Государственное профессиональное образовательное учреждение

«Осинниковский горнотехнический колледж»

**МДК 01.01 Электрические машины и аппараты**

**Методические указания и контрольные задания**

**для студентов-заочников**

**по специальности:**

**13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования**

2024

Методические указания и контрольные задания составлены в соответствии с рабочей программой, разработанной на основе Федерального государственного образовательного стандарта по ПМ.01 Организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования для специальности: 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования.

Методические указания и контрольные задания рассмотрены и рекомендованы цикловой методической комиссией общетехнических дисциплин.

Протокол № заседания ЦМК от «30» июня 2024г.

Председатель ЦМК \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Составитель: **Роот Ольга Сергеевна,** преподаватель ГПОУ «Осинниковский горнотехнический колледж»

**Введение**

Широкое использование электрических машин и аппаратов в условиях современного технического прогресса предъявляет высокие требования к квалификации обслуживающего персонала, в том числе в горной промышленности. МДК 01.01 Электрические машины и аппараты, изучаемый студентами специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования, тесно связан с общепрофессиональными дисциплинами и профессиональными модулями, учебной и производственными практиками. Программа данного модуля предусматривает изучение студентами процессов, происходящих в цепях электрических машин, устройство и принцип действия электрических машин, трансформаторов и аппаратов, режимов работы электрооборудования, выбора электродвигателей и аппаратуры управления.

**Общие методические указания**

Изучение теоретического материала следует вести в последовательности, предусмотренной программой. Материал, изучаемый по учебнику, необходимо четко и аккуратно конспектировать в рабочей тетради, основные определения подчеркивать, а формулы обводить рамкой.

Электрические схемы необходимо вычерчивать согласно ГОСТам. Конспект составлять так, чтобы по нему можно было готовиться к экзамену, не перечитывая весь материал по учебнику.

После проработки каждой темы необходимо без помощи учебника выполнить доказательства закон. Рассмотреть принципы работы устройств. Для этой цели необходимо иметь вторую тетрадь. При выводе формул надо отчетливо представлять себе цели и путь, по которому следует идти, чтобы из исходных положений получить необходимую формулу, а не ограничиваться механическим запоминанием. Нельзя оставлять непонятных или сомнительных вопросов при изучении курса, если самому преодолеть затруднения не удается, необходимо обращаться к преподавателю. Серьезное внимание должно быть уделено разбору решений типовых задач, помещенных в учебнике и в методических указаниях.

Решение задач рекомендуется вести в следующем порядке:

1. записать условие задачи, сопроводив его чертежом или схемой;
2. после разбора задачи наметить пути ее решения;
3. решения проводить по этапам с указанием их цели;
4. выписать формулу, используемую для решения на данном этапе, после чего в нее подставить числовые значения величин обязательно в порядке следования их в формуле;
5. доказать размерности вычисляемых величин;
6. оценить правдоподобность полученного результата каждой арифметической операции и конечного результата.

**Указания к выполнению контрольных и лабораторных работ**

При изучении МДК Электрические машины и аппараты студентами - заочниками специальности "Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования в горной промышленности" выполняется одна контрольная работа. Задания для контрольной работы даны в вариантах. Выполнению подлежит вариант, номер которого совпадает с двумя последними цифрами вашего шифра.

Исходные данные для решения задач выбираются по таблице. Выполнение контрольной работы является наиболее важной и ответственной стадией изучения предмета. Контрольная работа служит для закрепления пройденного материала и для проверки умений студентов применять теоретические знания на практике.

К выполнению контрольной работы следует приступать после тщательного изучения теоретического материала и проработки типовых решений задач и вопросов для самопроверки.

Не рекомендуется решать всю контрольную работу сразу, целесообразно, проработав определенную тему, решать соответствующую задачу.

Контрольная работа состоит из четырех задач по теме 1.1. Электрические машины и трех теоретических вопросов по теме 1.2. Электрические аппараты.

Контрольная работа выполняется в отдельной ученической тетради, условие задачи переписываются полностью в соответствии с данными по шифру студента. Необходимо оставлять поле шириной 20-25 мм для замечаний рецензента, а в конце тетради оставлять 1-2 свободные страницы для рецензии. Работу необходимо выполнять чернилами, а чертежи и схемы карандашом. Условные обозначения должны соответствовать существующим ГОСТам. Чертежи и схемы должны быть выполнены четко и грамотно. После получения работы с рецензией студент должен исправить отмеченные ошибки, выполнить и повторить недостаточно усвоенный материал.

Если контрольная работа получила неудовлетворительную оценку, то студент должен выполнить ее снова по прежнему варианту или новому варианту, в зависимости от указания рецензента. И выслать в колледж вместе с не зачтенной работой.

При возникновении затруднений в выполнении контрольной работы студент может обратиться к преподавателю для получения письменной или устной консультации.

Практические работы в лаборатории студенты выполняют в период лабораторно-экзаменационной сессии после сдачи контрольной работы. По каждой лабораторной работе составляется отчет по установленной форме. Сдача экзаменов разрешается студентам, которые получили положительные оценки по контрольной работе и имеют зачет по лабораторным работам.

**Тема 1.1. Электрические машины.**

**1.Физические основы работы и использования электрических машин.**

Общие представления об электрических машинах. Физическая сущность явлений и процессов, определяющих работу трансформаторов.

Принцип преобразования энергии. Процесс выработки электрической энергии на электростанциях с помощью электрических генераторов, применение электродвигателей в горной промышленности.

**2. Электрические машины постоянного тока.**

Назначение, область применения, устройство и принцип действия машин постоянного тока. Принцип обратимости. Генераторы постоянного тока: классификация, схемы включения обмотки возбуждения, эксплуатационные свойства.

Электродвигатели постоянного тока: классификация, схемы включения обмотки возбуждения, механические характеристики. Пуск в ход, регулирование частоты вращения, реверсирование.

В результате изучения темы cстудент должен:

*иметь представление:*

- о достоинствах, недостатках и области применения электродвигателей постоянного тока;

*знать:*

- устройство, принцип действия и свойства машин постоянного тока;

- принцип обратимости электрических машин постоянного тока;

- характеристики генераторов постоянного тока;

- схемы включения электродвигателей постоянного тока;

*уметь:*

- составлять принципиальные схемы включения генераторов постоянного тока с независимым, параллельным и смешанным возбуждением;

- составлять принципиальные электрические схемы включения двигателей постоянного тока с последовательным, параллельным и смешанным возбуждением.

***Методические указания***

Необходимо обратить внимание на то, что постоянный ток проходит только по внешней цепи, в то время как по обмоткам якоря протекают переменные многофазные токи и коллектор выполняет роль преобразователя рода тока. Целесообразно отметить отличие электрических характеристик генераторов и механических характеристик электродвигателей. Большое внимание следует уделить генераторам и двигателям параллельного возбуждения и двигателям последовательного возбуждения.

***Вопросы для самопроверки***

1. Объяснить принцип действия генератора и двигателя постоянного тока. Написать формулы ЭДС и напряжения на зажимах генератора и двигателя.
2. В чем сущность обратимости постоянного тока.
3. Каково назначение станины, якоря и коллектора в генераторе и двигателе постоянного тока.
4. Как определяется момент на валу электрической машины? От каких величин зависит?
5. В чем заключается принцип самовозбуждения машин постоянного тока? Перечислить основные причины. По которым генератор может не возбудиться.
6. Какова роль противо - ЭДС, наводимой в якоре электродвигателя? Почему в момент пуска велик пусковой ток?
7. Начертить схему электродвигателя с параллельным возбуждением. Каково назначение обоих реостатов?
8. Начертить зависимость частоты вращения и момент двигателя с последовательным возбуждением от полезной нагрузки на валу. Почему двигатель с такими характеристиками широко применяется в тяговых установках?
9. Назвать три способа регулирования скорости двигателей постоянного тока (из формулы определения скорости двигателя).

**3. Трансформаторы**

Назначение трансформаторов, их применение. Устройство, принцип действия однофазного трансформатора. ЭДС обмоток, коэффициент трансформации. Режимы работы трансформаторов: холостого хода, опыт короткого замыкания, номинальный ражим. Потери энергии и КПД трансформатора. Трехфазные трансформаторы: конструкция, соединения обмоток, параллельная работа.

Автотрансформаторы. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.

В результате изучения темы студент должен:

*иметь представление:*

* о режимах работы трансформаторов;
* о трехфазных и специальных трансформаторах;

*знать:*

* назначение, устройство, принцип действия однофазного трансформатора;
* основные параметры;
* схему включения трансформатора в сеть;

*уметь:*

* определять основные параметры трансформатора.

**Методические указания**

Следует уделить внимание процессу передачи энергии из первичной обмотки во вторичную. Также важно рассмотреть различные режимы работы: холостой ход, работу под нагрузкой, короткое замыкание. Трехфазные трансформаторы следует рассмотреть только для схем стандартных групп.

Необходимо обратить внимание на значение измерительных трансформаторов, схемы включения измерительных приборов и обмоток реле через измерительные трансформаторы тока и напряжения.

**Вопросы для самопроверки**

1. Объясните устройство и принцип действия однофазного трансформатора. Охарактеризуйте режим работы трансформатора: холостого хода, номинальный
2. В чем сущность саморегулируемости трансформатора при изменении нагрузки? Зависимость тока в первичной обмотке от тока во вторичной обмотке трансформатора?
3. Какие потери возникают в трансформаторе? Формулы его КПД.
4. Объясните устройство трехфазного трансформатора, назначение составных частей и способы соединения обмоток.
5. Как устроены и для чего предназначены измерительные трансформаторы тока и напряжения.
6. Для какой цели заземляют один из зажимов вторичной обмотки измерительных трансформаторов?

**4. Электрические машины переменного тока**

Назначение, классификация и область применения машин переменного тока. Получение вращающегося магнитного поля. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного электродвигателя. Понятие о скольжении. ЭДС.

Вращающий момент асинхронного электродвигателя. Пуск в ход, регулирование частоты вращения и реверс асинхронного электродвигателя. Механическая характеристика.

Однофазные асинхронные электродвигатели, их устройство, принцип действия и область применения.

Синхронный электродвигатель, его устройство, пуск, основные характеристики.

В результате изучения темы студент должен:

*знать:*

- устройство и принцип действия электрических машин переменного тока;

- способы пуска в ход и регулирования частоты вращения электрических машин переменного тока

- основные характеристики асинхронного двигателя;

*уметь:*

- определять тип, параметры машины переменного тока по их маркировке;

- подключать двигатель к сети и осуществлять его пуск и реверс;

- включать обмотки статора «звездой» и «треугольником».

**Методические указания**

Данная тема имеет важное значение, поскольку эти машины широко применяются в промышленности, городском и сельском хозяйстве, быту. При изучении асинхронного электродвигателя надо уяснить процесс получения вращающегося магнитного поля, причину скольжения ротора. По уравнению зависимости вращающегося момента от скольжения строится график механической характеристики асинхронного двигателя, отражающий его электромеханические свойства. Далее необходимо остановится на особенностях пуска асинхронных двигателей и регулировании частоты их вращения.

О синхронных машинах следует остановится на их более сложном устройстве, способах пуска двигателей и области их применения.

**Вопросы для самопроверки**

1. Устройство асинхронного двигателя назначение его составных частей. Почему двигатель называется асинхронным?
2. Объяснить, как получается вращающееся магнитное поле?
3. Какие получаются синхронные скорости вращения при f = 50 Гц и р = 1,2,3,4?
4. Как определяется скольжение ротора? Характер его изменения с увеличением нагрузки на валу двигателя.
5. Чему равен момент двигателя? Как он зависит от подведенного к обмотке напряжения.
6. Что такое пусковой ток и пусковой момент двигателя? Как производят увеличение пускового момента при одновременном снижении пускового тока?
7. Какими способами можно производить регулирование скорости асинхронного двигателя?
8. Как на практике производят реверсирование асинхронного двигателя?
9. Что такое коэффициент мощности асинхронного двигателя? Как он зависит от нагрузки двигателя?
10. Как устроен однофазный двигатель? Чем он отличается от трехфазного?
11. Рассказать об устройстве синхронной машины и принципе ее действия.
12. Нарисовать схему синхронной машины. Как происходит возбуждение синхронных генераторов?
13. Охарактеризовать асинхронный способ пуска в ход синхронных двигателей.

**Методические указания**

**к выполнению контрольной работы № 1**

**по теме 1.1 Электрические машины.**

В контрольную работу входит 4 задачи по электрическим машинам постоянного и переменного тока и трансформаторам.

Электрические машины и трансформаторы представляют собой примеры сложных электромагнитных цепей, их работа основана на изучении ранее основных законах электротехники, а анализ работы - на основных методах расчета электрических и магнитных цепей.

Практической целью изучения электрических машин является прежде всего правильный выбор этих машин и рациональное использование их возможностей.

Следует знать свойства электрических машин при различных условиях работы. Эти свойства наглядно отображают характеристики электрических машин. Необходимо твердо знать математические соотношения, положенные в основу построения характеристик, уметь анализировать влияние изменения параметров машины на вид характеристик и свойства машины. При практическом использовании электрических машин и при расчетах важно разобраться в технических данных машины, приводимых в каталогах.

Перед выполнением контрольной работы необходимо изучить материал глав 7,8,9 [1] а также соответствующий материал по другим учебникам.

При решении задач № 1 и № 2 необходимо отчетливо представить связь между напряжением, на зажимах ЭДС и падением напряжения в обмотке якоря генератора и двигателя.

Для генератора: Е = U + Iя rя.

Для двигателя: Е = U - Iя rя.

Номинальный ток машины с параллельным возбуждением, ток якоря и ток возбуждения связаны между собой следующей зависимостью.

У генератора: Iя = Iн + Iв

У двигателя: Iя = Iн + Iв

Для решения задачи № 3 необходимо изучить устройство, принцип действия и зависимости между электрическими величинами однофазных и трехфазных трансформаторов, уметь определять по их паспортным данным технические характеристики.

Основными параметрами трансформатора являются:

1. Sн - номинальная мощность - это полная мощность в кВ∙А, отдаваемая вторичной обмоткой при условии, что температура обмоток не выйдет за допускаемые пределы.
2. U1н - номинальное первичное напряжение - это напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка.
3. U2н - номинальное вторичное напряжение - это напряжение на зажимах вторичной обмотки при холостом ходе трансформатора и номинальном первичном напряжении. При нагрузке вторичное напряжение U2 снижается из-за потери напряжения во вторичной обмотке трансформатора, т.е. U2< U2н
4. I1н, I2н - номинальные первичные и вторичные токи - это токи, вычисленные по номинальным параметрам трансформатора.

Для трехфазного трансформатора



Трансформаторы чаще всего работают с нагрузкой меньше номинальной, поэтому вводят понятие о коэффициенте нагрузки , где S2 - отдаваемая потребителю мощность кВ∙А. Технические данные трехфазных трансформаторов приведены в приложении № 1.

**Задача № 4** контрольной работы относится к теме «Электрические машины переменного тока» и для ее решения необходимо знать устройство и принцип асинхронного двигателя и зависимости между электрическими величинами, характеризующими его работу. Технические данные асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором серии АО2 приведены в приложении 2.

Перед выполнением контрольной работы следует рассмотреть типовые примеры 1-4.

**Типовой пример 1**. Шестиполюсный двигатель смешанного возбу-ждения работает от сети напряжением U = 440 В, потребляя ток I = 50 А и развивая скорость n = 1500 об/мин. Сопротивление якоря и сериесной обмотки возбуждения Rя + Rс = 0,25 Ом. Сопротивление шунтовой обмотки Rш = 500 Ом. Число проводников в обмотке N= 558, число параллельных ветвей 2а = 6.

Определить: а) ток якоря Iя; б) противо - ЭДС в обмотке якоря Е; в) магнитный поток Ф; г) вращающий момент Мн на валу двигателя; д) полезную мощность Р2; е) КПД двигателя η.

**Решение.**

1. Ток в шунтовой обмотке возбуждения

 А.

2. Ток сериесной обмотки возбуждения или ток в якоре:

 А.

3. Противо - ЭДС в обмотке якоря:

Е = U - Iя(Rя + Rс) = 440-49.12\*0.25 = 427,6 В.

4. Магнитный поток определяется из выражения:

 Вб.

5. Вращающий момент:

 Нм.

6. Полезная мощность двигателя:

 кВт.

7. КПД двигателя:



**Типовой пример 2.** Генератор с параллельным возбуждением, имеющий сопротивление обмотки якоря Rя = 0,08 Ом и сопротивление обмотки возбуждения Rв =18,2 Ом нагружен внешним сопротивлением R = 1,2 Ом. При этом напряжение на зажимах генератора U = 120 В, а КПД генератора η = 0,8. Определить: ток в обмотке возбуждения Iв; ток внешней цепи I; ток якоря Iя; ЭДС Е; полезную мощность Р2; потребляемую мощность Р1; электрические потери в обмотке возбуждения Рв;суммарные потери мощности в генераторе Σ Р.

**Решение.**

1. Ток в обмотке возбуждения:

 А.

2. Ток во внешней цепи:

 А.

3. Ток в обмотке якоря генератора:

 А.

4. ЭДС генератора:

 В.

5. Полезная мощность, отдаваемая генератором потребителю:

 Вт = 12 кВт.

6. Полезная мощность генератора определяется из формулы:

 кВт.

7. Электрические потери в обмотке якоря:

 Вт.

8. Электрические потери в обмотке возбуждения:

 Вт.

9. Суммарные потери мощности в генераторе:

 кВт.

**Типовой пример 3.** Трехфазный трансформатор номинальной мощностью Sн = 630 кВ∙А имеет номинальное напряжение обмоток U1н = 6000 В; U2н = 400 В. потери в стали Рх = 1600 Вт, потери в меди Рк = 7600 Вт. Определить первичный и вторичный токи и КПД трансформатора, если от трансформатора потребляется активная мощность Р2 = 378 кВт при коэффициенте мощности cos φ2 = 0,8.

**Решение.**

1. Определяем коэффициент нагрузки трансформатора:



2. Определяем токи в обмотках трансформатора при β=0,75

 А.

 А.

3. Номинальные токи в обмотках трансформатора:

 А.

 А.

4. КПД трансформатора при β = 0,75 и cos φ = 0,8:



5. КПД трансформатора при номинальной нагрузке:



6. КПД трансформатора достигает максимального значения при коэффициенте нагрузки:



Максимальный КПД:



**Типовой пример 4.** Асинхронный двигатель с к.з. ротором подключен к сети с напряжением U1 = 380 В. Технические данные двигателя: скорость вращения ротора n2n = 2850 об/мин., ток статора двигателя I1н = 3,7 А; КПД ηн = 81,5%; кратность пускового тока ; кратность пускового момента ,0; коэффициент мощности cos φ1н = 0,87.

Определить: потребляемую мощность из сети Р1; полезную мощность, развиваемую на валу двигателя Р2н; номинальный Мн и пусковой Мn моменты двигателя; суммарные потери в двигателе Σ Р; ток при пуске двигателя In.

**Решение.**

1. Определяем мощность, потребляемую двигателем из сети

 Вт.

2. Определяем полезную мощность и суммарные потери мощности в двигателе:



3. Номинальный момент вращения определится по формуле:



где Р2н = 1730 Вт = 1,73 кВт

4. Определяем пусковой ток и пусковой момент двигателя:



**Контрольная работа**

**задачи по теме « Электрические машины»**

**Задача 1**

Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением единой серии П имеет следующие данные:

мощность, потребляемую двигателем из сети - Р1;

ток при номинальной нагрузке - Iн;

напряжение сети - U;

номинальная скорость вращения - nн;

сопротивление обмотки якоря - Rя;

сопротивление обмотки возбуждения - Rв;

Определить: номинальную мощность Рн, момент на валу двигателя М; токи якоря Iя; КПД двигателя η, суммарные потери ∑Р; потери в якоре Ря и обмотке возбуждения Рв. дать схему двигателя и объяснить назначение всех ее элементов.

**Таблица к задаче 1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначения величин | Число десятков в шифре | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Р1, кВт |  | 2,5 |  | 18,0 |  | 3,5 |  | 8,5 |  | 20,0 |
| Iн, А | 7,0 |  | 13 |  | 17 |  | 5,0 |  | 8,0 |  |
| U, В | 110 | 220 | 440 | 660 | 500 | 110 | 220 | 440 | 660 | 550 |
| Обозначения величин | Число единиц в шифре | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| nн, об/мин | 750 | 1000 | 1500 | 2000 | 3000 | 1500 | 1000 | 2000 | 750 | 3000 |
| Rя, Ом | 0,2 | 0,32 | 0,4 | 0,25 | 0,35 | 0,45 | 0,22 | 0,3 | 0,27 | 0,32 |
| Rв, Ом | 100 | 110 | 120 | 130 | 150 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |

**Задача 2**

Генератор с независимым возбуждением работает в номинальном режиме и используется в осветительной сети: напряжение на зажимах машины Uн; напряжение возбуждения Uв; сопротивление обмотки якоря Rя; сопротивление обмотки возбуждения Rв; сопротивление нагрузки Rн; КПД генератора η.

Начертить схему генератора и определить: подводимую мощность к генератору Р1; полезную мощность Р2; силу тока в обмотке якоря Iя; ток возбуждения Iв; ЭДС генератора Е; электрические потери в обмотках якоря и возбуждения, а также суммарную мощность потерь ∑Р.

**Таблица к задаче 2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначения величин | Число десятков в шифре | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Uн, В | 115 | 230 | 330 | 460 | 115 | 230 | 330 | 460 | 115 | 230 |
| Uв, В | 115 | 115 | 230 | 230 | 115 | 115 | 230 | 230 | 115 | 230 |
| η, % | 71 | 82 | 75 | 78 | 80 | 73 | 85 | 77 | 70 | 83 |
| Обозначения величин | Число единиц в шифре | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Rя, Ом | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,10 | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 0,08 |
| Rв, Ом | 57,5 | 46,0 | 57,5 | 57,5 | 46,0 | 46,0 | 57,5 | 46,0 | 57,5 | 46,0 |
| Rн, Ом | 5,5 | 6,0 | 9,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 6,5 | 10,0 |

**Задача 3**

Трехфазный трансформатор номинальной мощностью Sн имеет номинальное напряжение обмоток U1н, U2н; потери в стали Рх; потери короткого замыкания Рк(см. приложение 1). Определить токи в обмотках трансформатора, его КПД при коэффициенте мощности cos φ2, если от трансформатора потребляется активная мощность Р2.

Определить максимальное значение коэффициента полезного действия, а также число витков первичной и вторичной обмоток трансформатора, если сечение сердечника S, а магнитная индукция в сердечнике (при соединении обмоток «звезда - звезда» и частоте f = 50 Гц) - В.

**Таблица к задаче 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначения величин | Число десятков в шифре | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Тип трансформатора | ТМ 25/10 | ТМ 40/10 | ТМ 63/10 | ТМ 100/10 | ТМ 160/10 | ТМ 250/10 | ТМ 400/10 | ТМ 630/10 | ТМ 40/10 | ТМ 100/10 |
| Р2, кВт | 16,8 | 32,4 | 54,7 | 83,6 | 147,6 | 223,6 | 346,6 | 617,0 | 36,4 | 87,6 |
| Обозначения величин | Число единиц в шифре | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| cos φ2 | 0,7 | 0,75 | 0,67 | 0,65 | 0,83 | 0,85 | 0,72 | 0,75 | 0,63 | 0,65 |
| S, см2 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 70 | 90 | 110 | 130 | 150 |
| В, Т | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,45 | 1,55 | 1,65 | 1,35 | 1,45 | 1,4 | 1,5 |

**Задача 4**

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором имеет данные: номинальная мощность Рн; номинальное напряжение Uн; число оборотов n1; КПД - ηн; cos φн; кратность пускового тока  перегрузочную способность ; кратность пускового момента .

Определить: потребляемую мощность Р1; номинальный, пусковой и максимальный моменты; пусковой ток и скольжение двигателя. Как изменится номинальный момент двигателя при снижении в сети на Δ U%? При решении задачи необходимо использовать основные технические данные асинхронных двигателей серии АО2 (приложение 2).

**Таблица к задаче 4**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначения величин | Число десятков в шифре | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Рн, кВт | 2,2 | 30 | 17 | 5,5 | 40 | 4 | 10 | 3,0 | 7,5 | 22 |
| Uн, В | 380 | 220 | 500 | 660 | 380 | 220 | 500 | 220 | 380 | 660 |
| Обозначения величин | Число единиц в шифре | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| n1, об/мин | 3000 | 1500 | 1000 | 750 | 1000 | 1500 | 3000 | 1500 | 1000 | 750 |
| Δ U, % | 20 | 10 | 15 | 20 | 10 | 15 | 5 | 20 | 25 | 10 |

**Методические указания к выполнению контрольных вопросов по теме**

**«Электрические аппараты»**

Приступить к выполнению контрольных вопросов необходимо после проработки темы

1.2 «Электрические аппараты».

Необходимо изучить теоретический материал в следующем порядке:

1. Основы теории электрических аппаратов.
2. Электрические аппараты низкого напряжения.
3. Высоковольтные аппараты распределительных устройств.
4. Бесконтактные электрические аппараты.

На вопросы дать полные ответы, сопровождая их рисунками, схемами.

Номер варианта выбрать согласно двум последним цифрам вашего шифра и ответить на три теоретических вопроса.

**Задание к контрольной работе**

**Таблица вариантов контрольных вопросов по теме 1.2 «Электрические аппараты»**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Две последние цифры шифра** | | **Номер варианта** | **Номера вопросов** | **Две последние цифры шифра** | | **Номер варианта** | **Номера вопросов** |
| 1 | 51 | 1 | 1, 19, 33 | 26 | 76 | 26 | 10, 28, 39 |
| 02 | 52 | 2 | 2, 20, 34 | 27 | 77 | 27 | 11, 29, 40 |
| 03 | 53 | 3 | 3, 21, 35 | 28 | 78 | 28 | 12, 30, 41 |
| 04 | 54 | 4 | 4, 22, 36 | 29 | 79 | 29 | 13, 31, 42 |
| 05 | 55 | 5 | 5, 23, 37 | 30 | 80 | 30 | 14, 32, 43 |
| 06 | 56 | 6 | 6, 24, 38 | 31 | 81 | 31 | 15, 33, 44 |
| 07 | 57 | 7 | 7, 25, 39 | 32 | 82 | 32 | 16, 34, 45 |
| 08 | 58 | 8 | 8, 26, 40 | 33 | 83 | 33 | 1, 19, 46 |
| 09 | 59 | 9 | 9, 27, 41 | 34 | 84 | 34 | 2, 20, 47 |
| 10 | 60 | 10 | 10, 28, 42 | 35 | 85 | 35 | 3, 21, 48 |
| 11 | 61 | 11 | 11, 29, 43 | 36 | 86 | 36 | 4, 22, 49 |
| 12 | 62 | 12 | 12, 30, 44 | 37 | 87 | 37 | 5, 23, 50 |
| 13 | 63 | 13 | 13, 31, 45 | 38 | 88 | 38 | 6, 24, 32 |
| 14 | 64 | 14 | 14, 32, 46 | 39 | 89 | 39 | 7, 25, 33 |
| 15 | 65 | 15 | 15, 33, 47 | 40 | 90 | 40 | 8, 26, 35 |
| 16 | 66 | 16 | 16, 34, 48 | 41 | 91 | 41 | 9, 27, 36 |
| 17 | 67 | 17 | 1, 35, 49 | 42 | 92 | 42 | 10, 28, 40 |
| 18 | 68 | 18 | 2, 20, 50 | 43 | 93 | 43 | 11, 29, 41 |
| 19 | 69 | 19 | 3, 21, 32 | 44 | 94 | 44 | 12, 30, 42 |
| 20 | 70 | 20 | 4, 22, 33 | 45 | 95 | 45 | 13,31, 43 |
| 21 | 71 | 21 | 5. 23, 34 | 46 | 96 | 46 | 14, 32, 44 |
| 22 | 72 | 22 | 6, 24, 35 | 47 | 97 | 47 | 15, 33,45 |
| 23 | 73 | 23 | 7, 25, 36 | 48 | 98 | 48 | 16, 34, 46 |
| 24 | 74 | 24 | 8, 26, 37 | 49 | 99 | 49 | 17, 35, 47 |
| 25 | 75 | 25 | 9, 27, 38 | 50 | 100 | 50 | 18, 36, 48 |

**Контрольные вопросы по теме 1.2 Электрические аппараты.**

1. Область применения и функциональное назначение электрических аппаратов.

2. Способы компенсации электродинамических усилий в контактах.

3. Классификация аппаратов по принципу действия.

4. Процессы в дуговом промежутке. Вольтамперная характеристика электрической дуги.

5. Технические и экономические требования к электрическим аппаратам.

6. Условия и способы гашения электрической дуги.

7. Нагрев и охлаждение аппаратов. Уравнение теплового баланса.

8. Способы гашения электрической дуги.

9. Назначение, виды, элементы магнитных цепей.

10. Расчет магнитных цепей.

12. Постоянные магниты, их характеристики.

13. Замедление и ускорение действия электромагнита.

14. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики предохранителей.

15. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики рубильников и переключателей.

16. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики автоматических воздушных выключателей.

17. Комплектные устройства, их назначение и виды.

18. ЭДУ в проводниках переменного сечения.

19. Назначение, области применения, устройство и характеристики короткозамыкателей.

20. Назначение, области применения, устройство и характеристики разъединителей и отделителей.

21. Назначение, области применения, устройство и характеристики токоограничивающих реакторов и разрядников.

22. Износ контактов, дребезг контактов.

23. Назначение, область применения, классификация бесконтактных аппаратов.

24. Основы расчета ЭДУ в электрических аппаратах.

25. Функциональные назначения резисторов, контролеров.

26. Магнитная цепь переменного тока.

27. Особенности горения и гашения эл.дуги переменного тока.

28. Магнитоуправляемое реле (герконы ).

29. Электромагнитное реле тока и напряжения.

30. Электромагнитное реле времени.

31. Устройство и принцип работы автоматических воздушных выключателей.

32. Вакуумные высоковольтные выключатели.

33. Элегазовые высоковольтные выключатели.

34. Механический резонанс в электрических аппаратах.

35. Потери энергии в токоведущих частях и нетоковедущих ферромагнитных деталях аппаратов

36. Нагрев электрических аппаратов при кратковременном и повторно- кратковременном режимах работы.

37. Общие сведения об электрических контактах.

38. Анализ работы электрических контактов во время включения и отключения цепи.

39. Требования и свойства материалов электрических контактов.

40. Особенности устройства разрывных контактов.

41. Гашение электрической дуги с помощью полупроводниковых приборов.

42. Контроллеры, их назначение, устройство.

43. Командоаппараты, их назначение, устройство.

44. Резисторы пусковых и пускорегулирующих реостатов.

45. Контакторы постоянного тока.

46. Контакторы переменного тока.

47. Магнитные пускатели.

48. Тиристорные пускатели.

49. Электромагнитные и тепловые реле.

50. Бесконтактные полупроводниковые электрические аппараты управления.

**Приложения**

*Приложение 1*

**Технические данные трехфазных двухобмоточных силовых трансформаторов**

**с естественным масляных охлаждением**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип**  **трансформатора** | **Номиналь-ная мощность, Sн, кВ - А** | **Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ** | | **Потери мощности, Вт** | | **Напряже-ние короткого замы-кания, Uк, %** | **Ток**  **холостого хода, I1х, %** |
| **первичной обмотки, U1н** | **вторичной обмотки, U2н** | **холостого хода Рх (поте-ри в стали)** | **короткого замыкания Рк (потери в обмотках)** |
| ТМ-25/10  ТМ-40/10  ТМ-63/10  ТМ-100/10  ТМ-160/10  ТМ-250/10  ТМ-400/10  ТМ-630/10  ТМ-630/35  ТМ-1000/35  ТМ-1600/35 | 25  40  63  100  160  250  400  630  630  1000  1000 | 10  10  10  10  10  10  10  10  35  35  35 | 0,4  0,4  0,4  0,4  0,69  0,69  0,69  0,69  11  6,3  10,5 | 120-140  170-200  250-300  340-410  540-650  780-950  1080-1300  1600-1900  1900-2300  2600-3100  3500-4200 | 600-690  880-1000  1280-1470  1970-2270  2650-3100  3700-4800  5500-5900  7600-8500  7600-8500  11600  16500 | 4,5-4,6  4,5-4,7  4,5-4,7  4,5-4,7  4,5-4,7  4,5-4,7  4,5  5,5  6,5  6,5  6,5 | 5  4,5  4  3,5  3  3  2,5  2,5  3,5  2,6  2,2 |

*Примечания.*

1. Условное обозначение ТМ-25/10 - трехфазный масляный, номинальная мощность 25 кВ∙А, верхний предел номинального первичного напряжения 10 кВ.
2. Трансформаторы с верхним пределом номинального первичного напряжения 10 кВ изготавливаются на номинальное напряжение не только 10 кВ, но и 6 кВ, их технические данные и тип одинаковые. Трансформаторы с верхним пределом номинального первичного напряжения 35 кВ изготавливаются на номинальное напряжение не только 35 кВ, но и 10 кВ и 6 кВ.
3. У трансформаторов ТМ-160/10, ТМ-250/10, ТМ-400/10 и ТМ-630/10 номинальными вторичными напряжениями могут быть не только 0,69, но и 0,4. У трансформатора ТМ-630/35 номинальными вторичными напряжениями могут быть не только 0,69, но и 0,4. У трансформатора ТМ-630/35 номинальными вторичными напряжениями могут быть 0,4; 0,69; 6,3; 11 кВ; у ТМ-1000/35 - 0,4; 0,69; 6,3 кВ; у ТМ-1600/35 - 0,4; 0,69; 6,3; 10,5 кВ.

*Приложение 2*

**Основные технические данные асинхронных двигателей**

**серии АО с короткозамкнутым ротором**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номинальная мощность**  **Рн , Квт** | **Скорость вращения номинальная nн, об/мин** | **КПД ηн** | **Cos φн** |  |  |  | **Скорость вращения номинальная nн, об/мин** | **КПД ηн** | **Cos φн** |  |  |  |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** |
| 3000 об/мин | | | | | | | 1500 об/мин | | | | | |
| 2,2 | 2840 | 0,83 | 0,89 | 7 | 1,8 | 2,2 | 1430 | 0,825 | 0,83 | 7 | 1,8 | 2,2 |
| 3 | 2880 | 0,845 | 0,89 | 7 | 1,7 | 2,2 | 1430 | 0,835 | 0,84 | 7 | 1,8 | 2,2 |
| 4 | 2880 | 0,855 | 0,89 | 7 | 1,7 | 2,2 | 1440 | 0,86 | 0,85 | 7 | 1,5 | 2,0 |
| 5,5 | 2900 | 0,87 | 0,9 | 7 | 1,6 | 2,2 | 1440 | 0,88 | 0,86 | 7 | 1,5 | 2,0 |
| 7,5 | 2900 | 0,88 | 0,91 | 7 | 1,6 | 2,2 | 1440 | 0,885 | 0,87 | 7 | 1,4 | 2,0 |
| 10 | 2910 | 0,88 | 0,89 | 7 | 1,5 | 2,2 | 1440 | 0,89 | 0,88 | 7 | 1,4 | 2,0 |
| 13 | 2910 | 0,885 | 0,9 | 7 | 1,5 | 2,2 | 1450 | 0,885 | 0,89 | 7 | 1,3 | 2,0 |
| 17 | 2920 | 0,87 | 0,9 | 7 | 1,2 | 2,2 | 1450 | 0,89 | 0,89 | 7 | 1,3 | 2,0 |
| 22 | 2930 | 0,88 | 0,9 | 7 | 1,1 | 2,2 | 1450 | 0,9 | 0,9 | 7 | 1,2 | 2,0 |
| 30 | 2930 | 0,89 | 0,9 | 7 | 1,1 | 2,2 | 1450 | 0,91 | 0,91 | 7 | 1,2 | 2,0 |
| 40 | 2940 | 0,89 | 0,91 | 7 | 1,0 | 2,2 | 1470 | 0,915 | 0,91 | 7 | 1,1 | 2,0 |
| 55 | 2940 | 0,9 | 0,92 | 7 | 1,0 | 2,2 | 1470 | 0,925 | 0,92 | 7 | 1,1 | 2,0 |
| 75 | 2950 | 0,9 | 0,92 | 7 | 1,0 | 2,2 | 1480 | 0,925 | 0,92 | 7 | 1,1 | 2,0 |
| 100 | 2950 | 0,915 | 0,92 | 7 | 1,0 | 2,2 | 1480 | 0,93 | 0,92 | 7 | 1,1 | 2,0 |
| 1000 об/мин | | | | | | | 750 об/мин | | | | | |
| 2,2 | 950 | 0,81 | 0,77 | 6,5 | 1,8 | 2,2 | 710 | 0,81 | 0,69 | 6 | 1,2 | 1,7 |
| 3 | 956 | 0,83 | 0,78 | 6,5 | 1,3 | 1,8 | 710 | 0,815 | 0,7 | 6 | 1,2 | 1,7 |
| 4 | 955 | 0,845 | 0,79 | 6,5 | 1,3 | 1,8 | 720 | 0,84 | 0,71 | 6 | 1,2 | 1,7 |
| 5,5 | 965 | 0,855 | 0,81 | 6,5 | 1,3 | 1,8 | 720 | 0,85 | 0,72 | 6 | 1,2 | 1,7 |
| 7,5 | 965 | 0,87 | 0,82 | 6,5 | 1,3 | 1,8 | 725 | 0,865 | 0,81 | 6 | 1,2 | 1,7 |
| 10 | 965 | 0,88 | 0,89 | 7 | 1,2 | 1,8 | 725 | 0,875 | 0,83 | 7 | 1,2 | 1,7 |
| 13 | 965 | 0,88 | 0,89 | 7 | 1,2 | 1,8 | 730 | 0,89 | 0,84 | 7 | 1,1 | 1,7 |
| 17 | 970 | 0,9 | 0,9 | 7 | 1,2 | 1,8 | 730 | 0,895 | 0,85 | 7 | 1,1 | 1,7 |
| 22 | 970 | 0,905 | 0,9 | 7 | 1,2 | 1,8 | 735 | 0,905 | 0,85 | 7 | 1,1 | 1,7 |
| 30 | 980 | 0,91 | 0,91 | 7 | 1,1 | 1,8 | 735 | 0,91 | 0,88 | 7 | 1,1 | 1,7 |
| 40 | 980 | 0,915 | 0,91 | 7 | 1,1 | 1,8 | 740 | 0,915 | 0,88 | 7 | 1,1 | 1,7 |
| 55 | 985 | 0,925 | 0,92 | 7 | 1,1 | 1,8 | 740 | 0,915 | 0,88 | 7 | 1,1 | 1,7 |
| 75 | 985 | 0,925 | 0,92 | 7 | 1,1 | 1,8 | - | - | - | - | - | - |
| 100 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

**Литература**

1. Кацман М.М. Электрические машины −М.: Высш. шк., 2003.−469с.
2. Евдокимов Ф.Е. Общая электротехника – М.: 2004.−367с.
3. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники – М.: Высш. шк., 2008.− 663с.
4. Полещук В.И. Задачник по электротехнике и электронике – М.: Издательский центр «Академия», 2004. −256с.
5. Кацман М.М. Сборник задач по электрическим машинам − М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 160с.
6. Родштейн Л.А. Электрические аппараты –Л. Энергоатомиздат, 1989.− 304с.
7. Сибикин Ю.Д. Справочник по эксплуатации электрических установок промышленных предприятий –
8. М.: Высш. шк.,2002.−248с.