

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Архангельской области
«Архангельский педагогический колледж»

Рассмотрено и одобрено
на заседании ПЦК учебных дисциплин и
профессиональных модулей в области
практической подготовки
Протокол № 3 от «14» ноября 2023 г.
Председатель ПЦК(кафедры) *Алиева О.В.*

Утверждено
зам. директора по УВР
Ульянова Н.Ю.
«_____» _____ 2023 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения текущего контроля
и контроля самостоятельной работы
по учебной дисциплине
ОП.05 Электротехника
основной профессиональной образовательной программы
по профессии
35.01.28 Мастер столярного и мебельного производства

Архангельск 2023

Разработчики:

ГБПОУ АО «Архангельский педагогический колледж» преподаватель, Н.М. Катайцева
(место работы) (занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

1. Назначение фонда оценочных средств

1.1. Фонд оценочных средств предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины ОП.05 Электротехника

Объектами текущего контроля по учебной дисциплине являются знания и умения.

Текущий контроль и оценка знаний и умений осуществляются с использованием следующих форм и методов: для контроля и оценивания знаний - самостоятельная работа, для контроля и оценивания умений - практические и лабораторные работы

Фонд оценочных средств включает задания и критерии оценивания самостоятельной работы обучающихся. Самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

1.2. Распределение показателей оценки по темам и видам учебных занятий

Проверяемые знания	Критерии оценивания	Тема рабочей программы учебной дисциплины	Самостоятельная работа	Практическое/ лабораторное занятие	Формы текущего контроля и проверки
основы электротехники в пределах выполняемой работы;	демонстрация знаний по электротехнике в пределах выполняемой работы	Все темы			
устройство электроизмерительных приборов и правила производства электрических измерений;	демонстрация навыков пользования электроизмерительными приборами и приспособлениями, снятия показаний	Тема 3.1. Электроизмерительные приборы Тема 3.2 Измерение электрических величин		Лабораторная работа 3. Изучение электроизмерительных приборов. Составление паспорта прибора Практическое занятие 3. Расчет шунтов для амперметра и добавочных сопротивлений для вольтметра	отчет
правила расчета основных параметров электрических схем;	демонстрация различных методов расчета параметров электрических схем	Тема 1.1. Понятие об постоянном электрическом токе. Электрические цепи тока Тема 2.1. Основные понятия переменного тока	Расчет параметров цепи	Практическое занятие 1. Определение и расчет параметров цепи постоянного тока. Лабораторная работа 1. Изучение параллельного и последовательного соединений элементов цепи Лабораторная работа 2. Определение характеристик источника постоянного напряжения	отчет
виды исполнения электрических машин	демонстрация знаний устройства и	Тема 4.1 Трансформаторы	Расчет параметров трансформаторов	Лабораторная работа 4. Изучение устройства	отчет

	принципов действия трансформаторов и электрических машин	Тема 4.2 Электрические машины	Расчет параметров электрических машин	трансформатора и определение его коэффициента трансформации Практическое занятие 4. Расчет параметров асинхронных двигателей. Практическое занятие 5. Расчет параметров машины постоянного тока Лабораторная работа 5. Изучение конструкции асинхронного двигателя и разметка выводов обмотки статора	
правила электробезопасности при производстве столярных и мебельных работ.	демонстрация знания основных правил электробезопасности при производстве столярных и мебельных работ;	Тема 5. 1 Правила безопасности при эксплуатации электрооборудования			
Проверяемые умения					
применять знания по электротехнике в пределах выполняемой работы;	демонстрация знаний по электротехнике в пределах выполняемой работы	Все темы			
производить электрические измерения;	демонстрация навыков пользования электроизмерительными приборами и приспособлениями, снятия показаний	Тема 3.1. Электроизмерительные приборы Тема 3.2 Измерение электрических величин		Лабораторная работа 3. Изучение электроизмерительных приборов. Составление паспорта прибора Практическое занятие 3. Расчет шунтов для амперметра и	отчет

				добавочных сопротивлений для вольтметра	
рассчитывать основные параметры электрических схем;	демонстрация различных методов расчета параметров электрических схем	Тема 1.1. Понятие об постоянном электрическом токе. Электрические цепи тока Тема 2.1. Основные понятия переменного тока	Расчет параметров цепи	Практическое занятие 1. Определение и расчет параметров цепи постоянного тока. Лабораторная работа 1. Изучение параллельного и последовательного соединений элементов цепи Лабораторная работа 2. Определение характеристик источника постоянного напряжения	отчет
определять основные виды исполнения электрических машин	демонстрация знаний устройства и принципов действия электрических машин	Тема 4.1 Трансформаторы Тема 4.2 Электрические машины	Расчет параметров трансформаторов Расчет параметров электрических машин	Лабораторная работа 4. Изучение устройства трансформатора и определение его коэффициента трансформации Практическое занятие 4. Расчет параметров асинхронных двигателей. Практическое занятие 5. Расчет параметров машины постоянного тока Лабораторная работа 5. Изучение конструкции асинхронного двигателя и разметка выводов обмотки статора	отчет
применять правила электробезопасности при	демонстрация знания основных правил электробезопасности	Тема 5. 1 Правила безопасности при эксплуатации			

проведении столярных и мебельных работ;	при производстве столярных и мебельных работ	электрооборудования			
пользоваться справочной литературой по электротехнике и электрооборудованию.	рациональный подбор справочной литературы по электротехнике и электрооборудованию в соответствии с заданием	Все темы			отчет

2. Оценка освоения учебной дисциплины

Лабораторная работа 1

Изучение параллельного и последовательного соединений элементов цепи

Цель работы: Изучить законы протекания тока через последовательно и параллельно соединенные проводники, определить формулы расчета сопротивлений таких участков.

Средства обучения:

IBM – совместимые компьютеры.

Компьютерная программа Начала ЭЛЕКТРОНИКИ 1.2.

Задания:

1 Соберите на монтажной плате компьютерной программы Начала ЭЛЕКТРОНИКИ 1.2., электрическую схему, показанную на рисунке 1.

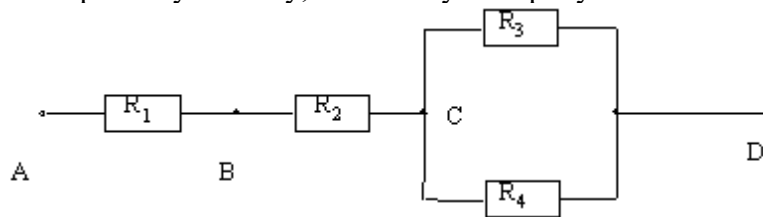


Рисунок 1- Исследуемая электрическая схема

Выберите номиналы сопротивлений со следующими значениями: $R_1 = 1 \text{ кОм}$; $R_2 = 2 \text{ кОм}$; $R_3 = 3 \text{ кОм}$; $R_4 = 4 \text{ кОм}$;

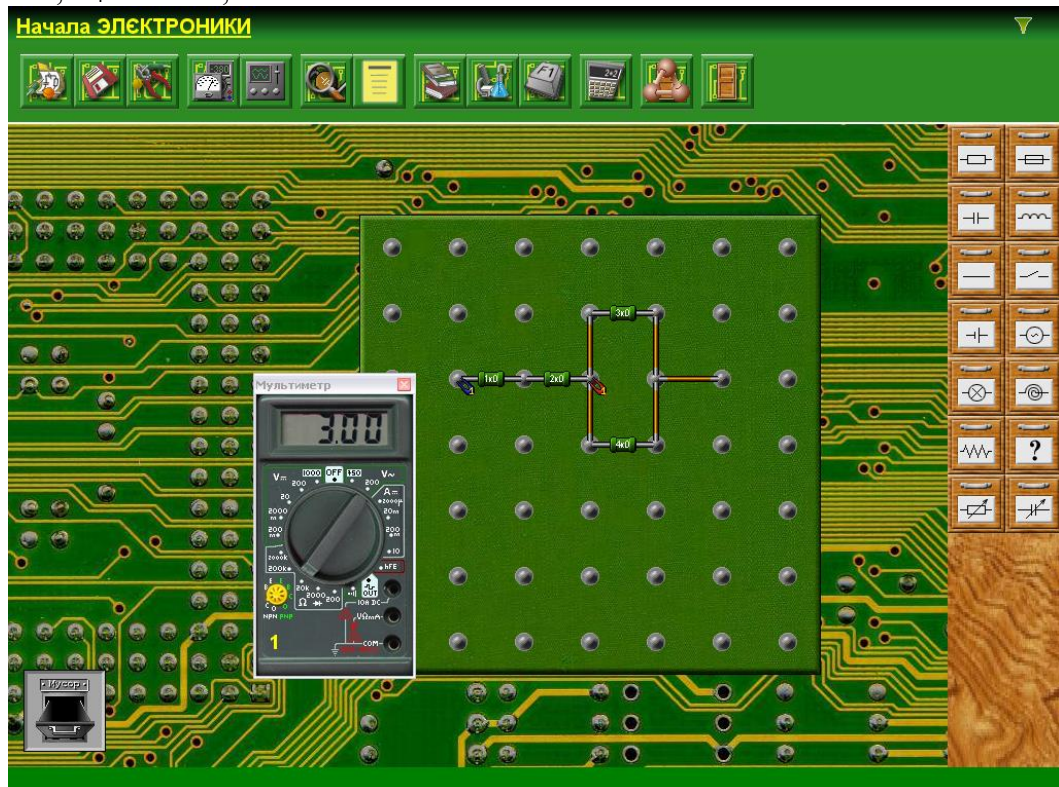


Рисунок 2- Интерфейс компьютерной программы с собранной на монтажной плате исследуемой схемой.

Определите экспериментально с помощью мультиметра (в режиме измерения сопротивлений) сопротивление между точками: А и С; С и D; В и D; А и D. Запишите эти показания в отчет по работе.

Рассчитайте теоретические значения сопротивлений между указанными точками схемы и сравните их с измеренными значениями. Какие выводы можно сделать из этого опыта?

Подключите в исследуемую электрическую цепь источник постоянного напряжения $E=30 \text{ В}$, $r = 0,1 \text{ Ом}$ (рис. 3.)

Измерьте с помощью мультиметра (в режиме измерения тока) (рис. 4.) токи, текущие через каждое сопротивление. Запишите показания прибора в отчет по работе.

Проверьте экспериментально, что в последовательной цепи ток, протекающий через все сопротивления одинаков, а в параллельной цепи разделяется так, что сумма всех токов через параллельно соединенные элементы, равна полному току через весь участок.

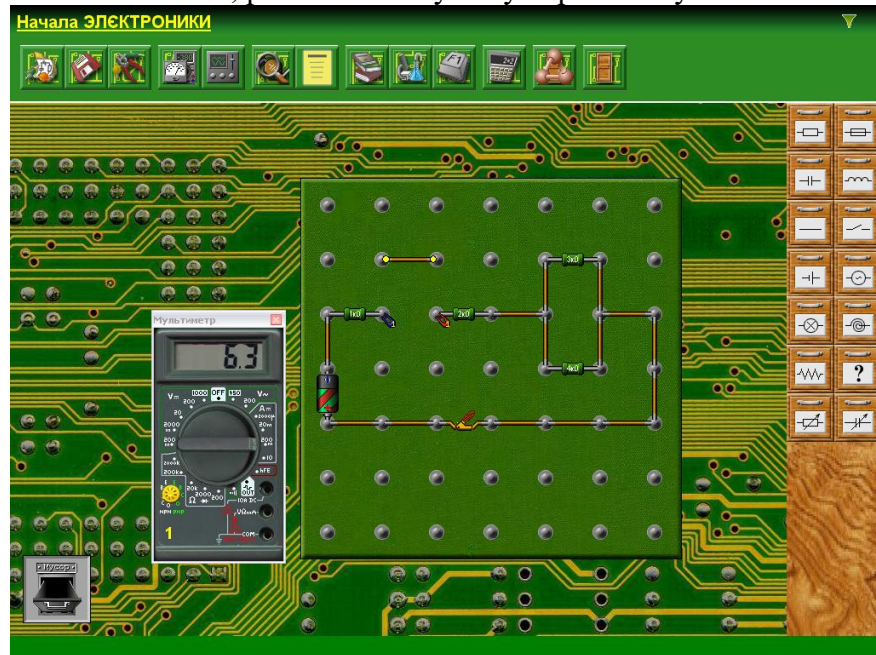


Рисунок 3- Интерфейс компьютерной программы с собранной на монтажной плате исследуемой схемой при подключенном в нее источнике постоянного напряжения.

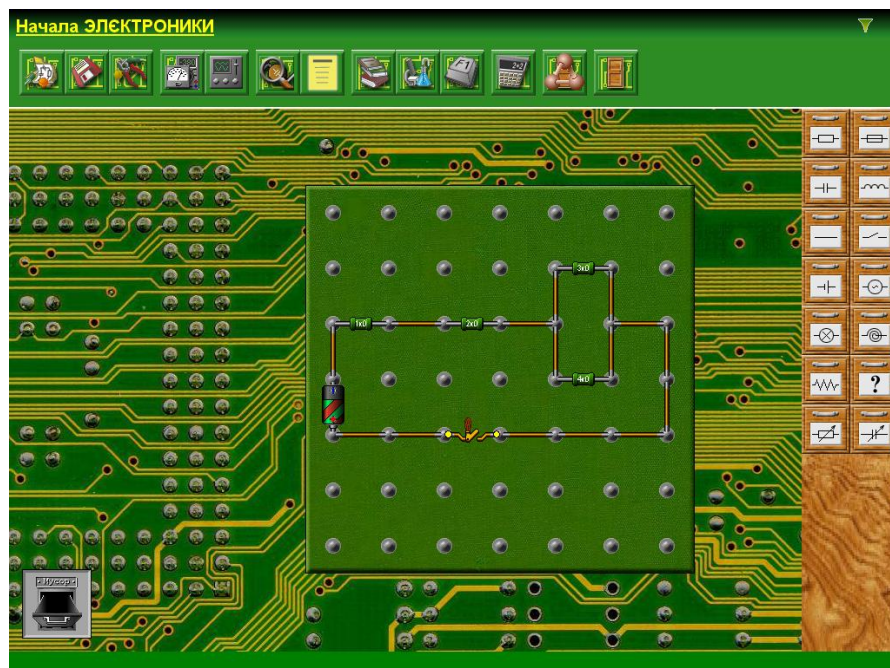


Рисунок 4- Интерфейс компьютерной программы с собранной на монтажной плате исследуемой схемой в режиме измерения постоянного тока.

Измерьте с помощью мультиметра (в режиме измерения постоянного напряжения) (рис. 5.) напряжения на каждом сопротивлении. Запишите показания прибора в отчет по работе.

Проверьте экспериментально, что в последовательной цепи напряжение на всем участке равно сумме напряжений на каждом элементе, а в параллельной цепи, напряжение одно и то же на каждом элементе.

По результатам выполнения практической работы сформулировать вывод и подготовить отчет.

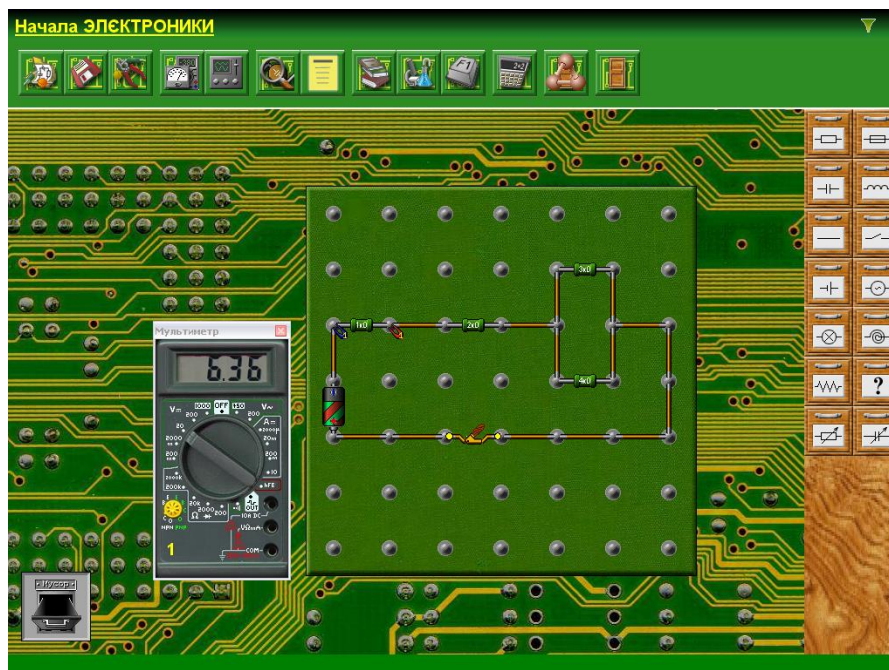


Рисунок. 5- Интерфейс компьютерной программы с собранной на монтажной плате исследуемой схемой в режиме измерения постоянного напряжения.

Перепишите и ответьте на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. Может ли сопротивление участка двух параллельно соединенных проводников быть больше (меньше) любого из них? Объясните ответ.
2. Какие законы сохранения используются для вывода формул сопротивления параллельного и последовательного соединения проводников?
3. Проанализируйте аналогию между приводимыми здесь формулами и формулой для расчета сопротивления одного проводника через его геометрические параметры. В чем заключается эта аналогия?

Форма контроля: устная защита работы,

Критерии оценки качества выполнения данной работы:

Отметка «5» ставится, если Работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы, представляет правильный и полный анализ предметной области.

Отметка «4» ставится, если Работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы, представляет правильный анализ предметной области, допуская некоторые неточности.

Отметка «3» ставится, если Работа выполнена в объеме в соответствии с заданием. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы. Анализ предметной области проведен при наводящих вопросах преподавателя.

Отметка «2» ставится, если Работа выполнена частично. Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях материала лабораторной работы.

Лабораторная работа 2

Определение характеристик источника постоянного напряжения

Цель работы: ознакомиться с интерфейсом компьютерной программы Начала ЭЛЕКТРОНИКИ 1.2, содержащимися в ней виртуальными элементами и измерительными приборами. Получить общие представления о сборке электрических цепей на монтажной плате компьютерной программы. Исследовать режимы работы источника электрической энергии.

Используемое оборудование:

IBM – совместимые компьютеры.

Компьютерная программа Начала ЭЛЕКТРОНИКИ 1.2.

Место проведения: Компьютерный класс.

Техника безопасности: Перед выполнением практической работы необходимо изучить инструкцию по охране труда для пользователей персональных электронно - вычислительных машин (компьютеров).

Теоретические сведения:

Электрическая цепь представляет собой совокупность устройств и объектов, образующих путь электрического тока. В электрической цепи происходит преобразование энергий: механической и химической в электрическую. Электрическая энергия соответственно преобразуется в тепловую энергию, световую, механическую и другие виды энергии. В состав цепи могут входить источники электрической энергии, потребители, соединённые провода, аппараты управления и защиты

Электрические цепи могут быть разветвлёнными и неразветвлёнными. Разветвлённые цепи состоят из двух или нескольких ветвей. Ветвью называется участок электрической цепи, вдоль которого протекает один и тот же ток. А узлом – называется место соединения ветвей. Смешанная цепь может иметь несколько ветвей и узлов.

Электрические цепи обязательно содержат источники питания. Часто на схемах сами источники питания не изображаются, а изображают зажимы электрической цепи, от которых питается сеть. Городская электрическая цепь имеет напряжение переменного тока 220В.

Но это напряжение не всегда удобно для потребления, поэтому часто применяются преобразователи напряжения (трансформаторы). В лабораториях часто используют ЛАТРы. Перемещая движок по обмотке можно изменять напряжение от нуля до 220 В. (рис.1).



Рисунок 1-Автотрансформатор ЛАТР SUNTEK 1000ВА
диапазон 0-300 Вольт (4А)

Если в лабораторных условиях требуется напряжение постоянного тока, то применяют аккумуляторы или выпрямители. В последнем случае получить регулируемое постоянное напряжение можно, если применить ЛАТРы.

В качестве нагрузки можно использовать лампы накаливания и реостаты. Сопротивление реостата регулируют перемещением его движка. На табличке каждого реостата указывается его номинальное сопротивление и номинальная сила электрического тока. Следует иметь в виду, что действительное значение сопротивления на 10-20% отличается в ту или другую сторону.

Номинальная мощность, указываемая на цоколе лампы, также отличается от действительной. Из ламп накаливания можно составить реостат, если их соединить параллельно. Чем больше ламп, тем меньше сопротивление.

Важным потребителем является индуктивная катушка. Катушка должна иметь ферромагнитный сердечник, перемещая сердечник можно изменять индуктивность катушки, а тем самым и её сопротивление.

Для защиты от перегрузок и коротких замыканий применяют автоматические выключатели или плавкие предохранители. В схемах практических работ они не указываются. Предохранители размыкают электрическую цепь на сотые доли секунды. За это время электрические цепи не успевают перегореть.

Существует множество измерительных приборов, которые помогают контролировать и исследовать работу электрических цепей (амперметры, вольтметры, ваттметры и др.).

Ход работы

Изучить краткие теоретические сведения.

Ознакомиться с интерфейсом и возможностями компьютерной программы Начала ЭЛЕКТРОНИКИ 1.2 (рис. 2).

Изучить принципы работы с виртуальным мультиметром.

Измерить ЭДС источника электрической энергии.

Собрать на монтажной плате компьютерной программы Начала ЭЛЕКТРОНИКИ 1.2 электрическую схему (рис. 3).

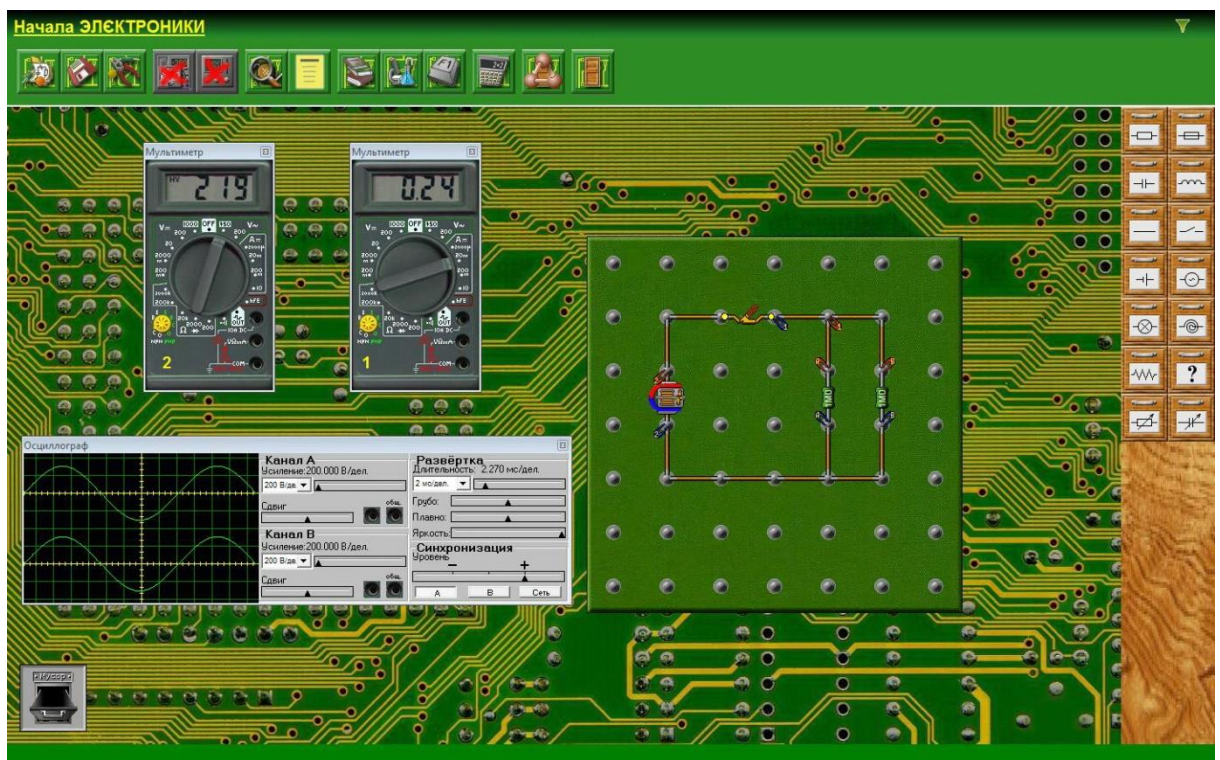


Рисунок 2. Интерфейс программы Начала ЭЛЕКТРОНИКИ 1.2



Рисунок 3. Исследуемая электрическая схема

Провести измерения тока I (А) и напряжения U (В) для различных значений R_n (Ом).
Результаты измерений занести в таблицу №1.

Таблица № 1.

Результаты измерений

R_H (Ом)								
I (А)								
U (В)								

Найти ответы на контрольные вопросы по практической работе.

По результатам самостоятельно отработанного теоретического и справочного материала, а также проведенного виртуального лабораторного эксперимента оформить отчет.

Контрольные вопросы:

1. Какова цель практической работы?
2. Из каких элементов состоит электрическая цепь?
3. Что называется электрическим узлом и ветвью?
4. Каков порядок сборки электрической цепи на монтажной плате программы

Начала электроники 1.2?

5. Какие приборы применяются для измерения тока, напряжения?

Форма контроля: устная защита работы,

Критерии оценки качества выполнения данной работы:

Отметка «5» ставится, если Работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы, представляет правильный и полный анализ предметной области.

Отметка «4» ставится, если Работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы, представляет правильный анализ предметной области, допуская некоторые неточности.

Отметка «3» ставится, если Работа выполнена в объеме в соответствии с заданием. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы. Анализ предметной области проведен при наводящих вопросах преподавателя.

Отметка «2» ставится, если Работа выполнена частично. Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях материала лабораторной работы.

Лабораторная работа 3

Изучение электроизмерительных приборов. Составление паспорта прибора Изучение электроизмерительных приборов

Цель работы: ознакомиться с устройством, принципом действия и использования электроизмерительных приборов различных систем

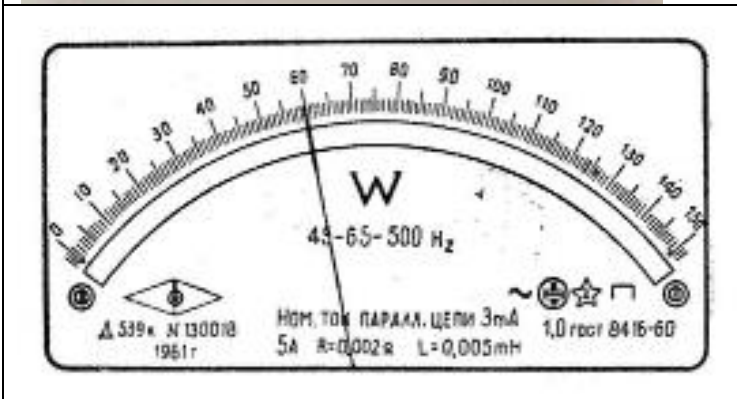
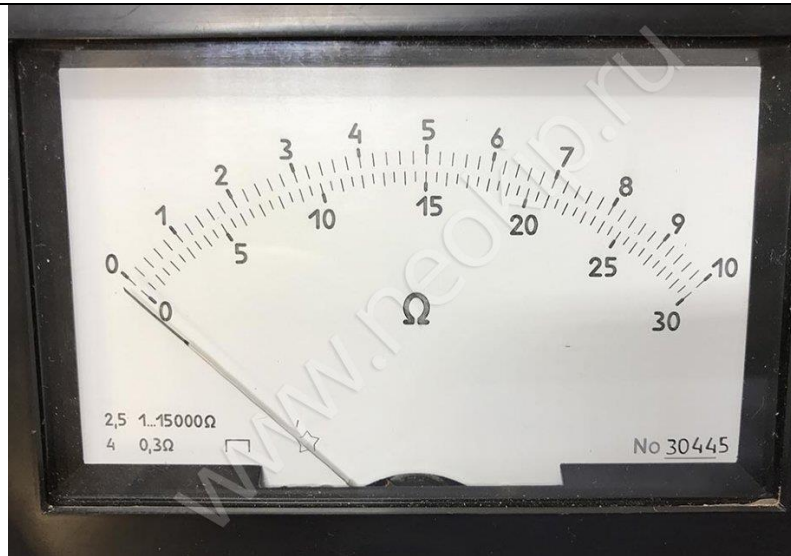
Задание:

Изучите циферблаты.

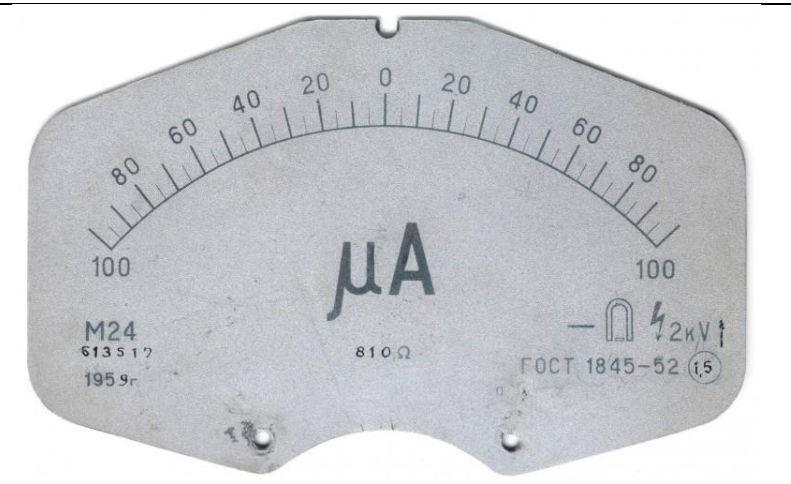
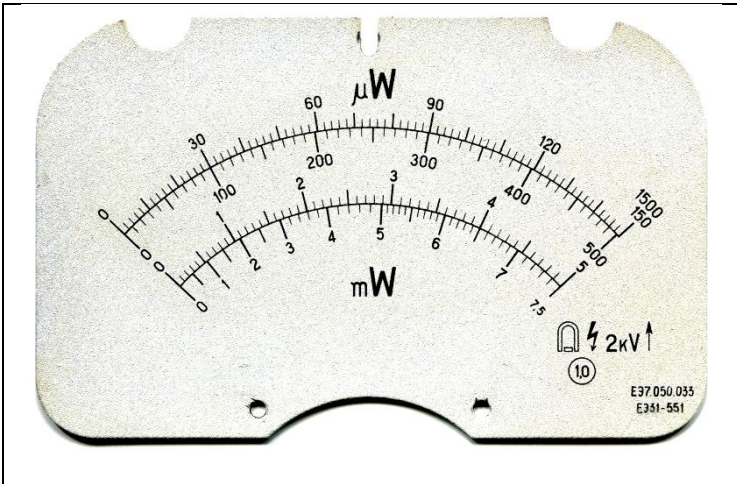
Заполните таблицу 1.

Ответьте на контрольные вопросы.

Вариант 1



Вариант 2



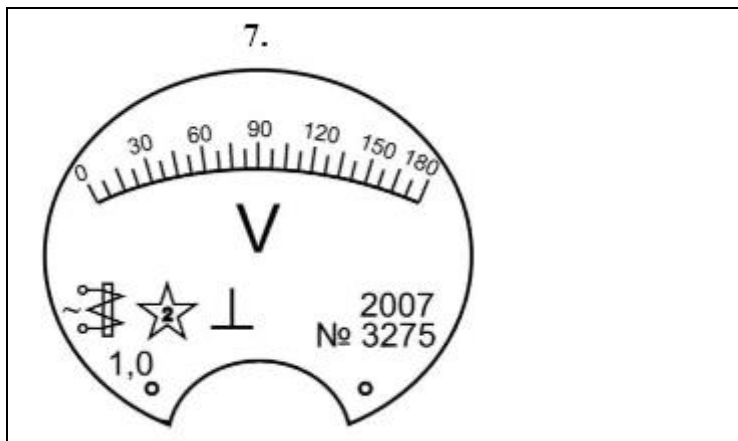


Таблица 1

	Название прибора	Наименование системы	Условное обозначение системы	Класс точности	Диапазон измерений	Цена деления	Остальные данные прибора	Допускаемая абсолютная погрешность, Δ_n
1								
2								
3								
4								

Контрольные вопросы

1. Что называют классом точности электроизмерительного прибора?
2. Что называют чувствительностью прибора? Как она рассчитывается?
3. Поясните принцип действия прибора магнитоэлектрической системы.
4. Поясните принцип действия прибора электромагнитной системы.
5. Поясните принцип действия прибора электродинамической системы.
6. Поясните принцип действия прибора электростатической системы.

Форма контроля: устная защита работы,

Критерии оценки качества выполнения данной работы:

Отметка «5» ставится, если Работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы, представляет правильный и полный анализ предметной области.

Отметка «4» ставится, если Работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы, представляет правильный анализ предметной области, допуская некоторые неточности.

Отметка «3» ставится, если Работа выполнена в объеме в соответствии с заданием. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы. Анализ предметной области проведен при наводящих вопросах преподавателя.

Отметка «2» ставится, если Работа выполнена частично. Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях материала лабораторной работы.

Лабораторная работа 4

Изучение устройства трансформатора и определение его коэффициента трансформации

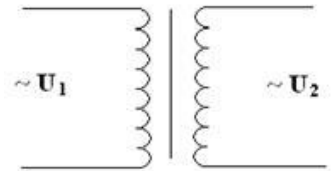
Цель работы: изучить устройство трансформатора, определить его коэффициент трансформации

Теоретические сведения

Трансформатор преобразует переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения при неизменной частоте.

Он состоит из замкнутого сердечника, изготовленного из специальной листовой электротехнической стали, на котором располагаются две катушки (обмотки) с разным числом витков из медной проволоки. Одна из обмоток называется первичной – подключается к источнику переменного напряжения, потребители подключаются ко вторичной обмотке.

Если первичную обмотку подключить к источнику переменного напряжения, а вторичную оставить разомкнутой (режим холостого хода), то в первичной обмотке появится слабый ток, создающий в сердечнике переменный магнитный поток, этот поток наводит в каждом витке обмоток одинаковую э.д.с., поэтому э.д.с. индукции в каждой обмотке будет пропорциональна числу витков в этой обмотке.



При разомкнутой вторичной обмотке напряжение на ее зажимах U_2 будет равно наводимой в ней э.д.с. E_2 . в первичной обмотке э.д.с. E_1 по числовому значению мало отличается от подводимого к этой обмотке напряжения U_1 , практически их можно считать равными, поэтому

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = K \text{ - коэффициент трансформации}$$

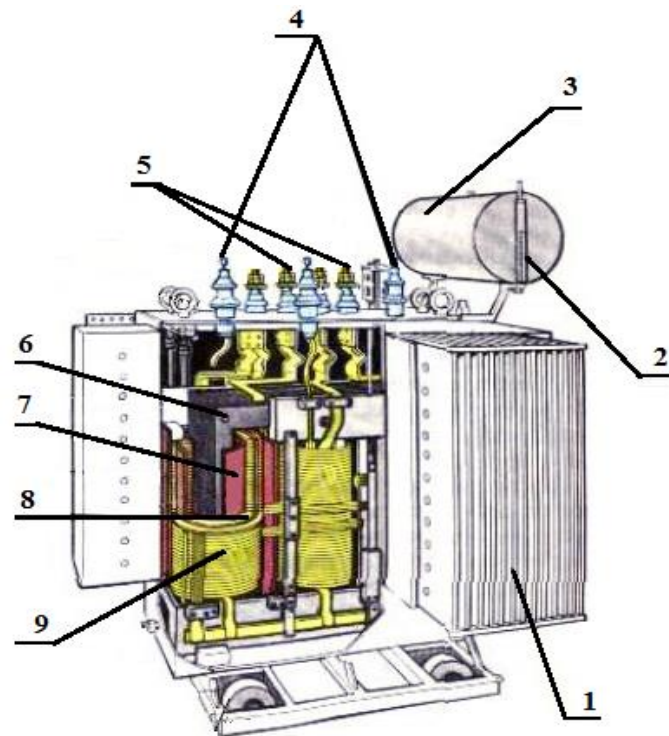
Если во вторичную цепь трансформатора включить нагрузку, то во вторичной обмотке возникнет ток. Этот ток создает магнитный поток, который согласно правилу Ленца, должен уменьшить изменение магнитного потока в сердечнике, что в свою очередь, приведет к уменьшению э.д.с. индукции в первичной обмотке.

Но эта э.д.с. равна напряжению, приложенному к первичной обмотке, поэтому ток в первичной обмотке должен возрасти, восстанавливая начальное изменение магнитного потока. При этом увеличивается мощность, потребляемая трансформатором от сети.

Ход работы.

1. Рассмотрите устройство трансформатора.

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____



2. Выбрав вариант, соответствующий последней цифре порядкового номера в журнале, рассчитайте недостающие параметры трансформатора (таблица 1).

Для однофазного трансформатора даны следующие величины: мощность $S_{ном}$, первичное $U_{ном1}$ и вторичное $U_{ном2}$ напряжения, первичный $I_{ном1}$ и вторичный $I_{ном2}$ токи, коэффициент трансформации k , в обмотках наводятся ЭДС E_1 и E_2 , числа витков обмоток ω_1 и ω_2 . Магнитная индукция в магнитопроводе B_m , его сечение Q , магнитный поток в магнитопроводе Φ_m . Частота тока в сети f .

Таблица 1

№ вар	S _{ном} , кВА	U _{ном1} , В	U _{ном2} , В	I _{ном1} , А	I _{ном2} , А	k	E ₁ , В	E ₂ , В	ω ₁	ω ₂	V _м , Тл	Q10 ⁻³ , м ²	Φ _м 10 ⁻³ , Вб	f, Гц
1, 6	100	1000	250	-	-	-	-	-	-	-	1,5	12	-	50
2, 7	-	-	220	-	2,23	-	380	-	-	-	1,2	-	3	100
3, 8	12	6000	-	-	120	-	-	-	-	-	-	5	6,5	50
4, 9	-	-	-	4,17	-	-	-	-	422	35	1,6	10	-	200
5, 0	0,5	-	-	-	-	-	380	220	285	-	-	2,5	-	100

Контрольные вопросы

1. Изменяет ли трансформатор частоту преобразуемого переменного тока?
2. Почему сердечник трансформатора собирают из отдельных пластин?
3. Почему мощность, потребляемая от вторичной обмотки, меньше мощности, подводимой к первичной обмотке?

Форма контроля: устная защита работы,

Критерии оценки качества выполнения данной работы:

Отметка «5» ставится, если Работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы, представляет правильный и полный анализ предметной области.

Отметка «4» ставится, если Работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы, представляет правильный анализ предметной области, допуская некоторые неточности.

Отметка «3» ставится, если Работа выполнена в объеме в соответствии с заданием. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы. Анализ предметной области проведен при наводящих вопросах преподавателя.

Отметка «2» ставится, если Работа выполнена частично. Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях материала лабораторной работы.

Лабораторная работа 5

Изучение конструкции асинхронного двигателя и разметка выводов обмотки статора

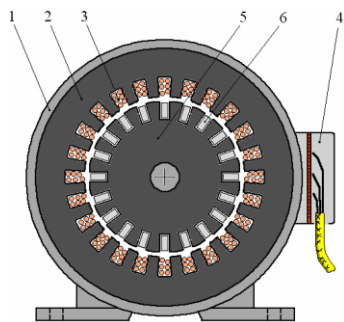
Цель работы: изучить устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Научиться определять расположение зажимов каждой фазы обмотки статора двигателя, начала и концы обмоток.

Теоретические сведения

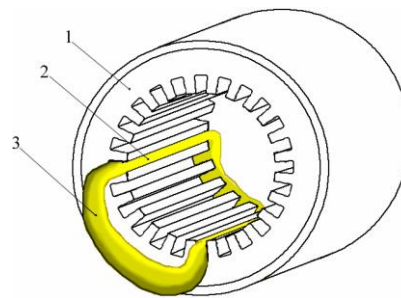
Асинхронный двигатель потребляет электрическую энергию от трехфазного источника и преобразует ее в механическую энергию, вращая приводной механизм.

Устройство асинхронного двигателя схематично изображено на рисунке 1.

Статор состоит из станины 1, представляющий собой стальной полый цилиндр, являющейся механическим остовом машины. Внутри станины крепится стальной цилиндрический сердечник магнитопровода статора 2. На внутренней поверхности сердечника статора имеются продольные пазы. В пазах статора уложены проводники обмотки статора 3.



1-станина; 2-сердечник статора; 3-обмотка статора; 4-клеммная коробка; 5-сердечник ротора; 6-стержни обмотки ротора
Рисунок 1 - Схема устройства асинхронного двигателя



1 – сердечник статора,
2 – пазовая часть катушки,
3– лобовая часть катушки
Рисунок 2- Катушка обмотки статора

Обмотка статора трехфазная, т.е. состоит из трех одинаковых частей (фаз). Каждая фаза состоит из нескольких катушек, содержащих определенное количество витков медного провода и определенным образом соединенных между собой.

На рисунке 2 показана одна катушка обмотки статора, помещенная в пазы сердечника.

Фазы обмотки статора размещены в пазах сердечника статора таким образом, что смещены друг относительно друга по окружности на 120°. Схема расположения фаз обмотки статора показана на рисунке 3. Здесь каждая фаза упрощенно представлена одним витком, стороны которого расположены в пазах. Начала и концы фаз обозначены: н1 и к1 – начало и конец первой фазы, н2 и к2 – второй фазы, н3 и к3 – третьей фазы. Такая трехфазная обмотка называется симметричной.

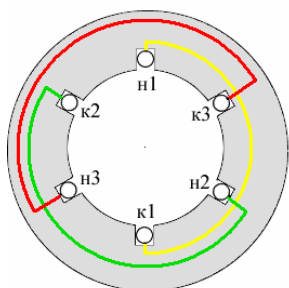
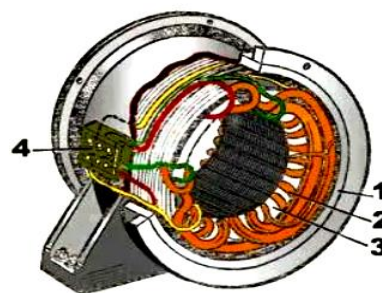


Рисунок 3- Расположение фаз обмотки статора



1– станина; 2 – обмотка статора; 3– сердечник статора с пазами; 4 – клеммная коробка
Рисунок 4- Статор асинхронного двигателя

Ротор асинхронного двигателя (вращающаяся часть) представляет из себя стальной цилиндрический сердечник, являющийся частью магнитопровода.

Ротор отделен от статора небольшим воздушным зазором. Наличие воздушного зазора обусловлено необходимостью свободного вращения ротора внутри статора.

Магнитопровод ротора и магнитопровод статора образуют магнитную цепь асинхронного двигателя. Однако, как известно, воздушный зазор в магнитопроводе ухудшает свойства магнитной цепи, увеличивая ее магнитное сопротивление. Поэтому его величина должна быть как можно меньше. Практически величина воздушного зазора может быть от 0,2 мм до 1,5 мм в зависимости от мощности и габаритов двигателя.

Магнитопроводы статора и ротора шихтованные из листов электротехнической стали. Форма листов статора и ротора показана на рисунке 5.

Поверхности сердечника ротора имеют продольные пазы. В этих пазах размещена обмотка 6 (рис. 3) ротора асинхронного двигателя. Обмотка ротора может быть двух типов: «фазная обмотка» либо «короткозамкнутая обмотка».

Фазная обмотка ротора подобна обмотке статора, т.е. состоит из трех одинаковых частей (фаз). Каждая фаза фазной обмотки ротора состоит из нескольких катушек, содержащих определенное количество витков медного провода и определенным образом соединенных

между собой. Катушки трех фаз размещены в пазах сердечника ротора таким образом, что смещены друг относительно друга по окружности на 120. Три фазы фазной обмотки ротора соединены способом «звезда». При этом концы фаз соединены между собой и закреплены на роторе, а начала трех фаз соединяются с внешней электрической цепью. Для соединения начал фаз обмотки вращающегося ротора с неподвижной электрической цепью служат контактные кольца и электрические щетки (рис.6). Три медных контактных кольца 2 расположены на валу ротора и изолированы друг от друга. К каждому из колец присоединен один из проводов начала фазы обмотки ротора. К поверхности контактных колец прижимаются неподвижные электрические щетки 3

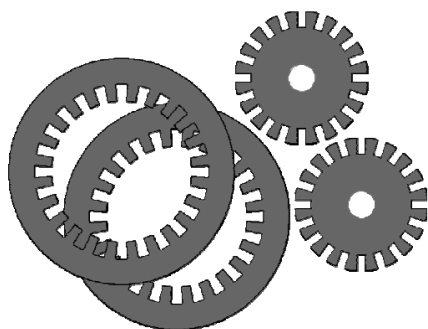
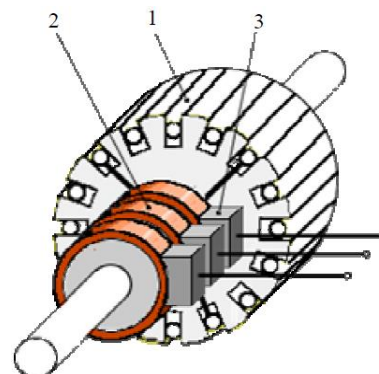


Рисунок 5 Листы магнитопровода статора и ротора асинхронного двигателя



1 – фазная обмотка ротора, 2 – контактные кольца, 3 – электрические щетки.

Рисунок- 6 Щеточный узел фазного ротора

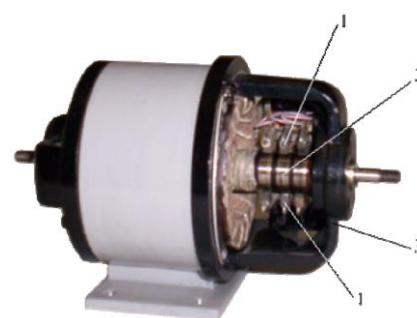
При работе машины контактные кольца, вращаясь вместе с ротором, скользят по неподвижным щеткам. Таким образом обеспечивается скользящий электрический контакт вращающейся обмотки ротора с неподвижной электрической цепью. Общий вид асинхронного двигателя с фазным ротором показан на рисунке 7.

Короткозамкнутая обмотка ротора существенно отличается от фазной обмотки. Она содержит в каждом пазу сердечника ротора один проводник, сечение которого повторяет (заполняет) сечение паза. Такой проводник называют стержень обмотки ротора. Все стержни замкнуты между собой двумя короткозамыкающими кольцами, расположенными на торцах ротора. Стержни с кольцами образуют электрические контуры, по которым может замыкаться электрический ток. Иногда такую конструкцию обмотки ротора называют «беличья клетка».

Короткозамкнутая обмотка ротора обладает рядом преимуществ, которые определяются простотой ее конструкции, технологичностью при изготовлении, надежностью при эксплуатации. Поэтому асинхронный двигатель с коротко-замкнутым ротором находит наиболее широкое применение. Хотя в некоторых случаях особенности фазной обмотки ротора имеют определяющее значение при выборе типа двигателя.

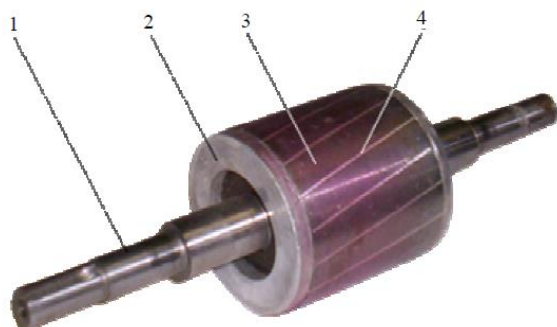
На рис. 8 показан общий вид ротора асинхронного двигателя с короткозамкнутой обмоткой. На рис. 9 короткозамкнутая алюминиевая обмотка отлита вместе с вентиляционными лопатками

Шесть электрических выводов трех фаз обмотки статора подведены к клеммной коробке 4 (рис. 3), расположенной на корпусе двигателя. Три фазы обмотки могут быть соединены между собой способом «звезда» либо «треугольник».



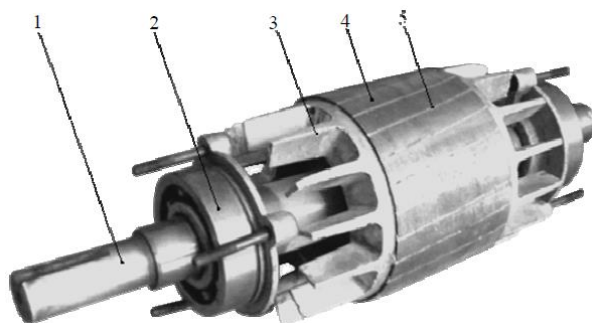
1 – щетки; 2 – контактные кольца; 3 – подшипниковый щит

Рисунок 7- Асинхронный двигатель с фазным ротором ЭД101



1 – вал; 2 – короткозамыкающее кольцо; 3 – шихтованный сердечник ротора; 4 – стержень обмотки ротора в скошенном полузакрытом пазу

Рисунок 8- Короткозамкнутый ротор асинхронного двигателя малой мощности



1 – вал; 2 – подшипник; 3 – короткозамыкающее кольцо с вентиляционными лопатками; 4 – шихтованный сердечник ротора; 5 – стержень обмотки ротора в скошенном полузакрытом пазу

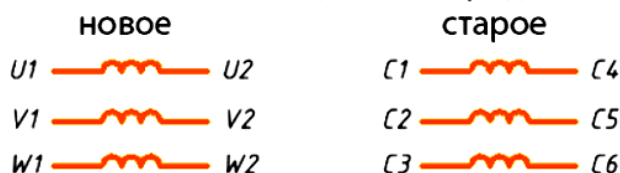
Рисунок 9-Короткозамкнутый ротор асинхронного двигателя

Каждый статор трехфазного электродвигателя имеет три катушечные группы (обмотки) — по одной на каждую фазу, а у каждой катушечной группы имеется по 2 вывода — начало и конец обмотки, т.е. всего 6 выводов которые подписываются следующим образом:

- C1 (U1) — начало первой обмотки, C4 (U2) — конец первой обмотки.
- C2 (V1) — начало второй обмотки, C5 (V2) — конец второй обмотки.
- C3 (W1) — начало третьей обмотки, C6 (W2) — конец третьей обмотки.

Условно на схемах каждая обмотка изображается следующим образом:

Обозначения выводов электродвигателя



Начала и концы обмоток выводятся в клемную коробку электродвигателя в следующем порядке.

В зависимости от соединения этих выводов меняются такие параметры электродвигателя как напряжение питающей сети и номинальный ток статора. О том по какой схеме необходимо подключить обмотки электродвигателя можно узнать из паспортных данных.

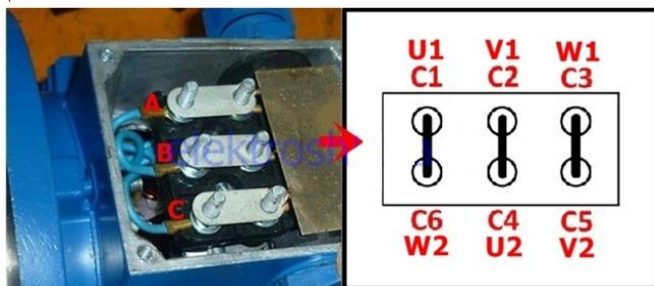
Основными схемами соединения обмоток являются треугольник (обозначается — Δ) и звезда (обозначается — Y) их мы и разберем в данной статье.

Примечание: В клемной коробке некоторых электродвигателей можно увидеть только три вывода — это значит, что обмотки двигателя уже соединены внутри его статора. Как правило внутри статора обмотки соединяются при ремонте электродвигателя (в случае если заводские обмотки сгорели). В таких двигателях обмотки, как правило, соединены по схеме «звезда» и рассчитаны на подключение в сеть 380 Вольт. Для подключения такого двигателя необходимо просто подать три фазы на три его вывода.

Что бы соединить обмотки электродвигателя по схеме «треугольник» необходимо: конец первой обмотки (C4/U2) соединить с началом второй (C2/V1), конец второй (C5/V2)

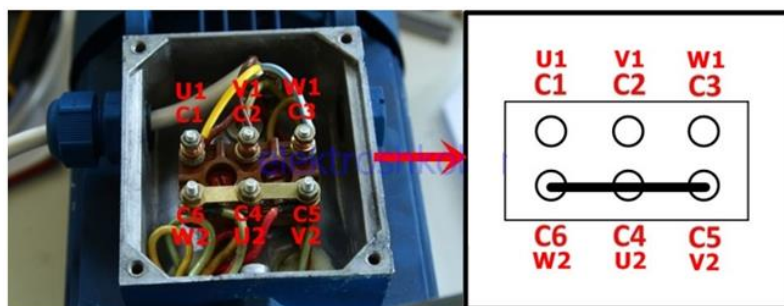
— с началом третьей (C3/W1) , а конец третьей обмотки (C6/W2) — с началом первой (C1/U1).

В клемной коробке электродвигателя соединение обмоток по схеме «треугольник» имеет следующий вид:



Что бы соединить обмотки электродвигателя по схеме «звезда» необходимо концы обмоток (C4/ U2, C5/V2 и C6/W2) соединить в общую точку, напряжение при этом подается на начала обмоток (C1/U1, C2/V1 и C3/W1).

В клемной коробке электродвигателя соединение обмоток по схеме «звезда» имеет следующий вид:



Определение выводов обмоток

Первое, что нужно сделать — это разделить выводы по парам, в каждой паре должны быть выводы относящиеся к одной обмотке, сделать это очень просто, нам понадобится тестер или двухполюсный указатель напряжения.

В случае использования тестера устанавливаем его переключатель в положение измерения сопротивления (подчеркнуто красной линией), при использовании двухполюсного указателя напряжения им, перед применением, необходимо коснуться токоведущих частей находящихся под напряжением на 5-10 секунд, для его зарядки и проверки работоспособности.

Далее необходимо взять один любой вывод обмотки, условно примем его за начало первой обмотки и соответственно подписываем его «U1», после касаемся одним щупом тестера или указателя напряжения подписанного нами вывода «U1», а вторым щупом любого другого вывода из оставшихся пяти неподписанных концов. В случае, если коснувшись вторым щупом второго вывода показания тестера не изменились (тестер показывает единицу) или в случае с указателем напряжения — ни одна лампочка не загорелась — оставляем этот конец и касаемся вторым щупом другого вывода из оставшихся четырех концов, перебираем вторым щупом концы до тех пор пока показания тестера не изменятся, либо, в случае с указателем напряжения — до тех пор пока не загорится лампочка «Test». Найдя таким образом второй вывод нашей обмотки принимаем его условно как конец первой обмотки и подписываем его соответственно «U2».



Таким же образом поступаем с оставшимися четырьмя выводами, так же разделив их на пары подписав их соответственно как V1,V2 и W1,W2. Как это делается можно увидеть на видео ниже.

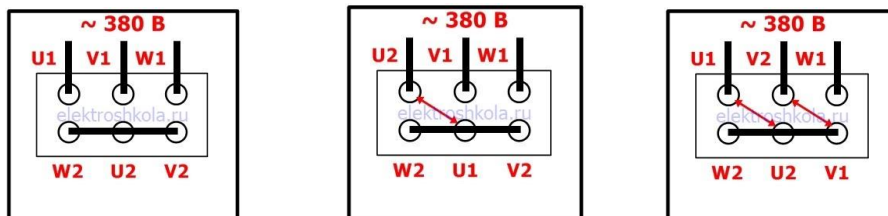
Теперь, когда все выводы разделены по парам, необходимо определить реальные начала и концы обмоток. Сделать это можно двумя методами:

Первый и самый простой метод — метод подбора, может применяться для электродвигателей мощностью до 5 кВт. Для этого берем наши условные концы обмоток (U2,V2 и W2) и соединяем их, а на условные начала (U1,V1 и W1), кратковременно, желательно не более 30 секунд, подаем трехфазное напряжение

Если двигатель запустился и работает нормально, значит начала и концы обмоток определены верно, если двигатель сильно гудит и не развивает должные обороты, значит где то есть ошибка. В этом случае необходимо всего лишь поменять любые два вывода одной обмотки местами, например U1 с U2 и запустить заново.

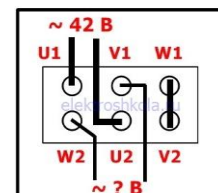
Если проблема не устранилась, возвращаем U1 и U2 на свои места и меняем местами следующие два вывода — V1 с V2.

Если двигатель заработал нормально, выводы определены верно, работа закончена, если нет — возвращаем V1 и V2 по своим местам и меняем местами оставшиеся выводы W1 с W2.



Второй способ: Соединяем последовательно вторую и третью обмотки т.е. соединяем вместе конец второй обмотки с началом третьей (выводы V2 с W1), а на первую обмотку к выводам U1 и U2 подаем пониженное переменное напряжение (не более 42 Вольт). При этом на выводах V1 и W2 так же должно появиться напряжение.

Если напряжение не появилось, значит вторая и третья обмотки соединены неверно, фактически оказались соединены вместе два начала (V1 с W1) или два конца (V2 с W2), в данном случае нам просто нужно поменять надписи на второй или на третьей обмотке, например V1 с V2. Затем аналогичным способом проверить первую обмотку, соединив ее последовательно со второй, а на третью подав напряжение.



Ход работы

1 Изучите устройство трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

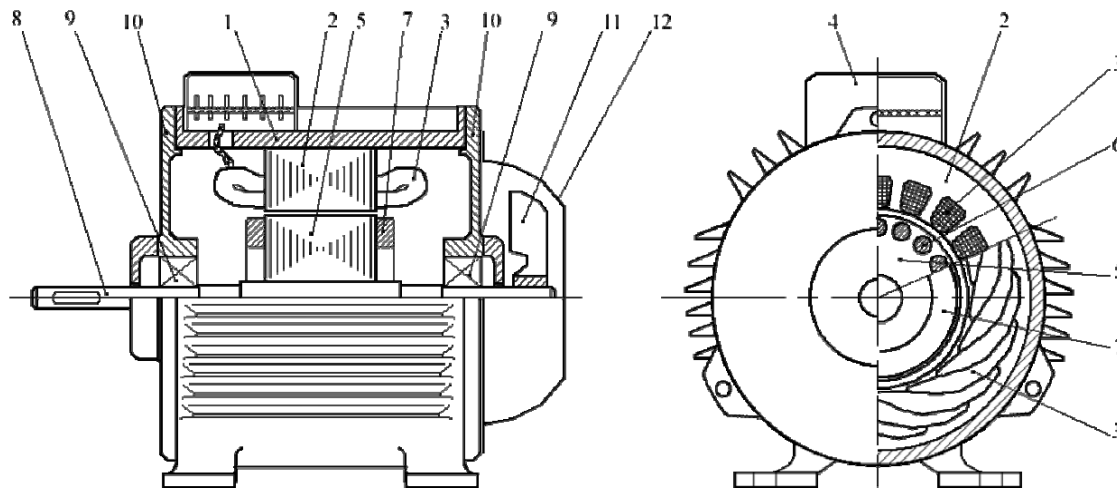


Рисунок 1-Конструкция асинхронного двигателя

1	7
2	8
3	9
4	10
5	11
6	12

2 Ознакомьтесь с паспортными данными и запишите их



марка	
мощность	
частота вращения	
ток статора при 380В	
коэффициент полезного действия	
коэффициент мощности	
напряжение	
режим работы	
степень защиты	
климатическое исполнение	
категория размещения	

3 Определите фазы двигателя. Зарисуйте и обозначьте начала и концы обмоток электродвигателя.

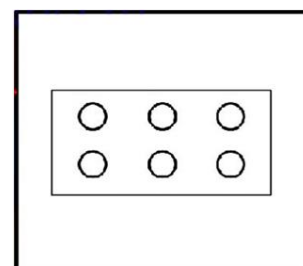
4 На рабочей панели стенда соедините фазы обмотки статора двигателя звездой начала фаз подключите к выводам питающей сети A_1 , B_1 , C_1 .

В отчет начертите и подпишите схему Y

5 На рабочей панели соединить фазы обмотки статора двигателя треугольником, начала фаз подключить к выводам питающей сети A_1 , B_1 , C_1 .

В отчет начертите и подпишите схему Δ .

6 Перепишите и ответьте на контрольные вопросы



Контрольные вопросы

1 Почему сердечник статора набираются из отдельных изолированных друг от друга пластин магнитомягкого ферромагнитного материала?

2 Как проводится маркировка выводов фазных обмоток статора?

3 Какие существуют схемы соединения обмоток статора? Чем обусловлен выбор той или иной схемы включения АД?

4 Почему пусковой ток асинхронного короткозамкнутого двигателя больше тока при установившейся частоте вращения ротора?

5 Как влияет увеличение воздушного зазора между статором и ротором на ток холостого хода и асинхронного двигателя?

Форма контроля: устная защита работы,

Критерии оценки качества выполнения данной работы:

Отметка «5» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы, представляет правильный и полный анализ предметной области.

Отметка «4» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы, представляет правильный анализ предметной области, допуская некоторые неточности.

Отметка «3» ставится, если работа выполнена в объеме в соответствии с заданием. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме лабораторной работы. Анализ предметной области проведен при наводящих вопросах преподавателя.

Отметка «2» ставится, если работа выполнена частично. Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях материала лабораторной работы.

Практическое занятие 1. Определение и расчет параметров цепи постоянного тока

Цель работы: Получить практические навыки в расчете параметров цепи постоянного тока

Теоретические сведения

На рис. 1 изображен резистор, представляющий участок электрической цепи, где: U - электрическое напряжение на резисторе (участке цепи); R - электрическое сопротивление резистора (участка цепи); I - сила тока на резисторе (участке цепи).

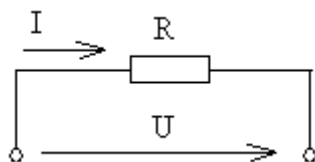


Рис. 1

Закон Ома для участка цепи

Между этими электрическими величинами существует строго определенная связь. Она устанавливается законом Ома: Сила тока I на участке электрической цепи прямо пропорциональна напряжению U на его зажимах и обратно пропорциональна сопротивлению R этого участка цепи, т.е.

$$I = \frac{U}{R}, \text{ тогда } U = I \cdot R, \text{ а, } R = \frac{U}{I}$$

Единицы измерения: тока I - А (ампер), напряжения U - В (вольт), сопротивления R - Ом

Примечание: Единицы измерения всех электрических величин, получивших название в честь ученых, пишутся с прописной (заглавной) буквы.

Мощность, потребляемая цепью

Мощность - это скорость, с которой происходит преобразование энергии. Для участка цепи, изображенного на рисунке 1, электрическая мощность может быть определена по формулам:

$$P = U \cdot I; \quad P = I^2 \cdot R; \quad P = \frac{U^2}{R} \quad \text{Единица измерения мощности } P - \text{ Вт (ватт).}$$

Первый закон Кирхгофа

На рис. 2 показана часть электрической схемы с электрическим узлом или точкой разветвления А. Это такая точка электрической схемы, где соединены три или большее число проводов (на рис. 2 таких проводов 5).

Первый закон Кирхгофа устанавливает соотношение между токами в узле. Он формулируется так: Сумма токов, направленных к узлу, равна сумме токов, направленных от него. Для узла А можно написать:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5 \text{ или так } I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0, \text{ а в общем виде } \sum I = 0 \text{ т. е.}$$

алгебраическая сумма токов в узле равна нулю. При этом токи, направленные от узла, считаются отрицательными.

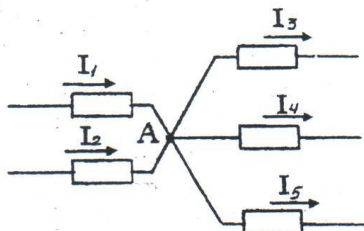


Рис. 2

Второй закон Кирхгофа

В ветвях, образующих контур эл. цепи, алгебраическая сумма э.д.с. равна алгебраической сумме падений напряжений на отдельных участках этого контура.

$$\sum_{1}^n E_n = \sum_{1}^k I_k R_k$$

Второй закон Кирхгофа является следствием закона сохранения энергии, применяется к контурам электрических цепей.

Последовательное соединение резисторов (рис. 3)

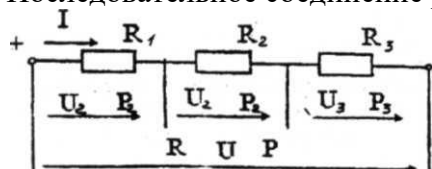


Рис. 3

Свойства этого вида соединения:

1. На всех резисторах (участках) этой цепи протекает один и тот же ток:
 $I = I_1 = I_2 = I_3$

2. Эквивалентное сопротивление цепи равно сумме сопротивлений ее резисторов (участков): $R_{\text{в\acute{e}а}} = R_1 + R_2 + R_3$

3. Напряжение на зажимах цепи равно сумме падений напряжений на ее отдельных резисторах (участках): $U = U_1 + U_2 + U_3$

4. Мощность, потребляемая цепью, равна сумме мощностей потребляемых каждым из резисторов (участков): $P = P_1 + P_2 + P_3$

При решении задач, содержащих последовательное соединение элементов, следует учитывать не только вышеперечисленные свойства, но и правильно применять закон Ома и формулы мощности, необходимость использования которых может возникнуть как на отдельном участке, так и для всей цепи в целом. Для схемы, изображенной на рисунке 3, они должны быть записаны в виде:

$$\begin{array}{llll} I_1 = \frac{U_1}{R_1} & I_2 = \frac{U_2}{R_2} & I_3 = \frac{U_3}{R_3} & I = \frac{U}{R} \\ P_1 = U_1 \cdot I & P_2 = U_2 \cdot I & P_3 = U_3 \cdot I & P = U \cdot I \\ P_1 = I^2 \cdot R_1 & P_2 = I^2 \cdot R_2 & P_3 = I^2 \cdot R_3 & P = I^2 \cdot R \\ P_1 = \frac{U_1^2}{R_1} & P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} & P_3 = \frac{U_3^2}{R_3} & P = \frac{U^2}{R} \end{array}$$

Параллельное соединение резисторов (рисунок 4)

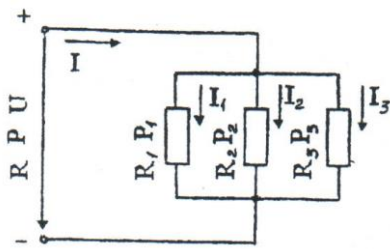


Рис. 4

Свойства этого вида соединения:

1. На всех резисторах (участках) такой цепи действует одно и то же напряжение:
 $U = U_1 = U_2 = U_3$

2. Ток в неразветвленной части цепи равен сумме токов её ветвей $I = I_1 + I_2 + I_3$
 (это следует из 1 закона Кирхгофа).

3. Полная (эквивалентная) проводимость цепи равна сумме проводимостей ее резисторов (участков): $G = G_1 + G_2 + G_3$ или $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

4. Мощность, потребляемая цепью, равна сумме мощностей потребляемых каждым из резисторов (участков): $P = P_1 + P_2 + P_3$

Примечание:

При определении эквивалентного сопротивления трех и большего числа резисторов рекомендуется вначале найти проводимость цепи, а затем ее сопротивление.

$$G = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}; \quad R = \frac{1}{G}$$

При определении эквивалентного сопротивления двух резисторов рекомендуется

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

применять формулу:

При решения задач, содержащих параллельное соединение элементов, следует учитывать не только выше перечисленные свойства, но и правильно применять закон Ома и формулы мощности, необходимость использования которых может возникнуть как на отдельном участке, так и для всей цепи в целом. Для схемы, изображенной на рисунке 4 они должны быть записаны в виде:

$$\begin{array}{llll} I_1 = \frac{U}{R_1} & I_2 = \frac{U}{R_2} & I_3 = \frac{U}{R_3} & I = \frac{U}{R} \\ P_1 = U \cdot I_1 & P_2 = U \cdot I_2 & P_3 = U \cdot I_3 & P = U \cdot I \\ P_1 = I_1^2 \cdot R_1 & P_2 = I_2^2 \cdot R_2 & P_3 = I_3^2 \cdot R_3 & P = I^2 \cdot R \\ P_1 = \frac{U^2}{R_1} & P_2 = \frac{U^2}{R_2} & P_3 = \frac{U^2}{R_3} & P = \frac{U^2}{R} \end{array}$$

Пример 1

Для схемы, приведенной на рисунке 5 и представляющей смешанное соединение сопротивлений, известно, что

- U=250 В,
- R₁ = 14 Ом
- R₂ = 20 Ом
- R₃ = 50 Ом
- R₄ = 200 Ом
- R₅ = 40 Ом,
- R₆ = 15 Ом

$R_7 = 60 \text{ Ом}$.

Определить эквивалентное сопротивление R этой цепи, ток I и мощность P , потребляемые цепью, а также токи $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7$, напряжения $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6, U_7$ и мощность $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7$ на каждом резисторе. Проверьте решение задачи методом баланса мощностей.

Перед решением практического задания 1 необходимо внимательно прочитать общие методические указания к решению задачи 1 и только после этого приступить к решению.

В этом примере и в задачах задания 1 индекс тока, протекающего через резистор, индекс напряжения на нем и индекс мощности, потребляемой резистором, соответствуют индексу резистора. Например, на рисунке 5 резистор R_3 характеризуется током I_3 , напряжением U_3 , мощностью P_3 .

Схема электрической цепи, изображенная на рисунке 5, представляет собой смешанное соединение резисторов (она состоит из последовательных и параллельных соединений элементов схемы), эквивалентное сопротивление такой цепи находится путем постепенного упрощения схемы и "свертывания" её так, чтобы получить одно сопротивление. При расчете токов в отдельных ветвях схему "развертывают" в обратном порядке.

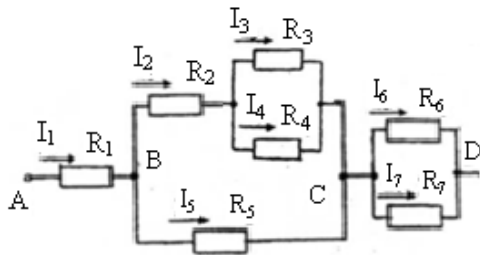


Рис. 5

Решение:

1. Резисторы R_3 и R_4 соединены параллельно, поэтому их общее сопротивление:

$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{50 \cdot 200}{50 + 200} = 40 \hat{\Omega}$$

Теперь схема принимает вид, показанный на рисунке 6.

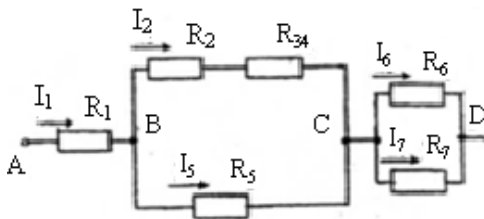


Рис. 6

На этой схеме выделены буквами три участка (AB, BC, CD), которые соединены друг с другом последовательно.

2. Резисторы R_2 и R_{34} (см. рис. 6) соединены последовательно, их общее сопротивление $R_{2-4} = R_2 + R_{34} = 20 + 40 = 60 \text{ Ом}$. Соответствующая схема приведена на рис. 7

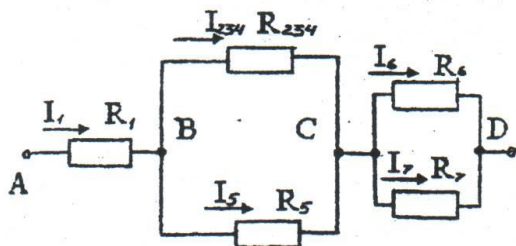


Рис. 7

3. Резисторы R_{2-4} и R_5 соединены параллельно, их общее сопротивление

$$R_{BC} = \frac{R_{2-4} \cdot R_5}{R_{2-4} + R_5} = \frac{60 \cdot 40}{60 + 40} = 24 \hat{\Omega}$$

Теперь схема цепи примет вид, приведенный на рис. 8.

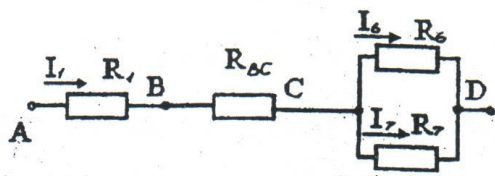


Рис. 8

параллельно, их общее сопротивление

$$R_{ND} = \frac{R_6 \cdot R_7}{R_6 + R_7} = \frac{15 \cdot 60}{15 + 60} = 12 \hat{\Omega}$$

Схема принимает вид, приведенный на рис. 9.

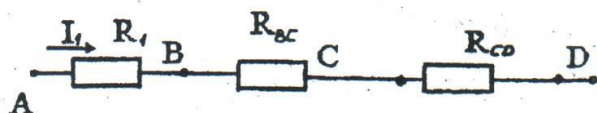


Рис. 9

5. Находим эквивалентное сопротивление цепи, учитывая, что $R_{AB} = R_1$, рис. 10:

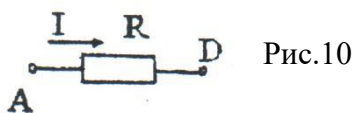


Рис.10

$$R_{y\hat{e}a} = R_{AB} + R_{BC} + R_{CD} = 14 + 24 + 12 = 50 \hat{\Omega}$$

6. Для схемы изображенной на рис. 10 нетрудно найти ток, потребляемый цепью, который одновременно является током неразветвленной части цепи. На основании закона

$$I = \frac{U}{R_{y\hat{e}a}} = \frac{250}{50} = 5 \text{ A}$$

Ома

7. Переходя от схемы к схеме в обратном порядке, найдем остальные токи. Так как схема, изображенная на рис. 9, представляет последовательное соединение участков АВ, ВС, СД, то на основании первого свойства этого вида соединения следует, что

$$I = I_{AB} = I_{BC} = I_{CD} = 5 \text{ A}, \quad (I_1 = I_{AB} = 5 \text{ A})$$

Используя закон Ома, найдем падение напряжения на участках АВ, ВС и СД

$$U_{AB} = U_1 = I \cdot R_1 = 5 \cdot 14 = 70 \text{ B} \quad U_{BC} = I \cdot R_{BC} = 5 \cdot 24 = 120 \text{ B} \quad U_{CD} = I \cdot R_{CD} = 5 \cdot 12 = 60 \text{ B}$$

По ходу решения задачи можно проверять правильность ее решения. Так, на основании третьего свойства последовательного соединения следует, что $U = U_{AD} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} = 70 + 120 + 60 = 250 \text{ B}$, что соответствует заданному напряжению. Зная напряжения на участках ВС и СД, определим токи в ветвях (см рис. 7)

8. На участке ВС резисторы R_{2-4} и R_3 включены параллельно. На основании первого свойства этого вида соединения следует, что $U_{BC} = U_{2-4} = U_5 = 120 \text{ B}$. Применяя закон Ома, находим токи ветвей участка ВС:

$$I_{2-4} = \frac{U_{2-4}}{R_{2-4}} = \frac{120}{60} = 2 \text{ A} \quad ; \quad I_5 = \frac{U_5}{R_5} = \frac{120}{40} = 3 \text{ A}$$

9. На участке СД резисторы R_6 и R_7 также включены параллельно, поэтому

$$U_{CD} = U_6 = U_7 = 60 \text{ B} \quad \text{и} \quad I_6 = \frac{U_6}{R_6} = \frac{60}{15} = 4 \text{ A} \quad ; \quad I_7 = \frac{U_7}{R_7} = \frac{60}{60} = 1 \text{ A}$$

На основании второго свойства параллельного соединения можно убедиться на этом этапе в правильности решения задачи, применив первый закон Кирхгофа Из схемы (рис.

7) следует, что: $I = I_1 = I_{2-4} + I_5$ и $I = I_1 = I_6 + I_7$

$$\text{Действительно: } I = I_1 = I_{2-4} + I_5 = 2 + 3 = 5 \text{ A} \quad \text{и} \quad I = I_1 = I_6 + I_7 = 4 + 1 = 5 \text{ A}$$

10. На рис. 8 видно, что на участке ВС верхняя ветвь представляет собой последовательное соединение резисторов R_2 и R_{34} поэтому $I_{2-4} = I_2 = I_{34} = 2$ (см. первое свойство данного вида соединения).

11. Для определения токов резисторов R_3 и R_4 предварительно найдем напряжение на резисторе R_{34} (рисунок 6), которое эквивалентно им $U_{34} = I_{34} \cdot R_{34} = 2 \cdot 40 = 80B$

Так как резисторы R_3 и R_4 на реальной схеме (см. рисунок 5) соединены параллельно

$$\text{и } U_{34} = U_3 = U_4 = 80B, \text{ то: } I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{80}{50} = 1.6A \quad ; \quad I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{80}{200} = 0.4A$$

Проверка: $I_2 = I_3 + I_4 = 1.6 + 0.4 = 2A$ (см. первый закон Кирхгофа и второе свойство

цепи с параллельным соединением).

12. При определении токов резисторов на каждом из них, кроме R_2 , было определено напряжение, что требуется также по условно задачи. Осталось найти напряжение на резисторе R_2 .

Это можно сделать двумя способами: на основании закона Ома $U_2 = I_2 \times R_2 = 2 \cdot 20 = 40 B$ или на основании третьего свойства последовательного соединения. На участке ВС верхняя ветвь представляет собой последовательное соединение резисторов R_2 и R_{34} (см рис. 6), поэтому $U_{BC} = U_2 + U_{34}$, отсюда $U_2 = U_{BC} - U_{34} = 120 - 80 = 40 B$. Переходим к определению мощности, потребляемой цепью и каждым резистором в отдельности.

13. Мощность, потребляемая цепью $P = U \times I = 250 \times 5 = 1250 \hat{A} \delta$

Мощности, потребляемые каждым резистором

$$P_1 = U_1 \times I_1 = 70 \times 5 = 350Bm \quad P_2 = U_2 \times I_2 = 40 \times 2 = 80Bm$$

$$P_3 = U_3 \times I_3 = 80 \times 1.6 = 128Bm \quad P_4 = U_4 \times I_4 = 80 \times 0.4 = 32Bm$$

$$P_5 = U_5 \times I_5 = 120 \times 3 = 360Bm \quad P_6 = U_6 \times I_6 = 60 \times 4 = 240Bm$$

$$P_7 = U_7 \times I_7 = 60 \times 1 = 60 \hat{A} \delta$$

14 Проверим правильность решения задачи на основании баланса мощностей, а это значит, что $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 = 350 + 80 + 128 + 32 + 360 + 240 + 60 = 1250Bm$

Вывод:

Определение мощности цепей на основании баланса мощностей подтверждает значение мощности, полученной по формуле $P = U \times I$. Значит задача решена правильно.

В рассмотренном примере пояснительный текст дан достаточно подробно для того, чтобы студент мог самостоятельно разбираться в решении задач, подобных примеру. При решении задач контрольной работы пояснения следует давать в обязательном порядке, но делать это более кратко.

Например, пункт. 6 примера при оформлении может быть записан так:

$$I = \frac{U}{R_{\text{экв}}} = \frac{250}{50} = 5A$$

6) Ток, потребляемый цепью, ;

Задание На рисунке 11 приведена схема электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов R_1 , R_2 , R_3 и R_4 к которым подведено напряжение U . Определить эквивалентное сопротивление R этой цепи, ток I и мощность P , потребляемые цепью, а также токи I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , напряжения, U_1 , U_2 , U_3 , U_4 и мощности P_1 , P_2 , P_3 , P_4 на каждом из резисторов. Проверить, что $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$. Данные для своего варианта взять из таблицы 7.

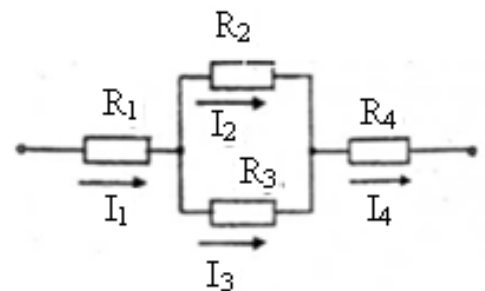


Рисунок 11 - Схема электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов

Таблица 7 - Исходные данные к задаче 5

Известная величина	Номер варианта					
	25	26	27	28	29	30
U, В	90	120	156	220	195	200
R ₁ , Ом	8	10	20	12	14	8
R ₂ , Ом	40	15	45	40	60	150
R ₃ , Ом	60	10	30	60	30	100
R ₄ , Ом	4	14	40	8	18	12

Форма контроля: устная защита работы

Критерии оценки качества выполнения данной работы:

Отметка «5» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы, представляет правильный и полный анализ предметной области.

Отметка «4» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы, представляет правильный анализ предметной области, допуская некоторые неточности.

Отметка «3» ставится, если работа выполнена в объеме в соответствии с заданием. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы. Анализ предметной области проведен при наводящих вопросах преподавателя.

Отметка «2» ставится, если работа выполнена частично. Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях материала практической работы.

Практическое занятие 2

Определение и расчет параметров цепи переменного тока

Цель работы: Получить практические навыки в расчете параметров цепи переменного тока

Теоретические сведения

В этих цепях, так же как и в цепях постоянного тока, при решении задач используют закон Ома, первый закон Кирхгофа, формулы мощности, свойства последовательного и параллельного соединений. Но в переменном токе действуют три вида совершенно различных по характеру сопротивлений (активное R , индуктивное X_L и емкостное X_C). В переменном токе определяют геометрическую сумму R , X_L и X_C . Геометрически складываются также напряжения и мощности на этих сопротивлениях.

Основные величины и соотношения между электрическими величинами для наиболее характерных цепей рассмотрим на примере цепи с последовательным соединением активного R , индуктивного X_L и емкостного X_C сопротивлений (рис.1).

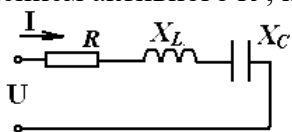


Рис1. На этой схеме: $I = U / Z$, (А) - ток, потребляемый цепью, единица измерения - ампер

R , Ом - активное сопротивление цепи, единица измерения - Ом;

U_R , В - напряжение на активном сопротивлении, единица измерения - вольт;

P , Вт - активная мощность цепи, единица измерения - ватт;

$X_L = \omega L = 2\pi f, \text{ Ом}$ - индуктивное (реактивное) сопротивление цепи, единица измерения - Ом;

$U_L, \text{ В}$ - напряжение на индуктивном сопротивлении, единица измерения - вольт;

$Q_L, \text{ вар}$ - индуктивная (реактивная) мощность, единица измерения вольт-ампер реактивный;

$X_C = 1 / \omega C = 1 / 2\pi f C, \text{ Ом}$ - емкостное (реактивное) сопротивление цепи, единица измерения - Ом;

$U_C, \text{ В}$ - напряжение на емкостном сопротивлении, единица измерения - вольт;

$Q_C, \text{ вар}$ - емкостная (реактивная) мощность, единица измерения - вольт-ампер реактивный;

$Z, \text{ Ом}$ - полное сопротивление цепи, единица измерения - Ом;

$U, \text{ В}$ - полное напряжение, подведенное к зажимам цепи, единица измерения - вольт;

$S, \text{ ВА}$ - полная мощность, единица измерения - вольт-ампер,

Общее решение типовых задач 1) На основании закона Ома напряжения на активном, индуктивном и емкостном сопротивлениях находим по формулам: $U_R = IR$, $U_L = IX_L$, $U_C = IX_C$

При этом следует иметь в виду, что U_R - совпадает по фазе с током, U_L - опережает по фазе ток на 90° , U_C - отстает от тока на 90° .

2) Строим **диаграмму напряжений**. Результирующее напряжение U представляет геометрическую сумму напряжений U_R , U_L , U_C . На рис. 2 представлена векторная диаграмма этих напряжений.

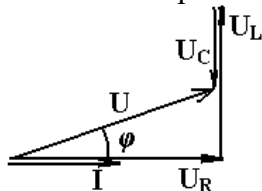


Рис.2 Результирующее напряжение U , которое является напряжением, подведенным к зажимам цепи, можно найти не только графически (в этом случае диаграмма должна быть построена в масштабе), но и математически, на основании

теоремы Пифагора: $U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$

3) Если каждое из напряжений на векторной диаграмме (рис. 2) разделить на ток I , то получится фигура, подобная векторной диаграмме, которая будет называться **треугольником сопротивлений**, т.к. $R = U_R / I$, $X_L = U_L / I$, $X_C = U_C / I$, $Z = U / I$,

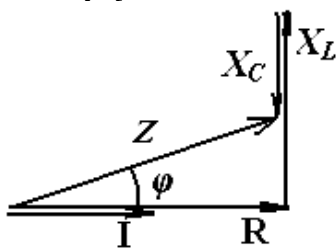
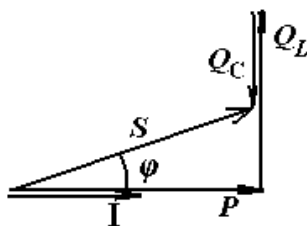


Рис. 3. Из треугольника сопротивлений следует $Z =$

$$\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

4) Если каждое из напряжений на векторной диаграмме (рис. 2) умножить на ток I , то получится фигура, подобная векторной диаграмме, которая будет называться **треугольником мощностей** так как $P = U_R I$, $Q_L = U_L I$, $Q_C = U_C I$, $S = U I$, (рис. 4),



Из треугольника мощностей следует $S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$

Используя закон Ома для каждого элемента цепи, мощность можно также найти по формулам:

$$P = I^2 R$$

$$Q_L = I^2 X_L$$

$$Q_C = I^2 X_C$$

$$S = I^2 Z$$

Или

$$P = U^2 R / Z$$

$$Q_L = U^2 X_L / Z$$

$$Q_C = U^2 X_C / Z$$

$$S = U^2 / Z$$

5) Из треугольника мощностей (рис. 4) также следует, что

$P = S \cos \varphi$ или $P = U I \cos \varphi$. $Q = S \sin \varphi$ или $Q = U I \sin \varphi$, где $Q = Q_L - Q_C$ - результирующая реактивная мощность.

6) Анализируя векторную диаграмму напряжений (рис. 2), треугольник сопротивлений (рис. 3), треугольник мощностей (рис. 4), можно сделать вывод, что при $U_L > U_C$ ($X_L > X_C$) результирующий вектор напряжения **U опережает вектор тока I** на угол $\varphi < 90^\circ$, а при $U_L < U_C$ ($X_L < X_C$) результирующий вектор напряжения **отстает от вектора тока** на угол φ .

Тригонометрические функции угла сдвига фаз можно записать в виде:

$$\cos \varphi = U_R / U$$

$$\cos \varphi = R / Z$$

$$\cos \varphi = P / S$$

$$\sin \varphi = (U_L - U_C) / U$$

$$\sin \varphi = (X_L - X_C) / Z$$

$$\sin \varphi = (Q_L - Q_C) / S$$

Величина $\cos \varphi = P / S$ называется коэффициентом мощности.

Генератор переменного тока имеет частоту вращения 2800 об/мин. Определить частоту, период и угловую частоту электрического тока, если число пар полюсов генератора равно $p = 6$.

Решение. Частота электрического тока генератора

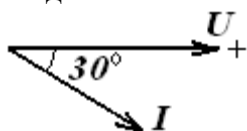
$f = pn/60 = 6 \cdot 2800/60 = 280$ Гц. Период $T = 1/f = 1/280 = 0,0036$ с. Угловая частота $\omega = 2\pi / T = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 280 = 1750$ 1/с.

№2. Мгновенные значения тока и напряжения потребителя $i = 18 \sin(785t - 30^\circ)$
 $u = 210 \sin 785t$ В

Определить амплитудные и действующие значения тока и напряжения, их начальные фазы. Построить векторную диаграмму для $t = 0$.

Решение. Амплитудные значения $I_m = 18$ А, $U_m = 210$ В. Действующие значения $I = I_m / \sqrt{2} = 18 / \sqrt{2} = 12,9$ А, $U = U_m / \sqrt{2} = 210 / \sqrt{2} = 149$ В.

Начальная фаза тока $\Psi_i = -30^\circ$, напряжения $\Psi_u = 0$. Векторная диаграмма для $t = 0$ имеет вид:

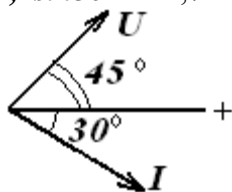


№3. Напряжение, приложенное к неразветвленной цепи переменного тока, $u = 180 \sin(\omega t + \pi/4)$ В, ток $i = 2,7 \sin(\omega t - \pi/6)$ А. Определить время и угол сдвига по фазе между ними, их действующие значения, мгновенные значения для $t = 0$ и построить векторную диаграмму для момента времени $t = 0$, если $f = 20$ Гц.

Решение. Угол сдвига по фазе между двумя синусоидально изменяющимися сигналами $\varphi = \Psi_u - \Psi_i = \pi/4 - \pi/6 = 5\pi/12 = 75^\circ$.

$\omega = 2\pi / T = 2\pi f = 2 \cdot 20 \cdot \pi$ рад/с. Временной сдвиг $\Delta t = \varphi / \omega = (5\pi/12) / (2 \cdot 20 \cdot \pi) = 0,0104$ с

Действующие значения: $U = U_m / \sqrt{2} = 180 / \sqrt{2} = 128 \text{ В}$, $I = I_m / \sqrt{2} = 2,7 / \sqrt{2} = 1,9 \text{ А}$.
 Мгновенные значения тока, напряжения для $t=0$, $u = 180 \sin 45^\circ = 180 \cdot 0,707 = 127 \text{ В}$, $i = -2,7 \sin 30^\circ = -2,7 \cdot 0,5 = -1,35 \text{ А}$.



Задание

Форма контроля: устная защита работы,

Критерии оценки качества выполнения данной работы:

Отметка «5» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы, представляет правильный и полный анализ предметной области.

Отметка «4» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы, представляет правильный анализ предметной области, допуская некоторые неточности.

Отметка «3» ставится, если работа выполнена в объеме в соответствии с заданием. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы. Анализ предметной области проведен при наводящих вопросах преподавателя.

Отметка «2» ставится, если работа выполнена частично. Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях материала практической работы.

Практическое занятие 3

Расчет шунтов для амперметра и добавочных сопротивлений для вольтметра

Цель работы: Получить практические навыки расчета сопротивления шунтов, добавочных сопротивлений.

Теоретические сведения:

Для измерения тока, большего номинального значения амперметра, в цепях постоянного тока применяют шунты, а в цепях переменного тока - измерительные трансформаторы тока.

Шунт – это сопротивление, включаемое последовательно в измеряемую цепь, а амперметр подключается к нему параллельно.

Сопротивление шунта:

$$r_{ш} = r_{и} / (n - 1),$$

где $r_{и}$ – сопротивление измерительного механизма;

$n = I / I_{и}$ – коэффициент шунтирования, показывающий, во сколько раз увеличивается предел измерения амперметра с включенным шунтом;

I – измеряемый ток, А;

$I_{и}$ – ток измерительного механизма, А.

Ток полного отклонения измерительной катушки прибора:

$$I_{и} = I r_{ш} / (r_{ш} + r_{и})$$

Для измерения напряжения, большего номинального значения вольтметра на постоянном токе применяются добавочные сопротивления, на переменном токе - добавочные сопротивления и измерительные трансформаторы напряжения

Добавочное сопротивление включают последовательно с вольтметром:

$$r_d = r_i(m-1),$$

где $m=U/U_i$ —коэффициент, показывающий, во сколько раз увеличивается предел измерения вольтметра с добавочным сопротивлением;

U —измеряемое напряжение, В;

U_i —напряжение измерительного механизма

Задание

1 Вариант

1. Амперметр с наружным шунтом 0,005 Ом рассчитан на предел измерения 60 А, его внутреннее сопротивление 0,15 Ом. Определить ток полного отклонения измерительной катушки прибора.

2. Предел измерения вольтметра электромагнитной системы составляет 7,5 В при внутреннем сопротивлении 200 Ом. Определить добавочное сопротивление, которое необходимо включить для расширения предела измерения до 600 В.

3 Амперметр с внутренним сопротивлением 0,016 Ом имеет коэффициент шунтирования 10. Определить сопротивление шунта.

2 Вариант

1Магнитоэлектрический прибор с сопротивлением 10 Ом и током полного отклонения 7,5мА может быть использован в качестве амперметра на 30А. Определить сопротивление шунта.

2. Предел измерения вольтметра составляет 10 В при внутреннем сопротивлении 300 Ом. Определить добавочное сопротивление, которое необходимо включить для расширения предела измерения до 500 В.

3. Амперметр с внутренним сопротивлением 0,015 Ом имеет коэффициент шунтирования 10. Определить сопротивление шунта.

Форма контроля: устная защита работы,

Критерии оценки качества выполнения данной работы:

Отметка «5» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы, представляет правильный и полный анализ предметной области.

Отметка «4» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы, представляет правильный анализ предметной области, допуская некоторые неточности.

Отметка «3» ставится, если работа выполнена в объеме в соответствии с заданием. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы. Анализ предметной области проведен при наводящих вопросах преподавателя.

Отметка «2» ставится, если работа выполнена частично. Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях материала практической работы.

Практическое занятие 4

Расчет параметров асинхронных двигателей

Цель работы: получить практические навыки расчёта параметров асинхронных двигателей.

Теоретические сведения

Асинхронная машина – это машина переменного тока, у которой частота вращения ротора отличается от частоты вращения магнитного поля статора.

В большинстве случаев асинхронная машина используется как двигатель. Наиболее широкое распространение нашли трехфазные асинхронные двигатели.

Конструктивно асинхронный двигатель состоит из двух частей: неподвижной – статора и вращающейся – ротора.

Рабочее напряжение фазы статорной обмотки большинства двигателей составляет 220 В, поэтому при питании машины от трехфазной сети с напряжением 380 В фазы статора соединяются звездой, а при сетевом напряжении 220 В – треугольником.

Статор трехфазного двигателя представляет собой полый цилиндр, набранный из листов электротехнической стали, на внутренней поверхности которого имеются пазы. Внутри пазов укладывается обмотка, которая может соединяться звездой или треугольником. Она состоит из отдельных катушек (секций), которые объединены в три фазы. В двухполюсных машинах фазы на статоре располагаются со сдвигом в пространстве под углом в 120°

Внутри статора находится ротор, в пазах которого также размещается обмотка. В зависимости от исполнения этой обмотки асинхронные двигатели делятся на двигатели с фазным и короткозамкнутым ротором. На практике наибольшее распространение имеют последние, в них обмотка ротора выполняется в виде «беличьей клетки».

При питании обмотки статора трехфазным током создается вращающееся магнитное поле (поток Φ), частота вращения которого (синхронная): $n_1 = 60f/p$, где f – частота тока сети; p – число пар полюсов статорной обмотки.

Вращающееся поле статора индуцирует в проводниках ротора ЭДС (направление ЭДС определяется по правилу правой руки), и по ним протекает ток. Активная составляющая этого тока совпадает по фазе с ЭДС. В результате взаимодействия отмеченной составляющей с потоком статора создается электромагнитная сила (ее направление определяется по правилу левой руки) и электромагнитный момент M , под действием которого ротор приходит во вращение с частотой n в ту же сторону, что и поток Φ . Электромагнитный момент $M = 9550 \cdot P_{\text{ном}} / n_2$.

По мере разгона ротора его частота вращения n увеличивается, но даже при отсутствии нагрузки на валу (холостой ход) она не сможет достигнуть частоты вращения поля статора n_1 . Объясняется это тем, что ток в роторе и, следовательно, вращающий момент могут возникать только в том случае, если магнитное поле пересекает проводники ротора, т. е. если $n_1 \neq n_2$. При холостом ходе в машине существует небольшой тормозной момент, обусловленный механическим трением в подшипниках и ротора о воздух, и для его преодоления двигатель должен развивать вращающий момент, а поэтому при увеличении нагрузочного момента на валу двигателя M_2 должен увеличиваться и вращающий момент двигателя ($M_2 \approx M_2$), вследствие чего возрастает разность $n_1 - n_2$. Таким образом, для рассматриваемого двигателя характерной особенностью является несинхронное (асинхронное) вращение его ротора с магнитным полем, созданным токами статорной обмотки. Отсюда и его название – асинхронный двигатель.

В номинальном режиме частота вращения ротора n_n на несколько процентов меньше, чем n_1 . Данный факт позволяет определять число пар полюсов двигателя, если известна номинальная частота вращения ротора. Относительную разность частот вращения статорного магнитного поля и ротора обозначают через s и называют скольжением. Скольжение последнее часто выражают в процентах.

При работе асинхронного двигателя между его обмотками статора и ротора осуществляется постоянная трансформаторная взаимосвязь. Однако аналогия между асинхронной машиной и трансформатором при этом далеко не полная. Основные отличия:

1) в трансформаторе обмотка каждой фазы расположена на отдельном стержне, а распределенные фазные обмотки асинхронного двигателя имеют пространственный сдвиг

осей и заложены в пазах сердечника статора: вследствие этого в сердечнике трехфазной асинхронной машины поток вращается, а в сердечнике трехфазного трансформатора пульсирует;

2) в трансформаторе нагрузка присоединяется ко вторичной обмотке, а в асинхронном двигателе обмотка ротора замкнута накоротко, и в результате взаимодействия её тока с вращающимся потоком машины создается электромагнитный момент, уравновешивающийся моментом нагрузки на валу;

3) в трансформаторе первичная и вторичная обмотки неподвижны, а у асинхронной машины обмотка ротора перемещается относительно обмотки статора, в результате этого величина и частота ЭДС ротора переменные, зависят от скольжения;

4) в магнитопроводе асинхронной машины имеется большой воздушный зазор, вследствие этого величина намагничивающего тока и параметры, характеризующие ветвь намагничивания, у асинхронной машины и трансформатора различны. Ток холостого хода у асинхронного двигателя достигает 30–50 %, а у силового трансформатора – 3–7 % от номинального.

На практике асинхронные машины используют в основном как двигатели, они потребляют около 50 % электрической энергии, вырабатываемой всеми электрическими станциями. Потребность в асинхронных двигателях непрерывно растёт. Такое широкое распространение они получили из-за своей конструктивной простоты, низкой стоимости, высокой эксплуатационной надежности. Широк диапазон мощностей, на которые выпускают эти двигатели, – от долей ватта до нескольких тысяч киловатт. Они имеют относительно высокий КПД: при мощностях более 1 кВт $\eta = 0,7 \dots 0,95$ и только в микродвигателях он снижается до 0,2–0,65.

Наряду с большими достоинствами асинхронные двигатели имеют и некоторые недостатки. К их числу следует отнести потребление из сети реактивного тока, необходимого для создания вращающегося магнитного потока, в результате чего асинхронные двигатели работают с $\cos\varphi \neq 1$. В двигателях мощностью более 1 кВт $\cos\varphi = 0,7 \dots 0,9$, а в микродвигателях $\cos\varphi = 0,3 \dots 0,7$. Кроме того, по возможности регулировать частоту вращения они уступают двигателям постоянного тока.

Обозначение типа двигателя расшифровывается так: А — асинхронный; 4 — номер серии; Х — алюминиевая оболочка и чугунные щиты (отсутствие буквы Х означает, что корпус полностью выполнен из чугуна); В — двигатель встроен в оборудование; Н — исполнение защищенное IP23; для закрытых двигателей исполнения IP44 буквы Н нет; Р — двигатель с повышенным пусковым моментом; С — сельскохозяйственного назначения; цифра после буквенного обозначения показывает высоту оси вращения в мм; буквы S, M, L после цифр дают установочные размеры по длине корпуса (S — самая короткая станина; M — промежуточная, L — самая длинная); цифра после установочного размера — число полюсов; У — климатическое исполнение (для умеренного климата); последняя цифра показывает категорию размещения (1 — для работы на открытом воздухе, 3 — для закрытых неотопливаемых помещений). В обозначении типов двухскоростных двигателей после установленного размера указывают через дробь оба числа полюсов, например 4А160М8/4УЗ. Здесь 8 и 4 означают, что обмотки статора могут переключаться так, что в двигателе образуются 8 и 4 полюса.

Задание

В таблице задан тип трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Номинальное напряжение двигателя 380В. Пользуясь техническими данными двигателей серии 4А, определить: 1) номинальную $P_{ном}$ и потребляемую P_1 мощности, 2) номинальный $I_{ном}$ и пусковой $I_{пуск}$ токи, 3) номинальную частоту вращения $n_{ном}$ и скольжение $s_{ном}$, 4) номинальный $M_{ном}$ и пусковой $M_{пуск}$ моменты. Расшифровать условное обозначение двигателя.

вар	Тип двигателя	$P_{\text{ном}}$, кВт	n_2 , об/мин	$\cos \varphi_{\text{ном}}$	$I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}$	$M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	$\eta_{\text{ном}}$
1	4A100S2Y3	4	2880	0,89	7,5	2,0	2,2	0,86
2	4A132M4Y3	11	1450	0,87	7,5	2,0	2,2	0,87
3	4A100L6Y3	2,2	950	0,73	5,5	2,0	2,0	0,81
4	4A100L8Y3	1,5	725	0,65	6,5	1,6	1,7	0,74
5	4A160S2Y3	14,5	2940	0,95	7,5	1,2	2,0	0,83
6	4AP160M4Y3	18,5	1465	0,87	7,8	2,0	2,2	0,885
7	4A250S6Y3	45	985	0,89	6,5	1,2	2,2	0,92
8	4A160M8	9	732	0,69	5,5	1,5	2,0	0,79
9	4A100S4Y3	3	1423	0,83	6,5	2,0	2,2	0,82
10	4A100L4Y3	4	1425	0,84	6,3	2,0	2,2	0,84

Контрольные вопросы

1. Поясните получение вращающегося магнитного поля в асинхронном двигателе.
2. Какие виды потерь имеют место в асинхронном двигателе и какова их природа?
3. Перечислите основные отличия аналогии между асинхронной машиной и трансформатором.

Форма контроля: устная защита работы

Критерии оценки качества выполнения данной работы:

Отметка «5» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы, представляет правильный и полный анализ предметной области.

Отметка «4» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы, представляет правильный анализ предметной области, допуская некоторые неточности.

Отметка «3» ставится, если работа выполнена в объеме в соответствии с заданием. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы. Анализ предметной области проведен при наводящих вопросах преподавателя.

Отметка «2» ставится, если работа выполнена частично. Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях материала практической работы.

Практическое занятие 5

Расчет параметров машины постоянного тока

Цель работы: Получить практические навыки в расчете параметров машин постоянного тока

Теоретические сведения:

Коллекторные машины обладают свойством обратимости, т. е. они могут работать как в режиме генератора, так и в режиме двигателя. Поэтому если машину постоянного тока подключить к источнику энергии постоянного тока, то в обмотке возбуждения и в обмотке якоря машины появятся токи. Взаимодействие тока якоря с полем возбуждения создает на якоре электромагнитный момент M , который является не тормозящим, как это имело место в генераторе, а вращающим.

В зависимости от способа возбуждения двигателя постоянного тока, так же как и генераторы, разделяют на двигатели с возбуждением от постоянных магнитов

(магнитоэлектрические) и с электромагнитным возбуждением. Последние в соответствии со схемой включения обмотки возбуждения относительно обмотки якоря подразделяют на двигатели параллельного (шунтовые), последовательного (сериесные) и смешанного (компаундные) возбуждения.

Частота вращения двигателя прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна магнитному потоку возбуждения. Физически это объясняется тем, что повышение напряжения U или уменьшение потока Φ вызывает увеличение разности; это, в свою очередь, ведет к росту тока. Вследствие этого возросший ток повышает вращающий момент, и если при этом нагрузочный момент остается неизменным, то частота вращения двигателя увеличивается.

Регулировать частоту вращения двигателя можно изменением либо напряжения U , подводимого к двигателю, либо основного магнитного потока Φ , либо электрического сопротивления в цепи якоря.

Направление вращения якоря зависит от направлений магнитного потока возбуждения Φ и тока в обмотке якоря. Поэтому, изменив направление какой-либо из указанных величин, можно изменить направление вращения якоря. Следует иметь в виду, что переключение общих зажимов схемы у рубильника не дает изменения направления вращения якоря, так как при этом одновременно изменяется направление тока и в обмотке якоря, и в обмотке возбуждения.

Характерной особенностью параллельного возбуждения является то, что ток в обмотке возбуждения (ОВ) не зависит от тока нагрузки (тока якоря). Реостат в цепи возбуждения служит для регулирования тока в обмотке возбуждения и магнитного потока главных полюсов.

Эксплуатационные свойства двигателя определяются его рабочими характеристиками, под которыми понимают зависимость частоты вращения n , тока I , полезного момента M_2 , вращающего момента M от мощности на валу двигателя P_2 .

Частоту вращения двигателей последовательного возбуждения можно регулировать изменением либо напряжения, либо магнитного потока обмотки возбуждения.

При секционировании обмотки возбуждения отключение части витков обмотки сопровождается ростом частоты вращения. При шунтировании обмотки якоря реостатом увеличивается ток возбуждения, что вызывает уменьшение частоты вращения.

В машинах постоянного тока, как и в других электрических машинах, имеют место магнитные, электрические и механические потери (составляющие группу основных потерь) и добавочные потери.

Магнитные потери происходят только в сердечнике якоря, так как только этот элемент магнитопровода машины постоянного тока подвергается перемагничиванию.

Электрические потери в коллекторной машине постоянного тока обусловлены нагревом обмоток и щеточного контакта.

Электрические потери в цепи якоря и в щеточном контакте зависят от нагрузки машины, поэтому эти потери называют переменными.

В машине постоянного тока механические потери складываются из потерь от трения щеток о коллектор и трения в подшипниках и на вентиляцию.

Механические и магнитные потери при стабильной частоте вращения можно считать постоянными.

В машинах постоянного тока имеется ряд трудно учитываемых потерь — добавочных. Эти потери складываются из потерь от вихревых токов в меди обмоток, потерь в уравнивательных соединениях, в стали якоря из-за неравномерного распределения индукции при нагрузке, в полюсных наконечниках, обусловленных пульсацией основного потока из-за наличия зубцов якоря, и др.

Коэффициент полезного действия электрической машины представляет собой отношение мощностей отдаваемой (полезной) к подводимой (потребляемой).

Обычно КПД машин постоянного тока составляет 0,75—0,90 для машин мощностью от 1 до 100 кВт и 0,90—0,97 для машин мощностью свыше 100 кВт. Намного меньше КПД машин постоянного тока малой мощности. Например, для машин мощностью от 5 до 50 Вт = 0,15÷0,50. Указанные значения КПД соответствуют номинальной нагрузке машины. Зависимость КПД машины постоянного тока от нагрузки выражается графиком, форма которого характерна для электрических машин.

В таблице 1 представлены расчетные формулы для определения основных параметров машин постоянного тока.

Таблица 1 — Расчетные формулы для определения основных параметров машин постоянного тока

Наименование величин	Формулы	Принятые обозначения
Мощность, кВт	$P=U \cdot I \cdot 10^{-3}$	I – ток машины, А; U – внешнее напряжение, В;
Ток генератора и двигателя, А	$I_{Г}=I_{а}-I_{в}$ $I_{дв}=I_{а}+I_{в}$	I _а – ток якоря; I _в – ток параллельной обмотки возбуждения, А;
Внешнее напряжение, В	$U_{Г}=E-I_{а}\sum R_{а}$ $U_{дв}=E+I_{а}\sum R_{а}$	$\sum R_{а}$ – сумма сопротивлений якорной цепи, Ом; E – ЭДС машины, В;
ЭДС, В	$E = \frac{N}{a} \cdot \frac{p}{60} n \Phi$ $E = C_e n \Phi$ $C_e = \frac{Np}{a60}$	N – число проводников обмотки якоря; a – число пар параллельных ветвей в обмотке якоря; p – число пар полюсов; n – скорость вращения, об/мин. Φ – магнитный поток пары полюсов, вебер;
Сопротивление якорной цепи, Ом	$\sum R_{а}=R_{я}+R_{с}+R_{доб}$	R _я , R _с , R _{доб} . – сопротивления обмотки якоря, последовательной обмотки возбуждения и добавочных полюсов, Ом
КПД двигателя и генератора	$\eta_{дв} = \frac{P_2}{UI}$ $\eta_{дв} = 1 - \frac{\sum \Delta P}{UI}$ $\eta_{Г} = 1 - \frac{\sum \Delta P}{UI + \sum \Delta P}$	$\sum \Delta P$ – суммарные потери в машине, кВт;
Суммарные потери, кВт	$\sum \Delta P = \Delta P_{х} + k_3 \Delta P_{щ} + k_3^2 \Delta P_{к}$ $\Delta P_{х} = \Delta P_{в} + \Delta P_{мех} + \Delta P_{ст} + \Delta P_{вент} + \Delta P_{доб}$ $k_3 = \frac{P_2}{P_{2ном}}$ $\Delta P_{щ} = I_{ном} \Delta U_{щ}$	$\Delta P_{х}$ – потери холостого хода машины или постоянные потерь, кВт; $\Delta P_{в}$ – потери на возбуждение, кВт; $\Delta P_{мех}$. – механические потери на трение в подшипниках и о коллектор, кВт; $\Delta P_{ст}$. – магнитные потери в стали якоря, кВт; $\Delta P_{вент}$. – вентиляционные потери, кВт; $\Delta P_{доб}$. – добавочные потери. В некомпенсированных машинах $\Delta P_{доб} = 1\% P_{ном}$, в компенсированных 0,5%, кВт;

		k_z – коэффициент загрузки; $\Delta U_{щ} = 2$ В для графитных щеток; $\Delta U_{щ} = 0,6$ В для металлографитных;
Номинальный вращающий момент, кГм	$M_{НОМ} = 975 \frac{P_{2НОМ}}{n_{НОМ}}$ $M_{НОМ} = C_M \Phi I_a$	C_M – конструктивная постоянная момента; Φ – магнитный поток, вебер;
Расчетные коэффициенты для двигателя параллельного возбуждения	$C_M = \frac{C_e}{1,05}$ $C_e = 1,05 C_M$	
Скоростная характеристика двигателя	$n = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{\Sigma R_a}{C_e \Phi} I_a$	

Задание:

Двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением развивает полезную мощность P_2 , потребляя из сети мощность P_1 при напряжении $U_{НОМ}$. Полезный момент на валу двигателя равен M при частоте вращения n_2 . В цепи якоря протекает ток I и наводится противо-ЭДС E . В обмотках якоря и возбуждения суммарные потери мощности равны Σp . Суммарное сопротивление обмоток якоря и возбуждения равно $R_a + R_{пс}$. Пусковой ток двигателя равен $I_{пуск}$. КПД двигателя. Определить величины, указанные в последней графе.

№	P_1 , кВт	P_2 , кВт	p_a	I , А	$I_{п}$	$U_{НОМ}$	E , В	$R_a + R_{пс}$, Ом	M , Нм	n	η_d	Определить
1	10	—	—	45	—	—	20	—	48	1600	—	$P_2; R_a + R_{пс};$
2	—	15	1,2	—	—	220	—	0,2	140	—	—	$n_2; I; E; \eta_d$
3	4,55	—	—	—	400	—	—	0,55	20	1800	—	$E; U_{НОМ}; P_2; p_a$
4	—	7,8	—	—	1000	—	21	0,22	—	900	—	$\eta_d; U_{НОМ}; M; I$
5	2,2	—	—	20	—	—	—	0,22	17	1000	—	$U_{НОМ}; P_2; p_a; I_{п}$
6	—	—	—	—	—	250	—	0,61	234	474	0,84	$P_1; E; P_2; I_{п}$
7	31,2	—	—	14	—	—	—	0,25	—	1400	0,88	$I_{п}; M; E; p_a$
8	—	—	0,3	39	—	100	—	—	35	—	0,85	$R_a + R_{пс}; E; P_2; P_1$
9	—	17	—	—	2000	110	10	—	—	800	—	$p_a; M; I; R_a + R_{пс}$
0	—	1,78	—	—	440	110	—	—	—	1000	0,81	$P_1; I; M; R_a + R_{пс}$

Контрольные вопросы

1. Что такое двигатель постоянного тока и как он устроен?
2. В каком положении должен стоять регулировочный реостат при пуске?
3. Как можно регулировать скорость вращения двигателя постоянного тока?
4. Как можно изменить направление вращения двигателя постоянного тока?
5. Каково назначение коллектора в двигателе постоянного тока?

Форма контроля: устная защита работы,

Критерии оценки качества выполнения данной работы:

Отметка «5» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы, представляет правильный и полный анализ предметной области.

Отметка «4» ставится, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием и защищена. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы, представляет правильный анализ предметной области, допуская некоторые неточности.

Отметка «3» ставится, если работа выполнена в объеме в соответствии с заданием. При защите обучающийся демонстрирует знание материала по теме практической работы. Анализ предметной области проведен при наводящих вопросах преподавателя.

Отметка «2» ставится, если работа выполнена частично. Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях материала практической работы.

Самостоятельная работа

Расчет параметров цепи постоянного тока

Цель работы: Получить практические навыки в расчете параметров цепи постоянного тока

Задание:

1. Изучите теоретические сведения,
2. Выполните задание в соответствии со своим вариантом.
3. Ответьте на контрольные вопросы.

Форма контроля: проверка выполнения письменной самостоятельной работы

Критерии оценки качества выполнения данной самостоятельной работы:

«зачтено» ставится, если обучающийся умеет применять полученные знания для решения конкретных практических задач, способен предложить альтернативные решения анализируемых проблем, формулировать выводы

«не зачтено» - ставится, если обучающийся показывает слабые навыки, необходимые для профессиональной деятельности

Расчет параметров цепи переменного тока

Цель работы: Получить практические навыки в расчете параметров цепи переменного тока

Задание:

- 1 Изучите теоретические сведения,
- 2 Выполните задание в соответствии со своим вариантом.
- 3 Ответьте на контрольные вопросы.

Форма контроля: проверка выполнения письменной самостоятельной работы

Критерии оценки качества выполнения данной самостоятельной работы:

«зачтено» ставится, если обучающийся умеет применять полученные знания для решения конкретных практических задач, способен предложить альтернативные решения анализируемых проблем, формулировать выводы

«не зачтено» - ставится, если обучающийся показывает слабые навыки, необходимые для профессиональной деятельности

Расчет параметров трансформаторов

Цель работы: Получить практические навыки в расчете параметров трансформаторов

Задание:

- 1 Изучите теоретические сведения,
- 2 Выполните задание в соответствии со своим вариантом.
- 3 Ответьте на контрольные вопросы.

Форма контроля: проверка выполнения письменной самостоятельной работы

Критерии оценки качества выполнения данной самостоятельной работы:

«зачтено» ставится, если обучающийся умеет применять полученные знания для решения конкретных практических задач, способен предложить альтернативные решения анализируемых проблем, формулировать выводы

«не зачтено» - ставится, если обучающийся показывает слабые навыки, необходимые для профессиональной деятельности

Расчет параметров электрических машин

Цель работы: Получить практические навыки в расчете параметров электрических машин

Задание:

- 1 Изучите теоретические сведения,
- 2 Выполните задание в соответствии со своим вариантом.
- 3 Ответьте на контрольные вопросы.

Форма контроля: проверка выполнения письменной самостоятельной работы

Критерии оценки качества выполнения данной самостоятельной работы:

«зачтено» ставится, если обучающийся умеет применять полученные знания для решения конкретных практических задач, способен предложить альтернативные решения анализируемых проблем, формулировать выводы

«не зачтено» - ставится, если обучающийся показывает слабые навыки, необходимые для профессиональной деятельности