



**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ТВЕРСКОЙ КОЛЛЕДЖ ТРАНСПОРТА И СЕРВИСА»**

170008, г. Тверь, ул. Озёрная, д. 12, тел/факс(4822) 58-02-77, [www: tvercts.ru](http://www.tvercts.ru)

Утверждаю:



_____, директора ГБПОУ «ТКТиС»

_____, Т.А. Калинкина

« 20 » 01 2023 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ОП.01 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ учебной дисциплины ОП.01 Электротехника разработан на основе рабочей программы подготовки квалифицированных рабочих и служащих (ФГОС СПО ППКРС) по профессии **23.01.17 Мастер по ремонту и обслуживанию.**

Организация-разработчик: ГБПОУ «Тверской колледж транспорта и сервиса» 170008 г. Тверь, ул. Озёрная, д.12

Разработчик: Тюнева Елена Александровна, преподаватель высшей квалификационной категории

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Общие положения | 4 |
| 2. | Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине ОП.01 Электротехника | 6 |
| 3. | Комплект контрольно-измерительных материалов для текущего и рубежного контроля | 8 |
| | 3.1 Контрольные работы (4 варианта) | 8 |
| | 3.2 Тестовые задания | 9 |
| | 3.3 Методические материалы для устного опроса | |
| 4. | Комплект контрольно-измерительных материалов для лабораторных и практических заданий (методические рекомендации) | 32 |
| | 4.1 Практические занятия | 32 |
| | 4.2 Лабораторные занятия | 53 |
| 5. | Комплект контрольно-измерительных материалов для промежуточной аттестации | 65 |
| 6 | Критерии оценивания знаний и умений обучающихся, сформированности общих и профессиональных компетенций | 66 |
| 7. | Информационное обеспечение обучения | 68 |

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Формирование фондов оценочных средств (далее - ФОС) - необходимое условие реализации основной профессиональной образовательной программы. Под фондом оценочных средств понимается комплект методических и контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания знаний, умений, сформированности общих и профессиональных компетенций на разных стадиях обучения.

ФОС по учебной дисциплине ОП.01 Электротехника состоит:

- КИМ (контрольно- измерительные материалы) для текущего и рубежного контроля знаний и умений обучающихся,
- КОС (контрольно-оценочные средства) для проведения промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом ГБП ОУ ТКТиС.

Контрольно-измерительные материалы и контрольно-оценочные средства разработаны на основе рабочей программы ОП.01 Электротехника по профессии 23.01.17 Мастер по ремонту и обслуживанию автомобилей и предназначены для оценки образовательных достижений обучающихся. КИМ и КОС позволяют оценить знания, умения, сформированность общих и профессиональных компетенций, обучающихся на соответствие (или несоответствие) уровня их подготовки требованиям ФГОС СПО по освоению учебной дисциплины ОП.01 Электротехника.

Формой рубежного контроля по данной учебной дисциплине является «срез знаний», а промежуточного – дифференцированный зачет.

К формам текущего контроля по учебной дисциплине относятся:

- устный или письменный опросы по изученной теме;
- материалы для закрепления пройденного материала;
- отчет по практическим работам;
- подготовка сообщений и докладов;
- тестирование по отдельным темам.

Разработка оценочных материалов для включения в КОС проводилась с учетом:

- форм проведения оценочных мероприятий (устный опрос, выполнения практических работ и т.д.);
- уровней освоения учебного материала темы (ознакомительный, репродуктивный, продуктивный);
- видов деятельности, которые будут выполнять обучающиеся в процессе оценочных мероприятий (осознанное воспроизведение информации, применение информации, анализ, синтез, оценка);
- обучающих возможностей оценочных материалов;
- возможности принятия решения об освоении обучающимися общих и профессиональных компетенций.

В состав ФОС включены материалы, выполняющие как контролирующие, так и обучающие функции. Они позволяют не только проверить уровень усвоения знаний, освоения умений, но и оценить различные качества личности обучающегося, уровень сформированности профессиональных и общих компетенций.

Чтобы обеспечить объективную оценку результатов контроля, преподавателем разработаны критерии оценки показателей результатов обучения, эталоны выполнения заданий, «ключи» к тестам и т.п.

В материалы для оценочных мероприятий, проводимых в устной форме (зачета) включается перечень вопросов для подготовки обучающихся к оценочным мероприятиям. Материалы для письменных мероприятий (письменная работа на уроке) комплектуются по нескольким вариантам. Тесты формируются в соответствии с общими требованиями к оформлению и содержанию тестов.

Дисциплина ОП.01 Электротехника входит в общепрофессиональный цикл. Дисциплина ОП.01 Электротехника направлена на формирование общих и профессиональных компетенций.

| | |
|---------|---|
| ОК 01. | Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам. |
| ОК 02. | Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности |
| ОК 03. | Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях |
| ОК 04. | Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде. |
| ОК 05. | Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста. |
| ОК 06. | Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учётом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения |
| ОК 07. | Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях. |
| ОК 08. | Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности. |
| ОК 09 | Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности. |
| ПК 1.2 | Определять техническое состояние электрических и электронных систем автомобилей. |
| ПК 2.2 | Осуществлять техническое обслуживание электрических и электронных систем автомобилей |
| ПК 3.2. | Производить текущий ремонт узлов и элементов электрических и электронных систем автомобилей. |

В результате освоения дисциплины осуществляется комплексная проверка следующих умений и знаний, а также динамика формирования общих компетенций:

уметь:

| Код умения | Название умения |
|------------|---|
| У1 | измерять параметры электрических цепей автомобилей. |
| У2 | пользоваться измерительными приборами. |

знать:

| Код знания | Название знания |
|------------|---|
| З1 | основные положения электротехники. |
| З2 | устройство и принцип действия электрических машин и электрооборудования автомобилей. |
| З3 | устройство и конструктивные особенности узлов и элементов электрических и электронных систем. |
| З4 | меры безопасности при работе с электрооборудованием и электрифицированными инструментами. |

2. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ по учебной дисциплине ОП.01 Электротехника
Профессия: 23.01.17 Мастер по ремонту и обслуживанию автомобилей

| Темы учебной дисциплины | Формы и методы контроля | | | | | |
|---|--|--|---------------------------|---|---------------------------|--|
| | Текущий контроль | | Рубежный контроль | | Промежуточная аттестация | |
| | Форма контроля | Проверяемые ОК, У, З | Форма контроля | Проверяемые ОК, У, З | Форма контроля | Проверяемые ОК, У, З |
| Тема 1. Электробезопасность | Устный опрос, ПЗ№1 | У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 ПК 2.2 | | | ДЗ, Вопросы №№1,2 | У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 ПК 2.2 |
| Тема 2. «Электрические цепи постоянного тока». | Устный опрос, Тест №1, ПЗ№2, ПЗ№3, | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 | Контрольная работа № 1 | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09 ПК 1.2 | ДЗ, Вопросы №№3- 8 | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 |
| Тема 3. Электромагнетизм и магнитная индукция | Устный опрос, Тест №2, ПЗ№4 | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 | | | ДЗ, Вопросы №№9-15 | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 |
| Тема 4 «Электрические цепи переменного тока». | Устный опрос, Тест №3, ЛЗ №1, ЛЗ №2, | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 | | | Вопросы №№19- 27 | 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 |
| Тема 5. Электроизмерительные приборы | Устный опрос, Тест №4, ПР №5 | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 ПК 2.2 | | | ДЗ, Вопросы №№28,29 | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 ПК 2.2 |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---------------------------------------|---|
| Тема 6. Трансформаторы | Устный опрос, Тест №5, ПР №6 | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 ПК 2.2 | | | ДЗ, Вопросы №№16- 18, 30- 33 | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 ПК 2.2 ПК3. |
| Тема 7. Электрические машины | Устный опрос, Тест №6, ПР №7, ЛР№3 | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 ПК 2.2 | | | ДЗ, Вопросы №№34-38 | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 ПК 2.2 |
| Тема 8. Производство, распределение и потребление электрической энергии | Устный опрос | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 ПК 2.2 | | | ДЗ, Вопросы №№39-41 | У1 – У2 31 – 34 ОК 01 - ОК 09, ПК 1.2 ПК 2.2 |
| Промежуточная аттестация | | | | | ДЗ | |

ПР
–
пра

ктическая работа; ЛР – лабораторная работа; ДЗ - дифференцированный зачет

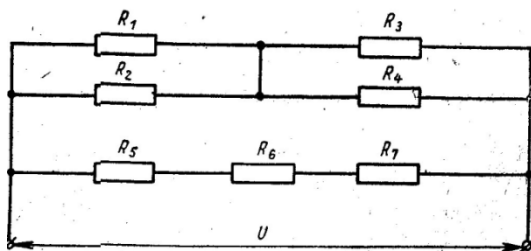
3. Комплект контрольно-измерительных материалов для текущего и рубежного контроля.

3.1 Контрольные работы

Контрольная работа №1 ПО ТЕМЕ «Электрические цепи постоянного тока» количество вариантов 4

ВАРИАНТ № 1

1. Закон Ома для участка цепи.
2. Последовательное соединение сопротивлений.
3. Задача. Определить общее сопротивление цепи и силу тока в неразветвлённой части цепи:

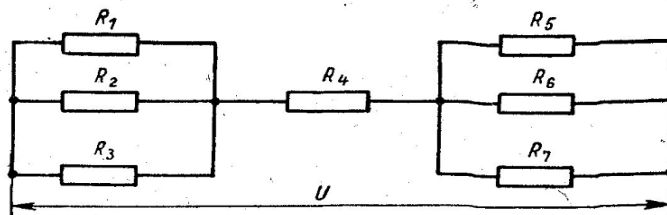


$$\begin{aligned} R_1 &= 3 \text{ Ом} \\ R_2 &= 7 \text{ Ом} \\ R_3 &= 4 \text{ Ом} \\ R_4 &= 6 \text{ Ом} \\ R_5 &= 2 \text{ Ом} \\ R_6 &= 1 \text{ Ом} \\ R_7 &= 2,5 \text{ Ом} \end{aligned}$$

ВАРИАНТ № 2

1. Потери и падение напряжения в линии электропередачи.
2. Первый закон Кирхгофа.
3. Задача. Определить общее сопротивление цепи и силу тока в неразветвлённой части цепи:

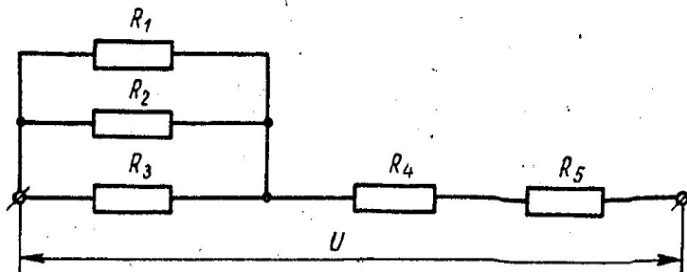
$$R_1 = 6 \text{ Ом} \quad R_2 = 3 \text{ Ом} \quad R_3 = 2 \text{ Ом} \quad R_4 = 1 \text{ Ом} \quad R_5 = 0,6 \text{ Ом} \quad R_6 = 0,6 \text{ Ом} \quad R_7 = 0,6 \text{ Ом}$$



ВАРИАНТ №3

1. Закон Ома для всей цепи.
2. Электрическая цепь и её элементы.
3. Задача. Определить общее сопротивление цепи:

$$\begin{aligned} R_1 &= 45 \text{ Ом} \\ R_2 &= 45 \text{ Ом} \quad R_3 = 45 \text{ Ом} \\ R_4 &= 12 \text{ Ом} \quad R_5 = 10 \text{ Ом} \end{aligned}$$

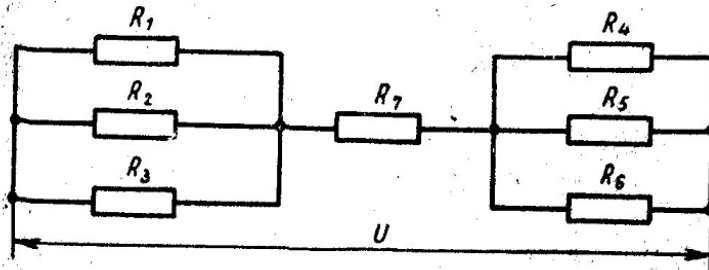


ВАРИАНТ №4.

1. Мощность и работа электрического тока. Единицы их измерения.

2. Параллельное соединение сопротивлений.
 3. Задача. Определить общее сопротивление цепи:

$$\begin{aligned} R_1 &= 9 \text{ Ом} \\ R_2 &= 9 \text{ Ом} \quad R_3 = 9 \text{ Ом} \\ R_4 &= 6 \text{ Ом} \quad R_5 = 6 \text{ Ом} \\ R_6 &= 6 \text{ Ом} \quad R_7 = 10 \text{ Ом} \end{aligned}$$



Инструкция: на выполнение контрольной работы отводится один аудиторных часа занятий.

3.2 Тестовые задания

Тест №1 по теме ««Электрические цепи постоянного тока»».

1. Определить сопротивление лампы накаливания, если на ней написано 100 Вт и 220 В

- | | |
|-----------|-----------|
| 1) 484 Ом | 3) 486 Ом |
| 2) 684 Ом | 4) 864 Ом |

2. Какой из проводов одинаково диаметра и длины сильнее нагревается – медный или стальной при одной и той же силе тока?

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1) Медный | 3) Стальной |
| 2) Оба провода нагреваются одинаково | 4) Ни какой из проводов не нагревается |

3. Как изменится напряжение на входных зажимах электрической цепи постоянного тока с активным элементом, если параллельно исходному включить ещё один элемент?

- | | |
|-----------------|-----------------------------------|
| 1) Не изменится | 3) Уменьшится |
| 2) Увеличится | 4) Для ответа недостаточно данных |

4. В электрической сети постоянного тока напряжение на зажимах источника электроэнергии 26 В. Напряжение на зажимах потребителя 25 В. Определить потерю напряжения на зажимах в процентах.

- | | |
|--------|--------|
| 1) 1 % | 3) 2 % |
| 2) 3 % | 4) 4 % |

5. Электрическое сопротивление человеческого тела 3000 Ом. Какой ток проходит через него, если человек находится под напряжением 380 В?

- | | |
|----------|----------|
| 1) 19 мА | 3) 13 мА |
| 2) 20 мА | 4) 50 мА |

6. Какой из проводов одинаковой длины из одного и того же материала, но разного диаметра, сильнее нагревается при одном и том же токе?

- 1) Оба провода нагреваются одинаково;
- 2) Сильнее нагревается провод с большим диаметром;
- 3) Сильнее нагревается провод с меньшим диаметром;
- 4) Проводники не нагреваются;

7. В каких проводах высокая механическая прочность совмещается с хорошей электропроводностью?

- | | |
|-----------------------|------------------|
| 1) В стальных | 3) В алюминиевых |
| 2) В стальалюминиевых | 4) В медных |

8. Определить полное сопротивление цепи при параллельном соединении потребителей, сопротивление которых по 10 Ом?

- | | |
|----------|-----------|
| 1) 20 Ом | 3) 5 Ом |
| 2) 10 Ом | 4) 0,2 Ом |

9. Два источника имеют одинаковые ЭДС и токи, но разные внутренние сопротивления. Какой из источников имеет больший КПД ?

- 1) КПД источников равны.
- 2) Источник с меньшим внутренним сопротивлением.
- 3) Источник с большим внутренним сопротивлением.
- 4) Внутреннее сопротивление не влияет на КПД.

10. В электрической схеме два резистивных элемента соединены последовательно.

Чему равно напряжение на входе при силе тока 0,1 А, если $R_1 = 100 \text{ Ом}$; $R_2 = 200 \text{ Ом}$?

- | | |
|---------|----------|
| 1) 10 В | 3) 300 В |
| 2) 3 В | 4) 30 В |

11. Какое из приведенных свойств не соответствует параллельному соединению ветвей?

- 1) Напряжение на всех ветвях схемы одинаковы.
- 2) Ток во всех ветвях одинаков.
- 3) Общее сопротивление равно сумме сопротивлений всех ветвей схемы
- 4) Отношение токов обратно пропорционально отношению сопротивлений на ветвях схемы.

12. Какие приборы способны измерить напряжение в электрической цепи?

- | | |
|---------------|--------------|
| 1) Амперметры | 3) Ваттметры |
| 2) Вольтметры | 4) Омметры |

13. Какой способ соединения источников позволяет увеличить напряжение?

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1) Последовательное соединение | 3) Параллельное соединение |
| 2) Смешанное соединение | 4) Ни какой |

14. Электрическое сопротивление человеческого тела 5000 Ом. Какой ток проходит через него, если человек находится под напряжением 100 В?

- | | |
|-----------|----------|
| 1) 50 А | 3) 5 А |
| 2) 0,02 А | 4) 0,2 А |

15. В электрическую цепь параллельно включены два резистора с сопротивлением 10 Ом и 150 Ом. Напряжение на входе 120 В. Определите ток до разветвления.

- | | |
|---------|---------|
| 1) 40 А | 3) 20 А |
| 2) 12 А | 4) 6 А |

16. Мощность двигателя постоянного тока 1,5 кВт. Полезная мощность, отдаваемая в нагрузку, 1,125 кВт. Определите КПД двигателя.

- | | |
|--------|---------|
| 1) 0,8 | 3) 0,75 |
| 2) 0,7 | 4) 0,85 |

17. Какое из приведенных средств не соответствует последовательному соединению ветвей при постоянном токе?

- 1) Ток во всех элементах цепи одинаков.
- 2) Напряжение на зажимах цепи равно сумме напряжений на всех его участках.
- 3) напряжение на всех элементах цепи одинаково и равно по величине входному напряжению.
- 4) Отношение напряжений на участках цепи равно отношению сопротивлений на этих участках цепи.

18. Какими приборами можно измерить силу тока в электрической цепи?

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1) Амперметром | 3) Вольтметром |
| 2) Психрометром | 4) Ваттметром |

19. Что называется электрическим током?

- 1) Движение разряженных частиц.

- 2) Количество заряда, переносимое через поперечное сечение проводника за единицу времени.
 3) Равноускоренное движение заряженных частиц.
 4) Порядочное движение заряженных частиц.

20. Расшифруйте абривиатуру ЭДС.

- 1) Электронно-динамическая система 3) Электрическая движущая система
 2) Электродвижущая сила 4) Электронно действующая сила.

Ответы к тестам по теме: ««Электрические цепи постоянного тока»».

| № вопроса | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ответ | 1 | 3 | 1 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 4 | 2 |

Инструкция: на выполнение теста №1 отводится 20 минут, внимательно прочитайте вопрос, выберите один вариант ответа, ответы занесите в бланк ответов.

Тест №2 Тема 3. Электромагнетизм и магнитная индукция

Вариант 1

- Кто открыл явление электромагнитной индукции?
 А. Х. Эрстед Б. Ш. Кулон В. А. Вольта Г. А. Ампер Д. М. Фарадей Е. Д. Максвелл
- Выводы катушки из медного провода присоединены к чувствительному гальванометру. В каком из перечисленных опытов гальванометр обнаружит возникновение ЭДС электромагнитной индукции в катушке?
 1) В катушку вставляется постоянный магнит
 2) Из катушки вынимается постоянный магнит
 3) Постоянный магнит вращается вокруг своей продольной оси внутри катушки
 А. Только в случае 1 Б. Только в случае 2 В. Только в случае 3 Г. В случаях 1 и 2 Д. В случаях 1, 2 и 3
- Как называется физическая величина, равная произведению модуля B индукции магнитного поля на площадь S поверхности, пронизываемой магнитным полем, и косинус угла α между вектором B индукции и нормалью n к этой поверхности?
 А. Индуктивность Б. Магнитный поток В. Магнитная индукция
 Г. Самоиндукция Д. Энергия магнитного поля
- Каким из приведенных ниже выражений определяется ЭДС индукции в замкнутом контуре?
 А. $BScos\alpha$. Б. $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. В. $qvBsin\alpha$ Г. $qvBI$. Д. $IBI\sin\alpha$.
- При вдвижении полосового магнита в металлическое кольцо и выдвигании из него в кольце возникает индукционный ток. Этот ток создает магнитное поле. Каким полюсом обращено магнитное поле тока в кольце к:
 1) вдвигаемому северному полюсу магнита и 2) выдвигаемому северному полюсу магнита
 А. 1 — северным, 2 — северным Б. 1 — южным, 2 — южным
 В. 1 — южным, 2 — северным Г. 1 — северным, 2 — южным
- Как называется единица измерения магнитного потока?

А. Тесла Б. Вебер В. Гаусс Г. Фарад Д. Генри

7. Единицей измерения какой физической величины является 1 Генри?

- А. Индукции магнитного поля Б. Емкости В. Самоиндукции
Г. Магнитного потока Д. Индуктивности

8. Каким выражением определяется связь магнитного потока через контур с индуктивностью L контура и силой тока I в контуре?

- А. LI . Б. $\frac{LI}{t}$. В. LI' . Г. LI^2 . Д. $\frac{LI^2}{2}$.

9. Каким выражением определяется связь ЭДС самоиндукции с силой тока в катушке?

- А. $-n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$. Б. $-\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$. В. LI . Г. $\frac{LI^2}{2}$. Д. LI' .

5. Ниже перечислены свойства различных полей. Какими из них обладает электростатическое поле?

- 1) Линии напряженности обязательно связаны с электрическими зарядами
- 2) Линии напряженности не связаны с электрическими зарядами
- 3) Поле обладает энергией
- 4) Поле не обладает энергией
- 5) Работа сил по перемещению электрического заряда по замкнутому пути может быть не равна нулю
- 6) Работа сил по перемещению электрического заряда по любому замкнутому пути равна нулю

- А. 1, 4, 6 Б. 1, 3, 5 В. 1, 3, 6 Г. 2, 3, 5 Д. 2, 3, 6 Е. 2, 4, 6

6. Контур площадью 1000 см^2 находится в однородном магнитном поле с индукцией $0,5 \text{ Тл}$, угол между вектором B индукции и нормалью к поверхности контура 60° . Каков магнитный поток через контур?

- А. 250 Вб . Б. 1000 Вб . В. $0,1 \text{ Вб}$. Г. $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$. Д. $2,5 \text{ Вб}$.

12. Какая сила тока в контуре индуктивностью 5 мГн создает магнитный поток $2 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$?

- А. 4 мА Б. 4 А В. 250 А Г. 250 мА Д. $0,1 \text{ А}$ Е. $0,1 \text{ мА}$

13. Магнитный поток через контур за $5 \cdot 10^{-2} \text{ с}$ равномерно уменьшился от 10 мВб до 0 мВб . Каково значение ЭДС в контуре в это время?

- А. $5 \cdot 10^{-4} \text{ В}$ Б. $0,1 \text{ В}$ В. $0,2 \text{ В}$ Г. $0,4 \text{ В}$ Д. 1 В Е. 2 В

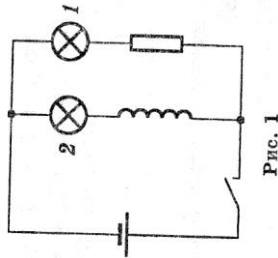
14. Каково значение энергии магнитного поля катушки индуктивностью 5 Гн при силе тока в ней 400 мА ?

- А. 2 Дж . Б. 1 Дж . В. $0,8 \text{ Дж}$. Г. $0,4 \text{ Дж}$. Д. 1000 Дж . Е. $4 \cdot 10^5 \text{ Дж}$.

15. Катушка, содержащая n витков провода, подключена к источнику постоянного тока с напряжением U на выходе. Каково максимальное значение ЭДС самоиндукции в катушке при увеличении напряжения на ее концах от 0 В до $U \text{ В}$?

- А. $U \text{ В}$, Б. $nU \text{ В}$, В. $U/n \text{ В}$, Г. Может быть во много раз больше U , зависит от скорости изменения силы тока и от индуктивности катушки.

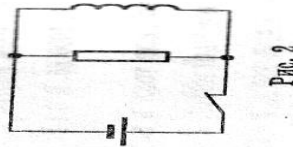
16. Две одинаковые лампы включены в цепь источника постоянного тока, первая последовательно с резистором, вторая последовательно с катушкой. В какой из ламп (рис. 1) сила тока при замыкании ключа K достигнет максимального значения позже другой?



- А. В первой Б. Во второй В. В первой и второй одновременно
Г. В первой, если сопротивление резистора больше сопротивления катушки
Д. Во второй, если сопротивление катушки больше сопротивления резистора

17. Катушка индуктивностью 2 Гн включена параллельно с резистором электрическим сопротивлением 900 Ом , сила тока в катушке $0,5 \text{ А}$, электрическое сопротивление катушки 100 Ом . Какой электрический заряд протечет в цепи катушки и резистора при отключении их от источника тока (рис. 2)?

- А. 4000 Кл . Б. 1000 Кл .
В. 250 Кл . Г. $1 \cdot 10^{-2} \text{ Кл}$. Д. $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$.
Е. $1 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$.



18. Самолет летит со скоростью 900 км/ч , модуль вертикальной составляющей вектора индукции магнитного поля Земли $4 \cdot 10^5 \text{ Тл}$. Какова разность потенциалов между концами крыльев самолета, если размах крыльев равен 50 м ?

- А. $1,8 \text{ В}$ Б. $0,9 \text{ В}$ В. $0,5 \text{ В}$ Г. $0,25 \text{ В}$

20. Какой должна быть сила тока в обмотке якоря электромотора для того, чтобы на участок обмотки из 20 витков длиной 10 см , расположенный перпендикулярно вектору индукции в магнитном поле с индукцией $1,5 \text{ Тл}$, действовала сила 120 Н ?
- А. 90 А Б. 40 А В. $0,9 \text{ А}$ Г. $0,4 \text{ А}$

21. Какую силу нужно приложить к металлической перемычке для равномерного ее перемещения со скоростью 8 м/с по двум параллельным проводникам, расположенным на расстоянии 25 см друг от друга в однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл ? Вектор индукции перпендикулярен плоскости, в которой расположены рельсы. Проводники замкнуты резистором с электрическим сопротивлением 2 Ом .
- А. 10000 Н Б. 400 Н В. 200 Н Г. 4 Н Д. 2 Н Е. 1 Н

Вариант 2

1. Как называется явление возникновения электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока через контур?
- А. Электростатическая индукция Б. Явление намагничивания
В. Сила Ампера Г. Сила Лоренца Д. Электролиз Е. Электромагнитная индукция
2. Выводы катушки из медного провода присоединены к чувствительному гальванометру. В каком из перечисленных опытов гальванометр обнаружит возникновение ЭДС электромагнитной индукции в катушке?
- 1) В катушку вставляется постоянный магнит
 - 2) Катушка надевается на магнит
 - 3) Катушка вращается вокруг магнита, находящегося внутри нее

- А. В случаях 1, 2 и 3 Б. В случаях 1 и 2 В. Только в случае 1
Г. Только в случае 2 Д. Только в случае 3
3. Каким из приведенных ниже выражений определяется магнитный поток?
А. $B \cos \alpha$ В. $q v B \sin \alpha$ Г. $q v B l$ Д. $I B l \sin \alpha$
4. Что выражает следующее утверждение: ЭДС индукции в замкнутом контуре пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром?
А. Закон электромагнитной индукции Б. Правило Ленца
В. Закон Ома для полной цепи Г. Явление самоиндукции
Д. Закон электролиза
5. При вдвижении полосового магнита в металлическое кольцо и выдвигании из него в кольце возникает индукционный ток. Этот ток создает магнитное поле. Каким полюсом обращено магнитное поле тока в кольце к:
1) вдвигаемому южному полюсу магнита и 2) выдвигаемому южному полюсу магнита
А. 1 — северным, 2 — северным Б. 1 — южным, 2 — южным
В. 1 — южным, 2 — северным Г. 1 — северным, 2 — южным
6. Единицей измерения какой физической величины является 1 Вебер?
А. Индукции магнитного поля Б. Емкости В. Самоиндукции
Г. Магнитного потока Д. Индуктивности
7. Как называется единица измерения индуктивности?
А. Тесла Б. Вебер В. Гаусс Г. Фарад Д. Генри
8. Каким выражением определяется связь энергии магнитного потока в контуре с индуктивностью L контура и силой тока I в контуре?
А. $\frac{LI}{t}$ Б. $\frac{LI^2}{2}$ В. LI^2 Г. LI Д. LI
9. Какая физическая величина x определяется выражением $x = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ для катушки из n витков.
А. ЭДС индукции Б. Магнитный поток В. Индуктивность Г. ЭДС самоиндукции
Д. Энергия магнитного поля Е. Магнитная индукция
10. Ниже перечислены свойства различных полей. Какими из них обладает вихревое индукционное электрическое поле?
1) Линии напряженности обязательно связаны с электрическими зарядами
2) Линии напряженности не связаны с электрическими зарядами
3) Поле обладает энергией
4) Поле не обладает энергией
5) Работа сил по перемещению электрического заряда по замкнутому пути может быть не равна нулю
6) Работа сил по перемещению электрического заряда по любому замкнутому пути равна нулю
А. 1, 4, 6 Б. 1, 3, 5 В. 1, 3, 6 Г. 2, 3, 5 Д. 2, 3, 6 Е. 2, 4, 6
11. Контур площадью 200 см^2 находится в однородном магнитном поле с индукцией $0,5 \text{ Тл}$, угол между вектором B индукции и нормалью к

поверхности контура 60° . Каков магнитный поток через контур?

А. 50 Вб. Б. $2 \cdot 10^{-2}$ Вб. В. $5 \cdot 10^{-3}$ Вб. Г. 200 Вб. Д. 5 Вб.

12. Ток 4 А создает в контуре магнитный поток 20 мВб.

Какова индуктивность контура?

А. 5 Гн. Б. 5 мГн. В. 80 Гн. Г. 80 мГн. Д. 0,2 Гн. Е. 200 Гн.

13. Магнитный поток через контур за 0,5 с равномерно уменьшился от 10 мВб до 0 мВб. Каково значение ЭДС в контуре в это время?

А. $5 \cdot 10^{-3}$ В. Б. 5 В. В. 10 В. Г. 20 В. Д. 0,02 В. Е. 0,01 В.

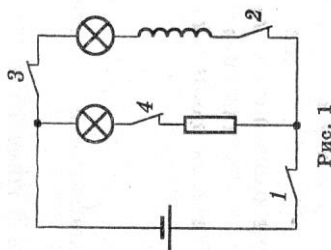
14. Каково значение энергии магнитного поля катушки индуктивностью 500 мГн при силе тока в ней 4 А?

А. 2 Дж. Б. 1 Дж. В. 8 Дж. Г. 4 Дж. Д. 1000 Дж. Е. 4000 Дж.

15. Катушка, содержащая n витков провода, подключена к источнику постоянного тока с напряжением U на выходе. Каково максимальное значение ЭДС самоиндукции в катушке при уменьшении напряжения на ее концах от U В до 0 В?

А. U В. Б. nU В. В. U/n В.

Г. Может быть во много раз больше U , зависит от скорости изменения силы тока и от индуктивности катушки.

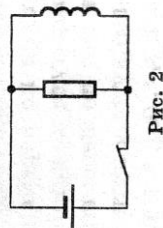


16. В электрической цепи, представленной на рисунке 1, четыре ключа 1, 2, 3 и 4 замкнуты. Размыкание какого из четырех даст лучшую возможность обнаружить явление самоиндукции?

А. 1. Б. 2. В. 3. Г. 4. Д. Любого из четырех.

17. Катушка резистором катушке 0,5 А, Какой электрический заряд протечет в цепи от источника тока (рис.

А. 4000 Кл. Б. 1000 Кл. В. $1,1 \cdot 10^{-3}$ Кл. Д. $1 \cdot 10^{-3}$ Кл.



индуктивностью 2 Гн включена параллельно с электрическим сопротивлением 100 Ом, сила тока в электрическое сопротивление катушки 900 Ом.

катушки и резистора при отключении их 2)?

Кл. В. 250 Кл. Г. $1 \cdot 10^{-2}$ Кл.

18. Самолет летит со скоростью 1800 км/ч, модуль вертикальной составляющей вектора индукции магнитного поля Земли $4 \cdot 10^{-5}$ Тл. Какова разность потенциалов между концами крыльев самолета, если размах крыльев равен 25 м?

А. 1,8 В. Б. 0,5 В. В. 0,9 В. Г. 0,25 В.

19. Прямоугольная рамка площадью S с током I помещена в магнитном поле с индукцией B . Чему равен момент силы, действующей на рамку, если угол между вектором B и нормалью к рамке равен α ?

А. $IBS \sin \alpha$. Б. IBS . В. $IBS \cos \alpha$. Г. $I^2BS \sin \alpha$. Д. $I^2BS \cos \alpha$.

20. По двум вертикальным рельсам, верхние концы которых замкнуты резистором электрическим сопротивлением R , начинает скользить проводящая перемычка массой m и длиной l . Система находится в магнитном поле. Вектор индукции перпендикулярен плоскости, в которой расположены рельсы. Найдите установившуюся скорость и движения перемычки. Сила трения пренебрежимо мала.

$$A. v = \frac{mgR}{(Bl)^2} \quad Б. v = \frac{(Bl)^2}{mgR} \quad В. v = \frac{mgR}{Bl} \quad Г. v = \frac{mR}{(Bl)^2} \quad Д. v = \frac{(Bl)}{mgR}$$

Ответы:

| | Номер вопроса и ответ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Вариант | Д | Г | Б | Б | Г | Б | Д | А | Д | В | Г | Б | В | Г | А | Б | Е | В | Б | Е |
| Вариант | Е | Б | А | А | В | Г | Д | Б | А | Г | В | Б | Д | Г | Г | А | Е | Б | В | А |

Инструкция: на выполнение теста №1 отводится 25 минут, внимательно прочитайте вопрос, выберите один вариант ответа, ответы занесите в бланк ответов.

Тест №3 по теме «Электрические (однофазные) цепи переменного тока»

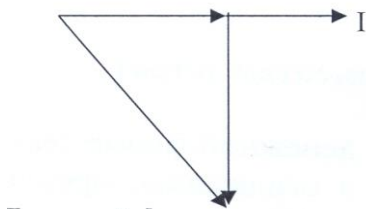
1. В цепи с активным сопротивлением в какую энергию преобразуется энергия источника?

- 1) энергию магнитного поля;
- 2) энергию электрического поля;
- 3) тепловую;
- 4) тепловую энергию электрического и магнитного полей.
- 5) световую энергию.

2. Ёмкость конденсатора равна 800 мкФ, частота тока 50 Гц. Чему равно сопротивление конденсатора?

- 1) 3 Ом
- 2) 4 Ом.
- 3) 6 Ом.
- 4) 8 Ом.
- 5) 10 Ом.

3. Какой цепи с последовательно соединенными элементами соответствует данная векторная диаграмма?

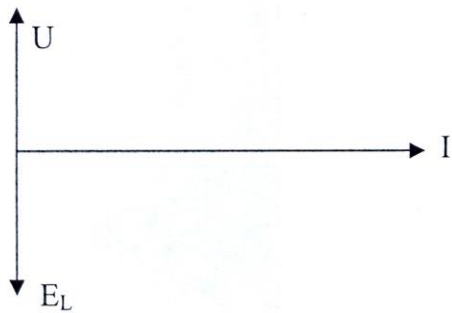


- 1) цепи с активным сопротивлением и индуктивностью
- 2) цепи с активным сопротивлением и емкостью;
- 3) цепи с индуктивностью и активным сопротивлением;
- 4) цепи с емкостью и активным сопротивлением
- 5) цепи с индуктивностью и емкостью.

4. Чему равна реактивная мощность цепи в момент резонанса напряжений?

- 1) нулю.
- 2) полной мощности цепи.
- 3) единице.
- 4) активной мощности цепи.
- 5) половине полной мощности цепи.

5. Для какой цепи построена данная векторная диаграмма?



- 1) для цепи с ёмкостью;
 - 2) для цепи с индуктивностью;
 - 3) для цепи с активным сопротивлением;
 - 4) для цепи с активным сопротивлением и ёмкостью;
 - 5) для цепи с активным сопротивлением и индуктивностью.
- 6. В каких единицах в системе СИ измеряется реактивная мощность?**
- 1) ВА. 2) В. 3) Вар. 4) Вт. 5) кВт.
- 7. По какой формуле можно найти активную мощность цепи, содержащую активное сопротивление и индуктивность?**
- 1) $P = U I$;
 - 2) $P = U I \cos \varphi$;
 - 3) $P = U I \sin \varphi$;
 - 4) $P = U \sin \varphi$;
 - 5) $P = U I \cos \varphi$
- 8. Потребляется ли энергия контуром при резонансе токов, если $R_k = 0$?**
- 1) да;
 - 2) нет;
 - 3) зависит от соотношения L и C ;
 - 4) зависит от величины тока;
 - 5) зависит от сопротивления контура.
- 9. Единица измерения индуктивности контура**
- 1) тесла; 2) вебер; 3) генри; 4) А/м; 5) максвелл.
- 10. У какой цепи общее напряжение совпадает по фазе с током?**
- 1) у цепи с индуктивностью.
 - 2) у цепи с активным сопротивлением.
 - 3) у цепи с ёмкостью.
 - 4) у цепи с активным сопротивлением и ёмкостью.
 - 5) у цепи с активным сопротивлением и индуктивностью.
- 11. Возможно ли практически реализовать чисто активное сопротивление?**
- 1) возможно;
 - 2) невозможно;
 - 3) зависит от величины сопротивления.
- 12. Под резонансным режимом работы цепи понимают режим, при котором сопротивление является:**
- 1) чисто активным;
 - 2) чисто индуктивным;
 - 3) чисто емкостным;
 - 4) активно-индуктивным;
 - 5) активно-емкостным.
- 13. Что называют резонансом токов?**
- 1) явление, при котором все токи одинаковы.
 - 2) явление, при котором ток активные равен току реактивному.

- 3) явление, при котором общий ток цепи совпадает по фазе с напряжением источника.
- 4) явление, при котором частота тока увеличивается.
- 5) явление, при котором частота тока уменьшается.

14. В каких единицах в системе СИ измеряется ёмкость конденсатора?

- 1) в генри;
- 2) в Омах;
- 3) в фарадах;
- 4) в сименсах;
- 5) в герцах.

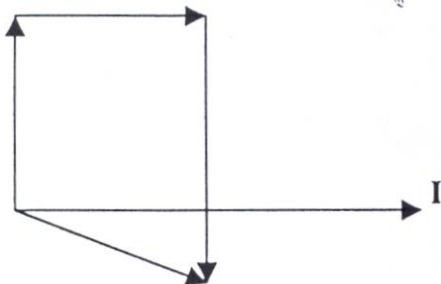
15. Для повышения коэффициента мощности параллельно приемнику энергии включают:

- 1) конденсаторы;
- 2) катушки индуктивности;
- 3) резисторы;
- 4) трансформаторы;
- 5) реостаты.

16. В каких единицах в системе СИ измеряется ёмкость конденсатора?

- 1) в генри;
- 2) в омах;
- 3) в фарадах;
- 4) в сименсах;
- 5) в амперах.

17. Для какой цепи построена данная векторная диаграмма?

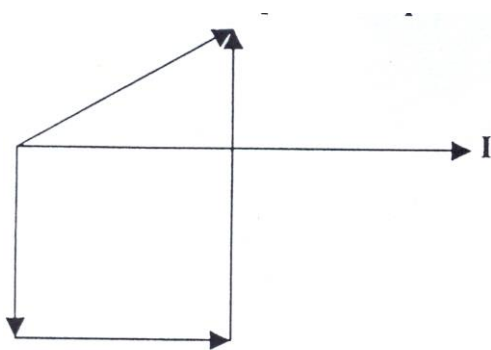


- 1) для цепи с активным сопротивлением и индуктивностью.
- 2) для цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и ёмкостью.
- 3) для цепи с активным сопротивлением и ёмкостью.
- 4) для цепи с индуктивностью, активным сопротивлением и ёмкостью.
- 5) для цепи с ёмкостью, активным сопротивлением и индуктивностью.

18. Для полного использования номинальной мощности генераторов и уменьшения тепловых потерь необходимо :

- 1) повышать $\cos \varphi$;
- 2) понижать $\cos \varphi$;
- 3) повышать $\sin \varphi$;
- 4) понижать $\sin \varphi$

19. Какие параметры включены последовательно в цепь, соответствующую данной векторной диаграмме?



- 1) активное сопротивление, индуктивность и ёмкость.
- 2) индуктивность, ёмкость индуктивность активное сопротивление.
- 3) ёмкость, индуктивность и активное сопротивление.
- 4) индуктивность, активное сопротивление и ёмкость.
- 5) ёмкость, активное сопротивление и индуктивность

20. В каких единицах системы СИ измеряется частота переменного тока?

- 1) Гн; 2) Гц; 3) Ф; 4) Вар; 5) Вт.

Ответы к тестам по теме: Электрические (однофазные) цепи переменного тока

| № вопроса | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ответ | 3 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 1 | 5 | 2 |

Инструкция: на выполнение теста №3 отводится 20 минут, внимательно прочитайте вопрос, выберите один вариант ответа, ответы занесите в бланк ответов.

Тест №4 Тема 5. Электроизмерительные приборы

Вариант 1

1. Какие из указанных погрешностей измерений возможно устранить:

- а) случайная
- б) систематическая
- в) приведенная
- г) относительная
- д) абсолютная

2. Где верно указан возможный класс точности прибора:

- а) 1,3 б) 0,7 в) 1,5 г) 0,35 д) 0,12

3. Указать преимущества магнитоэлектрической измерительной системы:

- а) широкий частотный диапазон
- б) равномерная шкала, высокая точность, большая чувствительность
- в) простота конструкции, способность к перегрузкам
- г) низкая стоимость
- д) малое влияние внешних магнитных полей

4. Для измерения, каких параметров радиоэлементов предназначен измерительный мост постоянного тока:

- а) электрической ёмкости С
- б) активного сопротивления R
- в) индуктивности L и тангенса угла диэлектрических потерь tg
- г) добротности катушки индуктивности;
- д) мощности переменного тока

5. Указать датчики, используемые для измерения перемещения:

- а) индуктивные и емкостные
- б) пьезоэлектрические
- в) тензометрические
- г) магнитоупругие
- д) тахогенератор

Вариант 2

1. Чем определяется мультипликативная погрешность измерительного прибора:

- а) трением в опорах
- б) влияние внешних факторов и старением элементов прибора
- в) неточностью отсчета
- г) шумами
- д) вибрацией

2. Где верно указана классификация электроизмерительных приборов по физическим принципам:

- а) измерительные генераторы, специальные
- б) показывающие
- в) электромеханические, электронные
- г) регистрирующие
- д) цифровые

3. Указать преимущества электромагнитной измерительной системы:

- а) простота конструкции, способность к перегрузкам, низкая стоимость, возможность измерения как постоянных, так и переменных токов и напряжений
- б) широкий частотный диапазон
- в) высокая точность
- г) большая чувствительность
- д) равномерная шкала

4. Для измерения каких параметров радиоэлементов предназначен измерительный мост переменного тока:

- а) активного сопротивления R
- б) активного сопротивления R и электрической емкости C
- в) электрической ёмкости C , добротности Q , индуктивности L тангенса угла диэлектрических потерь
- г) электрической мощности
- д) амплитуда напряжения

5. Указать датчики, используемые для измерения деформации:

- а) индуктивные
- б) тензометрические
- в) тахогенераторы
- г) емкостные
- д) фотоэлектрические

Вариант 3

1. Какими факторами определяется аддитивная погрешность средств измерений:

- а) внешними факторами
- б) трением в опорах, неточностью отсчёта, шумами, наводками, вибрацией
- в) неверной методикой измерений
- г) старением элементов прибора
- д) изменением температуры среды

2. Где верно указана классификация приборов по виду измеряемых величин:

- а) электромеханические
- б) аналоговые
- в) измерительные генераторы, специальные, для измерения параметров радиоэлементов
- г) электронные
- д) цифровые

3. Указать недостатки приборов магнитоэлектрической измерительной системы:

- а) измерение только постоянных токов и напряжений, сильное влияние внешних магнитных полей
- б) неравномерная шкала
- в) малая чувствительность
- г) низкий класс точности
- д) линейность характеристик

4. Сколько переменных резисторов содержится в схеме моста постоянного тока:

- а) 2 б) 3 в) 1 г) 4 д) 0

5. Какое напряжение подаётся на управляющий электрод электронно-лучевой трубки:

- а) от -50 до -150 В б) 6,3 В в) 0,5 КВ г) 27 КВ д) 4 КВ

Вариант 4

1. Какими факторами определяется мультипликативная погрешность средств измерений:

- а) внешними факторами, старением элементов прибора
- б) трением в опорах
- в) неверной методикой измерений
- г) неточностью отсчёта
- д) шумами, наводками, вибрацией

2. Где верно указана классификация электроизмерительных приборов по способу выдачи информации:

- а) аналоговые
- б) электромеханические
- в) показывающие, регистрирующие
- г) электронные д) цифровые

3. Указать недостатки приборов электромагнитной измерительной системы:

- а) измерение только постоянных токов и напряжений
- б) низкая точность и чувствительность

- в) сложность конструкции
- г) измерение только напряжений
- д) сильное влияние внешних магнитных полей

4. Указать, сколько переменных резисторов содержится в схеме моста переменного тока:
а) 2 б) 10 в) 3 г) 0 д) 5

5. Какое напряжение подаётся на нить накала электронно-лучевой трубки:
а) -7,5В б) 28 В в) 6,3 В г) -50 В д) 4 КВ

Карта ответов:

| № № теста вопросы | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------|---|---|---|---|
| 1 | б | б | в | б |
| 2 | б | в | а | в |
| 3 | б | в | б | в |
| 4 | а | в | б | а |
| 5 | б | а | в | б |

3.3 Методические материалы для устного опроса

Тема 1. Электробезопасность

Заземление и зануление

- Почему нельзя подключать провод заземления на трубы отопления или водоснабжения?

Реально в городских условиях блуждающие токи и пр. мешающие факторы столь велики, что на батарее отопления может оказаться что угодно. Однако основная проблема, в том, что ток срабатывания автоматов защиты достаточно велик. Соответственно один из вариантов возможной аварии - пробой накоротко фазы на корпус с током утечки как раз где-то на границе срабатывания автомата, то есть, в лучшем случае 16 ампер. Итого, делим 220В на 16А – получаем 15 ом. Всего каких-то тридцать метров труб, и получите 15 ом. И потек ток куда-то, в сторону не пиленого леса. Но это уже не важно. Важно то, что в соседней квартире (до которой 3 метра, а не 30, напряжение на кране почти те же 220.), а вот на, скажем, канализационной трубе – реальный ноль, или около того.

- Почему нельзя делать имитацию схемы заземления?

Соединяя в евровозетке "нулевой рабочий" и "нулевой защитный" проводники, как иногда практикуют некоторые "умельцы". Такая замена крайне опасна. Не редки случаи отгорания "рабочего нуля" в щите. После этого на корпусе Вашего потребителя очень прочно размещается 220В. Последствия будут примерно такими же, как и с соседом, с той разницей, что за это ни кто ответственности нести не будет, кроме того, кто сделал такое соединение. А как показывает практика, это делают сами же хозяева, т.к. считают себя достаточными специалистами, чтобы не вызывать электриков.

- Что такое зануление и как реализовывается?

Одним из вариантов "заземления" является "зануление". На корпусе распределительного щита, на этаже имеется нулевой потенциал, а если точнее, нулевой провод, проходящий через этот самый щиток, имеет контакт с корпусом щита посредством болтового соединения. Нулевые проводники с расположенных на этом этаже квартир, тоже присоединяются к корпусу щита. Каждый из этих концов заведен под свой болт (на практике правда часто встречается по парное соединение этих концов). Вот как раз туда и

надо подсоединять наш проводник, который в последствии будет называться "заземлением".

- Когда используется контур заземления и как его выполнить?

Контур заземления применяется в зданиях и сооружениях с изолированной схемой заземления?

Взять металлический уголок 40х40 или 50х50, длиной метра 3, забить его в землю, чтобы за него не запинались, а именно, копаем яму на два штыка лопаты в глубину и максимально забиваем туда наш уголок, а от него провести провод ПВ-3 (гибкий, многожильный), сечением не менее 6 мм. кв. до распределительного щита. о в новостройках используется заземление или зануление?

- Какая схема заземления применяется в новостройках?

Новостройки по всем правилам, обеспечиваются трехпроводным кабелем (фаза, нуль, земля) в однофазной системе и пятипроводный кабель (три фазы, нуль, земля) в трехфазной системе, т.е. по системе заземления TN-C-S или TN-S, в таких системах зануления нет.

Тема 2. Электрические цепи постоянного тока

1. Основные параметры электрической цепи постоянного тока.

- Что называется электрическим током?
- Что называется электродвижущей силой?
- Что называется электрическим сопротивлением?
- Что называется напряжением?
- Обозначение силы тока
- Обозначение электродвижущей силы
- Обозначение сопротивления
- Обозначение напряжения
- Единицы измерения силы ток
- Единицы измерения сопротивления
- Единицы измерения электродвижущей силы

Ответы:

- Электрический ток - это направленное движение свободно заряженных частиц
- Электродвижущая сила - сила, под действием которой в замкнутой цепи протекает ток
- Сопротивление - это противодействие проводника направленному движению заряженных частиц электрическому току
- Напряжение - это основная величина, характеризующая электроустановку, численно равная работе, выполняемой при перемещении единицы положительного электричества между двумя точками
- I - условное обозначение силы тока
- E - условное обозначение ЭДС
- R- сопротивление
- U - напряжение
- Сила тока измеряется в амперах (А)
- Напряжение измеряется в вольтах (В)
- Сопротивление - в омах (Ом)
- Электродвижущая сила - в вольтах (В)

Закон Ома

- Сформулировать закон Ома для участка цепи
- Сформулировать закон Ома для полной цепи
- Записать формулу закона Ома для участка цепи

- Записать формулу закона Ома для полной цепи
- Как измениться сила тока, если сопротивление увеличить в 4 раза?
- Как измениться сила тока, если напряжение увеличить в 4 раза?
- Как измениться сила тока в цепи, если напряжение уменьшить в 12 раз, а сопротивление увеличить в 4 раза?
- Как измениться сила тока в плитке, если отрезать часть спирали?
- Как изменится сопротивление незащищенного проводника, если его сложить вдвое?

Ответы:

- Ток на участке цепи прямо пропорционален напряжению и обратно пропорционален сопротивлению данного участка
- Ток в замкнутой цепи прямо пропорционален электродвижущей силе и обратно пропорционален сопротивлению всей цепи
- $I = U/R$
- $I = E/(R + R_0)$
- Если сопротивление увеличить в 4 раза, то сила тока уменьшается в 4 раза
- Если напряжение увеличить в 4 раза, то сила тока увеличится в 4 раза
- Если напряжение уменьшить в 12 раз, а сопротивление увеличить в 4 раза, то сила тока уменьшится
- Если отрезать часть спирали сила тока уменьшится
- Сопротивление незащищенного проводника, если его сложить вдвое, увеличится в 2 раза

Соединение резисторов

- Какое соединение называется параллельным?
- Какое соединение называется последовательным?
- Какое соединение называется смешанным?
- Главное удобство при параллельном соединении?
- Схема последовательного соединения
- Схема параллельного соединения
- Как распределяется сила тока между потребителями при параллельном соединении?
- Как распределяется сила тока между потребителями при последовательном соединении?
- Зависит ли напряжение на потребителях при параллельном соединении от сопротивления потребителей?
- Зависит ли напряжение на потребителях при последовательном соединении от сопротивления потребителей?

Ответы:

- Параллельным соединением называется такое соединение, при котором элементы электрической цепи находятся под одним и тем же напряжением.
- Последовательным соединением называют такое соединение, при котором каждый из резисторов включен в одну замкнутую электрическую цепь.
- Смешанное соединение - это такое соединение, при котором в электрической цепи резисторы, соединенные между собой параллельно, включаются последовательно с другим резисторами.
- Главное удобство состоит в следующем: если в схеме перегорит один резистор, то данная схема продолжает работать, благодаря второму резистору, соединенному параллельно первому
- Сила тока между потребителями при параллельном соединении распределяется неравномерно, неодинаково.

- Сила тока между потребителями при последовательном соединении распределяется одинаково, равномерно, последовательно.
- Да, зависит
- Нет

Закон Кирхгофа

- Как читается первый закон Кирхгофа?
- Как читается второй закон Кирхгофа?
- Чем алгебраическая сумма отличается от арифметической?
- Какое включение называется согласным?
- Какое включение называется встречным?
- Что такое узел электрической цепи?
- Что называется ветвью электрической цепи?
- Ответы:
- Сумма токов, приходящих к узлу цепи, равна сумме токов, уходящих от этого узла или алгебраическая сумма токов равна нулю.
- Во всякой замкнутой эл.цепи алгебраическая сумма всех ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжений в сопротивлениях, включенных последовательно в эту цепь.
- Алгебраическая сумма токов равна нулю независимо от их величины, числа, полученного при сложении токов. А арифметическая сумма токов может быть равна нулю, но не всегда.
- Согласное включение - включение, при котором направление ЭДС двух источников энергии совпадают по направлению.
- Встречное включение - включение, при котором направление ЭДС двух источников не совпадают по направлению.
- Узел - это точка, где сходятся три и более проводников.
- Ветвь - это участок цепи, соединяющий два соседних узла.

Работа и мощность постоянного тока

- От чего и как зависит величина электрической работы? Поясните словами и приведите формулы
- Что называется мощностью?
- Формулы для определения мощности
- Единицы измерения работы
- Единицы измерения мощности
- Как изменится мощность лампочки, если напряжение уменьшить в 2 раза?
- Как изменится мощность плитки, если в сети не хватает напряжения?
- Почему быстро перегорают потребители, если к ним подвести повышенное напряжение?

Ответы:

- Работа (ее величина) зависит от напряжения, силы тока и времени, мощности.
 $A = U \cdot I \cdot t$ (Дж) $A = P \cdot t$
- Мощностью называется работа, производимая (или потребляемая) в одну секунду
- $P = A/t$, $P = I \cdot U$, $P = I^2 \cdot R$
- Работа измеряется в Джоулях (Дж)
- Мощность измеряется в ваттах (Вт)
- Если напряжение уменьшить в два раза, то и мощность лампочки уменьшится в два раза.
- Если в сети не хватает напряжения, то мощность плитки уменьшится
- Потому что по потребителям в данном случае проходит повышенный ток

Тема 4. Электрические цепи переменного тока

Основные параметры переменного тока

- Какой ток называется переменным?
- Достоинства переменного тока
- Графическое изображение
- Что называется периодом?
- Обозначение, единицы измерения периода, формула
- Что называется частотой колебаний?
- Обозначение единицы измерения, формула частоты
- Обозначение, единицы измерения, формула угловой частоты

Ответы:

- Переменный ток - это периодически изменяющий свое направление и величину ток, причем среднее значение может быть равно нулю.
- Переменный ток обладает способностью трансформироваться, что обеспечивает экономичную передачу электрической энергии на большие расстояния. Кроме того, двигатели переменного тока отличаются простотой устройства и малыми габаритами. Поэтому переменный ток применяется очень широко.
- i - мгновенное значение переменного тока, T - период, f - промышленная частота λ - длина волны, I_m - максимальное значение переменного тока
- Период - это промежуток времени, через который изменения тока повторяются.
- $(T)=\text{сек. } T=1/f$
- Промышленная частота - число периодов в 1 сек (величина обратная периоду).
- $(f) = \text{Гц, } f=1/T$
- ω - угловая частота переменного тока, $(\omega)=\text{рад/сек, } \omega=2\pi/T=2\pi f$

Мощность в цепях переменного тока

- Что такое активная мощность?
- Формула, обозначение единицы измерения активной мощности
- Формула, обозначение единицы измерения реактивной мощности
- Что называется реактивной мощностью?
- **Что такое полная мощность?**
- Обозначение, формула, единица измерения полной мощности

Ответы:

- Активная мощность представляет собой произведение действующих значений напряжения и тока
- $(P)=\text{Вт } P=U I \cos \phi$
- $(Q)=\text{вар } Q=U I \sin \phi$
- Произведение действующих значений U , I и $\sin \phi$ называется реактивной мощностью
- Произведение действующих значений напряжения и тока называют полной мощностью
- $(S)=\text{ВА } S=UI$

Трехфазная система переменного тока.

- Что называется трехфазной системой?
- Схема соединения обмоток звездой
- Какое соединение называется соединением звездой?
- Схема соединения обмоток треугольником
- Какое соединение называется соединением треугольником?
- Соотношения между линейными и фазными значениями напряжений и токов при соединении в треугольник

- Соотношение между линейными и фазными значениями напряжений и токов при соединении в звезду

Ответы:

- Это цепь или сеть переменного тока, в которой действует три ЭДС одинаковой частоты, но взаимно смещенные по фазе на одну треть периода.
- Условное обозначение звезды
- Соединение звездой - это такое соединение, при котором концы всех трех фаз соединяются в одну общую точку.
- Условное обозначение треугольника
- Соединение треугольником - это такое соединение, при котором начало каждой фазы обмоток генератора соединяются с концом другой фазы.
- Соотношение между линейными и фазными токами при соединении обмоток в треугольник: $I_{\Delta} = 3 I_{\phi} = 1,73 I_{\phi}$ т.е. при соединении обмоток в треугольник, линейный ток в $\sqrt{3}$ раз больше фазного. Соединения между линейными и фазными значениями напряжений при соединении в треугольник: $U_{\Delta} = U_{\phi}$,
- При соединении обмоток в звезду линейное напряжение в $\sqrt{3} = 1,73$ раза больше фазного: $U_{\Delta} = 3 U_{\phi}$, или $I_{\Delta} = I_{\phi} / \sqrt{3}$ - при соединении обмоток в звезду ток в линейном проводе равен току в фазах

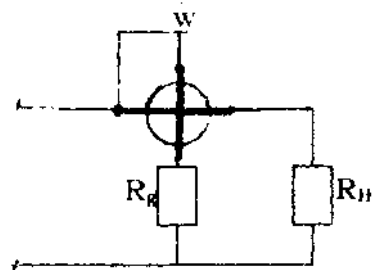
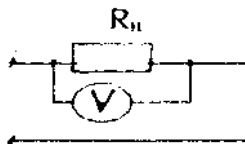
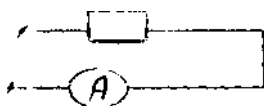
Тема 5. Электрические измерения

Электроизмерительные приборы

- Назначение электроизмерительных приборов
- Условное обозначение приборов электромагнитной системы
- Условное обозначение приборов магнитоэлектрической системы
- Назначение приборов электромагнитной системы
- Назначение приборов магнитоэлектрической системы
- Схема включения амперметра
- Схема включения вольтметра
- Схема включения ваттметра

Ответы:

- Назначение: вольтметр - для измерения напряжения; амперметр - для измерения силы тока
- Условное обозначение приборов электромагнитной системы
- Условное обозначение приборов магнитоэлектрической системы
- Предназначены для измерения силы тока или напряжения в переменного или постоянного тока.
- Для измерения тока и напряжения в цепях постоянного тока
- Амперметр включается последовательно:
- Вольтметр подключается параллельно:
- Схема подключения ваттметра:



Тема 6. Трансформаторы

Устройство и работа однофазного трансформатора

- Трансформатор - это ...
- Повышающие трансформаторы применяются...
- Понижающие трансформаторы применяются ...

- Обмотка высшего напряжения - это обмотка ...
- Обмотка низшего напряжения - это обмотка ...
- Сердечник магнитопровода набивается...
- Ярмо - это ...
- Стержни - это ...
- Первичную обмотку подключают ...
- Так в первичной обмотке возбуждает ...
- Магнитный поток вызывает ...
- Что вызывает ЭДС во вторичной обмотке ...
- Вторичную обмотку подключают ...

Ответы:

- Статический электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный ток той же частоты, но другого напряжения
- Для увеличения напряжения
- Для понижения напряжения
- Обмотка трансформатора, имеющая наибольшее номинальное напряжение
- Обмотка, имеющая наименьшее напряжение
- Из отдельных листов электротехнической стали, покрытых изоляцией
- Часть магнитопровода, соединяющая стержни
- Часть магнитопровода, на которую помещаются катушки с обмотками
- К источнику питания
- Переменный магнитный поток
- Появление ЭДС
- Ток во вторичной обмотке
- К потребителю

Измерительные трансформаторы

- Измерительные трансформаторы применяют ...
- Трансформаторы тока применяются ...
- Трансформаторы напряжения применяют ...
- Способ включения трансформатора тока
- Способ включения трансформатора напряжения

Ответы:

- Измерительные трансформаторы применяют для расширения пределов измерительных приборов и для изоляции этих приборов от токопроводящих частей, находящихся под высоким напряжением .
- Трансформатор тока применяют для преобразования больших токов в токи, которые удобно измерить амперметром.
- Трансформатор напряжения применяют для понижения напряжения до величины, удобной для измерения обычным вольтметром.
- Способ подключения трансформатора тока: первичную обмотку подключают последовательно, поэтому для уменьшения потерь энергии и напряжения выбирают большее сечение проводов первичной обмотки. Вторичную обмотку соединяют с корпусом трансформатора и заземляют для безопасности персонала.
- Способ подключения трансформатора напряжения: первичная обмотка такого трансформатора включается в два линейных провода сети, напряжение которой измеряется или контролируется; во вторичную обмотку включают вольтметр или параллельную обмотку ваттметра, счетчика или другого измерительного прибора

Тема 7. Электрические машины

- Из чего состоит статор ?
- Из чего состоят полюса машины ?
- Для чего служат главные полюса ?
- Обмотка возбуждения - это ...
- Для чего служат дополнительные полюса ?
- Из чего состоит ротор (якорь) машины постоянного тока?
- Что представляет собой сердечник якоря?
- Что представляет собой обмотка якоря?
- Назначение коллектора
- Из чего набирают коллектор?
- Назначение щеток
- Из чего изготавливают щетки?
- Назначение щеткодержателя

Ответы:

- Из станины и сердечника
- Из сердечника полюсного наконечника, катушки
- Для возбуждения магнитного поля
- Это обмотка катушек главных полюсов
- Для устранения искрения под летками
- Из сердечника и обмотки
- Представляет собой цилиндр, собранный из листов электротехнической стали, изолированных друг от друга лаком или бумагой для уменьшения потерь на вихревые токи.
- Представляет собой секции, обмотки включаются между собой последовательно, образуя замкнутую цепь, присоединяются к коллекторным пластинам.
- Коллектор - устройство, конструктивно объединенное с якорем электрической машины и являющееся механическим преобразователем частоты.
- Его набирают из медных пластин, изолированных друг от друга mica-прокладками.
- Щетки предназначены для подключения обмотки якоря через коллектор к внешней электроцепи.
- Щетки могут быть графитными, угольно-графитными, бронзографитными
- Он предназначен для крепления щеток.

Тема 8. Производство, распределение и потребление электрической энергии

В чем состоят преимущества электрической энергии по сравнению с другими видами энергии?

Что входит в электроэнергетические системы?

Для чего объединяют электростанции в электроэнергетическую систему?

Какие требования предъявляют к электростанциям, объединенным в энергетические системы?

-

Какие сооружения входят в состав электрических сетей?
 На какие виды классифицируют электрические сети?
 Каково назначение трансформаторной подстанции?
 В чем состоит назначение распределительных устройств электрических сетей?
 Из каких материалов изготавливают провода для электропередачи?
 Каковы преимущества кабельных ЛЭП?
 Какая защита ставится при быстром отключении ЛЭП?

Основные функции электропривода и их классификация.
 Системы управления электроприводом.
 Электрооборудование электрических подъемно-транспортных средств.
 Электрооборудование электрического транспорта.
 Применение электроприводов в работе промышленных роботов и манипуляторов.

Что называется источником света?
 В чем состоят преимущества и недостатки ламп накаливания?
 Какие преимущества имеют люминесцентные лампы?
 Каков срок службы люминесцентных ламп?

Что называется энергосбережением?
 Какие способы экономия электроэнергии в быту и на промышленных предприятиях вы знаете?
 Как экономия электроэнергии влияет на развитие производства?

III. Критерии оценивания знаний и умений обучающихся, сформированности общих и профессиональных компетенций

3.1. Критерии оценки устного ответа обучающихся в 5-балльной системе

При оценке устного ответа обучающегося учитывается:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) языковое оформление ответа.

Отметка «5»: ответ исчерпывающий, точный, полный и правильный на основании изученного материала; материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком; ответ самостоятельный.

Отметка «4»: ответ полный, обнаруживающий хорошее знание и понимание изученного материала; материал изложен в определенной логической последовательности, последовательно и грамотно, возможны отдельные затруднения в формулировке выводов.

Отметка «3»: ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка; или ответ неполный, несвязный, изложенный нелогично; ответ, в котором в основном правильно, но схематично; ответ с отклонениями от последовательности изложения материала.

Отметка «2»: при ответе обнаружено непонимание обучающимся основного содержания учебного материала, неумение его анализировать допущены существенные ошибки, которые обучающийся не смог исправить при наводящих вопросах преподавателя, отсутствует логика в изложении материала, нет необходимых обобщений и самостоятельной оценки фактов; недостаточно сформированы навыки

устной речи.

3.2. Оценка тестов

| Оценка в баллах | Степень выполнения задания |
|-----------------|---|
| Неуд. | Выполнено не менее 40 % предложенных заданий |
| Удов. | Выполнено не менее 41-70 % предложенных заданий |
| Хор. | Выполнено не менее 71-95% предложенных заданий |
| Отл. | Выполнено не менее 96-100% предложенных заданий |

3.3. Критерии оценки написания сообщений, докладов

- оценка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если выполнены все требования к написанию сообщения (доклада): обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы;

- оценка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если основные требования к сообщению, докладу и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём доклада (сообщения); имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы даны неполные ответы.

- оценка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если имеются существенные отступления от требований к написанию сообщения (доклада). В частности, тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании сообщения (доклада) или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод;

- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если тема сообщения (доклада) не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

3.4 Критерии оценивания презентаций

Оценка «отлично»:

Содержание: Работа полностью завершена, обучающийся демонстрирует глубокое понимание описываемых процессов, даны интересные дискуссионные материалы, грамотно используется лексика, предлагается собственная интерпретация или развитие темы. Дизайн логичен. Все параметры шрифта хорошо подобраны. Текст хорошо читается. Графика подобрана грамотно, соответствует содержанию. Нет орфографических и синтаксических ошибок.

Оценка «хорошо»:

Полностью сделаны наиболее важные компоненты работы, обучающийся демонстрирует понимание основных моментов, хотя некоторые детали не уточняются. Некоторые материалы носят дискуссионный характер. Научная лексика используется, но иногда не корректно. Обучающийся в большинстве случаев предлагает собственную интерпретацию или развитие темы. Дизайн презентации выдержан и соответствует содержанию. Параметры шрифта подобраны. Графика соответствует содержанию. Минимальное количество ошибок.

Оценка «удовлетворительно»:

В содержании не выделены все важные компоненты. Обучающийся демонстрирует неполное понимание темы. Дискуссионные материалы есть в наличии, но не способствуют раскрытию проблемы. Научная терминология используется не всегда корректно. Дизайн не соответствует полному раскрытию содержания. Параметры шрифта недостаточно хорошо подобраны и могут мешать восприятию. Графика не в полной мере соответствует содержанию. Имеются орфографические и пунктуационные ошибки, мешающие восприятию.

Оценка «неудовлетворительно»:

Работа выполнена фрагментарно и с посторонней помощью, обучающийся демонстрирует минимальное понимание темы. Минимум дискуссионных материалов и научных терминов. Интерпретация ограничена или беспочвенна. Дизайн не ясен. Элементы дизайна мешают содержанию. Текст трудночитаемый. Графика не соответствует содержанию. Много орфографических и пунктуационных ошибок, делающих материал трудночитаемым.

4. Комплект контрольно-измерительных материалов для лабораторных и практических заданий (методические рекомендации).

4.1 Практические занятия

Практическое занятие №1

Выбор способов заземления и зануления электроустановок.

Цель работы: научиться рассчитывать защитное заземление электрической установки.

Краткие теоретические сведения

Заземляющее устройство – это совокупность заземлителей и заземляющих проводников. Основным элементом заземляющего устройства является заземлитель, который представляет собой металлический проводник, находящийся в непосредственном соприкосновении с землей.

В качестве искусственных заземлителей применяют стальные уголки размером 50х50 или 60х60, а также трубы диаметром 50 мм.

Заземляющий проводник – это металлический проводник, соединяющий заземляемую часть электроустановки с заземлителем. Одиночный заземлитель не может обеспечить безопасность людей, т.е. снизить величину напряжения шага и прикосновения до безопасных величин. Контурное размещение заземлителей позволяет создать безопасные условия людей на территории подстанции.

Исходные данные

Исходные данные для расчета внешнего контура заземления представлены в таблице 1.1. 8 Таблица 1.1 - Данные для расчета заземляющего устройства

Таблица 1.1 - Данные для расчета заземляющего устройства

| Наименование параметра | Вариант | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------|--------------|------------|------------|---------------|--------------|------------------|------------|--------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Первичное напряжение U_{H1} , кВ | 220 | 35 | 110 | 10 | 220 | 110 | 220 | 220 | 110 | 35 |
| Вторичное напряжение U_{H2} , кВ | 10 | 10 | 35 | 0,4 | 10 | 10 | 35 | 35 | 10 | 10 |
| Периметр подстанции Р, м | 400 | 160 | 360 | 120 | 200 | 380 | 120 | 180 | 300 | 200 |
| Тип заземлителя | уголок 60х60 | уголок 50х50 | труба d=50 | труба d=50 | уголок 60х60 | уголок 50х50 | уголок 60х60 | труба d=50 | уголок 50х50 | уголок 60х60 |
| Грунт | глина | песок сухой | чернозем | глина | песок влажный | чернозем | каменистые почвы | супесок | суглинок | глина |
| Длина заземлителя ℓ , м | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Расстояние между заземлителями а, м | 7,7 | 2,5 | 5 | 5 | 7,5 | 5 | 2,5 | 5 | 5 | 7,5 |

Порядок выполнения работы:

1. Расчет сопротивления одиночного заземлителя

$R_{\Sigma} = 0,308 \cdot \rho \cdot 10^{-4}$ (заземлитель – труба $d = 50$ мм);

$R_{\Sigma} = 0,318 \cdot \rho \cdot 10^{-4}$ (заземлитель – уголок 50×50 мм);

$R_{\Sigma} = 0,2988 \cdot \rho \cdot 10^{-4}$ (заземлитель – уголок 60×60 мм), (1)

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом·м.

Значения удельных сопротивлений грунтов необходимо взять из таблицы 1.2.

Таблица 1.2 - Удельные сопротивления грунтов

| Грунт | Удельное сопротивление ρ , Ом·м |
|------------------|--------------------------------------|
| чернозем | $3 \cdot 10^5$ |
| глина | $6 \cdot 10^5$ |
| суглинок | 10^6 |
| супесок | $3 \cdot 10^6$ |
| песок влажный | $5 \cdot 10^6$ |
| песок сухой | $25 \cdot 10^6$ |
| каменистые почвы | $40 \cdot 10^6$ |

2. Расчет количества заземлителей искусственного заземления без учета экранирования $n1 = R_z$

где R_z – нормируемое значение сопротивления заземления, Ом.

Нормируемые значения сопротивлений заземления принимаются из таблицы

Таблица 1.3 - Значения сопротивления заземления

| Величина сопротивления R_z , Ом | Напряжение электроустановки |
|-----------------------------------|--|
| $R_z \leq 0,5$ Ом | В электроустановках с большими токами замыкания на землю (500 А и выше); как правило в сетях с заземленной нейтралью (110 кВ и выше) |
| $R_z \leq 10$ Ом | В электроустановках с малыми токами замыкания на землю (до 500 А); как правило в сетях с изолированной нейтралью (6; 10; 35 кВ) |
| $R_z \leq 4$ Ом | В электроустановках с глухозаземленной нейтралью (электроустановки до 1000 В) |
| R_z наименьшее | в смешанных электроустановках |

3. Расчет количества заземлителей искусственного заземления с учетом экранирования

$$n_2 = \frac{R_2}{\eta a}$$

где ηa – коэффициент экранирования заземлителей.

Коэффициент экранирования заземлителей зависит от числа заземлителей n_1 , отношения расстояния a между ними к их длине ℓ .

Значения коэффициентов экранирования приведены в таблице 1.4

Таблица 1.4 - Коэффициенты экранирования заземлителей

| Число заземлителей | Коэффициент экранирования при отношении a/ℓ | | | | | |
|--------------------|--|------|------|----------------------------------|------|------|
| | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| | Заземлители размещены в ряд | | | Заземлители размещены по контуру | | |
| 5 | 0,87 | 0,8 | 0,68 | - | - | - |
| 10 | 0,83 | 0,7 | 0,55 | 0,78 | 0,67 | 0,59 |
| 20 | 0,77 | 0,62 | 0,47 | 0,72 | 0,6 | 0,43 |
| 30 | 0,75 | 0,6 | 0,4 | 0,71 | 0,59 | 0,42 |
| 50 | 0,73 | 0,58 | 0,3 | 0,68 | 0,52 | 0,37 |
| 100 | - | - | - | 0,64 | 0,48 | 0,33 |
| 200 | - | - | - | 0,61 | 0,44 | 0,3 |
| 300 | - | - | - | 0,6 | 0,43 | 0,28 |

Расчет количества заземлителей, забиваемых по периметру $n_3 = \frac{P}{a}$

Контрольные вопросы:

1. С какой целью выполняют контурное размещение заземлителей?
2. Какова особенность выполнения контура заземления в скалистых и каменистых грунтах?
3. Как производится искусственное снижение удельного сопротивления грунта?
4. Выполнить рисунок распределения потенциалов на поверхности земли при контурном размещении заземлителей.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Расчет контура заземления.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Вывод по работе.

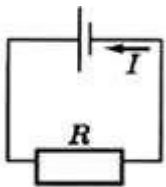
Практическое занятие №2.

Решение задач с использованием закона Ома.

Цель работы: научиться применять законы Ома при решении задач.

Краткая теория

Рассмотрим простейшую полную (т. е. замкнутую) цепь, состоящую из источника тока (гальванического элемента, аккумулятора или генератора) и резистора сопротивлением R . Источник тока имеет ЭДС E и сопротивление r . В генераторе r — это сопротивление обмоток, а в гальваническом элементе сопротивление раствора электролита и электродов. Сопротивление источника называют **внутренним сопротивлением** в отличие от внешнего сопротивления R цепи.



Закон Ома для замкнутой цепи связывает силу тока в цепи, ЭДС и *полное сопротивление цепи* $R + r$. Эта связь может быть установлена теоретически, если использовать закон сохранения энергии и закон Джоуля—Ленца.

Пусть за время Δt через поперечное сечение проводника проходит электрический заряд Δq . Тогда работу сторонних сил при перемещении заряда Δq можно записать так: $A_{см} = E\Delta q$. Согласно определению силы тока $\Delta q = I\Delta t$. Поэтому $A_{см} = EI\Delta t$.

При совершении этой работы на внутреннем и внешнем участках цепи, сопротивления которых r и R , выделяется некоторое количество теплоты. По закону Джоуля—Ленца оно равно:

$$Q = I^2 R \Delta t + I^2 r \Delta t,$$

По закону сохранения энергии $A_{см} = Q$, откуда получаем

$$E = IR + Ir.$$

Произведение силы тока и сопротивления участка цепи называют **падением напряжения на этом участке**.

Таким образом, ЭДС равна сумме падений напряжения на внутреннем и внешнем участках замкнутой цепи.

Закон Ома для замкнутой цепи

Сила тока в замкнутой цепи равна отношению ЭДС источника тока к полному

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}.$$

сопротивлению цепи:

Согласно этому закону сила тока в цепи зависит от трёх величин: ЭДС E сопротивлений R внешнего и r внутреннего участков цепи. Внутреннее сопротивление источника тока не оказывает заметного влияния на силу тока, если оно мало по сравнению с сопротивлением внешней части цепи ($R \gg r$). При этом напряжение на зажимах источника примерно равно ЭДС: $U = IR = E - Ir \approx E$

При коротком замыкании, когда $R \approx 0$, сила тока в цепи и определяется именно внутренним сопротивлением источника и при электродвижущей силе в несколько вольт может оказаться очень большой, если r мало (например, у аккумулятора $r \approx 0,1 - 0,001$ Ом). Провода могут расплавиться, а сам источник выйти из строя.

$$I_{к.з} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

Пример №1. Батарея аккумуляторов с ЭДС $\xi = 2,8$ В включена в цепь согласно схеме. $R_1 = 3,6$ Ом; $R_2 = 4$ Ом; $R_3 = 6$ Ом. Амперметр показывает силу тока $I_2 = 0,24$ А. Определить внутреннее сопротивление батареи. Сопротивлением амперметра пренебречь.

Дано:

$$\xi = 2,8 \text{ В}$$

$$R_1 = 3,6$$

$$\text{Ом } R_2 = 4$$

$$\text{Ом } R_3 = 6$$

$$\text{Ом } I_2 =$$

$$0,24 \text{ А}$$

$$r = ?$$

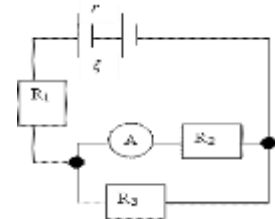
Решение:

Т.к. цепь замкнута, то полное сопротивление цепи равно:

$$R = r + R_1 + \left(\frac{R_3 R_2}{R_3 + R_2} \right)$$

Согласно закону Ома для полной замкнутой цепи получаем:

$$R = \frac{\xi}{I};$$



$$r = \left(\frac{\xi}{I} \right) - R_1 - \left(\frac{R_3 R_2}{R_3 + R_2} \right)$$

Расчет: $r = 1 \text{ Ом};$

Ответ: $r = 1 \text{ Ом}.$

Задачи для самостоятельной работы:

1. Рассчитайте силу тока в замкнутой цепи, состоящей из источника тока, ЭДС которого равна 10 В, а внутреннее сопротивление равно 1 Ом. Сопротивление резистора равно 4 Ом.
2. В цепи источника тока с ЭДС равной 30 В идет ток $I=2$ А. Напряжение на зажимах источника $U=18$ В. Найти внешнее сопротивление цепи R и внутреннее сопротивление источника r .
3. В цепи, состоящей из реостата и источника тока с ЭДС равной 6 В и внутренним сопротивлением $r = 2$ Ом, идет ток $I_1 = 0,5$ А. Какой ток I_2 пойдет при уменьшении сопротивления реостата в три раза?
4. Источник тока с ЭДС E и внутренним сопротивлением r замкнут на сопротивление R . Как меняется ток в цепи и напряжение на зажимах источника в зависимости от R ? Построить графики этих зависимостей при $E = 15$ В и $r = 2,5$ Ом.

Практическое занятие №3.

Решение задач с использованием закона Кирхгофа.

Цель работы: приобрести навыки по чтению схем электрических цепей и составлению уравнений по законам Кирхгофа.

Краткие теоретические сведения

Первый закон Кирхгофа вытекает из закона сохранения заряда. Он состоит в том, что алгебраическая сумма токов, сходящихся в любом узле, равна нулю.

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

где n – число токов, сходящихся в данном узле. Например, для узла электрической цепи (рис. 1) уравнение по первому закону Кирхгофа можно записать в виде $I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0$

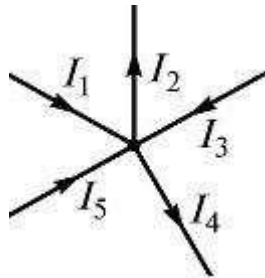


Рис. 1

В этом уравнении токи, направленные к узлу, приняты положительными.

Физически первый закон Кирхгофа – это закон непрерывности электрического тока.

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма падений напряжений на отдельных участках замкнутого контура, произвольно выделенного в сложной разветвленной цепи, равна алгебраической сумме ЭДС в этом контуре

$$\sum_{i=1}^k E_i = \sum_{i=1}^m I_i R_i$$

где k – число источников ЭДС; m – число ветвей в замкнутом контуре; I_i , R_i – ток и сопротивление i -й ветви.

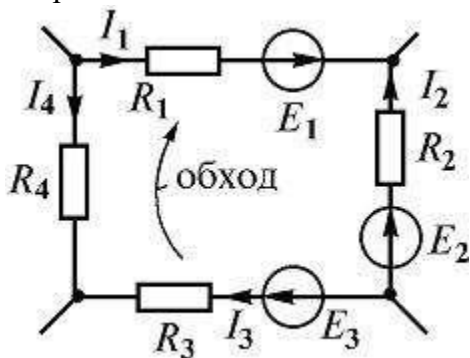


Рис. 2

Так, для замкнутого контура схемы (рис. 2) $E_1 - E_2 + E_3 = I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_4 R_4$

1) ЭДС положительна, если ее направление совпадает с направлением произвольно выбранного обхода контура;

2) падение напряжения на резисторе положительно, если направление тока в нем совпадает с направлением обхода.

Расчет разветвленной электрической цепи с помощью законов Кирхгофа

Метод законов Кирхгофа заключается в решении системы уравнений, составленных по первому и второму законам Кирхгофа.

Метод заключается в составлении уравнений по первому и второму законам Кирхгофа для узлов и контуров электрической цепи и решении этих уравнений с целью определения неизвестных токов в ветвях и по ним – напряжений. Поэтому число неизвестных равно числу ветвей b , следовательно, столько же независимых уравнений необходимо составить по первому и второму законам Кирхгофа.

Число уравнений, которые можно составить на основании первого закона, равно числу узлов цепи, причем только $(y - 1)$ уравнений являются независимыми друг от друга.

Независимость уравнений обеспечивается выбором узлов. Узлы обычно выбирают так, чтобы каждый последующий узел отличался от смежных узлов хотя бы одной ветвью. Остальные уравнения составляются по второму закону Кирхгофа для независимых контуров, т.е. число уравнений $b - (y - 1) = b - y + 1$.

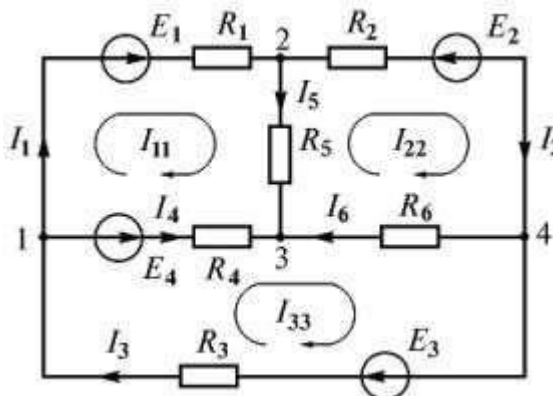
Контур называется независимым, если он содержит хотя бы одну ветвь, не входящую в другие контуры.

Пример №1

Составим систему уравнений Кирхгофа для электрической цепи, изображенной на рисунке. Схема содержит четыре узла и шесть ветвей.

Поэтому по первому закону Кирхгофа составим $y - 1 = 4 - 1 = 3$ уравнения, а по второму $b - y + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$, также три уравнения.

Произвольно выберем положительные направления токов во всех ветвях (рис. 4). Направление обхода контуров выбираем по часовой стрелке.



Составляем необходимое число уравнений по первому и второму законам Кирхгофа

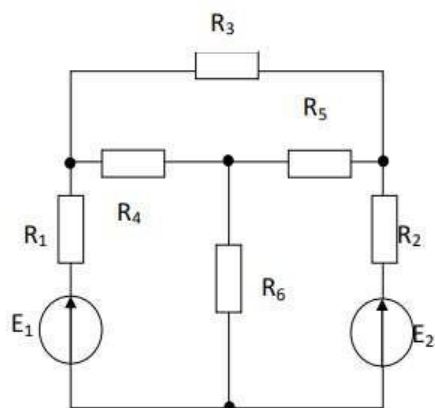
$$\begin{aligned} I_1 + I_4 - I_3 &= 0; \\ E_1 - E_4 &= I_1 R_1 + I_5 R_5 - I_4 R_4 \\ I_2 + I_5 - I_1 &= 0; \\ -E_2 &= I_2 R_2 + I_6 R_6 - I_5 R_5; \\ I_4 + I_5 + I_6 &= 0; \\ E_4 + E_3 &= I_4 R_4 + I_3 R_3 - I_6 R_6. \end{aligned}$$

Полученная система уравнений решается относительно токов. Если при расчете ток в ветви получился с минусом, то его направление противоположно принятому направлению.

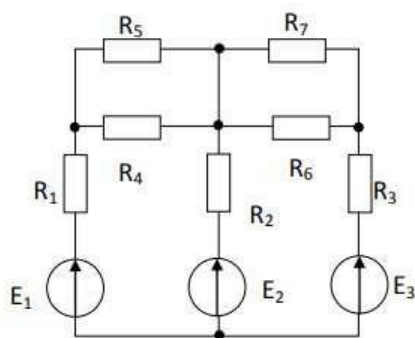
Задание для самостоятельной работы:

Составить уравнения по законам Кирхгофа для заданной схемы

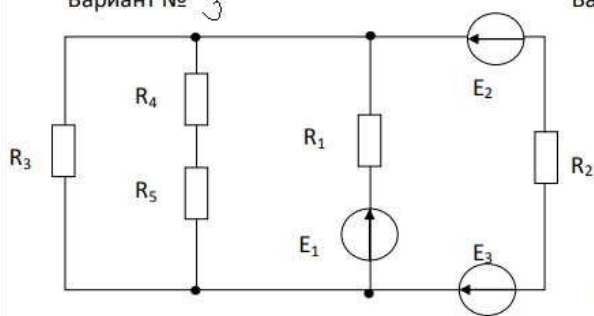
Вариант № 1



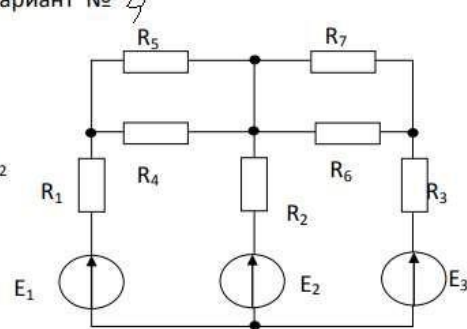
Вариант № 2



Вариант № 3



Вариант № 4



Контрольные вопросы:

- 1 Чему равно внутреннее сопротивление идеального источника ЭДС?
- 2 Чему равно внутреннее сопротивление идеального источника тока?
- 3 Какой вид имеют вольт-амперные характеристики неидеальных и идеальных источников энергии?
- 4 Какие электрические цепи называются линейным?
- 5 Как определить предельно допустимый ток через резистор, зная мощность и сопротивление?
- 6 Дайте определение силы тока, напряжения, заряда.

Практическое занятие №4.

Расчёт параметров цепей трёхфазного переменного тока (Расчет магнитной цепи)

Цель работы: научиться рассчитывать токи и напряжения, определять мощность трёхфазной электрической цепи переменного тока при соединении электроприёмников звездой и треугольником.

Краткие теоретические сведения.

Трёхфазная система электроснабжения — частный случай многофазных систем электрических цепей, в которых действуют созданные общим источником синусоидальные ЭДС одинаковой частоты, сдвинутые друг относительно друга во времени на определённый фазовый угол. В трёхфазной системе этот угол равен $2\pi/3$ (120°).

Каждая из действующих ЭДС находится в своей фазе периодического процесса, поэтому часто называется просто «фазой». Также «фазами» называют проводники — носители этих ЭДС. В трёхфазных системах угол сдвига равен 120 градусам.

Фазные проводники обозначаются в РФ латинскими буквами L с цифровым индексом 1...3, либо A, B и C

Провода, соединяющие начала фаз генератора и потребителя, называются линейными. Провод, соединяющий две нейтрали, называется нейтральным.

Напряжение между линейным проводом и нейтралью (U_a, U_b, U_c) называется фазным. Напряжение между двумя линейными проводами (U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}) называется линейным.



Рис. 1 Соединение фаз трёхфазной цепи звездой

Звездой называется такое соединение, когда концы фаз обмоток генератора (G) соединяют в одну общую точку, называемую нейтральной точкой или нейтралью. Концы фаз обмоток потребителя (M) также соединяют в общую точку. Трёхфазная цепь, имеющая нейтральный провод, называется четырёхпроводной. Если нейтрального провода нет — трёхпроводной.

Если сопротивления Z_a, Z_b, Z_c потребителя равны между собой, то такую нагрузку называют симметричной. Для соединения обмоток звездой, при симметричной

нагрузке, справедливо соотношение между линейными и фазными токами и напряжениями:

$$I_L = I_F; \quad U_L = \sqrt{3} \times U_F$$

При симметричной нагрузке в трёхфазной системе питание потребителя линейным напряжением возможно даже при отсутствии нейтрального провода. Однако, при питании нагрузки фазным напряжением, когда нагрузка на фазы не является строго симметричной, наличие нейтрального провода обязательно. При его обрыве или значительном увеличении сопротивления (плохом контакте) происходит так называемый «перекос фаз», в результате которого подключенная нагрузка, рассчитанная на фазное напряжение, может оказаться под произвольным напряжением в диапазоне от нуля до линейного (конкретное значение зависит от распределения нагрузки по фазам в момент обрыва нулевого провода). Это зачастую является причиной выхода из строя бытовой электроники в многоквартирных домах, который может приводить к пожарам. Пониженное напряжение также может послужить причиной выхода из строя техники.

Треугольник — такое соединение, когда конец первой фазы соединяется с началом второй фазы, конец второй фазы с началом третьей, а конец третьей фазы соединяется с началом первой.

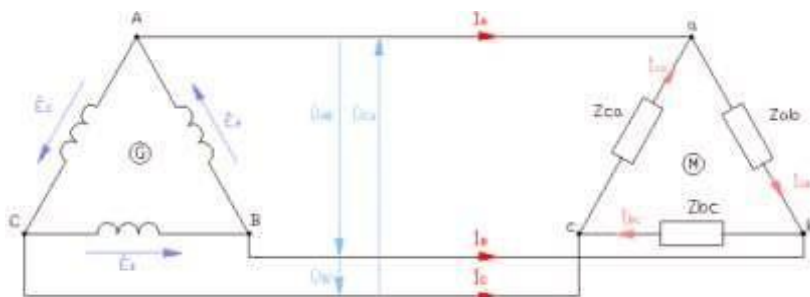


Рис. 2 Соединение фаз трёхфазной цепи треугольником

При соединении обмоток треугольником, при симметричной нагрузке, справедливо соотношение между линейными и фазными токами и напряжениями:

$$I_L = \sqrt{3} \times I_F; \quad U_L = U_F$$

При симметричной нагрузке мощность трёхфазного тока равна:

$$P = 3U_F I_F \cos \varphi = 3U_L \frac{I_L}{\sqrt{3}} \cos \varphi = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Симметричная нагрузка соединена звездой. Линейное напряжение равно 660В. Начертите схему соединения, укажите фазное и линейное напряжения. Определите фазное напряжение.

Задача 2. Активная симметричная трёхфазная нагрузка соединена по схеме «звезда». Линейное напряжение 380В, фазный ток 40А. Начертите схему соединения. Найдите потребляемую мощность.

Задача 3. Полная мощность, потребляемая симметричной трёхпроводной цепью, составляет 10кВА, потребляемая активная мощность – 63кВт. Определите коэффициент мощности. Начертите схему соединения.

Задача 4. Симметричная нагрузка соединена треугольником. Линейное напряжение равно 1140В. Чему равно фазное напряжение? Начертите схему соединения, укажите фазное и линейное напряжения.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение трёхфазной системе электроснабжения.
2. Чему равен угол сдвига фаз синусоидальных ЭДС в трёхфазной системе?
3. Что в трёхфазной системе называется фазой?
4. Какие провода называют линейными? нейтральными? фазными?
5. Какое напряжение называют фазным? линейным?
6. Какое соединение трёхфазной системы называется звездой?
7. В каком случае трёхфазная система является четырёхпроводной? Трёхпроводной?
8. Когда трёхфазная система называется симметричной? Равномерной?
9. Почему при питании нагрузки фазным напряжением, когда нагрузка на фазы не является строго симметричной, наличие нейтрального провода обязательно?
10. Какое соединение трёхфазной системы называется треугольником?

Практическое занятие №5

Ознакомление с устройством электроизмерительных приборов (эип)

Цель работы: Познакомиться с магнитоэлектрической, электромагнитной и электродинамической системами ЭИП. Научиться по обозначениям, нанесенным на шкалу получать всю необходимую информацию о приборе.

ОБОРУДОВАНИЕ: Лабораторный стенд, ЭИП электромагнитной, магнитоэлектрической и электродинамической системы.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ:

После выбора ЭИП преподавателем занести технические характеристики прибора в таблицу 5.1

Таблица 5.1 – Технические характеристики ЭИП

| | | | |
|------------------------------|--|--|--|
| Наименование прибора | | | |
| Обозначение прибора | | | |
| Наименование системы | | | |
| Обозначение системы | | | |
| Измеряемая величина | | | |
| Характер измеряемой величины | | | |
| Тип прибора | | | |
| Пределы измерения | | | |
| Формула цены деления прибора | | | |
| Цена деления прибора | | | |

| | | | |
|---------------------|--|--|--|
| Класс точности | | | |
| Группа эксплуатации | | | |
| Заводской номер | | | |
| ГОСТ | | | |
| Год выпуска | | | |

Описание приборов занести в таблицу 5.2

Таблица 5.2 – Описание ЭИП

| Название системы | Электромагнитная | Магнитоэлектрическая | Электродинамическая |
|---|------------------|----------------------|---------------------|
| Тип стрелки | | | |
| Тип шкалы | | | |
| Положение прибора | | | |
| Устройство, создающее противодействующий момент | | | |
| Система успокоения | | | |
| Наличие корректора | | | |

Оформить достоинства и недостатки каждой системы в виде таблицы 5.3

Таблица 5.3 – Достоинства и недостатки измерительных систем

| Название системы | Достоинства | Недостатки | Область применения |
|------------------|-------------|------------|--------------------|
| | | | |
| | | | |

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Какие системы ЭИП вы знаете?
2. Какие условные обозначения наносят на шкалы приборов?
3. Что такое класс точности?
4. Как определить цену деления амперметра, вольтметра, ваттметра?
5. Что произойдет с ценой деления прибора, если изменить номинал (увеличить, уменьшить)?

Практическое занятие №6. Решение задач по теме: Трансформаторы

Цель занятия: сформировать умения решать задачи на расчет параметров однофазных трансформаторов.

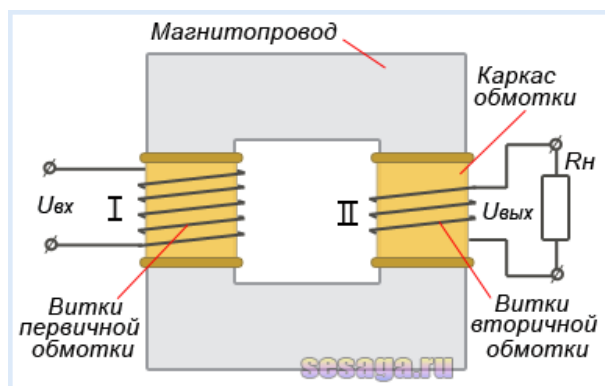
Краткие теоретические сведения.

Трансформаторы — это устройства предназначенные для преобразования электроэнергии. Их основная задача — изменение значения переменного напряжения.

Трансформаторы используются как в виде самостоятельных приборов, так и в качестве составных элементов других электротехнических устройств.

В большинстве случаев трансформатор состоит из замкнутого магнитопровода (сердечника) с расположенными на нем двумя катушками (обмотками) электрически не связанных между собой. Магнитопровод изготавливают из ферромагнитного материала, а обмотки мотают медным изолированным проводом и размещают на магнитопроводе.

Одна обмотка подключается к источнику переменного тока и называется первичной (I), с другой обмотки снимается напряжение для питания нагрузки, и обмотка называется вторичной (II). Схематичное устройство простого трансформатора с двумя обмотками показано на рисунке ниже.



Основными параметрами трансформатора являются:

- W_1 — число витков первичной обмотки;
- W_2 — число витков вторичной обмотки;
- $U_1(B)$ — напряжение на первичной обмотке;
- $U_2(B)$ — напряжение на вторичной обмотке;
- $I_1(A)$ — сила тока в первичной обмотке;
- $I_2(A)$ — сила тока во вторичной обмотке.

Отношение напряжений на зажимах первичной и вторичной обмоток трансформатора называют коэффициентом трансформации:

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

n - коэффициент трансформации.

Определить коэффициент трансформации можно и через силу тока: $n = I_2/I_1$

Определение коэффициента трансформации позволяют сделать вывод, что мощность на входе и выходе трансформатора одинакова: $P = U_1 I_1 = U_2 I_2$

$P(Вт)$ – активная мощность трансформатора.

Однако из-за потерь в трансформаторе такого идеального равенства добиться не возможно. При работе трансформатора из-за вихревых токов греется сердечник, обмотки, по которым протекает тот же ток нагреваются. Возникают электрические потери в меди проводов и потери в стали сердечника. Коэффициент полезного действия трансформатора представляет собой отношение активной мощности P_2 , на выходе трансформатора, к активной мощности P_1 , подводимой к трансформатору:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

η - КПД трансформатора;

$P_1(Вт)$ – мощность на входе трансформатора;

$P_2(Вт)$ – мощность на выходе трансформатора

С учетом потерь в трансформаторе:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{ст} + \Delta P_{м}} = \frac{U_2 I_2 \cos \phi_2}{U_2 I_2 \cos \phi_2 + \Delta P_{ст} + \Delta P_{м}}$$

$\Delta P_{ст}(Вт)$ – потери в стали сердечника; $\Delta P_{м}(Вт)$ – потери в меди.

Задачи для самостоятельного решения

1. Обмотки трансформатора сделаны из провода разного сечения. Какая из обмоток содержит большее число витков – повышающая или понижающая?
2. Понижающий трансформатор с числом витков во вторичной обмотке $N_2 = 140$ понижает напряжение с $U_1 = 22000В$ до $U_2 = 110В$. Сколько витков имеет ее первичная обмотка N_1 ?
3. Первичная обмотка повышающего трансформатора содержит $N_1 = 100$ витков, а вторичная - $N_2 = 1000$, напряжение в первичной цепи $U_1 = 120В$. Какое напряжение во вторичной цепи U_2 ?
4. Сила тока в первичной обмотке трансформатора $I_1 = 0,5А$, напряжение на его концах $U_1 = 220В$. Напряжение на концах вторичной обмотки $U_2 = 9,5В$. Определить силу тока во вторичной обмотке I_2 ?
5. Повышающий трансформатор создает во вторичной цепи силу тока $2А$ при напряжении $2200В$. Напряжение в первичной обмотке равно $110В$. Чему равна сила тока в первичной обмотке?

Контрольные вопросы:

1. Какое явление лежит в основе производства электроэнергии?
2. Назовите главное преимущество электрической энергии перед другими видами энергии.
3. Какие проблемы возникают при передаче электроэнергии на большие расстояния?
4. Во сколько раз понизятся потери электроэнергии при передаче электрического тока, если силу тока уменьшить в 10 раз? в 100 раз?
5. Какое явление лежит в основе работы трансформатора?
6. Будет ли работать трансформатор, если его включить в цепь с постоянным током? Почему?
7. Что показывает коэффициент трансформации?
8. Как по внешнему виду трансформатора определить, понижающий он или повышающий?

Практическое занятие №7. (вариант 1)

Решение задач по теме: Электрические машины.

Цель занятия: сформировать умения решать задачи на расчет параметров электрических машин переменного тока.

Краткие теоретические сведения.

Машины переменного тока бывают двух видов. Это синхронные машины и асинхронные. У синхронных машин скорость вращения ротора строго зависит от частоты переменного тока. Можно сказать, скорость вращения "синхронна" с частотой тока. Не трудно догадаться, что у асинхронных машин частота вращения в общем случае зависит от нагрузки на валу, а не от частоты питающего тока.

Асинхронные машины

Относительное отставание частоты вращения ротора от частоты вращения магнитного поля статора называется **скольжением**:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \text{ или } s\% = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100\%$$

Скольжение асинхронного двигателя может изменяться от 1 или 100%, когда ротор неподвижен, до 0, когда ротор вращается со скоростью поля. Чем больше нагрузка на валу, тем больше s , так как только при этом условии - э. д. с. E_2 , ток I_2 , а значит, и вращающий момент ротора будут большими. Номинальное скольжение асинхронных двигателей составляет от 1 до 6%.

Синхронные машины

На современных электрических станциях механическая энергия превращается в электрическую почти исключительно синхронными генераторами. В этих машинах статор устроен подобно статору асинхронной машины, а ротор, приводимый во вращение паровой или водяной турбиной, несет на себе обмотку возбуждения, обтекаемую постоянным током как у машин постоянного тока. Создаваемый этим током магнитный поток возбуждения вращается с неизменной частотой n и наводит в трехфазной обмотке статора э. д. с, величина которой определяется, как уже известно, формулой:

$$E_0 = 4,44 f \omega \Phi_B k_0.$$

Если зажимы обмотки статора замкнуть на сопротивление, то в фазах обмотки создаются три тока I_A, I_B, I_C , а м. д. с. этих токов F_A, F_B и F_C , суммируясь, как было выяснено ранее, образуют результирующую м. д. с. F . Эта м. д. с. создает поток статора

или якоря $\Phi Я$, вращающийся с одной частотой с ротором. По этому признаку машина называется **синхронной**.

В синхронной машине жестко связаны частота вращения n , частота тока статора f и число пар полюсов p

$$n = f \cdot 60 / p.$$

При $f = 50$ Гц и $p = 1, 2, 3$ частоты вращения ротора

$n_1 = 3000, 1500, 1000$ об/мин.

При холостом ходе ($P_2 = 0$) скольжение практически равно нулю.

При холостом ходе двигателя ток ротора I_2 относительно мал. При нагрузке на валу ($P_2 \neq 0$) он увеличивается.

$$f_2 = \frac{p(n_1 - n_2)}{60} = \frac{pn_s}{60} = f_1 s.$$

Пример №1 Определить угловую скорость вращения ротора асинхронного электродвигателя, если обмотка статора четырехполюсная, частота напряжения сети, к которой присоединен электродвигатель, 50 Гц и скольжение ротора равно 3,5%.

Решение:

Частота токов, проходящих в обмотках статора, равна частоте напряжения сети:

$$f_1 = 50 \text{ Гц}.$$

Кроме того, известно, что обмотка статора четырехполюсная, т. е. число пар полюсов $p = 2$.

Скорость вращения магнитного потока, вызываемого трехфазной системой токов, проходящих в обмотках статора, зависит от частоты этих токов f_1 и числа пар полюсов обмотки p , так как $f_1 = \frac{pn_1}{60}$, откуда число оборотов в минуту вращающегося синхронно магнитного потока

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ об/мин.}$$

Угловая скорость вращения

$$\omega = 2\pi f_1 = 314 \text{ рад/сек.}$$

Вращение ротора асинхронного электродвигателя возможно лишь при наличии отставания ротора от вращающегося магнитного потока. Величина, характеризующая это отставание, называется скольжением: где

n_1 — скорость вращения магнитного потока;

n_2 — скорость вращения ротора.

Подставив числовые значения, получим

$$0,035 = \frac{1500 - n_2}{1500}$$

откуда

$$n_2 = 1500 - 0,035 \cdot 1500 = 1447,5 \text{ об/мин.}$$

Угловая скорость вращения ротора

$$\omega_2 = \frac{2\pi n_2}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1447,5}{60} = 151 \text{ рад/сек.}$$

Задачи для самостоятельного решения

1. На щитке асинхронного электродвигателя значится: 730 об/мин, 50 Гц.

Определить скольжение ротора, вращающегося с указанной скоростью, и число пар полюсов обмотки статора. Каким было скольжение ротора в первые мгновения пуска?

2. Двигатель АОЛ-12-6 имеет номинальную частоту вращения $n_2 = 915$ об/мин. Определить номинальное скольжение.
3. Какое число (указывающее число полюсов) должно быть поставлено в конце марки двигателя 4А180М, если известно, что частота вращения магнитного поля 1500 об/мин?
4. Трехфазный двухполюсный асинхронный двигатель при номинальной нагрузке имеет скольжение $s = 4\%$. Чему равна частота вращения ротора, если частота переменного тока, питающего обмотку статора, $f = 50$ Гц?

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит значение магнитного потока, созданного трехфазной обмоткой машины переменного тока?
2. Чему равно число оборотов в минуту вращающегося магнитного поля?
3. Какая электрическая машина называется двигателем?
4. Объяснить принцип работы асинхронного двигателя.
5. Что называется скольжением?
6. От чего зависит вращающий момент, развиваемый асинхронным двигателем?

Практическое занятие №7. (вариант 2)

Решение задач по теме: Машины постоянного тока

Краткие теоретические сведения:

Электрическими машинами, называются устройства для преобразования механической энергии в электрическую или электрической в механическую. В первом случае они называются генераторами, а во втором электродвигателями. Электрические генераторы постоянного тока применяются для питания электродвигателей, установок для электролиза, для зарядки аккумуляторов и т. д. Электродвигатели постоянного тока приводят во вращение механизмы, требующие больших пусковых вращающих. Моментов и широкого регулирования частоты вращения, например: электрический транспорт, шахтные подъемники, прокатные станы.

Эскиз двухполюсной машины постоянного тока представлен **рис. 4-1**. Машина состоит из стальной станины 1 и вращающегося якоря 2. На станине при помощи болтов укреплены полюсы 3. На полюсах

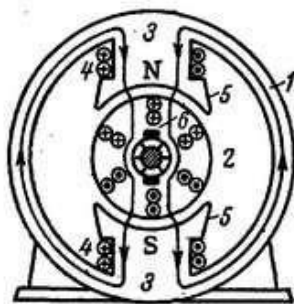


Рис. 4-1. Двухполюсная машина постоянного тока.

(рис. 4-2) помещается обмотка возбуждения 4 (рис. 4-1), по виткам w_B которой проходит ток возбуждения I_B . Магнитодвижущая сила (м. д. с.) обмотки возбуждения, равная $I_B w_B$ создает магнитный поток возбуждения Φ_B , замыкающийся через полюсы, воздушный зазор между полюсами и якорем, через якорь и станину (рис. 4-1). Полюсы набираются из стальных листов, и тело их оканчивается полюсными наконечниками 5, форма которых определяет распределение магнитной

индукции B в воздушном зазоре.

Пример 1. Генератор с независимым возбуждением работает в номинальном режиме при напряжении на выводах $U_{ном} = 220$ В. Сопротивление обмотки якоря $R_a = 0,2$ Ом; сопротивление нагрузки $R_n = 2,2$ Ом; сопротивление обмотки возбуждения $R_B = 55$ Ом. Напряжение для питания обмотки возбуждения $U_B = 110$

В. Номинальная частота вращения якоря $n_{ном} = 1200 \text{ об/мин}$.

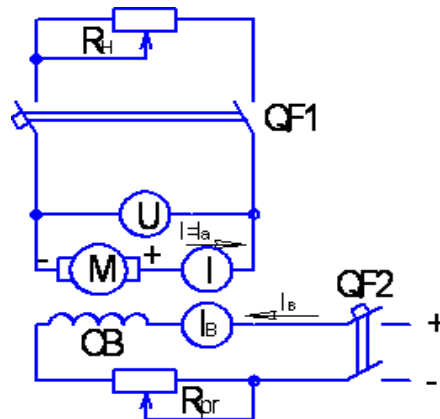
Определить: 1) э.д.с. генератора;

2) силу тока, отдаваемого потребителю;

3) силу тока в обмотке возбуждения;

4) полезную мощность, отдаваемую генератором;

5) электромагнитный тормозной момент, преодолеваемый приводным двигателем.



Решение.

1. Ток, отдаваемый в нагрузку:

$$I_H = \frac{U_{ном}}{R_H} = 220/2,2 = 100 \text{ A.}$$

2. Ток в обмотке возбуждения:

$$I_B = \frac{U_B}{R_B} = 110/55 = 2 \text{ A.}$$

3. Э.д.с. генератора:

$$E = U_{ном} + I_a R_a = 220 + 100 \times 0,2 = 240 \text{ В.}$$

4. Полезная мощность, отдаваемая генератором:

$$P_2 = U_{ном} \cdot I_H = 220 \times 100 = 22000 \text{ Вт} = 22 \text{ кВт.}$$

5. Электромагнитная мощность и электромагнитный тормозной момент:

$$P_{эм} = EI_a = 240 \times 100 = 24000 \text{ Вт} = 24 \text{ кВт;}$$

$$M_{эм} = \frac{P_{эм}}{\omega_{ном}} = \frac{P_{эм}}{2\pi n_{ном} / 60} = \frac{24000}{3,14 \cdot 1200 / 60} = 382,2 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Задачи для самостоятельного решения

1. Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением имеет следующие данные: сопротивление обмотки якоря $R_a = 0,2 \text{ Ом}$; сопротивление обмотки возбуждения $R_b = 40 \text{ Ом}$; КПД генератора $\eta = 0,95$; ток возбуждения $I_b = 5 \text{ А}$, ток в нагрузке $I = 95 \text{ А}$.

Определить: 1) электродвижущую силу генератора E ; 2) напряжение на зажимах генератора U ; 3) ток в обмотке якоря I_a ; 4) полезную мощность генератора P_2 ; 5) мощность первичного двигателя P_1 , затрачиваемую на работу генератора.

2. Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением имеет следующие данные: 1) напряжение сети, питающей двигатель, $U = 300 \text{ В}$; 2) ток в обмотке якоря $I_a = 100 \text{ А}$; 3) сопротивление обмотки якоря $R_a = 0,1 \text{ Ом}$, обмотки возбуждения $R_b = 50$; 4) коэффициент полезного действия двигателя $\eta = 0,9$.

Определить: 1) противоЭДС E , наводимую в обмотку якоря при работе

двигателя; 2) токи: нагрузки I и в обмотке возбуждения I_B ; 3) мощности: полезную на валу двигателя P_2 и потребляемую из сети P_1 .

3. Обмотка якоря двухполюсного генератора параллельного возбуждения имеет $N = 500$ проводников и $2a = 4$ параллельных ветви. Магнитный поток $\Phi = 0,022$ Вб. Скорость вращения якоря $n = 2500$ об/мин.

Определить напряжение на зажимах генератора и электромагнитный (тормозной) момент, если $r_{\text{я}} = 0,14$ Ом при токе нагрузки $I_H = 60$ А и токе возбуждения $I_B = 3$ А.

Контрольные вопросы:

1. Где используются электродвигатели постоянного тока?
2. В чём состоит обратимость электродвигателей постоянного тока?
4. Как устроен электродвигатель постоянного тока?
5. Как работает генератор постоянного тока?
6. Как работает электродвигатель постоянного тока?
7. Какими преимуществами и недостатками обладают электродвигатели постоянного тока?

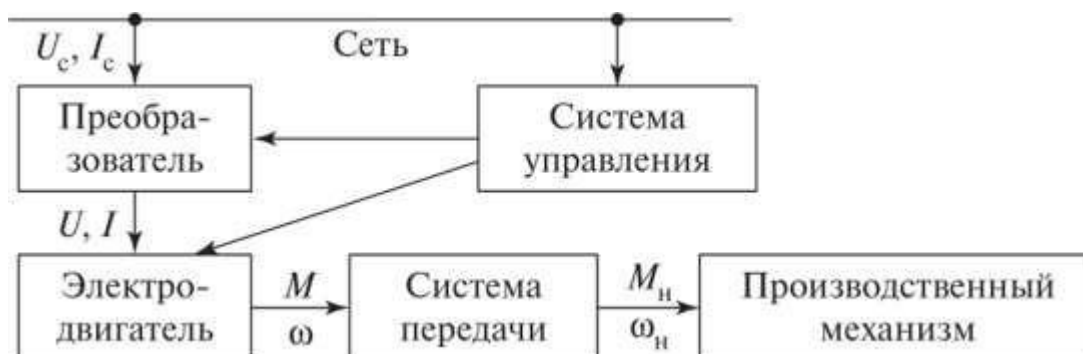
Практическое занятие №7. (вариант 3)

Решение задач по теме: Основы электропривода

Краткие теоретические сведения:

Электроприводом называют электромеханическое устройство, осуществляющее преобразование электрической энергии в механическую и обеспечивающее электрическое управление механической энергией.

Производственные машины и механизмы, как правило, приводятся в движение с помощью электрических приводов, включающих в себя преобразователи (трансформаторы, электромашинные усилители, тиристорные преобразователи напряжения и частоты и др.), электрические двигатели, системы передачи (червячные, зубчатые и другие механизмы для согласования вращающего момента M и частоты вращения со соответствующего двигателя с вращающим моментом M_n и частотой вращения ω_n конкретного производственного механизма и аппаратуру управления.



Если включение, управление работой и выключение электропривода, например, одиночного насоса, компрессора и т.д. выполняется человеком, то такой электропривод называют неавтоматизированным. В автоматизированном электроприводе человек принимает участие только во включении, выключении привода и наблюдении за функционированием системы управления производственным механизмом.

Выбор рода тока и величины питающего напряжения приводного двигателя зависит от ряда факторов, часто противоречащих друг другу. Обратим внимание на такие наиболее

важные факторы, как:

- требуемые моменты и мощности при пуске и во время работы;
- частота вращения двигателя и передаточные числа кинематических звеньев;
- возможность регулирования и реверсирования частоты вращения двигателя;
- КПД двигателя, возможности перегрузки, нагрев;
- броски тока;
- надежность его эксплуатации и затраты на приобретение и эксплуатацию и т.д.

В частности, выбор электродвигателей постоянного тока в системе электропривода обуславливается необходимостью регулирования частоты вращения производственного механизма. В дальнейшем будут рассмотрены лишь важнейшие вопросы нагрева и охлаждения двигателей и выбор двигателя по заданной нагрузке производственного механизма.

Мощность электродвигателя для продолжительной работы выбирают из условия $P_{дв} \geq P_{мх}$

Эквивалентный момент механизма

$$M_{эк} = \sqrt{\frac{\sum M^2 t}{\sum t}}$$

Потребляемая мощность механизма

$$P_{мх} = Fv/\eta$$

Наиболее выгодное передаточное отношение редуктора получается при наименьшем произведении махового момента двигателя на квадрат передаточного отношения: mD^2u^2

Пример 1 Выбрать двигатель для электропривода центробежного вентилятора, создающего давление газа $H = 76 \text{ Н/м}^2$ при его расходе $Q = 15 \text{ м}^3/\text{с}$, КПД вентилятора.

Решение:

Определяем мощность, необходимую для приведения в действие вентилятора:

$$P = QH\eta = 15 \times 760,55 = 2072 \text{ Вт}$$

$$P = QH\eta = 15 \times 760,55 = 2072 \text{ Вт}$$

Мощность электродвигателя при продолжительном режиме выбирают из условия $P_{дв} \geq P_{мх}$.

Используя каталог асинхронных двигателей, выбираем двигатель мощностью 2,2 кВт.

Ответ: электродвигатель – 2,2 кВт.

Пример 2 Металлообрабатывающий автомат приводится во вращение двигателем постоянного тока параллельного возбуждения. Напряжение питания двигателя $U = 220 \text{ В}$, частота вращения $n = 3000 \text{ об/мин}$. График изменения тока в двигателе задан в таблице

| | | | |
|----------|-----|-----|-----|
| Ток, А | 40 | 30 | 20 |
| Время, с | 120 | 180 | 300 |

Подобрать двигатель из серии П, который обеспечит работу автомата.

Решение:

Эквивалентный ток двигателя

$$I_{эк} = \sqrt{\sum I^2 t / \sum t} = 28 \text{ А}$$

Эквивалентная мощность двигателя

$$P_{эк} = UI_{эк} = 220 \times 28 = 6160 \text{ Вт}$$

Для продолжительного режима мощность двигателя находим из условия $P_{дв} \geq P_{мх}$. По каталогу выбираем двигатель П42, имеющий мощность $P = 8$ кВт, напряжение $U = 220$ В, частоту вращения $n = 3000$ об/мин, КПД $\eta = 0,83$, номинальный ток $I_{ном} = 43,5$ А. Номинальный ток двигателя превышает максимальное значение тока при нагрузке, что предохраняет двигатель от перегрева.

Ответ: электродвигатель П42.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Насос, работающий в продолжительном режиме, имеет следующие паспортные данные: производительность $Q = 0,5$ м³/с, $H = 8,2$ м; частота вращения $n = 950$ об/мин; КПД $\eta = 0,6$ и удельная масса жидкости $\gamma = 1000$ Н/м³. Выбрать электродвигатель переменного тока.
2. Выбрать асинхронный двигатель для вентилятора, если при частоте вращения $n = 475$ об/мин вращающий момент $M = 10$ Н × м. Номинальная частота вращения вентилятора $n = 950$ об/мин, а зависимость момента вентилятора от частоты вращения задана уравнением $M_2 = M_1(n_2/n_1)^2$.
3. Определить необходимую мощность асинхронного двигателя, нагрузочная диаграмма повторно-кратковременного режима работы которого характеризуется параметрами: $t_1 = 4$ с, $t_2 = 18$ с, $t_3 = 13$ с, $t_0 = 85$ с, $M_1 = 600$ Н × м, $M_2 = 250$ Н × м, $M_3 = 150$ Н × м. Частота вращения вала двигателя $n = 730$ об/мин.
4. Определить наиболее выгодное передаточное отношение редуктора из условия минимального общего времени переходных процессов для электропривода станка, работающего в диапазоне частот вращения от 20 до 187 об/мин при максимальной мощности $P_{мах} = 4,2$ кВт
5. Выбрать наиболее выгодное передаточное отношение из условий минимального времени переходного процесса для нерегулируемого электропривода мощностью $P = 7$ кВт и с частотой вращения 250 об/мин.

4.2 Лабораторные работы

Лабораторное занятие №1

Исследование характеристик последовательного соединения активного сопротивления, емкости и индуктивности.

ЦЕЛЬ: Изучить явления, происходящие в последовательной цепи переменного тока при изменении соотношений величин активного и индуктивного сопротивления.

Ход работы.

Теоретические сведения к лабораторной работе

В цепи переменного тока кроме активных сопротивлений используются также катушки индуктивности и конденсаторы. В связи с особенностями однофазных электрических цепей синусоидального тока рассмотрим основные соотношения между электрическими величинами для наиболее характерных цепей, например для цепи с последовательным соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивлений (рис. 1).

Напряжения на активном, индуктивном и емкостном сопротивлениях могут быть определены по формулам:

$$U_R = I \cdot R, \quad U_L = I \cdot x_L, \quad U_C = I \cdot x_C.$$

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

Результирующее напряжение U представляет геометрическую сумму напряжений U_R , U_L , U_C . На рис. 2.1 представлена векторная диаграмма этих напряжений.

Результирующее напряжение U можно найти не только графически (в этом случае диаграмма должна быть построена в масштабе), но и математически, на основании теоремы Пифагора:

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

Если каждое из напряжений на векторной диаграмме разделить на ток I , то получится фигура, подобная векторной диаграмме, которая будет называться треугольником сопротивлений (рис.2.1), т.к.

$$R = \frac{U_R}{I}, \quad x_L = \frac{U_L}{I}, \quad x_C = \frac{U_C}{I}.$$

Из треугольника сопротивлений следует, что

$$z = \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}.$$

Если каждое из напряжений на векторной диаграмме умножить на ток I , то получится фигура, подобная векторной диаграмме, которая будет называться треугольником мощностей, так как

$$P = U_R \cdot I, \quad Q_L = U_L \cdot I, \quad Q_C = U_C \cdot I, \quad S = U \cdot I,$$

где P – активная мощность, Вт; Q – реактивная мощность, вар; S – полная мощность, В

А.

Из треугольника мощностей следует, что

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}.$$

$\cos \varphi = \frac{P}{S}$ - называется коэффициентом мощности.

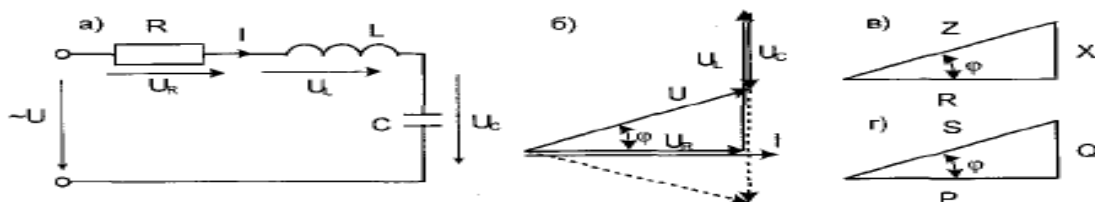
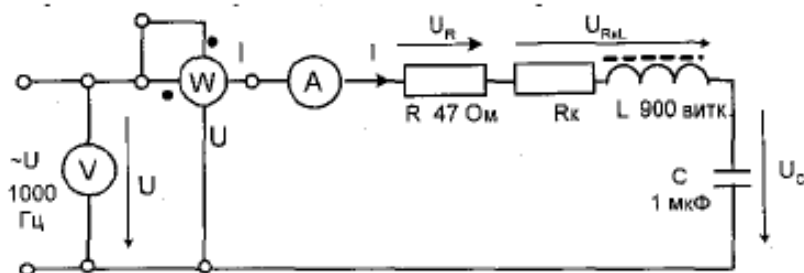


Рис 7.1

а) схема последовательного соединения R, L и C ; б) векторная диаграмма токов и напряжений; в) треугольник сопротивлений; г) треугольник мощностей

ЗАДАНИЕ:

1. Ознакомится с приборами и оборудованием
2. Собрать схему



3. Ответить на контрольные вопросы

| Вопрос | Ответ |
|--|--|
| 1. Переменный электрический ток относится к | А. вынужденным электромагнитным колебаниям |
| | Б. затухающим электромагнитным колебаниям |
| | В. свободным электромагнитным колебаниям |
| 2. Сила переменного тока практически во всех сечениях проводника одинакова потому, что | А. время распространения электромагнитного поля превышает период колебаний |
| | Б. сечение проводника везде одинаково |
| | В. все электроны одинаковы по размерам |
| 3. Сила тока на активном сопротивлении прямо пропорционально напряжению. Это выражение справедливо | А. только для амплитудных значений силы тока и напряжения |
| | Б. только для мгновенных значений силы тока и напряжения |
| | В. для мгновенных и амплитудных значений силы тока и напряжения |
| 4. Бытовые электроприборы рассчитаны на напряжение 220 В. Это значение переменного напряжения. | А. среднее |
| | Б. амплитудное |
| | В. действующее |
| 5. Показания амперметров в цепи переменного и постоянного тока одинаковы. Это означает, что на одинаковых сопротивлениях в цепи переменного тока выделяется мощность | А. меньшая, чем в цепи постоянного тока |
| | Б. большая, чем в цепи постоянного тока |
| | В. такая же, как в цепи постоянного тока |

Лабораторное занятие №2.

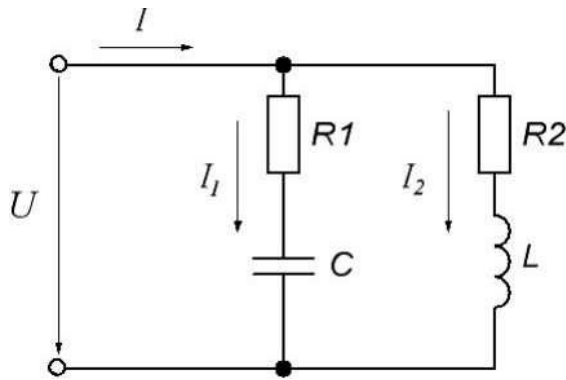
Исследование характеристик параллельного соединения активного сопротивления, емкости и индуктивности

1. Цели и задачи исследования Экспериментально исследовать работу электрической цепи однофазного синусоидального тока с параллельным соединением элементов: 1) исследование влияния величины индуктивности катушки на электрические параметры цепи однофазного синусоидального напряжения с параллельным соединением элементов; 2) научиться вычислять параметры цепи и строить векторные диаграммы цепи с параллельным соединением элементов.

2. Краткая характеристика объекта исследования

2.1. Параллельная цепь однофазного переменного тока

На рисунке представлена электрическая цепь однофазного синусоидального напряжения с параллельным соединением двух приемников, один из которых на схеме замещен последовательным соединением резистора и емкостного элемента, а второй – последовательным соединением резистора и индуктивного элемента.



Токи в приемниках определяются по

закону $I_1 = \frac{U}{Z_1}, I_2 = \frac{U}{Z_2}$, где U – действующее значение напряжения источника электрической энергии; I_1, I_2 – токи в параллельных ветвях цепи; Z_1, Z_2 – полные сопротивления ветвей.

$$z_1 = \sqrt{R^2 + X^2}, \quad z = \sqrt{R^2 + X^2},$$

где R_1, X_C – активное и емкостное сопротивление первой ветви; R_2, X_L – активное и индуктивное сопротивление второй ветви.

Вектор тока источника электрической энергии равен сумме векторов токов

$$\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$$

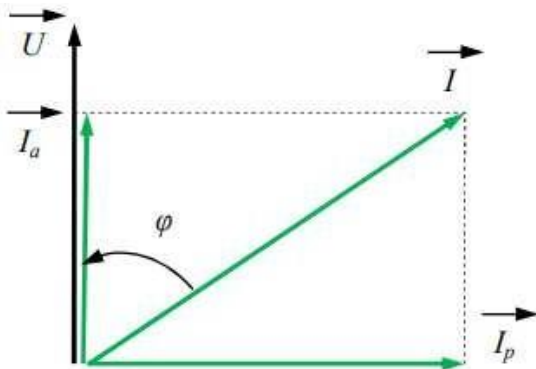
Параллельная цепь переменного тока. При исследовании процессов в цепях с параллельным соединением приемников вектор тока в каждой ветви условно представляют в виде суммы векторов активной и реактивной составляющих тока.

Вектор активной составляющей тока I_a совпадает по направлению с вектором напряжения U , а вектор реактивной составляющей I_p перпендикулярен этому вектору. Разложение тока на активную и реактивную составляющие I_z треугольника токов величины активной и реактивной составляющих тока определяются

$$I_a = I \cos \varphi$$

$$I_p = I \sin \varphi$$

где φ – угол сдвига фаз между напряжением и током.



3. Порядок выполнения эксперимента

3.1. Изучить теоретическую часть, подготовить отчет и получить допуск к выполнению лабораторной работы.

3.2 Ознакомиться с оборудованием лабораторного стенда и измерительными приборами.

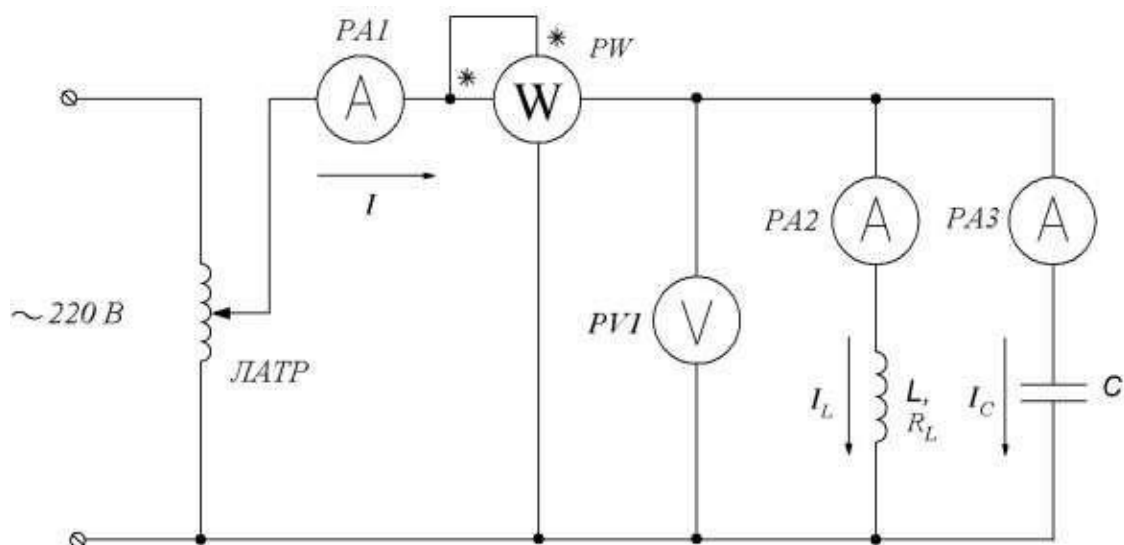
3.3 Записать в таблицу 1 технические данные измерительных приборов, используемых при выполнении работы.

Таблица 1 Сведения об измерительных приборах

| | <i>PA1</i> | <i>PA2</i> | <i>PA3</i> | <i>PV</i> | <i>PW</i> |
|----------------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| Наименование прибора | | | | | |
| Тип и номер прибора | | | | | |
| Измерительный механизм | | | | | |
| Предел измерений | | | | | |
| Класс точности | | | | | |
| Род тока | | | | | |
| Цена деления прибора | | | | | |
| Абсолютная погрешность измерения | | | | | |

3.4 Собрать электрическую цепь по схеме:

В качестве амперметров РА2 и РА3 использовать стрелочные измерительные приборы типа АСТ, ваттметр АСТД. 50. . Исследуемая LC-цепь



2. Подать напряжение с ЛАТР на электрическую схему, измерить все токи, напряжение и мощность. Измерения проводятся отдельно для трех случаев:

- а) цепь имеет индуктивный характер ($I_L > I_C$); б) резонанс ($I_L = I_C$);
в) цепь имеет емкостной характер ($I_L < I_C$). Экспериментальные данные занести в таблицу 2.

Параметры исследуемой LC-цепи

[illegible]

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $b_L = b_C$ | | | | | | | | | | | | | | |
| $b_L < b_C$ | | | | | | | | | | | | | | |

Примечание. Изменение соотношения b_L и b_C (токов I_L и I_C) производится с помощью регулировки воздушного зазора катушки индуктивности. Варьируя индуктивностью, необходимо следить за показаниями всех контрольно-измерительных приборов, не допуская их «зашкаливания». В случае перегрузки переходите на более грубый предел измерения или уменьшайте с помощью ЛАТР входное напряжение.

4. Обработка результатов эксперимента

1. Используя полученные экспериментальные данные, рассчитать параметры цепи и занести полученные результаты в таблицу 2.

Формулы для расчета:

- проводимости

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{I}{U};$$

$$P = UI \cos \varphi; g = Y \cos \varphi; b = Y \sin \varphi;$$

- общий сдвиг фаз в цепи

$$\varphi = \arctg \frac{b_L - b_C}{g} = \arctg \frac{b}{g};$$

- емкостная реактивная проводимость

$$b_C = \frac{1}{X_C} = \frac{I_C}{U}; X_C = \frac{1}{2\pi f C}; f = 50 \text{ Гц};$$

- полное сопротивление катушки индуктивности

$$Z_L = \frac{U}{I_L};$$

- активное сопротивление катушки, учитывающее потери энергии в обмотке и стальном сердечнике катушки

$$R_L = \frac{\tilde{P}}{I_L^2};$$

- индуктивное сопротивление катушки

$$X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2};$$

$$L = \frac{X_L}{\omega},$$

- индуктивность катушки
- индуктивное сопротивление катушки

$$X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2};$$

- индуктивность катушки

$$L = \frac{X_L}{\omega},$$

где $\omega = 2\pi f$ и частота $f = 50$ Гц;

$$b_L = \frac{X_L}{Z_L^2} = \frac{X_L I_L^2}{U^2}.$$

- индуктивная реактивная проводимость

5. Контрольные вопросы:

1. Что такое параллельная цепь?
2. Что такое активная и реактивная составляющие тока?
3. Что такое полная, активная и реактивная проводимости?
4. Назовите условие резонанса в электрических цепях.
5. Что такое добротность контура и способы ее измерения?
6. Что определяет добротность конденсатора и катушки индуктивности?

Лабораторное занятие №3

Испытание электродвигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

1. Цель работы

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия двигателя постоянного тока с параллельной системой возбуждения.
2. Ознакомиться с особенностью пуска двигателя параллельного возбуждения.
3. Ознакомиться с особенностью регулирования скорости вращения двигателя.
4. Определить на основании экспериментальных данных основные характеристики двигателя.

2. Краткие теоретические сведения

У двигателя параллельного возбуждения (шунтового) обмотка возбуждения включена параллельно обмотке якоря. Величина тока в якоре при работе электродвигателя

$$I_a = \frac{U - E}{r_a}$$

Сопротивление якоря мало. При пуске двигателя в ход, когда якорь неподвижен, противоЭДС в якоре равна нулю. Поэтому ток якоря в момент пуска достигает очень большой величины:

$$I_{a \text{ пуск}} = \frac{U}{r_a}$$

Для уменьшения пускового тока в цепь обмотки якоря включают специальный пусковой реостат. При включении реостата ток якоря равен:

$$I_a = \frac{U}{r_a + R_{\text{реост.}}}$$

По мере разгона двигателя ток будет уменьшаться за счет увеличения противоЭДС, поэтому пусковое сопротивление реостата уменьшают. В рабочем режиме пусковое сопротивление выведено полностью.

Частоту вращения двигателя можно определить по следующей формуле

$$n = \frac{E}{C_E \Phi} = \frac{U - I_a r_a}{C_E \Phi}$$

где E - ЭДС якоря; U - напряжение на обмотке якоря; C_E - коэффициент пропорциональности, зависящий от конструкции машины и выбранной системы единиц; Φ - магнитный поток; I_a - ток якоря; r_a - сопротивление цепи якоря.

Следовательно, частота вращения якоря двигателя прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна магнитному потоку.

Таким образом, частоту вращения двигателя можно регулировать следующим образом:

1. Изменением магнитного потока, для чего в цепь обмотки возбуждения включают регулировочный реостат. При уменьшении тока возбуждения уменьшится магнитный поток, и, следовательно, увеличится скорость вращения двигателя.
2. Изменением подводимого напряжения. Уменьшая подводимое напряжение, можно уменьшить частоту вращения двигателя. Изменением подводимого напряжения регулировать частоту можно только вниз от номинального значения.

3. Введением в цепь якоря добавочного сопротивления. При этом частота регулируется вниз от номинального значения.

Свойства двигателя отражают его рабочие характеристики, под которыми понимают зависимости потребляемой мощности P_1 , тока I , частоты вращения n , вращающего момента M , КПД от полезной мощности P_2 , при $U = \text{const}$ и $I_B = \text{const}$ (рис.1).

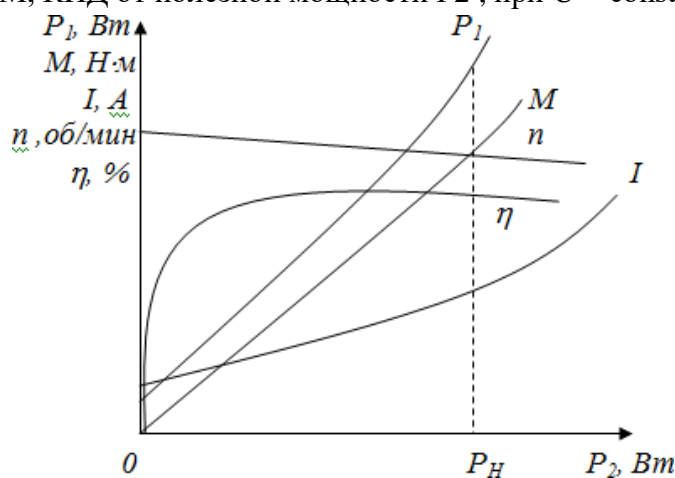


Рис.1. Рабочие характеристики двигателя параллельного возбуждения

Частота вращения двигателя с увеличением нагрузки уменьшается незначительно. Уменьшение частоты вращения n происходит вследствие увеличения падения напряжения в обмотке якоря. При этом очевидно, что при увеличении тока якоря I будет увеличиваться поток размагничивающего действия поперечной реакции якоря $\Phi_{Р.Я.}$ и суммарный магнитный поток Φ будет уменьшаться.

$$\Phi = \Phi_B - \Phi_{Р.Я.}$$

где Φ_B - поток, создаваемый обмоткой возбуждения. Это будет вызывать рост частоты вращения n при увеличении нагрузки, но по условиям устойчивой работы двигателя это неприемлемо: с ростом нагрузки возрастает n , что ведет к дополнительному росту нагрузки, и т.д., то есть частота вращения неограниченно увеличивается и двигатель

идет «в разнос». Поэтому в двигателях с параллельным возбуждением применяют стабилизирующую обмотку, которая устанавливается на главных полюсах и подключается последовательно с обмоткой якоря таким образом, чтобы ее магнитный поток Φ_C складывался с потоком Φ_B . Тогда суммарный магнитный поток Φ будет равен

$$\Phi = \Phi_B - \Phi_{Р.Я} + \Phi_C.$$

Стабилизирующую обмотку рассчитывают таким образом, чтобы по величине ее поток был $\Phi_C \approx \Phi_{Р.Я}$. За счет этого обеспечивается уменьшение частоты вращения при увеличении нагрузки (рис.1) и, тем самым, устойчивость работы двигателя с параллельным возбуждением.

Ток двигателя I с увеличением нагрузки возрастает. Вращающий момент M также повышается почти прямо пропорционально нагрузке. Поскольку частота вращения двигателя при увеличении нагрузки несколько снижается, то кривая момента слегка изгибается вверх. Коэффициент полезного действия двигателя с увеличением нагрузки возрастает и достигает своего максимального значения примерно при половинном значении номинальной мощности, затем остается почти постоянным, но при перегрузке двигателя уменьшается.

Механические и скоростные характеристики двигателя параллельного возбуждения при разных потоках возбуждения представлены на рис. 2.

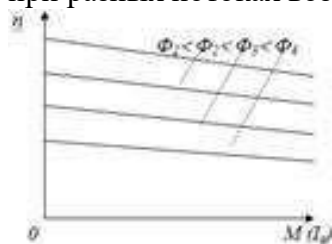


Рис. 2. Механические и скоростные характеристики двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

3. Описание лабораторной установки

Принципиальная схема стенда приведена на рис 3.

Подача напряжения в схему стенда обеспечивается включением пакетного выключателя «СЕТЬ». О наличии напряжения на стенде сигнализирует индикатор в левом верхнем углу. Кнопки ПК1 и ПК2 позволяют подать питание через диодный мост Д к обмотке возбуждения ОВ и к якорной цепи Я. Величина подводимого напряжения регулируется однофазным регулятором напряжения РНО. Регулирование тока в цепи возбуждения осуществляется реостатом РВ.В качестве нагрузки используется электромагнитный тормоз ЭМТ. Ток якоря измеряется по амперметру А1, ток возбуждения - по амперметру А3. Напряжение питания двигателя измеряется по вольтметру V1. Частота вращения двигателя замеряется тахометром n, момент нагрузки двигателя - по шкале электромагнитного тормоза. Изменение нагрузки осуществляется путем изменения тока тормоза с помощью реостата RH . Ток в тормозе измеряется по амперметру А2.

На стенде имеется переключатель режимов (холостой ход, пуск, работа под нагрузкой), который меняет пределы измерения или шунтирует прибор А1 в первых двух случаях.

4. Лабораторное задание

1. Ознакомиться с конструкцией двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, схемой стенда и паспортными данными испытуемого двигателя.

2. Осуществить пуск двигателя.
3. Снять и построить рабочие характеристики I , P , M , $n = f(P_2)$ при $U = U_H = \text{const}$ и $I_B = I_{BH} = \text{const}$.
4. Снять и построить скоростные $n = f(I_a)$ и механические $n = f(M)$ характеристики при разных потоках возбуждения и $U = U_H = \text{const}$.
5. Снять и построить регулировочные характеристики $I_B = f(I_a)$ при $U = U_H = \text{const}$, $n = \text{const}$.

5. Порядок выполнения работы

Пункт 2. Прямой пуск двигателя недопустим, т.к. пусковой ток больше номинального примерно на порядок. Схема стенда позволяет ограничивать пусковой ток только уменьшением напряжения. Поэтому, включив выключатель F , необходимо нажать кнопку $ПК1$ и установить по вольтметру $V1$ регулятором RHO напряжение, примерно в пять раз меньше номинального. Реостатом RB установить максимальный ток возбуждения. Затем включить кнопку $ПК2$ и, вращая регулятор RHO , разогнать двигатель до желаемой скорости. Переключатель режимов при этом должен стоять в положении «Пуск».

Пункт 3. Переключатель режимов помещают в положение «Нагрузка». Устанавливают номинальное напряжение по вольтметру $V1$ регулятором RHO , и номинальный ток возбуждения по амперметру $A3$ с помощью реостата RB . Замыкают контакты пакетного выключателя «Тормоз» и устанавливают минимальный ток реостатом RH по прибору $A2$. Фиксируют значения тока якоря I по амперметру $A1$, частоты вращения n по тахометру n , вращающего момента M по шкале электромагнитного тормоза. Затем изменяют ток электромагнитного тормоза и снимают те же параметры. Всего производят 5 ? 6 отсчетов. Напряжение и ток возбуждения в течение опыта поддерживают постоянными.

Пункт 4. Устанавливают ток возбуждения $I_B = 0,75 I_{BH}$ реостатом RB и в течение опыта поддерживают его постоянным. Измеряют значения тока якоря I по амперметру $A1$, частоты вращения n по тахометру n , вращающего момента M по шкале электромагнитного тормоза. Затем изменяют ток электромагнитного тормоза и снимают те же параметры. Всего производят 5 ? 6 отсчетов. Напряжение в течение опыта поддерживают постоянным $U = U_H = \text{const}$.

Затем увеличивают ток возбуждения $I_B = 1,2 I_{BH}$ и проводят аналогичные измерения. Для построения скоростных и механических характеристик при токе возбуждения, равном номинальному значению, можно использовать данные, снятые для построения рабочих характеристик.

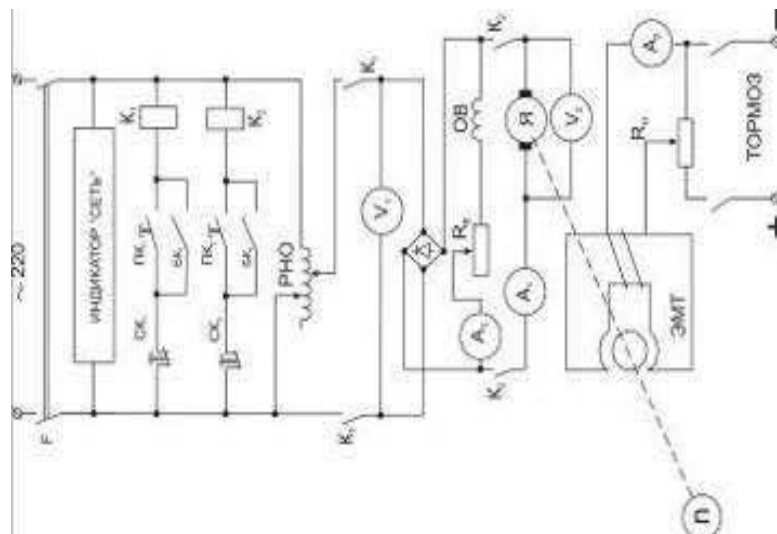


Рис.3. Схема стенда для испытания двигателя с параллельным возбуждением

Пункт 5. Устанавливают номинальное напряжение регулятором РНО и поддерживают его постоянным в течении всего опыта. Изменяют ток электромагнитного тормоза и фиксируют значения тока якоря I по амперметру А1. При этом изменяют с помощью реостата RV ток возбуждения таким образом, чтобы обеспечить $n = \text{const}$ и фиксируют значение тока возбуждения I_B по амперметру А3. Производят 5-6 измерений.

6. Обработка экспериментальных данных

Пункт 3. Потребляемая мощность двигателя параллельного возбуждения $P_1 = U (I + I_B)$

Момент, определяемый по шкале ЭМТ, измеряется в кгм. Для того, чтобы перевести его в Нм, необходимо полученную величину умножить на 9,81:

$$M(\text{Нм}) = 9,81 M(\text{кгм}).$$

Частота вращения переводится в угловую частоту вращения следующим образом $(1/\text{с}) = n (\text{об/мин}) 0,105$

полезная мощность
двигателя $P_2 = M$

КПД рассчитывается по выражению

$$= P_2 / P_1 100\%$$

7. Содержание отчета

Отчет по данной лабораторной работе должен содержать:

Схему стенда

2. Тип и номинальные данные испытуемого двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.

Таблицу 1. Рабочие характеристики

| Опытные данные | Расчетные данные | | | | | | | | |
|----------------|------------------|------|-----------|--------|--------|-------|-------|--------|-----|
| U, В | I, А | I, В | n, об/мин | M, кгм | P1, Вт | M, Нм | , 1/с | P2, Вт | , % |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |

Таблицу 2. Скоростные и механические характеристики

| | | |
|---------------|----------|--------------|
| IB = 0,75 IBH | IB = IBH | IB = 1,2 IBH |
| n, об/мин | | |
| I, А | | |
| M, кгм | | |
| M, Нм | | |

5. Таблицу 3. Регулировочные характеристики

| |
|-------|
| I, А |
| IB, А |

III. Критерии оценивания знаний и умений обучающихся, сформированности общих и профессиональных компетенций

3.4. Критерии оценки устного ответа обучающихся в 5-балльной системе

При оценке устного ответа обучающегося учитывается:

- 4) полнота и правильность ответа;
- 5) степень осознанности, понимания изученного;
- 6) языковое оформление ответа.

Отметка «5»: ответ исчерпывающий, точный, полный и правильный на основании изученного материала; материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком; ответ самостоятельный.

Отметка «4»: ответ полный, обнаруживающий хорошее знание и понимание изученного материала; материал изложен в определенной логической последовательности, последовательно и грамотно, возможны отдельные затруднения в формулировке выводов.

Отметка «3»: ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка; или ответ неполный, несвязный, изложенный нелогично; ответ, в котором в основном правильно, но схематично; ответ с отклонениями от последовательности изложения т материала.

Отметка «2»: при ответе обнаружено непонимание обучающимся основного содержания учебного материала, неумение его анализировать допущены существенные ошибки, которые обучающийся не смог исправить при наводящих вопросах преподавателя, отсутствует логика в изложении материала, нет необходимых обобщений и самостоятельной оценки фактов; недостаточно сформированы навыки устной речи.

3.5. Оценка тестов

| Оценк а в баллах | Степень выполнения задания |
|------------------------|---|
| Неуд. | Выполнено не менее 40 % предложенных заданий |
| Удов | Выполнено не менее 41-70 % предложенных заданий |
| Хор. | Выполнено не менее 71-95% предложенных заданий |
| Отл. | Выполнено не менее 96-100% предложенных заданий |

3.6. Критерии оценки написания сообщений, докладов

- оценка «*отлично*» выставляется обучающемуся, если выполнены все требования к

написанию сообщения (доклада): обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы;

- оценка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если основные требования к сообщению, докладу и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём доклада (сообщения); имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы даны неполные ответы.

- оценка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если имеются существенные отступления от требований к написанию сообщения (доклада). В частности, тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании сообщения (доклада) или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод;

- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если тема сообщения (доклада) не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

3.4 Критерии оценивания презентаций

Оценка «отлично»:

Содержание: Работа полностью завершена, обучающийся демонстрирует глубокое понимание описываемых процессов, даны интересные дискуссионные материалы, грамотно используется лексика, предлагается собственная интерпретация или развитие темы. Дизайн логичен. Все параметры шрифта хорошо подобраны. Текст хорошо читается. Графика подобрана грамотно, соответствует содержанию. Нет орфографических и синтаксических ошибок.

Оценка «хорошо»:

Полностью сделаны наиболее важные компоненты работы, обучающийся демонстрирует понимание основных моментов, хотя некоторые детали не уточняются. Некоторые материалы носят дискуссионный характер. Научная лексика используется, но иногда не корректно. Обучающийся в большинстве случаев предлагает собственную интерпретацию или развитие темы. Дизайн презентации выдержан и соответствует содержанию. Параметры шрифта подобраны. Графика соответствует содержанию. Минимальное количество ошибок.

Оценка «удовлетворительно»:

В содержании не выделены все важные компоненты. Обучающийся демонстрирует неполное понимание темы. Дискуссионные материалы есть в наличии, но не способствуют раскрытию проблемы. Научная терминология используется не всегда корректно. Дизайн не соответствует полному раскрытию содержания. Параметры шрифта недостаточно хорошо подобраны и могут мешать восприятию. Графика не в полной мере соответствует содержанию. Имеются орфографические и пунктуационные ошибки, мешающие восприятию.

Оценка «неудовлетворительно»:

Работа выполнена фрагментарно и с посторонней помощью, обучающийся демонстрирует минимальное понимание темы. Минимум дискуссионных материалов и научных терминов. Интерпретация ограничена или беспочвенна. Дизайн не ясен. Элементы дизайна мешают содержанию. Текст трудночитаемый. Графика не соответствует содержанию. Много орфографических и пунктуационных ошибок, делающих материал трудночитаемым.

5. Комплект контрольно-измерительных материалов для промежуточной аттестации ВОПРОСЫ к дифференцированному зачету по ОП.01 Электротехника

1. История развития электротехники.
2. Определение «электротехника», важные особенности электрической энергии.
3. Закон Кулона. Определение «электрическое поле». Напряженность электрического поля.
4. Определение «электрическая цепь». Виды источников и потребителей электрической энергии.
5. Законы Кирхгофа
6. Способы соединения резисторов. Электрическая работа и мощность. Потери напряжения в проводах
7. Постоянный электрический ток. ЭДС и напряжение. Закон Ома для участка цепи и для полной цепи.
8. Сопротивление и проводимость. Зависимость сопротивления от температуры.
9. Характеристики магнитного поля (напряженность, индукция, абсолютная магнитная проницаемость среды, магнитный поток)
10. Магнитное поле. Закон электромагнитной индукции. Индуктивность.
11. Индуктивность катушки. Взаимная индуктивность.
12. Магнитное поле кольцевой и цилиндрической катушки.
13. Электрон в магнитном поле. Проводник с током в магнитном поле.
14. Взаимодействие параллельных проводников с током.
15. Закон электромагнитной индукции. Преобразование механической энергии в электрическую. Преобразование электрической энергии в механическую.
16. Устройство машин постоянного тока, Обратимость машин. Принцип действия машин постоянного тока
17. Генераторы постоянного тока независимого возбуждения и самовозбуждения, их характеристики.
18. Двигатели постоянного тока. Способы регулирования частоты вращения. Особенность пуска двигателей постоянного тока
19. Переменный ток. Определение. Получение и основные характеристики переменного тока.
20. Параметры переменного тока (Мгновенные значения, амплитудные значения, период, угловая частота, циклическая частота, действующие значения)
21. Фаза переменного тока, сдвиг фаз.
22. Цепь с активным и индуктивным сопротивлением. Цепь с активным и емкостным сопротивлением.
23. Цепь с активным, индуктивным и емкостным сопротивлением.
24. Трехфазные электрические цепи. Причины распространенности.
25. Соединение трехфазной цепи в «звезду». Назначение нейтрального провода.
26. Соединение трехфазной цепи в «треугольник». Коэффициент мощности
27. Активная, реактивная, полная мощность трехфазной электрической цепи.
28. Электрические измерения. Погрешности измерений и приборов. Классификация электроизмерительных приборов.
29. Измерение силы тока, напряжения, мощности и электрической энергии
30. Трансформаторы, их назначение и применение. Устройство трансформаторов, принцип действия.
31. Трехфазные трансформаторы. Режимы работы трансформаторов.
32. ЭДС в трансформаторе, коэффициент трансформации.

33. Устройство и принцип действия асинхронных двигателей, асинхронных генераторов, их применение в техническом обслуживании автомобиля.
34. Скольжение. Синхронная частота. Механическая характеристика. КПД. Вращающий момент.
35. Устройство и принцип действия синхронных двигателей, синхронных их применение в техническом обслуживании автомобиля.
36. Электрофизические свойства полупроводников
37. Заземляющие устройства, заземлители, зануляющие проводники.
38. Диоды. Биполярные и полевые транзисторы. Тиристоры.
39. Классификация электрических сетей.
40. Требования предъявляемые к электрическим сетям.
41. Электрические подстанции, электрическая сеть, подстанции, распределительные пункты.

6. Критерии оценивания знаний и умений обучающихся, сформированности общих и профессиональных компетенций

6.1 Критерии оценки устного ответа обучающихся в 5-балльной системе

При оценке устного ответа обучающегося учитывается:

- 7) полнота и правильность ответа;
- 8) степень осознанности, понимания изученного;
- 9) языковое оформление ответа.

Отметка «5»: ответ исчерпывающий, точный, полный и правильный на основании изученного материала; материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком; ответ самостоятельный.

Отметка «4»: ответ полный, обнаруживающий хорошее знание и понимание изученного материала; материал изложен в определенной логической последовательности, последовательно и грамотно, возможны отдельные затруднения в формулировке выводов.

Отметка «3»: ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка; или ответ неполный, несвязный, изложенный нелогично; ответ, в котором в основном правильно, но схематично; ответ с отклонениями от последовательности изложения материала.

Отметка «2»: при ответе обнаружено непонимание обучающимся основного содержания учебного материала, неумение его анализировать допущены существенные ошибки, которые обучающийся не смог исправить при наводящих вопросах преподавателя, отсутствует логика в изложении материала, нет необходимых обобщений и самостоятельной оценки фактов; недостаточно сформированы навыки устной речи.

3.7. Оценка тестов

| Оценка в баллах | Степень выполнения задания |
|------------------------|---|
| Неуд. | Выполнено не менее 40 % предложенных заданий |
| Удов. | Выполнено не менее 41-70 % предложенных заданий |
| Хор. | Выполнено не менее 71-95% предложенных заданий |
| Отл. | Выполнено не менее 96-100% предложенных заданий |

6.2 Критерии оценки написания сообщений, докладов

- оценка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если выполнены все требования к написанию сообщения (доклада): обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы;
- оценка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если основные требования к сообщению, докладу и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём доклада (сообщения); имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы даны неполные ответы.
- оценка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если имеются существенные отступления от требований к написанию сообщения (доклада). В частности, тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании сообщения (доклада) или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод;
- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если тема сообщения (доклада) не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

6.3 Критерии оценивания презентаций

Оценка «отлично»:

Содержание: Работа полностью завершена, обучающийся демонстрирует глубокое понимание описываемых процессов, даны интересные дискуссионные материалы, грамотно используется лексика, предлагается собственная интерпретация или развитие темы. Дизайн логичен. Все параметры шрифта хорошо подобраны. Текст хорошо читается. Графика подобрана грамотно, соответствует содержанию. Нет орфографических и синтаксических ошибок.

Оценка «хорошо»:

Полностью сделаны наиболее важные компоненты работы, обучающийся демонстрирует понимание основных моментов, хотя некоторые детали не уточняются. Некоторые материалы носят дискуссионный характер. Научная лексика используется, но иногда не корректно. Обучающийся в большинстве случаев предлагает собственную интерпретацию или развитие темы. Дизайн презентации выдержан и соответствует содержанию. Параметры шрифта подобраны. Графика соответствует содержанию. Минимальное количество ошибок.

Оценка «удовлетворительно»:

В содержании не выделены все важные компоненты. Обучающийся демонстрирует неполное понимание темы. Дискуссионные материалы есть в наличии, но не способствуют раскрытию проблемы. Научная терминология используется не всегда корректно. Дизайн не соответствует полному раскрытию содержания. Параметры шрифта недостаточно хорошо подобраны и могут мешать восприятию. Графика не в полной мере соответствует содержанию. Имеются орфографические и пунктуационные ошибки, мешающие восприятию.

Оценка «неудовлетворительно»:

Работа выполнена фрагментарно и с посторонней помощью, обучающийся демонстрирует минимальное понимание темы. Минимум дискуссионных материалов и научных терминов. Интерпретация ограничена или беспочвенна. Дизайн не ясен. Элементы дизайна мешают содержанию. Текст трудночитаемый. Графика не соответствует содержанию. Много орфографических и пунктуационных ошибок, делающих материал трудночитаемым.

7.. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Ярочкина Г.В. Электротехника: учебник для студентов среднего профессионального образования. / Г.В. Ярочкина – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2020.–288с.
2. Ярочкина, Г. В. Контрольные материалы по электротехнике : учебное пособие для НПО / Г. В. Ярочкина. - М. : Академия, 2020.
3. Прошин В.М. Электротехника: учебник для студентов среднего профессионального образования. / В.М. Прошин. – 6-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2020.–288с.
4. Немцова М.Л. Электротехника и электроника: Учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования – М.: Академия, 2020

3.2.2. Электронные издания (электронные ресурсы)

1. Техническая литература [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mister-grey.narod.ru/electronica.html>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Мультимедийный курс по электротехнике и основам электроники [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.eltray.com> свободный, – Загл. с экрана.
3. Студентам и школьникам книги электроника и схемотехника [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ph4s.ru/book_electronika.html, свободный. – Загл. с экрана.

3.2.3. Дополнительные источники

1. Острецов В.Н. Электропривод и электрооборудование: учебник и практикум для СПО / В.Н. Острецов, А.В. Палицын. – М: Издательство Юрайт, 2019.–239 с.–(Серия Профессиональное образование):
2. Морозова Н.Ю. Электротехника и электроника: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ Н.Ю. Морозова.– 6-е изд., стер.- М.: Издательский центр «Академия», 2021.-288с.
3. Туревский, И. С. Электрооборудование автомобилей: учебное пособие /И. С. Туревский, В.Б. Соков, Ю.Н. Калинин. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. -368 с.
4. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники: учебное пособие/ Синдеев Ю.Г. - М.: Феникс, 2020, Серия: Начальное профессиональное образование.
5. Гальперин М.В. Электротехника и электроника: учебник/ Гальперин М.В. - М.: ИНФРА – М: Форум, 2020, 480 с.