:

$$\begin{aligned}
 & \frac{UU}{\text{---}} \quad \frac{PP}{\text{---}} \quad \frac{UU_{RR}}{\text{---}} \\
 & ZZ = \frac{UU}{II}; RR_{\text{общ}} = \frac{PP}{II^2}; RR = \frac{UU_{RR}}{II}; \quad \frac{RR_{\text{общ}}}{\text{---}} \\
 & r_{kk} = RR_{\text{общ}} - RR; XX_{kk} = \sqrt{ZZ^2 - RR_{\text{общ}}^2}; \text{-----} = \text{---} \\
 & ff = 50\text{Гц}; LL = \frac{XX_{kk}}{2\pi ff}; \quad \frac{ZZ}{\text{---}}; \\
 & \frac{UU_{QK}}{\text{---}} = II r_{kk}; QQ = II^2 XX_{kk} = UU_{PK} II;
 \end{aligned}$$

$$SS = UUII; UU_{PKK} = UU_{LL} = LLXX_{LL}$$

7. По данным таблицы построить графики зависимостей:
 $P = f(L_K)$; $X_K = f(L_K)$; $Q = f(L_K)$; $S = f(L_K)$; $\cos\varphi = f(L_K)$.



8. Для одного значения индуктивностей построить векторную диаграмму, треугольник сопротивлений и треугольник мощностей.

Сделать вывод по данной лабораторной работе:

- ✓ Характер изменения сопротивлений, силы тока при изменении индуктивности.
- ✓ Характер изменения мощностей и коэффициента мощности при изменении индуктивности.

Лабораторная работа № 7

Наименование работы: «Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивлений. Резонанс токов»

Цель работы.

- ✓ Исследовать резонанс токов.
- ✓ Снять резонансные кривые при переменной емкости.

Количество часов – 4.

Оборудование.

Амперметр (0-0,1)А – 3 шт.

Вольтметр (0-100)В – 1 шт.

Катушка индуктивности – 1 шт.

Конденсаторная батарея – 1 шт.

Порядок выполнения работы.

1. Записать технические характеристики измерительных приборов в таблицу.
2. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 7.). Проверить начальное положение органов управления: все тумблеры отключены, переключатели ЛАТРа установлены в положение, соответствующее $U_{\text{вых}} = 0\text{В}$, а тумблер переключения диапазона регулирования напряжения ЛАТРа – в «нижнее» положение «0 --- 100В».
3. Установить переключатель на катушке L1 в положение «10». Установить емкость наборного конденсатора C1 8 мкФ.
4. Получив разрешение преподавателя, включить стенд. Включить тумблер «Вкл.ИП». Увеличивать напряжение от «0» до значения 50-60В, при котором ток I_2 через конденсатор C1 не превышает 0,1А .
5. Установить емкость наборного конденсатора C1 2-3 мкФ. Опытным путем подобрать емкость батареи, при которой наблюдается явление резонанса токов – общий ток I_1 становится минимальным, а уменьшение или увеличение емкости конденсаторной батареи C1 ведет к увеличению общего тока I_1 . При найденном значении резонансной емкости убедиться, что величина общего тока I_1 находится в пределах 0,03 – 0,035А. Если ток I_1 меньше величины 0,03А (начало шкалы измерений), то следует увеличить выходное напряжение ЛАТРа на несколько вольт с помощью галетника с малым шагом напряжения.
6. Изменяя емкость конденсаторной батареи от 0 мкФ до величины, при которой величина тока I_2 через конденсатор не превышает величины 0,1А (6 – 10мкФ), записать показания приборов записать в таблицу 7. Выключить тумблер «Вкл. ИП». Выключить стенд. Установить все органы управления в исходное положение.

$$r = \frac{U}{I_2}(\text{Ом});$$

№ п/п	Замеры					Расчеты															
	U	I ₁	I ₂	I ₃	C	r	P	X _c	Y _k	b _L	b _C	b	Y	cosφ	sinφ	φ	I _{сх}	I _L	Q	S	g
	B	A			мкФ	Ом	Вт	Ом	Ом ⁻¹				-	-	град	A	A	вар	ВА	Ом ⁻¹	
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					

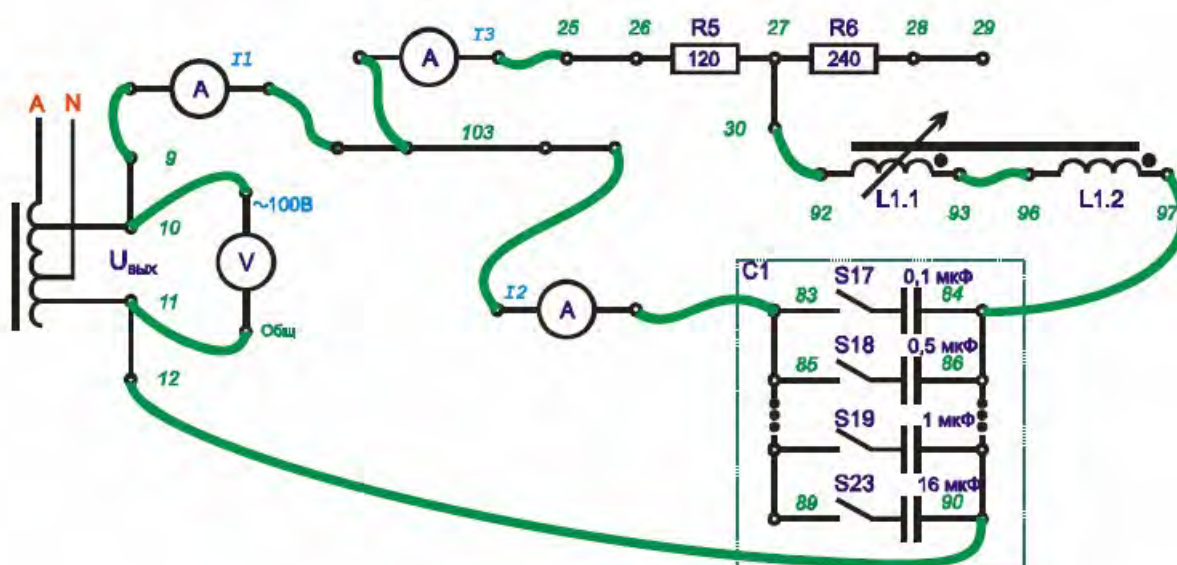


Рисунок 7

8. Расчетные формулы.

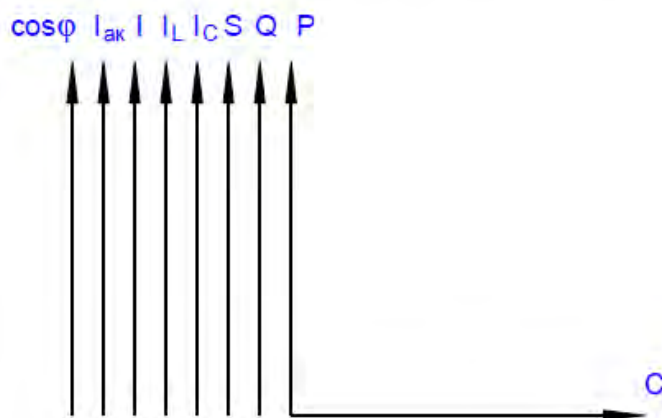
$$X_c = \frac{10^6}{314C}; \quad g = ry_k; \quad y_k = \frac{I_2}{U}; \quad y = \frac{I_1}{U}; \quad \omega = 314_{с^{-1}};$$

$$b_L = \sqrt{y_k^2 + g^2}; \quad b_C = \frac{I_3}{U}; \quad b = (b_L - b_C); \quad P = UI_1 \cos \varphi; \quad \cos \varphi = \frac{g}{y}; \quad \sin \varphi = \frac{b}{y};$$

$$I_{ак} = Ug; \quad I_L = Ub_L; \quad I_3 = I_C; \quad S = UI_1; \quad Q = S \sin \varphi;$$

9. По данным таблицы построить графики зависимостей.

$$I = f(C); \quad I_{AK} = f(C); \quad I_C = f(C); \quad I_L = f(C); \quad \cos\varphi = f(C); \quad P = f(C); \\ Q = f(C); \quad S = f(C); \quad X_C = f(C);$$



10. Построить векторные диаграммы для трех различных режимов цепи.

$bC < bL$; $bC = bL$; $bC > bL$;

11. Определить волновое сопротивление колебательного контура.

$$\rho = \frac{1}{\omega C_{рез}} = [Ом]; \quad \omega = 314_{с^{-1}}; \quad f = 50 Гц;$$

12. Определить индуктивность катушки, при которой в цепи резонанс токов.

$$L = \frac{X_K}{\omega}; \quad X_K = \frac{U}{I_2} = \frac{1}{y_K};$$

13. Определить добротность колебательного контура.

$$Q = \frac{\rho}{r};$$

Сделать заключение по лабораторной работе:

- ✓ Возможность получения резонанса токов.
- ✓ Характер резонансных кривых при изменении емкости цепи.
- ✓ Убедиться, что $X_{с рез} = X_{L рез}$.

Наименование работы: «Исследование трехфазной цепи при соединении приемников энергии звездой и треугольником»

Цель работы:

1. Установить соотношение между линейными и фазными токами и напряжениями при различной нагрузке фаз.
2. Выявить роль нейтрального провода, построить векторные диаграммы.

Количество часов – 2, из них на практическую подготовку 2 часа.

Оборудование.

Амперметр (0-0,5)А – 4 шт.

Вольтметр (0-250)В – 1 шт.

Вольтметр (0-100)В – 1 шт.

Ламповый реостат – 1 шт.

Прядок выполнения работы.

1. Записать технические характеристики измерительных приборов в таблицу.
2. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 8.). Включить тумблеры S1 - S15, т.е. установить симметричную нагрузку фаз – в каждой фазе включено по 5 ламп (рычажок в верхнее положение; схема включения нагрузки: 5=5=5).

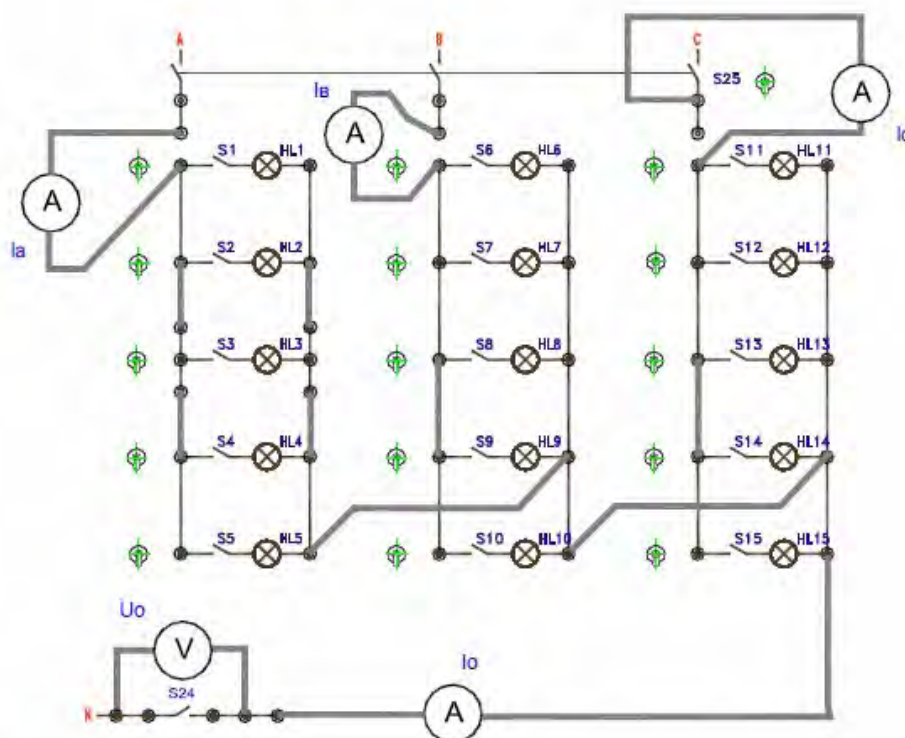


Рисунок 8

3. Получив разрешение преподавателя, включить стенд тумблером «СЕТЬ».
4. При замкнутом тумблере S24 (нейтраль замкнута) включить тумблер подачи трехфазного питания в схему S25. Любым свободным вольтметром измерить фазные и линейные напряжения. Для измерения фазных напряжений (U_A , U_B , U_C ,) вольтметр включать поочередно между точками «А-Н», «В-Н», «С-Н» а для измерения линейных напряжений (U_{AB} , U_{BC} , U_{CA}) вольтметр включить между клеммами «А-В»; «В-С»; «А-С». Провести измерения величин токов при включенном тумблере S24 (схема включения нагрузки – звезда с нейтралью) и при выключенном тумблере S24 (схема включения нагрузки – звезда без нейтрали). Показания приборов записать в таблицу 8.
5. Переключить нагрузку по схеме 5=4=2 (т.е. в фазе «А» - включены пять лампочек, в фазе «В» - включены четыре лампочки, в фазе «С» - включена одна лампочка). Провести измерения величин токов и напряжений при включенном тумблере S24 (схема включения нагрузки – звезда с нейтралью) и при выключенном тумблере S24 (схема включения нагрузки – звезда без нейтрали). Показания приборов записать в таблицу 8. Выключить тумблер S25. Отключить стенд. Отключить все тумблеры лампового реостата и тумблер S24.
6. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 8

Нагрузка	Нейтраль	Из опыта									Из расчета						
		I_A	I_B	I_C	I_0	U_0	U_A	U_B	U_C	U_L	U_L/U_A	I_0	U_0	P_A	P_B	P_C	P
		А			В					-	А	В	Вт				
Симметричная	вкл																
	раз																
Несимметричная	вкл																
	раз																
	вкл																
	раз																

7. Расчетные формулы.

$$\dot{I}' = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C; \quad \underline{y}_A = \frac{\dot{I}_A}{\dot{U}_A}; \quad \underline{y}_B = \frac{\dot{I}_B}{\dot{U}_B}; \quad \underline{y}_C = \frac{\dot{I}_C}{\dot{U}_C};$$

$$P_A = U_A I_A \cos \varphi_A; \quad P_B = U_B I_B \cos \varphi_B; \quad P_C = U_C I_C \cos \varphi_C; \quad P = P_A + P_B + P_C;$$

$$\cos \varphi_A = \cos \varphi_B = \cos \varphi_C = 1;$$

8. Для одного случая симметричной нагрузки в отчете записать расчет тока в нулевом проводе и напряжение смещения нейтрали.
9. По данным таблицы и расчета построить векторные диаграммы для трех случаев.
- 9.1. . Равномерная нагрузка при включенной нейтрали.
- 9.2. Неравномерная нагрузка при включенной нейтрали.

9.3. Та же неравномерная нагрузка при отключенной нейтрали.

Сделать заключение по данной лабораторной работе.

1. Соотношения между линейными и фазными напряжениями при симметричной и несимметричной нагрузками.
2. Соотношения между линейными и фазными токами.
3. Целесообразность нулевого провода при симметричной и несимметричной нагрузками.
4. Распределение напряжений на фазах при симметричной и несимметричной нагрузках при разомкнутом нулевом проводе.
5. Определение мощности трехфазного потребителя.

Лабораторная работа № 9

Наименование работы: «Измерение сопротивлений электрической цепи»

(метод амперметра и вольтметра)

Количество часов – 1, из них на практическую подготовку 1 час.

Цель работы: изучение погрешностей косвенных измерений электрического сопротивления.

Краткие теоретические сведения:

Применение метода амперметра и вольтметра для измерения электрического сопротивления R основано на использовании закона Ома для участка цепи. Метод сводится к регистрации силы тока, протекающего через участок цепи, включающий исследуемое сопротивление, и падения напряжения U на нем. Величина сопротивления определяется затем по формуле:

$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Погрешность определения сопротивления проводника методом амперметра и вольтметра оценивается как погрешность, косвенных измерений в соответствии с общим правилом. Хотя на самом деле сопротивление проводника не зависит от тока и напряжения, а определяется только его свойствами и геометрическими размерами, при выводе формулы для оценки погрешностей величина R с формальной точки зрения рассматривается как функция напряжения и силы тока. Частные производные по напряжению и току соответственно равны:

$$\frac{\partial R}{\partial U} = \frac{1}{I}, \quad \frac{\partial R}{\partial I} = -\frac{U}{I^2} \quad (2)$$

При оценке погрешностей измерения напряжения и тока следует быть внимательным: кроме основных инструментальных погрешностей, определяемых по классу точности приборов, появляются и методические погрешности, величина которых зависит от способа включения амперметра и вольтметра в электрическую цепь.

Если собрать цепь в соответствии со схемой рис. 9а, то вольтметр будет регистрировать напряжение на сопротивлении R , а амперметр в этом случае покажет силу тока I' , равную сумме токов, текущих через сопротивление (I) и вольтметр (I_V):

$$I' = I + I_V \quad (3)$$

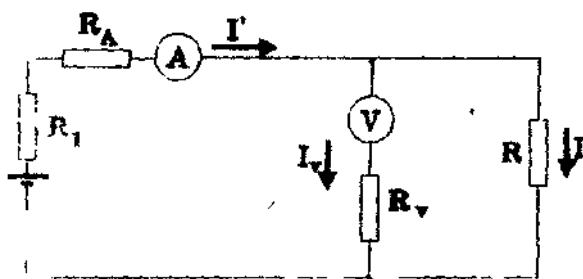


Рисунок 9а

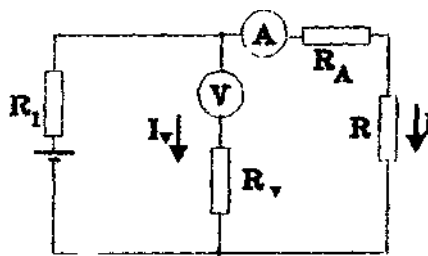


Рисунок 9б

Два варианта включения амперметра и вольтметра в электрическую цепь

На основании закона Ома для участка цепи

$$I_V = \frac{U}{R_V}, \quad (4)$$

где R_V внутреннее сопротивление вольтметра.

Погрешность регистрации силы тока амперметром включает в себя в этом случае основную инструментальную погрешность ($\delta I_{инстр}$) методическую погрешность ($\delta I_{мет} = I_V$). В соответствии с правилом сложения составляющих систематической погрешности

$$|\delta I| = |\delta I_{инстр}| + |\delta I_{мет}| = \frac{\gamma_A I_H}{100} + \frac{U}{R_V}, \quad (5)$$

где γ_A класс точности амперметра. I_H - предел измерений амперметра.

Погрешность измерения напряжения в данном случае равна основной инструментальной погрешности вольтметра, которая определяется по его классу точности.

В рассматриваемом случае точность измерения сопротивления возрастает при уменьшении силы тока, проходящего через вольтметр. Поэтому результирующая погрешность может быть существенно уменьшена при использовании вольтметра с большим внутренним сопротивлением ($R_V \gg R$).

Исключить погрешность, обусловленную протеканием части регистрируемого тока через вольтметр, можно путем коррекции расчетной формулы (5):

$$R = \frac{UR_V}{IR_V - U} \quad (6)$$

Однако, в этом случае изменяются и величины производных $\frac{\partial R}{\partial U}$ и $\frac{\partial R}{\partial I}$, которые присутствуют в формуле для расчета погрешности косвенных измерений сопротивления:

$$\frac{\partial R}{\partial U} = \frac{R \left(\frac{IR_V - U}{R_V} \right) + UR_V}{(IR_V - U)^2} = \frac{IR_V^2}{(IR_V - U)^2} \quad (7)$$

$$\frac{\partial R}{\partial I} = \frac{UR_V^2}{(IR_V - U)^2} \quad (8)$$

При подстановке значений производных (7), (8) в формулу (6) учитывать методическую составляющую измерения погрешности силы тока уже не следует.

В цепи схема, которой изображена на рис.9б, амперметр измеряет силу тока, действительно протекающего через сопротивление R однако вольтметр регистрирует сумму напряжений на исследуемом сопротивлении и внутреннем сопротивлении амперметра R_A

$$U' = U + IR_A \quad (9)$$

Регистрация силы тока амперметром осуществляется с погрешностью, равной основной инструментальной погрешности прибора. Измерение напряжения вольтметром производится с погрешностью, равной

$$|\delta \mathcal{U}| = |\delta \mathcal{U}_{инстр}| + |\delta \mathcal{U}_{мет}| = \frac{\gamma_v U}{100} + IR_A \quad (10)$$

где γ_V и U_H , - класс точности и предел измерений вольтметра.

В данном случае также существуют два варианта обработки результатов прямых измерений. Если в расчетную формулу (8) подставить показания приборов, то при оценке погрешности по правилу (6) погрешность измерения напряжения необходимо определить с помощью формулы (11). Возможна и корректировка расчетной формулы:

$$R = \frac{U - IR_A}{I} \quad (11)$$

Выражения для частных производных (7,8) при этом не изменяются.

Измерения сопротивления методом амперметра и вольтметра необходимо организовать так, чтобы минимизировать погрешности регистрации напряжения и силы тока.

Для этого существует несколько способов:

1. Выбор амперметра с малым ($R_A \ll R$) вольтметра с большим ($R_V \gg R$) внутренним сопротивлением.
2. При заданных параметрах измерительных приборов необходимо выбрать вариант измерительной цепи, обеспечивающих минимальную методическую погрешность.
3. Учет известных внутренних сопротивлений приборов путем коррекции расчетных формул.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с характеристиками амперметра и вольтметра (предел измерений, класс точности, внутреннее сопротивление) и запишите их в тетради. Рассчитать инструментальные погрешности приборов для различных пределов измерений.
2. Соберите электрическую цепь, схема которой изображена на рис. 9а. После разрешения преподавателя включите источник питания, снимите показания приборов и запишите их в таблицу:
3. Соберите электрическую цепь, схема которой изображена на рис. 9б. После разрешения преподавателя включите источник питания, снимите показания приборов и запишите их в таблицу.

[illegible]

Формула (6)									
Цепь рис. 9.б									
Формула (6)									

3. Рассчитайте величину сопротивления R для обеих измерительных цепей по формулам (6), (7) и (8) соответственно. Оцените для каждого случая основную инструментальную погрешность и погрешность, обусловленную взаимодействием приборов и объекта измерений (электрической цепи), при измерениях силы тока и напряжения. Определите величину погрешности косвенных измерений сопротивления при использовании для расчетов как формулы (6), так и скорректированных формул (7), (8). Результаты расчетов занесите в таблицу.

4. Сравните результаты определения сопротивления различными способами и сделайте вывод о наиболее целесообразном варианте его измерения.

Контрольные вопросы:

1. Какие измерения называются косвенными? По какому правилу определяется погрешность при косвенных измерениях?
2. Объясните происхождение погрешностей при измерениях сопротивления методом амперметра и вольтметра. Перечислите способы их уменьшения.
3. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.

Лабораторная работа № 10

Наименование работы: Исследование характеристик полупроводникового диода

Количество часов – 1 час, из них на практическую подготовку 1 час.

Цель работы: снять и проанализировать параметры вольтамперной характеристики диода.

Оборудование: лабораторный стенд

Порядок выполнения работы:

Схема исследования (рис.10):

5мА(250мкА)

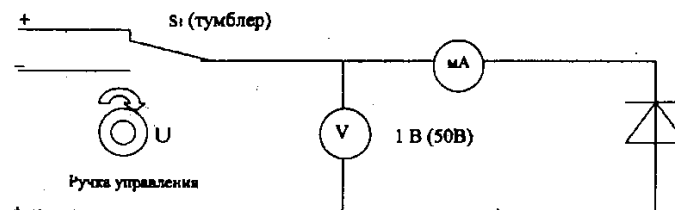


Рисунок 10.

В скобках указаны пределы измерений приборов при снятии обратной характеристики диода.

Подготовка стенда к работе:

1. Подключить измерительные приборы к схеме.
2. Ручку «U» установить в крайнее левое положение.
3. Тумблер S_1 в положение «+».

Порядок выполнения работы.

1. Снятие прямой характеристики диода:

Вращением ручки «U» вправо изменять напряжение на диоде от 0 до 1В через 0,1В, и наблюдать за током $I_{пр}$ и показания приборов записывать в таблицу 10.1

Таблица 10.1

U	В	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$I_{пр}$	мА							

После этого ручку «U» вывести в крайнее левое положение

2. Снятие обратной характеристики диода:

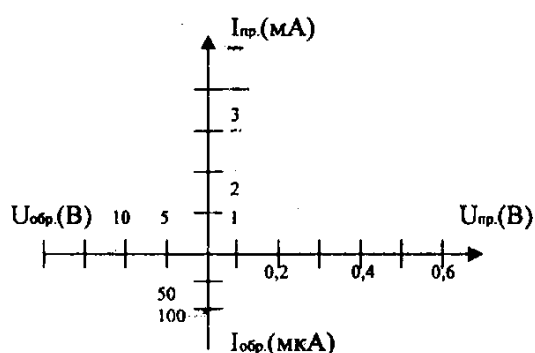
Полярность включения приборов поменять. Предел измерений приборов изменить. Тумблер «S₁» включить в положение (-). Вращением ручки «U» вправо изменять напряжение через 5В, показания приборов записывать в таблицу 10.2.

Таблица 10.2

U _{обр.}	В	0	5	10	15	20	25
I _{обр.}	мкА						

После снятия характеристики отключить питание, а схему разобрать.

По данным таблиц 10.1 и 10.2 построить вольтамперную характеристику диода.



Для этого необходимо приготовить оси координаты в масштабах соответствующих рисунку и по точкам построить график.

При анализе вольтамперной характеристики необходимо сделать следующие выводы:

1. Какое основное свойство подчеркивает характеристика диода?
2. При каком напряжении диод начинает проводить прямой ток и почему?
3. Какова величина обратного тока при $U_{обр}=25В$?