

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические машины объектов энергетики:
проектирование, эксплуатация, техническое диагностирование

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ШУМЫ И ВИБРАЦИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.09
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 2;
Часов (всего) по учебному плану:	72 часа
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	3 семестр - 39,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	3 семестр - 0,3 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сидоров А.О.
	Идентификатор	R2a0076dc-SidorovAO-9eb7b679

А.О. Сидоров

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

С.В. Ширинский

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

М.Г. Киселев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение источников вибрации и шума во вращающихся электрических машинах, методов расчета виброакустических характеристик различных типов электрических машин, способов снижения шума и вибрации электрических машин.

Задачи дисциплины

- освоение основных понятий теории механических колебаний и распространения звуковых волн в упругих средах;
- изучение источников вибраций и шума во вращающихся электрических машинах.

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-1 Способен ставить задачи и планировать исследования и разработки, выбирать методы экспериментальной и проектной деятельности, интерпретировать и представлять результаты научных исследований и разработок	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует знание современных средств в области электромеханических преобразователей энергии и методы их исследования и разработки	знать: - 2. рекомендации по проектированию вращающихся электрических машин с низкими уровнями шума и вибрации; - 1. методы расчета вибраций и шума электрических машин.
ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области профессиональной деятельности в рамках сформулированной задачи	ИД-3 _{ПК-2} Применяет методы расчёта, проектирования и конструирования электромеханических систем и их элементов	уметь: - 2. определять уровни шума и вибрации спроектированной электрической машины; - 1. анализировать и предлагать технические решения по снижению шума и вибрации электрических машин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрические машины объектов энергетики: проектирование, эксплуатация, техническое диагностирование (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать необходимо знать физику, теоретическую механику, высшую математику, электрические машины
- знать физические законы, лежащие в основе работы электрических машин
- уметь определять параметры и рассчитывать характеристики электрических машин
- уметь рассчитывать магнитные поля в электрических машинах

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 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ 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 сведения о механических колебаниях и их распространении в упругих средах. Источники вибрации и шума в электрических машинах. Общие подходы к расчету вибрации и шума вращающихся электрических машин	15	3	4	-	3	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр 5-12 [2], стр 11-53 [3], стр 5-13	
1.1	Общие сведения о механических колебаниях и их распространении в упругих средах. Источники вибрации и шума в электрических машинах. Общие подходы к расчету вибрации и шума вращающихся электрических машин	15		4	-	3	-	-	-	-	-	-	8		-
2	Магнитная составляющая	15		3	-	4	-	-	-	-	-	-	8		-

	вибрации и шума асинхронных машин												[1], стр 34-65
2.1	Магнитная составляющая вибрации и шума асинхронных машин	15	3	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
3	Магнитная составляющая вибрации и шума синхронных электрических машин	14	3	-	3	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр 68-84
3.1	Магнитная составляющая вибрации и шума синхронных электрических машин	14	3	-	3	-	-	-	-	-	8	-	
4	Магнитная составляющая вибрации и шума машин постоянного тока	14	3	-	3	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр 84-95
4.1	Магнитная составляющая вибрации и шума машин постоянного тока	14	3	-	3	-	-	-	-	-	8	-	
5	Аэродинамический шум	13.7	3	-	3	-	-	-	-	-	7.7	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u>
5.1	Аэродинамический шум	13.7	3	-	3	-	-	-	-	-	7.7	-	[1], стр 96-110
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	72.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3	39.7	-	
	Итого за семестр	72.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3	39.7	-	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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 сведения о механических колебаниях и их распространении в упругих средах. Источники вибрации и шума в электрических машинах. Общие подходы к расчету вибрации и шума вращающихся электрических машин

1.1. Общие сведения о механических колебаниях и их распространении в упругих средах. Источники вибрации и шума в электрических машинах. Общие подходы к расчету вибрации и шума вращающихся электрических машин

Основные понятия теории колебаний: гармонические колебания, система с сосредоточенными параметрами, система с распределенными параметрами, уравнения движения, резонанс, форма колебаний, демпфирование, вынужденные колебания. Природа звука. Основы акустики. Звуковое давление. Скорость звука. Восприятие звука. Источники звука. Звукопоглощение. Акустика помещений. Нормирование. Классификация источников вибрации и шума в электрических машинах. Способы разделения источников шума и вибрации различного происхождения. Силы, действующие на статора электрических машин. Методы их расчета. Связь между силами, вибрацией и шумом во вращающихся электрических машинах..

2. Магнитная составляющая вибрации и шума асинхронных машин

2.1. Магнитная составляющая вибрации и шума асинхронных машин

МДС обмоток статора и ротора. Магнитная проводимость и магнитное поле воздушного зазора. Радиальные и тангенциальные силы, создаваемые магнитными полями. Влияние на уровень вибрации и шума режима работы, числа пазов статора и ротора, насыщения стали, технологических и конструктивных факторов асинхронных электродвигателей. Методы проведения виброакустических испытаний асинхронных двигателей..

3. Магнитная составляющая вибрации и шума синхронных электрических машин

3.1. Магнитная составляющая вибрации и шума синхронных электрических машин

Вибрация и шум турбогенераторов и гидрогенераторов. Вибрация, возбуждаемая высшими гармониками полей статора и ротора. Вибрация статорных обмоток турбогенераторов и гидрогенераторов. Влияние насыщения, режима работы и эксцентриситета на вибрацию и шум синхронных машин. Формы статора, ротора и их влияние на виброакустические характеристики гидрогенераторов. Методы проведения вибрационных испытаний турбо- и гидрогенераторов. Магнитный шум индукторных генераторов..

4. Магнитная составляющая вибрации и шума машин постоянного тока

4.1. Магнитная составляющая вибрации и шума машин постоянного тока

Собственные колебания ярм. Расчет вибрации и шума при равномерном и эксцентричном зазоре под полюсом. Влияние нагрузки на магнитную составляющую шума. Скос пазов якоря. Влияние технологических отклонений на вибрацию и шум. Методы проведения виброакустических испытаний машин постоянного тока.

5. Аэродинамический шум

5.1. Аэродинамический шум

Источники аэродинамического шума. Шум вентилятора. Шум, возникающий при вращении ротора. Способы снижения аэродинамического шума. Применение глушителей шума. Аэродинамический шум машин различного исполнения.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет магнитной составляющей шума асинхронного двигателя;
2. Расчет магнитной составляющей вибрации синхронных машин;
3. Расчет магнитной составляющей вибрации синхронных машин;
4. Расчет магнитной составляющей вибрации машин постоянного тока;
5. Колебания роторов;
6. Расчет магнитной составляющей вибрации асинхронного двигателя;
7. Расчет магнитной составляющей шума машин постоянного тока.

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	
Знать:							
1. методы расчета вибраций и шума электрических машин	ИД-1 _{ПК-1}	+					Контрольная работа/Расчет виброакустических характеристик асинхронного двигателя
2. рекомендации по проектированию вращающихся электрических машин с низкими уровнями шума и вибрации	ИД-1 _{ПК-1}		+	+			Контрольная работа/Расчет виброакустических характеристик синхронного гидрогенератора Контрольная работа/Расчет виброакустических характеристик синхронного турбогенератора
Уметь:							
1. анализировать и предлагать технические решения по снижению шума и вибрации электрических машин	ИД-3 _{ПК-2}					+	Контрольная работа/Исследование вибраций и шума асинхронного двигателя
2. определять уровни шума и вибрации спроектированной электрической машины	ИД-3 _{ПК-2}				+		Контрольная работа/Расчет виброакустических характеристик генератора постоянного тока

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Исследование вибраций и шума асинхронного двигателя (Контрольная работа)
2. Расчет виброакустических характеристик асинхронного двигателя (Контрольная работа)
3. Расчет виброакустических характеристик генератора постоянного тока (Контрольная работа)
4. Расчет виброакустических характеристик синхронного гидрогенератора (Контрольная работа)
5. Расчет виброакустических характеристик синхронного турбогенератора (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Шубов, И. Г. Шум и вибрация электрических машин / И. Г. Шубов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.;
2. Вибрации и шум электрических машин, трансформаторов и реакторов : учебное пособие по программе бакалавриата по всем профилям направления 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" и программам магистратуры всех профилей направления 13.04.02 "Энергетика и электротехника" / В. Т. Медведев, В. Я. Геча, В. С. Малышев, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ "МЭИ") ; ред. В. Т. Медведев. – М. : Изд-во МЭИ, 2018. – 426 с. – ISBN 978-5-7046-1960-4.
<http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=10489>;
3. В. П. Сергиенко, С. Н. Бухаров- "Вибрация и шум в нестационарных процессах трения", Издательство: "Белорусская наука", Минск, 2012 - (346 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=142279>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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

3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

4. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http:\\proinfosoft.ru;>
<http://docs.cntd.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Е-213, Зал заседаний	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ЭЭА-2б, Архив	стол, стул, документы

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Шумы и вибрации в электрических машинах

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Расчет виброакустических характеристик асинхронного двигателя (Контрольная работа)
- КМ-2 Расчет виброакустических характеристик синхронного турбогенератора (Контрольная работа)
- КМ-3 Расчет виброакустических характеристик синхронного гидрогенератора (Контрольная работа)
- КМ-4 Расчет виброакустических характеристик генератора постоянного тока (Контрольная работа)
- КМ-5 Исследование вибраций и шума асинхронного двигателя (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12
1	Общие сведения о механических колебаниях и их распространении в упругих средах. Источники вибрации и шума в электрических машинах. Общие подходы к расчету вибрации и шума вращающихся электрических машин						
1.1	Общие сведения о механических колебаниях и их распространении в упругих средах. Источники вибрации и шума в электрических машинах. Общие подходы к расчету вибрации и шума вращающихся электрических машин		+				
2	Магнитная составляющая вибрации и шума асинхронных машин						
2.1	Магнитная составляющая вибрации и шума асинхронных машин			+	+		
3	Магнитная составляющая вибрации и шума синхронных электрических машин						
3.1	Магнитная составляющая вибрации и шума синхронных электрических машин			+	+		
4	Магнитная составляющая вибрации и шума машин постоянного тока						
4.1	Магнитная составляющая вибрации и шума машин постоянного тока					+	
5	Аэродинамический шум						
5.1	Аэродинамический шум						+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20

