

**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**  
**МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**  
**И ТРАНСФОРМАТОРОВ**

<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.08.08
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	8 семестр - 3;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	108 часов
<b>Лекции</b>	8 семестр - 14 часов;
<b>Практические занятия</b>	8 семестр - 28 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	8 семестр - 65,7 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> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	8 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Коробков С.А.
	Идентификатор	R8c9cf13d-KorobkovSA-9c1e19ad

(подпись)

С.А. Коробков

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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:** заключается в изучение состава и принципов построения систем мониторинга и диагностики электрических машин для участия в формировании и управлении данными системами в профессиональной деятельности

### Задачи дисциплины

- ознакомление с методами мониторинга силовых трансформаторов и крупных электрических машин;
- изучение основных видов повреждений, приводящих к авариям и требующим мониторинга;
- изучение методов измерения контролируемых при мониторинге параметров;
- овладение основами построения систем мониторинга трансформаторов и электрических машин;
- приобретение навыков составления технических требования для систем мониторинга трансформаторов и 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-3 <sub>ПК-5</sub> Применяет приближенные методы расчета и выбора основных элементов электрических машин и аппаратов	знать: - основные элементы систем прогнозного мониторинга и диагностики.  уметь: - компоновать системы прогнозного мониторинга и диагностики из базовых элементов.
ПК-6 Способен использовать и составлять типовую сопроводительную документацию	ИД-1 <sub>ПК-6</sub> Применяет навыки чтения и анализа технической документации	знать: - основные типы датчиков для системы мониторинга, их параметры и диапазоны изменения параметров.  уметь: - подбирать необходимые измерительные системы по измеряемым величинам и их значениям.
ПК-7 Способен участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике и анализировать полученные результаты	ИД-2 <sub>ПК-7</sub> Применяет методы и технические средства испытаний и диагностики электротехнического оборудования	знать: - основные методы обработки сигналов, полученных от системы мониторинга.  уметь: - обрабатывать данные полученный от систем мониторинга для различных датчиков стандартными методами.

## **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 Дисциплину "Электрические машины"

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 3 зачетных единицы, 108 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	Общие вопросы построения диагностических систем	15	8	2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Общие вопросы построения диагностических систем"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Общие вопросы построения диагностических систем"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Общие вопросы построения диагностических систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 3-54</p>
1.1	Общие вопросы построения диагностических систем	15		2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	
2	Подсистемы систем диагностики	15		2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	
2.1	Подсистемы систем диагностики	15		2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	

													"Подсистемы систем диагностики" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 65-107
3	Системы контроля изоляции	15	2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Системы контроля изоляции"
3.1	Системы контроля изоляции	15	2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Системы контроля изоляции" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Системы контроля изоляции" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 217-224
4	Методы диагностики состояния трансформаторов	15	2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Методы диагностики состояния трансформаторов".
4.1	Методы диагностики состояния трансформаторов	15	2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	Подготовка к контрольной работе. <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы диагностики состояния трансформаторов" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Методы диагностики состояния трансформаторов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 151-191 [2], 3-23
5	Методы мониторинга и диагностики	15	2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Методы



													контрольной работе <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Разработка состава системы мониторинга" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 243-263
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	108.0	14	-	28	-	-	-	-	0.3	65.7	-	
	Итого за семестр	108.0	14	-	28	-	-	-	-	0.3	65.7	-	

**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. Общие вопросы построения диагностических систем

#### 1.1. Общие вопросы построения диагностических систем

Целевая функция применения систем мониторинга . Статистика отказов электрических машин. Функциональные возможности систем мониторинга. Требования к системе мониторинга. Компоненты системы мониторинга. Современная практика мониторинга состояния электрических машин..

### 2. Подсистемы систем диагностики

#### 2.1. Подсистемы систем диагностики

Состав диагностических подсистем. Интегрирование отдельных подсистем в единое целое. Подсистемы контроля изоляции, состояния вводов, фаз обмоток, системы охлаждения, вспомогательных систем, вибрации, электромагнитных параметров, частичных разрядов и др..

### 3. Системы контроля изоляции

#### 3.1. Системы контроля изоляции

Контроль газов, растворенных в трансформаторном масле. Треугольник Дюваля. Контроль влагосодержания изоляции. Контроль токов проводимости и тангенсов углов потерь. Требования к изоляции. Испытания главной и продольной изоляции трансформатора. Методы оценки степени старения изоляции. Контроль частичных разрядов. Виброакустические методы контроля..

### 4. Методы диагностики состояния трансформаторов

#### 4.1. Методы диагностики состояния трансформаторов

Методы контроля и диагностики состояния масляных трансформаторов. Особенности диагностики сухих трансформаторов. Признаки наличия дефектов. Тепловизионное обследование. Виброакустические методы. Измерение частичных разрядов. Физико-химические методы. Хроматографический метод..

### 5. Методы мониторинга и диагностики турбогенераторов

#### 5.1. Методы мониторинга и диагностики турбогенераторов

Мониторинг и диагностика: вибрации, температуры, магнитного поля, частичных разрядов, акустики, электрических параметров и их сигнатур. Фильтрация и обработка первичной информации..

### 6. Обработки мониторинговой информации

#### 6.1. Обработки мониторинговой информации

Информационные потоки систем диагностического мониторинга. Модели и методики обработки мониторинговой информации. Методики расчета остаточного ресурса. Примеры расчета ресурса. Влияние аварийных процессов на ресурс трансформаторов и турбогенераторов..

### 7. Разработка состава системы мониторинга

### 7.1. Разработка состава системы мониторинга

Состав систем мониторинга для трансформаторов и реакторов различных классов напряжения и мощности. Состав систем мониторинга турбогенераторов различной мощности и типов систем охлаждения. Типовые решения систем мониторинга. Сравнительный анализ представленных на рынке систем мониторинга..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Разработка ТЗ на систему диагностики. Решение задачи интегрирования системы диагностики в систему управления электрической машиной (трансформатором);
2. Выбор контролируемых параметров системы диагностики;
3. Подбор датчиков измеряемых величин;
4. Методики обработки данных, получаемых при мониторинге с различных датчиков;
5. Расчеты срока службы изоляции по результатам обработки мониторинговой информации;
6. Формирование заключения об остаточном ресурсе электрической машины (трансформатора).

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

### 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	7		
<b>Знать:</b>										
основные элементы систем прогнозного мониторинга и диагностики	ИД-3пк-5	+								/Тест "Основы построения диагностических систем"
основные типы датчиков для системы мониторинга, их параметры и диапазоны изменения параметров	ИД-1пк-6		+	+						/Тест «Датчики систем мониторинга и их параметры»
основные методы обработки сигналов, полученных от системы мониторинга	ИД-2пк-7			+	+	+				/Тест «Обработка сигналов полученных от систем мониторинга»
<b>Уметь:</b>										
компоновать системы прогнозного мониторинга и диагностики из базовых элементов	ИД-3пк-5		+	+	+	+			+	/Контрольная работа «Компоновка системы прогнозного мониторинга»
подбирать необходимые измерительные системы по измеряемым величинам и их значениям	ИД-1пк-6		+	+	+					Тестирование/Тест «Выбор измерительных систем в составе системы мониторинга»
обрабатывать данные полученный от систем мониторинга для различных датчиков стандартными методами	ИД-2пк-7				+	+	+			Контрольная работа/Контрольная работа «Обработка данных систем мониторинга»

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

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

**8 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Компоновка системы прогнозного мониторинга» ()
2. Контрольная работа «Обработка данных систем мониторинга» (Контрольная работа)
3. Тест "Основы построения диагностических систем" ()
4. Тест «Выбор измерительных систем в составе системы мониторинга» (Тестирование)
5. Тест «Датчики систем мониторинга и их параметры» ()
6. Тест «Обработка сигналов полученных от систем мониторинга» ()

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №8)*

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 8 семестр.

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

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

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

1. Хорольский В. Я., Таранов М. А., Шемякин В. Н.- "Эксплуатация электрооборудования", (3-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (268 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/169183>;
2. Щурин, К. В. Надежность машин : учебное пособие / К. В. Щурин . – Санкт-Петербург : Лань, 2019 . – 592 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-3748-1 .;
3. Вознесенский А. С.- "Средства передачи и обработки информации", Издательство: "МИСИС", Москва, 2019 - (210 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/116911>.

##### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

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

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
3. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
6. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
7. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
8. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
9. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

#### **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Методы мониторинга состояния электрических машин и трансформаторов

(название дисциплины)

#### 8 семестр

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

- КМ-1 Тест "Основы построения диагностических систем"
- КМ-2 Тест «Датчики систем мониторинга и их параметры»
- КМ-3 Тест «Выбор измерительных систем в составе системы мониторинга» (Тестирование)
- КМ-4 Контрольная работа «Обработка данных систем мониторинга» (Контрольная работа)
- КМ-5 Тест «Обработка сигналов полученных от систем мониторинга»
- КМ-6 Контрольная работа «Компоновка системы прогнозного мониторинга»

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	12	15	16	16
1	Общие вопросы построения диагностических систем							
1.1	Общие вопросы построения диагностических систем		+					
2	Подсистемы систем диагностики							
2.1	Подсистемы систем диагностики			+	+			+
3	Системы контроля изоляции							
3.1	Системы контроля изоляции			+	+		+	+
4	Методы диагностики состояния трансформаторов							
4.1	Методы диагностики состояния трансформаторов				+	+	+	+
5	Методы мониторинга и диагностики турбогенераторов							
5.1	Методы мониторинга и диагностики турбогенераторов					+	+	+
6	Обработки мониторинговой информации							
6.1	Обработки мониторинговой информации					+		
7	Разработка состава системы мониторинга							
7.1	Разработка состава системы мониторинга							+

Bec KM, %:	10	10	10	30	10	30
------------	----	----	----	----	----	----