

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 23.09.2022 14:27:25
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f0

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Процессы перемагничивания магнетиков

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Программа подготовки
«Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств»

Для студентов 4 курса очной формы обучения

Составитель:
к.ф.-м.н., доцент Пастушенко А.Г.

Тверь 2017

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Процессы перемагничивания магнетиков

2. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

- формирование у студентов системного подхода к выполнению поставленной практической задачи в области исследования магнитных свойств физических объектов (ферромагнитных и др.) в условиях динамического намагничивания и перемагничивания.

Задачами освоения дисциплины являются:

- знакомство студентов с основными методиками измерения, метрологическими характеристиками и способами применения магнитоизмерительных систем для получения информации о свойствах ферромагнитных материалов в переменных магнитных полях;
- выработка практических навыков использования основных методик измерения магнитных свойств ферромагнитных объектов в переменных магнитных полях;
- подготовка обучающихся к прохождению всех видов практик, выполнению научно-исследовательской и выпускной квалификационной работы.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Процессы перемагничивания магнетиков» относится к дисциплинам по выбору вариативной части учебного плана. Содержательно она развивает практические навыки получения информации о магнитных свойствах реальных физических объектов, изучаемых в естественнонаучном и профессиональном циклах («Магнетизм в конденсированных средах», «Магнитные измерения», «Основы физического материаловедения» и пр.).

Обучающийся готовится к активной работе на практических и лабораторных занятиях в процессе освоения программы направления

03.03.03 – Радиофизика, прохождению всех видов практик, а также выполнению научно-исследовательской работы и подготовки выпускной квалификационной работы.

4. Объем дисциплины:

3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе **контактная работа:** лекции 22 часа, лабораторные работы 44 часа; **самостоятельная работа:** 42 часа.

5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2)	Знать: предмет исследования и возможные способы получения необходимой измерительной информации. Уметь: понимать, получать и оценивать степень достоверности получаемой информации о магнитных свойствах исследуемых объектов.
способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (ПК-1)	Знать: оборудование и приборную базу, обеспечивающую возможность получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов. Уметь: составить схему измерительной системы для выполнения поставленной экспериментальной задачи. Владеть: навыками применения современного физического оборудования для решения естественнонаучных задач.

6. Форма промежуточного контроля

Зачет в 8 семестре

7. Язык преподавания русский.

II. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Наименование тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоя тельная работа (час.)
		Лекции	Лабораторные работы	
1. Поведение магнитомягких ферромагнетиков в постоянных магнитных полях (статические свойства магнетиков).	4	2		2
2. Поведение магнитомягких ферромагнетиков в переменных магнитных полях (динамические свойства магнетиков).	4	2		2
3. Перемагничивание ферромагнитных материалов магнитным полем, имеющим переменную и постоянную составляющие.	4	2		2
4. Цели и задачи измерения магнитных свойств МММ. Принципы построения измерительных устройств. Объекты исследования Способы получения переменных, постоянных и комбинированных магнитных полей.	4	2		2
5. Методы измерения статических свойств магнитомягких ферромагнетиков.	4	2		2
6. Методы измерения динамических свойства магнитомягких ферромагнетиков (динамические свойства магнетиков):	8			8
6.1. Объект исследования;	2	2		
6.2. Исследование процессов намагничивания магнитомягких ферромагнетиков в переменных магнитных полях (измерение динамической кривой намагничивания);	2	2		
6.3. Потери на перемагничивание;	2	2		
6.4. Изучение магнитной проницаемости магнитомягких ферромагнетиков на высоких частотах;	2	2		
6.5. Динамическая петля гистерезиса;	2	2		
6.6. Применение фазочувствительных приборов для исследования гистерезисных кривых магнитомягких материалов при частотах до 1000 Гц.	2	2		
Лабораторные работы				
1. <u>Использование метода амперметра-</u>	16		10	6

<p><u>вольтметра:</u></p> <p>1.1. Измерение динамической кривой намагничивания МММ;</p> <p>1.2. Изучение влияния частоты перемагничивания на ход динамической кривой намагничивания;</p> <p>1.3. Изучение влияния подмагничивания постоянным магнитным полем на форму динамической кривой намагничивания;</p> <p>1.4. Изучение зависимости коэффициента размагничивания от намагниченности по основным кривым намагничивания при изменении длины полосовых образцов.</p>				
<p>2. <u>Изучение потерь на перемагничивание</u> (метод ваттметра):</p> <p>2.1. Изучение потерь на перемагничивание ферромагнитных образцов в зависимости от величины индукции;</p> <p>2.2. Изучение частотной зависимости потерь на перемагничивание ферромагнитных образцов;</p> <p>2.3. Разделение полных потерь на перемагничивание на составные части.</p> <p>2.4. Изучение влияния подмагничивания постоянным магнитным полем на величину потерь на перемагничивание ферромагнитных образцов.</p>	16		10	6
<p>3. <u>Применение резонансных методов:</u></p> <p>3.1. Определение индуктивности катушки произвольных размеров резонансным способом;</p> <p>3.2. Определение компонент магнитной проницаемости магнитомягких материалов методом куметра;</p> <p>3.3. Определение частотной зависимости начальной магнитной проницаемости методом куметра.</p>	16		10	6
<p>4. Использование осциллографа в магнитных измерениях:</p> <p>4.1. Исследование динамической петли гистерезиса методом электронного осциллографа.</p> <p>4.2. Исследование динамической петли гистерезиса ферромагнитных материалов двухканальным ферротестером TR-9801/A.</p>	16		10	6

Промежуточные аттестационные занятия (АЗ).	4		4	
ИТОГО	108	22	44	42

III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

3.1. Методические пособия по теме дисциплины;

3.2. Методические разработки (руководства по выполнению практических задач и лабораторных работ), включающие в себя:

- комплекс тем по рассматриваемым разделам дисциплины с примерами решения поставленных задач;
- рекомендации по выполнению лабораторных работ;
- рекомендации по организации самостоятельной работы студентов;

3.3. Примеры разрабатываемых практических задач.

3.3. Пример построения алгоритма выполнения разрабатываемых практических задач.

IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса «Процессы перемагничивания магнетиков» могут получить зачет по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет сдается согласно «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-2 способностью самостоятельно

приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>Промежуточный</p> <p>Владеть - Навыками выработки целостного взгляда на проблемы, возникающие при планировании и решении поставленной экспериментальной задачи на основе использования профессионального мышления и оргтехники (офисных и научных графических программ).</p>	<p>1 - Почему при определении цены деления сетки по вертикальной оси осциллографа в единицах индукции предпочтительнее использование выражения $m_B = \frac{U_{2cp}}{4w_2 fS} \cdot \frac{1}{a_B}$, а не $m_B = \frac{m_B RC}{w_2 S} \cdot \frac{1}{a_B}$.</p> <p>2. В каком случае (для каких объектов исследования) при определении величины намагничивающего магнитного поля необходимо использовать не средний, а средний гармонический радиус.</p>	<p>1. Не владеет навыками профессионального мышления и компьютерными программами при выработке целостного взгляда на проблемы, возникающие при планировании и решении проблем, возникающих в процессе выполнения поставленной физической задачи.</p> <p>2. Владеет отдельными навыками физического мышления, применения офисных программ и системного подхода при выполнении поставленной практической задачи.</p> <p>3. Удовлетворительно владеет навыками физического мышления, применения офисных программ и системного подхода при выполнении поставленной должной задачи, использует основы планирования.</p> <p>4. Хорошо владеет навыками физического мышления, применения офисных программ и системного подхода при выполнении поставленной должностной практической задачи.</p> <p>5. Свободно ориентируется в элементах системного подхода при решении</p>

		проблем, возникающих в процессе планирования и решения поставленной физической задачи с применением офисных программ и научной графики.
<p>Промежуточный</p> <p>Уметь – с применением прикладных компьютерных программ понимать и оценивать степень достоверности получаемой экспериментальной информации о динамических магнитных свойствах исследуемых объектов.</p>	<p>1. Основные методы определения общих потерь на перемагничивание (общая классификация по способу построения измерительных схем).</p> <p>2. Основные методы измерения динамической петли гистерезиса (общая классификация, структура построения измерительных систем).</p>	<p>1. Не знает приборы и установки для получения информации о динамических свойствах исследуемых объектов.</p> <p>2. Имеет отрывочные представления о приборах и установках для получения информации о динамических свойствах исследуемых объектов.</p> <p>3. Удовлетворительно знает основные технические устройства, для получения информации о динамических свойствах исследуемых объектов, допускает отдельные ошибки.</p> <p>4. Хорошо знает приборы и установки для получения информации о динамических свойствах исследуемых объектов.</p> <p>5. Свободно оперирует знаниями о приборах и установках для получения информации о динамических свойствах исследуемых объектов.</p>
<p>Начальный</p> <p>Уметь - понимать, получать и оценивать степень достоверности получаемой информации о динамических магнитных характеристиках</p>	<p>1. В каком случае при расчете напряженности магнитного поля в тороидальной намагничивающей обмотке более грамотно использовать не средний, а средний гармонический радиус?</p> <p>2 - Зависит ли величина</p>	<p>1. Не умеет самостоятельно анализировать полученные результаты с использованием устоявшихся алгоритмов.</p> <p>2. Самостоятельно использует отрывочные знания о применении</p>

<p>исследуемых объектов.</p>	<p>коэффициента размагничивания (фактора формы) объекта исследования от его размеров?</p>	<p>устоявшихся алгоритмов при анализе полученных результатов.</p> <p>3. Удовлетворительно анализирует полученные результаты с использованием устоявшихся алгоритмов, не всегда может обосновать окончательный результат.</p> <p>4. Умеет самостоятельно анализировать полученные результаты с использованием устоявшихся алгоритмов.</p> <p>5. При анализе полученных результатов свободно рассматривает полученные результаты с использованием устоявшихся алгоритмов.</p>
<p>Начальный Знать – поведение ферромагнетиков в переменных магнитных полях и возможные экспериментальные методы получения и анализа необходимой экспериментальной измерительной информации.</p>	<p>1. Динамическая петля гистерезиса. Определение. Зависимость ее формы от частоты при использовании генератора переменного напряжения ограниченной и неограниченной мощности.</p> <p>2. Почему объект исследования, предназначенный для измерения динамических свойств магнетиков должен обладать либо минимальным, либо нулевым собственным полем размагничивания?</p>	<p>1. Не знает особенностей поведения ферромагнетиков в переменных магнитных полях анализируя экспериментальные данные, обеспечивающие выполнение задачи с необходимой достоверностью.</p> <p>2. Знает лишь отдельные особенности поведения ферромагнетиков в переменных магнитных полях, используемые при анализе экспериментальных данных, обеспечивающих выполнение поставленной задачи с необходимой достоверностью.</p> <p>3. Удовлетворительно пользуется основными закономерностями ферромагнетиков в переменных магнитных полях для сбора и обработки экспериментальных данных при выполнении задачи с</p>

		<p>необходимой достоверностью.</p> <p>4. Хорошо знает особенностей поведения ферромагнетиков в переменных магнитных полях при анализе экспериментальных данных.</p> <p>5. Исчерпывающе владеет знаниями основных законов и алгоритмов получения экспериментальных данных, обеспечивающих выполнение задачи с необходимой достоверностью.</p>
--	--	--

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1 способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования.

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>Начальный</p> <p>Уметь – используя стандартные решения формировать схему измерительной системы для выполнения поставленной экспериментальной задачи.</p>	<p>1. Описать порядок принятия решения при выборе способа создания намагничивающего поля (источника магнитного поля), используемого в схеме для измерения динамической кривой намагничивания магнитометрическим методом.</p> <p>2. Описать структуру построения измерительного устройства для измерения динамической петли гистерезиса для полосового или тороидального образца.</p>	<p>1. Не анализирует ход проведения эксперимента при составлении алгоритма выполнения поставленной экспериментальной задачи.</p> <p>2. Использует лишь ограниченные знания в области построения эксперимента при составлении алгоритма выполнения экспериментальной задачи.</p> <p>3. Удовлетворительно использует знания построения эксперимента при составлении алгоритма выполнения поставленной экспериментальной задачи.</p> <p>4. Умеет хорошо</p>

		использовать знания построения эксперимента, но допускает ошибки при составлении алгоритма выполнения экспериментальной задачи. 5. Свободно владеет знаниями проведения эксперимента и методами составления алгоритмов выполнения поставленной экспериментальной задачи.
Начальный Знать - оборудование и приборную базу, обеспечивающую возможность получения информации о динамических магнитных свойствах исследуемых объектов.	1. Основные методы определения общих потерь на перемагничивание (общая классификация по способу построения измерительных схем). 2. Осциллографический метод измерения динамической петли гистерезиса (структура построения измерительной схемы).	1. Не знает технические устройства, для получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов. 2. Имеет отрывочные сведения о существовании технических устройств, для получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов. 3. Удовлетворительно знает основные технические устройства, для получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов, допускает отдельные ошибки. 4. Хорошо знает основные технические устройства, для получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов. 5. Свободно ориентируется в наборе технических средств для получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов.
Заключительный Владеть - навыками применения современного физического оборудования	1. Почему при исследовании частотных зависимостей магнитных параметров с помощью измерительных схем	1. Не владеет навыками применения современного физического оборудования для решения поставленных

<p>для решения естественнонаучных и радиофизических задач.</p>	<p>с использованием генераторов звуковых сигналов ограниченной мощности необходимо двигаться от высоких частот к низким (привести примеры).</p> <p>2. Почему при определении цены деления сетки по горизонтальной оси осциллографа в единицах напряженности магнитного поля в выражении</p> $m_r = \frac{U_{mN} W_1}{r_N l_{cp}} \cdot \frac{1}{a_H}$ <p>необходимо учитывать величины U_{mN} и r_N, а не значение тока в намагничивающей обмотке?</p>	<p>задач.</p> <p>2. Имеет отдельные представления о возможности использования современного физического оборудования.</p> <p>3. Удовлетворительно владеет основными навыками применения современного физического оборудования, допускает отдельные ошибки.</p> <p>4. Хорошо владеет основными навыками применения современного физического оборудования для решения поставленных задач.</p> <p>5. Свободно владеет навыками применения современного физического оборудования для решения естественнонаучных задач.</p>
<p>Заключительный Уметь – на основе анализа поставленной практической задачи формировать и комплектовать схему измерительной системы для достижения поставленной цели.</p>	<p>1. Описать порядок принятия решения о выборе формы объекта исследования при построении структурной схемы для измерения динамической петли гистерезиса ферромагнетика.</p> <p>2. Чем отличаются методы измерения основной кривой намагничивания и петли гистерезиса магнитных материалов в переменных магнитных полях?</p>	<p>1. Умеет составлять алгоритм выполнения поставленной экспериментальной задачи</p> <p>2. Имеет отдельные представления о составлении алгоритма выполнения поставленной экспериментальной задачи.</p> <p>3. Удовлетворительно владеет основными навыками составления алгоритма выполнения поставленной экспериментальной задачи</p> <p>4. Хорошо владеет навыками составления алгоритмов выполнения поставленной экспериментальной задачи.</p> <p>5. Свободно владеет навыками составления алгоритмов выполнения</p>

		поставленной экспериментальной задачи
--	--	--

V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) Основная литература:

1. Боровик Е. С. Лекции по магнетизму / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 510 с. -Электронный ресурс. - Режим доступа:

<http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75475>

б) Дополнительная литература:

1. Зайдель А. Н. Ошибки измерений физических величин: учебное пособие. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2009 (Архангельск). - 106 с. Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=146

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Внутренние информационные ресурсы:

Научная библиотека ТвГУ – <http://library.tversu.ru>;

Сервер доступа к модульной объектно-ориентированной динамической учебной среде Moodle – <http://moodle.tversu.ru>;

Сервер обеспечения дистанционного обучения и проведения Web-конференций Mirapolis Virtual Room – <http://mvr.tversu.ru>;

Репозиторий научных публикаций ТвГУ – <http://eprints.tversu.ru>.

Внешние информационные ресурсы:

Научная электронная библиотека eLibrary.ru;

Электронная база данных диссертаций РГБ;

База данных Реферативных журналов ВИНТИ;

Полнотекстовый доступ к журналам AIP (Американский институт физики);

Полнотекстовый доступ к журналам и книгам издательства Springer Verlag;

Полнотекстовый доступ к отдельным журналам и книгам Института инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers);

Реферативная база Inspec (доступ к рефератам и полным текстам монографий и научных статей в области физики, электротехники, электроники, коммуникаций, компьютерных наук и информационных технологий).

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

7.1. Перечень лабораторных работ по курсу «Процессы перемагничивания магнетиков»

Лабораторная работа №1. Измерение динамической кривой намагничивания магнитомягких ферромагнетиков.

Лабораторная работа №2. Изучение влияния частоты перемагничивающего поля на ход динамической кривой намагничивания.

Лабораторная работа №3. Изучение влияния подмагничивания постоянным магнитным полем на форму динамической кривой намагничивания.

Лабораторная работа №4. Определение коэффициента размагничивания и зависимости его величины от длины и намагниченности полосовых образцов по основным кривым намагничивания.

Лабораторная работа №5. Изучение потерь на перемагничивание ферромагнитных образцов в зависимости от величины индукции.

Лабораторная работа №6. Изучение частотной зависимости потерь на перемагничивание ферромагнитных образцов.

Лабораторная работа №7. Разделение полных потерь на перемагничивание на составные части.

Лабораторная работа №8. Изучение влияния подмагничивания постоянным магнитным полем на величину потерь на перемагничивание ферромагнитных образцов.

Лабораторная работа №9. Определение индуктивности цилиндрической катушки произвольных размеров по параметрам электрической цепи резонансным способом.

Лабораторная работа №10. Определение компонент магнитной проницаемости тороидальных образцов магнитомягких материалов методом куметра.

Лабораторная работа №11. Определение частотной зависимости начальной магнитной проницаемости методом куметра.

Лабораторная работа №12. Определение комплексной проницаемости тороидальных образцов магнитомягких материалов с помощью автоматического моста переменного тока Е7-8.

Лабораторная работа №13. Использование электронного осциллографа при исследовании динамической петли гистерезиса ферромагнитных материалов.

Лабораторная работа №14. Исследование динамической петли гистерезиса ферромагнитных материалов полем двухканальным ферротестером TR-9801/А.

7.2. Примеры выполнения лабораторных работ

1. Лабораторная работа №1

Измерение динамической кривой намагничивания магнитомягких ферромагнетиков

Цель работы: измерение динамической кривой намагничивания (кривой индукции), построение зависимости амплитудной магнитной проницаемости от величины намагничивающего поля, определение начальной и максимальной амплитудной магнитной проницаемости исследуемых ферромагнитных образцов.

Используемые приборы и оборудование: вольтметры электронные ВЗ-38 (2 шт.), генератор звуковых сигналов Г109; приставка с образцовым (одноомным) сопротивлением, образец №1* тороидальной формы с намагничивающей w_1 и измерительной w_2 обмотками, провода соединительные.

* Холоднокатанный сплав 49К2ФА: $B(400 \text{ А/м}) = 1,2-2,0 \text{ Тл}$, $B(2500 \text{ А/м}) = 2,1-2,2 \text{ Тл}$, $P_{1,8/40} = 25-39 \text{ Вт/кг}$, $P_{2,0/400} = 30-55 \text{ Вт/кг}$, $H_c = 40-140 \text{ А/м}$, $\mu_r=5500$ [10].

Структурная схема для измерения динамической кривой намагничивания методом амперметра-вольтметра (рис. 1).

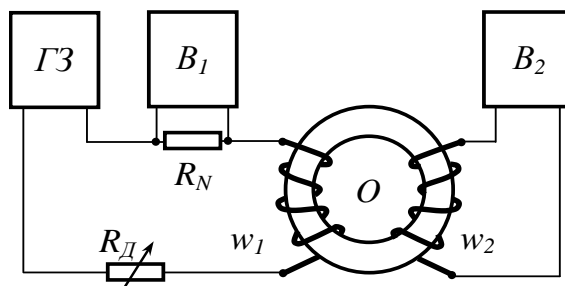


Рис. 1. ГЗ - генератор звуковых сигналов; B_1 и B_2 - вольтметры переменного тока; O - образец; w_1 и w_2 - намагничивающая и измерительная обмотки; R_N – одноомное сопротивление; $R_{Д}$ – добавочное сопротивление

Задание 1. Измерение динамической кривой намагничивания.

Динамическая кривая намагничивания (кривая индукции) измеряется при изменении переменного намагничивающего поля (частотой 50 Гц) от нулевого (минимального) значения до максимально возможного.

Используя формулы (1), (2) и измеренные значения E_d и I_d рассчитать значения намагничивающего поля H_i и соответствующие им значения индукции B_i исследуемого образца.

$$B_m[\Gamma c] = \frac{E_{cp}[B] \cdot 10^8}{4w_2 f[\Gamma y] S[cm^2]} \quad (\text{СГС}), \quad B_m[T] = \frac{E_{cp}[B]}{4w_2 f[\Gamma y] S[m^2]} \quad (\text{СИ}) \quad (1)$$

$$H[\mathcal{E}] = \frac{0,4\pi w_1 I[A]}{l_{cp}[cm]} \quad (\text{СГС}), \quad H\left[\frac{A}{m}\right] = \frac{w_1 I[A]}{l_{cp}[m]} \quad (\text{СИ}) \quad (2)$$

Построить зависимости $B(H)$ исследуемых образцов. Полученные результаты представить в графической форме.

Задание 2. Построить зависимости амплитудной магнитной проницаемости от величины намагничивающего поля.

По данным, полученным при выполнении первого задания, рассчитать и построить зависимость амплитудной магнитной проницаемости

$$\mu_{ампл.} = \frac{B_i}{H_i} \left[\frac{\Gamma c}{\mathcal{E}} \right] \quad (3)$$

как функцию от внешнего намагничивающего поля.

Значение $\mu_{нач}$ определяется из выражения (3) при минимальном значении намагничивающего поля ($H \rightarrow 0$) и μ_{max} – как максимальное значение отношения B/H (при $H \rightarrow 1,2H_c$).

Графически начальная $\mu_{нач}$ и максимальная μ_{max} магнитные проницаемости определяются из измеренных кривых намагничивания. Иметь в виду, что в случае равенства масштабов по осям B и H $\mu_{нач} = \text{tg} \alpha$, а $\mu_{max} = \text{tg} \beta$ (рис. 2). Угол α - угол AOH между касательной к кривой намагничивания при намагничивающем поле стремящемся к 0 и осью поля. Угол β - угол BOH между касательной к кривой намагничивания в точке перехода от участка намагничивания к участку насыщения (2), проходящей через начало координат. Если масштабы по осям разные $\mu = k \cdot \text{tg} \alpha$ (β). k – отношение масштаба по оси B к масштабу по оси H .

Динамическая кривая намагничивания $B(H)$ и зависимость $\mu(H)$ для каждого из исследуемых образцов должны быть представлены на одной координатной плоскости.

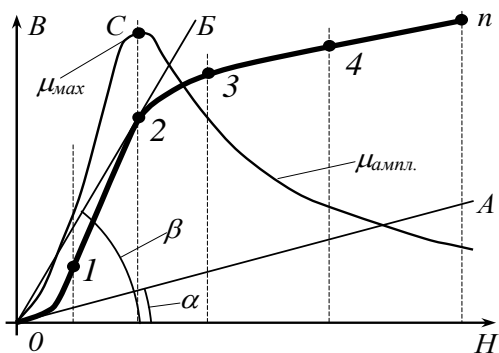


Рис. 2. К методике определения $\mu_{нач}$, μ_{max} и $\mu_{ампл}$

7.3. Примеры заданий для промежуточной аттестации успеваемости

7.3.1. Типовые задания для оценивания результатов сформированности компетенции ОПК-2.

Категория знать:

- Что лежит в основе определения цены деления сетки по вертикальной оси осциллографа

в единицах индукции с помощью соотношения $m_B = \frac{U_{2cp}}{4w_2 f S} \cdot \frac{1}{a_B}$.

- Почему динамические свойства магнетиков лишь условно могут быть названы характеристиками исследуемого ферромагнитного материала?

Категория уметь:

- Объяснить сходство и различие динамической и статической петель гистерезиса. Какие физические процессы ответственны за площадь петли гистерезиса. Обосновать на примере.

- Описать способы приближения значений полученных динамических магнитных характеристик, к значениям статических свойств исследуемого ферромагнитного объекта (способы построения объекта исследования и измерительного устройства).

7.3.2. Типовые задания для оценивания результатов сформированности компетенции ПК-1.

Категория знать:

- Способы получения переменных магнитных полей (структура построения намагничивающего устройства, расчетные формулы, выбор параметров, связанных с геометрией объектов исследования).

- Почему объект исследования, предназначенный для измерения динамических свойств магнетиков должен обладать либо минимальным, либо нулевым собственным полем размагничивания?

Категория уметь:

- Описать структуру построения измерительного устройства для измерения динамической кривой намагничивания (кривой индукции) для образца тороидальной формы.

- Как можно оценить величину потерь на перемагничивание, используя внешний вид петли гистерезиса.

Категория владеть

- Описать алгоритм измерения частотной зависимости коэрцитивной силы при использовании генератора переменных сигналов с ограниченной мощностью.

- Какое значение ЭДС или напряжения U_2 на концах измерительной катушки (действующее, среднее или амплитудное) используется при расчете величины индукции исследуемого объекта?

7.4. Методические указания для решения практических вопросов

Перечень методических разработок, доступных в научной библиотеке ТвГУ – <http://library.tversu.ru> поименован в списке основной 6, 7 и дополнительной 8 – 14 литературы.

7.5. Требования к рейтинг-контролю.

Максимальная сумма баллов, которые можно получить за семестр 100.

- полусеместровая и семестровая аттестации 40 баллов (две контрольных работы по 20 баллов);
- два бонусных задания 10 баллов (по 5 баллов каждый);
- 10 баллов за работу на занятиях в семестре;
- 40 баллов за выполнение всех лабораторных работ (4 балла за задание).

Все баллы, полученные в течение семестра, суммируются. Задания по лабораторным работам должны быть выполнены полностью.

В соответствии с Положением о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ:

Студенту, набравшему 50 баллов и выше по итогам работы в семестре, в экзаменационной ведомости и зачетной книжке выставляется оценка «зачтено».

Студент, набравший от 20 до 49 баллов включительно, сдает зачет в последнюю неделю семестра по данной дисциплине. Баллы, полученные на зачете, проставляются в ведомости.

Студенту, набравшему в течение семестра меньше 20 баллов, в экзаменационной ведомости выставляется оценка «незачтено». Данному студенту разрешается передача зачета по направлению деканата на последней неделе семестра.

7.6. Примерные вопросы для полусеместровой рейтинговой аттестации

Поведение ферромагнетиков в переменных и постоянных магнитных полях:

1. Особенности поведения ферромагнетиков в переменных магнитных полях. Причины отличия магнитных параметров, полученных в постоянных и переменных магнитных полях одинаковой амплитуды.
2. Динамические свойства магнетиков (общее определение).
3. Какие условия перемагничивания необходимо указывать, чтобы использовать магнитные характеристики, определенные в переменных магнитных полях.

Магнитный гистерезис:

1. Магнитный гистерезис. Петля гистерезиса. Определения, примеры.
2. Петля гистерезиса динамическая и статическая (сходство и отличие). Какие физические процессы ответственны за площадь петли гистерезиса. Обосновать на примере.
3. Динамическая петля гистерезиса. Определение. Зависимость ее формы от частоты при генераторе переменного напряжения ограниченной и неограниченной мощности.
4. Предельная петля гистерезиса (определение).
5. Частная петля гистерезиса, семейство частных петель гистерезиса (определения, примеры). Симметричные и несимметричные гистерезисные циклы.

Намагничивание ферромагнетиков в переменных и постоянных магнитных полях:

1. Кривая намагничивания (определение), виды кривых намагничивания.
2. Динамическая кривая намагничивания (основная кривая индукции). Определение. Сходство и различие между динамической и статической кривыми намагничивания.
3. Кривая первоначального намагничивания. Определение, способ измерения.
4. Кривая первоначального намагничивания (определение, условия получения, области кривой намагничивания, пример).
5. Основная кривая намагничивания (индукции). Определение, способ получения.

Магнитная проницаемость:

1. Магнитная проницаемость (определение).
2. Максимальная амплитудная магнитная проницаемость μ_{max} . Определение, форма записи (формульные выражения). Описать экспериментальные способы определения.

3. Начальная амплитудная магнитная проницаемость $\mu_{нач}$. Определение, форма записи (формульные выражения). Описать экспериментальные способы определения.
4. Динамическая амплитудная проницаемость μ_n . Определение. Сходство и различие динамической μ_n и статической μ_a амплитудной проницаемости.
5. Амплитудная магнитная проницаемость и ее виды. Какая кривая намагничивания лежит в основе определения амплитудной магнитной проницаемости.

VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)

Преподавание учебной дисциплины «Процессы перемагничивания магнетиков» строится на сочетании классических и проблемно-практических лекций, на которых в форме дискуссии рассматриваются элементы программы курса, требующие конкретного решения для предложенных граничных условий в алгоритме решения предложенной задачи. Практические навыки выполнения практических задач приобретаются в процессе выполнения лабораторных работ. В процессе двусторонней деятельности формируются умения логически мыслить, и применять физические законы для решения конкретных практических проблем, понимать смысл универсальности проявления законов природы. Практические навыки выполнения экспериментальных задач приобретаются в процессе выполнения лабораторных работ. При необходимости, рассмотрение и решение практических задач ведется с применением офисных, графических и научно-графических программ поименованных в разделе VI настоящей рабочей программы дисциплины.

Степень освоения рассматриваемого материала определяется в периоды полусеместровой и семестровой рейтинговой аттестации при проведении тестирования и самостоятельной письменной работы.

Удельный вес занятий лекционного типа от общего объема часов составляет 33%, на самостоятельную работу - 57% от общего числа часов.

IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебно-научная лаборатория магнитных и электрических измерений №40 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вольтметр В7-78/1 2. Экран настенный ScreenMedia 153*203 3. Контроллер GPIB-USB-HS 778927-01 4. Сканер для вольтметра В7-78/1 5. Сканер для вольтметра В7-78/1 6. Двухфазный Lock-in усилитель SR 830 7. Двухфазный Lock-in усилитель SR 830 8. Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21.5" 9. Установка "Мишень" 10. Системный блок P4 1.6 512/ASUS P4B266/DDR2*512/80Gb ST380021A(2шт)+клавиатура+мышь 11. Переносной комплект мультимедийной техники 	<p>Google Chrome – бесплатно</p> <p>Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.</p> <p>MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p> <p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

Помещения для самостоятельной работы:

Наименование помещений	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт 	<p>Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно</p> <p>Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных</p>

<p>лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь 3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-port DGS-1016D 4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3» 7. Комплект учебной мебели</p>	<p>программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009 Google Chrome - бесплатно Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. Lazarus 1.4.0 - бесплатно Lego MINDSTORM EV3 - бесплатно Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011 MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012 Microsoft Express Studio 4 - бесплатно MiKTeX 2.9 - бесплатно MPICH 64-bit – бесплатно MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>
---	---	--

Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	Раздел IV	Реквизиты «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» и «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
2.	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП ...»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.