

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Ожерельевский ж.д. колледж - филиал ПГУПС

СОГЛАСОВАНО

Методист

_____ Л.А. Елина
« ____ » _____ 20 ____ г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

_____ Н.Н. Иванова
« ____ » _____ 20 ____ г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**по дисциплине Электротехника и электроника
(разделы 1, 3, 4)**

специальность 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка	5
2. Общие методические указания по выполнению лабораторных работ	8
3. Перечень лабораторных работ	9
3. Перечень литературы	10
4.Лабораторная работа №1 Проверка закона Ома	11
5. Лабораторная работа №2 Исследование электрической цепи с последовательным соединением сопротивлений	14
6. Лабораторная работа №3 Исследование электрической цепи с параллельным соединением сопротивлений	17
7.Лабораторная работа №4 Исследование электрической цепи со смешанным соединением сопротивлений	20
8. Лабораторная работа №5 Исследование неразветвленной электрической цепи с несколькими источниками ЭДС. Построение потенциальной диаграммы.	23
9. Лабораторная работа №6 Исследование сложной электрической цепи	26
10. Лабораторная работа №7 Проверка законов электромагнитной индукции	29
11. Лабораторная работа №8 Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и катушки индуктивности	32
12.Лабораторная работа №9 Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и конденсатора	35
13. Лабораторная работа №10 Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления, катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс напряжений	38
14.Лабораторная работа №11 Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением двух катушек индуктивности	41
15. Лабораторная работа №12 Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс токов.	44

16. Лабораторная работа №13	
Измерение коэффициента мощности и его повышение	47
17. Лабораторная работа №14	
Исследование трехфазной цепи при соединении приемников электроэнергии звездой и треугольником	50
18. Лабораторная работа №15	
Исследование работы генератора постоянного тока с параллельным возбуждением	54
19. Лабораторная работа №16	
Исследование трехфазного асинхронного двигателя	57
20. Лабораторная работа №17	
Исследование однофазного трансформатора	59
21. Лабораторная работа №18	
Поверка технического вольтметра	62
22. Лабораторная работа №19	
Анализ устройства и принципа действия электроизмерительных приборов непосредственной оценки	65
23. Лабораторная работа №20	
Измерение сопротивления изоляции электрической цепи мегаомметром	69
24. Лабораторная работа №21	
Поверка и настройка электрических счетчиков	72
25. Лабораторная работа №22	
Измерение активной и реактивной электрической мощности в цепях трехфазного переменного тока	75
26. Лабораторная работа №23	
Измерение активной и реактивной электрической энергии трехфазными счетчиками	78

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине Электротехника и электроника. Разделы 1,3,4 составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников СПО по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) и на основе рабочей программы дисциплины Электротехника и электроника.

В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен **иметь практический опыт:**

- расчета электрических и магнитных цепей;
- применения инструкций и нормативных правил при составлении отчетов и разработке технологических документов.

В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен **уметь:**

- подбирать электроизмерительные приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками;
- снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;
- собирать электрические цепи;
- рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей;
- читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;
- оформлять отчеты о проделанной работе.

В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен **знать:**

- методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей;
- основные законы электротехники;
- основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств;
- принцип действия, устройство, основные характеристики электротехнических устройств и приборов;

- способы получения, передачи и использования электрической энергии;
- способы соединения конденсаторов, резисторов;
- определение простых и сложных электрических цепей постоянного тока, порядок расчета цепей;
- явления электромагнитной индукции, самоиндукции, взаимной индукции;
- условия возникновения резонанса напряжений и токов, их свойства и практическое применение;
- понятие коэффициента мощности, практическое значение и способы его повышения;
- порядок расчета цепей переменного тока символическим методом;
- схемы соединения обмоток генератора и приемников электроэнергии звездой и треугольником, роль нулевого провода в схеме соединения звездой.

Процесс изучения дисциплины Электротехника и электроника направлен на подготовку к освоению общих компетенций, включающих в себя способность:

ОК 01 - понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес;

ОК 02 - организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество;

ОК 03 - принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность;

ОК 04 - осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития;

ОК 05 - использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 06 - работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями;

ОК 07 - брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий;

ОК 08 - самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации;

ОК 09 - ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Общей целью проведения практических занятий является формирование у обучающихся профессиональных компетенций:

ПК 1.1. Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей;

ПК 1.2. Выполнять основные виды работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии;

ПК 1.3. Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем;

ПК 1.5. Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию.

- составления электрических схем устройств электрических подстанций и сетей;

- модернизации схем электрических устройств подстанций;

- применения инструкций и нормативных правил при составлении отчетов и разработке технологических документов.

Рабочая программа дисциплины Электротехника и электроника. Разделы 1,3,4 предусматривает 46 часов лабораторных работ.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

К выполнению лабораторных работ допускается подгруппа 12 – 15 человек. В зависимости от рабочих мест в лаборатории подгруппа разбивается на бригады, состоящие из двух – трех студентов. При выполнении лабораторных работ студенты должны находиться на своих рабочих местах. Смена мест производится только по разрешению преподавателя.

За несколько дней до проведения студенты получают задание к лабораторной работе и должны подготовиться к нему по учебной литературе, а также подготовить бланк отчета по лабораторной работе.

Перед началом первой лабораторной работы студентам проводится в обязательном порядке инструктаж по технике безопасности с соответствующим оформлением в журнале инструктажа лаборатории.

Во время работы в лаборатории возможно воздействие следующих опасных факторов:

- опасное напряжение в электрической сети 220 В и 127 В переменного тока;
- опасное напряжение в электрической сети 110 В и 220 В постоянного тока.

Для обеспечения безопасных условий работы студентов в лаборатории определены зоны повышенной опасности:

- розетки с напряжением 220 В;
- лабораторные стенды ЛЭС-5;
- лабораторные стенды ЛСЭ-2.

Средствами индивидуальной защиты при выполнении лабораторных работ являются измерительные приборы, соединительные провода с изолированными выводами, инструмент с изолированными рукоятками.

Студенты, допустившие нарушение инструкции по охране труда, от выполнения работы отстраняются. Допуск к выполнению работы производится после повторного изучения инструкции по охране труда (внепланового инструктажа).

Перед началом работы проводится комплексная проверка технического состояния стендов, измерительных приборов, соединительных проводников.

Запрещается всякое самовольное включение лабораторных стендов. Цепь включается только после проверки преподавателем и по его разрешению. Переключения в схеме, смена приборов разрешается только при отключенном стенде. Запрещается прикасаться к неизолированным частям, контактам. В случае сильного нагрева элементов цепей, появления дыма, запаха, необходимо немедленно обесточить оборудование и позвать преподавателя.

По окончании работы необходимо отключить питание, привести в порядок рабочее место, убрать все измерительные приборы.

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Номер работы	Название работы	Количество часов
1	Проверка закона Ома	2
2	Исследование электрической цепи с последовательным соединением сопротивлений	2
3	Исследование электрической цепи с параллельным соединением сопротивлений	2
4	Исследование электрической цепи со смешанным соединением сопротивлений	2
5	Исследование неразветвленной электрической цепи с несколькими источниками ЭДС. Построение потенциальной диаграммы.	2
6	Исследование сложной электрической цепи	2
7	Проверка законов электромагнитной индукции	2
8	Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и катушки индуктивности	2
9	Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и конденсатора	2
10	Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления, катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс напряжений	2
11	Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением двух катушек индуктивности	2
12	Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс токов.	2
13	Измерение коэффициента мощности и его повышение	2
14	Исследование трехфазной цепи при соединении приемников электроэнергии звездой и треугольником	2
15	Исследование работы генератора постоянного тока с параллельным возбуждением	2
16	Исследование трехфазного асинхронного двигателя	2
17	Исследование однофазного трансформатора	2
18	Проверка технического вольтметра	2

19	Анализ устройства и принципа действия электроизмерительных приборов непосредственной оценки	2
20	Измерение сопротивления изоляции электрической цепи мегаомметром	2
21	Поверка и настройка электрических счетчиков	2
22	Измерение активной и реактивной электрической мощности в цепях трехфазного переменного тока	2
23	Измерение активной и реактивной электрической энергии трехфазными счетчиками	2
	Итого	46

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Кривоногов Н.А. и др. Общая электротехника: учебное пособие: - Ростов на Дону, Феникс, 2016. – 222 с.
2. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники: учеб. пособие. - 13-е изд., доп. и перераб. - М., 2010.

Дополнительная литература

1. Кацман М.М. Электрические машины. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 496 с.

Лабораторная работа №1 Проверка закона Ома

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

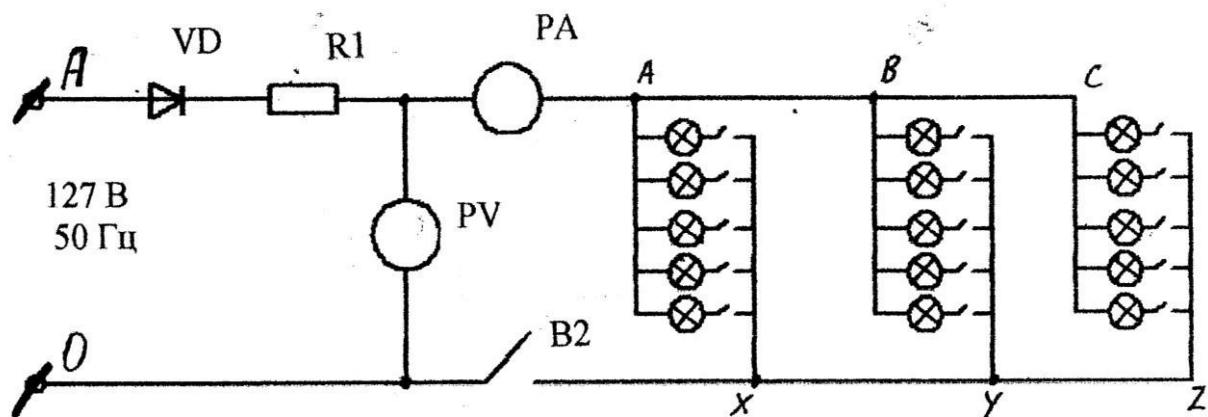


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	PV- вольтметр	150 В	
2	РА- амперметр	1 А	
3	VD- полупроводниковый диод	-	-
4	R1 - резистор	-	-
5	A-X, B-Y, C-Z ламповые реостаты	-	-

Краткие теоретические сведения

Направленное движение электрически заряженных частиц называется электрическим током.

Противодействие, которое оказывает проводник проходящему току, называется электрическим сопротивлением.

Устройства, имеющие сопротивления и включаемые в электрическую цепь для ограничения или регулирования тока, называются резисторами и реостатами.

Разность потенциалов двух точек электрического поля называется электрическим напряжением.

Закон Ома устанавливает прямо пропорциональную зависимость между напряжением и током в электрической цепи.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь.

Подготовить приборы к работе.

1. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
2. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
3. **Первый опыт:** Измерить значение ЭДС вольтметром PV при разомкнутом ключе $B2$. Результат измерения записать в таблицу 2.
4. **Второй опыт:** Включить выключатель $B2$. На ламповом реостате включить две лампы. Показания приборов записать в таблицу 2.
5. **Третий опыт:** На ламповом реостате включить еще две лампы. Показания приборов записать в таблицу 2.
В следующих опытах каждый раз добавлять по две лампы.
6. Отключить стенд. Результаты измерений показать преподавателю.
7. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Таблица 2- Результаты измерений и вычислений

№	Измерения			Вычисления				
	E, В	U, В	I, А	R, Ом	U ₀ , В	P _{полн} , Вт	P _{полезн} , Вт	η, %
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

Таблица 3- Указания к выполнению расчетов

Определение сопротивления приемника энергии	$R = \frac{U}{I}$	R =
Определение падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника питания	$U_0 = E - U$	U ₀ =
Определение полной мощности источника питания	$P_{полн} = E \cdot I$	P _{полн} =
Определение полезной мощности	$P_{полезн} = U \cdot I$	P _{полезн} =
Определение коэффициента полезного действия цепи	$\eta = \frac{P_{полезн}}{P_{полн}} \cdot 100\%$	η =

Расчет параметров электрической цепи производится для первого опыта. Для опытов 2-7 расчеты не показываются.

В одной координатной системе построить графики $U=f(I)$, $U_0=f(I)$.

Контрольные вопросы

1. Как измеряется ЭДС источника?
2. Приведите формулу закона Ома для замкнутой электрической цепи.
3. При разомкнутом ключе вольтметр показал 25 В. При замкнутом ключе амперметр показал 0,5 А, вольтметр- 20 В. Определите внутреннее сопротивление R_0 источника ЭДС .

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблица с результатами измерений и вычислений;
- таблица с расчетами электрических параметров (расчет первой строки);
- графики $U=f(I)$, $U_0 =f(I)$;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №2

Исследование электрической цепи с последовательным соединением сопротивлений

Цель работы: опытным путем убедиться в справедливости свойств электрической цепи с последовательным соединением сопротивлений

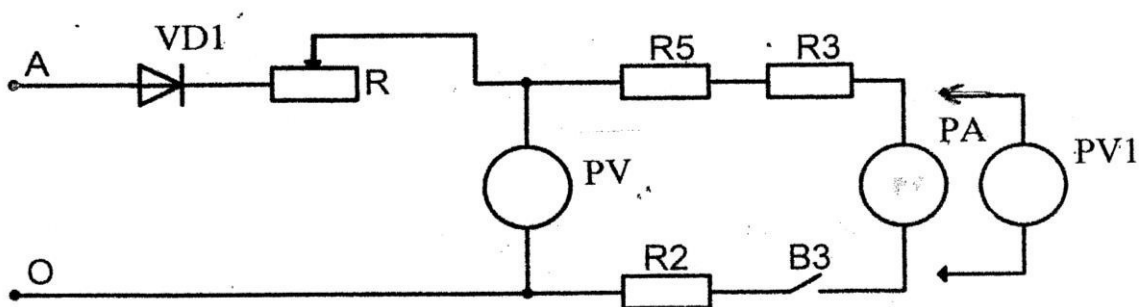


Рисунок 1 – Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	PV- вольтметр	150 В	
2	PV1- вольтметр	60 В	
3	РА- амперметр	2 А	
4	R2, R3, R5 – резисторы R - реостат	-	-
5	VD1- полупроводниковый диод	-	-

Краткие теоретические сведения

Последовательным называется соединение, при котором резисторы соединяются вслед один за другим без ответвлений. При этом образуется неразветвленная цепь, в которой во всех резисторах протекает одинаковый ток, падения напряжений пропорциональны сопротивлениям этих резисторов. Величина каждого сопротивления находится по формуле закона Ома для участка цепи

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

Эквивалентное сопротивление цепи означает равнозначное сопротивление, которым можно заменить все резисторы, сила тока при этом не изменится. Свойства последовательного соединения резисторов:

1. $R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

2. $I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$

$$3. U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

$$4. P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь.

Подготовить приборы к работе. Свойства последовательного соединения резисторов.

2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.

3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.

4. Первый опыт: Замкнуть пакетный выключатель стенда. Замкнуть ключ В2. С помощью реостата установить напряжение в цепи 80 В. Записать показания амперметра РА и вольтметра РV в таблицу 2. Вольтметром РV1 измерить падения напряжений на сопротивлениях R2, R3, R5. Результаты записать в таблицу 2.

5. Второй опыт: Разомкнуть пакетный выключатель стенда (отключить стенд). Закоротить сопротивление R3 и, не изменяя положения движка реостата, включить пакетный выключатель и повторить пункт 4.

6. Отключить стенд. Результаты измерений показать преподавателю.

7. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Таблица 2- Результаты измерений и вычислений

№	Измерения					Вычисления						
	U, В	I, А	U ₂ , В	U ₃ , В	U ₅ , В	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R ₅ , Ом	R _{экв} , Ом	P ₂ , Вт	P ₃ , Вт	P ₅ , Вт
1												
2												

Таблица 3- Указания к выполнению расчетов

Определить сопротивление R ₂	$R_2 = \frac{U_2}{I}$	R ₂ =
Определить сопротивление R ₃	$R_3 = \frac{U_3}{I}$	R ₃ =
Определить сопротивление R ₅	$R_5 = \frac{U_5}{I}$	R ₅ =
Определить эквивалентное сопротивление цепи	$R_{\text{экв}} = \frac{U}{I}$	R _{экв} =
Определить мощность P ₂	$P_2 = U_2 \cdot I$	P ₂ =
Определить мощность P ₃	$P_3 = U_3 \cdot I$	P ₃ =
Определить мощность P ₅	$P_5 = U_5 \cdot I$	P ₅ =

Расчет параметров электрической цепи производится для первого опыта.
Для опыта 2 расчеты не показываются.

Убедиться в справедливости равенств: $(P = U \cdot I) = (P' = P_2 + P_3 + P_5)$

$$(R = \frac{U}{I}) = (R' = R_2 + R_3 + R_5)$$

$$U = U_2 + U_3 + U_5$$

Контрольные вопросы

1. Какое соединение называется последовательным?
2. В чем состоит недостаток последовательного соединения?
3. Приведите формулы, по которым можно вычислить полную мощность цепи.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблица с результатами измерений и вычислений;
- таблица с расчетами электрических параметров (расчет первой строки);
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №3

Исследование электрической цепи с параллельным соединением сопротивлений

Цель работы: опытным путем убедиться в справедливости свойств электрической цепи с параллельным соединением сопротивлений

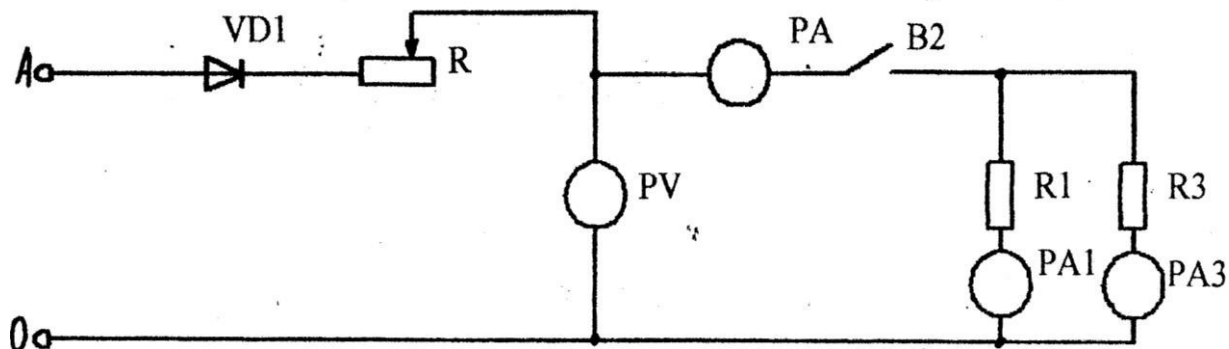


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1 - Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	PV- вольтметр	150 В	
2	РА- амперметр	2,5 А	
3	РА1- амперметр	1 А	
4.	РА3 - амперметр	2 А	
5.	R2, R3 – резисторы R - реостат	-	-
6.	VD1- полупроводниковый диод	-	-

Краткие теоретические сведения

Параллельным соединением резисторов называется такое, при котором начала всех резисторов соединены в одну точку или узел, а концы – в другую. При этом напряжения на параллельных резисторах будут одинаковыми. Токи распределяются обратно пропорционально величинам сопротивлений. Сила тока в неразветвленной части цепи определяется по первому закону Кирхгофа.

Свойства параллельного соединения резисторов:

$$1. \frac{1}{R_{ЭКВ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$2. I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$$3. U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots U_n$$

$$4. P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
- 4. Первый опыт: Замкнуть пакетный выключатель стенда. Замкнуть ключ В2.** С помощью реостата установить напряжение в цепи 50 В. Записать показания амперметров РА, РА1, РА3 и вольтметра РV в таблицу 2.
- 5. Второй опыт:** с помощью реостата R установить напряжение 55 В. Повторить замеры опыта 1.
- 6. Третий-шестой опыты:** с помощью реостата увеличивать напряжение через 5 В. Показания приборов записать в таблицу 2.
7. Отключить стенд. Результаты измерений показать преподавателю.
8. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Таблица 2- Результаты измерений и вычислений

№	Измерения				Вычисления						
	U, В	I, А	I ₁ , А	I ₃ , А	R ₁ , Ом	R ₃ , Ом	R _{экв} , Ом	I, А	P ₁ , Вт	P ₃ , Вт	P, Вт
1											
2											
3											
4											
5											
6											

Таблица 3- Указания к выполнению расчетов

Определить сопротивление R ₂	$R_1 = \frac{U}{I_1}$	R ₁ =
Определить сопротивление R ₃	$R_3 = \frac{U}{I_3}$	R ₃ =
Определить эквивалентное сопротивление цепи	$R_{\text{экв}} = \frac{R_3 \cdot R_1}{R_3 + R_1}$	R _{экв} =
Определить силу тока в цепи	$I = \frac{U}{R_{\text{экв}}}$	I =
Определить мощность P ₂	$P_1 = U \cdot I_1$	P ₁ =
Определить мощность P ₃	$P_3 = U \cdot I_3$	P ₃ =
Определить мощность P	$P = U \cdot I$	P =

Расчет параметров электрической цепи производится для первого опыта.

Для опыта 2-6 расчеты не показываются.

Убедиться в справедливости равенств: $(P = U \cdot I) = (P' = P_1 + P_3)$

$$I = I_1 + I_3$$

$$U = U_1 = U_3$$

Контрольные вопросы

1. Записать уравнение первого закона Кирхгофа для данной цепи?
2. В чем состоит достоинство параллельного соединения приемников электроэнергии?
3. Приведите примеры практического применения параллельного соединения электроприемников.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблица с результатами измерений и вычислений;
- таблица с расчетами электрических параметров (расчет первой строки);
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №4

Исследование электрической цепи со смешанным соединением сопротивлений

Цель работы: проверить основные соотношения между электрическими параметрами в цепи постоянного тока со смешанным соединением сопротивлений

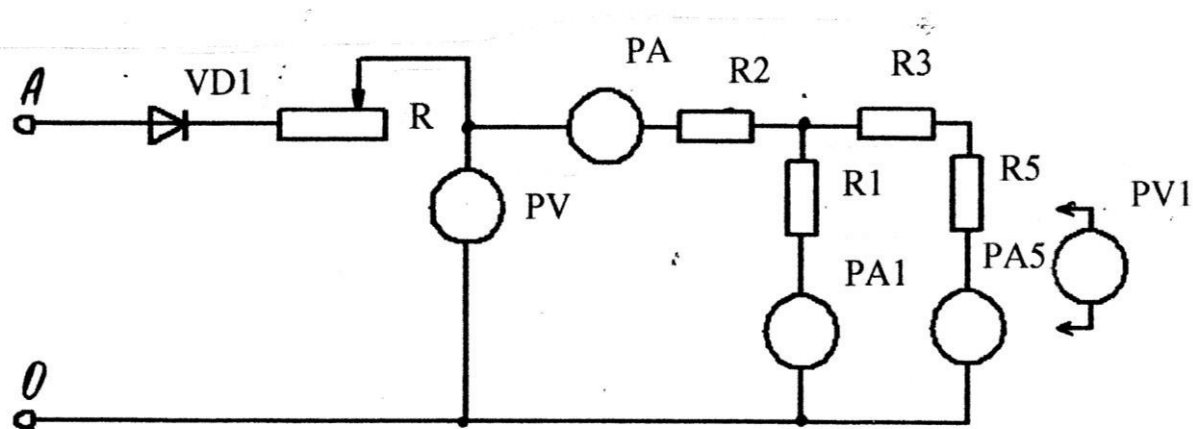


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	PV- вольтметр	150 В	
2	PV1- вольтметр	75 В	
2	РА- амперметр	2,5 А	
3	РА1- амперметр	1 А	
4	РА5 - амперметр	2 А	
5	R2, R2, R3, R5 – резисторы R - реостат	-	-
6	VD1- полупроводниковый диод	-	-

Краткие теоретические сведения

Смешанное соединение представляет собой сочетание последовательного и параллельного соединений резисторов. Эквивалентное сопротивление цепи определяется путем постепенного упрощения схемы, выделяя участки, соединенные последовательно или параллельно, и заменяя их эквивалентными сопротивлениями.

Свойства последовательного и параллельного соединения сопротивлений:

Таблица2- Свойства соединения сопротивлений

Последовательное соединение сопротивлений	Параллельное соединение сопротивлений
1. $R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$	1. $\frac{1}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$
2. $I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$	2. $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$
3. $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$	3. $U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$
4. $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$	4. $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. **Первый опыт: Замкнуть пакетный выключатель стенда.** С помощью реостата R установить напряжение в цепи 70 В. Записать показания амперметров PA, PA1, PA5 и вольтметра PV в таблицу 2. Вольтметром PV1 измерить падения напряжений на сопротивлениях R1, R2, R3, R5. Результаты записать в таблицу 3.
5. **Второй опыт:** с помощью реостата R установить напряжение 75 В. Повторить замеры опыта 1.
6. **Третий опыт:** с помощью реостата R установить напряжение 80 В. Повторить замеры опыта 1.
7. **Четвертый опыт:** Отключить стенд. Закоротить сопротивление R5. Включить стенд. Повторить замеры опыта 1.
8. Результаты измерений показать преподавателю.
9. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Таблица 3- Результаты измерений и вычислений

№	Измерения								Вычисления							
	U, В	I, А	U1, В	U2, В	U3, В	U5, В	I1, А	I3, А	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R5, Ом	R _{ЭКВ} , Ом	I _{P1} , А	U _{P1} , В	U _{P2} , В
1																
2																
3																
4																

Таблица 4- Указания к выполнению расчетов

Определить сопротивление R_1	$R_1 = \frac{U_1}{I_1}$	$R_1 =$
Определить сопротивление R_2	$R_2 = \frac{U_2}{I}$	$R_2 =$
Определить сопротивление R_3	$R_3 = \frac{U_3}{I_3}$	$R_3 =$
Определить сопротивление R_5	$R_5 = \frac{U_5}{I_3}$	$R_5 =$
Определить эквивалентное сопротивление цепи	$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{U}{I}$	$R_{\text{ЭКВ}} =$
Определить силу тока в цепи	$I_{P1} = \frac{U}{R_{\text{ЭКВ}}}$	$I_{P1} =$
Определить напряжение в цепи	$U_{P1} = U_2 + U_1$	$U_{P1} =$
Определить напряжение в цепи	$U_{P2} = U_2 + U_3 + U_5$	$U_{P2} =$
Определить мощность цепи	$P = I^2 \cdot R_{\text{ЭКВ}}$	$P =$

Расчет параметров электрической цепи производится для первого опыта. Для опыта 2-4 расчеты не показываются.

Убедиться в справедливости равенств: $(P = U \cdot I) = (P' = P_1 + P_2 + P_3 + P_5)$

$$I = I_1 + I_{3,5}$$

$$U_1 = U_3 + U_5$$

$$U = U_2 + U_1$$

Контрольные вопросы

1. Записать уравнение первого закона Кирхгофа для данной цепи?
2. Какое соединение резисторов называется смешанным?
3. Как изменится напряжение цепи при изменении сопротивления R_3 ?

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблица с результатами измерений и вычислений;
- таблица с расчетами электрических параметров (расчет первой строки);
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №5

Исследование неразветвленной электрической цепи с несколькими источниками ЭДС. Построение потенциальной диаграммы.

Цель работы: научиться измерять и рассчитывать потенциалы точек электрической цепи, строить потенциальную диаграмму.

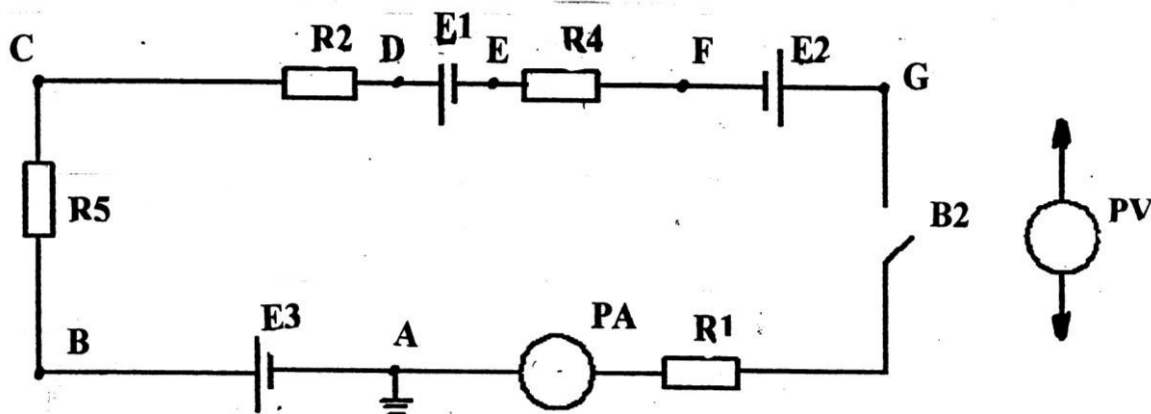


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	E1, E2, E ₃ – источники ЭДС	-	-
2	PV- вольтметр	15 В	
3	PA - амперметр	0,25 А	
4	R1 - резистор	100 Ом	
5	R2 - резистор	35 Ом	-
6	R4 - резистор	37,5 Ом	-
7	R5 - резистор	30 Ом	-

Краткие теоретические сведения

Для определения тока в цепи необходимо найти алгебраическую сумму ЭДС и полное сопротивление цепи. При обходе контура (цепи) по часовой стрелке ЭДС будет со знаком плюс в том случае, если ее направление совпадает с направлением обхода. Если суммарная ЭДС получится со знаком плюс, то направление тока в цепи будет совпадать направлением обхода контура. Если суммарная ЭДС получится со знаком минус, направление тока будет противоположно направлению обхода контура.

Неразветвленная электрическая цепь может содержать несколько источников ЭДС и сопротивлений. Для определения тока в цепи необходимо найти алгебраическую

Распределение потенциалов вдоль контура электрической цепи изображается графически на потенциальной диаграмме. Для построения потенциальной диаграммы по оси X в масштабе откладываются сопротивления участков в последовательности их обхода, по оси Y – значения потенциалов. Для измерения потенциала используется вольтметр, один вывод которого присоединяется к заземленной точке, а другой – к точке, потенциал которой необходимо измерить.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь.
Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Измерить вольтметром PV ЭДС источников тока E_1, E_2, E_3 (выключатель B_2 разомкнут). Результаты измерений записать в таблицу 2.
5. Измерить напряжения на зажимах источников U_1, U_2 и U_3 и силу тока в цепи I. Для измерения замкнуть выключатель B_2 . Результаты измерений записать в таблицу 2.
6. Вычислить внутренние сопротивления источников ЭДС:

$$R_{01} = \frac{E_1 - U_1}{I} \qquad R_{02} = \frac{E_2 - U_2}{I} \qquad R_{03} = \frac{E_3 - U_3}{I}$$

Результаты расчетов записать в таблицу 2.

Таблица 2- Результаты измерений и расчетов

Измерения							Вычисления		
$E_1, В$	$E_2, В$	$E_3, В$	$U_1, В$	$U_2, В$	$U_3, В$	I, А	$R_{01}, Ом$	$R_{02}, Ом$	$R_{03}, Ом$

7. С помощью вольтметра измерить потенциалы в указанных на схеме точках. Результаты измерений занести в таблицу 3.
8. На схеме указать направление тока. Выполнить расчет потенциалов в указанных на схеме точках. Результаты расчетов занести в таблицу 3.

Таблица 3- Результаты измерений и расчетов потенциалов

Измерения								Вычисления							
I, А	$\varphi_A, В$	$\varphi_B, В$	$\varphi_C, В$	$\varphi_D, В$	$\varphi_E, В$	$\varphi_F, В$	$\varphi_G, В$	I, А	$\varphi_A, В$	$\varphi_B, В$	$\varphi_C, В$	$\varphi_D, В$	$\varphi_E, В$	$\varphi_F, В$	$\varphi_G, В$

9. По результатам измерений построить потенциальную диаграмму. В той же системе по результатам расчетов построить потенциальную диаграмму. Сравнить две потенциальные диаграммы.
10. Результаты измерений и расчетов показать преподавателю.
11. Разобрать электрическую схему. Привести в порядок рабочее место.

Указания к расчету:
$$I = \frac{-E_1 + E_2 + E_3}{R_1 + R_2 + R_4 + R_5 + R_{01} + R_{02} + R_{03}}$$

$$\varphi_A = 0 \text{ В}$$

$$\varphi_B = \varphi_A + E_3 - IR_{03}$$

$$\varphi_C = \varphi_B - IR_5$$

$$\varphi_D = \varphi_C - IR_2$$

$$\varphi_E = \varphi_D - E_1 - IR_{01}$$

$$\varphi_F = \varphi_E - IR_4$$

$$\varphi_G = \varphi_F + E_2 - IR_{02}$$

$$\varphi_A = \varphi_G - IR_1$$

Контрольные вопросы

1. В каких случаях ЭДС источника имеет знак «минус»?
2. Как определяется ЭДС источника, напряжение на выводах источника?
3. Каковы режимы работы источников энергии?

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- потенциальные диаграммы по результатам измерений и расчетов;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №6 Исследование сложной электрической цепи

Цель работы: опытным путем убедиться в справедливости расчета сложной цепи постоянного тока методом узлового напряжения.

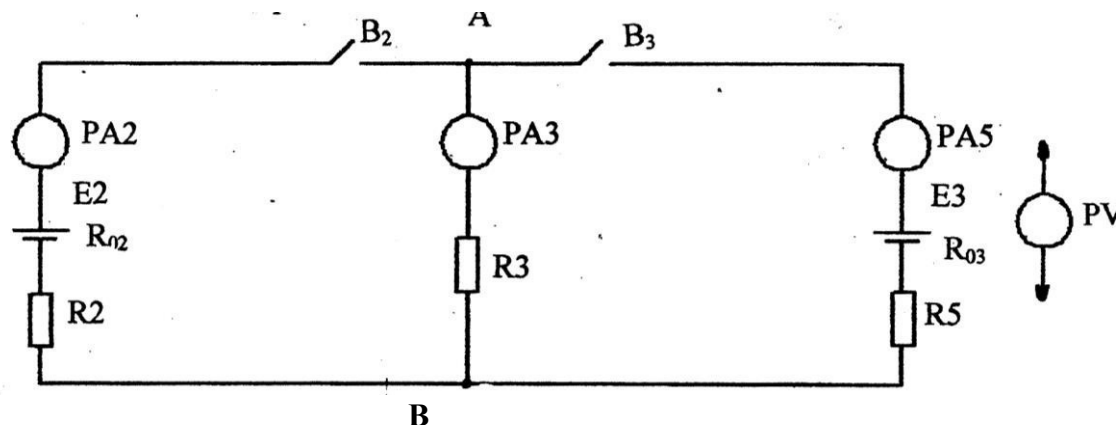


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	E_2, E_3 – источники ЭДС	-	-
2	PV- вольтметр	15 В	
2	PA1, PA2, PA3- амперметры	0,25 А	
3	R2 - резистор	35 Ом	-
4	R3 - резистор	75 Ом	-
5	R5 - резистор	30 Ом	-

Краткие теоретические сведения

Электрические цепи с несколькими контурами, состоящими из разных ветвей с произвольным размещением потребителей и источником энергии, называются сложными электрическими цепями. Для расчета сложной цепи методом узлового напряжения необходимо определить проводимости каждой ветви, рассчитать узловое напряжение. Расчетные формулы приведены ниже в данной работе. Определить направление тока в ветвях и режимы работы источников ЭДС. Если направление ЭДС в ветви совпадает с направлением тока в ветви, то источник работает в режиме генератора. Если направление тока в ветви противоположно направлению ЭДС, то источник работает в режиме потребителя.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Измерить вольтметром PV ЭДС источников тока E_2, E_3 (выключатели B_2 и B_3 разомкнуты).
5. Измерить напряжения на зажимах источников U_2 и U_3 , I_2 и I_3 . Для измерения U_2, I_2 замкнуть выключатель B_2 . (выключатель B_3 разомкнут). Для измерения U_3, I_3 замкнуть выключатель B_3 . (выключатель B_2 разомкнут). Результаты измерений записать в таблицу 2.

Таблица 2- Результаты измерений и вычислений

№ Источника ЭДС	E, В	U, В	I, А	R ₀ , Ом
E ₂				
E ₃				

6. По результатам измерений рассчитать внутренние сопротивления R_0 источников ЭДС:

$$R_{02} = \frac{E_2 - U_2}{I_2} =$$

$$R_{03} = \frac{E_3 - U_3}{I_3} =$$

7. Замкнуть выключатели B_2 и B_3 , измерить токи во всех ветвях цепи и узловое напряжение (напряжение между точками А и В). Результаты измерений занести в таблицу 3.

Таблица 3- Результаты измерений и вычислений

Способ определения величины	$U_{AB}, В$	$I_2, А$	$I_3, А$	$I_5, А$
Измерения				
Расчет				

8. Результаты измерений показать преподавателю.
9. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.
10. Рассчитать узловое напряжение и токи в ветвях методом узлового напряжения.

Результаты расчетов занести в таблицу 3. Сравнить результаты измерений и расчетов.

$$U_{AB} = \frac{E_2 \cdot g_1 + E_3 \cdot g_3}{g_1 + g_2 + g_3}$$

$$g_1 = \frac{1}{R_2 + R_{02}}$$

$$g_2 = \frac{1}{R_3}$$

$$g_3 = \frac{1}{R_5 + R_{03}}$$

$$I_1 = (E_1 - U_{AB}) \cdot g_1$$

$$I_2 = U_{AB} \cdot g_2$$

$$I_3 = (E_3 - U_{AB}) \cdot g_3$$

Контрольные вопросы

1. Какая электрическая цепь называется сложной?
2. Назовите методы расчета сложной электрической цепи.
3. Для каждого контура электрической цепи (см. рисунок 1) составить уравнения по второму закону Кирхгофа.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №7

Проверка законов электромагнитной индукции

Цель работы: опытным путем выяснить условия, при которых в катушке возникает ЭДС электромагнитной индукции, установить факторы, влияющие на величину и направление ЭДС.

Оборудование и приборы:

- две катушки индуктивности (большая и малая);
- два постоянных магнита;
- ферромагнитный сердечник;
- гальванометр магнитоэлектрической системы;
- источник постоянного тока;
- соединительные провода.

Краткие теоретические сведения

Явление электромагнитной индукции было открыто в 1831 года английским физиком М. Фарадеем, который сформулировал один из важнейших законов электротехники – закон электромагнитной индукции: при всяком изменении магнитного потока, пронизывающего замкнутый проводящий контур, в последнем наводится ЭДС.

Порядок выполнения работы

1. Подключить гальванометр к большой катушке. В большую катушку с разной скоростью вносить и выносить северный, а затем южный полюсы постоянного магнита. Записать направление и величину отклонения стрелки гальванометра. Выяснить, как влияет скорость движения магнита на величину индуктированной ЭДС ($\epsilon = Blv \sin \alpha$) и от чего зависит направление ЭДС.
2. Действия, указанные в первом пункте, произвести, вводя в катушку два одноименных полюса магнитов. Выяснить, как влияет изменение магнитного потока на величину ЭДС ($\epsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$).
3. Действия, указанные в первом пункте, произвести, вводя в катушку два разноименных полюса магнитов. Выяснить, как это влияет на изменение магнитного потока и на отклонение стрелки гальванометра.

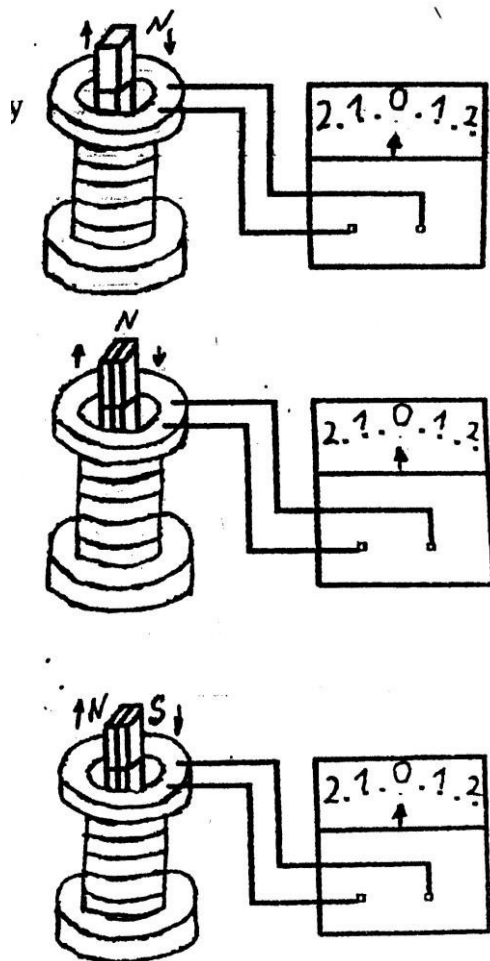


Рисунок 1 - Схема подключения гальванометра к катушке

1. К катушке, имеющей большее количество витков, подключить гальванометр, а к катушке, имеющей малое количество витков - источник постоянного тока. Катушку с током вносить и выносить из катушки с гальванометром.
2. Вставить в катушку, подключенную к источнику тока, ферромагнитный сердечник. Вносить и выносить ее из катушки, подключенной к гальванометру. Выяснить, как влияет потокосцепление на величину ЭДС ($\epsilon = - \frac{d\psi}{dt}$).
3. Разместить вторую катушку (малую) внутри первой (большой), включить и отключить ключом ток в первой катушке, наблюдая за отклонением стрелки гальванометра.

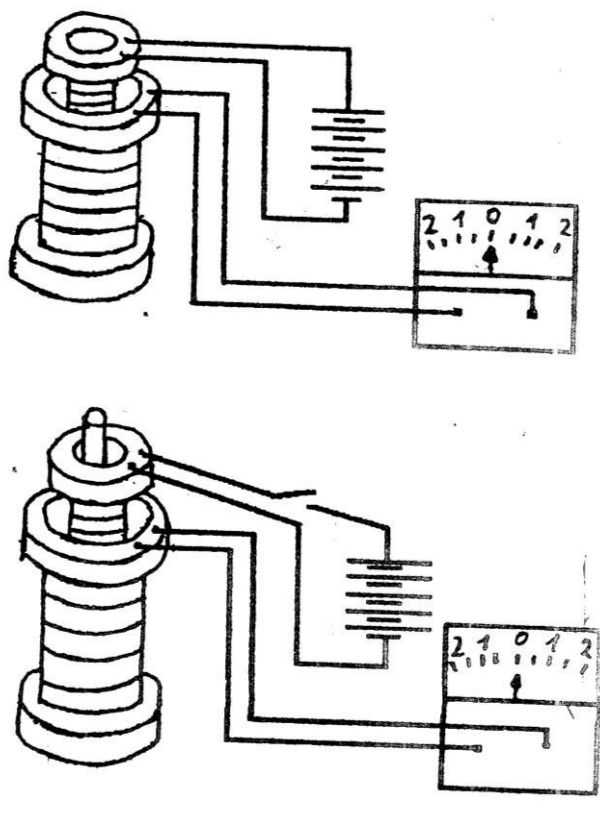


Рисунок 2 – Схема подключения катушек

Контрольные вопросы

1. Укажите практическое использование ЭДС электромагнитной индукции в своей специальности.
2. Почему перемещается стрелка гальванометра при перемещении в катушке постоянного магнита?
3. Как изменяется степень отклонения стрелки гальванометра при изменении скорости перемещения магнита в катушке и почему?
4. Почему отклоняется стрелка гальванометра при внесении малой катушки с током в большую и вынесении ее?
5. Как изменяется степень отклонения стрелки гальванометра при внесении в малую катушку ферромагнитного сердечника?
6. Поясните принцип работы электрического генератора.
7. Поясните принцип работы электрического двигателя.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схемы подключения приборов;
- результаты опытов;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №8

Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и катушки индуктивности

Цель работы: проверить основные свойства цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и катушки индуктивности.

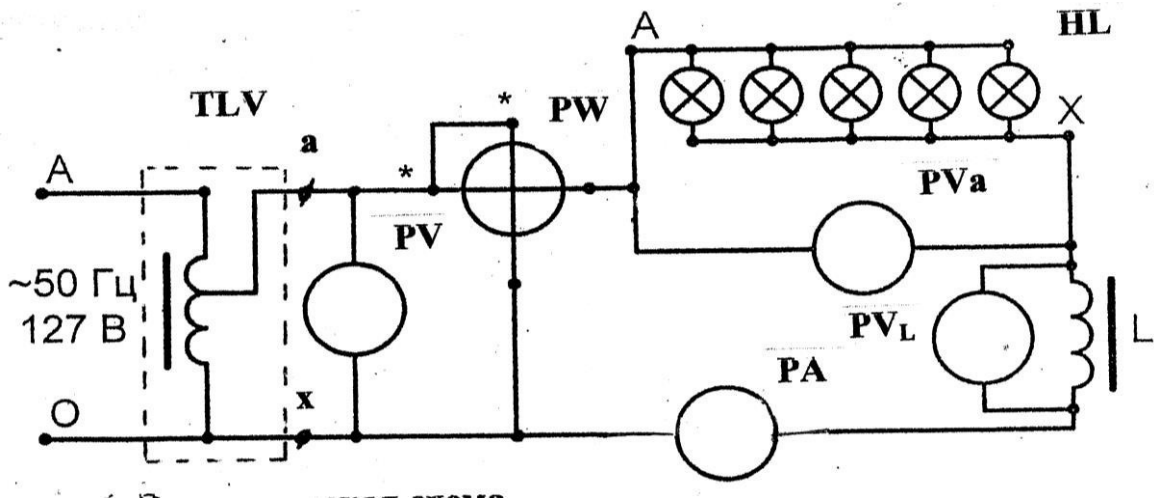


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	РА - амперметр	0,25 А	
2	PV- вольтметр	150 В	
3	PVa - вольтметр	75/150 В	
4	PV _L - вольтметр	75/150 В	
5	PW - ваттметр	150 В, 1 А	
6	TLV - автотрансформатор	-	-
7	L – катушка индуктивности на 220 В	-	-
8	HL – ламповый реостат	-	-

Краткие теоретические сведения

Реальная катушка индуктивности характеризуется двумя параметрами: активным сопротивлением R и индуктивным сопротивлением X_L . Которые в схеме замещения соединены последовательно. Ток, протекая по катушке индуктивности, создает падения напряжения: на активном сопротивлении – активную составляющую напряжения U_a , на индуктивном сопротивлении – индуктивную составляющую U_L . На векторной диаграмме вектор активного напряжения U_a совпадает с вектором тока по фазе, вектор индуктивного напряжения U_L опережает вектор тока на угол 90° . Полное

напряжение , приложенное к зажимам цепи, определяется по теореме Пифагора $U = \sqrt{U_a^2 + U_L^2}$. Вектор полного напряжения опережает вектор тока на угол $0^\circ < \varphi < 90^\circ$.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь.
Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Включить цепь. С помощью автотрансформатора установить общее напряжение **100 В** и, поддерживая его постоянным, снять показания приборов при неизменном активном сопротивлении и изменении индуктивности:
 - 1 опыт – горит **одна** лампа, **сердечник полностью вставлен в катушку;**
 - 2 опыт – горит **одна** лампа, **сердечник частично вынут;**
 - 3 опыт – горит **одна** лампа, **сердечник полностью вынут из катушки.**
5. Снять показания приборов при неизменной индуктивности (сердечник полностью вставлен в катушку) и изменении активного сопротивления:
 - 4 опыт – горит **одна** лампа;
 - 5 опыт – горит **две** лампы;
 - 6 опыт – горит **три** лампы.
6. Показания приборов занести в таблицу 2.
7. Результаты измерений показать преподавателю.
8. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Таблица 2- Результаты измерений и расчетов

№	Измерения					Вычисления								Условия опытов	
	U, В	I, А	U _a , В	U _L , В	P, Вт	Z, Ом	R, Ом	X _L , Ом	L, Гн	U _a , В	U _L , В	Q, вар	S, ВА		cosφ
1															1 лампа
2															2 лампы
3															3 лампы
4															1 лампа
5															1 лампа
6															1 лампа

Таблица 3- Указания к расчету

Расчет полного сопротивления цепи	$Z = \frac{U}{I}$	Z =
Расчет активного сопротивления цепи	$R = \frac{P}{I^2}$	R =

Расчет индуктивного сопротивления цепи	$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$	$X_L =$
Расчет индуктивности катушки	$L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f}$	$L =$
Расчет коэффициента мощности	$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$	$\cos\varphi =$
Расчет $\sin\varphi$	$\sin\varphi = \frac{X_L}{Z}$	$\sin\varphi =$
Расчет активной составляющей напряжения	$U_a = U \cdot \cos\varphi$	$U_a =$
Расчет реактивной составляющей напряжения	$U_L = U \cdot \sin\varphi$	$U_L =$
Расчет реактивной мощности	$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$	$Q =$
Расчет полной мощности	$S = U \cdot I$	$S =$

Построить векторные диаграммы тока и напряжений для каждой тройки опытов.

Контрольные вопросы

1. Напишите формулу закона Ома для исследуемой электрической цепи.
2. Напишите уравнения мгновенных значений тока и напряжения для первого опыта.
3. Назовите особенность энергетического процесса в цепи с реальной катушкой.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- векторные диаграммы тока и напряжений;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №9

Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и конденсатора

Цель работы: проверить основные свойства цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и конденсатора

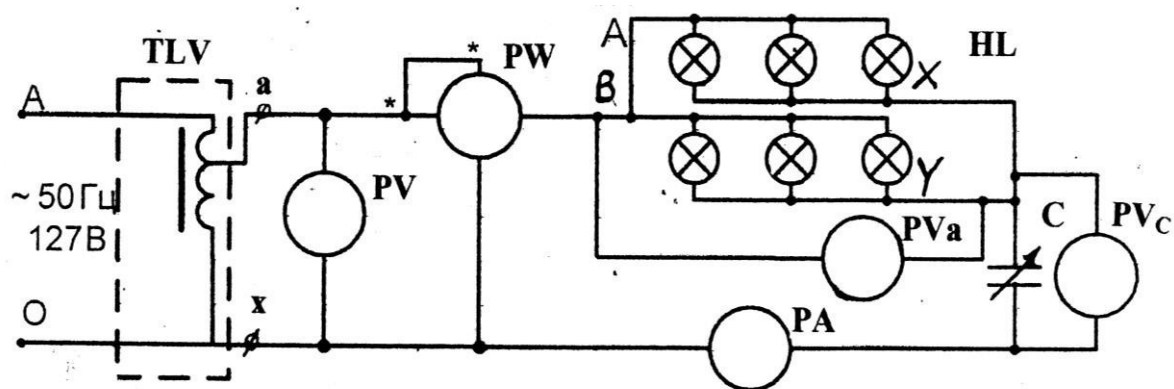


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	РА - амперметр	0,5 А	
2	PV- вольтметр	150 В	
3	PVa - вольтметр	75 В	
4	PV _C - вольтметр	75 В	
5	PW - ваттметр	150 В, 1 А	
6	TLV - автотрансформатор	-	-
7	С – магазин емкостей	-	-
8	HL – ламповый реостат	-	-

Краткие теоретические сведения

Реальный конденсатор характеризуется двумя параметрами: активным сопротивлением R и емкостным сопротивлением X_C , которые в схем замещения соединены последовательно. Ток, протекая через конденсатор, создает падения напряжения: на активном сопротивлении – активную составляющую напряжения U_a , на емкостном сопротивлении – емкостную составляющую U_C . На векторной диаграмме вектор активного напряжения U_a совпадает с вектором тока по фазе, вектор емкостного напряжения U_C отстает от вектора тока на угол 90° . Полное напряжение, приложенное к зажимам цепи, определяется по теореме Пифагора $U = \sqrt{U_a^2 + U_C^2}$. Вектор полного напряжения отстает от вектора тока на угол $0^\circ < \varphi < 90^\circ$.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Включить цепь. С помощью автотрансформатора установить общее напряжение **80 В** и, поддерживая его постоянным, снять показания приборов при неизменном активном сопротивлении и изменении емкости:
1 опыт – горят **четыре** лампы, **C= 10 мкФ**
2 опыт – горят **четыре** лампы, **C= 14 мкФ**
3 опыт – горят **четыре** лампы, **C = 24 мкФ**
5. Снять показания приборов при неизменной емкости **C= 10 мкФ** и изменении активного сопротивления:
4 опыт – горят **шесть** ламп;
5 опыт – горят **четыре** лампы;
6 опыт – горят **две** лампы.
6. Показания приборов занести в таблицу 2.
7. Результаты измерений показать преподавателю.
8. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Таблица 2- Результаты измерений и расчетов

№	Измерения					Вычисления								Условия опытов	
	U, В	I, А	U _а , В	U _с , В	P, Вт	Z, Ом	R, Ом	X _с , Ом	C, мкФ	U _а , В	U _с , В	Q, вар	S, ВА		cosφ -
1															C=10мкФ
2															C=14мкФ
3															C=24мкФ
4															6 ламп
5															4 лампы
6															2 лампы

Таблица 3- Указания к расчету

Расчет полного сопротивления цепи	$Z = \frac{U}{I}$	Z =
Расчет активного сопротивления цепи	$R = \frac{P}{I^2}$	R =
Расчет емкостного сопротивления цепи	$X_C = \sqrt{Z^2 - R^2}$	X _C =
Расчет емкости	$C = \frac{10^6}{2\pi \cdot f \cdot X_C}$	C =
Расчет коэффициента мощности	$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$	cosφ =

Расчет $\sin\varphi$	$\sin\varphi = \frac{X_c}{Z}$	$\sin\varphi =$
Расчет активной составляющей напряжения	$U_a = U \cdot \cos\varphi$	$U_a =$
Расчет реактивной составляющей напряжения	$U_c = U \cdot \sin\varphi$	$U_L =$
Расчет реактивной мощности	$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$	$Q =$
Расчет полной мощности	$S = U \cdot I$	$S =$

Построить векторные диаграммы тока и напряжений для каждой тройки опытов.

Контрольные вопросы

1. Напишите формулу закона Ома для исследуемой электрической цепи.
2. Напишите уравнения мгновенных значений тока и напряжения для первого опыта.
3. Назовите особенность энергетического процесса в цепи с реальным конденсатором.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- векторные диаграммы тока и напряжений;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №10

Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления, катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс напряжений

Цель работы: опытным путем установить резонанс напряжений и проверить его основные свойства.

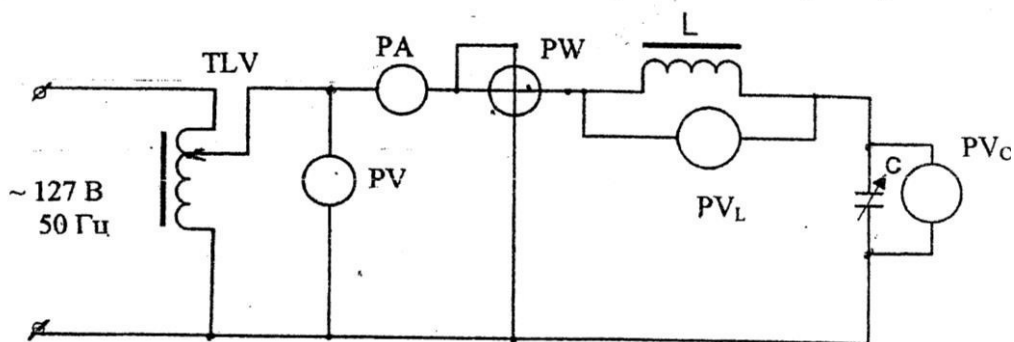


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	РА - амперметр	0,25 А	
2	PV- вольтметр	150 В	
3	PV _L - вольтметр	150 В	
4	PV _C - вольтметр	150 В	
5	PW - ваттметр	30 В, 1 А	
6	TLV - автотрансформатор	-	-
7	С – магазин емкостей(6-10 мкФ)	-	-
8	L – катушка индуктивности на 220 В	-	-

Краткие теоретические сведения

В цепи переменного тока с последовательным соединением катушки индуктивности и конденсатора возникает резонанс напряжений при условии равенства реактивных сопротивлений. В момент резонанса напряжений полное сопротивление цепи минимально и равно активному сопротивлению, т.к. $X_L = X_C$ и реактивное сопротивление равно нулю. Ток в цепи будет максимальным. Напряжение на емкости и катушке равны $U_L = U_C$, полное напряжение является активным и совпадает по фазе с током, т.е. $\varphi = 0$, $\cos\varphi = 1$.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Включить цепь. С помощью автотрансформатора установить общее напряжение **20 В** и, поддерживая его постоянным, снять показания приборов при неизменной емкости **6 мкФ** и изменении индуктивности:

1 опыт – сердечник полностью вставлен в катушку $X_L > X_C$ ($U_L > U_C$)

2 опыт – сердечник частично выдвинут из катушки (установлен в такое положение, при котором в цепи максимальное значение тока, или вольтметры PV_L и PV_C показывают одинаковые значения).
 $X_L = X_C$ ($U_L = U_C$)

3 опыт – сердечник полностью выдвинут из катушки. $X_L < X_C$ ($U_L < U_C$).
5. Показания приборов и результаты расчетов занести в таблицу 2.
6. Результаты измерений показать преподавателю.
7. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Таблица 2- Результаты измерений и расчетов

№	Измерения					Вычисления							Условия опытов	
	U, В	I, А	U_L , В	U_C , В	P, Вт	Z, Ом	Z_K , Ом	R_K , Ом	X_L , Ом	X_C , Ом	U_a , В	U_L , В		$\cos\varphi$
1														$X_L > X_C$
2														$X_L = X_C$
3														$X_L < X_C$

Таблица 3- Указания к расчету

Расчет полного сопротивления цепи	$Z = \frac{U}{I}$	Z =
Расчет полного сопротивления катушки	$Z_K = \frac{U_K}{I}$	$Z_K =$
Расчет активного сопротивления катушки	$R_K = \frac{P}{I^2}$	$R_K =$
Расчет индуктивного сопротивления катушки	$X_L = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2}$	$X_L =$
Расчет емкостного сопротивления	$X_C = \frac{U_C}{I}$	$X_C =$
Расчет активного напряжения катушки	$U_a = I \cdot R_K$	$U_a =$
Расчет индуктивного напряжения катушки	$U_L = I \cdot X_L$	$U_L =$
Расчет коэффициента мощности	$\cos\varphi = \frac{R_K}{Z}$	$\cos\varphi =$

Построить векторные диаграммы тока и напряжений для каждого опыта.

Контрольные вопросы

1. Назовите способы настройки контура в резонанс напряжений. Какой из них использован в лабораторной работе?
2. Укажите практическое применение резонанса напряжений в специальности Электроснабжение.
3. Назовите условия возникновения резонанса напряжений.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- векторные диаграммы тока и напряжений;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №11

Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением двух катушек индуктивности

Цель работы: проверить основные свойства электрической цепи с параллельным соединением двух катушек индуктивности.

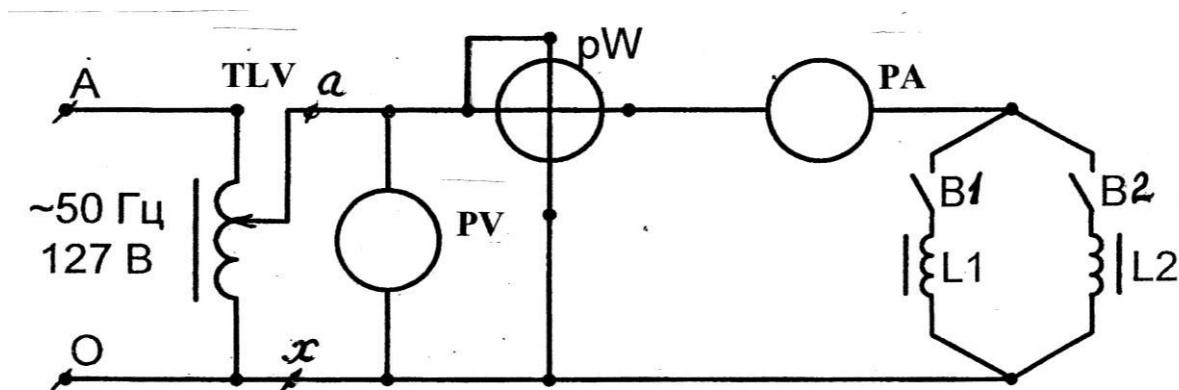


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	РА- амперметр	0,25/0,5 А	
2	PV - вольтметр	150 В	
3	PW - ваттметр	150 В, 1 А	
4	TLV - автотрансформатор	-	-
5	L1, L2 – катушки индуктивности на 220 В	-	-
6	B1, B2 - ключи	-	-

Краткие теоретические сведения

В цепи с параллельным соединением двух катушек напряжение будет одинаковым для обеих катушек. Для определения тока в каждой катушке и в неразветвленной части цепи используется метод разложения тока на составляющие: активную, совпадающую по фазе с напряжением цепи, реактивную индуктивную, которая отстает от напряжения на угол 90° .

При построении векторной диаграммы за исходный вектор принимается вектор напряжения. По отношению к этому вектору строятся векторы активной и реактивной составляющих тока.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Включить цепь. С помощью автотрансформатора установить общее напряжение **100 В** и, поддерживая его постоянным, снять показания приборов при следующих условиях:
1 опыт – В1 замкнут, В2 разомкнут;
2 опыт – В1 разомкнут, В2 замкнут;
3 опыт – В1 замкнут, В2 замкнут.
5. Показания приборов и результаты расчетов занести в таблицу 2.
6. Результаты измерений показать преподавателю.
7. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Таблица 2- Результаты измерений

№	U, В	I, А	P, Вт	Условия опытов
1				В1 замкнут, В2 разомкнут
2				В1 разомкнут, В2 замкнут
3				В1 замкнут, В2 замкнут

Таблица 3- Результаты вычислений

№	R, Ом	Z, Ом	X _L , Ом	L, Гн	cosφ	sinφ	I _a , А	I _p , А	Q, вар	S, ВА

Таблица 4- Указания к расчету

Расчет полного сопротивления цепи	$Z = \frac{U}{I}$	Z =
Расчет активного сопротивления	$R = \frac{P}{I^2}$	R =
Расчет индуктивного сопротивления	$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$	X _L =
Расчет индуктивности катушки	$L = \frac{X_L}{2\pi f}$	L =
Расчет коэффициента мощности	$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$	cosφ =
Определение синуса угла	$\sin\varphi = \frac{X_L}{Z}$	sinφ =
Расчет активной составляющей тока	$I_a = I \cdot \cos\varphi$	I _a =

Расчет реактивной составляющей тока	$I_p = I \cdot \sin\phi$	$I_p =$
Расчет реактивной мощности	$Q = U \cdot I \cdot \sin\phi$	$Q =$
Расчет полной мощности	$S = U \cdot I$	$S =$

Построить векторные диаграммы напряжения и токов для каждого измерения.

Контрольные вопросы

1. Как можно изменить индуктивность катушки?
2. Как изменится сила тока в цепи при включении катушек индуктивности в параллель?
3. Как построить по треугольнику токов треугольник проводимостей?

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- векторные диаграммы напряжения и токов;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №12

Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс токов.

Цель работы: опытным путем установить резонанс токов и проверить его основные свойства.

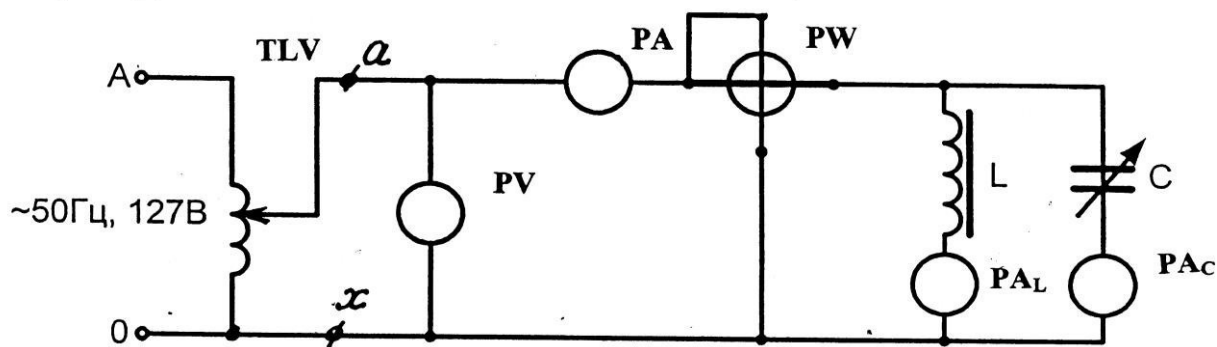


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	PA - амперметр	0,25 А	
2	PAL- амперметр	0,25 А	
3	PAC - амперметр	0,25 А	
4	PV - вольтметр	150 В	
5	PW - ваттметр	75 В, 1 А	
6	TLV - автотрансформатор	-	-
7	C – магазин емкостей(6-10 мкФ)	6 мкФ	-
8	L – катушка индуктивности на 220 В	-	-

Краткие теоретические сведения

Резонанс токов возникает в цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора при равенстве их реактивных токов. Активные составляющие токов в параллельных ветвях совпадают по фазе с приложенным напряжением, а реактивные, сдвинутые на 180° , полностью компенсируют друг друга. Общий ток в цепи будет равен активному току. В момент резонанса токов полное сопротивление цепи максимально, а ток в цепи будет иметь минимальное значение.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Включить цепь. С помощью автотрансформатора установить общее напряжение **50 В** и, поддерживая его постоянным, снять показания приборов при неизменной емкости **6 мкФ** и изменении индуктивности:
 - 1 опыт** – сердечник полностью вставлен в катушку $b_L < b_C$ ($I_L < I_C$)
 - 2 опыт** – сердечник частично выдвинут из катушки (установлен в такое положение, при котором в цепи минимальное значение тока, или амперметры PA_L и PA_C показывают одинаковые значения).
 $b_L = b_C$ ($I_L = I_C$).
 - 3 опыт** – сердечник полностью выдвинут из катушки. b_L, b_C ($I_L > I_C$).
5. Показания приборов и результаты расчетов занести в таблицу 2.
6. Результаты измерений показать преподавателю.
7. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Таблица 2- Результаты измерений

№	U, В	I, А	I_L , А	I_C , А	P, Вт	Условия опытов
1						$b_L < b_C$
2						$b_L = b_C$
3						$b_L > b_C$

Таблица 3- Результаты вычислений

№	Z, Ом	R_K , Ом	Z_K , Ом	X_L , Ом	L, Гн	b_L , См	g, См	X_C , Ом	b_C , См	b, См	y, См	cosφ	φ	P, Вт	Q, вар	S, ВА
1																
2																
3																

Таблица 4- Указания к расчету

Расчет полного сопротивления цепи	$Z = \frac{U}{I}$	Z =
Расчет активного сопротивления катушки	$R_K = \frac{P}{I^2_L}$	$R_K =$
Расчет полного сопротивления катушки	$Z_K = \frac{U}{I_L}$	$Z_K =$
Расчет индуктивного сопротивления катушки	$X_L = \sqrt{(Z^2_K - R^2_K)}$	$X_L =$
Расчет индуктивности катушки	$L = \frac{X_L}{2\pi f}$	L =

Расчет реактивной проводимости катушки	$b_{L,} = \frac{X_L}{Z^2_K}$	$b_{L,} =$
Расчет активной проводимости катушки	$g = \frac{R_K}{Z^2_K}$	$g =$
Расчет емкостного сопротивления конденсатора	$X_C = \frac{U}{I_C}$	$X_C =$
Расчет емкостной проводимости	$b_C = \frac{1}{X_C}$	$b_C =$
Расчет реактивной проводимости цепи	$b = b_L - b_C$	$b =$
Расчет полной проводимости цепи	$y = \frac{I}{U}$	$y =$
Расчет коэффициента мощности	$\cos\varphi = \frac{g}{y}$	$\cos\varphi =$
Определение угла сдвига фаз цепи	$\arccos\varphi = \varphi$	$\varphi =$
Расчет активной мощности цепи	$P = U^2 \cdot g$	$P =$
Расчет реактивной мощности цепи	$Q = U^2 \cdot b$	$Q =$
Расчет полной мощности цепи	$S = U^2 \cdot y$	$S =$

Построить векторные диаграммы напряжения и токов для каждого измерения.

Контрольные вопросы

1. Назовите условия возникновения резонанса токов.
2. Назовите способы настройки контура в резонанс токов.
3. Какое значение имеет $\cos\varphi$ и угол φ в момент резонанса токов?

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- векторные диаграммы напряжения и токов;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №13

Измерение коэффициента мощности и его повышение

Цель работы: опытным путем проверить влияние емкости, включенной параллельно приемнику электроэнергии, на коэффициент мощности.

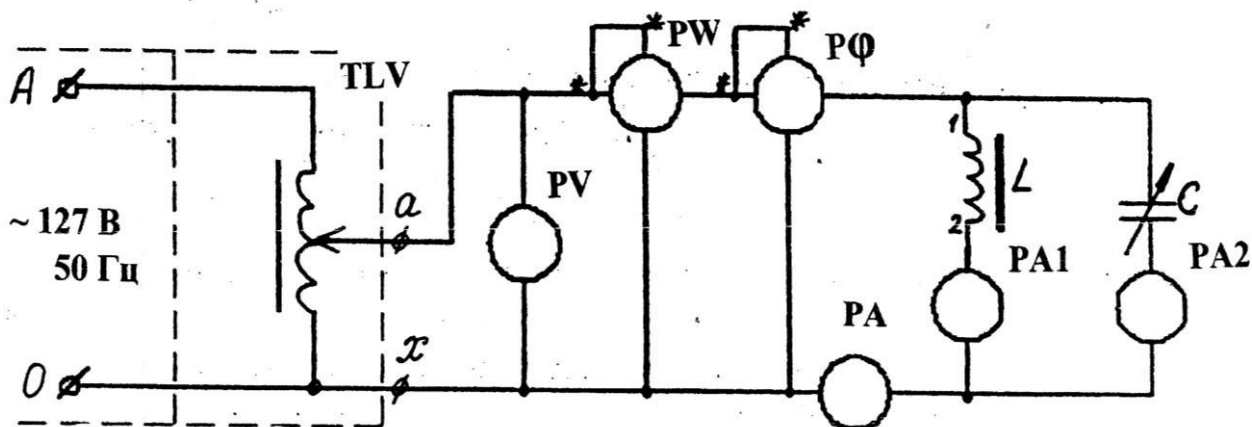


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	РА, РА1, РА2- амперметры	0,25 А	
2	PV - вольтметр	150 В	
3	PW - ваттметр	150 В, 1 А	
4	PФ - фазометр	100 В, 5 А	-
5	TLV - автотрансформатор	0-250 В	-
6	L- катушка индуктивности	на 220 В	-
7	C - конденсатор	0-10 мкФ	-

Краткие теоретические сведения

Коэффициент мощности является технико-экономическим Показателем работы электроустановки. Коэффициент мощности показывает насколько полезно используется мощность, выработанная генератором.

Большинство приемников электроэнергии (двигатели, трансформаторы, линии электропередачи) обладают активной (полезной) мощностью, а также и реактивной мощностью. Поэтому в сетях протекают активные и реактивные индуктивные токи. Активные токи сопровождаются переносом активной энергии, преобразующейся в приемнике в механическую и тепловую. Реактивные токи излишне нагревают провода ЛЭП, обмотки генераторов, трансформаторов,

двигателей, а также приводят к дополнительным потерям напряжения и энергии. Это, в свою очередь, ведет к снижению КПД электроустановки и увеличению расходов на ее содержание и эксплуатацию.

Из вышесказанного следует, что реактивную мощность электроустановки необходимо сокращать. Одним из способов является компенсация реактивной индуктивной мощности путем включения параллельно приемнику электроэнергии батареи конденсаторов.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Включить цепь. С помощью автотрансформатора установить общее напряжение **100 В** и, поддерживая его постоянным, снять показания приборов при следующих условиях:
 - 1 опыт – $C = 0$ мкФ**
 - 2 опыт – $C = 0,5$ мкФ**
 - 3 опыт – $C = 1$ мкФ**
 - 4 опыт - $C = 1,5$ мкФ**
 - 5 опыт - $C = 2$ мкФ**
 - 6 опыт - $C = 3$ мкФ**
5. Показания приборов и результаты расчетов занести в таблицу 2.
6. Результаты измерений показать преподавателю.
7. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Таблица 2- Результаты измерений

№	U, В	I, А	I _L , А	I _C , А	P, Вт	φ, °	Условия опытов
1							C=0 мкФ
2							C=0,5 мкФ
3							C=1 мкФ
4							C=1,5 мкФ
5							C=2 мкФ
6							C=3 мкФ

Таблица 3- Результаты вычислений

№	S, ВА	cosφ	sinφ	φ, °	I _a , А	I _p , А	I _L , А	X _C , А	C, мкФ
1									
2									
3									
4									
5									
6									

Таблица 4- Указания к расчету

Расчет полной мощности	$S = U \cdot I$	$S =$
Расчет коэффициента мощности	$\cos\varphi = \frac{P}{S}$	$\cos\varphi =$
Расчет синуса угла	$\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi}$	$\sin\varphi =$
Расчет активной составляющей тока	$I_a = I \cdot \cos\varphi$	$I_a =$
Расчет реактивной составляющей тока	$I_p = I \cdot \sin\varphi$	$I_p =$
Расчет индуктивной составляющей тока	$I_L = I_p + I_C$	$I_L =$
Расчет емкостного сопротивления	$X_C = \frac{U}{I_C}$	$X_C =$
Расчет емкости конденсатора	$C = \frac{10^6}{2\pi f X_C}$	$C =$

Построить векторные диаграммы напряжения и токов.

Контрольные вопросы

1. Как изменяется сила тока в неразветвленной части цепи при увеличении емкости?
2. Назовите практические способы повышения коэффициента мощности.
3. Напишите формулы для определения коэффициента мощности.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- векторные диаграммы напряжения и токов;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №14

Исследование трехфазной цепи при соединении приемников электроэнергии звездой и треугольником

Цель работы: опытным путем проверить соотношения между фазными и линейными напряжениями в цепи трехфазного тока при соединении приемников электроэнергии звездой и треугольником, определить роль нулевого провода.

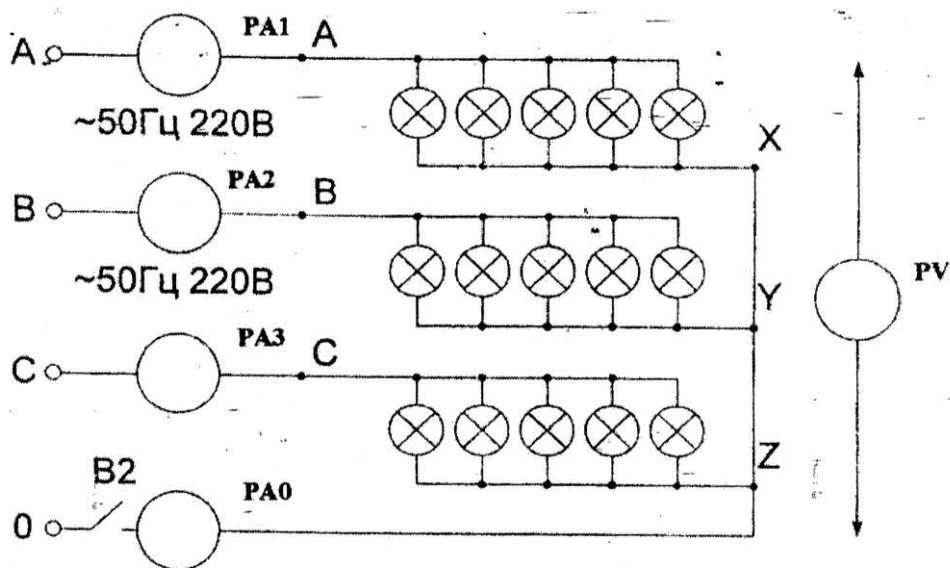


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	РА1, РА2, РА3, РА0 - амперметры	0,25 - 1 А	
2	PV - вольтметр	300 В	
3	B2 (B3) - выключатель	-	-
4	A-X, B-Y, C-Z – ламповый реостат		-

Краткие теоретические сведения

В трехфазной цепи при соединении обмоток генератора и приемников электроэнергии звездой концы обмоток X, Y, Z соединяются в общую точку N, а начала A, B, C присоединяются к линейным проводам. Такая цепь характеризуется двумя видами напряжений – фазным и линейным.

Фазное напряжение измеряется между началом A, B, C и концом

обмотки X, Y, Z, т.е. между линейным проводом и нейтралью. Линейное напряжение измеряется между началами обмоток, т.е. между линейными проводами. Соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами в схеме соединения звезда:

$$U_{\text{Л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{Ф}}$$

$$I_{\text{Л}} = I_{\text{Ф}}$$

В трехфазной цепи при соединении обмоток генератора и приемников электроэнергии треугольником конец первой обмотки X соединяется с началом второй обмотки В, конец второй обмотки Y соединяется с началом третьей обмотки С, конец третьей обмотки Z – с началом первой обмотки А. При таком соединении фазные напряжения одновременно являются линейными.

Соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами в схеме соединения треугольник:

$$U_{\text{Л}} = U_{\text{Ф}}$$

$$I_{\text{Л}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{Ф}}$$

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Включить цепь. Измерить токи, фазные и линейные напряжения без нулевого провода (выключатель В2 разомкнут) и с нулевым проводом (выключатель В2 замкнут. Фазное напряжение измеряется между началом фазы и концом ее на ламповом реостате:
 $U_{\text{а}} \rightarrow \text{А-Х}$ $U_{\text{в}} \rightarrow \text{В-У}$ $U_{\text{с}} \rightarrow \text{С-З}$.
Линейное напряжение измеряется между началами фаз на ламповом реостате:
 $U_{\text{ав}} \rightarrow \text{А-В}$ $U_{\text{вс}} \rightarrow \text{В-С}$ $U_{\text{са}} \rightarrow \text{С-А}$.
Измерения выполнить при следующих условиях:
-при равномерной нагрузке фаз – в каждой фазе горят 5 ламп.
-при неравномерной нагрузке фаз-в фазе А горят 5 ламп, в фазе В горят 3 лампы, в фазе С горит 1 лампа.
-при неравномерной нагрузке фаз- в фазах А и В горят по 5 ламп, фаза С отключена (не горит ни одна лампа).
5. Показания приборов занести в таблицу 2.
6. Результаты измерений показать преподавателю.
7. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.
8. Результаты расчетов занести в таблицу 3.

Таблица 2- Результаты измерений

№	Условие опыта	Положение ключа	I _A , А	I _B , А	I _C , А	U _A , В	U _B , В	U _C , В	U _{AB} , В	U _{BC} , В	U _{CA} , В	I ₀ , А	U ₀ , В
1	RA=RB=RC по 5 ламп	B2 разомкнут											
2	RA=RB=RC по 5 ламп	B2 замкнут											
3	RA- 5 ламп RB- 3 лампы RC- 1 лампа	B2 разомкнут											
4	RA- 5 ламп RB- 3 лампы RC- 1 лампа	B2 замкнут											
5	RA- 5 ламп RB- 5 лампы RC- 0 лампа	B2 разомкнут											
6	RA- 5 ламп RB- 5 ламп RC- 0 ламп	B2 замкнут											

Таблица 3- Результаты расчетов

№	Условие опыта	Положение ключа	R _A , Ом	R _B , Ом	R _C , Ом	P _A , Вт	P _B , Вт	P _C , Вт	P _Y , Вт
1	RA=RB=RC по 5 ламп	B2 разомкнут							
2	RA=RB=RC по 5 ламп	B2 замкнут							
3	RA- 5 ламп RB- 3 лампы RC- 1 лампа	B2 разомкнут							
4	RA- 5 ламп RB- 3 лампы RC- 1 лампа	B2 замкнут							
5	RA- 5 ламп RB- 5 лампы RC- 0 лампа	B2 разомкнут							
6	RA- 5 ламп RB- 5 ламп RC- 0 ламп	B2 замкнут							

Таблица 4- Указания к расчету

Определить активное сопротивление фазы А	$R_A = U_A / I_A$	R _A =
Определить активное сопротивление фазы В	$R_B = U_B / I_B$	R _B =
Определить активное сопротивление фазы С	$R_C = U_C / I_C$	R _C =
Определить активную мощность фазы А	$P_A = U_A \cdot I_A$	P _A =
Определить активную мощность фазы В	$P_B = U_B \cdot I_B$	P _B =
Определить активную мощность фазы С	$P_C = U_C \cdot I_C$	P _C =
Определить активную мощность трехфазной системы звезда	$P_Y = P_A + P_B + P_C$	P _Y =

Построить векторные диаграммы напряжений и токов для 2, 4, 6 опытов. Графически определить ток в нулевом проводе.

Контрольные вопросы

1. Укажите соотношение фазного и линейного напряжения в схеме соединения потребителей электроэнергии звезда при равномерной нагрузке фаз.
2. Какая нагрузка называется равномерной (симметричной)?
3. Какова роль нулевого провода в схеме соединения звезда?

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- векторные диаграммы напряжения и токов для первого, третьего и пятого опытов;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №15

Исследование работы генератора постоянного тока с параллельным возбуждением

Цель работы: опытным путем снять характеристики генератора постоянного тока с параллельным возбуждением.

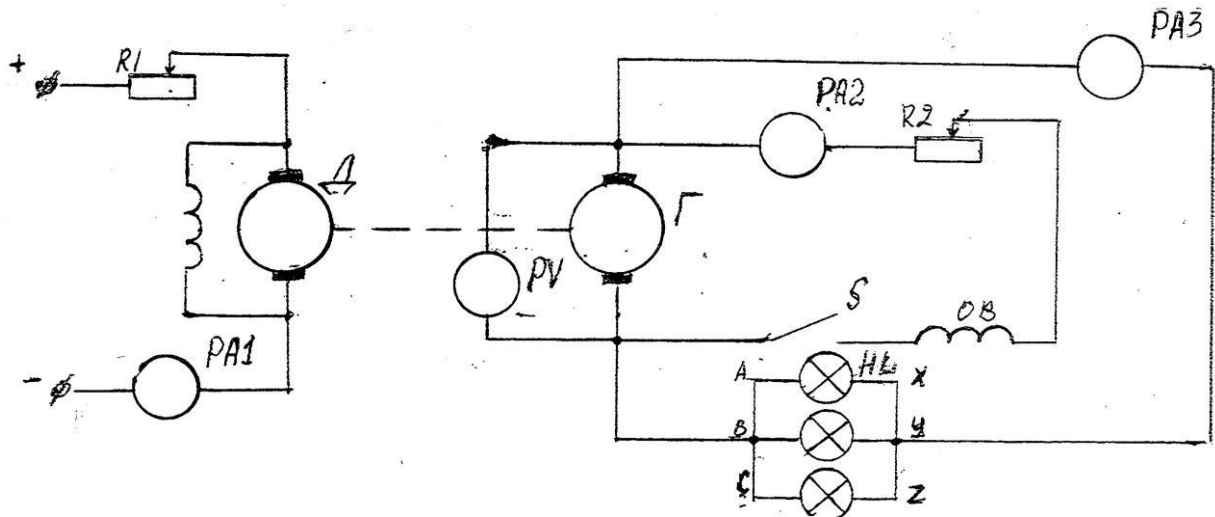


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	РА1, РА2, РА3 - амперметры	0,25 - 1 А	
2	PV - вольтметр	600-300-150 В	
3	R1- резистор	220 Ом	-
4	R2 - резистор	1 кОм	-
5	А-Х, В-У, С-З – ламповый реостат	-	-
6	УЭМ – установка «Электрические машины»	-	-

Краткие теоретические сведения

Генераторы параллельного возбуждения широко применяют в установках постоянного тока. Внешняя характеристика генератора параллельного возбуждения менее жесткая, чем у генераторов других возбуждений. При постепенном уменьшении сопротивления нагрузки ток увеличивается до критического значения, а затем при дальнейшем

уменьшении сопротивления нагрузки ток начинает уменьшаться. Короткое замыкание, вызванное постепенным уменьшением нагрузки, не опасно для генератора. При внезапном коротком замыкании магнитная система генератора не успевает размагнититься и ток достигает опасных значений. При таком резком возрастании тока нагрузки на валу генератора значительный тормозящий момент, на коллекторе появляется сильное искрение, переходящее в круговой огонь. Генератор необходимо защищать от перегрузки и короткого замыкания.

Порядок выполнения работы

1. Изучить установку «Электрические машины»
2. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
3. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
4. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
5. Запустить двигатель Д.
6. Замкнуть рубильник S цепи обмоток возбуждения ОВ. Подать постоянное напряжение на обмотку возбуждения ОВ генератора $U=220$ В. Обмотка якоря разомкнута (лампы не горят). Снять характеристику холостого хода $E = f(I_B)$ при $n=\text{const}$, $I_H = 0$ А. Изменяя сопротивление R_2 6-8 раз записать показания вольтметра PV и амперметра PA2 в таблицу 2.
7. Результаты измерений показать преподавателю.

Таблица 2- Результаты измерений в режиме холостого хода

Параметры цепи	Номер измерения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I_B, A									
E, B									

8. По данным измерений построить характеристику холостого хода $E = f(I_B)$.
9. Снять внешнюю характеристику генератора $U_H = f(I_H)$ при $n=\text{const}$, $I_H=\text{const}$. Включить одну лампу лампового реостата НЛ. Показание вольтметра PV и амперметра PA3 записать в таблицу 3. Включая каждый раз по одной лампе снять 13-15 точек характеристики.
10. Результаты измерений показать преподавателю.

Таблица 3- Результаты измерений в режиме нагрузки

Параметры цепи	Номер измерения														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
U_H, B															
I_H, A															

11. По данным измерений построить внешнюю характеристику
 $U_H = f(I_H)$.
12. Отключить электроустановку. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Контрольные вопросы

1. Почему генератор постоянного тока называют генератором с параллельным возбуждением?
2. Каким по степени опасности является короткое замыкание, вызванное постепенным уменьшением сопротивления нагрузки?
3. Какими способами осуществляется защита генератора от токов перегрузки и внезапных коротких замыканиях?

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений;
- характеристики генератора;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №16 Исследование трехфазного асинхронного двигателя

Цель работы: изучить конструкцию, принцип работы асинхронного двигателя, определить его скольжение.

Оборудование: макет синхронного генератора и асинхронного двигателя.

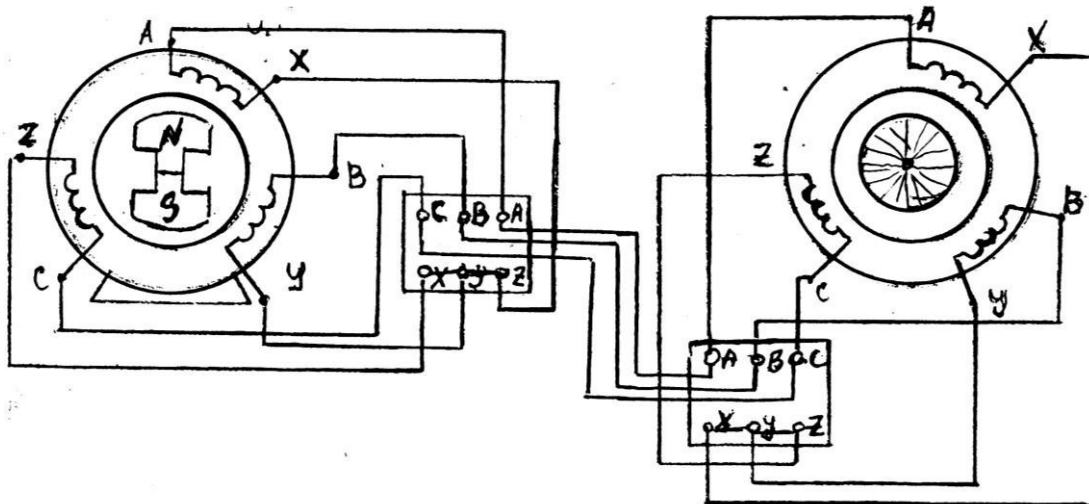


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Краткие теоретические сведения

Важным параметром асинхронной машины является скольжение-величина, характеризующая разность частот вращения ротора и вращающегося магнитного поля статора. Скольжение выражается в долях единицы либо в процентах. В последнем случае полученную величину следует умножить на 100. С увеличением нагрузочного момента на валу асинхронного двигателя частота вращения ротора уменьшается. Следовательно, скольжение асинхронного двигателя зависит от механической нагрузки на валу двигателя и может изменяться в диапазоне $0 < S \leq 1$. При включении в цепь асинхронного двигателя в сеть в начальный момент времени ротор неподвижен. При этом скольжение равно единице. В режиме работы двигателя без нагрузки скольжение равно нулю. При номинальной нагрузке двигателя скольжение должно быть в пределах 1 – 8 % у двигателей общего назначения, 1 % у двигателей большой мощности, 8 % у двигателей малой мощности.

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую установку согласно схеме, изображенной на рисунке 1.
2. Определить скорость вращения ротора генератора (магнитного поля) n_1 .

3. Определить скорость вращения ротора асинхронного двигателя (алюминиевого цилиндра) n_2 .
4. Определить скольжение асинхронного двигателя $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%$.
5. Сделать вывод о пригодности к эксплуатации асинхронного двигателя.

Контрольные вопросы

1. С какой скоростью вращается магнитная стрелка?
2. Как изменить направление вращения ротора асинхронного двигателя?
3. Сколько пар полюсов имеет синхронный генератор и асинхронный двигатель?
4. Определите частоту переменного тока, который вырабатывает генератор.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- определение скольжения асинхронного двигателя;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №17 Исследование однофазного трансформатора

Цель работы: опытным путем проверить зависимость напряжения на вторичной обмотке трансформатора от нагрузки; определить коэффициент трансформации и потерю мощности в трансформаторе.

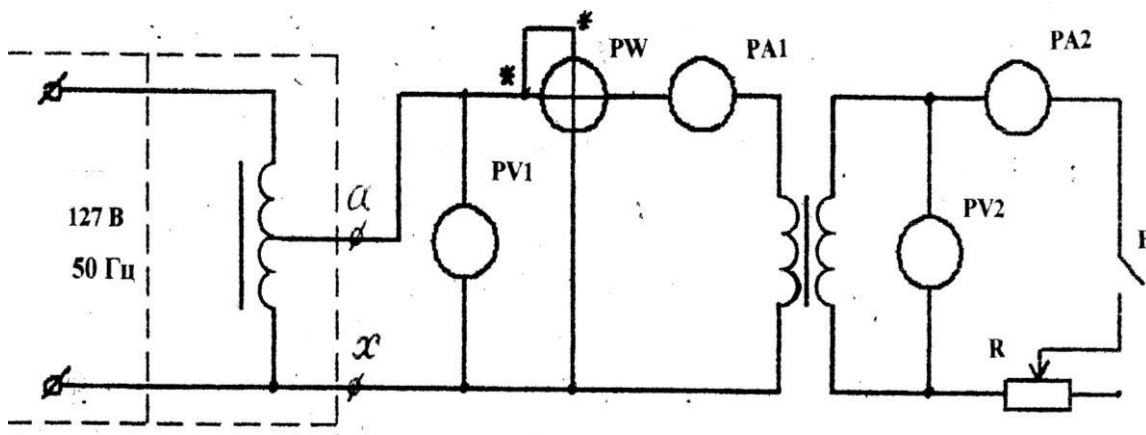


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование приборов	Предел измерения прибора	Цена деления прибора
1	PA1 - амперметр	0,25 А	
2	PA2 - амперметр	5 А	
3	PV1 – вольтметр	150 В	
4	PV2 – вольтметр	15 В	
5	PW – ваттметр	150 В, 1 А	

Краткие теоретические сведения

Простейший трансформатор состоит из магнитопровода (сердечника), который выполнен из отдельных листов электротехнической стали, и двух обмоток, расположенных на стержнях магнитопровода. Первичная и вторичная обмотка не имеют электрической связи друг с другом. Мощность из одной обмотки в другую передается электромагнитным путем. Сердечник служит для усиления индуктивной связи между обмотками. Действие трансформатора основано на явлении взаимной индукции.

По состоянию вторичной обмотки определяется режим работы трансформатора. При отсутствии нагрузки на вторичной обмотке трансформатор находится в режиме холостого хода, при подключенной нагрузке – под нагрузкой, при замыкании выводов вторичной обмотки проводником – в режиме короткого замыкания.

Отношением первичного напряжения (напряжения первичной обмотки) к вторичному напряжению (напряжению вторичной обмотки) называется коэффициент трансформации. У понижающих трансформаторов коэффициент трансформации больше единицы, у повышающих – меньше единицы.

Коэффициент полезного действия трансформатора определяется отношением активной мощности на выходе вторичной обмотки (полезная мощность) к активной мощности на входе первичной обмотки (подводимая мощность). Обычно КПД трансформатора имеет максимальное значение 0,45 – 0,65.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
Включить цепь.
- 3.1 При разомкнутом ключе В2 с помощью автотрансформатора установить напряжение $U_1 = 80, 90, 100, 110 \text{ В}$. Показания приборов записать в таблицу 2.
- 3.2 При замкнутом ключе В2 с помощью автотрансформатора установить напряжение $U_1 = 100 \text{ В}$, с помощью реостата ток во вторичной обмотке $I_2 = 1, 2, 3, 4 \text{ А}$. Показания приборов занести в таблицу 3.
4. Результаты измерений показать преподавателю.
5. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.
6. Результаты расчетов занести в таблицы 2, 3.

Таблица 2- Результаты измерений и расчетов в режиме холостого хода

№	Измерения				Расчеты		Условие проведения опытов
	$U_1, \text{ В}$	$U_2, \text{ В}$	$I_1, \text{ А}$	$P_1, \text{ Вт}$	K	$\cos\varphi$	
							В2 разомкнут
1	80						В2 разомкнут
2	90						В2 разомкнут
3	100						В2 разомкнут
4	110						В2 разомкнут

Таблица 3 - Результаты измерений и расчетов в режиме под нагрузкой

№	Измерения					Расчеты			Условие проведения опытов
	$U_1, \text{ В}$	$I_1, \text{ А}$	$P_1, \text{ Вт}$	$U_2, \text{ В}$	$I_2, \text{ А}$	$P_2, \text{ Вт}$	$\cos\varphi$	$\eta, \%$	
									В2 замкнут
1					1				В2 замкнут

2					2				В2 замкнут
3					3				В2 замкнут
4					4				В2 замкнут

Таблица 4- Указания к расчету

Определить коэффициент трансформации	$K = U_1/U_2$	$K =$
Определить коэффициент мощности	$\cos\varphi = P_1 / (U_1 \cdot I_1)$	$\cos\varphi =$
Определить мощность вторичной обмотки	$P_2 = U_2 \cdot I_2$	$P_2 =$
Определить коэффициент полезного действия трансформатора	$\eta = (P_2 / P_1) \cdot 100\%$	$\eta =$

Построить графики зависимостей $U_2 = f(I_2)$ и $\eta = f(P_2)$

Контрольные вопросы

1. На каком явлении основана работа трансформаторов?
2. На каком роде тока работают трансформаторы?
3. Назовите режимы работы трансформаторов.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- графики зависимостей $U_2 = f(I_2)$ и $\eta = f(P_2)$;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №18 Поверка технического вольтметра

Цель работы: приобрести практические навыки в поверке технического вольтметра, установить степень его точности.

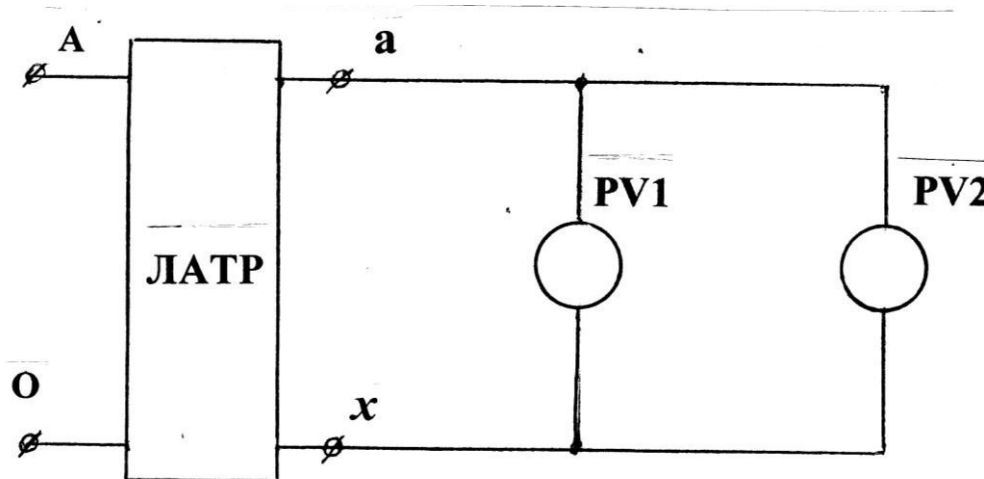


Рисунок 1 – Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические характеристики используемых приборов

Наименование прибора	Обозначение прибора	Заводской номер	Система прибора	Предел измерения	Цена деления	Класс точности
Поверяемый вольтметр	PV1			150 В		
Образцовый вольтметр	PV2			200 В		

Краткие теоретические сведения

В процессе эксплуатации электроизмерительных приборов происходит износ отдельных деталей, возникают различные повреждения, что приводит к появлению больших погрешностей. Измерительные приборы подлежат периодической поверке. Поверка прибора заключается в определении погрешности и установлении пригодности прибора к эксплуатации. В процессе подготовки к поверке прежде всего выбирается образцовый прибор. Его система должна соответствовать поверяемому прибору по роду тока и номиналу измеряемой величины. Допустимая погрешность образцового прибора должна быть в три раза меньше допустимой погрешности поверяемого прибора. Процесс поверки заключается в сличении показаний поверяемого и образцового приборов.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами, записать их технические характеристики в таблицу 1.
2. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.

3. Рукоятку автотрансформатора установить в нулевое положение (до упора против часовой стрелки).
4. Включить стенд. Посредством автотрансформатора плавно увеличивать напряжение в цепи, останавливаясь на цифровых делениях шкалы поверяемого прибора. Значения поверяемого и образцового приборов записать в таблицу 2. При этом показания образцового вольтметра записать в графу «Ход вверх». Доведя напряжение до номинального значения (предела измерения) поверяемого вольтметра, плавно уменьшать его величину, устанавливая стрелку поверяемого вольтметра на тех же значениях шкалы в обратном порядке. Записать показания образцового вольтметра в графу «Ход вниз».
5. Отключить стенд. Результаты измерений показать преподавателю.
6. Разобрать электрическую цепь. Привести в порядок рабочее место. Собрать соединительные провода. Измерительные приборы положить на стеллаж.

Таблица 2- Результаты измерений и вычислений

№	Показания приборов					Погрешности			
	Поверяемого	Образцового, В				Абсолютная	Относительная	Приведенная	Поправка прибора
	дел	U _п , В	Ход вверх	Ход вниз	Среднее U _о	ΔU, В	γ, %	γ _п , %	σU, В
1	50								
2	60								
3	70								
4	80								
5	90								
6	100								
7	110								
8	120								
9	130								
10	140								

Указания к расчету и оформлению работы

Таблица 3- Расчеты погрешностей (первая строка)

Расчет среднего значения напряжения	$U_0 = \frac{U_{ход,вверх} + U_{ход,вниз}}{2}$	U _о =
Расчет абсолютной погрешности	$\Delta U = U_{п} - U_0$	ΔU =
Расчет относительной погрешности	$\gamma = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot 100\%$	γ = ----- · 100% =

Расчет приведенной погрешности	$\gamma_{\text{п}} = \frac{\Delta U}{U_{\text{н}}} \cdot 100\%$	$\gamma = \text{-----} \cdot 100\% =$
Определение поправки прибора	$\sigma U = - \Delta U$	$\sigma U =$

По наибольшему значению вычисленной приведенной погрешности определить соответствие поверяемого вольтметра классу точности.

Контрольные вопросы

1. Многопредельные вольтметры достаточно поверять только на одном пределе или необходимо выполнить поверку на каждом пределе?
2. Прибор имеет многорядную шкалу. Как выполняют его поверку (на каждой шкале или достаточно на любой одной)?
3. Где и на чем проводят поверку электроизмерительных приборов?

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №19

Анализ устройства и принципа действия электроизмерительных приборов непосредственной оценки

Цель работы: практически изучить устройство и принцип действия наиболее распространенных приборов, научиться определять технические характеристики по условным обозначениям на шкалах приборов и выяснить, для каких измерений могут быть использованы эти приборы.

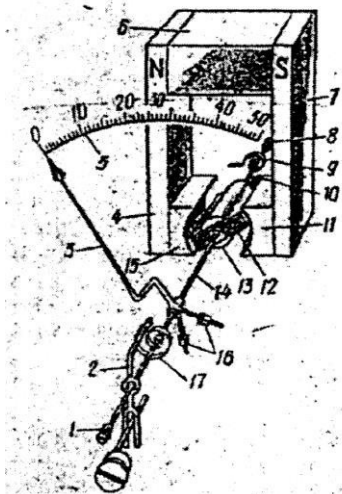
Краткие теоретические сведения

В зависимости от способа преобразования измеряемой электрической величины в усилие, перемещающее подвижную часть электроизмерительного прибора, а также от их конструктивных особенностей приборы классифицируются по системам. Наиболее распространенными системами измерительных приборов являются магнитоэлектрическая, электромагнитная, ферродинамическая системы.

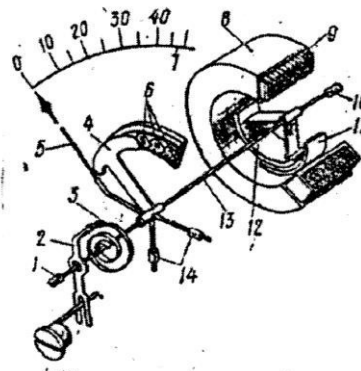
Для того чтобы можно было получить представление об электроизмерительном приборе без детального изучения его описания или паспорта, на шкале прибора и частично на его наружной лицевой панели наносится специальная маркировка. На приборе указываются единица измеряемой величины, система прибора, класс точности, род тока и число фаз, степень защищенности от внешних электрических и магнитных полей, номер прибора и год выпуска, рабочее положение.

Порядок выполнения работы

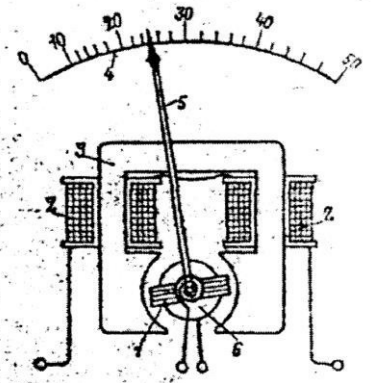
1. Изучить конструкцию электроизмерительных приборов различных систем. В таблицу 1 записать названия элементов систем электроизмерительных приборов, которые указаны на рисунке 1.



Измерительный механизм магнитоэлектрической системы



Измерительный механизм электромагнитной системы



Измерительный механизм ферродинамической системы

Рисунок 1- Системы электроизмерительных приборов

Таблица 1- Элементы конструкции электроизмерительных приборов

1-	1-	1-
2-	2-	2-
3-	3-	3-
4-	4-	4-
5-	5-	5-
6-	6-	6-
7-	7-	-
8-	8-	-
9-	9-	-
10-	10-	-
11-	11-	-
12-	12-	-
13-	13-	-
14-	14-	-
15-	-	-
16-	-	-

- Изучить технические характеристики электроизмерительных приборов магнитоэлектрической, электромагнитной и ферродинамической систем, которые указаны на шкалах приборов. Записать технические характеристики приборов в таблицу 2.

Таблица 2- Основные технические характеристики приборов

Характеристики измерительных приборов	Прибор магнитоэлектрической системы	Прибор электромагнитной системы	Прибор ферродинамической системы
Название прибора			
Условное обозначение системы			
Род и характер измеряемой величины			
Пределы измерений			
Постоянная прибора (цена деления)			
Характеристика шкалы (равномерная, неравномерная)			
Класс точности			
Категория защищенности от внешних магнитных (электрических) полей			
Тип (марка) прибора			
Группа эксплуатации			
Рабочее положение прибора			
Год выпуска и ГОСТ			
Заводской номер			

Контрольные вопросы

1. Укажите достоинства магнитоэлектрической, электромагнитной и ферродинамической систем.
2. Укажите недостатки магнитоэлектрической, электромагнитной и ферродинамической систем.
3. Укажите назначение корректора электроизмерительного прибора.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- эскизы (ксерокопии) измерительных механизмов приборов магнитоэлектрической, электромагнитной и ферродинамической систем;

- таблица с названиями элементов конструкции электроизмерительных приборов;
- таблица с техническими характеристиками приборов;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №20

Измерение сопротивления изоляции электрической цепи мегаомметром

Цель работы: приобрести практические навыки в измерении сопротивления изоляции электрооборудования.

Оборудование и приборы: мегаомметр М1101, макет кабеля, электродвигатель.

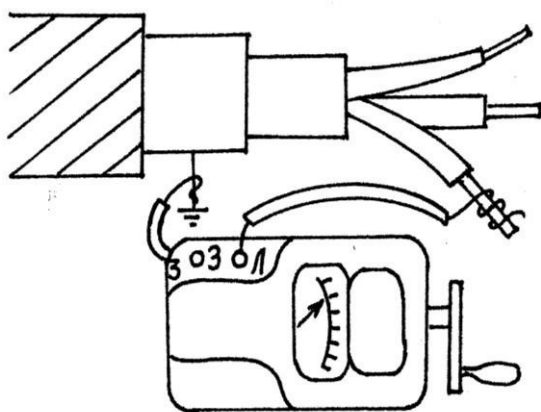


Рисунок 1 Схема измерения сопротивления изоляции жил кабеля относительно земли

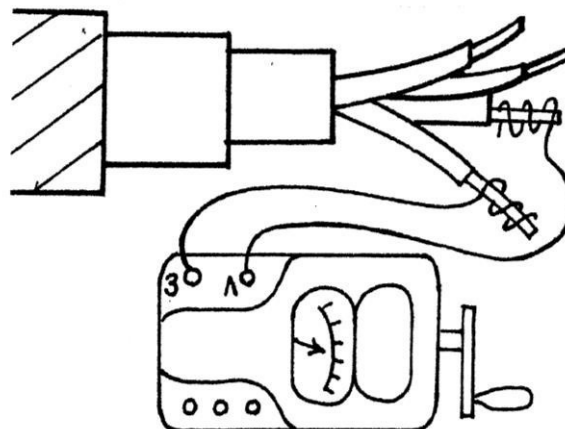


Рисунок 2 Схема измерения сопротивления изоляции между жилами кабеля

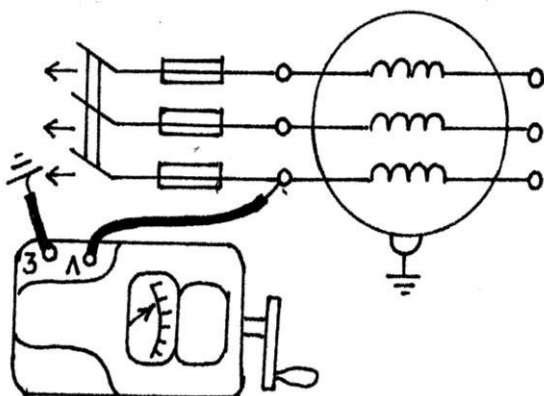


Рисунок 3 Схема измерения сопротивления изоляции обмоток электродвигателя относительно земли

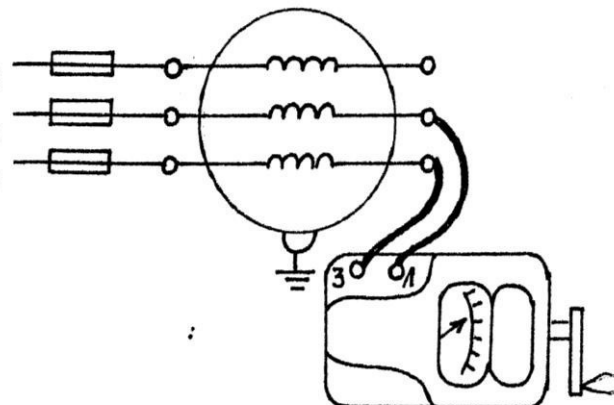


Рисунок 4 Схема измерения сопротивления между обмотками электродвигателя

Краткие теоретические сведения

Сопротивление изоляции относится к категории больших сопротивлений. Измерение больших сопротивлений выполняют с помощью мегаомметра. При выполнении контрольных и профилактических измерений кабельных линий определяют их электрические свойства, сопротивление изоляции, сопротивление жил кабеля.

Измерения мегаомметром разрешается выполнять обученным работникам из числа электротехнического персонала. Измерение сопротивления изоляции должно осуществляться на отключенных токоведущих частях. При работе с мегаомметром прикасаться к токоведущим частям, к которым он присоединен, не разрешается.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с мегаомметром и подготовить его к работе. Проверить исправность мегаомметра: замкнуть накоротко клеммы Л и З, при вращении рукоятки прибора со скоростью 120 об/мин стрелка должна показать ноль.
2. Для измерения сопротивления изоляции жил кабеля относительно земли мегаомметр подключить в соответствии с рисунком 1. Выполнить измерение сопротивления изоляции каждой жилы кабеля относительно земли. Результаты измерений записать в таблицу 1.
3. Для измерения сопротивления изоляции между жилами кабеля мегаомметр подключить в соответствии с рисунком 2. Выполнить измерение сопротивления изоляции между жилами А и В, В и С, С и А. Результаты измерений записать в таблицу 1.
4. Для измерения сопротивления изоляции обмоток электродвигателя относительно земли (корпуса электродвигателя) мегаомметр подключить в соответствии с рисунком 3. Выполнить измерение сопротивления изоляции каждой обмотки электродвигателя относительно земли. Результаты измерений записать в таблицу 1.
5. Для измерения сопротивления изоляции между обмотками электродвигателя мегаомметр подключить в соответствии с рисунком 4. Выполнить измерение сопротивления изоляции между обмотками электродвигателя А и В, В и С, С и А. Результаты измерений записать в таблицу 1.

Таблица 1- Результаты измерений

сопротивления															
Жил кабеля						Обмоток электродвигателя									
Относительно Земли(брони)			между фазами			Между фазами и "О" проводом			Относительно корпуса		Между обмотками				
фаза	,ОМ			фаза	,ОМ			фаза	,ОМ			обмотка	,ОМ	обмотка	,ОМ
	Кабель.№				Кабель.№				Кабель.№						
	1	2	3		1	2	3		1	2	3				
А				А-В				А-О				С1		С1-С2	
В				В-С				В-О				С2		С2-С3	
С				С-А				С-О				С3		С3-С1	

6. Сделать вывод о пригодности к использованию кабеля и электродвигателя.

Контрольные вопросы

1. Какое значение покажет стрелка мегаомметра при вращении рукоятки, если клеммы 1 и 3 разомкнуты?
2. Какие еще приборы и методы могут быть использованы для измерения сопротивления изоляции?
3. На какие номинальные напряжения выпускают мегаомметры?

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схемы для измерения сопротивления изоляции;
- таблица с результатами измерений;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №21 Поверка и настройка электрических счетчиков

Цель работы: научиться включать однофазный индукционный счетчик электрической энергии, проверять правильность его показаний при различных нагрузках.

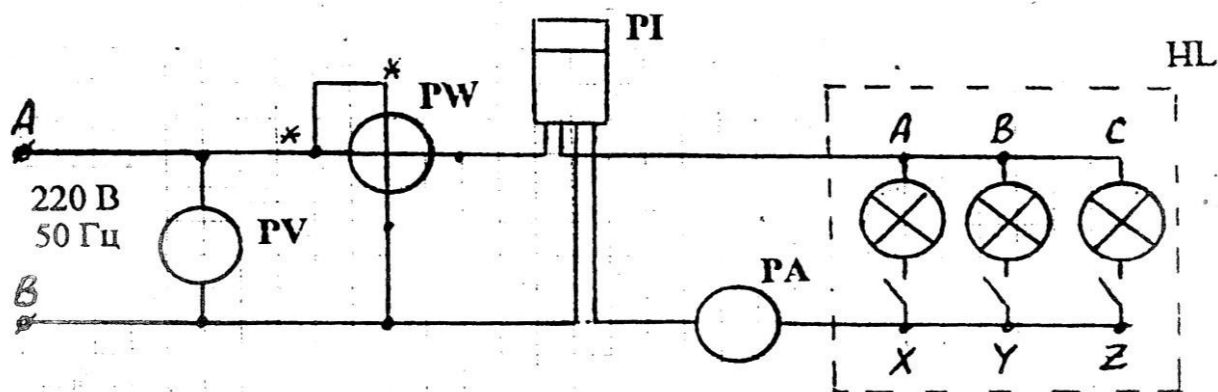


Рисунок 1 – Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические характеристики используемых приборов

Наименование прибора	Обозначение прибора	Заводской номер	Система прибора	Предел измерения	Цена деления	Класс точности
Вольтметр	PV			300 В		
Амперметр	PA			2 А		
Ваттметр	PW			300 В, 2 А		
Счетчик электро-энергии	PI			220 В, 10 А		
Ламповый реостат	HL	-	-	-	-	-

Краткие теоретические сведения

Для обеспечения точности измерений счетчики электрической энергии, как и все измерительные приборы, подвергаются обязательной периодической поверке. Поверка проводится путем сравнения показаний счетного механизма поверяемого счетчика с показаниями образцового или методом ваттметра и секундомера. Поверку счетчика начинают с наружного осмотра, после чего проверяют самоход счетчика, чувствительность и его основную погрешность. Счетчик включают на номинальное напряжение и ток, прогревают в течение 15 минут. Точное время прогрева, показания счетного механизма записываются до и после прогрева.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком включения их в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические характеристики приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Включить стенд. Проверить счетчик электрической энергии на отсутствие самохода.
5. Включить нагрузку:
 - первый опыт 15 ламп;
 - второй опыт 10 ламп;
 - третий опыт 5 ламп.
6. Показания приборов записать в таблицу 2.
7. В каждом из опытов измерить при помощи секундомера время одного полного оборота диска счетчика. Показания секундомера записать в таблицу 2.
8. Отключить стенд. Результаты измерений показать преподавателю.
9. Разобрать электрическую цепь. Привести в порядок рабочее место. Собрать соединительные провода. Измерительные приборы положить на стеллаж.

Таблица 2- Результаты измерений и вычислений

Нагрузка	Измерения				Вычисления		
	U, В	I, А	P, Вт	t, с	C _н , Вт·с/об	C _д , Вт·с/об	γ, %
15 ламп							
10 ламп							
5 ламп							

Таблица 3- Указания к расчету

Расчет номинальной постоянной счетчика	$C_H = \frac{W}{N}$ N- число оборотов диска, соответствующее 1 кВт·ч	C _н =
Расчет действительной постоянной счетчика	$C_D = \frac{P \cdot t}{N'}$ N' = 1 оборот	C _д =
Расчет относительной погрешности	$\gamma = \frac{C_H - C_D}{C_D} \cdot 100\%$	γ =

Контрольные вопросы

1. Что называется номинальной постоянной счетчика электроэнергии?
2. Что такое «самоход» счетчика электроэнергии?
3. Какова цель поверки счетчика электроэнергии?

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №22

Измерение активной и реактивной электрической мощности в цепях трехфазного переменного тока

Цель работы: научиться измерять активную и реактивную мощности цепи трехфазного переменного тока.

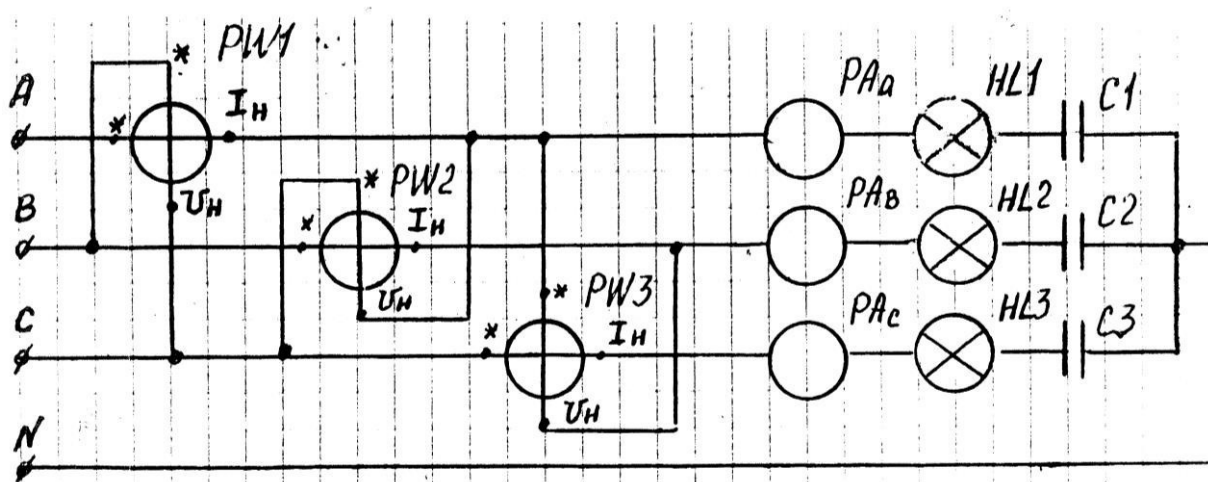


Рисунок 1- Схема электрической цепи

Таблица 1 Технические данные приборов и оборудования

Обозначение прибора	Наименование прибора	Система прибора	Предел измерения	Цена деления	Класс точности
PA1- PA3	амперметр		1 А		
PV	вольтметр		150 В		
PW1-PW3	ваттметр		150 В, 1 А		

Краткие теоретические сведения

Активная мощность в цепи трехфазного тока может быть измерена одним или несколькими однофазными ваттметрами. Метод одного ваттметра применяется в трехфазной системе при равномерной нагрузке фаз и симметричных напряжениях. Если нагрузка фаз равномерная, т.е. мощности потребителей одинаковы, достаточно измерить однофазным ваттметром мощность одной фазы и затем его показания утроить. Метод трех ваттметров применяется в случае неравномерной нагрузке фаз, когда приемники соединены звездой и применяется четырехпроводная система включения цепи трехфазного тока. При таком включении по последовательным обмоткам ваттметров протекают линейные (они же фазные) токи, а к параллельным цепям приборов приложены фазные напряжения. Каждый из ваттметров покажет мощность одной фазы, а сумма их показаний будет равна мощности трехфазной цепи.

Реактивную мощность измеряют аналогичными методами - методом одного ваттметра при симметричной нагрузке фаз, методом трех ваттметров при несимметричной нагрузке фаз. Последовательную обмотку ваттметра включают на фазный ток, параллельную – на линейное напряжение двух других фаз.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком их включения в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Включить лабораторный стенд.
5. Установить нагрузку фаз:
 - первый опыт: в каждой фазе по 5 ламп и емкость $C=10\text{мкФ}$;
 - второй опыт: в каждой фазе по 3 лампы и емкость $C=10\text{ мкФ}$.
 Показания приборов записать в таблицу 2.
6. Отключить стенд. Результаты измерений показать преподавателю.
7. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

Таблица 2- Результаты измерений и вычислений

Опыт	I_a, A	I_b, A	I_c, A	U_{aa}, B	U_{ab}, B	U_{ac}, B	U_{ca}, B	U_{cb}, B	U_{cc}, B	$Q_a, \text{вар}$	$Q_b, \text{вар}$	$Q_c, \text{вар}$
1												
2												

Таблица 3- Результаты расчетов

Опыт	U_a, B	U_b, B	U_c, B	$\sin\varphi_a$	$\sin\varphi_b$	$\sin\varphi_c$	$\cos\varphi_a$	$\cos\varphi_b$	$\cos\varphi_c$	P_a, B_T	P_b, B_T	P_c, B_T	$Q_a, \text{вар}$	$Q_b, \text{вар}$	$Q_c, \text{вар}$
1															
2															

Таблица 4- Указания к расчету

Расчет фазных напряжений	$U_a = \sqrt{U_{aa}^2 + U_{ca}^2}$ $U_b = \sqrt{U_{ab}^2 + U_{cb}^2}$ $U_c = \sqrt{U_{ac}^2 + U_{cc}^2}$	$U_a =$ $U_b =$ $U_c =$
Расчет синусов углов каждой фазы	$\sin\varphi_a = \frac{U_{ca}}{U_a}$ $\sin\varphi_b = \frac{U_{cb}}{U_b}$ $\sin\varphi_c = \frac{U_{cc}}{U_c}$	$\sin\varphi_a =$ $\sin\varphi_b =$ $\sin\varphi_c =$

Расчет косинусов углов каждой фазы	$\cos\varphi_a = \frac{U_{aa}}{U_a}$ $\cos\varphi_B = \frac{U_{a\delta}}{U_\delta}$ $\cos\varphi_c = \frac{U_{ac}}{U_c}$	$\cos\varphi_a =$ $\cos\varphi_B =$ $\cos\varphi_c =$
Расчет активной мощности каждой фазы	$P_a = \sqrt{3} \cdot U_a \cdot I_a \cdot \cos\varphi_a$ $P_B = \sqrt{3} \cdot U_B \cdot I_B \cdot \cos\varphi_B$ $P_c = \sqrt{3} \cdot U_c \cdot I_c \cdot \cos\varphi_c$	$P_a =$ $P_B =$ $P_c =$
Расчет реактивной мощности каждой фазы	$Q_a = \sqrt{3} \cdot U_a \cdot I_a \cdot \sin\varphi_a$ $Q_B = \sqrt{3} \cdot U_B \cdot I_B \cdot \sin\varphi_B$ $Q_c = \sqrt{3} \cdot U_c \cdot I_c \cdot \sin\varphi_c$	$Q_a =$ $Q_B =$ $Q_c =$

Сравнить расчетные значения реактивных мощностей с измеренными.

Контрольные вопросы

1. Как называется метод измерения реактивной мощности, использованный в данной работе?
2. Как включается в электрическую цепь ваттметр для измерения реактивной мощности
3. Назовите методы измерения активной и реактивной энергии в трехфазной цепи переменного тока.?

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.

Лабораторная работа №23

Измерение активной и реактивной электрической энергии трехфазными счетчиками

Цель работы: научиться включать трехфазный индукционный счетчик электрической энергии, проверять правильность его показаний при различных нагрузках.

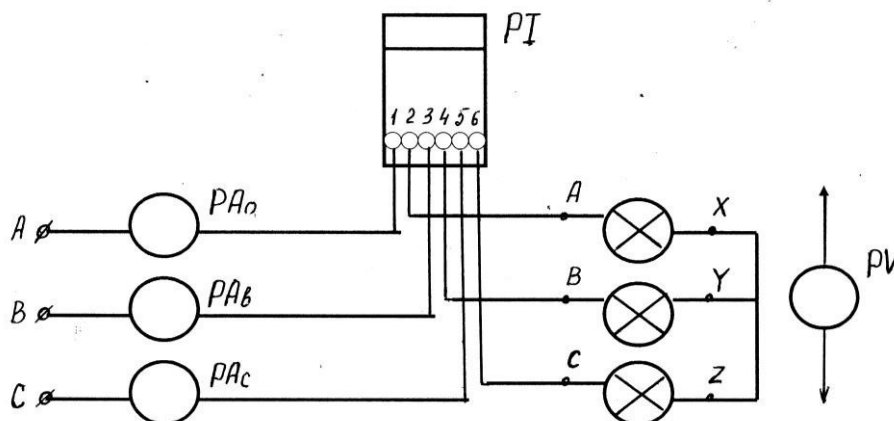


Рисунок 1 – Схема электрической цепи

Таблица 1- Технические характеристики используемых приборов

Наименование прибора	Обозначение прибора	Заводской номер	Система прибора	Предел измерения	Цена деления	Класс точности
Вольтметр	PV			150 В		
Амперметр	РА			1 А		
Счетчик электро-энергии	PI			... В, ... А		
Ламповый реостат	NL	-	-	-	-	-

Краткие теоретические сведения

Измерение активной энергии в цепи трехфазного тока производится трехфазными индукционными счетчиками СА4У-4 класса точности 2 или 1. Буквы и цифры имеют следующие значения: С – счетчик, А – активный, 4 – четырехпроводный. У – универсальный, И – индукционный. Измерение реактивной энергии в цепи трехфазного тока производится трехфазными индукционными счетчиками СР4У-4 класса точности 2 или 1. По своей конструкции и внешнему виду счетчики реактивной энергии аналогичны счетчикам активной энергии. Отличаются от них схемой внутренних соединений обмоток и включением в сеть.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами и порядком включения их в цепь. Подготовить приборы к работе.
2. Записать технические характеристики приборов в таблицу 1.
3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.
4. Включить стенд. Проверить счетчик электрической энергии на отсутствие самохода.
5. Включить нагрузку:
 - первый опыт 15 ламп (по 5 ламп в каждой фазе);
 - второй опыт 12 ламп (по 4 лампы в каждой фазе);
 - третий опыт 9 ламп (по 3 лампы в каждой фазе).
6. Показания приборов записать в таблицу 2.
7. В каждом из опытов измерить при помощи секундомера время одного полного оборота диска счетчика. Показания секундомера записать в таблицу 2.
8. Отключить стенд. Результаты измерений показать преподавателю.
9. Разобрать электрическую цепь. Привести в порядок рабочее место. Собрать соединительные провода. Измерительные приборы положить на стеллаж.

Таблица 2- Результаты измерений и вычислений

Опыт	Измерения							Вычисления							
	$I_a,$ А	$I_b,$ А	$I_c,$ А	$U_a,$ В	$U_b,$ В	$U_c,$ В	t,с	$P_a,$ Вт	$P_b,$ Вт	$P_c,$ Вт	$P,$ Вт	$W,$ Вт·с	$C_d,$ Вт·с/об	$C_n,$ Вт·с/об	$\gamma, \%$
15 ламп															
12 ламп															
9 ламп															

Таблица 3- Указания к расчету

Расчет активной мощности фазы А	$P_a = U_a \cdot I_a$	$P_a =$
Расчет активной мощности фазы В	$P_b = U_b \cdot I_b$	$P_b =$
Расчет активной мощности фазы С	$P_c = U_c \cdot I_c$	$P_c =$
Расчет активной мощности трехфазной системы	$P = P_a + P_b + P_c$	$P =$
Расчет электрической энергии за время	$W = P \cdot t$	$W =$

наблюдения		
Расчет номинальной постоянной счетчика	$C_H = \frac{W}{N}$ N- число оборотов диска, соответствующее W= 1 кВт·ч	$C_H =$
Расчет действительной постоянной счетчика	$C_D = \frac{P \cdot t}{N^*}$ N* - 1 оборот	$C_D =$
Расчет относительной погрешности	$\gamma = \frac{C_H - C_D}{C_D} \cdot 100\%$	$\gamma =$

Контрольные вопросы

1. Как называется метод измерения реактивной мощности, использованный в данной работе?
2. Как включается в электрическую цепь ваттметр для измерения реактивной мощности
3. Назовите методы измерения активной и реактивной энергии в трехфазной цепи переменного тока.?

Содержание отчета

- название и цель работы;
- схема электрической цепи;
- таблица с техническими характеристиками приборов и оборудования;
- таблицы с результатами измерений и вычислений;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод по работе.