**ГЛАВНОЕ управление ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ алтайского края**

Краевое государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«РУБЦОВСКИЙ АГРАРНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТЕХНИКУМ»**

**Методические указания**

**по выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине**

**Электротехника и электроника (ОП.03)**

**для специальности:**

**22.02.04 – ПБ – Пожарная безопасность**

2015

**Методические указания для студентов по выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине Электротехника и электроника**

Рассмотрено

на заседании цикловой комиссии

электротехническихдисциплин

Протокол № \_\_\_\_от «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2015 г.

Председатель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Аненкова Н.Е.

Автор - составитель:

**Аненкова Н.Е.**

преподаватель первой квалификационной категории

**2015 г.**

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Стр |
| Введение | 5 |
| Основные правила техники безопасности | 7 |
| Лабораторная работа №1Определение величины сопротивления с помощью амперметра и вольтметра | 8 |
| Лабораторная работа №2Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением индуктивной катушки и конденсатора | 11 |
| Лабораторная работа №3Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением индуктивной катушки и конденсатора | 14 |
| Лабораторная работа №4Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей «звездой» | 17 |
| Лабораторная работа №5Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей «треугольником» | 20 |
| Лабораторная работа №6Поверка вольтметра по образцовому прибору | 23 |
| Лабораторная работа №7Поверка амперметра по образцовому прибору | 26 |
| Лабораторная работа №8Измерение сопротивлений | 29 |
| Лабораторная работа №9Измерение мощности в однофазных цепях переменного тока | 31 |
| Лабораторная работа №10Изучение свойств полупроводникового диода | 34 |
| Лабораторная работа №11Исследование полупроводникового стабилитрона | 37 |
| Лабораторная работа №12Изучение свойств биполярного транзистора | 39 |
| Практическая работа №1Изучение соединений резисторов и применение законов Ома и Кирхгофа | 41 |
| Практическая работа №2Расчет магнитной цепи | 45 |
| Практическая работа №3Определение параметров машин постоянного тока по паспортным данным | 49 |
| Практическая работа №4Расчет бесколлекторных машин переменного тока | 51 |
| Практическая работа №5Выбор электродвигателей по мощности | 53 |
| Практическая работа №6Расчет однополупериодного выпрямителя | 56 |
| Приложения | 57 |
| Использованная литература | 88 |

**Введение**

Методические указания по выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине Электротехника и электроника предназначены для студентов 2 курса специальности 22.02.04 – ПБ – Пожарная безопасность.

Лабораторно-практические работы по дисциплине Электротехника и электроника проводятся с целью:

- углубления и расширения теоретических знаний студентов;

- приобретения практических навыков в сборке электрических цепей, обработки экспериментальных данных, решения вопросов исследовательского характера;

- развития познавательных способностей и активности студентов, самостоятельности, ответственности и организованности при работе в команде;

- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Методические указания содержат 12 лабораторных и 6 практических работ, каждая из которых проводится после изучения соответствующей темы курса. По каждой теме приведены краткие справочные материалы. Практические работы содержат образцы решений типовых примеров и задач, поясняющих теоретический материал. Каждая лабораторная (практическая) работа содержит контрольные вопросы, необходимые для подготовки к защите.

К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории и прошедшие инструктаж по технике безопасности. Включение схемы под напряжение разрешается только после проверки ее преподавателем. После каждого изменения схема снова должна быть проверена.

Отчеты выполняются в тетради для лабораторно-практических работ.

Критериями оценки результатов выполнения лабораторной (практической) работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;

- умение студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;

- сформированность общих и профессиональных компетенций;

- обоснованность и четкость изложения ответов на контрольные вопросы;

- оформление материала в соответствии с требованиями.

Выполненные в полном объеме лабораторные и практические работы являются допуском к экзамену.

**Критерии оценки лабораторных и практических работ:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Балл** | **Критерии оценки (содержательная характеристика)** |
| **«2»** | Работа выполнена частично. Студент не владеет теоретическим материалом, допускает ошибки по сущности рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допускает ошибки при ответе на дополнительные вопросы. |
| **«3»** | Работа выполнена. Студент владеет теоретическим материалом на минимально допустимом уровне, допущены незначительные ошибки при расчетах, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допускает незначительные ошибки на дополнительные вопросы. |
| **«4»** | Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом и практическими навыками, отсутствуют ошибки при расчетах, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения (выводы), допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы. Эпизодически обращается за помощью к преподавателю. |
| **«5»** | Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом и практическими навыками, отсутствуют ошибки при расчетах, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы. Способен решать задачи исследовательского характера. Расчеты производит самостоятельно, без помощи преподавателя. |

**Основные правила техники безопасности в лаборатории**

До начала работы на стендах студенты проходят инструктаж по технике безопасности и в последующем строго выполняют установленные правила:

1. Во время сборки электрических схем необходимо следить за тем, чтобы провода были плотно зажаты зажимами. Соединения проводов без зажимов должны быть изолированы. По возможности следует избегать пересечений монтажных проводов.
2. Электропитание к собранной схеме можно подключать только после разрешения преподавателя.
3. Категорически запрещается прикасаться голыми руками к металлическим зажимам, деталям, неизолированным проводам, когда цепь находится под напряжением.
4. Наличие напряжения на зажимах приборов или элементов схем следует проверять измерительным прибором, имеющим соединительные провода со щупами и изолированными ручками.
5. Запрещается производить какие-либо переключения цепи, когда она находится под напряжением. Всякие изменения в схеме производятся только с разрешения преподавателя, и после различных переключений она проверяется преподавателем.
6. Необходимо следить за тем, чтобы во время работы случайно не коснуться вращающихся частей электрических машин.
7. Следует проявлять осторожность при работе с обесточенными цепями, в которых включены конденсаторы и конденсаторные батареи.
8. При возникновении во время работы неисправностей в учебной установке, оборудовании или приборах, следует немедленно выключить напряжение питания и сообщить о неисправности преподавателю.
9. Запрещается оставлять под напряжением учебную схему и приборы.

Несоблюдение правил техники безопасности опасно для жизни и может привести к несчастным случаям.

Пострадавшим от тока должна быть оказана немедленная помощь. Необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от тока, для чего следует отключить установку, дать полный покой, расстегнуть пояс и одежду, обеспечить приток свежего воздуха, дать понюхать нашатырный спирт. Если пострадавший не подает признаков жизни, следует применять приемы искусственного дыхания. Во всех случаях поражения током следует вызвать врача.

Студенты, не выполняющие правила работы, лишаются права пользования лабораторией.

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 1

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Электрические цепи постоянного тока

**Название лабораторной работы:** Определение величины сопротивления с помощью амперметра и вольтметра

**Цель:** 1) приобрести навыки в сборке электрических цепей постоянного тока; 2) определить параметры электрической цепи с использованием закона Ома.

**Формируемые компетенции**:

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

* рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;
* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* электротехническую терминологию;
* основные законы электротехники;
* методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

1.Дайте определение электрической цепи.

2. Назовите основные режимы работы электрических цепей.

3. Сформулируйте закон Ома для участка и полной цепи.

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1.Ознакомиться с приборами, составить их перечень, записать паспортные данные.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Наименование прибора** | **Тип прибора** | **Система ИМ** | **Класс точности** | **Предел измерения** | **Паспортный номер** | **Цена деления** |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |

2. Измерить мультиметром номинальное значение сопротивлений на плате №1. Результаты записать в таблицу.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R2, Ом | R3, Ом | R4, Ом | R5, Ом |
|  |  |  |  |

3. Собрать электрическую схему.

ИП1 – миллиамперметр постоянного тока 50 мА;

ИП2 – вольтметр постоянного тока 50 В.

4. Установить на блоке питания переключатель «0-30 V» в положение «-».

5. Подключить схему к клеммам питания «~ 0-30 V».

6. Измерить ток и напряжение при трех положениях ручки резистора R1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| I, мА | U, В | R2-5 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

7. По закону Ома рассчитать сопротивление участка R2-5.

8. Собрать схему при последовательном соединении приемников.

ИП1 – миллиамперметр постоянного тока 50 мА;

ИП2 – вольтметр постоянного тока 50 В.

ИП3 – вольтметр постоянного тока 15 В.

9. Измерить общий ток в цепи, а также с помощью вольтметра падения напряжения на каждом участке последовательной цепи (на каждом резисторе).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| I, мА | U2,B | U3,B | U4,B | U5,B |
|  |  |  |  |  |

10. Проверить с помощью формул выполнение закона Ома для данной цепи:

U2 = I ∙R2 =

U3 = I ∙R3 =

U4 = I ∙R4 =

U5 = I ∙R5 =

R2 = =

R3 = =

R4 = =

R5 = =

U = U2 + U3 + U4 + U5

11. Сделать вывод о выполненной работе.

**Контрольные вопросы и задания по лабораторной работе:**

1. Из каких элементов состоит электрическая цепь?

2. Приведите схему электрической цепи, содержащей три лампы, включенные параллельно: источник электрического тока; три выключателя для ламп и автоматический выключатель для отключения всей цепи.

3. Какие режимы работы электрической цепи вам известны? Чем отличается рабочий режим от номинального?

4. Сформулируйте запишите закон Ома для участка и полной цепи.

**Содержание отчета по лабораторной работе:**

1.Тема лабораторной работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Ответы на контрольные вопросы

6. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 2

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Однофазные электрические цепи синусоидального напряжения

**Название лабораторной работы:** Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением индуктивной катушки и конденсатора

**Цель:** 1) проверить практически явления, происходящие в цепях переменного тока; 2) приобрести навыки в сборке электрических схем с применением электроизмерительных приборов; 3) рассчитать параметры отдельных элементов электрической цепи; 4)построить по опытным данным векторные диаграммы.

**Формируемые компетенции**:

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

* рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;
* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* электротехническую терминологию;
* основные законы электротехники;
* методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

1.В какую энергию в цепи с активным сопротивлением R преобразуется энергия источника питания?

2. Назовите основные режимы работы однофазной электрической цепи

3. Как ориентированы векторы тока и напряжения в цепи с активным сопротивлением? индуктивностью ? емкостью?

4. В каких единицах системы СИ измеряются период? Циклическая частота?

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1. Собрать электрическую схему (рис.2) для исследования неразветвленной цепи переменного тока и показать ее преподавателю.

2. Для различных режимов работы цепи измерить ток, напряжение на каждом элементе цепи, активную мощность и результаты измерений занести в таблицу 2.

3.Произвести расчет величин, указанных в таблице 2.

4. По результатам измерений и расчетов построить векторные диаграммы для каждого режима работы цепи.

5. Сделать вывод о проделанной работе.

Рис.4 Схема для исследования неразветвленной цепи переменного тока

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Режим работы | Результаты измерений | Результаты расчетов |
| I, А | U, В | Uк,В | UC,В | Р,Вт | f,Гц | Rк,Ом | ХL,Ом | L,Гн | XC,Ом | UL,В | Uа,В | С, мкФ | Cos φ | φ,град |
| ХL>XC |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ХL<XC |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| XL=XC |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Расчетные формулы:

Rк = ; Z = ; XC = ; Zк = ; XL = ; ; ; ; ; ; .

**Контрольные вопросы по лабораторной работе:**

1. Какие режимы работы существуют в цепях переменного тока?

2. Каким образом по показаниям приборов можно определить наличие резонанса напряжений?

3. Как изменяется при резонансе напряжений ток, полное сопротивление, коэффициент мощности и угол сдвига фаз между током и напряжением?

4. Каков физический процесс при резонансе напряжений?

5. Какими физическими процессами сопровождается прохождение переменного тока через катушку индуктивности?

**Содержание отчета по лабораторной работе**

1.Тема лабораторной работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Векторные диаграммы, построенные по результатам экспериментов.

6. Ответы на контрольные вопросы

7. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 3

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Однофазные электрические цепи синусоидального напряжения

**Название лабораторной работы:** Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением индуктивной катушки и конденсатора.

**Цель:** 1) проверить практически и уяснить, какие физические явления происходят в разветвленных цепях переменного тока; 2) научиться строить векторные диаграммы; 3) рассчитывать параметры отдельных элементов цепей.

**Формируемые компетенции**:

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

* рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;
* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* электротехническую терминологию;
* основные законы электротехники;
* методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

1. При каких условиях в цепи наступает резонанс токов? Каковы последствия резонанса токов? По какому прибору можно установить наступление резонанса токов?

2. Какой цепи соответствует данная векторная диаграмма?

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1. Записать технические характеристики приборов, используемых в данной работе.

2. Собрать электрическую схему для исследования цепи (рис.7) и показать ее для проверки преподавателю.

3. Для трех случаев нагрузки измерить и вычислить величины, указанные в таблице 3.

4. Построить для всех случаев нагрузки векторные диаграммы.

5. Сделать выводы о проделанной работе.

Рис.7 Схема для исследования параллельной цепи, содержащей индуктивную катушку и конденсаторную батарею.

Таблица 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер опыта | Данные наблюдений | Результаты вычислений |
| U, В | I, A | I1, A | I2, A | P, Вт | Cos φ | Z, Ом | Zк, Ом | ХС,Ом | С,мкФ |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы по лабораторной работе:**

1. Как рассчитать действующий ток в неразветвленной цепи?

2. Что означает резонанс токов и при каких условиях он возникает?

3. Чему равен коэффициент мощности электрической цепи при резонансе?

4. Могут ли действующие токи параллельно соединенных ветвей электрической цепи превышать действующий ток в ее неразветвленной части?

5. Каким образом может получен резонанс токов?

**Содержание отчета по лабораторной работе**

1.Тема лабораторной работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Векторные диаграммы, построенные по результатам экспериментов.

6. Ответы на контрольные вопросы

7. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 4

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Трехфазные электрические цепи

**Название практической работы:** Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей «звездой».

**Цель:** 1) выявить особенности трехфазных систем при соединении фаз звездой; 2) по опытным данным построить векторные диаграммы при различных нагрузках.

**Формируемые компетенции**:

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

* рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;
* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* электротехническую терминологию;
* основные законы электротехники;
* методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

Тестовое задание по теме «Трехфазные электрические цепи. Соединение потребителей звездой» (Приложение 1).

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1. Собрать электрическую схему для исследования трехфазной системы при соединении потребителей звездой рис.2 и показать ее преподавателю.

2. Установить симметричную нагрузку фаз с нулевым проводом, измерить фазные и линейные напряжения и токи, и ток в нейтральном проводе.

3. Установить несимметричную нагрузку с нейтральным проводом, в том числе обрыв линейного провода. Произвести измерения и данные записать в таблицу 2.

4. Рассчитать для каждого случая мощности трехфазной цепи. Результаты расчетов занести в таблицу 2.

5. Построить в масштабе векторные диаграммы для всех случаев нагрузки.

6. Сделать вывод о проделанной работе относительно применения нейтрального провода и соотношения между линейным и фазным напряжениями .

Рис.2 Схема для исследования трехфазной системы при соединении приемников звездой.

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Состояние схемы | Данные наблюдений | Расчет |
| UAB,B | UBC,B | UCA,B | UA,B | UB,B | UC,B | IA,A | IB,A | IC,A | IN,A | PA,Вт | PВ,Вт | PС,Вт | Р,Вт |
| Симметр.нагрузка |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Несимметр.нагрузка |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Обрыв линейного провода |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Активная мощность трехфазной системы: Р = РА + РВ + РС

Мощность фазы: РА = UAIAcosφA; РB = UBIBcosφB; РC = UCICcosφC.

**Контрольные вопросы по практической работе:**

1. Как соединить фазы потребителя звездой?

2. Какое напряжение называется фазным и какое – линейным?

3. Какая трехфазная система называется симметричной?

4. Для какой нагрузки применяется нейтральный провод?

5. Как определить ток в нейтральном проводе?

6. К каким последствиям может привести обрыв нейтрального провода при несимметричной нагрузке?

**Содержание отчета по практической работе**

1.Тема практической работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты и векторные диаграммы, построенные по результатам экспериментов.

5. Ответы на контрольные вопросы

6. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 5

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Трехфазные электрические цепи

**Название лабораторной работы:** Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей «треугольником».

**Цель:** 1) изучить особенности трехфазных систем при соединении фаз треугольником; 2) по опытным данным построить векторные диаграммы при различных нагрузках.

**Формируемые компетенции**:

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

* рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;
* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* электротехническую терминологию;
* основные законы электротехники;
* методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

Тестовое задание по теме «Трехфазные электрические цепи. Соединение потребителей треугольником». Приложение 2.

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1. Собрать электрическую схему для исследования трехфазной системы при соединении потребителей треугольником (рис.4) и показать ее преподавателю.

2. Установить симметричную нагрузку фаз. С помощью вольтметра измерить напряжения UАВ, UBC, UCA. Записать показания приборов (табл.4).

3. Создать несимметричную нагрузку фаз, изменяя число включенных ламп. Повторить измерения токов и напряжений. Показания приборов записать в таблицу.

4. Отсоединить один из линейных проводов и вновь записать показания всех приборов.

5. Подсчитать мощность каждой фазы и полную мощность, потребленную нагрузкой, результаты вычислений занести в таблицу.

6. Построить в масштабе векторные диаграммы токов и напряжений для симметричной и несимметричной нагрузки фаз.

7. Сделать вывод по результатам выполненной работы.

Рис.4 Схема для исследования трехфазной электрической цепи при соединении приемников треугольником.

Таблица 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер опыта | Состояние схемы | Данные наблюдений | Результаты вычислений |
| Напряжение, В | Ток, А | Активная мощность, Вт |
| UAB | UBC | UCA | IA | IB | IC | IAB | IBC | ICA | PAB | PBC | PCA | P |
| 1 | Симметричная нагрузка |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Несимметричная нагрузка |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Несимметричная нагрузка с обрывом линейного провода |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Расчетные формулы:

Фазное напряжение Uф = Uл; фазный ток Iф = Uф/ zф; линейный ток Iл=Iф.

Угол сдвига фазного тока относительно фазного напряжения определяется через его косинус, синус или тангенс:

cos φф = rф/zф; sin φф = xф/zф; tg φф = xф/rф.

Активная, реактивная и полная мощности одной фазы:

Рф = UфIфcos φф; Qф = UфIфsin φф; Sф = UфIф

Активная мощность трехфазной системы: Р = РАВ + РВС + РСА

**Контрольные вопросы по лабораторной работе:**

1. Как соединить фазы потребителя треугольником?

2. Какие существуют зависимости между линейными и фазными токами трехфазной системы при соединении приемников треугольником?

3. Какую трехфазную нагрузку называют симметричной?

4. Какие аварийные режимы в трехфазных цепях вам известны?

**Содержание отчета по лабораторной работе**

1.Тема лабораторной работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Векторные диаграммы, построенные по результатам экспериментов.

6. Ответы на контрольные вопросы

7. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 6

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Виды и методы электрических измерений

**Название лабораторной работы:** Поверка вольтметра по образцовому прибору.

**Цель:** 1) научиться поверять технические вольтметры; 2) выявлять соответствие поверяемого вольтметра классу точности, обозначенному на нем.

**Формируемые компетенции**:

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

* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* электротехническую терминологию;
* методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей;
* принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов;
* правила эксплуатации электрооборудования.

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

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

Тестовое задание по теме «Виды и методы электрических измерений», Приложение 3.

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1. Ознакомиться с приборами и записать их технические характеристики в таблицу 5.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Название прибора | Тип прибора | Система ИМ | КлассТочности | Пределизмерения |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

2. Собрать схему согласно рис. 5 и представить ее для проверки преподавателю.

Рис. 5 Схема поверки вольтметра

3. Проверить положение стрелок измерительных приборов. Они должны находиться на нулевой отметке шкалы.

4. Подать напряжение на схему. Установить стрелку поверяемого вольтметра поочередно на всех числовых отметках шкалы при увеличении напряжения от нуля до номинального значения. Регулировать напряжение нужно так, чтобы стрелка поверяемого вольтметра постепенно подходила к первой числовой отметке шкалы, не переходя за нее. Показания приборов записать в таблицу 6.

5. Произвести поверку вольтметра по тем же отметкам шкалы в обратном порядке, т.е. уменьшая напряжение от номинального значения до нуля. Данные наблюдений записать в таблицу 6.

6. По данным измерений п.4 и п.5 вычислить абсолютную и приведенную погрешности и поправки, выбирая для этого максимальное значение для каждой пары абсолютных погрешностей, полученных для данной отметки поверяемого вольтметра. Результаты вычислений записать в таблицу 6.

7. По наибольшему значению приведенной погрешности определить класс точности поверяемого вольтметра и сравнить его с классом точности, указанным на циферблате.

8. Построить кривую поправок в зависимости от показаний поверяемого прибора: -Δ= f (Uп).

9. Составить отчет по результатам выполненной работы.

Таблица 6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер опыта | Данные наблюдений | Результаты вычислений |
| Uп, В | Uд, В0…Uном | Uд, ВUном…0 | ΔU, В0…Uном | ΔU, ВUном…0 | ΔUmax, В | γ,% | -Δ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Расчетные формулы:

Абсолютная погрешность ∆U = UП – UД;

Приведенная погрешность γ = · 100%, где

Uном – предел измерения поверяемого вольтметра.

**Контрольные вопросы по лабораторной работе:**

1. Какие погрешности называются абсолютной? Относительной? Приведите формулы.

2. На какие классы точности делятся электроизмерительные приборы? Что означает класс точности 0,5?

3. Поясните устройство и принцип действия прибора электромагинтной системы.

4. Что называется ценой деления прибора? Приведите формулу.

**Содержание отчета по лабораторной работе**

1.Тема лабораторной работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Кривая поправок, построенная по результатам экспериментов.

6. Ответы на контрольные вопросы

7. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 7

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Виды и методы электрических измерений

**Название лабораторной работы:** Поверка амперметра по образцовому прибору.

**Цель:** 1) ознакомиться с методикой поверки амперметров;

2) установить соответствие прибора обозначенному классу точности;

3) построить кривую поправок.

**Формируемые компетенции**:

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

* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* электротехническую терминологию;
* методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей;
* принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов;
* правила эксплуатации электрооборудования.

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

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

1. По какой погрешности определяется класс точности прибора?

2. Как классифицируются электроизмерительные приборы по принципу действия? Какие из них работают на переменном токе?

3. Как определить цену деления шкалы прибора?

4. Переведите в амперы 5 мА; 50 мкА.

5. Для какой цели проводят поверку электроизмерительных приборов?

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1. Ознакомиться с приборами, составить их перечень, записать паспортные данные.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование прибора | Тип прибора | Система ИМ | Класс точности | Предел измерения | Паспортный номер |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

2. Собрать электрическую схему

Рис. Электрическая схема поверки амперметра

3. Подать напряжение на схему. С помощью реостата плавно переместить стрелку прибора от нулевого показателя до максимального и обратно.

4. Прогреть прибор в течение 15 минут номинальным измеряемым током.

5. Прибор включить и отрегулировать положение стрелки корректором (на «0»).

6. Указатель поверяемого амперметра установить последовательно на всех числовых отметках шкалы сначала при возрастании тока, затем при убывании его. По образцовому прибору определить действительное значение измеряемого тока на этих отметках.

7. Вычислить абсолютные и приведенные погрешности и вариации показаний. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

8. По данным опыта и расчетам построить кривую поправок –Δ= f (Iп) в зависимости от показаний поверяемого прибора.

9. Сделать вывод о соответствии поверяемого прибора обозначенному на нем классу точности.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Iп | Показания образцового амперметра | Абсолютная погрешность | Δср | Приведенная погрешностьγпр | Вариацияγ | Примечание |
|  | А | Iув,А | Iум, А | Δув,А | Δум,А | А | % | % |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы по лабораторной работе:**

1.Что называется абсолютной погрешностью? относительной? Дайте определения погрешностей и приведите формулы.

2. Какой метод измерения используется в лабораторной работе? Запишите достоинства и недостатки метода.

3.Для какой цели строят кривую поправок?

**Содержание отчета по лабораторной работе**

1.Тема лабораторной работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Кривая поправок, построенная по результатам экспериментов.

6. Ответы на контрольные вопросы

7. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 8

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Измерения в цепях постоянного и переменного тока

**Название лабораторной работы:** Измерение сопротивлений

**Цель:** 1) составлять схемы цепей с различными соединениями потребителей; 2) научиться рассчитывать допуски резисторов; 3) измерить сопротивления с помощью мультиметра.

**Формируемые компетенции**:

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

* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* электротехническую терминологию;
* методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей;
* принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов;
* правила эксплуатации электрооборудования.

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

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

Тестовое задание по теме «Измерения в цепях постоянного и переменного тока», Приложение 4.

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1. Выполнить тестовое задание

2. Измерить номинальное значение сопротивлений на плате №1. Результаты записать в таблицу.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| R1, Ом | R2, Ом | R3, Ом | R4, Ом | R5, Ом |
|  |  |  |  |  |

3. Соединить последовательно сопротивления R2 и R3. Выполнить расчеты и измерения, результаты занести в таблицу.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сопротивление | Расчет | Измерение | Δ R, Ом | δ, % |
| R2,3 |  |  |  |  |

4.Аналогично пункту 3 выполнить соединение резисторов R4 и R5. Результаты оформить в виде таблицы.

5. Соединить параллельно сопротивления R1 и R2; R3 и R4.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сопротивление | Расчет | Измерение | Δ R, Ом | δ, % |
| R1,2 |  |  |  |  |
| R3,4 |  |  |  |  |

6. Самостоятельно разработать и начертить схему смешанного соединения сопротивлений. Результаты расчетов и измерений оформить в виде таблицы.

**Контрольные вопросы по лабораторной работе:**

1. Какими методами можно измерить сопротивление? Особенности каждого метода?

2. Приведите схему включения одинарного измерительного моста.

3. Для чего применяются мегаомметры?

**Содержание отчета по лабораторной работе**

1.Тема лабораторной работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Ответы на контрольные вопросы

6. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 9

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Измерения в цепях постоянного и переменного тока

**Название лабораторной работы:** Измерение мощности в однофазных цепях переменного тока

**Цель:** 1) измерить активную мощность однофазной цепи прямым и косвенным методом; 2) определить погрешность измерения.

**Формируемые компетенции**:

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

* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* электротехническую терминологию;
* методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей;
* принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов;
* правила эксплуатации электрооборудования.

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

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

1.Какую мощность измеряет ваттметр в цепях переменного тока?

2. Какая система ИМ применяется в ваттметрах?

3. Какая катушка ваттметра включается в цепь последовательно? Параллельно?

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1.Ознакомиться с приборами, предназначенных для выполнения лабораторной работы, выписать их паспортные данные в таблицу 7.

Таблица 7.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование прибора | Тип прибора | Система ИМ | Класс точности | Предел измерения | Паспортный номер |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

2. Собрать электрическую схему.

Рис. 6 Электрическая схема измерения мощности в однофазной цепи

3.Произвести измерения тока, напряжения, мощности при активной и активно-реактивной нагрузке. Результаты измерений занести в таблицу.

4.Рассчитать активную мощность и относительную погрешность измерений. Результаты расчетов занести в таблицу 8.

Таблица 8.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | I, A | U, B | PW, Вт | Ррасч, Вт | ΔР, Вт | δР, % | Z, Ом | Примечание |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  | Активная нагрузка |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  | Активно-реактивная нагрузка |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |
| δРср= |

Расчетные формулы:

Ррасч = UI; ∆P = PW - Pрасч; · 100%; Z = .

5. Сделать вывод.

**Контрольные вопросы по лабораторной работе:**

1.Как устроен электродинамический ваттметр?

2. Как определить цену деления ваттметра?

3. Назовите достоинства и недостатки электродинамических механизмов.

**Содержание отчета по лабораторной работе**

1.Тема лабораторной работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Ответы на контрольные вопросы

6. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 10

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Полупроводниковые приборы

**Название лабораторной работы:** Изучение полупроводникового диода

**Цель:** изучить свойства полупроводниковых диодов путем практического снятия вольт-амперных характеристик

**Формируемые компетенции**:

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

* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов;
* принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов.

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

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

1.Что называют примесной и собственной проводимостью полупроводников?

2. Что называется электронно-дырочным переходом?

3. Почему p-n переход нельзя получить простым соединением пластин p и n типа?

4. Какой полупроводниковый прибор называется диодом?

5. Приведите классификацию диодов по назначению.

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1. Собрать схему для снятия вольт-амперной характеристики диода (рис.7).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Включение p-n перехода в прямом направлении | Включение p-n перехода в обратном направлении |

Рис.7 Процессы, происходящие в p-n переходе при включении его в прямом и обратном направлениях.

Рис.8 Схема для снятия вольт-амперной характеристики

2. Включить диод в прямом направлении и снять вольт-амперную характеристику – прямую ветвь. Результаты записать в таблицу 9.

Таблица 9

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uпр, В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Iпр, А |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

3. Включить диод в обратном направлении и снять вольт-амперную характеристику – обратную ветвь. Результаты записать в таблицу 10.

Таблица 10

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uобр,В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Iобр, А |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

4. По данным пунктов 2 и 3 построить вольт-амперную характеристику полупроводникового диода I = f (U).

5. Определить дифференциальные сопротивления диода в прямом и обратном направлениях:

 

6. Сделать вывод относительно проводимости диода в прямом и обратном направлениях.

**Контрольные вопросы по лабораторной работе:**

1. Какой прибор называется полупроводниковым диодом?

2. Принцип работы полупроводникового диода.

3. Как определяются дифференциальные сопротивления диода?

4. Каким свойством обладает полупроводниковый диод?

**Содержание отчета по лабораторной работе**

1.Тема лабораторной работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Вольт-амперная характеристика диода, построенная по результатам экспериментов.

6. Ответы на контрольные вопросы

7. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 11

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Полупроводниковые приборы

**Название лабораторной работы:** Исследование полупроводникового стабилитрона

**Цель:** 1) изучить свойства полупроводникового стабилитрона путем практического снятия и исследования вольт-амперных характеристик; 2) научиться определять параметры стабилитрона.

**Формируемые компетенции**:

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

* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов;
* принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов.

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

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

Выполнение тестового задания «Полупроводниковые диоды», Приложение 5.

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1.Собрать схему для снятия вольт-амперной характеристики стабилитрона.

Рис.9

2.Снять обратную ветвь вольт-амперной характеристики стабилитрона. Показания приборов записать в таблицу 11. Пределы измерения: амперметра -0 ÷ 50 мА; вольтметра V1 – 0 ÷ 50 В; вольтметра V2 -0 ÷10 В.

Таблица 11

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U1, В |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Iобр, мА |  |  |  |  |  |  |  |  |
| U2, В |  |  |  |  |  |  |  |  |

3.Построить обратную ветвь вольт-амперной характеристики стабилитрона:

Iобр = f (Uобр)

4.Определить параметры стабилитрона:

 

5.По данным таблицы 11 построить характеристику U1= f (U2).

6.Сделать вывод относительно стабильности напряжения на стабилитроне U2.

**Контрольные вопросы по лабораторной работе:**

1. Какие виды пробоя p-n перехода существуют?

2.Что называется стабилитроном? Начертите его условное обозначение.

2.Укажите область применения стабилитронов.

3. Укажите основные параметры стабилитронов.

**Содержание отчета по лабораторной работе**

1.Тема лабораторной работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Вольт-амперная характеристика стабилитрона, построенная по результатам экспериментов.

6. Ответы на контрольные вопросы

7. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта лабораторного занятия № 12

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Полупроводниковые приборы

**Название лабораторной работы:** Изучение биполярного транзистора

**Цель:** 1) изучить свойства биполярных транзисторов путем практического снятия вольт-амперных характеристик; 2) определить h-параметры транзистора

**Формируемые компетенции**:

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

* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

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

* свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов;
* принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов.

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

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

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, людьми, находящимися в зонах пожара.

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: Устройство лабораторное по электротехнике К 4822 - 2

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

Выполнение тестового задания по теме «Биполярные транзисторы», Приложение 6.

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1. Собрать схему для снятия статических характеристик транзистора (рис.10)

Рис.10

2. Снять семейство статических характеристик транзистора при напряжениях на коллекторе равных 0 и – 5 В. Полученные данные свести в таблицу 12.

Таблица 12

|  |  |
| --- | --- |
| Uкэ = 0 | Uкэ = -5В |
| Iб, мкА | Uбэ, мВ | Iб, мкА | Uбэ, мВ |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

3. Снять семейство статических выходных характеристик транзистора при токах базы 50 и 100 мкА. Полученные данные свести в таблицу 13.

Таблица 13

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uкэ,В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Iк, АIб=50мкА |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Iк, АIб=50мкА |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

4. По данным таблиц построить входные и выходные характеристики транзистора и определить по ним параметры транзистора.

**Контрольные вопросы по лабораторной работе:**

1. Объяснить принцип действия транзистора

2. Какие характеристики называются входными, а какие – выходными?

3. Назовите входные и выходные характеристики для схемы включения транзистора с общим эмиттером.

4. Как определяются h – параметры транзистора.

**Содержание отчета по лабораторной работе**

1.Тема лабораторной работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5.Построенные входные и выходные характеристики транзистора.

6. Ответы на контрольные вопросы

7. Вывод (сопоставление данных опытов и расчетов, объяснение полученных расхождений).

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта практического занятия № 1

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Правила Кирхгофа. Расчет сложных электрических цепей

**Название лабораторной работы:** Изучение соединений резисторов и применение законов Ома и Кирхгофа

**Цель:** научиться производить расчеты электрических цепей постоянного тока, используя при этом законы Ома и Кирхгофа

**Формируемые компетенции**:

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

* рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;

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

* основные законы электротехники;
* методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.

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

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

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: индивидуальные расчетные задания

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении практической работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

1.Дайте определение электрической цепи.

2. Что называют электрическим узлом? Ветвью? Контуром?

3. Сформулируйте 1 и 2 законы Кирхгофа

4. Сформулируйте закон Ома для участка и полной цепи.

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1.Составьте схему смешанного соединения из 8 резисторов, задайте для них числовые значения и определите Rэкв. Пример решения в Приложении 7.

2. Рассчитать электрическую цепь согласно варианту, используя первый и второй законы Кирхгофа.

|  |  |
| --- | --- |
| **Вариант 1** | **Дано:**Е1= 130 В; Е2 = 110В; Е3 = 90В; R1 = 5Ом; R2 = 8 Ом; R3= 12 Ом; R4 = 15 Ом; r1 = 1 Ом; r2 = 1,2 Ом; r3 = 1,5 Ом; I = 11A**Найти:**Токи в ветвях контура |
| **Вариант 2** | **Дано:**Е1 = 50 В; Е2 = 60 В; Е3 = 16В; Е4 = 10 В; R1 = 4 Ом; R2 = 5 Ом; R3 = 7 Ом; I1 = 11А.**Найти:**I2 - ? I - ? |
| **Вариант 3** | **Дано:**Е1 = 80В; Е2 = 200В; Е3 = 50В; R1= 5 Ом; R2= 3 Ом; R3 =2 Ом; I2 = 4 А**Найти:**I1 - ? I - ? |
| **Вариант 4** | **Дано:**Е1=40В; Е2=150В; Е3=15В; Е4=5В; R1= 2Ом;R2= 5Ом; R3= 4Ом; I1 = 1A**Найти:**I2 - ? I - ? |
| **Вариант 5** | **Дано:**Е2=120В; Е3=10В; R1=3 Ом; R2=4 Ом; R3=5Ом; R4=7 Ом; I1 = 1A; I2 = 3A**Найти:**Е1 - ? I- ? |
| **Вариант 6** | **Дано:**Е1=50В; Е2=190В; R1=5Ом; R2=10Ом; R3=15Ом; R4 = 7Ом; I2=4A**Найти:**I1- ? I - ? |
| **Вариант 7** | **Дано:**Е1=100В; Е2=20В; Е3=60В; R1=10Ом; R2=2Ом; R3=14Ом; R4 = 5Ом; I=15A**Найти:**I1- ? I2 - ? |
| **Вариант 8** | **Дано:**Е1=150В; Е2=50В; Е3=30В; R1=4Ом; R2=6Ом; R3=7Ом; I=15A**Найти:**I1- ? I2 - ? |
| **Вариант 9** | **Дано:**Е1=125В; Е2=20В; Е3=17В; R1=8Ом; R2=2Ом; R3=3Ом; I=2A**Найти:**I1- ? I2 - ? |
| **Вариант 10** | **Дано:**Е1=110В; Е2=10В; Е3=20В; R1=5Ом; R2=3Ом; R3=2Ом; R4=3Ом; I=5A**Найти:**I1- ? I2 - ? |

**Контрольные вопросы по практической работе:**

1.Как сформулировать и записать математически первый закон Кирхгофа?

2. Как сформулировать и записать математически второй закон Кирхгофа?

3. Какие токи и ЭДС берутся со знаком "-" при составлении уравнений на основании второго закона Кирхгофа?

4. Как сформулировать и записать обобщенный закон Ома для цепи постоянного тока?

**Содержание отчета по практической работе**

1.Тема практической работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчетные задания №1,2.

5. Ответы на контрольные вопросы

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта практического занятия № 2

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Магнитные цепи

**Название практической работы:** Расчет магнитной цепи

**Цель:** приобрести навыки расчета неоднородных магнитных цепей (прямая задача)

**Формируемые компетенции**:

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

* рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей;

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

* электротехническую терминологию;
* основные законы электротехники;
* характеристики и параметры электрических и магнитных полей;
* методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей;

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

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

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: индивидуальные расчетные задания

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении практической работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

1. Сформулируйте определение основных магнитных величин: индукции, магнитного потока, напряженности, абсолютной магнитной проницаемости.

2. Приведите определение собственной индуктивности и взаимной индуктивности катушки.

3. Поясните процесс намагничивания ферромагнитного материала. Что называется магнитными доменами?

4. Что называется магнитной цепью?

5.Перечислите виды магнитных цепей.

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1. Рассчитать магнитную цепь для заданного варианта, данные для которого сведены в таблицу 14.

2. Ответить на вопрос. Как изменится ток в катушках, если в магнитной цепи оставить один воздушный зазор? Сделать не обходимый расчет. Примечание: кривые намагничивания сведены в таблицу 15.

Таблица 14

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Задача | Материал | Число витков | Включ. обмоток | Ф, Вб |
| стержней | ярем | ω1 | ω2 |
| 01 | 1 | Сталь Э11 | Э42 | 100 | 450 | В и С | 3 ∙10-3 |
| 02 | 2 | Литая ст. | Чугун | 250 | 50 | А и С | 2,4 ∙10-3 |
| 03 | 1 | Чугун | Лит.сталь | 500 | 250 | А и Д | 2,7 ∙10-3 |
| 04 | 2 | Э42 | Э11 | 100 | 350 | А и С | 2,5 ∙10-3 |
| 05 | 1 | Лит.сталь | Э11 | 700 | 150 | В и Д | 1,8 ∙10-3 |
| 06 | 2 | Лит.сталь | Чугун | 150 | 750 |  А и Д | 1,8 ∙10-3 |
| 07 | 1 | Лит.сталь | Э11 | 700 | 150 | А и С | 1,6 ∙10-3 |
| 08 | 2 | Лит.сталь | Чугун | 150 | 750 | В и Д | 2,3 ∙10-3 |
| 09 | 1 | Э11 | Чугун | 800 | 200 | В и С | 2,5 ∙10-3 |
| 10 | 2 | Э42 | Э11 | 1200 | 250 | А и С | 0,8 ∙10-3 |
| 11 | 1 | Чугун | Э42 | 450 | 250 | А и Д | 2,4 ∙10-3 |
| 12 | 2 | Лит.сталь | Э42 | 1600 | 400 | В и С | 1,2 ∙10-3 |
| 13 | 1 | Э11 | Э42 | 350 | 100 | А и Д | 2,2 ∙10-3 |
| 14 | 2 | Э11 | Чугун | 950 | 150 | А и С | 2,4 ∙10-3 |
| 15 | 1 | Э11 | Лит.сталь | 800 | 100 | В и С | 2,0 ∙10-3 |
| 16 | 2 | Э42 | Э11 | 100 | 665 | В и С | 2,6 ∙10-3 |
| 17 | 1 | Э11 | чугун | 1000 | 250 | А и С | 1,8 ∙10-3 |

Таблица 15

|  |  |
| --- | --- |
| Индукция, В (Тл) | Напряженность поля Н.  |
| Э11 | Э42 | Литая сталь | Чугун |
| 0,25 | 100 | 25 | 200 | 1050 |
| 0,3 | 113 | 29 | 240 | 1220 |
| 0,35 | 126 | 33 | 280 | 1430 |
| 0,4 | 140 | 37 | 320 | 1640 |
| 0,45 | 155 | 42 | 360 | 1910 |
| 0,5 | 171 | 48 | 400 | 2200 |
| 0,55 | 190 | 55 | 443 | 2550 |
| 0,6 | 211 | 63 | 488 | 2940 |
| 0,65 | 236 | 73 | 535 | 3420 |
| 0,7 | 261 | 84 | 584 | 3920 |
| 0,75 | 281 | 96 | 632 | 4600 |
| 0,8 | 318 | 110 | 682 | 5400 |
| 0,85 | 352 | 125 | 745 | 6300 |
| 0,9 | 397 | 140 | 798 | 7360 |
| 1,0 | 502 | 185 | 924 | 10100 |
| 1,1 | 647 | 260 | 1090 | 14000 |
| 1,2 | 843 | 380 | 1290 | 19200 |
| 1,3 | 1140 | 680 | 1590 | 26200 |
| 1,4 | 1580 | 1450 | 2090 | 34800 |
| 1,5 | 2200 | 3100 | 2890 | 47800 |
| 1,6 | 4370 | 5600 | 4100 | - |
| 1,7 | 7780 | 9500 | - | - |
| 1,8 | 12800 | 14600 | - | - |

**Задача 1**

Магнитная цепь, схема которой приведена на рисунке 11, состоит из двух вертикальных стержней и двух горизонтальных ярем. Размеры цепи заданы в сантиметрах. В магнитной цепи имеются два воздушных зазора. На ярмах расположены обмотки, числа витков которых ω1 и ω2.

Определить: 1) необходимую силу тока в обмотках для получения в сердечнике заданного магнитного потока Ф; 2) магнитную проницаемость, потокосцепление и индуктивность обмотки на участке, где расположена обмотка.

Начертить схему магнитной цепи. Данные для своего варианта взять из таблицы 14.

Рисунок 11

 **Задача 2**

Магнитная цепь, схема которой приведена на рисунке 12, состоит из двух вертикальных стержней и двух горизонтальных ярем. Размеры цепи заданы в сантиметрах. В магнитной цепи имеются два воздушных зазора. На ярмах расположены обмотки, числа витков которых ω1 и ω2.

Определить: 1) необходимую силу тока в обмотках для получения в сердечнике заданного магнитного потока Ф; 2) индуктивность обеих обмоток; 3) как нужно изменить ток в обмотках, если при том же магнитном потоке изменить включение обмоток с согласного на встречное и наоборот?

Начертить схему магнитной цепи. Данные для своего варианта взять из таблицы 14.

 Рисунок 12

**Контрольные вопросы по практической работе.**

1. Как формулируется закон полного тока?

2. Какие величины определяют в результате расчета магнитной цепи?

3. Начертите неразветвленную и разветвленную магнитные цепи и покажите пути, по которым замыкаются магнитные потоки.

**Содержание отчета по практической работе**

1.Тема практической работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчетные задания.

5. Ответы на контрольные вопросы

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта практического занятия № 3

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Двигатели постоянного и переменного тока

**Название практической работы:** Определение параметров машин постоянного тока по паспортным данным

**Цель:** совершенствовать навыки расчета номинальных величин и параметров машин постоянного тока по паспортным данным.

**Формируемые компетенции**:

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

* использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности;

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

* принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов;
* правила эксплуатации электрооборудования.

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

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

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: индивидуальные расчетные задания

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении практической работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

Тестовое задание по теме «Машины постоянного тока», Приложение 8.

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1. Выполнить расчет двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

Для двигателя постоянного тока независимого возбуждения заданы параметры: номинальная мощность двигателя Рном, напряжение питания цепи якоря Uном, напряжение питания цепи возбуждения Uв, частота вращения якоря в номинальном режиме nном, сопротивления цепи якоря  и цепи возбуждения rв, приведенные к рабочей температуре, падение напряжения в щеточном контакте при номинальном токе ΔUщ = 2В, номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки Δnном = 8,0%, ток якоря в режиме холостого хода I0. Требуется определить все виды потерь и КПД двигателя.

Таблица 16

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Варианты |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Рном, кВт | 40 | 53 | 75 | 16 | 11 |
| Uном, В | 440 | 440 | 440 | 220 | 220 |
| Uв, В | 220 | 220 | 220 | 220 | 110 |
| I0, A | 7,5 | 8,0 | 10,8 | 8,7 | 5,8 |
| , Ом | 0,17 | 0,12 | 0,7 | 0,18 | 0,27 |
| rв,Ом | 55 | 42 | 40 | 60 | 27 |
| nном,об/мин | 1000 | 2360 | 3150 | 1500 | 800 |

2. В таблице приведены данные каталога на двигатели постоянного тока независимого возбуждения серии 2П: номинальная мощность Рном, номинальное напряжение Uном, номинальная частота вращения nном, КПД двигателя ηном, сопротивление цепи якоря .Требуется определить сопротивление добавочного резистора rд, который следует включить в цепь якоря, чтобы при номинальной нагрузке двигателя частота вращения якоря составила 0,5nном; построить естественную и искусственную механические характеристики двигателя.

Таблица 17

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Рном, кВт | Uном, В | nном, об/мин | ηном, % | , Ом |
| 2ПО200М | 20 | 440 | 2200 | 90 | 0,28 |
| 2ПФ200М | 30 | 440 | 2200 | 90 | 0,22 |
| 2ПФ200L | 20 | 220 | 1000 | 85,5 | 0,18 |
| 2ПН225М | 37 | 220 | 1500 | 86,5 | 0,07 |
| 2ПФ225М | 10 | 220 | 500 | 74,5 | 0,58 |
| 2ПО180М | 17 | 440 | 3000 | 90 | 0,31 |

**Контрольные вопросы по практической работе:**

1.Каково назначение коллектора в генераторе и двигателе?

2.Каково назначение конусных шайб в коллекторе?

3.Какие способы ограничения пускового тока применяются в двигателях постоянного тока?

4.С какой целью при пуске двигателя параллельного возбуждения сопротивление реостата в цепи возбуждения устанавливают минимальным?

**Содержание отчета по практической работе**

1.Тема практической работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Ответы на контрольные вопросы

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта практического занятия № 4

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Двигатели постоянного и переменного тока

**Название практической работы:** Расчет бесколлекторных машин переменного тока.

**Цель:** 1) определить основные параметры асинхронного двигателя;

2) построить график механической характеристики n=f(M).

**Формируемые компетенции**:

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

* использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности;

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

* принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов;
* правила эксплуатации электрооборудования.

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

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

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: индивидуальные расчетные задания

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении практической работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

Тестовое задание по теме «Машины переменного тока»,Приложение10.

**Содержание работы и порядок выполнения:**

1.Расшифровать условное обозначение двигателя, построить механическую характеристику n=f(M).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Тип двигателя | Рном, кВт | n2, об/мин | Cosφном | Iпуск/Iном | Мпуск/Mн | Мmax/Mн | ηном |
| 1 | 4А100S2У3 | 4 | 2880 | 0,89 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,86 |
| 2 | 4А100L2У3 | 5,5 | 2880 | 0,91 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,87 |
| 3 | 4А112М2СУ3 | 7,5 | 2900 | 0,88 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,87 |
| 4 | 4А132М2СУ3 | 11 | 2900 | 0,9 | 7,5 | 1,6 | 2,2 | 0,88 |
| 5 | 4А80А4У3 | 1,1 | 1400 | 0,81 | 5,0 | 2,0 | 2,2 | 0,85 |
| 6 | 4А90L4У3 | 2,2 | 1400 | 0,83 | 6,0 | 2,0 | 2,2 | 0,8 |
| 7 | 4А100S4У3 | 3 | 1425 | 0,83 | 6,5 | 2,0 | 2,2 | 0,82 |
| 8 | 4А100L4У3 | 4 | 1425 | 0,84 | 6,5 | 2,0 | 2,2 | 0,84 |
| 9 | 4А112М4СУ1 | 5,5 | 1425 | 0,85 | 7,0 | 2,0 | 2,2 | 0,85 |
| 10 | 4А132М4СУ1 | 11 | 1450 | 0,87 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,87 |
| 11 | 4АР160S4У3 | 15 | 1465 | 0,83 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,865 |
| 12 | 4АР160М4У3 | 18,5 | 1465 | 0,87 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,885 |
| 13 | 4АР180S4У3 | 22 | 1460 | 0,87 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,89 |
| 14 | 4АР180М4У3 | 30 | 1460 | 0,87 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,9 |
| 15 | 4А250S4У3 | 75 | 1480 | 0,9 | 7,5 | 1,2 | 2,2 | 0,93 |
| 16 | 4Ф250М4У3 | 90 | 1480 | 0,91 | 7,5 | 1,2 | 2,2 | 0,93 |

2. Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором имеет номинальную мощность Рном и потребляет из сети полную мощность S1 при коэффициенте мощности cos φном и КПД ηном. Суммарные потери мощности в двигателе ∑р. Двигатель развивает номинальный момент Мном, максимальный момент Мmax и пусковой Мпуск. Определить величины, отмеченные прочерками.

**Контрольные вопросы по практической работе:**

1. Что такое скольжение и каким оно обычно бывает у асинхронных двигателей общего применения?

2. От каких параметров зависит КПД асинхронного двигателя?

3. Что такое перегрузочная способность асинхронного двигателя и какова ее зависимость от напряжения питания двигателя?

**Содержание отчета по практической работе**

1.Тема практической работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Ответы на контрольные вопросы

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта практического занятия № 5

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Выбор электродвигателя в электроприводе

**Название практической работы:** Выбор электродвигателей по мощности

**Цель:** 1) научиться различать типы АД; 2) научиться производить выбор АД по мощности в соответствии с требованиями технологического процесса

**Формируемые компетенции**:

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

* использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности;

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

* принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов;
* принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов;
* правила эксплуатации электрооборудования.

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

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

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: индивидуальные расчетные задания

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении практической работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

Тестовое задание по теме, Приложение 11.

**Содержание работы и порядок выполнения**

 1. Выполнить предлагаемое ниже задание, предварительно повторив соответствующие темы из раздела «Основы электропривода».

Рабочая машина (агрегат, установка, рабочий механизм) приводится в движение с помощью передаточного устройства трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором. Двигатель питается от сети с линейным напряжением Uном =380 В при частоте f1 = 50 Гц.

По заданным в таблице 18 потребляемой мощности на валу рабочей машины и виду передаточного устройства определить расчетную мощность электродвигателя . По таблице 20 выбрать электродвигатель, расшифровать его условное обозначение и определить: 1) номинальный ток в фазе обмотки статора; 2) номинальное и критическое скольжение; 3) номинальный, максимальный и пусковой моменты двигателя.

Указания: 1. Расчетная мощность, кВт электродвигателя

Ррасч = Рм / ηп,

где Рм – потребляемая мощность на валу рабочей машины, кВт;

ηп – КПД передачи.

2.КПД передачи взять из таблицы в соответствии с заданным в таблице номером передачи.

 3.По значению расчетной мощности выбрать из таблицы 24 ближайший по мощности (но не менее расчетной) электродвигатель.

 Таблица 18

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер задачи | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Номер передачи | 1 | 3 | 8 | 4 | 9 | 5 | 2 | 10 | 6 | 7 |
| Рм, кВт | 0,5 | 2,5 | 1,3 | 8,5 | 6 | 10 | 1,1 | 4 | 12 | 0,8 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер задачи | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Номер передачи | 6 | 8 | 5 | 2 | 9 | 3 | 10 | 7 | 1 | 4 |
| Рм, кВт | 35 | 5,2 | 15 | 2 | 2,3 | 3,6 | 1,5 | 1 | 0,3 | 3 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер задачи | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Номер передачи | 10 | 2 | 1 | 4 | 8 | 3 | 5 | 9 | 6 | 7 |
| Рм, кВт | 8 | 1,7 | 0,8 | 10 | 55 | 7 | 16 | 7,5 | 13 | 2,8 |

 Таблица 19

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер передачи | Вид передачи | КПД |
| 1 | Плоскоременная | 0,95…0,96 |
| 2 | Клиноременная | 0,96 |
| 3 | Зубчато-ременная | 0,97…0,98 |
| 4 | Цепная | 0,96…0,97 |
| 5 | Зубчатая: цилиндрическая | 0,9…0,93 |
| 6 | Коническая | 0,88…0,92 |
| 7 | Зубчато-червячная: самотормозящая | 0,4…0,45 |
| 8 | С однозаходным червяком | 0,72…0,77 |
| 9 | С двухзаходным | 0,8…0,84 |
| 10 | С трехзаходным | 0,85…0,89 |

 Таблица 20 – Технические данные некоторых АД трехфазного тока с короткозамкнутым ротором серии 4А

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Рном, кВт | n2,об/мин | ηном | cos φном | Ki = Iп/ Iном | Kп=Мп/Мном | Kм=Мmax/Mном |
| 4А63А2У3 | 0,37 | 2750 | 0,70 | 0,86 | 4,5 | 2,0 | 2,2 |
| 4А71В2У3 | 1,1 | 2810 | 0,775 | 0,87 | 5,5 | 2,0 | 2,2 |
| 4А80В2У3 | 2,2 | 2850 | 0,83 | 0,87 | 6,5 | 2,1 | 2,6 |
| 4А90L2У3 | 3,0 | 2840 | 0,845 | 0,87 | 6,5 | 2,1 | 2,5 |
| 4А100 L2У3 | 5,5 | 2880 | 0,875 | 0,91 | 7,5 | 2,0 | 2,5 |
| 4А112М2У3 | 7,5 | 2900 | 0,875 | 0,88 | 7,5 | 2,0 | 2,8 |
| 4А132М2У3 | 11,0 | 2900 | 0,88 | 0,90 | 7,5 | 1,7 | 2,8 |
| 4А250М2У3 | 90,0 | 2960 | 0,92 | 0,90 | 7,5 | 1,2 | 2,5 |
| 4А80В4У3 | 1,5 | 1415 | 0,77 | 0,83 | 5,0 | 2,0 | 2,2 |
| 4А112М4У3 | 5,5 | 1445 | 0,855 | 0,85 | 7,0 | 2,0 | 2.2 |
| 4А160S4У3 | 15,0 | 1465 | 0,885 | 0,88 | 7,0 | 1,4 | 2,3 |
| 4A100L6У3 | 2,2 | 950 | 0,81 | 0,73 | 5,0 | 2,0 | 2,2 |
| 4А132М6У3 | 11,0 | 870 | 0,855 | 0,81 | 6,5 | 2,0 | 2,5 |
| 4А160S6У3 | 7,5 | 975 | 0,875 | 0,86 | 6,0 | 1,2 | 2,0 |
| 4А160М6У3 | 15,0 | 970 | 0,86 | 0,87 | 6,0 | 1,2 | 2,0 |
| 4А180М6У3 | 18,0 | 975 | 0,88 | 0,87 | 5,0 | 1,2 | 2,0 |
| 4А280М6У3 | 90,0 | 985 | 0,92 | 0,89 | 5,5 | 1,4 | 2,2 |
| 4А90L2СУ1 | 3,0 | 2840 | 0,845 | 0,88 | 6,5 | 2,0 | 2,2 |
| 4А100L2СУ1 | 5,5 | 2880 | 0,875 | 0,91 | 7,5 | 2,0 | 2,2 |
| 4А132М2СУ1 | 11,0 | 2900 | 0,88 | 0,90 | 7,5 | 1,6 | 2,2 |
| 4А80В4СУ1 | 1,5 | 1400 | 0,77 | 0,85 | 5,0 | 2,0 | 2,2 |
| 4А90L4СУ1 | 2,2 | 1420 | 0,80 | 0,85 | 6,0 | 2,0 | 2,2 |
| 4А100L4СУ1 | 4,0 | 1420 | 0,84 | 0,85 | 6,5 | 2,0 | 2,5 |
| 4А132S4СУ1 | 7,5 | 1450 | 0,875 | 0,86 | 7,5 | 2,0 | 2,2 |
| 4А132М4СУ1 | 11,0 | 1450 | 0,875 | 0,87 | 7,5 | 2,0 | 2,2 |
| 4АР160S4СУ1 | 15,0 | 1465 | 0,875 | 0,87 | 7,5 | 2,0 | 2,2 |

**Контрольные вопросы по практической работе:**

1. Объяснить принцип работы АД

2. Как изменить направление вращения ротора АД?

3. Каково устройство АД с фазным и короткозамкнутым ротором?

4. От чего зависит вращающий момент АД?

5. Как осуществляется пуск в ход и регулирование частоты вращения трехфазных АД?

**Содержание отчета по практической работе**

1.Тема практической работы

2. Цель работы

3. План работы

4. Выполненные расчеты

5. Ответы на контрольные вопросы

**КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»**

Инструкционно – технологическая карта практического занятия № 6

по дисциплине Электротехника и электроника

**Тема:** Электронные приборы

**Название практической работы:** Расчет мостового выпрямителя

**Цель:** 1) научиться выполнять расчет мостового выпрямителя;

2) осуществлять выбор основных элементов выпрямителя.

**Формируемые компетенции**:

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

* использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности;

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

* свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов;
* принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов;

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

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

**Время выполнения работы**: 2 учебных часа

**Оборудование**: индивидуальные расчетные задания

**Правила техники безопасности**: Общие правила техники безопасности при выполнении практической работы.

**Литература:** Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.

**Контрольные вопросы при допуске:**

Тестовое задание по теме, Приложение 12.

**Содержание работы и порядок выполнения**

1.Рассчитать схему мостового выпрямителя согласно варианту. Исходные данные помещены в таблице 1 (Приложение 12)

2. Ответить на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы по практической работе:**

1. Пояснить назначение схемы выпрямителя
2. Изобразить вольт-амперную характеристику вентиля
3. Какие элементы можно использовать в качестве вентилей?
4. Перечислить известные вам схемы выпрямителей.

**Приложение 1.**

**Тестовое задание к лабораторной работе №4**

**Трехфазные электрические цепи. Соединение потребителей «звездой»**

|  |  |
| --- | --- |
| **Вопросы** | **Ответы** |
| **1.**Трехфазная система, была изобретена и разработана во всех деталях: | А.М.О. Доливо-Добровольским; Б. М. Фарадеем;В.Б.С. Якоби |
| **2.** Выберите соотношение между фазными и линейными напряжениями при соединении потребителей «звездой» | А. UЛ = UФ.Б. UЛ = UФ.В. UФ = UЛ |
| **3.** Симметричная нагрузка соединена «звездой». Линейное напряжение равно 380 В. Чему равно фазное напряжение? | А. 380 В.Б. 220 В.В. 660 В. Г. Недостаточно данных. |
| **4**.Лампы накаливания с номинальным напряжением 220 В включают в трёхфазную сеть с линейным напряжением 380 В. Определить схему соединения ламп. | А. Звездой.Б. Соединение определить нельзяВ. Треугольником.  |
| **5.** Сколько проводов подходит к трехфазному генератору, если его обмотки соединены «звездой»? | А. 3Б. 4В. 3 или 4Г.6 |
| **6.** Напряжение между выводами А и В называется: | А. ФазнымБ. ЛинейнымВ. Фазным, линейным  |
| **7.** Почему обрыв нейтрального провода четырехпроводной системы является аварийным режимом? | А. На всех фазах потребителя напряжение падает.Б. На всех фазах потребителя напряжение возрастает.В. Возникает короткое замыкание.Г. На одних фазах приемника напряжение увеличивается, на других уменьшается. |

Пример построения векторных диаграмм:

**Приложение 2.**

**Тестовое задание к лабораторной работе №5**

Трехфазные электрические цепи. Соединение потребителей «треугольником»

|  |  |
| --- | --- |
| **Вопросы** | **Ответы** |
| **1.**Обмотки трехфазного генератора соединены треугольником. С чем соединен конец первой обмотки? | А. С началом третьей обмотки;Б. С началом второй обмотки;В. С концом второй обмотки;Г. С нулевой точкой. |
| **2.** Напряжение между выводами А и В называется: | А. ФазнымБ. ЛинейнымВ. Фазным и линейным |
| **3**.В трехфазную сеть с линейным напряжением 220 В включают трехфазный двигатель, каждая из обмоток которого рассчитана на 220 В. Как следует соединить обмотки двигателя? | А. Треугольником. Б. Звездой. В. Двигатель нельзя включать в эту сеть. |
| **4.** Симметричная нагрузка соединена «треугольником». Линейное напряжение равно 380 В. Чему равно фазное напряжение? | А. 380 В;Б. 220 В;В. 660 В;Г. Недостаточно данных. |
| **5.** При соединении обмоток трехфазного генератора «треугольником»: | А. линейные напряжения больше фазных; Б. линейные напряжения равны фазным;В. линейные напряжения меньше фазных. |
| **6.** Как три однофазных приемника соединить «треугольником»? | А) Концы фаз X, Y, Z соединить в общую нейтральную точку, а начала фаз A, B, C подключить к трехфазной сети;Б) Начала фаз A, B, C соединить в общую нейтральную точку, а концы фаз X, Y, Z подключить к трехфазной сети;В) Конец каждой фазы соединить с началом следующей фазы (X – B, Y – C, Z – A), а точки соединения подключить к трехфазной сети |

**Пример построения векторной диаграммы при несимметричной нагрузке.**

Вектор линейного тока равен разности векторов соответствующих фазных токов, т.е.

  .

На диаграмме векторы линейных токов получены как разности векторов соответствующих фазных токов, причем все векторы проведены из общего начала.



**Приложение 3**

**Тестовое задание к лабораторной работе №6**

**1**. Для измерения напряжения используется

**А**. ваттметр; **Б**. вольтметр; **В**. счетчик; **Г**. частотомер

**2.** Укажите формулу абсолютной погрешности:

А) Δ = Аизм – А; Б) Δ = Аизм /А ; В) Δ = Аизм + А

**3.** Перевести в амперы 200 mА:

**А**. 0,2 А; **Б**. 0,02 А; **В**. 0,002 А; **Г**. 2 А.

**4.** Перевести в вольты 2 мкВ:

**А**. 0,000002 В; **Б**. 0,02 В; **В**. 0,00002 В; **Г**. 2 В

**5**. Приведенной погрешностью называется:

**А.** отношение абсолютной погрешности прибора к истинному значению измеряемой величины, выраженное в процентах;

**Б.** отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению прибора, выраженной в процентах;

**В.** разность между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины.

**6.** На шкале нанесен знак . Какой это прибор?

**А**. Амперметр; **Б**. Прибор магнитоэлектрической системы; **В**. Прибор электромагнитной системы; **Г**. Прибор переменного тока.

**7**. На шкале электроизмерительного прибора нанесен знак. Что это за условное обозначение?

**А**. Прибор располагать горизонтально; **Б**. Постоянный и переменный ток;

**В**. прибор электромагнитной системы.

**8.** Какое сопротивление должен иметь вольтметр?

А. Большое; Б. Малое; В. Зависит от системы прибора.

**9**. По какой погрешности определяют класс точности прибора?

**А**. По максимальному значению абсолютной погрешности;

**Б**. По максимальному значению относительной погрешности;

**В**. По максимальному значению приведенной погрешности.

Пример построения кривой поправок:

 - ∆

 0,3

 0,25

 0,2

 0,15

 0,1

 0,05

 Uп

 10 20 30 40 50

 - 0,05

 - 0,1

- 0,15

 - 0,2

- 0,25

**Приложение 4**

**Тестовое задание к лабораторной работе №8**

|  |  |
| --- | --- |
| **Вопросы** | **Ответы** |
| **1**.Перевести в Ом 2МОм: | **А**. 0,000002 Ом; **Б**. 2000 Ом; **В**. 0,0002 Ом; **Г**. 2 000 000 Ом. |
| **1.** Как включаются в эл. цепь амперметр и вольтметр? | **А.** Амперметр последовательно с нагрузкой; вольтметр параллельно нагрузке.**Б.** Амперметр и вольтметр последовательно с нагрузкой.**В.** Амперметр и вольтметр параллельно нагрузке. |
| **2.** Какую мощность измеряет электродинамический ваттметр? | **А.** Активную**Б.** Реактивную**В.** Полную |
| **3.**Для измерения больших постоянных токов применяют… | **А.** Шунты**Б.** Трансформаторы тока**В.** Добавочные резисторы |
| **4.**Как включаются токовая обмотка и обмотка напряжения ваттметра? | **А.** Обе обмотки последовательно**Б.** Обмотка напряжения последовательно, токовая – параллельно.**В.** Обмотка напряжения параллельно, токовая – последовательно. |
| **5**. В каких сопротивлениях амперметр покажет ток?  | **А**. R1;**Б.** R2, R3,R4 **В**. R1, R2, R3,R4  |
| **6.** На каких сопротивлениях вольтметр покажет напряжение?  | **А**. R1; **Б**. R2- R4;**В**. R1 и R2-R4  |

**Приложение 5**

**Тестовое задание к лабораторной работе №11**

Полупроводниковые диоды

|  |  |
| --- | --- |
| **Вопросы** | **Ответы** |
| **1**.Какой пробой опасен для p-n перехода? | **А**. Электрический;**Б**. Тепловой;**В**. Тот и другой**Г**. Пробой любого вида не опасен. |
| **2.** Что является свободными носителями заряда в полупроводнике n типа? | **А.** Электроны**Б.** Дырки**В**. Электроны и дырки |
| **3.** Чем объясняется нелинейность вольт-амперной характеристики p-n перехода? | **А.** Дефектами кристаллической структуры**Б**. Вентильными свойствами**В**. Собственным сопротивлением полупроводника. |
| **4.** Какие диоды используют для генерации электрических колебаний? | **А.** Туннельные диоды**Б.** Стабилитроны**В.** Для генерацииэл.колебаний диоды не используются. |
| **5.** Специальные кремниевые диоды, использующиеся в качестве управляемого конденсатора называются \_\_\_\_\_\_\_ . | **А.** Выпрямительные диоды**Б.** Варикапы**В.** Стабилитроны**Г**. СВЧ – диоды. |
| **6.** На диоде марки Д312 при изменении прямого напряжения от 0,2 до 0,4 В прямой ток увеличивается от 3 до 16 мА. Каково дифференциальное сопротивление этого диода? | **А.** 15,4 Ом.**Б.** 12,3 Ом.**В.** 1,54 Ом. |
| **5.** Каково соотношение между прямым Rпр и обратным сопротивлением Rобр полупроводникового диода? | **А.** Rпр > Rобр.**Б.** Rпр < Rобр**В.** Rпр ≈ Rобр**Г**. Rпр << Rобр |
| **6**. Какие диоды используют для выпрямления переменного тока? | **А**. Плоскостные.**Б.** Точечные.**В**. Плоскостные и точечные. |
| **7.** Как выбираются выпрямительные диоды? | **А.** По прямому току**Б**. По обратному напряжению**В**. По прямому току и обратному напряжению. |

**Приложение 6**

**Общие теоретические положения к лабораторной работе №12**

Биполярный транзистор представляет собой полупроводниковый прибор с двумя p-n переходами и тремя выводами и предназначенный для усиления и генерирования электрических сигналов.

В зависимости от порядка чередования областей транзисторы могут быть p-n-p или n-p-n типа. На рисунке 14 показано условное обозначение транзисторов.

Рис.14 Условное обозначение транзисторов различных типов

Наиболее часто транзисторы включают по схеме с общим эмиттером. Входным напряжением в этой схеме является напряжение между базой и эмиттером Uбэ. Выходным напряжением – напряжение между коллектором и эмиттером Uкэ. Так как ток базы Iб значительно меньше тока коллектора Iк, а напряжение на коллекторном переходе больше напряжения на эмиттерном переходе, то мощность, создаваемая коллекторным током в нагрузке может быть гораздо больше мощности, затрачиваемой на управление током базы. Таким образом, транзистор обладает усилительным эффектом.

Параметры транзистора можно определить по его входным и выходным характеристикам. Входные характеристики транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, представляют собой зависимость тока базы от напряжения между базой и эмиттером Iб = f (Uбэ), при напряжении Uкэ = const. Эти характеристики изображены на рисунке 15.

Рис.15 Входные характеристики транзистора

По входным характеристикам транзистора определяются параметры:

- входное сопротивление транзистора ,

- коэффициент обратной связи по напряжению .

Выходные характеристики транзистора представляют собой зависимость тока коллектора от напряжения между коллектором и эмиттером Iк = f (Uкэ) при Iб = const. Эти характеристики изображены на рис.16. По выходным характеристикам транзистора определяются параметры:

- коэффициент усиления по току:,

- выходная проводимость .

Рис.16 Выходные характеристики транзистора

**Тестовое задание по теме «Биполярные транзисторы»**

|  |  |
| --- | --- |
| **Вопросы** | **Ответы** |
| **1.** Как называют средний слой у биполярных транзисторов? | **А.** Сток; **Б.** Исток;**В**. База; **Г**. Коллектор |
| **2**. Какой слой в биполярном транзисторе имеет наименьшую толщину? | **А.** Эмиттер**Б**. Коллектор**В**. База |
| **3.** Сколько p-n переходов у полупроводникового транзистора? | **А.** Один; **Б**. Два**В**. Три |
| **4**.В каком направлении включаются эмиттерный и коллекторный p-n переходы биполярного транзистора? | **А**. Это зависит от типа транзистора (p-n-p или n-p-n).**Б**. Оба перехода в прямом направлении.**В**. Эмиттерный – в обратном, коллекторный – в прямом.**Г**. Эмиттерный – в прямом, коллекторный – в обратном. |
| **5.** Определить выходную проводимость транзистора при ΔU2=4BΔI1= 2 мА ΔI2 =20 мА ΔU1=0,5B  | **А.** 5 мА/B**Б.** 2 В/мА**В**. 8 мА/B |
| **6**. Определить коэффициент передачи тока транзистора ΔU2=4BΔI1= 2 мА ΔI2 =20 мА ΔU1=0,5B  | **А.** 20**Б**.8**В**. 10 |
| **7.** Усилителем мощности на биполярном транзисторе являются схемы: | **А.** С общим эмиттером**Б**. С общей базой**В**. С общим коллектором |
| **8.** Какая схема является эмиттерным повторителем? | **А.** С общим эмиттером**Б**. С общей базой**В**. С общим коллектором |
| **9.** Какая схема усиления транзистора изображена на рисунке? | **А.** С общим эмиттером**Б**. С общей базой**В**. С общим коллектором |

**Приложение 7**

**Пример выполнения расчетного задания к практической работе №1**

**Задача №1**

**Дано:** R1 = 4 Ом; R2 = 10 Ом; R3 = 4 Ом; R4 = 15 Ом; R5 = 10 Ом; R6=5Ом.

**Определить:** RЭКВ.

**Решение:**

1. Определяем эквивалентное сопротивление цепи.

2. Сопротивления R5 и R6 соединяются последовательно:

R5,6 = R5 + R6 = 10 + 5 = 15 Ом.

3. Резисторы R2, R3, R4, R5,6 соединяются параллельно:

 = 0,484 Ом

R2-6 = = 2,07 Ом.

4. Сопротивления R1 и R2-6 соединяются последовательно:

RЭКВ = R1 + R2-6 = 4 + 2,07 = 6,07 Ом.

**Ответ:** RЭКВ = 6,07 Ом.

**Задача №2**

Определить токи во всех ветвях цепи, если Е1=Е2=100В, Rвт1=0,2Ом, Rвт2=0,3Ом, R1=12Ом, R2=14Ом, R3=12Ом, R4=8Ом. Задачу решить методом законов Кирхгофа.

**Исходные данные:** Е1 = Е2 = 100 В, Rвт1 = 0,2 Ом, Rвт2 = 0,3 Ом, R1=12 Ом, R2=14 Ом, R3=12 Ом, R4=8 Ом.

**Определить:** I1, I2, I3.

**Решение:**

1. Произвольно выбираем направления токов в схеме цепи. Число неизвестных токов равно числу ветвей. В каждом неразветвленном участке цепи ток неизменен. В данном случае между узлами А и В включены три ветви: с током I1 – ветвь E1, R1,R2 с током I2 – ветвь Е2, R4, с током I3 – ветвь R3.

2. Составляем узловые уравнения на основании первого закона Кирхгофа. Известно, что число уравнений меньше числа узлов в схеме на единицу. В данном случае составляем одно узловое уравнение для узла А:

I1 + I2 – I3 = 0.

3. Два недостающих уравнения составляем на основании второго закона Кирхгофа для контуров. Примем направление обхода каждого контура совпадающим с направлением часовой стрелки. Тогда с учетом правила знаков получим:

E1 = I1(R1 + Rвт1 + R2) + I3R3;

– E2 = - I2 (R4 + Rвт2) – I3R3.

4. Решаем систему уравнений:

;

5. Выразим I1 из первого уравнения: I1 = I3 - I2. Подставляем значение I1 во второе уравнение и получим:

100 = (I3 – I2)∙ 26,2 + I3∙12;

100 = I3∙ 26,2 – I2∙26,2 + I3∙12;

100 = I3∙ 38,2 – I226,2.

6. Теперь имеем систему из двух уравнений:

7. Сложим первое уравнение со вторым уравнением:

0 = - I2∙ 34,5 + I3∙ 26,2

8. Определяем ток I3, выразив его из полученного уравнения:

I2∙ 34,5 = I3∙ 26,2

I3 = = I2∙ 1,317 A.

9. Подставим ток I3 в третье уравнение системы:

-100 = - I2∙ 8,3 – I2∙12 ∙ 1,317.

10. Определяем значение тока I2:

-100 = - I2∙ 8,3 – I2∙15,8;

-100 = - I2∙ 24,1

I2 = 4,149 A.

11. Определяем ток I3, выразив его из третьего уравнения исходной системы уравнений:

-100 = -4,149 ∙ 8,3 – I3∙ 12;

-100 + 34,44 = - I3 ∙12;

-65,56 = - I3∙12;

I3 = 5,463 A.

12. По первому закону Кирхгофа определяем значение тока I1:

I1 = I3 - I2 = 5,463 – 4,149 = 1,314 A

**Приложение 8**

**Пример выполнения расчетного задания к практической работе №2**

В конструкцию многих электротехнических устройств (электрических машин, трансформаторов, электрических аппаратов, измерительных приборов и т.п.) входят магнитные цепи.

*Магнитной цепью* называется часть электротехнического устройства, содержащая ферромагнитные тела, в которой при наличии намагничивающей силы возникает магнитный поток и вдоль которой замыкаются линии магнитной индукции. Источниками намагничивающей силы могут быть катушки с токами, постоянные магниты.

В конструктивном отношении магнитные цепи выполняют *неразветвленными* и *разветвленными;* применение того или иного вида цепи определяется в основном назначением электромагнитного устройства.

Рассмотрим пример расчета неразветвленной магнитной цепи (прямая задача).

Для магнитной цепи, приведенной на рис.17 , заданы размеры цепи в см, материал сердечника, число витков обмоток, магнитный поток Ф = 1,5 ∙10-3 Вб. Вертикальные стержни изготовлены из литой стали, горизонтальные ярма – из чугуна. Обе обмотки соединены последовательно и встречно. Определить силу тока в обмотках: абсолютную магнитную проницаемость на участке, где расположена обмотка, потокосцепление и индуктивность этой обмотки.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ω1 = 1000 |  | ω2 = 400 |

Рис.17

**Решение:**

1. Из чертежа определяем сечение сердечника на каждом участке и длину средней магнитной линии:

S1 = S2 = 4 x 5 = 20см2 = 20 ∙10-4м2

S3 = S4 = 6 x 5 = 30см2 = 30 ∙10-4м2

L1 = L2 = 26 см = 0,26 см ( пренебрегаем L0)

L3 = L4 = 22+ 4/2 + 4/2 + 6/2 + 6/2 = 32 см = 0,32 м

2. Магнитная индукция на каждом участке:

В1 = В2 = В0 = = = 0,75 Тл

В3 = В4 = = = 0,5 Тл

3. По таблице, зная магнитную индукцию, определяем напряженность магнитного поля на ферромагнитных участках:

Н1 = Н2 = 632 А/м; Н3 = Н4 = 2200 А/м;

4. Напряженность магнитного поля в воздушном зазоре:

Н0 = = А/м

5. Закон полного тока для магнитной цепи, учитывая встречное включение обмоток:

Iω1 – Iω2 = H1L1+H2L2+H3L3+H4L4+H0L0

I ∙1000 – I ∙400 = 632 ∙0,26 + 632 ∙0,26 + 2200 ∙0,32+ 2200 ∙0,32+0,6 ∙106 ∙0,05

Отсюда сила тока в обмотках I = 10,9A

6.Абсолютная магнитная проницаемость:



7. Магнитная проницаемость: = 956

8. Потокосцепление первой обмотки: Ф = Ф ∙ω1 = 1,5∙10-3 ∙1000 = 1,5 Вб

9. Индуктивность первой обмотки: L1 = Ф/I = 1,5 / 10,9 = 0,138Гн

**Приложение 9**

**Пример выполнения расчетного задания к практической работе №3**

**Задача №1.**

**Дано**: Рном = 25 кВт; Uном = 440 В; Uв = 220В; I0 = 6А; = 0,30 Ом; rв = 60Ом; nном= 2200 об/мин.

**Найти**: ηном, Раэ, Рмагн, Рмех, Рщэ

**Решение:**

1. Частота вращения в режиме холостого хода

n0 = nном 

2. ЭДС якоря в режиме холостого хода (падением напряжения в щеточном контакте пренебрегаем ввиду его незначительной величины в режиме холостого хода)

Еа0= Uном - I0= 440 - 6∙0,3 = 438,2 В

3. Момент в режиме холостого хода

М0= 9,55 Еа0 I0/n0 = 9,55∙438,2 ∙6 / 2376= 10,6 Н∙м

4. Момент на валу двигателя в режиме номинальной нагрузки

М2ном = 9,55Рном / nном= 9,55 ∙25∙103/ 2200 = 108,5 Н∙м

5.Электромагнитный момент двигателя при номинальной нагрузке

Мном = М0 + М2ном = 10,6 + 108,5 = 119 Н∙м

6.Электромагнитная мощность двигателя в режиме номинальной нагрузки

Рэм.ном.= 0,105 Мном∙ nном= 0,105∙119∙2200 = 27490 Вт

7. ЭДС якоря в режиме холостого хода можно представить как

Еа0= сеФn0,

откуда

сеФ = Еа0 / n0 = 438,2 / 2376 = 0,185,

но так как сМ / ce = 9,55, то

сМФ = 9,55 сеФ= 9,55 ∙0,185= 1,77.

Из выражения электромагнитного момента в режиме номинальной нагрузки

Мном = сМФIаном

определим значение тока якоря в режиме номинальной нагрузки

Iаном = Мном/ (сМФ)= 119 / 1,77 = 67A.

8. Сумма магнитных и механических потерь двигателя пропорциональна моменту холостого хода

Рмагн + Рмех = 0,105М0n0 = 0,105 ∙10,6 ∙2376 = 2644Вт

9. Электрические потери в цепи обмотки якоря

Раэ=  = 672∙0,3 = 1347 Вт

10. Электрические потери в щеточном контакте якоря

Рщэ = Iа.ном.ΔUщ = 67 ∙2 = 134 Вт

11. Мощность, подводимая к цепи якоря, в номинальном режиме

Р1аном = Uном Iа ном = 440 ∙67 = 29480 Вт

12. Ток в обмотке возбуждения

Iв = Uв / rв = 220/ 60 = 3,7A

13. Мощность в цепи возбуждения

Рв = IвUв = 220 ∙3,7 = 814 Вт

14. Мощность, потребляемая двигателем в режиме номинальной нагрузки,

Р1ном = Р1аном + Рв = 29480 + 814 = 30295 Вт или 30,3 кВт

15. КПД двигателя в номинальном режиме

ηном = (Рном /Р1ном) 100% = 82,5%

**Задача №2**

**Дано**: 2ПО200L, Рном = 7,1 кВт; Uном = 220 В, nном = 750 об/мин, ηном = 83,5%,  = 0,48 Ом

**Найти**: 1) rд; 2) построить естественную и искусственную механические характеристики двигателя.

**Решение:**

1. Ток в цепи якоря в режиме номинальной нагрузки при nном = 750 об/мин

Iаном = Рном/ (ηномUном) = 7,1 ∙103/ (0,835 ∙220) = 38,6 A

2. ЭДС в режиме номинальной нагрузки

Еном = Uном - Iаном = 220 – 38,6 ∙0,48 = 201,5 В

3. Частота вращения идеального холостого хода

n00 = nном(Uном/ Eном) = 750(220/201,5) = 820об/мин.

4. Номинальный момент на валу двигателя

М2ном = 9,55 Рном/ nном = 9,55 ∙7,1 ∙103 / 750 = 90 Нм

По полученным данным строим естественную механическую характеристику (график 1)

5. Частота вращения при включении резистора rд

= 0,5nном = 0,5 ∙750= 375 об/мин

По вычисленным данным строим искусственную механическую характеристику двигателя (график 2)

6. Сопротивление резистора rд

rд = (Uном/ Iа ном)

**Приложение 10**

**Общие теоретические положения к практической работе № 4**

**Задача 1.**

Для асинхронного двигателя мощностью Рн= 30 кВт; nн= 975 об/мин; η = 90%; cos φ = 0,88; λ= Мmax/ Mном= 2,1; Мп/ Мном = 1,3; Iп/Iном = 6,0; построить график механической характеристики n=f(M).

**Решение.**

1.Определим номинальный момент

Мн = 9550 Рн /nном = 9550∙ 30/975 = 293,8 Н∙м

2. Определим максимальный момент

λ= Мmax/ Mном= 2,1

Следовательно, Мmax = 2,1∙ Mном = 2,1 ∙293,8 = 616,98 Н∙м

3.Определим пусковой момент Мп/ Мном = 1,3.

Следовательно, Мп = 1,3 ∙Мном = 1,3 ∙293,8 = 281,9 Н∙м

4.Скольжение при номинальной нагрузке:

Sн = 

5.Критическое скольжение:

Sкр = SН(λ +) = 0,025 (2,1+ ) = 0,098

6.Критическая частота вращения:

nкр = n0(1 – Sкр) = 1000∙(1- 0,098) = 902 об/мин

Определим величины моментов, развиваемых двигателем при различных значениях скольжения. Значение коэффициента b получим по формуле:

b = Мп - =262,1 Нм

Результаты вычислений сведем в таблицу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| S | 0 | 0,025 | 0,098 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| n,об/мин | 1000 | 975 | 902 | 850 | 800 | 700 | 600 | 400 | 200 | 100 | 0 |
| М, Н∙м | 0 | 293,8 | 616, 98 | 605,3 | 540,12 | 442,9 | 390,1 | 353,7 | 358,6 | 368,7 | 381,9 |

Для S > Sкр вычисления произведем по формуле

М=;

S4 = 0,15

М4 = = 605,3 Нм

S5 = 0,2

М5 = = 540,12 Нм

Аналогично рассчитываем S6, S7, S8, S9, S10.

Для пускового момента (S= 1) расчет ведем по формуле +b;

S=1

М = 

Строим характеристику n=f(M).

**Пример 2**

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа 4А250S4У3 имеет номинальные данные: мощность Рн= 30 кВт; напряжение Uном = 380В; частота вращения ротора n2= 1480 об/мин; КПД ηном= 0,93; коэффициент мощности cos φном= 0,87; способность к перегрузке λ= Мmax/Mном = 1,3; кратность пускового тока Iп/Iном = 6,0. Частота тока в сети f1 = 50 Гц.

**Определить:**

1) Потребляемую мощность

2) Номинальный, пусковой и максимальный моменты

3) Номинальный и пусковой токи

4) Номинальное скольжение

5) Суммарные потери в двигателе

6) Частоту тока в роторе

**Решение**

1. Мощность, потребляемая из сети

Р1 = Рном/ ηном = 75/ 0,93 = 80,6 кВт

2. Номинальный момент, развиваемый двигателем

М = 9550 Рном /n2 = 9550∙75/ 1480 = 484 Нм

3. Пусковой и максимальный моменты

Мпуск = 1,2 Мном = 1,2∙484 = 581 Нм; Мmax = 2,2 ∙484 = 1064,8 Нм

4. Номинальный и пусковой токи

Iном = Рном 1000/ (Uномηном cosφном) = 75∙1000/(1,73∙380∙0,93∙0,87) = 141А

Iпуск = 7,5 Iном = 7,5∙141 = 1057,5 А

5. Номинальное скольжение

Sном = (n1 – n2)/n1 = (1500 – 1480)/1500 = 0,013

6. Суммарные потери в двигателе

∑р = Р1 – Рном = 80,6 – 75 = 5,6 кВт

7. Частота тока в роторе

f2 = f1s = 50∙0,013 = 0,65 Гц

**Тестовое задание по теме**

Машины переменного тока

|  |  |
| --- | --- |
| **Вопросы** | **Ответы** |
| **1.** Для преобразования какой энергии предназначены асинхронные двигатели? | **А.** Электрической энергии в механическую.**Б.** Механической энергии в электрическую.**В**. Электрической энергии в тепловую. |
| **2**. Что является вращающейся частью в асинхронном двигателе? | **А.** Статор; **Б**. Ротор;**В**. Якорь; **Г**. Станина |
| **3.** Почему магнитопровод набирают из тонких листов электротехнической стали, изолированных друг от друга? | **А.** Для уменьшения потерь на вихревые токи.**Б**. Для уменьшения потерь на перемагничивание. |
| **4.** Чем отличается двигатель с фазным ротором от двигателя с короткозамкнутым ротором? | **А.** Наличием контактных колец и щеток**Б**. Наличием пазов для охлаждения**В**. Числом катушек статора |
| **5.** Как называется основная характеристика асинхронного двигателя? | **А.** Внешняя характеристика;**Б**. Механическая характеристика;**В**. Регулировочная характеристика. |
| **6**.Как изменится частота вращения магнитного поля при увеличении числа пар полюсов трехфазного асинхронного двигателя? | **А**. Увеличится**Б**. Уменьшится**В**. Останется прежней.**Г**. Число пар полюсов не влияет на частоту вращения. |
| **7.** Найти частоту вращения ротора, если S = 0,05; p = 1; f = 50 Гц. | **А.** 3000 об/мин**Б**. 1425 об/мин**В**. 2850 об/мин |
| **8.** Частота вращения магнитного поля 3000 об/мин. Частота вращения ротора 2940 об/мин. Определить скольжение. | **А.** 2%**Б.** Для решения задачи недостаточно данных.**В**. 20% |

**Приложение 11**

**Общие теоретические положения к практической работе №5**

Задачи данной практической работы относятся к разделу «Основы электропривода». Для их решения необходимо знать устройство и принцип действия асинхронного двигателя и зависимости между электрическими величинами, характеризующими его работу.

Частота вращения магнитного поля статора **n1** зависит от числа пар полюсов обмотки статора **p** и частоты переменного тока **f**.

n1= 60 f / p.

Поэтому ряд возможных синхронных частот вращения **n1** магнитного поля статора при частоте 50 Гц может быть: 3000, 1500, 1000, 750, 600 об/мин и т.д. При частоте вращения ротора, например **n2** = 950 об/мин из этого ряда выбираем ближайшую к ней частоту вращения поля **n1** = 1000 об/мин. Тогда можно определить скольжение ротора, даже не зная числа пар полюсов двигателя:

S = 

Из формулы для скольжения можно определить частоту вращения ротора:

n2 = n1 (1- S)

Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором нашли широкое применение для привода агрегатов и установок сельскохозяйственного назначения. В настоящее время промышленность выпускает асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором различных типов, но наиболее распространенными являются двигатели серии 4А; цифры и буквы, входящие в обозначение типа электродвигателя расшифровываются так: 4 – порядковый номер серии; А – асинхронный; Х – алюминиевая оболочка и чугунные щиты (отсутствие буквы Х означает, что корпус полностью выполнен из чугуна); В – двигатель встроен в оборудование; Н – исполнение защищенное 1Р23, для закрытых двигателей исполнения 1Р44 обозначение защиты не приводится; Р – двигатель с повышенным пусковым моментом; С – сельскохозяйственного назначения; цифра после буквенного обозначения показывает высоту оси вращения в миллиметрах (100,112 и т.д); буквы S, M,L после цифр – установочные размеры по длине корпуса ( S – станина самая короткая, М – промежуточная, L – самая длинная); цифра после установочного размера – число полюсов; буква У – климатическое исполнение (для умеренного климата); последняя цифра – категория размещения; 1 – для работы на открытом воздухе; 3 – для закрытых неотапливаемых помещений.

Каждый электродвигатель обладает рядом номинальных технических характеристик. К ним относятся номинальная мощность Рном (мощность на валу ротора), частота вращения ротора n2, коэффициент мощности cos φном, коэффициент полезного действия ηном, пусковой Iп и номинальный Iном токи, пусковой Мп, номинальный Мном и максимальный М max моменты на валу ротора. В справочниках приводятся кратность пускового тока Ki = Iп/ Iном, кратность пускового Kп = Мп/ Мном и максимального Kм = Мmax/ Mном моментов, показывающие во сколько раз соответствующая величина больше номинальной, а также другие данные.

**Задача №1**

Расшифровать условное обозначение двигателя 4А250S4У3.

Это двигатель четвертой серии, асинхронный, корпус полностью чугунный (нет буквы Х), высота оси вращения 250 мм, размеры корпуса по длине S (самый короткий), четырехполюсный, для умеренного климата, третья категория размещения.

**Задача №2**

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с линейным напряжением Uном = 380В при частоте f1 = 50 Гц. Номинальные данные двигателя: Рном = 20 кВт; n2 = 960 об/мин; cos φном = 0,84; ηном=0,88; Км = 1,8.

Определить номинальный ток в фазе обмотки статора, число пар полюсов обмотки статора, номинальное скольжение, номинальный момент на валу ротора, максимальный момент, критическое скольжение.

Решение:

1. Мощность, потребляемая двигателем из сети:

Р1 = Рном / ηном = 20/0,88 = 22,73 кВт

2. Номинальный ток, потребляемый двигателем из сети:

Iном = Р1/ 3 Uном cos φном = 22,37 ∙103/ 3∙380 ∙0,84 = 41,16 А

3. Число пар полюсов может быть определено из формулы частоты вращения поля статора. При частоте вращения 50 Гц частота вращения поля

n1= 60 f / p = 60∙50/p

При n2 = 960об/мин ближайшая синхронная частота n1 = 1000 об/мин. И число пар полюсов

р = .

4. Номинальное скольжение

Sном = .

5. Номинальный момент на валу двигателя

Мном = .

6. Максимальный момент

М max = Км∙Мном = 1,8∙200 = 360 Н∙м

**Тестовое задание**

**Выбор электродвигателей по мощности**

**1**.Сколько электродвигателей входит в электропривод?

а) Один; б) Два; в) Несколько; г) Количество электродвигателей зависит от типа электропривода.

**2.** Что входит в состав электропривода?

а) Электродвигатель и рабочий механизм; б) Электродвигатель, рабочий механизм и управляющее устройство; в) Преобразующее устройство, электродвигатель, редуктор, управляющее устройство и рабочий механизм.

**3**. В каком режиме работают электроприводы кранов, лифтов, лебедок?

а) В длительном режиме; б) В кратковременном режиме; в) В повторно- кратковременном режиме; г) В повторно- длительном режиме.

**4**. Какое устройство не входит в состав электропривода?

а) Контролирующее устройство; б) Электродвигатель; в) Управляющее устройство; г) Рабочий механизм.

**5**. Электроприводы разводных мостов, шлюзов предназначены для работы:

а) В длительном режиме; б) В повторно- кратковременном режиме; в) В кратковременном режиме; г) В динамическом режиме.

**6**. Какие функции выполняет управляющее устройство электропривода?

а) Изменяет мощность на валу рабочего механизма; б) Изменяет значение и частоту напряжения; в) Изменяет схему включения электродвигателя, передаточное число, направление вращения; г) Все функции перечисленные выше.

**7**. При каком режиме работы электропривода двигатель должен рассчитываться на максимальную мощность?

а) В повторно- кратковременном режиме; б) В длительном режиме; в) В кратковременном режиме; г) В повторно - длительном режиме.

**Приложение 12**

**Пример расчета к практической работе №6**

**Исходные данные***:* выпрямленное напряжение в нагрузке U0н = 36 В; выпрямленный ток в нагрузке I0 = 0,65 А; коэффициент пульсации выпрямленного напряжения на нагрузке Кп.н. = 1%; напряжение сети U1 = 220В; частота сети fс = 50 Гц; рабочий диапазон температур ∆Токр = - 60÷ +80 0С; мощность в нагрузке Р0н = U0н · I0 = 36 ·0,65 = 23,4 Вт

**Выбор схемы выпрямления** определяется значениями мощности и напряжения. Поскольку мощность в нагрузке в данном случае невелика, а выпрямленный ток меньше 1А, можно применить однофазную мостовую схему выпрямления с фильтром, начинающимся с конденсатора; обозначим его С0.

**Полная схема сглаживающего фильтра** определяется следующими положениями:

1. Коэффициент пульсации выпрямленного напряжения на входном конденсаторе С0 принимается равным Кп.вх. = 5÷15 %. Примем Кп.вх.= 15 %.
2. Коэффициент сглаживания оставшейся части фильтра в соответствии с необходимостью обеспечить Кп.н. = 1% должен составлять q = Кп.вх.%/ Кп.н.%= 15/1 = 15.
3. Поскольку q = 15< 25 ( при q ≥ 25 применяется двухзвенный LC-фильтр. На рис. показана схема выпрямителя и сглаживающего фильтра.

**Напряжение на выходе схемы выпрямления***:*

U0 = U0н [1+ 0,01(∆Uф/ U0н)%]

Из графика ∆Uф/ U0н = 10%.

U0 =36 (1+0,01·10) = 39,6 В

**Основные параметры диодов схемы** определяются по таблице 2:

Iпр.и.п. = 3,5 I0 = 3,5·0,65=2,27 A;

Iпр.ср. = I0 /2=0,325 A;

Uобр.и.п. = 1,5U0 = 1,5·39,6 = 59,4 В.

По таблице 3 выбираем диоды типа КД202Д со следующими параметрами при окружающей температуре -60÷+130 0С: Iпр.ср. max = 5А>Iпр.ср.; Uобр.и.max= 200В > Uобр.и.п.; Iпр.и.max=6Iпр.ср.max= 6·5=30А >Iпр.и.прибл.; Uпр.ср.= 1В.

**Электрический расчет выпрямителя.**

1. Активное сопротивление обмоток трансформатора, приведенное ко вторичной обмотке:



2. Дифференциальное сопротивление диодов:



3. Активное сопротивление фазы выпрямителя:

r0 = 2rдиф +rтр= 2·1,02+ 3,9 = 5,94 Ом.

4. Индуктивность рассеяния обмоток трансформатора:

 5. Соотношение между активным и реактивным сопротивлением фазы выпрямителя:



6. Вспомогательный коэффициент:

А= 

7. Расчетные коэффициенты В, D,F и H определяются по графикам на рис.2,3, 4, 5: B= 1,35; D=1,85; F=4,2; H=29000.

8. Уточняется значение Iпр.и.

По табл.2



Таким образом, вентиль КД202Д по току выбран правильно.

9. Электрические параметры трансформатора определяются с помощью табл.2 с учетом полученных в п.7 расчетных коэффициентов, т.е.

U2= BU0 = 1,35∙39,6 = 53 В;



10. Проверка выбранного диода по обратному напряжению производится по формуле

Uобр = 1,41U2 = 1,41∙53 = 75В < 200 В.

Таким образом, вентиль КД202Д по обратному напряжению выбран правильно.

11. Входная емкость фильтра С0 равна



где Кп.вх% = 15%.

Принимается ближайшее стандартное значение С0 = 680 мкФ. По таблице 4 выбираем конденсатор К50-22 с Uраб = 100 В, причем значение Uраб определяется неравенством Uраб <, = 1,41∙53 = 75 < 100.

12. Коэффициент пульсации, соответствующий выбранному С0,



**Электрический расчет фильтра**

Коэффициент сглаживания оставшейся части фильтра – звена LC в соответствии с полученными значениями С0 и Кп.вх%

q = Кп.вх%/ Кп.н% = 14,35/1 = 14,35.

Произведение LC данного звена определяется следующим образом:

LC = 10 (q + 1) /m2 = 10(14,35 +1) /4 =38,3 Гн∙мкФ.

Индуктивность дросселя L определяется из полученного LC (38,3 Гн∙мкФ), в которое в целях унификации элементов подставляется С = С0, т.е.

L = LC / C0 = 38,3 / 680 = 0,056 Гн.

По таблице 5 выбираем унифицированный дроссель Д16 со следующими параметрами: L = 0, 08 Гн; I = 0,8А; rL = 4,65 Ом.

Резонансная частота фильтра



Проверка отсутствия резонанса производится по неравенству

2ωрез ≤ 2mω или 2ωрез≤ 2∙2π∙fс

В нашем случае 2ωрез = 2∙135,6 = 271, а 2∙2π∙fс = 2∙2∙3,14∙50=628.

271 < 628.

Неравенство выполняется, резонанс отсутствует.

**Проверочный расчет.**

U0н = U0 – ΔUф = 39,6 – rLI0 = 39?6 – 4,65∙0,65 = 36,58В.

Заданное значение U0 = 36 В. Абсолютная погрешность расчета составляет 0,58 В. Таким образом, относительная погрешность равна

δ = 0,58/39,6 ∙100% = 1,46%.

Рис.6 К примеру расчета выпрямителей с емкостной нагрузкой

**Таблица 1. -Исходные данные**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Вариант*** | ***Uон, В*** | ***I0, А*** | ***Кп.н., %*** | ***U1, В*** | ***fс, Гц*** | ***∆t0окр*** |
| 1 | 15 | 1,2 | 0,5 | 220 | 50 | 20-40 |
| 2 | 12 | 0,6 | 0,06 | 220 | 60 | 30-40 |
| 3 | 9 | 0,2 | 0,2 | 220 | 50 | 30-60 |
| 4 | 9 | 0,3 | 1,5 | 220 | 60 | 40-50 |
| 5 | 18 | 0,6 | 2 | 220 | 50 | 40-60 |
| 6 | 12 | 0,8 | 0,6 | 220 | 60 | 50-60 |
| 7 | 12 | 1,0 | 0,9 | 220 | 50 | 25-50 |
| 8 | 12 | 0,5 | 1,3 | 220 | 60 | 30-50 |
| 9 | 10 | 0,8 | 1,6 | 220 | 50 | 10-25 |
| 10 | 6,3 | 0,5 | 1,1 | 220 | 60 | 20-30 |
| 11 | 8 | 1,2 | 0,8 | 220 | 50 | 0-15 |
| 12 | 5 | 0,4 | 0,1 | 110 | 50 | 18-25 |
| 13 | 5 | 0,6 | 0,15 | 110 | 60 | 20-35 |
| 14 | 5 | 1,6 | 0,2 | 220 | 50 | 10-40 |
| 15 | 9 | 0,9 | 0,25 | 220 | 60 | 20-35 |
| 16 | 9 | 0,65 | 0,2 | 115 | 60 | 45-60 |
| 17 | 12 | 0,75 | 0,3 | 220 | 50 | 5-15 |
| 18 | 12 | 0,45 | 2,4 | 220 | 50 | 15-25 |
| 19 | 15 | 0,5 | 0,8 | 220 | 60 | 20-35 |
| 20 | 15 | 0,1 | 0,1 | 220 | 50 | 12-20 |
| 21 | 15 | 0,25 | 0,15 | 220 | 60 |  |
| 22 | 18 | 0,3 | 0,44 | 220 | 50 |  |
| 23 | 18 | 0,4 | 0,09 | 110 | 60 |  |
| 24 | 18 | 0,9 | 1,8 | 110 | 50 |  |
| 25 | 24 | 0,38 | 1,0 | 110 | 60 |  |
| 26 | 24 | 0,16 | 1,6 | 127 | 50 |  |
| 27 | 24 | 0,65 | 1,2 | 127 | 60 |  |
| 28 | 36 | 0,8 | 2,2 | 127 | 50 |  |
| 29 | 36 | 0,95 | 1,8 | 220 | 50 |  |
| 30 | 36 | 1,0 | 1,3 | 220 | 50 |  |
| 31 | 48 | 0,55 | 0,9 | 110 | 60 |  |
| 32 | 48 | 0,12 | 0,2 | 220 | 50 |  |
| 33 | 48 | 0,05 | 0,05 | 220 | 60 |  |
| 34 | 10 | 0,6 | 0,18 | 220 | 50 |  |
| 35 | 20 | 0,75 | 0,28 | 220 | 50 |  |

**Таблица 2. -Формулы расчета выпрямителя с емкостной нагрузкой**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Схема выпрямления** | **m** | **Iср.пр.** | **Uобр.и.п** | **Iпр.и.п** | **КrC** | **r0** | **КL** | **U2** | **I2** |
| Приблиз | Точно |
| Однофазная однополупериодная | 1 | I0 | 3U0 | 7I0 | I0F | 2,3 | rдиф+rтр | 4,1·10-3 | BU0 | DI0 |
| Однофазная двухполупериодная | 2 | I0/2 | 3U0 | 3,5I0 | I0F/2 | 4,7 | rдиф+rтр | 4,3·10-3 | BU0 | DI0/2 |
| Однофазная мостовая | 2 | I0/2 | 1,5U0 | 3,5I0 | I0F/2 | 3,5 | 2rдиф+rтр | 5,0·10-3 | BU0 |  |
| Схема удвоения напряжения | 1 | I0 | 1,5U0 | 7I0 | I0F | 0,9 | rдиф+rтр | 1,25·10-3 |  |  |
| Трехфазная однополупериодная | 3 | I0/3 | 3U0 | 2,3I0 | I0F/3 | 6,9 | rдиф+rтр | 4,1·10-3 | BU0 |  |

**Таблица 3. – Основные параметры выпрямительных диодов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип диода | Максимально допустимые параметры | Среднее прямое напряжение Uпр. ср., В | Интервал рабочих температур, 0С |
| Средний прямой ток Iпр.ср.max., А | Импульсное обратное напряжение Uобр.и. max, В | от | до |
| Д7А | 0,3 | 50 | 0,5 | -60 | +60 |
| Д7В | 0,3 | 150 | 0,5 | -60 | +60 |
| Д7Д | 0,3 | 300 | 0,5 | -60 | +60 |
| Д7Ж | 0,3 | 400 | 0,5 | -60 | +60 |
| Д302 | 1 | 200 | 0,3 | -60 | +60 |
| Д304 | 5 | 150 | 0,3 | -60 | +60 |
| Д305 | 10 | 50 | 0,35 | -60 | +60 |
| Д207 | 0,1 | 200 | 1 | -55 | +125 |
| Д209 | 0,1 | 400 | 1 | -55 | +125 |
| Д211 | 0,1 | 600 | 1 | -55 | +125 |
| Д214А | 10 | 100 | 1 | -60 | +130 |
| Д215А | 10 | 200 | 1 | -60 | +130 |
| МД217 | 0,1 | 800 | 1 | -60 | +125 |
| МД218 | 0,1 | 1000 | 1 | -60 | +125 |
| МД218А | 0,1 | 1200 | 1,1 | -60 | +125 |
| Д226 | 0,25 | 300 | 1 | -60 | +70 |
| Д229Л | 0,5 | 400 | 1 | -60 | +85 |
| Д231 | 5 | 300 | 1 | -60 | +130 |
| Д231А | 10 | 300 | 1 | -60 | +130 |
| Д232 | 5 | 400 | 1 | -60 | +130 |
| Д232А | 10 | 400 | 1 | -60 | +130 |
| Д232Б | 2 | 400 | 1 | -60 | +130 |
| Д233 | 5 | 500 | 1 | -60 | +130 |
| Д234Б | 2 | 600 | 1 | -60 | +130 |
| Д242А | 10 | 100 | 1 | -60 | +125 |
| Д243А | 10 | 200 | 1 | -60 | +125 |
| Д245А | 10 | 300 | 1 | -60 | +125 |
| Д246А | 10 | 400 | 1 | -60 | +125 |
| КД202А | 5 | 50 | 1 | -60 | +130 |
| КД202В | 5 | 100 | 1 | -60 | +130 |
| КД202Д | 5 | 200 | 1 | -60 | +130 |
| КД202Ж | 5 | 300 | 1 | -60 | +130 |
| КД202К | 5 | 400 | 1 | -60 | +130 |
| КД202М | 5 | 500 | 1 | -60 | +130 |
| КД202Р | 5 | 600 | 1 | -60 | +130 |
| КД203А | 10 | 600 | 1 | -60 | +100 |
| КД203В | 10 | 800 | 1 | -60 | +100 |
| КД203Д | 10 | 1000 | 1 | -60 | +100 |
| КД206А | 10 | 400 | 1,35 | -60 | +70 |
| КД206Б | 10 | 500 | 1,35 | -60 | +70 |
| КД206В | 10 | 600 | 1,35 | -60 | +70 |
| 2Д206А | 5 | 400 | 1,35 | -60 | +85 |
| 2Д206Б | 5 | 500 | 1,35 | -60 | +85 |
| 2Д206В | 5 | 600 | 1,35 | -60 | +85 |
| 2Д210А | 5 | 800 | 1 | -60 | +100 |
| 2Д210Б | 10 | 800 | 1 | -60 | +100 |
| 2Д210В | 5 | 1000 | 1 | -60 | +100 |
| 2Д210Г | 10 | 1000 | 1 | -60 | +100 |
| 2Д219Б | 10 | 20 | 0,6 | -60 | +100 |
| Примечания. 1. Диоды Д7- Д305 – германиевые, остальные – кремниевые.2. Диоды типов КД206, 2Д206 – лавинные, работают без снижения режимов до f =50 кГц.3. Диоды типа 2Д210 – лавинные, работают без снижения режимов до f= 1 кГц. |

**Таблица 4. – Параметры конденсаторов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номинальное напряжение U, В | Конденсаторы электролитические | Конденсаторы оксидно-полупроводниковые |
| Тип конденсатора и его номинальная емкость, мкФ |
| К50-3Б | К50-22 | К50-24 | К53-1 | К53-14 |
| 15(16) | - | 1000, 2000, 5000, 10000 | 47, 100, 470, 1000, 2200, 4700, 10000 | 0,06; 0,1;0,15; 0,22; 0,33; 0,47; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8; 10; 15; 22; 33; 47; 68 | 0,068; 0,1;0,15; 0,22; 0,33; 0,47; 0,68; 1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8; 10;.15; 22; 33 |
| 25 | 10,20,50,100,200,500, 1000 | 680, 1000, 2000, 4700, 6800 | 22, 47, 100, 220, 470, 1000, 2200, 4700 | - | - |
| 30 | - | - | - | 0,033; 0,047; 0,068; 0,1; 0,15; 1; 1,1; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8; 10; 15; 22; 33 | 0,033; 0,047; 0,068; 0,1;0,15;0,22;0,33;0,47;1,5;1,0;2,2;3,34,7; 6,8; 10; 15; 22;  |
| 50 | 10,20, 50,100, 200 | 220, 470, 1000, 2200 | - | - | - |
| 63 | - | - | 10, 22, 47, 100, 220, 470, 1000, 2200 | - | - |
| 100 | 10, 20, 50, 100, 200 | 100, 220, 470, 680 | 4,7; 10; 22; 47; 100; 220 | - | - |
| 160 | 2, 5, 10, 20, 50, 200 | 47, 100, 220, 470 | 2,2; 4,7; 10; 22; 47; 100; 200 | - | - |
| 250 | 20, 50 | **-** | - | - | - |
| 450 | 2, 5, 10, 20 | **-** | 2,5, 10,20 | **-** | **-** |

**Таблица 5. – Унифицированные дроссели фильтров**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № дросселя | Индуктивность дросселя L, Гн | Ток подмагничивания, А | Сопротивление обмотки rL, Ом | Типоразмер магнитопровода |
| Д1Д2Д3 | 0,080,160,3 | 0,320,220,16 | 1935,563,5 | ШЛ6х12,5 |
| Д8Д9Д10 | 0,080,160,3 | 0,560,40,28 | 8,619,033,0 | ШЛ8х16 |
| Д16Д17Д18 | 0,080,160,3 | 0,80,560,4 | 4,6510,619,0 | ШЛ10х20 |
| Д25Д26Д27 | 0,080,160,3 | 1,10,80,56 | 4,0714,0 | ШЛ12х25 |
| Д34Д35Д36 | 0,080,160,3 | 1,41,00,8 | 2,65,310,5 | ШЛ16х16 |
| Д43Д44Д45 | 0,080,160,3 | 2,21,61,1 | 1,853,77,0 | ШЛ20х20 |
| Д52Д53Д54Д55Д56Д57Д58Д59Д60Д61Д62Д63Д64Д65Д66Д67Д68Д69 | 0,010,020,020,020,00051,2400,00430,00050,020,050,001250,080,00250,050,0020,0080,005 | 12,54,41,10,5616,50,80,0852,910,032,50,560,10,560,02215,6 | 0,0860,352,084,20,0172630000,30,0150,60,550,12120,361,10,41,10,17 | ШЛ25х40ШЛ20х20ШЛ8х16ШЛ6х65ШЛ12х25ШЛ20х40ШЛ10х20ШЛ12х16ШЛ16х20ШЛ16х16ШЛ32х40ШЛ6х6,5ШЛ6х6,5ШЛ6х6,5ШЛ10х10ШЛ6х12,5ШЛ6х12,5ШЛ16х16 |

Пример обозначения типономинала дросселя: Д69- 0,005 – 5,6, где Д69 – порядковый номер дросселя; 0,005 – номинальная индуктивность дросселя, ГН; 5,6 – номинальный ток подмагничивания, А.

**Список литературы**

**Основная литература:**

1. Бондарь И.М. Электротехника и электроника. – М.: Феникс, 2010.
2. Гальперин М.В. Электротехника и электроника. Форум, Инфра-М, 2009.
3. Иньков Ю.М., Крашенинников А.В. и др. Электротехника и электроника. – М.: Академия, 2009.

Дополнительная литература:

1. Евдокимов Ф.Е. Общая электротехника. – М.: Высшая школа, 2004.
2. Мальц Э.Л., Мустафаев Ю.Н. Электротехника и электрические машины. – М.: КОРОНА-Век, 2010. электроника. –
3. Немцов М.В., Немцова М.Л. Электротехника и электроника. – М.: Академия, 2010.
4. Осипов Ю.М., Петров Е.А., Прянишников В.А. Электротехника и ТОЭ в примерах и задачах. – М.: КОРОНА-Век, 2008.
5. Прошин В.М. Электротехника.- М.: Академия, 2010.
6. Электронный электротехнический журнал «Я электрик»
7. Фуфаева Л.И. Электротехника. – М.: Академия, 2009.