

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
«БОГДАНОВИЧСКИЙ ПОЛИТЕХНИКУМ»**

МДК.01.01 Электрические машины

**Методические указания и контрольные задания для студентов
заочной формы обучения
по специальности 13.02.11
«Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и
электромеханического оборудования (по отраслям)»**

**Богданович
2022**

Методические указания составлены для студентов заочной формы обучения для специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)».

Методические указания содержат структуру и содержание МДК.01.01 Электрические машины, требования к выполнению и оформлению контрольной работы, указания по выполнению контрольных работ, а также индивидуальные задания контрольной работы и перечень экзаменационных вопросов.

Составитель:

Кудряшова Т.А., преподаватель высшей квалификационной категории ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум».

Рассмотрено методическим советом ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум»

Протокол № __ от «___» _____ 2022 г.

Председатель _____/Е.В. Снежкова/

СОДЕРЖАНИЕ

1 Пояснительная записка	4
2 Общие методические указания	6
3 Структура и содержание учебного курса	8
Введение	8
Тема 1. Трансформаторы	8
Тема 2. Электрические машины переменного тока	10
Тема 3. Электрические машины постоянного тока	13
4 Методические указания к контрольной работе	16
ПРИЛОЖЕНИЕ А Индивидуальные задания для контрольной работы	27
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Перечень экзаменационных вопросов	35
ПРИЛОЖЕНИЕ В Список рекомендуемых источников информации	38

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Междисциплинарный курс «Электрические машины» является частью цикла основной профессиональной образовательной программы по специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)».

Программа курса предусматривает изучение назначения и области применения электрических машин; классификацию, конструкцию, принципа работы, технические параметры и характеристики трансформаторов и электрических машин постоянного и переменного тока.

Преподавание МДК 01.01 «Электрические машины» имеет практическую направленность и проводится в тесной взаимосвязи с другими общепрофессиональными дисциплинами и профессиональными модулями: ОП.05 «Материаловедение», ОП.06 «Информационные технологии в профессиональной деятельности», ОП.08 «Охрана труда», ОП.09 «Безопасность жизнедеятельности», ОП.10 «Основы энергосбережения», ПМ.02 «Выполнение сервисного обслуживания бытовых машин и приборов», ПМ.04 «Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих».

Изучение МДК.01.01 Электрические машины предполагает подготовку будущих специалистов для работы на предприятиях региона. Кроме того, знания, полученные по курсу, позволяют расширить знания по другим смежным дисциплинам.

Изучение учебного курса предусматривает самостоятельную подготовку студентов с целью овладения теоретическими знаниями и практическими навыками.

Программой предусмотрено выполнение контрольной работы (приложение А), практических заданий, а также сдача экзамена (приложение Б). К экзамену допускаются студенты, получившие «зачет» по контрольной, лабораторным и практическим работам. Практические и лабораторные работы выполняются во время экзаменационных сессий под руководством преподавателя, а контрольная работа – в межсессионный период самостоятельно.

В результате изучения профессионального модуля студент должен освоить основной вид деятельности Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования и соответствующие ему общие компетенции и профессиональные компетенции:

1.1.1. Перечень общих компетенций

Код	Наименование общих компетенций
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам
ОК 02	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.
ОК 04	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.
ОК 05	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.
ОК 06	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК 07	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, 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
ОК 10	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ОК 11	Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере

1.1.2. Перечень профессиональных компетенций

Код	Наименование видов деятельности и профессиональных компетенций
ВД 1	Организация простых работ по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования
ПК 1.1.	Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования.
ПК 1.2.	Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования.
ПК 1.3.	Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.

1.1.3. В результате освоения МДК.01.01 Электрические машины студент должен:

Иметь практический опыт	- выполнения работ по технической эксплуатации, обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования; - использования основных измерительных приборов;
уметь	- определять электроэнергетические параметры электрических машин и электротехнических устройств; - оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования
знать	- классификацию основного электрического и электромеханического оборудования отрасли; - физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, области применения, правила эксплуатации электрического и электромеханического оборудования; - условия эксплуатации электрооборудования;

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для студента-заочника основным методом изучения учебного курса является самостоятельная работа с источником информации. Учеба должна быть систематической и проводиться по индивидуальному плану, составленному самим заочником в соответствии с учебным графиком.

Серьезное внимание должно быть уделено вопросам для самопроверки, а так же методическим указаниям, помещенных в настоящем пособии.

Цель контрольной работы

Целью контрольной работы является развитие у студентов самостоятельного творческого мышления. Знание и понимание раздела МДК.01.05 Электрический привод, умение применять свои знания на практике, а главное, самостоятельное творческое мышление студента наиболее полно выявляется при решении им специально подобранных задач. Поэтому для каждого студента умение решать задачи является одним из главных требований при изучении МДК.

К решению каждой задачи контрольной работы следует приступать только после изучения соответственного раздела теоретического курса в объеме учебной программы по одному из рекомендованных в ней источников информации.

Требования к выполнению и оформлению контрольной работы.

1. Студенты специальности 13.02.11 выполняют одну домашнюю контрольную работу.

2. Номер варианта соответствует ПОРЯДКОВОМУ НОМЕРУ в журнале теоретического обучения.

3. Контрольная работа выполняется в отдельной ученической тетради или на формате А4, на обложке должны быть написаны: название контрольной работы, фамилия, имя, отчество рецензента и студента.

4. На каждой странице должны быть оставлены поля шириной не менее 3 см. для замечаний рецензента, а в конце 2-3 страницы для рецензии и работы над ошибками. При оформлении контрольной работы студент не должен пользоваться красными или зелеными чернилами, что затрудняет работу рецензента.

5. Приступая к решению задачи, студент должен изучить ее условие; уяснить, какие величины являются заданными и какие искомыми; записать условие задачи полностью без сокращений; вычертить электрическую схему, соответствующую условию задачи. Контрольное задание выполняется пастой синего (черного) цвета, графическая часть задания (схемы) – карандашом с применением чертежных инструментов. При выполнении схем необходимо пользоваться условными графическими обозначениями, установленными ГОСТами.

6. Решение задач должно сопровождаться краткими пояснениями.

7. Текст, формулы, числовые выкладки должны быть четкими без помарок. Цифровая подстановка в уравнении должна даваться один раз без промежуточных сокращений и расчетов. Численное значение каждого символа должно обязательно

занимать то же место в формуле, что и сам символ. Все расчеты необходимо вести в системе СИ. Буквенные обозначения единиц измерения ставятся только возле окончательного результата и в скобки не заключаются, например, 120 В, 13 А, 100 Вт.

8. В конце контрольной работы необходима подпись автора и дата выполнения работы и список литературы, которым пользовался студент при выполнении домашней контрольной работы.

9. Если контрольное задание не зачтено, студент обязан исправить ошибки, указанные преподавателем, и представить его на повторную рецензию. При возникновении затруднений при выполнении контрольной работы, студент может обратиться в техникум, для получения консультации.

10. Контрольная работа, выполненная не в полном объеме, не по заданному варианту, небрежно, неразборчивым почерком возвращаются студенту без рецензии, с указанием причин возврата на титульном листе.

11. Студенты, не сдавшие на проверку до начала сессии соответствующих решенных контрольных заданий и не имеющих зачет по практическим работам к сдаче экзамена не допускаются.

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО КУРСА

2.1 Структура МДК .01.01 Электрические машины

Наименование разделов и тем	Макс. нагрузка	Аудиторные занятия			Самост. работа
		Всего	в том числе		
			Лаборат. занятия	Практ. занятия	
Введение	0,5	0,5			
Тема 1 Трансформаторы	29,5	7,5	4	2	22
Тема 2 Электрические машины переменного тока	48	8	4	2	40
Тема 3 Электрические машины постоянного тока	34	4	2		30
Консультация	2				
Экзамен	6				
Итого:	120	22	10	6	92

Таблица 2 - Перечень практических занятий

№ темы	Темы практических работ	Кол-во часов
1	Расчет технических параметров трехфазных трансформатора	2
2	Расчет технических параметров асинхронных двигателей	2
	Итого	4

Таблица 3 – Перечень лабораторных работ

№ темы	Темы лабораторных работ	Кол-во часов
1	Опытное определение параметров однофазного трансформатора	2
1	Исследование силового трансформатора методом холостого хода	2
2	Исследование трехфазного асинхронного двигателя методом непосредственной нагрузки	4
3	Исследование генератора постоянного тока независимого возбуждения	2
	ИТОГО	10

2.2 Содержание учебного курса

Введение

Задачи междисциплинарного курса, содержание. Понятие, классификация, принцип действия электрических машин. Роль электрических машин и трансформаторов в электрификации и автоматизации производства. Физические явления, лежащие в основе работы электрических машин и трансформаторов. Современное состояние отечественного и зарубежного электромашиностроения и перспективы его развития.

Тема 1 Трансформаторы

Назначение, область применения, классификация, принцип действия и

рабочий процесс трансформатора. Потери и коэффициент полезного действия.

Уравнения напряжений, электродвижущих, магнитодвижущих сил, токов. Приведение магнитодвижущих сил, токов. Приведение параметров вторичной обмотки к первичной. Уравнение электродвижущих, магнитодвижущих сил приведенного трансформатора. Схема замещения и векторная диаграмма приведенного трансформатора. Опытное определение параметров трансформатора. Безопасные правила эксплуатации.

Трансформирование трехфазного тока. Схемы соединения обмоток и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора, методы определения групп соединений.

Охлаждение трехфазных трансформаторов. Регулирование напряжения трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов. Условия включения на параллельную работу и распределение нагрузки между трансформаторами. Трехобмоточные трехфазные трансформаторы. Безопасные условия эксплуатации.

Классификация специальных трансформаторов: автотрансформаторы, измерительные трансформаторы, трансформаторы сварочные и с плавным регулированием напряжения. Достоинства и недостатки автотрансформаторов. Конструктивные особенности и принцип действия специальных трансформаторов. Безопасные условия эксплуатации.

Вопросы для самоконтроля

1. Каков принцип работы трансформатора?
2. Почему трансформаторы не работают от сети постоянного тока?
3. Из каких частей состоит активная часть трансформатора? Каковы их назначение и конструкция?
4. Каково назначение трансформаторного масла?
5. Как определить номинальные токи и номинальное вторичное напряжение трансформатора?
6. Почему с увеличением тока нагрузки трансформатора увеличивается ток в его первичной обмотке?
7. Что называется коэффициентом трансформации?
8. Что такое приведенный трансформатор?
9. Объясните порядок построения векторной диаграммы трансформатора.
10. При каких условиях и почему вторичное напряжение трансформатора становится больше ЭДС?
11. Будет ли изменяться ток x_1 и как при увеличении или уменьшении сечения стержней магнитопровода?
12. На что расходуется активная мощность, потребляемая трансформатором при опытах x_1 и к. з.?
13. Как опытным путем определить напряжение к. з. трансформатора?
14. К какой обмотке целесообразно подводить напряжение при опыте x_1 , а к какой — при опыте к. з.? Объясните, почему.
15. Изменится ли основной магнитный поток и ток x_1 , если трансформатор включить в сеть с частотой выше или ниже номинальной?
16. Что такое группа соединения и как она обозначается?
17. Какие группы соединения предусмотрены ГОСТом?

18. Как из основной группы соединения можно получить производную?
19. Как изменится отношение линейных напряжений трансформатора, если нулевую группу соединения изменить на 11-ю?
20. Как изменится отношение линейных напряжений трехфазного трансформатора, если его обмотки переключить со схемы Δ / Y на Y / Δ ?
21. Объясните принцип регулирования напряжения под нагрузкой.
22. Каков порядок переключения контактов переключающего устройства при регулировании напряжения под нагрузкой?
23. Чем объясняется несимметрия токов х. х. в трехфазном трансформаторе?
24. Какие условия необходимо соблюдать при включении трансформаторов на параллельную работу?
25. Что такое фазировка трансформатора и как она выполняется?
26. При какой нагрузке трансформатор имеет наибольший КПД?
27. Перечислите достоинства и недостатки автотрансформаторов.
28. Зависят ли достоинства автотрансформатора от коэффициента трансформации? Объясните, почему.
29. Объясните устройство автотрансформатора с переменным коэффициентом трансформации
30. От чего зависит фаза ЭДС во вторичной обмотка трансформатора с подвижным сердечником?
31. Какова причина возникновения магнитного потока вынужденного намагничивания в трансформаторе выпрямительной установки?
32. Что такое типовая мощность трансформатора?
33. В каких условиях выпрямления обеспечивается наилучшее использование мощности трансформатора?
34. Что делают для снижения остаточной индукции в импульсном трансформаторе?

Тема 2 Электрические машины переменного тока

Назначение и области применения, классификация, конструкция и принцип действия асинхронной машины. Схема замещения и электромагнитный момент асинхронного двигателя. Механическая и рабочие характеристики асинхронного двигателя. Номинальный максимальный и пусковой моменты. Критическое скольжение и перегрузочная способность.

Потери и КПД асинхронного двигателя. Влияние напряжения сети и активного сопротивления в цепи ротора на электромагнитный момент и механическую характеристику асинхронного двигателя.

Пуск в ход асинхронного двигателя с короткозамкнутым и с фазным ротором. Пусковые свойства асинхронных трехфазных двигателей. Асинхронные двигатели с глубоким пазом и двойной беличьей клеткой, реверсирование асинхронных двигателей. Способы регулирования частоты вращения трехфазных асинхронных двигателей. Регулирование изменением активного сопротивления в цепи ротора, изменением частоты тока статора и изменением числа пар полюсов.

Устройство и принцип действия однофазного асинхронного двигателя. Пуск в ход однофазного двигателя. Фазосмещающие элементы. Механическая

характеристика однофазного асинхронного двигателя. Работа трехфазного асинхронного двигателя в однофазном режиме. Устройство, принцип действия и особенности конденсаторного асинхронного двигателя.

Назначение и области применения асинхронных машин специального назначения.

Типы асинхронных машин специального назначения и исполнения: асинхронные исполнительные двигатели, линейные асинхронные двигатели, асинхронные двигатели с внешним ротором, машины синхронной связи: сельсины, магнесины, вращающиеся трансформаторы. Устройство, принцип действия, основные характеристики.

Назначение и области применения синхронных машин. Типы синхронных машин: явнополюсные и неявнополюсные, их устройство и принцип работы. Способы возбуждения синхронных машин. Особенности конструкций гидрогенераторов и турбогенераторов. Характеристика холостого хода, короткого замыкания, внешние и регулировочные. Влияние вида нагрузки на характеристики. Потери и коэффициент полезного действия синхронного генератора. Параллельная работа синхронных генераторов. Явление самосинхронизации.

Назначение и область применения синхронных двигателей. Принцип работы и особенности конструкции синхронного двигателя. Угловые характеристики синхронного двигателя и его электромагнитный момент.

U-образные характеристики синхронного двигателя. Способы пуска синхронного двигателя. Рабочие характеристики синхронного двигателя.

Перегрузочная способность

Работа синхронной машины в режиме синхронного компенсатора, принцип действия, особенности конструкции.

Регулирование активной и реактивной мощности синхронных машин.

Синхронные машины с постоянными магнитами. Реактивные и гистерезисные синхронные двигатели. Шаговые двигатели.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните принцип действия генератора переменного тока.
2. Каково назначение контактных колец и щеток в синхронном генераторе?
3. Объясните принцип действия асинхронного двигателя.
4. Может ли ротор асинхронного двигателя вращаться синхронно с вращающимся полем?
5. Какие функции выполняет обмотка статора в асинхронном двигателе?
6. Что такое скольжение асинхронной машины?
7. С какой целью обмотку статора асинхронного генератора подключают к сети трехфазного тока?
8. Объясните конструкцию короткозамкнутого и фазного роторов.
9. Трехфазный асинхронный двигатель предназначен для работы при напряжениях с сети 220/380 В. Как следует соединить обмотку статора этого двигателя при напряжении сети 220 В и как — при напряжении 380 В?
10. Какие виды потерь имеют место в асинхронном двигателе?
11. Почему магнитные потери в сердечнике ротора не учитывают?
12. На какие виды потерь влияют величина воздушного зазора и толщина

пластин сердечника статора?

13. Почему при нагрузках двигателя меньше номинальной его $\cos\varphi$ имеет низкие значения?

14. При каких условиях высшие пространственные гармоники поля создают в асинхронном двигателе двигательный, генераторный и тормозной режимы?

15. Какими причинами вызван «провал» в механической характеристике?

16. При каких условиях может происходить «прилипание» ротора к статору?

17. Какими мерами можно ослабить паразитные моменты в двигателе?

18. Какими показателями характеризуются пусковые свойства асинхронных двигателей?

19. Каковы достоинства и недостатки пусковых свойств асинхронных двигателей?

20. Как лучше, с точки зрения улучшения пусковых свойств, уменьшить пусковой ток: снижением подводимого к двигателю напряжения или увеличением активного сопротивления в цепи обмотки ротора?

21. Каковы достоинства и недостатки пуска асинхронных двигателей непосредственным включением в сеть?

22. Какие существуют способы пуска асинхронных двигателей при пониженном напряжении?

23. В чем сущность эффекта вытеснения тока и почему он возникает при пуске двигателя и почти исчезает при его работе?

24. Почему бутылочная форма паза ротора способствует лучшему проявлению эффекта вытеснения тока?

25. Почему однофазный двигатель не создает пускового момента?

26. Чем отличается однофазный двигатель от конденсаторного?

27. Как можно повысить пусковой момент в конденсаторном двигателе?

28. С какой целью в асинхронном двигателе с экранированными полюсами эти полюсы делают расщепленными?

29. Чем обеспечивается отсутствие самохода в асинхронном исполнительном двигателе?

30. Объясните принцип работы асинхронного линейного двигателя.

31. Что такое краевой эффект и каковы его нежелательные действия в линейном асинхронном двигателе?

32. Какие существуют способы возбуждения синхронных машин?

33. Объясните устройство явнополюсных и неявнополюсных роторов.

34. Объясните устройство синхронного двигателя серии СДН2.

35. Какие применяются способы крепления полюсов в синхронных явнополюсных машинах?

36. Чем обеспечивается неравномерный воздушный зазор в синхронной машине?

37. Из каких участков состоит магнитная цепь явнополюсной синхронной машины?

38. В чем состоит явление реакции якоря?

39. Какие функции выполняет обмотка статора в синхронном генераторе?

40. Каково действие реакции якоря при активной, индуктивной и емкостной нагрузках синхронного генератора?

41. Какие ЭДС наводят в обмотке статора явнополюсного синхронного генератора магнитные потоки реакции якоря, и каким индуктивным сопротивлением эти ЭДС эквивалентны?

42. Какие виды потерь имеют место в синхронной машине?

43. Чем ограничивается область устойчивой работы синхронного двигателя?

44. Объясните процесс пуска синхронного двигателя.

45. Как регулируется коэффициент мощности синхронного двигателя?

46. Каково назначение синхронного компенсатора?

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

48. Почему при пуске синхронного двигателя с постоянными магнитами возникает тормозной момент?

49. Объясните физическую сущность реактивного момента.

50. Как влияет глубина межполюсных впадин ротора на рабочий и пусковой моменты реактивного двигателя?

51. Объясните физическую сущность гистерезисного момента.

Тема 3 Электрические машины постоянного тока

Назначение, области применения электрических машин постоянного тока.

Классификация, устройство машин постоянного тока и конструкция их основных узлов. Принцип действия машины постоянного тока, роль коллектора. ЭДС и электромагнитный момент машины постоянного тока.

Магнитная цепь машин постоянного тока. Влияние реакции якоря машины постоянного тока. Магнитное поле машины при нагрузке. Устранение вредного влияния реакции якоря. Способы возбуждения машин постоянного тока.

Определение и сущность процесса коммутации, виды коммутации. Причины, вызывающие искрение на коллекторе. Способы улучшения коммутации. Влияние на коммутацию типа обмоток, щеток и материала коллектора.

Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения, их устройство и принцип действия. Условия самовозбуждения. Характеристики генераторов с независимым, параллельным, последовательным и смешанным возбуждением, эксплуатационные требования. Параллельная работа генераторов. Уравнения ЭДС и моментов генераторов.

Область применения двигателей постоянного тока. Конструкция, технические характеристики и принцип действия двигателей постоянного тока. Уравнения ЭДС и моментов для двигателя постоянного тока. Пуск двигателя в ход. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока, их торможение и реверсирование. Особенности двигателей независимого, последовательного и смешанного возбуждения. Универсальный коллекторный двигатель

Виды потерь в машинах постоянного тока; их зависимость от нагрузки. КПД машин постоянного тока. Методы определения КПД.

Типы машин постоянного тока специального назначения: высокомоментные и вентильные двигатели, малоинерционные двигатели, тахогенераторы, электромашинные усилители. Назначение, область применения, устройство, принцип работы машин специального назначения.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково назначение коллектора в генераторе и двигателе?
2. Почему станину машины делают из стали?
3. Каково назначение конусных шайб в коллекторе?
4. Зачем в коллекторе на пластмассе применяют армирующие кольца?
5. В чем заключается принцип действия генератора постоянного тока и каково его устройство?
6. От чего зависит ЭДС машины постоянного тока?
7. Для чего устанавливают дополнительные полюсы?
8. Какие участки содержит магнитная цепь машины постоянного тока?
9. В чем сущность явления реакции якоря машины постоянного тока?
10. Почему МДС якоря, действующая по поперечной оси, вызывает размагничивание машины по продольной оси?
11. Как учитывается размагничивающее действие реакции якоря при расчете числа витков полюсной катушки обмотки возбуждения?
12. С какой целью компенсирующую обмотку включают последовательно с обмоткой якоря?
13. Почему с увеличением воздушного зазора ослабляется размагничивающее влияние реакции якоря?
14. Какие способы возбуждения применяют в машинах постоянного тока?
15. Какие причины могут вызвать искрение на коллекторе?
16. Какие степени искрения предусмотрены ГОСТом? Дайте каждой из них характеристику и укажите условия допустимости.
17. Почему прямолинейная коммутация не сопровождается искрением?
18. Какие причины, вызывающие искрение, возникают при замедленной коммутации?
19. Объясните назначение и устройство добавочных полюсов.
20. Каковы причины, способные вызвать круговой огонь по коллектору?
21. Как можно снизить уровень радиопомех в коллекторной машине?
22. Какие характеристики определяют свойства генераторов постоянного тока?
23. Почему у генератора параллельного возбуждения изменение напряжения при сбросе нагрузки больше, чем у генератора независимого возбуждения?
24. Каковы условия самовозбуждения генераторов постоянного тока?
25. При каком включении обмоток возбуждения генератора смешанного возбуждения внешняя характеристика получается более «жесткой»?
26. Какие способы ограничения пускового тока применяются в двигателях постоянного тока?
27. С какой целью при пуске двигателя параллельного возбуждения сопротивление реостата в цепи возбуждения устанавливают минимальным?
28. Сравните двигатели параллельного и последовательного возбуждения по их регулировочным свойствам.
29. Какова разница в конструкции коллекторных двигателей постоянного и переменного тока?
30. Как осуществить реверсирование двигателя постоянного тока?
31. От чего зависит вращающий момент, частота вращения двигателя?

постоянного тока?

32. Перечислите виды потерь в машинах постоянного тока. Поясните, на что расходуются эти потери.

33. Как зависят потери энергии от нагрузки?

34. Составьте энергетическую диаграмму машины постоянного тока.

35. Запишите формулы для определения КПД генератора (двигателя) постоянного тока. Поясните все величины, входящие в состав этих формул.

36. Какие Вы знаете методы определения КПД?

37. Объясните принцип якорного и полюсного способов управления исполнительными двигателями.

38. Каковы достоинства и недостатки малоинерционного двигателя постоянного тока?

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Методические указания к заданию 1,2 Эти задачи относятся к разделу 1 «Трансформаторы». Для их решения необходимо знать устройство, принцип действия, основные соотношения между электрическими величинами для однофазных и трехфазных трансформаторов.

Каждый трансформатор рассчитывается на номинальный режим работы, который соответствует загрузке 100 %. Величины, относящиеся к этому режиму, называются номинальными и указываются в паспорте и на специальной табличке на корпусе трансформатора. К таким величинам относятся:

$S_{ном}$ — номинальная мощность - это полная мощность, которую трансформатор, установленный на открытом воздухе, может непрерывно отдавать в течение всего срока службы (20-25 лет) при номинальном напряжении и при максимальной и среднегодовой температуре окружающего воздуха, равных соответственно 40 и 5°C.

$U_{1ном}$ - номинальное напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка трансформатора.

$U_{2ном}$ - номинальное напряжение на вторичной обмотке трансформатора, это напряжение на выводах вторичной обмотки при холостом ходе и номинальном первичном напряжении, (у трехфазных трансформаторов $U_{1ном}$ и $U_{2ном}$ - линейные напряжения).

$I_{1ном}$, $I_{2ном}$ - первичный и вторичный токи. Это токи полученные по номинальной мощности и номинальным напряжениям (у трехфазных трансформаторов $I_{1ном}$ и $I_{2ном}$ -линейные токи).

Определение номинальных токов для однофазного трансформатора

$$I_{1ном} = \frac{S_{ном}}{U_{1ном}}; \quad I_{2ном} = \frac{S_{ном}}{U_{2ном}}$$

Для трехфазного трансформатора

$$I_{1ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{1ном}}; \quad I_{2ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{2ном}};$$

Трансформатор обычно работает с нагрузкой меньше номинальной, определяемой коэффициентом нагрузки $K_{нг}$. Если трансформатор с $S_{ном} = 400$ кВА отдает мощность $S_2 = 320$ кВА, то $K_{нг} = S_2 / S_{ном} = 320/400 = 0,8$.

Значения отдаваемых трансформатором активной и реактивной мощностей зависят от коэффициента мощности потребителя $\cos\varphi_2$ например, при $S_{ном} = 400$ кВ А, $K_{нг} = 0,8$ и $\cos\varphi_2 = 0,85$ отдаваемая активная и реактивная мощности составят

$$P_2 = K_{нг} \cdot S_{ном} \cdot \cos\varphi_2 = 0,8 \cdot 400 \cdot 0,85 = 272 \text{ кВт},$$

$$Q_2 = K_{нг} \cdot S_{ном} \cdot \sin\varphi_2 = 0,8 \cdot 400 \cdot 0,53 = 169 \text{ кВАр}.$$

В трехфазных трансформаторах отношение линейных напряжений называют линейным коэффициентом трансформации, который равен отношению чисел витков обмоток, если они имеют одинаковые схемы соединения (Y/Y и Δ/Δ). При других схемах коэффициент трансформации находят по формулам:

$$K = \frac{U_{1ном}}{U_{2ном}} = \frac{W_1}{\sqrt{3} \cdot W_2} \quad \text{при соединении } \Delta/Y$$

$$K = \frac{U_{1ном}}{U_{2ном}} = \frac{\sqrt{3} \cdot W_1}{W_2} \quad \text{при соединении } Y/\Delta$$

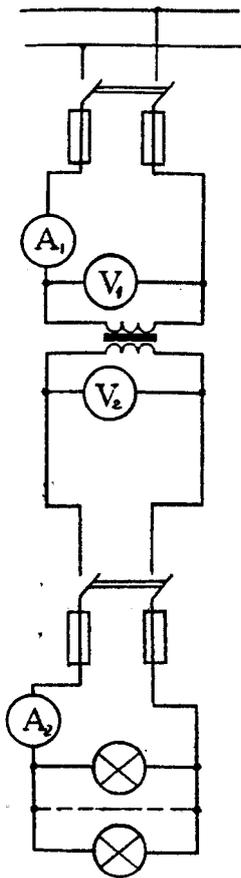


Рисунок 1 - Схема подключения ламп к трансформатору

Пример 1

К электрической сети напряжением 220 В необходимо подключить через понижающий однофазный трансформатор 5 ламп накаливания мощностью по 60 Вт каждая, рассчитанные на пониженное напряжение 24 В. Коэффициент мощности ламп $\cos\varphi = 1$. Используя таблицу 6, подобрать необходимый для работы трансформатор. Определить рабочие и номинальные токи обмоток трансформатора, коэффициент трансформации и коэффициент нагрузки. Потерями в трансформаторе пренебречь. Схема подключения ламп к трансформатору изображена на рисунке 1

Таблица 6 - Технические данные трансформаторов серии ОСМ

Тип трансформатора	Номинальная мощность S, кВА	Номинальное напряжение		Ток холостого хода $i_0, \%$	Напряжение короткого замыкания $u_k, \%$
		первичное $U_{1ном}, В$	вторичное $U_{2ном}, В$		
ОСМ - 0,063	0,063	220, 380, 660	12, 24, 36, 42, 110, 220	24	12,0
ОСМ - 0,100	0,100			24	9,0
ОСМ - 0,160	0,160			23	7,0
ОСМ - 0,250	0,250			22	5,5
ОСМ - 0,400	0,400			20	4,5

Примечание:

1. ОСМ - 0,25 - трансформатор однофазный, сухой, многоцелевого назначения, номинальная мощность 0,250 кВ А. Номинальное первичное напряжение может быть 220, 380 или 660 В. Номинальное вторичное напряжение может быть 12, 24, 36, 42, 110 или 220 В.

2. Возможно сочетание любого первичного напряжения с любым вторичным.

Решение

1. Активная мощность, отдаваемая трансформатором нагрузке (лампам накаливания)

$$P_2 = P_{\text{лампы}} \cdot n_{\text{лампы}} = 60 \cdot 5 = 300 \text{ Вт}$$

2. Так как нагрузка на трансформатор чисто активная ($\cos\varphi_2 = 1$), то поэтому полная мощность трансформатора должна быть не менее

$$S_2 = \frac{P_2}{\cos\varphi_2} = \frac{300}{1} = 300 \text{ ВА}$$

Пользуясь таблицей 6 выбираем трансформатор ОСМ-0,400

Его технические данные:

Номинальная мощность $S_{\text{ном}} = 400 \text{ ВА}$

Номинальное первичное напряжение трансформатора $U_{1\text{ном}} = 220 \text{ В}$.

Номинальное вторичное напряжение $U_{2\text{ном}} = 24 \text{ В}$.

Ток холостого хода $i_0 = 20\%$ от $I_{1\text{ном}}$

Напряжение короткого замыкания $u_k = 4,5\%$ от $U_{1\text{ном}}$

3. Так как потерями в трансформаторе пренебрегаем, то коэффициент трансформации

$$K = U_{1\text{ном}} / U_{2\text{ном}} = 220 / 24 = 9,17$$

4. Номинальный ток в первичной обмотке трансформатора

$$I_{1\text{ном}} = S_{\text{ном}} / U_{1\text{ном}} = 400 / 220 = 1,82 \text{ А},$$

номинальный ток во вторичной обмотке трансформатора

$$I_{2\text{ном}} = S_{\text{ном}} / U_{2\text{ном}} = 400 / 24 = 16,7 \text{ А}$$

5. Коэффициент нагрузки

$$K_{\text{нг}} = \frac{S_2}{S_{\text{ном}}} = \frac{P_2}{S_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi_2} = \frac{300}{400 \cdot 1} = 0,75$$

6. Рабочие токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке в первичной обмотке:

$$I_1 = K_{\text{нг}} \cdot I_{1\text{ном}} = 0,75 \cdot 1,82 = 1,36 \text{ А},$$

во вторичной обмотке:

$$I_2 = K_{\text{нг}} \cdot I_{2\text{ном}} = 0,75 \cdot 16,7 = 12,5 \text{ А}.$$

Пример 2

Трёхфазный трансформатор имеет следующие данные: $S_{\text{ном}} = 100 \text{ кВА}$ - номинальная мощность, $U_{1\text{ном}} = 660 \text{ В}$ - номинальное напряжение на зажимах первичных обмоток, $U_{2\text{ном}} = 230 \text{ В}$ - номинальное напряжение на зажимах вторичных обмоток, $P_{\text{ст}} = 500 \text{ Вт}$ - потери мощности в стали трансформатора, $P_{\text{о. ном}} = 1500 \text{ Вт}$ — потери мощности в обмотках при номинальном токе в них.

Первичные и вторичные обмотки трансформатора соединены в звезду. От трансформатора потребляется активная мощность $P_2 = 60 \text{ кВт}$ при коэффициенте мощности $\cos\varphi = 0,8$.

K — линейный коэффициент трансформации;

$I_{1\text{ном}}, I_{2\text{ном}}$ — номинальные токи в первичных и вторичных обмотках трансформатора;

$K_{\text{нг}}$ — коэффициент нагрузки;

I_1, I_2 — токи в первичных и вторичных обмотках трансформатора при фактической нагрузке;
 $\Sigma P_{ном}$ — суммарные потери мощности при номинальной нагрузке трансформатора;
 ΣP — суммарные потери мощности при фактической нагрузке трансформатора;
 $\eta_{ном}$ — коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке трансформатора;
 η — коэффициент полезного действия при фактической нагрузке трансформатора

Решение

1. Линейный коэффициент трансформации

$$K = U_{1ном}/U_{2ном} = 660/230 = 2,87.$$

2. Номинальные токи в обмотках трансформатора

$$\text{- в первичных обмотках } I_{1ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{1ном}} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 660} = 87,5 \text{ A}$$

$$\text{- во вторичных обмотках } I_{2ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{2ном}} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 230} = 251 \text{ A}$$

$$3. \text{ Коэффициент нагрузки: } K_{нз} = \frac{P_2}{S_{ном} \cdot \cos \varphi_2} = \frac{60}{100 \cdot 0,8} = 0,75$$

4. Токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке:

$$\text{- в первичных обмотках } I_1 = K_{нз} \cdot I_{1ном} = 0,75 \cdot 87,5 = 65,6 \text{ A.}$$

$$\text{- во вторичных обмотках } I_2 = K_{нз} \cdot I_{2ном} = 0,75 \cdot 251 = 188 \text{ A.}$$

5. Суммарные потери мощности при номинальной нагрузке трансформатора

$$\Sigma P_{ном} = P_{ст} + P_{о.ном} = 500 + 1500 = 2000 \text{ Вт.}$$

6. Суммарные потери мощности при фактической нагрузке трансформатора

$$\Sigma P = P_{ст} + K_{нз}^2 \cdot P_{о.ном} = 500 + 0,75^2 \cdot 1500 = 1344 \text{ Вт,}$$

7. Коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке трансформатора:

$$\eta_{ном} = \frac{P_2 \cdot 100\%}{P_2 + \Sigma P_{ном}} = \frac{S_{ном} \cdot \cos \varphi_2 \cdot 100\%}{S_{ном} \cdot \cos \varphi_2 + P_{ст} + P_{о.ном}} = \frac{100 \cdot 0,8 \cdot 100\%}{100 \cdot 0,8 + 0,5 + 1,5} = 97,56\%$$

8. Коэффициент полезного действия при фактической нагрузке трансформатора

$$\eta = \frac{P_2 \cdot 100\%}{P_2 + \sum P_{\text{ном}}} = \frac{K_{\text{нз}} \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_2 \cdot 100\%}{K_{\text{нз}} \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_2 + P_{\text{ст}} + K_{\text{нз}}^2 \cdot P_{\text{о.ном}}} = \frac{0,75 \cdot 100 \cdot 0,8 \cdot 100\%}{0,75 \cdot 100 \cdot 0,8 + 0,5 + 0,75^2 \cdot 1,5} = 97,8\%$$

Методические указания к заданиям 3, 4

Эти задачи относятся к разделу «Электрические машины постоянного тока»

Для их решения надо усвоить не только устройство и принцип действия электрических машин постоянного тока, но и знать формулы, выражающие взаимосвязь между электрическими величинами, характеризующими данный тип электрической машины.

Необходимо отчетливо представлять связь между напряжением U на зажимах машины, ЭДС E и падение напряжение $I_{\text{я}} \cdot \sum R$, в обмотке якоря генератора и двигателя.

Для генератора $E = U + I_{\text{я}} \cdot \sum R$,

Для двигателя $U = E + I_{\text{я}} \cdot \sum R$

В этих формулах $\sum R = R_{\text{я}} + R_{\text{ДП}} + R_{\text{ко}} + R_{\text{с}} + R_{\text{щ}}$ - сумма сопротивлений всех участков цепи якоря: обмотки якоря $R_{\text{я}}$, обмотки добавочных полюсов $R_{\text{ДП}}$, компенсационной обмотки $R_{\text{ко}}$, последовательной обмотки возбуждения $R_{\text{с}}$ и переходного щеточного контакта $R_{\text{щ}}$.

При отсутствии в машине (это зависит от её типа и предложенной задачи) каких-либо из указанных обмоток в формулу, определяющую $\sum R$ не входят соответствующие слагаемые.

Полезный вращающий момент на валу двигателя определяются по формуле

$$M = \frac{60 \cdot P_{2\text{ном}}}{2\pi \cdot n_{\text{ном}}}, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где $P_2, \text{Вт}$ - полезная механическая мощность,
 n , об/мин - частота вращения вала двигателя.

Пример 3

На рис.2 представлена схема генератора постоянного тока с параллельным возбуждением, работающего в режиме номинальной нагрузки. Его технические данные: $P_{\text{нрм}} = 16000 \text{Вт}$ - номинальная мощность; $U_{\text{ном}} = 230 \text{В}$ - номинальное напряжение; $R_{\text{я}} = 0,13 \text{Ом}$ - сопротивление якоря; $R_{\text{с}} = 164 \text{Ом}$ - сопротивление возбуждения; $\eta = 90,1\%$ - номинальный коэффициент полезного действия.

Определить:

$I_{\text{ном}}$ - номинальный ток нагрузки;

$I_{\text{в}}$ - ток возбуждения

$I_{\text{я}}$ - ток якоря генератора;

$P_{\text{я}}$ - потери мощности в якоре;

$P_{\text{с}}$ - потери мощности в обмотке возбуждения;

$P_{\text{щ}}$ - потери мощности в щеточном контакте, приняв $\Delta U_{\text{щ}} = 2 \text{В}$ - падение напряжения на электрографитированных щетках;

$P_{\text{доб}}$ - добавочные потери мощности;

$P_{\text{х}}$ - потери холостого хода.

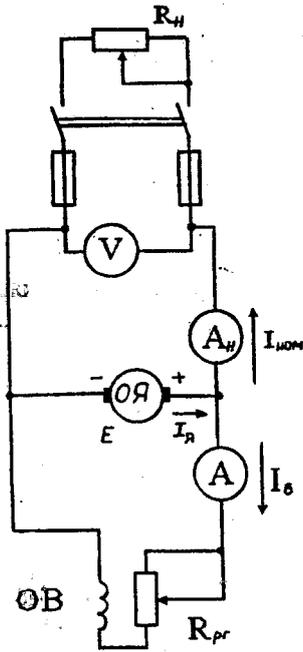


Рисунок 2 - Схема генератора постоянного тока

Решение

1. Ток нагрузки $I_{ном} = \frac{P_{ном}}{U_{ном}} = \frac{16000}{230} = 69.6A$

2. Ток возбуждения $I_{в} = \frac{U_{ном}}{R_{в}} = \frac{230}{164} = 1.4A$

3. Ток якоря $I_{я} = I_{ном} + I_{в} = 69,6 + 1,4 = 71A$.

4. Потери мощности в обмотке якоря $P_{я} = I_{я}^2 \cdot R_{я} = 71^2 \cdot 0,13 = 655Bm$

5. Потери мощности в обмотке возбуждения $P_{в} = I_{в}^2 \cdot R_{в} = 1.4^2 \cdot 164 = 321Bm$

6. Потери мощности в щеточном контакте $P_{щк} = \Delta U_{щк} \cdot I_{я} = 2 \cdot 71 = 1428Bm$.

7. Добавочные потери мощности $P_{доб} = 0,01 \cdot P_{ном} = 0,01 \cdot 16000 = 160 Bm$.

8. Мощность, потребляемая генератором от первичного двигателя

$$P_1 = \frac{P_{ном}}{\eta_{ном}} = \frac{16000}{0,901} = 17758Bm$$

9. Суммарные потери мощности в генераторе

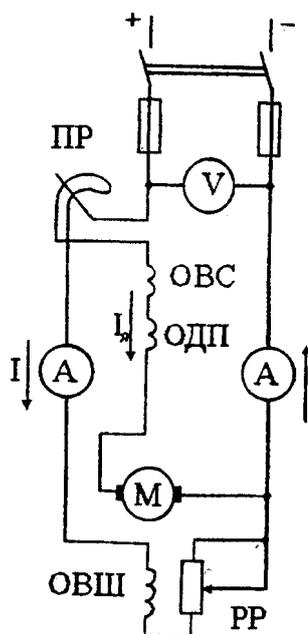
$$\sum P = P_1 - P_{ном} = 17758 - 16000 = 1758 Bm.$$

10. Потери холостого хода

$$P_x = \sum P - (P_{\text{я}} + P_{\text{в}} + P_{\text{ц}} + P_{\text{доб}}) = 1758 - (655 + 321 + 142 + 160) = 480 \text{ Вт}$$

Пример 4

На рис.3 представлена схема двигателя постоянного тока со смешанным возбуждением, работающего в номинальном режиме. Двигатель рассчитан на номинальную мощность на валу $P_{2\text{ном}} = 2000 \text{ Вт}$. Номинальное напряжение, подведенное к двигателю $U_{\text{ном}} = 27 \text{ В}$. Частота вращения якоря $n_{\text{ном}} = 8000 \text{ об/мин}$. Двигатель потребляет из сети ток $I_{\text{ном}} = 100 \text{ А}$. Сопротивление обмотки якоря, добавочных полюсов и последовательной обмотки возбуждения $\sum R = R_{\text{я}} + R_{\text{дп}} + R_{\text{н}} = 0,01433 \hat{\Omega}$. Сопротивление параллельной обмотки возбуждения $R_{\text{ш}} = 6,75 \text{ Ом}$



ПР - пусковой реостат.

РР - регулировочный реостат.

ОВШ - параллельная (шунтовая) обмотка возбуждения.

ОВС - последовательная (серийная) обмотка возбуждения.

ОДП — обмотка добавочных полюсов.

Определить:

P_1 - потребляемую из сети мощность;

$\eta_{\text{ном}}$ - номинальный коэффициент полезного действия двигателя;

M - полезный вращающий момент;

$I_{\text{я}}$ - ток якоря;

E - противо-ЭДС в обмотке якоря;

$\sum P$ — суммарные потери мощности в двигателе;

$P_{\text{э}}$ - электрические потери мощности;

$P_{\text{доб}}$ - добавочные потери мощности;

P_x - потери холостого хода

Рисунок 3 - Схема двигателя постоянного тока

Решение

1. Мощность, потребляемая двигателем из сети,

$$P_1 = U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{ном}} = 27 \cdot 100 = 2700 \text{ Вт}$$

2. Номинальный коэффициент полезного действия двигателя;

$$\eta_{\text{ном}} = \frac{P_{2\text{ном}}}{P_1} = \frac{2000}{2700} = 0,74 \text{ Вт}$$

3. Полезный вращающий момент на валу двигателя

$$M = \frac{60 \cdot P_{2\text{ном}}}{2\pi \cdot n_{\text{ном}}} = \frac{60 \cdot 2000}{2 \cdot 3,14 \cdot 8000} = 2,38 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

4. Ток параллельной обмотки возбуждения

$$I_{ш} = \frac{U_{ном}}{R_{ш}} = \frac{27}{6.75} = 4A$$

5. Ток, протекающий через обмотку якоря, обмотку добавочных полюсов, последовательную обмотку возбуждения

$$I_{я} = I_{ном} - I_{ш} = 100 - 4 = 96A$$

6. Противо-ЭДС в обмотке якоря

$$E = U_{ном} - I_{я}(R_{я} + R_{дп} + R_{с}) - \Delta U_{щ} = 27 - 96 \cdot 0,01443 - 2 = 23,61B$$

где $\Delta U_{щ} = 2B$ - потери напряжения в переходном контакте щеток на коллекторе

7. Суммарные потери мощности в двигателе

$$\Sigma P = P_1 - P_{2ном} = 2700 - 2000 = 700Bm$$

8. Электрические потери мощности в двигателе

$$P_{э} = P_{я} + P_{дп} + P_{щ} + P_{ш} + P_{с} = 158 + 42 + 6,88 + 16,42 + 96,8 = 320,1Bm$$

где $P_{я} = I_{я}^2 \cdot R_{я}$ - потери мощности в якоре,

$P_{дп} = I_{я}^2 \cdot R_{дп}$ - потери мощности в добавочных полюсах,

$P_{с} = I_{я}^2 \cdot R_{с}$ - потери мощности в последовательной обмотке возбуждения,

$P_{щ} = \Delta U_{щ} \cdot I_{я}$ - потери мощности в переходном контакте щеток на коллекторе;

$P_{ш} = U_{ном} \cdot I_{ш}$ - потери мощности в параллельной обмотке возбуждения.

$$P_{э} = I_{я}^2 (R_{я} + R_{дп} + R_{с}) + \Delta U_{щ} \cdot I_{я} + U_{ном} \cdot I_{ш} = 96^2 \cdot 0,01443 + 2 \cdot 96 + 27 \cdot 4 = 433Bm$$

9. Добавочные потери мощности, возникающие в обмотке якоря

$$P_{доб} = 0,01 \cdot P_{2ном} = 0,01 \cdot 2000 = 20 \text{ Вт}$$

10. Потери холостого хода

$$P_{х} = \Sigma P - (P_{э} + P_{доб}) = 700 - (433 + 20) = 247Bm$$

Методические указания к заданию 5

Эта задача относится к теме "Электрические машины переменного тока". Для ее решения надо знать принцип действия асинхронного двигателя и зависимости между электрическими величинами, характеризующими его работу.

Трехфазный ток, протекающий по обмотке статора двигателя создает вращающееся магнитное поле, частота вращения которого зависит от числа пар полюсов и частоты тока f_1 , в статоре,

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p}$$

Возможные частоты вращения магнитного поля статора при частоте тока и различном числе пар полюсов приведены в таблице 9

Таблица 7

<i>p</i> пар полюсов	1	2	3	4	5	6
<i>n</i> ₁ , об/мин	3000	1500	1000	750	600	500

Частота вращения ротора n_2 всегда меньше частоты вращения магнитного поля статора. Это отставание характеризуется скольжением S , равным

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

При работе двигателя под нагрузкой скольжение составляет несколько процентов, в момент пуска - 100 %.

Полезный вращающий момент на валу двигателя определяется по формуле

$$M_{\text{ном}} = \frac{60 \cdot P_{2\text{ном}}}{2\pi \cdot n_{\text{ном}}}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$$

где $P_2, \text{ Вт}$ - полезная механическая мощность;

$n_2, \text{ об/мин}$ - частота вращения вала ротора двигателя.

В настоящее время промышленность выпускает асинхронные двигатели серии 4А мощностью от 0,06 до 400 кВт.

Обозначение типа двигателя расшифровывается так:

4 - порядковый номер;

А - наименование вида двигателя - асинхронный;

Н - обозначение двигателя защищенного исполнения; отсутствие знака означает закрытое обдуваемое исполнение;

А - станина и щиты из алюминия; Х - станина алюминиевая, щиты чугунные; отсутствие знаков означает, что станина и щиты чугунные или стальные;

50... 355 - высота оси вращения;

S, L, M - установочные размеры по длине станины / S - самая короткая станина;

M - промежуточная; L - самая длинная /;

2,4,6,8, 10,12 - число полюсов;

У - климатическое исполнение двигателя / для умеренного климата /;

3 - категория размещения /3— для закрытых неотапливаемых помещений; I - для работы на открытом воздухе /.

Пример 5

Расшифровать условное обозначение двигателя типа 4АН200М4У3. Это двигатель четвертой серии, асинхронный, защищенного исполнения, станина и щиты из чугуна, с высотой оси вращения 200 мм, с установочным размером М по длине станины /промежуточный/, четырехполюсный, для районов умеренного климата, третья категория размещения.

Пример 6

Расшифровать условное обозначение двигателя типа 4A100L8Y3. Это двигатель четвертой серии, асинхронный, закрытый обдуваемого исполнения, станина и щиты из чугуна, с высотой оси вращения 100 мм, с установочным размером L по длине станины /самая длинная станина/, восьмиполосный, для районов умеренного климата, третья категория размещения.

Пример 7

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором изготовлен на номинальное напряжение 220/380В. Двигатель подключен к сети с напряжением $U_{1ном} = 380В$, нагрузка на его валу номинальная. Известны величины:

$I_{1ном} = 9,15 А$ - номинальный ток, потребляемый двигателем из сети;

$\eta_{ном} = 82\%$ - номинальный коэффициент полезного действия;

$\cos \varphi = 0,81$ - номинальный коэффициент мощности;

$S_{ном} = 5\%$ - номинальное скольжение;

$p = 3$ — число пар полюсов;

$f_l = 50 Гц$ - частота тока сети;

$K_M = \frac{M_{max}}{M_{ном}} = 2,5$ - способность двигателя к перегрузке;

$K_M = \frac{M_n}{M_{ном}} = 2,5$ - кратность пускового момента;

$K_M = \frac{I_{1n}}{I_{ном}} = 2,5$ - кратность пускового тока.

Определить: схему включения обмоток статора двигателя;

$P_{1ном}$ — мощность, потребляемую двигателем из сети;

$P_{2ном}$ - номинальную мощность на валу двигателя;

$\sum P_{ном}$ — суммарные потери мощности в двигателе при номинальном режиме;

n_1 - частоту вращения магнитного поля статора;

$n_{2ном}$ - номинальную частоту вращения ротора;

f_2 - частоту тока в роторе;

$M_{ном}, M_{пуск}, M_{max}$ - номинальный, пусковой и максимальный моменты на валу двигателя;

I_{1n} - пусковой ток, потребляемый двигателем из сети.

Подсчитать при номинальной нагрузке на валу величину номинального $I'_{1ном}$ и пускового I'_{1n} тока при напряжении сети $U'_{1ном} = 220В$. Какова будет схема включения обмоток статора двигателя в этом случае?

Решение

1. Двигатель изготовлен на номинальное напряжение 220/380 В. Это значит, что при подключении к сети с $U_{1ном} = 220В$ обмотки его статора должны быть соединены по схеме «треугольник»

2. Номинальная мощность, потребляемая двигателем из сети

$$P_{1ном} = \sqrt{3} I_{1ном} \cdot U_{1ном} \cdot \cos \varphi = 1,73 \cdot 9,15 \cdot 380 \cdot 0,81 = 4878 Вм$$

4. Номинальная мощность на валу двигателя

$$P_{2ном} = P_{1ном} \cdot \eta_{ном} = 4878 \cdot 0,82 = 4000 \text{ Вт}$$

4. Суммарные потери мощности в двигателе при номинальном режиме работы

$$\Sigma P = P_{1ном} - P_{2ном} = 4878 - 4000 = 878 \text{ Вт}$$

5. Частота вращения магнитного поля статора

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ об/мин}$$

6. Частота вращения ротора при номинальном режиме работы:

$$n_{2ном} = n_1 (1 - S_{ном}) = 1000 (1 - 0,05) = 950 \text{ об/мин}$$

7. Частота тока в роторе:

$$f_2 = f_1 \cdot S_{ном} = 50 \cdot 0,05 = 2,5 \text{ Гц}$$

8. Номинальный момент на валу двигателя:

$$M_{ном} = \frac{60 \cdot P_{2ном}}{2\pi \cdot n_{ном}} = \frac{60 \cdot 4000}{2 \cdot 3,14 \cdot 950} = 40,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

9. Пусковой момент на валу двигателя:

$$M_n = K_n \cdot M_{ном} = 2 \cdot 40,2 = 80,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

10. Максимальный момент на валу двигателя:

$$M_{max} = K_m \cdot M_{ном} = 2,5 \cdot 40,2 = 100,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

11. Пусковой ток двигателя:

$$I_{1n} = K_I \cdot I_{1ном} = 6 \cdot 9,15 = 54,9 \text{ А}$$

12. При номинальном напряжении сети $U'_{1\text{нн}} = 220 \text{ В}$ обмотки двигателя для работы в номинальном режиме работы должны быть соединены по схеме "треугольник". В этом случае номинальный ток будет:

$$I'_{1ном} = \frac{P_{1ном}}{\sqrt{3} \cdot U'_{1ном} \cdot \cos \varphi_{1ном}} = \frac{4878}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,81} = 15,8 \text{ А}$$

13. Значение пускового тока:

$$I'_{1n} = K_I \cdot I'_{1ном} = 6 \cdot 15,8 = 94,8 \text{ А}$$

Можно заметить, что токи $I'_{1\text{нн}}$ и $I'_{1\text{н}}$ возросли по сравнению с токами $I_{1ном}$ и $I_{1н}$ в $\sqrt{3}$ раз, т.к. напряжение, подводимое к двигателю стало в $\sqrt{3}$ раз меньше

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Индивидуальные задания для контрольной работы

Задание 1

Для освещения рабочих мест применили в целях безопасности лампы накаливания одинаковой мощности, рассчитанные на пониженное напряжение. Для их питания установили однофазный понижающий трансформатор. Схема присоединения ламп к трансформатору приведена на рис. 1.

Известны:

$S_{ном}$ - номинальная мощность трансформатора;

$U_{1ном}, U_{2ном}$ - номинальные напряжения на зажимах первичной и вторичной обмоток трансформатора;

$P_{лампы}$ - мощность одной лампы;

$n_{лампы}$ - количество ламп подключенных к трансформатору;

Определить:

$I_{1ном}, I_{2ном}$ - номинальные токи, на которые рассчитаны первичная и вторичная обмотки трансформатора;

I_1, I_2 - фактическое значение токов в обмотках трансформатора при заданной нагрузке;

$K_{не}$ - коэффициент нагрузки трансформатора;

K - коэффициент трансформации трансформатора

Данные для своего варианта взять из таблицы 8. **Критерии оценивания задания 1 в таблице 9.**

Таблица 8 - Исходные данные к заданию 1

№ варианта	$S_{ном}, \text{ВА}$	$U_{1ном}, \text{В}$	$U_{2ном}, \text{В}$	$P_{лампы}, \text{Вт}$	$n_{лампы}, \text{штук}$
1	400	220	36	25	12
2	250	380	24	40	5
3	160	660	12	15	8
4	100	220	24	25	3
5	400	380	12	40	8
6	250	660	36	60	3
7	160	220	12	25	5
8	100	380	36	40	2
9	400	660	24	60	6
10	250	220	12	25	8
11	160	380	24	40	3
12	100	660	42	25	4
13	63	220	24	15	4
14	400	380	36	25	15
15	250	660	42	40	6
16	160	220	12	60	2
17	100	380	24	15	6

№ варианта	$S_{ном}$, ВА	$U_{1ном}$, В	$U_{2ном}$, В	$P_{лампы}$, Вт	$n_{лампы}$, штук
18	63	660	36	25	2
19	400	220	42	40	9
20	250	380	110	60	4
21	250	660	36	60	3
22	400	220	36	25	12
23	63	380	24	60	1
24	400	660	36	60	6
25	250	220	42	40	5
26	160	380	110	25	6
27	100	660	220	15	5
28	63	220	12	15	3
29	400	380	24	25	14
30	250	660	36	40	5

Таблица 9 - Критерии оценивания задания 1

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Вычертил схему для решения задачи с применением чертежных инструментов и указал на ней направление токов	2
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	4
Рассчитал неизвестные параметры заданной электрической схемы	16
Выбрал трансформатор и записал его технические параметры	4
Сделал вывод по работе	1
ИТОГО:	29

Задание 2 Для трехфазного трансформатора известны:

$S_{ном}$ - номинальная мощность;

$U_{1ном}$, $U_{2ном}$ - номинальные напряжения на зажимах первичных и вторичных обмоток;

$P_{ст}$ - потери мощности в стали трансформатора;

$P_{о.ном}$ - потери мощности в обмотках трансформатора при номинальном токе в них.

Первичные и вторичные обмотки соединены в "звезду".

Трансформатор работает с коэффициентом нагрузки $K_{нг}$ и коэффициентом мощности $\cos\varphi_2$

Определить:

K - линейный коэффициент трансформации;

$I_{1ном}$, $I_{2ном}$ - номинальные токи в первичных и вторичных обмотках трансформатора;

I_1 , I_2 - рабочие токи в первичных и вторичных обмотках трансформатора;

P_2 , Q_2 - активную и реактивную мощности, отдаваемые трансформатором

$\sum P_{нрм}$ - суммарные потери мощности при номинальной нагрузке;

$\sum P$ - суммарные, потери мощности при заданном коэффициенте нагрузки;

$\eta_{\text{ном}}$ - К.П.Д. трансформатора при номинальной нагрузке;

η - К.П.Д. трансформатора при заданном коэффициенте нагрузки.

Данные для своего варианта взять из таблицы 10. **Критерии оценивания задания 2 в таблице 11**

Таблица 10 - Исходные данные к заданию 2

№ вариант	Тип трансформатора	$S_{\text{ном}}$, кВА	$U_{1\text{ном}}$, кВ	$U_{2\text{ном}}$, кВ	$P_{\text{ст}}$, кВт	$P_{\text{о.ном}}$, кВт	$K_{\text{нг}}$	$\cos\varphi_2$
1	ТМ-160	160	6,00	0,40	0,565	2,65	0,75	0,900
2	ТСЗ-250	250	10,00	0,23	1,000	3,80	0,84	0,900
3	ТМ-400	400	10,00	0,69	1,050	5,50	0,90	0,850
4	ТСЗ-630	630	13,80	0,40	2,300	8,70	0,85	0,803
5	ТМ-1000	1000	35,00	0,70	2,750	12,20	0,75	0,940
6	ТСЗ-160	160	10,00	0,69	0,700	2,70	0,80	0,860
7	ТМ-250	250	6,00	0,40	0,820	3,70	0,82	0,927
8	ТСЗ-400	400	10,00	0,69	1,300	5,40	0,75	0,800
9	ТМ-630	630	10,00	0,69	1,660	7,60	0,87	0,913
10	ТСЗ-1000	1000	15,75	0,40	3,200	12,00	0,72	0,850
11	ТМ-100	100	10,00	0,40	0,360	1,97	0,75	0,900
12	ТМ-160	160	10,00	0,40	0,560	2,65	0,75	0,900
13	ТМЗ-630	630	6,00	0,40	2,278	8,50	0,85	0,915
14	ТСЗ-160	160	6,00	0,40	0,700	2,70	0,75	0,910
15	ТМ-100	100	20,00	0,40	0,460	1,97	0,74	0,898
16	ТСЗ-250	250	13,80	0,40	1,100	4,40	0,83	0,926
17	ТМ-400	400	35,00	0,69	1,150	4,20	0,91	0,855
18	ТСЗ-400	400	13,80	0,40	1,400	6,00	0,89	0,854
19	ТМ-630	630	20,00	0,40	1,420	7,60	0,86	0,911
20	ТСЗС-1000	1000	6,00	0,40	2,600	6,30	0,72	0,850
21	ТСЗ-160	160	10,00	0,69	0,700	2,70	0,80	0,860
22	ТМ-160	160	6,00	0,40	0,565	2,65	0,75	0,900
23	ТСЗ-630	630	15,00	0,40	2,300	8,70	0,87	0,910
24	ТМ-1000	1000	10,00	0,69	2,450	12,20	0,70	0,851
25	ТМЗ-1600	1600	6,00	0,69	3,300	18,00	0,71	0,852
26	ТМ-1600	1600	35,00	0,40	3,100	18,00	0,72	0,853
27	ТМ-250	250	10,00	0,69	0,820	3,70	0,84	0,90
28	ТСЗС-1600	1600	10,00	0,40	4,200	11,20	0,74	0,857
29	ТМ-1000	1000	6,00	0,63	2,100	11,00	0,70	0,852
30	ТМ-630	630	10,00	0,23	1,560	7,60	0,88	0,914

Таблица 11 - Критерии оценивания задания 2

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Вычертил схему для решения задачи с применением чертежных инструментов и указал на ней направление токов	2
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	4
Рассчитал неизвестные параметры заданной электрической схемы	11

Выбрал трансформатор и записал его технические параметры	4
Сделал вывод по работе	1
ИТОГО:	29

Задание 3

На рис.2 представлена схема генератора постоянного тока с параллельным возбуждением, работающего в режиме номинальной нагрузки, для которого известны:

$P_{нрм}$ - номинальная мощность;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение;

$R_{я}$ - сопротивление якоря;

$I_{в}$ - ток возбуждения;

$P_{х}$ - потери холостого хода

Определить:

$I_{ном}$ -номинальный ток нагрузки;

$I_{я}$ - ток якоря генератора;

$P_{я}$ - потери мощности в якоре;

$P_{в}$ - потери мощности в обмотке возбуждения;

$P_{щ}$ - потери мощности в щеточном контакте, приняв $\Delta U_{щ} = 2В$ падение напряжения на электрографитированных щетках;

$P_{доб}$ - добавочные потери мощности;

$\sum P$ - суммарные потери мощности;

$\eta_{ном}$ - коэффициент полезного действия.

Данные для своего варианта взять из таблицы 12. **Критерии оценивания задания 3 в таблице 13**

Таблица 12 - Исходные данные к заданию 3

№ варианта	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$R_{я}$, Ом	$I_{в}$, А	$P_{х}$, Вт
1	50,0	230	0,040	4,30	1500
2	70,0	115	0,010	12,00	2100
3	42,0	230	0,050	3,60	1260
4	27,0	115	0,030	7,00	1080
5	35,0	115	0,040	6,00	1400
6	55,0	230	0,040	2,40	1650
7	32,0	230	0,070	4,20	1280
8	42,0	460	0,100	2,70	1080
9	65,0	460	0,070	2,80	1950
10	70,0	230	0,020	6,00	1400
11	5,5	230	0,322	2,28	165
12	14,0	460	0,080	6,05	420
13	6,7	460	0,518	3,33	201
14	16,0	230	0,031	4,66	480
15	24,0	460	0,096	4,66	720
16	0,4	115	1,460	0,14	12
17	4,5	115	0,046	0,57	180

18	11,0	115	0,031	2,09	330
19	32,0	460	0,065	9,85	1280
20	75,0	460	0,031	14,47	3000
21	55,0	230	0,040	2,40	1650
22	50,0	230	0,040	4,30	1500
23	53,0	115	0,026	3,21	2200
24	36,0	230	0,026	2,41	1120
25	10,0	460	0,300	5,41	400
26	3,2	115	0,110	0,78	88
27	8,0	115	0,037	0,57	235
28	6,0	230	0,235	1,49	213
29	13,0	460	0,278	6,26	390
30	7,0	115	0,067	1,04	280

Таблица 13 - Критерии оценивания задания 3

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Составил схему для решения задачи	2
Указал назначение каждого элемента схемы.	5
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	8
Выполнил расчет согласно цели этапа	8
Сделан вывод по работе	1
ИТОГО:	26

Задание 4

На рис.3 представлена схема двигателя постоянного тока со смешанным возбуждением, работающего в номинальном режиме, для которого известны: $P_{2ном}$ - номинальная мощность на валу двигателя;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение, подведенное к двигателю;

$\eta_{ном}$ - номинальный коэффициент полезного действия;

$n_{ном}$ - частота вращения вала двигателя;

$R_{я}$ - сопротивление обмотки якоря;

$R_{дп}$ - сопротивление обмотки добавочных полюсов;

$R_{с}$ - сопротивление последовательной /серийной/ обмотки возбуждения;

$R_{ш}$ - сопротивление параллельной /шунтовой/ обмотки возбуждения.

Определить:

M - вращающий момент на валу двигателя;

$P_{1ном}$ - мощность, потребляемую двигателем из сети;

$I_{ном}$ - ток, потребляемый двигателем из сети;

$I_{ш}$ - ток в параллельной обмотке возбуждения;

$I_{я}$ - ток в обмотке якоря ;

$\sum P$ — суммарные потери мощности в двигателе;

$P_{я}$ - электрические потери мощности в обмотке якоря;
 $P_{дп}$ - электрические потери мощности в обмотке дополнительных полюсов;
 $P_{с}$ - электрические потери мощности в последовательной обмотке возбуждения;
 $P_{ш}$ - электрические потери мощности в параллельной обмотке возбуждения;
 $P_{щ}$ - электрические потери мощности в переходном контакте щеток коллектора, приняв $\Delta U_{щ} = 2B$;
 $P_{доб}$ - добавочные потери мощности;
 $P_{х}$ - потери холостого хода, состоящие из потерь в стали и механических потерь.

Данные для своего варианта взять из таблицы 14. **Критерии оценивания задания 4 в таблице 15**

Таблица 14 - Исходные данные к заданию 4

№ варианта	$P_{2ном},$ кВт	$U_{ном},$ В	$\eta_{ном},\%$	$n_{ном}$ об/мин,	$R_{я}, Ом$	$R_{дп}, Ом$	$R_{с}, Ом$	$R_{ш}, Ом$
1	1,50	220	78,80	1500	2,3440	0,6230	0,1020	500,0
2	2,20	220	79,00	1500	0,9120	0,3310	0,0826	220,0
3	6,00	220	82,00	1500	0,4590	0,1390	0,0371	174,0
4	8,00	220	84,50	1500	0,2650	0,0940	0,0263	137,5
5	11,00	220	83,40	1500	0,2030	0,0886	0,0256	164,0
6	19,00	220	84,67	1500	0,1400	0,0485	0,0068	100,0
7	25,00	220	86,70	1500	0,0931	0,0354	0,0045	110,0
8	55,00	220	88,80	1500	0,0275	0,0135	0,0027	88,0
9	100,00	220	90,69	1500	0,0122	0,0054	0,0008	73,3
10	200,00	220	92,20	1500	0,0042	0,0019	0,0005	44,0
11	1,00	110	71,50	3000	0,5870	0,3457	0,1305	92,0
12	0,90	110	73,0	2000	0,6359	0,4080	0,1430	87,0
13	3,70	220	81,0	2360	0,3400	0,2185	0,0420	202,0
14	8,50	440	84,5	2240	0,6683	0,4435	0,0295	89,0
15	5,50	110	80,0	1500	0,0800	0,0654	0,0394	27,8
16	3,00	220	75,5	1000	0,8687	0,6358	0,0561	138
17	1,90	110	71,0	750	0,3190	0,2647	0,0982	37,5
18	10,50	440	85,0	3000	0,5586	0,3372	0,0223	111,0
19	4,00	220	79,0	1500	0,5609	0,3353	0,0513	134,0
20	7,00	110	81,0	2200	0,0700	0,0500	0,0268	111,0
21	19,00	220	84,67	1500	0,1400	0,0485	0,0068	100,0
22	1,50	220	78,80	1500	2,3440	0,6230	0,1020	500,0
23	5,30	220	80,0	3000	0,2355	0,1962	0,0387	96,3
24	3,40	110	76,0	2240	0,1030	0,1100	0,0452	33,5
25	2,50	220	76,0	2200	0,7819	0,6754	0,0810	156,0
26	2,20	220	81,0	3150	0,5145	0,5049	0,0826	295,0

№ варианта	$P_{2ном},$ кВт	$U_{ном},$ В	$\eta_{ном},\%$	$n_{ном}$ об/мин,	$R_{я}, Ом$	$R_{дп}, Ом$	$R_c, Ом$	$R_{ш}, Ом$
27	1,70	110	77,0	2200	0,2873	0,2349	0,0925	81,0
28	1,10	220	74,0	1500	2,1540	1,5700	0,1100	295,0
29	1,20	220	76,5	2200	0,7892	0,3127	0,1045	359,0
30	0,75	110	78,5	3000	0,6281	0,3856	0,1526	192,0

Таблица 15 - Критерии оценивания задания 5

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Составил схему для решения задачи	2
Указал назначение каждого элемента схемы.	5
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	8
Выполнил расчет согласно цели этапа	8
Сделан вывод по работе	1
ИТОГО:	26

Задание 5

Трехфазный асинхронный, двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4А, работает в номинальном режиме. Используя технические данные двигателя, приведенные в таблице 17 расшифровать условное обозначение двигателя

Определить:

n_1 - частоту вращения магнитного поля статора;

$S_{ном}$ - скольжение при номинальной нагрузке на валу двигателя;

f_2 - частоту тока в роторе;

$P_{1ном}$ — мощность, потребляемую двигателем из сети при номинальной нагрузке на валу;

$\sum P_{ном}$ — суммарные потери мощности в двигателе при номинальной нагрузке на валу;

$M_{ном}, M_{пуск} M_{мах}$ - номинальный, пусковой и максимальный моменты на валу двигателя;

$I_{1ном}, I_{1п}$ - номинальный и пусковой ток при заданной схеме включения обмоток статора. Данные для своего варианта взять из таблицы 16. **Критерии оценивания задания 5 в таблице 17**

Таблица 16 - Исходные данные к заданию 5

№ варианта	Тип двигателя	$P_{2ном},$ кВт	$n_{2ном},$ об/мин	$\eta_{ном},\%$	$\cos\phi_{1ном}$	$\frac{M_{мах}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	$U_{1ном},$ В	Схема соединения обмоток статора
1	4A200M6Y3	22,0	975	90,0	0,90	2,4	1,3	6,5	220/380	Δ
2	4A355M10Y3	110,0	590	93,0	0,83	1,8	1,0	6,0	380/660	Y
3	4A250S2Y3	75,0	2960	91,0	0,89	2,5	1,2	7,5	220/380	Y

4	4A315S12Y3	45,0	490	90,5	0,75	1,8	1,0	6,0	380/660	Δ
5	4A180M4Y3	30,0	1470	91,0	0,90	2,0	1,4	6,5	220/380	Δ
6	4A315S8Y3	90,0	740	93,0	0,85	2,3	1,2	6,5	380/660	Y
7	4A250M6Y3	53,0	985	91,5	0,89	2,1	1,2	6,5	220/380	Δ
8	4A132M2Y3	11,0	2900	88,0	0,90	2,8	1,7	7,5	380/660	Y
9	4A180M8Y3	15,0	730	87,0	0,82	2,0	1,2	6,0	220/380	Y
10	4A315S4Y3	15,0	730	87,0	0,82	2,0	1,3	6,0	380/660	Δ
11	4A160M2Y3	18,5	2940	88,5	0,92	2,2	1,4	6,5	220/380	Δ
12	4A132M4Y3	11,0	1460	84,5	0,87	3,0	2,2	7,5	380/660	Y
13	4A250S8Y3	37,0	735	90,0	0,83	2,0	1,2	6,0	380/660	Δ
14	4A132M6Y3	7,5	970	85,5	0,81	2,5	2,0	6,5	220/380	Δ
15	4A160M4Y3	18,5	1465	89,50	0,88	2,2	1,4	7,0	220/380	Y
16	4A200L2Y3	45,0	2945	91,0	0,90	2,2	1,4	7,5	380/660	Y
17	4A315S12Y3	55,0	490	91,0	0,75	1,8	1,0	6,0	380/660	Δ
18	4A160M6Y3	15,0	975	87,5	0,87	2,0	1,2	6,0	380/660	Δ
19	4A100L2Y3	5,5	2880	87,5	0,91	2,2	2,0	7,5	380/660	Y
20	4A200L4Y3	45,0	1475	92,0	0,90	2,5	1,4	7,0	220/380	Δ
21	4A315S8Y3	90,0	740	93,0	0,85	2,3	1,2	6,5	380/660	Y
22	4A200M6Y3	22,0	975	90,0	0,90	2,4	1,3	6,5	220/380	Δ
23	4A200L8Y3	22,0	730	88,5	0,84	2,0	1,2	5,5	220/380	Y
24	4A200M8Y3	18,5	735	88,5	0,84	2,2	1,2	5,5	380/660	Δ
25	4A355S8Y3	132,0	740	93,5	0,85	2,2	1,2	6,5	380/660	Δ
26	4A90L6Y3	1,5	935	75,0	0,74	2,2	2,0	4,5	220/380	Y
27	4A90LB8Y3	1,1	700	70,0	0,68	1,9	1,6	3,5	220/380	Y
28	4A132S6Y3	5,5	965	85,0	0,80	2,5	2,0	6,5	380/660	Δ
29	4A180S2Y3	22,0	2940	88,5	0,91	2,2	1,4	7,5	220/380	Y
30	4A100L4Y3	40,0	1430	84,0	0,84	2,4	2,0	6,0	380/660	Δ

Таблица 17 - Критерии оценивания задания 5

Оцениваемый параметр	Максимальный балл
Записал условие задачи с указанием единиц измерения физических величин	2
Указана цель каждого этапа решения задания	7
Определил высоту оси вращения h	1
Определил число полюсов $2p$	1
Рассчитал скольжение при номинальной нагрузке $S_{ном}$	1
Рассчитал номинальный момент на валу $M_{ном}$, начальный пусковой $M_{пуск}$ и максимальный M_{max} моменты	3
Рассчитал потребляемую двигателем из сети мощность $P_{Iном}$	1
Определил суммарные потери мощности в двигателе при номинальном режиме $\sum P_{ном}$	1
Определил номинальный $I_{Iном}$ и пусковой I_{In} токи в питающей сети	2
Сделан вывод по работе	1
ИТОГО:	20

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Перечень экзаменационных вопросов

1. Расскажите о роли электрических машин и трансформаторов в производственном процессе
2. Приведите и поясните классификацию электрических машин
3. Расскажите о назначении и области применения трансформаторов. Приведите классификацию трансформаторов.
4. Перечислите основные части трансформатора. Поясните их назначение. Расскажите принцип действия трансформатора.
5. Расскажите о работе трансформатора под нагрузкой. Приведите формулу для определения действующего значения э.д.с. обмотки трансформатора. Дайте определение коэффициента трансформации.
6. Зарисуйте схемы и поясните, как проводятся опыты холостого хода и короткого замыкания трансформатора. Какие величины определяют по данным этих опытов? Дайте определение напряжения короткого замыкания.
7. Составьте энергетическую диаграмму трансформатора и поясните ее построение. Приведите формулу для определения КПД трансформатора.
8. Объясните устройство автотрансформатора. Перечислите достоинства и недостатки автотрансформатора
9. Объясните переходные процессы, происходящие в трансформаторах при включении его в сеть и при внезапном коротком замыкании на зажимах вторичной обмотки трансформатора
10. Перечислите виды перенапряжений в трансформаторах. Расскажите, в чем состоит внутренняя и внешняя защита трансформаторов от перенапряжений
11. Объясните устройство трансформатора для дуговой электросварки. Поясните специфику работы сварочного трансформатора
12. Объясните принцип действия генератора переменного тока. Поясните назначение контактных колец и щеток в синхронном генераторе.
13. Объясните устройство и принцип действия асинхронного двигателя. Поясните физический смысл скольжения и приведите формулу для определения скольжения
14. Расскажите, с какой целью обмотку статора асинхронной машины подключают к сети трехфазного тока. Объясните конструкцию короткозамкнутого и фазного ротора
15. Составьте энергетическую диаграмму асинхронного двигателя и поясните ее построение. Приведите формулу для определения КПД асинхронного двигателя
16. Приведите достоинства и недостатки пусковых свойств асинхронных двигателей. Расскажите о способах пуска асинхронных двигателей.
17. Перечислите способы регулирования частоты вращения трехфазных асинхронных двигателей и дайте им сравнительную оценку
18. Объясните устройство, принцип действия и пуск однофазного асинхронного двигателя
19. Объясните устройство, принцип действия и особенности конденсаторного асинхронного двигателя
20. Объясните устройство и принцип работы линейного асинхронного двигателя. Дайте определение краевого эффекта и поясните, каковы его нежелательные действия.

21. Расскажите о способах возбуждения синхронных машин. Объясните назначение тиристорного преобразователя в системе самовозбуждения синхронного генератора.
22. Составьте энергетическую диаграмму синхронного двигателя и поясните ее построение.. Приведите формулу для определения КПД синхронного двигателя
23. Расскажите о включении синхронных генераторов на параллельную работу. Что такое синхронизация генератора? Перечислите и дайте характеристику возможных способов синхронизации.
24. Объясните процесс пуска синхронного двигателя. Приведите механические характеристики, поясняющие пуск синхронного двигателя
25. Перечислите достоинства и недостатки синхронных двигателей по сравнению с асинхронными.
26. Объясните назначение, принцип действия и особенности конструкции синхронного компенсатора (СК). Составьте схему включения СК в электрическую систему. Расскажите о применении СК для повышения коэффициента мощности.
27. Объясните назначение и принцип действия реактивного шагового двигателя.
28. Укажите назначение и области применения машин постоянного тока. Приведите их классификацию. Объясните принцип действия генератора постоянного тока.
29. Объясните принцип действия генератора и двигателя постоянного тока.
30. Объясните устройство машин постоянного тока, конструкцию и назначение их основных узлов.
31. Перечислите участки магнитной цепи машины постоянного тока. Объясните сущность явления реакции якоря машины постоянного тока
32. Объясните способы устранения или ослабления вредного влияния реакции якоря.
33. Объясните причины вызывающие искрение на коллекторе. Какие степени искрения на коллекторе предусмотрены ГОСТом. Дайте каждой из них характеристику и укажите условия допустимости.
34. Перечислите способы улучшения коммутации. Объясните назначение и устройство добавочных полюсов.
35. Расскажите о причинах способных вызвать круговой огонь по коллектору. Поясните причины возникновения и способы устранения радиопомех, создаваемых коллекторными машинами
36. Приведите классификацию генераторов постоянного тока по способу возбуждения. Объясните их устройство и принцип действия
37. Объясните способы пуска двигателя постоянного тока. Что собой представляют пусковые реостаты? Объясните схему включения пускового реостата.
38. Объясните схему включения в сеть двигателя параллельного возбуждения с пусковым реостатом. Пояснить рабочие характеристики двигателя
39. Перечислите и дайте характеристику способов регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением..
40. Составьте энергетическую диаграмму двигателя постоянного тока и поясните ее построение. Приведите формулу для определения КПД двигателя постоянного тока.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Список рекомендуемых источников информации

Основные источники:

1. Кацман М.М. Справочник по электрическим машинам: учебное пособие. / М.М. Кацман. – М.: Высшая школа, 2017. - 480с.
2. Кацман М.М. Электрические машины: учебник. / М.М. Кацман. – М.: Высшая школа, 2016. - 469с.
3. Кацман М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу: учебное пособие./ М.М. Кацман. – М.: Академия, 2017. – 256с.

Дополнительные источники:

1. ГОСТ 16110-82, СТ СЭВ 1103-78. Трансформаторы силовые. Термины и определения.
2. ГОСТ 17274.1-85 СТ СЭВ 4438-83. Двигатели асинхронные. Общие технические условия.
3. ГОСТ 1624.2-85. Двигатели синхронные. Общие технические условия.
4. ГОСТ 16264.4-85. Двигатели постоянного тока бесконтактные. Общие технические условия.
5. ГОСТ 2.710-81. Обозначения буквенно – цифровые в электрических схемах

Электронные издания (электронные ресурсы)

1. Дробов А.В. Электрические машины [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дробов А.В., Галушко В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2015.— 292 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67795.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Дробов А.В. Электрические машины. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дробов А.В., Галушко В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2017.— 112 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67794.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Интернет-ресурсы

1. Ресурс <http://elektroinf.narod.ru>. - библиотека электроэнергетика
2. Ресурс <https://elektro-montagnik.ru/index.php> - учебно-образовательный сайт.
3. Ресурс <https://www.eleczon.ru/> - учебно-образовательный сайт.
4. Ресурс <http://claw.ru/> - образовательный портал.
5. Ресурс <http://ru.wikipedia.org> – свободная энциклопедия.