Министерство образования Тульской области
ГПОУ ТО «Сельскохозяйственный колледж «Богородицкий»
им. И.А. Стебута»

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора
по учебно-воспитательной
работе
_____ /О.А. Чудакова/
«26» июня 2020 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕУКАЗАНИИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Учебная дисциплина: ОП.04 Основы электротехники

Специальность: 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства

Курс:2

Форма обучения: очная

Богородицк
2020

Рассмотрено на заседании

предметной (цикловой) комиссии инженерных дисциплин.

Председатель _____/Л.Н. Моторина/

Протокол № 10 от «26» июня 2020 г.

Автор: преподаватель общепрофессиональных дисциплин Струков В.Е.

Методические указания по выполнению практических работ для обучающихся разработаны согласно рабочей программе учебной дисциплины ОП.04 Основы электротехники для специальности 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства и требованиям к результатам обучения Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (далее – ФГОС СПО) по специальности 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства.

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый обучающийся!

Методические указания по учебной дисциплине ОП.04 Основы электротехники по выполнению лабораторныхработ созданы Вам в помощь для работы на лабораторных работах, подготовки ким.

Приступая к выполнению лабораторных работ, Вы должны внимательно прочитать цель и задачи лабораторной работы, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами, краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме лабораторной работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Наличие положительной оценки по лабораторным работамнеобходимо для допуска к экзамену по учебной дисциплине ОП.04 Основы электротехники, поэтому в случае отсутствия на занятии по любой причине или получения неудовлетворительной оценки Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Внимание! Если в процессе подготовки к лабораторным работам при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний.

Желаем Вам успехов!!!

СОДЕРЖАНИЕ

1.Пояснительная записка .....

2. Критерии оценивания .....

3. Перечень практических занятий.....

4. Инструктивно-методические указания по выполнению практической работы на практических занятиях .....

Список использованной литературы .....

Приложение.....

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1. Методические указания предназначены для выполнения работ на лабораторных работах по учебной дисциплине ОП.04 Основы электротехники для специальности СПО 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства.

Лабораторные работыпроводятся после изучения соответствующих разделов и тем учебной дисциплиныОП.04 Основы электротехники.

1.2. Выполнение обучающимися практических работ позволяет им понять, где и когда изучаемые теоретические положения и практические умения могут быть использованы в будущей профессиональной деятельности.

Цель:

- формирование практических умений, необходимых в последующей учебной и профессиональной деятельности.

Задачи:

- обобщить, систематизировать, углубить, закрепить полученные теоретические знания по конкретным темам дисциплины ОП.04 Основы электротехники;

- формировать умения применять полученные знания на практике;

- выработать при решении поставленных задач такие профессионально значимые качества, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

1.3. Требования к образовательным результатам.

На практических занятиях реализуется практическая подготовка, обучающиеся овладевают первоначальными профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе учебной и производственной практик.

Результатом освоение дисциплины ОП.04 Основы электротехники являются соответствующие профессиональные (ПК) и общие (ОК) компетенции:

а) профессиональные компетенции

ПК 1.1. Выполнять монтаж электрооборудования и автоматических систем управления.

ПК 1.2. Выполнять монтаж и эксплуатацию осветительных иэлектронагревательных установок.

ПК 1.3. Поддерживать режимы работы и заданные параметры электрифицированных и автоматических систем управления технологическими процессами.

ПК 2.1. Выполнять мероприятия по бесперебойному электроснабжению сельскохозяйственных предприятий.

ПК 2.2. Выполнять монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций.

ПК 3.1. Осуществлять техническое обслуживание электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники.

ПК 3.2. Диагностировать неисправности и осуществлять текущий и капитальный ремонт электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники.

ПК 3.3. Осуществлять надзор и контроль за состоянием и эксплуатацией электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники.

ПК 3.4. Участвовать в проведении испытаний электрооборудования сельхозпроизводства.

ПК 4.1. Участвовать в планировании основных показателей в области обеспечения работоспособности электрического хозяйства сельскохозяйственных потребителей и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники.

ПК 4.2. Планировать выполнение работ исполнителями.

ПК 4.3. Организовывать работу трудового коллектива.

ПК 4.4. Контролировать ход и оценивать результаты выполнения работ исполнителями.

ПК 4.5. Вести утвержденную учетно-отчетную документацию.

b) общие компетенции

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

В результате выполнения практических (лабораторных) работ, предусмотренных программой по дисциплинеОП.04 Электротехника и электроника, обучающийся должен:

Уметь:

У1читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;

У2рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;

У3 собирать электрические схемы;

У4пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

У5 проводить сращивание, спайку и изоляцию проводов и контролировать

качество выполняемых работ;

Знать:

З1электротехническую терминологию;

З2основные законы электротехники;

З3типы электрических схем;

З4правила графического изображения элементов электрических схем;

З5методы расчёта электрических цепей;

З6основные элементы электрических сетей;

З7принципы действия, устройство, основные характеристики электроизмерительных приборов, электрических машин, аппаратуры управления и защиты;

З8 схемы электроснабжения;

З9основные правила эксплуатации электрооборудования;

З10 способы экономии электроэнергии;

З11 основные электрические материалы;

З12 правила сращивания, спайки и изоляции проводов.

З1физические основы явлений в электрических цепях, законы электротехники;

З2методы анализа электрических и магнитных цепей;

З3принципы работы основных электрических машин, их рабочие и пусковые характеристики;

З4элементную базу современных электронных устройств (полупроводниковых диодов, транзисторов и микросхем);

З5параметры современных электронных устройств (усилителей, вторичных источников питания и микропроцессорных комплексов);

З6принципы действия универсальных базисных логических элементов.

1.4. Структура практического занятия.

Практическое занятие проводится в соответствии со следующей структурой:

Вводная часть:

- организационный момент;

- мотивация учебной деятельности;

- сообщение темы, постановка целей;

- повторение теоретических знаний, необходимых для работы;

- выдача задания;

- определение алгоритма;

- инструктаж по технике безопасности;

- ознакомление со способами фиксации полученных результатов;

- допуск к выполнению работы.

Самостоятельная работа обучающегося:

- определение путей решения поставленной задачи;

- выработка последовательности выполнения необходимых действий;

- проведение эксперимента (выполнение заданий, задач, упражнений);

- составление отчета;

- обобщение и систематизация полученных результатов (таблицы, графики, схемы и т.п.).

Заключительная часть:

- подведение итогов занятия: анализ хода выполнения и результатов работы обучающихся;

- выявление возможных ошибок и определение причин их возникновения;

- защита выполненной работы.

Обязательная аудиторная нагрузка на практическое занятие – 2 часа.

1.5. Общие требования по подготовке и выполнению практической работы.

При выполнении работ на практических занятиях по учебной дисциплине ОП.04 Основы электротехникиобучающиеся должны соблюдать следующие требования:

1. К выполнению практических (лабораторных) работ необходимо приготовиться до начала занятия, используя рекомендованную литературу и конспекты лекций.

2. Обучающиеся обязаны иметь при себе линейку, карандаш, тетрадь для практических занятий.

3. Отчеты по практическим занятиям должны включать в себя следующие пункты:

- дата проведения практического занятия;
- название практического занятия и его цель;
- краткий порядок выполнения занятия;
- далее пишется «Ход работы» и выполняются этапы практического занятия согласно порядку, указанному в работе.

4. При подготовке к сдаче отчета по практическому занятию, необходимо ответить на предложенные контрольные вопросы.

5. Требования по оформлению отчета.

Например:

Объем может колебаться в пределах 5-10 печатных страниц, в зависимости от работы**:** тексты должны быть напечатаны 14 кеглем TimesNewRoman, через 1,5 интервала, поля страниц: верхнее, нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,5 см, абзац.отступ – 1,5 см или 10-15 рукописных; все приложения к работе не входят в ее объем.

Работа должна быть выполнена грамотно, с соблюдением культуры изложения.

Обязательно должны иметься ссылки на использованную литературу.

Должна быть соблюдена последовательность написания библиографического аппарата.

6. Если отчет по работе не сдан вовремя (до выполнения следующей работы) по неуважительной причине, оценка за работу снижается.

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Критерии и шкала оценивания практического занятия (лабораторной работы)

№ п/п	Критерии оценивания	Оценка
1	представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием; изложение грамотное, четкое и аргументировано; на все поставленные по тематике данной работы вопросы даны исчерпывающие ответы, при этом речь обучающегося отличается логической последовательностью, четкостью, прослеживается умение делать выводы, обобщать знания и практический опыт	5 «отлично»
2	представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием; изложение грамотное, четкое и аргументировано; на поставленные по тематике данной работы вопросы даны исчерпывающие ответы, при этом речь обучающегося отличается логической последовательностью, четкостью, прослеживается умение делать выводы, обобщать знания и практический опыт. Возможны некоторые неточности при ответах, однако основное содержание вопроса раскрыто полно	4 «хорошо»
3	представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием; изложение грамотное, четкое и аргументировано; на поставленные по тематике данной работы вопросы, даны неполные, слабо аргументированные ответы; не даны ответы на некоторые вопросы, требующие элементарных знаний темы	3 «удовлетворительно»
4	представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием;	2 «неудовлетворительно»

	изложение грамотное, четкое и аргументировано; обучающийся не понимает вопросов по тематике данной работы, не знает ответа на теоретические вопросы, требующие элементарных знаний данной темы	

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ)

№ п\п	Название практических занятий	Количество часов	Формируемые компетенции в соответствии с ФГОС СПО
1.	Лабораторная работа № 1Опытная проверка свойств последовательного соединения резисторов	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
2.	Лабораторная работа № 2 Опытная проверка свойств параллельного соединения резисторов	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
3.	Лабораторная работа № 3 Исследование цепей переменного тока cRC и LC	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
4.	Лабораторная работа № 4 Исследование неразветвленной цепи переменного тока с RLC.	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
5.	Лабораторная работа № 5 Исследование разветвленной цепи переменного тока с RLC.	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
6.	Лабораторная работа № 6 Прямые и косвенные методы измерения сопротивления.	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
7.	Лабораторная работа № 7 Измерение $\cos\varphi$ эл цепей и f питающей сети.	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
8.	Лабораторная работа № 8 Измерение мощности в цепях постоянного и переменного тока.	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
9.	Лабораторная работа № 9 Измерение эл энергии в однофазной и трехфазной цепи переменного тока	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
10.	Лабораторная работа № 10 Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей Δ	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
11.	Лабораторная работа № 11 Исследование трехфазной цепи	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3;

	при соединении потребителей Δ		ПК3.2; ПК4.5
12.	Лабораторная работа № 12 Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей *Y*	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
13.	Лабораторная работа № 13 Исследование трех фазной цепи при соединении потребителей Y	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
14.	Лабораторная работа № 14 Пуск в ход трехфазного асинхронного двигателя на пониженном напряжении. Переключение соY на Δ.	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
15.	Лабораторная работа № 15 Пуск в ход трехфазного асинхронного двигателя на пониженном напряжении. Реостатный пуск.	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
16.	Лабораторная работа № 16 Пуск в ход трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в однофазном режиме.	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
17.	Лабораторная работа № 17 Пуск в ход машины постоянного тока в режиме генератора	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
18.	Лабораторная работа № 18 Пуск в ход машины постоянного тока в режиме электродвигателя.	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
19.	Лабораторная работа № 19 Сборка схем управления нереверсивным электроприводом	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
20.	Лабораторная работа № 20 Сборка схем управления реверсивным электроприводом	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
21.	Лабораторная работа № 21 Определение потерь энергии в линиях электропередач	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5
22.	Лабораторная работа № 22 Измерение сопротивления заземления	2	ОК1- ОК9, ПК1.1- ПК1.3; ПК3.2; ПК4.5

4. ИНСТРУКТИВНО – МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

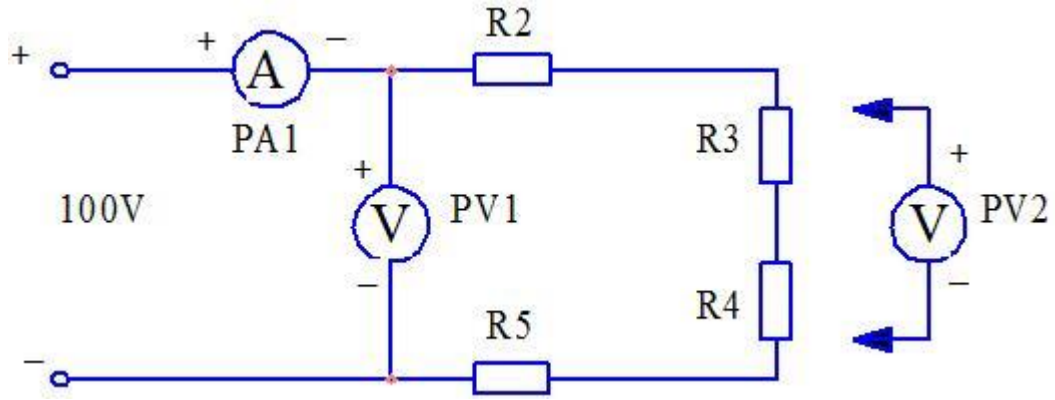
ТЕМА: «Опытная проверка свойств последовательного соединения резисторов»

Продолжительность проведения – 2 часа

ЦЕЛЬ: Экспериментально по показаниям измерительных приборов при изменении параметров эл. цепи пронаблюдать зависимость I,U,R (силы тока, напряжения, сопротивления).

Оборудование:

1. Лабораторный стенд,
2. Плата №1,
3. PA1 – амперметр постоянного тока 0,25А
4. PV1 – вольтметр постоянного тока 450V
5. PV2 - вольтметр постоянного тока50V,
6. R2 – R5 – резисторы сопротивлением 200 Ом,
7. Соединительные провода.



Порядок выполнения работы:

1. Установить предел измерения амперметра 0,25А.
2. Определить цену одного деления амперметра.
3. Собрать цепь по схеме, строго соблюдая полярность (плюс к плюсу, минус к минусу), подключая схему к клеммам питания постоянного тока «- 0 – 120V» штатива приборного.
4. С разрешения руководителя включить блок питания.
5. Используя источник постоянного тока установить напряжение 100В по вольтметруPV1.

6. Измерьте общий ток в цепи с помощью амперметра PA1, а также с помощью вольтметра PV2 падение напряжения на каждом участке последовательной цепи (на каждом резисторе), соблюдая полярность вольтметра (плюс к плюсу, минус к минусу).

Измерить					Вычислить				
U_2(В)	U_3(В)	U_4(В)	U_5(В)	I(A)	R_2(Ом)	R_3(Ом)	R_4(Ом)	R_5(Ом)	U(В)

7. Проверьте закон Ома, используя результаты измерений.
8. Определите сопротивление каждого участка по следующим формулам:

$$U_2 = I \cdot R_2 \quad \rightarrow \quad R_2 = \frac{U_2}{I}; \quad U_3 = I \cdot R_3 \rightarrow \quad R_3 = \frac{U_3}{I};$$
$$U_4 = I \cdot R_4 \quad \rightarrow \quad R_4 = \frac{U_4}{I}; \quad U_5 = I \cdot R_5 \quad \rightarrow \quad R_5 = \frac{U_5}{I}.$$

9. Общее напряжение определите по закону Кирхгофа:
$U = U_2 + U_3 + U_4 + U_5$

Контрольные вопросы:

1. От чего будет зависеть падение напряжения на резисторе, например U_3?
2. Как читается закон Ома?
3. Как по закону Ома найти напряжение и сопротивление?
4. Где практически применяется закон Ома?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

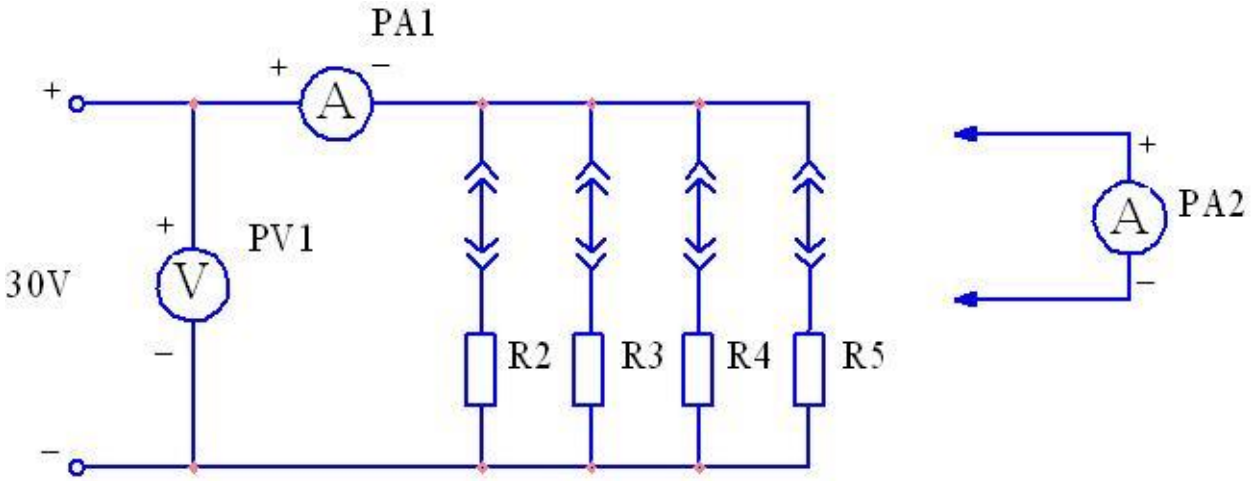
ТЕМА: «Опытная проверка свойств параллельного соединения резисторов»

Продолжительность проведения – 2 часа

ЦЕЛЬ: Проверка закона Ома для параллельного соединения приемников электроэнергии.

ОБОРУДОВАНИЕ:

1. Лабораторный стенд,
2. Плата №1,
3. PA1 – амперметр постоянного тока 1А.
4. PA2 - амперметр постоянного тока 0,25А.
5. PV1 – вольтметр постоянного тока 50В.
6. R2 – R5 – резисторы сопротивлением 200 Ом,
7. Соединительные провода.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Установить предел измерения амперметра PA1 – 1А.
2. Определить цену одного деления амперметра PA1.
3. Установить предел измерения амперметра PA2 – 0,25А.
4. Определить цену одного деления амперметра PA2.
5. Собрать цепь по схеме, строго соблюдая полярность (плюс к плюсу, минус к минусу), подключая схему к клеммам питания постоянного тока «- 0 - 30V» штатива приборного.
6. С разрешения руководителя включить блок питания.
7. Используя источник постоянного тока установить напряжение 30В по вольтметру PV1.
8. Измерьте общий ток в цепи с помощью амперметра PA1, и ток в цепи каждого резистора с помощью амперметра PA2, соблюдая полярность амперметра (плюс к плюсу, минус к минусу).

Измерить							Вычислить						
I_2(А)	I_3(А)	I_4(А)	I_5(А)	U(В)	R_2(Ом)	R_3(Ом)	R_4(Ом)	R_5(Ом)	g_2(См)	g_3(См)	g_4(См)	g_5(См)	I(А)

9. Проверьте закон Ома, используя результаты измерений.

$$R_2 = \frac{U}{I_2}; \qquad R_4 = \frac{U}{I_4}; \qquad I = I_2 + I_3 + I_4 + I_5$$

$$R_3 = \frac{U}{I_3}; \qquad R_5 = \frac{U}{I_5}; \qquad U = U_2 = U_3 = U_4 = U_5.$$

10. Определите проводимость участков:

$$g_2 = \frac{I_2}{U}; \qquad g_4 = \frac{I_4}{U};$$

$$g_3 = \frac{I_3}{U}; \qquad g_5 = \frac{I_5}{U};$$

$$I = U \cdot (g_2 + g_3 + g_4 + g_5).$$

Контрольные вопросы:

1. Какая отличительная особенность параллельного соединения приемников?
2. Как читается первый закон Кирхгофа?
3. Как изменится ток в общей цепи:
   а).при уменьшении одного из параллельно включенных сопротивлений?
   б).при увеличении одного из параллельно включенных сопротивлений?
4. Напишите формулу вычисления общей проводимости (сопротивления) параллельной цепи, состоящей из «n»проводимостей (сопротивлений) различной величины.
5. Как повлияют на токи и напряжения в цепи короткое замыкание выводов, хотя бы одного из сопротивлений?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ТЕМА: «Исследование цепей переменного тока cRC и LC».

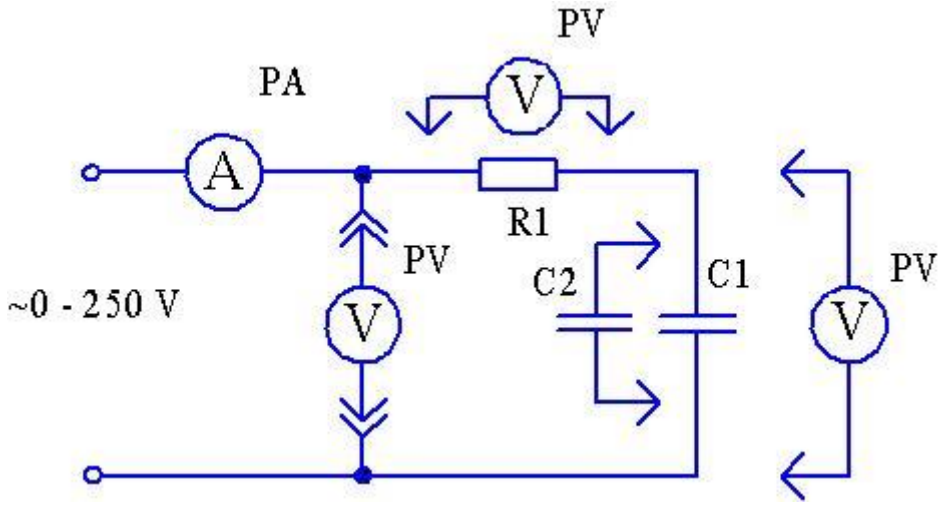
Продолжительность проведения – 2 часа

ЦЕЛЬ: Исследование электрической цепи переменного тока, содержащей последовательно соединенные активное и емкостное сопротивления.

ОБОРУДОВАНИЕ:

1. Лабораторный стенд.
2. Плата №2.
3. Источник переменного тока: ~0 – 250 В.
4. PA - амперметр переменного тока 0,5 А.
5. PV - вольтметр переменного тока 250 В.
6. Конденсаторы: C1=C2=4 мкФ.
7. Активное сопротивление R1=750 Ом.
8. Соединительные провода.

Рис.1.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Собрать схему согласно Рис. 1.
2. Установите переключатель ЛАТР в положение «~ 0 – 250 V».
3. Подключите схему к клеммам питания «~ 0 – 250 V» и установите напряжение 220 В вращением ручки автотрансформатора.
4. Изменяя величину емкости (подсоединив параллельно емкость C2), измерьте ток в цепи I, напряжения на активном Ua и емкостном Uc сопротивлениях.
5. Вычислите по результатам измерений:
   1. Полное сопротивление цепи Z;
   2. Активное сопротивление цепи R;
   3. Емкостное сопротивление цепи X_C;
   4. Емкостьконденсатора C;
   5. Полную мощность цепи S;
   6. Активную мощность цепи P;
   7. Реактивную (емкостную) мощность цепи Q_C;
   8. Коэффициент мощности $\cos\varphi$;
   9. Угол сдвига фаз между током и напряжением φ.
6. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

Измерить					Вычислить								
	I (А)	U (В)	Ua (В)	U_C (В)	Z (Ом)	R (Ом)	X_C (Ом)	C (Ф)	S (ВА)	P (Вт)	Q_C (вар)	$\cos\varphi$	φ (^{0})
Один конденсатор													
Два конденсатора													

ФОРМУЛЫ:

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

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

$$X_C = \frac{U_C}{I}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

f=50 Гц

$$S = U \cdot I$$

$$P = Ua \cdot I$$

$$Q_C = Uc \cdot I$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$

$$\varphi = arctg\frac{-Q_C}{P}$$

Контрольные вопросы:

1. Как записывается формула емкостного сопротивления?
2. Каким образом можно изменить емкостное сопротивление?
3. Как связаны сила тока и напряжение в цепи с реальным конденсатором?
4. Как можно найти полное сопротивление цепи, зная активное и емкостное сопротивления этой цепи?
5. Как можно найти полную мощность цепи, зная активную и реактивную мощности этой цепи?
6. Записать закон изменения тока и напряжения в цепи, если Ψ_U=-30^0.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ТЕМА: «Исследование неразветвленной цепи переменного тока с RLC»

Продолжительность проведения – 2 часа

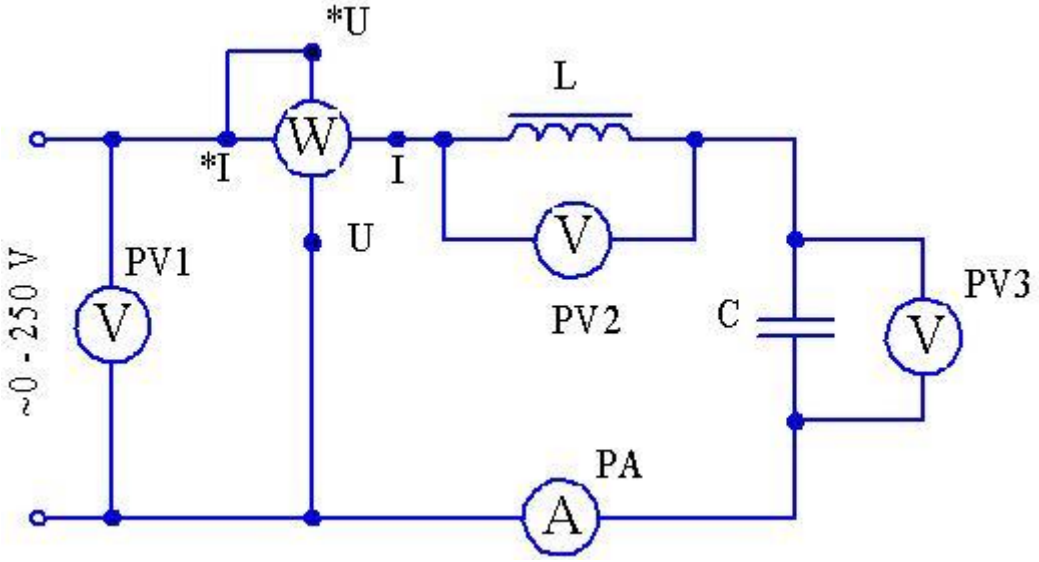
ЦЕЛЬ: Исследование электрической цепи переменного тока, содержащей последовательно соединенные индуктивное и емкостное сопротивления. Исследование явления резонанса напряжений.

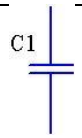
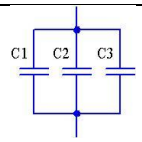
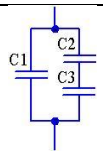
ОБОРУДОВАНИЕ:

1. Лабораторный стенд.
2. Плата №2.
3. Источник переменного тока: ~0 – 250 В.
4. PA - амперметр переменного тока 0,25 А.
5. PW – ваттметр переменного тока 75 Вт.

6. PV 1- вольтметр переменного тока 60 В.
7. PV 2- вольтметр переменного тока 60 В.
8. PV 3- вольтметр переменного тока 60 В.
9. Конденсаторы: C1=C2=C3=4 мкФ.
10. Катушка индуктивности 3800 витков 380V с сердечником.
11. Соединительные провода.

Рис.1.



Измерить							Вычислить										
Номер опыта	Характеристика	U (B)	I (A)	U_K (B)	U_C (B)	P (Вт)	R_K (Ом)	Z_K(Ом)	X_L (Ом)	X_C (Ом)	Ua (B)	U_L (B)	Q_L (вар)	Q_C (вар)	S (BA)	cos φ	φ (°)
	$U_C > U_L$																
	$U_C < U_L$																
	$U_C = U_L$																

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Собрать схему согласно Рис. 1.
2. Установите переключатель ЛАТР в положение «~ 0 – 250 V».
3. Подключите схему к клеммам питания «~ 0 – 250 V» и установите напряжение 30 В вращением ручки автотрансформатора и зафиксируйте его.
4. Необходимо провести три опыта, для каждой емкости конденсатора. Снять показания приборов и записать их в таблицу.

ФОРМУЛЫ:

1. Активное сопротивление катушки:

$$R_{\text{К}} = \frac{P}{I^2}$$

2. Полное и индуктивное сопротивления катушки:

$$Z_{\text{К}} = \frac{U_{\text{К}}}{I}; \quad X_L = \sqrt{Z_{\text{К}}^2 - R_{\text{К}}^2}$$

3. Емкостное сопротивление конденсатора:

$$X_{\text{C}} = \frac{1}{2\pi f C}$$

где $f = 50$ Гц.

4. Активная и индуктивная составляющие вектора напряжения на катушке:

$$U\text{a} = I \cdot R_{\text{К}}; \quad U_L = I \cdot X_L$$

5. Индуктивная, емкостная и полная мощности цепи:

$$Q_L = U_L \cdot I; \;\; Q_C = U_C \cdot I; \;\; S = U \cdot I$$

6. Угол сдвига фаз между векторами тока и напряжения на входе цепи:

$$\varphi = arctg\,\frac{Q_L - Q_C}{P}$$

7. Коэффициент мощности:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$

8. При резонансе напряжений: $U_C = U_L$, $X_C = X_L$, $Z = R$, $\cos\varphi = 1$, $\varphi = 0$

Контрольные вопросы:

1. Что называют резонансом напряжений?
2. При каких условиях достигается резонанс напряжений?
3. Что происходит в цепи при резонансе напряжений?
4. Начертить векторную диаграмму токов и напряжений для каждого опыта.
5. Где применяется резонанс напряжений?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ТЕМА: «Исследование разветвленной цепи переменного тока с RLC»

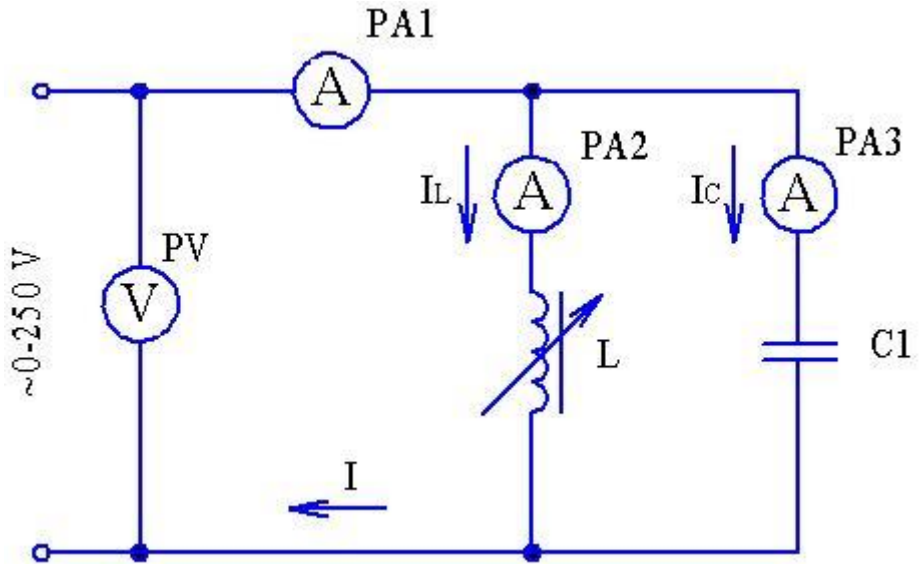
Продолжительность проведения – 2 часа

ЦЕЛЬ: Исследование электрической цепи переменного тока, содержащей параллельно соединенные индуктивное и емкостное сопротивления. Исследование явления резонанса токов.

ОБОРУДОВАНИЕ:

1. Лабораторный стенд.
2. Плата №2.
3. Источник переменного тока: ~0 – 250 В.
4. PV - вольтметр переменного тока 250 В.
5. PA 1- амперметр переменного тока 0,25 А.
6. PA 2- амперметр переменного тока 0,25 А.
7. PA 3- амперметр переменного тока 0,25 А.
8. Конденсатор: C1=4 мкФ.
9. Катушка индуктивности 3800 витков 380V с сердечником.
10. Соединительные провода.

Рис.1.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Собрать схему согласно Рис. 1.
2. Установите переключатель ЛАТР в положение «~ 0 – 250 V».

3. Подключите схему к клеммам питания «~ 0 – 250 V» и установите напряжение 100 В вращением ручки автотрансформатора и зафиксируйте его.
4. Необходимо провести три опыта, для каждой индуктивности катушки. Снять показания приборов и записать их в таблицу:

Измерить						Вычислить
Изменение индуктивности катушки	Характер цепи	U (В)	I (А)	IL (А)	IC (А)	S (ВА)
Со снятым верхним сердечником	Индуктивный IL>IC					
С надетым верхним сердечником	Емкостной IL<IC					
С зазором верхнего сердечника	Резонанс токов I → min					

ФОРМУЛЫ:

$$S = U \cdot I$$

Контрольные вопросы:

1. Что называют резонансом токов?
2. Как можно добиться резонанса токов?
3. Что можно сказать про силу токов в отдельных ветвях с реактивными элементами и силу тока на входе цепи?
4. Что происходит с полной мощностью цепи при резонансе токов?
5. Какой можно сделать вывод по результатам измерений и вычислений?
6. Где используется резонанс токов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

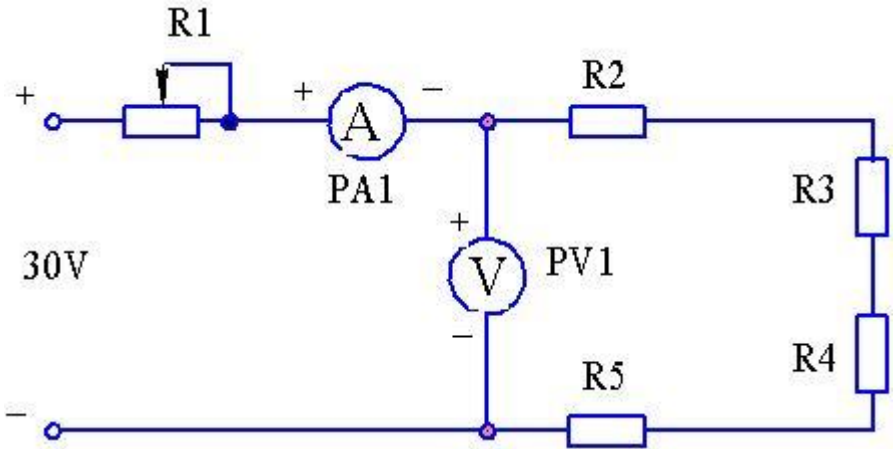
ТЕМА: «Прямые и косвенные методы измерения сопротивления»

Продолжительность проведения – 2 часа

ЦЕЛЬ: Определить величины сопротивления цепи прямым методом с помощью мультиметра, а также косвенным методом с помощью амперметра и вольтметра.

Оборудование:

1. Лабораторный стенд,
2. Плата №1,
3. PA1 – амперметр постоянного тока 0,25А
4. PV1 - вольтметр постоянного тока 50V,
5. Мультиметр
6. R1- переменныйрезистор 0 – 220 Ом,
7. R2 – R5 – резисторы сопротивлением 200 Ом,
8. Соединительные провода.



Порядок выполнения работы:

1. Установить предел измерения амперметра 0,25А.
2. Определить цену одного деления амперметра.
3. Собрать цепь по схеме, строго соблюдая полярность (плюс к плюсу, минус к минусу), подключая схему к клеммам питания постоянного тока «- 0 – 30V» штатива приборного.
4. С разрешения руководителя включить блок питания.
5. Используя источник постоянного тока установить напряжение 30В по вольтметру PV1.
6. Измерьте ток и напряжение при двух крайних положениях рукоятки переменного резистора. Результаты измерений занесите в таблицу.

Измерить						Вычислить					
U_1 (В)	I_1 (А)	U_2 (В)	I_2 (А)	$R_{1П}$ (Ом)	$R_{2П}$ (Ом)	$R_{1К}$ (Ом)	$R_{2К}$ (Ом)	ΔR_1	ΔR_2	$\delta R_1(\%)$	$\delta R_2(\%)$

7. Выключите блок питания.
8. Отсоедините цепь от клемм питания постоянного тока «- 0 – 30V» штатива приборного.
9. На мультиметре установите предел измерения сопротивления в диапазоне от 0 – 2 кОм. Включите мультиметр. Соедините щупы мультиметра с концами отсоединенной цепи.
10. Измерьте сопротивление цепи при двух крайних положениях рукоятки переменного резистора. Результаты измерений занесите в таблицу.
11. Определите сопротивление цепи по следующим формулам:

$$R_{1К} = \frac{U_1}{I_1} R_{2К} = \frac{U_2}{I_2}$$

12. Вычислить абсолютную и относительную погрешность измерений по следующим формулам:

$\Delta R_1 = |R_{1П} - R_{1К}|$, $\Delta R_2 = |R_{2П} - R_{2к}|$

$$\delta R_1 = \frac{\Delta R_1}{R_{1П}} \cdot 100\% \, , \delta R_2 = \frac{\Delta R_2}{R_{2П}} \cdot 100\%$$

Контрольные вопросы:

1. Как косвенным методом можно измерить сопротивление цепи?
2. Как прямым методом можно измерить сопротивление цепи?
3. Как по закону Ома найти сопротивление цепи?
4. Где практически применяется закон Ома?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ТЕМА: «Измерение $\cos\varphi$ эл цепей и f питающей сети».

Продолжительность проведения – 2 часа

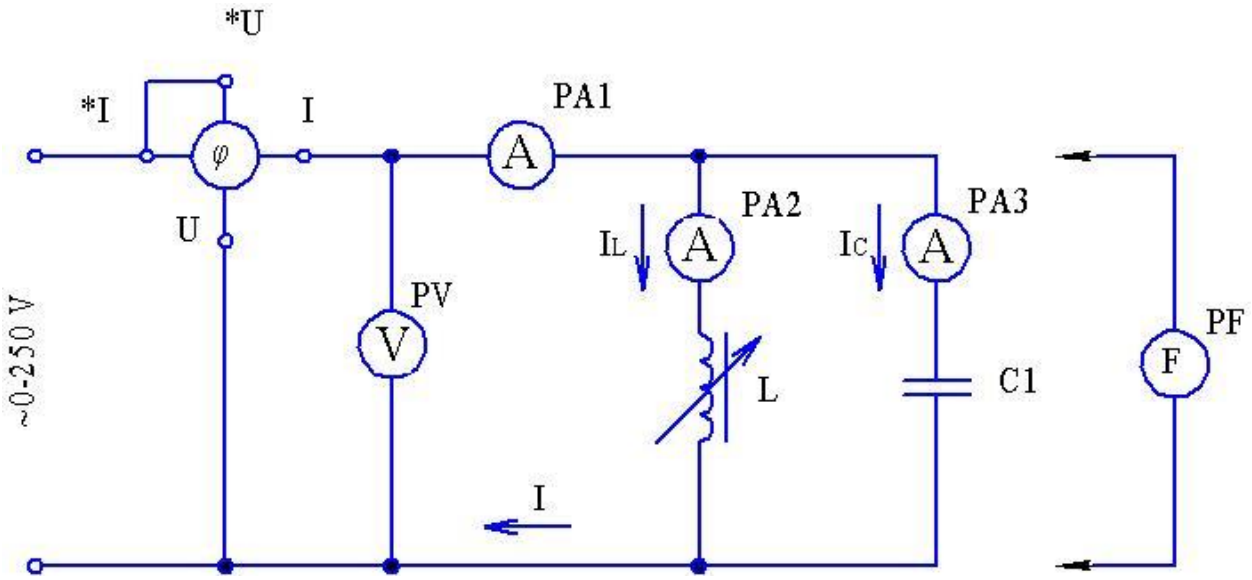
ЦЕЛЬ: Произвести измерение коэффициента мощности в цепи при различных значениях индуктивности катушки, а также произвести измерение частоты питающей сети.

ОБОРУДОВАНИЕ:

1. Лабораторный стенд.
2. Плата №2.
3. Источник переменного тока: ~0 – 250 В.
4. PV - вольтметр переменного тока 250 В.
5. PA 1- амперметр переменного тока 0,25 А.
6. PA 2- амперметр переменного тока 0,25 А.

7. PA 3- амперметр переменного тока 0,25 А.
8. Фазометр
9. Частотомер
10. Конденсатор: C1=4 мкФ.
11. Катушка индуктивности 3800 витков 380V с сердечником.
12. Соединительные провода.

Рис.1.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Собрать схему согласно Рис. 1.
2. Установите переключатель ЛАТР в положение «~ 0 – 250 V».
3. Подключите схему к клеммам питания «~ 0 – 250 V» и установите напряжение 100 В вращением ручки автотрансформатора и зафиксируйте его.
4. Необходимо провести три опыта, для каждой индуктивности катушки. Снять показания приборов и записать их в таблицу:

Измерить									Вычислить		
Изменение индуктивности катушки	Характер цепи	U (В)	I(A)	IL(A)	IC (A)	cos φ	φ (°)	f (Гц)	P(Вт)	Q(вар)	S (ВА)
Со снятым верхним сердечником	Индуктивный IL>IC										

С надетым верхним сердечником	Емкостной IL<IC										
С зазоромверхнегосердечника	Резонанс токов I → min										

ФОРМУЛЫ:

$$S = U \cdot I$$
$$P = S \cdot \cos\varphi$$
$$Q = S \cdot \sin\varphi$$

Контрольные вопросы:

1. Что называют коэффициентом мощности?
2. Что называют сдвигом фаз?
3. Что можно сказать про силу токов в отдельных ветвях с реактивными элементами и силу тока на входе цепи?
4. Каким прибором измеряют частоту переменного тока?
5. Каким прибором измеряют коэффициент мощности?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

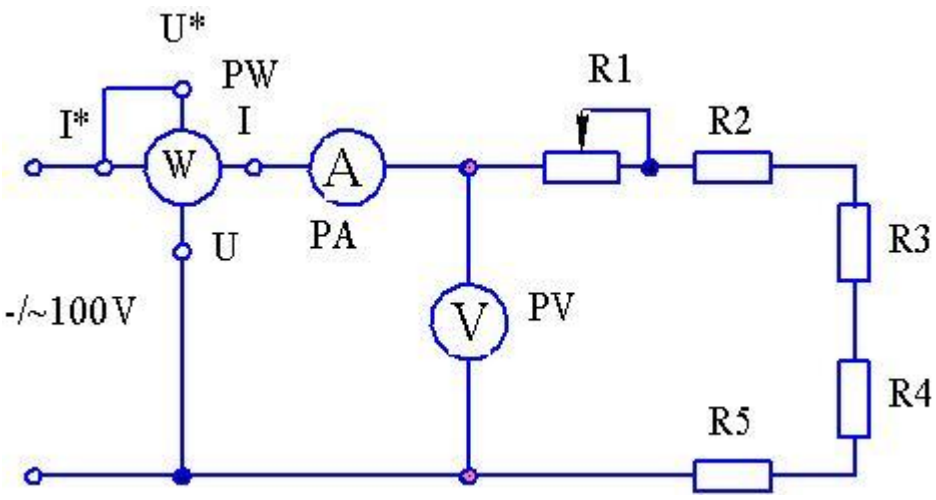
ТЕМА: «Измерение мощности в цепях постоянного и переменного тока»

Продолжительность проведения – 2 часа

ЦЕЛЬ: Произвести измерение мощности в цепи при различных значениях нагрузки на постоянном и переменном токе.

Оборудование:

1. Лабораторный стенд,
2. Плата №1,
3. PA1 – амперметр 0,25A,
4. PV – вольтметр постоянного тока 450V,
5. PV – вольтметр переменного тока 150 V,
6. PW – ваттметр 0,6 кW,
7. R1- переменный резистор 0 – 220 Ом,
8. R2 – R5 – резисторы сопротивлением 200 Ом,
9. Соединительные провода.



Порядок выполнения работы:

1. Установить предел измерения амперметра 0,25А.
2. Определить цену одного деления амперметра.
3. Собрать цепь по схеме для постоянного тока, строго соблюдая полярность (плюс к плюсу, минус к минусу), подключить схему к клеммам питания постоянного тока «- 0 – 120V» штатива приборного.
4. С разрешения руководителя включить блок питания.
5. Используя источник постоянного тока установить напряжение 100В по вольтметру PV.
6. Измерьте общий ток в цепи с помощью амперметра PA, а также мощность в цепи с помощью ваттметра PW при двух крайних положениях рукоятки переменного резистора R1. Результаты измерений занесите в таблицу.

	Измерить					Вычислить	
	U(В)	I_1(А)	$P_{1и}$(Вт)	I_2(А)	$P_{2и}$(Вт)	$P_{1в}$(Вт)	$P_{2в}$(Вт)
Постоянный ток							
Переменный ток							

7. Отключить блок питания, отсоединить цепь от клемм питания постоянного тока «- 0 – 120V» штатива приборного.
8. В цепи заменить вольтметр PV на вольтметр переменного тока на 150 V.
9. Подключите цепь к клеммам питания переменного тока «$\sim 0 - 250\ V$»
10. С разрешения руководителя включить блок питания.

11. Используя источник переменного тока установить напряжение 100В по вольтметру PV.
12. Произведите замеры аналогичные пункту 6.
13. Вычислите мощность в цепи по следующим формулам:
$P_{1в} = I_1 \cdot U, \quad P_{2в} = I_2 \cdot U$

Контрольные вопросы:

1. Каким прибором измеряют мощность в цепи?
2. Как можно измерить мощность в цепи при отсутствии ваттметра?
3. Что происходит с мощностью цепи при увеличении сопротивления в цепи?
4. Чем отличается измерение мощности в цепях постоянного и переменного тока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

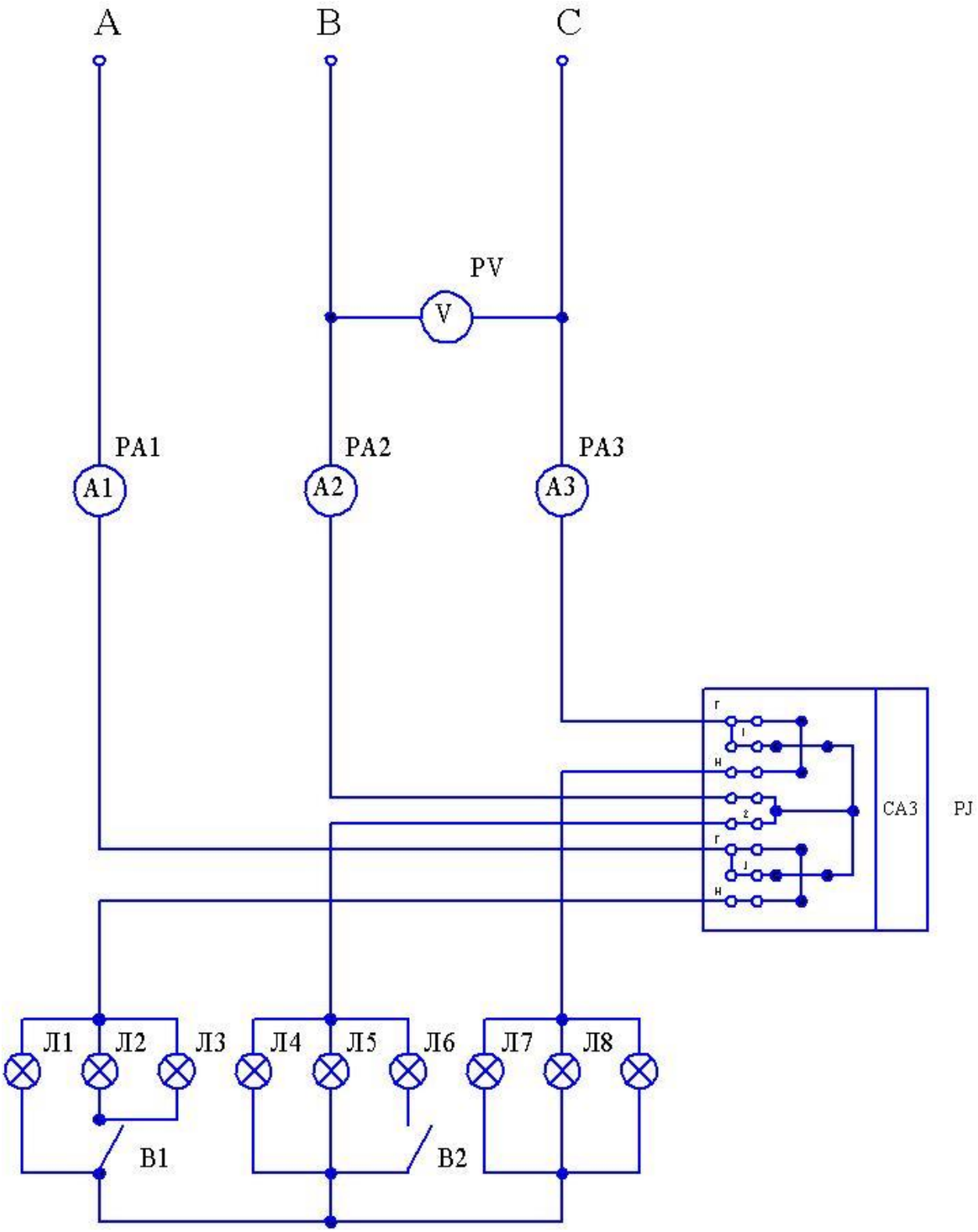
ТЕМА: «Измерение эл. энергии в однофазной и трехфазной цепи переменного тока».

ЦЕЛЬ: Произвести измерение эл. энергии в однофазной и трехфазной цепи переменного тока

ОБОРУДОВАНИЕ:

9. Лабораторный стенд.
10. Плата №3.
11. PV - вольтметр переменного тока 250 В.
12. PA 1- амперметр переменного тока 1 А.
13. PA 2- амперметр переменного тока 1 А.
14. PA 3- амперметр переменного тока 1 А.
15. PJ - двухэлементный счетчик типа САЗ,
16. Л1 – Л9 – нагрузочные лампы.
17. Соединительные провода.

Рис.1.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

5. Установить предел измерения амперметров PA1, PA2 и PA3 1А.
6. Определить цену одного деления каждого амперметра.
7. Определить постоянную $C_{ном}$ счетчика CA3 по формуле:

$$C_{ном} = 3600 \cdot 1000/N_0$$

где N_0 – передаточное число, указанное на щитке щетчика.

8. Собрать схему согласно рисунка.
9. Подключите схему к клеммам трехфазного питания A, B, C «~3 - 220 V» штатива приборного, соедините звездой с симметричной нагрузкой во всех трех фазах.
10. Включите тумблер «3~220V» на блоке питания и прогреть схему в течение 15 мин.
11. Записать показания амперметров и вольтметра.
12. Выключить напряжение и записать показание счетчика PJ (CA3).
13. Вновь включить напряжение и производить учет активной энергии в течение 30 мин (подсчитать количество оборотов диска счетчика CA3 (N_{CA3}) за 1 мин. Время необходимо определять по секундомеру сотового телефона.
14. Рассчитать активную энергию, расходуемую нагрузкой (лампами накаливания) за 30 мин работы по счетчику PJ (CA3) по формуле:

$$W_{\text{а}} = C_{\text{ном}} \cdot N_{\text{CA3}} \cdot 30$$

15. Рассчитать активную энергию, расходуемую нагрузкой (лампами накаливания) за 30 мин работы по амперметрам PA1, PA2, PA3и вольтметру PV по формулам:

$$P_A = U_A \cdot I_A;\ \ P_B = U_B \cdot I_B;\ \ \ P_C = U_C \cdot I_C;$$
$$P = P_A + P_B + P_C;$$

$W_{\text{ар}} = P \cdot \frac{0{,}5}{1000}$(кВт·ч).

Контрольные вопросы:

7. Какими приборами измеряют потребляемую электрическую энергию?
8. В каких единицах измеряется потребляемая электрическая энергия ?
9. Как определить стоимость потребляемой электрической энергии?
10. Что такое тариф потребляемой электрической энергии?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10, 11

ТЕМА: «Исследование трех фазной цепи при соединении потребителей Δ»

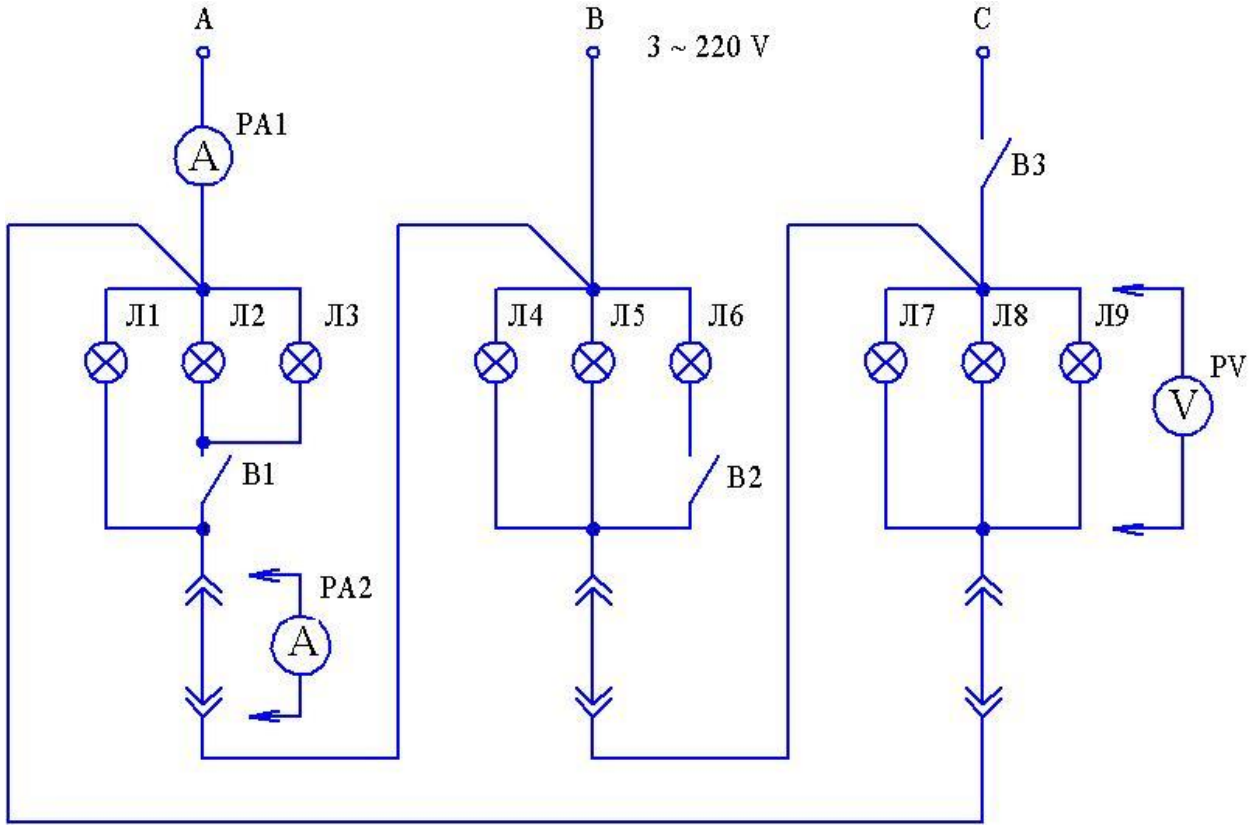
Продолжительность проведения – 4 часа

ЦЕЛЬ: Проверить на опыте соотношения между фазными и линейными токами и напряжениями при равномерной и неравномерной нагрузке. Проверка на опыте влияния обрыва линейного провода на работу потребителей.

ОБОРУДОВАНИЕ:

1. Лабораторный стенд.
2.Плата №3.
3. PA 1- амперметр переменного тока 1 А.
4. PA 2- амперметр переменного тока 0,5 А.
5. PV - вольтметр переменного тока 250 В.
6. В1, В2, В3 – тумблеры.
7. Л1 – Л9 – нагрузочные лампы.
8. Соединительные провода.

Рис.1.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Собрать схему согласно Рис. 1.
2. Подключите схему к клеммам трехфазного питания А, В, С, 0 «~3 - 220 V» штатива приборного, соедините в треугольник с симметричной и несимметричной (с помощью тумблеров В1 и В2 на плате, тумблер В3 включен) нагрузкой во всех трех фазах.
3. Включите тумблер «3~220V» на блоке питания.

4. Измерьте линейные и фазные токи и напряжения, проверьте соотношение между линейными и фазными напряжениями. Данные измерений и вычислений занести в таблицу.
5. Изменять нагрузку в фазе можно путем выкручивания ламп.

6. Осуществите обрыв линейного провода С, путем выключения тумблера В3, что наблюдаете.

		Характер нагрузки					
		1. $R_{AB}=R_{BC}=R_{CA}$	2. $R_{AB}=R_{BC}\neq R_{CA1}$ $R_{AB}=R_{BC}\neq R_{CA2}$	3. $R_{AB}\neq R_{BC}\neq R_{CA}$	4. $R_{AB}=R_{BC}=R_{CA}$ В1-разомкнут	5. $R_{AB}=R_{BC}\neq R_{CA}$ В2-разомкнут	6. $R_{AB}=R_{BC}=R_{CA}$ В3-разомкнут
Измерить	U_{AB} (В)						
	U_{BC} (В)						
	U_{CA} (В)						
	I_{AB} (А)						
	I_{BC} (А)						
	I_{CA} (А)						
	I_{A} (А)						
	I_{B} (А)						
	I_{C} (А)						
Вычислить	P_{AB} (Вт)						
	P_{BC} (Вт)						
	P_{CA} (Вт)						
	P (Вт)						

ФОРМУЛЫ:

Соотношения при соединении треугольником: $U_Ф=U_Л$; $I_Л=\sqrt{3}\cdot I_Ф$

Мощности, развиваемые в каждой фазе: $P_Ф=I_Ф\cdot U_Ф\cdot \cos\varphi$, при активной нагрузке $\cos\varphi=1$

Полная активная мощность $P=P_{AB}+P_{BC}+P_{CA}$.

7. Для опыта №3 построить векторную диаграмму токов и напряжений.

Контрольные вопросы:

1. Каковы преимущества и недостатки трехфазной цепи при включении нагрузки треугольником?
2. Что такое симметричная и несимметричная нагрузки?
3. Каково соотношение между фазными и линейными токами при включении нагрузки треугольником?
4. Опишите явление, происходящее при обрыве линейного провода.

5. Какие факторы влияют на значение угла сдвига между фазным напряжением и током?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12, 13

ТЕМА: «Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей *Y*»

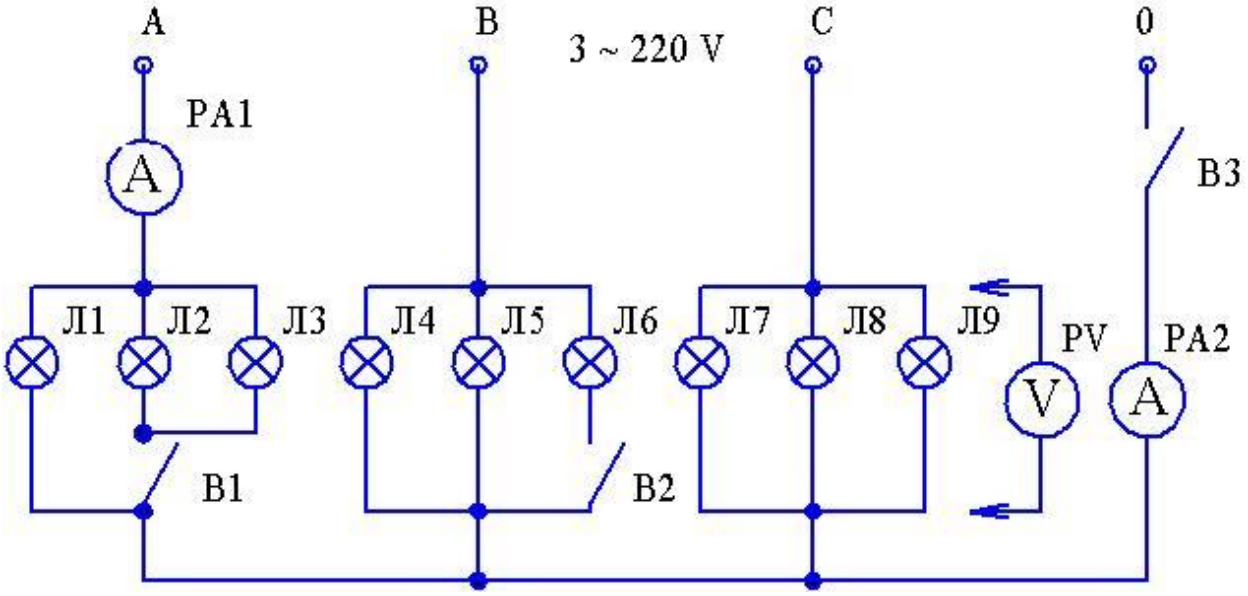
Продолжительность проведения – 4 часа

ЦЕЛЬ: Проведение измерений токов и напряжений в трехфазной цепи при соединении потребителей звездой. Выяснение роли нулевого провода в четырехпроводной системе трехфазного тока.

ОБОРУДОВАНИЕ:

1.Лабораторный стенд.
2. Плата №3.
3.PA 1- амперметр переменного тока 0,5 А.
4. PA 2- амперметр переменного тока 0,5 А.
5. PV - вольтметр переменного тока 250 В.
6. В1 – В3 – тумблеры.
7. Л1 – Л9 – нагрузочные лампы.
8. Соединительные провода.

Рис.1.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Собрать схему согласно Рис. 1.
2. Подключите схему к клеммам трехфазного питания А, В, С, 0 «~3 - 220 V» штатива приборного, соедините звездой с симметричной нагрузкой во всех трех фазах.

3. Включите тумблер «3~220V» на блоке питания.
4. Измерьте линейные и фазные токи и напряжения, проверьте соотношение между линейными и фазными напряжениями при включенном и выключенном нулевом проводе.
5. Тумблерами на плате измените нагрузку в фазах так, чтобы во всех трех фазах была разная нагрузка.
6. Рассчитать фазные сопротивления, мощности, развиваемые в каждой фазе потребителя и мощность всей системы.

		Характер нагрузки							
		1.Симметричная $R_A = R_B = R_C$		2.Несимметричная $R_A = R_C > R_B$		3.Несимметричная $R_A \neq R_B \neq R_C$		4.Несимметричная $R_A = R_C$, $R_B = \infty$	
		Состояние электрической цепи							
		В3 выкл.	В3 вкл.	В3 выкл.	В3 вкл.	В3 выкл.	В3 вкл.	В3 выкл.	В3 вкл.
Измерить	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)								
Вычислить	P_A (Вт)								
	P_B (Вт)								
	P_C (Вт)								
	R_A (Ом)								
	R_B (Ом)								
	R_C (Ом)								
	P (Вт)								

Примечание: В опыте №4, в фазе А и С включены все лампы, в фазе В выключены (выкрутить).

ФОРМУЛЫ:

Соотношения при соединении звездой: $I_Ф = I_Л$ $U_Л = \sqrt{3} \cdot U_Ф$

$$R_A = \frac{U_A}{I_A} P_A = U_A \cdot I_A$$

$$R_B = \frac{U_B}{I_B} P_B = U_B \cdot I_B$$

$$R_C = \frac{U_C}{I_C} P_C = U_C \cdot I_C \qquad P = P_A + P_B + P_C$$

7. Построить в масштабе векторные диаграммы для всех опытов без нейтрального провода и для опыта №2 с нейтральным проводом.

Контрольные вопросы:

1. Какое соединение однофазных приемников электрической энергии называют звездой?
2. Чем отличается симметричная нагрузка от несимметричной?
3. Какова роль нулевого провода в четырехпроводной трехфазной цепи?
4. Как определить силу тока в нулевом проводе, если известна сила тока в каждой из фаз?
5. Каково соотношение между линейными и фазными напряжениями для симметричной системы при соединении приемников звездой?

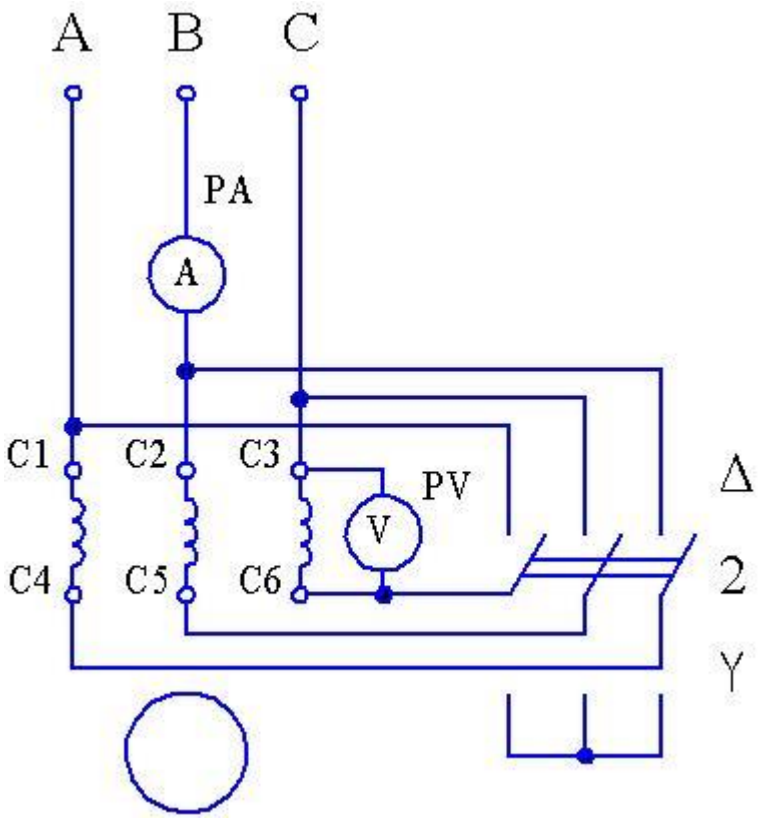
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14

ТЕМА: «Пуск в ход трехфазного асинхронного двигателя на пониженном напряжении. Переключение соY на Δ.»

ЦЕЛЬ: Произвести пуск трехфазного асинхронного двигателя на пониженном напряжении и осуществить переключение двигателя со звезды на треугольник.

Оборудование:

8. Лабораторный стенд,
9. Плата №1,
10. Двигатель асинхронный тип 4ААМ63А4У3 3 фазы
11. PA– амперметр переменного тока 1А,
12. PV – вольтметр переменного тока 150 V,
13. Соединительные провода.



Порядок выполнения работы:

10. Установить предел измерения амперметра 1А.
11. Определить цену одного деления амперметра.
12. Собрать цепь по схеме, изображенной на рисунке
13. Подключите схему к клеммам трехфазного питания А, В, С «~3 - 220 V» штатива приборного.
14. Предоставить собранную цепь для проверки преподавателю.
15. Поставить переключатель 2 в положение треугольник Δ.
16. Включить тумблер «3~220V» на блоке питания и зафиксировать начальный пусковой ток $I_п$ с помощью амперметра PA и пусковое напряжение $U_п$ с помощью вольтметра PV. Отключить тумблер «3~220V» на блоке питания.
17. Поставить переключатель 2 в положение звезда Y.
18. Включить тумблер «3~220V» на блоке питания.
19. Зафиксировать начальный пусковой ток $I_п$ с помощью амперметра PA и пусковое напряжение $U_п$ с помощью вольтметра PV. Отключить тумблер «3~220V» на блоке питания.
20. Данные измерений занести в таблицу.

	Характер соединения обмоток		
	Треугольник Δ	Звезда Y	Y/Δ
$I_п$(А)			
$U_п$(В)			

1. Для переключения двигателя со звезды Y на треугольник Δ ставим переключатель 2 в нейтральное положение, Включаем тумблер «3~220V» на блоке питания.
2. Затем переключатель переводят в положение звезда Y и фиксируют величины начального пускового тока $I_п$ и пускового напряжения $U_п$. После разгона ротора переключатель быстро переводят в положение треугольник Δ. При этом скачок тока намного меньше начального пускового тока. Данные измерений занести в таблицу.

Контрольные вопросы:

1. Каковы достоинства и недостатки метода пуска асинхронных двигателей непосредственным включением в сеть?
2. На чём основаны методы уменьшения пускового тока асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором? Перечислите эти методы.
3. На сколько уменьшается пусковой ток асинхронного двигателя при его пуске методом переключения обмотки статора со звезды на треугольник?

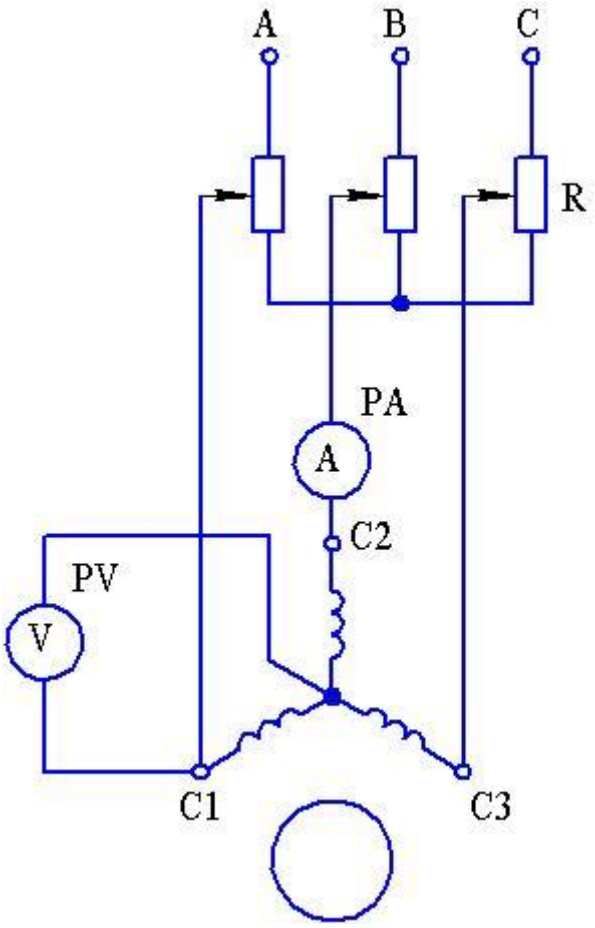
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15

ТЕМА: «Пуск в ход трехфазного асинхронного двигателя на пониженном напряжении. Реостатный пуск»

ЦЕЛЬ: Произвести пуск трехфазного асинхронного двигателя на пониженном напряжении с помощью реостатов

Оборудование:

14. Лабораторный стенд,
15. Плата №1,
16. Двигатель асинхронный тип 4ААМ63А4У3 3 фазы,
17. R – реостат,
18. PA– амперметр переменного тока 1А,
19. PV – вольтметр переменного тока 150 V,
20. Соединительные провода.



Порядок выполнения работы:

21. Установить предел измерения амперметра 1А.
22. Определить цену одного деления амперметра.
23. Собрать цепь по схеме, изображенной на рисунке
24. Подключите схему к клеммам трехфазного питания А, В, С «~3 - 220 V» штатива приборного.
25. Предоставить собранную цепь для проверки преподавателю.
26. Установить реостат R на минимальное сопротивление.
27. Включите тумблер «3~220V» на блоке питания.
28. Зафиксировать начальный пусковой ток $I_п$ с помощью амперметра PA и пусковое напряжение $U_п$ с помощью вольтметра PV. Отключить . тумблер «3~220V» на блоке питания.
29. Установить реостат R на максимальное сопротивление.
30. Включить тумблер «3~220V» на блоке питания.
31. Зафиксировать начальный пусковой ток $I_п$ с помощью амперметра PA и пусковое напряжение $U_п$ с помощью вольтметра PV. Отключить тумблер «3~220V» на блоке питания.
32. Данные измерений занести в таблицу.

	Сопротивлениереостата R	
	Минимальное	Максимальное
$I_п$(А)		
$U_п$(В)		

Контрольные вопросы:

4. Каковы достоинства и недостатки метода пуска асинхронных двигателей через реостат?
5. На чём основан метод уменьшения пускового тока асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором при реостатном пуске?
6. На сколько уменьшается пусковой ток асинхронного двигателя при реостатном пуске?

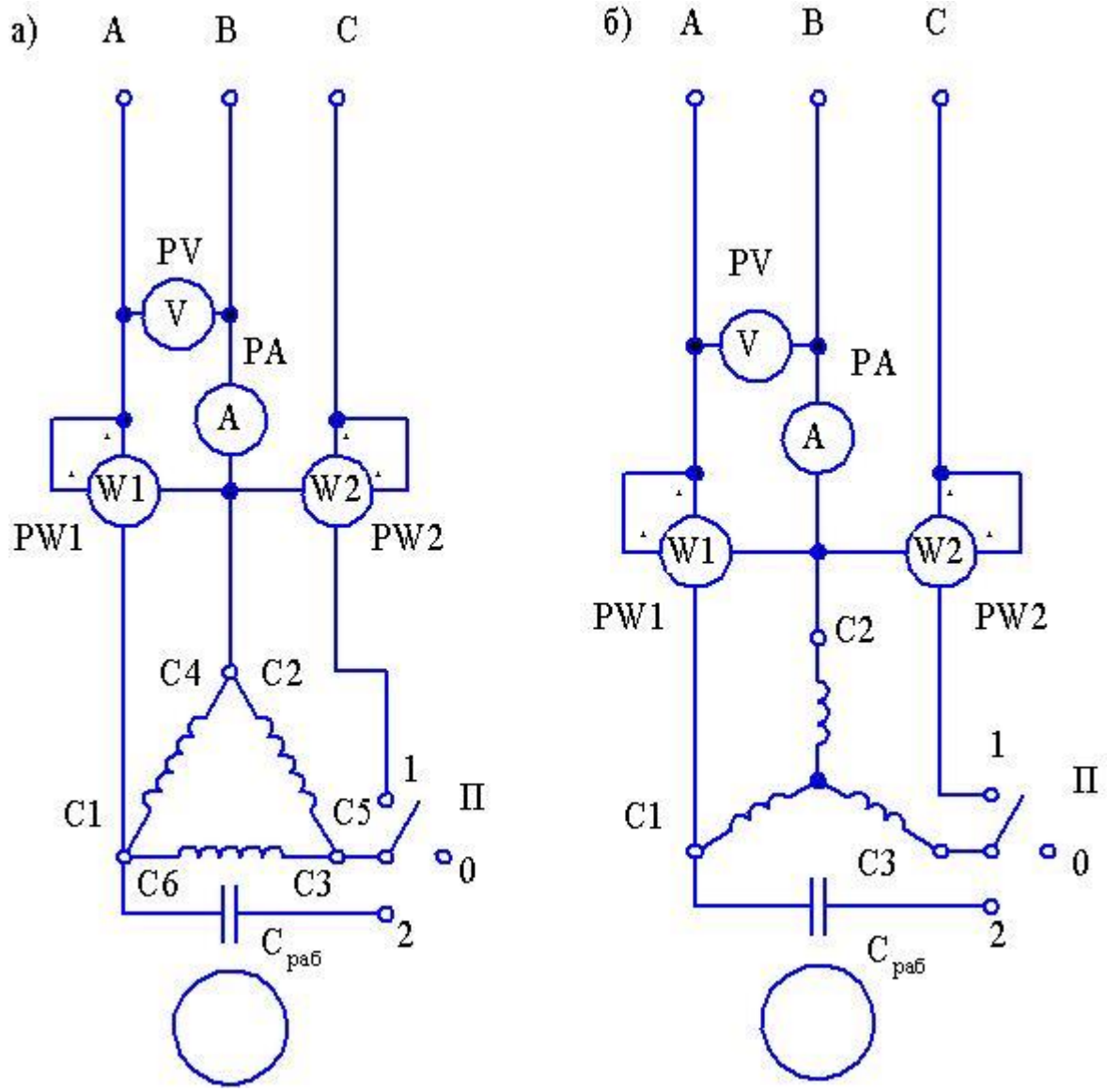
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16

ТЕМА: «Пуск в ход трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в однофазном режиме».

ЦЕЛЬ: Произвести пуск трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в однофазном режиме.

Оборудование:

21. Лабораторный стенд,
22. Плата №2,
23. Двигатель асинхронный тип 4ААМ63А4У3 3 фазы,
24. $C_{раб}$ – рабочий конденсатор 5 – 20 мкФ
25. А– амперметр переменного тока 2 А,
26. W1,W2 – ваттметр0,6 кW,
27. PV – вольтметр переменного тока 250 V,
28. Соединительные провода,
29. П – переключатель



Порядок выполнения работы:

33. Установить предел измерения амперметра 1А.
34. Определить цену одного деления амперметра.
35. Собрать цепь по схеме, изображенной на рисунке а). (обмотки соединены на треугольник Δ).
36. Подключите схему к клеммам трехфазного питания А, В, С «~3 - 220 V» штатива приборного.
37. Поставить переключатель П в положение 2.
38. Предоставить собранную цепь для проверки преподавателю.
39. Включите тумблер «3~220V» на блоке питания.
40. Зафиксировать начальный пусковой ток $I_п$ с помощью амперметра PA и пусковое напряжение $U_п$ с помощью вольтметра PV.
41. При переходе двигателя в номинальный режим замерить номинальный ток $I_{ном}$ и номинальное напряжение $U_{ном}$, а также номинальную мощность двигателя $P_{ном}=P_1+P_2$

42. Данные измерений занести в таблицу.

	$I_п$(А)	$U_п$(В)	$I_{ном}$(А)	$U_{ном}$(В)	$P_{ном}$(Вт)
Δ					
Y					

11. Выключить тумблер «3~220V» на блоке питания.
Разобрать схему.
12. Собрать цепь по схеме, изображенной на рисунке б). (обмотки соединены на звезду Y). Повторите пункты 5 – 11.
13. Сделать выводы.

Контрольные вопросы:

7. Как в однофазном режиме запустить трехфазный асинхронный двигатель?
8. Что происходит с мощностью трехфазного асинхронного двигателя при его подключении в однофазном режиме?
9. Какие схемы включения трехфазного асинхронного двигателя в однофазную сеть получили наибольшее применение?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17

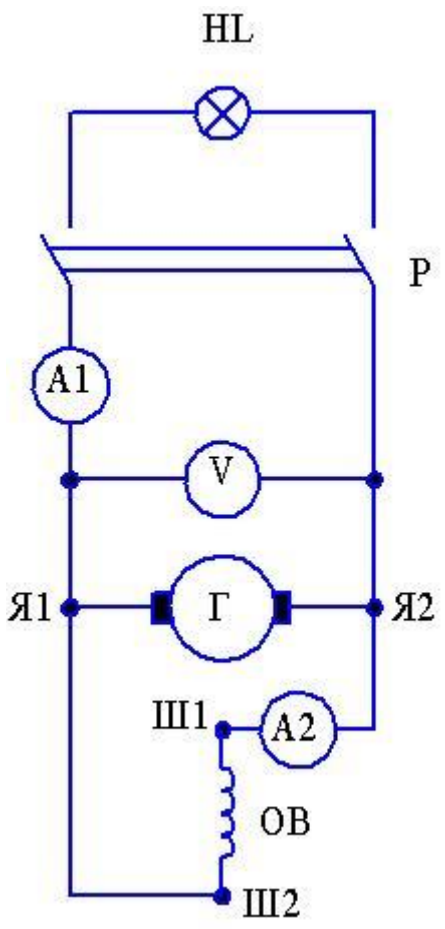
ТЕМА: «Пуск в ход машины постоянного тока в режиме генератора»

Продолжительность проведения – 2 часа

ЦЕЛЬ: Произвести пуск машины постоянного тока в режиме генератора.

Оборудование:

30. Лабораторный стенд,
31. Плата №2,
32. Машина электрическая постоянного тока 4 V, 2 A,
33. A1– амперметр постоянного тока 2 A,
34. A2 – амперметр постоянного тока 2 A,
35. PV – вольтметр постоянного тока 15 V,
36. HL – лампа накаливания 6,3 V, 0,3 A,
37. P – рубильник,
38. Соединительные провода.



Порядок выполнения работы:

43. Работа генератора основана на принципе самовозбуждения.
44. Установить предел измерения амперметров 2А.
45. Определить цену одного деления амперметров.
46. Собрать цепь по схеме, изображенной на рисунке
47. Предоставить собранную цепь для проверки преподавателю.
48. Включить рубильник Р.
49. Под действием внешней силы разогнать якорь до момента магнитного торможения. Произвести замеры соответствующих параметров.
50. Данные измерений занести в таблицу.

$U_Я$(В)	$I_Я$(А)	$I_{ОВ}$(А)

9. Сделать выводы.

Контрольные вопросы:

1. Каковы условия, необходимые для процесса самовозбуждения генератора постоянного тока?
2. Что такое остаточный магнетизм?
3. Если магнитная система размагнитилась, как её можно намагнитить?
4. Что такое критическая частота вращения якоря?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18

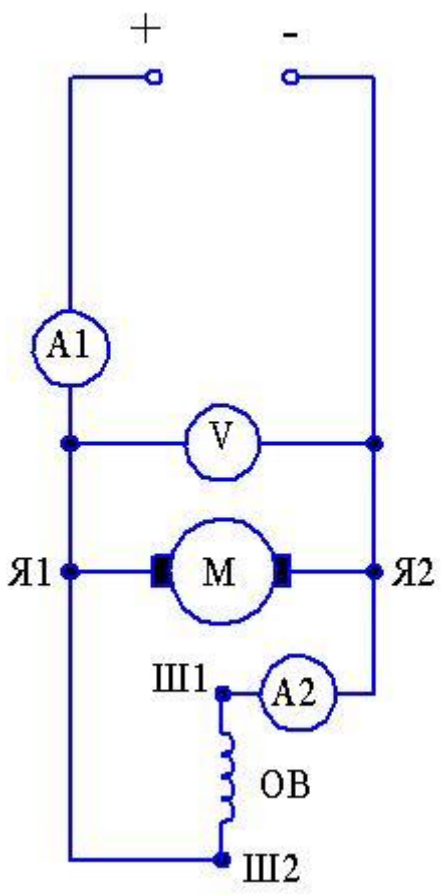
ТЕМА: «Пуск в ход машины постоянного тока в режиме электродвигателя»

Продолжительность проведения – 2 часа

ЦЕЛЬ: Произвести пуск машины постоянного тока в режиме электродвигателя.

Оборудование:

1. Лабораторный стенд,
2. Плата №2,
3. Машина электрическая постоянного тока 4 V, 2 A,
4. A1– амперметр постоянного тока 2 A,
5. A2 – амперметр постоянного тока 2 A,
6. PV – вольтметр постоянного тока 15 V,
7. Соединительные провода.



Порядок выполнения работы:

1. Установить предел измерения амперметров 2А.
2. Определить цену одного деления амперметров.
3. Собрать цепь по схеме, изображенной на рисунке .

4. Подключите схему к клеммам питания «- 0 – 30 V» штатива приборного.
5. На блоке питания установите переключатель «0 – 30 V» в положение « - ».

4. Предоставить собранную цепь для проверки преподавателю.
5. Включить блок питания.
6. Данные измерений занести в таблицу.

$U_Я$(В)	$I_Я$(А)	$I_{ОВ}$(А)

9. Сделать выводы.

Контрольные вопросы:

1. Какие способы регулировки частоты вращения возможны в двигателях параллельного возбуждения?
2. Как осуществить реверс в таком двигателе?
3. Где применяются двигатели постоянного тока с параллельной обмоткой возбуждения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19

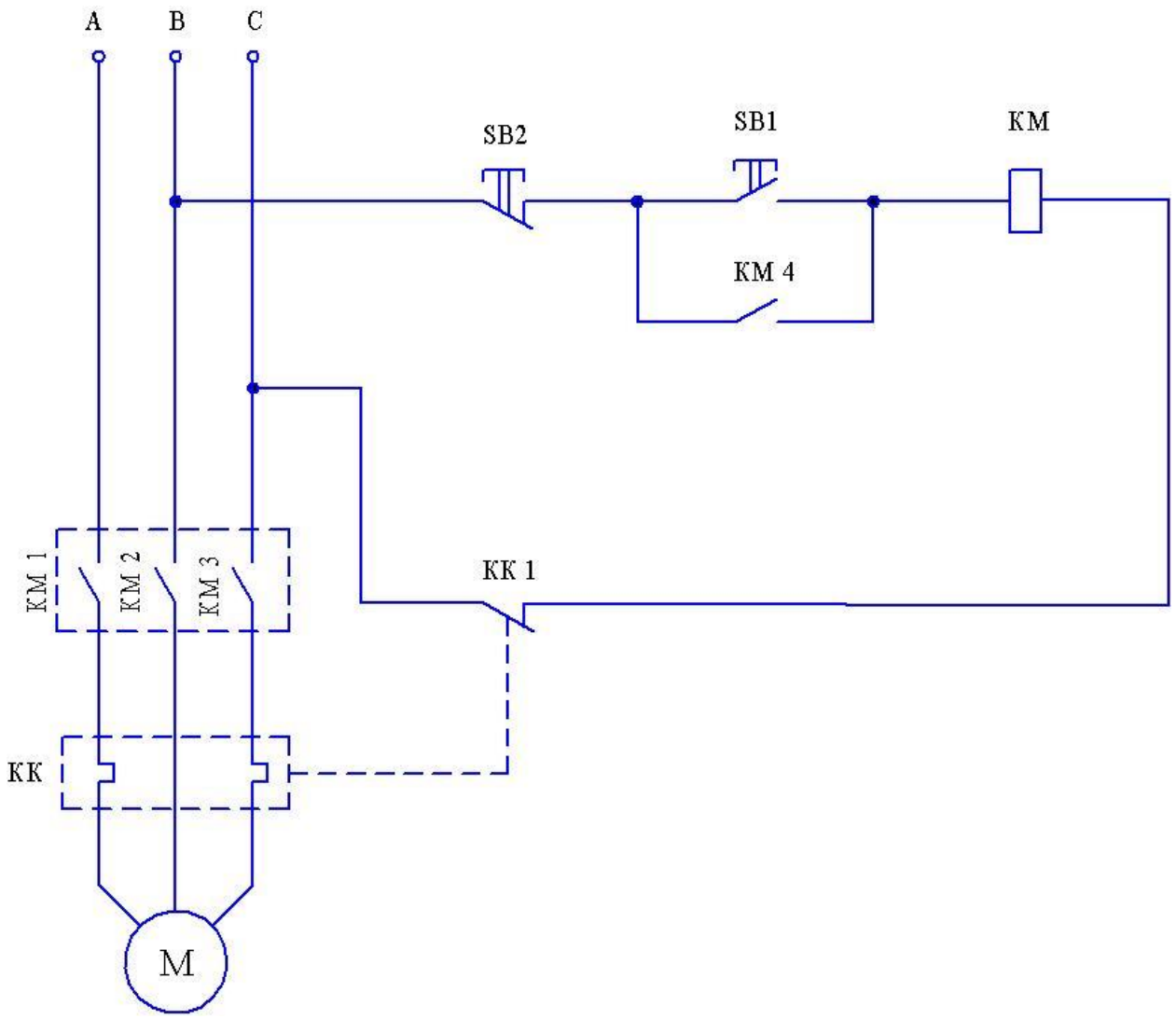
ТЕМА: «Сборка схем управления нереверсивным электроприводом»

Продолжительность проведения – 2 часа

ЦЕЛЬ: Собрать схему управления нереверсивного пуска трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Оборудование:

1. Лабораторный стенд,
2. Плата №1,
3. Двигатель асинхронный тип 4ААМ63А4УЗ 3 фазы,
4. SB1, SB2 - кнопки «ПУСК» и «СТОП» пульта управления,
5. КМ - магнитный пускатель ПМЕ-211,
6. КК - тепловое реле ТРН-25,
7. Соединительные провода.



Порядок выполнения работы:

1. Определить по схеме силовую часть и схему управления.
2. Определить на магнитном пускателе нормально разомкнутые контакты и нормально замкнутые контакты.
3. Собрать цепь по схеме, изображенной на рисунке .
4. Подключите схему к клеммам трехфазного питания A, B, C «~3 - 220 V» штатива приборного.
5. Предоставить собранную цепь для проверки преподавателю.
6. Включите тумблер «3~220V» на блоке питания.
7. Осуществить пуск трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором кнопкой SB1 «ПУСК».
8. Осуществить отключение двигателя кнопкой SB2 «СТОП».

Контрольные вопросы:

1. Каков принцип работы магнитного пускателя?
2. Чем отличается силовая часть схемы от схемы управления электропривода?
3. Назначение теплового реле.

4. Назначение схемы управления.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20

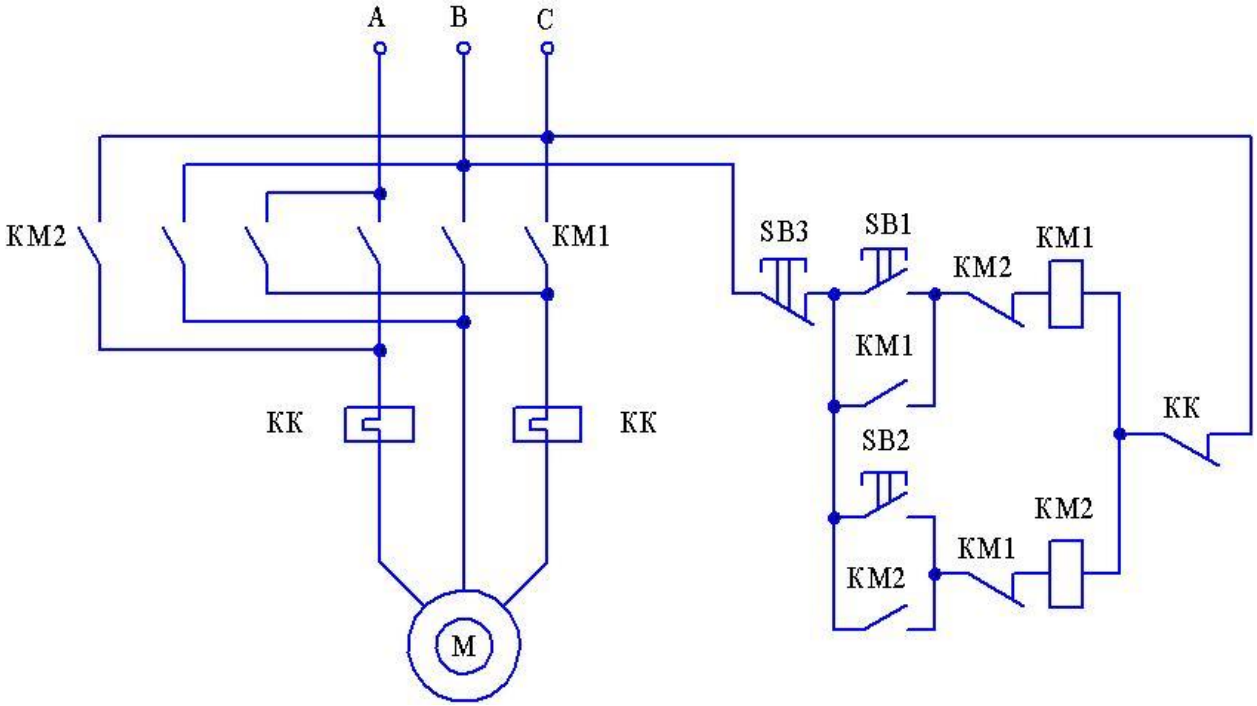
ТЕМА: «Сборка схем управления реверсивным электроприводом»

Продолжительность проведения – 2 часа

ЦЕЛЬ: Собрать схему управления реверсивного пуска трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Оборудование:

1. Лабораторный стенд,
2. Плата №1,
3. Двигатель асинхронный тип 4ААМ63А4У3 3 фазы,
4. SB1 – кнопка «ПУСК»,
5. SB2 – кнопка «РЕВЕРС»,
6. SB3 – кнопка «СТОП»
7. КМ 1, КМ2 - магнитный пускатель ПМЕ-211,
8. КК - тепловое реле ТРН-25,
9. Соединительные провода.



Порядок выполнения работы:

1. Определить по схеме силовую часть и схему управления.

2. Определить на магнитном пускателе нормально разомкнутые контакты и нормально замкнутые контакты.
3. Собрать цепь по схеме, изображенной на рисунке .
4. Подключите схему к клеммам трехфазного питания A, B, C «~3 - 220 V» штатива приборного.
5. Предоставить собранную цепь для проверки преподавателю.
6. Включите тумблер «3~220V» на блоке питания.
7. Осуществить пуск трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором кнопкой SB1 «ПУСК».
8. Осуществить реверс двигателя кнопкой SB2 «РЕВЕРС»
9. Осуществить отключение двигателя кнопкой SB3 «СТОП».

Контрольные вопросы:

1. Что называют реверсом электропривода?
2. Как осуществить реверс трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?
3. Назначение и принцип работы теплового реле.
4. Назначение схемы управления.
5. Почему в схеме управления применяются два магнитных пускателя?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №21

ТЕМА: «Определение потерь энергии в линиях электропередач»

Продолжительность проведения – 2 часа

ЦЕЛЬ: Выяснить, какое влияние оказывает нагрузка линии и сопротивление её проводов на напряжение приёмника.

1. Определить мощность потерь в проводах и КПД линии электропередачи.

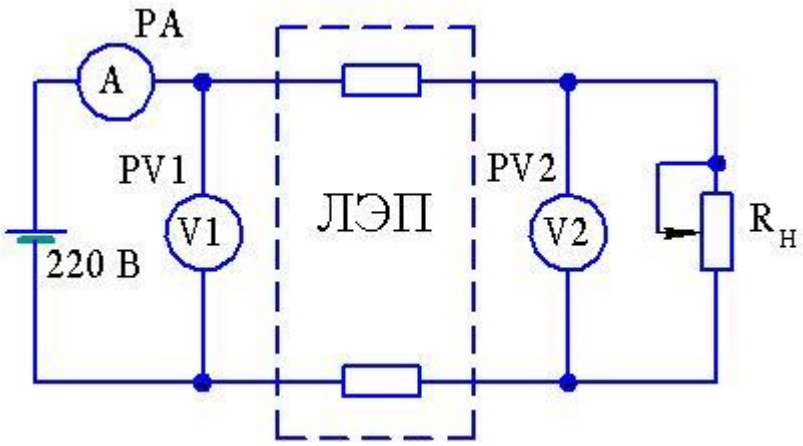
Оборудование:

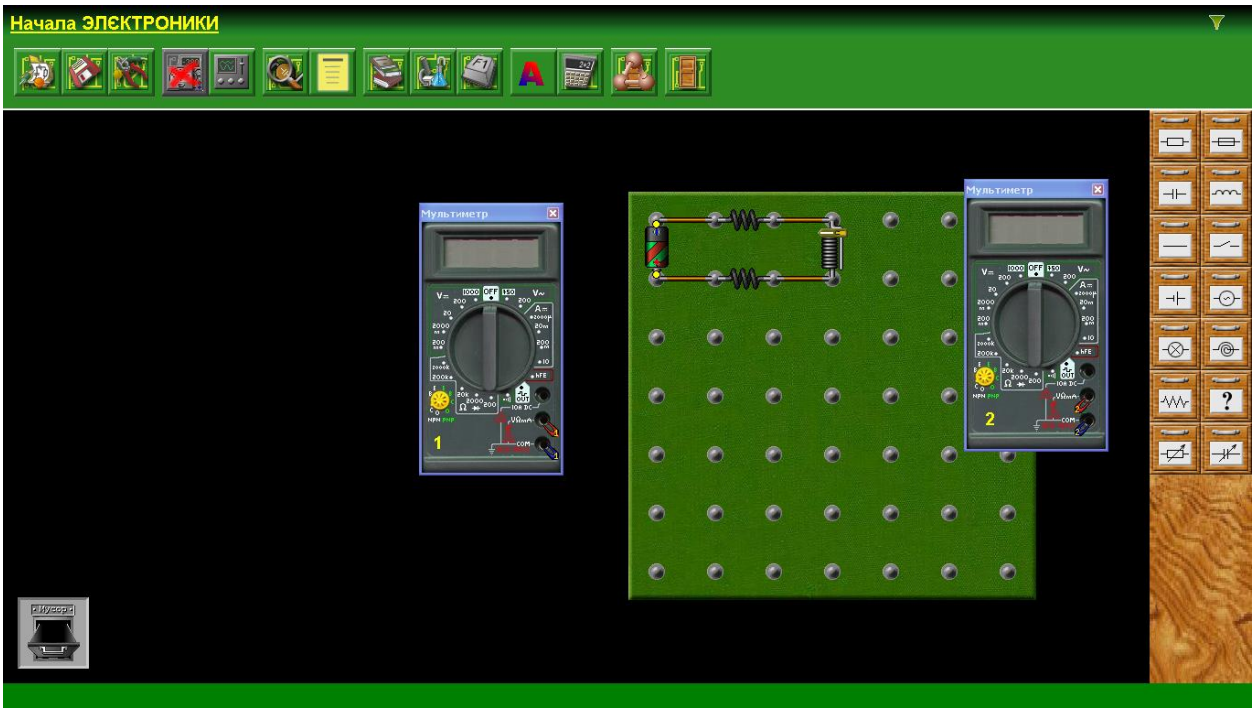
1. Компьютер.
2. Компьютерная программа «Начала электроники 1.02».

Порядок выполнения работы:

1. Включить компьютер.
2. На Рабочем столе компьютера открыть папку «Электроника».
3. Запустить исполняемый файл «E» (коричневый треугольник).
4. Щелкнуть на кнопке «Как работать с программой»
5. Изучить инструкцию.

6. Собрать электрическую цепь согласно схемы.





7. Подать на начало ЛЭП (S=1 мм^2, L=1000 м) напряжение 220 В и подключить нагрузку переменный резистор R_H=1 кОм, материал проводов выбрать:1) алюминий, 2) медь, 3) железо.
8. Мультиметрами замерить напряжение на входе и на выходе ЛЭП, а также ток протекающий по ЛЭП.
9. Записать измеренные величины в таблицу

№ опыта	Измерить			Вычислить				Материал проводов
	U1	U2	I	ΔU	ΔP	η	$R_{ПР}$	
	(В)	(В)	(А)	(В)	(Вт)	(%)	(Ом)	
1								алюминий
2								медь
3								железо

10. Расчетные формулы:

$\Delta U = U1 - U2$; $\Delta P = \Delta U \cdot I$; $\boldsymbol{\eta} = \left(\frac{\boldsymbol{U2}}{\boldsymbol{U1}}\right) \cdot \mathbf{100\%}$; $\boldsymbol{R}_{\text{ПР}} = \boldsymbol{\rho} \cdot \left(\frac{\mathbf{2} \cdot \boldsymbol{L}}{\boldsymbol{S}}\right)$

где $\boldsymbol{\eta}$ –КПД ЛЭП; $R_{ПР}$ – сопротивление ЛЭП; ρ – удельное сопротивление проводника $\left(\frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}\right)$; L – длина проводника (м); S – площадь сечения проводника (мм^2)

Контрольные вопросы:

5. Какая допускается потеря напряжения по госту в силовой линии и линии освещения?
6. Какой металл лучше всего проводит электрический ток?
7. От чего зависит потеря напряжения в проводах?
8. Почему для нагревательных приборов применяют материалы с большим значением удельного сопротивления?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №22

ТЕМА: «Измерение сопротивления заземления»

Продолжительность проведения – 2 часа

Лабораторная работа № 9

КОНТРОЛЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ И ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Цель работы: ознакомиться с факторами, влияющими на опасность поражения человека электрическим током, нормативными величинами и приборами для их измерения; научиться измерять сопротивление растеканию электрического тока в заземляющих устройствах и сопротивление изоляции токоведущих частей (электропроводов, кабелей).

Приборы и оборудование: М101М, М4124 - для измерения сопротивления изоляции приборы; РНИ-1.1, М416, МС-08 - для измерения сопротивления заземляющего устройства приборы.

1. Общие положения

Широкое использование электрической энергии во всех отраслях промышленности и быта обуславливает значительную опасность поражения человека электрическим током. Статистический анализ травматизма показывает, что количество электротравм в промышленности составляет всего около 0,5-1% от всех травм, однако, на них приходится 15-20% летального исхода, причем до 80-85%

электротравм со смертельным исходом происходит в сетях с напряжением до 1 кВ.

Опасность поражения электрическим током в значительной степени зависит от условий окружающей среды, в которых будет эксплуатироваться электрооборудование.

Согласно ТКП 339-2011 «Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний», помещения ***по характеру окружающей среды*** подразделяются на нормальные, сухие, влажные, сырые, особо сырые, жаркие, пыльные и с химически активной или органической средой.

Нормальные - сухие помещения, в которых отсутствуют признаки, свойственные помещениям жарким, пыльным, с химически активной или органической средой.

Сухие - помещения, относительная влажность воздуха в которых не превышает 60%.

Влажные - помещения, относительная влажность воздуха в которых более 60%, но не превышает 75%.

Сырые - помещения, относительная влажность воздуха в которых превышает 75%.

Особо сырые - относительная влажность воздуха в помещении близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты

влагой).

Жаркие - помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура превышает постоянно или периодически (более одних суток) 35°С (например, помещения с сушилками, обжигательными печами, котельные).

Пыльные - по условиям производства в помещении выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п. Разделяются на помещения ***с токопроводящей пылью*** и помещения ***с нетокопроводящей пылью.***

С химически активной или органической средой - помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

По степени опасности поражения людей электрическим током помещения подразделяются на три категории: помещения без повышенной опасности, помещения с повышенной опасностью и особо опасные помещения.

К помещениям ***без повышенной опасности*** относятся помещения, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность поражения людей электрическим током.

Помещения ***с повышенной опасностью*** характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность поражения людей электрическим током:

- высокая температура;
- сырость или токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.);
- возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическими аппаратами, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям) - с другой.

Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из условий, создающих особую опасность поражения людей электрическим током:

- особо сырые;
- с химически активной или органической средой;
- одновременно два и более условий повышенной опасности.

Территории размещения открытых электроустановок по опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ следует применять устройства защитного автоматического отключения питания (например, устройство защитного отключения с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА).

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- защитное зануление;
- защитное автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Меры защиты от поражения электрическим током должны быть предусмотрены в электроустановке или ее части либо применены к отдельным электроприемникам и могут быть реализованы при изготовлении электрооборудования, либо в процессе монтажа электроустановки, либо в обоих случаях. Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного и 120 В постоянного тока.

В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких напряжениях (например, 25 В переменного и 60 В постоянного тока или 12 В переменного и 30 В постоянного тока).

Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25 В переменного или 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного или 15 В постоянного тока - во всех остальных случаях.

Электрическая изоляция различных токоведущих проводов, частей оборудования (внутренние электрические сети, статорные обмотки электродвигателей, обмотки трансформаторов и т. п.) является основой обеспечения электробезопасности. Надежная и качественная электрическая изоляция может обеспечить 100% электробезопасность. Однако на практике электрическая изоляция может быть разрушена от механических повреждений, действия химически активной среды, повышенной температуры, неправильной эксплуатации электроустановок. При этом может появиться напряжение на корпусах, которые обычно не находятся под напряжением.

Различают рабочую, основную, дополнительную, двойную и усиленную электрическую изоляцию.

Рабочей называется электрическая изоляция токопроводящих жил, обеспечивающая нормальную работу электроустановок и защиту от поражения электрическим током.

Основная - изоляция токоведущих частей, обеспечивающая в том числе защиту от прямого прикосновения.

Дополнительная - независимая изоляция в электроустановках напряжением до 1000 В, выполняемая дополнительно к основной изоляции для защиты при косвенном прикосновении.

Двойная - изоляция в электроустановках, состоящая из основной и дополнительной изоляций.

Усиленная - изоляция в электроустановках, обеспечивающая степень защиты от поражения электрическим током, равноценную двойной изоляции.

Согласно ТКП 339-2011, сопротивление изоляции между любым проводом и землей, а также между любыми проводами на участке, между двумя соседними предохранителями в распределительной сети напряжением до 1000 В должно составлять **не менее 0,5 МОм (500 000 Ом)**.

Изоляцию электрических машин напряжением свыше 1000 В рассчитывают по формуле

$$R = \frac{U}{1000 + P/100}$$

где ***R***- сопротивление изоляции, МОм; ***U***- напряжение, В; ***P***- номинальная мощность, кВт.

Измерение сопротивления изоляции электрических установок производят после их монтажа, ремонта и периодически в процессе эксплуатации не реже одного раза в год в помещениях с повышенной опасностью и не реже двух раз в год в особо опасных помещениях.

Корпуса электрических машин, трансформаторов, светильников и другие металлические нетоковедущие части оборудования могут оказаться под напряжением при замыкании одной из фаз на корпус. Если корпус при этом не имеет контакта с землей, то прикосновение к нему также опасно, как и прикосновение к фазе.

Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение металлических токопроводящих нетоковедущих частей оборудования (корпусов) с землей через естественные или искусственные заземлители.

В качестве естественных заземлителей могут быть использованы: металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей; металлические трубы водопровода, проложенные в

земле; другие находящиеся в земле металлические конструкции и сооружения. Не допускается использовать в качестве заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей, трубопроводы канализации и центрального отопления.

Искусственные заземлители могут быть из черной или оцинкованной стали, омедненными или медными. Искусственные заземлители не должны иметь окраски. Чаще всего это стержни из угловой стали, забитые в землю вертикально и соединенные между собой под землей приваренной к ним стальной полосой (рис. 9.1).

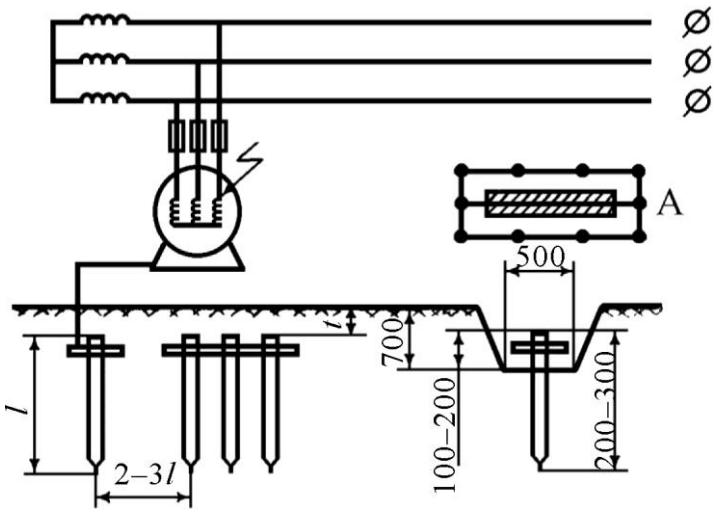


Рис. 9.1. Схема заземляющего устройства А - расположение заземлителей в плане

Согласно ТКП 339-2011, для электроустановок напряжением до 1000 В при изолированной нейтрали трансформатора (генератора) сопротивление защитного заземления должно быть **не более 4 Ом**.

В случае пробоя одной из фаз электросети на корпус электродвигателя благодаря защитному заземлению напряжение, под которое может попасть человек, прикоснувшись к корпусу, значительно снижается. На корпусе электрического двигателя появляется напряжение, равное произведению тока замыкания на землю $\boldsymbol{1_з}$ и сопротивления растеканию тока заземлителя $\boldsymbol{R_З}$.

$$U_к = I_з \cdot R_з \qquad (9.2)$$

Ток однофазного замыкания на землю в сети напряжением до 1000 В обычно не превышает 10 А. Следовательно, напряжение на корпусе заземленного оборудования при замыкании составит $\boldsymbol{U_к}$ = 10 • 4 = 40 В.

Поэтому ток $I_{чел}$, проходящий через тело человека, тем меньше, чем меньше сопротивление заземлителя.

Каждое заземляющее устройство имеет паспорт, в котором указана его схема, основные расчетные данные, сведения о его ремонте и о замерах сопротивления: после монтажа, в первый год после включения в работу и затем не реже 1 раза в 6 лет в энергосистемах, 1 раза в 3 года на подстанциях потребителей и ежегодно в цеховых электроустановках. Одновременно с измерением сопротивления проверяют целостность внешних заземляющих проводников, надежность присоединений естественных заземлителей, вскрывают (выборочно) грунт для осмотра электродов: не изъедены ли они коррозией и блуждающими токами. При обнаружении частей заземляющего устройства, пришедших в негодность и подверженных значительной коррозии, они должны быть заменены новыми.

В сетях с глухозаземленнойнейтралью заземление как средство защиты не применяется. В этих сетях напряжение замкнувшей фазы распределяется между сопротивлениями заземления нейтрали и заземления оборудования. Поэтому напряжение $\boldsymbol{U}$на заземленном оборудовании относительно земли зависит только от соотношения этих сопротивлений:

$$U = \frac{U_ф \cdot R_з}{R_0 + R_з} \quad (9.1)$$

где $U_ф$ - фазное напряжение, В; $R_з$- сопротивление заземления оборудования, Ом; R_0- сопротивление заземления нейтрали, Ом. Если $R_з = R_0$,то $\boldsymbol{U}$= 0,5 •$U_ф$, В.

Следовательно, защитное заземление оборудования в сети с глухозаземленной нейтралью безопасность не обеспечивает.

Для защиты от поражения электрическим током в сетях с глухозаземлен-

Рис. 9.2. Схема зануления оборудования

нойнейтралью применяется зануление (рис. 9.2).

Занулением называется преднамеренное соединение металлических частей, корпусов оборудования, аппаратов, приборов, нормально не находящихся под напряжением, с нулевым проводом с помощью металлического проводника.

Основная задача зануления состоит в том, чтобы превратить замыкание фазы на корпус в однофазное короткое замыкание и вызвать тем самым отключение

Рис. 9.3. Схема замыкания фазы на корпус зануленного оборудования

поврежденного оборудования от сети. В течение всего времени, пока не сгорел предохранитель или не сработал автомат защиты, замыкание на один за-нуленный корпус

(рис. 9.3) вызывает на всем зануленном оборудовании напряжение относительно земли, опасное для человека, которое определяется по формуле

$$U = I_{\text{к.з}} \cdot R_{\text{н}} = \frac{U_{\text{Ф}}}{R_{\text{Н}} + R_{\text{Ф}}} \cdot R_{\text{Н}} = \frac{U_{\text{Ф}}}{I + (\frac{R_{\text{Ф}}}{R_{\text{Н}}})} \quad (9.4)$$

Безопасность может быть достигнута лишь при весьма кратковременном действии тока, т. е. при быстром срабатывании защиты.

Допустимое время воздействия напряжения, приложенного к телу человека, в зависимости от его величины представлено в табл. 9.1.

Однако применяемые в настоящее время системы защиты от поражения электрическим током на основе зануления (системы TN-C, TN-S, TN-C-S) не обеспечивают электробезопасность при случайном прикосновении к токоведущим частям оборудования при однофазном включении человека в электрическую сеть.

Таблица 9.1

Зависимость допустимых значений напряжения электрического тока, приложенного к телу человека, от времени его воздействия

Время воздействия, с	0,05	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0
Допустимые напряжения, В	160	120	110	90	80	60	50

Безопасное для человека сочетание величины тока и времени его прохождения обеспечивается применением устройств защитного отключения (УЗО).

Защитное отключение - это быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения электрическим током.

Применение УЗО обеспечивает: защиту от косвенного прикосновения, когда человек касается корпуса электроустановки, оказавшегося под напряжением вследствие повреждения изоляции; защиту от прямого прикосновения, когда человек непосредственно касается фазного провода источника питания; защиту от пожара, который может возникнуть из-за чрезмерных токов утечки.

Применение УЗО является обязательным: для групповых линий, питающих розеточные сети, находящиеся вне помещений и в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью поражения электрическим током; для групповых линий в мобильных зданиях из металла или с металлическим каркасом; для электроустановок, в которых устройства защиты не обеспечивают нормируемого времени их отключения; для групповых линий, питающих электроприемники напряжением выше 25 В, монтируемые в ванных, душевых и парильных помещениях (кроме электроприемников, присоединенных к сети через разделительный трансформатор); для систем электрообогрева полов и др.

Устройства защитного отключения создаются на различных принципах действия. Существуют УЗО, реагирующие на ток нулевой последовательности; на напряжение нулевой последовательности; на токи и напряжения оперативных источников питания; на напряжение корпуса электроустановки относительно земли.

В электроустановках напряжением до 1000 В наиболее широко применяются УЗО, реагирующие на дифференциальный ток утечки. Схема такого однофазного УЗО приведена на рис. 9.4.

Рис. 9.4. Схема устройства защитного отключения:
1 - кнопка тестирования; *2* - трансформатор тока утечки; *3* - контакты; *4* - механизм отключения; *5* - обмотка магнитоэлектрической защелки;
6 - электрооборудование

Датчиком устройства служит трансформатор тока утечки ***2,*** кольцевой магнитопровод которого охватывает провода, питающие нагрузку ***6*** и играющие роль первичной обмотки. При отсутствии тока утечки рабочие токи в прямом и обратном направлениях равны по величине. Они наводят в магнитопроводе противоположно направленные потоки Ф1 и $Ф_2$. Результирующий поток равен нулю, поэтому УЗО не срабатывает.

При появлении тока утечки ток в прямом направлении $\boldsymbol{I_1}$превышает обратный ток $\boldsymbol{I_2}$на величину тока утечки $1_{ут}$. В сердечнике возникает магнитный поток небаланса, и по обмотке магнитоэлектрической защелки ***5*** протекает ток, вызывающий ее срабатывание и воздействие на механизм 4, отключающий контакты ***3.*** УЗО срабатывает.

Для проверки исправности УЗО предусмотрена цепь тестирования ***1*** (кнопка «Тест»).

УЗО являются высокоэффективным и перспективным способом защиты. В то же время они не защищают электрическую сеть от токов коротких замыканий и перегрузок и должны применяться в комплекте с автоматическими выключателями или плавкими предохранителями.

Они используются в электроустановках до 1 кВ в дополнение к защитному занулению, а также в качестве основного или дополнительного способа защиты, когда другие способы малоэффективны.

Уравнивание потенциалов - электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов. **Защитное уравнивание потенциалов** - уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности.

Выравнивание потенциалов - снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, либо путем применения специальных покрытий земли.

Электрическое разделение сетей - разделение сети на отдельные, электрически не связанные между собой участки с помощью разделительного трансформатора. Участки сети будут обладать значительно меньшей емкостью и более высоким значением сопротивления изоляции. Опасность поражения током при этом резко снижается.

Малые напряжения - напряжения, не требующие обязательного применения электрозащитных средств при работе с ручным электрифицированным инструментом. Они устанавливаются в зависимости от характеристики помещений по опасности поражения электрическим током. Для помещений без повышенной опасности - 220 В; для помещений с повышенной опасностью - 36 В; для особо опасных помещений - 12 В.

Малые напряжения применяют в целях уменьшения опасности поражения электрическим током. Они используются для питания электроинструментов, переносных светильников, местного освещения на производственном оборудовании.

Электрозащитные средства в зависимости от назначения подразделяются

на изолирующие, ограждающие и вспомогательные.

Изолирующие защитные средства делят на основные и дополнительные.

К ***основным защитным*** средствам относят те, изоляция которых рассчитана на рабочее напряжение электроустановки и допускает прикосновение к токоведущим частям. В электроустановках до 1 кВ это диэлектрические перчатки, изолирующие штанги, инструменты с изолированными ручками, токоизмерительные клещи, указатели напряжения. В электроустановках напряжением выше 1 кВ - изолирующие штанги, изолирующие и токоизмерительные клещи, указатели напряжения.

К ***дополнительным*** средствам защиты в электроустановках до 1 кВ относятся: диэлектрические галоши, коврики, изолирующие подставки. В электроустановках свыше 1 кВ - диэлектрические перчатки, боты, коврики, изолирующие подставки.

Ограждающие средства предназначены для временного ограждения токоведущих частей, а также для заземления отключенных токоведущих частей с целью устранения опасности при случайном появлении напряжения (временные заземления).

К ***вспомогательным*** средствам относятся защитные очки, рукавицы, предохранительные пояса, страховочные канаты, «когти» и др.

2. Описание работы приборов для контроля сопротивления заземляющего устройства и сопротивления изоляции электроустановок

2.1. Приборы для контроля сопротивления заземляющего устройства

Измерение сопротивления заземляющего устройства на производстве ведется с помощью измерителя заземления РНИ-1.1, приборов М416, МС-08.

2.1.1. Работа с измерителем заземления РНИ-1.1

Перед началом работы производится проверка исправности прибора. Для этого переключатель диапазонов измерения «$П_1$» ставится в положение «х1», а переключатель рода работ «$П_2$» - в положение «Контроль».

Вращая рукоятку генератора со скоростью 120 об./мин, с помощью потенциометра «Р» стрелка гальванометра устанавливается в нулевое положение. Показания на лимбе потенциометра при исправном приборе должны быть равны 10 +0,5 Ом.

Затем прибор подключается к измеряемому заземлению в соответствии со схемой (рис. 9.5).

Переключатель «$П_1$» ставится в положение «х5», а «$П_2$» - в положение «Измерение». Вращая ручку прибора со скоростью 2 об./с, с помощью потенциометра стрелка гальванометра устанавливается на нуль. Величина измеряемого сопротивления устанавливается на лимбе потенциометра.

Рис. 9.5. Схема подключения прибора РНИ-1.1

Если величина сопротивления не превышает 10 Ом, то переключатель «$П_1$» ставится в положение «х1» и производится более точное измерение.

2.1.2. Работа с измерителем заземления МС-08

Собирается схема, как показано на рис. 9.6.

Рис. 9.6. Схема подключения прибора МС-08: *1* - переключатель; *2* - реостат

1. Перемычкой соединяются между собой зажимы «J_1» и «E_1» и присоединяются к измеряемому заземлению.

2. Зажим «E_2» присоединяется к зонду.

3. Зажим «J_2» - к вспомогательному заземлению.

Переключатель ***1*** ставится в положение «Регулировка».

Вращая ручку генератора по часовой стрелке со скоростью 120 об./мин, ручкой реостата ***2*** регулируется прибор, устанавливая стрелку прибора на красной отметке шкалы.

Внимание! Нельзя вращать ручку генератора при установке переключателя ***1*** в положении «Регулировка» и отсоединенном в это время заземлителе и зонде.

Переключатель ***1*** ставится в положение «Измерение х 0,1».

Вращая ручку генератора, по шкале прибора отсчитывается величина измеряемого заземления и умножается на 0,1.

2.1.3. Работа с измерителем заземления М-416

Переключатель устанавливается в положение «Контроль 5 Ом».

Удерживая в нажатом состоянии красную кнопку, вращением ручки «Реохорд» стрелка индикатора выводится на нулевую отметку. На шкале реохорда при этом должно быть показание 5 +0,5 Ом.

Собирается схема, как показано на рис. 9.7.

Переключатель устанавливается в положение «х1».

Удерживая в нажатом состоянии красную кнопку, вращением ручки «Реохорд» стрелка индикатора выводится на нулевую отметку. Результат определяется по шкале реохорда.

Если измеренное сопротивление окажется больше 10 Ом (стрелка индикатора не выводится на нулевую отметку), то переключатель устанавливается в положение «х5», «х20» или «х100». Результат измерения равен произведению показания шкалы реохорда и множителя.

2.2. Приборы для контроля сопротивления изоляции электроустановок

Измерение сопротивления изоляции электроустановок на производстве ведется с помощью приборов М1101М, М4124.

2.2.1. Работа с мегомметром М1101М

Прибор состоит из генератора постоянного тока с ручным приводом, логометра и добавочных сопротивлений.

Шкала прибора имеет два ряда отметок: правая шкала соответствует пределу измерения от 0 до 500 МОм, левая от 0 до 1000 кОм (рис. 9.8). Для переключения прибора на ту или иную шкалу имеется специальный переключатель «kQ/MQ». Измеряемое сопротивление присоединяется к зажимам «Линия» и «Земля».

1

Рис. 9.8. Внешний вид мегомметра М1101М:
1 - зажимы «Линия» и «Земля»; *2* - переключатель «kQ/MQ»; *3* - измерительная шкала

Перед измерениями необходимо убедиться в отсутствии напряжения в испытуемых цепях и в исправности прибора. **Проводить измерения в цепях, находящихся под напряжением, запрещается!**

Для проверки исправности прибора необходимо: установить его горизонтально, отстегнуть ручку для переноски, открыть крышку смотрового окна, переключатель пределов измерения «kQ/MQ» поставить в положение «MQ», установить ручку генератора в рабочее положение (находится с правой стороны прибора).

В исправном приборе при вращении рукоятки по часовой стрелке со скоростью 120 об./мин стрелка должна установиться на отметке «да» шкалы «MQ».

Для измерения сопротивления жил кабеля относительно земли к клемме «Земля» прибора подключается с помощью соединительного провода исправное (допустимое по ТКП 339-2011) заземляющее устройство, а к клемме «Линия» - поочередно все жилы кабеля. Переключатель пределов измерения устанавливается в положение «MQ». Плавно вращая рукоятку прибора по часовой стрелке с номинальной скоростью 120 об./мин, производится отсчет по соответствующей шкале.

Для измерения сопротивления всех жил кабеля относительно друг друга жилы, сопротивление которых измеряется, подключаются к клеммам прибора, причем не имеет значения, какую жилу и к какой клемме подключать.

2.2.2. Работа с прибором М4124

При измерении сопротивления изоляции жил кабеля относительно земли подсоединить одну клемму прибора к исправному (допустимому по ТКП 339-2011) заземляющему устройству, а вторую - к жиле кабеля, у которой контролируется изоляция.

Нажать на одну из кнопок в соответствии с величиной измеряемого сопротивления и произвести отсчет величины сопротивления изоляции по соответствующей шкале прибора.

При измерении сопротивления жил кабеля относительно друг друга к прибору присоединяются обе контролируемые жилы.

2.3. Порядок выполнения работы

Лабораторный стенд разделен на две части. Слева выведены три клеммы, эмитирующие измеряемые заземляющие устройства, а также клеммы «Зонд» и «Вспомогательное заземление». Справа выведены шесть клемм, эмитирующих жилы шестижильного кабеля.

Измерение сопротивления заземляющего устройства и изоляции электропроводов производится в лабораторной работе одним из указанных в п. 2.1 приборов.

Перед началом работы необходимо выяснить у преподавателя, какие приборы в данный момент используются для измерений.

1. При измерении сопротивления заземляющего устройства необходимо измерить три заземления и определить, какие из них соответствуют требованиям ТКП 339-2011.

Измерения произвести в соответствии с описанием работы используемого в данный момент прибора согласно п. 2.1. Результаты измерений и выводы о сопротивлении заземлителей занести в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Результаты измерения сопротивления заземлителей

Номер заземлителя	Величина сопротивления,	Выводы о качестве заземления (допустимо, недопустимо)
1		
2		
3		

2. Для измерения сопротивления изоляции проводов шестижильного кабеля используйте описание работы используемого в данный момент прибора согласно п. 2.2.

Измерение сопротивления жил кабеля относительно земли проводить, используя исправное заземление (из трех, измеренных выше). При измерении сопротивления всех жил кабеля относительно друг друга вначале измеряется сопротивление 1-й жилы кабеля относительно оставшихся 2-й, 3-й, ..., 6-й; затем 2-й жилы относительно - 3-й, 4-й, 5-й, 6-й и т. д. Результаты измерений занести в табл. 9.3.

Таблица 9.3

Результаты измерения сопротивления изоляции проводов

Сопротивление изоляции жил кабеля относительно друг друга, МОм							Сопротивление изоляции жил кабеля относительно земли, МОм	Вывод о качестве изоляции (допустимо, недопустимо)
-	1	2	3	4	5	6		
1	-							
2		-						
3			-					
4				-				
5					-			
6						-		

Указать, между какими парами жил сопротивление недопустимо.

Контрольные вопросы

1. Как подразделяются помещения по характеру окружающей среды согласно ТКП 339-2011?
2. Классификация помещений по опасности поражения электрическим током и применяемые малые напряжения.
3. Назовите виды электрической изоляции.

4. Требования, предъявляемые к изоляции электрических проводов и периодичность контроля.

5. Какие способы и средства используются для обеспечения электробезопасности?

6. В каких сетях применяется защитное заземление оборудования?

7. Как выполняется защитное заземление оборудования?

8. Какие факторы влияют на эффективность заземляющего устройства? Периодичность контроля.

9. В каких сетях применяется зануление электрического оборудования?

10. Как выполняется зануление оборудования?

11. Какие электрозащитные средства Вы знаете?

12. Приборы контроля сопротивления заземляющих устройств и изоляции электрических проводов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.

2.

3.

4.

Интернет-ресурсы: