

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИДО

_____ А.Ф. Фёдоров

« _____ » _____ 2004г.

ИЗМЕРЕНИЕ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания
для студентов специальности
190900 «Информационно-измерительная техника и технологии»
Института дистанционного образования

Семестр	8	9	10
Лекции	2	10	10
Лабораторные занятия, часов		8	8
Практические занятия, часов		–	4
Курсовой проект		–	10
Контрольная работа		1	–
Самостоятельная работа		132	132
Формы контроля		Зачет	Экзамен Зачет*

Томск 2004

УДК 621.317

Измерение неэлектрических величин: Раб. программа, метод. указания и контр. задания для студентов спец. 190900 «Информационно-измерительная техника и технологии» ИДО / Сост. Б.Б. Винокуров. – Томск: Изд. ТПУ, 2004. – 36 с.

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры информационно-измерительной техники 15 января 2004 г.

Зав. кафедрой, профессор, д.т.н. _____ В.К. Жуков

Аннотация

Рабочая программа учебной дисциплины «Измерение неэлектрических величин» предназначена для подготовки выпускников ТПУ по специальности 190900 «Информационно-измерительная техника и технологии».

Обязательный минимум содержания программы соответствует ГОС ВПО и включает в себя следующие разделы: электрические измерения физических величин; основные понятия и определения, планирование и организация измерений; измерение параметров магнитного поля; определение характеристик магнитных материалов; измерение неэлектрических величин; общие сведения, классификация и основные характеристики измерительных преобразователей; методы измерений параметров биологических объектов.

Дополнительные требования ТПУ – междисциплинарный характер курса; практические проблемы измерения физических величин; методы измерения, контроля и диагностики на предприятиях машиностроения и нефтегазового комплекса.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Измерение неэлектрических величин» относится к профессиональным специальным дисциплинам подготовки специалистов ИИТ.

1.1 Целью преподавания дисциплины является усвоение студентом теории и практики методов и использования средств измерения физических величин любой природы с использованием как традиционных, так и современных информационных технологий, а также формирование у обучающихся устойчивой мотивации к самообразованию путем организации их самостоятельной деятельности

В результате изучения данной дисциплины студент должен

Понимать и иметь представление:

- научно-техническую терминологию, символику и условные обозначения в области измерительной техники;
- об основных положениях метрологии, методах обработки результатов измерений и их представлении, о правилах выбора средств измерений для решения конкретных измерительных задач;
- о достижениях и проблемах современной измерительной техники;
- о перспективах и тенденциях развития измерительной техники;
- о современных технологиях проектирования средств измерений.

Знать:

- основные понятия, законы и модели механики, электричества и магнетизма;
- специфику получения измерительной информации в различных областях естествознания;
- обобщенный подход к классификации методов и средств измерений физических величин;
- способы построения и основные характеристики измерительных преобразователей;
- методы и способы измерения электрических, магнитных и неэлектрических величин.

Уметь:

- проводить анализ научно-технической и патентной и литературы с целью выбора оптимального решения измерительных задач;
- поставить цель и сформулировать техническое задание на проектирование средств измерений;
- использовать современные средства измерения при планировании, организации и проведении измерительного эксперимента;
- использовать справочный аппарат для выбора средств измерений и элементной базы как при решении конкретных измерительных задач, так и при проектировании новых средств измерений;

- делать постановку задач расчетов, математического и физического моделирования при проектировании средств измерений, уметь применять машинные технологии с использованием пакетов прикладных программ;
- использовать современные технические средства для представления технической документации по результатам проектирования.

1.2 Задачами изложения и изучения дисциплины являются:

- *разработка и детализация содержания* разделов дисциплины, обеспечивающая логически упорядоченную последовательность изучения и выполнения поставленных требований по поставленным выше вопросам измерительной техники.

2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Цели и задачи, структура курса

Роль измерительной техники в народном хозяйстве, научных исследованиях. Измерение электрических величин как основа измерений других физических величин. Универсальность и распространенность электрических средств измерений. Основные понятия и определения.

2.2 Первичные измерительные преобразователи

2.2.1 Общие сведения о первичных измерительных преобразователях. Основные свойства и характеристики

Первичные ИП: элементная база информационно-измерительной техники. Примеры ИП, применяемых в различных областях.

Понятие измерительного преобразователя, датчика. Представление ИП в виде многополюсника. Входные и выходные сигналы. Классификация ИП по различным признакам. Необходимость унификации выходных сигналов ИП, стандартизация ИП, их место в структуре ГСП.

Основные направления развития ИП и требования, предъявляемые к ним.

Статические свойства и характеристики ИП. Уравнение (функция) преобразования. Чувствительность и порог чувствительности. Погрешности ИП в статическом режиме, причины их возникновения. Нормирование погрешностей.

Динамические свойства и характеристики ИП. Динамический режим работы, его особенности. Дифференциальное уравнение преобразования ИП. Определение основных характеристик: передаточной функции, комплексной чувствительности, частотных характеристик, переходных характеристик. Классификация ИП по динамическим свойствам. Метод аналогий для составления дифференциальных уравнений ИП. Понятие об обобщенных параметрах ИП. Составление дифференциальных уравнений в общем виде для колебательных ИП, определение из него динамических характеристик, их анализ.

Измерительные цепи генераторных и параметрических ИП. Условия согласования с нагрузкой. Условия обеспечения линейности выходных характеристик схем с измерительными преобразователями. Уменьшение погрешностей от влияния паразитных сопротивлений и помех в измерительных цепях.

Методические указания

Первый раздел включает общие сведения о первичных ИП, терминологию, определения. А также свойства и характеристики в статическом и динамическом режимах работы и анализ измерительных схем включения ИП. Необходимо уметь объяснить разницу в работе ИП в статическом и динамическом режимах. При изучении классификации измерительных преобразователей уметь пояснить конкретными примерами каждый классификационный признак.

Вопросы для самопроверки

1. Дать определение измерительному преобразователю, датчику. Примеры.
2. Изобразить ИП в виде многополюсника и поясните, что такое входной сигнал, измеряемая величина, выходной сигнал, естественная входная величина, естественная выходная величина.
3. Перечислить основные классификационные признаки и подробно проанализируйте каждый из них с примерами.
4. Какие основные требования предъявляются к измерительным преобразователям?
5. Функция преобразования ИП в статике (реальная и номинальная). Коэффициент преобразования.
6. Чувствительность и порог чувствительности в статике. Способы выражения чувствительности.
7. Классификация погрешностей в статическом режиме, причины возникновения погрешностей.
8. Объяснить сущность работы ИП в динамическом режиме. Дифференциальное уравнение преобразования и определение из него основных динамических характеристик в общем виде).
9. Объяснить сущность метода аналогии для составления дифференциальных уравнений ИП, работающих в динамике.
10. Записать дифференциальное уравнение ИП в общем виде и определить из него передаточную функцию, комплексную чувствительность, АЧХ и ФЧХ.
11. Измерительные цепи включения генераторных ИП. Условия согласования их с нагрузкой.
12. Измерительные цепи включения параметрических ИП. Условия согласования их с нагрузкой, условие для линеаризации выходных характеристик схем с ИП.
13. Что такое унификация ИП?
14. Нарисовать структурные схемы включения ИП. Приведите их функции преобразования. Дать подробную характеристику каждой схеме.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3], [8, 9, 10].

2.2.2 Электромагнитные измерительные преобразователи

Общие принципы построения электромагнитных ИП. Физические законы и явления, положенные в основу ИП. Общие конструктивные элементы электромагнитных датчиков.

Индуктивные ИП. Принцип действия разновидности конструкций, дифференциальные ИП. Рекомендации по выбору основных параметров. Свойства и характеристики. Схемы включения. Погрешности. Достоинства, недостатки. Применение.

Трансформаторные ИП. Принцип действия, функции преобразования. Разновидности конструкций одинарных и дифференциальных. Особенности.

Магнитоупругие и магнитоанизатропные ИП. Принцип действия. Конструктивные варианты. Основные характеристики: чувствительность, точность, линейность, способы их улучшения. Область применения.

Индукционные ИП. Принцип действия, функции преобразования. Конструктивные варианты. Основные характеристики и способы их улучшения. Применение.

Вихрековые ИП. Принцип действия, разновидности. Влияние ряда факторов на свойства ИП и методы отстройки от влияния мешающих факторов. Применение.

Методические указания

При изучении электромагнитных ИП необходимо обращать внимание на физические основы ИП, четко представлять, какой закон или явление используются и как они реализуются в конкретных конструкциях.

Необходимо знать: принцип действия и конструктивные варианты построения ИП. Основные элементы конструкций ИП, требования к материалам. Дифференциальное построение ИП и его преимущество перед одинарным, функции преобразования всех видов ИП. Основные метрологические характеристики и способы их улучшения. Измерительные схемы включения. Достоинства и недостатки ИП. Область применения.

Все перечисленное справедливо и для других видов ИП, которые будут изучаться в последующих темах.

Вопросы для самопроверки

1. На каком физическом явлении основан принцип действия каждой из пяти групп электромагнитных ИП?
2. Какие конструктивные элементы могут входить в конструкцию электромагнитных датчиков?
3. Требования, предъявляемые к материалам магнитопроводов, постоянных магнитов?
4. Конструктивные варианты построения ИП каждой группы.
5. Преимущества дифференциальных электромагнитных ИП перед одинарными.

6. Какие ИП относятся к группе генераторных, параметрических, и почему?

7. Как выбрать для индуктивных, трансформаторных, магнитоупругих ИП число витков, напряжение питания, частоту питающего напряжения?

8. В каких режимах (статическом, динамическом) могут работать различные группы электромагнитных ИП?

9. Измерительные схемы включения датчиков индуктивного типа.

10. Какие факторы вызывают появление погрешностей в преобразователях электромагнитной группы?

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3], [8, 12].

2.2.3 Резистивные измерительные преобразователи

Тензорезисторы. Принцип действия. Металлические и полупроводниковые тензорезисторы, их характеристики. Особенности градуировки. Погрешности. Схемы включения. Область применения.

Реостатные ИП. Разновидности ИП (линейные, дискретные, функциональные). Требования к элементам конструкций. Погрешность? схемы включения. Область применения. Преобразователи контактного сопротивления. Схемы включения резистивных ИП.

Методические указания

При изучении ИП резистивного типа, все виды которых относятся к параметрическим ИП, необходимо знать требования, предъявляемые к материалам конструктивных элементов, влияние внешних факторов на их свойства и пути уменьшения этого влияния.

Изучение схемы включения тензорезисторов и реостатных ИП, необходимо обращать внимание на схемные способы уменьшения погрешностей и увеличение чувствительности. А также на способы улучшения линейности, характеристик и согласование ИП с нагрузкой.

Вопросы для самопроверки

1. Какие неэлектрические величины можно измерять с помощью преобразователей резистивной группы?

2. Дать характеристику металлическим тензорезисторам всех разновидностей и объяснить разницу между дискретными и интегральными полупроводниковыми тензорезисторами.

3. Составляющие погрешности при использовании тензопреобразователей?

4. Как влияет температура на свойства рабочего тензорезистора и каким образом можно уменьшить температурную погрешность?

5. Охарактеризовать виды реостатных ИП.

6. Чем определяется погрешность дискретности реостатных ИП?

7. Какие измерительные схемы используются для включения реостатных ИП?

8. Какая схема включения реостатных ИП и при каких условиях обеспечит наилучшую линейность выходной характеристики?

Рекомендуемая литература: [1,2, 3], [8].

2.2.4 Электростатические измерительные преобразователи

Емкостные ИП. Принцип действия, разновидности. Основные характеристики. Измерительные схемы включения. Достоинства и недостатки. Область применения.

Пьезоэлектрические ИП. Прямой и обратный пьезоэффект. Пьезоэлектрики и их свойства. Применение пьезоэлектриков в датчиках неэлектрических величин. Анализ эквивалентной схемы замещения пьезоэлектрических ИП. Составление дифференциального уравнения и определение из него комплексной чувствительности и частотных характеристик. Погрешности ИП. Область применения.

Методические указания

При изучении емкостных ИП необходимо обратить внимание на выбор таких параметров как начальный зазор между электродами, напряжения питания, частоты питающего напряжения. А также на особенности измерительных схем включения.

Анализируя особенности пьезоэлектрических ИП, необходимо обратить внимание в динамическом режиме. Поэтому особенно важно уметь определять частотные характеристики и делать выводы о том, какие параметры и как ограничивают верхний и нижний пределы частотного диапазона.

Вопросы для самопроверки

1. С какими конструктивными параметрами емкостного преобразователя может быть функционально связана неэлектрическая величина?
2. Какие неэлектрические величины измеряются с помощью емкостных ИП?
3. Чем ограничивается значение минимального зазора между электродами емкостного ИП?
4. Из каких соображений выбирается частота питающего напряжения схемы с емкостным ИП?
5. Какова особенность измерительной схемы включения емкостного ИП?
6. Почему пьезоэлектрические ИП непосредственно работают только в динамическом режиме?
7. Какие материалы применяются для изготовления пьезопластин в ИП?
8. Какими параметрами определяются нижняя и верхняя границы частотного диапазона пьезоэлектрических ИП?
9. Причины, определяющие возникновение погрешностей пьезоэлектрических ИП.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3], [8].

2.2.5 Тепловые измерительные преобразователи

Терморезисторы. Принцип действия. Уравнение теплового баланса. Возможность использования терморезисторов для измерения различных неэлектрических величин, определенным образом влияющих на условия теплового обмена.

Режимы работы терморезисторов. Металлические и полупроводниковые терморезисторы, их свойства. Использование терморезисторов в термометрах, термоанемометрах, датчиках перемещения и т.д.

Термоэлектрические ИП. Принцип действия, разновидности используемых термопар. Особенности работы с термопарами: введение поправки на температуру свободных концов. Погрешности и способы их уменьшения. Применение.

Методические указания

При изучении терморезисторов необходимо уметь проанализировать уравнение теплового баланса, знать, какие факторы (неэлектрические параметры) влияют на условие теплового обмена ИП с окружающей средой. А в каждом конкретном случае применения терморезистора представлять какой вид теплообмена является полезным и какие виды теплообмена вызывают погрешности. Как уменьшить эти погрешности. Знать требования, предъявляемые к материалам терморезисторов. Достоинства и недостатки металлических и полупроводниковых терморезисторов. Измерительные схемы включения и режимы работы (режим заданного тока и режим заданного сопротивления).

При изучении термоэлектрических ИП обратить внимание на тепловые эффекты, имеющие место в термопарах (Зеебека, Томпсона, Пельтье). Знать виды термопар, применяемых в различных диапазонах температур. Уметь ввести поправку на отличную от нуля температуру свободных концов. Знать, какие факторы вызывают погрешности и как эти погрешности уменьшить.

Вопросы для самопроверки

1. Записать и объяснить уравнение теплового баланса.
2. Сравнить свойства металлических и полупроводниковых терморезисторов.
3. Что такое позисторы и чем они отличаются от термисторов.
4. Какие требования предъявляются к терморезисторам, применяемым в термометрах, термоанемометрах, датчиках перемещения, газоанализаторах?
5. Как можно скомпенсировать погрешность от изменения температуры свободных концов термоэлектрических ИП?
6. Какие требования предъявляются к материалам для изготовления терморезисторов, термопар?

7. Записать функции преобразования металлических и полупроводниковых терморезисторов. Оцените вид этих характеристик.

8. Какие тепловые преобразователи можно рекомендовать для измерения низких температур (до $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$) и высоких температур (тысячи градусов)?

9. Схемы включения терморезисторов.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3], [11].

2.2.6 Электрохимические измерительные преобразователи (ЭХП)

Основные свойства электролитической ячейки. Явлений и законы электрохимии, используемые для построения измерительных преобразователей. Классификация и область применения.

Кондуктометрические (электролитические) ИП.

Гальванические преобразователи (рН-метры).

Полярографические ИП.

Кулонометрические ИП.

Электрокинетические ИП.

Принцип действия этих преобразователей, особенности их построения. Материалы конструктивных элементов. Влияние внешних факторов и способы уменьшения погрешностей. Области применения.

Методические указания

Для изучения принципа действия ЭХП необходимо иметь четкое представление о теоретических основах электролитической ячейки, в частности, об явлениях диссоциации, поляризации, электролиза, электрокинетического потенциала, законе Фарадея. При изучении каждого отдельного вида ЭХП обратить внимание на конструктивные особенности, требования, предъявляемые к измерительной цепи, на причины возникновения погрешностей ЭХП и пути их уменьшения. Знать области применения ЭХП.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определения электрохимическим явлениям и процессам, протекающим в электролитической ячейке при разных условиях ее работы.

2. Какие существуют разновидности кондуктометрических ИП, чем они характеризуются?

3. Способы компенсации температурной погрешности в ЭХП.

4. Почему в схемах в кондуктометрическими ИП используется источник переменного напряжения?

5. Как образуется гальваническая цепь в рН-метрах, для чего они предназначены?

6. Нарисовать схему включения полярографического ИП, какие электроды могут примениться в них и какова их особенность?

7. Чем вызваны скачки тока на вольтамперной характеристике поля-

рографа и как по виду полярограммы провести качественный и количественный анализ растворов?

8. Что такое электрокинетический потенциал?

9. Как устроены электрокинетические ИП, их разновидности?

10. Требования, предъявляемые к «рабочей паре» электрокинетических ИП.

11. Как работают кулонометрические ИП и для измерения каких величин могут быть использованы?

12. Какие виды ЭХП относятся к генераторным, а какие к параметрическим ИП?

Рекомендуемая литература: [1, 2], [8].

2.2.7 Измерительные преобразователи оптического и радиоактивного излучения

Преобразователи оптического излучения. Характеристики оптического излучения. Источники оптического излучения, разновидности, свойства, характеристики.

Приемники оптического излучения (интегральные и селективные). Виды приемников: тепловые, пироэлектрические, фотоэлектрические. Их характеристики, свойства, принцип действия. Структурные схемы датчиков оптического излучения (одноканальные, двухканальные). Применение оптических датчиков для измерения неэлектрических величин.

Преобразователи радиоактивного излучения (ионизационные ИП). Источники радиоактивного излучения, их свойства, характеристики, конструктивные особенности.

Приемники радиоактивного излучения (ионизационные камеры, газоразрядные и сцинтилляционные счетчики). Принцип действия, особенности.

Соблюдение правил техники безопасности при работе с радиоактивными ИП. Область применения.

Методические указания

Рассматривая преобразователи излучения, необходимо, прежде всего изучить физическую природу каждого вида излучения. Знать, какими параметрами характеризуется излучение данного вида.

Затем отдельно изучить источники излучения, их конструктивные особенности, их свойства и характеристики и возможности в плане применения в датчиках. Также внимательно познакомиться с приемниками излучения разных видов, обращая внимание на их метрологические характеристики, конструктивное исполнение, возможности использования в датчиках.

Обратить внимание на структурные схемы построения датчиков и применение их для измерения различных неэлектрических величин.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислить и дать определения основным параметрам, характеризующим оптическое излучение.
2. Дать характеристику источникам оптического излучения.
3. Объяснить принцип действия интегральных приемников оптического излучения (тепловых, пироэлектрических).
4. Какие разновидности фотоэлектрических приемников оптического излучения используются в датчиках?
5. Какими характеристиками определяются свойства фотоэлектрических приемников?
6. Что такое оптрон? Привести примеры датчиков с использованием оптронов.
7. Почему двухканальная структура оптических датчиков обладает лучшими свойствами по сравнению с одноканальной структурой?
8. Нарисовать структурную схему датчика радиоактивного излучения, объяснить возможности применения датчиков.
9. Какие виды источников радиоактивного излучения используются в датчиках?
10. Какие погрешности возникают в приемных ионизационных камерах?
11. Что называется эффективностью счетчиков радиоактивного излучения?
12. В чем сущность принципа действия сцинтилляционного счетчика?

Рекомендуемая литература: [1, 2], [8].

2.3 Методы измерения неэлектрических величин

В состав этой части входят два самостоятельных раздела; «Измерение магнитных физических величин» и «Измерение неэлектрических физических величин». Это предопределило их раздельное представление в программе и выполнение студентами контрольной работы, с двумя контрольными заданиями № 2 и № 3.

Большое разнообразие магнитных и неэлектрических величин, их широкий диапазон, различные условия эксплуатации и т.п. не позволяют дать исчерпывающие рекомендации по их измерению. Для измерения абсолютного большинства магнитных и неэлектрических величин необходимо их предварительно преобразовать в электрические и использовать известные способы обработки информации и установления корреляции между измеряемой неэлектрической величиной и выходным электрическим сигналом. Для этого рекомендуется выбирать наиболее оптимальный измерительный преобразователь (преобразователи), составить структурную схему измерительного устройства и провести предварительный анализ в соответствии с техническими требованиями. Следует помнить, что под методом измерения следует понимать совокупность приема использования физических явлений и средств измерения. В этом случае прямые, косвенные, дифференциальные,

абсолютные, относительные, замещения и др. измерения можно относить к видам ИП и способам измерения.

Определенные затруднения могут встретиться с названием конкретных методов измерения. Одни из них называются по заложенному в методе физическому принципу, например, тепловые, акустические, магнитные методы измерения расхода жидкостей? другие (большинство) по названию ИП, например, тензометрические, емкостные, индуктивные методы измерения деформации; третьи - по названию каких-либо устройств, в честь ученых и т.д.

Перед началом изучения каждого раздела измерения магнитных и неэлектрических величин рекомендуется знать основные и производные физические величины, единицы их измерения и связь с другими величинами этой группы. Например, механические величины? основные - сила и масса, производные - давление, мощность, работа, вязкость, момент кручения» импульс силы, плотность, количество движения, момент инерции, потенциальная и кинетическая энергии, массовый расход и др.

2.3.1 Измерение магнитных физических величин

Общие сведения об измерениях магнитных физических величин. Основные задачи магнитных измерений. Основные объекты магнитных измерений. Магнитные физические величины. Их классификация. Понятия основных магнитных величин. Единицы магнитных величин. Метрологическая основа магнитных измерений.

Методические указания

При изучении этой темы необходимо рассмотреть вопросы актуальности и необходимости проведения магнитных измерений, уметь классифицировать основные магнитные величины, подлежащие измерению, знать их понятия. При проработке материала по мерам магнитных величин необходимо прежде всего рассмотреть эталонную базу магнитных измерений, а также процедуру передачи единиц измерений от эталонов к образцовым мерам и далее к рабочим.

Вопросы для самопроверки

1. Какие магнитные величины являются основными и какие производными?
2. Сформулировать задачи магнитных измерений.
3. Дать понятия основных магнитных величин.
4. Дать классификацию эталонов и образцовых мер магнитных физических величин.

Рекомендуемая литература: [7].

Измерение параметров магнитного поля. Основные магнитные величины, характеризующие магнитное поле.

Измерение магнитного потока. Основные методы измерения магнитного потока.

Измерение магнитного потока в постоянном магнитном поле. Индукционно-импульсный метод. Применяемые средства измерения. Погрешности индукционно-импульсного метода. Нулевой индукционно-импульсный метод.

Измерение магнитного потока в переменных магнитных полях. Индукционный метод измерения. Применяемые средства измерений. Погрешности индукционного метода.

Измерение мгновенных значений магнитного потока. Пути технической реализации (феррометрический способ, способ стробирования).

Измерение магнитной индукции и напряженности постоянных и переменных магнитных полей. Индукционно-импульсный метод. Применение магнитомеханических преобразователей. Гальваномагнитные методы (метод Холла и метод Гаусса). Ядерные методы (метод ядерного магнитного резонанса).

Измерение магнитной индукции и напряженности переменных магнитных полей. Индукционные методы. Применяемые средства измерений.

Измерение разности магнитных потенциалов. Преобразователи для измерения разности магнитных потенциалов. Классификация. Применяемая аппаратура.

Методические указания

Изучение раздела начинается с измерения магнитного потока не случайно. Измерение потока важно не только само по себе, но и потому, что по изморенному его значению, используя классические соотношения, можно определить другие величины, как индукция, напряженность поля, разность магнитных потенциалов. Измерение последних индукционными методами сводится по существу к измерению магнитного потока.

При рассмотрении разных по сути методов измерения индукции и напряженности акцентировать внимание на принципе действия, диапазоне измерения, точностных характеристик. Отдельно выделить наиболее чувствительные и отдельно - наиболее точные методы.

При рассмотрении вопроса измерения разности магнитных потенциалов обратить внимание на конструкции измерительных преобразователей - потенциалометров, на способы градуировки потенциалометров.

Вопросы для самопроверки

1. В чем суть индукционно-импульсного метода измерения магнитного потока, индукции, напряженности?

2. Оценить основные составляющие погрешности измерения потока, индукции, напряженности индукционно-импульсным методом.

3. В чем преимущества индукционно-импульсного метода?
4. Требования к вольтметрам, применяемым при индукционных методах измерения магнитного потока, индукции и напряженности.
5. Принцип действия магнитомеханических преобразователей магнитных величин. Разновидности, характеристики.
6. Принцип действия гальваномагнитных преобразователей магнитных величин. Характеристики.
7. Метод ядерного магнитного резонанса /ЯМР/. Чем объясняется высокая точность измерения магнитной индукции и напряженности методом ЯМР?
8. Почему потенциалометры имеют четное число слоев намотки?

Рекомендуемая литература: [7].

Определение характеристик магнитных материалов.

Статические магнитные характеристики. Основные понятия. Способы определения статических магнитных характеристик. Образцы для испытаний.

Динамические магнитные характеристики. Основные понятия и определения. Способы определения динамических характеристик? способ двух приборов, применение компенсаторов переменного тока, осциллографический способ, мостовой способ, резонансный способ. Требования к образцам.

Рекомендуемая литература: [7].

Определение потерь в магнитных материалах.

Основные понятия и определения. Способы определения потерь: ваттметрический, калориметрический, мостовой, резонансный. Составляющие потерь в магнитных материалах и способы их разделения.

Методические указания

Изучение раздела целесообразно начинать с простейшего изучения природы ферромагнетизма. Это позволит быстрее усвоить смысл рассматриваемых характеристик.

При определении статических магнитных характеристик основным является индукционно-импульсный метод определения, как текущих значений индукции, так и текущих значений напряженности. Поэтому основное внимание надо уделить этому методу, его технической реализации. Рассмотреть порядок определения статических магнитных характеристик на схеме баллистической установки. При этом не следует исключать применения для данной цели и других методов и средств измерений.

Для определения динамических характеристик основным является индукционный метод, который используется в различных технических разновидностях. Здесь необходимо разобраться с существующими схемами установок, из возможностями, достоинствами, недостатками.

Вопросы для самопроверки

1. Основные статические магнитные характеристики. Понятия и определения.
2. Виды статических магнитных проницаемостей. Понятия и определения.
3. Влияние размеров и формы испытуемого ферромагнитного образца на получаемые характеристики. Понятие термина «размагничивающий фактор».
4. Как и для чего необходимо проводить размагничивание ферромагнитных образцов?
5. Баллистическая установка для определения статических магнитных характеристик и порядок работы на ней. Основные соотношения при определении индукции, напряженности, магнитной проницаемости.
6. Чем объяснить отличие статических и динамических магнитных характеристик даже для одного и того же ферромагнитного образца?
7. Рассмотреть и сравнить между собой режим синусоидальной напряженности и режим синусоидальной индукции. Чем объяснить различие получаемых характеристик при этих режимах?
8. Рассмотреть метод амперметра-вольтметра. Какие характеристики магнитных материалов могут быть при этом определены? Каковы требования к используемым приборам?
9. В чем сущность ферромагнитного способа определения динамических магнитных характеристик? Возможности способа.
10. Как провести разделение потерь на гистерезис и вихревые токи при ваттметрическом методе испытаний?

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5].

2.3.2 Измерение неэлектрических физических величин

Методы измерения величин пространства и времени.

Классификация величин пространства и времени: геометрических, времени и параметров движения. Измерение линейных размеров: расстояний, толщин, высот, глубин, диаметров, уровней, шероховатостей. Измерение площадей и объемов. Измерение угловых размеров: направления, угла курса, плоского и телесного углов.

Методические указания

При изучении методов измерения геометрических величин обратить внимание на большое разнообразие линейных и угловых размеров, их широкий диапазон и отсутствие общих рекомендаций по выбору типа ИП и метода измерения. Рекомендуется рассмотреть конкретные примеры методов измерения наиболее широко распространенных величин: толщин, диаметров, размеров деталей машиностроения и др. Обратить внимание на понятие шероховатости поверхности и определение его класса по измеренным перемещениям.

Вопросы для самопроверки

1. Назвать не менее 10 геометрических величин, 3-х - времени и 3-х параметров движения.
2. Каковы единицы измерения шероховатости поверхности?
3. Какова связь между перемещением, скоростью и ускорением?
4. К каким физическим величинам относятся параметры вибрации, диффузии газа, взрыва, горения?
5. Назвать возможные методы измерения диаметров медных проводов с изоляцией и без нее.
6. Методы и средства контроля уровней жидких сред в закрытых баках.
7. Назвать измерительные преобразователи и методы измерения шероховатости поверхностей деталей.
8. Как измерить площадь сложного сечения протяженных изделий, например, турбинной лопатки?
9. Предложить методы измерения расстояний между вершинами 2-х гор.
10. На каком принципе основаны приборы для измерения глубин водоемов?
11. Назвать методы измерения направления воздушных потоков.
12. Как измеряют курс угла самолета?
13. Назвать инструменты для измерения плоских углов на изделиях машиностроения.

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5].

Методы измерения параметров движения

Параметры движения, связь между ними. Методы измерения линейных и угловых перемещений. Основные методы измерения скоростей и расхода жидких и газообразных веществ: индукционный, на основе перепада давления, ультразвуковые, тепловые и основанные на преобразовании измеряемых величин в скорость вращательного движения, в силу или перемещение. Методы измерения скоростей вращения. Методы измерения параметров вибрации, взрыва и др. параметров движения. Методы измерения ускорений с использованием инерционных масс.

Методические указания

Следует помнить, что применение интегрирующих и дифференцирующих устройств позволяет сделать более эффективный выбор метода измерения параметров движения, при этом перемещение (геометрический размер в функции времени) может предварительно преобразовываться в другие физические величины, например, силу или момент. Обратить особое внимание на бесконтактные методы измерения параметров движения, индукционный, стробоскопический, оптический, корреляционный и др.

Вопросы для самопроверки

1. Назвать величины параметров движения и связь между угловыми и линейными величинами.
2. Как представить себе метрологическое обеспечение единиц измерения физических величин?
3. В каком случае можно использовать методы измерения геометрических размеров для измерения перемещений?
4. Назвать методы измерения малых и больших перемещений.
5. Пояснить сущность методов измерения линейных скоростей, в том числе корреляционный.
6. Каковы особенности методов измерения угловых скоростей?
7. Пояснить сущность метода «магнитной ленты» для измерения параметров движения.
8. Какова сущность методов измерения ускорений с использованием инерционных масс.
9. Назвать методы измерения расхода жидкостей и газов.
10. Каково назначение гироскопов?

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5].

Методы измерения механических величин.

Классификация механических величин и связь между ними через силу и массу. Методы измерения сосредоточенных сил, давлений, механических моментов силы, трения и кручения. Методы измерения механических напряжений и деформаций. Границы применимости методов и основные погрешности средств измерения. Измерение массы (веса), плотности и вязкости веществ.

Методические указания

Рекомендуется классифицировать все механические величины через силу и массу. При рассмотрении методов измерения силовых механических величин обратить внимание на возможность преобразования их в деформацию, напряжение, давление, которые в свою очередь измеряются на основе взаимосвязи с другими физическими явлениями (магнитными, электрическими, акустическими и т.д.). Необходимо знать определение массы и силы тяжести (веса) и измерение массы методами взвешивания (пропорциональным, замещением и двойным взвешиванием). Методы измерения механических величин изложены в учебном пособии [4]. Механические работа, энергия, мощность измеряются, в основном, только косвенными методами.

Вопросы для самопроверки

1. Какая из механических величин, сила или масса, является основной, или они обе основные?
2. Какова связь механических величин, связанных с силой и аналогично связанных с массой?

3. Каково назначение упругих элементов в измерении механических величин?

4. Сущность измерения механических моментов по углу закручивания упругого вала?

5. Перечислить методы измерения механических напряжений и коротко их сущность (по деформации и по изменению физических свойств образца).

6. Каков динамический диапазон давлений?

7. Что общего в измерениях большинства механических величин?

8. Дать определения, что такое механическая работа, энергия, мощность?

9. Какие преимущества при измерении массы методом замещения по сравнению с пропорциональным и двойным взвешиванием?

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5].

Методы измерения акустических величин.

Основные акустические величины и их единицы измерения. Методы измерения акустического давления, скорости распространения звука, звукоизоляции, акустического шума и др. величин. Метрологические обеспечение измерения акустических величин.

Методические указания

Обратить внимание, что акустика, как наука, подразделяется на производственную, архитектурную, атмосферную, физиологическую, молекулярную и др., а орган слуха человека - совершеннейший прибор. Среди акустических единиц широкое применение нашли внесистемные единицы измерения, особенно для субъективных величин. Необходимо обратить внимание на метрологическое обеспечение измерения акустических величин, особенно давления. Для изучения раздела необходимо обратиться к соответствующему разделу физики и литературе.

Вопросы для самопроверки

1. Какие физические величины относятся к акустическим и какова их связь с механическими величинами?

2. Назвать субъективные характеристики звука.

3. Сущность метрологических методов измерения акустического давления.

4. Назвать методы измерения объемной скорости звука.

5. Как можно измерить звукоизоляционные свойства (поглощения, отражения) листового материала?

6. Что такое акустический шум, каковы его параметры и методы измерения?

7. Что такое острота и артикуляция слуха?

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5].

Методы измерения тепловых величин.

Классификация тепловых величин. Понятие температуры. Температурные шкалы. Контактные и бесконтактные методы измерения температур, источники погрешностей и область применения. Особенности и методы измерения сверхнизких и низких, средних и высоких температур.

При измерении теплового потока, количества теплоты, теплопроводности и других тепловых величин.

Методические указания

Обратить внимание на понятие температура, связь между температурными шкалами и особенно методы средства измерения температур (динамометрические, термоэлектрические, по изменению свойств веществ, термошумовой, частотные и др., радиационные, яркостные и цветовые) и область их применения.

Вопросы для самопроверки

1. Какова связь температуры со средней кинетической энергией движения молекул, в том числе в космосе?
2. Назвать температурные шкалы и их особенности.
3. Метрологическое обеспечение измерения температур.
4. Назвать методы измерения температур, основанные на тепловом расширении веществ.
5. Особенности измерения температур термоэлектрическим методом. Какие преимущества методов, основанных на изменении электрического сопротивления различных материалов?
6. В чем сущность бесконтактных методов измерения температур?
7. Назвать пути измерения теплового потока и количества теплоты.
8. Каковы особенности измерения температур поверхностей и быстродвижущихся газов?

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5].

Методы измерения величин оптического излучения.

Классификация оптических величин. Светотехнические и энергетические единицы измерения. Метрологическое обеспечение силы света. Связь между субъективными (физиологическими) и объективными (энергетическими) характеристиками излучения. Понятие цвета. Цветовые атласы. Приемники оптического излучения (химические, тепловые, механические и физиологические). Зрительный аппарат человека и его возможности. Методы измерения световых величин. Методы измерения энергетических величин излучения (калориметрический, фотоэлектрический, термоэлектрический и пондеромоторный). Визуальные, фотоэлектрические и спектрофотометрические методы измерения цвета.

Методические указания

Внимательно изучить величины оптического излучения, понятие цвета, глаза человека и сущность всех перечисленных методов измерения.

Вопросы для самопроверки

1. Дать определение понятиям: сила света, освещенность, яркость, световой поток.
2. В чем сущность субъективизма измерения величин оптического излучения (света)?
3. Нарисуйте блок-схему зрительного аппарата живых организмов.
4. Пояснить сущность всех перечисленных в программе методов измерения.
5. Назвать все известные вам названия приборов для измерения оптического излучения.

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5].

Методы измерения величин радиоактивности и ионизирующих излучений

Величины радиоактивности и ионизирующих излучений. Единицы измерения и метрологическое их обеспечение. Методы измерения основной величины - активности нуклидов. Методы измерения: ионизационные, люминесцентные, фотографические, химические и калориметрические, а также активационного анализа. Измерение потока и плотности потока излучения, поглощенной и экспозиционной доз, энергии заряженных частиц.

Методические указания

Повторить из курса физики основные источники и виды излучения, их характеристики. Рассмотреть методы измерения активности нуклидов и определить область применения методов измерения величин радиоактивности. Воспользоваться рекомендованной литературой.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимается под ионизирующим излучением и радиоактивностью?
2. Дать определение физическим величинам активность, поток частиц и назовите их единицы измерения (Грей, Беккерель, рад, Зиверт, Рентген, Кюри).
3. Сущность ионизационных методов и область применения.
4. Люминесцентные методы и их принцип действия (сцинтилляционные, термолюминесцентные, радиофотолюминесцентные).
5. Сущность фотографических и химических методов регистрации излучения.
6. Преимущества и недостатки калориметрических методов измерения.

ния радиации.

7. Принцип действия дозиметрических приборов α , β , γ и нейтронного излучения.

8. Принцип действия и назначение магнитного масс-спектрометра.

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5].

Методы измерения концентрации и состава веществ.

Понятия концентрации и состава веществ (концентрация, состав, структура, вязкость, цветность, мутность, жирность, влажность, дымность и др.). Измеряемые физические параметры (величины концентрации, акустические, оптические, электрохимические). Основные методы измерения концентрации и состава: электрохимические, ионизационные, спектрометрические, тепловые, магнитные, диэлькометрические, хроматографические, оптические, радиоскопические, акустические, механические, и др.

Примеры измерения концентрации, влажности, состава атмосферы, чистоты воды в водоемах и др.

Методические указания

Для измерения концентрации и состава веществ практически могут быть использованы почти все физические величины, следовательно, должно быть и очень большое число методов измерения. Для измерения состава веществ следует обратить внимание на полярографический, масс-спектрометрический и хроматографический методы, а также метод активационного анализа.

Следует различать химические, физические и физико-химические методы измерения концентрации и состава веществ.

С классификацией и примерами измерения концентрации и состава веществ рекомендуется познакомиться в литературе: Электрические измерения. Средства и методы измерений (общий курс). /Под ред. Е.Г.Шрамкова. Учебное пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 1972. - 520 с. Подробно рассмотреть методы измерения влажности.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислить (не менее 10-15) названий приборов для измерения концентрации и состава веществ.

2. Какие электрохимические преобразователи используются для измерения концентрации и состава веществ?

3. В чем сущность ионизационных методов?

4. Принцип действия нефелометрических, калориметрических, рефрактометрических, интерферометрических и др. оптических методов измерения концентрации веществ.

5. Что положено в основу тепловых методов измерения концентрации веществ? Аналогично - для магнитных, механических, акустических и др. методов.

6. Рассмотреть возможные методы измерения влажности древесины.
7. Как измеряется влажность воздуха?

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5].

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Тематика практических занятий

1. Образцовые меры магнитных величин. Метрологическая база магнитных измерений (2 часа).
2. Принципиальное и конструктивное разнообразие индукционных преобразователей для измерения параметров магнитных полей (2 часа).
3. Обобщенные структуры средств измерения параметров постоянных и переменных магнитных полей (2 часа).
4. Применение магнитных измерительных преобразователей для измерения неэлектрических величин (2 часа).
5. Структуры построения средств измерения неэлектрических величин (2 часа).
6. Влияющие (мешающие) факторы и их учет при оценке дополнительных погрешностей (2 часа).
7. Частотные датчики (датчики с частотным выходом) и их место в СИ неэлектрических величин (2 часа).

Темы практических занятий устанавливаются преподавателем на занятиях.

3.2 Перечень лабораторных работ

1. № 407-1- Измерение параметров магнитных полей и характеристик магнитных материалов (4 часа).
2. № 407-2 - Измерение параметров магнитных полей и характеристик магнитных материалов (4 часа).
3. № 408 - Исследование гальваномагнитных преобразователей Холла (4 часа).
4. № 410 - Измерение магнитного потока и индукции при помощи веберметра (4 часа).
5. № 412 - Коэрциметрический метод определения структурно-механических характеристик ферромагнитных материалов и изделий (4 часа).
6. № 414 - Ваттметровый метод определения магнитных потерь (4 часа).
7. № 421 - Исследование свойств тепловых измерительных преобразователей (4 часа).
8. № 424 - Исследование резистивных измерительных преобразователей (4 часа).
9. № 425 - Исследование тензометрических измерительных преобразователей (4 часа).

10. № 426 - Исследование электромагнитных измерительных преобразователей (4 часа).

11. № 427 - Исследование емкостных измерительных преобразователей (4 часа).

12. № 428 - Исследование фотоэлектрических измерительных преобразователей (4 часа).

13. № 441 - Вихретоковый толщиномер электропроводящего слоя (4 часа).

14. Лаб-vi – Комплект виртуальных лабораторных работ (5 наименований) (4 часа).

Темы лабораторных занятий указывает преподаватель.

4. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

4.1 Общие методические указания

Выполнение контрольной работы рекомендуется проводить после того, как изучен весь материал программы по 1 - 7 темам. Ответы на вопросы контрольного задания способствуют успешному усвоению материала, помогают разобраться в многообразии существующих измерительных преобразователей и облегчают подготовку к экзамену.

Студент выполняет тот вариант задания, который совпадает с последней цифрой его шифра.

Условие задачи должно быть записано полностью. Решение задач и ответы на вопросы должны сопровождаться рисунками и схемами, поясняющими существо ответа. Схемы и рисунки выполняются в карандаше с применением чертежных инструментов. Небрежность в ответах и оформлении не допускается.

В конце контрольного задания необходимо указать какая литература была использована при выполнении работы.

Задание рекомендуется выполнять в тетради в клетку. На титульном листе указывается: номер и вариант контрольного задания по курсу «Измерение неэлектрических величин», фамилия, имя, отчество студента, номер группы, шифр, домашний адрес.

Ответы на вопросы должны быть четкими, ясными, должны подтверждаться соответствующими выводами аналитических выражений. Не следует приводить в ответах примеры сложных конструкций или схем, предназначенных для решения частных задач, которые встречаются в специальной или справочной литературе. Не рекомендуется давать в ответах текст, переписанный из литературы.

4.2 Варианты контрольных заданий

Контрольная работа состоит из 3-х контрольных заданий, соответствующих разделам изучаемой дисциплины.

Контрольное задание №1 и его варианты по разделу «Первичные измерительные преобразователи»

Таблица 1

Вариант	№№ вопросов и задач							
	1	16	22	26	31	34	39	44
2	15	12	19	21	23	28	30г	38
3	13	16	20	25	30б	36	40	43
4	10	5	12	14	18	23	27	36
5	8	11	16	21	26	30д	34	41
6	6	10	19	22	31	37	40	44
7	4	9	13	18	21	30е	33	38
8	3	7	14	23	27	30а	35	42
9	2	9	14	21	26	33	40	44
0	1	5	12	18	23	28	30к	41

Вопросы к контрольному заданию № 1

1. Что называется измерительным преобразователем? Датчиком? Приведите примеры. Какие требования предъявляются к измерительным преобразователям?

2. Статические свойства и характеристики. Функции преобразования, чувствительность и порог чувствительности. Погрешности, причины их возникновения, нормирование погрешностей.

3. Классификация измерительных преобразователей.

4. Динамический режим работы. Какие характеристики определяют поведение ИП в динамике. Дифференциальное уравнение ИП и определение из него основных характеристик (в общем виде).

5. Метод аналогий для составления дифференциальных уравнений. Составить дифференциальное уравнение для колебательных ИП механической и электрической систем.

6. Дифференциальное уравнение колебательных ИП. Определение из него частотных характеристик, их анализ.

7. Требуется измерить параметры вибрации вибростенда, на котором должен быть размещен датчик. Предложить вариант конструкции. Какое соотношение должно выполняться между частотой вибрации ω и частотой собственных колебаний ИП ω_0 ? Чем обеспечивается значение ω_0 ?

8. Переходные характеристики колебательных ИП. Показать графически возможные варианты. Какими конкретными параметрами можно задать требуемый вид характеристик?

9. Индуктивные ИП, принцип действия, разновидности конструкций. Преимущества дифференциальных ИП. Погрешности. Область применения.

10. Чем определяется число витков, напряжение и частота питающего напряжения (тока) для индуктивных (трансформаторных) ИП.

11. Трансформаторные ИП. Принцип действия, разновидности. Электрическая схема включения обмоток дифференциальных ИП, их преимущества. Функция преобразования.

Нарисовать мостовую измерительную схему с дифференциальным индуктивным ИП. Определить выходное напряжение схемы, если известно, что полное сопротивление ИП в исходном состоянии $Z_1=Z_2= 100+j1000$ [Ом], $R_3=R_4=Z_1=Z_2$.

Изменение сопротивлений датчика под действием неэлектрической величины $\Delta Z/Z = 1\%$; $U_{пит} = 36$ В. ($Z_{н} \gg Z_{вых.моста}$).

13. Трансформаторный ИП сейсмического типа предназначен для измерения частоты вибрации $f = 300$ Гц, степень успокоения $\beta = 0,75$. Задать оптимальное значение частоты собственных колебаний f_0 , чем обеспечивается f_0 ? Выбрать частоту питающего напряжения $f_{пит}$. Определить амплитудно-частотную погрешность γ_f .

14. Какие измерительные преобразователи по своему принципу действия работают только в динамическом режиме?

15. Индукционные ИП, принцип действия функции преобразования. Конструктивные варианты. Применение.

16. Чувствительность индукционных ИП, как можно ее увеличить? Чем вызываются погрешности индукционных ИП и как их можно уменьшить?

17. Магнитоаннизатропные датчики силы и крутящего момента. Как уменьшить погрешность от начальной анизотропии материала магнитной цепи?

18. Тензорезистивные ИП. Разновидности. Сравнительный анализ.

19. Погрешности тензорезисторов. Особенности градуировки.

20. Реостатные ИП. Разновидности. Погрешности и область применения.

21. Рассчитать реостатный ИП линейного перемещения сопротивлением R так, чтобы его витковая погрешность не превышала γ_w %. Рассчитать число витков W , выбрать диаметр и материал провода. Рассчитать длину каркаса. Рабочий ток ИП $I = 100$ мА.

Таблица 2

Вари- ант										
R, Ом	000	00	00	00	00	00	00	00	00	00
$\gamma_w, \%$,1	,2	,3	,4	,5	,1	,2	,3	,4	,5

22. Рассчитать чувствительности тензорезистора и магнитоупругого тензометра для измерения деформации $\varepsilon = \Delta l/l = 0,01$, если $\Delta R/R = 2\%$, а $\Delta \mu/\mu = 4\%$.

23. Требуется измерить перемещение от 10-3 мм до 10 мм. Какие электромагнитные ИП (схематично изобразить конструкционные варианты) смогут перекрыть этот диапазон?

24. Какие достоинства и недостатки имеют емкостные ИП. Какие требования предъявляются к выбору напряжения питания и частоты питающего напряжения, начальному зазору между подвижным и неподвижными

электродами?

25. Физические основы прямого пьезоэффекта. Дайте оценку применяемым в датчиках пьезоэлементов. Почему пьезоэлектрические ИП непосредственно работают только в динамике?

26. Нарисовать эквивалентную схему замещения пьезоэлектрического ИП с усилителем. Вывести из дифференциального уравнения формулу для амплитудно-частотной характеристики. Определить количественно $|S|$, если $f_n = 10$ Гц, $R_{ип} = 1015 \text{ Ом}$; $C_{ип} = 100$ пкФ; $R_{и} = 1012 \text{ Ом}$, $C_{у} = 200$ пкФ, $C_{у} = 10$ пкФ, $R_{у} = 108 \text{ Ом}$. Как, сохраняя неизменным $|S|$, расширить нижний частотный диапазон до $f_n = 1$ Гц?

27. Привести сравнительный анализ терморезисторов разных видов.

Уравнение теплового баланса для терморезисторов в общем виде. Каким образом терморезисторы можно применить для измерения конкретных физических величин. Привести примеры.

Определить относительную погрешность тензочувствительного ИП из нихрома, наклеенного на стальную деталь (сталь любая) при изменении температуры среды на 25 °С относительно нормальной (20 °С). $R_{ном} = 150 \text{ Ом}$, коэффициент тензочувствительности $k_t = 2,5$.

30. Предложить ИП, для измерения:

- а) сил, давлений;
- б) параметров вибраций;
- б) температур от -190° до $+500^\circ\text{C}$;
- г) угловых скоростей, вращения;
- д) линейных скоростей;
- е) расхода электропроводных и неэлектропроводных материалов;
- ж) уровня жидкости;
- з) толщин и размеров;
- и) влажности.

31. Каким образом и для чего вводится поправка на температуру свободных концов термопары.

32. Какие типы источников оптического излучения применяются в ИП? Характеристики и особенности.

33. Какие типы приемников оптического излучения применяются в датчиках? Дать им характеристику.

34. Конструктивные варианты построения оптических датчиков. Одноканальные и двухканальные датчики. Возможные алгоритмы работы двух- канальных датчиков.

35. Что такое оптроны? Привести схематичные варианты оптронов для измерения двух каких либо неэлектрических величин.

36. Какие источники радиоактивного излучения используются в ИП? Какими параметрами они характеризуются и как конструктивно выполняются?

37. Как работают приемники радиоактивных излучений разных видов?

38. Принцип действия электролитических ИП контактного и бесконтактного типа.

39. С помощью какого ИП и как определить кислотные свойства молочных продуктов?

40. Предложить варианты ИП для измерения артериального давления?

41. Качественный и количественный анализ растворов с помощью полярографических ИП.

42. Электрокинетические ЦП. Принцип действия, функция преобразования. Конструктивные варианты. Выбор рабочей пары. Свойства.

43. Что такое фотогальваноманитные ИП? Как они работают?

44. Нарисовать схему автоматической коррекции нестабильности температуры свободных концов термодпары, объяснить, как она работает.

Контрольное задание №2 и его варианты по разделу «Измерение магнитных физических величин»

Таблица 3

№ варианта	№№ вопросов и задач				
	1	10	11	24	27
1	1	10	11	24	27
2	3	9	12	21	30
3	2	8	13	20	29
4	4	7	14	25	28
5	2	6	16	22	27
6	4	5	15	19	25
7	1	9	13	21	29
8	2	11	19	24	30
9	3	7	15	18	24
0	4	9	17	22	29

Вопросы к контрольному заданию №2

1. Сформулировать и раскрыть задачи и возможности магнитных измерений.

2. Дать понятия основных магнитных физических величин (напряженность поля, магнитная индукция, поток вектора индукции). Единицы их измерения и физическое толкование.

3. Понятия магнитной восприимчивости и магнитной проницаемости. Виды магнитной проницаемости. Единицы измерения.

4. Метрологическая база магнитных измерений. Дать краткую характеристику мерам напряженности, индукции, потока и магнитного момента.

5. Раскрыть сущность индукционно-импульсного метода измерения магнитных величин в постоянных магнитных полях. Типы измерительных преобразователей и приборов. Основные соотношения.

6. Применение баллистического гальванометра и веберметра для измерения магнитной индукции. Сравнительные характеристики.

7. Нулевые индукционно-импульсные методы и их преимущества перед абсолютными методами. Пути реализации. Примеры.

8. Описать индукционный метод измерения магнитных величин. Какие величины можно измерять? Привести основные соотношения.

9. Особенности конструктивного исполнения измерительных катушек для измерения напряженности и магнитной индукции индукционными методами.

10. Измерение разности магнитных потенциалов. Особенности конструктивного исполнения измерительных преобразователей. Основные соотношения.

11. Какие магнитные характеристики можно назвать статическими? Назвать и дать краткое объяснение основным статическим магнитным характеристикам.

12. Раскрыть суть термина «размагничивающий фактор». От чего он зависит и как влияет на получаемые магнитные характеристики?

13. Основные требования, предъявляемые к ферромагнитным образцам при определении магнитных характеристик.

14. Необходимость и методы размагничивания ферромагнитных образцов. Привести примеры реальной необходимости размагничивания.

15. Дать объяснение терминам «магнитная аккомодация» и «магнитная подготовка». Какова их связь?

16. Привести схему баллистической установки для определения статических магнитных характеристик с обозначением элементов схемы. Описать порядок действий при градуировке баллистического гальванометра. Расчетные соотношения. Для чего и как размагнитить испытуемый образец?

17. Привести схему баллистической установки для определения магнитных характеристик. Описать порядок действий при нахождении точек основной кривой намагничивания.

18. Как по полученной статической характеристике (например, основной кривой намагничивания) ферромагнитного образца некоторой произвольной формы с известным коэффициентом размагничивания определить действительную характеристику материала образца?

19. Привести схему баллистической установки для определения статических магнитных характеристик. Описать порядок действий при определении точек нисходящей ветви петли гистерезиса в первом квадранте.

20. Привести схему баллистической установки для определения статических магнитных характеристик. Описать порядок действий при определении точек нисходящей ветви петли гистерезиса во втором и третьем квадранте. Как наименьшим количеством действий определить значения остаточной индукции и коэрцитивной силы?

21. Как по полученным в результате эксперимента точкам предельного статического гистерезисного цикла определить потери энергии на перемагничивание?

22. Что называют динамическими магнитными характеристиками? Какие факторы влияют на них? Объяснить причины отличия динамических магнитных характеристик от статических.

23. Рассмотреть режим синусоидальной напряженности и режим синусоидальной индукции при перемагничивании ферромагнетика. Как качественно отличаются динамические магнитные характеристики, полученные в этих двух режимах и почему?

24. Рассмотреть способ амперметра-вольтметра для определения динамических магнитных характеристик. Возможности способа. Варианты схем технической реализации. Требования к используемым в схемах приборам.

25. Описать осциллографический способ определения динамических магнитных характеристик. Возможности способа. Градуировка шкалы электронно-лучевой трубки. Основные соотношения.

26. В чем сущность феррометрического (с применением фазочувствительных схем) способа определения динамических магнитных характеристик? Возможности способа. Описать процесс измерения на примере определения точек динамического гистерезисного цикла.

27. Описать методы определения потерь в стали при перемагничивании ее в переменном магнитном поле. Дать сравнительные характеристики.

28. Описать способ разделения потерь при ваттметрическом методе испытаний.

29. В чем сущность параметрического способа определения динамических магнитных характеристик. Разновидности, возможности способа. Описать процесс измерения. Основные соотношения.

30. Магнитные шумы и способы измерения их параметров.

Контрольное задание №3 и его варианты по разделу «Измерение неэлектрических физических величин»

Таблица 4

Вариант	№№ вопросов и задач							
1	2	11	20	29	37	48	61	73
2	3	16	22	33	41	53	62	74
3	5	12	26	30	38	48	58	67
4	1	13	23	35	43	49	59	63
5	4	17	27	31	39	54	65	68
6	6	18	25	34	42	55	64	72
7	5	14	8	32	40	50	60	70
8	9	15	24	37	45	56	63	71
9	10	21	28	38	47	51	57	75
0	7	19	27	36	44	52	66	69

Контрольные вопросы к заданию №3

1. Привести и описать структурные схемы измерения неэлектрических величин (прямые и сравнения).

2. Перечислить величины пространства и названия приборов для их измерения, например, уровнемеры, шероховатость - профилометры и т.д.

3. Описать возможные пути или методы измерения малых геометрических размеров деталей.
4. Описать методы измерения уровней агрессивных жидкостей в закрытых баках.
5. Какими методами можно измерить толщину листового проката из различных материалов (медная фольга, стекло, алюминиевые сплавы)?
6. Как измерить расстояние между двумя вершинами гор?
7. Описать принцип действия профилометра с пьезоэлектрическим преобразователем.
8. Привести классификацию механических величин и связь между ними.
9. Методы измерения диаметров тонких без изоляции проводов и описать кратко их сущность.
10. Как измерить толщину гальванического покрытия (никель) на стальных и медных пластинах.
11. Описать возможные методы измерения толщины изоляционной ленты в процессе перемотки.
12. Как измерить площадь сечения проката сложного профиля (рельс, двутавр и т.п.)?
13. Как измерить внешний диаметр полого бака больших размеров?
14. Предложить возможные методы измерения объемов различных резервуаров и деталей машин.
15. Назвать способы определения высоты полета самолетов и кратко их сущность.
16. Описать методы измерения площадей изделий сложной формы (заготовки из кожи и др. материалов).
17. Перечислить параметры движения, связь между ними, единицы измерения и названия приборов для их измерения.
18. Методы измерения скоростей транспортных наземных средств и описать кратко их принципы действия.
19. Методы измерения линейных перемещений. Классификация и кратко их сущность.
20. Описать метод «магнитной ленты» для измерения очень малых скоростей движения различных объектов.
21. Описать кратко методы измерения угловых перемещений и скоростей и область их применения.
22. Какими методами можно измерить расход проводящей жидкости в трубопроводе?
23. Описать основные методы измерения расхода газов в трубопроводе.
24. Параметры вибрации. Основные методы измерения параметров вибраций.
25. Нарисовать принципиальное устройство маятникового, пружинного и жидкостного акселерометров.
26. Методы измерения упругих деформаций. Сущность и область применения.

27. Методы измерения крутящих моментов и конструктивные разновидности измерительных преобразователей.

28. Как измерить момент трения шарикоподшипника? Предложить возможные методы измерений?

29. Какова связь акустических величин с основной величиной - акустическим давлением?

30. Перечислить методы измерения акустического давления и подробно описать метод шайб Релея.

31. Как можно измерить звукопоглощение листового материала?

32. Что такое акустический шум и какими параметрами он характеризуется? Привести принцип действия одного из шумомеров.

33. Назвать температурные шкалы и основные реперные точки.

34. Что такое температура? Метрологическое обеспечение при измерении температуры в широком их диапазоне.

35. Написать уравнение теплового баланса измерительного преобразователя и объяснить значение каждого члена уравнения.

36. Чем отличаются бесконтактные методы измерения температур от контактных. Что понимается под температурным контактом?

37. Назвать и объяснить сущность методов измерения низких температур.

38. Методы измерения температур поверхностей. Особенности измерения и источники погрешностей с контактными преобразователями.

39. Описать термоэлектрический метод измерения температур. Погрешности и способы их уменьшения.

40. Как измеряются сверхвысокие температуры, например, плазмы?

41. Дать характеристику термометрам сопротивления и указать область их применения.

42. Каково назначение термисторов и критезисторов? Какая между ними разница?

43. Преимущества и недостатки термодиодов и терморезисторов. Область применения.

44. Назвать методы измерения теплового потока и теплопроводности.

45. Привести классификацию оптических величин и связь между ними.

46. Глаз человека. Устройство и возможности зрения человека. Можно ли считать зрение измерительным органом. Если да, то в каких случаях?

47. Описать кратко основные методы измерения светотехнических величин (яркостный, интегральный, фотоэлектрический).

48. Назвать методы и особенности измерения энергетических величин светового излучения.

49. Что такое цвет? Сущность теории цвета.

50. Описать визуальные способы определения (не измерения) цвета.

51. Сущность фотоэлектрического метода измерения цвета.

52. Назвать характеристики прозрачных материалов и способы их измерения.

53. Привести классификацию величин радиоактивности и их единицы измерения, в том числе внесистемные.
54. Описать сущность абсолютных и относительных методов измерения активности нуклидов.
55. Как производится измерение интенсивности и дозы излучения?
56. Описать известные вам источники и приемники излучения.
57. Описать принцип действия и область применения ионизирующих методов измерения.
58. В чем сущность люминесцентных методов измерения радиационного излучения? Виды люминесценции.
59. Описать кратко фотографический, химический и калориметрический методы измерения радиации.
60. Указать пути измерения плотности потока излучения. Опишите принципы действия дозиметров.
61. Какова метрология ионизирующих излучений?
62. Назвать электрохимические методы измерения концентрации и состава электролитов. Дайте краткую характеристику каждому из них.
63. Описать принцип действия кондуктометрических приборов измерения концентраций.
64. Принцип действия кулонометрического метода и применение его для измерения влажности газа.
65. Дать классификацию и сущность электрических методов измерения концентрации бинарных смесей.
66. Описать сущность и привести примеры измерения влажности древесины.
67. Назвать методы измерения влажности газов и опишите подробнее тепловой метод.
68. В чем сущность механических методов измерения концентрации веществ?
69. Описать сущность хроматографического метода измерения концентрации.
70. Назвать оптические методы измерения концентрации и их сущность?
71. Где можно применить магнитные методы измерения концентрации и их сущность.
72. Сущность масс-спектрометрического метода измерения состава сложных сред (в газовом, жидком и твердом состоянии).
73. Описать принцип действия ионизационно - плазменного метода измерения концентрации органических веществ.
74. Назвать принцип и область применения акустических методов измерения и контроля концентрации веществ.

5. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

5.1 Методические указания по выполнению курсового проекта

Основные положения по выполнению курсового проекта изложены в учебно-методическом пособии [8]

Тема курсового проекта выдается преподавателем на установочной лекции.

5.2 Тематика курсовых проектов

1. Универсальный измеритель параметров магнитного поля.
2. Индукционный расходомер.
3. Датчик в приборе для измерения параметров магнитного поля.
4. Датчик угла поворота.
5. Датчик расходомера.
6. Датчик для измерения параметров вибрации.
7. Динамометр малых усилий.
8. Датчик для измерения давления пара.
9. Магнитоупругий динамометр.
10. Датчик перемещения.
11. Датчик для измерения расхода электропроводящей жидкости.
12. Датчик контроля размеров.
13. Датчик для измерения толщины гальванического покрытия.
14. Устройство измерения и контроля скорости.
15. Электромагнитный датчик углов поворотов.
16. Датчик в приборе для измерения температур.
17. Оптический прибор для измерения и контроля отклонений диаметра проволоки.
18. Датчик для измерения уровня жидкости.
19. Датчик в приборе для контроля уровня жидкости.
20. Измеритель момента затяжки резьбовых соединений.
21. Датчики динамометра.
22. Датчик уравнивания в устройстве для измерения малых сосредоточенных усилий.
23. Установка для определения статических магнитных характеристик.
24. Установка для измерения динамических магнитных характеристик.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Литература обязательная

1. Электрические измерения неэлектрических величин / Под ред. П.В. Новицкого. - 5-е изд. - Л.: Энергия, 1975. - 576с.
2. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. - Л.: Энергоатомиздат, 1963.
3. Боднер В.А., Алферов А.В. Измерительные приборы. В 2-х томах.- М.: Издательство стандартов, 1966.
4. Измерения в промышленности: Справ. изд. /Под ред. П. Профоса. Пер. с нем. - М.: Металлургия, - 1960, с.626.
5. Хофман Д. Техника измерений и обеспечение качества: Справ. кн. / Пер. с нем.; Под ред. Л.М. Закса. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 472 с.
6. Лещенко И.Г., Винокуров Б.Б., Горбунов В.И. и др. Методы измерения неэлектрических величин. Учебное пособие. Томск: Изд. ТПИ, 1984. - 95 с.
7. Винокуров Б.Б. Измерение параметров магнитных полей и характеристик ферромагнитных материалов. Учебное пособие. Томск: Изд. ТПИ, 1990 (1998).-120с.
8. О.Н. Ольшевская, Б.Б.Винокуров. Методические указания по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Методы и средства измерений» для студентов специальности 1909 «Информационно-измерительная техника и технологии» - Томск, Изд. ТПУ 1999.- 36 с.

6.2 Литература дополнительная

9. Полищук Е.С. Измерительные преобразователи. - Киев: Вища школа, 1981. - 296 с.
10. Проектирование датчиков для измерения механических величин / Под ред. В.П.Осадчего. - М.: Машиностроение, 1979. - 479.
11. Како Н., Яманэ Я. Датчики и микро-ЭВМ: Пер с японского. - Л.: Энергоатомиздат, 1986. - 120 с.
12. Тиль Р. Электрические измерения неэлектрических величин: Пер. с нем.— М.: Высшая школа, 1988.- 256с.
13. Буль Б.К. Основы теории и расчета магнитных цепей. - М.: Энергия, 1969.

ИЗМЕРЕНИЕ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания

Составитель: Винокуров Борис Борисович

Рецензент: В.Ф. Вотяков, к.т.н., доцент каф. ИИТ ЭФФ

Подписано к печати

Формат 60x84/16. Бумага ксероксная.

Плоская печать. Усл. печ. л. 2,09. Уч. -изд. л. 1,89.

Тираж экз. Заказ . Цена свободная.

ИПФ ТПУ. Лицензия ЛТ №1 от 18.07.94.

Типография ТПУ. 634034, Томск, пр. Ленина, 30