

**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

«Электрическая машина как основной элемент энергетических
установок»

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: подчеркнуть роль электрической машины в системе выработки и распределения электрической энергии, а также в технологических производственных процессах.

1.2. Задачи освоения дисциплины: изучение энергетических установок с электрическими машинами; изучение электрических машин, используемых в установках промышленной выработки, преобразования и транспортировки электрической энергии; изучение электрических машин в технологических системах производственного и специализированного назначения; изучение электрических машин автоматизированных систем и информационных комплексов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Электрическая машина как основной элемент энергетических установок» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Электрическая машина как основной элемент энергетических установок» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать назначение электрических машин в энергетических установках.
	Уметь правильно подобрать нужный тип электрической машины для поставленной задачи.
	Владеть методами расчета и моделирования электрических машин.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Электрическая машина как основной элемент энергетических установок» составляет 9 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	144	144
В том числе:		

Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	72	72
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	144	144
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	324 9	324 9

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	Энергетические установки с электрическими машинами	Введение. Тепловые электростанции. Гидравлические электростанции. Подстанции. Автономные энергетические установки.	6	12	6	24	48
2	Силовые и специальные трансформаторы	Конструкции и устройство. Основные расчетные соотношения. Основные характеристики. Расчет поля и уточнение характеристик. Моделирование переходных процессов.	6	12	6	24	48
3	Синхронные машины	Конструкции и устройство. Основные расчетные соотношения. Основные характеристики. Расчет поля и уточнение характеристик. Моделирование переходных процессов.	6	12	6	24	48
4	Асинхронные машины	Конструкции и устройство. Основные расчетные соотношения. Основные характеристики. Расчет поля и уточнение характеристик. Моделирование переходных процессов.	6	12	6	24	48
5	Коллекторные машины и микромашины	Конструкции и устройство. Основные расчетные соотношения. Основные характеристики. Расчет поля и уточнение характеристик. Моделирование переходных процессов.	6	12	6	24	48
6	Бесконтактные машины и микромашины	Конструкции и устройство. Основные расчетные соотношения. Основные характеристики. Расчет поля и уточнение характеристик. Моделирование переходных процессов.	6	12	6	24	48
Итого			36	72	36	144	288

5.2 Перечень лабораторных работ

Испытания синхронной машины в режиме генератора. Испытания синхронного двигателя с электромагнитным возбуждением. Испытания синхронного микродвигателя. Опыт холостого хода и короткого замыкания асинхронной машины. Снятие рабочих характеристик с асинхронного двигателя с фазным ротором. Испытания трансформатора.

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

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

Примерная тематика курсового проекта: «Энергоэффективная электрическая машина»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Выбор типа электрической машины под поставленную задачу.
- Расчет и конструирование.
- Получение характеристик и обоснование достижения поставленной задачи.

Курсовой проект включают 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-1	Знать назначение электрических машин в энергетических установках.	Активная работа на практических и лабораторных 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 правильно подобрать нужный тип электрической машины для поставленной задачи.	Активная работа на практических и лабораторных 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 расчета и моделирования электрических машин.	Активная работа на практических и лабораторных 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 2 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;
 «хорошо»;
 «удовлетворительно»;
 «неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	Знать назначение электрических машин в энергетических установках.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь правильно подобрать нужный тип электрической машины для поставленной задачи.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть методами расчета и моделирования электрических машин.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован 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 каком из приведенных определений, характеризующих синхронную машину, допущена ошибка?

1. Синхронной называется такая машина переменного тока, у которой частота вращения не зависит от частоты тока в сети.
2. Неподвижная часть машины называется статором, вращающаяся часть - ротором. Как правило, обмотка возбуждения постоянного тока располагается на роторе.
3. В зависимости от конструкции ротора синхронные машины подразделяют на явнополюсные и неявнополюсные.
4. Неявнополюсный ротор обычно выполняется в турбогенераторах, а гидрогенераторы - это явнополюсные машины.

2. Какой процент от мощности синхронной машины расходуется на ее возбуждение? Укажите правильный ответ.

1. 0,3%.
2. 0,3...3%.
3. 10...15%.
4. 20...50%.

3. Почему ротор в турбогенераторах выполняется массивным из стальной поковки? Укажите наиболее правильный ответ.

1. Из технологических соображений (производство такого ротора наиболее дешево).
2. Для обеспечения необходимой механической прочности.
3. Для уменьшения магнитного сопротивления машины.
4. Для уменьшения потерь в стали.

4. Какая из частей асинхронного двигателя не может быть изготовлена из указанных материалов?

1. Обмотка статора - медь, алюминий.
2. Сердечник статора - электротехническая сталь.
3. Сердечник ротора - электротехническая сталь, алюминий.
4. Обмотка ротора - медь, алюминий, латунь.

5. Почему сердечник статора асинхронных двигателей собирается в осевом направлении из изолированных между собой листов электротехнической стали? Укажите правильный ответ.

1. Из технологических соображений.
2. Для улучшения охлаждения сердечника.
3. Для облегчения конструкции.
4. Для уменьшения потерь в стали на вихревые токи.

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

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

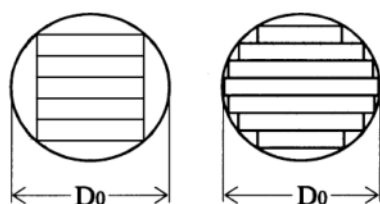
7. Для чего магнитопровод трансформатора выполняется из ферромагнитного материала? Укажите неправильный ответ.

1. Для удобства сборки трансформатора.
2. Для увеличения магнитной связи между обмотками.
3. Для уменьшения тока холостого хода.
4. Для уменьшения расхода меди.

8. Для какой цели на электростанциях в начале линии электропередачи устанавливают повышающие трансформаторы? Укажите неправильный ответ.

1. Для повышения напряжения в линии электропередачи.
2. Для уменьшения потерь энергии в проводах электропередачи.
3. Для повышения коэффициента мощности $\cos \varphi$.
4. Для уменьшения расхода проводов на линию электропередачи.

9. Сечение стержня сердечника трансформатора имеет одну из форм, приведенных на рисунке. Какая из форм характерна для трансформаторов малой и большой мощности? Укажите правильный ответ.



а

б

1. "а" и "б" - для малой и большой мощности.
2. "а" - для малой; "б" - для большой мощности.
3. "а" - для большой; "б" - для малой мощности.
4. "а" и "б" - только для большой мощности

10. Назначение какой из частей машины постоянного тока указано не полностью?

1. Основные полюсы служат для создания основного магнитного потока.
2. Добавочные полюсы служат для обеспечения безыскровой работы щеток на коллекторе.
3. Станина служит для проведения магнитного потока основных и добавочных полюсов, для конструктивного оформления машины и для крепления ее к фундаменту.
4. Коллектор и щеточный аппарат служат для соединения обмотки якоря с внешней цепью.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

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

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

4. Однофазный трансформатор в режиме холостого хода, подключенный к сети переменного напряжения 220 В, при токе 1,8 А потребляет 85 Вт. Определить действующие значения синусоидальных активной $I_{0,a}$ и реактивной $I_{0,p}$ составляющих тока, а также полную мощность, потребляемую трансформатором из сети S_0 , и коэффициент мощности $\cos \varphi_0$. Укажите неправильный ответ.

1. $I_{0,a} = 0,386$ А. 3. $S_0 = 387,2$ В·А.

2. $I_{0,p} = 1,76 \text{ A}$. 4. $\cos \varphi_0 = 0,215$.

5. Определить активную составляющую тока холостого хода трансформатора при напряжении $U_1 = 5770 \text{ В}$, если индукция в ярме $B_y = 1,4 \text{ Тл}$, стержне $B_c = 1,46 \text{ Тл}$, частота $f = 50 \text{ Гц}$. Масса ярма трансформатора $m_y = 300 \text{ кг}$, масса стержней $m_c = 435 \text{ кг}$. Магнитопровод выполнен из электротехнической стали с удельными потерями $P_{1,0/50} = 0,5 \text{ Вт/кг}$. Укажите правильный ответ.

1. $0,131 \text{ A}$. 2. $0,151 \text{ A}$. 3. $0,091 \text{ A}$. 4. $0,101 \text{ A}$.

6. При включении однофазного трансформатора в сеть в режиме холостого хода напряжение на зажимах вторичной обмотки $U_{2,0} = 6600 \text{ В}$, ток $I_0 = 12,3 \text{ A}$, а потребляемая из сети мощность $P_0 = 26,6 \text{ кВт}$. Активные сопротивления обмоток $R_1 = 0,5835 \text{ Ом}$, $R_2 = 0,037 \text{ Ом}$, а индуктивные $X_1 = 4,4 \text{ Ом}$, $X_2 = 0,42 \text{ Ом}$. Вычислить недостающие параметры электрической схемы замещения трансформатора. Номинальное напряжение первичной обмотки $U_1 = 20210 \text{ В}$. Укажите неправильный ответ.

1. Приведенное активное сопротивление вторичной обмотки $r_2' = 0,35 \text{ Ом}$.
2. Приведенное индуктивное сопротивление рассеяния вторичной обмотки $x_2' = 1,28 \text{ Ом}$.
3. Активное сопротивление намагничивающего контура $r_m = 176 \text{ Ом}$.
4. Индуктивное сопротивление намагничивающего контура $x_m = 1634 \text{ Ом}$.

7. Какое предельное значение коэффициента искажения синусоидальности кривой линейного напряжения при холостом ходе и номинальном напряжении K_n допускается для трехфазных генераторов переменного тока промышленной частоты? Укажите неправильный ответ.

1. $K_n \leq 2,5\%$ при $P_n > 1000 \text{ кВт} \cdot \text{А}$.
2. $K_n \leq 5\%$ при $P_n > 100 \text{ кВт} \cdot \text{А}$.
3. $K_n \leq 10\%$ при $P_n = 10 \dots 100 \text{ кВт} \cdot \text{А}$.
4. При $P_n < 10 \text{ кВт} \cdot \text{А}$ уровень допустимого значения коэффициента искажения синусоидальности кривой линейного напряжения устанавливается по согласованию между изготовителем генератора и заказчиком.

8. При какой величине отношения минимального зазора к максимальному $\delta/\delta_{\text{макс}}$ обеспечивается наибольшее приближение к синусоиде у формы кривой напряжения явнополюсного синхронного генератора? Укажите правильный ответ.

1. $1:1,5$. 2. $1:2,5$. 3. $1:3$. 4. $1:3,5$.

9. Каким образом достигается выполнение всех условий параллельной работы перед включением синхронного генератора в сеть методом точной синхронизации? Укажите неправильный ответ.

1. Совпадение напряжения генератора по фазе с напряжением сети обеспечивается потоком возбуждения генератора.
2. Равенство частот напряжений генератора и сети устанавливается изменением частоты вращения ротора генератора воздействием на момент, развиваемый первичным двигателем.

3. Изменение порядка чередования фаз генератора производится перестановкой двух фаз между собой.
4. Изменение величины напряжения генератора осуществляется регулированием тока возбуждения.

10. Выполнение какого из нижеперечисленных условий является необязательным при включении синхронного генератора на параллельную работу методом точной синхронизации?

1. Напряжение на зажимах обмотки якоря генератора должно быть равно напряжению в сети и совпадать по фазе.
2. Частоты напряжения генератора и сети должны быть одинаковы.
3. Чередование фаз генератора должно быть одинаково.
4. Частоты вращения роторов всех параллельно работающих генераторов должны быть одинаковы.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. В каких пределах может изменяться угол нагрузки турбогенератора при параллельной работе с сетью, чтобы его режим работы оставался статически устойчивым? Укажите правильный ответ.

1. $\theta = 0...45^\circ$.
2. $\theta = 0...90^\circ$.
3. $\theta = 45...135^\circ$.
4. $\theta = 90...180^\circ$.

2. Определите максимальную мощность $P_{2\text{макс}}$, отдаваемую трехфазным турбогенератором при параллельной работе с мощной сетью, если известно, что $U_\phi = 6,3 \text{ кВ}$; $E_0 = 7,0 \text{ кВ}$; $x_d = 100 \text{ Ом}$. Укажите правильный ответ.

1. 0,44 МВт.
2. 0,93 МВт.
3. 1,32 МВт.
4. 2,28 МВт.

3. Определите номинальную мощность трехфазного турбогенератора при параллельной работе с мощной сетью, если известно, что $U_\phi = 6,3 \text{ кВ}$; $E_0 = 7,5 \text{ кВ}$; $x_d = 50 \text{ Ом}$; перегрузочная способность 2,1. Укажите правильный ответ.

1. 1,35 МВт.
2. 0,45 МВт.
3. 0,78 МВт.
4. 0,95 МВт.

4. Вертикальный явнополусный трехфазный гидрогенератор имеет следующие данные: $m = 3$; $U_n = 13,8 \text{ кВ}$; $E_0 = 16,4 \text{ кВ}$; $x_d = 1,4 \text{ Ом}$; $x_q = 1 \text{ Ом}$. Определить, какую часть от полного электромагнитного момента машины составляет реактивный момент при работе генератора с углом нагрузки $\theta_n = 30^\circ$. Укажите правильный ответ.

1. 0,32.
2. 0,23.
3. 0,16.
4. 0,11.

5. Рассчитать число пар полюсов синхронных турбо- и гидрогенераторов, вырабатывающих электроэнергию переменного тока с частотой $f = 50 \text{ Гц}$, если частоты вращения их роторов составляют: 1. 3000 об/мин; 2. 1500 об/мин; 3. 187,5 об/мин; 4. 120 об/мин. Укажите неправильный ответ.

1. $p = 1$.
2. $p = 2$.
3. $p = 14$.
4. $p = 25$.

6. 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:
 $Z_1 = Z_2$ и $Z_1 - Z_2 = \pm 2p$.
4. Уменьшение величины воздушного зазора.

7. Какими конструктивными решениями добиваются уменьшения паразитных вращающих моментов в асинхронных двигателях? Укажите неправильный ответ.

1. Скосом пазов ротора.
2. Увеличением активного сопротивления обмотки ротора.
3. Скосом пазов статора.
4. Укорочением шага обмотки статора.

8. В каком из уравнений, описывающих режим холостого хода асинхронной машины при неподвижном роторе, допущена ошибка?

1. $\dot{\Phi}_1 = -\dot{\Phi}_1 - jx_1 \dot{\Phi}_0 - r_1 \dot{\Phi}_0$.
2. $E_1 = 4,44f_1 W_1 K_{o61} \Phi_m$.
3. $E_2 = 4,44f_1 W_2 K_{o62} \Phi_m$.
4. $K_e = E_1/E_2 = W_1 K_{o61}/(W_2 K_{o62})$.

9. Чем отличается холостой ход асинхронной машины при неподвижном роторе от холостого хода трансформатора? Укажите неправильный ответ.

1. Ток холостого хода в асинхронной машине обычно равен $I_0 = (0,2...0,5)I_n$, а в трансформаторе $(0,03...0,1)I_n$ из-за наличия воздушного зазора между статором и ротором.
2. Падение напряжения в обмотке статора асинхронной машины при холостом ходе составляет $(0,02...0,05)U_n$, а в трансформаторе оно равно $(0,001...0,004)U_n$.
3. Ток холостого хода асинхронной машины образует симметричную систему и по форме близок к синусоиде.
4. Потери в стали асинхронной машины при холостом ходе малы и ими можно пренебречь.

10. Чем характеризуется режим короткого замыкания асинхронного двигателя? Укажите неправильный ответ.

1. Обмотка ротора замкнута накоротко, а ротор заторможен ($n = 0$).
2. При $U_1 = U_n$ ток в обмотке статора равен $I_{1к} = (10...20)I_n$.
3. Магнитодвижущие силы обмоток статора и ротора вращаются в одном направлении с одинаковой частотой, поэтому $\dot{\Phi}_1 + \dot{\Phi}_2 = \dot{\Phi}_\kappa$, где $\dot{\Phi}_\kappa$ - результирующая МДС.
4. Коэффициент трансформации токов
 $K_1 = I_2/I_1 = m_1 W_1 K_{o61}/(m_2 W_2 K_{o62})$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

По теме "Общие вопросы"

1. Какие типы бесколлекторных машин переменного тока Вы знаете? Каковы области их применения?
2. Охарактеризуйте трехфазные обмотки машин переменного тока. Сравните их преимущества и недостатки.
3. Какая часть обмотки называется катушечной группой? Как определить ЭДС катушечной группы?
4. Какие средства используются для подавления высших гармоник ЭДС в обмотках машин переменного тока?
5. Что такое обмоточный коэффициент и как он вычисляется?
6. Охарактеризуйте МДС, создаваемой однофазной обмоткой.
7. Охарактеризуйте МДС, создаваемой трехфазной обмоткой.
8. От чего зависит частота и направление вращения магнитного поля, создаваемого трехфазной обмоткой? Как изменить направление вращения поля?
9. Как определяются индуктивные сопротивления от магнитных полей воздушного зазора? Объясните их физический смысл.
10. Какая часть магнитного поля, создаваемая обмоткой машины переменного тока, называется полем рассеяния? Из каких составляющих она состоит?

По теме "Синхронные машины в энергетических установках"

1. Объясните устройство, принцип действия и область применения синхронных машин.
2. Что такое реакция якоря и какое влияние она оказывает на работу синхронного генератора?
3. Постройте и объясните характеристики синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку.
4. Что такое отношение короткого замыкания? Как его величина влияет на габариты и стоимость синхронной машины?
5. Почему характеристики короткого замыкания линейны? Объясните, почему при $i_b = \text{const}$ токи трех-, двух- и однофазного короткого замыкания находятся в отношении $I_{k3} < I_{k2} < I_{k1}$?
6. Постройте векторную диаграмму явнополюсного и неявнополюсного синхронных генераторов. Чем отличаются они между собой?
7. 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 .
8. Какой режим называется параллельной работой синхронных генераторов? Когда возникает необходимость параллельной работы генераторов?
9. Какие условия необходимо выполнить для включения синхронных генераторов на параллельную работу? Какие способы синхронизации применяются на практике?
10. Как регулируется активная и реактивная мощность синхронного генератора при работе параллельно с сетью? Какими характеристиками описываются эти процессы?
11. Сформируйте принцип обратимости синхронных машин. Как работающий синхронный двигатель перевести в режим генератора и наоборот?
12. Чем отличаются векторные диаграммы синхронного двигателя, от векторных диаграмм синхронного генератора?
13. Как можно регулировать коэффициент мощности синхронного двигателя? Какой характеристикой описывается этот процесс?
14. Какая электрическая машина называется синхронным компенсатором? Для какой цели он используется?
15. Какие способы пуска синхронных двигателей и компенсаторов получили

применение? Опишите их.

16. Чем отличается влияние реакции якоря в синхронном двигателе, от реакции якоря в синхронном генераторе?
17. Чем отличается внезапное короткое замыкание синхронного генератора от установившегося короткого замыкания?
18. При каких условиях ток внезапного короткого замыкания синхронного генератора будет максимальным или ударным?
19. Какие сопротивления синхронного генератора называются сверхпереходными? Что они характеризуют?
20. Чем объяснить колебательный характер вращения синхронных машин при резком изменении режима ее работы?

По теме "Асинхронные машины в энергетических установках"

1. В каких режимах может работать асинхронная машина? Какой режим является наиболее распространенным?
2. Опишите конструкцию асинхронных машин.
3. Почему ротор асинхронного двигателя не может вращаться с синхронной скоростью?
4. Чем отличается работа асинхронной машины при неподвижном и вращающемся роторе? Как зависят ЭДС и частота тока в обмотке ротора от скольжения?
5. Как и для какой цели вращающийся ротор асинхронной машины заменяется эквивалентным и неподвижным?
6. Какова роль эквивалентной схемы замещения асинхронной машины и физическая сущность ее параметров?
7. От чего зависят частота и направление вращения магнитного поля в асинхронной машине? Как изменить направление его вращения?
8. Объясните зависимость электромагнитного момента от скольжения $M(S)$. Как влияют параметры схемы замещения асинхронного двигателя на величину электромагнитного момента?
9. Какой режим называется коротким замыканием асинхронного двигателя?
10. Как определить параметры схемы замещения для асинхронного двигателя с короткозамкнутой обмоткой ротора типа "беличья клетка"?
11. Какое влияние оказывают на работу асинхронного двигателя составляющие электромагнитного момента от высших гармонических? Как уменьшить их влияние?
12. Как при помощи круговой диаграммы построить рабочие характеристики асинхронного двигателя?
13. Как по данным опытов построить круговую диаграмму?
14. Какие способы пуска применяются для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и какие – для асинхронных двигателей с фазным ротором? Сравните пусковые свойства этих двигателей.
15. Какие асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми характеристиками Вы знаете? Укажите их достоинство и недостатки.
16. Какие способы регулирования скорости вращения ротора применяются асинхронных двигателях?
17. Укажите принцип работы достоинства и недостатки однофазных асинхронных двигателей. Какие способы пуска находят применение?
18. Опишите работу асинхронной машины в режиме индукционного регулятора.
19. Каковы особенности работы и конструкции дуговых и линейных асинхронных двигателей?
20. В каких тормозных режимах может работать асинхронная машина?

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	Энергетические установки с электрическими машинами	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.
2	Силовые и специальные трансформаторы	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.
3	Синхронные машины	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.
4	Асинхронные машины	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.
5	Коллекторные машины и микромашины	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.
6	Бесконтактные машины и микромашины	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту..

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

Кононенко Е.В. Электрические машины постоянного тока и трансформаторы. Учебное пособие / Кононенко Е.В., Кононенко К.Е., Писаревский Ю.В. – Воронеж, ВГТУ, 2002. – 112 с.

Кононенко Е.В. Электрические машины переменного тока. Учебное пособие / Кононенко Е.В., Кононенко К.Е., Волчихин В.И. – Воронеж, ВГТУ, 2002. – 120 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.

Муравьев В.М. Методическое пособие к выполнению лабораторных работ по электротехнике, электронике и электрооборудованию. Часть 2. Электрические машины / Муравьев В.М., Сандлер М.С.. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2003. — 88 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/47918.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

Игнатович В.М. Электрические машины и трансформаторы : учебное пособие / Игнатович В.М., Ройз Ш.С.. — Томск : Томский политехнический университет, 2013. — 182 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/34738.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Парамонова В.И. Электрические машины : сборник задач / Парамонова В.И.. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Любицкий М.В. Электрические машины : лабораторный практикум / Любицкий М.В., Колдаев А.И., Болдырев Д.В.. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. — 134 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63160.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Дробов А.В. Электрические машины. Практикум : учебное пособие / Дробов А.В., Галушко В.Н.. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2017. — 112 с. — ISBN 978-985-503-650-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/67794.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/67794>

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.

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_konstruktorskoj_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 «Электрическая машина как основной элемент энергетических установок» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

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 электрических машин. 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 курсового проекта изложена в

учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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 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			