

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»

Институт электронных и информационных систем
Кафедра проектирования и технологии радиоаппаратуры



И. Эминов
2017 г.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Дисциплина по направлению подготовки
11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств

Рабочая программа

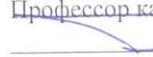
СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

 Г.Н. Чурсинова
«12» 05 2017 г.

Разработал

Профессор кафедры ПТРА

 М.И. Бичурин
«__» __ 201__ г.

Принято на заседании кафедры ПТРА

Протокол № 8 от 06.04.2017 г.

Заведующий кафедрой ПТРА

 М.И. Бичурин
«06» 04 2017 г.

1 Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Техническая электродинамика» является формирование у студентов базовых знаний о теории электромагнитного поля, теории цепей с распределенными параметрами, линий передачи СВЧ, принципах действия и методах проектирования СВЧ - устройств.

Основными задачами изучения дисциплины являются: приобретения студентами познаний о расчетных методах анализа процессов в электродинамических объектах радиотехники; знаний по техническим характеристикам линий передач и элементах устройств СВЧ; знаний о расчетных методах анализа и синтеза устройств СВЧ; знаний о методических и нормативных материалах по проектированию устройств СВЧ; знаний о применяемых в конструкциях материалах и их свойствах; знаний о современных системах автоматизированного проектирования устройств СВЧ; знаний о современных пакетах прикладных программ по анализу и синтезу устройств СВЧ; знаний о конструктивных и функциональных исполнениях современных и перспективных электронных средств техники СВЧ.

2 Место дисциплины в структуре ООП направления подготовки

Дисциплина входит в модуль по выбору. Изучение дисциплины «Техническая электродинамика» базируется на знаниях, полученных при изучении предшествующих дисциплин: «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Общая электротехника и электроника», «Функциональная электроника». В свою очередь изучение «Технической электродинамики» способно оказать влияние на изучение курсов «Материаловедение и материалы электронных средств», «Основы проектирования ЭС» и «Технологии ЭС».

Дисциплина «Техническая электродинамика» используется для выполнения ВКР и в дальнейшей трудовой, научно-исследовательской деятельности.

В результате студенты должны знать и уметь применять:

- методы проектирования устройств СВЧ в соответствии с требованиями технического задания;
- стандарты по проектированию электронных средств;
- системы автоматизированного проектирования;
- специальную литературу и другие информационные издания при проектировании устройств СВЧ.
- формирование у студентов понимания значимости знаний и умений по дисциплине;
- стимулирование студентов к самостоятельной деятельности по освоению дисциплины и формированию необходимых компетенций.

3 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

- ОПК-7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
- ПК-1 способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области.

В результате освоения дисциплины « Техническая электродинамика » студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ОПК-7	пороговый	электротехническую терминологию и символику, определяемую действующими стандартами, правила оформления электрических схем; принципы действия, конструкции, свойства, области применения и потенциальные возможности электронных устройств	выполнять анализ и расчеты деталей, узлов и модулей электронных средств и электрических цепей	методами сбора и анализа исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств
ПК-1	пороговый	Задачи проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	оформлять типовые расчетные задания, отчеты по лабораторным работам, формулировать выводы по результатам проделанной работы	методами расчета и проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств в соответствии с техническим заданием

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Трудоемкость дисциплины

Очная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	Коды формируемых компетенций
	6 семестр	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	3	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ): Аудиторная работа, в том числе: - лекции - практические занятия - лабораторные работы - аудиторная СРС - внеаудиторная СРС, в том числе: - курсовая работа - прочая СРС	54 27 27 - 9 - - -	ОПК-7 ОПК-7 ПК-1
Аттестация:	ДЗ	

Заочная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	Коды формируемых компетенций
	6 семестр	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	3	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ): Аудиторная работа, в том числе: - лекции - практические занятия - лабораторные работы - аудиторная СРС - внеаудиторная СРС, в том числе: - курсовая работа - прочая СРС	12 6 6 - 96 - - -	ОПК-7 ОПК-7 ПК-1
Аттестация:	ДЗ	

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

1. Введение в техническую электродинамику. Основные понятия
- 1.2 Уравнения Максвелла.
- 1.3 Поля на границах раздела сред.
- 1.4 Энергия электромагнитного поля
- 1.5 Электростатика
- 1.6 Магнитостатика
- 1.7 Переменное электромагнитное поле
- 1.8 Волны в средах
2. Линии передачи СВЧ
- 2.1 Распространение электромагнитных волн в линиях передачи
- 2.2 Линии передачи СВЧ
- 2.3 Затухание волн в прямоугольных волноводах
- 2.4 Круглые волноводы
- 2.5 Коаксиальные волноводы
- 2.6 Полосковые линии
- 2.7 Основы теории электрических цепей

4.3 Темы практических занятий

- ПР-1 – Уравнения Максвелла
ПР-2 – Поля на границах раздела сред
ПР-3 – Электростатика
ПР-4 – Магнитостатика
ПР-5 – Переменное электромагнитное поле
ПР-6 – Волноводные линии передач
ПР-7 – Полосковые линии передач

4.5 Темы домашних заданий для СРС

- ДР-1 – Уравнения Максвелла
ДР-2 – Поля на границах раздела сред
ДР-3 – Электростатика
ДР-4 – Магнитостатика
ДР-5 – Переменное электромагнитное поле
ДР-6 – Волноводные линии передач
ДР-7 – Полосковые линии передач

4.4 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины с учетом использования в учебном процессе активных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения дисциплины

Контроль качества освоения студентами дисциплины осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС).

Для оценки качества освоения дисциплины используются следующие формы контроля:

- текущий (в течение всего семестра): оценка работы на практических занятиях, внеаудиторная самостоятельная работа.
- рубежный: учет суммарных результатов по итогам текущего контроля за соответствующий период;
- семестровый: дифференцированный зачёт.

Оценка качества освоения дисциплины осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников».

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: разноуровневые задачи, практические работы, дифференцированный зачёт.

Критерии оценивания представлены в следующей таблице.

Таблица 2 - Критерии оценки

Оценочное средство	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
1	2	3	4
Разноуровневые задачи	3 балла - при решении задач студент не может объяснить используемый прием вычислений; - допускает 2-3 грубые ошибки в расчетах	4 балла - при решении задач дает недостаточно точные объяснения хода решения; - при решении двух задач допускает 1 ошибку в вычислениях	5 баллов - правильно производит вычисления, обнаруживая при этом знание изученного материала
Практическая работа	5-6 баллов - практические задания выполняются не в соответствии с графиком выполнения ; - в ходе выполнения измерений допускаются ошибки; - недостаточно хорошо использует приобретенные знания для решения заданий	7-8 баллов - выполнение практических задач удовлетворяет основным требованиям к ответу на «отлично», но есть недочеты или негрубые ошибки, не повлиявшие на результаты выполнения работы.	9-10 баллов - практическая работа выполнена в полном объеме; - студент грамотно формулирует ответы; - свободно владеет материалом по изучаемому разделу
Дифференцированный зачёт	25-37 баллов - студент не знает значительную часть программного материала; - допустил существенные ошибки в процессе изложения; - не умеет выделить	37-44 балла - студент обладает достаточными знаниями программного материала; - два вопроса освещены полностью или один	45-50 баллов - студент обладает глубокими и прочными знаниями программного материала; - при ответе на два вопроса продемонстрировал

	главное; - приводит ошибочные определения; - ни один вопрос не рассмотрен до конца, наводящие вопросы не помогают; - при решении задачи мыслит в правильном направлении, но допускает ошибку в вычислениях	вопрос освещён полностью, а другой доводится до логического завершения при наводящих вопросах преподавателя; - задача решена верно	исчерпывающее, последовательное и логически стройное изложение материала; - задача решена правильно
--	---	---	--

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте дисциплины (Приложение Б). Качество освоения студентами модуля оценивается с помощью шкал, представленных в паспортах компетенций модуля (Приложение В).

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходим компьютерный класс, оборудованный мультимедийными средствами для демонстрации лекций-презентаций, презентаций проектов и видеоматериалов.

Приложение А
(обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины «Техническая электродинамика»

А.1 Организация изучения дисциплины «Техническая электродинамика»

Разделы дисциплины	Формы организации	Задания на аудиторную и внеаудиторную СРС	Литература
1 Уравнения Максвелла	Вводная лекция, Информационные лекции	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3,
	практические занятия: решение задач, проверка домашних заданий	Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	Основная: приложение Г, таблица Г.1, № 4 Дополнительная: 1 Практикум по Технической электродинамике. Метод. ук./ Авт.-сост. М.И. Бичурин, А.Н. Соловьев; НовГУ. – В.Н-д, 2012.– 57с.
			Основная: приложение Г, таблица Г.1, 2
2 Линии передачи СВЧ	Информационные лекции	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3 Дополнительная: 1 Практикум по Технической электродинамике. Метод. ук./ Авт.-сост. М.И. Бичурин, А.Н. Соловьев; НовГУ. – В.Н-д, 2012.– 57с.
	Практические занятия: решение задач, проверка домашних заданий	Ауд. СРС – самостоятельное решение задач на занятии Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	Основная: приложение Г, таблица Г.1, № 2,3 Дополнительная: 1 Практикум по Технической электродинамике. Метод. ук./ Авт.-сост. М.И. Бичурин, А.Н. Соловьев; НовГУ. – В.Н-д, 2012.– 57с.

А.2 Методические рекомендации по изучению теоретической части дисциплины

Теоретические занятия дисциплины представлены в виде лекций.

Цель лекции – организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом дисциплины.

Задачи лекционных занятий – дать связанное, последовательное изложение материала, сообщить студентам основное содержание предмета в целостном, систематизированном виде.

Структура и содержание основных разделов (приведена в рабочей программе дисциплины, раздел 4.2)

Методы и средства проведения теоретических занятий

При изучении дисциплины студенты должны посещать лекционные занятия, вести конспекты и самостоятельно прорабатывать по учебникам вопросы, указанные преподавателем. (Список основной литературы приведен в приложении Г).

А.3 Методические рекомендации по практическим занятиям

Цель практических занятий - формирование компетентности студентов в области технической электродинамики, способствующей становлению их готовности к решению задач профессиональной деятельности.

Задачи занятий - углубление знаний, полученных на теоретических занятиях и применение их в условиях, приближенных к условиям реальной профессиональной деятельности.

Структура и содержание основных разделов практических занятий (приведена в рабочей программе учебного модуля, раздел 4.3)

Методы и средства проведения занятий

Методы и средства проведения практических занятий

Проведение практических занятий строится следующим образом:

- 20% аудиторного времени отводится на объяснение решения 1-2 типовых задач у доски;
- 70% аудиторного времени – самостоятельное решение задач студентами;
- 10% аудиторного времени – разбор типовых ошибок при решении задач (в конце текущего занятия).

На каждом практическом занятии по результатам самостоятельной работы проставляются баллы.

А.4 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Примеры разноуровневых задач с решением представлены в учебном пособии:

1 Практикум по Технической электродинамике. Метод. ук./ Авт.-сост. М.И. Бичурин, А.Н. Соловьев; НовГУ. – В.Н-д, 2012.– 57с.

Для подготовки к зачёту рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в таблице А.1 и в карте учебно-методического обеспечения.

А.5 Организация и проведение контроля

Рубежный контроль

Рубежная аттестация по дисциплине проводится на девятой неделе семестра по результатам текущего контроля и результатам контрольной работы, которая проводится в часы аудиторной СРС. Пороговому уровню соответствует 75 баллов, максимальное количество баллов – 150.

Примеры расчетно-графических заданий:

РГЗ к модулю 1

1. Записать уравнения Максвелла в дифференциальной форме в декартовой системе координат.
2. Показать, что уравнение непрерывности тока вытекает из 1-го и 2-го уравнений Максвелла.
3. Показать, что из уравнений Максвелла вытекают волновые уравнения.
4. Какова электрическая индукция от точечного заряда $q=5$ Кл на расстоянии $r=55$ см.
5. Какова напряженность магнитного поля на расстоянии 1м от постоянного прямолинейного тока в 1А.
6. Имеется плоская граница раздела двух сред (рис.1). Величина падающего перпендикулярно электрического поля в первой среде E_1 , найти величину электрического поля во второй среде E_2 , если диэлектрическая проницаемость сред ϵ_1 и ϵ_2 соответственно?

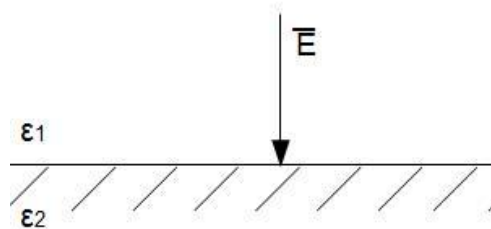


Рисунок 1 — Падение электрического поля на плоскую границу раздела двух сред

7. Имеется плоская граница раздела двух сред (рис.2). Амплитуда падающего перпендикулярно магнитного поля в первой среде H_1 , найти величину магнитного поля во второй среде H_2 , если магнитная проницаемость сред μ_1 и μ_2 соответственно?

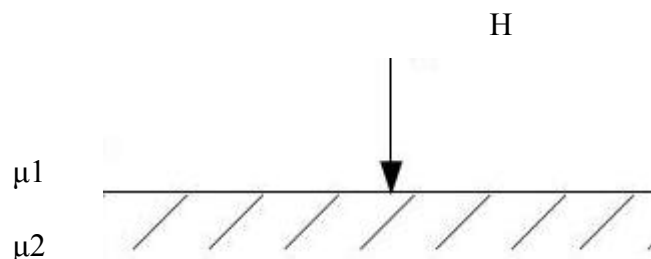


Рисунок 2 — Падение вектора магнитного поля на плоскую границу раздела двух сред

8. Имеется плоская граница раздела двух сред (рис.1), где среда 1 – воздух, 2 – Полистирол ($\epsilon = 2,55$). Амплитуда падающего перпендикулярно электрического поля в первой среде $E_1=25$ В/м, найти величину электрического поля во второй среде?
9. Имеется плоская граница раздела двух сред, среда 1 – медь ($\mu=1$), 2 – сталь ($\mu=8000$). Напряженность падающего перпендикулярно магнитного поля в первой среде $H_1=100$ А/м, найти величину магнитного поля во второй среде?
10. Имеется плоская граница раздела двух сред (рис.3), обладающих диэлектрическими проницаемостями ϵ_1 и ϵ_2 . Силовые линии электрического поля в

первой среде образуют угол α_1 с направлением нормали. Найти ориентацию силовых линий поля (угол α_2) во второй среде.

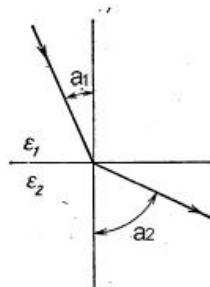


Рисунок 3 – Граница раздела двух сред

11. Электрическое поле переходит из одной среды в другую с углом 45° к нормали к поверхности раздела сред. Отношение диэлектрической проницаемости второй среды к проницаемости первой равно 5. Каков угол к нормали распространения электрического поля во второй среде?

12. Имеется плоская граница раздела двух сред (рис.4), обладающих магнитными проницаемостями μ_1 и μ_2 . Силовые линии магнитного поля в первой среде образуют угол α_1 с направлением нормали. Найти ориентацию силовых линий поля (угол α_2) во второй среде.

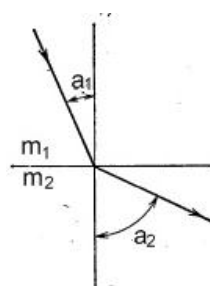


Рисунок 4 – Граница раздела двух сред

13. Магнитный поток переходит из одной среды в другую с углом 60° к нормали к поверхности раздела сред. Отношение магнитной проницаемости первой среды к магнитной проницаемости второй равно 3. Какова ориентация поля во второй среде?

14. Среда разделены заряженной поверхностью и в одной из них поле отсутствует. Каково электрическое поле во второй среде?

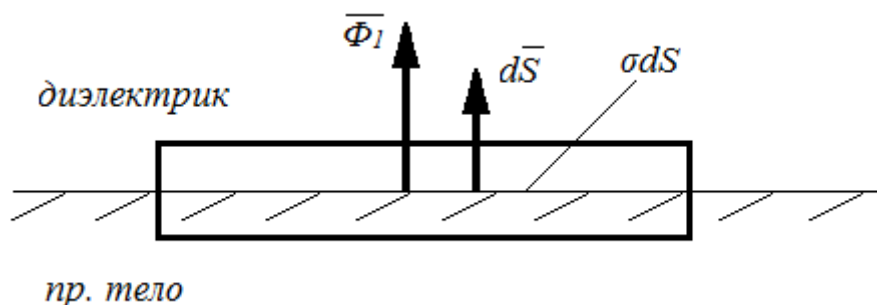


Рисунок 5 – граница раздела сред

15. Среда разделены плоской границей, несущей ток. Поле в одной среде отсутствует. Показать что в другой среде поле параллельно границе и связано с плотностью поверхностного тока.

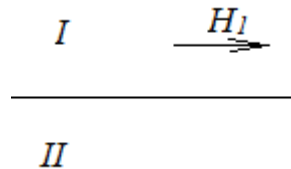


Рисунок 6 – граница раздела сред

- 16.** Найти электрическую индукцию и напряженность электрического поля на расстоянии 1 м от точечного заряда в 1 Кл, расположенного на воздухе ($\epsilon=1$).
- 17.** Найти индуктивность прямолинейной катушки. Радиус сердечника $r=1$ см, число витков $n=50$, $\mu=10$, длина сердечника $l=20$ см.
- 18.** Имеется катушка индуктивности с радиусом сердечника $r=2$ см, числом витков $n=50$, $\mu=50$, длиной сердечника $l=100$ см. Определить индуктивность катушки.
- 19.** Определить, как изменится индуктивность катушки при увеличении числа витков в 2 раза.
- 20.** Имеются две прямолинейные катушки индуктивности: Радиус сердечников $r_1=1$ см, $r_2=2$ см, число витков $n_1=50$, $n_2=500$, $\mu_1=50$, $\mu_2=1$, длина сердечников $l_1=10$ см, $l_2=100$ см. Определить какая из индуктивностей данных катушек больше.
- 21.** По теоретическим расчетам необходимо получить магнитную индуктивность величиной $0,722 \cdot 10^{-3}$ Гн. Определить оптимальное число витков катушки индуктивности, способной обеспечить данную величину индукции. Параметры катушки: радиус сердечника $r=2$ см, $\mu=50$, длиной сердечника $l=100$ см
- 22.** Дана тороидальная катушка с прямоугольным сечением (рис. 7) с числом витков $n=200$, $\mu=50$, $R_1=8$ см, $R_2=12$ см, $b=8$ см. Найти индуктивность катушки.

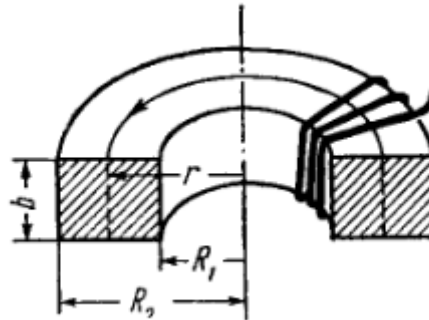


Рисунок 7 – Тороидальная катушка прямоугольного сечения.

- 23.** Рассчитать индуктивность тороидальной катушки с прямоугольным сечением с числом витков $n=500$, $\mu=150$, $R_1=80$ мм, $R_2=120$ мм, $b=80$ мм.
- 24.** Какое число витков достаточно для катушки из предыдущей задачи (параметры катушки: $\mu=150$, $R_1=80$ мм, $R_2=120$ мм, $b=80$ мм), чтобы получить индуктивность в 1 Гн.
- 25.** Определить напряженность магнитного поля, создаваемого одиночным проводником с током круглого сечения $r=0,1$ см на расстоянии $a=0,11$ см от проводника, $j_{пр.}=5 \text{ А/м}^2$.
- 26.** Определить индуктивность катушки, состоящей из одиночного витка, размещенного на кольцевом сердечнике из ферромагнитного материала ($\mu \gg 1$) (рис.8). $\mu=300$, $b=3$ см $a=1$ см $h=5$ см

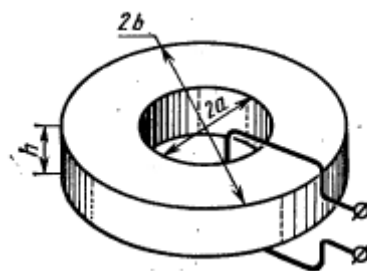


Рисунок 8 – Катушка индуктивности, состоящая из одиночного витка

27. Каким соотношением будет определяться индуктивность тороида, если в нем прорезать узкий зазор (рис.9). Магнитное поле считать однородным.

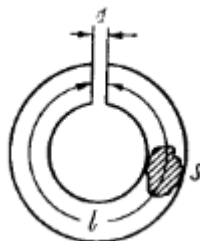


Рисунок 9 – Тороид с зазором d

РГЗ к модулю 2

28. Определить во сколько раз уменьшится амплитуда электромагнитной волны, распространяющейся в меди на расстоянии 1 мм, если длина волны $\lambda_1 = 100$ м, $\lambda_2 = 1$ м, $\lambda_3 = 1$ см.

29. Волновое сопротивление среды равно 1508 Ом, $\epsilon=2,4$. Определить относительную магнитную проницаемость среды.

30. Плоская электромагнитная волна распространяется с частотой 1 ГГц в среде с параметрами $\mu=1$, $\epsilon=3,4$, $\text{tg}\Delta=0,1$. Определить фазовую скорость и длину волны.

31. Плоская электромагнитная волна распространяется в среде с $\mu=1$ без потерь с неизвестным значением ϵ . Измерение показало, что на пути, равном 10 см колебания с частотой 1 ГГц приобрели дополнительный по сравнению с вакуумом фазовый сдвиг $\Delta\phi=40^\circ$. Определить диэлектрическую проницаемость среды.

32. Плоская электромагнитная волна распространяется в вакууме (ϵ , $\mu=1$) с частотой 30 МГц. Определить расстояние, на котором фаза волны меняется на 270° и 2520° .

33. Вычислить фазовую скорость и глубину проникновения поля для плоской электромагнитной волны частотой 10 МГц, распространяющейся в металле с параметрами $\sigma=5 \cdot 10^7$ См/м, $\mu=1$.

34. Некоторый диэлектрик на частоте 10 ГГц обладает параметрами: $\mu=1$, $\epsilon=3,8$. Определить длину волны и волновое сопротивление среды.

35. Определить толщину медного экрана, который обеспечивает ослабление амплитуды электромагнитного поля в 10^4 на частотах 50 кГц и 1 МГц. ($\sigma=5,8 \cdot 10^7$ См/м, $\mu=100$)

36. Определить толщину экрана, который обеспечивает ослабление амплитуды в 10^4 раза на частоте 50 Гц, если он выполнен из материала с $\sigma=5 \cdot 10^7$ См/м, $\mu=900$.

37. Вычислить глубину проникновения поля для плоской электромагнитной волны частотой 1 ГГц, распространяющейся в металле с параметрами $\sigma=5,65 \cdot 10^7$ См/м, $\mu=1$.

38. Определить минимально необходимую толщину экрана, обеспечивающую полное затухание электромагнитной волны, распространяющейся с частотой 75 МГц, в металле с параметрами $\sigma = 2 \cdot 10^7 \text{ Сл/м}$, $\mu = 500$.

39. В прямоугольном волноводе сечением 3х4 мм распространяется волна Н₁₁. Волновод заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 1,15$. Частота колебаний 8 ГГц. Определить фазовую скорость и длину волны.

40. Прямоугольный волновод сечением 23 х 10 см заполнен диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2,25$. Частота колебаний – 8,4 ГГц. Определить фазовую скорость и длину волны.

41. Определить критическую длину волны, частоту и длину волны в прямоугольном волноводе для волны типа E₁₁. Размеры поперечного сечения 4 х 3 см, частота колебаний 10 ГГц.

42. Прямоугольный волновод сечением 30 х 14 см заполнен диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 5$. Частота колебаний – 11 ГГц. Определить фазовую скорость и длину волны.

43. Прямоугольный волновод сечением 6 х 4 см заполнен диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2,2$. Частота колебаний – 7 ГГц. Определить фазовую скорость, критическую длину волны и длину волны в волноводе.

44. Прямоугольный волновод сечением 16 х 14 мм заполнен диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2,1$. Частота колебаний – 12 ГГц. Определить фазовую скорость и длину волны в волноводе.

45. Определить критическую длину волны в волноводе и фазовую скорость волны в круглом волноводе диаметром 5 см при частоте 5 ГГц, заполненном диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3,2$.

46. Определить фазовую скорость и критическую длины волны в круглом волноводе, заполненном диэлектриком с диэлектрической проницаемостью 3,2, диаметром 4 см при частоте 3 ГГц, (волна Н₁₁).

47. Определить фазовую скорость и длину волны в круглом волноводе, заполненном диэлектриком с диэлектрической проницаемостью 2,2, диаметром 2 см при частоте 11 ГГц, (волна Н₁₁).

48. Определить фазовую скорость, длину волны в волноводе и критическую частоту волны в круглом волноводе, заполненном воздухом, диаметром 30 мм при частоте 11 ГГц, (волна E₁₁).

49. Определить радиус круглого волновода если фазовая скорость волны типа E₀₁ при частоте поля 10 ГГц равна $5 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

50. В круглом волноводе диаметром 5 см, заполненном диэлектриком с диэлектрической проницаемостью 2,7, распространяется волна типа E₀₁. Определить фазовую скорость, длину волны в волноводе и критическую частоту волны в волноводе. Частота колебаний 9 ГГц.

51. Рассчитать погонные параметры и волновое сопротивление коаксиальной линии передач. Внутренний диаметр линии – 1,35 мм, внешний – 9,0 мм. Относительная проницаемость диэлектрика $\epsilon = 2,2$.

52. Рассчитать погонные параметры и волновое сопротивление коаксиальной линии передач. Внутренний диаметр линии – 1,5 мм, внешний – 10,0 мм. Относительная проницаемость диэлектрика $\epsilon = 2,3$.

53. Рассчитать погонные параметры и волновое сопротивление коаксиальной линии передач. Внутренний диаметр линии – 1 мм, внешний – 8,0 мм. Относительная проницаемость диэлектрика $\epsilon = 3,4$.

54. Волновое сопротивление коаксиальной линии передач 60 Ом. Диэлектрик – воздух. Определить погонные параметры линии.

55. По коаксиальной линии передач, диаметр внутреннего цилиндра которой 2 мм, на волне типа Т передается мощность 10 Вт. Волновое сопротивление

линии 60 Ом. Относительная проницаемость диэлектрика $\varepsilon = 2,2$. Определить максимальное значение напряженности электрического и магнитного полей в линии.

56. Рассчитать волновое сопротивление несимметричной микрополосковой линии передач, заполненной фторопластом ($\mu = 1$, $\varepsilon = 2,1$). Параметры линии: ширина проводника $b = 5$ мм, расстояние между проводником и заземленной пластиной $d = 1$ мм, толщина токонесущей полоски $t = 0,05$ мм. Потерями в линии пренебречь.

57. Рассчитать волновое сопротивление несимметричной микрополосковой линии передач, заполненной диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2,1$. Параметры линии: ширина проводника $b = 2$ мм, расстояние между проводником и заземленной пластиной $d = 4$ мм, толщина токонесущей полоски $t = 0,1$ мм. Потерями в линии пренебречь.

58. Рассчитать волновое сопротивление симметричной микрополосковой линии передач, заполненной диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 3,4$. Параметры линии: ширина проводника $b = 4$ мм, расстояние между проводником и заземленной пластиной $d = 1$ мм, толщина токонесущей полоски $t = 0,06$ мм. Потерями в линии пренебречь.

59. Рассчитать волновое сопротивление симметричной микрополосковой линии передач, заполненной диэлектриком с $\varepsilon = 1,17$. Параметры линии: ширина проводника $b = 1$ мм, расстояние между проводником и заземленной пластиной $d = 5$ мм, толщина токонесущей полоски $t = 0,06$ мм. Потерями в линии пренебречь.

60. Рассчитать волновое сопротивление, предельную передаваемую мощность и затухание в металле (медь: поверхностное сопротивление меди 0,033 Ом), в симметричной микрополосковой линии передач, заполненной диэлектриком с $\varepsilon = 1,17$. Параметры линии: ширина проводника $b = 5$ мм, расстояние между проводником и заземленной пластиной $d = 1$ мм, толщина токонесущей полоски $t = 0,025$ мм. Предельно допустимое значение напряженности электрического поля, не допускающего пробоя в воздухе составляет 30 кВ/см.

Вопросы к зачёту по дисциплине «Техническая электродинамика»

1. Векторы электромагнитного поля.
2. Направляющие системы и направляемые электромагнитные волны.
3. Классификация сред.
4. Критическая частота и критическая длина волны.
5. Волны в гиротропной среде. Эффект Фарадея.
6. Микрополосковая линия. Основные характеристики.
7. Плоские электромагнитные волны. Волновые уравнения.
8. Граничные условия для касательных компонент векторов поля.
9. Полосковые линии передачи. Основные характеристики.
10. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.
11. Волна H_{10} в прямоугольном волноводе. Основные характеристики.
12. Граничные условия для нормальных компонент векторов поля.
13. Коаксиальные линии передачи. Основные характеристики.
14. Электростатическое поле. Основные характеристики. Емкость конденсатора.
15. Магнитостатическое поле. Основные характеристики. Индуктивность катушки.
16. Основы теории электрических цепей. Коэффициент отражения и коэффициент стоячей волны.
17. Полная система уравнений Максвелла.
18. Круглые волноводы. Основные характеристики.
19. Плоские волны в однородной изотропной среде без потерь.
20. Уравнения Максвелла в интегральной форме.
21. Прямоугольные волноводы. Основные характеристики.

22. Волны в поглощающей среде. Поверхностный эффект.
23. Полосковые линии передачи. Типы конструкций.
24. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Комплексная диэлектрическая проницаемость.
25. Баланс энергии электромагнитного поля.
26. Симметричная полосковая линия. Основные характеристики.
27. Щелевая линия. Основные характеристики.
28. Копланарный волновод. Основные характеристики.

Номер и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ неде- ли сем.	Трудоемкость, ак. час					Форма текущего контроля успев. (в соотв. с паспортом ФОС)	Максим . кол-во баллов рейтинг а
		Аудиторные занятия				Внеауд СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	Ауд СРС			
	10-18	14	13	-	9			75
2 Линии передачи СВЧ	10-18	9	4	-	4	-	решение задач	20
							защита самостоятель ная работа	30
								20
							выполнение и защита ЛР самостоятель ная работа	40
Семестровый контроль	18	(не менее 75 баллов из 150)					Дифференцир ованный зачет	-
Итого:		36	18	36	18	162		350

Критерии оценки качества освоения студентами дисциплины

3 ЗЕ = 50 б. × 3 = 150 баллов:

- оценка «удовлетворительно» – от 75 до 104 баллов;
- оценка «хорошо» – от 105 до 134 баллов;
- оценка «отлично» – от 135 до 150 баллов;
-

Приложение В
(обязательное)

Паспорта компетенций

ОПК-7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; ПК-1 способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области

Уро вни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Пороговый уровень	Знает основные сведения об электродинамических устройствах и устройствах СВЧ	Испытывает трудности при демонстрации знаний об электродинамических устройствах и устройствах СВЧ	Допускает неточности при демонстрации знаний об электродинамических устройствах и устройствах СВЧ	Имеет целостное представление об электродинамических устройствах и устройствах СВЧ
	Умеет пользоваться терминологией в области технической электродинамики	Не всегда адекватно использует понятия в области электродинамических устройств и устройствах СВЧ	Не всегда имеет четкое представление об основных терминах в области электродинамических устройств и устройствах СВЧ	Грамотно демонстрирует способность использовать терминологию в области электродинамических устройств и устройствах СВЧ

Приложение Г
(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения

Дисциплины Техническая электродинамика

Направление 11.03.03 - Конструирование и технология электронных средств

Формы обучения очная/заочная ускоренная

Курс 3/4 Семестр 6/7

Часов: всего 54/12, лекций 27/6, практ. зан. 27/6, лаб. раб. –, СРС и виды индивидуальной работы (курсовая работа) 9/96

Обеспечивающая кафедра ПТРА

Таблица 1- Обеспечение модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
2.Техническая электродинамика: Учеб. для вузов, 2-е изд./ О.И. Фальковский. – СПб.: Лань., 2009. – 429 с.: ил.	7	
3.Техническая электродинамика: Учеб. Пособие / Новгород. Гос. Ун-т им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2007. – 160.	9	
4.Техническая электродинамика: Конспект лекций / Авт. – сост. М.И.Бичурин, В.М. Петров; Новгород. Гос. Ун-т им. Ярослава Мудрого. - новгород, 1999. – 122с.	5	
Учебно-методические издания		
1 Практикум по Технической электродинамике. Метод. ук./ Авт.-сост. М.И. Бичурин, А.Н. Соловьев; НовГУ. – В.Н-д, 2012.– 57с.		

Таблица 2 – Информационное обеспечение модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1. Техническая электродинамика и СВЧ устройства: Метод. указ. по дисциплине / Сост. М.И.Бичурин М.И.; НовГУ. – Новгород, 1993.- 34 с.		
2. Лабораторные работы по Технической электродинамике. Метод. ук./ Авт.-сост. М.И. Бичурин, А.Н. Соловьев; НовГУ. – В.Н-д, 2012.– 20с.		

Действительно для учебного года _____ / _____

Зав. кафедрой _____ Бичурин М.И. _____
подпись И.О.Фамилия

_____ 20..... г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ: _____
должность подпись
расшифровка

Действительно для учебного года _____ / _____

Зав. кафедрой _____ Бичурин М.И. _____
подпись И.О.Фамилия

_____ 201.. г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ: _____
должность подпись
расшифровка