

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сердитова Наталья Евгеньевна
Должность: проректор по образовательной деятельности
Дата подписания: 25.08.2025 16:35:17
Уникальный программный ключ:
6cb002877b2a1ea640fdebb0cc541e4e05322d13

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Е.В. Барабанова



«26» июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Преобразователи физических величин

Закреплена за кафедрой:	Прикладной физики
Направление подготовки:	03.03.03 Радиофизика
Направленность (профиль):	Материалы и устройства радиоэлектроники (беспилотные системы, программно-аппаратные комплексы, системы автоматизированного проектирования)
Квалификация:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Семестр:	5

Программу составил(и):

*канд. физ.-мат. наук, доц., Третьяков С.А.;
старший преподаватель, Зигерт А.Д.*

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

изучение принципов действия измерительных преобразователей физических величин и их применение в физическом эксперименте и в технических целях. Необходимость изучения вопросов программы обусловлена бурным развитием вычислительной техники и связанных с ней измерительных систем и комплексов, начальным и неотъемлемым звеном которых являются первичные датчики - измерительные преобразователи физических величин. В курсе применена классификация преобразователей по принципу используемого физического явления или эффекта

Задачи:

приобретение знаний о современном состоянии теории и технических приложений преобразователей физических величин, необходимых для решения научно-исследовательских экспериментальных и технических задач, навыки расчета, моделирования, практической работы с преобразователями физических величин

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Для успешного освоения данной дисциплины необходимы знания, полученные в рамках общего курса физики, курсов электродинамики, физики твердого тела и оптики полупроводников, диэлектриков, металлов, а также математических дисциплин — линейной алгебры, математического анализа, теории функций комплексного переменного.

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Дисциплина «Преобразователи физических величин» будет основой выполнения научно-исследовательской работы и прохождения преддипломной практики. Полученные знания в последующем используются при выполнении выпускной квалификационной работы, а также в дальнейшей трудовой деятельности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе:	
аудиторные занятия	51
самостоятельная работа	57

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-2.1: Использует техническую документацию при работе с радиоэлектронной аппаратурой при проведении научно-исследовательских и прикладных работ

ПК-2.3: Осуществляет настройку радиоэлектронной аппаратуры

ПК-3.2: Осуществляет моделирование и проектирование радиэлектронных средств с применением современных информационных технологий

ПК-4.2: Применяет методы анализа научно-технической информации

УК-1.1: Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие

УК-1.3: Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
зачеты	5

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. 1. Введение. Основные понятия и определения. Физические принципы классификации преобразователей. Пассивные и активные преобразователи.					
1.1	1. Введение. Основные понятия и определения. Физические принципы классификации преобразователей. Пассивные и активные преобразователи.	Лек	5	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1	
1.2	1. Введение. Основные понятия и определения. Физические принципы классификации преобразователей. Пассивные и активные преобразователи.	Ср	5	6		
	Раздел 2. 2. Резистивные преобразователи. Принцип действия, общие свойства, область применения. Реостатные преобразователи. Тензопреобразователи.					
2.1	2. Резистивные преобразователи. Принцип действия, общие свойства, область применения. Реостатные преобразователи. Тензопреобразователи.	Лек	5	2		
2.2	2. Резистивные преобразователи. Принцип действия, общие свойства, область применения. Реостатные преобразователи. Тензопреобразователи.	Лаб	5	4		
2.3	2. Резистивные преобразователи. Принцип действия, общие свойства, область применения. Реостатные преобразователи. Тензопреобразователи.	Ср	5	6		

	Раздел 3. 3. Индукционные преобразователи. Физические принципы классификации. Активные и пассивные индукционные преобразователи и их уравнение преобразования.					
3.1	3. Индукционные преобразователи. Физические принципы классификации. Активные и пассивные индукционные преобразователи и их уравнение преобразования.	Лек	5	2		
3.2	3. Индукционные преобразователи. Физические принципы классификации. Активные и пассивные индукционные преобразователи и их уравнение преобразования.	Лаб	5	4		
3.3	3. Индукционные преобразователи. Физические принципы классификации. Активные и пассивные индукционные преобразователи и их уравнение преобразования.	Ср	5	6		
	Раздел 4. 4. Четные и нечетные гальвано-магнитные эффекты и преобразователи на их основе. Квантовый эффект Холла и его применение					
4.1	4. Четные и нечетные гальвано-магнитные эффекты и преобразователи на их основе. Квантовый эффект Холла и его применение	Лек	5	2		
4.2	4. Четные и нечетные гальвано-магнитные эффекты и преобразователи на их основе. Квантовый эффект Холла и его применение	Лаб	5	4		
4.3	4. Четные и нечетные гальвано-магнитные эффекты и преобразователи на их основе. Квантовый эффект Холла и его применение	Ср	5	6		
	Раздел 5. 5. Магнитомеханические преобразователи. Принципы классификации. Магнитные стрелки и весы. Устройство и область применения					

5.1	5. Магнитомеханические преобразователи. Принципы классификации. Магнитные стрелки и весы. Устройство и область применения	Лек	5	2		
5.2	5. Магнитомеханические преобразователи. Принципы классификации. Магнитные стрелки и весы. Устройство и область применения	Лаб	5	4		
5.3	5. Магнитомеханические преобразователи. Принципы классификации. Магнитные стрелки и весы. Устройство и область применения	Ср	5	6		
	Раздел 6. 6. Емкостные преобразователи. Уравнение преобразования. Численные методы расчета емкости с учетом краевых эффектов. Устройство и область применения.					
6.1	6. Емкостные преобразователи. Уравнение преобразования. Численные методы расчета емкости с учетом краевых эффектов. Устройство и область применения.	Лек	5	2		
6.2	6. Емкостные преобразователи. Уравнение преобразования. Численные методы расчета емкости с учетом краевых эффектов. Устройство и область применения.	Лаб	5	6		
6.3	6. Емкостные преобразователи. Уравнение преобразования. Численные методы расчета емкости с учетом краевых эффектов. Устройство и область применения.	Ср	5	6		
	Раздел 7. 7. Магнитострикционный эффект и его применение в преобразователях перемещения.					
7.1	7. Магнитострикционный эффект и его применение в преобразователях перемещения.	Лек	5	2		

7.2	7. Магнитострикционный эффект и его применение в преобразователях перемещения.	Лаб	5	4		
7.3	7. Магнитострикционный эффект и его применение в преобразователях перемещения.	Ср	5	7		
	Раздел 8. 8. Ядерный магнитный резонанс и квантовые преобразователи на основе свободной ядерной прецессии.					
8.1	8. Ядерный магнитный резонанс и квантовые преобразователи на основе свободной ядерной прецессии.	Лек	5	2		
8.2	8. Ядерный магнитный резонанс и квантовые преобразователи на основе свободной ядерной прецессии.	Лаб	5	4		
8.3	8. Ядерный магнитный резонанс и квантовые преобразователи на основе свободной ядерной прецессии.	Ср	5	7		
	Раздел 9. 9. Аналоговые и цифровые методы обработки измеритель-ной информации. Аналогоцифровые и цифроаналоговые преобразователи. Ввод, обработка и вывод информации с помощью ЭВМ. Измерительные информационные системы.					
9.1	9. Аналоговые и цифровые методы обработки измеритель-ной информации. Аналогоцифровые и цифроаналоговые преобразователи. Ввод, обработка и вывод информации с помощью ЭВМ. Измерительные информационные системы.	Лек	5	2		
9.2	9. Аналоговые и цифровые методы обработки измеритель-ной информации. Аналогоцифровые и цифроаналоговые преобразователи. Ввод, обработка и вывод информации с помощью ЭВМ. Измерительные информационные системы.	Лаб	5	4		

9.3	9. Аналоговые и цифровые методы обработки измеритель-ной информации. Аналогоцифровые и цифроаналоговые преобразователи. Ввод, обработка и вывод информации с помощью ЭВМ. Измерительные информационные системы.	Ср	5	7		
-----	---	----	---	---	--	--

Образовательные технологии

Активное слушание.
Решение индивидуальных задач
Технологии развития критического мышления

Список образовательных технологий

1	Активное слушание
2	Технологии развития критического мышления

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Задание: выполнить лабораторную работу «Датчик Холла»

Способ аттестации: защита лабораторной работы

Критерии оценки:

Отлично(20 баллов) Лабораторная работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений последовательно и правильно

Хорошо(15 баллов) Обучающийся допустил недочеты или негрубые ошибки, не повлиявшие на результаты выполнения работы

Удовлетворительно(10 баллов) Результат выполненной части лабораторной работы таков, что позволяет получить правильный вывод, но в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

Неудовлетворительно(0 баллов) Результаты выполнения лабораторной работы не позволяют сделать правильный вывод, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно

Задание: выполнить лабораторную работу «Аналогово-цифровые преобразователи»

Способ аттестации: защита лабораторной работы

Критерии оценки:

Отлично(20 баллов) Лабораторная работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений последовательно и правильно

Хорошо(15 баллов) Обучающийся допустил недочеты или негрубые ошибки, не повлиявшие на результаты выполнения работы

Удовлетворительно(10 баллов) Результат выполненной части лабораторной работы таков, что позволяет получить правильный вывод, но в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

Неудовлетворительно(0 баллов) Результаты выполнения лабораторной работы не позволяют сделать правильный вывод, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно

Задание: выполнить лабораторную работу «Магнитный гистерезис»

Способ аттестации: защита лабораторной работы

Критерии оценки:

Отлично(20 баллов) Лабораторная работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений последовательно и правильно

Хорошо(15 баллов) Обучающийся допустил недочеты или негрубые ошибки, не повлиявшие на результаты выполнения работы

Удовлетворительно(10 баллов) Результат выполненной части лабораторной работы таков, что позволяет получить правильный вывод, но в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

Неудовлетворительно(0 баллов) Результаты выполнения лабораторной работы не позволяют сделать правильный вывод, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Типовые тесты для проведения промежуточной аттестации:

1. Безразмерная физическая величина - это

1.1. физическая величина, в размерности которой основные величины входят в нулевой степени

1.2. физическая величина, в размерности которой основные величины входят в первой степени

1.3. физическая величина, размерность которой не зависит от других величин

2. Абсолютная погрешность средства измерения - это

2.1. погрешность средства измерения, определяемая в нормальных условиях его применения

2.2. погрешность средства измерения, выраженная в единицах измеряемой физической величины

2.3. составляющая погрешности измерений, принимаемая постоянной или закономерно изменяющейся

3. Чем объясняется изменение активного сопротивления при деформации тензорезисторных преобразователей?

3.1. изменением удельного электросопротивления под действием упругих напряжений

3.2. изменением геометрических размеров преобразователя

3.3. изменением удельного электросопротивления и изменением геометрических размеров

4. Чувствительность пассивного индукционного преобразователя

4.1. не зависит от частоты измеряемого магнитного поля

4.2. повышается при увеличении частоты

4.3. понижается при увеличении частоты

5. Активный индукционный преобразователь с вращающейся измерительной катушкой относится к преобразователям

5.1. s-типа

5.2. □-типа

5.3. □-типа

6. Принцип действия преобразователей Холла основан на

6.1. изменении внутреннего сопротивления в магнитном поле вследствие изменения подвижности носителей заряда

6.2. появлении поперечной разности потенциалов на краях проводящей пластины с током при воздействии магнитного поля

6.3. появлении продольной разности потенциалов на краях проводящей пластины с током при воздействии магнитного поля

7. Преобразователи Холла являются
 - 7.1. модульными преобразователями
 - 7.2. указателями направления магнитного поля
 - 7.3. компонентными (векторными) преобразователями
8. Магниторезисторный преобразователи являются
 - 8.1. модульными преобразователями
 - 8.2. указателями направления магнитного поля
 - 8.3. компонентными (векторными) преобразователями
9. Мостовая схема подключения тензорезисторов применяется для
 - 9.1. повышения уровня выходного сигнала
 - 9.2. компенсации погрешностей, обусловленных изменениями температуры
 - 9.3. повышения чувствительности
10. Частным параметром ёмкостного преобразователя является
 - 10.1. напряжение на обкладках конденсатора
 - 10.2. диэлектрическая проницаемость вещества в рабочем зазоре
 - 10.3. частота питающего напряжения
6. Промежуточный контроль проводится в форме экзамена, который включает письменные или устные ответы на теоретические вопросы.

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Форма проведения зачета: студенты, освоившие программу курса «Преобразователи физических величин» могут получить зачет по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

На первый модуль отводится 40 баллов, которые распределяются следующим образом:

- текущий контроль – до 35 баллов;
- рубежный контроль – 5 баллов.

На второй модуль отводится 60 баллов, которые распределяются следующим образом:

- текущий контроль – до 55 баллов;
- рубежный контроль – 5 баллов.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Агеев, Мамиконова, Котов, Негоденко, Петров, Информационно-измерительная техника и электроника. Преобразователи неэлектрических величин, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-00792-3, URL: https://urait.ru/bcode/537829
Л1.2	Онищенко, Соснин, Силовая электроника: Силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения, Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2024, ISBN: 978-5-16-015776-4, URL: https://znanium.com/catalog/document?id=431443

Л1.3	Горелов В. П., Горелов С. В., Горелов В. С., Толашко Т. А., Удалов С. Н., Горелов В. П., Иванова Е. В., Общая энергетика, Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2016, ISBN: 978-5-4475-5763-8, URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447693
Л1.4	Дресвянников А. Ф., Ситников С. Ю., Сорокина И. Д., Эталонные физические величины, Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2013, ISBN: 978-5-7882-1444-3, URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258435

9.1.2. Дополнительная литература

Шифр	Литература
Л2.1	Иванов, Основы радиотехники, Москва: Академия водного транспорта Российского университета транспорта, 2015, ISBN: , URL: https://znanium.com/catalog/document?id=175568

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	WinDjView
5	OpenOffice
6	Mozilla Firefox
7	AnyLogic PLE

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС ТвГУ
2	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
3	ЭБС «Лань»
4	ЭБС «ЮРАЙТ»
5	ЭБС «ZNANIUM.COM»

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-25	комплект учебной мебели, компьютеры, осциллограф, принтеры, спектрометр, микроскоп, дифрактометр рентгеновский, электронно-оптический комплекс,

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

- Задания для самостоятельной работы:
 - Новые виды магнитоэлектрических гетероструктур для преобразователей магнитного поля
 - Микросистемы «лаборатория на чипе» (Lab-on-a-chip) – достижения и тенденции развития
 - Микроэлектромеханические системы – достижения и тенденции развития
 - Магнитометрия слабых магнитных полей и её технические применения
 - Микромощные автономные преобразователи энергии
 - Визуализация микрораспределений магнитного поля с помощью индикаторных сред

- Тепловизионный контроль температурного режима электромеханических приводов (актюаторов)

- Тепловизионный контроль электронных блоков вторичных преобразователей

2. план практических работ

-Резистивные преобразователи.

- Индукционные преобразователи.

- Четные и нечетные гальваномагнитные эффекты и преобразователи на их основе.

- Магнитомеханические преобразователи.

- Емкостные преобразователи.

- Магнитострикционный эффект и его применение в преобразователях перемещения.

- Ядерный магнитный резонанс и квантовые преобразователи на основе свободной ядерной прецессии.

- Аналоговые и цифровые методы обработки измерительной информации.

3. план лабораторных работ

Преобразователи Холла.

Магниторезистивный эффект и магниторезисторы

Тензорезисторы

Емкостные преобразователи

Полупроводниковые термометры.

Термоэлектрические преобразователи.

Квантовые преобразователи на основе свободной ядерной прецессии.

4. Методические рекомендации

Предметом оценки является подготовка студентов к занятиям, работа студентов на практических и лабораторных занятиях, выполнение ими тестовых заданий.

Оценки успеваемости студентов проходит в модульную неделю в соответствии с графиком учебного процесса.

Практические задания по демонстрации компетенций заключаются в устных или письменных ответах на поставленные преподавателем или составленным самими студентами вопросы (традиционные или в форме тестов). При этом оценивается обоснованность ответа, ясность и последовательность изложения мысли. Такая демонстрация компетенций проверяет уровень владения теоретическим и практическим материалом.

Вопросы к зачету:

1. Передаточные характеристики чётных и нечётных преобразователей.

2. Методы измерений малых изменений электросопротивления (на примере мостовых схем)

2. Методы измерений малых изменений электроёмкости (на примере ёмкостных преобразователей)

3. Предельные измерения в физике

4. Цифровые многофункциональные осциллографы.

5. Синхронное детектирование измерительных сигналов с низкими значениями соотношения сигнал/шум.

6. Магнитомягкие магнитные материалы и их характеристики.

7. Пьезоэлектрические и пирозэлектрические преобразователи.

7. Требования к рейтинг-контролю

Оценка знаний студентов осуществляется по результатам успеваемости и оценивается по 100 – бальной системе. Семестр делится на два модуля.

В каждом модуле студент может набрать максимально по 50 баллов. Если обучающийся набирает более 40 баллов, то получает зачет на последней неделе обучения. Если обучающийся набирает менее 40 баллов, то сдает зачет на зачетной неделе.