

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета _____ Бурковский А.В.

«31» августа 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Схемы обмоток электрических машин»

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль

Технология проектирования и производства электрических машин для устойчивой работы в заданных условиях с учетом геометрии воздушного зазора

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы

/Кононенко К.Е./

Заведующий кафедрой
Электромеханических
систем и электроснабжения

/Шелякин В.П./

Руководитель ОПОП

/Кононенко К.Е./

Воронеж 2018

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: Получение теоретических знаний и практических навыков разработки, исследования а также применения различных типов обмоток в электрических машинах.

1.2. Задачи освоения дисциплины: изучение особенностей использования различных типов обмоток электрических машин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Схемы обмоток электрических машин» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Схемы обмоток электрических машин» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	Знать основные типы обмоток электрических машин
	Уметь составлять схемы обмоток электрических машин
	Владеть методами вычислительного и физического экспериментов.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Схемы обмоток электрических машин» составляет 10 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		1	2
Аудиторные занятия (всего)	134	36	98
В том числе:			
Лекции	36	18	18
Практические занятия (ПЗ)	80	18	62
Лабораторные работы (ЛР)	18	-	18
Самостоятельная работа	190	72	118
Курсовая работа	+		+
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	+	+
Общая трудоемкость:			

академические часы	360	108	252
зач.ед.	10	3	7

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Общие вопросы обмоток электрических машин	Правила изображения схем обмоток. Обмоточный коэффициент. Влияние магнитопровода электрической машины на форму магнитного поля в воздушном зазоре	6	12	4	30	52
2	Обмотки асинхронных машин	Статорные обмотки. Обмотки ротора.	6	12	4	32	54
3	Обмотки синхронных машин	Обмотки якоря. Обмотки возбуждения. Демпферные обмотки.	6	14	4	32	56
4	Обмотки коллекторных машин постоянного тока	Обмотки возбуждения. Схемы обмоток якорей.	6	14	2	32	54
5	Обмотки бесконтактных машин постоянного тока	Обмотки якорей безпазовых конструкций. Особенности обмоток микродвигателей.	6	14	2	32	54
6	Обмотки трансформаторов	Схемы обмоток силовых трансформаторов. Обмотки трансформаторов малой мощности.	6	14	2	32	54
Итого			36	80	18	190	324

5.2 Перечень лабораторных работ

Включение синхронной машины на параллельную работу с мощной сетью. Снятие характеристик синхронной машины. Режимы холостого хода и короткого замыкания асинхронной машины. Испытания машины постоянного тока. Испытание однофазного трансформатора. Моделирование режима работы обмотки электрической машины в соответствии с планируемой темой выпускной работой магистра.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 2 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Схема обмотки статора энергоэффективного двигателя»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- Закрепление теоретических знаний.
- Изучение способов моделирования обмоток электрических машин.
- Закрепление приемов конструирования обмотки на конкретном примере.

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ

ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	знать основные типы обмоток электрических машин	Активная работа на практических занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь составлять схемы обмоток электрических машин	Активная работа на практических занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами вычислительного и физического экспериментов.	Активная работа на практических занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1, 2 семестре для очной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-2	знать основные типы обмоток электрических машин	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь составлять схемы обмоток электрических машин	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами вычислительного и физического экспериментов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

или

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-2	знать основные типы обмоток электрических машин	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь составлять схемы обмоток электрических машин	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами вычислительного и физического экспериментов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. В генераторе постоянного тока малой мощности обмотка якоря имеет 690 витков, а амплитуда индукции, распределенной по синусоидальному закону, равна 0,45 Тл. Определить электромагнитный момент генератора, если ток в проводнике обмотки 0,25 А, активная длина проводника обмотки 4 см и диаметр якоря 2,4 см. Укажите правильный ответ.

1. $7,4 \cdot 10^{-2}$ Н·м. 3. $9,5 \cdot 10^{-2}$ Н·м.
 2. $4,7 \cdot 10^{-2}$ Н·м. 4. $2,4 \cdot 10^{-2}$ Н·м.

2. У генератора постоянного тока сопротивление цепи обмотки якоря 4 Ом. Определить электрическую мощность, отдаваемую генератором в сеть, если он работает при токе 20 А, а ЭДС обмотки якоря равна 250 В. Укажите правильный ответ.

1. 6600 Вт. 2. 5000 Вт. 3. 3400 Вт. 4. 4920 Вт.

3. Укажите основной недостаток кольцевого якоря машины постоянного тока.

- В проводниках, расположенных на внутренней поверхности якоря, ЭДС не наводится.
- Щетки скользят при работе машины непосредственно по проводникам обмотки якоря.
- Сердечник якоря представляет собой полый ферромагнитный цилиндр.
- Механическая прочность кольцевого якоря ниже, чем у барабанного.

4. Какими мероприятиями обеспечивается синусоидальность напряжения на зажимах синхронного генератора? Укажите неправильный ответ.

- Обмотка возбуждения подключается к источнику постоянного тока.
- Обмотка статора (якоря) выполняется распределенной с укороченным шагом.

3. В явнополюсных машинах выбирается определенная форма полюсных наконечников (воздушный зазор под краями полюсных наконечников увеличивается).

4. В неявнополюсных машинах выбирается определенное отношение обмотанной части полюса ко всему полюсному делению ротора.

5. Могут ли жидкости применяться для охлаждения обмоток мощных синхронных машин? Укажите неправильный ответ.

1. Обмотка статора может быть погружена в трансформаторное масло.
2. Обмотки статора, изготовленные из полых проводников, могут выполняться с внутренним охлаждением трансформаторным маслом.
3. В качестве охлаждающей жидкости при внутреннем охлаждении проводников обмотки может применяться обычная водопроводная вода.
4. Жидкости могут применяться для внутреннего охлаждения проводников как обмотки статора, так и обмотки ротора.

6. За счет чего обеспечивается синусоидальность формы кривой напряжения синхронного генератора? Укажите неправильный ответ.

1. В явнополюсном генераторе - выбором определенной формы полюсных наконечников.
2. В неявнополюсном генераторе - выбором отношения обмотанной части полюса ко всему полюсному делению.
3. Во всех генераторах - укорочением шага и применением распределения обмотки якоря.
4. Во всех генераторах - выбором степени насыщения магнитной системы.

7. Обмотка ротора асинхронной машины, выполненная по типу «беличья клетка», как правило, изготавливается из медных стержней, если номинальная мощность P_{2H} превосходит определенный уровень. Укажите правильный ответ.

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. $P_{2H} > 1 \text{ кВт.}$ | 3. $P_{2H} > 100 \text{ кВт.}$ |
| 2. $P_{2H} > 10 \text{ кВт.}$ | 4. $P_{2H} > 1000 \text{ кВт.}$ |

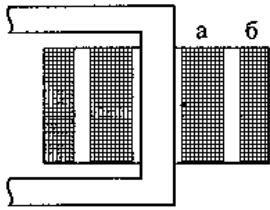
8. Существует два варианта исполнения асинхронных машин: а) обычно магнитное поле в машине создается переменным током, подведенными к обмотке статора - это «нормальное» исполнение; б) магнитное поле создается переменным током, подведенным к фазной обмотке ротора - «обращенное» исполнение.

В каком направлении вращаются ротор и магнитное поле в асинхронной машине нормального и обращенного исполнений при работе в режиме двигателя? Укажите правильный ответ.

1. В обоих случаях магнитное поле и ротор вращаются в одном направлении.
2. В обоих случаях магнитное поле и ротор вращаются в противоположных направлениях.
3. В нормальном исполнении магнитное поле и ротор вращаются в противоположных направлениях, в обращенном - в одном направлении.
4. В нормальном исполнении магнитное поле и ротор вращаются в одном направлении,

в обращенном - в противоположных направлениях.

9. Определите правильное расположение обмоток двухобмоточного трансформатора большой мощности. Укажите неправильный ответ.



1. б - обмотка высшего напряжения (ВН).
2. а - обмотка низшего напряжения (НН).
3. а - обмотка ВН или НН (безразлично).
4. а - только обмотка НН, б - только обмотка ВН.

10. Из каких соображений сердечник с обмоткой силовых трансформаторов помещается в бак, заполненный трансформаторным маслом? Укажите неправильный ответ.

1. Масло улучшает отвод тепла, которое выделяется в сердечнике и в обмотках трансформатора.
2. Трансформаторное масло является диэлектриком и служит дополнительной электрической изоляцией.
3. Масло предохраняет изоляцию обмоток от влияния влаги, находящейся в окружающей атмосфере.
4. Для уменьшения взрыво- и пожароопасности трансформатора.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Уравнение напряжения первичной обмотки трансформатора имеет вид:

$$U_1 = \frac{d\Psi_1}{dt} + r_1 i_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_1}{dt} + r_1 i_1.$$

Какая из величин, входящих в это уравнение, названа неправильно?

1. Ψ_1 - полное потокосцепление первичной обмотки.
2. r_1 - активное сопротивление первичной обмотки.
3. L_1 - индуктивность рассеяния первичной обмотки.
4. M - взаимная индуктивность первичной и вторичной обмоток.

2. Как изменятся ток холостого хода I_0 и магнитный поток Φ_m трансформатора, если увеличить число витков его первичной обмотки? Укажите правильный ответ.

1. I_0 и Φ_m не изменятся.
2. I_0 не изменится, Φ_m увеличится.
3. I_0 и Φ_m уменьшатся.
4. I_0 увеличится, Φ_m уменьшится.

3. Группа соединений обмоток трансформаторов определяется углом сдвига между векторами линейных ЭДС обмоток высшего напряжения (ВН) и низшего напряжения (НН). Что влияет на группу соединений? Укажите неправильный ответ.

1. Мощность трансформатора.
2. Способ намотки обмоток.
3. Способ обозначения выводов обмоток.
4. Схема соединения обмоток трехфазных трансформаторов.

4. На каком уровне выбирают отношение обмотанной части полюса ко всему полюсному делению ротора для уменьшения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в неявнополюсных синхронных генераторах? Укажите правильный ответ.

1. 0,45...0,55. 2. 0,55...0,67. 3. 0,67...0,8. 4. 0,8...0,9.

5. В чем заключается сущность теории (или метода) двух реакций? Укажите наиболее правильный и полный ответ.

1. Реакция якоря в этом случае учитывается только по продольной или по поперечной осям.
2. Может применяться, когда ток только чисто активный, чисто индуктивный или емкостной.
3. Ток якоря разлагается на две составляющие: продольную и поперечную, влияние которых учитывается отдельно.
4. Применяется только в неявнополюсных синхронных машинах.

6. Как проявляется поперечная реакция якоря в синхронной машине? Укажите неправильный ответ.

1. Размагничивает машину с ненасыщенной магнитной цепью.
2. Размагничивает машину с насыщенной магнитной цепью.
3. Искажает магнитное поле в зазоре машины с ненасыщенной магнитной цепью.
4. Искажает магнитное поле в зазоре машины с насыщенной магнитной цепью.

7. Какую маркировку выводных концов статорных обмоток предусматривает действующий ГОСТ на асинхронные машины? Укажите правильный ответ.

1. A_n - начало фазы А; B_n - начало фазы В;
 C_n - начало фазы С; A_k - конец фазы А;
 B_k - конец фазы В; C_k - конец фазы С.
2. C_1 - начало фазы А; C_2 - конец фазы А;
 C_3 - начало фазы В; C_4 - конец фазы В;
 C_5 - начало фазы С; C_6 - конец фазы С.
3. C_1 - конец фазы А; C_2 - начало фазы А;
 C_3 - конец фазы В; C_4 - начало фазы В;
 C_5 - конец фазы С; C_6 - начало фазы С.
4. C_1 - начало фазы А; C_2 - начало фазы В;
 C_3 - начало фазы С; C_4 - конец фазы А;

C_5 - конец фазы В; C_6 - конец фазы С.

8. Существуют различные способы борьбы с моментами от высших гармонических в асинхронных двигателях. Укажите неправильный ответ.

1. Применение на статоре распределенных обмоток с укороченным шагом.
2. Применение скоса пазов статора (ротора) на одно зубцовое деление ротора (статора).
3. Правильный выбор соотношения между числом зубцов на статоре и роторе.

Наиболее неблагоприятными соотношениями являются:

$$Z_1 = Z_2 \text{ и } Z_1 - Z_2 = \pm 2p.$$

4. Уменьшение величины воздушного зазора.

9. Укажите формулу для расчета результирующего шага простой петлевой обмотки.

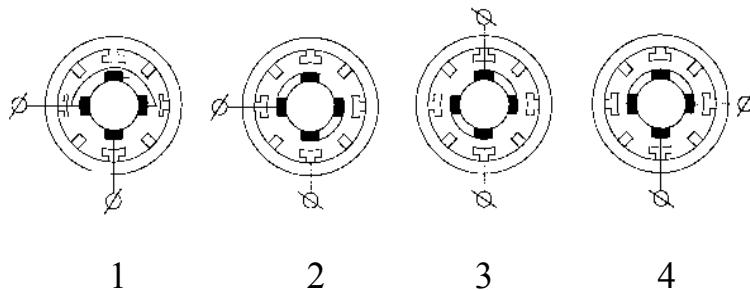
1. $y = (Z_2/2p) \pm \varepsilon$.
2. $y = \pm 1$.
3. $y = (Z_2 + 1)/p$.
4. $y = (Z_2 + 2)/p$.

10. Чему равно число параллельных ветвей простой петлевой обмотки? Укажите правильный ответ.

1. $2a = 2p$.
2. $2a = 2$.
3. $2a = 2mp$.
4. $2a = 2m$.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Четырехполюсная машина имеет четыре щеткодержателя (рисунок). Какая из схем соединения щеткодержателей правильная?



2. В шестиполюсной машине постоянного тока использована двухходовая сложная петлевая обмотка якоря. Число пазов $Z = 108$, число секций в катушке $S_k = 3$. Определить число параллельных ветвей обмотки $2a$. Чему равен первый частичный шаг $y_{1,Z}$, измеренный в реальных пазовых делениях, при условии выполнения обмотки с диаметральной (полным) шагом? Какие уравнивательные соединения необходимо применить в данной обмотке? Чему равен шаг уравнивателей первого рода? Укажите неправильный ответ.

1. $2a = 12$.
2. $y_{1,Z} = 18$.
3. Уравниватели первого и второго рода.
4. $y_y = 36$.

3. В четырехполюсной машине постоянного тока число коллекторных пластин $K = 18$, а обмотка выполнена в виде двухходовой сложной волновой. Рассчитать шаги обмотки. Какие уравнивательные соединения используются в этой обмотке и чему равны шаги этих соединений? Укажите неправильный ответ.

1. $y_1 = 5$.
2. $y_2 = 3$.
3. Уравнители второго рода.
4. $y_y = 8$.

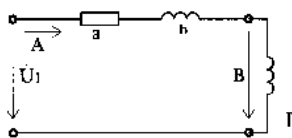
4. Трехфазная асинхронная машина имеет следующие данные: число витков фазы статора $W_1 = 68$; ротора $W_2 = 27$; обмоточный коэффициент обмотки статора $K_{об,1} = 0,866$, ротора $K_{об,2} = 0,954$. Частота питающей сети 50 Гц, вращающийся магнитный поток $\Phi_M = 2,7 \cdot 10^{-2}$ Вб. Определить действующие значения ЭДС, индуцированных в обмотках статора E_1 и ротора E_2 двигателя при неподвижном роторе. Укажите правильный ответ.

1. $E_1 = 353$ В; $E_2 = 154,4$ В.
2. $E_1 = 373$ В; $E_2 = 165,6$ В.
3. $E_1 = 250$ В; $E_2 = 109,3$ В.
4. $E_1 = 272$ В; $E_2 = 118,1$ В.

5. Как определяются приведенные величины роторной обмотки асинхронной машины? Укажите неправильный ответ.

1. $W_2' = W_1$; $m_2' = m_1$.
2. $E_2' = K_e E_2$.
3. $I_2' = K_i' I_2$.
4. $r_2' = K_e K_i r_2$; $x_2' = K_e K_i x_2$.

6. На рисунке приведена схема замещения обмотки статора асинхронной машины. Укажите неправильное значение величины, входящей в эту схему.



1. $A = \frac{1}{s}$.
2. $B = \frac{1}{s}$.
3. $a = r_1$.
4. $b = x_1 S$.

7. По известным значениям индуктивных сопротивлений обмотки якоря по продольной $x_{ad} = 2,02$ Ом и поперечной $x_{aq} = 1,53$ Ом осям гидрогенератора определить соответствующие ЭДС реакции якоря E_{ad} и E_{aq} для режима работы, характеризуемого отстающим током $I = 2800$ А и углом сдвига между ЭДС холостого хода и током $\varphi = 50^\circ$. Укажите правильный ответ.

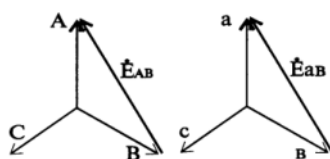
1. $E_{ad} = 2140$ В; $E_{aq} = 1800$ В.
2. $E_{ad} = 4330$ В; $E_{aq} = 2760$ В.
3. $E_{ad} = 3280$ В; $E_{aq} = 3640$ В.
4. $E_{ad} = 3640$ В; $E_{aq} = 3280$ В.

8. Почему в установившемся режиме работы синхронного двигателя пусковая обмотка не участвует в электромеханическом преобразовании энергии? Укажите правильный ответ.

1. В установившемся режиме пусковая обмотка неподвижна относительно вращающегося магнитного поля.
2. Пусковая обмотка имеет малое активное сопротивление.
3. Пусковая обмотка не имеет электрической связи ни с обмоткой статора, ни с обмоткой возбуждения.
4. Пусковая обмотка имеет малое индуктивное сопротивление.

9. Обмотки трехфазного трансформатора соединены по схеме Y/Y. Векторные диаграммы

ЭДС приведены на рис. 2.43. Определите группу



соединений обмоток трансформатора. Укажите правильный ответ.

1. Группа 6.
2. Группа 0.
3. Группа 5.
4. Группа 11.

10. Трехфазный трансформатор имеет на каждом сердечнике 2000 витков обмотки высшего напряжения и 80 витков обмотки низшего напряжения. Вычислить отношение $K = U_{л(в,н)}/U_{л(н,н)}$ для следующих схем соединения: Δ/Δ , Y/Y , Y/Δ , Δ/Y . Укажите неправильный ответ.

1. Для схемы Δ/Δ $K = 25$.
2. Для схемы Y/Y $K = 25$.
3. Для схемы Y/Δ $K = 14,43$.
4. Для схемы Δ/Y $K = 14,43$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Общие вопросы

Какие типы бесколлекторных машин переменного тока Вы знаете? Каковы области их применения?

Охарактеризуйте трехфазные обмотки машин переменного тока. Сравните их преимущества и недостатки.

Какая часть обмотки называется катушечной группой? Как определить ЭДС катушечной группы?

Какие средства используются для подавления высших гармоник ЭДС в обмотках машин переменного тока?

Что такое обмоточный коэффициент и как он вычисляется?

Охарактеризуйте МДС, создаваемой однофазной обмоткой.

Охарактеризуйте МДС, создаваемой трехфазной обмоткой.

От чего зависит частота и направление вращения магнитного поля, создаваемого трехфазной обмоткой? Как изменить направление вращения поля?

Как определяются индуктивные сопротивления от магнитных полей воздушного зазора? Объясните их физический смысл.

Какая часть магнитного поля, создаваемая обмоткой машины переменного тока, называется полем рассеяния? Из каких составляющих она состоит?

Обмотки синхронных машин

Объясните устройство, принцип действия и область применения синхронных машин.

Что такое реакция якоря и какое влияние она оказывает на работу синхронного генератора?

Постройте и объясните характеристики синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку.

Что такое отношение короткого замыкания? Как его величина влияет на габариты и стоимость синхронной машины?

Почему характеристики короткого замыкания линейны? Объясните, почему при $i_b = \text{const}$ токи трех-, двух- и однофазного короткого замыкания находятся в отношении $I_{k3} < I_{k2} < I_{k1}$?

Дайте определение и поясните физическую сущность основных параметров явнополюсного синхронного генератора, работающего в установившемся синхронном режиме: r , X_d , X_q , X_{ad} , X_{aq} , X_σ , X_1 , X_2 , X_0 .

Какой режим называется параллельной работой синхронных генераторов? Когда возникает необходимость параллельной работы генераторов?

Какие условия необходимо выполнить для включения синхронных генераторов на параллельную работу? Какие способы синхронизации применяются на практике? Как регулируется активная и реактивная мощность синхронного генератора при работе параллельно с сетью? Какими характеристиками описываются эти процессы? Сформируйте принцип обратимости синхронных машин. Как работающий синхронный двигатель перевести в режим генератора и наоборот? Как можно регулировать коэффициент мощности синхронного двигателя? Какой характеристикой описывается этот процесс? Какая электрическая машина называется синхронным компенсатором? Для какой цели он используется? Какие способы пуска синхронных двигателей и компенсаторов получили применение? Опишите их. Чем отличается влияние реакции якоря в синхронном двигателе, от реакции якоря в синхронном генераторе? Чем отличается внезапное короткое замыкание синхронного генератора от установившегося короткого замыкания? При каких условиях ток внезапного короткого замыкания синхронного генератора будет максимальным или ударным? Какие сопротивления синхронного генератора называются сверхпереходными? Что они характеризуют?

Обмотки асинхронных машин

В каких режимах может работать асинхронная машина? Какой режим является наиболее распространенным? Опишите конструкцию обмоток асинхронных машин. Чем отличается работа асинхронной машины при неподвижном и вращающемся роторе? Как зависят ЭДС и частота тока в обмотке ротора от скольжения? Какова роль эквивалентной схемы замещения асинхронной машины и физическая сущность ее параметров? От чего зависят частота и направление вращения магнитного поля в асинхронной машине? Как изменить направление его вращения? Объясните зависимость электромагнитного момента от скольжения $M(S)$. Как влияют параметры схемы замещения асинхронного двигателя на величину электромагнитного момента? Какой режим называется коротким замыканием асинхронного двигателя? Какое влияние оказывают на работу асинхронного двигателя составляющие электромагнитного момента от высших гармонических? Как уменьшить их влияние? Как по данным опытов построить круговую диаграмму? Какие способы пуска применяются для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и какие – для асинхронных двигателей с фазным ротором? Сравните пусковые свойства этих двигателей. Какие асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми характеристиками Вы знаете? Укажите их достоинство и недостатки. Какие способы регулирования скорости вращения ротора применяются асинхронных двигателях? Укажите принцип работы достоинства и недостатки однофазных асинхронных двигателей. Какие способы пуска находят применение? Опишите работу асинхронной машины в режиме индукционного регулятора. Каковы особенности работы и конструкции дуговых и линейных асинхронных двигателей? В каких тормозных режимах может работать асинхронная машина?

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Обмотки машин постоянного тока

Какие обмотки применяются для якорей машин постоянного тока? Из каких условий выбирается тип якорных обмоток?

Какое влияние оказывает на работу машины постоянного тока продольная и поперечная составляющие реакции якоря?

Что подразумевается под коммутацией тока в машинах постоянного тока? При каких условиях коммутация будет прямолинейная, замедленная и ускоренная? Как она влияет на искрение щеток, установленных на коллекторе?

Дайте классификацию генераторов по способам возбуждения. Сформулируйте условия самовозбуждения генераторов постоянного тока с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением.

Проанализируйте различные способы пуска двигателей постоянного тока и определите области их применения.

Охарактеризуйте процесс нагревания машины постоянного тока.

От каких параметров зависит температура установившегося теплового режима отдельных частей электрической машины?

Чем ограничивается максимальная температура отдельных частей электрической машины.

Какой режим работы называется продолжительным, кратковременным, повторно-кратковременным?

Общие вопросы

Какие типы бесколлекторных машин переменного тока Вы знаете? Каковы области их применения?

Охарактеризуйте трехфазные обмотки машин переменного тока. Сравните их преимущества и недостатки.

Какая часть обмотки называется катушечной группой? Как определить ЭДС катушечной группы?

Какие средства используются для подавления высших гармоник ЭДС в обмотках машин переменного тока?

Что такое обмоточный коэффициент и как он вычисляется?

Охарактеризуйте МДС, создаваемой однофазной обмоткой.

Охарактеризуйте МДС, создаваемой трехфазной обмоткой.

От чего зависит частота и направление вращения магнитного поля, создаваемого трехфазной обмоткой? Как изменить направление вращения поля?

Как определяются индуктивные сопротивления от магнитных полей воздушного зазора? Объясните их физический смысл.

Какая часть магнитного поля, создаваемая обмоткой машины переменного тока, называется полем рассеяния? Из каких составляющих она состоит?

Обмотки синхронных машин

Объясните устройство, принцип действия и область применения синхронных машин.

Что такое реакция якоря и какое влияние она оказывает на работу синхронного генератора?

Постройте и объясните характеристики синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку.

Что такое отношение короткого замыкания? Как его величина влияет на габариты и стоимость синхронной машины?

Почему характеристики короткого замыкания линейны? Объясните, почему при $i_b = \text{const}$ токи трех-, двух- и однофазного короткого замыкания находятся в отношении $I_{k3} < I_{k2} < I_{k1}$?

Дайте определение и поясните физическую сущность основных параметров

явнополусного синхронного генератора, работающего в установившемся синхронном режиме: r , X_d , X_q , X_{ad} , X_{aq} , X_σ , X_1 , X_2 , X_0 .

Какой режим называется параллельной работой синхронных генераторов? Когда возникает необходимость параллельной работы генераторов?

Какие условия необходимо выполнить для включения синхронных генераторов на параллельную работу? Какие способы синхронизации применяются на практике?

Как регулируется активная и реактивная мощность синхронного генератора при работе параллельно с сетью? Какими характеристиками описываются эти процессы?

Сформируйте принцип обратимости синхронных машин. Как работающий синхронный двигатель перевести в режим генератора и наоборот?

Как можно регулировать коэффициент мощности синхронного двигателя? Какой характеристикой описывается этот процесс?

Какая электрическая машина называется синхронным компенсатором? Для какой цели он используется?

Какие способы пуска синхронных двигателей и компенсаторов получили применение? Опишите их.

Чем отличается влияние реакции якоря в синхронном двигателе, от реакции якоря в синхронном генераторе?

Чем отличается внезапное короткое замыкание синхронного генератора от установившегося короткого замыкания?

При каких условиях ток внезапного короткого замыкания синхронного генератора будет максимальным или ударным?

Какие сопротивления синхронного генератора называются сверхпереходными? Что они характеризуют?

Обмотки асинхронных машин

В каких режимах может работать асинхронная машина? Какой режим является наиболее распространенным?

Опишите конструкцию обмоток асинхронных машин.

Чем отличается работа асинхронной машины при неподвижном и вращающемся роторе?

Как зависят ЭДС и частота тока в обмотке ротора от скольжения?

Какова роль эквивалентной схемы замещения асинхронной машины и физическая сущность ее параметров?

От чего зависят частота и направление вращения магнитного поля в асинхронной машине?

Как изменить направление его вращения?

Объясните зависимость электромагнитного момента от скольжения $M(S)$. Как влияют параметры схемы замещения асинхронного двигателя на величину электромагнитного момента?

Какой режим называется коротким замыканием асинхронного двигателя?

Какое влияние оказывают на работу асинхронного двигателя составляющие электромагнитного момента от высших гармонических? Как уменьшить их влияние?

Как по данным опытов построить круговую диаграмму?

Какие способы пуска применяются для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и какие – для асинхронных двигателей с фазным ротором? Сравните пусковые свойства этих двигателей.

Какие асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми характеристиками Вы знаете? Укажите их достоинство и недостатки.

Какие способы регулирования скорости вращения ротора применяются асинхронных двигателей?

Укажите принцип работы достоинства и недостатки однофазных асинхронных двигателей.

Какие способы пуска находят применение?

Опишите работу асинхронной машины в режиме индукционного регулятора.

Каковы особенности работы и конструкции дуговых и линейных асинхронных двигателей?

В каких тормозных режимах может работать асинхронная машина?

Обмотки трансформаторов

Составьте схему замещения трансформатора. Как опытным путем определить параметры схемы замещения трансформатора?

Как работает трансформатор в режиме короткого замыкания? Дайте определение термина "напряжение короткого замыкания"? От чего зависит его величина?

Как выполняются трехфазные трансформаторы? Опишите преимущества и недостатки трехфазных трансформаторов разных типов.

Что подразумевается под группой соединения обмоток трансформаторов? От чего она зависит?

Рассмотрите особенности работы однофазных и трехфазных трансформаторов в режиме холостого хода.

Какое влияние оказывает на работу трехфазных трансформаторов несимметрия нагрузки? Какие ограничения в связи с этим возникают?

Сформулируйте условия, которые необходимо выполнить и почему, при включении трансформаторов на параллельную работу.

Каковы особенности переходных процессов при включении трансформаторов под нагрузкой?

Чем отличается внезапное короткое замыкание от установившегося? Каким воздействиям подвергаются обмотки трансформатора при этом?

В результате каких явлений в обмотках трансформатора возникают перенапряжения?

Какие существуют методы защиты трансформатора от перенапряжения?

Почему в трехобмоточных трансформаторах изменение тока нагрузки в одной из вторичных обмоток влияет на значение напряжения другой вторичной обмотки?

Какие преимущества и недостатки имеет автотрансформатор по сравнению с обычным трансформатором?

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Общие вопросы обмоток электрических машин	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, КР
2	Обмотки асинхронных машин	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, КР
3	Обмотки синхронных машин	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, КР
4	Обмотки коллекторных машин постоянного тока	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, КР
5	Обмотки бесконтактных машин постоянного тока	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, КР
6	Обмотки трансформаторов	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, КР

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Копылов И.П. Проектирование электрических машин. Учебник / под ред. И.П. Копылова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2014. – 767 с.

Кононенко А.В. Математическое моделирование асинхронных двигателей [электронный ресурс]. Кононенко А.В., Кононенко К.Е. учеб. Пособие. – Воронеж, 2014, - 125 с. № Гос. Регистрации 0321403443.

Кононенко К.Е. Лабораторный практикум по курсу «Электрические машины» [электронный ресурс]. Кононенко К.Е., Писаревский Ю.В., Кононенко А.В., Писаревский А.Ю. учеб. Пособие. – Воронеж, 2017, - 141 с. № Гос. Регистрации 0321702096.

Шаншуров Г.А. Специальные электрические машины. Оценка качества обмоток машин переменного тока на стадии проектирования : учебное пособие / Шаншуров Г.А., Дружинина Т.В., Будникова А.Ю.. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2015. — 40 с. — ISBN 978-5-7782-2667-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91536.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

Шаншуров Г.А. Матричная модель обмоток машин переменного тока : учебное пособие / Шаншуров Г.А., Червяков А.В.. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 82 с. — ISBN 978-5-7782-2167-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/45103.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

Шаншуров Г.А. Специальные электрические машины. Оценка качества обмоток машин переменного тока на стадии проектирования : учебное пособие / Шаншуров Г.А., Дружинина Т.В., Будникова А.Ю.. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2015. — 40 с. — ISBN 978-5-7782-2667-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91536.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Еремеев, А. И. Обмотки электрических машин / А.И. Еремеев. - 2-е изд., перераб. - Москва|Ленинград : Гос. энергетическое изд-во, 1940. - 481 с. - ISBN 978-5-4460-6977-4. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=100718>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic
- SMath Studio;
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader

- Internet explorer;
- FEMM 4.2;
- Компас-График LT;
- AutoCAD.

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

8.2.3 Информационные справочные системы

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

8.2.4 Современные профессиональные базы данных

- Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru>
- Единая система конструкторской документации. URL: https://standartgost.ru/0/2871-edinaya_sistema_konstruktorskoy_dokumentatsii
- Федеральный институт промышленной собственности. Информационно-поисковая система. URL: www1.fips.ru
- Национальная электронная библиотека. URL: elibrary.ru
- Electrical 4U. Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник». Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>
- All about circuits. Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация. Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com>
- Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>
- Marketelectro. Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>
- Библиотека Адрес ресурса: <http://lib.wwer.ru/>
- Каталог электротехнического оборудования. URL: <https://electro.mashinform.ru;>
- Электродвигатели. <http://www.elecab.ru/dvig.shtml>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

Компьютерный класс для магистров.

Лаборатория электрических машин.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Схемы обмоток электрических машин» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета обмоток. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов;

	- работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	
3			