

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

УО «ГГТУ им. П.О. Сухого»

 О.Д. Асенчик

(подпись)

«03» 10 . 2014

Регистрационный № УДг 206-Гр.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:
1-36 04 02 «Промышленная электроника»

Факультет автоматизированных и информационных систем

Кафедра Промышленная электроника

Курс (курсы) 3

Семестр (семестры) 6

Лекции 48 ч.

Экзамен -
(семестр)

Практические (семинарские)
занятия

Зачет 6
(семестр)

Лабораторные
занятия 16 ч.

Курсовая работа (проект) -
(семестр)

Аудиторных часов
по учебной дисциплине 64 ч.

Всего часов
по учебной дисциплине 132 ч.

Форма получения
высшего образования дневная

Составили Н.И. Вяхирев, к.т.н., доцент; А.А. Наумук, асс.

2014

КОНТРОЛЬНЫЙ ЭКЗЕМПЛЯР

Учебная программа составлена на основе учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Техническая электродинамика» для специальности 1-36 04 02 Промышленная электроника, № УД-1020/уч от 11.11.2014.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Промышленная электроника»

28.08.2014 протокол № 1
(дата, номер протокола)

Заведующий кафедрой

Юр
(подпись)

Ю.В. Крышнев
(И.О. Фамилия)

Одобрена и рекомендована к утверждению научно-методическим советом факультета автоматизированных и информационных систем

05.09.2014 № 1
(дата, номер протокола)

Председатель

Селиверстов
(подпись)

Г.И. Селиверстов
(И.О. Фамилия)

1. Пояснительная записка

Учебная программа по дисциплине «Техническая электродинамика» для студентов дневной формы обучения специальности I степени высшего образования 1-36 04 02 «Промышленная электроника» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого» разработана в соответствии с учебной программой учреждения высшего образования № УД-1020/уч от 11.11.2014.

1.1. Цели и задачи учебной дисциплины.

Целью учебной дисциплины является изучение основ теории электромагнитного поля с учетом их практического применения в устройствах радиоэлектронной аппаратуры.

Задачи учебной дисциплины:

- обучение студентов методам решения электродинамических задач;
- изучение характеристик элементарных излучателей в свободном пространстве и с учетом реальных условий распространения;
- изучение характеристик основных типов линий передачи высоких и сверхвысоких частот.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен знать:

- уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах;
- граничные условия электродинамики;
- характеристики электромагнитного поля элементарных излучателей;
- условия возбуждения заданной структуры волны в волноводе;
- свойства плоской электромагнитной волны в изотропных и анизотропных средах;

уметь характеризовать:

- электромагнитное поле элементарных излучателей в свободном пространстве;
- влияние плоской отражающей поверхности на электромагнитное поле излучателей;
- электромагнитные волны идеальных и реальных линий передачи;
- режимы работы нагруженных линий передачи.

уметь анализировать:

- распространение плоской электромагнитной волны в изотропных и анизотропных средах;
- структуру электромагнитного поля в полых металлических волноводах;
- структуру электромагнитного поля в коаксиальной линии передачи;
- стационарные поля постоянных зарядов и токов.

приобрести навыки:

- экспериментального исследования излучающих характеристик элементарных излучателей;
- расчета и измерения основных технических характеристик линий передачи;
- численного и экспериментального исследования согласования нагруженной линии передачи;

1.2. Освоение учебной дисциплины согласно стандарту специальности должно обеспечить формирование следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-10. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.

АК-11. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации с использованием компьютерной техники.

СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

ПК-1. В составе группы специалистов разрабатывать технологическую документацию, принимать участие в создании стандартов и нормативных документов;

ПК-12. Пользоваться современными средствами документооборота конструкторской документации на производстве, обосновывать и уметь вносить изменения в конструкторскую документацию.

ПК-13. Разрабатывать технические задания на проектируемый объект, выбирать структуру и элементную базу радиоэлектронных средств промышленной электроники, рассчитывать и анализировать режимы работы как отдельных узлов, так и изделия в целом.

ПК-14. В составе группы специалистов или самостоятельно разрабатывать конструкторскую документацию на проектируемое устройство промышленной электроники.

ПК-18. Анализировать и оценивать собранные данные.

ПК-20. Готовить доклады, материалы к презентациям.

ПК-21. Владеть современными средствами инфокоммуникаций.

ПК-22. Анализировать перспективы и направления развития элементной базы и современных технологий.

ПК-23. Намечать основные этапы научных исследований при подготовке к проектированию новых изделий, обучать персонал по новым технологиям проектирования.

1.3. Изучение дисциплины «Техническая электродинамика» опирается на материал дисциплин «Физика», «Математика» общего среднего образования, материал дисциплин «Физика», «Математика», «Методы анализа и расчета электронных схем», «Теория электрических цепей» учебного плана специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» I степени высшего образования. Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины «Техническая электродинамика», будут полезны при изучении цикла общепрофессиональных и специальных дисциплин учебного плана специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» I степени высшего образования, а также при изучении цикла дисциплин специальной подготовки учебного плана специальности 1-41 80 02 «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники» II степени высшего образования.

1.4. Программа дисциплины «Техническая электродинамика» рассчитана на объем 132 учебных часа, из них аудиторных – 64 часа. Распределение аудиторных часов по видам занятий: лекций – 48 часов; лабораторных работ – 16 часов.

2. Содержание учебного материала

2.1. Лекционные занятия

№ п.п.	Название темы, содержание лекции	Объем в часах
1	2	3
6-й семестр		
Раздел 1. Векторы электромагнитного поля и уравнения Максвелла.		
1.1	Вектора напряженностей электрического и магнитного полей, вектора электрической и магнитной индукции. Система уравнений Максвелла как обобщение опытных фактов. Первое и второе уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.	2
1.2	Третье и четвертое уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Материальные уравнения. Закон сохранения заряда. Физическое содержание уравнений Максвелла.	2
1.3	Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Энергетические характеристики электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга. Вектор Пойнтинга.	2
1.4	Уравнения Максвелла для монохроматических сигналов. Энергетические характеристики для гармонических полей. Граничные условия для тангенциальных и нормальных составляющих векторов электромагнитного поля на границе раздела двух сред. Граничные условия на поверхности идеального проводника.	2

Раздел 2. Электромагнитные волны в свободном пространстве.		
2.1	Волновые уравнения для векторов E и H . Электродинамические потенциалы и волновые уравнения для них. Частное решение для свободного пространства. Функция Грина.	2
2.2	Электромагнитное поле элементарных излучателей. Элементарный электрический вибратор. Поле вибратора в ближней и дальней зонах. Сферические волны.	2
2.3	Сопротивление и мощность излучения элементарного вибратора. Элементарная рамка. Поле в дальней зоне. Сопоставление элементарной рамки и элементарного вибратора. Принцип двойственности.	2
2.4	Плоские волны. Распространение плоской электромагнитной волны в идеальном диэлектрике и среде с потерями. Коэффициенты затухания и фазы. Классификация проводящих сред.	2
Раздел 3. Отражение плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред.		
3.1	Падение плоской ЭМВ на границу раздела двух сред. Коэффициент прохождения и коэффициент отражения. Горизонтальная и вертикальная поляризации. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и прохождения. Угловые зависимости модуля и фазы коэффициента отражения плоской волны от идеального диэлектрика.	2
3.2	Коэффициент отражения плоской волны от среды с потерями. Отражение на границе идеально проводящего полупространства. Поверхностный эффект.	2
3.3	Влияние реальной земли на распространение ЭМВ. Электрические параметры земной поверхности. Поле излучателя, поднятого над земной поверхностью. Интерференционный множитель.	2
Раздел 4. Регулярные линии передачи электромагнитных волн.		
4.1	Типы волноводов. Постановка и метод решения волноводных задач. Собственные значения и собственные функции, их свойства. Характеристики E и H волн в регулярных волноводах. Волновое сопротивление, фазовая и групповая скорости волн. Связь продольных и поперечных составляющих напряженностей E и H волн с собственной функцией.	2
4.2	Структура полей E и H типов в прямоугольном и круглом волноводах. Т-волны. Волна H_{10} в полном прямоугольном волноводе. Коаксиальный волновод. ТЕМ-волна.	2
4.3	Возбуждение волн в волноводах. Потери и затухание волн в волноводах. Максимальная пропускаемая мощность по волноводу.	2
Раздел 5. Нагруженные линии передачи.		
5.1	Режимы работы линии передачи. Падающие и отраженные волны в линии передачи, их математическое описание. Параметры, характеризующие режим работы линии передачи: коэффициент стоячей волны, коэффициент бегущей волны, коэффициент отражения, характеристическое сопротивление, сопротивление линии в данном сечении, сопротивление нагрузки.	2
5.2	Нормированные напряжения и токи в линии передачи. Продольные распределения полного напряжения и сопротивления в линии передачи с различной нагрузкой.	2

5.3	Согласование в линиях передачи. Задачи согласования. Методы согласования, их достоинства и недостатки. Узкополосное согласование. Согласование с помощью четвертьволнового трансформатора. Согласование с помощью реактивной неоднородности. Широкополосное согласование.	2
Раздел 6. Стационарные поля.		
6.1	Система уравнений стационарного поля. Электростатическое поле. Скалярный электростатический потенциал. Уравнения Пуассона и Лапласа. Граничные условия. Свойства потенциала. Электрическая емкость. Емкость коаксиальной линии.	2
6.2	Энергия электростатического поля. Потенциал бесконечного равномерно заряженного круглого цилиндра. Металлический экран. Энергия электростатического поля. Энергия заряженных проводников.	2
6.3	Система уравнений магнитостатического поля. Цилиндр из магнетика в однородном магнитном поле.	2
6.4	Магнитное поле постоянных токов. Векторный потенциал. Закон Био-Савара. Поле кольцевого тока. Поле бесконечной катушки с равномерной намоткой. Индуктивность и взаимная индуктивность. Энергия магнитного поля.	2
6.5	Электрическое поле постоянных токов. Граничные условия для плотности тока. Электрическое поле полусферического заземлителя.	2
Раздел 7. Электромагнитные волны в анизотропных средах.		
7.1	Плоские волны в анизотропных средах. Диэлектрическая и магнитная проницаемости анизотропных сред. Феррит, плазма.	2
7.2	Продольное и поперечное распространение плоских волн в намагниченной плазме и ферритовой среде. Эффект Фарадея.	2
Итого:		48 \checkmark

2.2. Лабораторные занятия

№ п.п.	Название темы, содержание занятия	Объем в часах
1.	Установка для измерения характеристик линии передач.	4
2.	Исследование распределения напряжения вдоль длинной линии.	2
3.	Исследование эквивалентных сопротивлений длинных линий.	2
4.	Электромагнитные поля элементарных излучателей.	2
5.	Магнитные волны в прямоугольном волноводе.	2
6.	Исследование поля излучателя, поднятого над плоской поверхностью.	2
7.	Согласование активных нагрузок с помощью параллельной реактивности.	2
Итого:		16 \checkmark

3. Учебно-методическая карта дисциплины

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа	Иное	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6-й семестр								
1.	Векторы электромагнитного поля и уравнения Максвелла (8 ч.)	8						зачет
1.1	Вектора напряженностей электрического и магнитного полей, вектора электрической и магнитной индукции. Система уравнений Максвелла как обобщение опытных фактов. Первое и второе уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.	2						зачет
1.2	Третье и четвертое уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Материальные уравнения. Закон сохранения заряда. Физическое содержание уравнений Максвелла.	2						зачет
1.3	Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Энергетические характеристики электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга. Вектор Пойнтинга.	2						зачет
1.4	Уравнения Максвелла для монохроматических сигналов. Энергетические характеристики для гармонических полей. Граничные условия для тангенциальных и нормальных составляющих векторов электромагнитного поля на границе раздела двух сред. Граничные условия на поверхности идеального проводника.	2						зачет
2.	Электромагнитные волны в свободном пространстве (10 ч.)	8			2			зачет, защита л/р

2.1	Волновые уравнения для векторов E и H . Электродинамические потенциалы и волновые уравнения для них. Частное решение для свободного пространства. Функция Грина.	2					зачет
2.2	Электромагнитное поле элементарных излучателей. Элементарный электрический вибратор. Поле вибратора в ближней и дальней зонах. Сферические волны.	2					зачет
2.3	Сопротивление и мощность излучения элементарного вибратора. Элементарная рамка. Поле в дальней зоне. Сопоставление элементарной рамки и элементарного вибратора. Принцип двойственности.	2		2			зачет, защита л/р
2.4	Плоские волны. Распространение плоской электромагнитной волны в идеальном диэлектрике и среде с потерями. Коэффициенты затухания и фазы. Классификация проводящих сред.	2					зачет
3.	Отражение плоских электромагнитных волн на границе раздела двух сред (8 ч.)	6		2			зачет, защита л/р
3.1	Падение плоской ЭМВ на границу раздела двух сред. Коэффициент прохождения и коэффициент отражения. Горизонтальная и вертикальная поляризации. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и прохождения. Угловые зависимости модуля и фазы коэффициента отражения плоской волны от идеального диэлектрика.	2					зачет
3.2	Коэффициент отражения плоской волны от среды с потерями. Отражение на границе идеально проводящего полупространства. Поверхностный эффект.	2					зачет
3.3	Влияние реальной земли на распространение ЭМВ. Электрические параметры земной поверхности. Поле излучателя, поднятого над земной поверхностью. Интерференционный множитель.	2		2			зачет, защита л/р
4.	Регулярные линии передачи электромагнитных волн (12 ч.)	6		6			зачет, защита л/р
4.1	Типы волноводов. Постановка и метод решения волноводных задач. Собственные значения и собственные функции, их свойства. Характеристики E и H волн в регулярных волноводах. Волновое сопротивление, фазовая и групповая скорости волн. Связь продольных и поперечных составляющих напряженностей E и H волн с собственной функцией.	2		2			зачет, защита л/р
4.2	Структура полей E и H типов в прямоугольном и круглом волноводах. Т-волны. Волна H_{10} в полном прямоугольном волноводе. Коаксиальный волновод. TEM-волна.	2		2			зачет, защита л/р

4.3	Возбуждение волн в волноводах. Потери и затухание волн в волноводах. Максимальная пропускаемая мощность по волноводу.	2			2		зачет, защита л/р
5.	Нагруженные линии передачи (12 ч.)	6			6		зачет, защита л/р
5.1	Режимы работы линии передачи. Падающие и отраженные волны в линии передачи, их математическое описание. Параметры, характеризующие режим работы линии передачи: коэффициент стоячей волны, коэффициент бегущей волны, коэффициент отражения, характеристическое сопротивление, сопротивление линии в данном сечении, сопротивление нагрузки.	2			2		зачет, защита л/р
5.2	Нормированные напряжения и токи в линии передачи. Продольные распределения полного напряжения и сопротивления в линии передачи с различной нагрузкой.	2			2		зачет, защита л/р
5.3	Согласование в линиях передачи. Задачи согласования. Методы согласования, их достоинства и недостатки. Узкополосное согласование. Согласование с помощью четвертьволнового трансформатора. Согласование с помощью реактивной неоднородности. Широкополосное согласование.	2			2		зачет, защита л/р
6.	Стационарные поля (10 ч.)	10					зачет
6.1	Система уравнений стационарного поля. Электростатическое поле. Скалярный электростатический потенциал. Уравнения Пуассона и Лапласа. Граничные условия. Свойства потенциала. Электрическая емкость. Емкость коаксиальной линии.	2					зачет
6.2	Энергия электростатического поля. Потенциал бесконечного равномерно заряженного круглого цилиндра. Металлический экран. Энергия электростатического поля. Энергия заряженных проводников.	2					зачет
6.3	Система уравнений магнитостатического поля. Цилиндр из магнетика в однородном магнитном поле.	2					зачет
6.4	Магнитное поле постоянных токов. Векторный потенциал. Закон Био-Савара. Поле кольцевого тока. Поле бесконечной катушки с равномерной намоткой. Индуктивность и взаимная индуктивность. Энергия магнитного поля.	2					зачет
6.5	Электрическое поле постоянных токов. Граничные условия для плотности тока. Электрическое поле полусферического заземлителя.	2					зачет

7.	Электромагнитные волны в анизотропных средах (4 ч.)	4						зачет
7.1	Плоские волны в анизотропных средах. Диэлектрическая и магнитная проницаемости анизотропных сред. Феррит, плазма.	2						зачет
7.2	Продольное и поперечное распространение плоских волн в намагниченных плазме и ферритовой среде. Эффект Фарадея.	2						зачет

Библиотека ГГТУ им.П.О.Суворова

4. Информационно-методическая часть

4.1. Основная литература

1. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. (2007). – 558с.
2. Марков Г.Т., Петров Б.М., Грудинская Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Сов. Радио, 1979. – 374с.
3. Фальковский О.И. Техническая электродинамика. – М.: Связь, 1978. (2009). – 430с.
4. Воскресенский Д.И. и др. Устройства СВЧ и антенны. – М.: Радиотехника, 2006. – 376с.
5. Баскаков С.И. Основы электродинамики: учеб. пособие для вузов. – М.: Сов. Радио, 1973. – 248с.
6. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн: учеб. пособие для вузов. – М.: Либроком, 2014. – 416с.
7. Муромцев Д.Ю. и др. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 200с.
8. Банков С.Е., Гутцайт Э.М., Курушин А.А. Решение оптических и СВЧ задач с помощью HFSS. – М.: ООО «Оркада», 2012. – 250с.

4.2. Дополнительная литература

1. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. – М.: Радио и связь, 1988. – 440с.
2. Афанасьев С. А. Введение в электродинамику СВЧ: учебное пособие. – Ульяновск: УлГУ, 2012. – 60 с.
3. Семенцов Д. И. Основы теории распространения электромагнитных волн. – Ульяновск: УлГУ, 2012. – 112с.
4. Собенин Н.П., Лалаян М.В., Гусарова М.А. Практикум по курсу «Техника СВЧ». – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 128с.
5. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Сеницын А.К. Электродинамика и распространение радиоволн. – Мн.: Нов. знание, 2013. – 424с.
6. Сазонов Д. М. Антенны и устройства СВЧ: учебник для студентов вузов по спец. "Радиотехника". – М.: Высшая школа, 1988. - 432с.
7. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Наука, 1989. – 543с.

4.3. Учебно-методические комплексы

1. Вяхирев Н.И. Техническая электродинамика: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / Н. И. Вяхирев, А. А. Наумук. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2013.

4.4. Перечень компьютерных программ и других пособий, методических указаний и материалов, технических средств обучения

1. Верига Б.А., Вяхирев Н.И. Основы технической электродинамики: практ. пособие к лаб. работам по одноим. курсу для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» днев. формы обучения – Гомель, УО ГГТУ им. П.О. Сухого, 2006 – 30с.

2. Вяхирев Н.И., Гарбуз В.Н. Лабораторный практикум по дисциплине «Техническая электродинамика» для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» дневной и заочной форм обучения. (Часть 2). – Гомель, УО ГГТУ им. П.О. Сухого, 2011 – 55с.

3. Оборудование лаборатории «Техническая электродинамика» (а. 2-539).

Список литературы сверен *И.И. Храмова и.*

5. Протокол согласования учебной программы по изучаемой учебной дисциплине с другими дисциплинами специальности

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1	2	3	4
2. Методы анализа и расчета электронных схем	Промышленная электроника	нет	протокол №1 от 28.08.2017
3. Высшая математика	Высшая математика		
4. Физика	Физика		
5. Теория электрических цепей	Теоретические основы электротехники		

Зав. кафедрой _____

Ю.В.

Ю.В. Крышнев

(ФИО, подпись)