Министерство образования и молодёжной политики Чувашской Республики

Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение

«Цивильский аграрно-технологический техникум»

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

**35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства**

**Цивильск, 2022**

Разработчик:

Прокопьев В.В., преподаватель Цивильского аграрно-технологического техникума

|  |
| --- |
|  |

Содержание

Введение 4

1. Общие методические указания 5
2. Программа дисциплины «Электрические машины» 6
3. Задания на контрольную работу 8

Рекомендуемая литература 14

**Введение**

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Электрические машины» для специальности 35.02.08

Учебная дисциплина «Электрические машины» базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении дисциплин «Физика», «Электротехника» и др.

В ней рассматриваются: классификация, назначение, устройство, принцип действия и основные характеристики электрических машин и аппаратов; схемы включения электрических машины и аппаратов и их применение.

Учебным планом по дисциплине «Электрические машины» предусмотрено выполнение одной контрольной работы. Задание на контрольную работу состоит из 2 практических задач и 1 теоретического вопроса. Исходные данные для выполнения задания представлены в 10 вариантах.

**Номер варианта соответствует номеру последней цифры шифра студента.**

По окончании изучения дисциплины проводится экзамен.

Настоящее пособие содержит программу, методические указания и задания на контрольную работу.

1. **Общие методические указания**

Учебный материал дисциплины следует изучать в последовательности, указанной в программе.
 Изучать материал следует в два этапа:
- вначале целесообразно внимательно прочитать в учебнике содержание всей темы, разобраться в основных понятиях, законах, правилах, следствиях и их логической взаимосвязи;
- затем необходимо подробно изучить материал, обязательно конспектируя основные положения, доказательства, правила, ответить на вопросы для самоконтроля. Для лучшего усвоения учебного материала следует разобрать примеры решения задач, приведенные в учебной литературе.
 К выполнению контрольной работы следует приступить только после изучения соответствующей темы и получения навыка решения задач.
Задачи контрольной работы даны в последовательность тем программы и должны решаться постепенно, по мере изучения материала. Все задачи должны быть доведены до окончательного результата. При затруднении понимании какого-либо вопроса следует обратиться за консультацией к преподавателю.

Контрольная работа выполняется в отдельной школьной тетради в клетку.
Работу надо выполнить четко и аккуратно. Тексты условий задач переписывать обязательно. Решения задач должны поясняться необходимыми аккуратно выполненными схемами, ссылками на формулы, законы, иметь пояснительный текст. Для пометок и замечаний преподавателя нужно оставлять поля шириной не менее 40 мм. Вычисления надо производить с точностью до десятых после запятой.
 При решении задач следует применять только Международную систему единиц (СИ), а также кратные и дольные от них. Для обозначения основных общетехнических величин можно использовать только стандартные символы. Выполненную работу следует своевременно выслать в колледж.
 Если работа не зачтена, она по указанию преподавателя вычисляется заново полностью или частично.
 Работа предъявляется на экзамене.

1. **Программа дисциплины «Электрические машины»**

Раздел 1. Трансформаторы

Назначение и области применения, принцип действия однофазного и трехфазного трансформаторов.

Устройство трансформатора: магнитопровод и обмотки Назначение и области применения,

Параллельная работа трансформаторов. Автотрансформаторы. Параметры трансформаторов. Специальные трансформаторы.

 Раздел 1. Асинхронные машины

Классификация машин переменного тока. Принцип действия синхронного генератора и асинхронной машины.

 Устройство и принцип действия асинхронного двигателя.

Режимы работы асинхронной машины. Рабочие характеристики АД Основные понятия

Параметры асинхронного двигателя. Опыт холостого хода. Опыт короткого замыкания Пуск асинхронных двигателей с фазным и с короткозамкнутым ротором Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей Однофазные и конденсаторные асинхронные двигатели Асинхронные машины специального назначения

 Раздел 3. Синхронные машины

Способы возбуждения и устройство синхронных машин

Характеристики синхронного генератора. Режимы работы синхронных генераторов

Принцип действия синхронного двигателя. Пуск синхронных двигателей Синхронный компенсатор Синхронные машины с постоянными магнитами.

 Раздел 4. Электрические машины постоянного тока

Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока. Устройство коллекторной машины постоянного тока. Выбор типа обмотки якоря Магнитное поле машины постоянного тока Способы возбуждения машин постоянного тока. Коммутация в машинах постоянного тока

Коллекторные двигатели, основные понятия Пуск двигателя Двигатель параллельного возбуждения. Регулирование частоты вращения двигателя параллельного возбуждения Двигатель последовательного возбуждения. Двигатель смешанного возбуждения

1. **Задания к контрольной работе.**

**Практическая часть задания.**

**Задача 1.**

Трехфазный силовой трансформатор имеет следующие паспортные данные (см. таблицу): номинальную мощность SH, номинальные линейные напряжения первичной U1H и вторичной U2o (в режиме холостого хода) обмоток, мощность потерь холостого хода Ро и короткого замыкания Рк, напряжение короткого замыкания Uk, ток холостого хода I10 (в процентах от номинального тока первичной обмотки). Трансформатор со стороны вторичной обмотки нагружен симметричным потребителем активно-индуктивного (R-L) либо активно-емкостного (R-C) типа с коэффициентом мощности cosφ2 и коэффициентом нагрузки β.

Требуется:

1. Начертить схему соединения обмоток трансформатора
2. Определить:
	1. Номинальные значения фазных напряжений.
	2. Фазный и линейный коэффициенты трансформации.
	3. Линейные и фазные токи первичной и вторичной цепей.
	4. Активные сопротивления одной фазы первичной (R1) и вторичной (R2) обмоток, считая что в опыте короткого замыкания мощность потерь распределяется поровну между первичной и вторичной цепями.
	5. Коэффициент мощности соsφ0 трансформатора в режиме холостого хода.
	6. Коэффициент мощности трансформатора cosφк в опыте короткого замыкания.
	7. КПД трансформатора при заданных значениях cosφ2 и β.
	8. Максимально возможный КПД трансформатора при заданном cosφ2.
3. Построить внешнюю характеристику трансформатора для заданного cosφ2 и определить напряжение U2 для заданного β.

**Таблица вариантов данных:**

|  |  |
| --- | --- |
| Заданныепараметры |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| SH, кВА | 10 | 20 | 30 | 50 | 40 | 75 | 80 | 65 | 45 | 25 |
| U1H , кВ | 6,3 | 6,3 | 10 | 10 | 10 | 6,3 | 35 | 10 | 10 | 6,3 |
| U2o, кВ | 0,23 | 0,4 | 0,4 | 0,23 | 0,4 | 0,23 | 0,69 | 0,4 | 0,23 | 0,4 |
| Ро, Вт | 100 | 150 | 300 | 450 | 350 | 500 | 580 | 450 | 250 | 120 |
| Рк, Вт | 450 | 550 | 1350 | 1550 | 1500 | 3000 | 2700 | 2300 | 1400 | 800 |
| uК %,  | 5 | 5 | 5,5 | 5,5 | 6 | 6 | 5,5 | 6,5 | 5 | 5,5 |
| Дополнительные | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| β | 0,5 | 0,6 | 0,75 | 0,8 | 0,55 | 0,9 | 0,7 | 0,4 | 0,55 | 0,65 |
| Cosφ2 | 0,7 | 0,7 | 0,85 | 0,71 | 0,78 | 0,9 | 0,75 | 0,72 | 0,8 | 0,74 |
| I10, % | 7 | 6,5 | 5,5 | 8 | 9,5 | 7,5 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| Характернагрузки | R-L | R-C | R-L | R-C | R-L | R-L | R-C | R-C | R-L | R-C |
| Соединениеобмоток | Y/Yn | Д/А | Y/A | A/Yn | y/yn | Д/А | Y/A | a/yn | Y/Yn | A/A |

 Методика расчёта 3-х фазного трансформатора.

Основные формулы и понятия:

 Номинальная мощность:

SH =√3×U1HI1H = √3×U2H I2H (1)

Номинальные фазные напряжения:

при соединении обмоток «звездой»: UФН=UH/√3; (2)

при соединении обмоток «треугольником»: UФН = UH (3) Коэффициент трансформации:

линейный: к = UBН / UНН (4)

 фазный: к=UBНФ/UННФ (5)

 Напряжение короткого замыкания

Uк% = uК× U1Н /100 (6)

Мощность короткого замыкания

Рк = 3×I1ф2 × R1 = 3 × I2ф2 ×R2 (7)

Ток холостого хода

 I10% =I10 ×100/I1H (8)

 Коэффициент мощности

а) в режиме хх: cosφ0 = Po/So = Po/(√3×U1H×I10) (9)

 б) в режиме кз: cosφK = PK/SK = РK/(√3×UK×I1H) (10)

 Коэффициент полезного действия:

 η= Р2/Р1, где Р2 — полезная мощность, а Р1 — потребляемая мощность;

Р1 = Р2 + ∆Р, где ∆Р - потери мощности в трансформаторе и состоят из электрических и магнитных потерь (∆РЭ и ∆РМ);

∆Рэ = β2×Рк; ∆РМ = Р0 ; Р2 = β×SH;

В результате КПД определяется по следующей формуле:

η=(β×Sн×соsφ2)/(β×Sн×соsφ2+β2×Рк+Ро) (11)

Для расчета максимально возможного КПД необходимо предварительно

 рассчитать , который будет равен

β\* = P0/Pk ; (12)

**Анализ трехфазного трансформатора по паспортным данным**:

Трехфазный силовой трансформатор имеет следующие паспортные

данные:

-номинальную мощность Sн,

-номинальные линейные напряжения первичной U1н и вторичной U2o обмоток

 ( в режиме холостого хода),

-мощность потерь холостого хода Ро и короткого замыкания Рк,

-напряжение короткого замыкания Uк,

-ток холостого хода I1о (в процентах от номинального тока первичной обмотки).

трансформатор со стороны вторичной обмотки нагружен симметричным потребителем активно-индуктивного (R-L), либо активно-емкостного (R-C) типа с коэффициентом мощности cos и коэффициентом нагрузки β.

**Требуется:**

-Начертить схему соединения обмоток трансформатора.

Возможны 4 основные схемы соединения трансформатора:Δ/Δ, Y/Yn , Δ/ Yn, Y/Δ.

Для примера приведены 2 схемы: а)Y/Yn и б) Δ/Δ.



 а) б)

Обмотка, расположенная слева от магнитопровода является первичной, справа - вторичной, при обозначении схемы в числителе обозначена схема первичной обмотки, в знаменателе схема вторичной.

Пример: /Yn, т.е. первичная обмотка соединена «треугольником», вторичная - «звездой», а индекс n означает наличие нулевого провода во вторичной обмотке.

2.**Определить**:

2.1.Номинальные значения фазных напряжений.

В зависимости от схем соединения первичной и вторичной обмоток фазные напряжения определяются по формулам (2) и (3).

2.2.Линейный и фазный коэффициенты трансформации.

Определяются, соответственно, по формулам (4) и (5).

2.3.Линейные и фазные токи первичной и вторичной цепей.

Линейные токи первичной и вторичной обмоток определяются из формулы (1). Фазные токи зависят от схемы включения обмоток. Если схема «звезда», то

 Iл = Iф, если «треугольник», то Iл =3 Iф.

2.4.Активные сопротивления одной фазы первичной (R1) и вторичной (R2) обмоток.

 Считают, что в опыте короткого замыкания мощность потерь распределяется поровну между первичной и вторичной цепями.

Формулу (7), учитывая условие равномерного распределения мощности между обмотками, можно записать следующим образом:

Рк/2 = 3× R1 = 3×R2

Отсюда рассчитываются сопротивления каждой фазы:

R1= Рк /(2×З); R2 = Рк /(2×З);

2.5.Ток холостого хода I1o и коэффициент мощности cos трансформатора в режиме холостого хода по формулам (8) и (9)

.

2.6.Коэффициент мощности трансформатора cos в опыте короткого замыкания по формуле (10);

2.7.КПД трансформатора при заданных значениях cos2 и β.

по формуле (11)

2.8.Максимально возможный КПД трансформатора при заданном cos2 по формулам (12) и (11).

3.Построить внешнюю характеристику трансформатора для заданного cos2 и определить напряжение U2 для заданного β.

Внешняя характеристика трансформатора - это зависимость U2 = f (I2).

Считают, что внешняя характеристика трансформатора практически прямая линия, поэтому для ее построения достаточно рассчитать две точки:

а)холостой ход;

в)при заданном β;

Точка холостого хода: данному режиму соответствуют следующие параметры: U2 = U2o, I2 = 0.

При заданном β:

I2 = I2 x β; U2 = U20 x (l - U2); U2 =U2% / 100%;

ΔU2%=β×(Uа%×соsφ2+ Uр%×sin φ2), если нагрузка активно-индуктивная, то угол φ2 > 0 и sinφ2>0. Если нагрузка активно-емкостная, то угол φ2 < 0 и sinφ2 < 0.

Ua% = uК× cos φK, Up% = uК× sin φK

В результате имеем следующую характеристику:

**Задача 2.**

Расшифровать условное обозначение асинхронного двигателя

|  |  |
| --- | --- |
| № варианта | Тип двигателя |
| 1 | 4А10052У3 |
| 2 | 4А180S4/2У3 |
| 3 | 4А112М2СУ3 |
| 4 | 4А160S4/2У3 |
| 5 | 4А80А4У3 |
| 6 | 4А90L4У3 |
| 7 | 4А100S4У3 |
| 8 | 4А160S8/4У3 |
| 9 | 4А112М4СУ1 |
| 10 | 4А132М4СУ1 |

В настоящее время промышленность выпускает асинхронные дви­гатели серии 4А мощностью от 0,06 до 400 кВт . Обозначение типа двигателя расшифровывается так: А — асинхронный; 4 — номер серии; X — алюминиевая оболочка и чугунные щиты (отсутствие буквы X означает, что корпус полностью выполнен из чугуна); В — двигатель встроен в оборудование;

 Н — исполнение защищенное 1Р23; для закрытых двигателей исполнения 1Р44 буквы Н нет; Р — двигатель с повышенным пусковым моментом; С — сельскохозяйственного назначения; цифра после буквенного обозначения показывает высоту оси вращения в мм; буквы S, М, L после цифр дают устано­вочные размеры по длине корпуса (S - самая короткая станина; М- промежуточная; L - самая длинная); цифра после установочного раз­мера - ЧИсло полюсов; У — климатическое исполнение (для умеренного климата); последняя цифра показывает категорию размещения (1 -для работы на открытом воздухе, 3 - для закрытых неотапливаемых помещений). В обозначении типов двухскоростных двигателей после установленного размера указывают через дробь оба числа полюсов, например 4А160М8/4УЗ. Здесь 8 и 4 означают, что обмотки статора могут переключаться так, что в двигателе образуются 8 и 4 полюса.

**Пример.** Расшифровать условное обозначение двигателя АР180М4УЗ. Это двигатель четвертой серии, асинхронный, с повышен­ным пусковым моментом, корпус полностью чугунный (нет буквы X), высота оси вращения 180 мм; размеры корпуса по длине М (промежуточный), четырехполюсный для умеренного климата, третья категория размещения.

**Теоретическая часть задания.**

Вариант 1.

1. Объяснить устройство автотрансформатора с переменным коэффициентом трансформации.

Вариант 2.

1. Какие группы соединений обмоток предусмотрены ГОСТом?

Вариант 3.

1. Какие виды потерь имеют место в асинхронном двигателе?

Вариант 4.

1. Что такое фазировка трансформатора и как она выполняется?

Вариант 5.

1. Объясните конструкцию короткозамкнутого и фазового роторов.

Вариант 6.

1. Перечислите способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей и дайте им сравнительную оценку.

Вариант 7.

1. В чем состоит явление реакции якоря?

Вариант 8.

1. Что такое синхронизирующая способность синхронной машины и какими параметрами она оценивается?

Вариант 9.

1. Каковы достоинства и недостатки синхронных двигателей по сравнению с асинхронными?

Вариант 10

1. Какие способы возбуждения применяют в машинах постоянного тока?

**Рекомендуемая литература**

1. Кацман М.М. Электрические машины: учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. – 12-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 496 с.
2. Кацман М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М.Кацман. — 8-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2017. — 2017 с.

Дополнительные источники:

3. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: Учебник для вузов. – Спб.: Пиьтер, 2008. – 320 с.

4. Шишмарев В.Ю. Автоматика: Учебник для сред. проф. образования / Владимир Юрьевич Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 288 с.

1. Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие для сту. сред. проф. образования / В.Ю. Шишмарев – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 352 с.
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2002. – 384 с.
3. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов. – М.: КолосС, 2004. – 344 с.

 Интернет-ресурсЫ:

1. http://elmech.mpei.ac.ru/em/
2. <http://www.edu.ru/>
3. <http://www.elteg.ru/>
4. <http://www.elecat.info/>
5. [Ванюшин М. Мультимедийный курс «В мир электричества как в первый раз». 2009 http://www.eltray.com](file:///G%3A%5C%D0%9C%D0%90%D0%A2%D0%AC%5C%D1%83%D1%87%20%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%20110810%5C%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D1%8B%5C%D0%92%D0%B0%D0%BD%D1%8E%D1%88%D0%B8%D0%BD%20%D0%9C.%20%D0%9C%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81).
6. Клиначёв Н.В. Учебно-методический комплекс «Электрические цепи постоянного тока». 1999-2008. http://model.exponenta.ru/electro/0022.htm