

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебной работе
Ф.Д. Кодзоева
« 30 » июня 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.06 Трансформаторы

Направление подготовки (Бакалавриат)
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (Профиль подготовки)
Электроснабжение

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная, заочная

г. Магас, 2022

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Трансформаторы являются изучение повышения эффективности использования мощности системы.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО бакалавриата

Дисциплина Трансформаторы входит в вариативную по выбору часть образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» Дисциплина реализуется в Инженерно-техническом институте кафедрой **«Электроэнергетики и электротехники»**

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций (трудовых функций):

<u>Код и наименование компетенции из ФГОС ВО</u>	<u>Код и наименование индикатора достижения компетенций</u>	<u>Планируемые результаты обучения</u>	<u>Процедура освоения</u>
ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1. Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока	Знать: Методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока Уметь: Использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока Владеть: Навыками моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока	<u>Устный опрос</u>

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина Трансформаторы входит в вариативную по выбору часть образовательной программы _бакалавриата_ по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Дисциплина реализуется в Инженерно-техническом институте кафедрой «Электроэнергетики и электротехники»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с повышением использования мощности системы и влияние работы трансформаторов в энергосистему.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных - ОПК-3, профессиональных - ПК-6.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме в форме экзамена.

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе:									
	всего	Контактная работа обучающихся с								СРС, в том числе экзамен
всего		из них	Лекции	Лабораторные	Практические занятия	СР	консультации			
4,5	216	10	52		48		89	27	экзамен	

3. Результаты освоения дисциплины (модуля) «Трансформаторы»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения

ОПК-3	Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	<p>Знает: методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических цепей с включением трансформаторов.</p> <p>Умеет: осуществлять расчет электрических цепей постоянного тока с трансформаторами, выбрать оптимальные типы трансформаторов.</p> <p>Владеет: навыками использования специализированных прикладных компьютерных программ для расчета электрических цепей с трансформаторами.</p>
ПК-6	Способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	<p>Знает: режимы работы энергетических установок, и потребления энергии потребителями.</p> <p>Умеет: определять оптимальный состав оборудования энергетических объектов с трансформаторами и его параметры.</p> <p>Владеет: навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета режимов работы энергетических установок на основе возобновляемых источников.</p>

4. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Трансформаторы»

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часа.

Структура дисциплины.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в		Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа	Самостоятельная работа	

			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие виды СРС	Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрольн. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект) др.
1.	Тема 1. Общие сведения	4	2	2	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
2.	Тема 2. Принцип действия однофазного трансформатора	4	4	2	2	-	-	2	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
3.	Тема 3. Уравнения идеализированного однофазного трансформатора	4	8	4	4	-		4			4							
4.	Тема 4. Схема замещения и векторная диаграмма реального однофазного трансформатора	4	8	4	4			6			6							
5.	Тема 5. Режим холостого хода трансформатора	4	4	2	2			6			6							
6.	Тема 6. Режим короткого замыкания трансформатора	4	4	2	2			6			6							
7.	Тема 7. Внешние характеристики трансформатора	4	4	2	2			4			4							
8.	Тема 8. Мощность потерь в трансформаторе.	4	4	2	2			6			6							
9.	Тема 9. Особенности трехфазных трансформаторов	5	8	4	4			6			6							
10.	Тема 10. Группы соединений обмоток трансформаторов	5	8	4	4			8			8							
11.	Тема 11. Параллельная работа трансформаторов	5	8	4	4			6			6							
12.	Тема 12. Однофазные и трехфазные автотрансформаторы	5	8	4	4			8			8							
13.	Тема 13. Многообмоточные трансформаторы	5	8	4	4			7			7							

14.	Тема 14. Конструкции магнитопроводов и обмоток	5	8	4	4			6			6						
15.	Тема 15. Тепловой режим автотрансформаторов	5	8	4	4			6			6						
16.	Тема 16. Трансформаторы напряжения тока	5	8	4	4			6			6						

5. Распределение учебных часов по темам и видам учебных занятий

Таблица 4.1.

Раздел, тема	Содержание программы учебной дисциплины
Введение в курс	Назначение и общие сведения о трансформаторах.
Тема 1.	Общие сведения
	Силовые трансформаторы, конструктивные особенности. Измерительные трансформаторы, конструктивные особенности. Токи короткого замыкания. Аппаратура распределительных устройств. Уравнения трансформатора. Векторная диаграмма трансформатора. Трехфазные трансформаторы. Схемы и группы соединений.
Тема 2.	Принцип действия однофазного трансформатора
	Принципиальная конструкция однофазного трансформатора, Принцип действия однофазного трансформатора, ЭДС взаимной индукции, Схема замещения трансформатора с активными сопротивлениями первичной и вторичной обмоток, Идеализированный трансформатор, Правило правоходного буравчика для тока, потока и ЭДС.
Тема 3.	Уравнения идеализированного однофазного трансформатора
	Идеализированный трансформатор с магнитопроводом, комплексный метод анализа линейной электрической цепи, намагничивающий ток, коэффициент трансформации, приведённый ток, приведенное сопротивление, комплексное напряжение вторичной цепи идеализированного однофазного трансформатора.
Тема 4.	Схема замещения и векторная диаграмма реального однофазного трансформатора
	Схема замещения реального однофазного трансформатора, уравнения реального однофазного трансформатора, векторная диаграмма реального однофазного трансформатора, Полное внутреннее падение напряжений,

	Намагничивающий ток в реальном однофазном трансформаторе, Режимы работы реального однофазного трансформатора: рабочий, режим холостого хода, режим короткого замыкания.
Тема 5.	Режим холостого хода трансформатора
	Опыт холостого хода, Номинальная полная мощность при холостом ходе, коэффициент трансформации при холостом ходе, Мощность потерь в трансформаторе при холостом ходе, мощность потерь в магнитопроводе трансформатора, характеристики холостого хода.
Тема 6.	Режим короткого замыкания трансформатора
	Испытание трансформатора в условиях короткого замыкания, мощность потерь в проводах и внутреннего напряжения при опыте короткого замыкания, соотношение напряжений первичной и вторичной обмоток при коротком замыкании, активная мощность при коротком замыкании, активное сопротивление короткого замыкания, индуктивное сопротивление короткого замыкания, полное сопротивление короткого замыкания, напряжение короткого замыкания
Тема 7.	Внешние характеристики трансформатора
	Режим работы трансформатора при различных значениях, Разность действующих значений приведенного напряжения, процентное изменение напряжение трансформатора, зависимость изменения напряжения от коэффициента мощности, зависимость изменения вторичного напряжения от тока нагрузки, коэффициент нагрузки трансформатора.
Тема 8.	Мощность потерь в трансформаторе
	Энергетическая диаграмма трансформатора, мощность первичной обмотки, мощность потерь на нагревание проводов первичной обмотки, мощность потерь в магнитопроводе, отношение активной мощности на выходе к активной мощности на входе, КПД трансформатора, зависимость КПД трансформатора от режима работы, переменные и постоянные потери трансформатора
Тема 9.	Особенности трехфазных трансформаторов
	Особенности устройства и работы трансформатора, трансформаторная группа, магнитопровод трехфазного трансформатора, построение магнитной системы трехфазного трансформатора, симметричный магнитопровод, КПД трехфазного трансформатора, выводы обмоток трехфазного трансформатора, вторичное линейное напряжение трансформатора.
Тема 10.	Режимы фазы первичных и вторичных напряжений, фазовые соотношения, сдвиг фазы, обозначение групп фаз, виды соединений для мощных трансформаторов.
Тема 11.	Параллельная работа трансформаторов
	Работа обмоток при параллельной работе трансформаторов, три условия работы параллельно включенных трансформаторов, сдвиг фаз при неправильном подключении, влияние сопротивления на ЭДС, напряжение короткого замыкания трансформатора.

Тема 12.	Автотрансформаторы.
	Понятие автотрансформатора, амплитуда магнитного потока автотрансформатора, зависимость ЭДС от тока в обмотке автотрансформатора, коэффициент трансформации автотрансформатора, зависимость размеров автотрансформатора от мощности, расчетная полная мощность автотрансформатора, преимущества автотрансформатора.
Тема 13.	Многообмоточные трансформаторы.
	Понятие многообмоточного трансформатора. Трехобмоточный трансформатор, особенности многообмоточного трансформатора, магнитный поток и ЭДС многообмоточного трансформатора, номинальная мощность многообмоточного трансформатора, коэффициент трансформации многообмоточного трансформатора
Тема 14.	Конструкции магнитопроводов и обмоток
	Конструкции работы трансформатора: магнитопровода, обмоток и баков охлаждения, стержневой магнитопровод, броневой магнитопровод, цилиндрическая и чередующая обмотки.
Тема 15.	Тепловой режим трансформатора
	Зависимость нагрева трансформатора от его мощности, соотношение объема масла и площади поверхности трансформатора, виды охлаждения: естественная и искусственная и их особенности.
Тема 16.	Трансформаторы напряжения и тока
	Устройство трансформатора напряжения, принципиальная схема трансформатора напряжения, сопротивление трансформатора напряжения, угловая погрешность трансформатора напряжения.
Итого аудиторных часов: <u>100</u>	
Самостоятельная работа студента: <u>116</u>	
Всего часов на освоение учебного материала: <u>216</u>	

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При подготовке бакалавров используются следующие основные формы проведения учебных занятий:

- интерактивные лекции;
- лекции-пресс-конференции;
- тренинги и семинары по развитию профессиональных навыков;
- групповые, научные дискуссии, дебаты.

7. Содержание самостоятельной работы

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

По дисциплине (модулю) предусмотрены следующие виды контроля качества освоения:

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю).

7.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации по дисциплине

(модулю)

№	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного материала
1.	Трансформаторы	Устный опрос
2.	Асинхронные двигатели	Устный опрос, мини-тест
3.	Синхронные машины	Устный опрос, мини-тест
4.	Машины постоянного тока	Устный опрос

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Трансформаторы	Специальные типы трансформаторов: многообмоточные трансформаторы, автотрансформаторы, трансформаторы для преобразователей, измерительные трансформаторы тока
2.	Асинхронные двигатели	Асинхронные микромашины автоматических устройств: исполнительные (управляемые) двигатели, тахогенераторы, вращающиеся (поворотные) трансформаторы, сельсины. Асинхронные генераторы.
3.	Синхронные машины	Уравнение электромагнитной мощности, угловая характеристика, работа при изменении тока возбуждения (V - образные характеристики) синхронных машин. Переходные процессы. Синхронные микромашины автоматических систем: реактивный, гистерезисный, безредукторный, шаговый
4.	Машины постоянного тока	Импульсное питание двигателей постоянного тока. Крановые и металлургические двигатели. Специальные типы машин постоянного тока. Электромашинные усилители, тахогенераторы, исполнительные двигатели,

7.1.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля успеваемости

**Устный опрос
Трансформаторы**

1. Поясните принцип работы трансформатора.
2. Изобразите электрическую схему однофазного трансформатора.
3. Изобразите электрические схемы трехфазного трансформатора при соединении обмоток У/У - 0, У/У_н - 0, У/Д - 11
4. Какая обмотка трансформатора называется первичной и какая - вторичной обмоткой?
5. Почему магнитопровод трансформатора выполняется шихтованным?
6. Как определяется коэффициент трансформации?
7. Как формулируются условия максимума КПД?
8. Почему при чисто активной нагрузке коэффициент мощности в первичной цепи меньше единицы?

Асинхронные двигатели

1. Какими факторами определяется частота вращения асинхронного двигателя?
2. Какую максимально возможную скорость АД можно получить при частоте сети 50 Гц?
3. В каких пределах может изменяться скольжение асинхронного двигателя?
4. Чему равна частота ЭДС ротора, если частота в сети равна 50 Гц, а скольжение составляет 2%?
5. Как осуществить изменение направления вращения АД?
6. При каких условиях асинхронная машина работает в режиме: а) генератора; б) электромагнитного тормоза?
7. Как влияет величина активного сопротивления цепи ротора на пусковые свойства двигателя?
8. Как влияет активное сопротивление цепи ротора на величину максимального (критического) момента?

Синхронные машины

1. Как зависит реакция якоря от характера нагрузки? Какая реакция якоря будет при активной, индуктивной, емкостной нагрузке?
2. Какие ЭДС наводят магнитные потоки реакции якоря и какими индуктивными сопротивлениями эти ЭДС характеризуются?
3. Как нагрузить СГ после включения на параллельную работу с сетью?
4. Перечислите способы пуска синхронного двигателя (СД).
5. Поясните назначение пусковой обмотки СД.
6. Как зависит момент СД от напряжения сети?

Машины постоянного тока

1. Каким мнемоническим правилом определяется направление ЭДС в проводниках обмотки якоря?
2. Каким мнемоническим правилом определяется направление электромагнитных сил, действующих на проводники обмотки якоря?
3. Объясните сущность реакции якоря.
4. Изобразите внешние характеристики генераторов независимого и параллельного возбуждения на одном графике.
5. Как изменить направление вращения двигателя (реверс)?
6. Каким способом уменьшают пусковой ток двигателя?

Мини-тест

Асинхронные двигатели

1. Два асинхронных двигателя (А.Д) имеют разное число полюсов. Какой из этих двигателей будет иметь меньшую частоту вращения?
а) с меньшим числом полюсов; б) с большим числом полюсов
2. Как зависит электромагнитный момент АД от напряжения сети U ?
а) в первой степени; б) в квадрате.
3. АД имеет по паспорту номинальное напряжение 660/380 В. Напряжение сети 380 В. Обмотка статора должна иметь соединение.....

а) звезда, б) треугольник

4. АД работает в режиме х.х. Как изменится величина тока при работе двигателя в номинальном режиме?

а) не изменится б) уменьшится в) увеличится

5. Два одинаковых по мощности двигателя имеют разное номинальное фазное напряжение: 220 В и 380 В. Потребляемый фазный ток при номинальной мощности будет иметь меньшее значение для двигателя с напряжением:

а) 220 В; б) 380 В

6. Два АД одинаковых габаритов имеют разное число полюсов. Механические потери будут меньше для двигателя:

а) с меньшим числом полюсов; б) с большим числом полюсов

Синхронные машины

1. Какой вид нагрузки синхронного генератора (СГ) является наиболее распространенным на практике?

а) активная; б) активно-индуктивная; в) активно-емкостная.

2. Как зависит электромагнитный момент промышленного неявнополюсного синхронного двигателя (СД) от напряжения сети U ?

а) в первой степени; б) в квадрате.

3. При чисто активной нагрузке реакция якоря является:

а) поперечной; б) продольной намагничивающей; в) продольной размагничивающей

4. При чисто активной нагрузке напряжение автономно работающего СГ без регулировки тока возбуждения (внешняя характеристика)

а) уменьшается; б) не меняется; в) увеличивается

5. Для того, чтобы напряжение автономно работающего СГ при увеличении нагрузки (нагрузка активно-индуктивная) оставалось постоянной величиной, ток возбуждения необходимо

а) уменьшать; б) не менять; в) увеличивать.

6. СГ работает автономно. Частота вращения приводного двигателя увеличилась. Как изменится выходное напряжение?

а) уменьшится; б) не изменится; в) увеличится.

7. СГ работает параллельно с сетью бесконечной мощности. Частота вращения приводного двигателя увеличилась. Какие параметры изменятся?

а) величина выходного напряжения; б) частота выходного напряжения; в) величина выходного напряжения и его частота; г) ток якоря.

7.1.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости Устный ответ

Оценка знаний предполагает дифференцированный подход к обучающемуся, учет его индивидуальных способностей, степень усвоения и систематизации основных понятий и категорий по дисциплине. Кроме того, оценивается не только глубина знаний поставленных вопросов, но и умение использовать в ответе практический материал. Оценивается культура речи, владение навыками ораторского искусства.

Критерии оценивания: последовательность, полнота, логичность изложения, анализ различных точек зрения, самостоятельное обобщение материала, использование

профессиональных терминов, культура речи, навыки ораторского искусства. Изложение материала без фактических ошибок.

Оценка *«отлично»* ставится в случае, когда материал излагается исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно, при этом раскрываются не только основные понятия, но и анализируются точки зрения различных авторов. Обучающийся не затрудняется с ответом, соблюдает культуру речи.

Оценка *«хорошо»* ставится, если обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, знает практическую базу, но при ответе на вопрос допускает несущественные погрешности.

Оценка *«удовлетворительно»* ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала, затрудняется с ответами, показывает отсутствие должной связи между анализом, аргументацией и выводами.

Оценка *«неудовлетворительно»* ставится, если обучающийся не отвечает на поставленные вопросы.

Тестирование

Является одним из средств контроля знаний обучающихся по дисциплине (модулю).

Критерии оценивания - правильный ответ на вопрос

Оценка *«отлично»* ставится в случае, если правильно выполнено 90-100% заданий.

Оценка *«хорошо»* ставится, если правильно выполнено 70-89% заданий.

Оценка *«удовлетворительно»* ставится в случае, если правильно выполнено 50-69% заданий.

Оценка *«неудовлетворительно»* ставится, если правильно выполнено менее 50% заданий.

7.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

7.2.1. Критерии оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) аттестации

		выделения главного,
		изложения мыслей в логической последовательности, связки теоретических положений с требованиями
УДОВЛЕТВО-	Знает:	- обучающийся ориентируется в материале, однако затрудняется в его
РИТЕЛЬНО		изложении;
		показывает недостаточность знаний основной и дополнительной литературы;
	Умеет:	- обучающийся в основном умеет решить учебно-профессиональную задачу или задание, но допускает ошибки слабо аргументирует свое решение недостаточно
	Владеет:	обучающийся владеет некоторыми рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.;
		При решении продемонстрировал недостаточность навыков выделения главного,
НЕУДОВЛЕТВ	Знает:	- обучающийся не усвоил значительной части материала;
РИТЕЛЬНО		не может аргументировать научные положения;
	Умеет:	обучающийся не показал умение решать учебно-
	Владеет:	не выполнены требования, предъявляемые к навыкам,

7.2.2. Контрольные задания и/или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов для устных ответов (варианты теста)

- Докажите, что при увеличении тока во вторичной обмотке трансформатора должен увеличиваться ток в первичной?
- С какой целью используются трансформаторы в системах передачи и распределения электрической энергии? Ответ обоснуйте.
- Как определить опытным путем потери в стали магнитопровода и потери в обмотке трансформатора? Приведите необходимые пояснения.
- Принцип действия трансформатора.
- Какие рабочие свойства трансформатора можно оценить по величине напряжения короткого замыкания U_k ? Приведите необходимые пояснения.
- Как повлияет на работу трансформатора введение воздушного зазора в магнитопровод (в режиме холостого хода)?

11. Какие процессы будут иметь место в трансформаторе, если первичную обмотку трансформатора подключить к источнику постоянного тока такого же напряжения?
12. Что такое напряжение короткого замыкания, чем оно определяется? На какие характеристики трансформатора оказывает влияние его значение.
13. Объясните, почему потери в стали магнитопровода практически не зависят от нагрузки?
14. Объясните, почему величина $U_{кз}$ меньше номинального напряжения.
15. Как влияет величина индукции в магнитопроводе и наличие воздушных зазоров в магнитопроводе на величину намагничивающего тока?
16. Почему в 3-х стержневом трансформаторе с плоской магнитной системой токи в фазах при холостом ходе несимметричны? Приведите необходимые пояснения.
17. Что такое внешние характеристики трансформатора? Как они снимаются. От чего зависит наклон внешних характеристик?
18. Что такое “ток холостого хода” трансформатора, где он протекает в трансформаторе? От каких факторов зависит величина тока холостого хода.
19. Объясните энергетическую диаграмму трансформатора.
20. Что такое “намагничивающий ток”, в чём его отличие от тока холостого хода.
21. Какие процессы будут иметь место в понижающем трансформаторе если его вторичную обмотку включить на напряжение первичной обмотки?
22. Какие процессы будут иметь место в повышающем трансформаторе если его вторичную обмотку включить на напряжение первичной обмотки?
23. Как распределится нагрузка между двумя параллельно работающими трансформаторами если их $U_{кз}$ равны? Приведите доказательство.
24. Что такое “номинальное” изменение напряжения? От каких факторов зависит его величина.
25. Какие требования предъявляются к трансформатору при параллельной работе с другими трансформаторами? К каким последствиям приводит нарушение этих требований.
26. Почему при холостом ходе трансформатора с увеличением приложенного напряжения изменяется $\cos\varphi_0$? Приведите доказательство вашего ответа.
27. Почему, как правило, трансформатор имеет максимальное значение к.п.д. при нагрузке меньше номинальной? Как это достигается?
28. Что такое группа соединения обмотки трансформатора? Изобразите схему обмотки с группой соединения.
29. В каких случаях применение автотрансформатора более выгодно по сравнению с обычным трансформатором? Почему?
30. Объясните влияние характера нагрузки на выходное напряжение $U_2/2$?
31. Каковы достоинства и недостатки автотрансформатора по сравнению с трансформатором?
32. От каких факторов зависит вид внешних характеристик трансформатора? Почему?
33. Поясните работу автотрансформатора. Как происходит передача энергии из первичной сети во вторичную?
34. Почему $\cos\varphi_0$ в режиме х.х. значительно меньше чем в номинальном режиме? Объясните зависимость $\cos\varphi_0 = f(I)$.
35. Как и по какой причине при увеличении тока во вторичной обмотке изменится поток взаимоиндукции, поток рассеяния, индуктированные ЭДС?
36. Что такое группа соединения трансформатора? Как ее можно определить по векторной диаграмме? Какие схемы и группы соединений трансформаторов являются стандартными?
37. Изобразите схему замещения трансформатора при нагрузке, поясните параметры и объясните количественные соотношения параметров.
38. Объясните зависимость КПД от нагрузки. При каких условиях КПД достигает максимального значения?
39. Какие виды асинхронных машин вы знаете? Опишите их конструкцию.
40. Поясните определение параметров схемы замещения асинхронных машин по опытным данным.
41. Как изменится магнитный поток асинхронного двигателя при увеличении частоты питающей сети при постоянном напряжении? Приведите обоснование.

42. В каких случаях возможно применение способа пуска асинхронного двигателя при переключении схемы обмотки со звезды на треугольник?
43. Напряжение на зажимах асинхронного двигателя уменьшили в два раза. Как изменится его максимальный момент?
44. Изобразите векторную диаграмму асинхронной машины в двигательном режиме. Объясните порядок построения.
45. Назовите и объясните конструктивные меры улучшения формы кривой э.д.с. трехфазной обмотки.
46. Изобразите механическую характеристику асинхронной машины. Укажите скорости и скольжения в различных режимах работы.
47. От чего зависит величина, форма кривой и частота ЭДС обмотки машин переменного тока.
48. Опишите принцип действия асинхронной машины.
49. Как изменится пусковой момент при переключении обмотки статора со “звезды” на “треугольник”, почему?
50. Почему для двигателей с фазным ротором не применяется способ регулировки частоты вращения изменением числа полюсов?
51. Как перевести асинхронную машину в генераторный режим? Почему асинхронный генератор не получил широкого распространения?
52. Как зависит электромагнитный момент АМ от напряжения, частоты питающей сети, реактивностей статора и ротора?
53. Почему потери в стали ротора АМ практически можно считать равными нулю?
54. Почему АД не приходит во вращение, если в сеть включена только одна фаза двигателя?
55. Нарисуйте механическую характеристику асинхронной машины. Покажите на ней номинальный и пусковой момент.
56. Поясните работу индукционного регулятора.
57. С какой целью проводится опыт ХХ асинхронного двигателя? Приведите и поясните характеристики холостого хода.
58. Если изготовить обмотку ротора из сверхпроводящего материала, то с какой скоростью он будет вращаться? Дайте пояснение.
59. Работа асинхронной машины с фазным ротором в режиме фазовращателя.
60. С какой целью и как проводится опыт КЗ асинхронного двигателя? Приведите и поясните характеристики короткого замыкания.
61. В каких участках стали возникают потери в АД при неподвижном роторе, при синхронном вращении, при номинальной нагрузке?
62. Объясните, почему максимальный момент однофазного асинхронного двигателя зависит от активного сопротивления ротора?
63. Краткая характеристика способов регулирования частоты вращения асинхронных двигателей с КЗ ротором.
64. Изобразите Т-образную схему замещения АМ. Поясните физический смысл ее параметров.
65. Для чего в цепь фазного ротора на период пуска вводят активное сопротивление? (Дайте пояснение происходящим при этом явлениям)
66. Как следует изменять напряжение при регулировании скорости АД изменением частоты при постоянстве момента?
67. Краткая характеристика способов пуска асинхронных двигателей с к.з. ротором.
68. Каким образом в схеме замещения асинхронной машины учитывается механическая нагрузка на валу машины?
69. Почему относительное значение тока холостого хода асинхронного двигателя больше, чем в трансформаторе?
70. Опишите процесс регулирования скорости вращения двигателей с фазным ротором.
71. В чем сходство и различие между схемами замещения асинхронной машины и трансформатора?
72. Объясните ход характеристики холостого хода синхронного генератора.
73. Как по векторной диаграмме Blondеля определить изменение напряжения?

74. Как изменить активную (или реактивную) мощность, отдаваемую СГ в сеть большой мощности.
75. В каком режиме работы на автономную нагрузку возникают поперечная, продольно-размагничивающая, продольно- намагничивающая реакция якоря?
76. Где и почему применяются синхронные машины?
77. Изобразите и поясните нагрузочные характеристики синхронного генератора.
78. Поставьте знак неравенства между параметрами X_d , X_d' , X_d'' и дайте пояснения.
79. Изобразите характеристику КЗ синхронного генератора. Почему магнитная система в опыте КЗ не насыщена?
80. Почему с уменьшением тока возбуждения снижается статическая устойчивость СД?
81. Что такое ударный ток короткого замыкания? Как он рассчитывается?
82. Какие характеристики СМ получили наименование “угловых”? Изобразите их и запишите уравнения.
83. Изменяется ли частота вращения СД с изменением нагрузки на валу? Что изменяется в режиме работы СД с изменением нагрузки?
84. Изобразите разрез магнитопровода 4-х полюсной синхронной машины и покажите, как замыкается основной магнитный поток?
85. Что такое “угол θ ”? Можете ли Вы показать его значение на векторной диаграмме Blondеля?
86. Чем объяснить, что при внезапном к.з. первоначальный ток в якоре СМ значительно больше установившегося тока к.з.?
87. Почему с уменьшением тока возбуждения снижается статическая устойчивость синхронного двигателя? Покажите линию статической устойчивости на U- образных кривых.
88. Какие Вам известны способы приближения формы Э.Д.С. к синусоидальной?
89. Что такое предел статической устойчивости синхронной машины? Каким образом можно повысить предел статической устойчивости?
90. Изменится ли характер реакции якоря синхронного генератора, работающего в автономном режиме, (параллельно с сетью большой мощности), если изменить величину тока возбуждения?
91. Что такое О.К.З? Как его величина связана с X_{di} конструкцией синхронной машины?
92. Какое значение тока возбуждения синхронного генератора называется номинальным?
93. Что такое демпферная (успокоительная) обмотка? Где она располагается? Какой цели служит?
94. Приведите основные уравнения электрического равновесия цепи якоря синхронного генератора? Дайте объяснения, входящих в них Э.Д.С.
95. Изобразите внешние характеристики синхронного генератора при различных характерах нагрузки и объясните их ход.
96. Какие характеристики СМ получили наименование U-образных? Изобразите и поясните их.
97. В отличие от АД с К.З. ротором в СД не применяется ступенчатое регулирование скорости вращения изменением числа пар полюсов. Почему?
98. Как можно предотвратить повреждение обмотки возбуждения СД при асинхронном пуске?
99. Что такое номинальное изменение напряжения синхронного генератора?
100. По каким характеристикам и как можно экспериментально определить сопротивление X_d ?
101. Объясните, что означает: “обмотка с укороченным шагом”, “распределенная” и “сосредоточенная” обмотка, число пазов на полюс и фазу.
102. Какое влияние оказывает величина воздушного зазора на ход характеристики холостого хода?
103. Приведите сравнительную характеристику асинхронного и синхронного двигателей в отношении рабочих и пусковых характеристик.
104. Что такое “режим перевозбуждения” и “режим недовозбуждения” СГ?
105. Какие Вам известны способы пуска в ход СД, дайте пояснения.
106. Может ли какая - либо машина в двигательном режиме отдавать реактивную мощность

- в сеть? Поясните свой ответ.
107. Как влияет на вид угловой характеристики явнополюсность магнитной системы индуктора?
 108. Почему индуктивное сопротивление X_d отличается от X_q ?
 109. Что такое статическая устойчивость СМ? Как связана статическая устойчивость с перегрузочной способностью и с углом θ ?
 110. Изобразите регулировочные характеристики СГ при различных характерах нагрузки, дайте им объяснение.
 111. Изобразите и дайте объяснение внешним характеристикам СГ.
 112. Изобразите и объясните ход механической характеристики двигателя с последовательным возбуждением.
 113. Дайте краткую характеристику известных Вам способов регулирования частоты вращения ДПТ.
 114. Почему электромагнитный момент коллекторного двигателя переменного тока имеет переменную составляющую?
 115. Перечислите обмотки, которые может иметь МПТ. Их назначение, изображение на схеме.
 116. Изобразите и объясните регулировочные характеристики ГПТ при различных способах возбуждения.
 117. Объясните принцип действия генератор постоянного тока.
 118. Изобразите и объясните внешние характеристики генераторов постоянного тока при различных способах возбуждения.
 119. Сопоставьте внешние характеристики генераторов постоянного тока с независимым, параллельным и смешанным возбуждением.
 120. Что такое компенсационная обмотка? Где она располагается? Как включается? Для чего служит?
 121. Почему обмотка дополнительных полюсов включается последовательно с обмоткой якоря?
 122. От чего зависит величина магнитного потока в воздушном зазоре двигателя? Каково влияние этого потока на вид скоростной характеристики?
 123. Как можно изменить направление вращения ДПТ? Ответ обоснуйте.

7.2.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков в ходе промежуточной аттестации (модуля)

Процедура оценивания знаний (тест)

Предлагаемое количество заданий	20
Последовательность выборки	Определена по разделам
Критерии оценки	- правильный ответ на вопрос
«5» если	правильно выполнено 90-100% тестовых заданий
«4» если	правильно выполнено 70-89% тестовых заданий
«3» если	правильно выполнено 50-69% тестовых заданий

Процедура оценивания знаний (устный ответ)

Предел длительности	10 минут
Предлагаемое количество заданий	2 вопроса
Последовательность выборки	Случайная
Критерии оценки	требуемый объем и структура

	логика изложения
	использование соответствующей терминологии
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть
«3» если	требования выполнены частично - не выдержан объем, есть фактические ошибки, нарушена логика

Процедура оценивания умений и навыков (решение проблемно-аналитических и практических задач профессионального уровня)

Предлагаемое количество заданий	1
Последовательность выборки	Случайная
Критерии оценки:	выделение и понимание проблемы умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения полнота использования источников наличие авторской позиции соответствие ответа поставленному вопросу
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов. Затрудняется в формулировании
«3» если	требования выполнены частично - пытается обосновать свою точку зрения, однако слабо аргументирует научные положения, практически не

8. Электронные учебные издания

8.1. Зарандия, Ж. А. Электрические машины и электропривод в электроэнергетике : учебное пособие / Ж. А. Зарандия, Е. А. Печагин, Н. П. Моторина. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 113 с.

ISBN978-5-8265-1889-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPRBOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/94389.html>

1. Игнатович, В. М. Электрические машины и трансформаторы : учебное пособие / В. М. Игнатович, Ш. С. Ройз. — Томск : Томский политехнический университет, 2013.

182 с. — ISBN2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPRBOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/34738.html>

2. Парамонова, В. И. Электрические машины : сборник задач / В. И. Парамонова. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2015. — 72 с.

ISBN2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPRBOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/46905.html>

3. Усольцев, А. А. Электрические машины : учебное пособие / А. А. Усольцев. — Санкт-

Петербург : Университет ИТМО, 2013. — 420 с. — ISBN2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPRBOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/65383.html>

8.2. Электронные образовательные ресурсы

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks(ЭБС IPRbooks) - электронная библиотека по всем отраслям знаний <http://www.iprbookshop.ru>
2. e-Library.ru: Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. - URL: <http://elibrary.ru/>.
3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. - URL: <http://cyberleninka.ru/>.
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. - URL: <http://window.edu.ru/>.
5. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. - URL: <http://fcior.edu.ru/>.

8.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к ниже следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

1. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. - URL: <http://dic.academic.ru>.
2. Система информационно-правового обеспечения «Гарант» [Электронный ресурс]. - URL: <http://ivo.garant.ru/>.

8.4. Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Лицензионное программное обеспечение: операционная система MicrosoftWindows, пакет офисных приложений MicrosoftOffice.
2. Свободно распространяемое программное обеспечение: свободные пакеты офисных приложений ApacheOpenOffice, LibreOffice.

1.2. Оборудование и технические средства обучения

1.3. Для реализации дисциплины (модуля) используются учебные аудитории для проведения учебных занятий, которые оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, и помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет»

Рабочая программа дисциплины «Трансформаторы» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «28» февраля 2018 г. №144.

Программу составил:

ст. преподаватель, Кодзоев Ислам Султанович
(должность, Ф.И.О)

Программа одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетика и электротехника»

Протокол № 10 от «16» июня 2022 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом инженерно – технического института

Протокол № 10 от «21» июня 2022 года

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета

Протокол № 10 от «29» июня 2022 г.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой