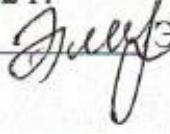


Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Иркутский государственный университет путей сообщения
Сибирский колледж транспорта и строительства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по учебной дисциплине ОП.04 Электротехнические измерения
по специальности
09.02.01 Компьютерные системы и комплексы
базовая подготовка среднего профессионального образования

Иркутск 2022

РАССМОТРЕНО:
Цикловой методической
комиссией технической механики и
электротехнических дисциплин
«08» июня 2022 г.
Председатель:  Эмерсали Н.Б.

СОГЛАСОВАНО:
Заместитель директора по УВР
/А.П.Ресельс
«09» июня 2022 г.

Разработчик:

Н.Б. Эмерсали преподаватель ФГБОУ ВО ИрГУПС СКТиС

Методические указания по выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины, разработанной на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности 09. 02 .01 Компьютерные системы и комплексы, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ (28 июля 2014 г. N 849).

Методические указания к выполнению лабораторных работ

- Каждый студент выполняет работы по специальному графику.
- К выполнению работы необходимо подготовиться до начала занятия в лаборатории.
- Помимо данного методического пособия рекомендуется использовать дополнительную литературу и конспект лекций.
- При подготовке необходимо продумывать ответы на контрольные вопросы.
- К выполнению работы допускаются только подготовленные студенты.

Правила оформления отчета о лабораторной работе

Лабораторная работа представляет собой небольшое, но вполне законченное учебное исследование. Отчет о лабораторной работе является документом, отражающим результаты выполненного исследования с максимальной полнотой и объективностью.

К оформлению технической документации предъявляются единые требования. В определенной мере этим требованиям должен удовлетворять и отчет о лабораторной работе.

Требования к оформлению отчета

Отчет должен быть выполнен на бумаге стандартного размера (формат А4) с полями по обеим сторонам текста. Материал отчета должен иметь четкую рубрикацию, каждый раздел необходимо снабдить заголовком.

Примерный состав отчета по лабораторной работе:

цель работы;

порядок выполнения лабораторной работы;

принципиальные электрические схемы и (или) схемы соединений;

• перечень измерительных приборов и электрооборудования с указанием паспортных данных;

таблицы экспериментальных исследований и выполненных вычислений;

диаграммы и графики характеристик функциональных зависимостей;

выводы или заключение о проделанной работе.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

До начала работ каждый студент ДОЛЖЕН внимательно ознакомиться с настоящими правилами и расписаться в журнале учета инструктажа по технике безопасности.

Студент ОБЯЗАН выполнять следующие правила:

1. Перед включением лабораторного комплекса в сеть 220 В убедитесь, что тумблер включения находится в положении «ВЫКЛ.».
2. При сборке цепи используйте провода с исправной изоляцией. Подключая приборы, проверяйте соблюдение норм нагрузки (рабочее напряжение конденсатора, максимальный ток для катушек индуктивности и т.п.).
3. Сборку электрической цепи ведите по контурам, начиная с основного, содержащего источник питания
4. Включайте источники питания только после проверки цепи преподавателем.
5. При проведении любых изменений в схеме отключайте источник питания.
6. Отключите питание по завершению измерений.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ

1. Касаться токоведущих частей схемы металлическими предметами, работать мокрыми руками.
2. Без разрешения преподавателя включать лабораторные стенды в сеть 220В и подавать напряжение на схему.
3. Перемещать лабораторные стенды с одного стола на другой или вскрывать их.
4. Курить в лаборатории, находиться в верхней одежде или головных уборах.

По всем возникающим вопросам студентам следует обращаться к преподавателю. За порчу оборудования студенты несут материальную ответственность.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 Обработка результатов многократных прямых измерений

Лабораторная работа №2 «Электроизмерительные приборы и измерения в электрических цепях»

Лабораторная работа № 3 Проверка технического амперметра

Лабораторная работа №4 Проверка технического вольтметра

Лабораторная работа № 5 Измерения в цепях постоянного тока с помощью приборов магнитоэлектрической системы и мультиметра

Лабораторная работа № 6 Измерения в цепях переменного тока с помощью приборов индукционной системы (счетчик электроэнергии)

Лабораторная работа № 7 Использование приборов электромагнитной и электродинамической систем для измерений токов, напряжений и потребляемой мощности при последовательном соединении реальной катушки индуктивности и реостата

Лабораторная работа № 8 Использование фазометра, прибора электродинамической системы, для измерений коэффициента мощности и угла сдвига фаз между током и напряжением при параллельном соединении реальной катушки индуктивности и конденсатора.

Лабораторная работа № 9 Использование ваттметра двухэлементного при испытании трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Лабораторная работа №10 Определение сопротивлений электрической нагрузки и проводов методом амперметра и вольтметра при исследовании потери напряжения в линии электропередач.

Лабораторная работа №11 Измерение частоты электронно - счетным частотометром

Лабораторная работа № 12 Определение потерь в стали ваттметровым методом на примере однофазного трансформатора.

Лабораторная работа №13 Измерение сопротивлений изоляции электрических кабелей с помощью мегаомметра и универсального вольтметра

Лабораторная работа №14 Косвенные методы измерений индуктивности

Лабораторная работа №15 Косвенные методы измерений ёмкости

Лабораторная работа №16 Определение коэффициента мощности при переменной индуктивной нагрузке

Лабораторная работа №17 Получение кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью осциллографа

Дисциплина «Электротехнические измерения»
Лабораторная работа № 1
Обработка результатов многократных прямых измерений.

Цель работы:

- Произвести прямые измерения сопротивления, тока и напряжения
- Рассчитать среднее арифметическое всех исходных наблюдений.
- Определить точность вероятного значения

Теоретические сведения:

Прямые измерения (измерение R, I, U).

Одно значение измеряемой величины (отдельный результат прямого измерения), получаемое в процессе измерительного эксперимента, называется *наблюдением*. Окончательный результат измерения в общем случае находят выполняя обработку нескольких наблюдений.

Если измеряемая величина неизменна, а множество результатов измерений вызвано наличием случайных погрешностей, тогда за окончательным результатом измерений (наиболее вероятным значением) следует считать среднее арифметическое всех исходных наблюдений.

$$A_0 = (A_1 + A_2 + \dots + A_n) / n$$

Точность вероятного значения можно характеризовать вероятной погрешностью $\Delta_{\text{а.в.}}$, относительно которой можно сказать, что половина всех случайных погрешностей при повторных измерениях данной величины будет больше её ($\Delta_{\text{а.в.}}$), а половина – меньше.

Вероятная погрешность определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{а.в.}} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{n(n-1)}}$$

, где p_i – разность между результатом отдельного измерения и вероятным значением.

$p_i = A_i - A_0$ и называется случайным отношением или остаточной погрешностью.

Относительная вероятная погрешность:

$$\gamma_{\text{а.в.}} = \frac{\Delta_{\text{а.в.}}}{A_0} * 100\%$$

Пределальная погрешность:

$$\Delta_{\text{а.п.}} = 4,5 \Delta_{\text{а.в.}}$$

Результат можно записать как:

$$A = A_0 \pm \Delta_{\text{а.в.}}$$

Эта запись означает, что при измерении наиболее вероятным значением величины, при ее повторных измерениях, одинаково возможны погрешности, как менее $\Delta_{\text{а.в.}}$, так и более, но не превышающее 4,5 $\Delta_{\text{а.в.}}$.

Оборудование:

1. Лабораторная установка стенд «Электрические цепи»

СХЕМА 1
измерение токов mA

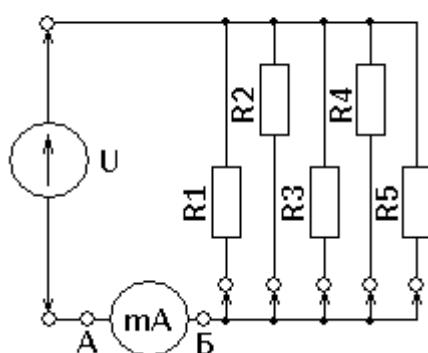
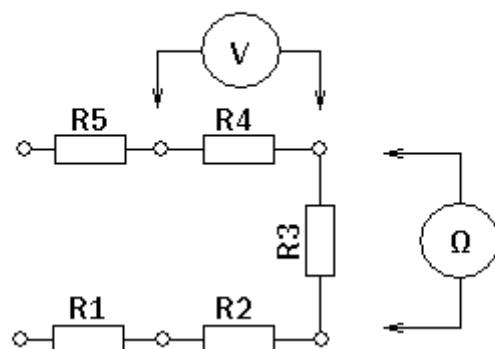


СХЕМА 2, 3
Измерение напряжений, сопротивлений



План работы:

1. Провести многократные измерения R , I , U .
2. Результаты занести в таблицу.
3. Произвести расчет наиболее вероятного значения измеряемых величин (R_0 , I_0 , U_0).
4. Рассчитать вероятную погрешность измерений ($\Delta R_{\text{ов}}$, $\Delta I_{\text{ов}}$, $\Delta U_{\text{ов}}$).
5. Рассчитать относительную вероятную погрешность ($\gamma_{\text{ов}}$) для каждой измеряемой величины (R , I , U).
6. Рассчитать предельные погрешности ($\Delta R_{\text{опр}}$, $\Delta I_{\text{опр}}$, $\Delta U_{\text{опр}}$).
7. Записать результаты вычислений в таблицу.

Таблица 1

| измерения измер. величина | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | A_o | $A_{\text{ов}}$ | $A_{\text{опр}}$ | A |
|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|-------|-----------------|------------------|-----|
| R | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | |
| U | | | | | | | | | | |

Лабораторная работа №2

«Электроизмерительные приборы и измерения в электрических цепях»

1. Цель работы: изучение электроизмерительных приборов, используемых в лабораторных работах. Получение представлений о пределе измерения и цене деления, абсолютной и относительной погрешности, условиях эксплуатации и других характеристиках стрелочных электроизмерительных приборов, получение навыков работы с цифровыми измерительными приборами.

2. Порядок выполнения работы:
1. Изучить главу «Описание оборудования».

2. Изучить теоретические основы по материалам лекций или перечню рекомендованной преподавателем литературы.

Убедиться, что все выключатель стенда находится в положении «ВЫКЛ»

По указанию преподавателя, выбрать модули для выполнения текущего задания.

Подготовить соединительные провода (перемычки), входящие в комплект стенда.

Соединить модули согласно принципиальной электрической схеме или схеме соединений.

Провести эксперимент.

Выключить питание стенда.

Составить отчет по лабораторной работе.

3. Порядок проведения эксперимента:

3.1. Подготовить блок «Измерительные приборы» для измерения постоянного напряжения. Включить электропитание моноблока, для этого перевести в положение «Вкл.» выключатель питания. Измерить значения выходных напряжений источников напряжения в соответствии с данными таблицы 3.1 и заполнить полученные результаты в таблицу 3.1. Выключить электропитание моноблока.

Таблица 3.1.

| Показания источника питания | 0...+12В | -12В...0...+12В | +5В | + 12В | + 15В |
|-----------------------------|----------|-----------------|-----|-------|-------|
| Измерение | | | | | |

3.2 Изучение цифрового универсального измерителя мощности. Ознакомится с цифровым универсальным измерителем мощности (ваттметром) блока «Измеритель мощности».

Подготовить ваттметр для проведения измерений. Для этого собрать электрическую схему

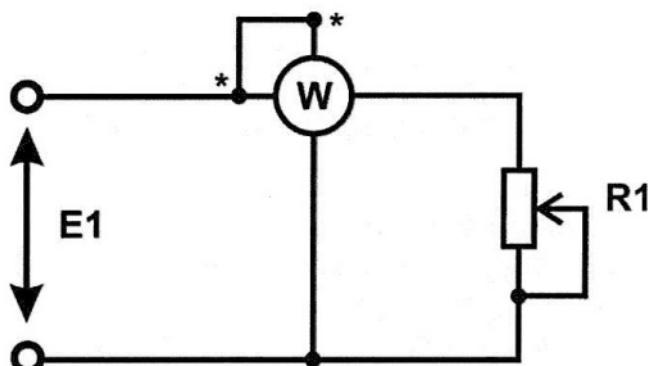


Рис. 3.1 Изучение цифрового универсального измерителя

по рис. 3.1.

3.3. Установить предел измерения напряжения прибора «1В..40В», а также заданное преподавателем значение сопротивления резистора R1 блока «Сопротивления добавочные». После проверки схемы преподавателем включить электропитание моноблока. Измерить напряжение, ток, активную мощность и частоту напряжения питания (при этом использовать выход сигнала с трехфазного генератора в режиме 50 Гц). Данные занести в табл. 3.2. Выключить электропитание моноблока.

Таблица

| I, В | I, А | P, Вт | f, Гц |
|------|------|-------|-------|
| | | | |

Лабораторная работа № 3

Проверка технического амперметра

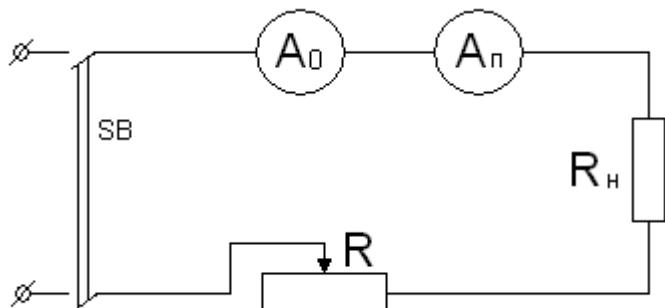
Цель работы: Освоить методику поверки технического прибора.

Содержание:

Проверкой называется определение погрешности приборов и установление его пригодности к применению. Проверка включает внешний осмотр, выбор образцового прибора, поверки показания и документального оформления. Внешний осмотр – стекла, корректора, стрелки, отдельных деталей. Выбор образцового прибора по роду, номиналу шкалы, классу точности. Обычно погрешность должна быть в 3 раза больше образцового, поверку ведут по всем делениям шкалы от нуля до номинала и наоборот. После чего определяют погрешности и поправки. Струят кривую поправок.

Необходимые приборы:

- 1). Амперметр проверяемый
- 2). Амперметр образцовый
- 3). Реостат плавной регулировки
- 4). Набор сопротивлений



- 1). Проверить схему, усвоить, что проверяемый амперметр должен быть менее точным, чем образцовый.
- 2). Реостатом устанавливают заданные в таблице токи, записывают показания амперметров при ходе вверх, после чего, выводя реостаты, идут к нулю по тем же значениям тока (ход вниз), результаты заносятся в таблицу.

| Ход вверх | | | | | Ход вниз | | | | | I _{max} (mA) | γ _Д (%) |
|---------------------|---------------------|---------|---------|-------|---------------------|---------------------|---------|---------|-------|-----------------------|--------------------|
| I _п (mA) | I ₀ (mA) | ΔI (mA) | δI (mA) | γ (%) | I _п (mA) | I ₀ (mA) | ΔI (mA) | δI (mA) | γ (%) | | |
| 2,5 | | | | | 25 | | | | | | |
| 5 | | | | | 22,5 | | | | | | |
| 7,5 | | | | | 20 | | | | | | |
| 10 | | | | | 17,5 | | | | | | |
| 12,5 | | | | | 15 | | | | | | |
| 15 | | | | | 12,5 | | | | | | |
| 17,5 | | | | | 10 | | | | | | |
| 20 | | | | | 7,5 | | | | | | |
| 22,5 | | | | | 5 | | | | | | |
| 25 | | | | | 2,5 | | | | | | |

- 3). После замеров находят погрешности:

- a). абсолютные $ΔI = I_{\text{п}} - I_0$
- б). относительные $γ = (\Delta I / I_0) * 100\%$
- в). поправки $δI = -ΔI$

4). Из абсолютных погрешностей выбирают максимальную по модулю и рассчитывают класс точности $\gamma_d = (\Delta I_{max} / I_{nom}) * 100\%$

5). Делают вывод и строят кривую поправок

6). Письменно ответить на контрольные вопросы:

1. С какой целью производится поверка приборов?

2. Как она происходит?

3. Основные формулы:
- а) абсолютная погрешность
 - б) относительная погрешность
 - в) класс точности прибора
 - г) цена деления.

Лабораторная работа №4

Проверка технического вольтметра

Цель работы: Освоить методику поверки технического прибора.

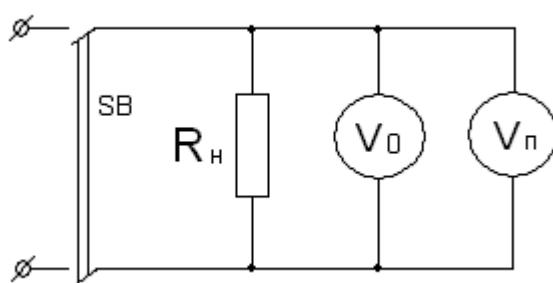
Содержание:

Проверкой называется определение погрешности приборов и установление его пригодности к применению.

Проверка включает внешний осмотр, выбор образцового прибора, поверки показания и документального оформления. Внешний осмотр – стекла, корректора, стрелки, отдельных деталей. Выбор образцового прибора по роду, номиналу шкалы, классу точности. Обычно погрешность должна быть в 3 раза больше образцового, поверку ведут по всем делениям шкалы от нуля до номинала и наоборот. После чего определяют погрешности и поправки. Строят кривую поправок.

Необходимые приборы:

- 1). Вольтметр проверяемый
- 2). Вольтметр образцовый
- 3). Блок питания плавной регулировки
- 4). Набор сопротивлений



1). Проверить схему, усвоить, что проверяемый вольтметр должен быть менее точным, чем образцовый.

2). Регулировкой на блоке питания устанавливают заданные в таблице напряжения, записывают показания вольтметров при ходе вверх, после чего идут к нулю по тем же значениям тока (ход вниз), результаты заносятся в таблицу.

| Ход вверх | | | | | Ход вниз | | | | | Umax (В) | γ_d (%) |
|--------------------|--------------------|----------------|----------------|--------------|--------------------|--------------------|----------------|----------------|--------------|----------|----------------|
| U _п (В) | U ₀ (В) | ΔU (В) | δU (В) | γ (%) | U _п (В) | U ₀ (В) | ΔU (В) | δU (В) | γ (%) | | |
| 1 | | | | | 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | 10 | | | | | | |

3). После замеров находят погрешности:

- a). абсолютные $\Delta U = U_{\text{п}} - U_0$
- б). относительные $\gamma = (\Delta U / U_0) * 100\%$
- в). поправки $\gamma_d = (\Delta U_{\text{max}} / U_{\text{ном}}) * 100\%$

4). Из абсолютных погрешностей выбирают максимальную по модулю и рассчитывают класс точности

5). Делают вывод и строят кривую поправок

6). Письменно ответить на контрольные вопросы:

1. С какой целью производится поверка приборов?

2. Как она происходит?

3. Основные формулы:
- а). абсолютная погрешность
 - б). относительная погрешность
 - в). класс точности прибора
 - г). цена деления.

Лабораторная работа № 5

Измерения в цепях постоянного тока с помощью приборов

магнитоэлектрической системы и мультиметра

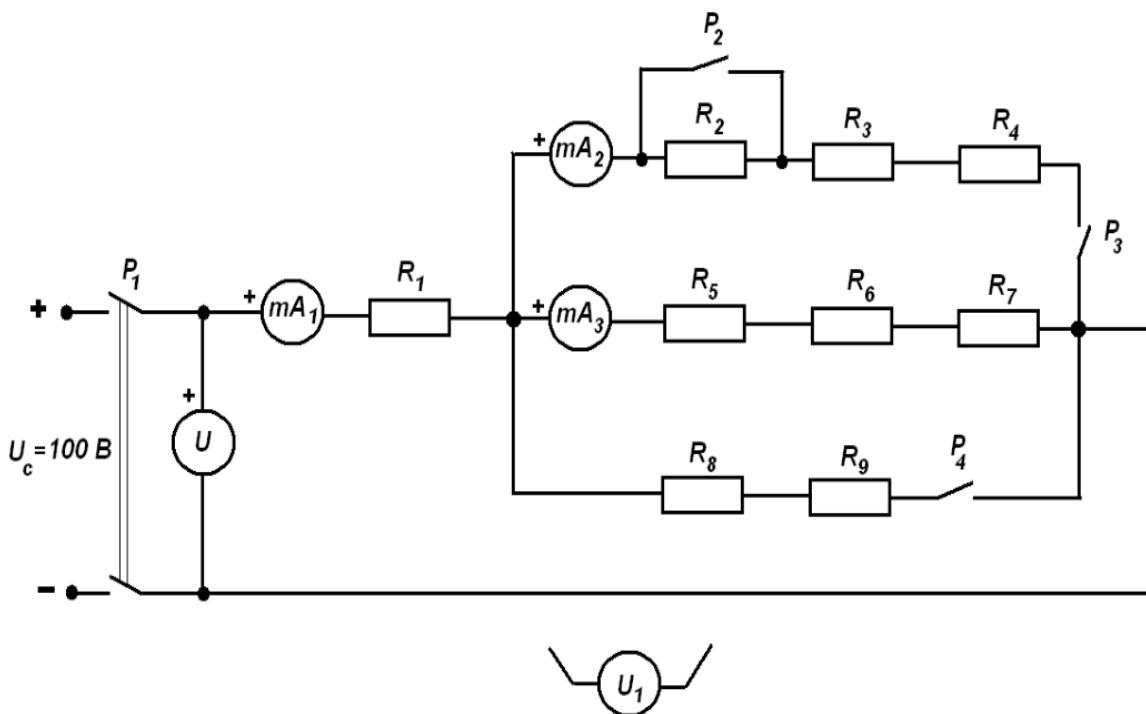
Цель работы:

1. Приобретение практических навыков чтения и сборки электрической схемы подключения смешанного соединения резисторов и приборов, используемых для контроля параметров электрической цепи, к электрической сети постоянного тока.
2. Проследить по показаниям приборов изменения, производимые в схеме.

Оборудование и приборы:

1. Источник питания – электрическая сеть постоянного тока на напряжение 100В.
2. Блок резисторов количеством 9 шт.
3. Соединительные провода
4. Приборы:
 - Миллиамперметр mA₁ (mA) – измеряет силу тока в неразветвленной части цепи
 - Миллиамперметр mA₂ (mA) – измеряет силу тока в первой ветви разветвления резисторов
 - Миллиамперметр mA₃ (mA) – измеряет силу тока во второй ветви разветвления резисторов
 - Мультиметр MY61
 - Вольтметр U (В) – измеряет входное напряжение электросхемы
 - Вольтметр U₁ – измеряет падения напряжения на участках цепи
 - Рубильники P₁, P₂, P₃, P₄ – производят включение и переключение в схеме

Электрическая схема включения в



Порядок выполнения работы:

1. Технические данные электрических приборов в таблице №1.

Таблица №1

| Наименование прибора | Обозначение на схеме | Система прибора | Класс точности | Предел измерения | Цена деления |
|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

2. Показания приборов записаны в таблицу №2.

Таблица

№2

| Измерить | | | | | | | | | | Рубильники ↑ - включено ↓ - выключено |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|--|
| № п/п | U_1 | I_1 | I_2 | I_3 | U_1 | U_2 | U_5 | U_{2-4} | U_{3-4} | |
| | V | mA | mA | mA | V | V | V | V | V | |
| 1 | | | | | | | | | | $P_2 \uparrow, P_3 \uparrow, P_4 \uparrow$ |
| 2 | | | | | | | | | | $P_2 \downarrow, P_3 \uparrow, P_4 \uparrow$ |
| 3 | | | | | | | | | | $P_2 \downarrow, P_3 \downarrow, P_4 \uparrow$ |
| 4 | | | | | | | | | | $P_2 \downarrow, P_3 \uparrow, P_4 \downarrow$ |

3. Вычислены параметры цепи, используя закон Ома, законы последовательного и параллельного соединения. Вычисления занесены в таблицу №3.

Таблица

№3

| Вычислить | | | | | | |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|------|
| № п/п | R_1 | R_{2-4} | R_5 | $R_{экв}$ | I_4 | P |
| | κOm | κOm | κOm | κOm | mA | Bm |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |

4. Для каждого случая переключения цепи с помощью выключателей, зарисованы электрические схемы работающих на данный момент резисторов цепи.

Лабораторная работа № 6

Измерения в цепях переменного тока с помощью приборов индукционной системы (счетчик электроэнергии)

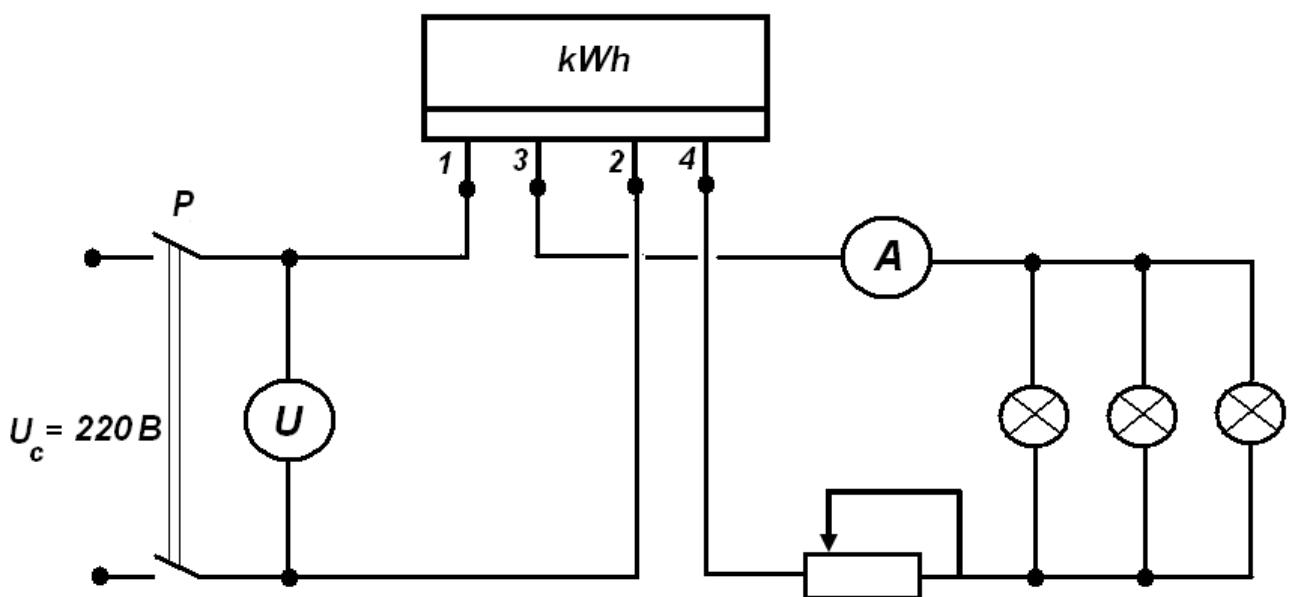
Цель работы:

3. Приобрести практические навыки чтения и сборки электрической схемы подключения счетчика активной энергии к электрической цепи переменного тока.
4. Изучить устройство и принцип действия счетчика активной электроэнергии.
5. Проследить по показаниям приборов изменения, производимые в схеме при изменении сопротивления электрической нагрузки.

Оборудование и приборы:

5. Источник питания – электрическая сеть переменного тока на напряжение 220В.
6. Счетчик электрической энергии СО 505
7. Реостат
8. Блок ламп накаливания
9. Соединительные провода
10. Приборы:
 - Амперметр А (А) – измеряет силу тока в электрической цепи
 - Вольтметр U (В) – измеряет входное напряжение электрической цепи

Электрическая схема включения счетчика активной энергии:



Порядок выполнения работы:

5. Технические данные электрических приборов:

Таблица

№1

| Наименование прибора | Обозначение на схеме | Система прибора | Класс точности | Предел измерения | Цена деления |
|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

6. С помощью включения разного количества ламп и изменения сопротивления реостата устанавливались на амперметре значения тока I нагрузки, указанные в таблице №2.

7. Для каждого опыта посчитаны целое число оборотов диска счетчика за 180 секунд.
Данные записаны в таблицу №2.

Таблица

№2

| № п/п | Измерено | | | | | Вычислено | | |
|-------|----------|-----|---------|---------|-----|-----------|---------|----------|
| | U | I | t | N | P | C_h | C | γ |
| | В | А | секунды | обороты | Вт | Вт с/об | Вт с/об | % |
| 1 | 220 | 3 | 180 | | | | | |
| 2 | 220 | 2,5 | 180 | | | | | |
| 3 | 220 | 2,0 | 180 | | | | | |
| 4 | 220 | 1,5 | 180 | | | | | |

Формулы для вычислений:

$$\bullet \quad \gamma = \frac{(C_n - C)}{C_n} \cdot 100\% \quad -$$

погрешность счетчика электроэнергии, где C_n - номинальная постоянная счетчика

$$\bullet \quad C_n = \frac{1000 \cdot 3600}{N_n} \quad \frac{Bm \cdot c}{об}$$

где, N_n - передаточное число оборотов (указывается на счетчике) – 1280 оборотов диска

$$\bullet \quad C = \frac{P \cdot t}{N} \quad \text{где, } C \text{ - действительная постоянная счетчика}$$

$P = U \cdot I$ где, P – мощность в цепи (Вт); t - время в (с); N - число оборотов диска за время t

Лабораторная работа № 7

Использование приборов электромагнитной и электродинамической систем для измерений токов, напряжений и потребляемой мощности при последовательном соединении реальной катушки индуктивности и реостата.

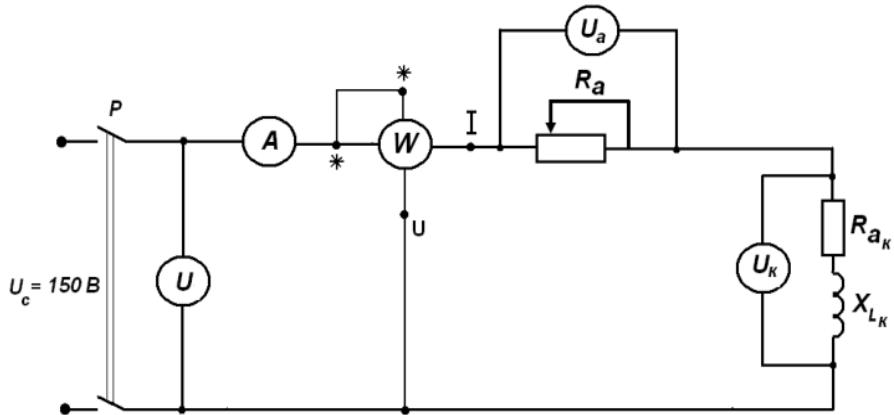
Цель работы:

6. Приобрести практические навыки чтения и сборки электрической схемы подключения последовательного соединения реальной катушки индуктивности, реостата и приборов, используемых для контроля параметров электрической цепи, к электрической сети переменного тока.
7. С помощью приборов электромагнитной системы (амперметра и вольтметров) и электродинамической системы (ваттметра) произвести измерения электрических параметров при изменении активного сопротивления реостата и изменении индуктивности катушки.
8. По измеренным параметрам проверить действие закона Ома для неразветвленных цепей переменного тока. По построенным векторным диаграммам доказать правильность снятия электрических параметров, измеренных приборами.

Оборудование и приборы:

11. Источник питания – электрическая сеть переменного тока на напряжение 150В.
12. Катушка индуктивности с магнитопроводом
13. Реостат, соединительные провода
14. Приборы: -Амперметр A (A)- измеряет силу тока в цепи; Вольтметр U (B)- измеряет входное напряжение электросхемы; Вольтметр U_a (B)- измеряет падение напряжения на реостате; Вольтметр U_k (B)- измеряет падение напряжения на катушке индуктивности; Ваттметр W (Bt) - измеряет активную мощность электрической цепи

Электрическая схема включения



Порядок выполнения работы:

8. Записать технические данные электрических приборов в таблицу №1

Таблица №1

| Наименование прибора | Обозначение на схеме | Система прибора | Класс точности | Предел измерения | Цена деления |
|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

9. Собрать схему и показать преподавателю.

10. За счет изменения положения движка реостата изменить его сопротивление от нуля до максимума. При каждом изменении сопротивления снять показания приборов и занести их показания в таблицу №2.

11. При максимальном значении сопротивления реостата изменить индуктивность катушки путем изменения ее положения на сердечнике магнитопровода. При каждом изменении снять показания приборов и занести их показания в таблицу №2.

Таблица №2

| № n/ n | ИЗМЕРЕНО | | | | | ПРИМЕЧАНИЕ |
|--------------|----------|----|----|---|----|--|
| | U | Ua | Uk | I | P | |
| | B | B | B | A | Bm | |
| 1 | | | | | | $R_{РЕОСТАТА} = 0$ |
| 2 | | | | | | $R_{РЕОСТАТА}$ - среднее значение |
| 3 | | | | | | $R_{РЕОСТАТА}$ - максимальное значение |
| 4 | | | | | | 1 положение катушки индуктивности |
| 5 | | | | | | 2 положение катушки индуктивности |

12. По результатам измерений, пользуясь приведенными ниже формулами, произвести вычисления.

Результаты вычислений записать в таблицу №3.

Таблица №3.

| № П/П | ВЫЧИСЛИТЬ | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------------|------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|-----|----|
| | Z | Z _K | R _{общ} | R _a реостата | R _a катушки | X _L катушки | cos φ | cos φ_K | U _a катушки | U _L катушки | Q | S |
| | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | - | - | В | В | BAr | BA |
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | |

$$Z = \frac{U}{I} \quad \text{полное сопротивление цепи (Ом)}$$

$$R_a = \frac{U_a}{I} \quad \text{активное сопротивление реостата (Ом)}$$

$$X_L = \sqrt{Z_k^2 - R_{ak}^2} \quad \text{индуктивное сопротивление катушки (Ом)}$$

$$Z_k = \frac{U_k}{I} \quad \text{полное сопротивление катушки индуктивности (Ом)}$$

$$R_{общ} = \frac{P}{I^2} \quad \text{общее активное сопротивление цепи (Ом)}$$

$$R_{\text{катушки}} = R_{\text{общ}} - R_a \quad \text{активное сопротивление катушки индуктивности (Ом)}$$

$$U_a = I \cdot R_{\text{катушки}} \quad \text{активное падение напряжения на катушке (В)}$$

$$U_L = I \cdot X_L \quad \text{индуктивное падение напряжения на катушке индуктивности (В)}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I} \quad \text{коэффициент мощности цепи}$$

$$\cos \varphi_k = \frac{R_{акт}}{Z_k} \quad \text{коэффициент мощности активной части катушки индуктивности}$$

$$Q = I^2 \cdot X_L \quad \text{реактивная мощность цепи (ВАр)}$$

$$S = U \cdot I \quad \text{полнная мощность цепи (ВА)}$$

6. В масштабе построить векторные диаграммы для опытов 1, 3 и 5.

Лабораторная работа № 8

Использование фазометра, прибора электродинамической системы, для измерений коэффициента мощности и угла сдвига фаз между током и напряжением при параллельном соединении реальной катушки индуктивности и конденсатора.

Цель работы:

9. Приобрести практические навыки чтения и сборки электрической схемы подключения параллельного соединения реальной катушки индуктивности, конденсатора и приборов, используемых для контроля параметров электрической цепи, к электрической сети переменного тока.
10. Изменением емкости конденсатора добиться резонанса токов в параллельных цепях схемы.
11. Получить практические навыки построения векторных диаграмм для параллельного соединения элементов цепи, сравнение данных, полученных при построении с данными приборов.

Оборудование и приборы:

15. Источник питания – электрическая сеть переменного тока на напряжение 150В.
16. Катушка индуктивности с магнитопроводом
17. Конденсаторная батарея
18. Соединительные провода
19. Приборы: -Амперметр А (А)– измеряет силу тока в неразветвленной части цепи
– Амперметр A_L (А)– измеряет силу тока в цепи реальной катушки индуктивности
– Амперметр A_C (А)– измеряет силу тока в цепи конденсаторной батареи
– Вольтметр U (В)- измеряет входное напряжение электросхемы
– Фазометр φ – измеряет угол сдвига фаз между током и напряжением и коэффициента мощности $\cos \varphi$

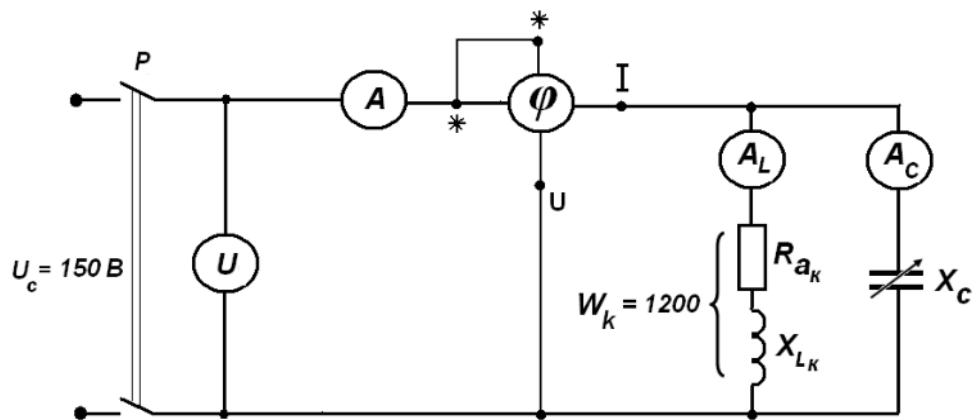
ПРИМЕЧАНИЕ

$R_{ak}, Z_k, X_L, \cos \varphi_k$

вычисляют только один раз

При $R_{РЕОСТАТА} = 0$

Электрическая схема включения параллельного соединения реальной катушки индуктивности и конденсатора



Порядок выполнения работы:

13. Технические данные электрических приборов

Таблица №1

| Наименование прибора | Обозначение на схеме | Система прибора | Класс точности | Предел измерения | Цена деления |
|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

14. Установлена емкость батареи конденсаторов $C_1=16 \text{ мкФ}$, показания приборов занесены в таблицу №2.

15. Установлена емкость батареи конденсаторов $C_2=32 \text{ мкФ}$. Изменением индуктивности

катушки установлен сдвиг фаз на фазометре $\Phi = 0$ – это случай *резонанса токов*.

Показания приборов занесены в таблицу №2.

16. Установлена емкость батареи конденсаторов $C_3=58 \text{ мкФ}$, показания приборов занесены в таблицу №2.

Таблица

№2

| № П/П | ИЗМЕРЕНО | | | | | | ПРИМЕЧАНИЕ |
|----------|----------|-----|-------|-------|-----------|----------------|--|
| | U | I | I_k | I_C | φ | $\cos \varphi$ | |
| | B | A | A | A | ГРАД | - | |
| 1 | | | | | | | $C_1=16 \text{ мкФ}$ |
| 2 | | | | | | | $C_2=32 \text{ мкФ}$ резонанс токов |
| 3 | | | | | | | $C_3=58 \text{ мкФ}$ |

17. По результатам измерений, пользуясь приведенными ниже формулами, произведены вычисления. Результаты вычислений записаны в таблицу №3.

Таблица

№3.

| <i>№ П/П</i> | ВЫЧИСЛЕНО | | | | | | | |
|------------------|------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | $\cos \varphi_k$ | R_{ka} | X_L | Z_k | X_C | I_a | I_L | I_p |
| | - | Om | Om | Om | Om | A | A | A |
| 1 | 0,25 | | | | | | | |
| 2 | 0,25 | | | | | | | |
| 3 | 0,25 | | | | | | | |

$$Z_k = \frac{U}{I_k} \quad \text{полное сопротивление катушки (Ом)}$$

$$R_{ka} = Z_k \cdot \cos \varphi_k \quad \text{активное сопротивление катушки (Ом)}$$

$$X_L = \sqrt{Z_k^2 - R_{ka}^2} \quad \text{индуктивное сопротивление катушки (Ом)}$$

$$X_C = \frac{U}{I_C} \quad \text{емкостное сопротивление конденсатора (Ом)}$$

$$I_a = I_k \cdot \cos \varphi_k \quad \text{активная составляющая тока катушки (А)}$$

$$I_L = \sqrt{I_k^2 - I_a^2} \quad \text{индуктивная составляющая тока катушки (А)}$$

$$I_p = I_L - I_C \quad \text{реактивная составляющая тока катушки (А)}$$

$$\bullet I_C > I_L$$

7. В масштабе построить векторные диаграммы для случаев:

$$\bullet I_C = I_L$$

$$\bullet I_C < I_L$$

Лабораторная работа № 9

Использование ваттметра двухэлементного при испытании трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

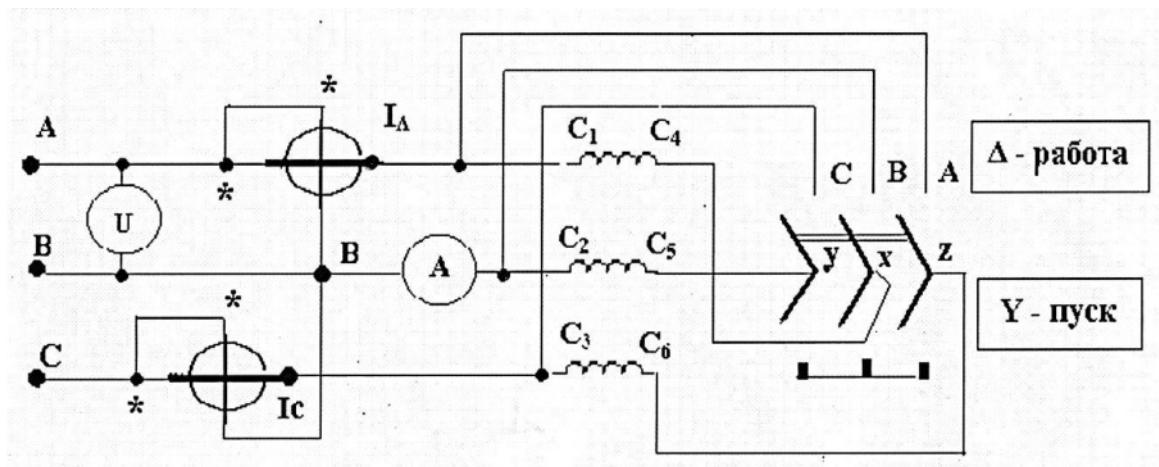
Цель работы:

- Приобрести практические навыки чтения и сборки электрической схемы подключения трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и приборов, используемых для контроля параметров электрической цепи, к трехфазной сети переменного тока.

Оборудование и приборы:

- Источник питания - трехфазная электрическая сеть переменного тока на напряжение 220В.
- Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.
- Трехполюсный рубильник - переключает обмотки статора двигателя со "звезды" на "треугольник"
- Ленточный тормоз
- Соединительные провода
- Гири
- Приборы:
 - Амперметр - измеряет силу тока в фазе В, обозначается I (А);
 - Вольтметр - измеряет напряжение между фазами А и В, обозначается U (В);
 - Ваттметр двухэлементный - измеряет потребляемую асинхронным двигателем мощность, обозначается P₁ (Вт)
 - Тахометр - измеряет частоту вращения ротора n₂ (об./вращ.)

Электрическая схема пуска асинхронного двигателя переключением обмоток статора со "звезды" на "треугольник"



Выполнение работы:

- Технические данные электрических приборов

таблица №1.

| Наименование прибора | Обозначение на схеме | Система прибора | Класс точности | Предел измерения | Цена деления |
|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

- Показания приборов в режиме «холостой ход» записаны в опыте 1 таблицы №2. Показания приборов при различных значениях нагрузки записаны в опыты 2, 3, 4 и 5 таблицы №2

Таблица №2

| № опыта | Измерить | | | | | | Вычислить | | | | |
|---------|----------|---|----------------|----------------|------|---|-----------------|----------------|-------|---|---|
| | U | I | P ₁ | n ₂ | L | F | M _{вр} | P ₂ | Cos φ | S | η |
| | V | A | Вт | об/мин | метр | N | H* метр | Вт | - | % | % |
| 1. | | | | | | 0 | | | | | |
| 2. | | | | | | 4 | | | | | |
| 3. | | | | | | 5 | | | | | |
| 4. | | | | | | 7 | | | | | |
| 5. | | | | | | 9 | | | | | |

- По полученным данным с помощью приведенных ниже формул вычислены:

- Вращающий момент на валу двигателя - M_{вр}:

$M_{\text{вр}} \approx M_{\text{мех}} = F \cdot L$ (Нм), где F – сила, прикладываемая к ротору в (Н), в лаб. работе – вес грузов, подвешиваемых к ленточному тормозу;
L – радиус окружности, описываемой точкой приложения силы F (длина плеча «коромысла» в метрах).

- Полезная мощность на валу двигателя - P₂:

$$P_2 = \frac{M_{\text{вр}} \cdot n_2}{9,55} \quad (\text{Вт}), \text{ где } M_{\text{вр}} - \text{вращающий момент двигателя (Нм)}$$

$$9,55 \quad n_2 - \text{частота (скорость) вращения ротора (об/мин)}$$

- Коэффициент мощности асинхронного двигателя - Cos φ:

$$\text{Cos } \varphi = P_2 / \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I$$

- Скольжение двигателя - S:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\% \quad \text{где } n_1 - \text{частота вращения магнитного поля у данного}$$

$$\text{двигателя (}n_1 = 1500 \text{ об/мин)}$$

- Коэффициент полезного действия двигателя - η:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$$

- Построены рабочие характеристики асинхронного двигателя $I = f(P_2)$; $n_2 = f(P_2)$;
 $\eta = f(P_2)$; $\text{Cos } \varphi = f(P_2)$ и сделано сравнение их со стандартными характеристиками.
- На основании сравнения сделаны выводы о качестве снятия параметров цепи и правильности проведения расчетов.
- Даны ответы на контрольные вопросы и практические задания по указанию преподавателя.

Лабораторная работа №10

Определение сопротивлений электрической нагрузки и проводов методом амперметра и вольтметра при исследовании потери напряжения в линии электропередач.

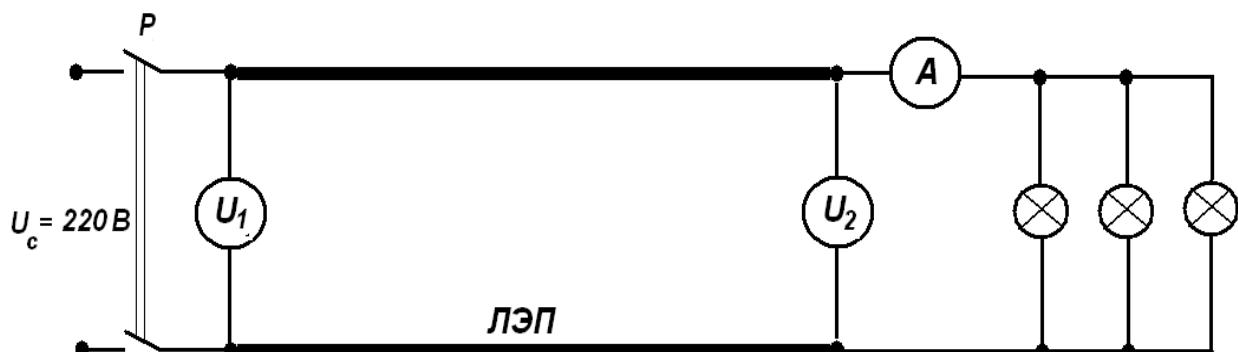
Цель работы:

- Приобрести практические навыки чтения и сборки электрической схемы подключения электрической нагрузки к ЛЭП.
- Исследовать зависимость потери напряжения в ЛЭП от тока, потребляемого электронагрузкой, и различных материалов, используемых для изготовления проводов ЛЭП.
- Измерить потери напряжения в ЛЭП.

Оборудование и приборы:

- Источник питания – электрическая сеть переменного тока на напряжение 220В.
- Макет линии электропередач длиной 50 м
- Блок ламп накаливания
- Соединительные провода
- Приборы:
 - Амперметр А (A) – измеряет силу тока в электрической цепи нагрузки
 - Вольтметр U_1 (B) – измеряет входное напряжение электрической линии
 - Вольтметр U_2 (B) – измеряет выходное напряжение электрической линии, идущей на нагрузку

Электрическая схема подключения электрической нагрузки
к линии ЛЭП



Порядок выполнения работы:

- Записать технические данные электрических приборов в таблицу №1.

Таблица №1

| Наименование прибора | Обозначение на схеме | Система прибора | Класс точности | Предел измерения | Цена деления |
|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

- Собрать схему и показать ее преподавателю.
- В каждом блоке проделать три опыта с различным количеством ламп нагрузки.

4. Полученные результаты записать в таблицу №2.

Таблица №2.

| № п/п | Измерено | | | | |
|--|----------|---------------------|---------------------|--------|------------|
| | I A | U ₁ B | U ₂ B | L м | Примечание |
| медные провода $\rho_{\text{меди}}=0,017 \text{ (Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м)}$ | | | | | |
| 1 | | | | 50 | 2 лампы |
| 2 | | | | 50 | 4 лампы |
| 3 | | | | 50 | 6 ламп |
| железные провода $\rho_{\text{железо}}=0,13 \text{ (Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м)}$ | | | | | |
| 1 | | | | 50 | 2 лампы |
| 2 | | | | 50 | 4 лампы |
| 3 | | | | 50 | 6 ламп |

5. Вычислить параметры цепи. Вычисления занести в таблицу №3.

Таблица №3.

| | Вычислено | | | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|--------|---------|----------------------|
| | R _{нагрузки} Ом | R _{проводов} Ом | P ₁ Вт | P ₂ Вт | η % | ΔU В | S мм ² |
| медные провода $\rho_{\text{меди}}=0,017 \text{ (Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м)}$ | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| железные провода $\rho_{\text{железо}}=0,13 \text{ (Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м)}$ | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

Использовать формулы для вычислений:

$$R_{\text{нагр}} = \frac{U_2}{I} \quad \text{сопротивление нагрузки} \quad P_1 = I \cdot U_1 \quad \text{мощность в начале}$$

линии

$$\Delta U = U_1 - U_2 \quad \text{потери напряжения в ЛЭП} \quad P_2 = I \cdot U_2 \quad \text{мощность в конце}$$

линии

$$R_{np} = \frac{\Delta U}{I} \quad \text{сопротивление линии ЛЭП} \quad \eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% \quad \text{КПД линии}$$

$$S = \rho \cdot \left(\frac{2L}{R_{np}} \right) \quad \text{сечение проводов ЛЭП}$$

Лабораторная работа №11

Измерение частоты электронно - счетным частотометром

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- Изучение и сравнение методов измерения частоты и интервалов времени по точности и условиям применения.
- Изучение структурных схем и принципа работы электронно-счетных частотометров (ЭСЧ).
- Приобретение и закрепление навыков проведения измерений частоты и периода электрических сигналов и интервалов времени с помощью ЭСЧ и оценки их погрешности.

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА И ОБОРУДОВАНИЯ

В состав лабораторного оборудования для выполнения данной работы входят:
частотометр электронно-счетный ЧЗ-54, генератор сигналов низкочастотный ГЗ-33,
генератор импульсов Г5-66, осциллограф цифровой RIGOL DS1052E.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 2.1 Ознакомиться с техническим описанием ЭСЧ ЧЗ-54, изучить подробно разделы «Устройство и работа изделия», «Подготовка к работе», «Порядок работы». Включить основные и вспомогательные приборы на прогрев, подготовить к работе. Изучить органы управления генераторов ГЗ-33 и Г5-66.
- 2.2 Проверить точность градуировки шкалы частоты генератора ГЗ-33 с помощью ЭСЧ путем измерения частоты и периода сигналов.
 - 2.2.1 Для проверки градуировки шкалы генератора ГЗ-33 путем измерения частоты сигналов подключить выход генератора ГЗ-33 ко входу «A» частотометра ЧЗ-54. С помощью органов управления на передней панели частотометра перевести его в режим измерения частоты гармонического сигнала. Перевести переключатель нагрузки генератора ГЗ-33 в положение « $600\ \Omega$ » и с помощью соответствующих органов управления по индикатору генератора установить на выходе генератора ГЗ-33 напряжение 1,0 В. Переключатель «Множитель» ГЗ-33 установить в положение « $\times 1$ ». Установливая шкалу (диск) генератора ГЗ-33 поочередно на отметки шкалы с числовыми обозначениями (20, 25, 30, 40 и т. д.), записать показания ЭСЧ для каждой отметки шкалы. Повторить _____ измерения для всех диапазонов ($\times 10$, $\times 100$, $\times 10^3$), результат записать в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Градуировка шкалы частоты генератора ГЗ-33 по измерению частоты

| Масштабный множитель | Измеряемая величина | Значение частоты на шкале генератора ГЗ-33 | | | | | | |
|----------------------|-----------------------------|--|----|----|----|------|------|------|
| | | 20 | 25 | 30 | 40 | | | |
| $\times 1$ | $f_{\text{ЭСЧ}}, \text{Гц}$ | | | | | | | |
| | $\Delta f, \text{Гц}$ | | | | | | | |
| $\times 10$ | $f_{\text{ЭСЧ}}, \text{Гц}$ | | | | | | | |
| | $\Delta f, \text{Гц}$ | | | | | | | |
| $\times 100$ | $f_{\text{ЭСЧ}}, \text{Гц}$ | | | | | | | |
| | $\Delta f, \text{Гц}$ | | | | | | | |
| $\times 10^3$ | $f_{\text{ЭСЧ}}, \text{Гц}$ | | | | | | | |
| | $\Delta f, \text{Гц}$ | | | | | | | |

Для проверки точности градуировки шкалы генератора Г3-33 путем измерения периода сигналов подключить выход генератора Г3-33 к выходу «Б» частотомера ЧЗ-54 и перевести частотомер в режим измерения периода гармонического сигнала. Далее, выполняя действия по п. 2.4.2.1, записать в таблицу 2.2 показания ЭСЧ (то есть значения периода следования сигнала $T_{сл\,ЭСЧ}$) для каждой отметки шкалы генератора Г3-33 на всех диапазонах частоты.

Таблица 2.2

Градуировка шкалы генератора Г3-33 по измерению периода $T_{сл}$

| Масштабный множитель | Измеряемая величина | Значение частоты на шкале генератора $f_{шк}$, Гц | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|--|----|----|----|------|------|-----|-----|
| | | 20 | 25 | 30 | 40 | | | ... | 200 |
| $\times 1$ | $T_{сл\,ЭСЧ}$, мкс | | | | | | | | |
| | $f_{ЭСЧ}$, Гц | | | | | | | | |
| | Δf , Гц | | | | | | | | |
| $\times 10$ | $T_{сл\,ЭСЧ}$, мкс | | | | | | | | |
| | $f_{ЭСЧ}$, Гц | | | | | | | | |
| | Δf , Гц | | | | | | | | |
| $\times 100$ | $T_{сл\,ЭСЧ}$, мкс | | | | | | | | |
| | $f_{ЭСЧ}$, Гц | | | | | | | | |
| | Δf , Гц | | | | | | | | |
| $\times 10^3$ | $T_{сл\,ЭСЧ}$, мкс | | | | | | | | |
| | $f_{ЭСЧ}$, Гц | | | | | | | | |
| | Δf , Гц | | | | | | | | |

По результатам измерения (табл. 2.1) вычислить разность между измеренным значением частоты $f_{ЭСЧ}$ и значением частоты, установленной на шкале генератора, $\Delta f = f_{шк} - f_{ЭСЧ}$, записать эти результаты в соответствующие графы таблицы 2.1 и построить графики () и $|f| \text{--- } f$. Сравнить вычисленную разность с пределом допустимой погрешности установки частоты генератора Г3-33.

2.4.2.4 По результатам измерения периода $T_{сл\,ЭСЧ}$ следования сигналов (табл. 2.2) вычислить величину $f_{сл\,ЭСЧ} = 1$

$T_{сл\,ЭСЧ}$ и разность $\Delta f = f_{шк} - f_{сл\,ЭСЧ}$,

записать результаты вычислений в соответствующие графы табл. 2.2 и построить графики зависимости $\Delta f = f_{шк} - f_{сл\,ЭСЧ} = \Psi(f_{сл\,шк})$. Сравнить вычисленную разность с пределом допустимой погрешности установки частоты генератора Г3-33.

Лабораторная работа № 12

Определение потерь в стали ваттметровым методом на примере однофазного трансформатора.

Цель работы:

- Приобрести практические навыки чтения и сборки электрической схемы подключения однофазного трансформатора и приборов, используемых для контроля параметров электрической цепи, к однофазной сети переменного тока.
- Включить трансформатор в сеть и ознакомиться с его работой в режимах холостого хода, короткого замыкания и рабочих режимах.
- По данным рабочих режимов построить внешнюю характеристику трансформатора $U_2 = f(I_2)$ и сравнить ее со стандартной.
- По результатам вычислений построить график зависимости коэффициента полезного действия η от отдаваемой активной мощности P_2 - $\eta = f(P_2)$

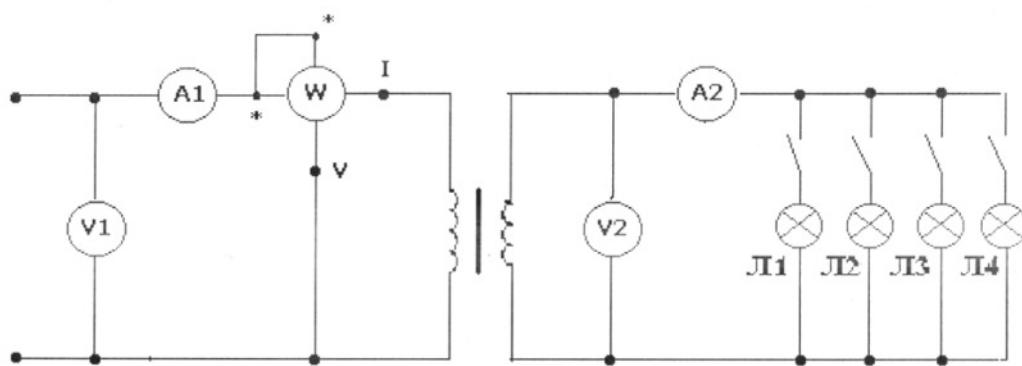
Теоретические сведения:

Смотреть методическое пособие "Трансформаторы" стр. 11-14

Оборудование и приборы:

- Источник питания – однофазная электрическая сеть переменного тока на напряжение 100В.
- Однофазный трансформатор $U_{\text{ном}1} = 127 \text{ В}$, $U_{\text{ном}2} = 36 \text{ В}$
- Лампы накаливания L_1, L_2, L_3, L_4 .
- Соединительные провода
- Приборы:
 - Амперметр A_1 – измеряет силу тока в первичной обмотке трансформатора, обозначается I_1 (А);
 - Амперметр A_2 – измеряет силу тока во вторичной обмотке трансформатора, обозначается I_2 (А);
 - Вольтметр U_1 – измеряет напряжение, подаваемое на первичную обмотку трансформатора, обозначается U_1 (В);
 - Вольтметр U_2 – измеряет выходное напряжение вторичной обмотки трансформатора, обозначается U_2 (В);
 - Ваттметр W – измеряет входную мощность трансформатора, обозначается P_1 (Вт)

Электрическая схема подключения однофазного трансформатора к однофазной сети



Порядок выполнения работы:

- Ознакомится с оборудованием и приборами. Записать технические данные электрических приборов в таблицу №1.

Таблица №1

| Наименование прибора | Обозначение на схеме | Система прибора | Класс точности | Предел измерения | Цена деления |
|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

2. Собрать схему и показать ее преподавателю.

3. Провести опыт холостого хода - **X.X.**

При отключенной нагрузке (лампы не должны гореть) и номинальном напряжении $U_1 = 100\text{В}$ провести опыт холостого хода. Показания приборов записать в таблицу №2 в опыте 1. В опыте холостого хода по показанию ваттметра определяется мощность потерь в

стали $\Delta P_{\text{ст}}$ (Вт). Потребляемая мощность в режиме холостого хода $P_{\text{хх}} = \Delta P_{\text{ст}}$.

Таблица №2

| Опыт № | Измерено | | | | | Вычислено | | | Электрическая нагрузка |
|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|--------|------------------------|
| | U_1 | U_2 | I_1 | I_2 | P_1 | $K_{\text{тр}}$ | P_2 | η | |
| | B | B | A | A | Bm | - | Bm | % | |
| 1 | XX | | | | | | | - | нет |
| 2 | PP1 | | | | | | | | Одна лампа |
| 3 | PP2 | | | | | | | | Две лампы |
| 4 | PP3 | | | | | | | | Три лампы |
| 5 | PP4 | | | | | | | | Четыре лампы |
| 6 | КЗ | | | | | - | - | - | нет |

4. Рабочие режимы работы трансформатора **P.P.**

В опытах 2, 3, 4 и 5, постепенно подключая ко вторичной обмотке трансформатора лампы, провести четыре рабочих режима работы трансформатора. Во всех опытах снять показания приборов и записать в соответствующие опыты таблицы №2.

5. Провести опыт короткого замыкания **K.3.**

Опыт проводится только совместно с преподавателем !

Порядок проведения опыта:

- Рукоятку автотрансформатора поставить на напряжение $U_1 = 0$.
- Трансформатор отключить от сети
- Закоротить вторичную обмотку трансформатора с помощью соединительного провода
- Подключить трансформатор к сети с $U_1 = 0$.
- Постепенно увеличить напряжение на первичной обмотке трансформатора до значения $U_{\text{кз}} = 5 - 10 \% U_{\text{ном1}} \approx 10 - 12 \text{ В}$, при этом ток во вторичной обмотке $I_{\text{ном2}} \approx 7 \text{ А}$.

Показания приборов записать в опыт 6 таблицы №2.

- Отключить трансформатор от сети.

С помощью этого опыта определяют мощность потерь в меди $\Delta P_{\text{меди}}$ (Вт). Потребляемая мощность в режиме короткого замыкания $P_{\text{кз}} = \Delta P_{\text{меди}}$.

6. По полученным данным с помощью приведенных ниже формул вычислить:

$$6.1. \text{ коэффициент трансформации } K_{\text{тр}} = U_{\text{ном2}} / U_{\text{ном1}}$$

6.2. мощность, потребляемую нагрузкой $\Delta P = \Delta P_{\text{ст}} + \Delta P_{\text{меди}}$, где ΔP - общая мощность потерь трансформатора

$$6.3. \text{ кпд трансформатора } \eta_{\text{тр}} = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 \%$$

7. Построить внешнюю характеристику трансформатора $U_2 = f(I_2)$ и график зависимости $\eta_{\text{тр}} = f(P_2)$. Сделать вывод о качестве снятия параметров цепи и правильности проведения расчетов.

Лабораторная работа №13

Измерение сопротивлений изоляции электрических кабелей с помощью мегаомметра и универсального вольтметра

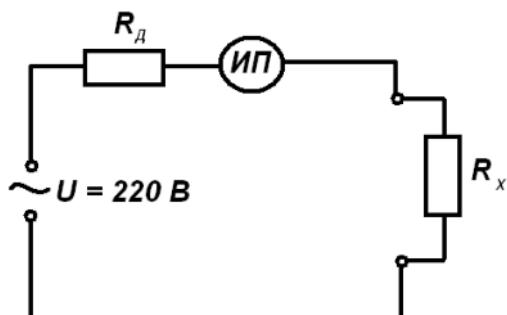
Цель работы:

1. Приобрести практические навыки сборки электрической схемы подключения приборов для измерения сопротивлений изоляции к электрическим кабелям.
2. Изучить устройство, принцип действия приборов для измерения сопротивлений изоляции .
3. Научиться измерять сопротивления изоляции проводов и кабелей относительно земли или между токоведущими жилами.

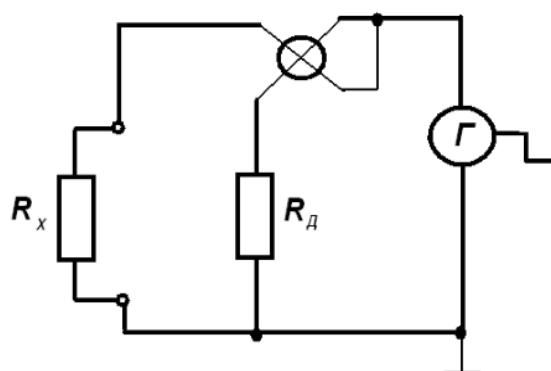
Оборудование и приборы:

1. Источник питания – электрическая сеть переменного тока на напряжение 220В.
2. Стенд «Электрические кабели»
3. Соединительные провода
4. Приборы:
 - Универсальный вольтметр В7 – 26 – предназначен для измерения напряжений и сопротивлений. В данной работе используется для измерения сопротивлений проводов и кабелей. Прибор имеет шкалу с семью пределами измерений.
 - Мегаомметр ЭС0202/2-Г – переносной прибор системы магнитоэлектрический логометр с непосредственным отчетом. Предназначен для измерения больших сопротивлений изоляций проводов и кабелей. Имеет две шкалы – $k\Omega$ (килоИм) и $M\Omega$ (мегаИм).

Принципиальные схемы универсального вольтметра В7 – 26



Принципиальная схема мегаомметра ЭС 0202/2-Г



Порядок выполнения работы:

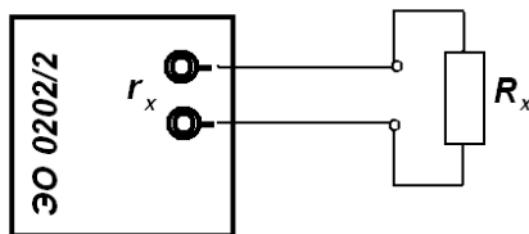
1. Записаны технические данные электрических приборов в таблицу №1.

Таблица №1

| Наименование прибора | Обозначение на схеме | Система прибора | Класс точности | Предел измерения | Цена деления |
|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

2. На стенде «Электрические кабели» измерены сопротивления изоляций кабелей прибором:

- универсальным вольтметром В7 - 26. После калибровки прибора измерены сопротивления изоляций кабелей на стенде "Испытание кабелей". Результаты измерений записаны в таблицу №2.
- мегаомметром ЭС0202/2-Г. Для измерения изоляции мегаомметр подключен к объекту измерения по схеме:



При измерении сопротивлений изоляции на пределе $\text{k}\Omega$ переключатель на приборе установлен на деление |, на пределе $\text{M}\Omega$ переключатель на приборе установлен на деление ||.

Результаты измерений записать в таблицу №2.

Таблица №2.

| Приборы | Бронированный | | | Свинцовый | | | Виниловый | | Экранированный |
|------------|---------------|--------|----------|-----------|--------|----------|-----------|--------|----------------|
| R_x | $ОЛ_1$ | $ОЛ_2$ | $Л_1Л_2$ | $ОЛ_1$ | $ОЛ_2$ | $Л_1Л_2$ | $ОЛ_1$ | $ОЛ_2$ | ЭЛ |
| В7-26 | | | | | | | | | |
| ЭС0202/2-Г | | | | | | | | | |

Лабораторная работа №14 Косвенные методы измерений индуктивности

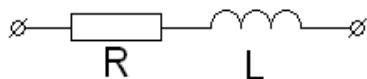
Цель работы: Освоить методику определения индуктивности косвенным методом. Собрать необходимую схему и произвести замеры для отдельных для трех катушек индуктивности с разным количеством витков провода.

Оборудование и приборы:

20. Источник питания – электрическая сеть переменного тока на напряжение 150В.
21. Катушки индуктивности с разным количеством витков провода
22. Реостат, провода
23. Приборы: -Амперметр А (А)– измеряет силу тока в цепи; Вольтметр U (В)- измеряет падение напряжения на конденсаторе; Ваттметр W (Вт) - измеряет активную мощность электрической цепи

Краткие теоретические сведения и расчетные формулы.

Схема замещения реальной катушки индуктивности имеет следующий вид:



- a) Метод двух приборов. Измеряя ток I и напряжение U на зажимах катушки, можно

$$\text{определенить ее полное сопротивление } Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2},$$

$$\text{а также индуктивность: } L = \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{Z^2 - R^2}, \text{ где } \omega = 2\pi f,$$

Если активное сопротивление катушки неизвестно, то нужно использовать метод трёх приборов.

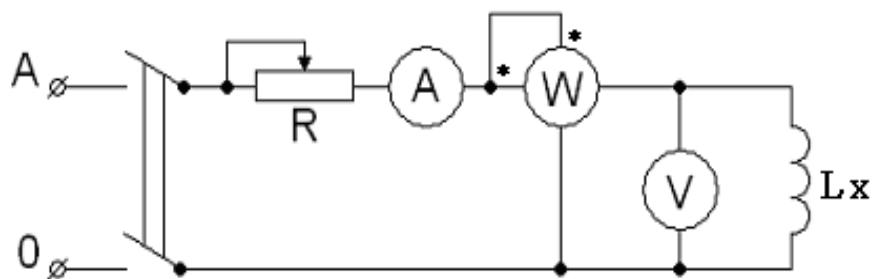
- б). Метод трёх приборов. Используя показания амперметра, вольтметра и ваттметра,

$$R = \frac{P}{I^2},$$

$$\text{определенав активное сопротивление: } L = \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{Z^2 - \left(\frac{P}{I^2}\right)^2} = \frac{1}{\omega I^2} \sqrt{U^2 \cdot I^2 - P^2}$$

вычисляем искомую индуктивность:

Электрическая схема включения



Порядок выполнения работы:

18. Записать технические данные электрических приборов в таблицу №1

Таблица №1

| Наименование прибора | Обозначение на схеме | Система прибора | Класс точности | Предел измерения | Цена деления |
|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

19. Собрать схему.
3. Для каждого количества витков сделать по 2 замера при различных токах.
4. Записать в таблицу.
5. Рассчитать индуктивность, используя метод двух (L_1) и трех (L_2) приборов.
6. Найти абсолютную и относительную погрешности, считая
 L_d – действительным значением,
 L – измеренным значением (по формулам) $\Delta L = L_{изм} - L_d$
 $\gamma = (\Delta L / L_d) * 100\%$

| № п/ п | Замеры | | | | Вычисления | | | | | | | | |
|--------------|------------------|-------|----------|-----------|---------------|---------------------------|------------------|--------------|---------------------|-----------------------|------------------|--------------|----------------|
| | Кол-во витков | I (A) | U (В) | P (Вт) | $f(\Gamma_n)$ | Метод 2-ух приборов | $L_1 (\Gamma_n)$ | ΔL_1 | γ_1^1 (%) | Метод 3-х приборов | $L_2 (\Gamma_n)$ | ΔL_2 | $\gamma_2 (%)$ |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1200 | | | | 50 | | | | | | | | |
| 2 | 1200 | | | | 50 | | | | | | | | |
| 3 | 2400 | | | | 50 | | | | | | | | |
| 4 | 2400 | | | | 50 | | | | | | | | |
| 5 | 3600 | | | | 50 | | | | | | | | |
| 6 | 3600 | | | | 50 | | | | | | | | |

7. Сделать письменные выводы по проделанной работе.

Письменно ответить на контрольные вопросы:

1. Косвенный метод измерения L .
2. В каких случаях можно при измерении использовать 2 прибора?
3. Нулевой метод измерения L . Условие равновесия моста \sim тока.

Лабораторная работа №15

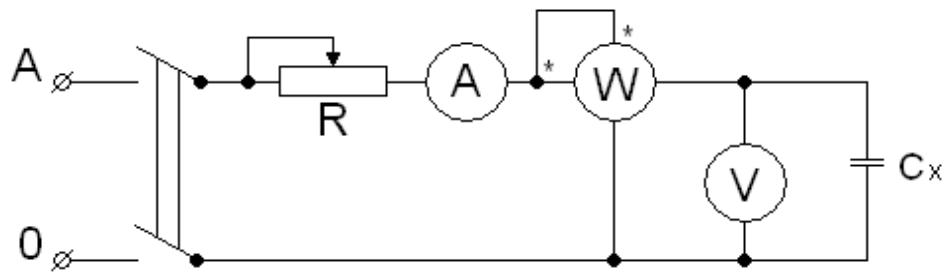
Косвенные методы измерений ёмкости

Цель работы: Освоить методику определения ёмкости косвенным методом. Собрать необходимую схему и произвести замеры для отдельных ёмкостей.

Оборудование и приборы:

24. Источник питания – электрическая сеть переменного тока на напряжение 150В.
25. Конденсатор переменной ёмкости
26. Реостат, соединительные провода
27. Приборы: -Амперметр A (А)– измеряет силу тока в цепи; Вольтметр U (В)- измеряет падение напряжения на конденсаторе; Ваттметр W (Вт) - измеряет активную мощность электрической цепи

Электрическая схема включения



Краткая теория и расчетные формулы:

- а). Пренебрегая потерями в диэлектрике конденсатора, емкость его можно определить методом амперметра и вольтметра.

$$C = I / (\omega U), \text{ где } \omega = 2\pi f.$$

- б). Если потери в диэлектрике велики или неизвестны, необходимо при измерениях использовать три прибора – вольтметр, амперметр и ваттметр.

По показаниям приборов сначала можно вычислить активное сопротивление и полное сопротивление цепи:

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Затем и искомую ёмкость:

$$C = \frac{1}{\omega \sqrt{z^2 - R^2}}$$

Порядок выполнения работы:

20. Записать технические данные электрических приборов в таблицу №1

Таблица №1

| Наименование прибора | Обозначение на схеме | Система прибора | Класс точности | Предел измерения | Цена деления |
|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

2. Собрать схему и дать проверить преподавателю.
3. Поочередно сделать замеры тока, напряжения и мощности для каждого конденсатора.
4. Результаты измерений занести в таблицу.

5. Рассчитать погрешности измерений.

$$\Delta C = C_{изм} - C_{действ}$$

$$\gamma = \frac{\Delta C}{C_{действ}} * 100\%$$

28. Результаты занести в таблицу.

| № п/п | Дано | | Замеры | | | Метод 2-ух приборов | | | Метод 3-ех приборов | | | | |
|----------|------|--|-------------------------|-------|-------|------------------------|-----------|----------------------|------------------------|-------|-------------------------|-----------|----------|
| | | | C _{действ} (Ф) | f(Гц) | U (В) | I (А) | P (Вт) | C _{изм} (Ф) | ΔC (Ф) | γ (%) | C _{изм} (Ф) | ΔC (Ф) | γ (%) |
| 1 | | | 50 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | 50 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | 50 | | | | | | | | | | |

7. По полученным результатам сделать письменный вывод.

8. Письменно ответить на контрольные вопросы:

- а) Методы измерения ёмкости.
- б) Разновидности косвенного метода.
- в) Когда при измерениях можно использовать 2-а прибора?

Лабораторная работа №16

Прямое измерение активной мощности и косвенное измерение полной мощности, реактивной мощности и коэффициента мощности в цепях с синусоидальными напряжениями и токами

- Цель работы
- Лабораторная установка и схема электрическая соединений
- Перечень аппаратуры
- Указания по проведению эксперимента.

Цель работы

Экспериментальное определение полной и реактивной мощностей, коэффициента мощности в цепи периодического несинусоидального тока с активной, активно-индуктивной и активно-емкостной нагрузками.

Лабораторная установка и электрическая схема соединений

По результатам измерения напряжения, тока и активной мощности цепи несинусоидального тока вычисляется (т. е. измеряется косвенно) полная и реактивная мощность, коэффициент мощности электрической цепи.

Принципиальная схема эксперимента приведена на рис. 4.2.1. Приборы измеряют действующее значение напряжения U , действующее значение тока I и активную мощность P_W участка цепи с несинусоидальным током. По полученным данным вычисляются:

- полная мощность $S = U \cdot I$, ВА;
- реактивная мощность $Q = \sqrt{S^2 - P_W^2}$, Вар;
- коэффициент мощности $\cos(\phi) = \frac{P_W}{S}$.

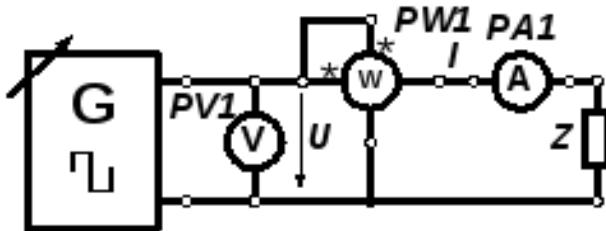


Рис. 4.2.1. Схема измерения мощностей в цепи несинусоидального тока.

Соответствующая рис. 4.2.1 схема электрическая соединений приведена на рис. 4.2.2а для выполнения измерений при активной нагрузке. На рис. 4.2.2 б приведена схема подключения индуктивности для получения активно-индуктивной нагрузки, а на рис. 4.2.2в – схема подключения емкости (активно-емкостная нагрузка). Установка (рис. 4.2.2) состоит из однофазного источника питания G1 (218), блока генераторов А1 (212.2) с выходом регулируемого несинусоидального напряжения, мультиметров MY60 (блок А3, 510.1) и 7050 (блок А3, 510.1), ваттметра (блок А10, 511), блока резисторов А7 (2330) и блока элементов измерительных цепей А8 (2332).

В эксперименте измеряется мощность нагрузки, состоящей из переменного резистора 330 Ом блока А7 (2330) и катушек индуктивности или конденсаторов блока А8 (2332). Напряжение U устанавливается регулируемым генератором напряжений специальной формы (блок А1).

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что переключатели «Сеть» блоков, используемых в эксперименте, выключены.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений выполняемого эксперимента рис. 4.2.2. Начните эксперимент с активной нагрузки рис. 4.2.2а (резистор 330 Ом, блок А7).
- Задайте режим работы генератора напряжений специальной формы: - установите минимальное выходное напряжение – поверните ручку «Амплитуда» против часовой стрелки до упора; - переключателем «Форма» установите в положение сначала (синусоидальное), а затем в «(прямоугольные импульсы)». - установите частоту напряжения – 250 ± 10 Гц.

- Переключатель пределов измерения мультиметра MY60 блока А3 установите на предел измерения переменного напряжения 20 В.
- Переключатель пределов измерения мультиметра 7050 блока А3 установите на предел измерения переменного тока 50 «мА». Установка пределов измерения мультиметров подробно описана в разделах 2.1 и 3.1.
- Переключатели пределов измерения ваттметра А10 установите в положение «5 В» и «0,04 А».
- Поверните ручку переменного резистора 330 Ом (блок А7) по часовой стрелке до упора, т. е. установите максимальное сопротивление.
- Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока генераторов напряжения А1, ваттметра А10, блоков мультиметров А2 и А3 и выключатели питания мультиметров.

Выполнение измерений

- Ручкой регулировки выходного напряжения генератора напряжений специальной формы А1 («Амплитуда 0...10 В») задайте значения выходного напряжения $U \approx 8.5$ В. Проверьте отсутствие перегрузки ваттметра – индикатор « $U >$ » (красный светодиод) не светиться. Измерьте напряжение U_{MY60} мультиметром MY60 блока А3. Полученный результат измерения U_{MY60} превышает действующее значение прямоугольного напряжения в 1,11... раза (коэффициент формы синусоиды $\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11\dots$). В табл. 4.2.2 занесите скорректированный результат измерения действующего значения прямоугольного напряжения $U = \frac{U_{MY60}}{1.11}$
- Для установленного значения напряжения ручкой регулировки сопротивления резистора 330 Ом последовательно установите указанные в табл. значения тока I («Заданное значение»). Результат измерения тока мультиметром блока А3 занесите в табл. («Измеренное значение»). Используемый для измерения тока мультиметр 7050 показывает истинное действующее значение измеряемой величины тока I .
- При каждом значении тока измерьте ваттметром мощность цепи P_W , и результат внесите в табл. 4.2.1.
- Для каждого измерения вычислите полную S и реактивную Q мощности, коэффициент мощности ($\cos(\phi)$) по формулам

$$S = U \cdot I,$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P_W^2},$$

$$\cos(\phi) = \frac{P_W}{S},$$

где P_W - показания ваттметра;

U - напряжение (скорректированные показания мультиметра MY60 блока А3);

I - ток, измеренный мультиметром блока А3.

Результаты расчета для синусоидального тока занесите в табл. 4.2.1., а для несинусоидального в табл. 4.2.2.

- Повторите измерения для активно-индуктивной нагрузки рис. 4.2.26 (последовательно соединенные резистор 330 Ом блока А7 и катушка индуктивности 47 мГн, блок А8) и для активно-емкостной нагрузки рис. 4.2.26 (последовательно соединенные резистор 330 Ом блока А7 и 3 параллельно соединенных конденсатора 4,7; 3,3 и 2,2 мкФ блока А8)

Таблица 4.2.1.

Напряжение на нагрузке $U = \underline{\quad}$ В

| Характер нагрузки | Ток I , мА | | Показания ваттметра P , мВт | Полная мощность S , мВА | Реактивная мощность Q , мВА | Коэффициент мощности $\cos(\phi)$ |
|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| | Заданное значение | Измеренное значение | | | | |
| Активная | 40-2 | | | | | |
| | 20±2 | | | | | |
| Активно-индуктивная | 40-2 | | | | | |
| | 20±2 | | | | | |
| Активно-емкостная | 40-2 | | | | | |
| | 20±2 | | | | | |

Таблица 4.2.2.

Напряжение на нагрузке $U = \underline{\quad}$ В

| Характер нагрузки | Ток I , мА | | Показания ваттметра P , мВт | Полная мощность S , мВА | Реактивная мощность Q , мВА | Коэффициент мощности $\cos(\phi)$ |
|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| | Заданное значение | Измеренное значение | | | | |
| Активная | 40-2 | | | | | |
| | 20±2 | | | | | |
| Активно-индуктивная | 40-2 | | | | | |
| | 20±2 | | | | | |
| Активно-емкостная | 40-2 | | | | | |
| | 20±2 | | | | | |

- По окончании эксперимента отключите питание всех блоков.

Лабораторная работа №17

Получение кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью осциллографа

Цель работы: экспериментальное исследование гистерезисных явлений при намагничивании ферромагнетиков.

Приборы и принадлежности:

1. два магазина сопротивлений Р33
2. соединительные провода
3. конденсатор
4. регулятор напряжения школьный (РНШ)
5. мультиметр, как вольтметр

Порядок выполнения работы

Параметры установки:

$l=0,26 \text{ м}$ – длина сердечника по средней линии;

$S=0,0023 \text{ м}^2$ - площадь поперечного сечения сердечника;

$N_1=237$, $N_2=330$ - число витков в первичной и вторичной обмотках тороидального трансформатора соответственно;

$C=4,7 \mu\Phi$ – ёмкость конденсатора.

7. Описание установки

Петлю гистерезиса в ферромагнитном тороидальном образце можно получить с помощью электрической схемы, изображенной на рисунке.

Намагничающая обмотка L_1 питается переменным током от РНШ. Чтобы получить на экране осциллографа петлю гистерезиса, нужно на горизонтально отклоняющие пластины подать напряжение U_x , пропорциональное напряженности магнитного поля в образце, а на вертикально отклоняющие пластины – напряжение U_y , пропорциональное индукции магнитного поля.

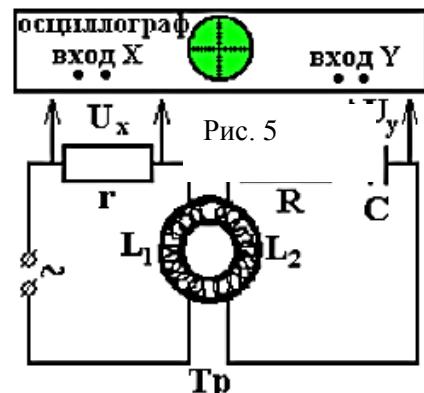


Рис. 9.7.1

1. Соберите цепь по схеме теоретического введения (рис.9.7.1).
2. Установите с помощью магазинов сопротивлений $r=100 \text{ Ом}$, $R=20000 \text{ Ом}$.

$$R \gg X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 4,7 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^4}{\pi \cdot 4,7} = 677 \text{ Ом},$$

3. Ручка на РНШ должна быть установлена в положение, соответствующее нулевому напряжению.
4. Включите трансформатор-развязку в сеть. Включите осциллограф. В центре экрана через небольшое время должна появиться светящаяся точка. Отрегулируйте яркость, фокусировку и положение точки соответствующими ручками на осциллографе не трогайте.
5. Плавно увеличивайте на РНШ поворотом ручки по часовой стрелке напряжение питания намагничивающей обмотки до $130-150 \text{ В}$, соответствующем достижению в образце состояния магнитного насыщения, и добейтесь, чтобы петля гистерезиса была хорошо видна, занимала большую часть экрана и находилась по центру экрана. Для этого после получения петли уберите напряжение до 0 и ручками регулировки осциллографа вновь поместите сфокусированную светящуюся точку в центр координатной сетки на экране осциллографа. После этого вновь увеличьте напряжение.
6. Зарисуйте на миллиметровой бумаге полученную петлю гистерезиса, соблюдая масштаб. Определите координаты вершины петли.

7. Измерьте мультиметром напряжения на резисторе и конденсаторе. Определите цены делений координатной сетки экрана осциллографа.

$$c_x = \text{_____} \text{ В/дел}, \quad c_y = \text{_____} \text{ В/дел}$$

8. Результаты занесите в таблицу.

| i | x_b дел | y_b дел | Uxi, B | Uyi, B | $H_b A/m$ | $B_b Tl$ | μ_i |
|-----|-----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|---------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |

9. Постепенно уменьшая напряжение питания установки на РНШ, получите семейство 8-10 петель гистерезиса. Зарисуйте их. Определите координаты вершин петель. Результаты занесите в таблицу.

10. Определите значения H и B каждой из вершин петель по формулам (9.7.10).

11. Постройте кривую намагничивания $B=B(H)$.

12. Сделайте выводы.