

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электромеханика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ И**  
**ТРАНСФОРМАТОРАХ В НЕНОМИНАЛЬНЫХ И АВАРИЙНЫХ**  
**РЕЖИМАХ РАБОТЫ**


<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.08.05
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 5;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	180 часов
<b>Лекции</b>	7 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	7 семестр - 16 часов;
<b>Консультации</b>	7 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 129,5 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Контрольная работа Лабораторная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванов А.С.
	Идентификатор	R28e5c30d-IvanovAIS-37175ef6

(подпись)


А.С. Иванов

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ширинский С.В.
	Идентификатор	Rac9f4bfa-ShirinskiiSV-a85b725f


(подпись)

С.В. Ширинский

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киселев М.Г.
	Идентификатор	R572ca413-KiselevMG-f37ee096

(подпись)

М.Г. Киселев

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение процессов в электрических машинах и трансформаторах в ненормальных и аварийных режимах работы и методов анализа этих процессов

### Задачи дисциплины

- изучение основных видов ненормальных и несимметричных режимов работы электрических машин;
- изучение особенностей работы различных электрических машин в аварийных режимах с соответствующим изменением параметров и характеристик;
- освоение методов анализа несимметричных режимов работы;
- приобретение навыков обоснованного выбора и применения методов анализа несимметричных режимов работы электрических машин.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-5 Способен проводить работы по обработке технической информации и результатов исследований, ее анализу и применению для проектирования объектов профессиональной деятельности	ИД-3ПК-5 Применяет приближенные методы расчета и выбора основных элементов электрических машин и аппаратов	знать: - методы теоретического и экспериментального исследования несимметричных режимов работы электрических машин и трансформаторов.  уметь: - рассчитывать режимы работы электрических машин и трансформаторов и характеризующие их параметры.
ПК-7 Способен участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике и анализировать полученные результаты	ИД-1ПК-7 Применяет основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, использует компьютер для обработки информации	знать: - методы определения и устранения неисправностей электрических машин и трансформаторов.  уметь: - определять причины неисправностей электрических машин и трансформаторов; - использовать программные средства для анализа несимметричных режимов работы электрических машин.
ПК-7 Способен участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике и анализировать полученные результаты	ИД-3ПК-7 Разрабатывает упрощенные модели электромеханических преобразователей энергии и протекающих в них процессов	знать: - методы математического анализа и моделирования несимметричных режимов работы электрических машин и трансформаторов.  уметь: - разрабатывать простые модели электромеханических преобразователей

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		энергии и протекающих в них процессов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электромеханика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать физические законы, лежащие в основе работы электрических машин
- знать принцип действия и конструкции электрических машин и трансформаторов
- знать способы пуска, торможения и регулирования частоты вращения электродвигателей
- знать назначение и схемы включения электрических аппаратов управления и защиты
- уметь определять параметры и рассчитывать характеристики электрических машин
- уметь сопоставлять способы регулирования частоты вращения электродвигателей по качеству и энергетической эффективности

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Введение. Несимметричная нагрузка трансформаторов.	23	7	5	4	-	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], глава 16 [4], глава 6 [6], стр. 34-50 [8], глава 13</p>	
1.1	Неноминальные режимы работы трансформаторов и электрических машин. Их виды и причины возникновения. Предмет курса.	5		1	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-
1.2	Кривая установившегося тока холостого хода трансформатора при учете насыщения и гистерезиса. Влияние схемы соединения обмоток трехфазного трансформатора на высшие гармоники в потоке и намагничивающем токе. Формы кривых намагничивающего тока, магнитного потока и ЭДС.	6		2	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-
1.3	Несимметричная	12		2	4	-	-	-	-	-	-	-	6		-

	<p>нагрузка трансформаторов. Метод симметричных составляющих. Нулевая последовательность при различных схемах соединения обмоток и конструкциях магнитопровода трехфазных трансформаторов. Физический смысл и способ экспериментального определения параметров нулевой последовательности. Влияние схемы соединения обмоток и конструкции магнитопровода на распределение токов при несимметричной нагрузке и несимметричных коротких замыканиях. Расчет токов при несимметричной нагрузке и коротких замыканиях трансформаторов. Несимметричная нагрузка автотрансформаторов.</p>													
2	Высшие временные и пространственные гармоники в машинах переменного тока	16		4	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], главы 3,4,5 [4], глава 9</p>

2.1	Причины возникновения временных и пространственных гармоник. ЭДС в обмотке при синусоидальном и несинусоидальном распределении магнитного поля в воздушном зазоре. Улучшение формы кривой ЭДС. Способы борьбы с высшими гармониками. Коэффициент распределения, коэффициент укорочения, коэффициент скоса.	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.2	Способы борьбы с высшими гармониками. ЭДС в обмотке при несинусоидальном распределении магнитного поля в воздушном зазоре.	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.3	Высшие гармоники МДС обмоток. МДС трёхфазной обмотки. Прямо- и обратновращающиеся поля.	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
3	Работа асинхронного двигателя в несимметричных режимах	37	9	4	-	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], глава 10 [5], стр. 1-14 [7], часть 1
3.1	Процесс пуска	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	

	асинхронного двигателя. Виды механических характеристик нагрузки электродвигателя. Условия устойчивой работы электродвигателя.													[8], глава 46
3.2	Влияние высших пространственных гармоник магнитного поля на пуск и работу асинхронного двигателя. Асинхронные и синхронные моменты высших гармоник.	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-		
3.3	Работа асинхронного двигателя при ненормальных напряжении и частоте. Переключение обмоток слабо нагруженных асинхронных двигателей с треугольника на звезду. Допустимые отклонения напряжения и частоты при работе асинхронного двигателя. Работа асинхронного двигателя при несинусоидальном питающем напряжении.	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-		



	Особенности работы асинхронного двигателя при питании от преобразователя частоты.												
3.4	Работа асинхронного двигателя при несимметрии питающего напряжения, несимметрии сопротивлений цепей статора, несимметричном соединении фаз симметричной обмотки.	12	2	4	-	-	-	-	-	-	6	-	
3.5	Работа асинхронного двигателя при несимметричном сопротивлении фаз ротора. Виды дефектов короткозамкнутых обмоток ротора и причины их появления.	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
4	Работа асинхронного двигателя в неполнофазных режимах	35	7	4	-	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], глава 12 [3], главы 27,28 [7], часть 2
4.1	Работа асинхронного двигателя при обрыве фазы ротора. Эффект Гёргесса.	8	2	-	-	-	-	-	-	6	-		
4.2	Работа асинхронного двигателя при обрыве линейного и фазного	11	1	4	-	-	-	-	-	6	-		

	проводов статора в схемах «звезда» и «треугольник».												
4.3	Защита двигателей от работы в несимметричных и неполнофазных режимах.	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
4.4	Принципы определения неисправностей асинхронных электродвигателей.	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
4.5	Включение трёхфазного асинхронного двигателя в однофазную сеть.	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
5	Генераторный режим асинхронной машины	17	3	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
5.1	Работа асинхронного генератора параллельно с сетью большой мощности.	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	[7], часть 3 [8], раздел 49.1
5.2	Автономный асинхронный генератор, условие самовозбуждения, подбор конденсаторов, стабилизация напряжения и частоты автономного асинхронного генератора.	12	2	4	-	-	-	-	-	-	6	-	
6	Несимметричная нагрузка синхронных генераторов	16	4	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
6.1	Параллельная работа	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	[2], глава 18 [4], глава 34

	синхронного генератора с электрической системой, напряжения которой несимметричны.												[9], глава 62
6.2	Работа синхронного генератора на автономную несимметричную нагрузку.	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
6.3	Режимы несимметричных коротких замыканий генераторов. Расчёт токов несимметричных коротких замыканий генераторов.	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	-	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>96</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>129.5</b>			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. Введение. Несимметричная нагрузка трансформаторов.

1.1. Неноминальные режимы работы трансформаторов и электрических машин. Их виды и причины возникновения. Предмет курса.

Неноминальные режимы работы трансформаторов и электрических машин. Их виды и причины возникновения. Предмет курса..

1.2. Кривая установившегося тока холостого хода трансформатора при учете насыщения и гистерезиса. Влияние схемы соединения обмоток трехфазного трансформатора на высшие гармоники в потоке и намагничивающем токе. Формы кривых намагничивающего тока, магнитного потока и ЭДС.

Кривая установившегося тока холостого хода трансформатора при учете насыщения и гистерезиса. Влияние схемы соединения обмоток трехфазного трансформатора на высшие гармоники в потоке и намагничивающем токе. Формы кривых намагничивающего тока, магнитного потока и ЭДС..

1.3. Несимметричная нагрузка трансформаторов. Метод симметричных составляющих. Нулевая последовательность при различных схемах соединения обмоток и конструкциях магнитопровода трехфазных трансформаторов. Физический смысл и способ экспериментального определения параметров нулевой последовательности. Влияние схемы соединения обмоток и конструкции магнитопровода на распределение токов при несимметричной нагрузке и несимметричных коротких замыканиях. Расчет токов при несимметричной нагрузке и коротких замыканиях трансформаторов. Несимметричная нагрузка автотрансформаторов.

Несимметричная нагрузка трансформаторов. Метод симметричных составляющих. Нулевая последовательность при различных схемах соединения обмоток и конструкциях магнитопровода трехфазных трансформаторов. Физический смысл и способ экспериментального определения параметров нулевой последовательности. Влияние схемы соединения обмоток и конструкции магнитопровода на распределение токов при несимметричной нагрузке и несимметричных коротких замыканиях. Расчет токов при несимметричной нагрузке и коротких замыканиях трансформаторов. Несимметричная нагрузка автотрансформаторов..

#### 2. Высшие временные и пространственные гармоники в машинах переменного тока

2.1. Причины возникновения временных и пространственных гармоник. ЭДС в обмотке при синусоидальном и несинусоидальном распределении магнитного поля в воздушном зазоре. Улучшение формы кривой ЭДС. Способы борьбы с высшими гармониками. Коэффициент распределения, коэффициент укорочения, коэффициент скоса.

Причины возникновения временных и пространственных гармоник. ЭДС в обмотке при синусоидальном и несинусоидальном распределении магнитного поля в воздушном зазоре. Улучшение формы кривой ЭДС. Способы борьбы с высшими гармониками. Коэффициент распределения, коэффициент укорочения, коэффициент скоса..

2.2. Способы борьбы с высшими гармониками. ЭДС в обмотке при несинусоидальном распределении магнитного поля в воздушном зазоре.

Способы борьбы с высшими гармониками. ЭДС в обмотке при несинусоидальном распределении магнитного поля в воздушном зазоре..

2.3. Высшие гармоники МДС обмоток. МДС трёхфазной обмотки. Прямо- и обратновращающиеся поля.

Высшие гармоники МДС обмоток. МДС трёхфазной обмотки. Прямо- и обратновращающиеся поля..

### 3. Работа асинхронного двигателя в несимметричных режимах

3.1. Процесс пуска асинхронного двигателя. Виды механических характеристик нагрузки электродвигателя. Условия устойчивой работы электродвигателя.

Процесс пуска асинхронного двигателя. Виды механических характеристик нагрузки электродвигателя. Условия устойчивой работы электродвигателя..

3.2. Влияние высших пространственных гармоник магнитного поля на пуск и работу асинхронного двигателя. Асинхронные и синхронные моменты высших гармоник.

Влияние высших пространственных гармоник магнитного поля на пуск и работу асинхронного двигателя. Асинхронные и синхронные моменты высших гармоник..

3.3. Работа асинхронного двигателя при ненормальных напряжении и частоте. Переключение обмоток слабо нагруженных асинхронных двигателей с треугольника на звезду. Допустимые отклонения напряжения и частоты при работе асинхронного двигателя. Работа асинхронного двигателя при несинусоидальном питающем напряжении. Особенности работы асинхронного двигателя при питании от преобразователя частоты.

Работа асинхронного двигателя при ненормальных напряжении и частоте. Переключение обмоток слабо нагруженных асинхронных двигателей с треугольника на звезду. Допустимые отклонения напряжения и частоты при работе асинхронного двигателя. Работа асинхронного двигателя при несинусоидальном питающем напряжении. Особенности работы асинхронного двигателя при питании от преобразователя частоты..

3.4. Работа асинхронного двигателя при несимметрии питающего напряжения, несимметрии сопротивлений цепей статора, несимметричном соединении фаз симметричной обмотки.

Работа асинхронного двигателя при несимметрии питающего напряжения, несимметрии сопротивлений цепей статора, несимметричном соединении фаз симметричной обмотки..

3.5. Работа асинхронного двигателя при несимметричном сопротивлении фаз ротора. Виды дефектов короткозамкнутых обмоток ротора и причины их появления.

Работа асинхронного двигателя при несимметричном сопротивлении фаз ротора. Виды дефектов короткозамкнутых обмоток ротора и причины их появления..

### 4. Работа асинхронного двигателя в неполнофазных режимах

4.1. Работа асинхронного двигателя при обрыве фазы ротора. Эффект Гёргесса. Работа асинхронного двигателя при обрыве фазы ротора. Эффект Гёргесса..

4.2. Работа асинхронного двигателя при обрыве линейного и фазного проводов статора в схемах «звезда» и «треугольник».

Работа асинхронного двигателя при обрыве линейного и фазного проводов статора в схемах «звезда» и «треугольник»..

4.3. Защита двигателей от работы в несимметричных и неполнофазных режимах.

Защита двигателей от работы в несимметричных и неполнофазных режимах..

4.4. Принципы определения неисправностей асинхронных электродвигателей.  
Принципы определения неисправностей асинхронных электродвигателей..

4.5. Включение трёхфазного асинхронного двигателя в однофазную сеть.  
Включение трёхфазного асинхронного двигателя в однофазную сеть..

### 5. Генераторный режим асинхронной машины

5.1. Работа асинхронного генератора параллельно с сетью большой мощности.  
Работа асинхронного генератора параллельно с сетью большой мощности..

5.2. Автономный асинхронный генератор, условие самовозбуждения, подбор конденсаторов, стабилизация напряжения и частоты автономного асинхронного генератора.

Автономный асинхронный генератор, условие самовозбуждения, подбор конденсаторов, стабилизация напряжения и частоты автономного асинхронного генератора..

### 6. Несимметричная нагрузка синхронных генераторов

6.1. Параллельная работа синхронного генератора с электрической системой, напряжения которой несимметричны.

Параллельная работа синхронного генератора с электрической системой, напряжения которой несимметричны..

6.2. Работа синхронного генератора на автономную несимметричную нагрузку.  
Работа синхронного генератора на автономную несимметричную нагрузку..

6.3. Режимы несимметричных коротких замыканий генераторов. Расчёт токов несимметричных коротких замыканий генераторов.

Режимы несимметричных коротких замыканий генераторов. Расчёт токов несимметричных коротких замыканий генераторов..

**3.3. Темы практических занятий**  
не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Исследование несимметричной нагрузки трёхфазного трансформатора;
2. Исследование трёхфазного асинхронного двигателя в ненормальных режимах;
3. Работа трёхфазного асинхронного двигателя в неполнофазных режимах;
4. Асинхронный генератор.

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение. Несимметричная нагрузка трансформаторов."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Высшие временные и пространственные гармоники в машинах переменного тока"

3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Работа асинхронного двигателя в несимметричных режимах"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Работа асинхронного двигателя в неполнофазных режимах"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Генераторный режим асинхронной машины"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Несимметричная нагрузка синхронных генераторов"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
<b>Знать:</b>								
методы теоретического и экспериментального исследования несимметричных режимов работы электрических машин и трансформаторов	ИД-3ПК-5	+						Лабораторная работа/КМ-3 Защита лабораторной работы «Исследование несимметричной нагрузки трёхфазного трансформатора»
методы определения и устранения неисправностей электрических машин и трансформаторов	ИД-1ПК-7			+				Лабораторная работа/КМ-4 Защита лабораторной работы «Исследование трёхфазного асинхронного двигателя в ненормальных режимах»
методы математического анализа и моделирования несимметричных режимов работы электрических машин и трансформаторов	ИД-3ПК-7				+			Лабораторная работа/КМ-5 Защита лабораторной работы «Работа трёхфазного асинхронного двигателя в неполнофазных режимах»
<b>Уметь:</b>								
рассчитывать режимы работы электрических машин и трансформаторов и характеризующие их параметры	ИД-3ПК-5	+						Контрольная работа/КМ-1 Расчет токов при несимметричной нагрузке трансформаторов
использовать программные средства для анализа несимметричных режимов работы электрических машин	ИД-1ПК-7		+					Контрольная работа/КМ-2 Высшие гармоники ЭДС обмоток машин переменного тока
определять причины неисправностей электрических машин и трансформаторов	ИД-1ПК-7						+	Контрольная работа/КМ-7 Контрольная работа «Несимметричная нагрузка синхронных генераторов»
разрабатывать простые модели электромеханических преобразователей энергии и протекающих в них процессов	ИД-3ПК-7					+		Лабораторная работа/КМ-6 Защита лабораторной работы «Асинхронный генератор»



## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-3 Защита лабораторной работы «Исследование несимметричной нагрузки трёхфазного трансформатора» (Лабораторная работа)
2. КМ-4 Защита лабораторной работы «Исследование трёхфазного асинхронного двигателя в ненормальных режимах» (Лабораторная работа)
3. КМ-5 Защита лабораторной работы «Работа трёхфазного асинхронного двигателя в неполнофазных режимах» (Лабораторная работа)
4. КМ-6 Защита лабораторной работы «Асинхронный генератор» (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-1 Расчет токов при несимметричной нагрузке трансформаторов (Контрольная работа)
2. КМ-2 Высшие гармоники ЭДС обмоток машин переменного тока (Контрольная работа)
3. КМ-7 Контрольная работа «Несимметричная нагрузка синхронных генераторов» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №7)*

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Вольдек, А. И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы : учебник для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / А. И. Вольдек, В. В. Попов . – СПб. : Питер, 2007 . – 320 с. – (Учебник для вузов) . - ISBN 5-469-01380-4 .;
2. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / А. И. Вольдек, В. В. Попов . – СПб. : Питер, 2008 . – 350 с. – (Учебник для вузов) . - ISBN 978-5-469-01381-5 .;
3. Токарев, Б. Ф. Электрические машины : Учебное пособие для электротехнических и энергетических специальностей вузов / Б. Ф. Токарев . – М. : Энергоатомиздат, 1990 . – 624 с. - ISBN 5-283-00595-X .;

4. Беспалов, В. Я. Электрические машины : учебник для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. Я. Беспалов, Н. Ф. Котеленец . – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2013 . – 320 с. – (Высшее профессиональное образование . Бакалавриат) . - ISBN 978-5-7695-8497-8 .;
5. Кузнецов, В. А. Несимметричные режимы асинхронных двигателей : Методическое пособие по курсу "Несимметричные режимы и переходные процессы" для студентов специальности 1801 / В. А. Кузнецов, Ю. А. Мошинский, И. Л. Осин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2000 . – 14 с.;
6. Панихин, М. В. Исследование трансформаторов. Лабораторные работы № 1—4 : методическое пособие по курсу "Электрические машины" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / М. В. Панихин, С. В. Ширинский, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2014 . – 56 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7011](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7011);
7. Неноминальные и особые режимы работы асинхронных машин : практикум по курсу "Несимметричные режимы электрических машин" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / А. С. Иванов, В. А. Кузьмичев, Е. В. Качалина, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 60 с. - ISBN 978-5-7046-2079-2 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10584](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10584);
8. Иванов-Смоленский А. В.- "Электрические машины. В двух томах. Том 1" Т. 1, (3-е изд., стереот.), Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2006 - (652 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72331](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72331);
9. Иванов-Смоленский А. В.- "Электрические машины. В двух томах. Том 2" Т. 2, (3-е изд., стереот.), Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2006 - (532 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72332](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72332).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-312, Учебная аудитория "А"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая

Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-209, Лаборатория электромеханики	стол, стул, доска меловая, лабораторный стенд
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-207, Лекционная аудитория	стол, стул, шкаф, лабораторный стенд
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-206.1, Преподавательская	парта со скамьей, стеллаж для хранения книг, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-122, Кладовая	стеллаж, шкаф, шкаф для документов

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Анализ процессов в электрических машинах и трансформаторах в неноминальных и аварийных режимах работы

(название дисциплины)

#### 7 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1 Расчет токов при несимметричной нагрузке трансформаторов (Контрольная работа)  
 КМ-2 КМ-2 Высшие гармоники ЭДС обмоток машин переменного тока (Контрольная работа)  
 КМ-3 КМ-3 Защита лабораторной работы «Исследование несимметричной нагрузки трёхфазного трансформатора» (Лабораторная работа)  
 КМ-4 КМ-4 Защита лабораторной работы «Исследование трёхфазного асинхронного двигателя в ненормальных режимах» (Лабораторная работа)  
 КМ-5 КМ-5 Защита лабораторной работы «Работа трёхфазного асинхронного двигателя в неполнофазных режимах» (Лабораторная работа)  
 КМ-6 КМ-6 Защита лабораторной работы «Асинхронный генератор» (Лабораторная работа)  
 КМ-7 КМ-7 Контрольная работа «Несимметричная нагрузка синхронных генераторов» (Контрольная работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	14	16
1	Введение. Несимметричная нагрузка трансформаторов.								
1.1	Ненормальные режимы работы трансформаторов и электрических машин. Их виды и причины возникновения. Предмет курса.		+						
1.2	Кривая установившегося тока холостого хода трансформатора при учете насыщения и гистерезиса. Влияние схемы соединения обмоток трехфазного трансформатора на высшие гармоники в потоке и намагничивающем токе. Формы кривых намагничивающего тока, магнитного потока и ЭДС.		+						
1.3	Несимметричная нагрузка трансформаторов. Метод симметричных составляющих. Нулевая последовательность при различных схемах соединения обмоток и конструкция магнитопровода трехфазных трансформаторов. Физический смысл		+		+				

	и способ экспериментального определения параметров нулевой последовательности. Влияние схемы соединения обмоток и конструкции магнитопровода на распределение токов при несимметричной нагрузке и несимметричных коротких замыканиях. Расчет токов при несимметричной нагрузке и коротких замыканиях трансформаторов. Несимметричная нагрузка автотрансформаторов.							
2	Высшие временные и пространственные гармоники в машинах переменного тока							
2.1	Причины возникновения временных и пространственных гармоник. ЭДС в обмотке при синусоидальном и несинусоидальном распределении магнитного поля в воздушном зазоре. Улучшение формы кривой ЭДС. Способы борьбы с высшими гармониками. Коэффициент распределения, коэффициент укорочения, коэффициент скоса.		+					
2.2	Способы борьбы с высшими гармониками. ЭДС в обмотке при несинусоидальном распределении магнитного поля в воздушном зазоре.		+					
2.3	Высшие гармоники МДС обмоток. МДС трёхфазной обмотки. Прямовращающиеся и обратновращающиеся поля.		+					
3	Работа асинхронного двигателя в несимметричных режимах							
3.1	Процесс пуска асинхронного двигателя. Виды механических характеристик нагрузки электродвигателя. Условия устойчивой работы электродвигателя.				+			
3.2	Влияние высших пространственных гармоник магнитного поля на пуск и работу асинхронного двигателя. Асинхронные и синхронные моменты высших гармоник.				+			
3.3	Работа асинхронного двигателя при ненормальных напряжениях и частоте. Переключение обмоток слабо загруженных асинхронных двигателей с треугольника на звезду. Допустимые отклонения напряжения				+			

	и частоты при работе асинхронного двигателя. Работа асинхронного двигателя при несинусоидальном питающем напряжении. Особенности работы асинхронного двигателя при питании от преобразователя частоты.							
3.4	Работа асинхронного двигателя при несимметрии питающего напряжения, несимметрии сопротивлений цепей статора, несимметричном соединении фаз симметричной обмотки.				+			
3.5	Работа асинхронного двигателя при несимметричном сопротивлении фаз ротора. Виды дефектов короткозамкнутых обмоток ротора и причины их появления.				+			
4	Работа асинхронного двигателя в неполнофазных режимах							
4.1	Работа асинхронного двигателя при обрыве фазы ротора. Эффект Гёргесса.					+		
4.2	Работа асинхронного двигателя при обрыве линейного и фазного проводов статора в схемах «звезда» и «треугольник».					+		
4.3	Защита двигателей от работы в несимметричных и неполнофазных режимах.					+		
4.4	Принципы определения неисправностей асинхронных электродвигателей.					+		
4.5	Включение трёхфазного асинхронного двигателя в однофазную сеть.					+		
5	Генераторный режим асинхронной машины							
5.1	Работа асинхронного генератора параллельно с сетью большой мощности.						+	
5.2	Автономный асинхронный генератор, условие самовозбуждения, подбор конденсаторов, стабилизация напряжения и частоты автономного асинхронного генератора.						+	
6	Несимметричная нагрузка синхронных генераторов							
6.1	Параллельная работа синхронного генератора с электрической системой, напряжения которой несимметричны.							+
6.2	Работа синхронного генератора на автономную несимметричную							+

	нагрузку.							
6.3	Режимы несимметричных коротких замыканий генераторов. Расчёт токов несимметричных коротких замыканий генераторов.							+
	Вес КМ, %:	10	15	15	15	15	15	15