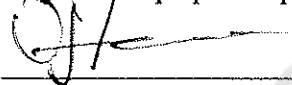


Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого



О.Д.Асенчик

09.12.2015

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-45-⁰⁶ /уч.

УСТРОЙСТВА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

1-36 04 02 «Промышленная электроника»

Учебная программа составлена на основе:

- образовательного стандарта ОСВО 1-36 04 02-2013;
- учебного плана учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» специализации 1-36 04 02 02 «Техника и средства электронной связи» № I 36-1-18/уч. от 16.02.2015; I 36-1-01/уч. от 12.02.2015

СОСТАВИТЕЛИ:

Н.И. Вяхирев, доцент кафедры «Промышленная электроника» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого», к.т.н., доцент.

А.А. Наумук, ассистент кафедры «Промышленная электроника» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого».

РЕЦЕНЗЕНТ:

Н.Н. Ковалев, заместитель директора по специальной технике ОАО «Гомельский радиозавод».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Промышленная электроника» Учреждения образования «Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого»

(протокол № 3 от 15.10.2015);

Научно-методическим советом факультета автоматизированных информационных систем учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 30.12.2015); *УОр - 05-06/р.*

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 2 от 08.12.2015).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Введение.

Изучение учебной дисциплины «Устройства сверхвысоких частот» осуществляется в соответствии с требованиями к формированию академических, социально-личностных и профессиональных компетенций специалиста в сфере радиоэлектроники.

Цели и задачи учебной дисциплины.

Цель учебной дисциплины – формирование знаний в области техники высоких (ВЧ) и сверхвысоких (СВЧ) частот, позволяющих анализировать и проектировать ВЧ и СВЧ устройства.

Задачи дисциплины:

- овладение фундаментальными знаниями в области сверхвысоких частот;
- изучение современных методов проектирования многополюсных устройств СВЧ;
- изучение методов проектирования управляющих устройств СВЧ.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалистов, связи с другими учебными дисциплинами.

Учебная дисциплина «Устройства сверхвысоких частот» входит в дисциплин специализации 1-36 04 02 02. Данная дисциплина связана с отдельными разделами таких учебных дисциплин, как «Физика», «Техническая электродинамика».

Требования к освоению учебной дисциплины.

После изучения дисциплины «Устройства сверхвысоких частот»готавливаемый специалист должен соответствовать следующим требованиям к его компетентности:

академические компетенции:

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.

социально-личностные компетенции:

СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

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.

В результате освоения содержания учебной дисциплины «Устройства сверхвысоких частот» студент должен:

знать:

- классификацию, основные свойства и области применения линий передачи и устройств СВЧ;

- методику расчета многополюсников СВЧ;

- методику расчета основных типов линий передачи и устройств СВЧ;

уметь:

- выбрать оптимальный тип линии передачи и устройства СВЧ для работы в заданном диапазоне частот для обеспечения заданных характеристик;

- производить расчет выбранного типа линии передачи и устройства СВЧ для обеспечения требуемых характеристик и параметров;

приобрести навыки:

- работы с основными СВЧ измерительными приборами;

- исследования и анализа работы СВЧ устройств;

- проектирования и расчета СВЧ устройств.

Программа дисциплины рассчитана на объем 148 учебных часов, аудиторных – 64. Примерное распределение учебных часов по видам занятий: лекций – 32 часов; лабораторных работ – 32 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины в зачетных единицах – 4,0. Итоговый контроль знаний по дисциплине проводится в форме экзамена.

Форма получения высшего образования: дневная.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам.

Курс – 3

Семестр – 6

Лекции – 32 часа

Лабораторные занятия – 32 часа

Всего аудиторных занятий – 64 часа

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине:

Экзамен – 6 семестр

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Вводная лекция.

Тема 1.1. Радиотехническая система.

Классификация радиоволн по частотам. Элементы СВЧ устройств. Функции тракта СВЧ. Спутниковая система передачи. Принцип организации. Орбиты ИСЗ. Структурная схема спутникового ретранслятора. Устройство сложения сигналов. Передача сигналов в устройстве сложения.

Раздел 2. Параметры устройств СВЧ, методы и приборы для их измерения.

Тема 2.1. Измеряемые параметры СВЧ устройств.

Матрица рассеяния четырехполюсника. Физический смысл элементов матрицы рассеяния четырехполюсника. Излучатели электромагнитных волн. Входные характеристики излучателя. Напряженность электрического поля излучателя. Диаграмма излучения. Коэффициент усиления.

Тема 2.2. Средства измерения СВЧ диапазона.

Структурная схема измерительного стенда. Отечественные и зарубежные радиоизмерительные приборы.

Генераторы СВЧ. Метрологические и эксплуатационные параметры генераторов СВЧ. Генераторы с механической перестройкой частоты. Генераторы качающейся частоты. Генераторы с цифровым управлением частотой и синтезаторы частоты.

Детекторная схема измерений. Детекторные секции. СВЧ диоды. Измерители сигнала на выходе детекторных секций.

Тема 2.3. Измерительные линии СВЧ.

Назначение измерительной линии. Схема СВЧ-тракта с измерительной линией. Коаксиальная и волноводная измерительные линии. Режимы работы генератора СВЧ и индикатора измерительной линии. Измерение с помощью измерительной линии. Калибровка детектора измерительной линии. Измерение длины волны и частоты СВЧ колебаний. Измерение коэффициентов бегущей и стоячей волны. Измерение коэффициента отражения от нагрузки линии передачи. Измерение входных сопротивлений. Измерение фазового сдвига между двумя сигналами.

Тема 2.4. Панорамные измерители СВЧ. Антенные измерения.

Принцип разделения волн в линии передачи. Направленный ответвитель. Измерение коэффициента отражения рефлектометром. Панорамный измеритель КСВ и ослаблений. Использование измерительной линии для измерения ослабления. Измерение ослабления методом замещения. Поляризационный волноводный аттенюатор.

Измерение параметров антенн. Измерение диаграммы направленности. Измерение коэффициента усиления излучателя. Метод сравнения. Индикаторы электромагнитного поля.

Раздел 3. Линии передачи (ЛП) в радиосистемах.

Тема 3.1. Электрические характеристики линий передачи.

Назначение и классификация линий передачи. Регулярная линия передачи. Однородная линия передачи. Открытая линия передачи. Закрытая линия передачи. Идеальная линия передачи.

Тип волны в линии передачи. Критическая длина волны. Фазовая скорость. Дисперсионная характеристика. Погонное затухание. Максимально пропускаемая мощность. Характеристическое сопротивление.

Нормированные напряжения в ЛП.

Тема 3.2. Типы линий передачи.

Коаксиальные линии передачи. Распределение поля ТЕМ-волны. Волны высшего типа в коаксиальной ЛП. Технические характеристики на волне ТЕМ.

Двухпроводная и четырехпроводная симметричные линии передачи.

Полосковые линии передачи. Несимметричные и симметричные полосковые ЛП. Технические характеристики полосковых линий передачи.

Волноводные линии передачи. Прямоугольные полые металлические волноводы. Волна H_{10} в прямоугольном волноводе. Высшие типы волн в прямоугольном волноводе. Коэффициент затухания на волне H_{10} . Максимально пропускаемая мощность по прямоугольному волноводу на волне H_{10} . Параметры стандартных медных воздушных волноводов. Н-образные и П-образные волноводы. Круглые металлические волноводы. Структура волны H_{11} . Волны E_{01} и H_{01} в круглом волноводе.

Линии передачи с замедленными волнами. Диэлектрическая линия передачи. Картина поля волны HE_{11} в круглом диэлектрическом волноводе. Разновидности диэлектрических волноводов.

Волоконно-оптические линии передачи. История развития. Физические особенности оптоволокну. Недостатки волоконно-оптических линий передачи. Структура оптоволокну. Показатель преломления волокна. Виды волокон. Дисперсия в волоконно-оптической линии передачи. Диапазоны работы оптических систем. Затухание волны в волоконно-оптической линии передачи.

Раздел 4. Элементы СВЧ тракта.

Тема 4.1. Соединители и переходы в СВЧ тракте.

Конструктивные элементы СВЧ трактов. Опорные элементы коаксиального тракта. Диэлектрические шайбы в коаксиальной линии передачи. Металлические изоляторы для коаксиального тракта.

Повороты линий передачи. Разъемы и сочленения в трактах СВЧ. Соединение прямоугольных волноводов. Контактное и дроссельное соединения. Коаксиально-волноводные переходы. Коаксиально-полосковые переходы. Волноводно-полосковые переходы. Переходы от прямоугольного волновода с волной H_{10} к круглому волноводу с волной H_{11} .

Соединения оптических линий передачи. Монтаж оптоволокну. Разъемы для соединения оптических волокон.

Тема 4.2. Нагрузки, фазовращатели и аттенюаторы СВЧ.

Типы нагрузок. Согласованные и реактивные нагрузки. Применение поглощающих нагрузок. Контактные и дроссельные реактивные нагрузки.

Назначение фазовращателей СВЧ. Отражательные и проходные фазовращатели. Механические и электрические фазовращатели. Фазовращатели с плавным и дискретным изменением фазы.

Применение аттенюаторов СВЧ. Ослабление аттенюатора. Типы аттенюаторов, принцип их действия.

Раздел 5. Многополюсники СВЧ.

Тема 5.1. Матрица рассеяния многополюсника СВЧ. Тройники СВЧ.

Свойства матрицы рассеяния. Взаимный многополюсник. Многополюсник без потерь. Унитарность матрицы рассеяния. Способы составления матриц рассеяния многополюсников. Матрицы рассеяния тройниковых соединений линий передачи. Типы тройников. Коаксиальный и полосковый тройники. Согласованный тройник.

Тема 5.2. Восемиполюсники СВЧ.

Балансные восьмиполюсники. Матрица рассеяния балансного восьмиполюсника. Влияние плоскостей симметрии на матрицу рассеяния балансного восьмиполюсника.

Направленные ответвители (НО). Основные характеристики НО. Волноводный двухдырочный НО. НО на полосковых линиях. НО на связанных коаксиальных линиях.

Мостовые устройства СВЧ. Квадратный мост на коаксиальных линиях передачи. Расчет матрицы рассеяния квадратного моста. Волноводно-щелевой мост. Двойной волноводный мост. Кольцевой мост. Балансные восьмиполюсники на сосредоточенных элементах.

Применение балансных восьмиполюсников. Измерение коэффициента стоячей волны. Измерение проходящей мощности. Фиксированный аттенюатор. Управляемый проходной фазовращатель.

Раздел 6. Управляющие устройства СВЧ.

Тема 6.1. Устройства СВЧ с применением намагниченных ферритов.

Свойства ферритов. Эффект Фарадея. Эффект смещения поля. Эффект ферромагнитного резонанса. Волноводы с поперечно и продольно намагниченными ферритами. Вентили, циркуляторы, фазовращатели.

Тема 6.2. P_{in}-диодные элементы СВЧ.

Характеристики высокочастотного p_{in}-диода. Схемы p_{in}-диодных выключателей. P_{in}-диодный переключатель. Отражательные и проходные фазовращатели на p-i-n-диодах. Применение p-i-n-диодов для построения управляемых аттенюаторов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Шестой семестр								
1	Вводная лекция.	2						
1.1	Радиотехническая система.	2						Опрос
2	Параметры устройств СВЧ, методы и приборы для их измерения	8			8			
2.1	Измеряемые параметры СВЧ устройств	2						Опрос
2.2	Средства измерения СВЧ диапазона	2						Опрос
2.3	Измерительные линии СВЧ	2						Опрос
2.4	Панорамные измерители СВЧ. Антенные измерения	2			8			Опрос Защита ЛР
3	Линии передачи в радиосистемах	6						
3.1	Электрические характеристики линий передачи	2						Опрос
3.2	Типы линий передачи	4						Опрос
4	Элементы СВЧ тракта	6			8			
4.1	Соединители и переходы в СВЧ тракте	4						Опрос
4.2	Нагрузки, фазовращатели и аттенуаторы СВЧ	2			8			Опрос, защита ЛР
5	Многополюсники СВЧ	6			4			
5.1	Матрица рассеяния многополюсника СВЧ. Тройники СВЧ	2						Опрос
5.2	Восьмиполюсники СВЧ	4			4			Опрос, защита ЛР
6	Управляющие устройства СВЧ	4			12			
6.1	Устройства СВЧ с применением намагнитических ферритов	2			8			Опрос, защита ЛР
6.2	Pin-диодные элементы СВЧ	2			4			Опрос, защита ЛР
	Текущая аттестация							Экзамен
	Итого	32			32			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – М.: Высш. шк., 1988.
2. Сазонов Д.М., Гридин А.Н., Мишустин Б.А. Устройства СВЧ/Под ред. Д.М. Сазонова. – М.: Высш. шк., 1981.
3. Фальковский О.И. Техническая электродинамика. – СПб.: Издательство «Лань», 2009.
4. Автоматизированное проектирование антенн и устройств СВЧ: учебное пособие для вузов/ Д.И. Воскресенский [и др.]. М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.

Дополнительная литература

5. Данилин А.А. Измерения в технике СВЧ. – М.: Радиотехника, 2008.
6. Сайт Гомельского КБ "Луч" - www.gomelluch.by.
7. Г. Хелд. Технологии передачи данных. 7-е изд. – СПб. Издательская группа ВНУ, 2003.
8. Гололобов Д.В., Кирильчук В.Б. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: Метод. пособие для студ. Спец. I-45 01 02 «Системы радиосвязи, радиовещания и телевидения» дневной и вечерней форм обуч.: В 3 ч. Ч.2: Фидерные устройства. – Мн.: БГУИР, 2005.
9. Гупта Г., Гардж Р., Чадха Р. Машинное проектирование СВЧ устройств. – М.: Радио и связь, 1987.
10. Бахарев С.И., Вольман В.И., Либ Ю.Н. и др. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств/Под ред. В.И. Вольмана. – М.: Радио и связь, 1982.
11. Хижа Г.С., Вендик И.Б., Серебрякова Е.А. СВЧ-фазовращатели и переключатели: Особенности создания на р-і-п-диодах в интегральном исполнении. – М.: Радио и связь, 1984.
12. Веселов Г.И. и др. Микроэлектронные устройства СВЧ: Учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов. – М.: Высш. шк., 1988.
13. Белов Л.А. Устройства формирования СВЧ-сигналов и их компоненты: учеб. пособ. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010.

Учебно-методические материалы

14. Вяхирев Н.И. Устройства СВЧ: лаборатор. практикум по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» дневной формы обучения/ Н.И. Вяхирев, А.А.Наумук. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2016 (в печати).

Электронные учебно-методические комплексы

15. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Устройства сверхвысоких частот» для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» специализации 1-36 04 02 02 «Техника и средства электронной связи» дневной формы обучения к.т.н., доцента Вяхирева Н.И., Наумук А. А. – Гомель: УО «ГГТУ им. П.О. Сухого», 2014.

Список литературы сверх ОМ (Тилетова Ч. В.)

Перечень компьютерных программ, наглядных пособий, методических материалов и технических средств обучения

1. Лабораторные стенды для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Устройства сверхвысоких частот».

Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Панорамный измеритель КСВ и ослаблений в коаксиальном тракте.
2. Панорамный измеритель КСВ и ослаблений в волноводном тракте.
3. Исследование волноводного аттенюатора.
4. Исследование направленного ответвителя.
5. Исследование ферритового вентиля.
6. Исследование механического фазовращателя.
7. Исследование ферритового циркулятора.
8. Исследование р-і-п-диодных переключателя и регулятора СВЧ мощности.

Технологии обучения

Для организации процесса изучения учебной дисциплины «Устройства сверхвысоких частот» привлечены традиционные и инновационные образовательные технологии, ориентированные на формирование навыков самостоятельного и группового решения поставленных задач.

Лабораторные занятия проводятся с использованием персональных компьютеров. Контроль знаний проводится в ходе защиты лабораторной работы.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов организована в соответствии с Положением о самостоятельной работе студентов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» № 33, утвержденное ректором университета 14.10.2014 г.

Основными целями ее осуществления являются: активизация учебно-познавательной деятельности и формирование у студентов умений и навыков самостоятельного приобретения и практического применения знаний в области

экономических и правовых аспектов предпринимательской деятельности в сфере промышленной электроники.

С учетом специфики и содержания учебной дисциплины «Устройства сверхвысоких частот» предполагается использование следующих форм самостоятельной работы студентов:

– контролируемая самостоятельная работа (проведение исследований необходимых для выполнения лабораторных работ в аудитории под контролем преподавателя);

– управляемая самостоятельная работа (выполнение теоретических расчетов и моделирования устройств при опосредованном контроле и управлении со стороны преподавателя);

– собственно самостоятельная работа (подготовка к рубежному контролю знаний и текущей аттестации (экзамену), организованная студентом самостоятельно).

Для организации эффективной самостоятельной работы студентов используется учебно-методическое обеспечение дисциплины, включающее современные информационные ресурсы и технологии (электронный учебно-методический комплекс дисциплины).

Средства диагностики результатов учебной деятельности

Процедура диагностики результатов учебной деятельности студентов разработана и организована в соответствии с Образовательным стандартом высшего образования первой степени. Ее компоненты представлены:

– требованиями к осуществлению диагностики (определение объекта диагностики, измерение степени соответствия учебных достижений студента требованиям Образовательного стандарта ОСВО 1-36 04 02-2013, оценивание результатов измерения на основе принятой шкалы оценок);

– шкалой оценок (оценка промежуточных и итоговых (экзаменационных) достижений студента производится по десятибалльной шкале в зависимости от количества и качества выполненных заданий, предусмотренных планом);

– критериями оценок, разработанными учреждением образования;

– инструментарием диагностики (выполнение и защита лабораторных работ) (ПК-1, ПК-12 – ПК-14, ПК-18, ПК-20 – ПК-23)

Для диагностики соответствия учебных достижений студента предъявляемым требованиям используются типовые лабораторные работы, тесты для контроля знаний (АК-1 – АК-7, СЛК-1, СЛК-5, СЛК-6)

Диагностика компетенций студента проводится в устной (ответы на занятиях, оценивание решения учебно-деловых ситуаций) и устно-письменной (экзамен) формах. (АК-1 – АК-7, СЛК-1, СЛК-5, СЛК-6)

Итоговая диагностика компетенций студента проводится с использованием контрольных вопросов, заданий и тестов, а также экзамена (АК-1 – АК-7, СЛК-1, СЛК-5, СЛК-6, ПК-1, ПК-12 – ПК-14, ПК-18, ПК-20 – ПК-23).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной 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)
Техническая электродинамика	ПЭ	—	№3 15.10.15
Методы анализа и расчета электронных схем	ПЭ	—	— " —